

# **CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÃO, EM AMBIENTE SIG, NO ÂMBITO DO PROJECTO RECOVER (ESTRATÉGIAS DE REMEDIAÇÃO DE SOLOS IMEDIATAMENTE APÓS INCÊNDIOS FLORESTAIS)**

## **António José Bento Gonçalves**

Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento (NIGP), Universidade do Minho, *Campus* de Azurém, 4800 Guimarães

[bento@geografia.uminho.pt](mailto:bento@geografia.uminho.pt)

## **António Avelino Vieira**

Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento (NIGP), Universidade do Minho, *Campus* de Azurém, 4800 Guimarães

[vieira@geografia.uminho.pt](mailto:vieira@geografia.uminho.pt)

## **António José Dinis Ferreira**

Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3040-316 Coimbra

[aferreira@esac.pt](mailto:aferreira@esac.pt)

## **Celeste de Oliveira Alves Coelho**

Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM/UA), Universidade de Aveiro, *Campus* de Santiago, 3810-193 Aveiro

[coelho@ua.pt](mailto:coelho@ua.pt)

## Resumo

O RECOVER almeja desenvolver técnicas mitigadoras e estratégias para a redução da degradação do solo e da água imediatamente após os incêndios florestais. A frequência dos referidos incêndios florestais tem vindo a aumentar, fruto das mudanças climáticas e do deficiente planeamento florestal, com severos impactes ao nível da fertilidade e estrutura dos solos. Como consequência aumenta a erosão da camada superior dos solos, onde se localizam, na maioria dos solos portugueses, os únicos nutrientes existentes. Esta mobilização de nutrientes ocorre nos primeiros eventos chuvosos outonais, e como tal, a exportação dos sedimentos e dos nutrientes, normalmente acontece nos primeiros 4/6 meses após os incêndios. A velocidade a que a perda de cada nutriente ocorre e a extensão dos incêndios florestais, é uma condicionante em termos de custos e baliza as soluções que se podem implementar para a redução da degradação do solo e da água.

O RECOVER testará um conjunto de soluções praticáveis por forma a reduzir a lavagem das cinzas. A metodologia proposta apresenta uma integração inovadora de técnicas quantitativas de campo e irá proceder a análises de percepção junto de todos os intervenientes no planeamento florestal. Tal abordagem é essencial afim de produzir soluções praticáveis que poderão ser facilmente adoptadas pelos planeadores florestais bem como pelos proprietários florestais.

Este projecto apresenta uma abordagem inovadora baseada em levantamentos de campo das propriedades do solo e da vegetação após a ocorrência de incêndios florestais, cujos resultados serão usados para a construção de uma base de dados em ambiente SIG que servirá

para identificar os locais críticos, com recurso a um modelo conceptual de geomorfologia dinâmica, que será validado pelas subseqüentes visitas ao campo após as chuvas de Outono.

Palavras-Chave: Incêndios florestais, degradação e recuperação do solo, base de dados em SIG

#### Abstract

RECOVER aims to develop mitigation techniques and strategies to reduce soil and water degradation immediately after forest fires. Forest fires are becoming increasingly frequent as a result of climate change and poor forest planning, with deleterious impacts on soil fertility and structure. It erodes the top soil layers, where is located the only nutrient pool of the majority of Portuguese soils. This nutrient mobilization happens during the first autumn rainfall events, and therefore sediment and nutrient exportation typically occurs in the first 4/6 months after fire. The speed at which nutrient loss occurs and the extension of forest fires limits in terms of costs and logistics the solutions that can be taken to reduce soil and water degradation.

RECOVER will test a set of feasible solutions to reduce ash flush. The proposed approach presents an innovative integration of field measurement techniques and will perform a perception analysis to all those with responsibilities in forest management. This is essential to produce feasible solutions that will be easily adopted by forest managers and forest owners.

RECOVER presents an innovative approach based on field surveys of soil and vegetation properties following forest fires, which will be used to perform a GIS database from which the critical spots will be identified with the help of a Dynamic Geomorphology Conceptual Model, which will be validated by subsequent visits to the field after the autumn rains.

Key-words: Forest fires, soil degradation and recovery, GIS database



## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a frequência dos incêndios florestais em Portugal continental tem vindo a aumentar, fruto das mudanças climáticas e do deficiente planeamento florestal, com severos impactes ao nível da fertilidade e estrutura dos solos, devido em grande parte à erosão da camada superior dos solos, onde se localizam, na maioria dos solos portugueses, os únicos nutrientes existentes.

É neste âmbito que surge o projecto “RECOVER”, financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia (PTDC/AGR-AAM/73350/2006) e coordenado pela Universidade de Aveiro e em parceria com a Universidade do Minho e a Escola Superior de Agrária de Coimbra, que visa desenvolver estratégias de remediação de solos imediatamente após a ocorrência de incêndios florestais.

O contributo do Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento (NIGP) do Departamento de Geografia da Universidade do Minho passa principalmente pela caracterização geomorfológica das áreas de estudo e pela implementação de um sistema integrado de informação, em ambiente SIG.

As técnicas e processos utilizados no domínio da modelação cartográfica tornam possível a produção de análises espaciais e de nova cartografia, quer temática, quer geral.

A estruturação de uma base de dados permite a integração de toda a informação num modelo SIG, permitindo identificar os locais críticos, com recurso a um modelo conceptual de geomorfologia dinâmica.

Os autores desejam agradecer a colaboração de Anne Karine Boulet e a Sérgio Prata Alegre.

## 1. RECOVER – ALGUNS PRESUPOSTOS

O Fogo é actualmente um factor dominante e motivo de preocupação nas florestas e matos no Norte e Centro de Portugal, onde, ao longo da última década, padrões catastróficos parecem ter-se estabelecido, como resultado da falta de controle sobre a acumulação de biomassa nos espaços silvestres em regiões de clima mediterrâneo com influência atlântica (Ferreira *et al.* 2005a).

Uma questão pertinente em termos de sustentabilidade dos ecossistemas é a de saber em que medida e porque processos os incêndios afectam os nutrientes, contribuindo assim para a degradação do solo. A perda de nutrientes poderia afectar a fertilidade do solo e tem implicações importantes para a gestão florestal (Thomas *et al.* 2000a).

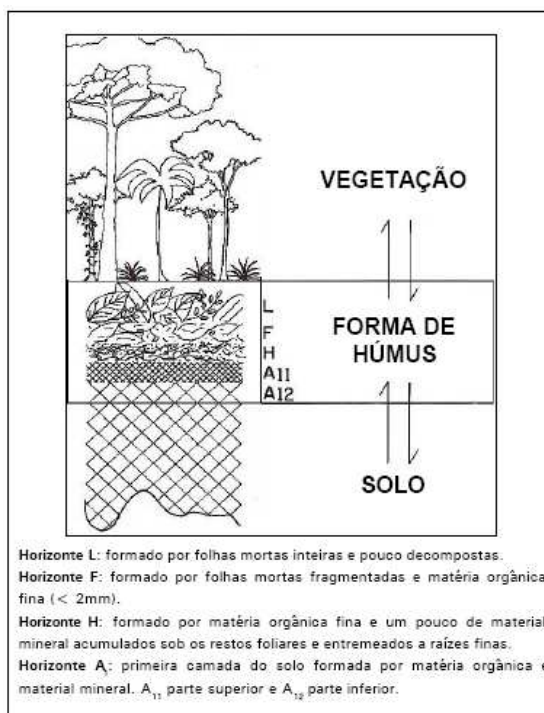
Obras recentes apresentam-se contraditórias quanto às suas conclusões no que diz respeito aos efeitos da intensidade do fogo relativamente à perda de nutrientes por dissolução em processos hidrológicos: Úbeda e Sala (2001) encontraram valores mais elevados em intensidades médias, comparativamente com intensidades altas, enquanto que Coelho *et al.* (2004) concluíram o oposto.

Soto e Diaz-Fierros (1993) afirmam que a disponibilidade de nutrientes presentes nas cinzas é regulada pela temperatura atingida durante a combustão, e pelas características tanto da vegetação como do elemento em questão. Eles chegaram à conclusão que a taxa de libertação é determinada sobretudo pela intensidade do fogo através dos seus efeitos sobre a volatilização e mineralização da matéria orgânica do solo, que geralmente atinge um pico a temperaturas entre os 350 - 450 ° C.

As regiões mediterrâneas com influência atlântica são caracterizadas por ecossistemas com densa cobertura vegetal, que permite a rápida propagação do fogo. Os incêndios florestais queimam a camada de manta morta e o mato rasteiro, levando a uma mudança da vegetação e da estrutura da parte superior do solo.

Os incêndios no Norte e Centro de Portugal consomem as camadas L e F e, quando presente, a camada H orgânica (Figura 1), assim como a maioria da vegetação. Assim, grandes quantidades de nutrientes são mineralizados e os minerais do solo são expostos ao impacto das gotas da chuva, aumentando a erosão e a escorrência (Shakesby *et al.* 1993; Walsh *et al.* 1994). As mudanças na vegetação e na parte superior do solo são conhecidas, por terem importantes impactes sobre o regime hidrológico, com base em estudos em parcelas (Walsh *et al.* 1994; Ferreira 1997; Ferreira *et al.* 1997; Soto e Diaz-Fierros 1998; Thomas *et al.* 1999; 2000a, b; Coelho *et al.* 1999; 2000a, b; Coelho *et al.* 2004).

al. 2004; Cerdà e Doerr 2005) e em bacias hidrográficas (Lavabre *et al.* 1993; Ferreira *et al.* 1997; Coelho *et al.* 2004; Cosandey *et al.* 2005; Ferreira *et al.* 2005b).



Fonte: Kindel *et al.* (2003)

Figura 1. Esquema representativo da interação vegetação/solo, destacando-se os horizontes do perfil húmico em diferentes estádios de decomposição.

É comumente aceite que o fogo aumenta a escorrência e a erosão do solo (Burch *et al.* 1989; Imeson *et al.* 1992; Shakesby *et al.* 1993; Scott & Schulze 1992; Scott 1993; Andreu *et al.* 1994; Inbar *et al.* 1998; Coelho *et al.* 1995a, b; Pierson *et al.* 2002; Coelho *et al.* 2004; Cerdà & Lasanta 2005; Cerdà e Doerr 2005, Benavides-Solorio & MacDonald 2005).

Os incêndios florestais são conhecidos por incrementarem a repelência do solo, imediatamente abaixo das cinzas, à água (Giovannini 1987; Giovannini *et al.* 1988; Doerr *et al.* 1996). De acordo com Giovannini (1994), os incêndios com temperaturas acima dos 450 °C (aproximadamente) acentuam o aumento da escorrência e o risco de erosão, induzindo a repelência à água e, assim, dificultando a infiltração.

A vegetação rasteira e a manta morta têm uma forte influência nos padrões da temperatura do solo, tal como foi estudado por Gimeno-Garcia *et al.* (2004) em incêndios experimentais com temperaturas acima dos 600 °C. Esta é a razão pela qual diferentes intensidades do fogo podem ter diferentes impactes sobre a repelência do solo à água (Coelho *et al.* 2004; Ferreira *et al.* 2005a), e, portanto, na produção de escorrência e nos quantitativos da erosão.

Os incêndios florestais afectam o desencadear da escorrência e da erosão do solo, alterando as características hídricas do topo do solo.

O calor transforma os componentes orgânicos do solo, tornando-os móveis, coalescendo-os assim em partículas minerais, aumentando a repelência das camadas mais superficiais do solo à água (DeBano *et al.* 1970; Giovannini e Lucchesi 1984; Giovannini 1994).

A severidade com que o fogo induz a repelência à água depende de um conjunto de características dos solos, incluindo principalmente a humidade, a textura e a quantidade e composição da matéria orgânica existente antes do fogo (Botelho *et al.* 1994; Giovannini 1994).

A magnitude das alterações na erosão e nos processos hidrológicos dependem, em parte, da severidade e variabilidade espacial da hidrofobicidade do solo (Jungerius e DeJong 1989; Ritsema e Dekker 1994; Coelho *et al.* 2004; Ferreira *et al.* 2005b). Alguns autores encontraram baixas taxas de erosão do solo após um incêndio (Emmerich e Cox 1992; Kutiel e Inbar 1993). Por exemplo, Coelho *et al.* (1995a, b) encontraram taxas de erosão de 2 ton ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> imediatamente após um incêndio florestal, valor significativamente mais baixo do que as 50 ton ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> encontradas na mesma região mas em floresta plantada com aplicação de técnicas de gestão florestal.

Em ambientes florestais queimados a escorrência pode ser reforçada pela redução da capacidade de infiltração e pelo desenvolvimento do reforço da eficácia da camada hidrofóbica (Sevink *et al.* 1989; Imeson *et al.* 1992; Doerr *et al.* 1996). O impacto das diferentes intensidades do fogo na distribuição espacial da hidrofobicidade e sobre a produção da escorrência e da erosão são explicadas em noutros artigos (Coelho *et al.* 2004; Ferreira *et al.* 2005b). Shakesby *et al.* (2000), no entanto, questiona se o risco de erosão estará tão directamente relacionado com a repelência do solo à água.

Com as cinzas à superfície do solo, as quais representam uma parte substancial do stock dos nutrientes, a ocorrência de escorrência logo após o incêndio, constitui um grave risco de degradação do solo (Ferreira *et al.* 1997). A dinâmica e o significado dos solutos na escorrência em ambientes florestais queimados é muitas vezes negligenciada, apesar da sua importância na perda de nutrientes à escala dos ecossistemas.

Essas perdas de nutrientes são cruciais para a sustentabilidade das regiões de clima mediterrâneo com influência atlântica, uma vez que, não obstante a sua vegetação elas coincidem com as zonas montanhosas onde os solos são geralmente pouco desenvolvidos e pobres em nutrientes. As montanhas de xisto em Portugal são

caracterizados por apresentarem Cambissolos Húmicos pouco desenvolvido onde a única reserva de nutriente se situa nas camadas L, F e, quando presente, H orgânica, que são queimadas pelos incêndios florestais.

Descobriu-se que a perda de nutrientes, em solução e por absorção, em sedimentos erodidos é substancialmente mais elevada em terrenos queimados devido ao aumento da escorrência, da erosão e da maior concentração de nutrientes à superfície do solo, devido à presença das cinzas, comparativamente a terrenos com plantações adultas (Thomas *et al.* 1999; 2000 a, b). No entanto, estes resultados referem-se ao segundo e terceiro ano após o incêndio florestal, não abrangendo o primeiro ano, quando a perda de nutriente é normalmente mais elevada. Evidências recentes demonstraram que a perda de nutrientes ocorre nos primeiros seis meses após o incêndio florestal (Ferreira *et al.* 2005a).

Este projecto aborda um assunto crítico relativo à conservação do solo e da água, isto é, o que pode ser feito para inverter a degradação do solo e a remoção de nutrientes pela erosão hídrica e processos que ocorrem nos primeiros seis meses após o incêndio.

Surpreendentemente, não há muitos trabalhos sobre as melhores técnicas para evitar os processos de degradação imediatamente após o incêndio. Robinchaud *et al.* (2000) fornecem uma descrição e avaliação de técnicas para atenuar a degradação pós-incêndio, embora baseado na opinião dos gestores florestais e não em dados científicos. Todas as outras obras, dão uma visão muito limitada do desempenho das diversas técnicas ou dos seus efeitos imediatamente após o fogo (por exemplo, Albaladejo Montoro *et al.* 1999, Benito Soto *et al.* 1999, de Luis *et al.* 2006, Wagenbrenner *et al.* 2005, Buhk *et al.* 2005).

A necessidade de modelizar os factores associados à degradação dos solos e a resposta dos mesmos às técnicas empregues na remediação dos seus efeitos, levou-nos a implementar uma solução integrada de análise da informação, baseada nos Sistemas de Informação Geográfica.

Através deste sistema integrado é podemos desenvolver um conjunto de análises diversificado, tendo em consideração a interacção espacial e temporal inerente aos vários fenómenos de base territorial aqui envolvidos. De facto, uma das potencialidades dos SIG é a capacidade de incorporação de toda a informação especial que recolhermos relativamente ao território em estudo.

Vários têm sido os trabalhos desenvolvidos no sentido de modelizar o comportamento dos diversos factores envolvidos no processo de erosão dos solos na sequência de incêndios florestais, recorrendo a modelos matemáticos ou a outras

metodologias baseadas ou não em SIG (Moffet *et al.*, 2007; Robichaud, 2007; Renschler *et al.*, 2002; ...), sendo, contudo, nosso objectivo estabelecer relações entre o fenómeno erosivo e identificar o comportamento das variáveis envolvidas neste processo relativamente à aplicação de técnicas de mitigação.

## 2 O PROCESSO DE MODELAÇÃO EM AMBIENTE SIG

O processo de modelação de variáveis ambientais tem vindo a ser desenvolvida na sequência da necessidade de tornar explícita a sua componente espacial. Neste sentido, tem sido privilegiada a integração dos SIG, pela sua capacidade de integração de tais modelos, bem como pela sua capacidade de gerir e analisar grandes quantidades de informação e, acima de tudo, pela sua capacidade de relacionar essa informação com base na sua expressão territorial, espacial.

Dada a relação íntima entre os processos geomorfológicos e a superfície em que se desencadeiam, logo sobre o espaço, consideramos adequada a aplicação das metodologias de modelação espacial disponibilizadas pelos SIG à análise dos processos de erosão operados na sequência dos Incêndios florestais.

Assim, na sequência da instalação e monitorização das parcelas de erosão (Fotografias 1 e 2) em vários sectores da vertente, em áreas de montanha ocupada com floresta de produção no Centro de Portugal, produzir-se-à um vasto conjunto de informação referente aos diversos parâmetros que se conjugam para a génese das dinâmicas geomorfológicas erosivas anteriormente referidas.



Fotografia 1 e 2. Parcelas de erosão na área em estudo

Neste sentido, o desenvolvimento de processos de modelação dessas mesmas variáveis vai permitir a aferição de eventuais interrelações entre elas e definição de padrões de comportamento capazes de nos conduzir a uma predictibilidade dos mesmos, por forma a determinar a validade e efectividade das técnicas de remediação entretanto implementadas no decurso do projecto.

A implementação do processo de modelação, realizado com o recurso às tecnologias de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), assentará na informação recolhida e sua validade e fiabilidade, que será armazenada e estruturada numa base de dados integrada no SIG (Figura 2).

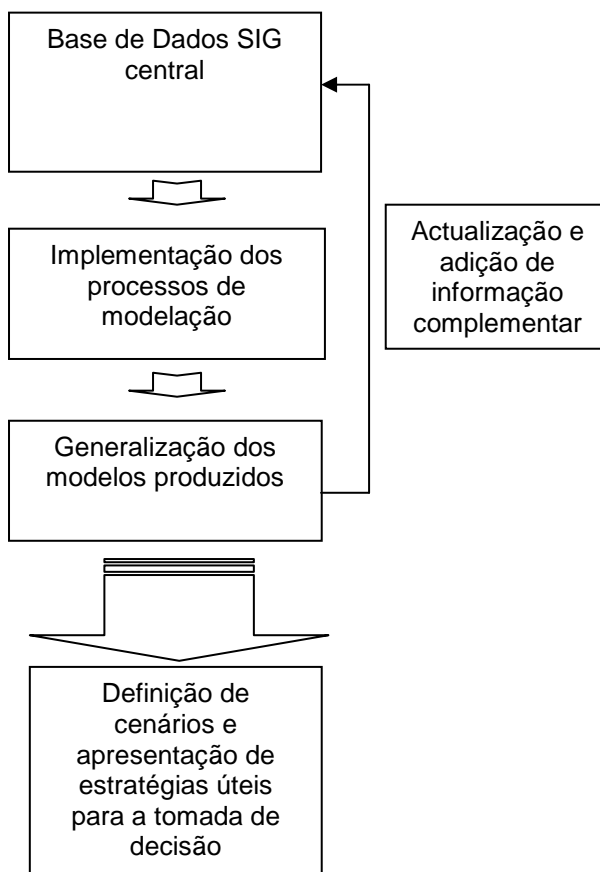


Figura 2. Esquema de implementação do processo de modelação

A informação integrada na base de dados geográfica permitirá desenvolver uma diversidade de operações de modelação, num primeiro momento direccionadas para as parcelas em estudo, conduzindo à elaboração de cenários predictivos. Os resultados da modelação será posteriormente generalizada à vertente, de forma a aferir da validade de extrapolação dos dados e da possibilidade de produzir indicadores de evolução gerais

úteis para a tomada de decisão sobre as técnicas apropriadas à minimização dos efeitos erosivos sobre áreas áridas.

Neste sentido, o processo de modelação (Figura 3) incorporará uma fase inicial na qual procederemos à recolha e tratamento da informação respeitante às variáveis identificadas para o estudo, bem como a definição do modelo dos dados a implementar e estruturação da base de dados geográficos que irá armazenar os dados.

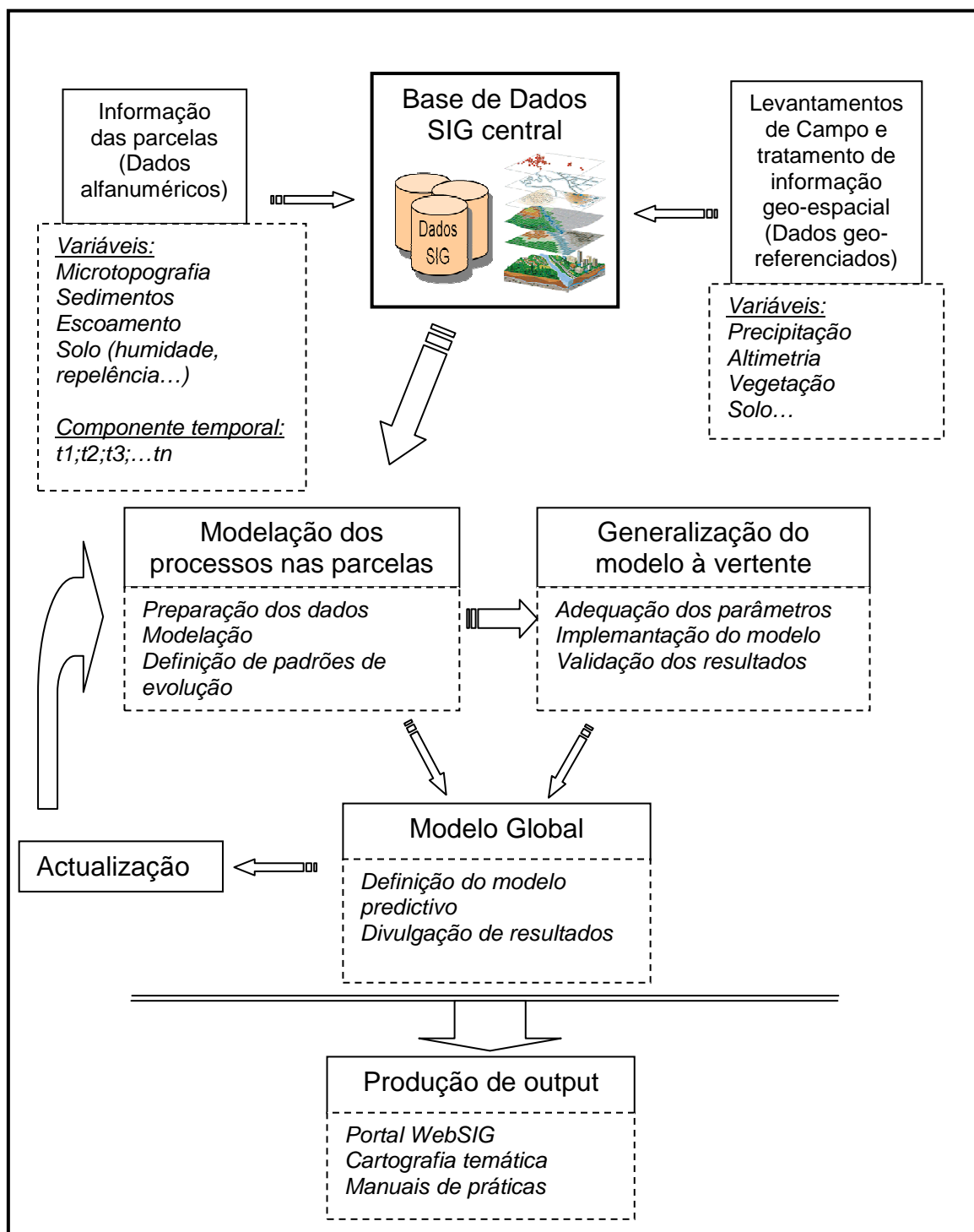


Figura 3. Esquema conceptual de aplicação do processo de modelo geomorfológico



Consecutivamente desenvolver-se-à um trabalho de levantamento topográfico da área em estudo (Fotografias. 3 e 4) e sua modelação tridimensional e modelação das superfícies de escoamento/fluxo. Desenvolver-se-à também uma análise ao nível da ocupação do solo e caracterização das diversas componentes do solo (estrutura, textura, humidade, porosidade, entre outros) ao nível da vertente, bem como uma análise dos factores relacionados com os incêndios florestais (intensidade, recorrência). Estes dados serão, igualmente, integrados na base de dados geográfica, permitindo estabelecer as variáveis necessárias à implementação do modelo.



Fotografia 3 e 4. Levantamento topográfico da área em estudo

A segunda fase do projecto consistirá no desenvolvimento do modelo geomorfológico, num primeiro momento aplicado às parcelas instaladas e posteriormente generalizado à vertente. Este modelo avaliará o comportamento das variáveis em condições de diferenciadas, sem a implementação de medidas de redução da erosão e com a implementação de mecanismos variados de mitigação dos fenómenos.

A construção de um modelo global que permita a predição dos fenómenos geomorfológicos actuantes nas vertentes após incêndios e a respostas dos processos degradativos face a diferentes mecanismos mitigadores, será o objectivo final deste projecto, permitindo produzir um conjunto valioso de informação para o auxílio aos agentes envolvidos no processo de produção florestal, pelo que a mesma será veiculada através de um portal Web baseado em tecnologia SIG, o que constituirá a fase final do projecto.

## CONCLUSÃO

O RECOVER tem uma forte componente de experimentação no terreno e irá executar uma reflexão estratégica para fornecer técnicas e estratégias eficazes de baixo custo para atenuar a degradação do solo e a migração de nutrientes logo após o incêndio.

O projecto tem uma forte dimensão participativa, uma vez que a investigação será discutida e terá em conta a percepção e as soluções propostas pelos principais intervenientes e diferentes partes interessadas.

O objectivo final é produzir uma ferramenta que permite àqueles com responsabilidades na gestão de áreas queimadas, identificar expeditamente as áreas críticas onde intervenções devem ser feitas para obter os melhores resultados de conservação pelo menor preço possível, o que terá um impacte significativo sobre a conservação dos solos, da vegetação a recuperar e, portanto, sobre o funcionamento do ecossistema. Pretende-se igualmente reduzir significativamente os impactes da lavagem das cinzas.

Neste sentido, a modelação geomorfológica permitirá a compreensão do comportamento dos processos actuantes nas vertentes e sua resposta aos mecanismos de remediação propostos, possibilitando a produção de informação relevante para o desenvolvimento de estratégias globais de protecção dos solos e demais recursos naturais.

## BIBLIOGRAFIA

- Andreu V, Forteza J, Rubio JL, Cerni R (1994) Nutrient losses in relation to vegetation cover on automated field plots. In Rickson, R.J. (Ed.) *Conserving Soil Resources*. Cambridge Univ. Press, 116-126.
- Benavides-Solorio J de, MacDonald LH (2005) Measurement and prediction of post-fire erosion at the hillslope scale, Colorado Front Range. *International Journal of Wildland Fire*, **14**, 457-474.
- Botelho H, Vega J, Fernandes P, Rego F (1994). Prescribed fire behaviour and fine fuel consumption in Northern Portugal and Galiza maritime pine stands. In: 'Proceedings 2<sup>nd</sup> International Conference on Forest Fire Research', pp. 343-353. 21-24 Nov. 1994, Coimbra.
- Burch GJ, Moore ID, Burns J (1989) Soil hydrophobic effects on infiltration and catchment runoff. *Hydrological Processes*, **3**, 211-222.
- Cerdà A, Lasanta T (2005) Long-term erosional responses after fire in the Central Spanish Pyrenees. 1. Water and sediment yield. *Catena*, **60**, 59-80.
- Cerdà A, Doerr SH (2005) The influence of vegetation recovery on soil hydrology and erodibility following fire: an eleven-year research. *International Journal of Wildland Fire* (this issue)
- Coelho COA, Ferreira AJD, Boulet AK, Keizer JJ (2004) Overland flow generation processes, erosion yields and solute loss following different intensity fires. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, **37**, 3, 233-240.
- Coelho COA, Shakesby RA, Walsh RPD (1995a). Effects of forest fires and post-fire land management practice on soil erosion and stream dynamics, Águeda basin, Portugal. 'Soil and groundwater research report V', European Commission, 91p.
- Coelho COA, Shakesby RA, González del Tánago M, Ternan L, Walsh RPD, Williams AG (1995b) IBERLIM: Land management and erosion limitation in the Iberian Peninsula. Final Report to the EC in fulfilment of Project EV5V-0041 'Land management practice and erosion limitation in contrasting wildfire and gullied locations in the Iberian Peninsula (unpublished), 246 pp.
- Cosandey C, Andrèassian V, Martin C, Didon-Lescot JF, Lavabre J, Folton N, Mathys, N, Richard D (2005) The hydrological impact of the mediterranean forest: a review of French research. *Journal of Hydrology*, **301**, 235-249.
- DeBano LF, Mann LD, Hamilton .A (1970) Translocation of hydrophobic substances into soil by burning organic litter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **34**, 130-133.
- Doerr SH, Shakesby RA, Walsh RPD (1996) Soil hydrophobicity variations with depth and particle size fraction in burned and unburnt Eucalyptus globulus and Pinus pinaster forest terrain in the Águeda basin, Portugal. *Catena*, **27**, 25-47.
- Emmerich WE, Cox JR (1992) Hydrologic characteristics immediately after seasonal burning on introduced and native grasslands *Journal of Range Management*, **45**, 476-479
- Ferreira AJD, Coelho COA, Boulet AK, Lopes, FP (2005a) Temporal patterns of solute loss following wildfires in Central Portugal. *International Journal of Wildland Fire*, **14**, 401-412.
- Ferreira AJD, Coelho COA, Boulet AK, Leighton-Boyce G, Keizer JJ, Ritsema CJ (2005b) Influence of burning intensity on water repellence and hydrological processes at forest sites in Portugal. *Australian Journal of Soil Research* **43**, 327-336.

- Ferreira AJD, Coelho COA, Bento Gonçalves AJ, Shakesby RA, Walsh RPD (1998) Impact of climatic change on slope and catchment hydrology in forest areas, Central Portugal. *Geokodynamic*, **19**, 165-178.
- Ferreira AJD, Coelho COA, Shakesby RA, Walsh RPD (1997). Sediment and solute yield in forest ecosystems affected by forest fire and rip-ploughing techniques, central Portugal: a plot and catchment analysis approach. *Physics and Chemistry of the Earth*, **22**, 309-314.
- Ferreira AJD (1997) Soil erosion in a burned plot: Evaluation based on single event record. In 'Forest fire risk and Management Proceedings of the European school of climatology and natural hazards course', EU-Comission, 373-380.
- Gimeno-García E, Andreu V, Rubio JL (2004) Spatial patterns of soil temperatures during experimental fires. *Geoderma*, **118**, 17-38.
- Giovannini G (1994). The effect of fire on soil quality. In: M. Sala and J.L. Rubio (Ed.), *Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires*. Geoforma Ediciones, Logroño, Spain, 15-27.
- Giovannini G (1987) Effect of fire and associate heating wave on the physicochemical parameters related to the soil potential erodibility. *Ecologia Mediterranea*, **13**, 111-117.
- Giovannini G, Lucchesi, S, Giachetti M (1988) Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. *Soil Science*, **146**, 255-261.
- Giovannini G, Lucchesi S (1984) DTA and IR investigation on soil hydrophobic substances. *Soil Sci.*, **137**, 457-463.
- Goodchild MF *et al.* (Ed.) (1996) GIS and environment modelling. John Wiley & Sons, England.
- Imeson AC, Verstraten JM, Van Mullingen EJ, Sevink J (1992) The effects of fire and water repellency on infiltration and runoff under Mediterranean type forests. *Catena* **19**, 345-361.
- Inbar M, Tamir M, Wittenberg L (1998) Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean. *Geomorphology*, **24**, 17-33
- Jungerius PD, DeJong JH (1989) Variability of water repellency in the dunes along the Dutch coast. *Catena*, **16**, 491-497.
- Kindle, A., Garay, I., Santana do Carmo, C. A. e Lima, J. A. S. (2003) – Quantificação dos horizontes húmicos e dinâmica da decomposição de material foliar em solos florestais. *Comunicado Técnico* **21**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Rio de Janeiro, 8 pp.
- Kutiel P, Inbar M (1993) Fire impacts on soil nutrients and soil erosion in a Mediterranean pine forest plantation. *Catena*, **20**, 129-139
- Lavabre J, Torres DS, Cernesson F (1993) Changes in the hydrological response of a small Mediterranean basin a year after a wildfire. *Journal of Hydrology*, **142**, 273-299.
- Longley P, Batty M (Ed.) (1997) Spatial analysis: modelling in a GIS environment. John Wiley & Sons, England.
- Moffet, Correy *et al.* (2007) Modeling soil erosion on steep sagebrush rangeland before and after prescribed fire. *Catena*, **71**, 218-228.
- Pierson FB, Carlson DH, Spaeth KE (2002) Impacts of wildfire on soil hydrological properties of steep sagebrush-steppe rangeland. *International Journal of Wildland Fire*, **11**, 145-151

- Ritsema CJ, Dekker LW (1994) How water moves in a water-repellent sandy soil. 2. Dynamics of fingered flow. *Water Resources Research*, **30**, 2519-2531.
- Scott DF (1993) The hydrological effects of fire in South African mountain catchments. *Journal of Hydrology*, **150**, 409-432.
- Scott DF, Schulze RE (1992) The hydrological effects of a wildfire in a eucalypt afforested catchment. *S.A. Forestry Journal*, **160**, 67-74.
- Sevink J, Imeson AC, Verstraten, JM (1989) Humus form development and hillslope runoff, and the effects of fire and management, under Mediterranean forest in NE Spain. *Catena*, **16**, 461-475.
- Shakesby RA, Coelho COA, Ferreira AJD, Terry JP, Walsh RPD (1993) Wildfire impacts on soil erosion and hydrology in wet Mediterranean forest, Portugal. *International Journal of Wildland Fire*, **3**, 95-110.
- Shakesby RA, Doerr SH, Walsh RPD (2000) Problems and prospects in determining the hydrological and erosional significance of soil hydrophobicity. *Journal of Hydrology*, **231-232**, 178-191.
- Shekhar S & Chawla S (2003) Spatial databases. A tour. Prentice Hall.
- Soto D, Diaz-Fierros F (1998) Runoff and soil erosion from areas of burnt scrub: comparison of experimental results with those predicted by the WEPP model. *Catena*, **31**, 257-270.
- Soto, D. and Diaz-Fierros F (1993) Interactions between plant ash leachates and soil. *International Journal of Wildland Fire*, **3** (4), 207-216.
- Thomas AD; Walsh RPD; Shakesby RA (1999) Nutrient losses in eroded sediment after fire in eucalyptus and pine forests in the wet Mediterranean environment of northern Portugal. *Catena*, **36**, 283-302.
- Thomas AD, Walsh RPD, Shakesby RA (2000a) Post-fire forestry management and nutrient losses in eucalyptus and pine plantations, northern Portugal. *Land Degradation & Development*, **11**, 257-271.
- Thomas AD, Walsh RPD, Shakesby RA (2000b) Solutes in overland flow following fire in eucalyptus and pine forests, northern Portugal. *Hydrological Processes*, **14**, 971-985.
- Úbeda X, Sala M (2001) Chemical concentrations in overland flow from different forested areas in a Mediterranean Environment: burned forest at different fire intensity and unpaved road. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, **45**, 225-238.
- Wainwright J (2008) Can modelling enable us to understand the role of humans in landscape evolution?. *Geoforum*, **39**, 659-674.
- Walsh RPD, Boakes DJ, Coelho COA, Bento Gonçalves AJ, Shakesby RA, Thomas AD, (1994) Impact of fire-induced hydrophobicity and post-fire forest litter on overland flow in northern and central Portugal. Proceedings of the Second International Conference on Forest Fire Research, Coimbra, 21-24 November 1994, Volume II, 1149-1159.

# ESTIMATIVA DOS ÍNDICES DE SECA PDSI E Z DE PALMER E AVALIAÇÃO DAS SUAS INFLUÊNCIAS SOBRE A PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO DE JATAÍ-GO.

FARIA; Simone Marques<sup>1</sup>, ASSUNÇÃO; Hildeu Ferreira da<sup>2</sup>.

Universidade Federal de Goiás

[simoneufg@yahoo.com.br](mailto:simoneufg@yahoo.com.br) e [hildeu@yahoo.com.br](mailto:hildeu@yahoo.com.br).

## Resumo

O município de Jataí-GO está inserido em uma região de fronteira agrícola estrategicamente muito importante para o país, onde sua cadeia produtiva é fortemente dependente das condições agroclimáticas locais, isso implica que a ocorrência de uma seca prolongada pode afetar significativamente a sua produção agropecuária. Assim sendo, se faz necessário um estudo variacional sobre a frequência deste fenômeno, em escala local. Diante disso, este estudo tem como objetivos: determinar os índices de seca de Palmer (Z e PDSI) e avaliar o desempenho desses índices com base no histórico de produção agrícola do município de 1990 a 2006. Para isso foram utilizados a série climatológica de Jataí-GO, do período de 1980 a 2006, fornecida pela Estação Climatológica Principal do INMET e os dados de produção agrícola de milho e soja do município, fornecidos pelo IBGE. Foram feitas análises de regressão entre os índices de seca e a produção individual de cada cultura, considerando-se a soja como safra normal e o milho como cultura de safrinha. As análises de avaliação mostraram que o índice Z de Palmer apresentou uma maior correlação com a variação da produção:  $r=0,446$  para a soja e  $r=0,580$  para o milho, sugerindo que este seja um dos melhores indicadores da seca agrícola em períodos de safra. Em 16 anos de observação da produção, verificamos que a região foi atingida por 6 períodos de seca de diferentes intensidades. Desta forma concluímos que nas fases de floração e enchimento de grãos, o volume de chuva climaticamente esperada não atingiu a quantidade necessária para manter a capacidade de campo.

**Palavras chaves:** Índices de Seca Z, Índice de Severidade de Seca de Palmer, Seca agrônômica, Produção agrícola.

## Abstract

The district area of Jataí-GO is inserted in an agricultural region very important and strategically to Brazil, where its productive chain is strongly dependent of the local agroclimatical conditions. This implicates that the incidence of the persistent drought can significantly affect the agricultural production. Thus being, it is done necessary a variational study about the frequency of this phenomenon, in local scale. Before that, this study has the following aims: determination of the Palmer drought indexes (Z and PDSI) and evaluation of the drought indexes in function of the agricultural production report from 1990 to 2006 of district area. It was used the climatological serialize of Jataí-GO, into period from 1980 to 2006, supplied by the main climatological Station of INMET and the data of agricultural production of corn and soybean of the district area, supplied by IBGE. It was made regression analyses between the drought index and the individual production of each culture, being considered the soybean as normal harvest and the corn as extra harvest culture. The evaluation analyses showed that the Palmer Z index presented a good correlation with the production deviation:  $r=0,446$  for soybean and  $r=0,580$  for corn, suggesting that this one of is better indicative of the agricultural drought in harvest periods. Among 16 years of production observation, we verified that the region was reached by 6 periods of different drought intensities. This way we concluded that, in the flowering phases and grains filling, the volume of climatically expected rain didn't reach the necessary amount to maintain the field capacity.

**Key-word:** Z drought index, Palmer Drought Severity Index, agronomic drought, agricultural production.

## Objetivo

O município de Jataí por estar contido em uma região de fronteira agrícola e diante das possibilidades de que a seca pode afetar a cadeia de produção faz se necessário, porém, um estudo sobre a frequência e a estabilidade deste fenômeno na região de Jataí-GO. Portanto, este estudo tem como objetivos:

- Determinar os índices de seca de Palmer (Z e PDSI);
- Avaliar o desempenho desses índices com base no histórico de produção agrícola do município de Jataí, no período de 1990 a 2006.

## Referencial Teórico

Dracup et al. (1980) afirmam que as secas são fenômenos regionais que se caracterizam pela falta de água, no entanto a U.S. Weather Bureau define a seca como a falta de chuva por um longo período, capaz de afetar as plantas e a vida animal de uma região, e diminuir o suprimento de água para o uso doméstico e operações de hidrelétricas, especialmente em regiões onde a chuva é normalmente suficiente.

Segundo Quiring e Papakryiakou (2003), há inúmeros índices de seca, cada um requer uma variedade de dados de entrada e cada um fornece uma medida diferente de seca. Geralmente, os modelos mais usados incluem o Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e o Índice de Anomalia de Umidade, índice Z (PALMER, 1965), o Índice de Anomalia de Chuva RAI (VAN ROOY, 1965), o Índice de Umidade de Colheita, CMI (PALMER, 1968), o Índice de Bhalme-Mooley, BMDI (BHALME E MOOLEY, 1980), o Índice de Seca NOAA, NDI (TITLOW, 1987), o Índice de Anomalia Unificado (Katz e Glantz, 1986); o Índice de Precipitação Padronizado SPI (MCKEE et al., 1995) e o índice de seca agrícola, baseado no Índice da Diferença Normalizada da Vegetação (KOGAN, 1995). Dada as diferentes respostas destes índices de seca, nem todos são satisfatórios para medi-la.

Um dos índices mais utilizados e mundialmente reconhecidos para quantificação da seca é o Índice de Severidade de Seca de Palmer (1965) que considera um determinado período, o total de precipitação requerida para manter uma área sob condições de economia estável no setor agropecuário. É dependente das condições meteorológicas dos meses precedentes e do mês atual.

O balanço hídrico de Palmer (1965) assume ainda uma capacidade de armazenamento de água no solo fixa de 100 mm. Este é um valor médio para uma grande variedade de solos, a uma profundidade na ordem de 1,0 m. Durante o processo de contabilização, aparecem também

variações de armazenamento, (PRO) aqui denominadas de Potencial de Runoff, a evapotranspiração real ou atual (ETR), o Potencial de Recarga (PR) que representam as quantidades de água do solo, (L) representado pela perda de água do solo, o potencial de perda aqui representado pelo (PL) e o excedente de água (RO), que representam as quantidades de água perdida pelo solo, depois da recarga (R). Os resultados do balanço podem ainda ser representados de forma gráfica.

Segundo Reichardt (1990), a água é retida no solo, devido a fenômenos de capilaridade e adsorção. A capilaridade atua na retenção de água dos solos na faixa úmida, quando os poros se apresentam razoavelmente cheios de água. Enquanto o fenômeno de adsorção passa a dominar a retenção de água, quando os poros vão se esvaziando e filmes de água recobrem as partículas sólidas.

Muitos fatores afetam a retenção de água em um solo, dentre eles encontram-se a textura que caracteriza o tamanho dos poros e a estrutura que determina o arranjo das partículas e a distribuição desses poros (REICHARDT, 1990).

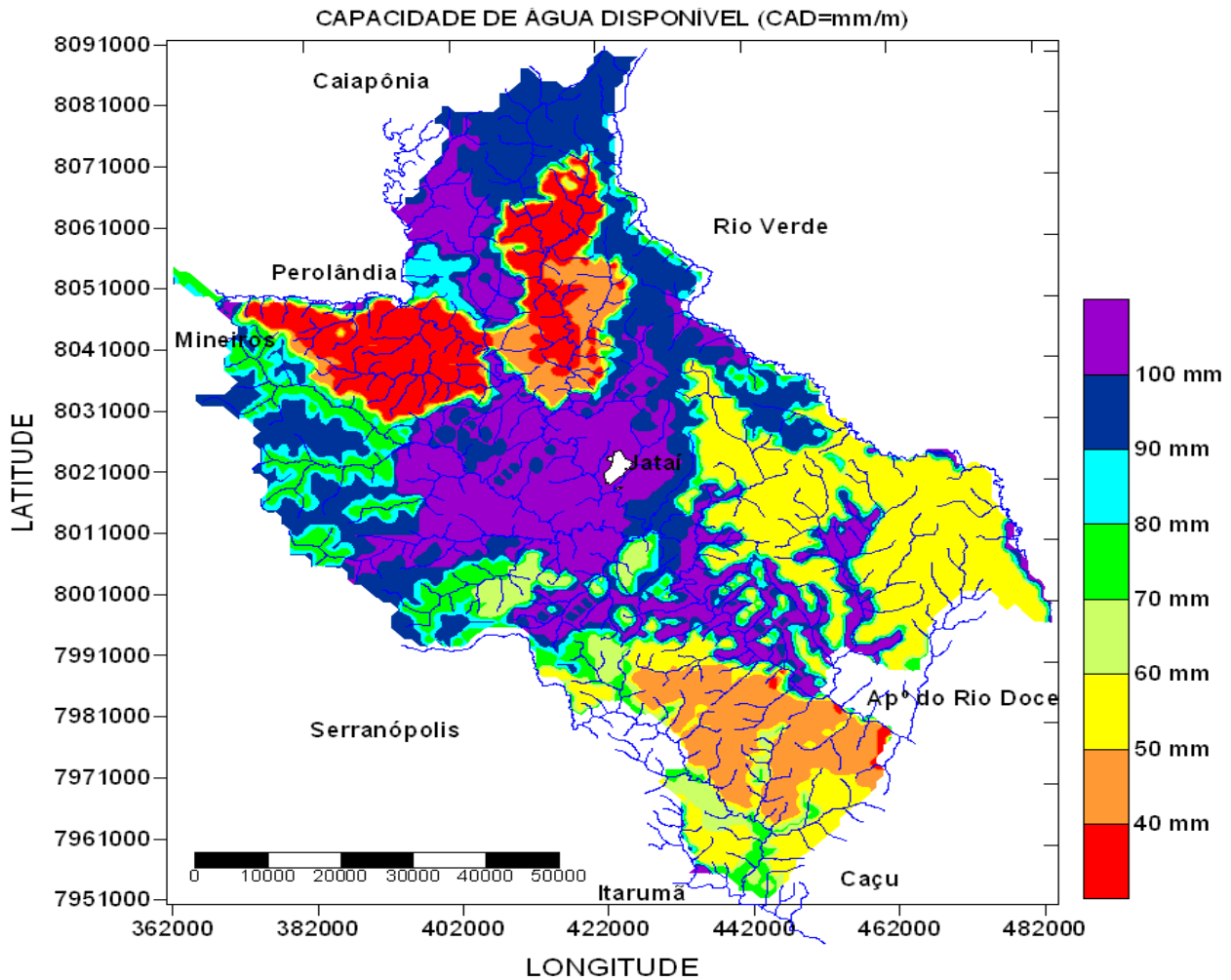
Segundo Reichardt (1990), como o solo é um reservatório sem fundo, quanto maior a profundidade considerada, maior a quantidade de água armazenada. Devido à ação da gravidade, parte da água se move no sentido vertical para baixo, saindo da zona radicular e indo para recarga dos reservatórios subterrâneos. Por isso, ao se definir o armazenamento de água de um solo, é preciso definir a profundidade.

Jataí com território localizado no Planalto Meridional, dominado por sedimentos antigos e faixas de derrames basálticos, o relevo apresenta-se de plano a suavemente ondulado, com a presença de formas tabulares em superfícies dissecadas a leste e nordeste. As altitudes variam de 500 a 900 metros, em média. Seu trecho do Caiapó serve de divisa entre as bacias do Araguaia e do Paranaíba. A rede hidrográfica pertence a bacia do Paraná, constituída de afluentes da margem direita do Paranaíba, destacando-se o Rio Claro e seus afluentes Rio Doce e Ariranha.

Nos vales, onde o solo é mais rico e úmido, ocorre os tipos florestais, tropical, semidecíduo, mesófilo em forma de floresta ciliar ou mata de galeria. Agentes este que demonstra a vocação do município para a produção agrícola.

Segundo Faria e Assunção (2006), a estimativa da capacidade de água disponível para os solos de Cerrado do município de Jataí-GO variam de 30 a 110 mm/m (Figura 1), devido à diversidade de solos encontrados nos locais de estudo que vão desde solos extremamente argilosos a solos extremamente arenosos sendo os solos argilosos capazes de reter uma maior quantidade de água e os solos arenosos infiltram mais rapidamente a água disponível devido a sua textura.



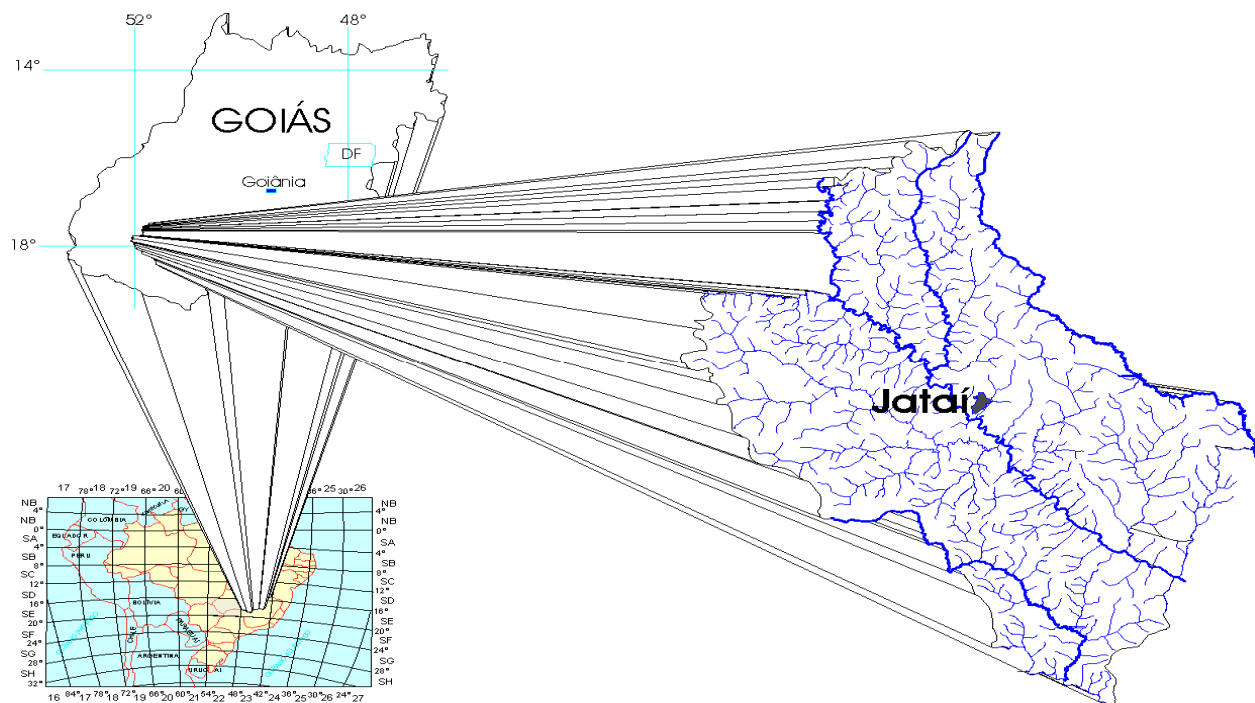


**Figura 1:** Espacialização da Capacidade de Armazenamento de Água no Solo de Jataí (CAD)

Segundo Espinoza et al. (1982), o clima da região dos Cerrados é caracterizado por uma estação seca bem definida que se estende de maio a setembro. Esta característica pode ser de uma maneira geral, generalizada para a região do Sudoeste de Goiás, cuja atividade agrícola concentra-se no período chuvoso, quando ocorrem de 80 a 90% do total anual das chuvas, em torno de 1600 mm (ASSUNÇÃO et al., 1999). Embora este total seja considerado suficiente para a maioria das culturas, a distribuição irregular das chuvas é inevitável e torna-se um dos fatores limitantes para a agricultura nesta região, acarretando a deficiência hídrica.

## Metodologia

O município de Jataí localiza-se no Sudoeste do Estado de Goiás, entre os paralelos 17°19' a 18°32'S e os meridianos 52°16' a 51°12'W, com altitude variando de 500 a 1000 m (Figura 1).



**Figura 2.** Localização geográfica da área de estudo

Segundo Assunção et al. (1999), encontraram-se no município de Jataí-GO dois tipos climáticos, de acordo com a classificação de Thornthwaite: Megatérmico e mesotérmico, combinados com diferentes sub-tipos, o que torna o clima dessa região propício ao cultivo agrícola. As alturas pluviométricas variam de 1000 a 1600 mm, com temperatura média anual de 22,2°C. O clima pode ser classificado em Awc, tropical úmido de Savana, mesotérmico, com chuva no verão e seca no inverno, conforme a classificação de Köppen.

Os solos dessa região são de baixa fertilidade natural, ocorrendo frequentemente, os latossolos vermelhos ou amarelos que contém variadas quantidades de minerais argilosos originados de vários tipos de rochas como basalto, gnaise, calcário e sedimentos detritos lateríticos (RADAMBRASIL, 1983). Essas rochas confirmam a necessidade de correção do solo para o cultivo agrícola.

Para desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os dados mensais de temperatura (T), umidade relativa (UR), precipitação (P) e insolação (N) da série climatológica de Jataí-GO, coletados na Estação Climatológica Principal do INMET, referente ao período de 1980 a 2006.

Foi utilizada também a base de dados agregados do SIDRA (IBGE, 2006), referente à produtividade municipal de Jataí-GO, para soja e milho, entre os anos de 1990 a 2006.

A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Makkink (PEREIRA et al.,1997), cujos valores são utilizados para processar o balanço hídrico. O balanço hídrico climatológico foi calculado usando o método de Palmer (ALLEY, 1984), o qual leva em conta a entrada e saída de água no solo a partir da precipitação, evapotranspiração e da capacidade de armazenamento de água no solo. Para o procedimento computacional foi utilizado uma planilha eletrônica adotando a metodologia citada acima.

Os índices de seca de Palmer (Z e PDSI) foram baseados em valores médios mensais, utilizando-se o princípio do balanço de água no solo. Dentro do presente estudo foram considerados somente os meses de safra e safrinha, ou seja, de outubro a maio. Após a determinação dos índices Z e PDSI, os mesmos foram categorizados conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação dos índices Z e PDSI de acordo com Palmer (ALLEY, 1984).

<b>Z</b>	<b>PDSI</b>	<b>CATEGORIA</b>
≥3,50	≥ 4,00	Extremamente Úmido
2,50 a 3,49	3,00 a 3,99	Muito Úmido
1,00 a 2,49	2,00 a 2,99	Moderadamente Úmido
0,99 a 1,24	1,00 a 1,99	Úmido
1,24 a -0,99	0,50 a 0,99	Inicialmente Úmido
1,00 a -0,99	0,49 a -0,49	Normal
-0,99 a 1,00	-0,50 a -0,99	Inicialmente Seco
-1,00 a 1,25	-1,00 a -1,99	Suavemente Seco
-1,25 a -1,99	-2,00 a -2,99	Moderadamente Seco
-2,00 a -2,74	-3,00 a -3,99	Severamente Seco
≤ -2,75	≤ - 4,00	Extremamente Seco

Para avaliação dos índices de seca (Z e PDSI), foram estabelecidas análises de regressão mensal entre estes e a produtividade da cultura (soja e milho), tomando-se como critério de desempenho os valores dos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e angular (b) da reta. A atribuição do índice de melhor desempenho foi aquele com maior  $r^2$  e com correlação positiva ( $b > 0$ ). Os meses adotados para validar o desempenho dos índices foram aqueles efetivamente relacionando com os períodos críticos para a cultura, ou seja, os meses de florescimento e de enchimento dos grãos, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2.** Características práticas de cultivo e duração das fases da cultura para a região de Jataí-GO

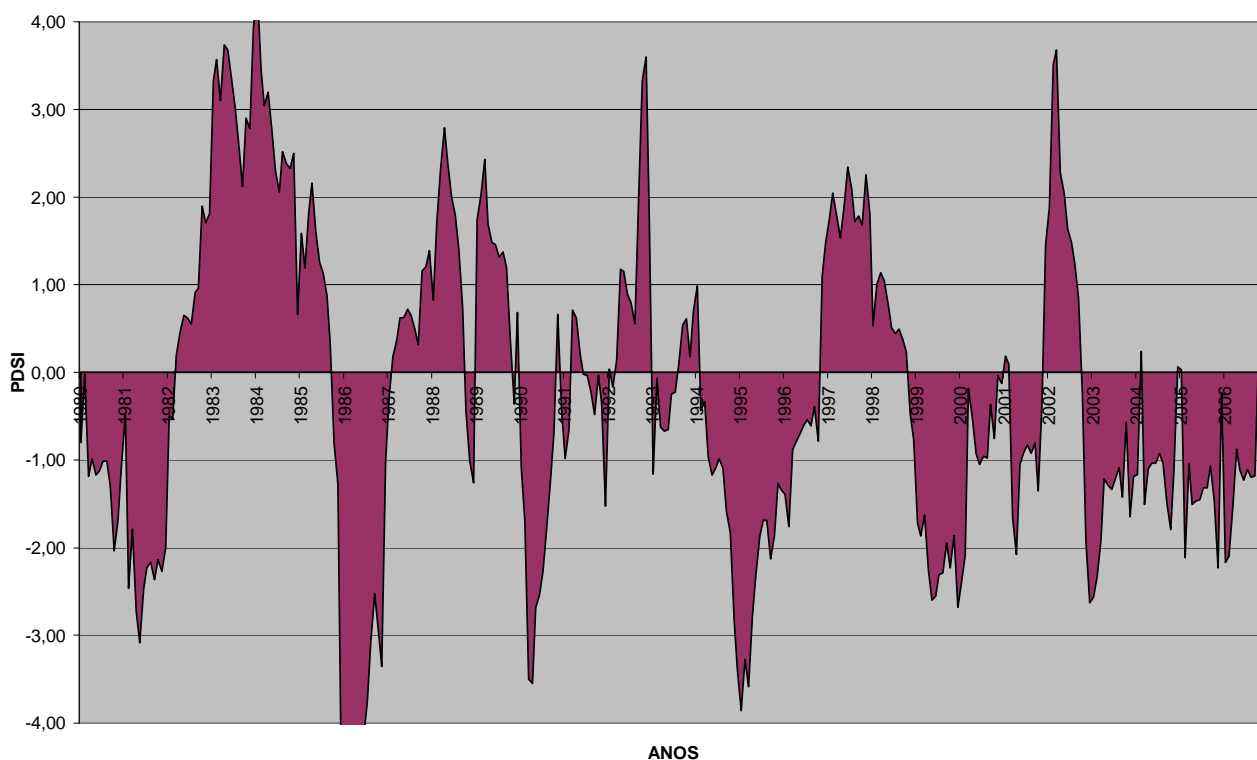
<b>Cultura</b>	<b>Plantio (meses)</b>	<b>Floração (Dias)</b>	<b>Ciclo (Dias)</b>	<b>Período crítico</b>
Soja	01 Out a 15 Nov	45 a 60	105 a 130	Dezembro
Milho	15 Jan a 28 Fev	55 a 60	120 a 140	Março

## Resultados e discussões

Conforme a análises dos dados (Figura 3), em todo o período estudado de 26 anos, ocorreram 10 de anos secos, 8 anos normais e 8 anos úmidos. Sendo que foi possível fazer uma distinção visual entre as diferentes intensidades dos eventos. Observando a Figura 3, nota-se que os anos de 1982 a 1985, ficaram sendo o período mais longo em condições de alta umidade. Destaca-se também, ano de 1986 que foi o período mais seco da série, chegando a uma condição de seca extrema. Não foi possível associar estes anos com a produtividade devido à falta de informações no Banco de Dados Agregados do Sidra IBGE (2006).

Os anos que mais chamaram atenção, em relação à produtividade destacam-se os anos de 1990, 1995, 2005 e 2006, que conforme a Tabela 3 foi registrada a menor produtividade tanto de soja quanto de milho. Diante disso a Figura 3 mostra este reflexo como anos severamente secos.

Os estudiosos do assunto afirmam que a fase de mais influencia na produtividade é durante a floração, sendo que nesta fase não pode faltar água, o que afeta sobremaneira o potencial produtivo.



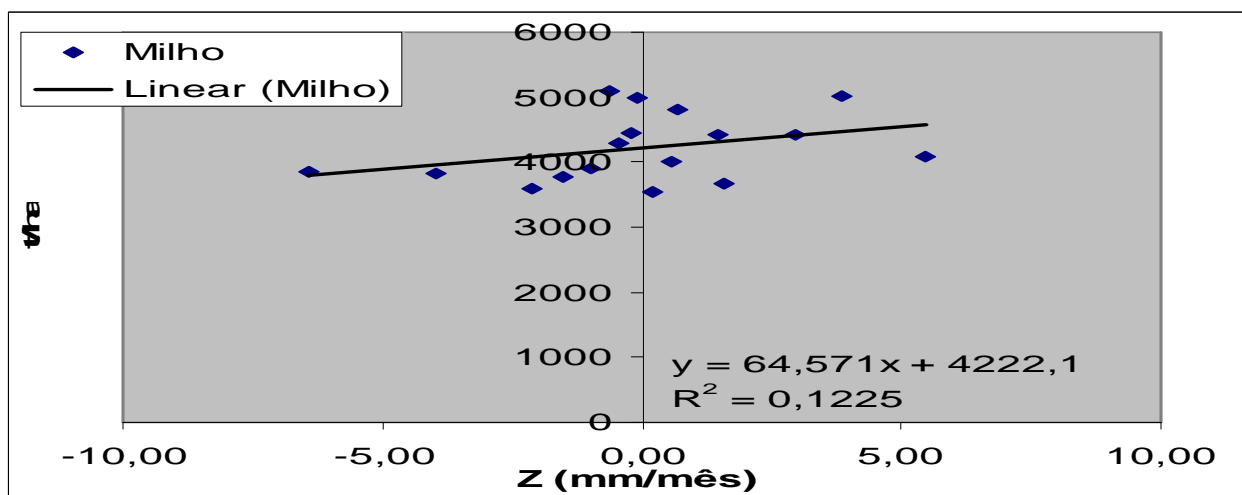
**Figura 3.** Variabilidade do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI), entre 1980 a 2006.

O município de Jataí é caracterizado como o maior produtor de milho safrinha do País, sendo comuns duas safras anuais desta cultura na região, geralmente a safra ocorre entre 15 de Out a Nov e a safrinha entre 15 de Jan a 10 de Mar (plantio), apresentando sua floração entre 55 a 60 dias após sua fecundação com ciclo de 120 a 140 dias oscilando a partir da variedade cultivada.

**Tabela 3.** Produtividade anual do milho e soja no município de Jataí-GO, segundo dados do IBGE (2006) e índices anuais de seca agrícola, segundo o método de Palmer (ALLEY, 1984), entre 1990 a 2006.

ANO	Milho (t ha <sup>-1</sup> )	Soja (t ha <sup>-1</sup> )	PDSI	Z
1990	3600	1559	-1,62	-1,38
1991	4800	2099	-0,25	-0,21
1992	5100	2280	1,37	1,23
1993	4416	2418	-0,21	-0,81
1994	3832	2280	-1,24	-1,62
1995	4000	1920	-2,54	-0,16
1996	3780	2482	-0,47	0,70
1997	4411	2520	1,84	0,71
1998	3682	2550	0,44	-0,60
1999	3916	2820	-2,10	-1,51
2000	3556	2940	-0,88	0,40
2001	4449	2940	-0,59	0,27
2002	4099	2885	1,08	-0,63
2003	4999	3180	-1,59	0,04
2004	5009	3000	-0,93	0,29
2005	3852	2518	-1,25	-0,62
2006	4294	2700	-0,84	0,16

Após a análise de correlação dos índices de seca com a produção, referentes aos períodos de plantio, floração e colheita, verificamos que o índice Z de Palmer foi o que melhor apresentou um coeficiente de determinação ( $r^2$ ), para a cultura do milho, considerando-se nesta análise a produção de safrinha como podemos observar nas Figuras 4,5 e 6 a seguir para uma melhor compreensão.



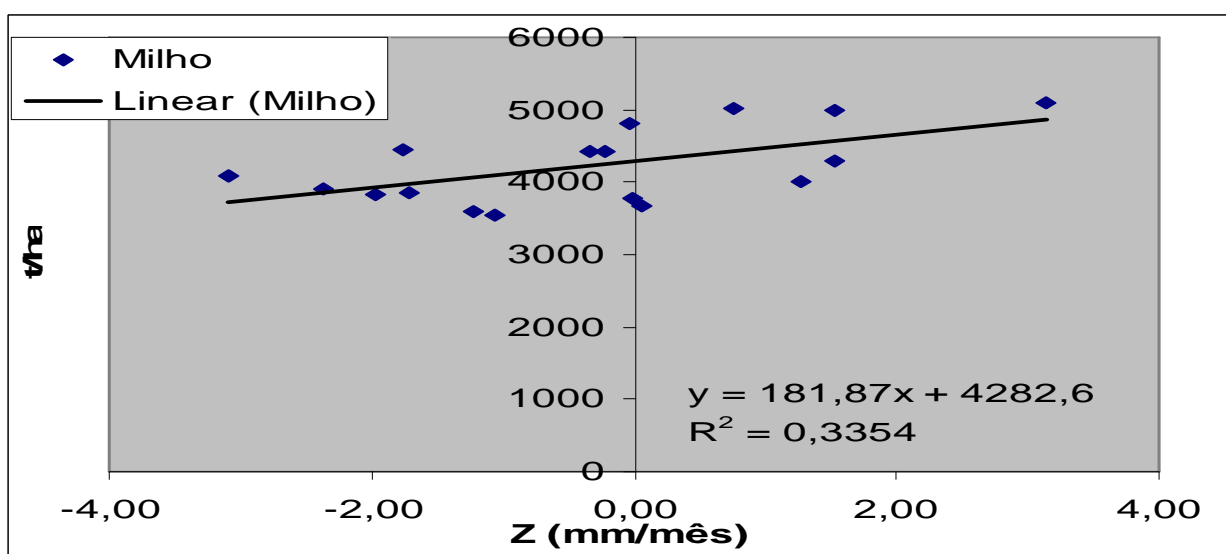
**Figura 4.** Diagrama de dispersão, mostrando a correlação entre o índice Z e a produtividade do milho tomando-se como referência o mês de janeiro.

A partir das análises dos gráficos pode-se dizer que o período de maior influência nesta produção é o período de floração onde a cultura se encontra em um estágio de necessidade das condições climáticas favoráveis. No período de plantio, o coeficiente de correlação ( $r=0,35$ )

considerado inferior ao nível aceitável para o mesmo que seria de no mínimo 50.

Para a cultura de milho, a água é um fator limitante, principalmente, na fase de germinação e nos períodos de floração e enchimento de grãos. As oscilações nas safras de milho, das principais regiões produtoras do Brasil, estão associadas à disponibilidade de água, sobretudo no período crítico da cultura, que vai do pendoamento ao início do enchimento de grãos o que pode acarretar redução de rendimento mesmo em anos climaticamente favoráveis, se o déficit hídrico ocorrer no período crítico, ou seja, da pré-floração ao início de enchimento de grãos. No período de floração este mesmo índice apresentou um coeficiente de correlação ( $r=0,58$ ), considerado suficiente para o período como dito anteriormente de grande influência sob a produção.

Durante o período vegetativo, o déficit hídrico reduz o crescimento do milho, em função de decréscimos da área foliar e da biomassa. Porém, nesse período não estão sendo formados os componentes do rendimento. Assim, os efeitos sobre a produção de grãos são atenuados posteriormente, se as condições hídricas se tornarem favoráveis, o que poderá garantir níveis satisfatórios de rendimento de grãos.

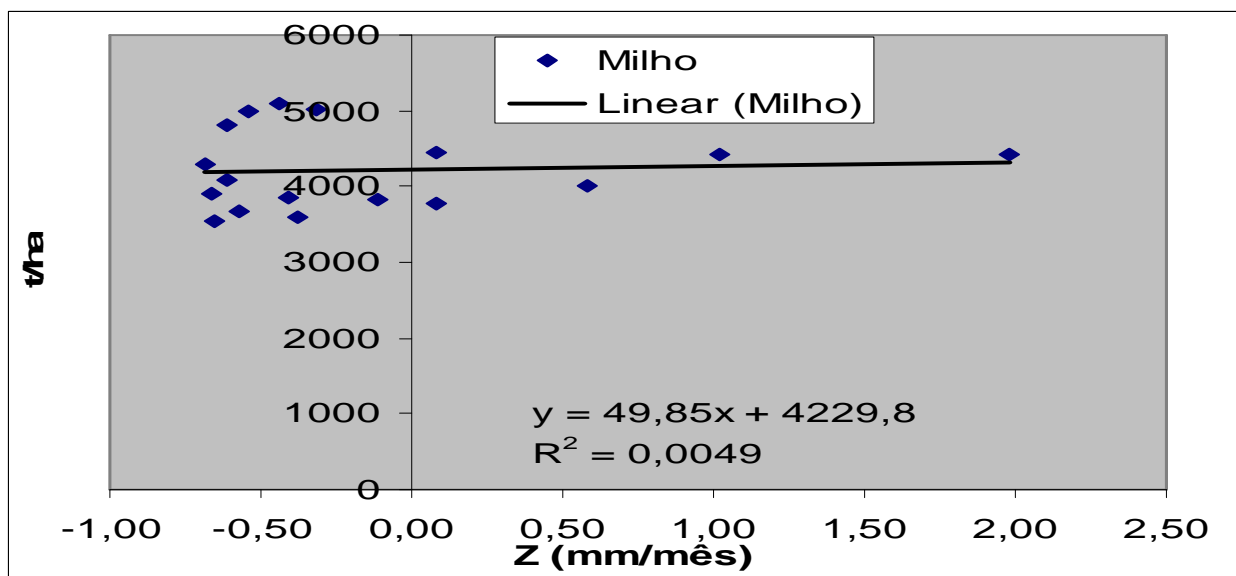


**Figura 5:** Diagrama de dispersão, mostrando a correlação entre o índice Z e a produtividade do milho tomando-se como referência o mês de Março mês de floração.

Por outro lado, se o déficit hídrico ocorrer no período crítico, ou seja, da pré-floração ao início do enchimento de grãos a recuperação da capacidade produtiva da cultura não poderá ocorrer de forma satisfatória, uma vez que os eventos reprodutivos são muito mais rápidos do que os verificados durante o crescimento vegetativo. Nessa etapa fenológica, o milho é extremamente sensível ao déficit hídrico, em decorrência dos processos fisiológicos ligados à formação do zigoto e início do enchimento de grãos além da elevada transpiração, decorrente da máxima área foliar e

da elevada carga energética proveniente da radiação solar.

Já no período de colheita o coeficiente de correlação ( $r=0,06$ ) atendeu de forma satisfatória o mesmo. Caracterizando assim que entre os 16 anos de estudos sobre esta produção não houve grandes prejuízos no sentido de deficiência hídrica.



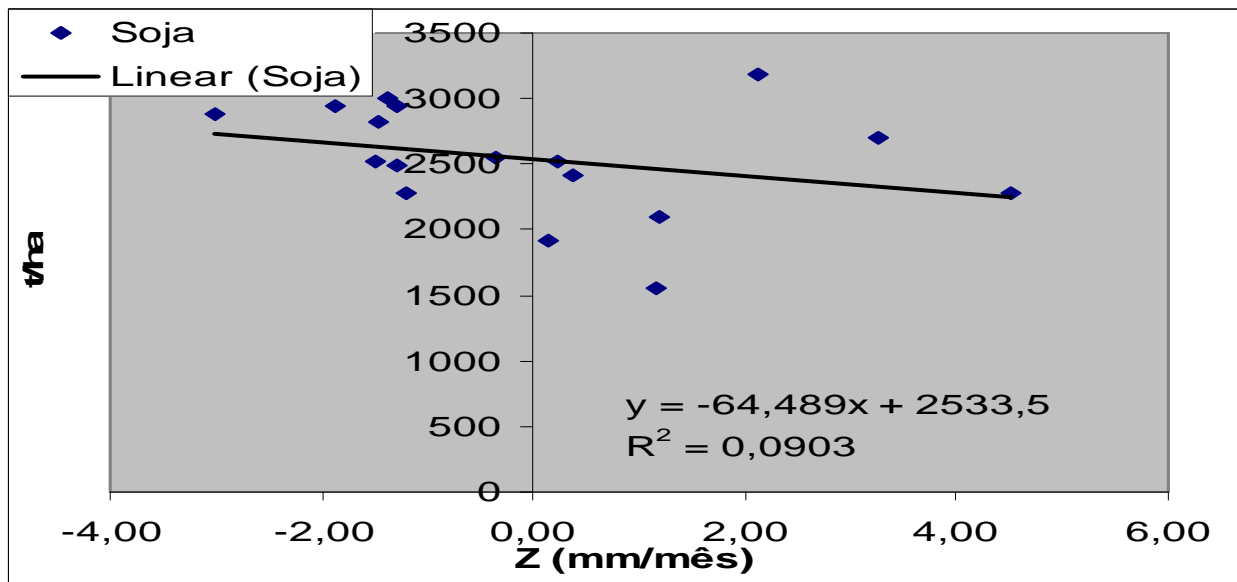
**Figura 6:** Diagrama de dispersão, mostrando a correlação entre o índice Z e a produtividade do milho tomando-se como referência o mês de Abril.

Se formos analisarmos pela Tabela 3 para a cultura de milho houve apenas perda de produtividade consideráveis em 1993 e 1994 em relação à produtividade de 1992 e em 2005 em relação à produtividade de 2004, que segundo dados do IBGE houve redução de 30% da produtividade neste ano.

Para o município de Jataí-Go, onde a safra ocorre entre Out a Fev sendo o plantio variando de 1 de Out a 15 de Nov, sua floração geralmente ocorre de 45 a 60 dias, com ciclo total variando de 105 a 130 dias dependendo da variedade cultivada. Sob a análise dos índices e suas respectivas correlações verifica-se que o melhor para quantificar a produção foi o Z de Palmer onde o  $r^2$  apresenta de forma mais coerente.

Para a cultura da soja, dentre os fatores inerentes à produção agrícola, o clima apresenta-se como um dos únicos praticamente incontrolláveis. A chuva, por sua grande variabilidade em termos espacial e temporal, constitui-se num dos elementos climáticos de maior importância para a agricultura por sua grande influência em todas as fases de desenvolvimento das plantas. Vários autores afirmam que a precipitação pluviométrica é o principal fator responsável pela variabilidade do rendimento da soja de um ano para outro nas diversas regiões produtoras brasileiras. Também é o principal fator limitante à obtenção de rendimentos mais próximos ao potencial produtivo da

espécie. Podemos notar que a época de plantio a mesma se apresenta de forma coesa onde o Coeficiente de correlação ( $r=0,30$ ) considerado baixo para este período que requer uma maior quantidade hídrica para manter-se.



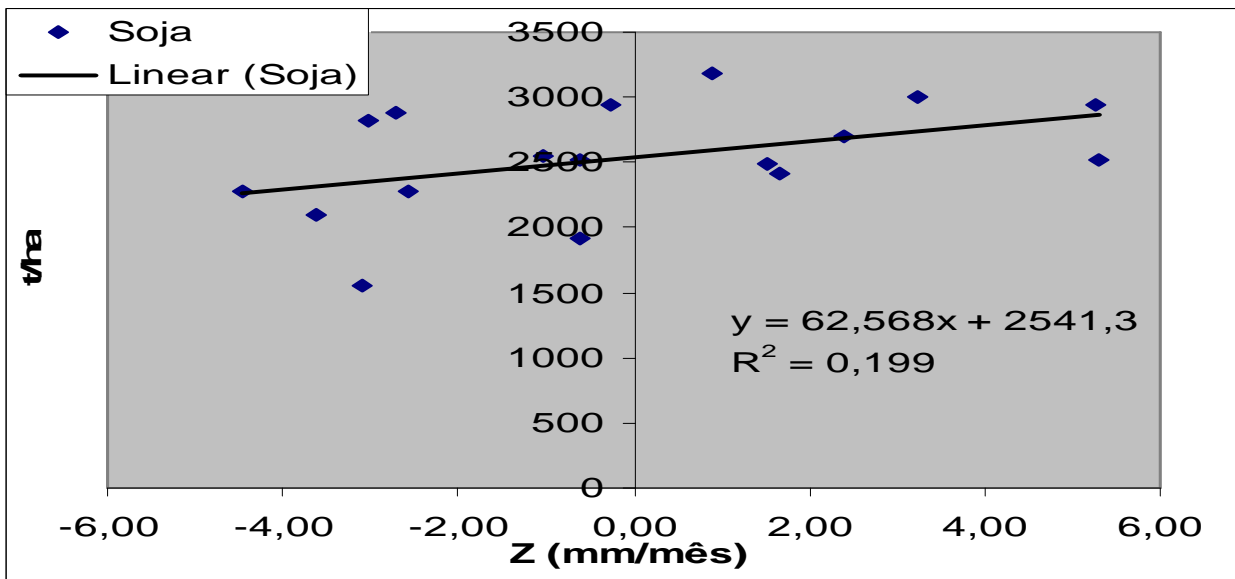
**Figura 7:** Diagrama de dispersão, mostrando a correlação entre o índice Z e a produtividade da soja tomando-se como referência o mês de Outubro.

O excesso ou a deficiência hídrica em determinados sub períodos do desenvolvimento da soja podem ser prejudiciais à cultura. A água disponível no solo é um dos fatores mais importantes na produtividade vegetal. A deficiência hídrica pode levar a planta a uma diminuição considerável na produção, mesmo em cultivares de excelente potencial genético. Condições hídricas perfeitas são raras e a deficiência hídrica é, em geral, mais uma regra do que uma exceção.

A água é um fator importante em qualquer fase do desenvolvimento da cultura da soja porque está envolvida diretamente nos processos metabólicos vitais, ou seja, na fotossíntese e na respiração. Entretanto, o efeito da deficiência hídrica em soja é variável com o estágio de desenvolvimento da planta no qual ocorre.

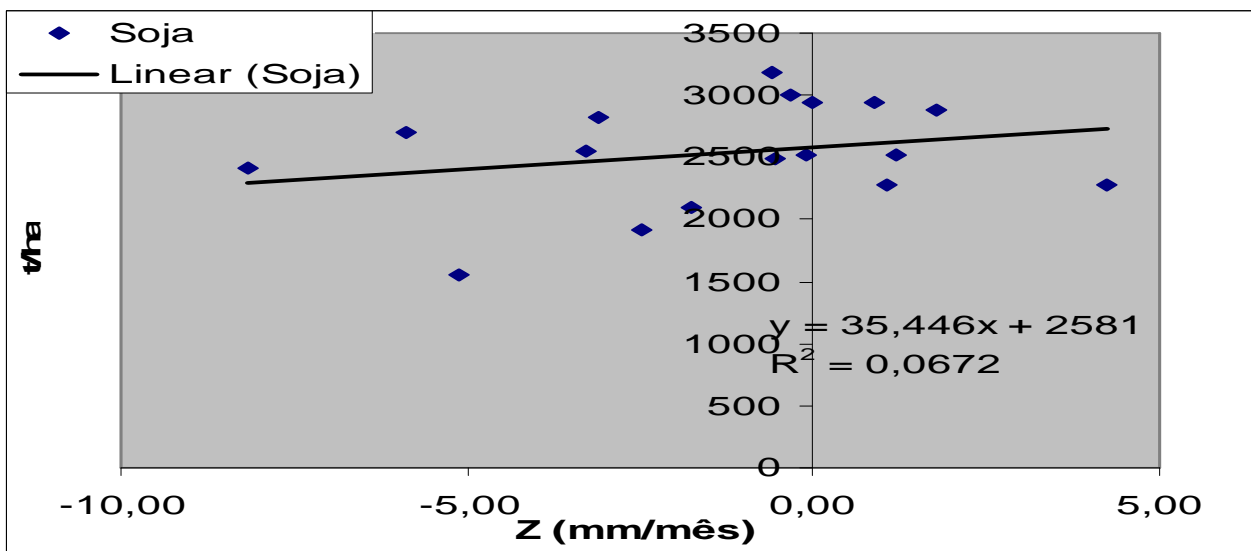
O período mais crítico para qualquer cultura é o período da floração e este apresentou segundo a análise do coeficiente de correlação ( $r=0,44$ ), inferior a capacidade necessária para a mesma desenvolver com qualidade o mesmo ficou abaixo da capacidade necessária para um bom desenvolvimento, como podemos ver visualizar na Figura 9, apesar deste coeficiente ser considerado insuficiente, podemos notar que o mesmo se apresenta de forma positiva devido ao coeficiente ( $b=62,58$ ), que se apresenta de forma positiva não afetando assim sua produtividade.





**Figura 8:** Diagrama de dispersão, mostrando a correlação entre o índice Z e a produtividade da soja tomando-se como referência o mês de Dezembro mês de floração.

Partindo do pressuposto que a soja em nosso município é uma das variedades mais cultivadas pode-se dizer que a mesma apresenta grande aceitabilidade nesta região a partir das análises gráficas anteriormente citadas. O período de colheita só é ameaçado se houver um grande índice de chuvas ou em outras palavras um excesso hídrico, a mesma análise dos 16 anos apresentou um coeficiente de correlação ( $r=0,25$ ) sendo suficiente para o período nitidamente apresentado pelo diagrama de dispersão na Figura 9.



**Figura 9.** Diagrama de dispersão, mostrando a correlação entre o índice Z e a produtividade da soja tomando-se como referência o mês de Janeiro.

## **Conclusão**

Os índices de Seca são ferramentas úteis por prestar subsídio às tomadas de decisão em agronegócios, governamentais e seguradoras agrícolas. Estas ferramentas podem ser usadas para desenvolver um sistema de alerta antecipada da seca (Lohani et al., 1998); calcular a probabilidade de ocorrência da seca (Karl et al., 1987); prestar auxílio às vítimas da seca; avaliar perigo de incêndio em floresta e frequência de tempestade de poeira; prever rendimento de colheita (Doorenbos e Kassam, 1979; Kumar e Panu, 1997); examinar as características espaciais e temporais da seca; o grau de severidade da seca; bem como fazer comparações entre diferentes regiões (Alley, 1984; Kumar e Panu, 1997).

Sabendo-se que o município de Jataí vem aumentando sua produtividade a cada ano em relação aos anos anteriores, segundo dados disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a produção agrícola é expressivamente visível no município, como já citado anteriormente.

De acordo com o Superintendente da Indústria, Comércio e Turismo municipal, Jataí apresenta a maior produtividade média por hectare do Estado no cultivo de grãos. O superintendente ressalta ainda que "toda a cadeia produtiva da soja e do frango é realizada no município, o que agrega valor aos produtos e gera mais riquezas".

Pelas observações gráficas o índice Z de Palmer é caracterizado o melhor índice para quantificar seca agrícola em períodos mensais, ou melhor, em períodos de safra, e possui pouca sensibilidade à variação na quantidade de chuvas, por se basear também na quantidade de água armazenada no solo. Com tudo podemos visualizar na Figura 3 com mais clareza todo o período e a intensidade da mesma. Segundo esta análise fomos atingidos por 8 períodos de secas consideráveis para a produção agrícola.

Para a cultura de milho e soja podemos visualizar que a fase de floração e enchimento dos grãos é a de maior relevância para as mesmas, são extremamente sensíveis à deficiência hídrica neste período, pela análise dos gráficos é notável que o volume e a chuva climaticamente esperada foi inferior a quantidade necessária para manter a capacidade de campo em alguns anos em questão.

A água é um fator importante em qualquer fase do desenvolvimento das culturas, porque está envolvida diretamente nos processos metabólicos vitais, ou seja, na fotossíntese e na respiração das mesmas.

## Referências Bibliográficas

ALLEY, W.M. The Palmer Drought Severity Index: limitation and assumptions. **J. Climate Appl. Meteor.** v.23, p.1100-1109 , 1984.

ASSUNÇÃO, H. F., SCOPEL, I e SANTOS, W.B. **Caracterização espacial do clima no município de Jataí.** In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E II REUNIÃO LATINA AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA. Florianópolis, SC. Anais..., Florianópolis: SBA/EPAGRI/UFSC/UDESC, 1999. Editado em CD-ROM.

DRACUP, J.A., LEE, K.S., PAULSON, E.G.J. On the definition of drought. **Water Resour. Res.** v.16, n.2, p.297-302, 1980.

ESPINOZA, W., AZEVEDO, L. G., JARRETA JÚNIOR, M. **O clima da região dos Cerrados em relação à Agricultura.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1982. (Circular Técnico, 9), 37p.

PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A., SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração.** FEALQ, Piracicaba, 183p., 1997.

FARIA, S. M e ASSUNÇÃO, H. F. **Estimativa e espacialização da capacidade de água disponível no município de Jataí-Go.** In: VII - Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica os Climas e a Produção do Espaço no Brasil: Rondonópolis-MT, 2006. Anais. Rondonópolis: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica.

MAKKINK, G.F. **Testing the panman formula by means of lysimeters.** J. Inst. Water Eng., II ed, 1957. 277-288.

PALMER, W.C. **Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the Crop Moisture Index.** **Weatherwise**, v.21, p.156-161, 1968.

QUIRING, S.M., PAPAKRYIAKOU, T.N. An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.118, p.49-62, 2003.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas.** São Paulo: Manole, 1990. 188p.

# UMA NOVA ABORDAGEM PARA A DISCRIMINAÇÃO ENTRE SOLO EXPOSTO E VEGETAÇÃO NÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA, BASEADA EM DADOS DO SENSOR ASTER/TERRA

Fábio Marcelo Breunig – INPE ([fabio-breunig@gmail.com](mailto:fabio-breunig@gmail.com))

Lênio Soares Galvão – INPE ([lenio@dsr.inpe.br](mailto:lenio@dsr.inpe.br))

Antônio Roberto Formaggio – INPE ([formag@ltid.inpe.br](mailto:formag@ltid.inpe.br))

## RESUMO

A discriminação entre solo exposto e vegetação não fotossinteticamente ativa (NPV) ainda é uma lacuna em sensoriamento remoto, especialmente para solos arenosos. O objetivo desta pesquisa foi apresentar e avaliar um novo método para discriminar solos expostos de NPV. Essa separação é essencial para estudar solos através de imagens de sensoriamento remoto e/ou por espectroscopia orbital, aérea e de campo, uma vez que o NPV mascara as feições espectrais dos minerais e dos solos. O método proposto baseia-se no uso combinado do modelo linear de mistura espectral e de normalizações do infravermelho de ondas curtas (SWIR) e do infravermelho termal (TIR), que exploram feições de hidroxila e de sílica, respectivamente. Imagens de reflectância e emissividade de superfície do sensor ASTER/Terra (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) foram utilizadas no trabalho. Os resultados foram validados com a inspeção de campo em 112 pontos, entre solos expostos e NPV. A normalização do TIR permitiu discriminar todos os solos arenosos (Neossolo Quartzarênico; NQ). Devido ao efeito das feições de *reststrahlen* na banda 10 (centrada em  $8,291\mu\text{m}$ ), associadas ao quartzo, solos arenosos apresentaram os maiores valores para a normalização do TIR. Todos os solos intermediários (Latosolo Vermelho Amarelo; LVA) também foram discriminados. Entretanto, a normalização do SWIR permitiu a discriminação de aproximadamente 75 % dos solos argilosos (Latosolo Vermelho; LV) do NPV. Os solos argilosos apresentaram os maiores valores da normalização do SWIR. A mistura entre NPV e solos argilosos produziu uma área de confusão onde a discriminação não pode ser feita. Esse novo método produziu, num diagrama de dispersão entre as variáveis TIR e SWIR, uma espécie de linha do solo e um capuz invertido, que permitiu discriminar solos expostos de NPV. A contribuição desse trabalho pode ser especialmente útil para o estudo de áreas arenosas e de processos de desertificação/arenização. Cabe ressaltar que pesquisas em outras áreas e testes com mais amostras devem ser feitas para comprovar a eficiência do modelo proposto.

**Palavras chave:** Solos arenosos; Vegetação não fotossinteticamente ativa; sensor ASTER.

## ABSTRACT

### **A new approach for the discrimination between bare soils and non photosynthetic vegetation, based on ASTER/TERRA data**

The discrimination between bare soil and non photosynthetic vegetation (NPV) still remains a challenge in remote sensing, especially to sandy soils. The objective of this research was to present and evaluate a new methodology to discriminate exposed soils from NPV. This separation is essential to study soil through remote sensing images and/or field, orbital and aircraft spectroscopy, since NPV masks mineral and soil spectral features. The proposed method is based on a combined strategy of linear spectral unmixing model using four endmembers, and short wave infrared (SWIR) and thermal infrared (TIR) normalizations, which explore hydroxyl and silica features, respectively. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER/TERRA)-derived surface reflectance and emissivity images were used. Results were validated with field data (112 points from soils and NPV). By using TIR normalization, it was possible to discriminate all sandy soils (Quartzarenic Neosol = Ustic Quartzipsamments). Because of *reststrahlen* effect on band 10 (centered at  $8.291\mu\text{m}$ ), associated to quartz, sandy soils presented the highest values for TIR normalization. Intermediary soils (Red–Yellow Latosol = Typic Acrustox) were also discriminated. However,

the SWIR normalization allowed the discrimination of approximately 75 % of clayey soils (Red Latosol = Rhodic Acrustox). Clayey soils presented the highest values for SWIR normalization. The mixture of NPV and clayey soils produced a confusion area where the discrimination could not be done. This approach produced, in a TIR x SWIR diagram, a kind of inverted soil line and tasseled cap that allowed the discrimination between exposed soils and NPV. This contribution is especially useful to study sandy soils and desertification/arenization processes. Finally, research in other study areas and tests with more sample sites are necessary to prove the efficiency of this new approach.

**Keywords:** Sandy soils; Non-photosynthetic vegetation; ASTER sensor.

## 1. INTRODUÇÃO

A contribuição do sensoriamento remoto para a caracterização, modelagem e entendimento dos processos Terrestres é incontestável. Entretanto, muitos desafios ainda permanecem. Nos últimos 20 anos, diversos pesquisadores apresentaram metodologias para a discriminação entre solo exposto e vegetação não fotossinteticamente ativa (NPV, p.ex., palha de milho, soja, gramíneas e vegetação senescente), utilizando dados de sensoriamento remoto. Em geral, os trabalhos foram baseados em imagens (Biard e Baret, 1997; Daughtry, 2001; Sullivan et al., 2002; Daughtry et al., 2004) e dados de fluorescência (Daughtry et al., 1995). French et al. (2000) exploraram o contraste na emissividade (termal) para discriminar tipos de vegetação senescente. Segundo Ustin et al. (2005), as medidas de resíduos de culturas agrícolas ainda são um desafio em sensoriamento remoto. Os autores atribuem essas dificuldades às variações relacionadas ao tipo de material residual, à densidade de cobertura e à umidade. Essa discriminação torna-se ainda mais complicada quando a área de estudo está localizada em ambientes áridos ou semi-áridos (McNairn e Protz, 1993), visto que a semelhança espectral entre pixels de solo exposto e NPV aumenta.

A discriminação entre solo exposto e NPV é importante para tornar possível o uso dos dados de sensoriamento remoto para estudar diversos parâmetros do solo, elaborar modelos de transferência de energia e de fluxo de calor na interface ar-terra, além de estudar áreas de plantio direto.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi apresentar e avaliar uma nova abordagem para discriminar talhões de solo exposto de NPV, com dados de reflectância e emissividade do sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*).

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Dados do visível e infravermelho próximo possibilitam estimar a concentração de óxido de ferro, enquanto as imagens do infravermelho de ondas curtas permitem explorar as feições espectrais provocadas pelos minerais argilosos (Galvão et al., 2005). Os solos apresentam um alto contraste espectral no infravermelho termal (TIR) associado à sílica (da fração areia – quartzo). Devido à presença de sílica nos solos, esses solos apresentam bandas de *reststrahlen*. Estas bandas são resultantes de vibrações moleculares, que produzem feições de baixa emissividade no TIR entre  $8\mu\text{m}$  e  $9\mu\text{m}$  (Salisbury e D’Aria, 1992a, b; Gillespie et al., 1998; Gillespie et al., 1999; French et al., 2000).

Na Figura 1 – A são apresentados alguns espectros de reflectância de minerais comuns em solos tropicais. Solos tipicamente escuros, ricos em goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) e hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), apresentam amplas bandas de absorção no infravermelho próximo ( $0,9\mu\text{m}$ ). A caulinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), comum nos Latossolos, apresenta feições estreitas associadas às hidroxilas ( $1,4\mu\text{m}$  e  $2,2\mu\text{m}$ ) (Galvão et al., 2005). O quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) não apresenta feições no VNIR e SWIR, o que dificulta sua identificação através de imagens de alta resolução espectral.

A Figura 1 – B ilustra os espectros de emissividade de alguns tipos de solo. Em geral, solos com maior concentração de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) possuem profundas bandas de menor emissividade (bandas de *reststrahlen*). Por outro lado, solos mais síltico-argilosos tendem a não apresentar bandas de *reststrahlen* (Salisbury e D’Aria, 1992a, b; Christensen et al., 2000).

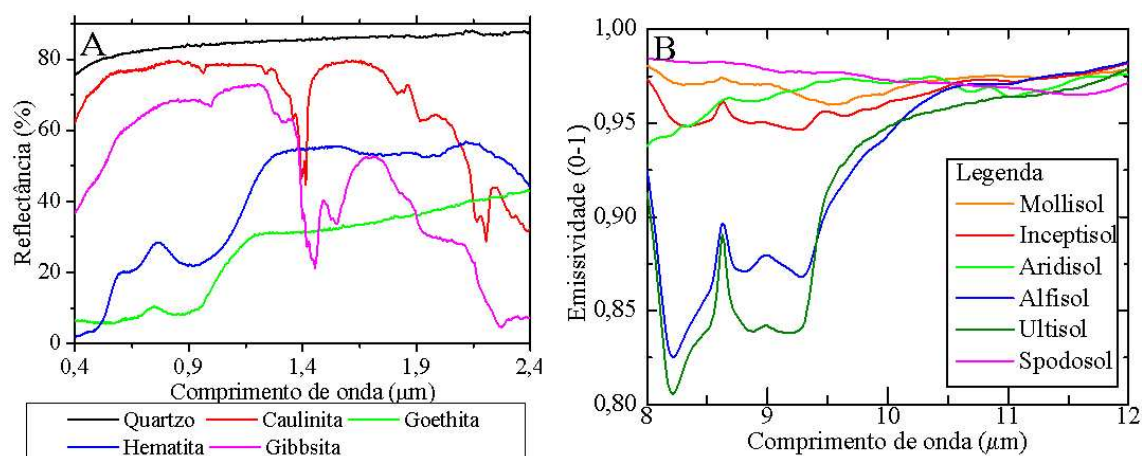


Figura 1 – (A) Espectros de reflectância de alguns minerais encontrados em solos. (B) – Espectros de emissividade de alguns tipos de solo. Fonte: Adaptado de JPL (2006)

A vegetação verde possui bandas de absorção bem definidas no VNIR e no SWIR, em geral, associadas aos pigmentos fotossintetizantes e ao teor de água presentes nas folhas. Todavia, com a senescência, as bandas de absorção diminuem ou mesmo desaparecem (Goel, 1988; Ponzoni, 2001). A vegetação tipicamente apresenta alta emissividade no TIR, além de suaves bandas associadas à lignina e celulose (Elvidge, 1988, 1990; Salisbury e D’Aria, 1992a; Luz, 2005).

A discriminação entre a vegetação não fotossinteticamente ativa (NPV, representada por diferentes tipos de palhas e vegetação seca) e alguns tipos de solos ainda é um desafio em sensoriamento remoto. Em geral, as pesquisas foram feitas com dados do visível e infravermelho próximo (VNIR) e infravermelho de ondas curtas (SWIR). Alguns autores sugerem o uso de imagens de emissividade para tal finalidade (McNairn e Protz, 1993; Biard e Baret, 1997; Ustin et al., 2005). Entretanto, não as exploraram. A discriminação da vegetação senescente (seca) através da emissividade ainda carece de espectros de referência (Jiménez-Muñoz e Sobrino, 2006), o que torna a validação mais difícil.

O manejo e a adoção de práticas conservacionistas (plantio direto) demandam meios de monitoramento da NPV com precisão e em boa escala temporal. É nesse contexto que o sensoriamento remoto se apresenta (Sullivan et al., 2002; Sullivan et al., 2004). Num estudo que avaliou a influência da umidade para o monitoramento do NPV, Aase e Tanaka (1991) verificaram que o TIR apresenta melhores resultados que o VNIR-SWIR. Sullivan et al. (2002) verificaram que o uso de imagens *Ikonos* não é confiável (além das limitações de custo) para estimar a percentagem de resíduos. Segundo esses autores, as bandas termais produzem melhores resultados. Entretanto, não exploraram esta possibilidade.

Ustin et al. (2005) afirmaram que medidas de material residual seco proveniente de culturas constituem um dos desafios do sensoriamento remoto, tendo em vista as variações atribuídas ao tipo de resíduo, densidade, umidade, etc. Esses autores mencionam ainda que normalmente estes materiais são classificados como uma única classe, denominada de vegetação não fotossinteticamente ativa (NPV), que apresenta variações espectrais possíveis de serem identificadas. Entretanto, não abordaram as contribuições do TIR para a discriminação desses diferentes tipos de NPV, bem como para a discriminação entre solos e NPV.

Em áreas áridas e semi-áridas, a determinação do grau de cobertura de NPV e de decomposição desse material são tarefas difíceis. Quando o solo predomina, as variações espectrais, em termos espaciais e temporais, estão relacionadas à dinâmica e características físicas dos solos. Entretanto, quando aparecem proporções iguais de solo e NPV, esses produzem feições espectrais não suficientemente distintas, para que possam ser discriminadas com imagens do VNIR e SWIR (lignina e celulose). Em condições de solo úmido, a reflectância dos resíduos é maior que em solos secos. A resposta espectral dos resíduos no SWIR é maior que a do solo, permitindo sua distinção (Ustin et al., 2005). Para tal, vários índices foram desenvolvidos. Entretanto, em solos arenosos sua eficiência é reduzida (McNairn e Protz, 1993), devido a alta reflectância desses solos. A dificuldade de discriminação entre solo e resíduos agrícolas também foi comentada por Biard e Baret (1997). Este é um fator importante no direcionamento dos estudos a partir do TIR, que pode superar essas limitações.

Elvidge (1988) verificou que as plantas secas apresentam variações espectrais que permitem a discriminação de espécies e materiais que constituem as plantas. Segundo ele, as feições de lignina e celulose dominam o espectro da vegetação seca no infravermelho termal (TIR).

#### **4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo ( $\approx 40 \times 50$  km) está localizada entre as coordenadas de S15,28°/W55,3° (canto superior direito) e S15,79°/W55,04° (canto inferior esquerdo), no Estado do Mato Grosso, na região central do Brasil. É uma típica região agrícola que expressa a rápida substituição do Cerrado por cultivos agrícolas. A localização da área de estudo pode ser vista na [Figura 2](#).



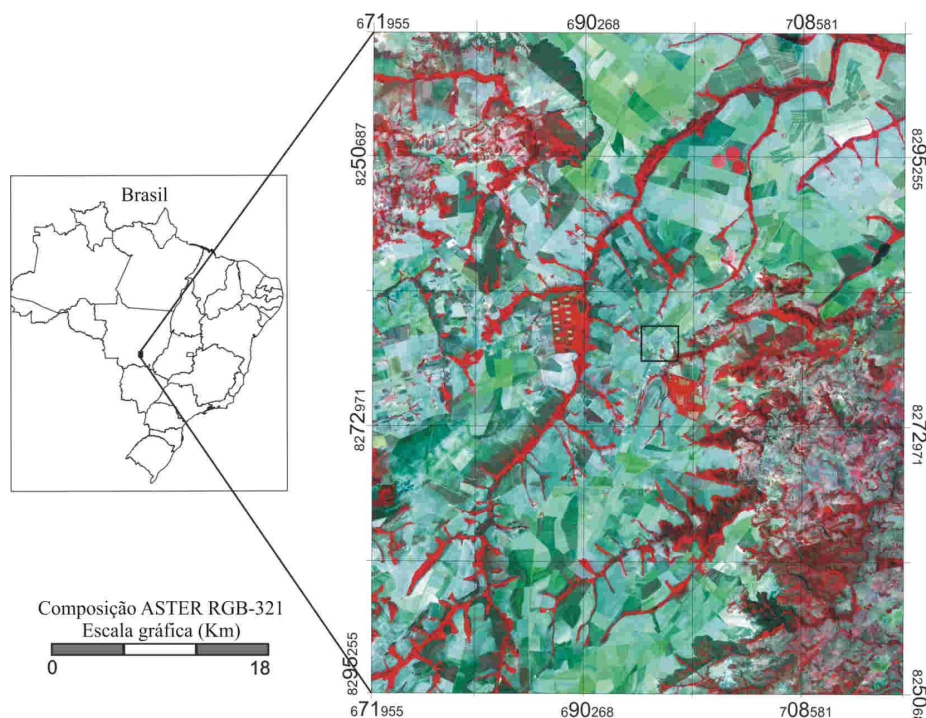


Figura 2 – Localização da área de estudo. O retângulo no centro da cena identifica a área urbana do município de Campo Verde (MT).

A altitude média da área de estudo é de aproximadamente 654 metros. O clima da região é classificado como quente semi-úmido (tropical de savana – Aw) segundo a metodologia de Köppen (Maitelli, 2005), com temperatura média de 21 °C e precipitação média de 1500 mm/ano. A região caracteriza-se por duas estações bem definidas, com o período seco entre maio e setembro, e chuvoso entre outubro e abril. Os principais tipos de solo encontrados na região são: Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e Neossolo Quartzarênico (NQ).

Na região de Campo Verde, o LV tipicamente apresenta horizonte B latossólico, com teores de ferro entre 8 e 18% em solos argilosos a muito argilosos e com menos de 8% em solos de textura média. São solos profundos e acentuadamente drenados. Em geral, ocorrem em relevo plano a suavemente ondulado. Sua origem está relacionada a sedimentos da Superfície Peneplanizada Terciária e litologias da Formação Marília. As condições de relevo favorecem seu uso agrícola, porém possuem baixa fertilidade natural. A vegetação nativa associada é do tipo Cerrado (no geral) e Floresta Tropical Subcaducifólia (SEPLAN/MT, 2000). A origem dos LVA da região de Campo Verde está relacionada à Superfície Peneplanizada Terciária e aos arenitos da Formação Marília. Ocorrem em relevo plano e suavemente ondulado. Possuem baixa fertilidade natural e a vegetação nativa associada é o Cerrado Tropical Subcaducifólio (SEPLAN/MT, 2000). Por fim, os NQ são profundos a muito profundos, de textura

arenosa que se estende até pelo menos 2 metros de profundidade. Portanto, são solos essencialmente quartzosos. Em geral estão associados a um relevo plano a suavemente ondulado. A origem dos NQ reporta para os arenitos das Formações Marília, Botucatu, Aquidauana e Furnas. São solos de baixa fertilidade, associados à vegetação de Cerrado Tropical Subcaducifólio ou pastagens (SEPLAN/MT, 2000).

## 5. METODOLOGIA

As imagens de reflectância e emissividade de superfície do sensor ASTER, adquiridas no dia 7 de setembro de 2006, foram utilizadas. A abordagem proposta para discriminação entre solo exposto e NPV consiste no uso combinado do modelo linear de mistura espectral e de dados normalizados do SWIR e do TIR.

Para corrigir os efeitos de *crosstalk*, presentes nas bandas do SWIR (bandas 5 a 9), aplicou-se um algoritmo do ERSDAC (2003). Estes efeitos foram discutidos por Tonooka e Iwasaki (2004) e por Iwasaki e Tonooka (2005).

Após a correção *crosstalk*, a imagem de reflectância de superfície foi então obtida com base na imagem de radiância aparente (ASTER L1B) adquirida junto ao LPDAAC (*Land Processes Distributed Active Archive Center*). As imagens das bandas do VNIR (15 metros de resolução espacial) foram reamostradas para a resolução espacial das bandas do SWIR (30 metros). A correção dos efeitos de espalhamento e absorção atmosférica e a obtenção da imagem de reflectância de superfície foi feita através do aplicativo “*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*” (FLAASH), que utiliza o modelo de transferência radiativa MODTRAN-4 (*MOderate resolution TRANsmittance code*) para interpolar os dados atmosféricos (RSI, 2006). Detalhes sobre o modelo de transferência radiativa MODTRAN podem ser encontrados em Berk et al. (1998), Berk et al. (1999) e Matthew et al. (2000).

As imagens de emissividade de superfície foram adquiridas como um produto do LPDAAC. A correção atmosférica das imagens do TIR se baseia numa adaptação do código MODTRAN (Palluconi et al., 1999). A emissividade de superfície foi obtida através do uso do modelo TES (*Temperature and Emissivity Separation*), que consiste do: “método de emissividade normalizada” (NEM), “módulo de razões” (RA), algoritmo de “diferença máxima e mínima” (MMD) e de um teste de qualidade (Gillespie et al., 1998; Gillespie et al., 1999).

O modelo linear de mistura espectral foi executado com quatro membros de referência: solo, água, NPV e vegetação verde. Os membros de referência foram

selecionados através do uso sequencial da “transformação da fração mínima de ruído”, “índice de pureza do pixel” e “visualizador  $n$ -Dimensional” (Kruse, 2003). Sobre a imagem fração solo, um limiar de 65 % de pureza foi aplicado para separar áreas de solo exposto dos demais componentes de cena. Devido à dificuldade de separar solos claros e arenosos de NPV através do modelo de mistura, uma análise complementar foi necessária. Essa análise incluiu a normalização dos dados de reflectância (SWIR) e emissividade (TIR) do ASTER.

Para discriminar os pixels de solo exposto de NPV foi utilizada uma estratégia combinando normalizações do SWIR e TIR (Equações 1 e 2, respectivamente), aplicada sobre a imagem fração solo limiarizada (acima de 65% de pureza). Os solos escuros foram discriminados de NPV através da aplicação de uma normalização das bandas 5 (2,167  $\mu m$ ) e 6 (2,209  $\mu m$ ) do SWIR (Equação 1). O limiar de corte utilizado foi 0,5. Para discriminar os solos claros foi utilizada uma normalização das bandas 10 (8,291  $\mu m$ ) e 14 (11,318  $\mu m$ ) (Equação 2). O limiar de corte para os solos claros foi de 3. Os limiares de corte foram definidos através da análise do gráfico de espalhamento entre ambas as normalizações, formado por 112 pontos de controle, com cobertura do solo conhecida.

$$N_{SWIR} = \left[ \frac{(Banda\ 5 - Banda\ 6)}{(Banda\ 5 + Banda\ 6)} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

Onde  $N_{SWIR}$  é a normalização das bandas do SWIR. A utilização dessa normalização do SWIR se justifica pela sua sensibilidade as feições produzidas por argilo-minerais. A simples razão entre as bandas 5/6, conhecida também como índice de cristalinidade, permite verificar a presença ou não da caulinita (Ducart, 2004). Essa normalização permite ampliar as diferenças entre as feições de argilo-minerais, ou seja, quanto mais argila estiver presente no pixel, maior será o valor  $N_{SWIR}$ .

$$N_{TIR} = \left[ \frac{(Banda\ 14 - Banda\ 10)}{(Banda\ 14 + Banda\ 10)} \right] \cdot 100 \quad (2)$$

Onde  $N_{TIR}$  é a normalização das bandas do TIR. A escolha desta normalização para o TIR foi feita a partir do teste das outras possíveis normalizações. Com a utilização da razão das bandas 10/14 é possível explorar o contraste associado às feições de baixa emissividade (banda 10) e a alta emissividade, praticamente constante, da banda 14. As

feições de absorção do quartzo provocam esse contraste (Salisbury; D’Aria, 1992a, b). Em síntese, quanto mais quartzo estiver presente no pixel, maior será o valor  $N_{TIR}$ .

O trabalho de campo foi realizado entre os dias 29 de novembro e 4 de dezembro de 2006. Um total de 27 amostras de solo superficial (0-20 cm) foram coletadas para fazer as análises físico-químicas. Esses solos foram classificados em três tipos, com base na inspeção de campo: Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e Neossolo Quartzarênico (NQ). Além dessas 27 amostras de solo, outros 85 talhões com NPV foram visitados e utilizados como verdade de campo para validar a abordagem proposta.

A avaliação da precisão de separação foi feita a partir de 112 pontos amostrais de NPV e diferentes classes de solo, que haviam sido visitados em campo. Para fazer esta avaliação foram construídos gráficos de espalhamento.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo linear de mistura espectral permitiu a aplicação do limiar de 65% de pureza à imagem fração solo, permitindo eliminar principalmente a vegetação verde (o uso do modelo de mistura é necessário para discriminar a vegetação verde, tendo em vista que ela também apresenta bandas de absorção no SWIR, associadas a lignina e celulose, o que causaria confusão com os solos escuros/argiloso). Com isso, apenas talhões com solo exposto e de diferentes densidades de cobertura de NPV restaram. Para discriminar solo e NPV foram utilizadas as normalizações (Equações 1 e 2).

A Figura 3 mostra as relações entre os dados normalizados do SWIR (Equação 1) e do TIR (Equação 2) para 112 pixels correspondentes a locais visitados em campo. Valores da normalização dos dados de reflectância (SWIR) superiores a 0,05 foram utilizados para discriminar solos argilosos de NPV, devido à presença de bandas de absorção da hidroxila bem definidas (p.ex., caulinita e gibbsita), associadas aos solos escuros expostos. Por outro lado, valores da normalização dos dados de emissividade superiores a três foram eficientes para discriminar solos arenosos de NPV, devido à presença de bandas de *reststrahlen* (provocadas pelo quartzo).

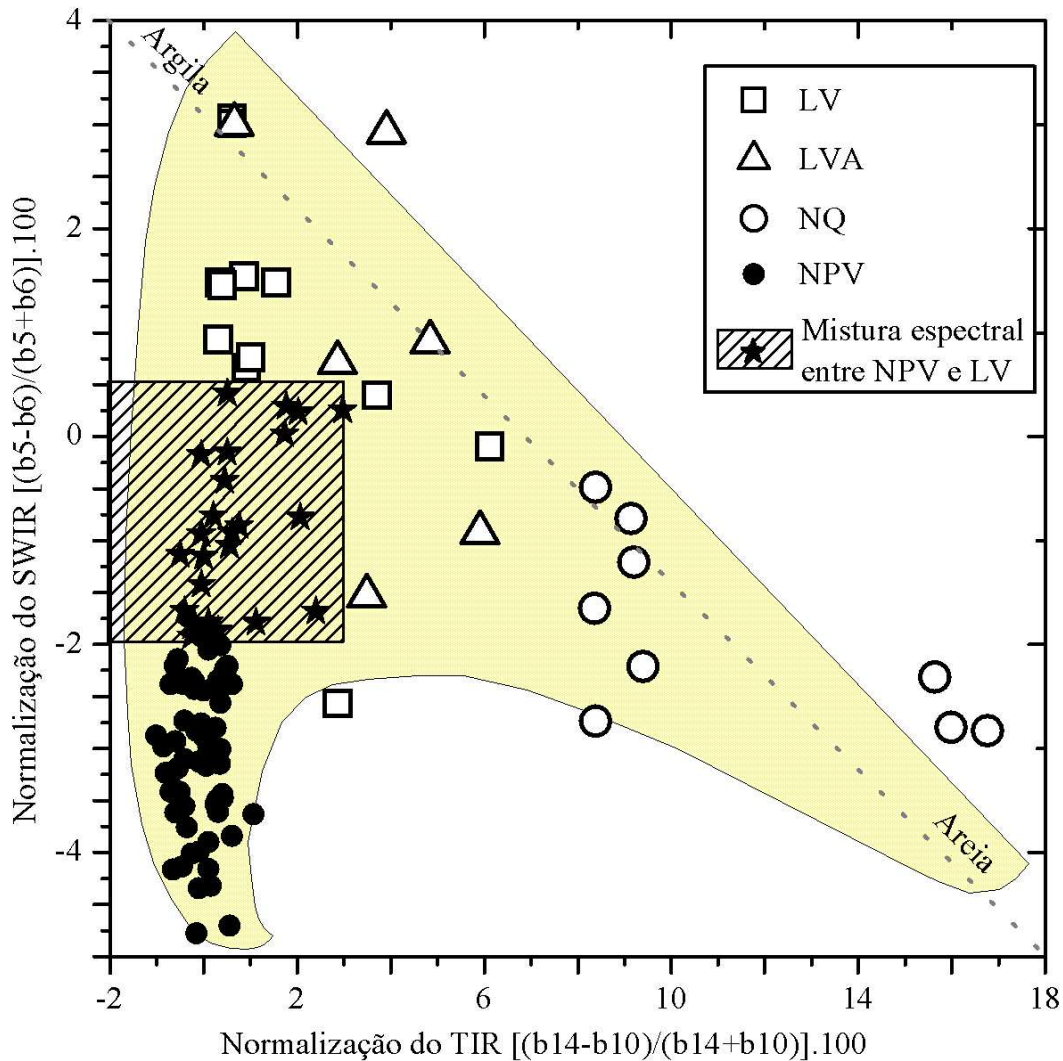


Figura 3 – Separação entre solo exposto e NPV. O capuz invertido (em amarelo) representa a linha do solo e o “*tasseled cap*” invertidos.

Todas as amostras de solo arenoso (NQ) puderam ser discriminadas do NPV através da utilização da normalização do TIR (eixo  $x$  da Figura 3). Esse resultado positivo é uma consequência do grande contraste espectral entre as bandas 10 (centrada em  $8.291 \mu\text{m}$ ) e 14 (centrada em  $11.318 \mu\text{m}$ ) presente nos solos arenosos (p. ex., NQ e alguns LVA). A baixa emissividade na banda 10 está associada às bandas de *reststrahlen* do quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) (Salisbury e D’Aria, 1992a, b; Gillespie et al., 1998; Gillespie et al., 1999). Como o NPV é composto essencialmente por lignina e celulose, ele não apresenta feições de *reststrahlen* (Elvidge, 1988, 1990). O LVA também pôde ser discriminado do NPV com sucesso. Sua distribuição no gráfico, devido ao fato de ser um solo com concentração de areia intermediária, em relação ao LV e NQ, mostrou essa gradual transição de solos de caráter mais argiloso para solos mais arenosos.



Por outro lado, 75 % das amostras de LV e NPV visitadas em campo foram corretamente discriminadas. A maioria dos LV apresentou valores superiores a 0,05 para a normalização do SWIR, enquanto que a grande maioria do NPV apresentou valores inferiores à zero (eixo y da Figura 3).

Em geral, quanto mais argila estiver presente num pixel, maior será o valor da normalização do SWIR. Por outro lado, quanto maior for a concentração de quartzo num determinado pixel, maior será o valor da normalização do TIR. Finalmente, quanto maior for a cobertura de NPV num determinado pixel, menores serão os valores das normalizações do SWIR e TIR, devido a ausência de feições espectrais.

A Figura 4 (a) ilustra os talhões visitados em campo e a Figura 4 (b) os talhões de solo exposto identificados pela metodologia. Esse resultado comprova a eficiência dessa abordagem, mesmo em condições de solo arenoso.

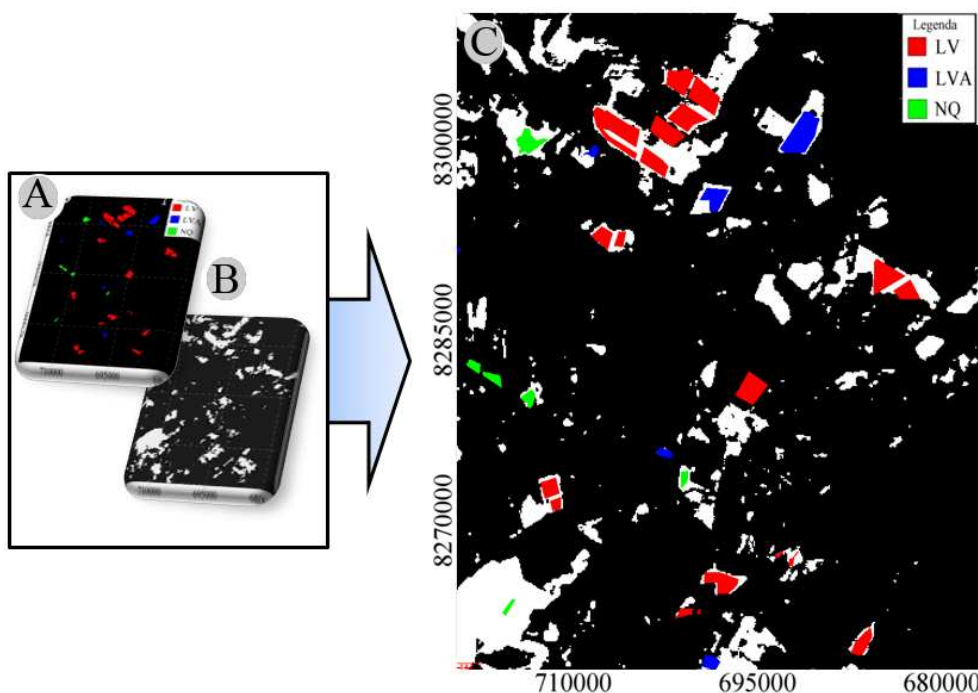


Figura 4 - (a) Talhões de solo exposto visitados durante o trabalho de campo. (b) Talhões de solo exposto (em branco) discriminados a partir da metodologia que integra o modelo linear de mistura espectral e as normalizações do SWIR e do TIR. (c) sobreposição dos talhões visitados em campo aos discriminado pela metodologia proposta. OBS: A área em preto representa outros componentes de cena.

Finalmente, o gráfico de espalhamento dos dados normalizados mostrou uma linha do solo e o “*tasseled cap*” invertidos (capuz invertido, representado pela cor amarela na Figura 3), quando comparados com os gráficos de espalhamento entre as bandas do vermelho e do infravermelho próximo. Solos argilosos (escuros) apresentaram baixos valores para a normalização do TIR e altos valores para a normalização do SWIR. O contrário foi verificado para solos arenosos. O NPV apresentou os menores valores para as normalizações do SWIR e TIR.

## 7. CONCLUSÃO

Em síntese, o refinamento do modelo linear de mistura espectral para a separação do solo exposto de NPV foi possível com a combinação dos dados normalizados do SWIR e TIR. A normalização dos dados de reflectância do SWIR foi eficaz para discriminar solos argilosos, enquanto que a normalização dos dados de emissividade do TIR possibilitou uma boa discriminação entre solos arenosos e NPV.

Essa estratégia combinada pode ser muito útil para detectar superfícies de solo arenoso e identificar áreas de degradação do solo no Cerrado brasileiro.

## 8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (05/01737-0) pelo suporte financeiro, CNPq (305600/2006-0), à CAPES pela bolsa de mestrado e aos revisores anônimos pelas contribuições oferecidas.

## 9. REFERÊNCIAS

- Aase, J. K.; Tanaka, D. L. Reflectances from four wheat residue cover densities as influenced by three soil backgrounds. **Agronomy Journal**, v. 83, n. 4, p. 753-757, 1991.
- Berk, A.; Bernstein, L. S.; Anderson, G. P.; Acharya, P. K.; Robertson, D. C.; Chetwynd, J. H.; Adler-Golden, S. M. MODTRAN Cloud and Multiple Scattering Upgrades with Application to AVIRIS. **Remote Sensing of the Environment**, v. 65, n., p. 367-375, 1998.
- Berk, A.; Anderson, G. P.; Bernstein, L. S.; Acharya, P. K.; Dothe, H.; Matthew, M. W.; Adler-Golden, S. M.; Chetwynd-Jr., J. H.; Richtsmeiera, S. C.; Pukall, B.; Allred, C. L.; Jeong, L. S.; Hoke, M. L. MODTRAN4 Radiative Transfer Modeling for Atmospheric Correction. In: *Proceeding SPIE - Optical Spectroscopic Techniques and Instrumentation for Atmospheric and Space Research III*. 1999. **Proceedings**. 3756. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers., 1999. p. July, 1999.
- Biard, F.; Baret, F. Crop Residue Estimation Using Multiband Reflectance. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, n., p. 530-536, March, 1997.
- Christensen, P. R.; Bandfield, J. L.; Hamilton, V. E.; Howard, D. A.; Lane, M. D.; Piatek, J. L.; Ruff, S. W.; Stefanov, W. L. A thermal emission spectral library of

- rock-forming minerals. **Journal of Geophysical Research**, v. 105, n. E4, p. 9735–9740, 2000.
- Daughtry, C. S. T.; Iii, J. E. M.; Chappelle, E. W.; Dulaney, W. P.; Irons, J. R.; Satterwhite, M. B. Potential for discriminating crop residue from soil by reflectance and fluorescence. **Agronomy Journal**, v. 87, n. 2, p. 165-171, 1995.
- Daughtry, C. S. T. Discriminating Crop Residues from Soil by Shortwave Infrared Reflectance. **Agronomy Journal**, v. 93, n., p. 125-131, 2001.
- Daughtry, C. S. T.; Hunt-Jr, E. R.; J E McMurtrey, I. Assessing crop residue cover using shortwave infrared reflectance. **Remote Sensing of Environment**, v. 90, n. 1, p. 126-134, March 15, 2004.
- Ducart, D. F. **Caracterização da alteração hidrotermal associada as ocorrências auríferas de Los Menucos, Argentina, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e espectroscopia de reflectância**. 2004. 96 p. Dissertação (mestrado em Geociências), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, 2004
- Elvidge, C. D. Thermal infrared reflectance of dry plant materials: 2.5–20 micrometers. **Remote Sensing of Environment**, v. 26, n., p. 265-285, 1988.
- \_\_\_\_\_. Visible and near infrared reflectance characteristics of dry plant materials. **International Journal of Remote Sensing**, v. 11, n. 10, p. 1775-1795, 1990.
- ERSDAC. **Crosstalk correction software user's guide**. ERSDAC Earth Remote Sensing Data Analysis Center March , 2003. Disponível em: <[http://www.google.com/url?sa=t&ct=res&cd=1&url=http%3A%2F%2Fwww.gds.aster.ersdac.or.jp%2Fgds\\_www2002%2Fservice\\_e%2Fu.tools\\_e%2Fcross%2FGUIDEED.PDF&ei=oKlIR77vKJyoeaPnyUs&usg=AFQjCNHHNkkEDRb6prMZ9paWbqIRvVTVgw&sig2=6wU\\_sN0rungmXykcvcz-OA](http://www.google.com/url?sa=t&ct=res&cd=1&url=http%3A%2F%2Fwww.gds.aster.ersdac.or.jp%2Fgds_www2002%2Fservice_e%2Fu.tools_e%2Fcross%2FGUIDEED.PDF&ei=oKlIR77vKJyoeaPnyUs&usg=AFQjCNHHNkkEDRb6prMZ9paWbqIRvVTVgw&sig2=6wU_sN0rungmXykcvcz-OA)>. 2003
- French, A. N.; Schmugge, T. J.; Kustas, W. P. Discrimination of senescent vegetation using thermal emissivity contrast. **Remote Sensing of Environment**, v. 74, n. 2, p. 249-254, November, 2000.
- Galvão, L. S.; Filho, R. A.; Vitorello, Í. Spectral discrimination of hydrothermally altered materials using ASTER shortwave infrared bands: evaluation in a tropical savannah environment. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 7, n. 2, p. 107-114, 2005.
- Gillespie, A.; Rokugawa, S.; Matsunaga, T.; Cothorn, J. S.; Hook, S. J.; Kahle, A. B. A temperature and emissivity separation algorithm for AdvancedSpaceborne Thermal



- Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, n. 4, p. 1113-1126, Jul, 1998.
- Gillespie, A. R.; Rokugawa, S.; Hook, S. J.; Matsunaga, T.; Kahle, A. B. **Temperature/emissivity separation algorithm theoretical basis document, version 2.4**. Jet Propulsion Laboratory. Pasadena, CA: 22 March 1999, p.64  
Disponível em:  
<<http://www.science.aster.ersdac.or.jp/en/documnts/pdf/2b0304.pdf>>. Prepared under NASA Contract NAS5-31372. Acesso em 19 Dez/2006. 1999.
- Goel, N. S. Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data. **Remote Sensing Reviews**, v. 4, n., p. 1-222, 1988.
- Iwasaki, A.; Tonooka, H. Validation of crosstalk correction algorithm for ASTER/SAWIR. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 43, n. 12, p. 2747-2751, Dec., 2005.
- Jiménez-Muñoz, J. C.; Sobrino, J. A. Emissivity spectra obtained from field and laboratory measurements using the temperature and emissivity separation algorithm. **Applied Optics**, v. 45, n. 27, p. 7104-7109, 2006.
- JPL. **Reproduced from the ASTER Spectral Library** through the courtesy of the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California. Copyright [©]1999, California Institute of Technology. All rights reserved. ASTER spectral library. Version 1.2. <<http://speclib.jpl.nasa.gov>> or **CD**. Pasadena: California Institute of Thecnology. JPL, 2006.
- Kruse, F. A. Mineral Mapping with AVIRIS and EO-1 Hyperion. In: 12th JPL Airborne Geoscience Workshop. 2003. Pasadena. **Proceedings.04-6 (CD-ROM)**. Pasadena: Jet Propulsion Laboratory Publication, 2003. p. 149 - 156. 2003.
- Luz, B. R. **Propriedades espectrais de plantas no infravermelho termal (2,5 - 14 mm): da química ao dossel**. 2005. 188 p. Tese (Doutorado em Ecologia). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- Maitelli, G. T. Interações atmosfera-superfície. In: G. Moreno; R. C. S. Hilga (Ed.). **Geografia do Mato Grosso: Território, sociedade, ambiente**. Cuiabá: Entrelinhas, p.238-249.I 2005.
- Matthew, M. W.; Adler-Golden, S. M.; Berk, A.; Richtsmeier, S. C.; Levine, R. Y.; Bernstein, L. S.; Acharya, P. K.; Anderson, G. P.; Felde, G. W.; Hoke, M. P. Status

- of Atmospheric Correction Using a MODTRAN4-based Algorithm. In: Proceedings SPIE Algorithms for Multispectral - Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery VI. 2000. **Proceedings**. 4049. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 2000. p. 199-207. 2000.
- McNairn, M.; Protz, R. Mapping corn residue cover on agricultural fields in Oxford County, Ontario, using Thematic Mapper. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 19, n., p. 152-159, 1993.
- Palluconi, F.; Hoover, G.; Alley, R.; Jentoft-Nilsen, M.; Thompson, T. **An atmospheric correction method for ASTER thermal radiometry over land: ASTER Standard Data Product AST09, "Level-2 Radiance--TIR, Land\_Leaving"**. Jet Propulsion Laboratory. 4800 Oak Grove Drive, Pasadena: February 19, p.27. Disponível em: <[http://eosps.gsfc.nasa.gov/eos\\_homepage/for\\_scientists/atbd/docs/ASTER/atbd-ast-05.pdf](http://eosps.gsfc.nasa.gov/eos_homepage/for_scientists/atbd/docs/ASTER/atbd-ast-05.pdf)>. 1999
- Ponzoni, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In: P. R. Menezes; J. S. Madeira-Netto (Ed.). **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: Embrapa, p.157-199.I 2001.
- RSI. **ENVI - The remote sensing platform of choice**. Boulder, USA 2006.
- Salisbury, J. W.; D'aria, D. M. Emissivity of terrestrial materials in the 8-14  $\mu$ m atmospheric window. **Remote Sensing of Environment**, v. 42, n. 2, p. 83-106, November, 1992a.
- \_\_\_\_\_. Infrared (8–14  $\mu$ m) remote sensing of soil particle size. **Remote Sensing of Environment**, v. 42, n. 2, p. 157-165, November, 1992b.
- SEPLAN/MT. **Zoneamento sócio-econômico-ecológico: Diagnóstico Sócio-econômico-ecológico do Estado de Mato Grosso e assistência técnica na formulação da 2ª aproximação: Descrição sumária das classes de solos, resultados analíticos e considerações sobre erodibilidade da folha Dom Aquino, MIR-389 (SD.21-Z-D) - Memória técnica**. Governo do Estado de Mato Grosso - Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN): Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD). Cuiabá: Maio, 2000, p.51. Disponível em: <<http://www.seplan.mt.gov.br/>>. 2000
- Sullivan, D. G.; Shaw, H. N.; Mask, P. L.; Guertal, E. A.; Norleet, M. L. Quantifying residue coverage via satellite remote sensing platforms. In: Annual Southern

- Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture 25th. 2002. Auburn, Alabama. **Proceedings**. Auburn, Alabama, 2002. p. 207-212. 24-26 June, 2002.
- Sullivan, D. G.; Shaw, J. N.; Mask, P. L.; Rickma, D.; Guertal, E. A.; Livall, J.; Wesinger, J. M. Evaluation of Multispectral Data for Rapid Assessment of Wheat Straw Residue Cover. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n., p. 2007-2013, November 1, 2004.
- Tonooka, H.; Iwasaki, A. Improvement of ASTER/SWIR crosstalk correction. In: SPIE. 2004. Bellingham, WA. **Proceedings**. Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites VII. Bellingham, WA: SPIE 2004. p. 168-179. 2004.
- Ustin, S. L.; Jacquemoud, S.; Palacios-Orueta, A.; Li, L.; Whiting, M. L. Remote Sensing Based Assessment of Biophysical Indicators for Land Degradation and Desertification. In: Remote Sensing and Geoinformation Processing in the Assessment and Monitoring of Land Degradation and Desertification. 2005. Trier-Germany. **Proceedings**. Trier-Germany, 2005. p. 1-20. September 7th to 9th, 2005.

# AVALIAÇÃO DO DESCONFORTO TÉRMICO HUMANO NO ESTADO DO PARANÁ

FREGONESI, Luis Fellipe Andrade, UEL<sup>1</sup>, andradefregonesi@gmail.com

CAVIGLIONE, João Henrique, IAPAR<sup>2</sup>, caviglione@iapar.br

CARAMORI, Paulo Henrique, IAPAR<sup>3</sup>, caramori@iapar.br

## RESUMO

O homem é um ser homeotérmico e não depende do ambiente para manter a temperatura corpórea, mas este fato não impede que esteja sensível às alterações climáticas. O clima é um conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera sobre cada lugar da Terra. Quando a temperatura do ar atinge os extremos, quer seja alto (calor) ou baixo (frio), os organismos apresentam dificuldades para o desenvolvimento normal. Estes limites são definidos como zona de conforto térmico, que situam-se entre 19 e 25°C e associados as variações diárias expressam o índice de desconforto térmico. Muito embora, o homem sobreviva nos ambientes mais inóspitos na terra, além do desconforto, a variação de temperatura pode ser até fatal para o homem. Foram utilizados dados diários de 28 estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) durante o período de 1980 a 2007. O índice de desconforto térmico foi estimado com base nas temperaturas do bulbo seco e úmido, na leitura das 15:00, através da seguinte equação:  $TE = 0,4 (Ts + Tw) + 4,8$ ; onde Ts igual à temperatura do bulbo seco e Tw igual à temperatura do bulbo úmido. A temperatura efetiva (TE) determina o índice de desconforto térmico. Com os resultados foi estimada uma média anual e mensal de Janeiro a Abril e de Setembro a Dezembro. Finalmente analisamos e comparamos os gráficos e os mapas obtidos. Os resultados mostraram que, comprovadamente, na estação do ano de verão apresenta os maiores índices de desconforto térmico. Além disso, observa-se nitidamente a variação dos valores quanto a latitude das estações meteorológicas, ou seja, as estações na região norte apresentam registros de desconforto térmico mais elevado que na região sul.

**Palavras-chave:** desconforto térmico, temperatura bulbo seco, temperatura bulbo úmido.

## ABSTRACT

The man is a homoeothermic and does not depend on the environment to maintain body temperature, but this fact does not prevent his sensitive to climate change. When the air temperature reaches the extremes, either high (heat) or low (cold), the organisms present difficulties for a normal development. These limits are defined as zone of thermal comfort, which are situated between 19 and 25 °C and these changes express the rate of thermal discomfort. It was used database of 28 weather stations of the Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) during the period from 1980 to 2007. The index of thermal discomfort was estimated by the temperature of the dry and wet bulb, in the reading at 15:00 PM, using the following equation:  $TE = 0.4 (Ts + Tw) + 4.8$ ; where Ts equal to the temperature of the dry-bulb and Tw equal to the temperature of the wet-bulb. The effective temperature (TE) determines the rate of thermal discomfort. With the results it was made an average annual from January to April and September to December. The results showed that, demonstrably, in the season of summer has the highest rates of thermal discomfort and there is a change in the values as the geographic position of meteorological stations compared each other.

**Key-words:** thermal discomfort, temperature dry-bulb; temperature wet-bulb.

<sup>1</sup> Estudante de graduação do terceiro ano em Geografia na Universidade Estadual de Londrina, Paraná.

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, MSc., Pesquisador do Instituto Agrônomo do Paraná.

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, PhD., Pesquisador do Instituto Agrônomo do Paraná.

## **1. INTRODUÇÃO**

O Estado do Paraná faz parte da região sul do Brasil, é cortado pelo Trópico de Capricórnio. Apresenta regiões na zona Subtropical e na zona Tropical. Segundo a classificação de Köppen, são encontrados dois tipos de clima no estado o CFa e CFb. A superfície paranaense é de 199.709 km<sup>2</sup>, superior a do Uruguai e duas vezes o tamanho de Portugal.

O corpo humano é uma máquina térmica e constantemente libera energia na forma de calor e qualquer fator que interfere na taxa de dissipação deste calor do corpo afeta na sensação de temperatura. A sensação de temperatura que o corpo humano percebe é afetada por vários fatores e condicionam o conforto do indivíduo. Dentre eles os mais importantes são a temperatura do ar, a umidade relativa, o vento e a radiação solar. O desconforto pode causar prejuízo ao desenvolvimento da maioria das atividades humanas, afetando eficiência do trabalho, seja mental ou intelectual; interfere no repouso noturno e até nas atividades de lazer. O estudo do conforto térmico vem avançando por ele afetar os homens em suas atividades.

## **2. OBJETIVO**

A finalidade desse trabalho foi de estimar e analisar o desconforto térmico no Estado do Paraná num período, de 1980 a 2007, com dados de 28 estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná localizadas em pontos geograficamente importantes no Estado. Utilizamos dados de temperatura do bulbo seco e de temperatura do bulbo úmido, registrados as 15:00 horas, onde os índices apresentam no extremo durante o dia. Além disso, teve como objetivo a análise e comparação dos resultados desse trabalho.

## **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Os estudos do conforto humano têm ganhando importância nos últimos anos, pelo clima afetar o homem em suas atividades e seu desempenho. A maioria da população brasileira vive em cidades e a urbanização altera o clima onde se encontra, as atividades nas cidades alteram mais a umidade relativa do ar e a temperatura gerando as ilhas de calor e o desconforto térmico. Este último é avaliado nos trabalhos baseado na estimativa da temperatura efetiva proposto por Thom em 1959.

### 3.1 Índice de temperatura efetiva

A equação do Índice de temperatura efetiva (TE) de Thom (1959) foi utilizada pela sua simplicidade e eficácia associada aos poucos parâmetros necessários. Nessa formula é considerado como faixa de conforto ideal quando o TE for igual a 19°C, sendo abaixo disso é considerado stress de frio e maior que 25°C é classificado como desconforto térmico. A TABELA 1 mostra os sintomas que os seres humanos podem sofrer num determinado valor do TE.

TABELA 1: Conforto térmico e sensação térmica para o homem.

Temperatura Efetiva	Condição Térmica	Sensação
10°	Muito Frio	-
15°	Frio	Incômodo
20°	Fresco	Ligeiramente Incômodo
25°	Neutro	Cômodo
30°	Temperado	-
35°	Quente	-
40°	Muito Quente	Muito Incômodo

Fonte: Fanger (1973).

### 3.2 As formas e os fatores que influenciam o desconforto térmico

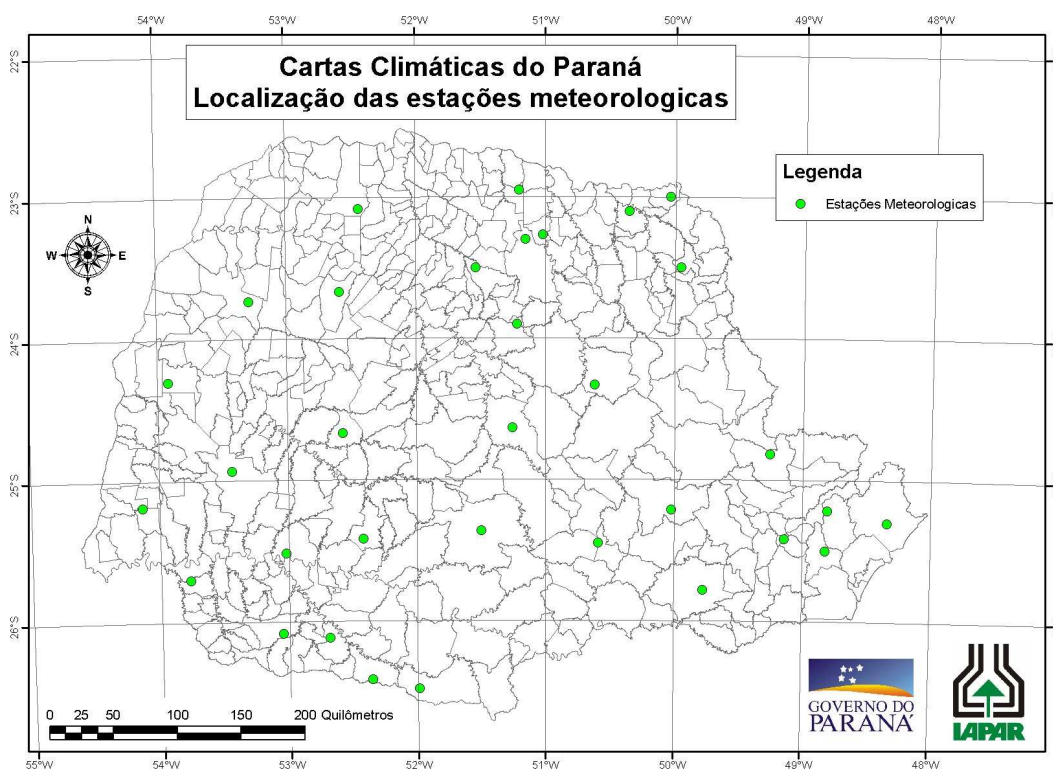
Quando existem dois corpos com temperaturas diferentes, para equilibrar sua temperatura tem que acontecer a transferência de calor entre eles. Existem quatro maneiras que a energia térmica é transferida: A condução que acontece através de sólidos ou líquidos que não estão em movimento; A convecção se realiza por fluidos em movimento, podendo ser líquido ou gasosos; A radiação é quando as substâncias irradiam energia térmica sob a forma de ondas eletromagnética, esta radiação pode ainda ser refletida, transmitida ou absorvida; Por fim, a evaporação acontece através energia necessária para mudança de estado da matéria, principalmente d água que resfria a superfície. A velocidade com que esses processos ocorrem depende da faixa e da diferença temperatura

Entretanto a sensação de conforto térmico depende do equilíbrio térmico entre a energia produzida pelo corpo, somado com os ganhos e as perdas de energia do meio, com o objetivo de manter a temperatura interna do corpo em 37°C. Os principais fatores que influenciam a sensação vão desde as variáveis individuais, como vestuário, e variáveis ambientais como a temperatura e a umidade relativa.

### 3.3 Estações meteorológicas utilizadas

No Paraná existem duas instituições estaduais que gerenciam redes de estações meteorológicas, o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e o Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Foram utilizados os dados proveniente as estações o IAPAR, devido a série histórica mais completa que as do SIMEPAR. Essas estações estão localizadas nos municípios de: Apucarana; Bandeirantes; Bela Vista do Paraíso; Cambará; Cascavel; Cerro Azul; Cianorte; Clevelândia; Fernandes Pinheiro; Francisco Beltrão; Guarapuava; Guaraqueçaba; Ibiporã; Joaquim Távora; Lapa; Laranjeiras do Sul; Londrina; Morretes; Nova Cantu; Palmas; Palotina; Paranavaí; Pato Branco; Planalto; Ponta Grossa; Quedas do Iguaçu; Telêmaco Borba; Umuarama. Todos situados em regiões importantes geograficamente no Paraná para estudos climáticos.

Ilustração 1: Localização das estações meteorológicas.

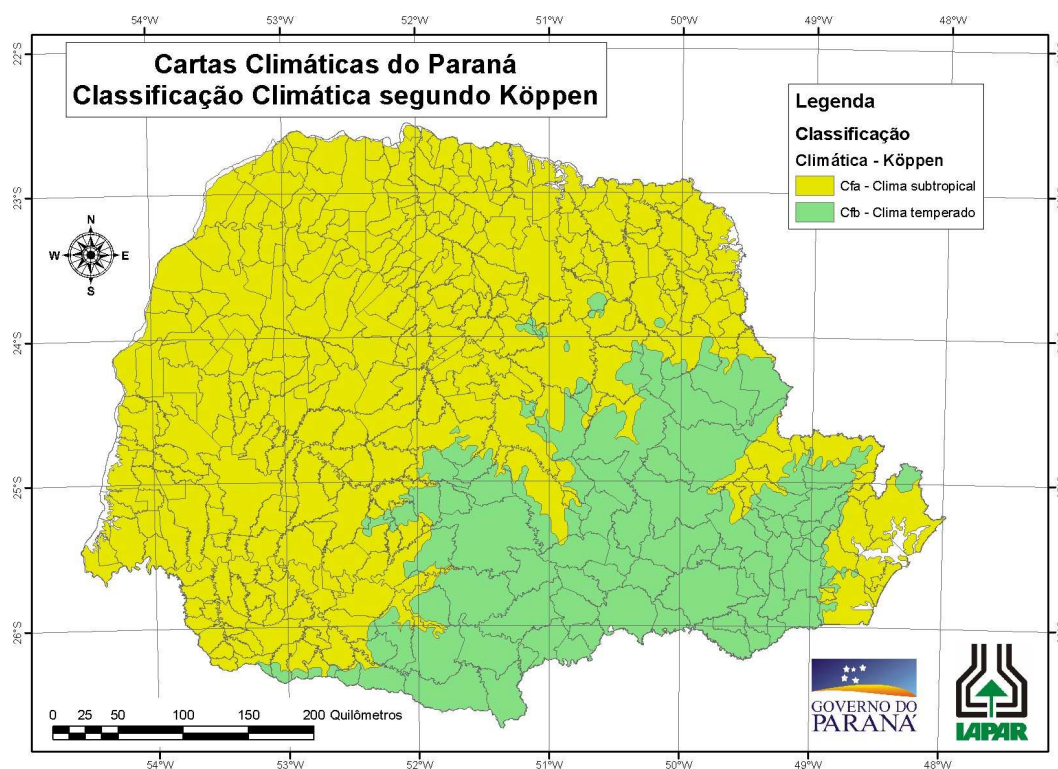


Fonte: Caviglione (1998).

### 3.5 Clima do Paraná

A maior parte da área territorial do Estado do Paraná localiza-se na região subtropical, onde dominam temperaturas amenas, e uma pequena parte encontra-se na região de clima tropical. A classificação climática de Köppen é baseado na vegetação, temperatura, pluviosidade. De acordo com a classificação de Köppen, no Paraná domina dois tipos climáticos: Cfa (Clima subtropical) e Cfb (Clima temperado).

Ilustração 2: Classificação Climática de Köppen



Fonte: Caviglione (2008).

O clima subtropical (Cfa) tem temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Já o clima temperado (Cfb) tem temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida.



No verão em todo estado costuma ser quente e chuvoso e vale ressaltar no geral as áreas baixas do oeste e a baixada litorânea tem verões extramente quentes. Já no inverno, o leste evita o frio excessivo por causa da maritimidade (influencia do oceano no clima), mas na região sul e algumas partes do oeste as temperaturas do ar podem registrar até negativas, como por exemplo, o municipio de Palmas onde as geadas são frequentes. Entretanto o inverno no Paraná não é sempre frio.

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Nesse trabalho foram analisados do período de 1980 a 2007, mas excluindo os meses de inverno, Maio, Junho, Julho e Agosto. Os dados do IAPAR utilizados para a elaboração desse trabalho foram o de temperatura do bulbo seco e de temperatura do bulbo úmido, registrados as 15:00h. Com isso foram manipulados esses dois dados diários para mensais no Microsoft Access e Excel, além disso, utilizamos a formula do índice de desconforto térmico no Excel para ter os resultados. Em seguida com esses valores foi feitos gráficos no MS Excel e os Mapas no ESRI ArcGis.

##### **4.1 Formula para indice de desconforto térmico**

A formula usada foi a de temperatura efetiva, de Thom (1959) para ter os resultados do índice de desconforto térmico. Onde se usa, temperatura do bulbo seco e temperatura do bulbo úmido, em que são dois termômetro num intrumento chamado de Psicrômetro e sua funça é determinar a umidade relativa.

$$TE = 0,4*(Ts + Tw) + 4,8$$

Sendo:

TE = Temperatura efetiva

Ts = Temperatura do bulbo seco

Tw = Temperatura do bulbo úmido

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mostrada na TABELA 2, a variação da media anual dos meses estudados dificilmente supera 2°C entre o valor máximo e o mínimo no índice de desconforto térmico anual nas estações meteorológicas. Este fato revela que não existe uma impressionante variação entre os anos, denotando-se uma regularidade dos dados. Também observa-se que nas estações da região sul os valores são abaixo dos valores encontrados na região norte. Como por exemplo, Palmas, localizada na região sul, registra como máximo 21.4°C e 19.1°C de mínimo, enquanto Paranaíba, situado na região norte, os valores são de 25.9°C de máximo e 24.3°C de mínimo.

TABELA 2: Os registros máximo e mínimo da media anual do índice de desconforto térmico.

<b>Estação</b>	<b>Máximo (°C)</b>	<b>Mínimo (°C)</b>
Bela vista do paraíso	25.0	23.8
Joaquim Távora	25.5	24.4
Cambará	25.8	24.5
Bandeirantes	25.9	24.6
Londrina	24.9	23.8
Umuarama	24.1	23.0
Ibiporã	25.6	24.1
Paranaíba	25.9	24.3
Cianorte	26.0	23.9
Apucarana	25.4	23.9
Cerro azul	26.3	24.4
Telêmaco borba	23.9	22.7
Nova cantu	25.3	24.2
Palotina	26.1	24.9
Cascavel	25.0	22.5
Morretes	24.8	23.6
Guaraqueçaba	25.0	23.6
Lapa	22.0	20.5
Ponta grossa	23.4	21.4
Fernandes pinheiro	23.0	21.9
Guarapuava	22.2	21.3
Laranjeiras do sul	23.0	22.0
Planalto	25.1	23.8
Quedas do Iguaçu	24.7	23.7
Palmas	21.4	19.1
Clevelândia	22.1	21.2
Pato branco	23.6	22.4
Francisco Beltrão	24.4	22.7

Fonte: Fregonesi ;Caviglione;Caramori (2008).

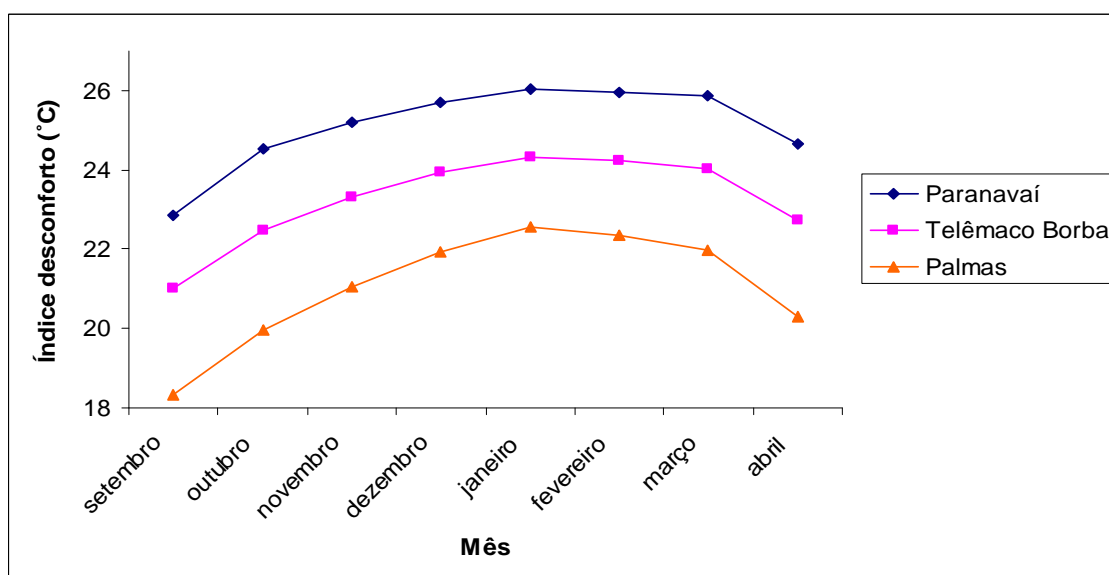
Além de que, varias estações meteorológicas apresentam no geral a maior média anual próxima de 25°C, e somente três estações apresentaram valores superiores a 26°C Cianorte, Palotina e Cerro Azul. A estação de Cerro Azul encontra-se numa região em

que estes elevados valores não estariam presentes, revelando a existência de alguma anormalidade nos dados que deverá ser investigada no futuro.

O gráfico 1 apresenta a variação da média mensal dos índices de desconforto térmico das estações meteorológicas de Paranavaí, Telêmaco Borba e Palmas. O comportamento se repete para todas as estações. Observa-se uma diferença entre elas, em que Paranavaí apresenta o maior registro, pois de encontra-se na região norte enquanto Palmas, que encontra-se no extremo sul do estado, mostra o menor valor das três estações meteorológicas apresentadas, observa-se ainda que nos meses de Janeiro e Fevereiro os valores são maiores. Ainda no gráfico, o final do inverno (Setembro) é o menor valor durante o ano. Atingindo os valores máximos no verão, e novamente reduzindo até Março a Abril. Vale lembrar que Palmas localiza-se na região sul e numa altitude de 1,035 metros. Já Paranavaí, situa-se na região norte e uma altitude de 503 metros.

Os resultados obtidos mostraram claramente que as maiores de desconforto térmico são nos meses de verão e que existe uma variação desses valores quanto a posição geográfica da estação meteorológica, mostrando também a associação da latitude com a altitude como forte componente no desconforto térmico.

GRÁFICO 1: Índice de desconforto térmico mensal de Paranavaí, Telêmaco Borba e Palmas.



Fonte: Fregonesi; Caviglione; Caramori (2008).

Foram montados mapas mensais dos índices de desconforto térmico, qual os gráficos ilustram exatamente que os gráficos demonstram, que as maiores ocorrência acontece nos meses de Janeiro e Fevereiro, e também que existe uma variação quanto a posição geográfica.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados observados estão de acordo com o que era esperado. O clima é um agente desse fenômeno e dificilmente o homem poderá interferir de modo favorável. Mas os efeitos do clima deverão ser relacionado as materiais e estruturas utilizados pelo do homem em todas as suas atividades cotidianas, como edifícios, automóveis, vestuários e todos os outros componentes do ambiente urbano criado pelo homem para sua sobrevivência e bem estar. O desconforto térmico ainda vai depender de cada individuo, quanto físico e psicologico. Para amenizar isso a algumas sociedades vem utilizando equipamentos e formas para melhorar a temperatura do local. Uma dessas formas seria a instalação de refrigeradores em construções e automóveis. Também o plantio de arvores é uma forma de amenizar a temperatura do ar.

Com esse trabalho podemos concluir que o índice de desconforto térmico no Paraná do período de 1980 a 2007, apresenta uma media anual constante, em que não existe uma variação significativa do ano anterior ou seguinte, além de obter sempre índices de desconforto térmico no verão e também existir uma diferença dos valores entre as estações meteorológicas, quanto a sua posição geográfica.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AYOADE, J. O. Introdução à Climatologia para os Trópicos. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1991.

FANGER, P.O. Thermal Comfort, McGraw-Hill, New York, 1973.

FERREIRA, A. G.; Meteorologia prática. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

JENDRITZKY, G; GRÄTZ, A; SCHULTZ, E; ENDLICHER W. Urban bioclimatology. In: World Meteorological Organization. Report of the Technical Conference on Tropical Urban Climates; 1993 Mar 28 - Apr 2; Bangladesh. Geneva; 1994.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M; Climatologia: noções básicas e Climats do Brasil. São Paulo; Oficina de textos, 2007.

MONTEIRO C.A.F. Teoria e clima urbano. In: Monteiro CAF, Mendonça F, organizadores. Clima Urbano. São Paulo: Contexto; 2003.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. 1976.184f. Tese (Livre Docência em Geografia) - Instituto de Geografia da USP, Série Teses e Monografias 25.1976.

SILVA, E. M.; CORRÊA, D. M.; GIACOMINI, A. R.; O conforto térmico na cidade de Uberlândia – MG. In: Simpósio Regional de Geografia, II, 2003, Uberlândia.

SORRE, M. Objeto e Método da Climatologia, Paris, Trad. José Bueno Conti. 1934.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SETELHAS; Fundamentos e aplicações práticas; Guaíba: Agropecuária, 2002.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras. São Paulo: Nobel, 1980.

THOM, E: The discomfort index: Weatherwise 1959.

# MAPEAMENTO DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DA TERRA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO NA ESCALA 1:50.000

Phillipe Valente Cardoso<sup>1</sup>

Rafael Balbi Reis<sup>2</sup>

Carla Bernadete Madureira Cruz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduação do Departamento de Geografia da UFRJ ([phillipevalente@gmail.com](mailto:phillipevalente@gmail.com))

<sup>2</sup>Mestrando do Departamento de Geografia da UFRJ ([macrbr@hotmail.com](mailto:macrbr@hotmail.com))

<sup>3</sup>Professora Doutora do Departamento de Geografia da UFRJ ([cmad@ufrj.br](mailto:cmad@ufrj.br))

## Resumo

A discussão atual sobre o mapeamento de uso e cobertura procura formas de automatizar sua confecção, de maneira a diminuir esforços de edição e trabalhos de campo.

Este trabalho tem como objetivo analisar o padrão do uso e cobertura vegetal, na escala 1:50.000, a partir da adoção de um classificador, orientado a objetos e definir o grau de transformação antrópica através de um indicador ambiental para os municípios abrangidos pela bacia do rio São João.

Um levantamento detalhado e atualizado do uso e cobertura da terra se faz necessário tendo em vista a manutenção do equilíbrio hidro-ecológico, da rede de drenagem e a preservação ambiental dentro da bacia do rio São João.

O trabalho teve início com o tratamento da imagem CBERS – China-Brazil Earth-Resources Satellite - (Junho/06) no *software hypercube*. Em seguida a imagem CBERS foi georeferenciada no Spring 4.3 junto com uma LandSat. A segunda etapa, foi a segmentação das imagens Cbers e LandSat com o *software eCognition* e aplicação dos modelos probabilísticos (*fuzzy*). Em seguida foi feita a validação em campo e edições finais.

Na etapa final foi definido o peso de cada classe para o cálculo do índice de transformação antrópica (Lémechev, 1982, in Mateo, 1991), que possibilita uma caracterização rápida e uma comparação entre áreas.

O mapa de uso do solo mostra uma grande fragmentação da bacia, que é mais forte na baixada, ao contrário da maioria dos fragmentos de floresta que se encontram em áreas mais elevadas. Apesar do uso predominante ser a pastagem, podem ser encontrados também pequenas áreas agricultura no baixo curso do rio São João. O índice de transformação antrópica calculado permitiu uma comparação entre os municípios no que indica o grau de transformação que a paisagem natural sofreu até o estágio atual.

**Palavras Chaves:** Sensoriamento remoto, Unidades de Conservação, Mapeamento de uso e cobertura do solo.

## Abstract

The present discussion about mappery land and use cover is in search of ways to automatize its making in order to decrease the edition's efforts and work **of camp**.

The objectives this paper is analyze the model of use and vegetal cover in the 1:50.000 scale from adoption of one classifier guided to objects and analyze stage of transformation by human through an environmental indicator (Lémechev, 1982, in Mateo, 1991) toward municipal districts of São João river's basin.

A present and detail search about use and cover of Earth is necessary because equilibrium hydro-ecologic of drainage's net and environmental preservation inside São João river's basin.

This work has begun with a CBERS (China-Brazil Earth-Resources Satellite) image's treatment (June 2006) in software hypercube. After a CBERS image was georeferencing in the Spring 4.3 together with a LANDSAT. The second step was a segmentation of images CBERS and LANDSAT. With a software eCognition and application of probabilistic model (*fuzzy*). After has been done the camp validation and final editions.

The last step was defined importance of each class to calculate table of contents of transformation by human which make possible a quickly characterization and a comparison between areas.

The map of soil use shows a big fragmentation of basin which is stronger at depression on the contrary most of forest fragments which was in areas more highs. Perhaps predominance use is pasture could be found too a little areas in low course of São João river. The table of contents of transformation by human permitted a comparison between municipal districts that show the stage of transformation which natural landscape of present stage.

**Key words:** Remote sensing, Conservation Unities, Mapping land use land cover

## 1- Introdução

O mapeamento de uso e cobertura do solo é um levantamento que identifica de forma homogênea a tipologia de uso dentro de um determinado espaço possibilitando a interpretação de elementos naturais e antrópicos na paisagem. Fornece informações para análises e avaliação de impactos ambientais, como os gerados por desmatamento, mudanças climáticas, também por impactos gerados pela urbanização. Sua confecção é totalmente dependente de algum módulo de sensoriamento remoto, seja aéreo ou orbital. Se confirma em um dos mapas temáticos mais usados, sendo bastante representativo em diversos estudos. Com o surgimento de novas técnicas de sensoriamento remoto, amplia-se a capacidade de detecção de alvos, permitindo geração de legendas mais detalhadas.

As discussões atuais sobre o papel deste mapeamento giram em torno do desenvolvimento de metodologias mais poderosas para classificação. Neste contexto surgem novos classificadores como é o uso orientado a objetos, que busca simular a interpretação visual através de modelagem do conhecimento, ampliando a automatização e minimizando esforços de edição.

Os indicadores ambientais deixaram de ser números ou estatísticas, pura e simplesmente, para tornarem-se representações do estado de um sistema, uma vez que são elementos específicos de monitoramentos. Conseqüentemente, os indicadores estão habilitados a guiar ações. Entretanto, deve-se ter claro que indicadores são elementos específicos de um dado processo, logo indicadores satisfatórios para uma função, podem não o ser para outras; não há um conjunto de indicadores ambientais que seja universal. Sua configuração deverá atender as necessidades de seus usuários. (Bakkes et al. 1994 apud Serra, 2002).

O objetivo desse trabalho é contribuir para o mapeamento do uso e cobertura do solo através da adoção de um classificador orientado a objetos baseados em modelos probabilísticos (fuzzy) e, através deste produto, analisar o grau de transformação antrópica dos municípios abrangidos pela bacia do rio São João.

## 2- Área de Estudo

A área de estudo da presente pesquisa é a Bacia do Rio São João, que cobre cerca de 2.160 km<sup>2</sup> e que se encontra localizada na região centro leste do estado do Rio de Janeiro, abrangendo os municípios Cachoeiras de Macacu (nascentes), Rio Bonito, Casimiro de Abreu, Araruama, Cabo Frio e Rio das Ostras e integralmente apenas o município de Silva Jardim. A bacia do rio São João é o principal ecossistema aquático e manancial de grande parte da população da região em que se encontra inserida. Suas águas abastecem a represa de Juturnaíba, criada na década de 70 que é responsável pelo abastecimento público de água na Região dos Lagos e possui um grande potencial turístico. Apresenta ainda cinco ecossistemas associados à Mata Atlântica, dois dos quais florestais, que estão distribuídos em oito municípios, que apresentam diferentes características de relevo. Em junho de 2002, grande parte da bacia foi transformada na Área de Proteção Ambiental Federal do Rio São João/ Mico Leão Dourado, que funciona como zona de amortecimento para a REBIO de Poços das Antas, unidade de proteção integral. A figura 1 mostra em detalhes a localização da área.

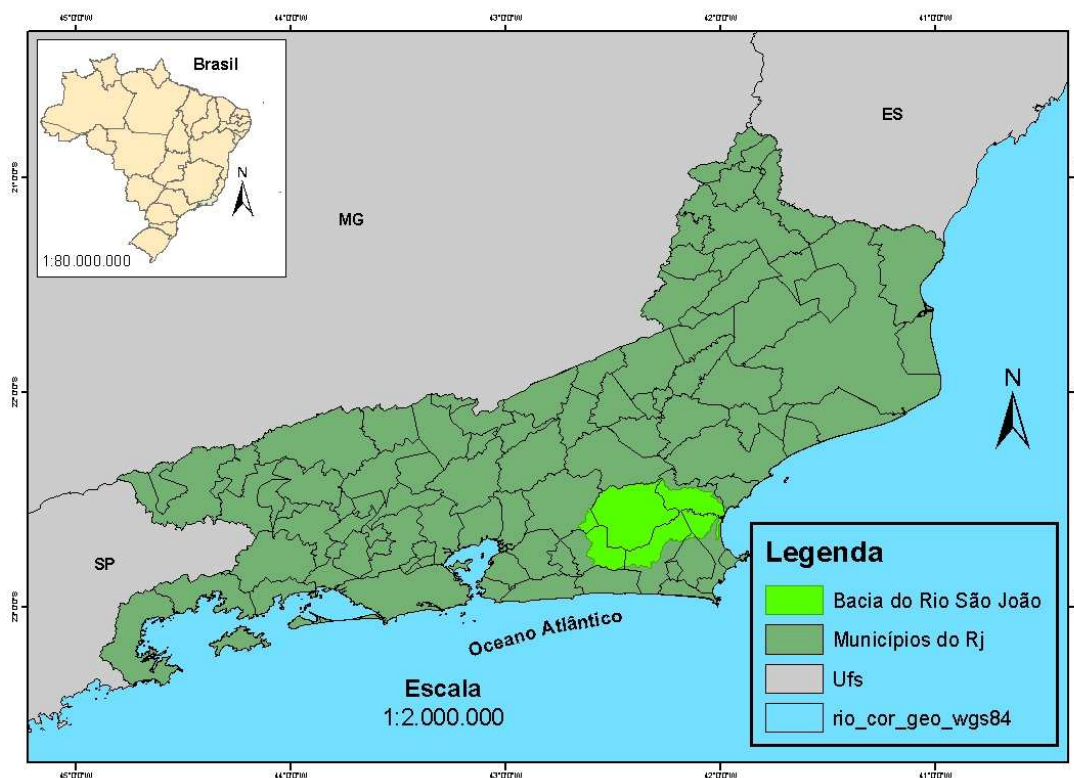




Figura 1 – Localização da Bacia do Rio São João no Estado do Rio de Janeiro.

### 3- Materiais e Métodos

A primeira etapa do trabalho foi o tratamento radiométrico de uma cena CCD do Satélite Sino Brasileiro (CBERS) de Junho/06 através de um software americano disponível gratuitamente na WEB, chamado Hypercube. O processamento consistiu na substituição da banda do Infravermelho Próximo por uma banda sintética gerada através de uma operação matemática e na aplicação posterior de um filtro para a detecção de bordas, que permitiu um significativo destaque dos alvos na imagem conforme figuras 3 e 4 abaixo.



Figura 3 - Imagem Cbers sem o tratamento com Hypercube.

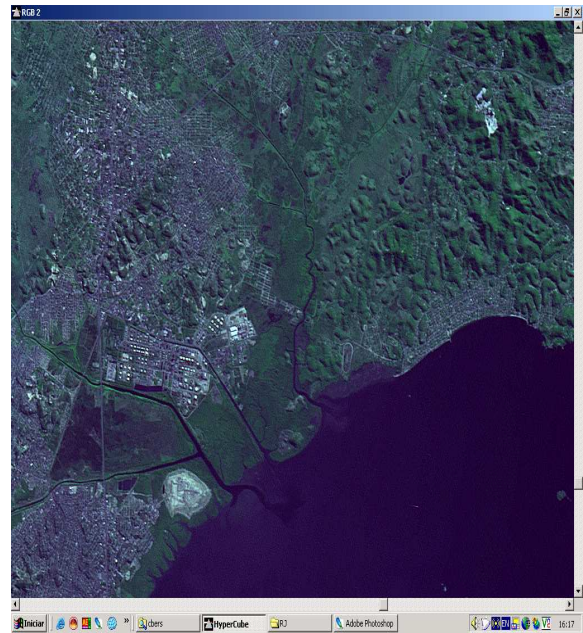


Figura 4 – Imagem Cbers após tratamento no Hypercube.

Em seguida efetuou - se o registro da imagem CBERS (georreferenciamento) através de uma imagem LANDSAT (07/2002) já corrigida geometricamente no software Spring 4.3.

A segunda etapa, foi a construção de um projeto no sistema *eCognition*® com o conjunto de bandas CBERS e LANDSAT. Utilizou -se o parâmetro de rede, para a segmentação das imagens CBERS de menor resolução espectral para uma posterior construção/leitura de descritores através de todas as bandas dos 2 sensores. A abordagem utilizada foi a *top-down*, em dois níveis de segmentação. O primeiro, restrito às bandas do infravermelho próximo e médio, objetivando a identificação de áreas de sombra e corpos d'água; enquanto o segundo, incluindo todas as bandas espectrais, embasou o detalhamento das demais classes através de uma estrutura hierárquica que garantisse a herança entre os

diferentes níveis. Foram selecionadas amostras de todas as classes de modo auxiliar na escolha e diferenciação de descritores e modelos fuzzy para classificação

A segmentação constitui o primeiro processo na análise orientada a objetos, a partir do qual são geradas regiões homogêneas, entendidas como o conjunto de *pixels* contíguos que se espalham bidimensionalmente e que apresentam uniformidade. A segmentação no *eCognition*® é realizada através de uma técnica de crescimento de regiões a partir da rotulação inicial de cada *pixel* como uma região distinta ou objeto, os quais vão sendo sucessivamente fundidos em objetos maiores segundo critérios de similaridade (Definiens Imaging, 2004). O limiar de crescimento das regiões é estabelecido pelo parâmetro ‘escala’, previamente definido, o qual delimita o máximo de heterogeneidade permitido para os objetos. Para um determinado parâmetro de escala, o tamanho resultante dos objetos dependerá das características dos dados utilizados na segmentação, mas em geral, quanto maior a escala, maior o tamanho dos objetos. Para geração do mapa em 1:50.000 selecionou-se o parâmetro de escala 10 para as sobre imagens CBERS, vários testes foram realizados para a determinação destes parâmetros.

No *eCognition*®, após a segmentação, todos os objetos da imagem reconhecem seus vizinhos, o qual constitui uma importante informação de contexto nas análises seguintes. Igualmente, para repetidas segmentações com parâmetros de escala diferentes, os objetos reconhecem os super-objetos nos quais se fundem, gerados a maiores escalas, e os sub-objetos nos que se dividem, gerados com um parâmetro de escala menor. Foi estruturada uma hierarquia de classes, em três níveis, de forma a aproveitar a propriedade de hereditariedade entre os mesmos, conforme figura 5.

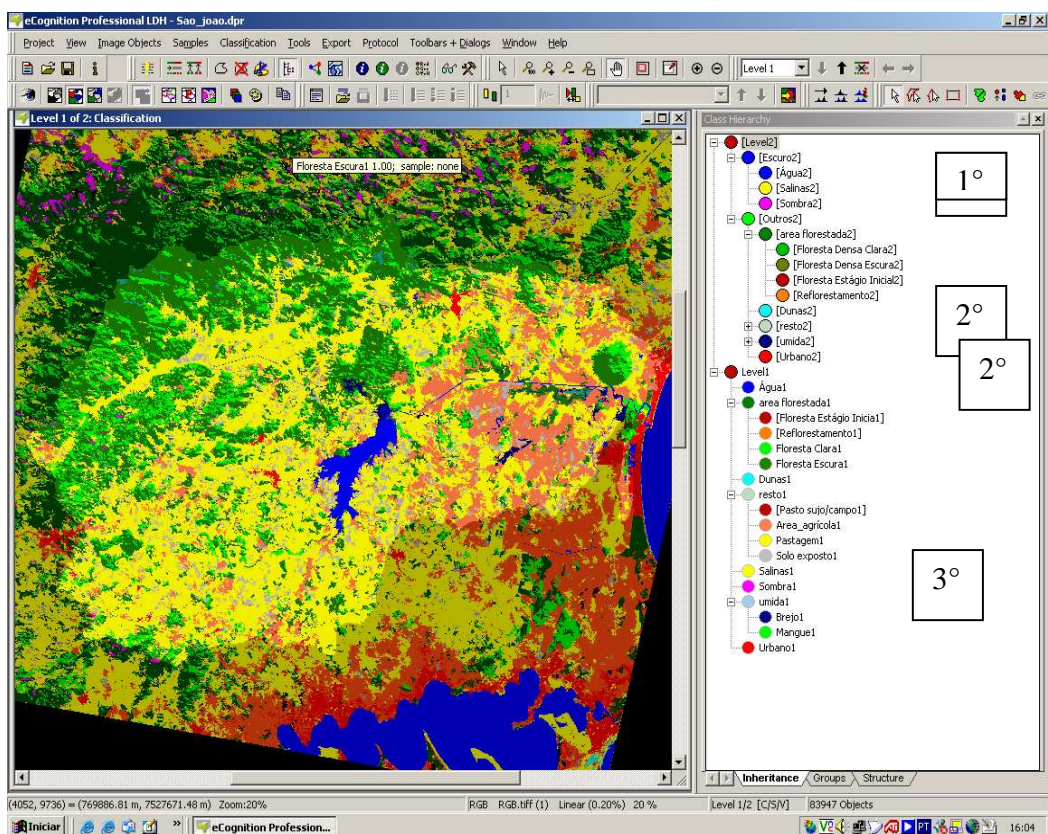


Figura 5 – Hierarquia de classes construída em 3 níveis no eCognition®.

Desta forma, classes parecidas foram agrupadas em níveis mais elevados da hierarquia, sendo sucessivamente desmembradas em sub-classes. Esta estratégia possibilitou o tratamento das diferenças entre classes em pequenos grupos mais ou menos similares. As classes que se encontravam em um mesmo nível hierárquico foram analisadas e caracterizadas, prioritariamente através de modelos fuzzy, por diferentes descritores (*object features*), parte dos quais personalizada através do modo de construção disponibilizado pelo eCognition® (média e desvio padrão das bandas, razão entre bandas, brilho). (Cruz et al, 2007).

Com o mapa de uso e cobertura do solo foi feita a validação através de trabalhos de campo e em seguida as edições finais no software Arcgis 9.1, o que gerou o mapa de uso e cobertura definitivo. Por ultimo foram definidos pesos para de classe, de acordo com o sugerido pela bibliografia, através da análise de especialistas de diferentes áreas de atuação, os pesos são mostrados na tabela 1.

Classe	Peso
Agricultura	8
Ap+Varzea	6

Água	2
Área de Ocupação	6
Brejo	3
Dunas	2
Floresta	1
Mangue	2
Pastagem	8
Reflorestamento	4
Solo Exposto	9

Tabela 1 – Pesos das classes para o calculo do ITA

Em seguida foi calculado o Índice de Transformação Antrópica, (Lémechev, 1982, in

Mateo, 1991),  $I_{T.Aj} = \sum_{i=1}^n r_i S_{ij}$ ,  $r_i$  é o grau de transformação antrópica da paisagem, relacionado ao tipo de uso, pondera donum intervalo de valores de 1 a 10;  $S_{ij}$  o percentual em área ocupada pelo tipo de uso  $i$  na bacia  $j$  e  $n$  a quantidade máxima de classes de uso da terra; e  $n$  é a quantidade máxima de tipos de uso e cobertura da terra.. Este índice permitiu a comparação entre as áreas de contribuição dos municípios para a bacia no que indica ao grau de transformação que a paisagem natural sofreu para o cenário atual. Por último foram gerados os mapas temáticos no Arcgis 9.1 e os gráficos no Excel 2000, com os quais foram feita as análises numéricas. A figura 5 apresenta o fluxograma das atividades.

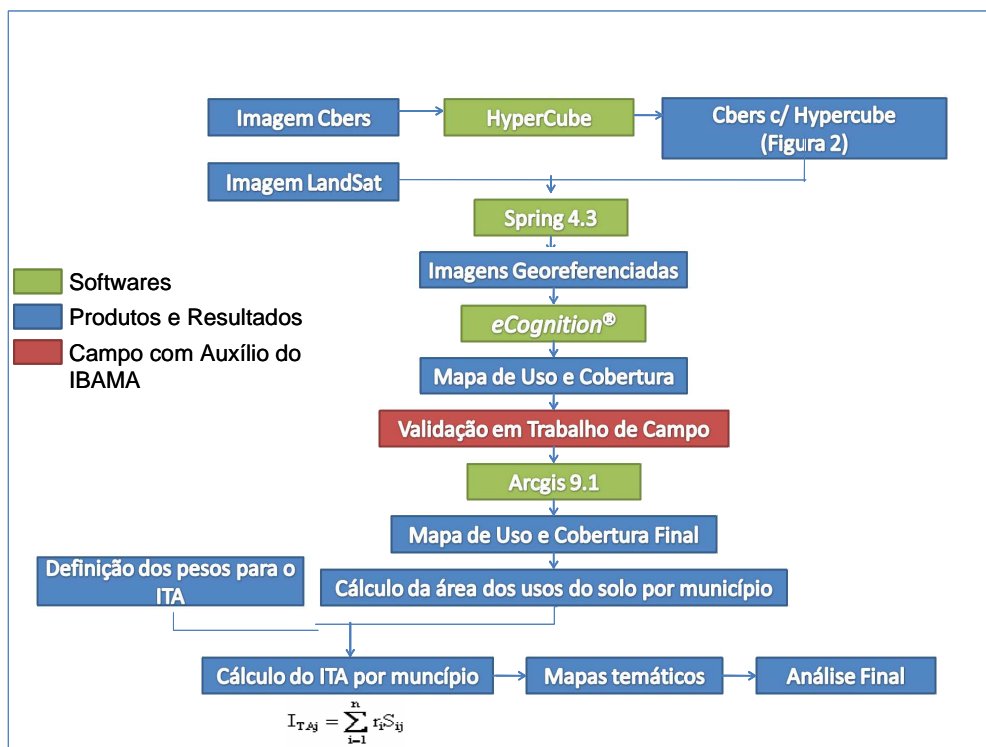


Figura 6 – Fluxograma das atividades.

#### 4 - Resultados

O mapa de uso e cobertura do solo (Figura 7) mostra o estado de fragmentação da bacia que é mais forte da baixada, o que é confirmado pelo MDE (Modelo Digital de Elevação) (Figura 8). O uso predominante é a pastagem, pode ser encontrada também pequenas áreas de agricultura no baixo curso do Rio São João. O gráfico 1 mostra a distribuição das porcentagens de uso e cobertura do solo por município, de onde se conclui que os municípios do interior são os que apresentam as maiores taxa de floresta.

O município Rio das Ostras por se localizar na zona costeira, com forte vocação para o turismo demonstra uma intensa urbanização em sua área de contribuição para a bacia. Silva Jardim apresenta uma área grande de pastagem, mas também uma área de grande vegetação, que em sua maioria encontra-se concentrada na região serrana, o que também pode ser visto no município de Rio Bonito. Em Cachoeira de Macacu por apresentar uma área de contribuição menor, e esta ser quase totalmente composta por serra, apresentam grandes áreas de vegetação e poucas áreas de pastagem. Os municípios de Araruama e São Pedro da Aldeia têm em sua maioria áreas pastagem e agricultura como principal uso do solo. Cabo Frio apresenta uma vasta área de agricultura que segue a várzea do Rio São João.



As áreas de contribuição dos municípios de baixada, mais voltados às atividades turísticas, apresentam maior grau de transformação antrópica na área de contribuição para a bacia do rio São João. Já as áreas dos municípios mais interioranos, próximos a região serrana apresentam um baixo e médio grau de transformação antrópica, o que é justificado pelo equilíbrio da vegetação encontrada em áreas de relevo elevado faz com a pastagem e a agricultura. (Gráfico 2).

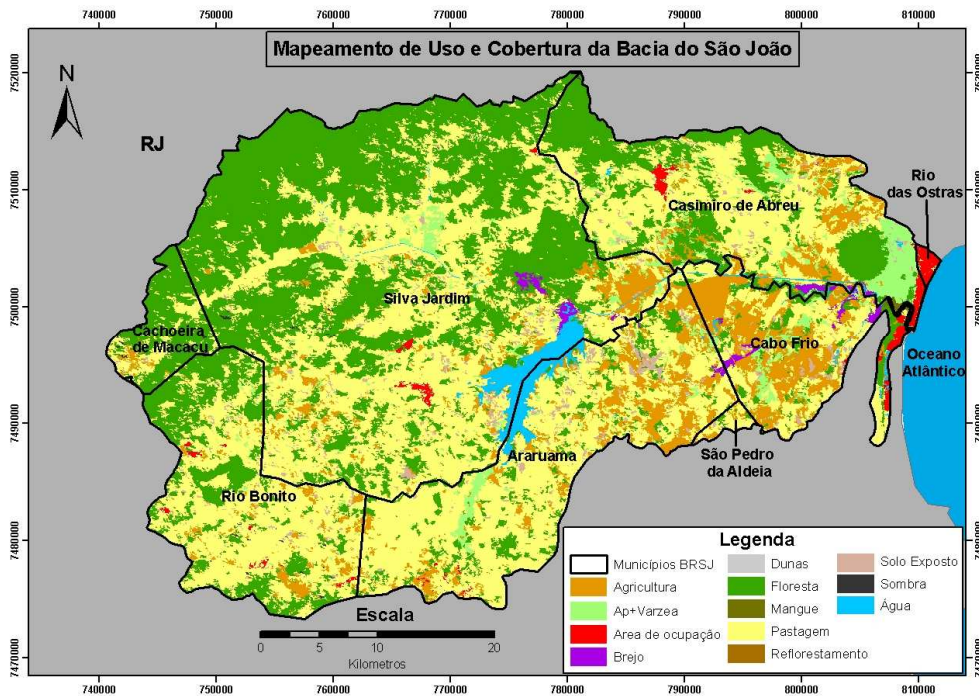


Figura 7 – Mapa de uso do solo, da bacia do rio São João na escala 1:50.000.

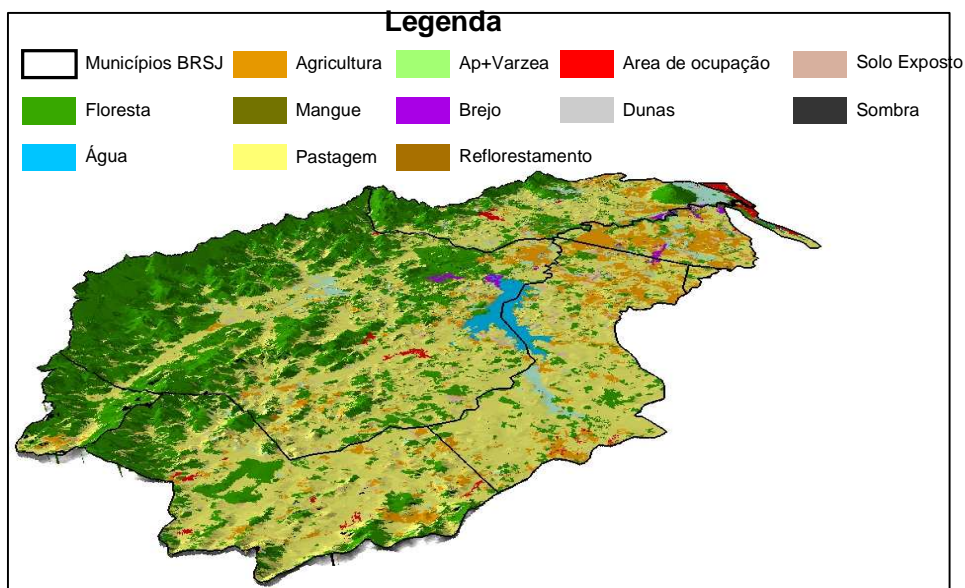


Figura 8 – Modelo Digital de Elevação.

Gráfico 1 - porcentagens de uso e cobertura por município

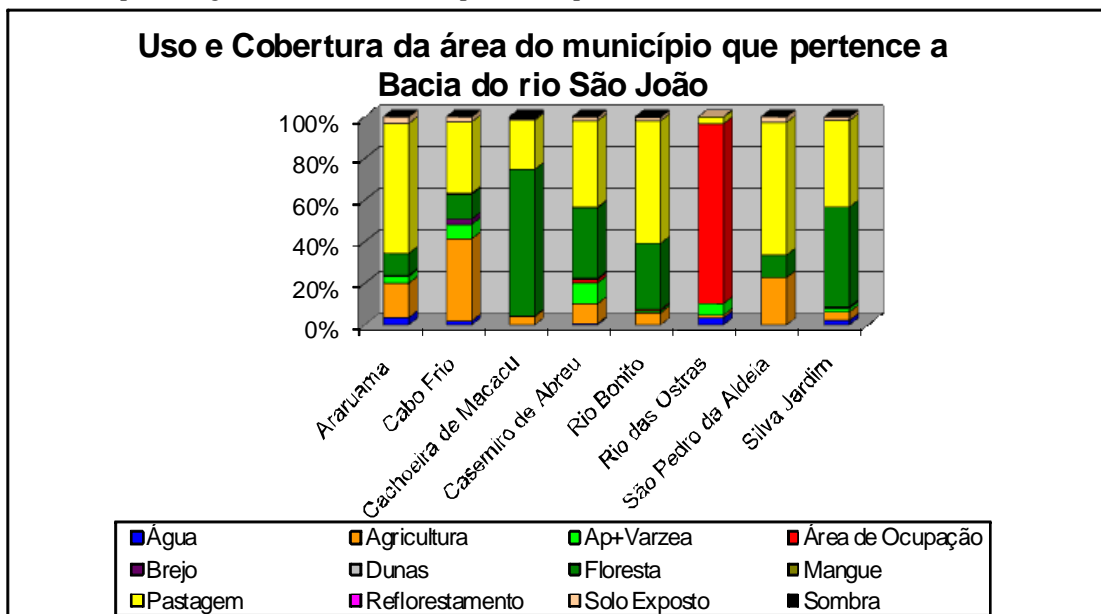
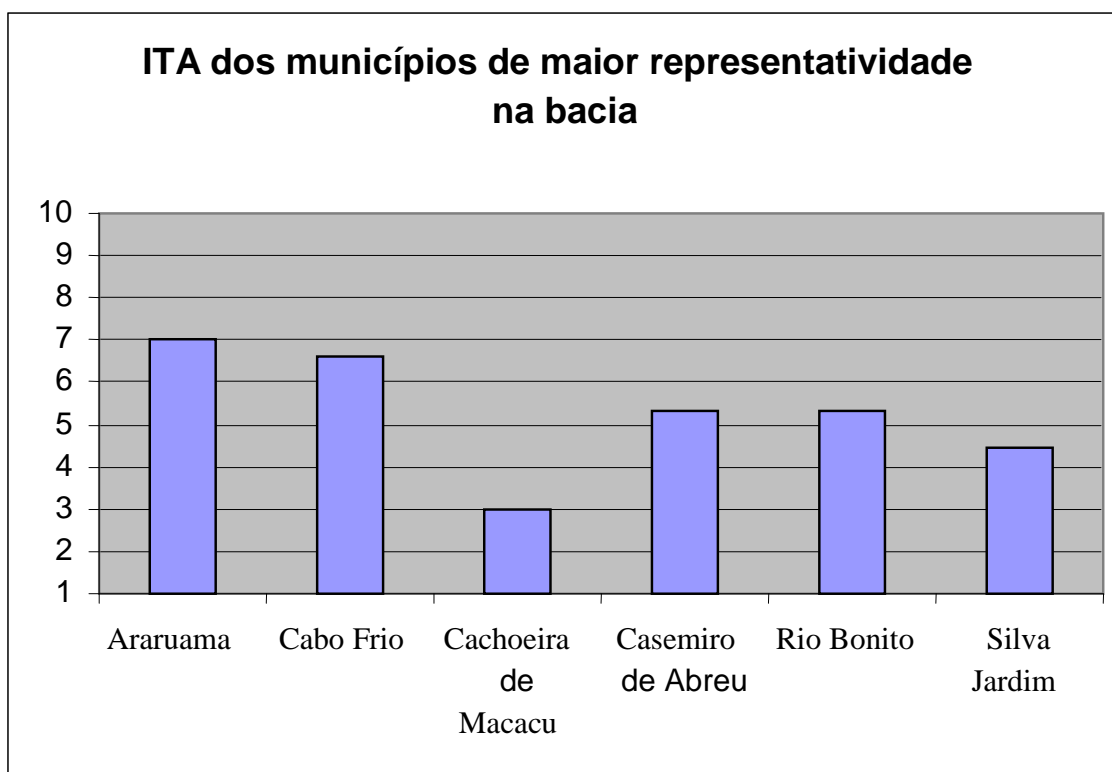


Gráfico 2 – Índice de transformação antrópica das áreas de contribuição dos municípios para a bacia do rio São João.



## 5 - Considerações Finais

O processo de classificação foi considerado bastante satisfatório tendo exigido pouco de edição final. O trabalho de campo possibilitou a verificação do produto obtido de forma automática com a verdade terrestre. Foram usadas imagens de alta resolução para diminuir as dúvidas.

O processamento digital da imagem CBERS favoreceu a delimitação dos objetos, sendo predominante no processo de segmentação que atendesse a escala 1:50.000. Os modelos adotados na classificação foram obtidos a partir das imagens LANDSAT, de maior resolução espectral (6 bandas).

Além de permitir uma análise relativa entre os municípios sobre o grau de antropismo, o índice de transformação antrópica pode vir a favorecer na gestão e tomada de decisões dentro da bacia, podendo auxiliar na caracterização e monitoramento da área.

## 6 – Bibliografia

CUNHA, S.B. *Impactos das obras de engenharia na dinâmica do canal e planície de inundação do rio São João - Rj - Brasil*. In: V Simpósio Luso Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos-IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 4:110-121.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos/* por: Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, SEMAD/ Instituto Estadual de Florestas – MG. Brasília: MMA/SBF,2000. 40p.

IBAMA, *Decreto de criação da Área de Proteção Ambiental - APA da Bacia do Rio São João/Mico-Leão-Dourado*, no Estado do Rio de Janeiro, 2002.

MATEO J. *Apuntes de Geografía de los Paisajes*. Editora Universitária, La Habana, 470p.1991

CRUZ, Carla Bernadete Madureira; VICENS, Raúl Sanchez; SEABRA, Vinícius da Silva; REIS, Rafael Balbi; FABER, Otto Alvarenga; RICHTER, Monika; ARNAULT, Pedro K., 2007. *Classificação Orientada a Objetos no Mapeamento dos Remanescentes da Cobertura Vegetal do Bioma Mata Atlântica na escala 1:250.000*. XIII Simpósio



Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE. 8 pgs (5691-5699). Florianópolis, SC.  
ISBN: 978-85-17-00031-7. INPE.

Definiens Imaging *eCognition Professional 4.0*. Arquivo consultado na Internet, no site  
[www.definiens-imaging.com](http://www.definiens-imaging.com) (2004)

Serra, Ana Luiza Roma Couto. INDICADORES DE PRESSÃO PARA O CÓRREGO DO  
PIÇARRÃO. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de  
Campinas, 2002.

IBGE - *Manual Técnico de Uso da Terra* (número 7) 2ª edição.

# APLICAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL ESTUDO DE CASO: APA DA BACIA DO CÓRREGO CEROULA CAMPO GRANDE – MS

Renato Neves Martins <sup>1</sup>  
Gustavo Ferreira de Souza <sup>1</sup>  
Antonio Conceição Paranhos Filho <sup>2</sup>  
Fernanda Scolari <sup>1</sup>  
Felipe Augusto Dias <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Católica Dom Bosco – CPGE Laboratório de Geoprocessamento, Campo Grande - MS, Brasil.

{renatoets; gustavosalomoni}@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul DHT – CCET, Campo Grande - MS, Brasil.

[paranhos@nin.ufms.br](mailto:paranhos@nin.ufms.br) ou [toniparanhos@gmail.com](mailto:toniparanhos@gmail.com)

## RESUMO

O presente artigo traz parte de uma pesquisa de monografia de conclusão do curso de Geografia da Universidade Católica Dom Bosco – UCDB, que teve como objetivo realizar um levantamento do uso e ocupação do solo, tendo como áreas de estudo a APA (Área de Proteção Ambiental) da Bacia do Córrego Ceroula, localizada no extremo norte do município de Campo Grande – MS e sendo limitada na porção Sul pelo perímetro urbano do município. Destacando a fragmentação da vegetação e o crescimento de atividades como a agropecuária, que ao longo do tempo se intensificou nessa região, e junto com essa intensificação de atividades antrópicas, surgiram agravantes da degradação ambiental, principalmente por falta de planejamentos adequados para o a região da APA e todo seu entorno, com esse levantamento foi possível analisar e delinear a expansão e a redução dos diferentes tipos de cobertura do solo, entre os anos de 1985 e 2006 correspondendo um período de 21 anos, através de uma análise multitemporal, fazendo uso de classificação supervisionada de imagens orbitais do satélite LANDSAT 5 sensor TM, aplicando técnicas de Geoprocessamento e SIG. Pode-se também atestar a aplicação das geotecnologias como ferramentas no levantamento, análise, controle e monitoramentos de áreas consideráveis muitas vezes de difícil acesso, facilitando e dinamizando todo esse processo. Através desse levantamento foi possível apontar e quantificar a intensidade do avanço da agropecuária, e ainda destacar os fragmentos de vegetação remanescente, numa região que necessita de um cuidado, pois se encontra num divisor de bacias e abriga inúmeras nascentes que escoam direto para o Pantanal Sul-Mato-Grossense.

**Palavras-Chave:** Geotecnologias, Análise Multitemporal, Degradação Ambiental.

## ABSTRACT

This article presents part of a research from a final monograph of the graduation of the Geography department at the Catholic Dom Bosco University - UCDB, which aimed to carry out a survey of the use and occupation of the land, having studied the areas of BB (Field of Environmental Protection) in the Bay of Córrego Ceroula, located in the far northern part of Campo Grande - MS and being limited in the southern part by the urban boundaries of the city. Highlighting the fragmentation of the vegetation and growth of activities such as agriculture, which over time has been intensified in this region, and along with the intensification of human activities, emerged an aggravating situations of the environmental degradation, mainly due to lack of adequate planning for the region to BB and all your surroundings, with this survey was possible to analyze and outline the expansion and reduction of the different types of the soil cover, between 1985 and 2006 representing a period of 21 years, through a multitemporal analysis, using supervised classification of orbital images from the satellite LANDSAT 5 sensor TM, applying Geoprocessing and GIS techniques. You can also attest to the application of geotechnologies as tools in the survey, analysis, control and monitoring of the areas considered as being difficult to get access to, facilitating and stimulating this entire process. Through this survey, it was possible to point to and quantify the intensity of the advancement of agriculture, and still highlight the fragments of remaining vegetation in a region that requires a careful

treatment, because it is situated in between bays and shelters a lot of nascents that flow directly to the Sul-Mato-Grossossense Pantanal.

**Words-Chve:** Geotechnologies, Multitemporal Analysis, Environmental Degradation.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Analisar e identificar a evolução das características físicas e a degradação ambiental da Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Córrego Ceroula em um período de 21.

### **2.1 Objetivos Específicos**

Utilizar técnicas de Sensoriamento Remoto para mapear espaço-temporal e quantificar a cobertura do solo da região da APA da Bacia do Córrego Ceroula.

Comparar o uso e ocupação do solo em um intervalo de 21 anos, localizar e quantificar as perdas de vegetação nativa na região da APA.

Mapear o uso e ocupação do solo da APA da Bacia do Córrego Ceroula.

Levantar elementos físicos da APA da Bacia do Córrego Ceroula.

Identificar e apontar mecanismos que auxiliem num processo de recuperação ambiental e que possam gerar renda as comunidades instaladas nesse espaço.

### 3. AS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE E CONTROLE AMBIENTAL

O geoprocessamento, segundo a maioria dos autores da área, engloba processamento digital de imagens, cartografia digital e os sistemas de informação geográfica.

A ferramenta computacional para o geoprocessamento, chamada de Sistema de Informação Geográficas (SIG), permite realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados geo-referenciados.

“No entanto, o termo geoprocessamento, refere-se ao processamento, coleta e visualização de dados geo-referenciados (Cartografia, GPS, Sensoriamento Remoto e Topografia), com a finalidade de formar a base cartográfica, elemento fundamental do Sistema de Informações Geográficas” (ANTUNES, 1993, apud BATISTA, 2001 p.28).

Pode-se caracterizar a utilização do sensoriamento remoto como uma técnica muito eficiente para o fornecimento de elementos e características próprias, que possibilitem levantar e comparar informações, a partir da análise de imagens de satélite, sobre uma determinada região, ou porção do território, podendo ser utilizado, ainda, como meio para produção de mapas temáticos; análise espacial de fenômenos geográficos, degradação ambiental e banco de dados espaciais.

Luchiari et al (2005) afirmam que a interpretação de imagens de satélite permite efetuar inúmeros mapeamentos: do uso do solo, da vegetação, de parâmetros meteorológicos, de parâmetros litológicos e de tipos de solo. Desta maneira, a técnica de análise de imagens é hoje um recurso preponderante ao levantamento de componentes formadores das paisagens.

Tais técnicas vêm sendo dinamizadas e exploradas cada vez mais com o auxílio de ferramentas inovadoras contidas nas técnicas do geoprocessamento, proporcionando uso ilimitado desses recursos de análise espacial, podendo ser aplicada em diferentes áreas do conhecimento, tais como: geografia, meteorologia, geologia, agricultura, militar, indústria, ecologia, demografia, dentre outras, facilitando nas tomadas de decisões.

Segundo Campos (2004), o sensoriamento remoto e o geoprocessamento constituem-se em técnicas fundamentais para a manutenção de registros do uso e cobertura da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite, em formato digital ou analógico, permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região, num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento.

A análise de características, como cobertura vegetal, topografia, drenagem e tipo de solo, permitem chegar ao uso racional e adequado de um determinado espaço geográfico. Dessa maneira, determinam-se áreas de preservação de mananciais, reservas florestais, áreas agrícolas, distritos industriais e áreas de expansão urbana, para que a ocupação do solo obedeça às características naturais de determinada região e o planejamento considere o desenvolvimento sustentável.

Luchiari et al (2005), destacam que uma das alternativas para análise dos dados de sensoriamento remoto é o processamento digital de imagens. A análise digital compreende uma grande variedade de operações, nas quais os dados são submetidos a diagnósticos e manipulações por meio de algoritmos computacionais.

Os sistemas de processamento digital de imagens possibilitam extrair informações das imagens orbitais, gerando mapas temáticos, por exemplo: de cobertura vegetal, ocupação e uso da terra, as quais posteriormente podem ser utilizadas, de forma a compor uma base de dados de um SIG.

A interpretação das imagens orbitais pretende contribuir para um, melhor entendimento do uso de técnicas de classificação digital em análises e levantamentos de ocupação da terra, e o mapeamento dessas áreas. De acordo com Mattos (2007), esses elementos são analisados nas imagens a partir de suas características espectrais e radiométricas, traduzidas pelo arranjo dos elementos tonais na forma de diferentes texturas.

Assim, objetiva-se utilizar o sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, para analisar o uso do solo, possibilitando a criação de mapas temáticos, com base na classificação de imagens e utilização do geoprocessamento para montagem de um SIG como subsídio para o planejamento territorial, identificando o respectivo uso da terra.

Então, a adoção das geotecnologias, como técnicas de geoprocessamento, tem sido considerada como principal ferramenta na coleta e análises de informações sobre o ambiente. Aliadas a cartografia digital, ao sensoriamento remoto e ao sistema de posicionamento global (GPS) que apesar de ter sido concebido inicialmente para outros fins, rapidamente se verificou o seu potencial como processo de aquisição de dados para

formação, atualização e manutenção de bases cartográficas, mostram-se eficazes nos planejamentos e no estudo da terra, fornecendo informações de forma rápida e simples, (SILVA e SILVA, 2007).

#### 4. ÁREA DE ESTUDO

A região da APA do Córrego Ceroula corresponde à porção da bacia hidrografia dentro do Município de Campo Grande. Encontra-se na região norte do município, sua área esta dentro da bacia do Alto Paraguai. Se estabelecendo no limite da Cuesta de Maracajú e início da Planície Pantaneira.

Limita-se ao norte com o Município de Rochedo, ao Oeste com o Município de Terenos, a Leste com o Município de Jaraguari e ao Sul com o perímetro urbano de Campo Grande conforme a figura 1.

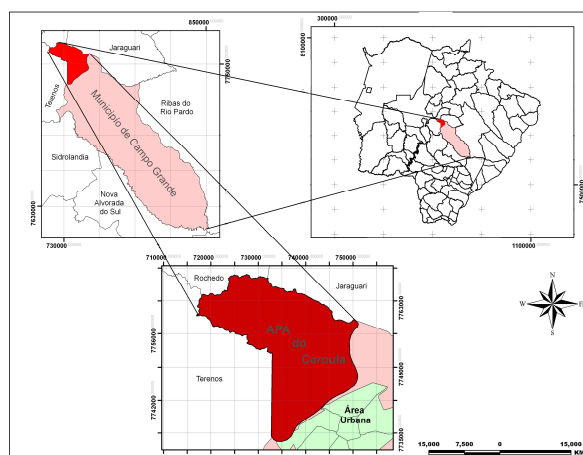


Figura 1 Localização da área de estudo.

#### 4.1. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado uma busca de trabalhos anteriores que tratassem da área de estudo aqui proposta, percebendo certa carência de pesquisas voltada para essa temática se fez necessário uma longa consulta de referencial teórico de diferentes abordagens e adaptação de outros trabalhos publicados com a realidade da APA do Córrego Ceroula e sobre o SAFs.

Efetivou-se a construção de um banco de dados georeferenciado, tendo como base imagens LANDSAT 5 sensor TM. O processo da análise multitemporal

requer informações da mesma área em datas diferentes, assim foram utilizadas duas imagens uma de 16/10/1985, cedida pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Hidráulica e Transportes - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, e uma de 07/08/2006 cedida pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Católica Dom Bosco.

O sensor TM do satélite LANDSAT 5 possui sete bandas, com numeração de 1 a 7, sendo que cada banda representa uma faixa do espectro eletromagnético captada pelo satélite. O satélite LANDSAT apresenta a característica temporal que observa um mesmo ponto a cada 16 dias.

Uma imagem do LANDSAT 5 TM, representa no solo uma área de abrangência de 185 x 185 km. A resolução espacial das imagens nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 é de 30 m (cada "pixel" da imagem representa uma área no terreno de 0,09 ha). Para a banda 6, a resolução é de 120 m (cada "pixel" representa no terreno 1,4 ha).

Após a imagem composta utilizando as bandas 4 5 3, em R G B, foram convertidas do formato .tiff para .img o formato do programa utilizado no processamento das imagens Erdas Imagine 9.1 (2006), seguiu-se a metodologia para aplicação no processo de análise e classificação de imagens proposta por Paranhos Filho (2000).

Para obter um resultado satisfatório foi realizada as classificações, e posteriormente as correções nas áreas onde o classificador confundiu os valores dos pixel, atribuindo-lhes outras feições. Assim submeteu-se a esse passo até chegar ao produto final, sempre definindo amostras na imagem inteira, devido às diferenças de respostas espectrais, assim foi definido feições na imagem que não aparecem no perímetro da APA.

A classificação e o delineamento foram gerados utilizando análise de imagens e Sistema de Informação Geográfica disponíveis no software Erdas Imagine 9.1 (2006), as ações de processamento das imagens foram realizadas no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Hidráulica e Transportes - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. O software utilizado possibilita realizar dois tipos de classificação à supervisionada (*supervised*), que se submete a coleta de amostras para determinar as classes e a não supervisionada (*unsupervised*), onde o programa gera a classificação automaticamente sendo necessário somente especificar o número de classes pretendidas.

Sendo assim submeteu-se a imagem à classificação supervisionada, ao passo da análise e das coletas das amostras, foram definidas quais classes seriam criadas de acordo com a metodologia proposta por Paranhos Filho (2000).

Dessa maneira associou-se 12 classes diferentes a imagem de 1985 sendo elas: “Lat1” e “Lat2” representando o solo exposto das zonas agrícolas e uma terceira classe atribuída a zonas agrícolas, especificada como “Pv” áreas de culturas desenvolvidas; “For1”, “For2”, “Cv” procedem à divisão das fito fisionomias do bioma cerrado, “For1” normalmente corresponde a matas com maior biomassa, mais densas e às matas ciliares; “For2” corresponde a áreas de cerradão e a matas menos densas, com menor biomassa do que a classe “For1”; “Cv” representa áreas de Cerrado; “Ver1”, “Ver2” e “Sujo” definindo os tipos de pastagens existentes na região; “Ver1” são campos e pasto baixo; “Ver2” são campos secos mais altos, podendo ocorrer a presenças de arbustos secos e “Sujo” que são campos sujos, ou seja, pradarias com vegetação arbustiva de pequeno porte esparsa; “Fiu” corresponde aos rios; “Lag” corresponde aos lagos.

E para a imagem de 2006 foram associadas 12 classes diferentes, sendo elas: “Lat1” e “Lat2” representando o solo exposto das zonas agrícolas e uma terceira classe atribuída a zonas agrícolas, especificada como “Pv” áreas de culturas desenvolvidas; “For1”, “For2”, “Cv” procedem à divisão das fito fisionomias do bioma cerrado, “For1” normalmente corresponde a matas com maior biomassa, mais densas e às matas ciliares; “For2” corresponde a áreas de cerradão e a matas menos densas, com menor biomassa do que a classe “For1”; “Cv” representa áreas de Cerrado; “Rif1”, ambos em áreas agrícolas, essas duas classes são muito semelhantes mas optou-se por separá-las no intuito de se obter uma melhor classificação final; “Ver1”, “Ver2” e “Sujo” definindo os tipos de pastagens existentes na região; “Ver1” são campos e pasto baixo; “Ver2” são campos secos mais altos, podendo ocorrer a presenças de arbustos secos e “Sujo” que são campos sujos, ou seja, pradarias com vegetação arbustiva de pequeno porte esparsa; “Fiu” corresponde aos rios; “Lag” corresponde aos lagos.

Para a classificação supervisionada foram coletadas entre 5 a 6 amostras de áreas de treinamento em cada uma das classes definidas nas imagens. Após a coleta e definição das áreas de treinamento, foi selecionado um dos algoritmos de classificação contido no programa, para submeter os resultados. Sendo definido o algoritmo de Máxima verossimilhança - MAXVER (*Maximum Likelihood*), que define as probabilidades máximas entre as classes e agrega as semelhanças definidas pelas amostras nas áreas de treinamento.



Ao término da classificação o programa escolhido apresentou um bom desempenho, definindo com muita precisão as classes, porém em algumas áreas que apresentavam sombras devido o tipo do relevo presente (Escarpas, Morros e Cuestas), a inclinação do satélite e o horário da passagem no local o classificador reconheceu a classe “Lag”, que caracteriza as lagoas, que são águas paradas e com grande quantidade de sedimentos, essas águas absorvem quase toda a energia eletromagnética proveniente do sol, ocasionando a cor escura muito parecido com as sombras que da mesma maneira não refletem energia, devido os valores de pixel serem muito próximos, referente a reflectância dos corpos. Foram corrigidas as confusões espectrais, devido a parâmetros não só do relevo, mas também da inclinação do satélite, provocando essas alterações da classificação no próprio programa.

No *software* ARCVIEW GIS 3.2 (ESRI, 1998) foram agrupadas algumas classes e alteradas suas cores para melhor interpretação e visualização do produto final.

O limite das APA foi gerado com base no perímetro do município de Campo Grande do disponibilizado pelo IBGE (2007), e as curvas de nível de 1:100.000, digitalizadas pelo Laboratório de Geoprocessamento da UCDB, para dividir a bacia dentro do município.

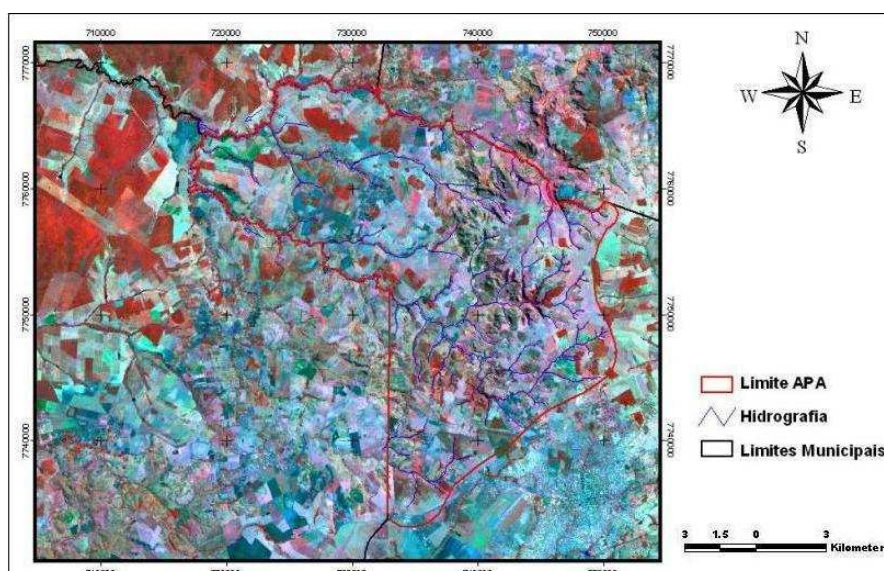
Com base nas imagens e mapas da Prefeitura Municipal de Campo Grande foram realizados levantamentos e vetorização da rede hidrográfica da área da APPs utilizando o *software* ARCVIEW GIS 3.2 (ESRI, 1998) do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Católica Dom Bosco.

Dessa forma após os dados serem gerados procedeu-se o cruzamento, assim possibilitou a comparação e afirmação das idéias e suspeitas levantadas no decorrer da pesquisa.

Os dados foram agrupados, processados, classificados, analisados em plataforma SIG.

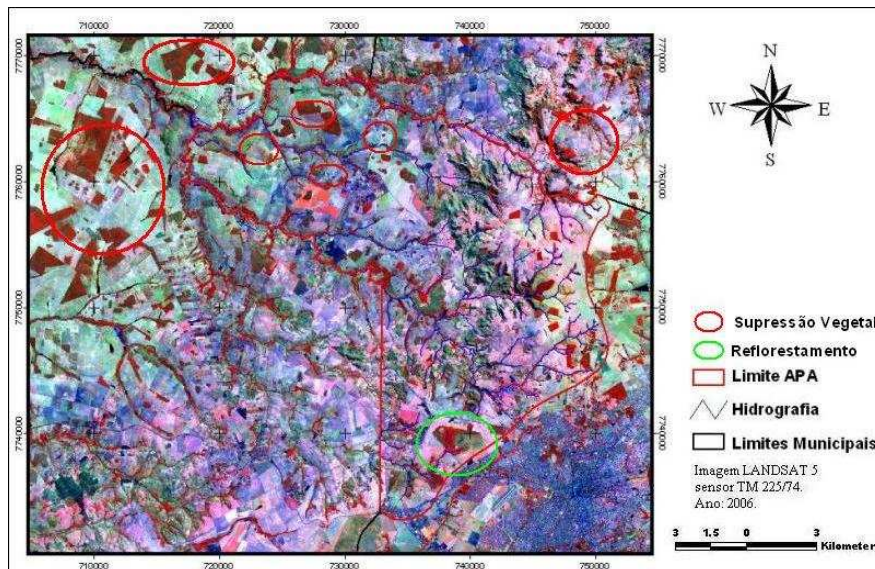
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao passo do processamento das imagens, temos na figura 2, a representação do imageamento da primeira data de análise, mostrando a condição físico-ambiental da APA. Na análise dessa imagem é possível perceber o desenvolvimento das atividades de agropecuárias fixadas nesse espaço, produzindo dessa forma uma grande área desmatada, representada na imagem pelas feições nas tonalidades verde e azul.



**Figura 2: Imagem LANDSAT 5 TM órbita ponto 225/74, imageada no ano 1985.**

Da mesma forma é apresentado à segunda imagem do ano de 2006 na figura 3, possibilitando a comparação entre as duas datas e analisar a evolução da degradação ambiental e das atividades de agropecuária.



**Figura 3: Imagem LANDSAT 5 TM órbita ponto 225/74, imageada no ano 2006. Interpretação visual das duas imagens**

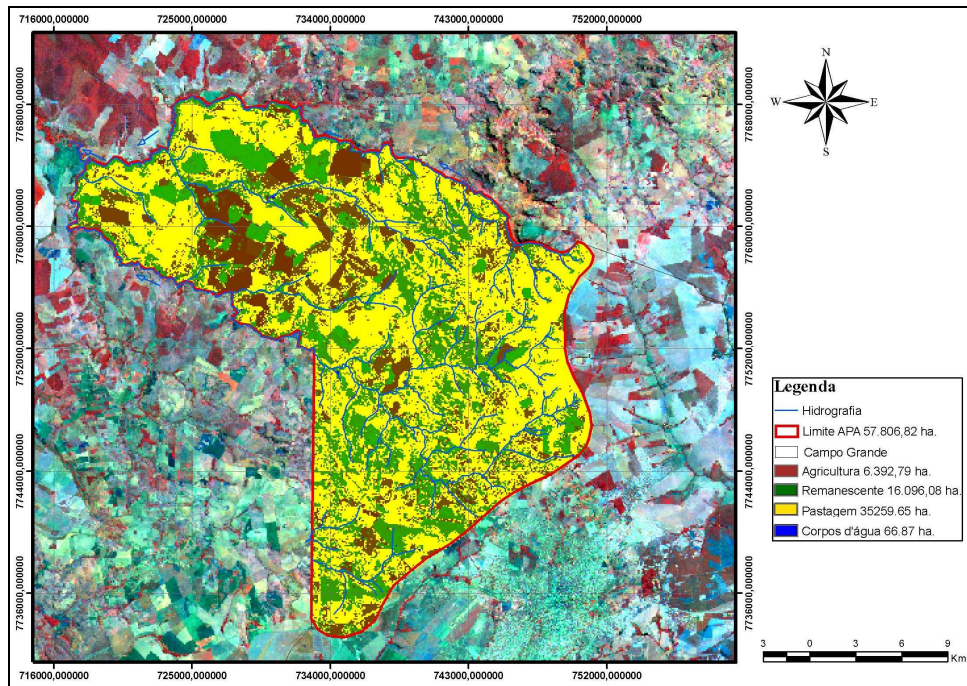
Numa comparação previa entre as duas imagens utilizando apenas a interpretação visual foi possível apontar as áreas de maior degradação e as áreas onde houve uma regeneração da vegetação, como ilustram a ilustração pelos diferentes círculos na ilustração acima.

Constatou-se que houve uma maior supressão vegetal fora da APA, porém representavam reservas importantes, interferindo diretamente sobre a bacia da APA. Apesar da área da APA já se encontrar bastante degradada na primeira análise no ano de 1985, percebe-se ainda um aumento no desmatamento no decorrer dos anos até 2006, assim identificou-se quatro principais pontos de supressão vegetal dentro da APA e três fora da APA representados pelos círculos vermelhos. Porém é válido ressaltar que houve regeneração da vegetação em uma pequena área próxima ao perímetro urbano do município de Campo Grande destacada pelo círculo verde.

Para melhor destacar e quantificar o condicionamento da supressão vegetal e da degradação ambiental dentro da APA foi gerado as classificações nas imagens.

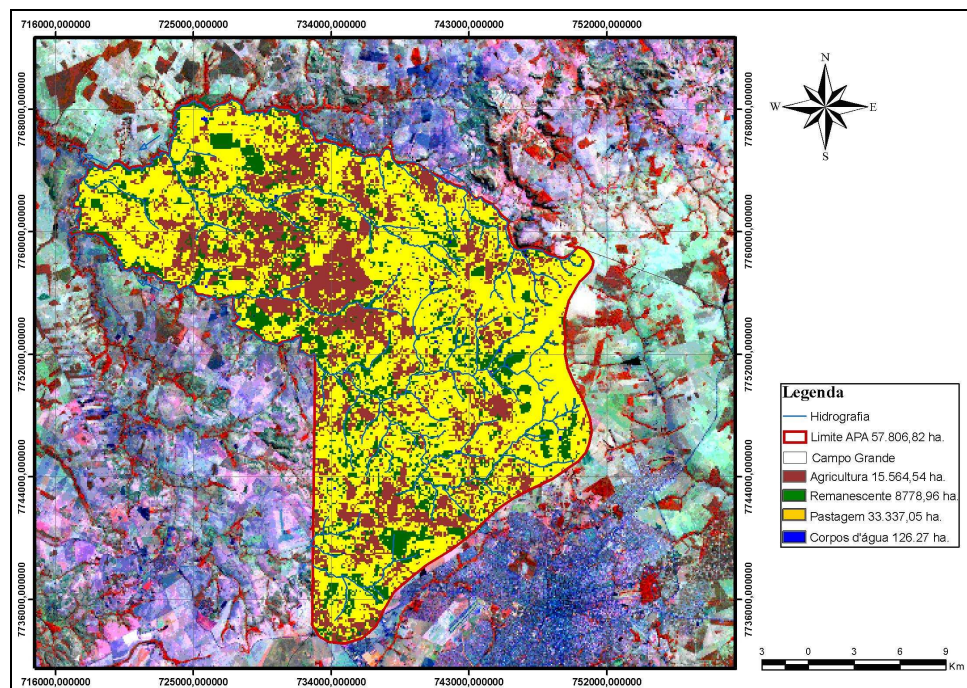
A figura 4 identifica as áreas de pasto que ocupam grande parte da área, de agricultura que aparece ainda pequena nessa época e os remanescentes florestais, fragmentados e espalhados sobre APA.





**Figura 4 : Classificação da imagem de 1985**

Na figura 5, a outra classificação do ano de 2006, vinte e um anos depois, a pastagem ainda se mostra predominante, porém com um aumento de áreas agrícolas e uma grande perda de cobertura vegetal remanescente.

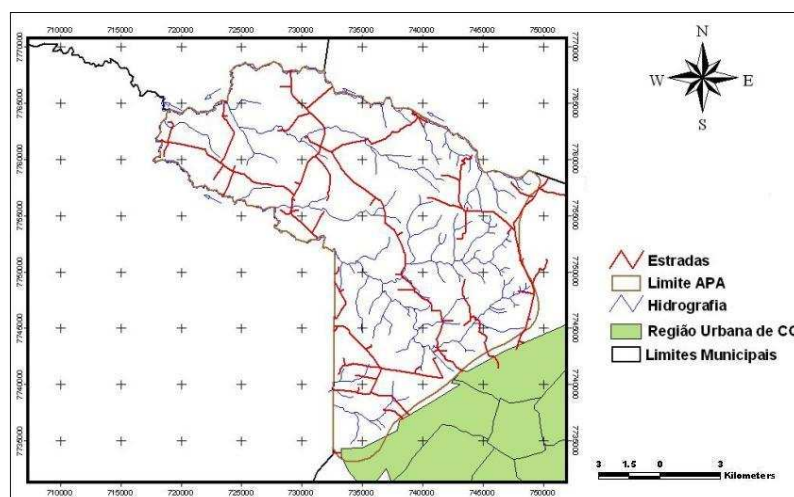


**Figura 5: Classificação da imagem de 2006**

Através das legendas é possível observar o quanto esse espaço vem se modificando e mudando a dinâmica natural, a agricultura teve um ganho aproximadamente de 9 mil ha., embora as pastagens diminuam cerca de 2 mil há a área coberta por vegetação diminuiu pela metade cerca de 8 mil há e o ganho de áreas

ocupadas por corpos d'água se refere pelo aumento de barragens, represas e tanques, muitas vezes construídos para levar água para o gado.

Além da questão da agropecuária que se desvenda como atividade altamente degradante, se desprovida de manejos e controles adequados, a APA possui uma grande infra-estrutura de estradas que percorre toda sua extensão, ligando fazendas e municípios vizinhos, figura 6.



**Figura 6: Disposição das estradas, dos corpos d'água e do perímetro urbano de Campo Grande.**

Além das estradas que desempenha um elemento impactante sobre a paisagem natural, é importante observar que o adensamento urbano cerca toda a porção Sul da APA, apresentando grandes risco a contaminação do lençol-freático e nascentes. Além da área urbana existe um distrito industrial denominado Indubrasil, localizado no extremo Sul da APA.

O processamento e cruzamento destas informações possibilitam uma leitura sistêmica e detalhada de todo o espaço compreendido pela APA, definindo várias vertentes de modificação e produção do espaço e as alterações no ambiente físico.

A caracterização física de grandes áreas é importante para diagnósticos e planejamentos ambientais, porem a análise multitemporal proporciona aos planejadores interpretar e apontar as principais alterações ao longo do tempo na estrutura física do espaço, facilitando o processo de análise e compreensão dos dados coletados a campo.

#### **4. CONCLUSÃO**

Cada vez mais os poucos remanescentes florestais que ainda restam numa imensidão de pastagens e lavouras, ficam pressionados diminuindo cada vez mais, dando espaço a produção e ao lucro.

Todo o cerrado é condicionado a esse processo, porém ele desempenha um importante papel na biodiversidade do Brasil e do mundo, mas corre o risco de desaparecer ou restar apenas pequenas ilhas que não mais desempenharam seu papel na estrutura natural do nosso planeta, pois está fadadas a fragmentação e ao isolamento genético, por falta de contato com outras espécies com possam combinar com suas estruturas.

Apesar da criação de mecanismos de preservação por parte dos governos, muito se deve fazer para minimizar os impactos no ambiente. Pois apenas a imposição da preservação já gera um ato degradante, referente aos aspectos sociais e econômicos.

E observamos no desfecho desse trabalho que a questão ambiental da APA do Córrego Ceroula é preocupante considerando o alto nível de áreas desmatadas, sendo

essencial apontarmos atividades que venha de encontro com os interesses de desenvolvimento local integrando as esferas social, ambiental e econômico.

Dessa forma pode-se indicar o uso e aplicação das geotecnologias como excelente ferramenta no tocante ao planejamento e gestão do território, além de auxiliar na busca de informações e cruzamento das mesmas.

O uso freqüente das geotecnologias vem proporcionado um aprofundamento maior dos estudos e análises do território, difundindo e criando novas técnicas de suporte e auxílio ao planejamento territorial, que exige do planejador um conhecimento prévio do espaço a ser planejado e desenvolvido.

Nota-se que a conciliação das esferas ambientais, sociais e econômicas muitas vezes, não possui uma equidade favorável a um desenvolvimento eficaz e sustentável, sendo prejudicado na maioria das vezes por uma falta de planejamento elaborado para a respectiva necessidade do território.

Considerando que muito deve ser feito referente ao planejamento dos múltiplos territórios, principalmente na ocupação adequado do solo de áreas rurais, o uso das geotecnologias se mostram como ferramentas que garantem grande eficiência, para a leitura e mapeamento de territórios. Sendo possível à geração de banco de dados georreferenciados estruturados em SIG, que facilita a organização e o acesso dos dados.

## REFERÊNCIAS

LUCHIARI, Ailton, et al. **Aplicação de Sensoriamento Remoto na Geografia**. In. VENTURI, Luis Antonio Bittar (Org.) PRATICANDO GEOGRAFIA: técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

BATISTA, Luiz Flavio Rocha. **Estudo da Bacia Hidrográfica do Córrego Biquinha a partir da geração do Modelo Digital de Elevação (MDE)**. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2001.

CAMPOS, Sergio et al. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu – SP**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.2, p.431-435, maio/ago. 2004.

SILVA, Inajara dos Anjos. SILVA, Adalberto dos Anjos. **A Utilização das Geotecnologias no Zoneamento Ambiental do Município de Nova Palma/Rs**. In. III Simpósio Internacional de Geografia Agrária. 10 a 14 de outubro de 2007. Londrina Paraná Brasil. ISSN 19804563.

PARANHOS FILHO, A. C. **Análise Geo-Ambiental Multitemporal : O Estudo de Caso da Região de Coxim e da Bacia do Taquarizinho (MS- Brasil)**. Tese de

Doutorado em Geologia Ambiental. Universidade Federal do Paraná, UFPR, Brasil.  
Ano de Obtenção: 2000.

LEICA GEOSYSTEMS. Imagine Erdas 9.1. **GIS 7 Mapping Division**. Atlanta, Geórgia. 2006.

ESRI Inc. ARC VIEW version 3.2. **Environmental Systems Research Institute Inc.** New York. 1998. 1 CD ROM.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Brasil, 2007.

PORRÉCA, Lúcia Maria. **Monitoramento Ambiental**. IBAMA, 2000. [online]. Disponível em: <[www.ibama.gov.br/siucweb/guiadechefe/guia/t-1corpo.htm](http://www.ibama.gov.br/siucweb/guiadechefe/guia/t-1corpo.htm)> Último acesso em 08/11/2007.



**ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE ENCHENTES NA ÁREA DE  
ABRANGÊNCIA DO RIO JACUÍ /RS COM A UTILIZAÇÃO DE IMAGENS  
MODIS E DADOS SRTM**

Carline Biasoli Trentin, María Silvia Pardi Lacruz, Manoel de Araújo Sousa Jr., Vanessa  
Oliveira da Silva

Núcleo de Aplicação e Pesquisa de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos Extremos  
Geodesastres-Sul

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS) /

[\[carline.trentin, silvia.pardi.lacruz, manoel.sousa, vanessa.silva\]@crs.inpe.br](mailto:carline.trentin,silvia.pardi.lacruz,manoel.sousa,vanessa.silva@crs.inpe.br)

**Resumo**

O objetivo do trabalho é avaliar a ocorrência de enchentes na área de abrangência do Rio Jacuí no Estado do Rio Grande do Sul para o ano de 2007 e sua relação com a altimetria e declividade do terreno, utilizando imagens *MODIS* (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) e dados *SRTM* (*Shuttle Radar Topography Mission*). Nesse sentido, foi gerado o modelo digital de elevação com base na metodologia desenvolvida por Crepani e Medeiros (2004) e os mapas de declividade e hipsometria, utilizando a grade *SRTM*. Logo, foram coletados dados de precipitação mensal, disponibilizados pela Defesa Civil e em seguida realizada a classificação das imagens *MODIS* correspondentes aos meses de abril e setembro de 2007, sendo definida apenas a classe temática correspondente aos corpos de água. Posteriormente foi realizado o cruzamento dos planos de informação. A elaboração deste estudo permitiu determinar as áreas inundadas do Rio Jacuí. A partir da análise do mapa de declividade, observa-se a predominância da classe entre 0 e 5% principalmente ao longo dos cursos d'água, sendo que esta classe apresenta risco de inundação. As altitudes que correspondem à área em estudo variam de 0 a 1400 metros, sendo a classe hipsométrica de maior representatividade a de 0 a 200 metros, a qual se encontra principalmente no vale do Rio Jacuí. A partir do MDE foi possível identificar as áreas suscetíveis à ocorrência de inundação. O cruzamento dos planos de informação gerados observou-se a predominância dos terrenos alagáveis nas classes de declividade inferiores, demonstrando a suscetibilidade para problemas de inundação nestes locais. Assim, podem-se observar as vantagens destas ferramentas para estudos que se referem principalmente à área de planejamento e gerenciamento de áreas afetadas por desastres naturais.

**Palavras – chave:** Desastres naturais, enchentes, sensoriamento remoto

**Resumen**

El objetivo del trabajo es evaluar la ocurrencia de inundaciones en el área adyacente del Río Jacuí en el estado de Río Grande do Sul para el año de 2007 y su relación con la altimetría y la declividad del terreno, siendo usadas las imágenes *MODIS* (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) y los datos *SRTM* (*Shuttle Radar Topography Mission*). Para ello, el modelo digital de elevación fue concebido teniendo en cuenta la metodología desarrollada por Crepani y Medeiros (2004) y los mapas de la declividad y de hipsometría, utilizando imágenes *SRTM*. Luego, han sido recogidos datos de la precipitación mensual, suministrados por la Defensa Civil y realizado la clasificación de las imágenes *MODIS* correspondiente a los meses de abril y septiembre de 2007, siendo definida solamente la clase temática correspondiente a los cuerpos de agua. Posteriormente fue realizada la intersección de los planes de información. La elaboración de este estudio permitió determinar las áreas inundadas del Río Jacuí. A partir del análisis del mapa de la declividad, se observa principalmente el predominio de la clase entre 0 y el 5% a través de los cursos de agua, siendo que, esta clase presenta riesgo de inundación. Las altitudes que corresponden al área en estudio varían de 0 a 1400 metros, siendo la clase

hipsométrica de mayor representatividad la de 0 a 200 metros, la cual se encuentra principalmente en el valle del Río Jacuí. A partir del MDE fue posible identificar las áreas susceptibles a la ocurrencia de inundaciones. Con el cruzamiento de los planes de información generados se observó el predominio de las tierras con riesgos de inundación las de declividad menor y con ello, demostrando la susceptibilidad para los problemas de inundación en estos lugares. De esta manera, se puede observar las ventajas de estas herramientas para el estudio que se refiere principalmente a superficies de planeamiento y gestión de áreas afectadas por desastres naturales.

**Palabras - llave:** Desastres naturales, inundaciones, sensoriamiento remoto

## **Introdução**

O espaço geográfico é transformado por meio da atuação humana, sendo alvo constante de modificações e reestruturações, precisando ser organizado para que atenda as necessidades constantes da sociedade. A presença humana no ambiente faz com que a ocorrência de desastres naturais seja significativa, existindo uma crescente necessidade de se apresentar soluções e estratégias que minimizem e revertam os efeitos da degradação ambiental.

Com o aumento da população e da industrialização, ocorre uma maior concentração de pessoas nas cidades e com isso a ocupação em terrenos ribeirinhos, o que ocasiona problemas relacionados a enchentes, provocando danos ao meio ambiente e a população que vive nestes locais.

Todos os rios possuem sua área natural de inundação, porém a presença do homem dentro destes limites naturais causa um aumento da susceptibilidade a enchentes. Estes são processos naturais no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos, porém aumentam sua frequência e magnitude devido a ocupação do solo e uma possível modificação na impermeabilidade da superfície.

### **1. Objetivo**

O objetivo deste trabalho é utilizar imagens *MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)* e dados *SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)* para avaliar a ocorrência de enchentes na área de abrangência do Rio Jacuí no Estado do Rio Grande do Sul para o ano de 2007 e sua relação com a altimetria e declividade do terreno.

### **2. Revisão bibliográfica**

De modo geral, a relação entre o homem e a natureza determina a ocorrência de desastres naturais. Segundo CASTRO (1998), desastre é definido como “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais”.

A interferência humana altera as condições de sustentabilidade do meio, potencializando a ocorrência de desastres naturais, destacando-se neste trabalho as enchentes. Estas são resultantes principalmente da ocupação inadequada do leito maior dos rios e da urbanização das cidades (TUCCI, HESPANHOL, CORDEIRO NETTO, 2003). As enchentes são determinadas em função da elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal, sendo muitas vezes utilizado como sinônimo de inundação (CASTRO, 1998).

A fim de contribuir para o estudo de sistemas ambientais, o geoprocessamento atua como um conjunto de tecnologias direcionadas para a coleta e o tratamento das informações espaciais, disponibilizando instrumentos, recursos e dados para que se possa determinar a evolução temporal e espacial de um determinado fenômeno geográfico e suas interrelações (ROCHA, 2000). Para tanto, utiliza-se de ferramentas computacionais, denominadas sistemas de informações geográficas (SIG) as quais permitem realizar análises complexas, integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados, tornando possível a produção de documentos cartográficos (CÂMARA & MEDEIROS, 1998).

A partir de imagens de satélite, o geoprocessamento constitui-se, em um importante instrumento no planejamento de ações ambientais, sendo uma das ferramentas mais utilizadas para o monitoramento, fornecendo informações do ambiente, através de registro e da análise dos dados referentes a superfície terrestre (CÂMARA & MEDEIROS, 1998; ROCHA, 2000).

O sensoriamento remoto representa uma ferramenta importante para a obtenção de dados básicos e espaciais, para realização de tarefas de proteção do ambiente natural, bem como para decisões de planejamento, fornecendo estruturas básicas para a observação do meio (BLASCHKE & KUX, 2005), sendo definido como a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos da superfície, sem que haja contato direto entre eles, por meio de sensores capazes de coletar dados dos objetos, a fim de extrair as informações desejadas (NOVO, 1998). Dentre os dados de sensoriamento remoto, destacam-se as imagens do sensor *MODIS* e as imagens *SRTM*.

O sensor *MODIS* é um dos cinco sensores a bordo dos satélites *TERRA* e *AQUA* do programa *EOS* (*Earth Observing System* – Sistema de Observação da Terra) da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Este sensor trabalha com 36 bandas espectrais cobrindo o espectro eletromagnético da região do visível ao infravermelho termal e fornecendo imagens com resolução espacial para as bandas 1 e 2 de 250 metros; 500 metros para as bandas de 3 a 7 e 1Km para as outras bandas (SOUSA JR. & PARDI LACRUZ, 2006).

O sensor *MODIS* possui resolução espacial moderada e alta resolução temporal (COSTA & SOUZA JR., 2005). As imagens *MODIS* podem ser adquiridas gratuitamente em formato *HDF* (*Hierarchy Data Format*) já georreferenciadas e corrigidas para efeitos atmosféricos.

Os dados *SRTM* têm por objetivo gerar um modelo digital de elevação da Terra usando a interferometria, a qual compara duas imagens de radar tomadas de pontos diferentes para obter elevação ou informação de mudanças na superfície. (ESTEIO, 2007). Na missão *SRTM* foram usadas duas antenas receptoras *SAR*, bandas C e X (*C/X-Band Synthetic Aperture Radar*), com as quais foram possível gerar modelos tridimensionais com amplitude de 90 metros (SILVA & SANTOS, 2007). As imagens *SRTM* podem ser adquiridas gratuitamente, através da *NASA/USGS* (*United States Geological Survey*).

### **3. Material e método**

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados documentos cartográficos disponibilizados pelo IBGE na escala 1:500.000. Com a finalidade de obter os mapas temáticos, foi criado um banco de dados georreferenciados no *software* Spring versão 4.3.3, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Primeiramente, foram coletados dados de precipitação mensal da área, disponibilizados pela Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul, observando os meses em que ocorreram precipitações mais intensas. Posteriormente, foram realizados o georreferenciamento e mosaico das imagens *MODIS* no aplicativo *Modis Reprojection Tools* (*MRT*)., O próximo passo foi fazer a classificação digital das imagens correspondentes aos meses de abril e setembro de 2007 (Figura 1), meses de menor e maior volume de precipitação, onde foi definida apenas a classe temática correspondente aos corpos de água, esse processamento foi feito no software SPRING.

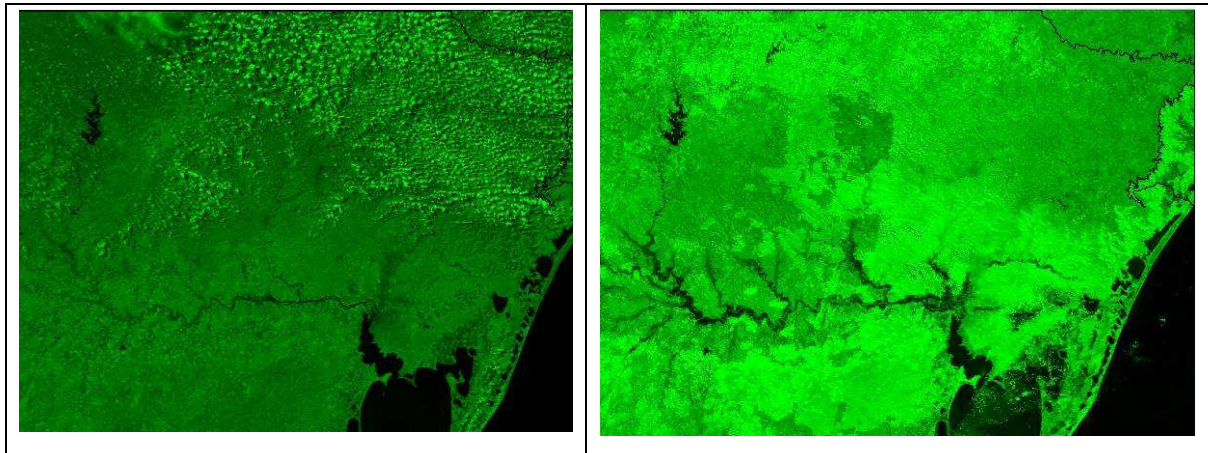


Figura 1: Imagens EVI MODIS de 10 abril e 22 setembro (2007)

Em seguida fez-se o processamento das imagens *SRTM*, que passou de uma resolução original de 90 metros para uma resolução de 15 metros, e sob essa nova imagem foi obtido o modelo digital de elevação do terreno. A partir deste modelo de elevação foram gerados os mapas de hipsometria e declividade.

O modelo digital de elevação foi gerado seguindo a metodologia desenvolvida por CREPANI & MEDEIROS (2004), onde foram criadas imagens sombreadas, atribuindo-se a cada uma diferentes valores de ângulo azimutal, ângulo de elevação e exagero de relevo. A imagem sombreada com azimute de  $135^\circ$  foi associada a cor verde (G), com elevação de  $45^\circ$  e exagero de relevo igual a 10 e a cor vermelha (R) foi associada à imagem sombreada com azimute de  $225^\circ$ , elevação de  $45^\circ$  e exagero de relevo igual a 10. Nessa combinação as encostas voltadas para leste apresentam-se coloridas em matizes de verde e as encostas voltadas para oeste, em matizes de vermelho enquanto as áreas planas apresentam-se em amarelo.

Para a elaboração do mapa hipsométrico dividiu-se a área em sete classes, com equidistância entre as curvas de nível de 200 metros em função dos valores altimétricos observados na grade regular, sendo elas de: 0 – 200m, 200 – 400m, 400 – 600m, 600 – 800m, 800 – 1000m, 1000 – 1200 e 1200 – 1400, onde foram atribuídas cores a cada classe altimétrica.

Para a elaboração do mapa de declividade foram delimitadas seis classes temáticas, considerando a legislação que rege as formas de uso e ocupação do solo. Assim foi determinada a classe de declividade correspondente até 5%, que compreende as áreas favoráveis ao uso e ocupação, porém podem apresentar risco de inundação. A classe de declividade entre 5 e 12%, compreende as áreas que já apresentam alguma restrição de uso e ocupação e delimitam o emprego da agricultura mecanizada.

A classe correspondente entre 12 e 30% engloba as áreas que devem ser evitadas para ocupação, sendo passíveis de ocorrência de riscos geoambientais. A classe compreendida entre 30 e 47% representa as áreas inadequadas à construção civil, utilização agrícola e limite para corte florestal, apresentando riscos de escorregamentos por interferência antrópica. A classe com declividade superior a 47% abrange as áreas inadequadas a utilização, definidas como áreas de preservação florestal.

Posteriormente foi realizado o cruzamento dos planos de informação com o intuito de analisar a relação da altimetria e a declividade do terreno com os problemas relacionados a enchentes.

#### 4. Resultados

A elaboração deste estudo permitiu determinar as áreas com ocorrência de enchentes no Rio Jacuí no estado do Rio Grande do Sul, para o ano de 2007. A partir da coleta de dados referente à precipitação mensal na área (Figura 2), observou-se no mês de setembro de 2007 um aumento no índice pluviométrico acentuado (1.699,5mm), sendo que o menor índice ocorreu no mês de abril (596,5mm).

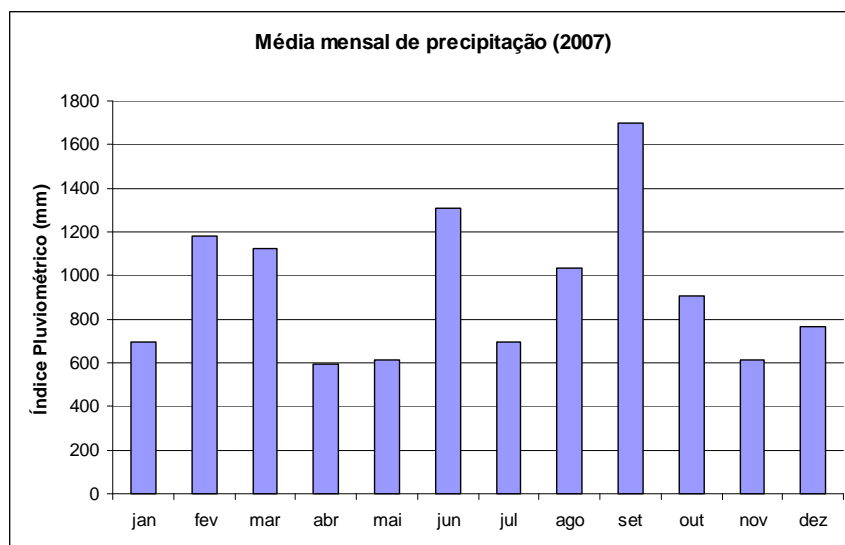


Figura 2: Médias mensais de precipitação para o ano de 2007

Com o processamento das imagens *SRTM* foi elaborado o modelo digital do terreno (Figura 3), o qual é considerado importante para a análise geográfica, sendo uma representação matemática da distribuição espacial das variações de altitude em uma área. O modelo de elevação do terreno do *SRTM* serve de base para o trabalho desenvolvido e permite uma melhor visualização das formas de relevo da área. A partir do MDE foi possível identificar as áreas suscetíveis à ocorrência de enchentes.



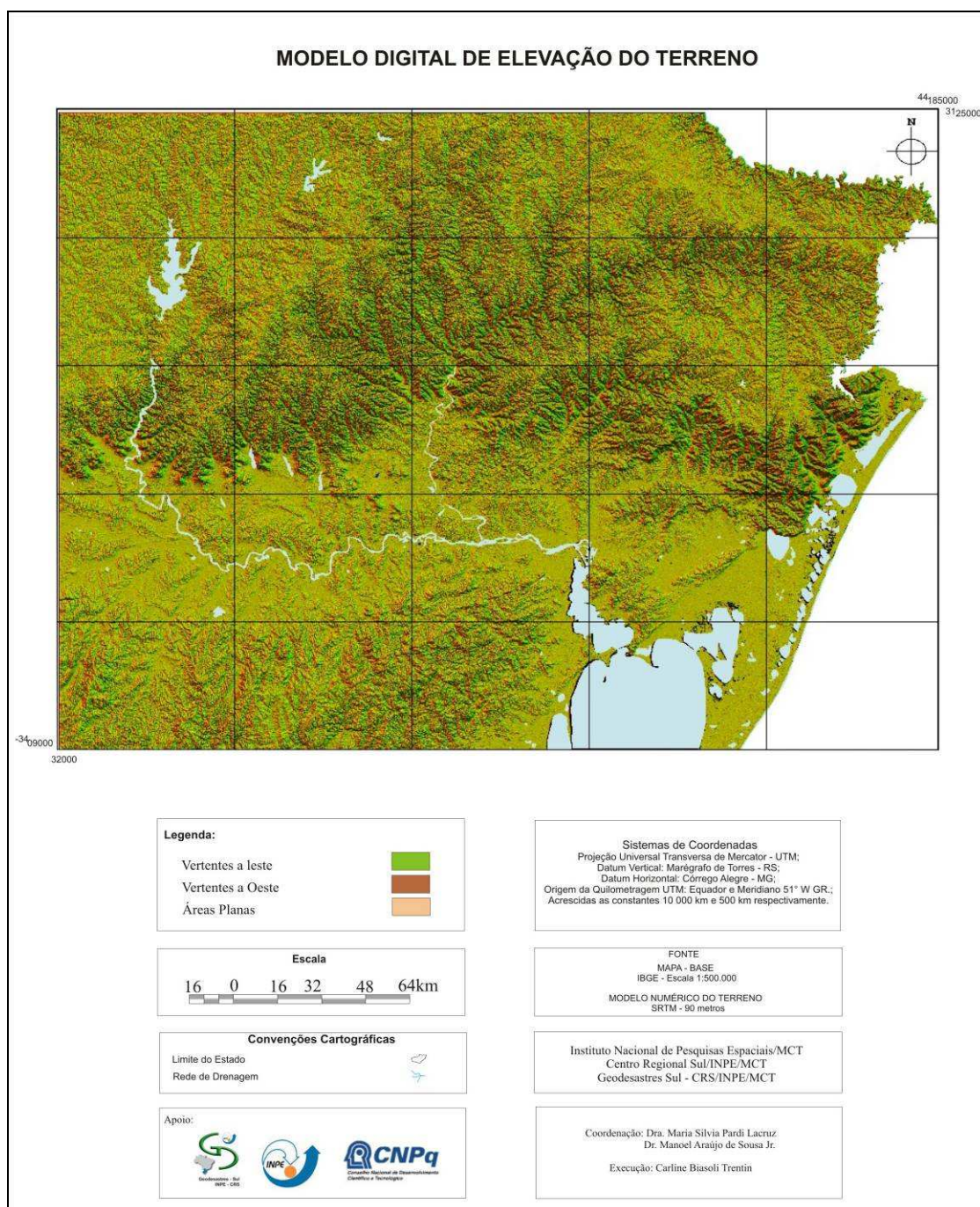


Figura 3: Modelo digital de elevação gerado a partir de imagens SRTM

A partir da análise do mapa de declividade (Figura 4), observa-se a ocorrência da classe entre 0 e 5% (33,85%) principalmente ao longo dos cursos d'água, sendo que esta classe compreende as áreas favoráveis ao uso e ocupação e com risco de inundação.

Observa-se porém, no restante da área a predominância das classes de declividade superiores (Figura 5), entre 5 e 12% (32,9%), principalmente nas porções norte à montante do Reservatório Passo Real e na porção sul do Rio Jacuí. 12 e 30%

(23,47%) e 30 e 47% (9,55%), devido à localização no rebordo do planalto e em áreas de serra, sendo que a classe entre 47 e 100%, não teve representação na área.

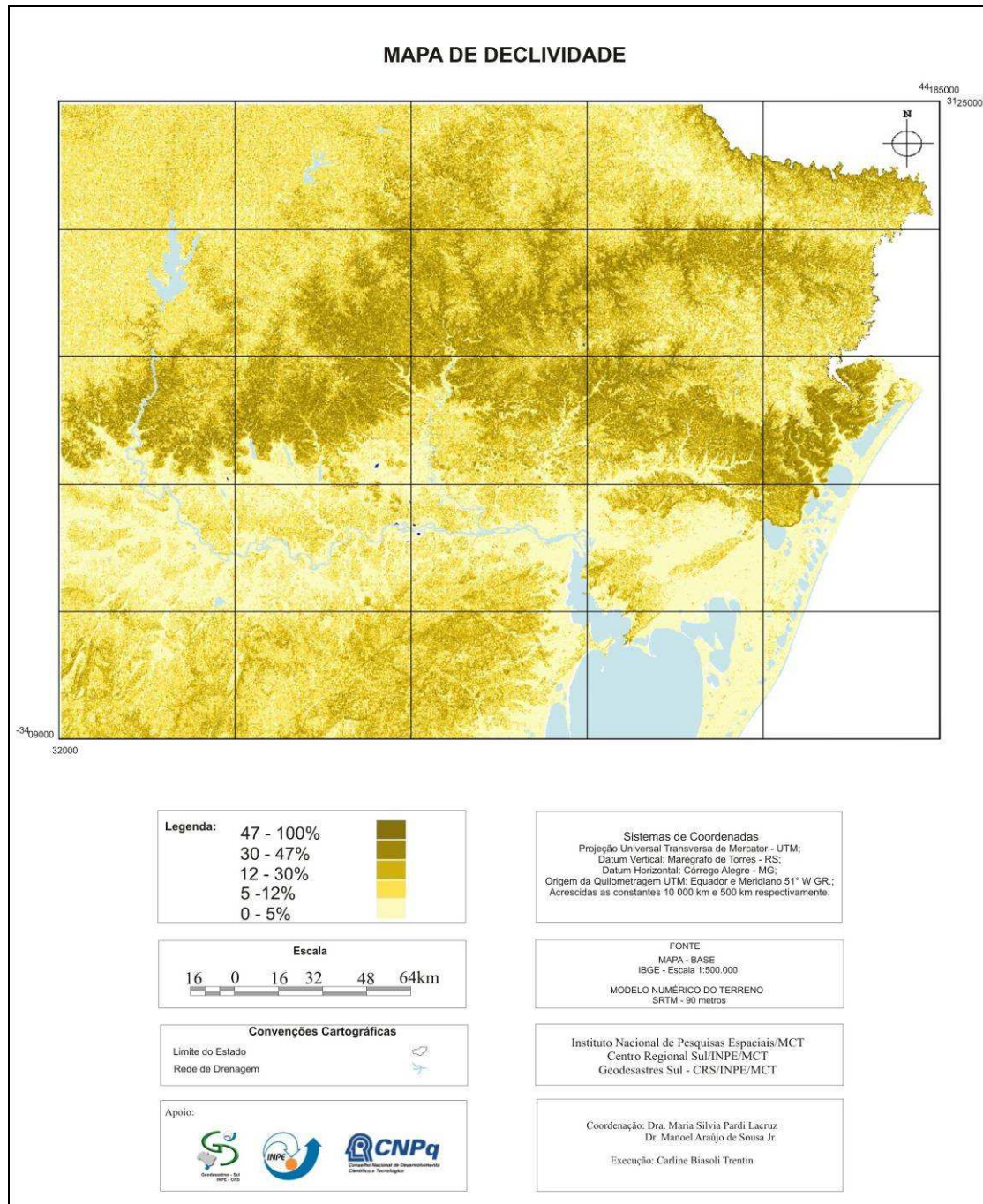


Figura 4: Mapa de declividade gerado a partir de imagens SRTM



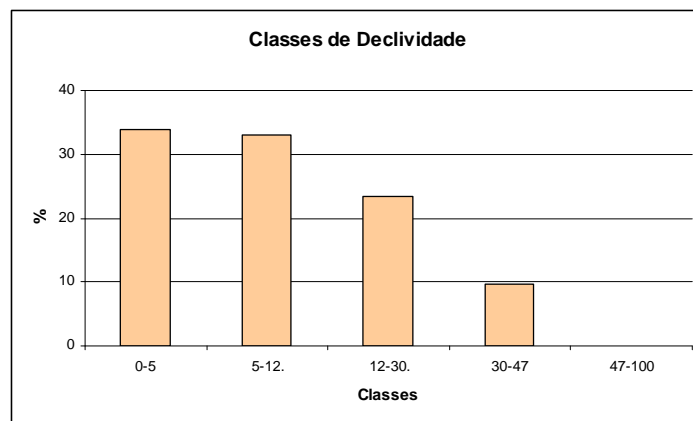


Figura 5: Quantificação das classes de declividade

O estudo da altitude é relevante na análise das formas do relevo, já o mapa hipsométrico tem fundamental importância na análise da energia do relevo, indicando condições mais propícias à dissecação para as áreas de maior altitude e de acumulação para as áreas de menor altitude.

As altitudes que correspondem a área em estudo variam de 0 a 1400 metros (Figura 6), apresentando duas regiões principais: a parte norte do Rio Jacuí onde as classes hipsométricas variam entre 600 e 1400 metros e a parte sul com classes entre 0 e 600 metros.

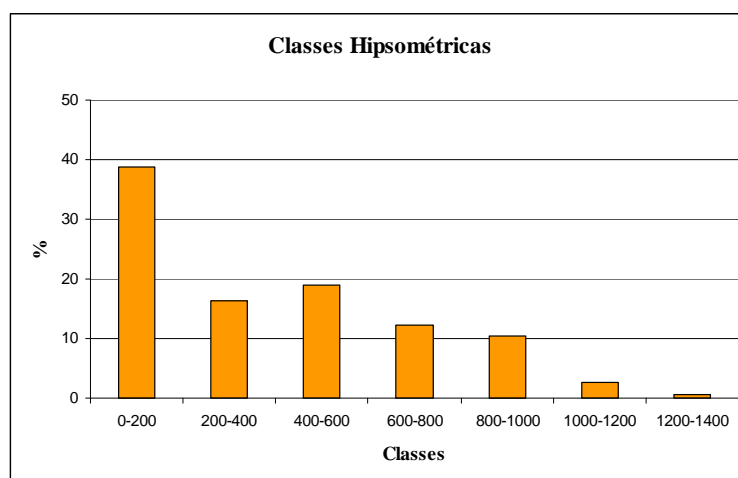


Figura 6: Quantificação das classes hipsométricas

A classe hipsométrica de maior representatividade é a de 0 a 200 metros, a qual abrange 38,85% área total e se encontra principalmente no vale do Rio Jacuí (Figura 7).

As altitudes entre 200 - 400 e 400 - 600 metros, representam respectivamente 16,41% e 19,06% da área. As altitudes entre 600 - 800 correspondem a 12,15% da área enquanto as altitudes de 800 - 1000 representam 10,34%. Para finalizar, os ranges entre 1000 - 1200 e 1200 a 1400 metros, encontram-se em pontos isolados correspondendo a áreas de serra e no rebordo, representando cerca de 2,63% e 0,52% da área.

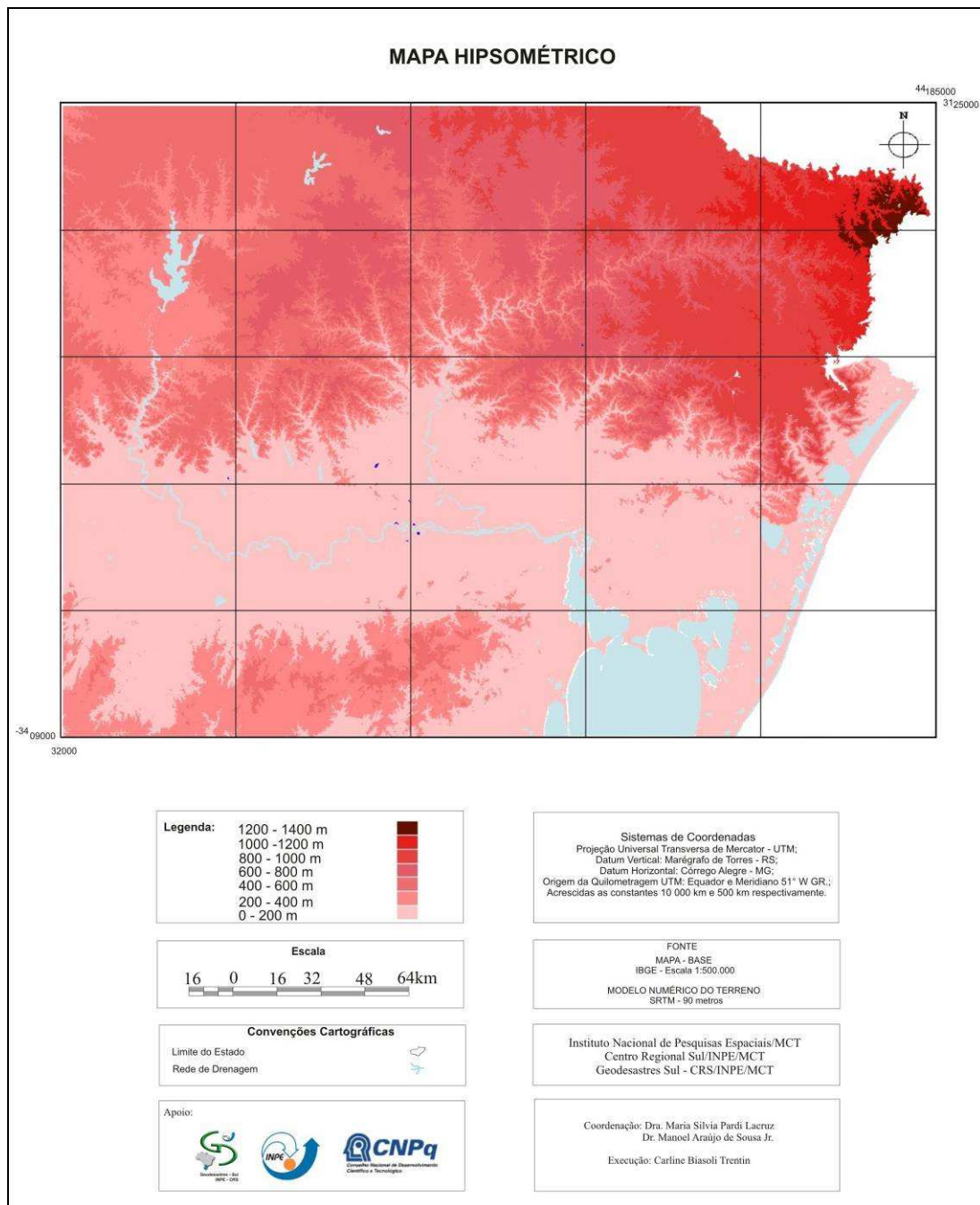


Figura 7: Mapa Hipsométrico gerado a partir de imagens SRTM

Após o cruzamento dos planos de informação observou-se a predominância dos terrenos alagáveis nas classes de declividade inferiores (Figura 8), ou seja, em áreas mais planas. Estas áreas são favoráveis ao uso e ocupação, porém podem apresentar risco de inundação, demonstrando a suscetibilidade para problemas de enchentes nestes locais.

Além das condições de relevo, a interferência antrópica é uma das principais causas para a ocorrência de enchentes, principalmente em virtude da ocupação das planícies de inundação com conseqüente impermeabilização do solo, desmatamento das

encostas causando assoreamento dos rios, essas condições vem sendo agravadas com o aumento das precipitações intensas.

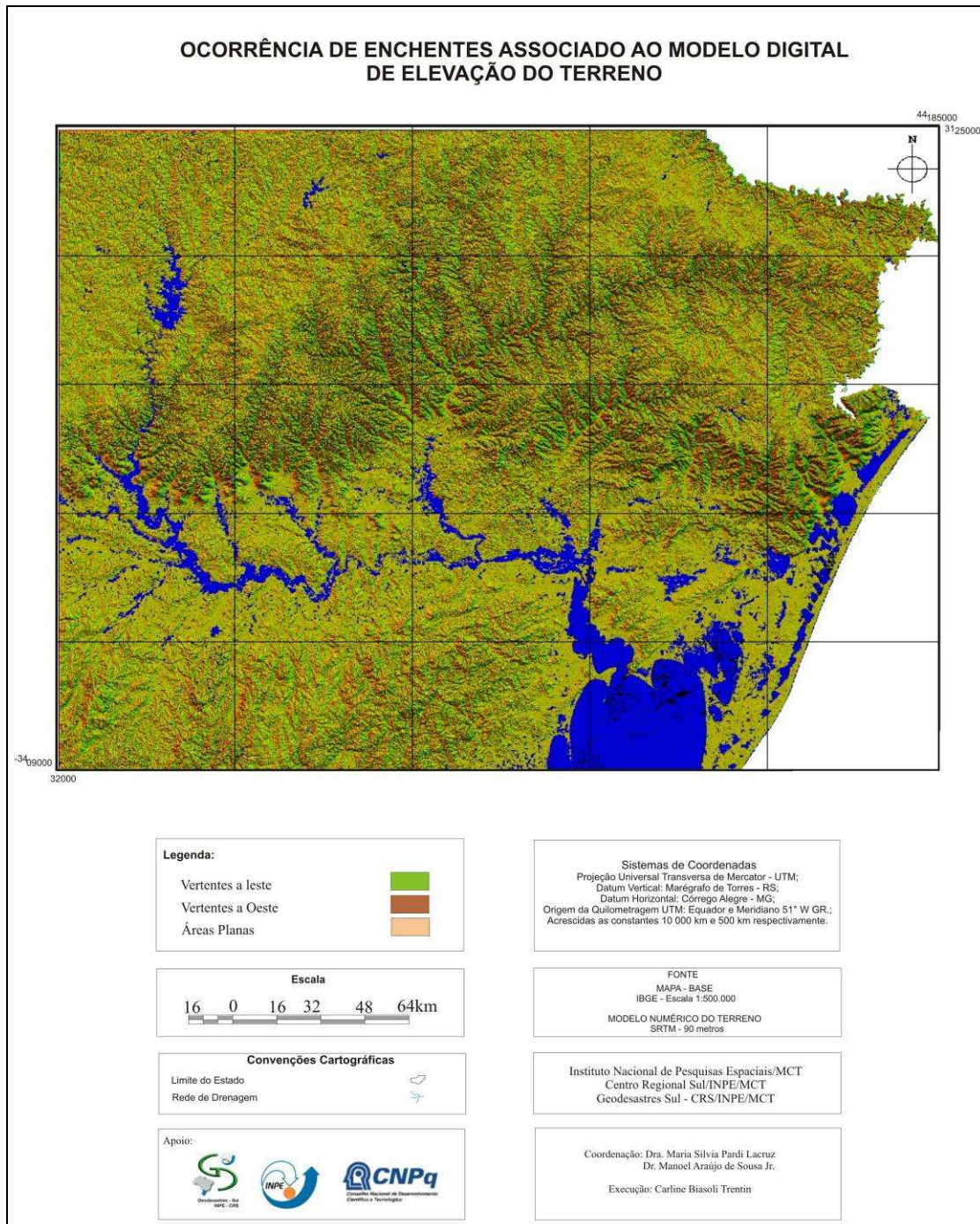


Figura 8: Mapa de áreas alagáveis sobre o modelo digital do terreno

Em locais com declividade e altimetria superiores a 12% e 600metros, respectivamente, a presença de terrenos alagáveis é menor, considerando que estas áreas apresentam geralmente rios intermitentes os quais possuem maior vazão, facilitando o escoamento das águas. Além de apresentarem vales mais encaixados dificultando o acumulo de água, ao contrario do que acontece nas planícies de inundação.

## 5. Considerações Finais

Para garantir sua sobrevivência, o homem necessita fazer uso dos recursos naturais, mas a utilização inadequada desses recursos provoca impactos ao meio ambiente. Neste trabalho foi constatado que existe uma influência do relevo nas áreas suscetíveis a enchentes, e que através dos mapas de declividade, hipsometria e do modelo digital do terreno, é possível identificar os locais mais favoráveis a ocorrência de enchentes e é possível estimar o número de pessoas que podem ser afetadas.

Não apenas o relevo influencia na ocorrência de desastres naturais, mas principalmente a interferência humana no ambiente, a qual altera de forma significativa as condições físicas do meio resultando em impactos que afetam diretamente a qualidade de vida da população que ocupa esses espaços.

É importante destacar neste estudo, que o uso de técnicas de geoprocessamento permitiu a integração de diferentes tipos de informações tais como imagens do sensor *MODIS*, dados do *SRTM* e dados de precipitação para obter resultados mais significativos quanto as consequência do uso e ocupação. Assim, fica claro as vantagens do uso destas ferramentas para estudos ambientais, principalmente no que se refere à área de planejamento e gerenciamento de áreas afetadas por desastres naturais.

## 6. Referências Bibliográficas:

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. **Imagens fotográficas derivadas de MNT do projeto SRTM para fotointerpretação na geologia, geomorfologia e pedologia.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: São José dos Campos, 2004.

DEFESA CIVIL DO RIO GRANDE DO SUL. **Consulta dos Índices Pluviométricos.** 2007. Disponível em: <http://www.defesacivil.rs.gov.br/>. Acesso em: 15 dez. 2007.

BLASCHKE T. & KUX H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados: novos sistemas sensores métodos inovadores.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas aplicações na agricultura.** 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998.

CASTRO, A. L. C. Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/Departamento de Defesa Civil. 1998. 273 p. Disponível em: <<http://www.defesacivil.se.gov.br/modules/tinyd0/index.php?id=15>>. Acesso em: 9 nov. 2007.

COSTA, A. S.; SOUZA JR., C. M. **Comparação entre Imagens Landsat Etm+ e Modis/Terra para Detecção de Incrementos de Desmatamento na Região do Baixo Acre.** RBC - Revista Brasileira de Cartografia n<sup>o</sup> 57/2, agosto 2005.

ESTEIO, 2007. **Projeto SRTM** - Estágio Atual. Disponível em: <<http://www.esteio.com.br/newsletters/paginas/006/coordenadas.htm>>. Acesso em: 9 nov. 2007.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto princípios e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1998.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar.** Minas Gerais: Edição do autor, 2000.

SILVA, J. E. B.; SANTOS, P.R.A. 2007. A utilização dos modelos SRTM na interpretação geomorfológica: técnicas e tecnologias aplicadas ao mapeamento geomorfológico do território brasileiro. *In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.* Florianópolis, 2007. **Anais...** INPE, p. 4261-4266.

SOUSA JÚNIOR, M. A.; PARDI LACRUZ, M. S. 2006. Monitoramento de desastres naturais utilizando imagens *MODIS* - estudo de caso: Pantanal. *In: 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal.* Campo Grande, Brasil, 2006. **Anais...** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006, p.739-748.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “Visão Mundial da Água”.** Bahia Análise & Dados. Salvador, v. 13, n. especial, p. 357-370, 2003. Disponível em: <[http://www.sei.ba.gov.br/publicacoes/publicacoes\\_sei/bahia\\_analise/analise\\_dados/pdf/recursos\\_hidricos/pag\\_357.pdf](http://www.sei.ba.gov.br/publicacoes/publicacoes_sei/bahia_analise/analise_dados/pdf/recursos_hidricos/pag_357.pdf)>. Acesso em 07 mar. 2008.

# ESTUDO COMPARATIVO DE CRATERAS DE IMPACTO (ASTROBLEMAS) NA TERRA E MARTE ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Diego Dal Pozzolo dos Santos<sup>1</sup>, Bernardo Sayão Penna e Souza<sup>2</sup>  
Curso de Geografia- CCNE/UFSM.

(1) Bacharel em Geografia -CCNE/UFSM. E-mail:psdiego@terra.com.br

(2) Professor Orientador -CCNE/UFSM. E-mail:bernardosps@yahoo.com.br

## RESUMO

Marte compartilha com a Terra e com o resto dos corpos sólidos do Sistema Solar a presença de crateras de impacto ou astroblemas (feridas dos astros). O presente estudo tem o objetivo de realizar uma comparação de crateras de impacto ou astroblemas, na Terra e em Marte usando um modelo baseado na relação entre profundidade e diâmetro, aplicado a duas estruturas de impacto em cada planeta com características morfológicas similares. Como principal fonte de dados para o estudo das crateras de impacto marcianas foram utilizadas imagens da Missão Viking de 1976 e modelos digitais de elevação (DEM) gerados pelo altímetro a laser MOLA a bordo da Sonda Mars Global Surveyor. As crateras de impacto foram selecionadas próximas a Crise Planitia, local de pouso da missão Mars Pathfinder em 1997. Para a contraparte terrestre foram utilizados os dados topográficos SRTM e imagens Landsat 7 ETM, referentes a dois astroblemas terrestres confirmados, o Domo de Vargeão, em Santa Catarina e Serra da Cangalha, em Tocantins, ambas localizadas no território brasileiro, relativamente bem definidas e significativas no que se refere a geomorfologia dos astroblemas terrestres. A razão  $d/D$  das crateras de impacto marcianas é similar a média global dos astroblemas marcianos complexos projetada pelo modelo. Entretanto na Terra, apenas o Domo de Vargeão, instalada sobre arenitos médio-grosseiros e basaltos da Bacia do Paraná, no sul do Brasil, que apresenta similaridades com a Planície de Chryse, nas terras baixas do Hemisfério norte de Marte, após ajustes a força do campo gravitacional da Terra, resultou em um valor muito próximo aos dados topográficos verdadeiros.

**Palavras-Chave:** Marte, Terra, Astroblemas.

## Abstract

Mars share with earth and the rest of Solar System's solid bodies the presence of impact craters or astroblemes (star wounds). The present study had the objective make a comparison of impact craters or astroblemes in Earth and Mars, using a model based in a relationship between depth and diameter, applied to two impact structures in each planet with similar morphological features. As main sources to study of the martian impact craters was used images from mission Viking in 1976 and digital elevation models (DEM) generated by MOLA laser altimeter aboard Mars Global Surveyor probe. The chosen Martian impact craters are located near Chryse Planitia, landing site of Mars Pathfinder in 1997. As terrestrial counterpart was employed topographic data from SRTM and Landsat 7 ETM images from two confirmed terrestrial astroblemas, Domo do Vargeão in Santa Catarina and Serra da Cangalha in Tocantins, both in brazilian territory, relatively well preserved and representative in geomorphology of Earth's astroblemes. Martian impact craters  $d/D$  ratio is similar to global average of Mars complex astroblemes projected by model. However in Earth, only in Vargeão Dome, emplaced over medium-coarse sandstones and basalts of Paraná basin, in south of Brazil, similar to lowland Chryse Planitia in north hemisphere of Mars, after adjustments to Earth's gravitational field strength, resulted in a value very near to real topographic data.

**Keywords:** Mars, Earth, Astroblemes.



## 1 INTRODUÇÃO

Marte, o planeta vermelho é um mundo fascinante e talvez entre os planetas de nosso Sistema Solar aquele que mais se parece com a Terra. Embora não seja geologicamente tão dinâmico quanto a Terra, possui uma história geológica muito mais complexa do que a nossa Lua, com talvez a existência de água líquida na superfície em um passado remoto. Marte, excetuando a Terra, foi o planeta mais estudado pelas sondas espaciais, e o que gerou mais questionamentos. Cada missão bem-sucedida e mais avançada do que anterior, muitas vezes contrariavam os dados de missões anteriores, ou seja, criavam mais dúvidas do que certezas, mas sempre traziam novidades que deixam a comunidade científica bastante empolgada. Mas por trás da incrível Ciência e Engenharia envolvida em uma missão a Marte, um estudo na superfície do planeta vermelho é também um problema geográfico. A Geografia sempre terá papel importante ao decidir o “aonde” em qualquer planeta.

Marte compartilha com a Terra e com o resto dos corpos sólidos do Sistema Solar a presença de crateras de impacto, conhecidas como astroblemas (do grego cicatrizes dos astros), resultadas de impactos com corpos menores (asteróides e cometas), um fenômeno que envolve uma série de variáveis tanto de origem astronômica quanto geológica, exigindo uma abordagem interdisciplinar e, que nos trouxe inestimáveis conhecimentos sobre a evolução dos planetas terrestres, além de apresentar características bastante próprias, destacando-se entre as feições morfológicas e pelo fato de estarem ocorrendo desde a formação planetária.

Nas últimas quatro décadas, o estudo das crateras de impacto ou astroblemas envolvendo toda uma série de investigações nas mais diversas especialidades ganhou o respeito da comunidade científica. O que antes era tratado como um processo exótico, simples curiosidade e considerado irrelevante tanto por astrônomos quanto geólogos, tornou-se um importante campo de estudo. Porém as descobertas científicas da era espacial levou os estudiosos a reavaliar o lugar do planeta Terra no Universo.

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo comparativo da morfologia das crateras de impacto marcianas e terrestres, as alterações em diversas escalas espaciais que estas impõem as superfícies-alvo, e suas interações com outros elementos do meio ambiente das paisagens nestes dois mundos, visando gerar subsídios para futuras pesquisas na área.

# **1 REFERENCIAL TEÓRICO**

## **1.1 CONCEITO DE ASTROBLEMA**

Para FRENCH (1998) e MASAITIS (2005), a elaboração do conceito de interações entre os corpos celestes do Sistema Solar revolucionou drasticamente a Astronomia e a Geologia no último século, alterando profundamente estas duas áreas do conhecimento humano. Isto não se refere única e exclusivamente a geomorfologia da superfície dos planetas terrestres como Mercúrio, Vênus, Terra e Marte, bem como a nossa Lua e as luas dos gigantes gasosos e mesmo nos asteróides, mas revelam pistas da formação e evolução geológica, climática e mesmo biológica, revelando peculiaridades da acreção planetária durante as fases iniciais da formação dos planetas, quando o constante bombardeio de planetesimais foi decisivo na constituição das estruturas internas dos planetas e por tabela na crosta e atmosfera.

Outro fator importante é de que na Lua e em Marte existe no hemisfério sul uma superfície bem preservada do período do final da acreção planetária (entre 4,5 e 3,8 bilhões de anos), marcada por um intenso bombardeio de planetesimais. Na Terra, a maioria destes registros foi apagada pela dinâmica de agentes erosivos sobre a superfície terrestre como a chuva, rios, vento, geleiras ou ainda processos endógenos (de origem interna) como vulcanismo e tectonismo. A maioria é formada por estruturas em diferentes estágios de erosão, mascaradas pelos processos geológicos subsequentes a sua formação. Marcas dessas crateras comprovadamente formadas pelo impacto de corpos extraterrestres contra a superfície de nosso planeta recebem a designação de astroblemas (do grego cicatrizes dos astros). (DIETZ,1961, apud RICCOMINI et al, 2005)

São conhecidas atualmente 172 estruturas de impacto na Terra, em quase sua totalidade descobertas nos últimos 50 anos especialmente no Hemisfério Norte, especialmente em países como Canadá, Rússia, Estados Unidos e Austrália como uma exceção. Isto se deve a inúmeros motivos de ordem técnica quanto geológica. FRENCH (1998) associa o fato de uma maior preservação de estruturas de impacto em escudo continental e áreas cratônicas que se mantiveram geologicamente estáveis durante longos períodos de tempo, a falta de estudos sistemáticos de busca por estruturas submarinas de impacto, e a pesquisas, descobertas e estudos de alguns autores em particular.

Conforme ROMANO & CROSTA (2004) mesmo boa parte do território brasileiro esteja em terrenos anteriores a era Mesozóica, e tendo permanecido



geologicamente estável durante os últimos 500 milhões de anos, porém existem apenas 5 astroblemas confirmados no Brasil e 7 prováveis candidatas, graças a sua geomorfologia, mas ainda não confirmadas pela mineralogia, petrografia e geofísica. As razões deste pequeno número são a falta de mapeamento geológico em escalas aonde as estruturas de astroblemas podem ser identificadas, além da falta de estudos específicos de estudos de estruturas de impacto no país. Também o clima tropical favorece um intenso processo de intemperismo, erosão, transporte e sedimentação, apagando muito das crateras menores e mais antigas, além de uma densa vegetação que dificulta ainda mais a identificação.

Um evento de impacto é radicalmente diferente de outros processos geológicos, especialmente os de origem interna e mais conhecidos como erupções vulcânicas, terremotos e o lento movimento de placas tectônicas. FRENCH (1998), expõem seis características que diferenciam a formação dos astroblemas: a raridade, imensa quantidade de energia, efeitos instantâneos, liberação concentrada de energia, condições físicas extremas e efeitos únicos de deformação.

Quando falamos em astroblemas, o termo refere-se geralmente para denominar uma cratera formada por um impacto em hipervelocidade (velocidades cósmicas entre 11,2 km/s e 72km/s) por um projétil impactor de origem extraterrestre que seja grande e coeso o suficiente para penetrar as atmosferas dos planetas com pouca ou nenhuma alteração na massa e velocidade, atingindo o solo com praticamente toda sua energia cinética armazenada. Estes corpos impactores costumam ser grande porte, no mínimo 50 m no caso dos corpos compostos por materiais rochosos ou 20 m no caso de meteoritos metálicos, muito mais densos, liberando o equivalente a 15 megatons de energia (aproximadamente a uma bomba de hidrogênio), e capazes de criar uma cratera de 1,2 km de diâmetro como a Barringer Meteor Crater do Arizona, vista na Figura 1.

FIGURA 1: Barringer Meteor Crater, Arizona.



**Fonte:** Koeberl & Sharpton, 1998

As grandes crateras de impacto são formadas pela liberação de forma praticamente instantânea de grandes quantidades de energia, em curtíssimo período de tempo, algo que não se pode ser replicado nestas escalas em laboratório e felizmente nunca ocorreram no período da existência da civilização, sendo todo o nosso conhecimento produzido de forma indireta. Este é um processo bastante complexo, envolvendo toda uma série de variáveis de natureza física e geológica, com alguns detalhes que permanecem obscuros e que não podem ser previstos ou calculados com precisão. Entre algumas variáveis estão fatores que estão relacionados aos planetas em si (Intensidade do campo gravitacional, propriedades da atmosfera, variedade geográfica na distribuição de diversas superfícies de alvo e características das variáveis orbitais), ao planetesimal impactor (massa, densidade, coesão, propriedades físicas e químicas, a velocidade e o ângulo de impacto), além de propriedades do alvo (estrutura, composição química, mineralogia, estrutura, densidade e a resistência mecânica ao impacto) e a conversão da energia cinética original em outras formas de energia sobre as rochas-alvo (mecânica, cinética, sísmica e térmica), influenciam na forma, dimensões e organização interna das crateras de impacto.

Estas velocidades geram ondas de choque que irradiam do ponto de impacto, criando um intenso stress estrutural sobre as rochas, devido aos níveis de pressão muito maiores do que a carga normal de que estão normalmente submetidas ou processos geológicos internos lentos e constantes, sendo irradiadas por uma grande área e provocando uma série de alterações nas rochas alvo durante sua passagem.

A formação de uma cratera pelas ondas de choque é um processo praticamente imediato, porém as modificações e alterações na sua morfologia posteriores a cratera é um processo dinâmico, contínuo, lento e complexo que dura por milhares de anos, evoluindo a ação gravitacional e a mecânica das rochas ao longo do tempo. FRENCH  
ISSN 0103-1538

(1998) e MELOSH & IVANOV (1999) dividem o mecanismo de formação dos astroblemas em três fases: Contato/Compressão, Escavação e Modificação.

A primeira fase, de Contato e Compressão, como próprio nome sugere, inicia-se da forma como o próprio nome sugere, no instante do impacto, quando o bólido espacial faz contato com a superfície do alvo. Se este for constituído de material rochoso sólido, o meteorito é detido em uma fração de segundo e não penetra mais do que o dobro de seu diâmetro, antes que a sua imensa quantidade de energia cinética seja transmitida para a superfície alvo pelas ondas de choque que se espalham a partir do ponto do impacto em um padrão radial ao longo do alvo, produzindo uma série complexa de zonas mais ou menos concêntricas, marcadas por diferentes gradientes de pressão, que impõem diferentes níveis de metamorfismo de impacto, nas rochas alvo, de acordo com a distância do local do impacto. A energia cinética residual é liberada como na ejeção de fragmentos próximos a superfície, além disso, o impacto também gera uma grande quantidade de energia térmica, que aquece o material do alvo nas cercanias do alvo a temperaturas superiores a 2500°C, o que combinados a pressões extremas na casa de 100 GPa, produz a vaporização quase completa do meteoro impactor além de grande volume de rochas imediatamente ao redor do marco zero da queda. Os níveis de metamorfismo de impacto variam com a pressão aplicada sobre as rochas e são totalmente diferentes de outros processos naturais de metamorfismo. Assim o metamorfismo de impacto é um claro sinal de um impacto de meteoro em hipervelocidade. Como níveis de metamorfismo podemos citar em ordem crescente: brechas de impacto, cones de fragmentação em leque, grãos de quartzo apresentando deformações planares (PDF), rochas fundidas (podendo ter enriquecimento de elementos siderófilos como o irídio), vitrificações diapléticas (tektitos) e vaporização total das rochas.

A fase de contato/compressão, é bastante rápida, na casa de algumas frações de segundo, sendo seguida pela fase de escavação, quando a diminuição da velocidade das ondas de choque, expandindo-se em forma radial a partir do ponto de impacto, pela diferença de gradiente de pressão deflete o fluxo de escavação em direção a superfície, ejetando considerável quantia de material, abrindo uma cratera temporária relativamente profunda. Finalmente a fase de modificações envolve o colapso das paredes e o preenchimento da cratera por fragmentos caídos de volta. Porém esta fase não possui um final definido graças a processos de modificação estrutural como soerguimento isostático, colapso gravitacional das paredes, erosão e sedimentação, cuja intensidade é

diretamente ligada ao impacto levando ao desenvolvimento de distintas estruturas de impacto: Crateras Simples, Crateras complexas e Bacias de múltiplos anéis.

De acordo com MELOSH & IVANOV (1999) as crateras simples são relativamente pequenas, com a relação profundidade/diâmetro variando entre 1:5 e 1:7, apresentando um suave formato de tigela e bordas soerguidas, sendo o produto do simples colapso gravitacional das bordas da cratera temporária. Durante a modificação a cratera é imediatamente preenchida até a metade da profundidade por uma mistura de material ejetado e redepositado com os materiais erodidos das bordas da cratera e sedimentos posteriores a formação do astroblema. Entre os materiais redepositados encontramos brechas de impacto de baixo nível de pressão, sem a presença de material fundido, que são denominadas brechas líticas, compostas de materiais clásticos, e brechas formadas em alta pressão como a suevita, com a presença de materiais fundidos no impacto. No caso das crateras maiores, gravidade causa o colapso das paredes da cratera, formando uma estrutura complexa, com um pico ou anel central soerguido, composto por materiais mais resistentes e uma cratera mais rasa em relação ao comprimento, tendo uma correlação profundidade/diâmetro oscilando entre 1:10 e 1:20.

As modificações nestas crateras, como o próprio nome sugere envolvem complexas interações entre as ondas de choque, a gravidade e a resistência das rochas, sendo marcada por uma série de movimentos horizontais e verticais de um grande volume de material do alvo, iniciando-se com a escavação de uma cratera temporária similar a aquela que seria aberta por uma cratera simples. Porém esta imediatamente modificada quando as rochas abaixo do centro da cratera são soerguidas isostaticamente, devido à chamada onda de ressurgência, conhecida também como onda de rarefação ou onda de liberação, gerada pela reflexão da onda de choque inicial produzida pelo impacto, provocando ao mesmo tempo na periferia da cratera temporária uma série de grabens concêntricos na borda do que será a cratera definitiva, gerando paredes escarpadas, acidentadas e terraceadas que caracterizam uma cratera complexa de impacto. Entre as bordas e a estrutura central soerguida esta uma camada de material fundido recobrando a superfície da cratera. O estudo de inúmeras estruturas complexas de impacto terrestres mostra que este soerguimento gerado pelo colapso da cratera temporária em que rochas de grande profundidade são encontradas muito além do seu nível estratigráfico normal.

Em crateras de maior diâmetro acontece a ruptura do material do pico central formando um anel interno concêntrico de montanhas. Este tipo de crateras foi identificado na Terra, Vênus, Marte, Mercúrio e na Lua, porém são bastante raras nos

satélites gelados dos gigantes gasosos tendo em seu lugar a ocorrência de crateras com orifícios centrais, cuja formação pode estar relacionada com a presença de gelo de água na superfície, sendo também bastante comuns em Marte.

As transições entre um tipo e outro de cratera de impacto é inversamente proporcional a força da gravidade. O diâmetro da transição, em que as crateras simples se tornam complexas depende basicamente de dois fatores principais: a gravidade do planeta e o material da rocha-alvo. No caso da Terra esta transição ocorre entre 2 km no caso de rochas sedimentares e 4 km nas estruturas cristalinas. Nos outros planetas o diâmetro da transição varia de forma inversamente proporcional a força do campo gravitacional, ocorrendo entre 7- 10 km em Marte e em Mercúrio e na faixa dos 15 - 20 Km de diâmetro na fraca gravidade lunar.

## **2 MATERIAL E MÉTODO**

Como fontes de dados para subsidiar o estudo comparativo de crateras de impacto marcianas e terrestres foram utilizados Modelos Digitais de Elevação (DEM) globais de Marte, produzidos pelo altímetro de laser MOLA, na resolução de 463 m/pixel, no web site da Universidade Washington em Saint Louis, <<http://pds-geosciences.wustl.edu/missions/mola.html>>.

Também como fonte de dados relativa aos astroblemas marcianos foram utilizados os mosaicos da Missão Viking na escala de 231m/pixel, produzidos pelo USGS, disponíveis em <<http://astrogeology.usgs.gov/projects/MDIM21>>, aonde foi selecionado o quadrante Oxia Palus (MC-11) aonde esta localizada a Chryse Planitia, local de pouso da Mars Pathfinder em 1997. Com estes dados em mãos foram selecionadas para a pesquisa duas crateras de impacto.

Como contraparte terrestre foram utilizadas imagens do satélite Landsat 7, sensor ETM disponível para downloads no site Global Land Cover Facility (GLFC) <<http://glfc.umiacs.umd.edu/data>>, mantido pela Universidade de Maryland, referente a dois astroblemas terrestres confirmados, o Domo de Vargeão, em Santa Catarina e Serra da Cangalha, em Tocantins, ambos localizadas no território brasileiro, relativamente bem definidas e significativas no que se refere a geomorfologia dos astroblemas terrestres. A partir destes dados foram montados três mosaicos falsa-cor no programa ENVI 4.1, combinando as bandas 453. As imagens estão todas na projeção cartográfica UTM e usam o datum WGS 84. Os dados topográficos SRTM foram coletados no web site da NASA <<ftp://e0srp01.ecs.nasa.gov/>>, estando os dados divididos por continentes. Tanto os dados Topográficos e imagens de satélite da Terra e

de Marte, foram fundidos no programa 3DEM, que também é acessível através do site <[www.visualizationsoftware.co.uk/3DEM](http://www.visualizationsoftware.co.uk/3DEM)>, de uso extremamente simples, porém bastante preciso, permitindo produzir imagens, mapas topográficos, perfis e blocos-diagrama de alta qualidade.

Então foi realizado um estudo de comparação entre a forma das crateras, buscando analogias entre as crateras de impacto nos dois planetas, para inferir a partir das estruturas marcianas características hoje pouco visíveis na Terra e vice-versa, para sabermos o quão parecido são estes astroblemas, apesar das diferenças de paisagens, de materiais do alvo, gravidade e processos superficiais que marcam a superfície dos dois planetas.

Para esta análise foi realizada a medição de um parâmetro morfológico básico dos astroblemas, baseado em um modelo de uma média global dos astroblemas marcianos complexos, com diâmetro  $7 < D < 100$ , proposta por GARVIN et al (2000) nas seguintes fórmulas:

$$(1) d = 0,19 D^{0,55}$$

Onde:

Profundidade (d) é a distância do fundo da cratera até o ponto mais alto da borda da cratera, e o diâmetro (D), à distância entre dois pontos opostos da borda da cratera. Em nível de comparação, a equação (1) foi também aplicada aos astroblemas terrestres do estudo, visando comparar a relação d/D com crateras de impacto marcianas, porém os resultados finais foram ajustados aos valores da gravidade terrestre, multiplicando este resultado por 0,38, o equivalente a diferença de intensidade da gravidade marciana em relação a gravidade terrestre

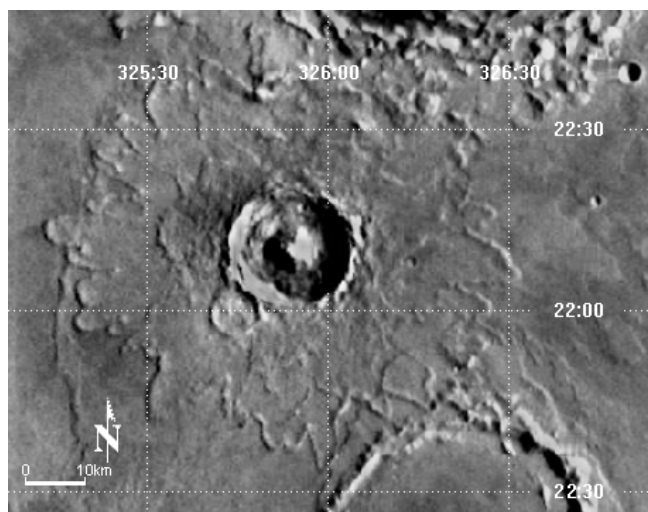
### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 ASTROBLEMAS EM CHRYSE PLANITIA (MARTE)**

A Chryse Planitia (MC-11) é uma ampla e vasta planície no hemisfério norte do planeta Marte, que conforme MARTEL (2001) é a foz dos principais canais de inundação do período hesperiano como Kasei, Maja, Simud, Mawrth, Tiw e Ares Valles, o que faz alguns cientistas supor que esta área possa ter sido um dos oceanos temporários que talvez tenham existido no final do período noachiano/início do hesperiano (a 3,8 bilhões de anos), sendo uma espécie de resumo geológico do planeta Marte quanto a canais de drenagem, diversos tipos de derrames vulcânicos, depósitos glaciais e eólicos, ilhas alinhadas em formato de lágrima, além de várias crateras de impacto a maioria com ejecta de múltiplas camadas. Sendo esta uma região que evidencia um passado bastante geologicamente ativo, com indícios de possíveis inundações, torna Chryse um alvo prioritário das sondas espaciais da NASA.

A Cratera A, é uma estrutura complexa de 19,47 km de diâmetro, que apresenta um característico pico central simples bastante destacado o que nos permite supor que estamos diante de uma cratera bastante jovem e pouco erodida, como nos mostra a Figura 2. Esta pode ser considerada uma cratera de impacto típica das latitudes médias do planeta Marte.

**Figura 2 : Cratera de impacto A**



**Fonte:** USGS Mars Digital Image Mosaic( MDIM 2.1)

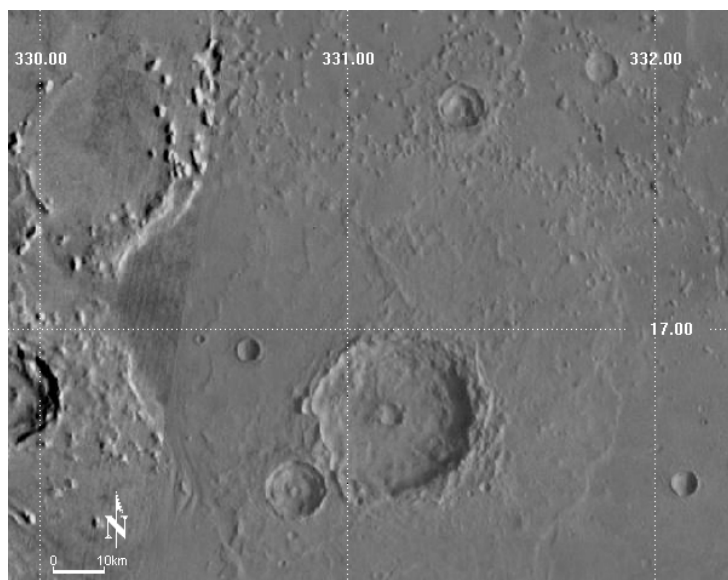
**Org :** Santos,D.P

Conforme a estimativa do modelo de GARVIN et al (2000), considerando o diâmetro da cratera(  $D=19,47$  km), a profundidade estimada ( $d$ ) é de 972m e a altura sugerida da borda da estrutura de impacto é de 272 m, ficando muito próximo ao resultado real aonde  $d=979$  m e  $H = 279$ . A Cratera A possui a clássica proporção de  $d/D$  de 1:20, típica das crateras complexas, com o modelo se aplicando quase perfeitamente no modelo de crateras aplicado.

A próxima cratera, mostrada na Figura 3, denominada no estudo como Cratera B, cujo diâmetro é de 28,74 km apresenta uma morfologia bastante diferente, com o pico central formando um anel de ejeção de materiais produzidos pela geologia de impacto com pico complexo, com um orifício central originado pela liberação de gases e outros materiais voláteis presentes na superfície do alvo. O orifício central indica também a direção do impacto, como vindo de NW, graças ao efeito do sombreamento gerado pela luz solar a leste da câmera no momento em que a imagem foi obtida pela sonda Viking, a ejecta apresenta uma única camada de material expelido, apresentando uma forma bastante irregular, em formato de asas de borboleta, o que sugere que o ângulo do impacto foi oblíquo.

**Figura 3: Cratera de impacto B**





**Fonte:** USGS Mars Digital Image Mosaic( MDIM 2.1)

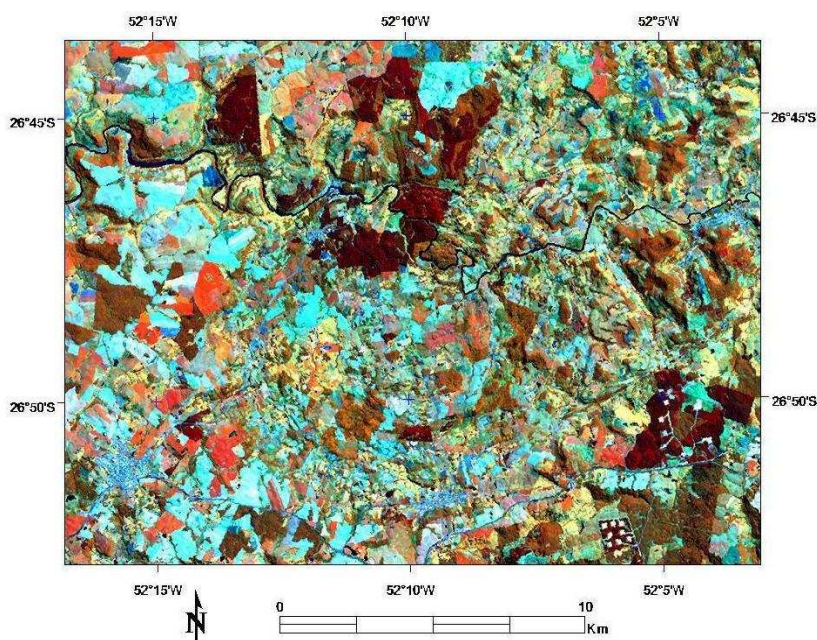
**Org :** Santos,D.P

Conforme a estimativa do modelo de GARVIN et al (2000), considerando o diâmetro da cratera ( $D=28,74$  km), a profundidade estimada ( $d$ ) é de 1200m e a altura sugerida da borda da estrutura é de 330 m, porém esta cratera de impacto é mais profunda, de 1330 m, e a altura real do soerguimento da borda é maior que a indicada pelo modelo, sendo de 360m, o que sugere uma presença maior de elementos voláteis neste alvo ou que ela tenha sido mais erodida, porém ainda dentro da média.

### **3.2 Astroblemas Terrestres**

O astroblema Domo de Vargeão, de acordo com CROSTA et al (2005) é um dos poucos astroblemas confirmados no território brasileiro, tendo o diâmetro de aproximadamente 12,4 km no oeste de Santa Catarina, nas coordenadas  $26^{\circ}50'S$  e  $52^{\circ}07'W$  sobre basaltos da Formação Serra Geral e arenitos eólicos da Formação Botucatu, como mostra a Figura 4.

#### **Figura 4: Astroblema Domo de Vargeão**



**Fonte:** University of Maryland Global Cover L Land Facility (GCLF)  
**Org :** Santos,D.P

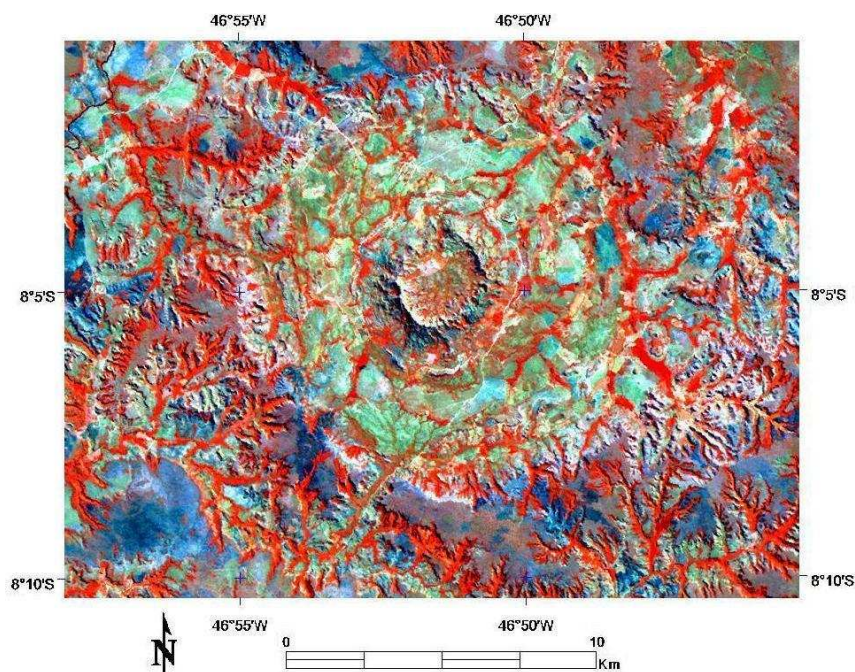
São bastante visíveis as estruturas de grabens concêntricos e radiais, além de evidências do desabamento das bordas da cratera, gerando desníveis topográficos entre 150 e 250 m, que em alguns pontos encontram-se bastante dissecadas pela rede de drenagens. Está. Embora sejam extremamente comuns em Marte, na Lua e em outros planetas, as estruturas de impacto em rochas vulcânicas são bastante raras na Terra, o que torna o domo de Vargeão um astroblema bastante especial, servindo como um bom local de estudo para buscar analogias e realizar inferências a respeito do planeta Marte. A idade estimada da cratera é de cerca de 70 milhões de anos

Quando aplicado o modelo de  $d/D$  no caso do astroblema de Vargeão, o cálculo sugeriu uma profundidade de 750 m para uma cratera de 12,4 km. Multiplicando este resultado por 0,38, o equivalente a diferença de intensidade da gravidade marciana em relação a gravidade terrestre, obtemos uma profundidade estimada de 285 m, bastante próxima aos 250m de profundidade máxima da cratera real, o que nos permite relacionar a diferença de intensidade do campo gravitacional marciano.

O astroblema da Serra da Cangalha, exposta logo abaixo, na Figura 5, localiza-se na região Norte-Nordeste do Brasil na divisa dos estados de Tocantins e Maranhão, nas coordenadas  $8^{\circ}04'S$  e  $46^{\circ} 51'W$ , possuindo cerca de 13 km de diâmetro e uma profundidade de 150m. O que mais chama atenção na morfologia da cratera é o pico central soerguido em formato de anel com 3,2 km de diâmetro e 225m de altura no ponto mais alto.

Este astroblema se originou na bacia do Parnaíba, incluindo depósitos marinhos datados do período carbonífero da formação Poti e arenitos permianos da formação Pedra de Fogo. A idade estimada da cratera assim varia entre 300 e 200 milhões de anos.

**Figura 10: Astroblema Serra da Cangalha**



**Fonte:** University of Maryland Global Cover Land Facility (GCLF)

**Org :** Santos,D.P

A aplicação do modelo  $d/D$  resultou dados bastante diversos dos anteriormente avaliados neste trabalho. A profundidade projetada pela fórmula para uma cratera de 13 km é de 778 m em Marte. Corrigindo para a gravidade da Terra a profundidade sugerida é de 295 m, o que é o dobro da profundidade real, que é de 150 m. A relação profundidade /diâmetro é 1:86,6 na Serra da Cangalha, comparado 1:84,6 no Domo de Vargeão e de 1:20 no caso dos astroblemas marcianos.

#### **4 RESULTADOS ALCANÇADOS E CONCLUSÕES**

Os resultados da comparação entre o diâmetro e a profundidade das crateras de impacto no caso do planeta Marte, aonde este modelo foi desenvolvido a partir de uma média global, no caso dos dois astroblemas estudados foi em relação aos dados reais, bastante preciso, com variações mínimas, dentro dos limites de erro do sensor MOLA.

Nos astroblemas terrestres a diferença entre os valores sugeridos pelo modelo foi maior, mesmo com a gravidade adaptada aos valores da Terra foram bastante diversos no caso do astroblema Serra da Cangalha, uma estrutura mais antiga e erodida, localizada em rochas sedimentares de menor densidade. Porém no chamado Domo de Vargeão, um astroblema formado em rochas ígneas vulcânicas e arenitos eólicos, portanto similar às condições geológicas encontradas na superfície marciana encontrados pela missão espacial Mars Pathfinder em 1997. Os resultados do modelo após a correção dos valores gravitacionais aos dados terrestres, foram bastante semelhantes aos dados dos astroblemas marcianos, o que sugere uma importante similaridade morfológica entre os marcianos e terrestres, apesar das diferenças ambientais significativas entre os dois planetas.

Este estudo não pretende esgotar inteiramente o assunto, uma vez que o estudo dos astroblemas é um tema bastante complexo, exigindo uma abordagem tanto planetária quanto terrestre, envolvendo uma série de fatores de ordem astronômica e geológica.

A maior dificuldade enfrentada foi na adaptação de ferramentas de pesquisa uma vez que a maioria dos Softwares de Geoprocessamento existentes atualmente possuem uma arquitetura geocêntrica, ou seja, embora bastante disseminados em diversas aplicações terrestres, o uso de técnicas deste tipo ainda é modesto no que se refere aos estudos envolvendo o mapeamento de outros corpos do Sistema Solar, apesar da abundância de fontes de dados disponibilizadas, em parte por questões técnicas, mas também devido ao pouco interesse da comunidade geocientífica por este assunto. Este trabalho também vem preencher a lacuna do ensino e pesquisa da Astronomia nos cursos de Geografia, para que esta torne-se uma nova área de pesquisa.

## **5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

ALMEIDA-FILHO, R & BEISL, C. The Serra da Cangalha astrobleme as revealed by ASTER and SRTM orbital data. **International Journal of Remote Sensing**, v 26, p 833-838

CROSTA, A.P, et al. Astroblema Domo de Vargeão, SC: Registro de Impacto Meteorítico sobre Rochas Vulcânicas da Bacia do Paraná. In: Winge, M. et al (Org). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Disponível em <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio114/sitio114.pdf>>

FRENCH, B.M **Traces of Catastrophe: A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures**, Houston, TX: Lunar and Planetary Institute, LPI Contribution N°. 954, 1998.

GARVIN, J.B, et al. Global geometric properties of martian impact craters: An assessment from Mars Orbital Laser Altimeter (MOLA) digital elevation models, **Lunar and Planetary Science Conference XXXI**, Houston, TX: Lunar and Planetary Institute 1619, 2000.

KOEBERL, C & SHARPTON V.L, **Terrestrial Impact Craters**. Slide Set. Houston, TX: Lunar and Planetary Institute, 1998. Disponível em: <<http://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/stones/craters.html>> Acesso em 26 fev. 2005

MARVIN, U.B, et al. Impact, and its Implications for Geology. In **Global catastrophes in Earth History**: A interdisciplinary conference on Impacts, Volcanism and Mass Mortality. Snowbird, Utah, 1988. Lunar and Planetary Institute, LPI contribution N°673

MARTEL, L. M. **Outflow Channels May Make a Case for a Bygone Ocean on Mars**. Planetary Science Research Discoveries. Hawaii Institute of Geophysics and Planetology. Disponível em: < <http://www.psrhawaii.edu/June01/MarsChryse.html>> Acesso em: 26 fev. 2005

MASAITIS, V.L. **Morphological, Structural and lithological records of earth impacts**: an overview. Australian Journal of Earth Sciences 52, p 509-528.

MELOSH, H.J & IVANOV, B.A. Impact Crater Collapse. **Annual review of Earth and Planetary Science** n 27, 1999, p 385-415.

RICCOMINI, C. et al.. Cratera de Colônia, SP - Provável astroblema com registros do paleoclima quaternário na Grande São Paulo. In: Winge, M. et al (Org). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Disponível em <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio116/sitio116.pdf>> Acesso em 26 fev. 2005.

ROMANO, R & CROSTA, A.P. Brazilian impact structures: An Overview, **Lunar and Planetary Science Conference XXXV**, 1546, 2004.

# O USO DE IMAGENS DO SATÉLITE CBERS-2/CCD PARA CARACTERIZAÇÃO DO MEIO-FÍSICO NATURAL NO MUNICÍPIO DE RIO GRANDE, RS.

Fundação Universidade Federal do Rio Grande

Luiz Carlos Rodrigues Junior e Allan de Oliveira de Oliveira  
e-mails: lucafurg@hotmail.com e allandeoliveira2@yahoo.com.br

## RESUMO

Este estudo desenvolvido no município do Rio Grande/RS teve como objetivo testar a aplicação de imagens de satélite gratuitas na elaboração de diagnóstico do meio-físico natural. As imagens escolhidas fazem parte do programa Sino-Brasileiro CBERS e para a análise digital destas foram empregadas técnicas de geoprocessamento como ferramenta para caracterização. Foram utilizados os programas IDRISI Andes<sup>®</sup> e CartaLINX<sup>®</sup> para gerar os arquivos *rasters* e vetoriais, respectivamente. O processo de classificação com imagens CBERS-2/CCD demonstrou ser satisfatório, com resultados similares aos obtidos utilizando imagens de outros sistemas imageadores, como o Landsat. Como consequência, mostrou a eficiência das imagens CBERS-2/CCD na elaboração de diagnóstico ambiental, enfatizando a vantagem de seu uso em pesquisas acadêmicas. Além disso, o baixo custo pode ser uma vantagem para municípios que não possuem recursos financeiros suficientes e necessitam mapear o uso e ocupação de seu território. A aplicação do CBERS-2/CCD se torna ainda mais importante devido à municipalização do meio ambiente proposta pela Resolução n° 237/1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). De acordo com esta resolução, os municípios deverão elaborar seus planos ambientais, sendo que uma das etapas para concretização do mesmo é uma análise atual do uso dos solos.

Palavras-Chaves: Caracterização do meio físico, CBERS, Geoprocessamento.

## ABSTRACT

This study developed in the city of Rio Grande/RS aimed to test the application of satellite images in the preparation of free diagnosis from the mid-physical natural. The images chosen are part of the Sino-Brazilian CBERS programme and the analysis of these digital techniques were used as a tool for the geoprocessing characterization. We used the programs IDRISI Andes<sup>®</sup> and CartaLINX<sup>®</sup> to generate the rasters and vector files respectively. The process of classification with images CBERS-2/CCD proved to be satisfactory, with results similar to those obtained using images from other systems such as Landsat. Consequently, the efficiency of the images showed CBERS-2/CCD in drafting environmental diagnosis, emphasizing the advantage of its use in academic research. Furthermore, the cost can be an advantage for municipalities that do not have sufficient financial resources and need mapping the use and occupation of its territory. The application of CBERS-2/CCD becomes even more important because of the municipalization of the environment proposed by Resolution N°. 237/1997 of the National Council on the Environment (CONAMA). According to this resolution, the municipalities should develop their environmental plans, and that one of the steps to achieving the same is an analysis of the current use of the soil.

Keys-Words: Characterization mid-physical, CBERS, Geoprocessing.

## **1. INTRODUÇÃO**

A organização do espaço sempre foi uma das prioridades para as pessoas que se propõem a viver em grupos sob objetivos e normas comuns. A manutenção da biodiversidade e a solução dos conflitos são importantes premissas para definição dos procedimentos de planejamento. O ordenamento territorial por meio do zoneamento e o estabelecimento de programas de ação na forma de normas ambientais são partes essenciais para um bom planejamento (Santos, 2004).

Segundo Gustafson (apud Eckhardt, et. al., 2007) a análise de mapas temáticos é uma das formas para estudar as alterações que ocorrem na estrutura da paisagem em determinado período de tempo. O conhecimento do espaço geográfico é importante para ordenamento das atividades antrópicas e, nesta visão, os estudos de mapeamento temático visam a caracterizar e entender a organização do espaço, como apoio para o estabelecimento de bases para ações e estudos futuros (Medeiros e Câmara, 2001).

O uso de novas tecnologias de coleta e manuseio de informação espacial pode ser a resposta à gestão destas unidades territoriais, pois subsidiam o processo de tomada de decisão com informação sobre o território. As novas tecnologias relacionadas ao Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Geoprocessamento permitem a criação de Sistemas de Informação Geográficas (Zaidan e Xavier-da-Silva, 2004) que permitem integrar informações espaciais e não espaciais de natureza, origem e forma diversas numa única base de dados, possibilitando a derivação de novas informações e sua visualização na forma de mapas (Burrough e Câmara, apud Sarmiento, et. al. 2001).

Todavia, em se tratando da extração de dados de sensoriamento remoto, a classificação multiespectral é um dos métodos usados com mais frequência para se obter informações de determinadas áreas. Há duas formas de realizar este processo: por meio da interpretação visual das formas e dos padrões que são observados nas imagens, ou através de técnicas automáticas de processamento digital (Jensen, apud Gambá, 2005).

## **2. OBJETIVO GERAL**

Realizar o mapeamento do meio físico-natural do município de Rio Grande, no Rio Grande do Sul, utilizando imagens do satélite CBERS-2/CCD como subsídio para o planejamento e ordenamento territorial, a fim de comprovar a eficácia na utilização de imagens de satélite gratuitas.



### **3. JUSTIFICATIVA**

O homem como um ser social, interfere no meio ambiente, criando novas situações ao consumir e reordenar os espaços físicos de acordo com seus interesses. Todas essas modificações inseridas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que quase sempre apresenta um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua (Ross, apud Zaindan e Xavier-da-Silva, 2004).

Todas estas alterações geram algum tipo de impacto que, nas últimas décadas, recebeu devida atenção principalmente em centros urbanos o que culminou na idéia de planejamento, mais precisamente planejamento socioambiental. Esta perspectiva fez com que o uso do geoprocessamento se tornasse muito importante para diversas áreas da ciência que se preocupam em estudar melhor esta relação entre ambiente e sociedade.

Com o avanço da tecnologia, que vai desde o lançamento de novos sensores orbitais que capturam imagens da superfície terrestre até microcomputadores com ampla capacidade de processamento, o geoprocessamento tem demonstrado ser uma ótima ferramenta para a realização de estudos de planejamento urbano, rural e ambiental. Entretanto, estes novos produtos derivados de sensoriamento remoto necessitam ser testados, a fim de se averiguar sua aplicação, para que estes possam ser cada vez mais utilizados por prefeituras, universidades ou outras instituições que necessitam obter informações seguras de dados geograficamente localizados.

Visto isso o programa Sino-Brasileiro (CBERS) vem disponibilizando nos últimos anos uma gama bastante variada de imagens de satélites, as quais podem ser adquiridas gratuitamente no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tornando-a economicamente viável, pois não há custos na sua obtenção e o trabalho de poucos técnicos é suficiente para monitorar extensas áreas. Logo, necessita-se averiguar a sua aplicação, procedimento este já difundido no meio acadêmico a partir da criação de um eixo temático de aplicabilidade das imagens CBERS para os mais variados estudos, como já ocorreu no XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.

### **4. ÁREA DE ESTUDO**

O município de Rio Grande está localizado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, entre os paralelos 31° 47' 02" e 29° 39' 45" de Latitude Sul e entre os meridianos de 52° 03' 10" e 52° 44' 10" de Longitude Oeste. O município tem uma área de 3.338.335 Km<sup>2</sup> dividida em cinco distritos, 1º Distrito Cidade de Rio Grande e Balneário do



Cassino, 2º Distrito: Ilha dos Marinheiros e ilhas menores (Ilha das Pombas dos Cavalos da Pólvora, Leonídio, Caldeirão, das Cabras e Constância), 3º Distrito: Povo Novo, Torotama, Mosquito e Martim Coelho, 4º Distrito: Taim, e 5º Distrito: Vila da Quinta.

Rio Grande limita-se ao Norte com o município de Pelotas e laguna dos Patos, ao Sul com Santa Vitória do Palmar, a Leste com Oceano Atlântico e a Oeste com Pelotas e Arroio Grande através da Lagoa Mirim e Canal São Gonçalo. As principais vias de acesso terrestre ao município estão representadas pelas rodovias federais BR 392 (Pelotas – Rio Grande) e a BR 471 (Chuí – Rio Grande) e pela ferrovia RFFSA.

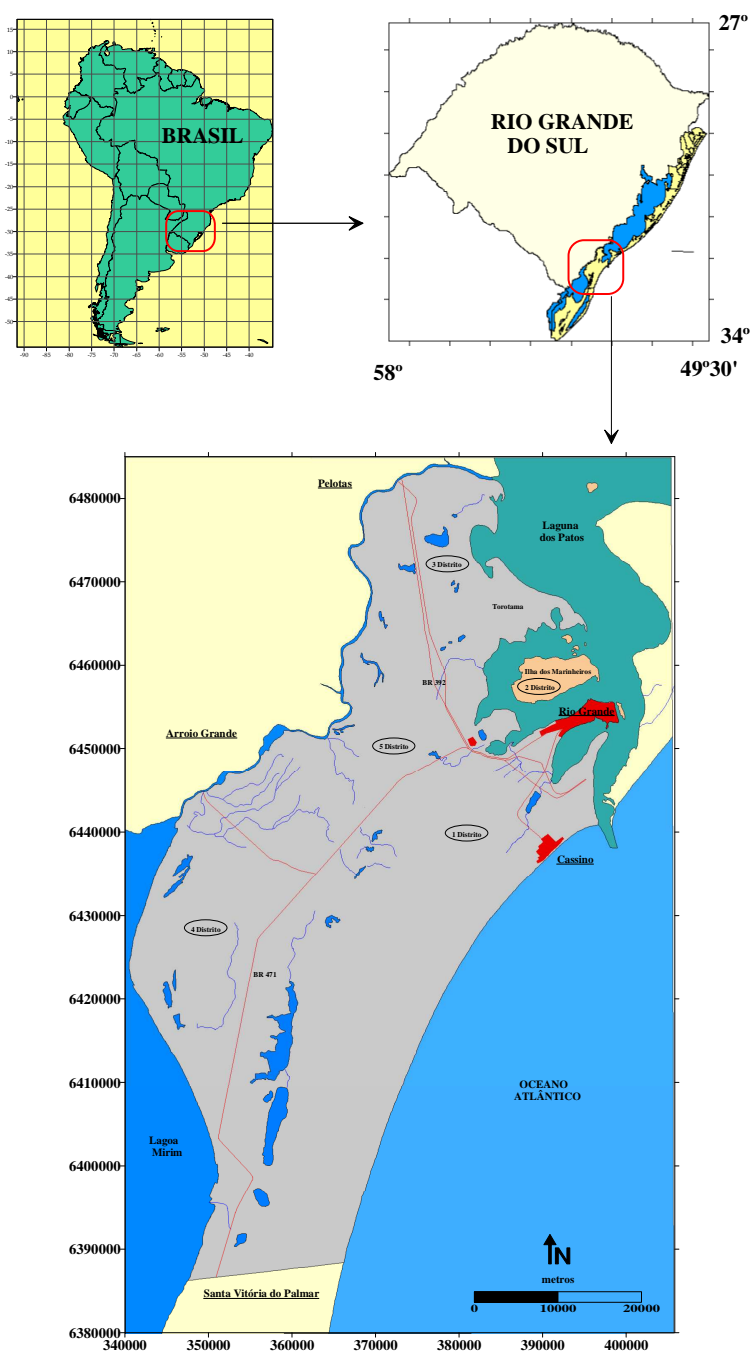


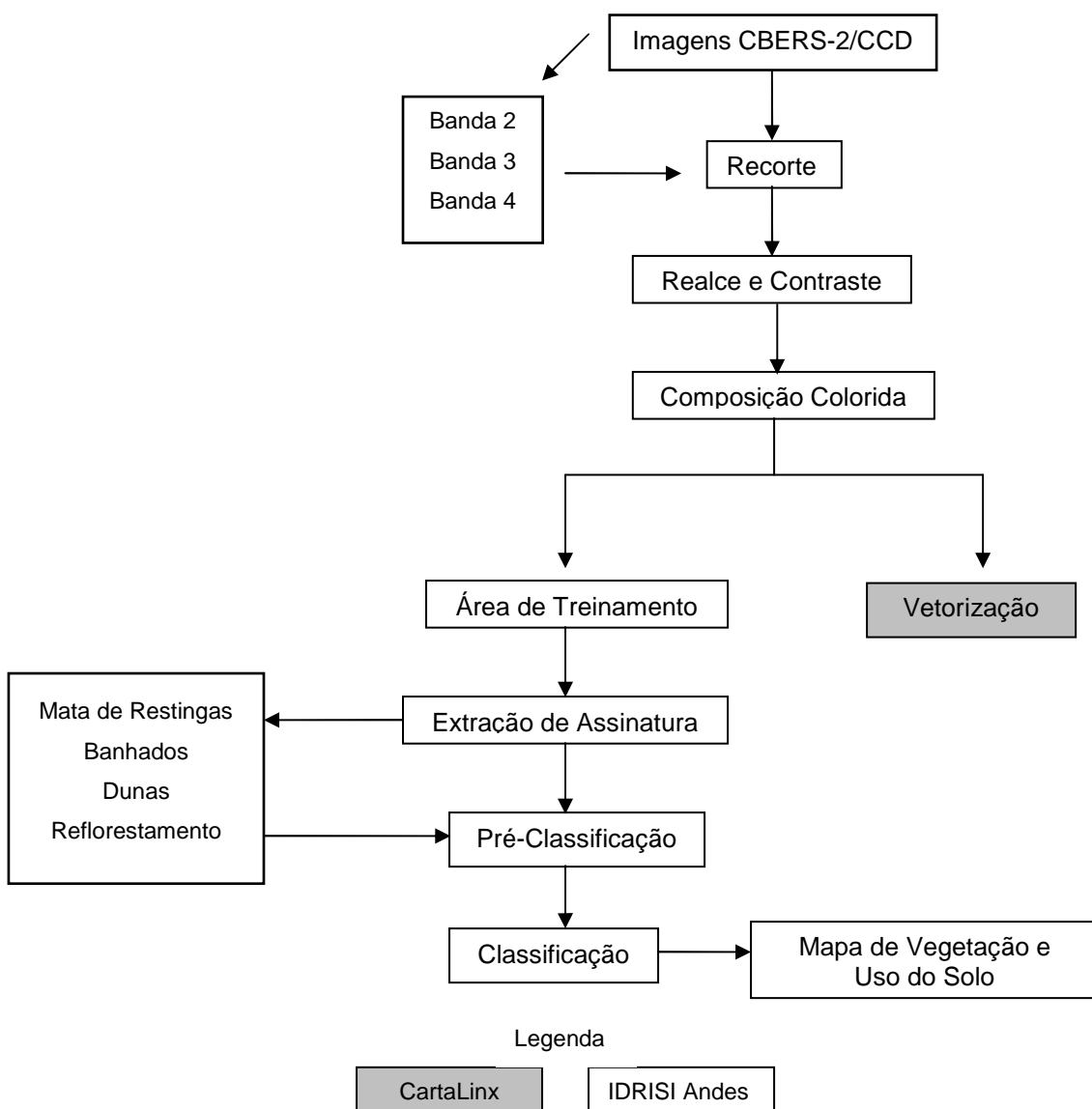
Figura 4.1 - Mapa de localização da área de estudo (Fonte: Tagliani, 1997).

## 5. MATERIAIS

O presente estudo foi realizado utilizando um microcomputador Pentium D, imagens das bandas 2, 3 e 4 do satélite CBERS-2/CDD, o *Software* IDRISI Andes<sup>®</sup> para processamento digital das imagens e o *Software* CartaLinx<sup>®</sup> para vetorização das imagens.

## 6. METODOLOGIA

A seguir serão descritas as etapas que foram realizadas no trabalho, que podem ser observadas através do Fluxograma 6.1.



Fluxograma 6.1 – Etapas realizadas para construção do mapa de caracterização do meio-físico natural (observe a legenda, que mostra quais etapas foram realizadas no IDRISI Andes e quais no CartaLinx).

## **6.1 RECORTE**

As cenas adquiridas junto ao INPE foram recortadas nas proximidades das coordenadas 339500/399700 S e 6386500/6485000 O, datum UTM-22s SAD-69.

## **6.2 REALCE E CONTRASTE**

O realce é um procedimento realizado para obter um maior contraste das imagens, de forma que todas as cores da tabela, do preto e do branco, sejam utilizadas. No IDRISI Andes<sup>®</sup> o módulo *Stretch* fornece três métodos para reescalonar os valores digitais das imagens: Linear com Saturação, Equalização de Histograma e o Linear, (Eastman, 2006). O procedimento realizado neste trabalho foi à análise de *Histograma*.

## **6.3 COMPOSIÇÃO COLORIDA**

Após a fase de realce e contraste foi realizada a combinação das bandas através do módulo *Composite*, gerando desta forma uma nova imagem de combinação colorida (24 *bits*), com a banda 2 (Azul), banda 4 (Verde), e banda 3 (Vermelho).

## **6.4 VETORIZAÇÃO**

A vetorização trata-se da representação dos limites ou cursos das feições, estes são definidos por uma série de pontos que, quando unidos com linhas retas, formam a representação gráfica de cada feição (Eastman, op.cit). A vetorização foi realizada utilizando a composição colorida como base no *software* CartaLinx<sup>®</sup> (figura 6.4.1).

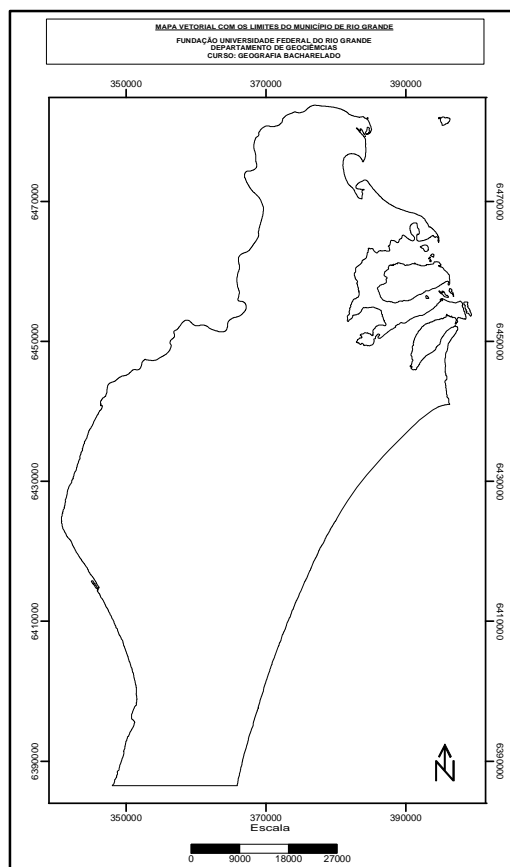


Figura 6.4.1 - Mapa vetorial dos limites de Rio Grande.

## 6.5 CLASSIFICAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS

É um conjunto de procedimentos utilizados para separar e identificar os objetos na superfície terrestre detectado pelos sensores dos satélites. Ou seja, cada “*pixel*” ou região presente em uma imagem digital é associada a uma determinada classe que descreve um determinado tipo de cobertura ou uso no terreno como a área urbana, tipos de florestas, tipos de solos, agriculturas e outras feições de interesse (Moreira, 2003).

Segundo Moreira (op. cit) dependendo do algoritmo utilizado neste procedimento, a classificação é dita supervisionada ou não supervisionada, envolvendo duas fases distintas: treinamento e classificação propriamente dita.

A abordagem supervisionada é aquela em que o usuário define preliminarmente as categorias que serão representadas na imagem, identificando *pixels* pertencentes a uma determinada cobertura que já se conhece, por meio da coleta de amostras numa etapa que chamamos de treinamento, o treinamento consiste no reconhecimento da assinatura espectral de cada uma das classes de uso do solo da área imageada.

## 6.6 ÁREA DE TREINAMENTO

Através do módulo *Digitize* foram digitalizados polígonos em pequenas áreas que corresponde aos diferentes tipos de solo ou cobertura vegetal que estão presentes na

imagem de satélite. Eastman (2006) destaca que é necessário digitalizar no mínimo um polígono por banda utilizada. Estes polígonos irão fornecer a assinatura de cada área digitalizada que serão utilizadas para a futura classificação. No entanto, é necessário que se tenha muito cuidado ao gerar estes polígonos, pois se nele existir algum pixel com resposta espectral distinta àquela que quer se analisar, provavelmente ocasionará confusão no momento da classificação.

## 6.7 EXTRAÇÃO DE ASSINATURAS

Após a digitalização dos polígonos é necessário criar a assinatura espectral destes. A assinatura espectral é a descrição, freqüentemente na forma de gráfico, do grau com o qual a energia é refletida, nas diferentes regiões do espectro eletromagnético. Dessa forma, a energia refletida de um corpo hídrico descreve uma trajetória diferente em relação à energia refletida de uma área coberta por vegetação podendo assim diferenciar uma da outra no momento da classificação (Eastman, op.cit).

No IDRISI Andes<sup>®</sup> o módulo *MakeSig* é o responsável pela criação destas assinaturas, que irão discriminar os diferentes tipos de cobertura de solo.

## 6.8 PRÉ-CLASSIFICAÇÃO

Na etapa de pré-classificação foi escolhido o módulo de classificação Supervisionado, que no IDRISI Andes é subdividido em rígido (*hard*) e relativo (*soft*). O módulo de classificação utilizado foi o *MaxLike*, que faz parte do módulo rígido que utiliza a máxima probabilidade dos *pixels* pertencerem a uma classe pré-definida, a partir das assinaturas espectrais extraídas nas área de treinamento (Eastman, op.cit).

## 7. RESULTADOS

A figura 7.1 mostra o mapa gerado através da classificação supervisionada realizada pelo módulo *MaxLike* do IDRISI Andes<sup>®</sup> utilizando imagens CBERS-2/CCD. Após o processo de classificação e edição das informações foi possível chegar a um mapa com 9 (nove) classes: cobertura vegetal, Silvicultura, vegetação de banhado, marismas, campos litorâneos, vegetação de dunas, lagoas, mata de restinga, solo exposto e praias lagunares.

A área ocupada pelos diferentes tipos de cobertura vegetal e usos do solo na região de estudo pode ser vista na tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Área ocupada pelos diferentes tipos de vegetação e uso do solo.

Vegetação e Uso do Solo		
Categoria	Área (Hectares)	Legenda

1	13700.52	Mata de Restinga
2	4678.96	Silvicultura
3	76229.08	Vegetação de Banhados
4	123286.48	Campos Litorâneos
5	6116.04	Vegetação de Dunas
6	4923.72	Lagoas
7	32438.2	Solo Exposto
8	582.36	Praias Lagunares
9	6210.52	Vegetação de Marisma

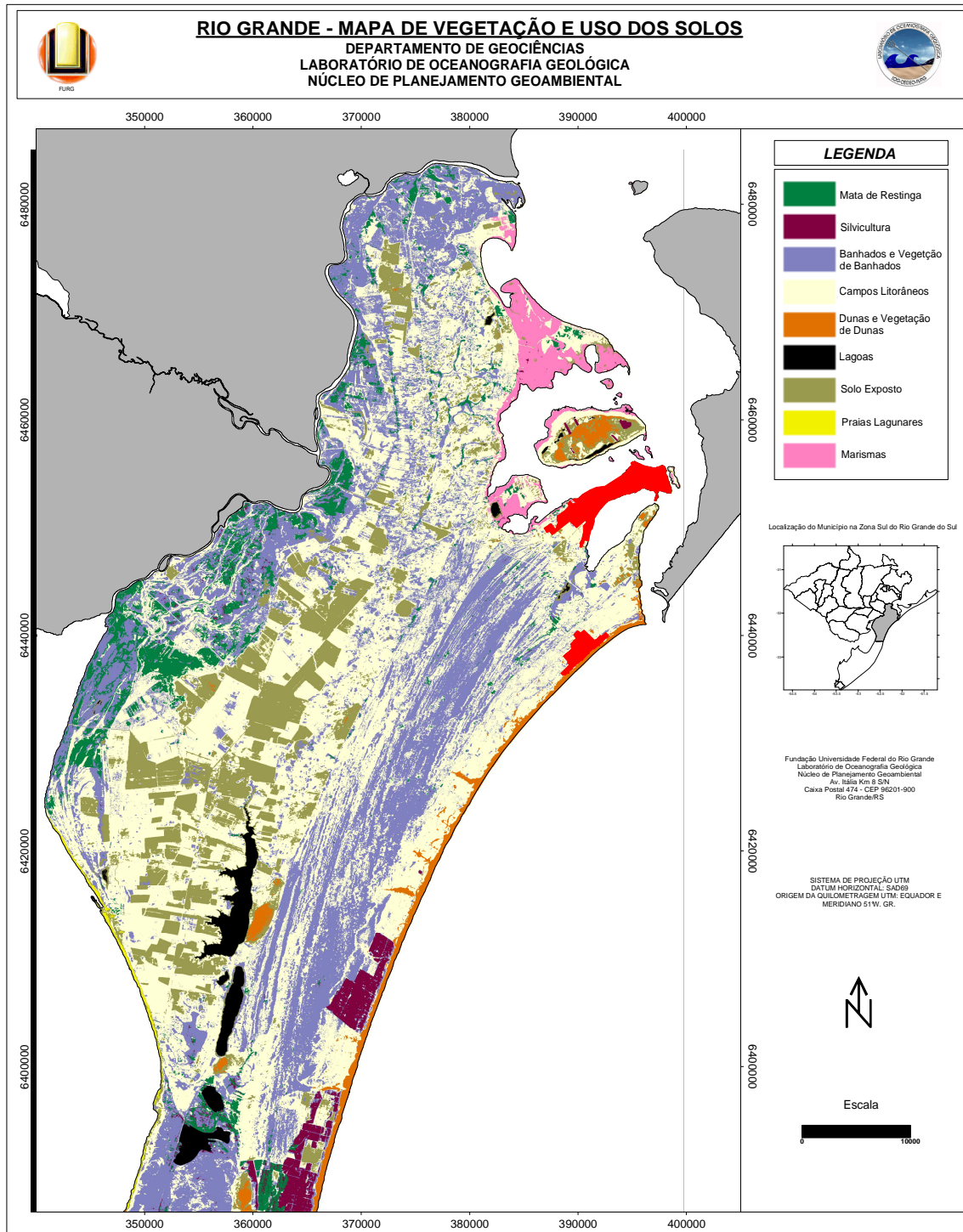


Figura 7.1 - Mapa do Meio Físico-Natural.

## 8. DISCUSSÕES

A utilização de dados de sensoriamento remoto tem se tornado uma poderosa ferramenta para trabalhos ambientais, pois estes possibilitam a obtenção de informações precisas dos mais variados fenômenos ocorridos em extensas áreas. Além disso, a possibilidade do processamento digital das imagens também é destacada como uma vantagem, pois permite melhorar a qualidade das mesmas de maneira a facilitar a sua análise (Chuviesco, apud Centeno, 2004).

Sendo assim, devemos ressaltar que município de Rio Grande caracteriza-se por possuir uma área territorial bastante ampla com ecossistemas bastante diversificados, dando a região um grande potencial para análises feitas através de técnicas de geoprocessamento. Para Veiga e Xavier-da-Silva (2004) o geoprocessamento ganha importância cada vez maior, pois propicia conhecer melhor o espaço e a sociedade que o produz e, mais refinadamente, espacializar as relações existentes, fornecendo desta forma subsídios pertinentes à tomada de decisões. Entretanto, alguns produtos derivados de sensoriamento remoto ainda possuem um custo elevado, o que dificulta a utilização desta técnica.

A utilização de imagens CBERS-2/CCD nesta pesquisa permitiu ao examinador a obtenção de um trabalho com bons resultados e com custos muito baixos, característica que já havia sido destacada por Correia et. al. (2005) no mapeamento sistemático brasileiro realizado pelo IBGE na escala de 1:100000 em que foram utilizadas imagens do CBERS-2/CCD como suporte a pesquisa.

Esta mesma constatação também foi discutida em trabalhos realizados em outras áreas do Brasil, como por Silva e Rosa (2007) em estudo na Bacia do Ribeirão Douradinho, município de Uberlândia em Minas Gerais. Para os autores as imagens CBERS-2/CCD permitiram uma boa interpretação das categorias de uso da terra possibilitando discriminar cada uma delas de forma bastante satisfatória.

Entretanto, como já apontado em outras pesquisas, ocorreram algumas confusões no processo de classificação, como por exemplo áreas de cultivo de arroz que obtiveram mistura da resposta espectral com a classe de campos litorâneos. A fim de minimizar estas misturas, decidiu-se juntar estas classes levando assim a desconsideração das áreas de cultivo de arroz no momento da classificação. Gambá e Luchiari (2005) também destacam esse tipo de confusão de resposta espectral em sua pesquisa, porém em seu estudo foram utilizadas imagens LANDSAT 7/ETM+ das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.



Como pôde ser comprovada, esta confusão não ocorre somente com produtos do satélite CBERS-2/CCD, isto porque no momento de aquisição das assinaturas espectrais os valores encontrados são similares. Esta mesma confusão também ocorre para vegetação de banhado e marisma, pois são vegetações de áreas úmidas. Logo, o *software* não consegue diferenciá-las e acaba por inseri-las em uma única classe. Entretanto, isto não impede a utilização de imagens orbitais de uma forma geral, sendo necessário apenas uma edição final mais precisa, tornando imprescindível o conhecimento teórico-prático do executor do trabalho.

## **9. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização de produtos CBERS-2/CCD foi de fundamental importância para o estudo ambiental da região, já que nos permitiu obter dados concisos e seguros do meio físico natural estudado, possibilitando assim uma análise precisa do município. Futuramente estas imagens poderão ser utilizadas para subsidiar decisões sobre estratégias de gestão e avaliação de áreas para desenvolvimento urbano, agrícola, industrial ou outra atividade.

Além disso, os resultados alcançados com imagens gratuitas passam a receber mais destaque quando comparados com resultados de imagens pagas, comprovando assim a eficácia deste produto em estudos geoambientais.

Outro ponto da análise mostra que módulo de classificação *MaxLike* foi muito eficiente na caracterização das classes temática, o que gerou um bom resultado conforme pôde ser observado. Dessa forma a emprego de técnicas de geoprocessamento promoveu o conhecimento da realidade ambiental recente do município de Rio Grande, permitindo a caracterização dos diversos tipos de uso e cobertura do solo, além de estimar a extensão que cada unidade ambiental representa no município.

## **10. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO**

Centeno, J.A.S. 2004. Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais, Curitiba, PR.

Correia, J.D., Cruz, C.B.M., Menezes, P.M.L., Marini, S.S. e Barros, R.S. 2005. Contribuição das imagens CBERS na Atualização do Mapeamento Sistemático Brasileiro na escala 1:100.000. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril, INPE, p. 873-880.

Eastman, J. R. 2006. IDRISI for Windows User's Guide version Andes. Introduction. Worcester-MA. Graduate School of Geography, Clark University, p. 1-1 to 3-19.

Eckhardt, R.R; Rempel, C; Saldanha, D.L; Guerra, T. e Porte, M.L. 2007. Análise e diagnóstico ambiental do vale do taquari – RS- Brasil, utilizando sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE p. 5191-5198.

Gambá, C. T. de C; Luchiari, A. 2005. Avaliação da exatidão de mapeamento do uso e da cobertura da terra obtidos a partir de classificadores baseados na concepção Fuzzy, Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril INPE p. 4073-4080.

Medeiros, J. S. de e Câmara, G. 2001, Introdução à Ciência da Geoinformação. 1 - 36. Capítulo 10: Geoprocessamento para Estudos Ambientais, Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacoesambientais.pdf>> Acesso em: 15 de setembro de 2007.

Moreira, M. A. 2003. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação. São José dos Campos: Editora: UFV, 2ª Edição. 255, 286 pp.

Santos, R. F. 2004. Planejamento Ambiental Teoria e Prática, Ed. Oficina de Textos, São Paulo/SP.

Sarmento, C.E; Weber, E; Hasenack, H. 2001. Avaliação da Situação da Cobertura Florestal na Bacia do Rio Feitoria e Identificação de Áreas Críticas Usando Técnicas de Geoprocessamento, UFRGS.

Silva, M. K. A. e Rosa. R. 2007. Aplicações das imagens CBERS no Levantamento do Uso da Terra e Cobertura Vegetal Natural da Bacia do Ribeirão Douradinho no Município de Uberlândia, MG, Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE p. 1151-1157.

Zaindan, R. T. e Xavier-da-Silva, J. 2004. Geoprocessamento e Análise Ambiental, Capítulo 2, pág. 69, Rio de Janeiro; ed. Bertrand Brasil.

# IDENTIFICAÇÃO DAS APTIDÕES AGRÍCOLAS DA MICROBACIA DO ARROIO SANTO ANTÔNIO, ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Tania Cristina Gomes, UFSM, geotania\_ufsm@hotmail.com  
Michele Lindner, UNESP – Rio Claro, michelindner@gmail.com  
Flamarion Dutra Alves, UNESP – Rio Claro, flamariondutra@bol.com.br  
Graciele Carls Pittelkow, UFSM, graciele\_geo@hotmail.com

## Resumo

A importância de técnicas como o geoprocessamento ganham cada vez mais destaque na medida em que torna-se possível através da utilização de banco de dados, realizar análises integradas, sobre os mais variados aspectos físicos que influenciam direta ou indiretamente a ocupação humana. A tecnologia do geoprocessamento tem sido fortemente utilizada para solucionar problemas surgidos de impactos ambientais, provocados pela contínua ação do homem sobre o ambiente. Assim, o presente estudo possui um caráter descritivo e tem como principal objetivo analisar através dos dados obtidos pela geração de cartas temáticas, as aptidões agrícolas da área da Microbacia do Arroio Santo Antônio. A pesquisa deu-se através das fases de revisão bibliográfica, elaboração de mapas temáticos e trabalho de campo. O material cartográfico utilizado como ferramenta para o estudo foi elaborado utilizando-se o programa Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING 4.2. Desta forma, partiu-se para a elaboração de cartas temáticas, hipsométrica, clinográfica e de uso da terra. E para a edição final das cartas utilizou-se o programa Adobe Photoshop 8.0. Com base nos resultados obtidos através do Mapa Hipsométrico da Microbacia, pode-se notar que topograficamente esta se caracteriza por apresentar cotas altimétricas relativamente altas, e quanto a suas declividades estas são moderadas. Com base no Mapa de Uso da Terra, constatou-se que as áreas agrícolas e de campo compreendem a maior parte da microbacia, constatando-se a vocação agrícola desse espaço. Destaca-se também a existência de muitas propriedades que situadas em áreas, limitantes ao uso da mecanização agrícola (5 a 12%), dado importante devido ao perigo de início de erosões nestas declividades. Portanto, salienta-se a importância de estudos que visem buscar a análise das aptidões de áreas agrícolas através das técnicas de geoprocessamento, para que os impactos negativos ao meio ambiente sejam reduzidos.

Palavras Chave: Geoprocessamento, microbacia hidrográfica , impactos ambientais.

## Abstract

The importance of techniques as the geoprocessing has increasingly prominence in relation to the development of its feasibility through the database use, to accomplish integrated analyses, on the most varied physical aspects that influence direct or indirectly the human living places. The technology of the geoprocessing has been used strongly to solve emerging problems of environmental impacts, provoked by the human's continuous harm on the atmosphere. Therefore, the present study possesses a descriptive character and has as main objective to analyze through the data obtained by the development of thematic maps, the agricultural aptitudes of the area of Microbasin at Santo Antônio stream. The research was done through bibliographical revision, elaboration of thematic maps and field work. Thus, the cartographic material used as tool for the study was elaborated through the program SPRING 4.2. [*Geo-referenced Data Processing System*] - This way, it was accomplished the elaboration of thematic, hypsometric, clinographic and the land use maps. Also the program Adobe Photoshop 8.0 was used for the final edition of the maps. Based

on the results obtained through the Hypsometric Microbasin Map, it can be noticed that topographically this it is characterized by presenting relatively high altimetry levels, and as for their steepness these are moderate. Moreover, based on the Map of the Land Use, it was verified that the agricultural areas and of field include most of the microbasin, being verified the agricultural vocation of that location. It also can be highlighted that there are a lot of properties located in areas which have restrictions to the use of agricultural mechanization (5 to 12%), this information is important due to the beginning of erosions in these steepness. Therefore, it is pointed out the importance of studies provide further information for the analysis of the aptitudes of agricultural areas through the geoprocessing techniques, so that the negative impacts to the environment are reduced.

Keywords: Geoprocessing, hydrographic microbasin, environmental impacts.

## **Introdução**

A importância de se desenvolver estudos integrados que permitam um amplo conhecimento das características físico – naturais do ambiente em que vivemos, vem como consequência da necessidade de se evitar atitudes impróprias ao ambiente, as quais podem ocasionar problemas, que podem ser evitados mediante estudos prévios das aptidões de cada área.

No que se refere à atividade agrícola, Drew (1986) entende, que esta representa a tentativa mais generalizada de controle do ambiente humano. Salientando que quanto mais sofisticada a forma de agricultura, mais deformados se tornam os ecossistemas naturais e maior a proporção de fluxo de energia do sistema que escoam para o uso humano, ou seja, a utilização de insumos químicos para o aumento da produtividade agrícola ocasiona uma maior degradação dos ecossistemas naturais.

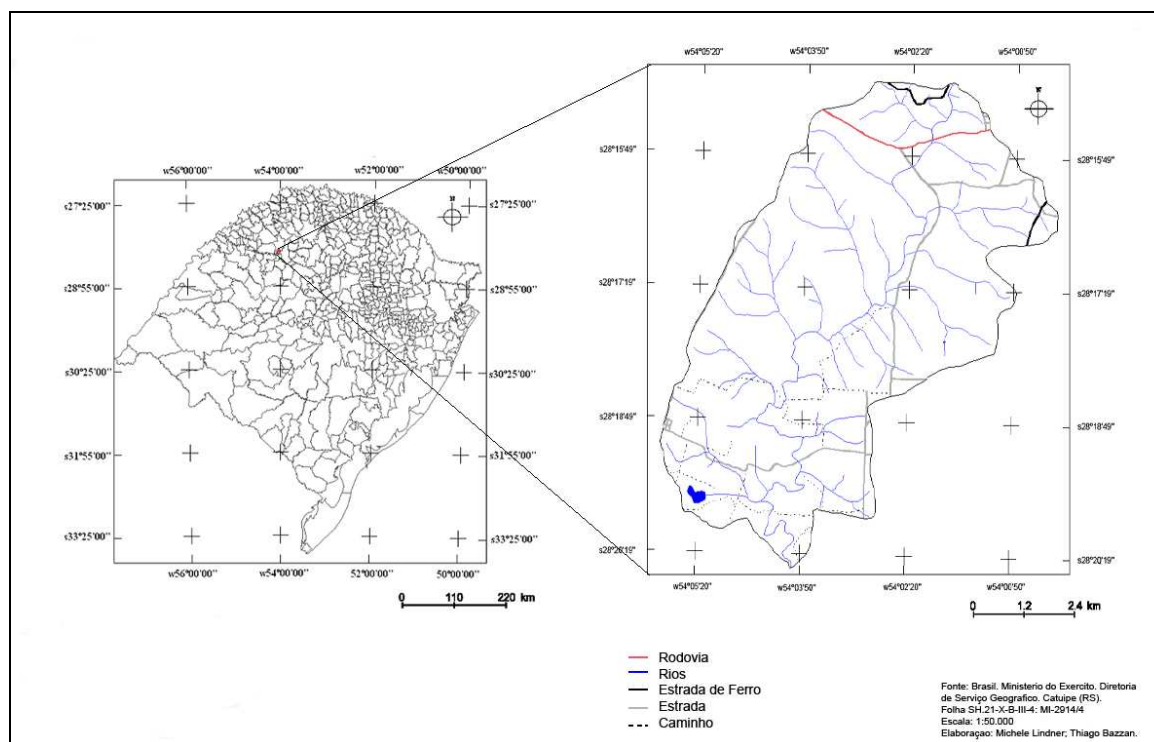
Toda ação antrópica causa algum tipo de alteração no meio-ambiente, e a agricultura por sua vez, modifica o equilíbrio dos ecossistemas naturais e provoca alterações que variam de acordo com as técnicas e intensidade com que essas são aplicadas.

Os efeitos da agricultura sobre o ambiente relacionam-se diretamente com a escala em que ela é empreendida. Há dois aspectos a considerar: primeiro, a intensidade e o grau de alteração provocada ao solo e à vegetação preexistentes: segundo, a área em que se deu a alteração (DREW, 1986, p. 146).

Neste contexto é que se demonstra a importância de técnicas como o geoprocessamento, uma vez que através da utilização de banco de dados, é possível realizar

uma análise integrada, sobre os mais variados aspectos físicos que influenciam direta ou indiretamente a ocupação humana.

O estudo está locado no espaço do município de Ijuí, o qual se caracteriza pela predominância de unidades produtivas de base familiar. Desta forma, a análise terá como referencial a Microbacia do Arroio Santo Antônio (Figura 1).



**Figura 1** - Localização da Microbacia do Arroio Santo Antônio em Relação ao Estado do Rio Grande do Sul

A partir da aplicação de técnicas de geoprocessamento, elaborou-se mapas temáticos da Microbacia, sendo possível desta forma, analisar os elementos físicos da área, através da estruturação de dados geoambientais. Portanto, o presente estudo possui um caráter descritivo e tem como principal objetivo analisar através dos dados obtidos pela geração de cartas temáticas, as aptidões agrícolas da área estudada.

### Referencial Teórico

Na concepção de Lepsch *et al* (1983, apud ASSAD e SANO *et al.*,1998, p. 121), “as informações de meio físico possibilitam o conhecimento das características e das

condições físicas da área de estudo que, juntamente com dados socioeconômicos, constituem a base para a elaboração do planejamento econômico”.

Desta forma, a escolha por microbacias, para a análise das características físicas das áreas estudadas, deu-se devido a estas representarem unidades naturais da superfície terrestre, onde se torna possível analisar as inter – relações, existentes entre elementos contidos dentro da área com o centro do estudo, possibilitando assim uma análise considerando o contexto onde as áreas de estudo estão inseridas.

Portanto, para Villela e Mattos (1975, p. 06): “Bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente drenada por um curso d’água ou um sistema conectado de cursos d’água tal que a vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída”.

Os planejadores de manejo e conservação de solo e água de uma microbacia hidrográfica, de uma área de estudo maior ou menor, ou qualquer outra atividade que envolva análise de dados espaciais georreferenciados, podem ser executados mais precisa e rapidamente com a utilização de SIGs (ASSAD e SANO, 1998).

Desta forma, segundo Assad e Sano et al. (1998, p.135):

O planejador pode estabelecer critérios de agrupamento de classes e, em seguida, para toda a microbacia definir alguns tipos de manejo junto aos produtores locais. Ou então, para cada propriedade, estabelecer os melhores modelos de manejo e função das classes de meio físico que nela ocorrem.

Neste contexto os SIGs se inserem como ferramentas que têm a capacidade de manipular funções que representam os processos ambientais, em diversas regiões de uma forma simples e eficiente, permitindo uma economia de recursos e tempo. No Brasil o SIG possui como sinônimo o Geoprocessamento, o que pode ser explicado pelo fato de SIG estar ligado com muitas disciplinas e campos tecnológicos que manipulam dados espaciais (COSTA, 2000).

Desta forma, Câmara e Medeiros (1998, apud COSTA 2000), colocam que, o objetivo principal do Geoprocessamento é fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos.

Portanto, o Geoprocessamento representa um elemento de grande importância para um planejamento racional de explorações naturais, podendo demonstrar claramente dados relacionados com vegetação, solos, águas. E dessa forma, aparece como um instrumento para auxiliar em projetos de preservação ou recuperação do meio ambiente.

Contudo, Câmara e Medeiros (1998, apud COSTA,2000), salientam que o uso do Geoprocessamento em projetos ambientais requer o uso intensivo de técnicas de integração de dados. Para tal é necessário que as técnicas de Geoprocessamento sejam combinadas com ferramentas de análise espacial, processamento de imagens, geo-estatística e modelagem numérica do terreno.

Os modelos numéricos do terreno (MNT) são utilizados para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço, sendo comumente associados a altimetria (CÂMARA e MEDEIROS, 1998). Entre seus usos numéricos, pode-se citar (Burrough, 1996, apud Câmara e Medeiros, p. 18, 1998): Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos; Análise de corte-aterro para projeto de estradas e barragens; Cômputo de mapas de declividade e exposição para apoio a análises de geomorfologia e erodibilidade; Análise de variáveis geofísicas e geoquímicas; Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Contudo, existem diversos tipos de dados com grande relevância para análise das características físicas de determinadas áreas que podem ser gerados através do geoprocessamento. Entre eles temos os mapas temáticos, que descrevem de forma qualitativa a distribuição espacial de determinada grandeza geográfica. Os dados para a geração de mapas temáticos são obtidos a partir de levantamentos de campo e inseridos no sistema por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

### **Procedimentos Metodológicos**

O presente estudo possui um caráter descritivo. Os estudos de natureza descritiva procuram descobrir as características de um fenômeno como tal, podendo considerar como objeto de estudo uma situação específica, um grupo ou um indivíduo (RICHARDSON, 1999).

Segundo Denker (2000), as pesquisas descritivas compreendem uma série de técnicas de levantamento de dados e podem ser quantitativos ou qualitativos. Neste caso, o estudo apresentou um caráter quantitativo e qualitativo/descritivo.

O método quantitativo/descritivo é amplamente utilizado na condução de pesquisas e representa a intenção de garantir a precisão dos resultados, evitar distorções de análise e

interpretação, possibilitando, conseqüentemente, uma melhor margem de segurança quanto às inferências (RICHARDSON, 1999).

O caráter qualitativo da pesquisa é apresentado na descrição das variáveis estudadas, como características físicas da Microbacia do Arroio Santo Antonio, suas formas de ocupação e aptidões agrícolas. Já o método quantitativo foi utilizado nesta pesquisa em questões referentes a quantificação dos dados obtidos, os quais foram obtidos através da geração do material cartográfico.

O material cartográfico utilizado como uma das ferramentas do estudo foi elaborado utilizando-se o programa Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING 4.2 e como complemento para o tratamento final das cartas temáticas o programa Adobe Photoshop 8.0.

Desta forma, para a elaboração dos mapas da área de estudo, primeiramente escaneou-se a área da Microbacia do Arroio Santo Antônio localizada na Carta de Catuipe, FOLHA SH.21-X-B-III-4, MI – 2914/4, na escala de 1:50.000. A imagem da Microbacia foi salva no formato Tiff.

Para a utilização das imagens no módulo SPRING, foi preciso converter o formato de Tiff para um arquivo GRIB, pois o georreferenciamento no SPRING só é possível neste formato. Assim, para a conversão, utilizou-se o aplicativo IMPIMA.

No SPRING criou-se um Banco de Dados, sendo os dados armazenados em um diretório criado para tal, posteriormente criou-se um Projeto, que serve como sub-diretório dentro do banco de dados. Para a obtenção de diversos elementos das microbacias, como a imagem da carta, rede de drenagem, limite da microbacia, estradas, curvas de nível, entre outros, foi necessário a criação de um Modelo de Dados, onde se criou categorias, identificando se estas eram temáticas, MNT, imagens, etc, e em seguida criou-se Planos de Informação para cada uma dessas categorias.

Antes da digitalização de elementos como rede de drenagem, estradas e curvas de nível, foi preciso georreferenciar a imagem da carta, através da obtenção de pontos de controle e posterior identificação de erros, após a seleção destes pontos, eles foram salvos e a imagem GRIB já georreferenciada foi importada para o SPRING. Após a importação da imagem da carta, digitalizou-se a rede de drenagem, estradas e limite da microbacia, como categorias temáticas, já as curvas de nível foram digitalizadas na categoria MNT, assumindo seus valores já na sua digitalização. De posse destes dados, elaborou-se cartas



hipsométricas, de declividades e uso da terra, todas geradas no programa SPRING 4.2.

A carta hipsométrica permite estudar o espaço relacionado a com a altitude, indicando a proporção de variações altimétricas ocupando determinada área da superfície terrestre. No caso da microbacia estudada utilizou-se variações de 20 em 20 metros, para poder analisar mais detalhadamente as variações existentes nesta área.

A carta clinográfica ou de declividade foi gerada com base nos parâmetros propostos por De Biasi (1992). De acordo com esse autor a carta clinográfica consiste basicamente num “instrumento com o qual podemos representar e verificar a utilização e o aproveitamento mais racional do terreno procurando assim uma melhor adequação dos usos e projetos que o homem tem para esse ambiente”.

Assim, a representação das declividades existentes na microbacia foram baseadas nos limites de porcentagens propostas por De Biasi (1992):

<5% - Limite urbano industrial, utilizados internacionalmente, bem como em trabalhos de planejamento urbano efetuados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo e da EMPLASA.

5% a 12% - Esta faixa define o limite máximo do emprego da mecanização na agricultura.

12% a 30% - O limite de 30% é definido por legislação federal –LEI 6766/79 – também chamada de Lei Lehmann, que vai definir o limite máximo para a urbanização sem restrições, a partir da qual toda e qualquer forma de parcelamento far-se-á através de exigências específicas.

30% a 47% - O Código Florestal, fixa o limite de 47%, como corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por cobertura vegetal. Lei n° 4771/65 de 15/09/65.

> 47% - O Código Florestal estabelece que nessa faixa “não será permitida a derrubada de florestas, só sendo tolerado a extração de toros quando em regime de utilização racional, que vise parâmetros permanentes”.

Para a elaboração da carta de uso da terra, buscou-se imagens da área em estudo. Assim, utilizou-se imagem do satélite CBERS 2, do dia 07/07/2006, obtida através do Instituto Nacional e Pesquisas Espaciais (INPE). Desta forma, para a utilização da imagem, foi preciso georreferenciar a imagem, através da obtenção de pontos de controle e posterior identificação de erros, após a seleção destes pontos, eles foram salvos e a imagem GRIB já

georreferenciada foi importada para o SPRING. Após a importação da imagem selecionou-se amostras de elementos como: áreas agrícolas, mata, solo exposto e áreas de campo. A partir de então, partiu-se para a geração da carta de uso da terra da microbacia.

Após a geração da base de dados das cartas temáticas da microbacia, utilizou-se o aplicativo SCARTA para a geração de cartas (título, legenda, tamanho, escala, etc), e posteriormente o aplicativo IPLOT para a conversão destas para o formato tiff. Para o tratamento final da editoração das cartas utilizou-se o programa Adobe Photoshop 8.0.

## **Análise dos resultados**

### *Mapa Hipsométrico*

Através da elaboração de mapas temáticos no programa SPRING, pode-se obter informações referentes as características físicas da Microbacia do Arroio Santo Antônio.

A classe 1, corresponde a faixa de 220 a 240 metros de altitude. Esta classe apresenta um total de 961,660700 hectares, sobre a área total da microbacia e corresponde a 19% da mesma. A classe 1, por ser a de menor altitude, concentra-se nos arredores do rio principal (figura 2).

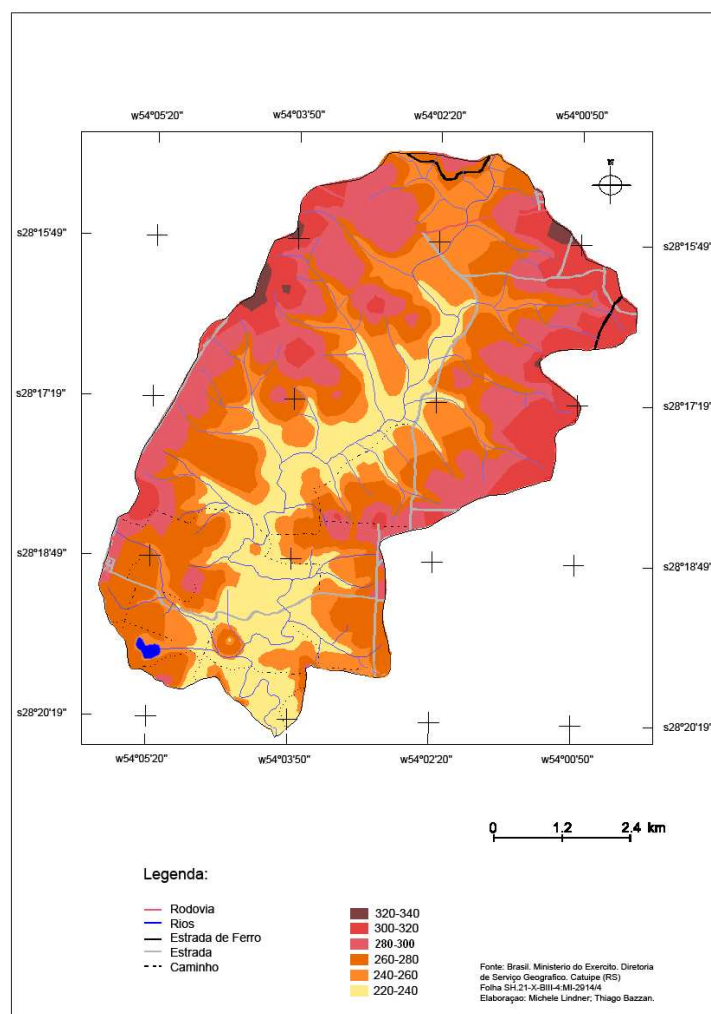
A classe 2, corresponde a faixa altimétrica de 240 a 260 metros de altitude, apresentando um total de 1145,963650 hectares, que representa 22% da área total da microbacia. A classe 3, corresponde a faixa altimétrica de 260 a 280 metros, apresentando um total de 1342,417700 hectares, que representa 26% da área total da microbacia. Essas duas classes, concentram-se nas proximidades dos rios secundários.

A faixa altimétrica de 280 a 300 metros, que corresponde a classe 4, apresenta uma área de 1056,469700 hectares, que representa 21% da área total da microbacia. Esta classe concentra-se em diversas áreas da microbacia, ao centro entre os rios secundários (figura 2).

A classe 5, que corresponde a faixa altimétrica que vai de 300 a 320 metros, apresenta 563,864275 hectares na microbacia, representando 11% da área total desta. Essa classe aparece em áreas ao leste, nordeste e noroeste da microbacia (figura 2).

A faixa altimétrica de 320 a 340 metros, encontra-se em algumas pequenas porções no nordeste e noroeste da microbacia (figura 2). Essa faixa apresenta uma área de 38,350325 hectares, representando 1% da área total da microbacia, portanto essa é a faixa

menos expressiva no total da microbacia.



**Figura 2 -** Mapa Hipsométrico da Microbacia do Arroio Santo Antônio

Na tabela 1 são apresentadas as classes hipsométricas a seus respectivos valores, obtidos através da quantificação destas.

**Tabela 1:** Quantificação das classes hipsométricas da Microbacia do Arroio Santo Antônio

<b>Classe</b>	<b>Hipsometria (metros)</b>	<b>Área (hectares)</b>
1	220-240	961,660700
2	240-260	1145,963650
3	260-280	1342,417700
4	280-300	1056,469700
5	300-320	563,864275
6	320-340	38,350325
<b>Total</b>		<b>5108,726350</b>

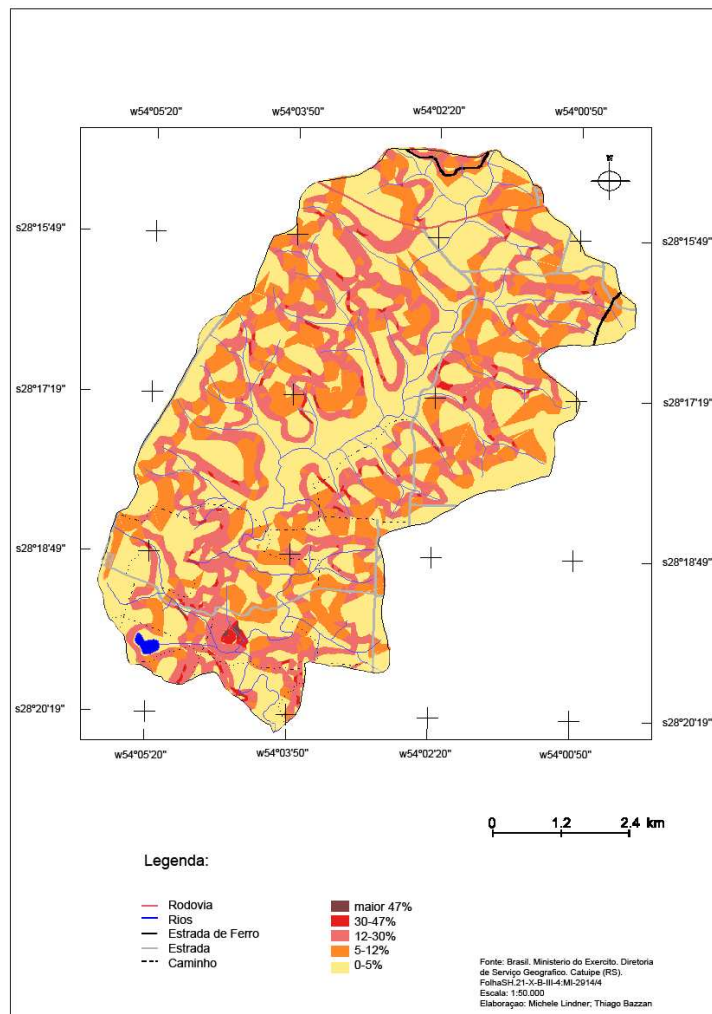
Organização: Michele Lindner, 2006.

Com base nos resultados obtidos, pode-se notar que topograficamente a microbacia se caracteriza por apresentar cotas altimétricas relativamente altas. Este fato decorre, da área onde a Microbacia esta localizada situar-se no planalto sul-riograndense.

### *Mapa Clinográfico*

Na elaboração do Mapa Clinográfico, as declividades foram divididas em cinco classes conforme é demonstrado na metodologia. Desta forma, verificou-se que a classe 1, que engloba as declividades entre 0 e 5%, as quais representam áreas de declividades baixas a moderadas, representam 50% da área total da microbacia, ocupando 2525,328975 hectares. Esta classe encontra-se bem distribuída em toda área da microbacia, apresentando áreas de maior continuidade ao longo do rio principal (Figura 3). É uma declividade que apresenta bons potenciais para a agricultura mecanizada, por se tratar de um relevo com poucas inclinações está sujeita a inundações.

A classe 2, com declividades de 5 a 12%, que é faixa que define o limite máximo de emprego de mecanização na agricultura (De Biasi, 1992), esta distribuída ao longo do curso dos rios secundários ao longo da microbacia, em várias porções fragmentas (Figura 3). Relacionando-se com o Mapa Clinográfico com o Mapa Hipsométrico, pode-se notar que as áreas em que essa classe abrange, coincidem com altitudes maiores, não apresentando muitas ocorrências na faixa altimétrica que vai de 220 a 240 metros. Essa classe representa 26% da área total da microbacia, abrangendo uma área de 1338,116650 hectares e ali se caracteriza o início de processos erosivos.



**Figura 3** - Mapa Clinográfico da Microbacia do Arroio Santo Antônio

A classe 3, que compreende as declividades entre 12 e 30%, encontra a sua maior concentração na porção sudoeste e noroeste, porém pode ser encontrada ao longo de toda a microbacia (Figura 3). É uma faixa com declividades relativamente acentuadas que representam 23% da área total da microbacia, englobando 1178,918650 hectares, espalhados em várias porções ao longo desta.

As declividades que aparecem em menor proporção, correspondem a classe 4, que compreendem as declividades entre 30 e 47%. A maior concentração dessa classe, encontra-se na porção sul da microbacia, podendo ser encontrada em pontos isolados ao longo da mesma (Figura 3). Ocupa uma área de aproximadamente 10% da área total, correspondentes a 59,466875 hectares, sendo esta a classe de menor representatividade na área da microbacia. Este fato se deve ao local de estudo estar localizada em uma área de planalto, na qual as declividades apresentam-se relativamente moderadas.

A classe 5, que representa as declividades maiores que 47%, estabelecidas de acordo com a metodologia, apresentou uma ocorrência muito pequena na área de estudo, representada por 4,740450 hectares. Essa pequena parcela não apresentou nenhuma representatividade nas percentagens em relação a área total, portanto não aparecem na representação das mesmas. Os dados relativos a quantificação das áreas das classes de declividade podem ser conferidas na Tabela 2.

**Tabela 2:** Quantificação das classes de declividades da Microbacia do Arroio Santo Antônio

<b>Classe</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Área (hectares)</b>
1	0-5%	2525,328975
2	5-12%	1338,116650
3	12-30%	1178,918650
4	30-47%	59,466875
5	maior 47%	4,740450
<b>Total</b>		<b>5106,571600</b>

Organização: Michele Lindner, 2006.

A partir dos dados apresentados, pode-se notar que grande parte da área da microbacia possui declividades moderadas. Dessa forma, a partir dos dados analisado, pode-se perceber que em média 24% da área da Microbacia, tratam-se de declividades impróprias para a lavoura mecanizada.

#### *Mapa de Uso da Terra*

Nesta etapa do trabalho, realizou-se a classificação e quantificação do uso da terra da Microbacia do Arroio Santo Antônio, que foi dividido em quatro classes, as quais apresentaram maior relevância na microbacia, sendo essas classes: área agrícola; campo; solo exposto; mata (Figura 4). Posteriormente, buscou-se na quantificação agrupar as áreas de campo e áreas agrícolas, pois de acordo com a identificação da área realizada no trabalho de campo, pode-se perceber que não existe uma parcela tão significativa de áreas de campo, constatando-se desta forma, que partes da área identificada como área de campo através da classificação da imagem do satélite CBERS, podem ser áreas ocupadas com cultivos agrícolas como aveia ou mesmo o trigo ainda verde, devido a data (07/07/2006) da imagem utilizada.

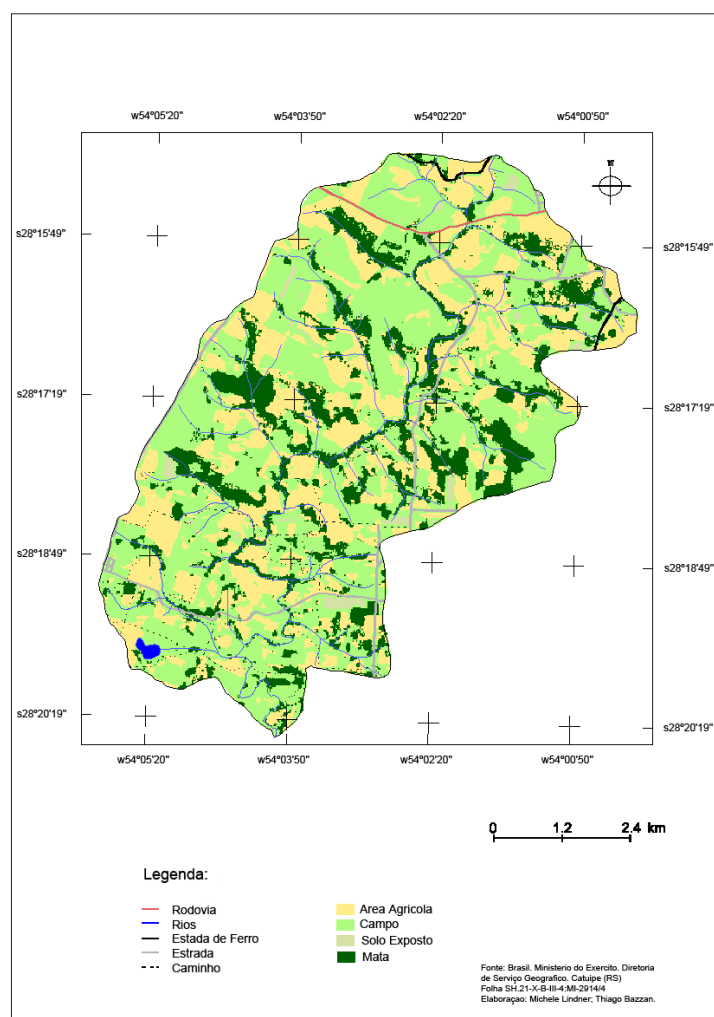
A Tabela 3 apresenta a quantificação das classes de uso da terra em relação a área total da Microbacia do Arroio Santo Antônio.

**Tabela 3:** Quantificação das classes de uso da terra da Microbacia do Arroio Santo Antônio

Classe	Uso da Terra	Área (hectares)
1	Mata	900,680000
2	Área Agrícola	1650,360000
3	Campo	2545,160000
4	Solo Exposto	58,840000
Total		5155,040000

Organização: Michele Lindner, 2006

Ressalta-se dessa forma, que o somatório entre as duas classes, a classe 2 que representa área agrícola e a classe 3, que representa áreas de campo, totalizaram 4195,84 hectares, representando 82% da área total da microbacia (Figura 4). Ao analisar o mapa de uso da terra e o mapa hipsométrico, pode-se notar que as áreas ocupadas por estas duas classes, ocupam a maior parte das áreas de menor declividades da microbacia, estando distribuída por toda a área desta.



**Figura 4 -** Mapa de Uso da Terra da Microbacia do Arroio Santo Antônio

A utilização da grande maioria da área desta microbacia com áreas agrícolas e de campo, demonstra a vocação agrícola desse espaço agrário. As áreas de campo são utilizadas para a criação de bovinos e eqüinos, principalmente bovinos de leite, servindo como complemento na renda e alimentação de muitas famílias do local, como acontece no caso da propriedade estudada.

A classe 1 representa as áreas de mata da microbacia. Ressalta-se que grande parte destas matas são resquícios de mata nativa, conforme constatado em trabalho de campo. As áreas de mata apresentam 900,68 hectares correspondendo a 17% da área total da microbacia. Essa classe coincide com as áreas mais íngremes, e principalmente em áreas ao longo de alguns cursos fluviais.



A classe de solo exposto, classe 4, apresenta 58,84 hectares, representando um percentual de 1% da área total da microbacia. Encontram-se alguns pequenos fragmentos dessa classe nos setores noroeste, leste, sudeste e oeste da microbacia.

### **Considerações Finais**

A tecnologia do geoprocessamento tem sido um forte mecanismo para a solução de problemas surgidos de impactos ambientais, provocados pela contínua ação do homem sobre o ambiente. Essa tecnologia procura abstrair o mundo real, transferindo ordenadamente as suas informações para o sistema computacional. Sendo que esta transferência é feita por bases cartográficas, através de um sistema de referência apropriado.

Com base no estudo realizado, através da geração de cartas temáticas aliada ao trabalho de campo, percebe-se que existem vários fatores que podem ser destacados no estudo. Primeiramente, destaca-se a existência de muitas propriedades que encontram-se em uma área, que esta no limite para a mecanização na agricultura (5 a 12%), mesmo representando uma pequena parcela da Microbacia estudada, este dado torna-se importante devido a nessa declividade haver o perigo do início de erosões. Portanto, mesmo sendo uma área adequada para a agricultura mecanizada é necessário que se tenha cuidados na exploração da mesma, para que não ocorra degradação.

Como o principal cultivo agrícola da área, a soja, trata-se de um produto que exige uma grande escala para a comercialização, muitas vezes as exigências são maiores do que as pequenas propriedades podem suportar, e para permanecer no processo produtivo os produtores passam a utilizar os recursos sem os cuidados adequados. Portanto, é necessário que esses cuidados sejam redobrados para que não haja uma superutilização da terra, visando o aumento da produtividade.

Contudo, destaca-se a importância de estudos que visem buscar a análise das aptidões de áreas agrícolas através das técnicas de geoprocessamento, para que os impactos negativos ao meio ambiente sejam reduzidos e sejam tomados os cuidados necessários a cada área.

### **Referencias Bibliográficas**

ASSAD, Eduardo Delgado.; SANO, Edson Eyji. “Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia” hidrográfica. In: ASSAD, Eduardo Delgado & SANO, Edson Eyji. **Sistema de informações geográficas – Aplicações na agricultura**. 2 ed. Ver. E ampl. Brasília: Embrapa – SPI/EMBRAPA-CPAC, 1998.

CÂMARA, Gilberto.; MEDEIROS, José Simeão de. “Princípios básicos em geoprocessamento”. In: ASSAD, Eduardo Delgado & SANO, Edson Eyji. **Sistema de informações geográficas – Aplicações na agricultura**. 2 ed. Ver. E ampl. Brasília: Embrapa – SPI/EMBRAPA-CPAC, 1998.

COSTA, Fabia Amorim da. **Aplicação de Geoprocessamento na Análise e Modelagem Ambiental da Microbacia Arroio Passo do Pilão: Estudo de Adequação de Uso da Terra Relacionado aos Sistemas Agrícolas**. 2000. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

DE BIASI, Mário. A Carta Clinográfica: os Métodos de Representação e sua Confecção. In: **Revista do Departamento de Geografia**. FFLCH/USP, (6):45-60,1992.

DENKER, Ada de Freitas Maneti. **Métodos e técnicas de pesquisa em turismo**. São Paulo: Futura, 1998.

DREW, David. **Processos Interativos Homem- Meio Ambiente**. São Paulo: DIFEL, 1986.

RICHARDSON, Robert Jarry. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

# ANÁLISE DE FORMAS DO MODELADO GRANÍTICO DE PORMENOR NA SERRA DE MONTEMURO: FACTORES DE GÉNESE E EVOLUÇÃO DAS PIAS

António Vieira, Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento, Departamento de Geografia, Universidade do Minho, ([vieira@geografia.uminho.pt](mailto:vieira@geografia.uminho.pt))

## RESUMO

A Serra de Montemuro é um imponente maciço do Norte da Beira (Portugal), de constituição maioritariamente granítica.

O predomínio de rochas granitóides, aliado à influência da tectónica e à evolução dos processos morfoclimáticos, conduziram ao desenvolvimento de um vasto conjunto de formas, como sejam os vales de fractura e alvéolos graníticos, ou os *tafoni* e as pequenas pias, de menor dimensão.

Neste sentido, a partir da análise morfométrica das pias aqui presentes e das características físicas dos afloramentos graníticos, pretendemos aplicar metodologias estatísticas que nos permitam extrair informações sobre os elementos que controlam a génese e desenvolvimento das características morfológicas destas formas.

Palavras-Chave: Morfologia granítica, pias, Serra de Montemuro

## RESUMEN

La Sierra de Montemuro es un imponente macizo del Norte de la Beira (Portugal), de constitución mayoritariamente granítica.

El predominio de las rocas graníticas, bien como la influencia de la tectónica y de la evolución de los procesos morfoclimáticos, han conducido al desarrollo de un vasto conjunto de formas, como sean los valles de fracturas y las depresiones graníticas, o los *tafoni* y las pequeñas pias, de menor dimensión.

En este sentido, partiendo del análisis morfométrico de las pias aquí presentes y de las características físicas de los afloramientos graníticos, pretendemos aplicar metodologías estadísticas que nos permitam extrair informaciones sobre los elementos que controlan la génesis y el desarrollo de las características morfológicas de estas formas.

Palavras-Chave: Morfologia granítica, pias, Sierra de Montemuro

## 1. INTRODUÇÃO

A Serra de Montemuro corresponde a um relevo essencialmente granítico, vigoroso e com vertentes abruptas, atingindo no ponto mais alto 1381 metros de altitude, sendo a forma de relevo mais elevada a Sul do Douro, se exceptuarmos os volumes da Cordilheira Central. Localiza-se no Norte da Beira (Portugal)

No âmbito de trabalhos anteriores (Vieira, 2001, 2003) tivemos a oportunidade de conhecer aprofundadamente a Serra de Montemuro e podemos identificar um diversificado conjunto de paisagens características das áreas graníticas.

A elevada profusão de formas graníticas de pormenor na Serra de Montemuro e especialmente de pias, levou-nos a considerar uma análise mais detalhada das mesmas, com o objectivo de aprofundar o conhecimento específico destas formas, com base na identificação e aferição das suas características morfométricas, procurando, assim, reconhecer padrões que nos permitissem, por um lado, sistematizar este tipo de formas, e por outro, compreender a importância de determinados factores na sua génese e evolução.

Neste sentido, tomando como referência alguns trabalhos realizados neste âmbito, na Galiza, por Uña Álvarez (1996, 1997, 1998, 2002) ou por Goudie e Migón (1997), no deserto central da Namíbia, decidímo-nos por desenvolver uma análise baseada num conjunto de parâmetros obtidos através de trabalho de campo, aos quais aplicámos metodologias estatísticas de análise de dados.

Além da análise estatística dos parâmetros que caracterizam as pias, aplicámos uma outra metodologia, recorrendo à utilização de um esclerómetro (Schmidt Hammer), com o objectivo de, com base na resistência das rochas, identificar aquelas que apresentavam uma menor resistência e consequentemente maior fragilidade à meteorização, correlacionando-as com a ocorrência destas formas de pormenor na sua superfície.

## 2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS PIAS

As pias são pequenas depressões ou simples concavidades que se desenvolvem preferencialmente nos sectores horizontais ou pouco inclinados de superfícies rochosas. Estas formas têm capacidade de reter, por algum tempo, água no seu interior, a qual

desempenha um papel genético fundamental ao permitir a progressão da meteorização química no fundo e nas paredes das pias. A água é evacuada, quando em excesso, através dos bordos das pias ou por um canal preferencial (exutório)<sup>1</sup>, de altura inferior à parte restante do bordo. As pias apresentam, fundamentalmente, formas circulares, ovóides ou elípticas. Podem igualmente, por influência da estrutura (diaclasses e fracturas), ganhar contornos irregulares, ou, por coalescência de duas ou mais pias, formas lobadas.



Fotografia 1. Núcleo de Pias na Serra de Montemuro

## 2.1. Metodologia

Para a recolha dos dados referentes às variáveis utilizadas na análise estatística das pias definimos vários transeptos, em sectores correspondentes à linha de cumeada que se estende desde S. Pedro do Campo, a NW, passando pelas Portas de Montemuro, até ao v. g. Montemuro, no sector central do maciço. Correspondem a áreas em que os granitóides afloram com superfícies mais ou menos extensas, desenvolvendo-se aqui, preferencialmente, as formas em análise. Ao longo desses transeptos, numa faixa de cerca de 10 metros da linha de cumeada, procedemos à identificação das formas existentes (essencialmente presentes em núcleos) e recolha das variáveis pré-definidas.

---

<sup>1</sup> Termo utilizado por Vidal Romaní (1989), sem correspondência na língua portuguesa, tendo-se optado por manter este termo.

Este procedimento permitiu-nos recolher dados referentes a 96 pias, que foram também espacialmente referenciadas com um GPS.

Foram, portanto, definidas variáveis capazes de ser analisadas estatisticamente, agrupadas em três conjuntos: variáveis morfométricas; variáveis geológicas; e variáveis geográficas. Com base nestes dados, procedemos a uma análise exploratória dos dados, construindo-se, a partir deles, índices morfométricos, úteis da definição de grupos morfológicos.

No que diz respeito às diversas variáveis caracterizadoras das formas, consideraram-se, no processo de recolha de dados no campo, indicadores de natureza morfométrica, nomeadamente a sua largura e comprimento, à superfície e ao nível do fundo da forma, a profundidade máxima e mínima de cada pia e também a dimensão do exutório, quando presente. Estas variáveis estão representadas em centímetros, uma vez que são raros os casos em que se atingem valores superiores ao metro. Ao nível das variáveis referentes às características geológicas, definidores do maior ou menor grau de alterabilidade potencial, considerámos importantes a definição do tipo de granito presente e as suas características texturais, embora no presente estudo estas variáveis praticamente não tenham apresentado variação nos diferentes pontos analisados. Além destes, considerámos igualmente a presença ou ausência de produtos resultantes da meteorização, a existência de fracturas a afectar a forma e a presença de actividade bioquímica (essencialmente a colonização por líquenes) como factores a considerar na análise das formas, enquanto factores de aceleração dos processos degradativos. No que diz respeito às variáveis geográficas, foram consideradas as seguintes: altitude (em metros), orientação da forma (segundo o seu eixo maior), exposição da superfície onde se desenvolve e valor da sua inclinação/declive (em graus), presença ou ausência de exutório e sua orientação e o tipo de forma, no que diz respeito à morfologia no plano e à configuração no perfil (relacionado com a forma do fundo). A partir de diversas variáveis enumeradas produziram-se alguns índices, úteis para a definição dos padrões de desenvolvimento destas formas de pormenor.

A partir do conjunto de dados obtidos, realizou-se uma análise estatística exploratória dos dados, que nos permitiu conhecer as medidas de centralidade e dispersão que, a par da distribuição das frequências dos valores, possibilitaram a definição da diversidade e da tipologia destas formas.

## 2.2. Resultados

A observação dos valores obtidos por análise estatística exploratória das variáveis morfométricas permite-nos estabelecer algumas características tipológicas das formas desenvolvidas nos sectores da Serra de Montemuro analisados.

Os valores correspondentes ao comprimento e largura, quer à superfície, quer do fundo, apresentam valores quase exclusivamente inferiores ao metro, podendo-se afirmar que, na área em estudo, a dimensão das pias é relativamente reduzida e sub-métrica. Os valores correspondentes à média são, inclusivamente, inferiores aos 50 cm, apenas sendo ligeiramente superiores no caso do comprimento à superfície (cerca de 51 cm). No entanto, é considerável o peso de dimensões inferiores à média.

As frequências relativas (quadro 1) mostram-nos que, relativamente ao comprimento à superfície, mais de 58% das pias apresentam valores inferiores a 50 cm. No que diz respeito à largura esta tendência é mais acentuada, encontrando-se mais de 77% das pias no intervalo de valores entre 0 e 50 cm. Idêntico comportamento se verifica no comprimento do fundo, com mais de 78% das pias abaixo dos 50 cm, e na largura do fundo, com cerca de 87% inferiores aos 50 cm. Convém referir, porém, que a classe modal corresponde, para o comprimento à superfície e do fundo e para a largura à superfície, à classe dos 25 aos 50 cm, enquanto que para a largura do fundo corresponde à classe com valores mais reduzidos, entre 0 e 25 cm. Uma vez que também se regista uma proximidade entre estas duas classes no caso do comprimento do fundo, este aspecto é particularmente importante porque nos conduz à constatação de que uma parte considerável das pias apresenta uma morfologia afunilada, no perfil, em direcção ao fundo, correspondendo a um predomínio de pias com uma morfologia côncava.

Ainda em relação às medidas de tendência central, refira-se que os valores das medianas das variáveis referidas se apresentam moderadamente inferiores às médias aritméticas.

**Quadro 1.** Frequências relativas das variáveis morfométricas

Classes (cm)	CS	LS	CF	LF
[0;25[	18,75	26,04	35,42	51,04
[25;50[	40,63	51,04	43,75	36,46
[50;75[	22,92	15,63	11,46	9,38
[75;100[	13,54	5,21	7,29	2,08
[100;125[	2,08	1,04	1,04	0,00
[125;150[	1,04	0,00	0,00	1,04
>150	1,04	1,04	1,04	0,00
<b>Total</b>	100	100	100	100

Classes (cm)	Pmax	Pmin	Pmed
[0;12,5[	70,83	92,71	83,33
[12,5;25[	22,92	7,29	15,63
[25;37,5[	5,21	0,00	1,04
[37,5;50[	1,04	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Cs – Comprimento à superfície; Ls – Largura à superfície; Cf – Comprimento do fundo; Lf – Largura do fundo; Pmax – Profundidade máxima; Pmin – Profundidade mínima; Pmed – Profundidade média.

No entanto, apesar das dimensões médias não serem muito significativas, identificam-se algumas formas com valores bastante díspares (quadro 2). Assim, os valores extremos para o comprimento e largura à superfície encontram-se entre os 420 e 11 cm e os 210 e 10,5 cm, respectivamente, enquanto que o comprimento e largura do fundo se situam entre os 415 e 7 cm e os 149 e 6 cm, respectivamente. Consequentemente, os coeficientes de variação apresentam valores bastante elevados, principalmente no que ao comprimento diz respeito: cerca de 89%, à superfície, e 115%, no fundo.

Relativamente à profundidade, quer a máxima quer a mínima apresentam valores mais modestos, sempre inferiores a 40 cm, em ambos os casos (quadro 2). A média, para ambos os casos, situa-se entre os 11 e os 6 cm, bastante abaixo das outras variáveis. O cálculo da profundidade média, apesar de esbater os valores extremos, continua a reflectir a tendência referida. Assim, os valores de profundidade média registam uma amplitude de cerca de 30 cm, com um coeficiente de variação que atinge cerca de 57%, abaixo dos valores registados para o comprimento e largura.

**Quadro 2.** Análise estatística das variáveis morfométricas das pias

	Comprimento à superfície	Largura à superfície	Comprimento do fundo	Largura do fundo	Profundidade máxima	Profundidade mínima
<b>Máximo</b>	420	210	415	149	39,5	23
<b>Mínimo</b>	11	10,5	7	6	1,8	0,8
<b>Amplitude</b>	409	199,5	408	143	37,7	22,2
<b>Mediana</b>	42	33,25	29	24,5	9,6	5,5
<b>Média</b>	51,349	40,083	38,578	28,547	11,231	6,458
<b>Desvio padrão</b>	45,8064	26,9133	44,3692	20,9125	6,9398	3,8727
<b>Coefficiente de variação</b>	89,21	67,14	115,01	73,26	61,79	59,96

Em virtude dos valores significativamente mais reduzidos da profundidade em relação ao comprimento e largura, parece-nos correcto afirmar que as pias revelam um desenvolvimento em profundidade pouco pronunciado, sendo claramente mais



facilitado o seu desenvolvimento lateral e posterior destruição, ao invés de um efectivo crescimento e aprofundamento das formas.

Esta assumpção é reforçada pelos valores do índice de profundidade, que relaciona o diâmetro médio à superfície com a profundidade média, que apresenta valores médios de 5,9 e valores sempre acima de 1,69, correspondendo a um maior desenvolvimento das formas no plano do que em profundidade.

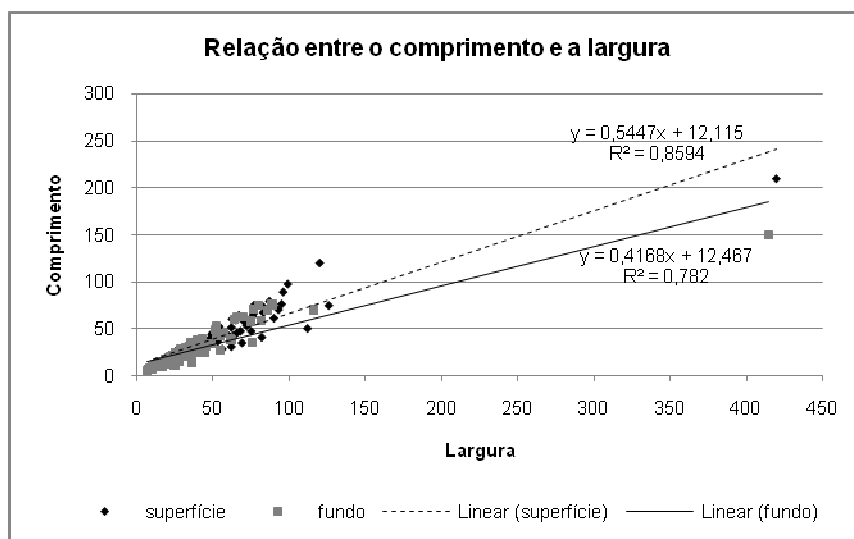
Os índices de compacidade à superfície e do fundo (quadro 3) indiciam um predomínio das formas ovóides nas duas situações, embora com uma tendência não muito pronunciada, uma vez que se registam amplitudes pouco significativas em ambos. Na realidade, apesar de dominar a forma ovóide, no plano, a frequência das formas circulares é, ainda assim, significativa.

**Quadro 3.** Análise estatística dos índices morfométricas das pias

	Profundidade média	Diâmetro médio	Índice de compacidade à superfície	Índice de compacidade do fundo	Índice de profundidade
<b>Máximo</b>	31,25	315	2,24	2,79	25,27
<b>Mínimo</b>	1,30	10,75	1	0,92	1,69
<b>Amplitude</b>	29,95	304,25	1,24	1,86	23,58
<b>Mediana</b>	7,95	38,5	1,1716	1,2107	4,9255
<b>Média</b>	8,8448	45,7161	1,2512	1,2956	5,9383
<b>Desvio padrão</b>	5,12147	35,73592	0,25825	0,32474	3,88271
<b>Coefficiente de variação</b>	57,90	78,17	20,60	25,08	65,38

A proximidade entre a média e a mediana, bem como os reduzidos valores do desvio padrão obtidos, parecem indicar-nos uma relação directa entre as medidas dos comprimentos e as larguras.

O gráfico 1 reflecte, precisamente esta tendência.



**Gráfico 1.** Relação entre o comprimento e a largura, à superfície e do fundo das pias.

Relacionado com o processo degradativo das formas está o desenvolvimento de exutório (ou canal exutor). O elevado de pias apresentando desenvolvimento de exutório denuncia, por um lado, o acentuado nível de degradação presente nas pias da área em estudo, e, por outro lado, a consequência directa do reduzido desenvolvimento em profundidade que estas formas revelam, criando condições para a degradação dos seus bordos e consequente formação de canais de escoamento da água e de materiais resultantes da meteorização. Na realidade, a percentagem de pias (quadro 4) com exutório é elevada, atingindo os 74% da amostra analisada.

A observação dos quadrantes (quadro 4 b) a que tal elemento se encontra exposto não revelou, no entanto, nenhuma tendência específica. Parece-nos que a posição do exutório se encontra directamente dependente do declive da superfície onde a pia se desenvolve, seguindo, no geral, este condicionalismo, tanto mais quanto maior for o valor do referido declive.

Quanto às dimensões do exutório (quadro 4 c), nomeadamente a sua largura, verifica-se que esta variável apresenta valores consideráveis, se tivermos em conta as dimensões (comprimento e largura), já analisadas, das pias. Consideramos, pois, que o valor médio encontrado (18,158 cm) é muito significativo, no presente contexto.

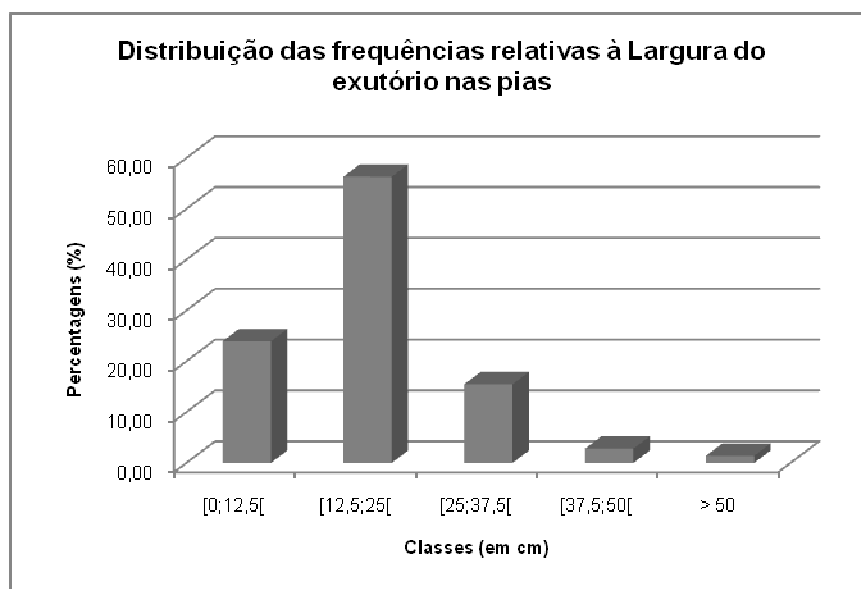
**Quadro 4.** Análise estatística das características do exutório das pias

4a) Presença de exutório	Frequência	Percentagem
Com exutório	71	74,0
Sem exutório	25	26,0

4b) Exposição do exutório	Frequência	Porcentagem
Norte	11	15,5
NE	5	7
Este	11	15,5
SE	14	19,7
Sul	7	9,9
SO	2	2,8
Oeste	10	14,1
NO	11	15,5
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>100</b>

4c) Análise estatística	Largura do exutório
Máximo	60
Mínimo	3
Amplitude	57
Mediana	15
Média	18,158
Desvio padrão	9,374
Coefficiente de variação	51,62

O gráfico 2 mostra-nos a classe modal entre os 12,5 e os 25 cm, correspondendo a uma percentagem acima dos 56%, apresentando a classe inferior aos 12,5 cm cerca de 24% e a classe entre os 25 e os 37,5 cm ainda com uma percentagem significativa de 15%. Também estes valores nos levam a considerar o acentuado estado degradativo que estas formas denotam.



**Gráfico 2.** Distribuição das frequências relativas à largura do exutório nas pias.

Um aspecto também importante é a presença de fracturação visível nas pias. Apesar deste factor condicionar o desenvolvimento das formas, nomeadamente na

definição do eixo ao longo do qual se expande, tem um papel fundamental na sua destruição e no desenvolvimento do exutório. Consta-se, precisamente, que nas pias afectadas por fracturação, o exutório corresponde aos locais do bordo fragilizados pela fractura. De qualquer forma, o desenvolvimento das pias não está dependente da presença da fracturação. Isto constata-se pela reduzida percentagem de pias, na área em estudo, em que se observou a presença de fracturação, apenas 13,5% (quadro 5).

**Quadro 5.** Presença de fracturação afectando as pias

	Frequência	Percentagem
Com fracturação	13	13,5
Sem fracturação	83	86,5

Observou-se, também, a presença de produtos de meteorização no interior das pias, verificando-se que um elevado número de pias continha no seu interior elementos minerais (argilas, siltes e areias). Nalguns casos, esses elementos minerais eram suficientes para cobrir todo o fundo da pia, atingindo uma espessura superior ao centímetro. De qualquer forma, na impossibilidade de quantificar o volume de sedimentos presentes em todas as pias, registamos apenas a sua presença/ausência (quadro 6).

**Quadro 6.** Presença de produtos da meteorização no interior das pias

	Frequência	Percentagem
Com elementos minerais	73	76
Sem elementos minerais	23	24

De qualquer forma, a presença destes elementos em 76% da amostra indicia uma acção importante da meteorização sobre estas superfícies, que se intensifica com a acumulação dos elementos minerais, que retendo humidade por um período de tempo mais alargado, criarão condições para uma meteorização química mais acentuada.

Por fim, e relacionado também com a meteorização, de natureza bioquímica, está a presença de líquenes e outros elementos biológicos na superfície das rochas e, mais especificamente nas pias. Do total de formas avaliado (96), verificámos que uma pequena percentagem (9,4%) não apresentava desenvolvimento de líquenes na sua superfície. Das restantes, cerca de 45% revelou presença reduzida, com uma percentagem da área da pia coberta por líquenes inferior a 1/3. Apenas em cerca de 22% dos casos a superfície da forma se encontrava maioritariamente ou totalmente

preenchida por líquenes. Parece-nos, portanto, que a acção bioquímica destes seres terá um contributo relevante para o processo de meteorização das rochas, contribuindo para a degradação das formas. Esta actuação é confirmada pelos trabalhos Magalhães e Braga (2000) e Chen *et al.* (2000), que apontam para a destruição da estrutura cristalina do granito por acção dos líquenes, resultando na desintegração superficial das rochas.

Conclui-se, assim, e de acordo com a análise das variáveis recolhidas, que, na área em estudo, as pias apresentam dimensões modestas, inferiores a um metro, embora alguns espécimes apresentem dimensões da ordem dos quatro metros de comprimento.

Constata-se, também, que estas formas apresentam, no geral, um desenvolvimento em profundidade pouco significativo, verificando-se um desenvolvimento lateral mais acentuado, o que contribui para uma mais rápida degradação da forma, agravada pelo desenvolvimento de exutório. Na realidade, um elevado número de pias revela a presença de exutório, de dimensões consideráveis, tendo em conta a dimensão média das formas, que contribuem decisivamente para a evacuação da água e dos sedimentos acumulados no interior, impedindo o aprofundamento das formas e conduzindo à degradação e destruição dos bordos e consequente fossilização da forma.

Quanto à morfologia das pias aqui presentes, constata-se o predomínio das pias de fundo côncavo e com uma forma ovóide (no plano), embora as pias circulares também sejam abundantes.

De referir, ainda, que a fracturação não é um factor decisivo no desenvolvimento das pias na Serra de Montemuro, afectando pouco mais de 10% delas, mas nesta minoria tem uma clara influência no desenvolvimento dos exutórios.

A presença de líquenes numa elevada percentagem de formas, cobrindo maior ou menor área das mesmas, parece ser também um factor a considerar no processos de evolução das pias.

### 3. SCHMIDT HAMMER

Partindo do pressuposto de que a evolução das pias em ambiente sub-aéreo estaria dependente da actuação dos agentes de meteorização e dos processos físicos e químicos por eles desencadeados, intimamente relacionada com as características intrínsecas da rocha, nomeadamente no que à sua resistência diz respeito, procedemos à

aplicação de uma metodologia que nos permitisse identificar o grau de resistência (ou a dureza) das rochas granitóides da área em estudo.

Para este efeito decidímo-nos pela utilização de um esclerómetro<sup>2</sup> (Schmidt Hammer). O esclerómetro é um instrumento que permite obter *in situ*, de forma não destrutiva, a resistência de uma rocha à compressão simples, que se traduz pela chamada dureza de Schmidt (R-value).

Esta metodologia tem vindo a ser utilizada por diversos autores no âmbito da Geomorfologia, nomeadamente aplicada à datação relativa de formas glaciares e periglaciares (Hubbard & Glasser, 2005; Shakesby et al., 2006; Mentlík, 2006; Vich, 2007).

Não obstante a constatação da utilidade deste instrumento na prossecução de diversas análises em Geomorfologia, têm-se identificado algumas limitações na sua aplicação.

Uma das limitações prende-se com a impossibilidade de aplicação a rochas que apresentem foliação, como nos xistos, bem como em rochas com elevada porosidade, uma vez que os valores obtidos poderão ser bastante influenciados, quer pela estrutura da rocha, absorvendo o impacto, que pela humidade contida na rocha. Neste sentido as rochas granitóides são perfeitas para a aplicação desta metodologia.

Os valores obtidos correspondem ao valor de resalto da massa, que se traduzem pelo valor R (“rebound values” – “R-values”). A análise destes valores compreende o calculo da média dos valores obtidos, bem como do desvio padrão e coeficiente de variação, por forma a avaliar a adequabilidade do teste realizado sobre as rochas.

Para o estudo realizado, definimos seis locais de medição, incorporando afloramentos em que se verificava um desenvolvimento acentuado de formas de pormenor e afloramentos onde estas formas estavam ausentes. Assim, definiram-se dois afloramentos graníticos localizados junto de S. Pedro do Campo, tendo um formas de pormenor do tipo pia e o outro sem a presença de tais formas. Os restantes quatro locais de medição localizam-se entre as Portas de Montemuro e o sector mais elevado da Serra, apresentando dois desenvolvimento de formas graníticas de pormenor, estando estas ausentes dos dois restantes.

Em cada local efectuaram-se 20 medições, tendo-se aplicado sobre elas a análise estatística referida anteriormente (quadro 7).

---

<sup>2</sup> O esclerómetro foi criado em 1948 pelo engenheiro suíço Ernest Schmidt.  
ISSN 0103-1538

### Quadro 7. Resultados globais do teste do esclerómetro.

	Média de R	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
Granito	50,10; n = 120	9,25	18,471

Comparando os valores calculados com os realizados por outros autores (quadro 8 e 9), e para diferentes tipos de rocha, constatamos que os valores calculados apresentam um coeficiente de variação suficientemente reduzido, dentro do intervalo obtido noutros trabalhos, assegurando-se, assim, a validade dos valores levantados para os exemplares aqui em análise. Assim, o valor de 18,471 obtido para o coeficiente de variação é apropriado para considerarmos válida a análise realizada.

### Quadro 8. Resultados do teste do esclerómetro em Sumava Mountains (Mentlík, 2006)

	Média de R	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
Granito	57,98; n = 98	6,876	11,861
Xistos cristalinos	44,70; n = 198	10,905	24,394

### Quadro 9. Resultados do teste do esclerómetro em High Tatras – Rep. Eslovaca (Vich, 2007)

	Média de R	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
Granito	49,96; n = 168	7,715	15,443

Após o cálculo dos parâmetros globais dos dados recolhidos, procedemos à análise dos dados tendo em conta a sua especificidade, ou seja, tendo em conta as características dos locais de medição. Deste modo, para cada local de medição efectuámos o cálculo da média dos valores, excluindo-se, a partir deste valor, os cinco registos mais afastados. Os restantes 15 valores de cada grupo foi utilizado para novo cálculo da média (R-value) e restantes parâmetros de análise estatística (desvio padrão e coeficiente de variação).

Além das medições nos blocos com e sem pias, realizamos algumas medições no interior de pias, por forma a comparar as diferenças presentes no mesmo bloco. No entanto, o número de medições foi, neste caso, mais reduzido, em virtude das reduzidas condições para tal procedimento. Consequentemente, decidimo-nos por realizar apenas seis medições no interior destas formas em cada local. O procedimento para a análise estatística foi idêntico ao anteriormente referido, tendo-se alterado apenas o número de valores excluídos (dois).

Apresentam-se também os resultados agregados para as superfícies com e sem desenvolvimento de pias (Quadro 10).

**Quadro 10.** Resultados do teste do esclerómetro.

	Locais de recolha	Média de R	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
Superfícies sem pias	Montemuro 1	56,27; n = 15	4,23	7,52
	Montemuro 2	56,53; n = 15	6,47	11,44
	S. Pedro do Campo 2	55,67; n = 15	7,54	13,54
	Global	55,74; n = 50	6,52	11,69
Superfícies com pias	Portas de Montemuro	43,07; n = 15	3,84	8,93
	Montemuro 3	47,53; n = 15	3,80	7,99
	S. Pedro do Campo 1	41,53; n = 15	2,47	5,96
	Global	44,04; n = 50	4,43	10,05
Pias	Portas de Montemuro	47,00; n = 4	2,94	6,26
	Montemuro 3	42,25; n = 4	2,06	4,88
	S. Pedro do Campo 1	46,50; n = 4	3,70	7,95
	Total das pias	44,69; n = 13	3,20	7,16

Da análise dos resultados obtidos pelas medições nas diferentes superfícies graníticas seleccionadas para os testes com o esclerómetro concluímos que os valores registados nas superfícies graníticas sem desenvolvimento de pias correspondiam aos mais elevados. Atingindo médias de valores R superiores a 55, reflectem uma superfície rochosa maciça, coesa, mais resistente às acções físicas e bioquímicas de meteorização.

Por seu lado, as superfícies rochosas onde se desenvolvem pias, apresentam valores claramente inferiores, em torno dos 45, reflectindo uma fragilidade superior das mesmas face aos processos que actuam sobre elas e concorrem para a sua alteração.

Os valores obtidos no interior das pias, utilizados aqui como mero elemento de referência e comparação, vem confirmar este comportamento, embora o reduzido número de registos efectuados nestas condições não nos permitam ir mais além nem relacioná-los com o maior ou menor desenvolvimento em profundidade das formas, podendo ser um caminho a seguir em trabalhos futuros.

Parece-nos, neste sentido, haver uma forte correlação entre as superfícies onde a média dos valores R obtidos foi inferior e o desenvolvimento preferencial das pias.

## CONCLUSÃO



O desenvolvimento de formas de pormenor nos maciços graníticos do Norte e Centro de Portugal é favorecido pela elevada extensão ocupada por esta litologia, conduzindo à elaboração de peculiares paisagens. Também na Serra de Montemuro essas características estão presentes.

É neste sentido que nos propusemos a analisar um tipo de formas, com grande profusão na área de estudo: as pias. Com o objectivo de compreender os processos e, acima de tudo, a influência e importância dos elementos que controlam o desenvolvimento destas formas, implementámos um conjunto de metodologias que nos permitiram chegar a algumas conclusões que vão de encontro àquilo que tínhamos estabelecido como hipótese de trabalho.

Assim, este trabalho, que terá que ser necessariamente aprofundado, permitiu-nos identificar os principais padrões de desenvolvimento das pias, mostrando um predomínio do desenvolvimento de formas ovóides, com uma morfologia côncava do seu fundo. Permitiu, também, evidenciar o reduzido desenvolvimento em profundidade da generalidade das formas, possivelmente condicionado pelas características intrínsecas da rocha. Este aspecto parece contribuir para uma acelerada degradação das formas, conduzindo a um desenvolvimento acentuado de exutório e sua consequente destruição/fossilização precoce.

Por outro lado, a realização dos testes com o esclerómetro (Schmidt hammer) demonstrou a relação directa existente entre as superfícies rochosas apresentando valores inferiores de resistência e o maior desenvolvimento das formas graníticas de pormenor, relacionando-se este aspecto com o maior grau de meteorização das superfícies ou com características endógenas específicas, aspecto que não nos foi possível confirmar dada a reduzida variabilidade composicional das superfícies analisadas, mas que pretendemos desenvolver futuramente.

## BIBLIOGRAFIA

GOUDIE, A. & MIGÓN, P. (1997) – Weathering pits in the Spitzkoppe area, Central Namib Desert. *Z. Geomorph. N. F.*, 41 - 4, pp. 417-444.

HUBBARD, B. & GLASSER, N. (2005) – Field techniques in glaciology and glacial geomorphology. John Wiley and Sons, 400 p.

MAGALHÃES, S. Leite & BRAGA, M. A. S. (2000) – “Biological colonization features on a granite monument from Braga (NW, Portugal)”, *Proc. of the 9th Int. Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice*, pp. 521-529.

- MENTLÍK, P. (2006) – Geomorfologická analýza a tvorba GmIS okolia Prásilského jazera a jazera Laka na Sumave (Česká republika). Bratislava.
- SHAKESBY, R. A.; MATTHEWS, J. A. & OWEN, G. (2006) – The Schmidt hammer as a relative-age dating tool and its potential for calibrated-age dating in Holocene glaciated environments. *Quaternary Science Reviews*, 25, pp. 2846-2867.
- UÑA ALVAREZ, Elena de (1996) – Análisis morfométrico de gnammas en rocas graníticas. Resultados de un estudio piloto en Galicia. *MINIUS*, vol. V, pp. 141-154.
- UÑA ALVAREZ, Elena de (1997) – Variables de control en la génesis y desarrollo del modelado granítico. Análisis de microformas en el macizo de Manzaneda (Galicia, España). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, vol. 22, Coruña, pp. 29-42.
- UÑA ALVAREZ, Elena de (2002) – Propiedades de formas menores tipo pía desarrolladas en Leucogranitos (Galicia). *MINIUS*, vol. X, pp. 247-261.
- VÍCH, M. (2007) – Príprava základnej geomorfologickej databázy v oblasti Malej a Velkej Studenej doliny. Bratislava.
- VIDAL ROMANÍ, J. R. (1989) – “Geomorfología granítica en Galicia (NW España)”, *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, vol. 13, Coruña, pp. 89-163.
- VIDAL ROMANÍ, J. R. & TWIDALE, C. R. (1998) – Formas y paisajes graníticos, Universidade da Coruña, 412 p.
- VIEIRA, António A. B. (2001) – A Serra de Montemuro. Contributo da Geomorfologia para a análise da paisagem enquanto recurso turístico. Diss. Mestrado apresentado à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 212 p.
- VIEIRA, António A. B. (2003) – Alguns aspectos da paisagem da Serra de Montemuro. Formas de pormenor do modelado granítico. *In* Escola Superior de Educação da Guarda (Ed.), Livro de homenagem a José Miguel Carreira Amarelo, Guarda, ESEG Publicações, pp. 193-211.

# APLICAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA O MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO DA REGIÃO AMAZÔNICA

Bruno Rodrigues do Prado <sup>1</sup>  
Erick Sobreiro Gonçalves <sup>2</sup>  
Marta Eichemberger Ummus <sup>1</sup>  
Tessio Novack <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{prado, marta, tessio}@dsr.inpe.br

<sup>2</sup> Fundação Getúlio Vargas - FGV  
01332-000 - São Paulo - SP, Brasil  
erick.sobreiro@gmail.com

A Floresta Amazônica concentra grande parte da biodiversidade e dos recursos hídricos do planeta, mas vindo sofrendo impactos antrópicos contínuos causados pela ocupação e exploração antrópica desordenada da região. Compreender e monitorar as alterações na cobertura da terra e os processos de desflorestamento na Amazônia são atividades fundamentais para a preservação da biodiversidade local e a contenção de impactos ambientais e sociais decorrentes desses processos. Por se tratar de uma extensa região, de difícil acesso, o sensoriamento remoto é a ferramenta mais eficiente para a aquisição sistemática de dados, de modo a avaliar e monitorar os processos que acontecem nesse ambiente. A integração de dados adquiridos por diferentes sistemas de sensoriamento remoto incrementa a capacidade de monitoramento desse ambiente, pois a utilização de imagens orbitais geradas por sensores ópticos é limitada em florestas tropicais. As imagens geradas na região do espectro eletromagnético das microondas são fundamentais, pois praticamente não sofrem interferências atmosféricas, permitindo a aquisição de dados independentemente das condições do tempo. Tal característica é particularmente importante em ambientes de floresta tropical, onde a cobertura de nuvens é intensa em grande parte do ano. Imagens produzidas por sensores radar ainda podem gerar estimativas de biomassa florestal, identificando diferentes estágios das formações vegetais. Com o objetivo de monitorar as alterações na cobertura do solo da Amazônia foram concebidos projetos como o Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) e o Projeto de Detecção de Áreas Desflorestadas em Tempo Real (DETER), ambos conduzidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Diversos trabalhos também buscam entender a dinâmica de uso e ocupação do solo e monitoram os recursos naturais da região, acompanhando a evolução das florestas tropicais primárias, sucessões florestais secundárias, desmatamento seletivo, floresta degradada, cerrados e corpos de água naturais e artificiais.

**Palavras-chave:** Desmatamento, Amazônia, Sensoriamento Remoto.

The Amazonian Forest concentrates great part of the biodiversity and of the resources hídricos of the planet, but endure continuous impacts caused by the occupation and exploration disordered. To understand and to monitor the alterations in the covering of the earth and the deforestation processes in the Amazonian are fundamental activities for the preservation of the local biodiversity and the contention of environmental and social impacts. For treating of an extensive area, of difficult access, the remote sensing is the most efficient tool for the systematic acquisition of data, in way to evaluate and to monitor the processes that happen in that environment. The integration of acquired data for different systems of remote sensing increases the capacity of attendance, because the use of orbital images generated for sensor optical it is limited at tropical forests. The images generated in the area of the electromagnetic spectrum of

the microwaves are fundamental, because practically they don't suffer atmospheric interferences, allowing the acquisition of data independently of the conditions of the weather. It is particularly important in atmospheres of tropical forest, where the covering of clouds is intense in a large part of the year. Images produced by sensor radar can still generate estimates of forest biomass, and identifying different kinds of the vegetable formations. With the objective of monitoring the alterations in the covering of the soil of the Amazonian were conceived projects as the Program of Calculation of the Deforestation of the Amazonian (PRODES) and the Project of Detection of Areas Deforested in Real Time (DETER), both driven by the National Institute of Space (INPE) Researches. Several works also look for to understand the use dynamics and occupation of the soil and they monitor the natural resources of the area, accompanying the evolution of the primary tropical forests, secondary forest successions, selective deforestation, degraded forest, savannahs and natural and artificial bodies of water.

**Keywords:** Deforestation, Amazon region, Remote Sensing.

## 1. INTRODUÇÃO

A compreensão e o monitoramento na mudança da cobertura da terra e dos processos de desflorestamento, principalmente em regiões tropicais, são fundamentais devido as evidências que remetem essas modificações aos acréscimos na emissão de gases do efeito estufa, com destaque para o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), e a consequente mudança climática relacionada (CARREIRAS et al., 2006). Essas modificações na superfície ainda provocam redução da biodiversidade e impactos profundos sobre os ecossistemas locais, degradam os solos, criam tensões sociais e profundas alterações nos ciclos hidrológicos desses ambientes (FEARNSIDE, 2005; VIEIRA et al., 2005).

As florestas da Amazônia brasileira foram submetidas a mudanças importantes através das últimas décadas devido à ocupação humana (Alves et al., 1999). O rápido avanço do desmatamento iniciou-se na década de 70 e se seguiu entre 1970 e 1980, motivado por políticas governamentais que incluíam a construção de extensas redes de estradas, e a apropriação de faixas de 100 km ao longo das principais vias. Tal iniciativa tinha como objetivo empreender e suportar a migração e ocupação em direção às áreas florestadas inabitadas (Fearnside, 2005; Becker, 1998). Com a suspensão dos incentivos a partir da década de noventa as causas do desmatamento na Amazônia Legal (AML) mudaram, estando atualmente associadas à oscilação da economia e uso da terra. Tais fatos são importantes, pois relatam uma mudança das causas de desmatamento atuais em relação ao que era observado nos anos setenta e oitenta.

O sensoriamento remoto desempenha importante papel para o monitoramento da floresta amazônica, pois com sua utilização pode-se mapear a cobertura do solo e analisar em múltiplas escalas a ocupação da superfície. Com o emprego desse tipo de procedimento criam-se condições para o acompanhamento sistemático das alterações

impostas pelo uso e ocupação da terra, auxiliando a compreensão da dinâmica envolvida pela pressão antrópica nessa região.

A Amazônia Legal (Figura 1) abrange todos os estados da macroregião norte do país (Roraima, Amazonas, Pará, Acre, Amapá, Rondônia e Tocantins), Mato Grosso e parte do estado do Maranhão (área localizada a oeste do meridiano de 44° W). Com cerca de 5,2 milhões de Km<sup>2</sup>, dos quais aproximadamente 83% ainda preservados, a região está sujeita a um preocupante processo de ocupação e exploração (MESQUITA JÚNIOR et al., 2007).

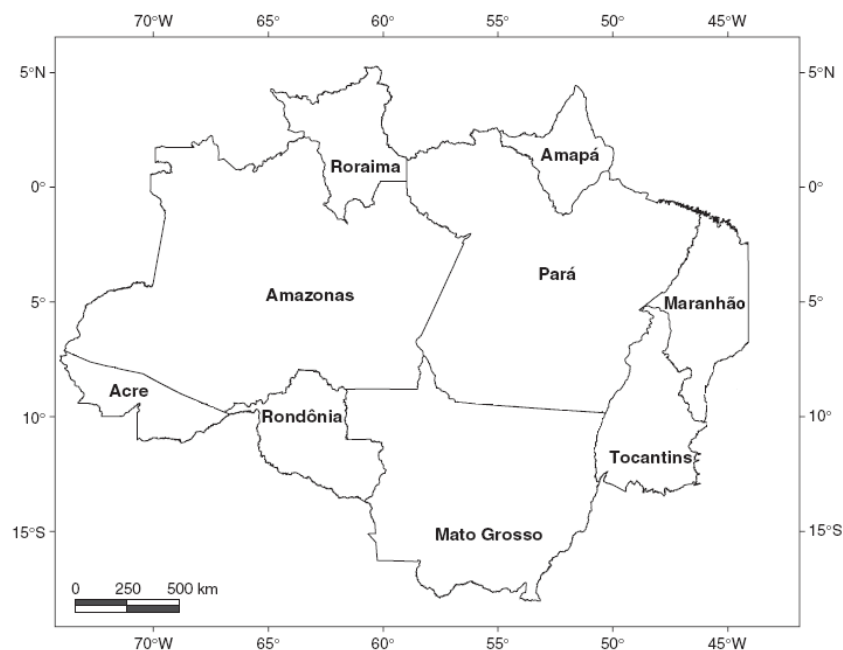


Figura 1 - Região abrangida pela Amazônia Legal.

Fonte: Adaptado de Carreiras et al. (2006).

Os maiores domínios biogeográficos encontrados na Amazônia são a floresta tropical primária (floresta ombrófila e sazonal), que abrange aproximadamente 65% da região, e o cerrado, que compreende cerca de 15% da área. O restante, cerca de 20%, referem-se a transição entre florestas, e em menor escala as pastagens e a agricultura (CARREIRAS et al., 2006). De um modo geral, a floresta tropical se concentra na porção central, norte e oeste da Amazônia, enquanto o cerrado se estende ao sul e ao leste, principalmente nos estados de Mato Grosso e Tocantins.

## 2. DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

O termo desflorestamento, de acordo com Alves (2001), pode ser definido como a atividade de derrubada de áreas de florestas pelo homem. Por sua vez, o conceito de desmatamento é mais genérico, podendo ser empregado a derrubada de florestas e

outros tipos de vegetação. Atualmente, cerca de 17% da cobertura vegetal original da Amazônia foi desmatada, com taxa projetada de área desflorestada para o ano de 2007 em 11224 Km<sup>2</sup>. Os valores de desflorestamento da Amazônia Legal, para os anos de 2005 e 2006, foram estimados em 18759 Km<sup>2</sup> e 14039 Km<sup>2</sup> respectivamente (INPE, 2008).

Em geral o processo de desmatamento é iniciado com a abertura de estradas oficiais ou clandestinas, permitindo a ocupação irregular das terras e a expansão humana. Em seguida, as áreas próximas dessas vias são convertidas em pastagens para o gado, cultivos de grãos ou, em menor escala, para agricultura familiar (Figura 2). Recentemente, há uma tendência de conversão das áreas de pastagens para a implantação de agricultura mecanizada (FERREIRA et al., 2005).



Figura 2 - Principais formas de desmatamento na Amazônia.

- (A) Estradas e vias de circulação;
- (B) Extração madeireira;
- (C) Pastagens e pecuária;
- (D) Práticas agrícolas

Fonte: Adaptado de Ferreira et al. (2005).

De acordo com Morton et al. (2006) e Alencar et al. (2004), a recente expansão da agricultura mecanizada nas fronteiras de floresta tropical e de cerrado tem introduzido uma aceleração nos processos de desflorestamento, evidenciando a contribuição do crescimento da produção agrícola nessa região para a degradação ambiental. Além da intensificação da agricultura, Anderson et al. (2003) apresenta uma série de fatores que também atuam como agentes potenciais para a mudança da cobertura da terra na

Amazônia, como por exemplo, as queimadas, o desmatamento madeireiro seletivo e a pavimentação de estradas. Empreendimentos de infra-estrutura que incentivam as atividades agrícolas na região, promovendo uma redução no custo do transporte de produtos agrícolas também promovem aceleração nos processos de desmatamento.

Como o desmatamento é um processo complexo outros fatores também são relevantes para promover ou inibir esse processo. A pressão populacional, a existência e proximidade de áreas de proteção ambiental, o modelo de colonização e fatores biofísicos, como fertilidade dos solos e precipitação pluviométrica, também contribuem para determinar os padrões de desflorestamento na AML (AGUIAR, 2006; KIRBY et al., 2006).

A maioria das áreas desmatadas na Amazônia se concentra na região conhecida como Arco do Desflorestamento (Figura 3). Essa região apresenta uma forte relação entre o padrão de ocupação do solo com os projetos de infra-estrutura, centros urbanos, atividades econômicas e com os pólos de colonização e desenvolvimento (AGUIAR, 2006; BECKER, 2005). Os estados do Acre, Rondônia, Mato Grosso, Pará e Maranhão possuem parte de seus territórios dentro do Arco do Desflorestamento.

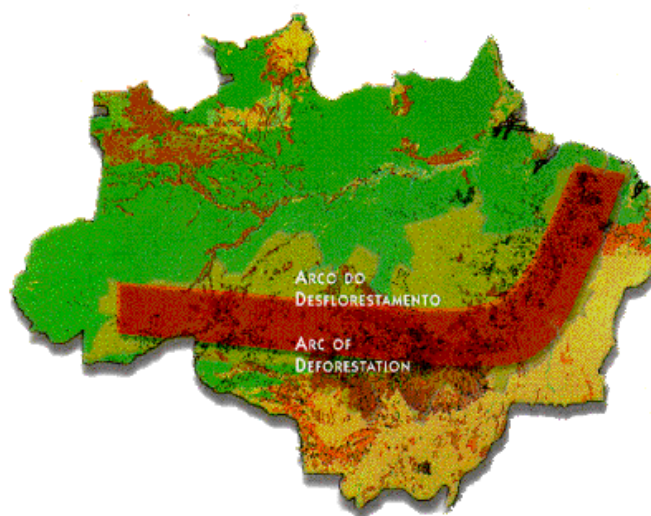


Figura 3 - Região do Arco do Desflorestamento.

Fonte: Adaptado de IBAMA (2008).

Com o objetivo de monitorar as alterações na cobertura do solo da Amazônia foram concebidos projetos como o Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) e o Projeto de Detecção de Áreas Desflorestadas em Tempo Real (DETER), ambos conduzidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (SHIMABUKURO et al., 2005, 2007a; CÂMARA et al., 2006; INPE, 2002). Vale

mencionar também o Programa de Experimento em Larga Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), iniciativa internacional de pesquisa conduzida pelo Brasil com o objetivo de estudar a função da região amazônica como parte integrante do sistema Terra, analisando as mudanças na cobertura do solo, e os conseqüentes impactos gerados.

Vários estudos também buscam entender a dinâmica de uso e ocupação do solo e monitoram os recursos naturais da região, acompanhando a evolução das florestas tropicais primárias, sucessões florestais secundárias, desmatamento seletivo, floresta degradada, cerrados e corpos de água naturais e artificiais (LU et al., 2003, 2007; ROBERTS et al., 2003; VIEIRA et al., 2003).

### **3. SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DA VEGETAÇÃO**

As técnicas de sensoriamento remoto obtêm informações provenientes da cobertura vegetal através da análise da interação entre a radiação eletromagnética e a própria vegetação. Entretanto, por apresentar grande heterogeneidade, o comportamento espectral da vegetação acaba sendo condicionado por uma série de fatores intrínsecos as formações vegetais (JENSEN, 2007; PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

Os sistemas baseados em sensoriamento remoto óptico utilizam a radiação eletromagnética (REM) que foi emitida ou refletida pelos diferentes alvos da superfície para a geração de dados. De acordo com Ponzoni (2001), no processo de interação entre a REM e a vegetação, os principais fatores de influência são a composição química das folhas, a fisiologia vegetal, a umidade, e os tipos fisionômicos dos dosséis. Cada um desses parâmetros tem comportamento diferenciado e predominante nas diferentes regiões abrangidas pelo espectro óptico (visível, infravermelho próximo, médio e distante). Desse modo, aspectos da cobertura vegetal em imagens de sensoriamento remoto óptico são resultados de processos complexos que abrangem vários parâmetros e fatores ambientais.

Em uma folha fotossinteticamente ativa é possível observar baixos valores de reflectância na região visível do espectro, resultado da absorção de radiação pela ação de pigmentos fotossintetizantes que utilizam essa parcela de energia para a realização de fotossíntese. Na região do infravermelho próximo (IVP) são encontrados os maiores valores de reflectância, com um decréscimo gradual desses valores na região do infravermelho médio (IVM), localizados em comprimentos de onda superiores a 1,3  $\mu\text{m}$ , gerando picos de absorção próximos a 1,4  $\mu\text{m}$  e 1,9  $\mu\text{m}$  (MOREIRA, 2003).



O sensoriamento remoto óptico pode ser amplamente empregado no estudo, monitoramento e mapeamento da cobertura da terra e do uso do solo na Amazônia. Através da geração e uso de imagens orbitais pode-se avaliar a extensão e a dinâmica do desmatamento, da agropecuária, das pastagens, queimadas e dos processos de sucessão florestal existentes, obtendo dados de maneira sistemática em diferentes resoluções e regiões do espectro eletromagnético (ROSENQVIST et al., 2003).

Informações sobre a vegetação também podem ser adquiridas através da utilização de sensores SAR (Synthetic Aperture Radar). Os instrumentos SAR são sensores ativos e baseiam-se na utilização da energia transmitida na região do espectro eletromagnético das microondas. Esses sensores têm a capacidade de operar em diferentes bandas (Tabela 1), sendo o registro do sinal de retorno determinado pelas características dos alvos, superfície imageada e pelo modo como ocorre a interação da REM (JENSEN, 2007; MATHER, 1999).

Tabela 1 - Principais bandas dos sensores de microondas

<b>Banda</b>	$\lambda$ (cm)	f (GHz)
P	77 – 136	0,22 – 0,39
L	15 – 30	1,0 – 2,0
S	7,50 – 15	2,0 – 4,0
C	3,75 – 7,50	4,0 – 8,0
X	2,40 – 3,75	8,0 – 12,5
Ku	1,67 – 2,40	12,5 – 18,0
K	1,18 – 1,67	18,0 – 26,50

Fonte: Adaptado de Leckie e Ranson (1998).

Os sensores ativos não dependem da energia eletromagnética proveniente do Sol ou da energia termal emitida pelos objetos. A radiação emitida pelos sensores SAR praticamente não sofre interferência de fatores atmosféricos como nuvens ou poeira, permitindo assim o imageamento em condições meteorológicas adversas (LECKIE; RANSON, 1998). Desse modo, dados gerados por sensores SAR são de grande utilidade em ambientes tropicais em decorrência da intensa cobertura de nuvens presentes nessas regiões em grande parte do ano (SANO et al., 2007; ASNER, 2001).

Dentre os parâmetros importantes para o imageamento SAR podemos destacar o ângulo de depressão ( $\gamma$ ) e o ângulo de incidência ( $\theta$ ) (Figura 4), a polarização e a banda de imageamento.

O ângulo de depressão é o ângulo formado entre a linha horizontal plana a partir do sensor e a linha descrita pelo pulso eletromagnético. O ângulo de incidência é o ângulo

formado entre a direção de observação e uma linha perpendicular com a superfície (normal). A polarização se refere à orientação do vetor elétrico de uma onda eletromagnética, sendo definida pela antena e podendo ser ajustada para ser diferenciada na transmissão e recepção. A banda de imageamento se refere ao comprimento de onda do pulso eletromagnético utilizado pelo radar (JENSEN, 2007; ANDRADE et al., 2007; MATHER, 1999).

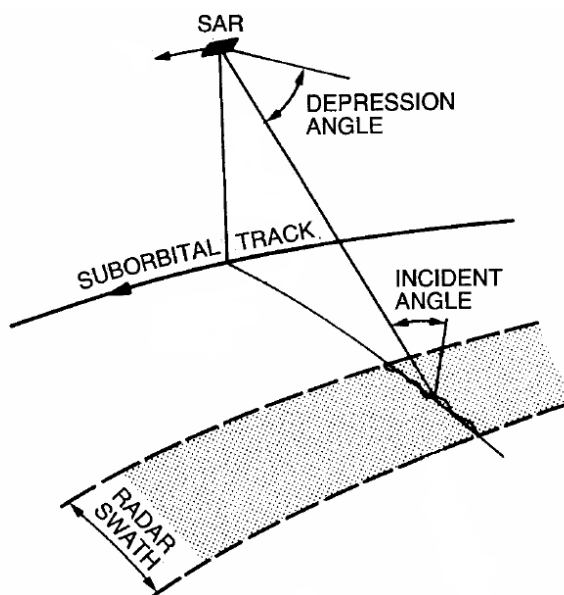


Figura 4 - Ângulo de depressão e ângulo de incidência no imageamento SAR.  
Fonte: Adaptado de Kuplich (2001).

Diversos fatores condicionam a interação entre as formações vegetais e o imageamento por radar. A estrutura geométrica e outros parâmetros intrínsecos da vegetação produzem sinais diferenciados de retorno, gerando assim distinções nas imagens. Desse modo, a magnitude do retroespalhamento é determinada em função das características dos parâmetros do radar e da superfície imageada. O retroespalhamento pode ser definido como a parcela de energia eletromagnética que é refletida pelos elementos de uma cena e retorna para o radar. É assim definido para diferenciar a energia espalhada aleatoriamente e a energia que retorna ao radar e que pode ser registrada pelo sensor. Quando se quer estimar o retroespalhamento em função da área imageada é utilizado o coeficiente de retroespalhamento ( $\sigma^0$ ) (CCRS, 2008; KUPLICH, 2003).

De acordo com Dobson et al. (1995), os principais fatores relacionados a interação entre o imageamento SAR e as florestas são a textura do dossel e do solo, a macrotopografia, a umidade do solo e da vegetação e a estrutura das formações vegetais. Os principais parâmetros SAR que condicionam essa interação são o ângulo de incidência, a polarização e a banda utilizada.

Uma floresta será representada em uma imagem SAR através da combinação das respostas geradas por diferentes mecanismos de espalhamento, incluindo fatores como a contribuição direta do solo, dos troncos e galhos, da copa das árvores, da interação entre a copa e o solo e também pela reflexão dupla entre o tronco e o solo (LECKIE; RANSON, 1998).

### 3.1. MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA LEGAL

Diversos sensores, composições multitemporais e técnicas de classificação estão sendo utilizados para caracterizar e monitorar a cobertura e o uso do solo na região da AML.

Dados provenientes do sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (NOAA/AVHRR) foram utilizados Lucas et al. (2000) e por Achard et al. (2001) para mapear os estágios de sucessão secundária na Amazônia Legal, apoiados em algoritmos de classificação supervisionada. Esse mesmo sensor também foi empregado por Rodríguez-Yi et al. (2000) para a realização de classificações supervisionadas de classes de vegetação no estado do Mato Grosso.

No estado de Rondônia, Kimes et al. (1999) utilizou dados do sensor High Resolution Visible (SPOT/HRV) para o mapeamento de áreas de desflorestamento, florestas primárias e diversas classes de regeneração florestal, utilizando funções de discriminação linear e redes neurais. Dados multiespectrais do satélite SPOT-4, com 20 m de resolução espacial, também foram empregados para o mapeamento da vegetação na Amazônia Legal. Tais informações foram utilizadas para o mapeamento de áreas vegetais ainda intactas, áreas degradadas de florestas e sucessão florestal secundária no estado do Pará (SOUZA et al., 2003). Classes de cobertura do solo no estado do Mato Grosso, incluídos nos domínios fitofisionômicos da Amazônia, foram mapeadas por Carreiras et al. (2006), utilizando dados do sensor Vegetation (SPOT/VGT).

Mudanças na vegetação e na cobertura do solo da Amazônia também foram registradas a partir de dados do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat. Com informações desse sensor foram mapeados, a partir de classificações supervisionadas, diferentes estágios de regeneração florestal no estado do Amazonas (ADAMS et al., 1995; FOODY et al., 1996). Dados do sensor Landsat/TM também foram empregados por Lu et al. (2003) para o mapeamento da vegetação amazônica primária e de estágios de sucessão secundária desse mesmo domínio fitogeográfico existente no estado de Rondônia. Para tanto, foi utilizada uma combinação de classificadores de máxima probabilidade e Modelo Linear de Mistura Espectral. Vale

ressaltar que o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais também utiliza dados provenientes do sensor Landsat/TM para fornecer, anualmente, um mapeamento do desflorestamento na AML.

Do mesmo modo, Vieira et al. (2003) realizou o mapeamento de diferentes estágios de regeneração florestal em áreas de sucessão (áreas desflorestadas abandonadas) no estado do Pará, utilizando-se de dados obtidos pelo sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), a bordo do satélite Landsat 7.

O sensor Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), instrumento integrante do satélite Terra, também foi empregado por Morton et al. (2006) para o mapeamento das classes de cobertura do solo no estado do Mato Grosso. Foram empregados dados com 250 m de resolução espacial, juntamente com um classificador desenvolvido.

As imagens obtidas pelos sensores Wide Field Imager (CBERS/WFI) e Couple Charged Device (CBERS/CCD) também são utilizados para o monitoramento da vegetação na região amazônica. Esses instrumentos, a bordo do China Brazil Earth Resources Satellite (CBERS), dispõem de um amplo catálogo de imagens disponibilizadas com diferentes resoluções espectrais e espaciais.

Apesar dos inúmeros sensores ópticos utilizados para os trabalhos de monitoramento da cobertura da terra na AML não se pode apontar um instrumento como sendo ideal. A escolha deve ser parametrizada por uma série de variáveis, como por exemplo, a definição da escala de trabalho, a resolução temporal e espectral, a política de aquisição das imagens etc.

Dados gerados por sensores SAR também estão sendo empregados para o mapeamento do uso e ocupação da terra e para identificação de desmatamento, inclusive na Amazônia (ALMEIDA-FILHO et al., 2007, 2005a, 2005b; SHIMABUKURO et al., 2007b; THIEL et al., 2006). Resultados comprovam que as informações produzidas pelas imagens SAR auxiliam na identificação das modificações produzidas na cobertura do solo. Entretanto, dados gerados em polarização paralela (HH e VV) podem ser limitados para detecção de algumas feições. Nesse sentido, a utilização de polarização cruzada (HV e VH) pode oferecer uma maior potencialidade para a discriminação de modificações na superfície, inclusive padrões de alterações proporcionados pelos eventos de desflorestamento (ALMEIDA-FILHO et al., 2007, 2005a; HOEKMAN; QUIÑONES, 2002).

A possibilidade de incremento de informações com a utilização de polarização cruzada em áreas de desflorestamento existe em função da sensibilidade dessa

polarização para identificar o retroespalhamento volumétrico que ocorre nos interior das copas e o baixo retroespalhamento gerado pelo solo exposto ou coberto por vegetação baixa (SAATCHI et al., 1997).

Nesse sentido, a integração de dados SAR e ópticos pode ser empregada de modo complementar, fornecendo uma possibilidade mais abrangente para a identificação dos elementos necessários ao mapeamento do uso e ocupação da terra, inclusive eventos de desflorestamento. Vale destacar também que os dados obtidos pelos sensores de radar são diferentes dos detectados pelos sensores ópticos, disponibilizando informações diferenciadas e complementares. Além disso, essa interação de dados proporciona um aumento da acurácia no processamento de classificação do uso e cobertura da terra em regiões florestais (LU et al., 2007; LIMPITLAW; GENS, 2006).

#### **4. CONCLUSÕES**

O monitoramento sistemático e contínuo das alterações da cobertura vegetal na região amazônica, através de dados de sensoriamento remoto, tem papel fundamental na compreensão das dinâmicas envolvidas no estabelecimento da pressão antrópica nesta região. O trabalho apresentou algumas experiências e metodologias empregadas no processamento digital de imagens de sensores remotos para essa finalidade, bem como os sensores mais utilizados.

Os resultados indicam que uma solução integrada, combinando dados provenientes de diferentes sensores, figura como a solução mais adequada para o monitoramento das alterações da cobertura do solo nessa região.

Nesse sentido, o sensoriamento remoto permite o mapeamento das diferentes classes de cobertura da superfície, auxiliando na avaliação dos impactos do uso da terra e na mudança da cobertura do solo. Geram-se também informações necessárias para a identificação de áreas prioritárias a conservação e a própria projeção de impactos futuros.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

ACHARD, F.; EVA, H. D.; MAYAUX, P. Tropical forest mapping from coarse spatial resolution satellite data: Production and accuracy assessment issues. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22, n. 14, p. 2741-2762, 2001.

ADAMS, J. B.; SABOL, D. E.; KAPOV, V.; ALMEIDA FILHO, R.; ROBERTS, D. A.; SMITH, M. O.; et al. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: Application to land-cover change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, n. 52, v. 2, p. 137-154, 1995.

- AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia: explorando a heterogeneidade intra-regional**. 2006. 204 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006.
- ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M.D.C.V.; SOARES-FILHO, B. **Desmatamento na Amazônia: indo além da "emergência crônica"**. Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), 2004. 85 p.
- ALMEIDA-FILHO, R.; ROSENQVIST, A.; SHIMABUKURO, Y. E.; DOS SANTOS, J. R. Evaluation and perspectives of using multitemporal L-band SAR data to monitor deforestation in the Brazilian Amazônia. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 2, n. 4, p. 409-412, 2005a.
- ALMEIDA-FILHO, R.; ROSENQVIST, A.; SHIMABUKURO, Y.E.; SANTOS, J.R. Evaluation of multi-temporal JERS-1 SAR images as an operational mean to monitor deforestation in the Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005b, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4371-4378.
- ALMEIDA-FILHO, R.; ROSENQVIST, A.; SHIMABUKURO, Y. E.; SILVA-GOMEZ, R. Detecting deforestation with multitemporal L-band SAR imagery: a case study in western Brazilian Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 6, p. 1383-1390, 2007.
- ALVES, D. S.; PEREIRA, J. L. G.; SOUSA, C.L.D.; SOARES, J. V.; YAMAGUCHI, F. Characterizing landscape changes in central Rondônia using Landsat TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.20, n. 14, p. 2877-2882, 1999.
- ALVES, D.S. O processo de desmatamento na Amazônia. **Parcerias estratégicas**, v. 12, p. 259-275, 2001.
- ANDRADE, N.S.O.; ROSA, A.N.C.; FARIA, P.C.C. Fundamentos de polarimetria SAR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4775-4782.
- ANDERSON, L. O.; ROJAS, E. H. M.; SHIMABUKURO, Y. E. Avanço da soja sobre os ecossistemas cerrado e floresta no Estado do Mato Grosso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 19-25.
- ASNER, G.P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22, n. 18, p. 3855-3862, 2001.
- BECKER, B. K. **Amazônia**. São Paulo: 3.ed. Ática, 1998. 112p.
- \_\_\_\_\_. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 71-86, 2005.
- CÂMARA, G.; VALERIANO, D. D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2006, 22 p.
- CARREIRAS, J. M. B.; PEREIRA, J. M. C.; CAMPAGNOLO, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E. Assessing the extent of agriculture/pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using SPOT VEGETATION data. **Remote Sensing of Environment**, n. 101, p. 283-298, 2006.

CANADA CENTRE FOR REMOTE SENSING (CCRS). Natural Resources Canada. **Tutorial: Radar Remote Sensing**. Disponível em:

<[http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/gsarcd/index\\_e.php](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/gsarcd/index_e.php)>. Acesso em 07 de jan. 2008.

DOBSON, C. M.; ULABY, F. T.; PIERCE, L. E. Land-cover classification and estimation of terrain attributes using synthetic aperture radar. **Remote Sensing of Environment**, v. 51, n.1, p. 199-214, 1995.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.

FERREIRA, L.V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005.

FOODY, G. M.; PALUBINSKAS, G.; LUCAS, R. M.; CURRAN, P. J.; HONZÁK, M. Identifying terrestrial carbon sinks: Classification of successional stages in regenerating tropical forest from Landsat TM data. **Remote Sensing of Environment**, n. 55, p. 205-216, 1996.

HOEKMAN, D.H.; QUIÑONES, M.J. Biophysical forest type characterization in the Colombian Amazon by airborne polarimetric SAR. **IEEE Transactions on geoscience and remote sensing**, v. 40, n. 6, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Programa de prevenção e controle de queimadas e incêndios florestais na Amazônia Legal**. Disponível em:

<<http://www.ibama.gov.br/proarco/apresentacao.htm>>. Acesso em: 11 fev. 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da floresta amazônica por satélite**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: 2000 - 2001, 2002. (INPE-293064-FOLH/3159).

\_\_\_\_\_. **Projeto PRODES - Monitoramento da floresta Amazônica Brasileira por satélite**. 2008. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>. Acesso em: 21 jan. 2008.

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: An earth resource perspective**. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2007. 592p.

KIMES, D. S.; NELSON, R. F.; SALAS, W. A.; SKOLE, D. L. Mapping secondary tropical forest and forest age from SPOT HRV data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 18, p. 3625-3640, 1999.

KIRBY, K. R.; LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K.; SCHROTH, G.; FEARNSIDE, P. M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E. M.; COSTA, C. D. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. **Futures**, v. 38, n. 4, p.432-453, 2006.

KUPLICH, T.M. **Temporal, spatial, spectral and polarisation characteristics of the SAR backscatter from regenerating tropical forests**. 2001. 216p. Doctor of Philosophy - University of Southampton, Southampton. 2001.

\_\_\_\_\_. Estudos florestais com imagens de radar. **Espaço & Geografia**, v. 6, n. 1, p. 71-96, 2003.

LECKIE, D. G.; RANSON, K. J. Forestry Applications of Imaging Radar. In: HENDERSON, F. M.; LEWIS, A. J. (Ed.) **Manual of Remote Sensing: Principles and Applications of Imaging Radar**. New York: American Society for Photogrametry and Remote Sensing, 1998, cap. 9, p. 435-511.

LIMPITLAW, D.; GENS, R. Dambo mapping for environmental monitoring using Landsat TM and SAR imagery: Case study in the Zambian Copperbelt. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 21, p. 4839–4845, 2006.

LU, D.; MORAN, E.; BATISTELLA, M. Linear mixture model applied to Amazonian vegetation classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 456-469, 2003.

LU, D.; BATISTELLA, M.; MORAN, E. Land-cover classification in the Brazilian Amazon with the integration of Landsat ETM+ and Radarsat data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, p. 5447–5459, 2007.

LUCAS, R. M.; HONZÁK, M.; CURRAN, P. J.; FOODY, G. M.; MILNE, R.; BROWN, T.; et al. Mapping the regional extent of tropical forest regeneration stages in the Brazilian legal Amazon using NOAA AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 15, p. 2855-2881, 2000.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely sensed images: an introduction**. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. 292p. ISBN (0-471-98550-3).

MESQUITA JÚNIOR, H. N.; SILVA, M. C.; WATANABE, N. Y.; ESTEVES, R. L. Aplicações de sensoriamento remoto para o monitoramento do desmatamento da Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6835-6842.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 307p.

MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O.; ARAI, E.; ESPIRITO-SANTO, F. B.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 103, n. 39, p. 14637-14641, 2006.

PONZONI, F.J. Comportamento espectral da vegetação. In: MENESES, P.R.; NETTO, J.S.M. (Org.). **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UnB; Embrapa Cerrados, 2001. cap. 5, p. 157-222.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. 1. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 135 p.

ROBERTS, D. A.; KELLER, M.; SOARES, J. V. Studies of land-cover, land-use, and biophysical properties of vegetation in the Large Scale Biosphere Atmosphere experiment in Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 377-388, 2003.

RODRÍGUEZ-YI, J. L.; SHIMABUKURO, Y. E.; RUDORFF, B. F. T. Image segmentation for classification of vegetation using NOAA AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 1, p. 167-172, 2000.

ROSENQVIST, A.; MILNE, A.; LUCAS, R.; IMHOFF, M.; DOBSON, C. A review of remote sensing technology in support of the Kyoto Protocol. **Environmental Science & Policy**, v. 6, n. 5, p. 441-455, 2003.

SAATCHI, S. S.; SOARES, J. V.; ALVES, D. S. Mapping deforestation and land use in Amazon rain forest by using SIR-C imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, p. 191-202, 1997.



- SANO, E.E.; FERREIRA, L.G.; ASNER, G.P.; STEINKE, E.T. Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 12, p. 2739-2752, 2007.
- SHIMABUKURO, Y.E.; DUARTE, V.; MOREIRA, M.A.; ARAI, E.; RUDORFF, B.F.T.; ANDERSON, L.O.; SANTO, F.D.B.; FREITAS, R.M. DE; AULICINO, L.C.M.; MAURANO, L.E.P.; ARAGÃO, J.R.L. DE. **Deteção de áreas desflorestadas em tempo real: conceitos básicos, desenvolvimento e aplicação do projeto DETER**. São José dos Campos: INPE, 2005. 63 p. (INPE-12288-RPE/796).
- SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; MOREIRA, M. A.; ARAI, E.; RUDORFF, B. F. T.; ANDERSON, L. O.; FREITAS, R. M.; LIMA, A.; ARAGÃO, J. R. L. **Deteção de áreas desflorestadas em tempo real (PROJETO DETER) para os anos de 2005 e 2006**. São José dos Campos: INPE, 2007a. 57 p. (INPE-14784-RPQ/810).
- SHIMABUKURO, Y.E.; ALMEIDA-FILHO, R.; KUPLICH, T.M.; FREITAS, R.M. Quantifying optical and SAR image relationships for tropical landscape features in the Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 17, p.3831-3840, 2007b.
- SOUZA, JR., C.; FIRESTONE, L.; MOREIRA SILVA, L.; ROBERTS, D. Mapping forest degradation in the eastern Amazon from SPOT 4 through spectral mixture models. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 494-506, 2003.
- THIEL, C.; DREZET, P.; WEISE, C.; QUEGAN, S.; SCHUMULLIUS, C. Radar remote sensing for the delineation of forest cover maps and the detection of deforestation. **Forestry**, v. 79, n. 5, p. 589-597, 2006.
- VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, A. S.; DAVIDSON, E. A.; STONE, T. A.; CARVALHO, C. J. R.; GUERRERO, J. B. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 470-481, 2003.
- VIEIRA, I.C.G.; SILVA, J.M.C.; TOLEDO, P.M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 153-164, 2005.

# ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO PARA A REGIÃO SUL DO BRASIL: ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA

Daniela Wancura Barbieri, INPE/CRS, [daniela.barbieri@crs.inpe.br](mailto:daniela.barbieri@crs.inpe.br); Isabela P. V. O. Marcelino, INPE/CRS, [isabela.marcelino@crs.inpe.br](mailto:isabela.marcelino@crs.inpe.br); Tania Maria Sausen, INPE/CRS, [tania.sausen@crs.inpe.br](mailto:tania.sausen@crs.inpe.br)

## RESUMO

Anomalias de precipitação, sejam elas positivas e/ou negativas, são responsáveis por desencadear e/ou potencializar os desastres naturais na Região Sul do Brasil. Compreender o comportamento da chuva irá auxiliar diretamente no diagnóstico da gênese desses eventos extremos, como também servir de instrumento na previsão e prevenção dos desastres. Verificar essas anomalias através de mapas gerados por interpolação espacial é uma das formas de poder compará-las com os desastres naturais e assim entender mais profundamente essa relação. Uma das etapas prévias para gerar esses mapas é a análise de consistência dos dados, que visa identificar os dados errôneos e os dados faltantes. O presente trabalho tem como objetivo analisar a consistência de dados pluviométricos para gerar mapas de anomalias de precipitação para a Região Sul do Brasil. Para isso, foi feita a preparação dos dados para a análise de dados duvidosos e análise de dados faltantes que foram gerados em programas descritos em linguagem Fortran. Foram coletados mais de 1700 estações pluviométricas com dados históricos da Região Sul. Verificou-se que tanto a análise de dados duvidosos, quanto o preenchimento de dados faltantes foram fundamentais para ajustar os erros de registros e gerar valores ausentes, respectivamente, além de serem essenciais no alcance de resultados mais precisos e próximos da realidade. A análise de consistência é uma das etapas mais importantes, visto que erros nos registros dos dados e ausências de leituras são comuns de serem encontrados, principalmente quando se trata de longas séries-históricas. Esta análise auxiliará na relação de anomalias de precipitação com os desastres naturais, sendo estas importantes na prevenção e mitigação destes eventos.

**Palavras Chaves:** Anomalias, precipitação, consistência.

## ABSTRACT

Precipitation anomalies, both positive and/or negative, are responsible for generating and/or enhancing the natural disasters in the South Region of Brazil. To understand the behavior of the rain will help directly in the genesis diagnosis of these extreme events, as well as to serve as tool in the forecast and disasters prevention. To check these anomalies through maps generated by spatial interpolation are one of the ways to compare them with the natural disaster and thus understand more deeply the relationship between disasters and rainfall. One of the prior steps to generate these maps is the data consistency analysis, which seeks to identify the wrong and missing data. This study aims to analyze the pluviometric data consistency to generate maps of rainfall anomalies for the South Region of Brazil. For this, the data were prepared in order to do the dubious and missing data analysis. There were collected precipitation historical data in more than 1700 pluviometric stations from Southern Region. It was found that the dubious and missing data analysis were very important to adjust the wrong records and generate absent values, respectively. Moreover, they are very important to get more accurate results and quite similar to the reality. The consistency analysis is one of the most important steps, because errors and absence in the data records are common; especially in very long historical data series. This analysis will help in the relation between precipitation anomalies and natural disasters events, this important in the prevention and mitigation of these events.

**Key Words:** anomaly, precipitation, consistency analysis.

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os desastres naturais são desencadeados pelo choque de fenômenos naturais extremos, que são associados à geodinâmica da Terra, sobre áreas onde existem atividades sócio-econômicas. A intensidade dos impactos depende não só da magnitude dos fenômenos extremos, mas também da vulnerabilidade das áreas afetadas (MARCELINO, 2008).

Atualmente várias regiões do país são atingidas por esses desastres, entre elas a Região Sul do Brasil sofre com vários impactos causados por desastres naturais, levando muitos municípios a decretarem situação de emergência e/ou estado de calamidade pública. De acordo com dados da Defesa Civil, Marcelino et al. (2006a) contabilizaram em Santa Catarina, no período 1980-2003, mais de 3.000 desastres naturais, enquanto que, no Paraná, para o mesmo período, foram registrados mais de 2.500 desastres. Em ambos os estados, 85% dos desastres foram causados pelas instabilidades atmosféricas severas (MARCELINO, 2008).

A precipitação é o elemento atmosférico que mais contribui para a ocorrência de desastres na Região Sul. Quando ocorre em excesso provoca inundações graduais e bruscas, escorregamentos e fluxo de detritos, em contrapartida no período de escassez, produz estiagens e secas (MARCELINO, 2008).

O comportamento pluviométrico da área de estudo é bem heterogêneo em praticamente todos os estados, com exceção de algumas áreas do Rio Grande do Sul. Apesar de serem estados que apresentam índices pluviométricos anuais elevados, a chuva de forma geral é concentrada em alguns meses, enquanto que em outros apresentam valores muito baixos, esse déficit hídrico ocorre principalmente na porção centro-oeste, caracterizada por áreas de grande produtividade agrícola (NERY, 2005; FOSS e FERRAZ, 2007). Assim, enquanto ocorrem inundações e tempestades na primavera-verão, nas estações outono-inverno, os municípios frequentemente decretam Situação de Emergência por causa das estiagens.

Dessa forma, entende-se que a análise do comportamento da precipitação auxilia diretamente no diagnóstico da gênese desses eventos extremos, como também serve de instrumento na prevenção de desastres. Para isso, é necessário aplicar técnicas de interpolação espacial para conhecer e visualizar a distribuição espaço-temporal das precipitações pluviométricas. Os mapeamentos gerados num ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) são fundamentais para efetuar qualquer tipo de plano

preventivo e de mitigação a desastres naturais, além do que, podem ser amplamente utilizados por outros setores sócio-econômicos, como o agropecuário, energético, etc.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho consiste em aplicar análise de consistência nos dados das estações pluviométricas disponíveis na Região Sul para que posteriormente sejam gerados mapas de anomalias de precipitação. Essa análise de consistência divide-se em duas etapas: análise de dados duvidosos e análise de dados faltantes.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Sistemas atmosféricos produtores de chuva**

Nery (2005) comenta que o sul do Brasil, devido à sua posição geográfica, sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias, representados principalmente pelos sistemas frontais, que são os principais causadores de chuvas durante o ano.

Além dos sistemas frontais, destaca-se a atuação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), que atuam ao longo de todo o ano, com destaque nos meses da primavera. Os CCMs são áreas de instabilidades que se formam no Paraguai e norte da Argentina, deslocando-se para leste e atingindo os estados do sul com elevados índices de precipitação, ventos fortes, granizos e ocasionalmente tornados (SILVA DIAS, 1996).

Outro sistema que atua principalmente na porção norte da Região Sul, trazendo elevados índices de precipitação, é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Esse sistema é caracterizado por uma banda de nebulosidade, com forte instabilidade e umidade elevada, que se estende da região amazônica até a região sul e sudeste do país (KODAMA, 1992).

Os sistemas convectivos isolados também são responsáveis por grande quantidade de precipitação, principalmente no verão. Essas áreas de instabilidades formam-se devido ao aquecimento diurno, gerando intensas áreas de instabilidades em uma pequena extensão espacial. Essas precipitações são popularmente conhecidas como chuvas de verão e normalmente ocorrem no final da tarde (MONTEIRO, 2001).

Além desses fenômenos que ocorrem diretamente sobre a Região Sul, destaca-se o fenômeno ENOS, que influencia a circulação atmosférica de várias partes do globo. Esse fenômeno atmosférico-oceânico caracteriza-se por um aquecimento/resfriamento anormal da temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial, que interfere na mudança dos padrões de ventos em escala global (VOITURIEZ e JACQUES, 2000). Essa mudança no comportamento dos ventos desencadeia, em períodos de aquecimento anormal (El Niño), um aumento significativo das chuvas na Região Sul do Brasil. Isso ocorre devido a intensificação dos jatos subtropicais que proporcionam um fortalecimento dos sistemas frontais e áreas de instabilidades atuantes na região (KOUSKY et al., 1984; GRIMM et al., 1998).

## 2.2 Precipitação e desastres naturais

Vários fatores facilitam o desencadeamento de desastres por decorrência das precipitações. Kobiyama et al. (2006) e Marcelino e Goerl (2006) destacam a impermeabilização do solo (calçamentos, asfalto, etc.), o adensamento das construções, o tipo de relevo, a conservação de umidade (precipitação antecedente) e de calor (favorece a convecção). Dentre os principais desastres associados a precipitação na região Sul do Brasil destaque-se:

Inundação de 1983 em Santa Catarina: fortes e prolongadas chuvas que ocorreram no outono e inverno afetaram principalmente as mesorregiões Oeste, Norte e Vale do Itajaí. Os maiores valores de desvios de precipitação ocorreram no oeste catarinense com valores superiores a 700 mm. Os maiores índices de precipitação foram medidos no inverno, mais de 500 mm em relação à média climatológica, por decorrência de um sistema frontal estacionário sob influência do El Niño (MARCELINO et al., 2006b). Essa inundação atingiu 90 municípios, deixou 197.790 desabrigados e 49 mortos. Os municípios mais atingidos foram Blumenau, Itajaí e Rio do Sul (HERRMANN, 2006).

Escorregamentos de 1995 em Santa Catarina: nos dias 23 e 24 de dezembro de 1995 uma grande área de instabilidade proveniente do oceano atingiu as encostas da Serra Geral na região sul catarinense, produzindo chuvas orográficas excepcionais que ultrapassaram os 500 mm/dia (MARCELINO et al., 2006b). As chuvas desencadearam, de forma generalizada, uma série de escorregamentos e fluxos de detritos nas áreas próximas a serra e inundações a jusante na bacia do rio Araranguá. Em virtude dos danos e prejuízos, 11 municípios da bacia decretaram estado de calamidade pública. Foram mais de 20.000 desabrigados e um total de 29 mortes (HERRMANN, 2006).

Inundação de 2007 no Rio Grande do Sul: entre os dias 21 e 23 de setembro de 2007 um sistema frontal estacionário favoreceu a formação de intensas áreas de instabilidades sobre a bacia do rio Caí (RS). Choveu muito forte nos primeiros dias, registrando em alguns municípios da bacia mais de 300 mm. O nível do rio aumentou consideravelmente, atingindo em alguns pontos mais de 7 m acima da vazão normal. Imensas áreas foram alagadas sendo possível até a identificação via imagens satélites. Milhares de moradores em todo o vale ficaram desabrigados, principalmente nas áreas mais pobres da região metropolitana de Porto Alegre (METSUL, 2007).

### 3. METODOLOGIA

O método para a elaboração dos mapas de desvios de precipitação para a Região Sul do Brasil seguirá as seguintes etapas mostradas na Figura 1.

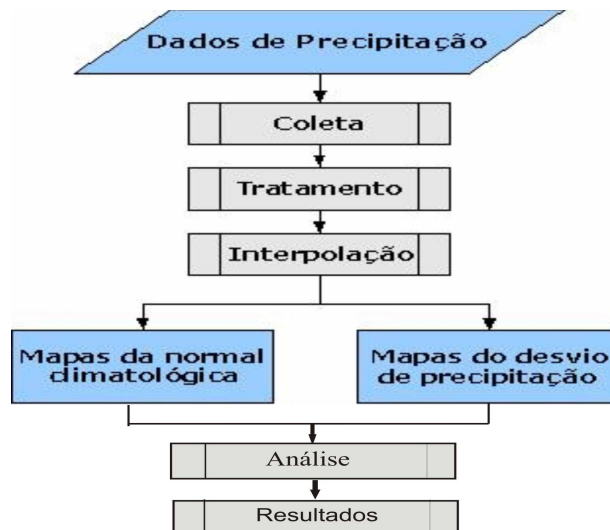


Figura 1 – Fluxograma de trabalho para o mapeamento dos desvios de precipitação.

Neste trabalho será apresentada os resultados obtidos até a etapa do tratamento de dados. Inicialmente foi feita a coleta dos dados de precipitação da Agência Nacional de Águas – ANA e uma primeira análise foi realizada em cada estação para selecionar as que possuíam um período de série histórica maior que 30 anos com pequenos períodos de falhas. Desta análise seletiva foram separadas um total de 716 estações para toda a Região Sul, sendo que 414 estações no Paraná, 215 em Santa Catarina e 87 no Rio Grande do Sul.

Após a seleção das estações da ANA, passou-se para a fase de tratamento, que consistiu em fazer uma análise dos dados duvidosos e posteriormente realizar o preenchimento das ausências de dados (falhas). Para a análise dos dados duvidosos foi utilizado o método Tukey que calcula a média da precipitação mensal e indica se o valor apresenta-se 3 vezes acima ou abaixo do desvio padrão. Para a aplicação desse método foi utilizado um programa descrito em linguagem Fortran. O programa gerou relatórios, exemplificado na Figura 2.

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
02353019.chu				
PREC(12/1981) =	391,8	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3 VEZES O DESVIO PADRAO	
PREC(12/1984) =	478,8	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3 VEZES O DESVIO PADRAO	
PREC(12/1985) =	396,3	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3 VEZES O DESVIO PADRAO	
PREC(1/1985) =	374,4	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3 VEZES O DESVIO PADRAO	
PREC(4/1985) =	389,3	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3 VEZES O DESVIO PADRAO	
PREC(2/2000) =	376,7	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3 VEZES O DESVIO PADRAO	
PREC(5/2002) =	348,3	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3 VEZES O DESVIO PADRAO	

Figura 2 – Resultados da análise de dados duvidosos.

Em seguida foi realizada a análise de preenchimento de dados faltantes, utilizando o método Tabony (1983), que utiliza um mínimo de 3 estações vizinhas para calcular o dado faltante através da média ponderada. A Figura 3 mostra um exemplo dos relatórios gerados. Para aplicação do método Tabony (1983) foi também utilizado um programa descrito em linguagem Fortran.

```

Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
-----
ESTACAO A SER PREENCHIDA: 02453008.chu (1968-2005)
-----
2 DADOS FALTANTES
-----
ESTACOES VIZINHAS
-----
1-02451045.CHU (1976-2005)
2-02450055.CHU (1976-1998)
3-02353046.CHU (1976-1995)
-----
ESTACAO 1-02451045.CHU (1976-2005)
-----
0 DADOS FALTANTES
-----
MEIAS MENSAIS NO PERIODO DE SUPERPOSICAO:
193.1 145.4 122.8 116.9 161.2 117.6 98.1 71.4 147.7 156.1 145.5 277.0
NUMERO DE DADOS PARA CALCULO DAS MEDIAS:
30 30 30 30 29 30 30 30 30 30 30
MEIAS MENSAIS DA ESTACAO A SER PREENCHIDA
NO PERIODO DE SUPERPOSICAO:
167.7 127.4 101.5 121.3 160.7 103.5 75.7 78.5 144.4 173.0 149.7 179.5
NUMERO DE DADOS PARA CALCULO DAS MEDIAS:
30 30 30 30 29 30 30 30 30 30 30 30
-----
MES 1
-----
N= 30(IGUAL A LV( 1))
DEN1=( 1) 1.163266E+07
DEN2=(,') 268643.000000
COEFICIENTE DE CORRELACAO: .71
EST.FISHER/D.PADRAO (>1.64 CORR.SIGN.): 4.63
LIMITE INFERIOR DO CC A 95%: .47

```

Figura 3 – Resultado da análise de dados faltantes.



#### 4. RESULTADOS

Toda a coleta de dados pluviométricos pertencentes à ANA foi concluída, apresentando um total de mais de 1.700 estações armazenadas da Região Sul. Esses dados foram armazenados na extensão “.xls” como pode ser verificado na Figura 4.

16	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S							
	/Estação	Nivel	Cons	Data	Tipo	Medio	Maxima	Total	Dia	Maximo	NumDias	Maxima	Total	Status	NumDias	Total	Anu	Total	Anu	Chuva01	Chuva02	Chuva03	Chuva04	Chuva05	Chuva06	
17	2450042	1	01/10/1975	1																						
18	2450042	1	01/11/1975	1	64	278,1	18	14	1	1	0	0	0	0	22	0	2,3	0	0	0	0	0	0	0	26	
19	2450042	1	01/12/1975	1											0	0	0	0	0	30,4	13,5		4	50,2	4,6	
20	2450042	1	01/01/1976	1	26	133,4	16	19	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,9	13,2	16,6	
21	2450042	1	01/02/1976	1	30	150,1	2	12	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	22,8	30	12,4	0	0	13,4	
22	2450042	1	01/03/1976	1	40	119,6	20	15	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3,1	5	0	0	
23	2450042	1	01/04/1976	1	51,4	114,3	10	5	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	2450042	1	01/05/1976	1	62,4	166,8	26	10	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	2450042	1	01/06/1976	1	50,2	129,1	5	8	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	50,2	39,7	
26	2450042	1	01/07/1976	1	23	85	26	8	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
27	2450042	1	01/08/1976	1	37,7	161,1	19	8	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	2450042	1	01/09/1976	1	17,9	132,8	7	11	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	2450042	1	01/10/1976	1	34	95	18	7	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	6,5	0	0	0	0	0	
30	2450042	1	01/11/1976	1	38	158,2	21	6	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	2450042	1	01/12/1976	1	36,5	160,5	8	9	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	24,2	20,5	0	0	0	0	
32	2450042	1	01/01/1977	1	46,4	248,5	5	16	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,9	46,4	41	
33	2450042	1	01/02/1977	1	38	115,8	3	8	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	4,9	38	0	0	0	0	
34	2450042	1	01/03/1977	1	57,9	201,2	16	19	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	0	15,8	5,1	4,1	1	7,2	
35	2450042	1	01/04/1977	1	44,6	135,7	19	6	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	3,1	0	0	0	0	0	
36	2450042	1	01/05/1977	1	10	25,4	30	4	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
37	2450042	1	01/06/1977	1	39,6	165,5	16	10	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	39	0,5	0	0	0	0	
38	2450042	1	01/07/1977	1	44,4	86,2	22	5	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
39	2450042	1	01/08/1977	1	19,8	56,5	31	6	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40	2450042	1	01/09/1977	1	31,8	93,7	17	7	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	
41	2450042	1	01/10/1977	1	40,2	137,3	13	8	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	20	26,4	0	0	0	0	
42	2450042	1	01/11/1977	1	51	181,5	15	14	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	6,3	30,4	0	0	0	0	
43	2450042	1	01/12/1977	1	50	183,2	4	10	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	0	30	2,3	50	2	1	

Figura 4 – Dados diários da ANA armazenados na extensão “.xls”.

Em seguida foram colocados cabeçalhos junto a esses dados diários de precipitação contendo informações sobre cada estação: latitude, longitude, altitude, município localizado, tipo de estação e empresa administradora. Um exemplo desse cabeçalho pode ser visualizado na Figura 5.

	A	B	C
1	Instituição		SUDERHSA
2	Município		Campina da Lagoa
3	Estação	Nome	Herveira
4		Tipo	Telemétrica
5		Código	2452030
6		Período	1/7/1975-1/6/1997
7		Lat	-24:31:59
8		Lon	-52:43:59
9		Alt	419

Figura 5 – Cabeçalho contendo informações sobre a estação pluviométrica.

Terminada a fase de coleta, iniciou-se a fase de seleções das estações para serem usadas no mapeamento. Para tanto, foi necessário buscar estações que continham o mesmo período de série histórica e no mínimo 30 anos de dados. Além disso, buscou-se estações com um período mínimo de falha de dados. As estações selecionadas após essa análise podem ser visualizadas na Figura 6.

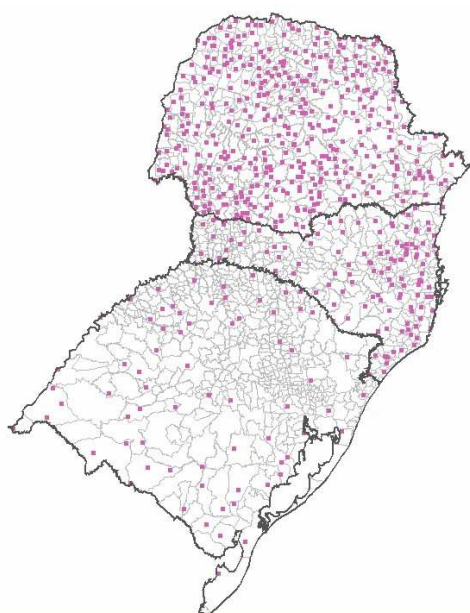


Figura 6 – Distribuição espacial das estações selecionadas da ANA.

Para a realização da primeira etapa que é a análise dos dados duvidosos, os dados tiveram que ser transformados para que pudessem ser lidos e analisados pelo programa utilizado. Dessa forma, da planilha original (Figura 4 acima mostrada) foram criados arquivos na extensão “.prn” que posteriormente foram transformados para a extensão “.chu”, a qual obteve a formatação final para realizar a análise de consistência de dados (Figura 7). Além disso, foi inserido o valor -999.0 para os meses que não tiveram registros de dados, ou seja, em todos os espaços vazios.

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda								
02652010	1964	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	95.8
02652010	1965	117.3	179.3	61.5	238.7	152.0	93.3	261.0	162.2	247.6	119.8	119.8
02652010	1966	150.2	294.5	121.2	30.4	60.4	233.0	116.8	99.5	119.8	126.9	114.0
02652010	1967	194.8	188.3	148.4	30.5	65.9	122.7	92.5	171.8	126.9	114.0	114.0
02652010	1968	91.5	36.2	106.1	161.5	22.9	90.2	91.8	42.2	114.0	114.0	114.0
02652010	1969	234.1	166.9	215.5	204.0	206.9	175.9	123.7	116.1	269.0	138.0	138.0
02652010	1970	102.4	82.6	229.4	61.8	143.9	347.8	158.8	61.5	138.0	137.6	137.6
02652010	1971	183.7	111.6	188.6	264.1	210.2	255.3	185.0	148.4	137.6	137.6	137.6
02652010	1972	125.4	142.2	180.6	106.4	38.0	268.2	160.8	465.4	386.8	253.6	253.6
02652010	1973	383.3	242.0	120.6	146.4	249.6	189.8	132.6	299.6	109.8	109.8	109.8
02652010	1974	249.4	233.0	45.8	155.4	131.8	167.4	74.1	93.9	109.8	274.9	274.9
02652010	1975	365.2	215.0	137.0	55.8	62.2	157.6	122.8	137.0	274.9	136.8	136.8
02652010	1976	262.4	59.8	210.4	130.6	189.6	144.6	113.2	133.6	136.8	136.8	136.8

Figura 7 – Transformação dos dados para análise de consistência.

Foram gerados vários relatórios contendo os dados duvidosos (Figura 2 anteriormente mostrada). Com os relatórios em mãos, foi analisado cada caso, dispensando o que se tratava de episódios com chuva intensa. Nesses casos, foram apontados como dados duvidosos episódios de precipitações intensas, que é comum ocorrerem na Região Sul. Essas precipitações podem alcançar e/ou superar em poucos dias a média climatológica do mês. Dessa forma, quando estações vizinhas registravam valores elevados de precipitação, foi descartada a hipótese de ser um dado duvidoso, confirmando a ocorrência de índices elevados de chuva na região. Entretanto, vários

dados duvidosos trataram-se de erro de leitura e/ou de registro, pois na comparação com as estações vizinhas esses dados mostravam-se muito mais elevados. Houve casos que os registros duvidosos superavam o total anual de precipitação, ficando claro nesses casos, que tratava-se de um registro errôneo. Na Figura 8, apresenta-se um exemplo de erro encontrado na análise dos dados duvidosos.

	B	C	D
137	1051987	46,1	
138	1061987	13,8	
139	1071987	9,1	
140	1081987	11,1	
141	1091987	2253,3	
142	1101987	17,9	
143	1111987	5,7	
144	1121987	162,2	
145	1011988	228,8	
146	1021988	171,6	

	B	C	D
281	1051987	44,3	
282	1061987	15,2	
283	1071987	10,2	
284	1081987	11,6	
285	1091987	6,3	
286	1101987	19,1	
287	1111987	7,9	
288	1121987	12,3	
289	1011988	115,6	
290	1021988	111,1	

	B	C	D
185	1051987	394,4	
186	1061987	162,8	
187	1071987	96,6	
188	1081987	115,3	
189	1091987	41,1	
190	1101987	211,7	
191	1111987	136,4	
192	1121987	162,5	
193	1011988	54,1	
194	1021988	99,7	

Figura 8 – Exemplo de erro detectado através da análise dos dados duvidosos.

O primeiro quadro mostra um registro de 2.253,3 mm no mês de setembro de 1987. Nos dois quadros adjacentes mostram os registros de duas estações vizinhas marcando para a mesma data 6,3 e 41,1 mm, respectivamente. Esse caso mostra um exemplo típico de dado que foi registrado erroneamente.

Finalizando essa etapa, passou-se para a segunda fase da análise de consistência de dados, na qual tinha por finalidade preencher os dados faltantes. Para isso, foram gerados relatórios que apresentaram a estimativa dos índices de precipitação com base na média ponderada das estações vizinhas, completando assim todas as falhas existentes nas séries históricas das estações selecionadas.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conhecer o padrão do comportamento da precipitação de uma região, bem como os episódios anômalos, sejam eles positivos ou negativos, é fundamental para relacioná-los com diferentes áreas do conhecimento e problemas socioeconômicos. Dentre esses, destaca-se a temática de desastres naturais, que no Brasil muitas vezes ocorrem devido ao excesso e/ou ausência de chuva, trazendo sérios impactos às comunidades atingidas. Para trabalhar com os dados de precipitação que mostrem essa realidade, é necessária a realização de análise de consistência dos dados, pois é muito comum encontrar ausências e falhas nos registros de longas séries históricas de dados.

O presente trabalho mostrou essa realidade com a modificação de um grande número de dados duvidosos e com o preenchimento das ausências de dados em várias estações pluviométricas. Devido a grande quantidade de dados registrados erroneamente e ausências de registros, verificou-se que tanto a análise de dados duvidosos, quanto o preenchimento de dados faltantes são fundamentais para alcançar resultados mais precisos e próximos da realidade, tornando-se uma das etapas mais importantes para se trabalhar com séries de dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FOSS, M.; FERRAZ, S. E. T. Variabilidade do período chuvoso no Estado do Rio Grande do Sul. *In: II Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia*, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CEFET-SC, 2007. 1 CD-ROM
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 11, p. 2863-2880, 1998.
- HERRMANN, M. L. P. As principais conseqüências negativas provocadas pelas adversidades atmosféricas no Estado de Santa Catarina. *In: HERRMANN, M. L. P. Atlas de desastres naturais do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: IOESC, 2006. p. 67-88.
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organica Trading, 2006.
- KODAMA, Y. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the baiu frontal zone, the SPCZ and the SACZ) - Part I: characteristics of subtropical frontal zones. **Journal of Meteorological Society of Japan**, v. 71, n. 5, p. 581-610, 1993
- KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T.; CAVALCANTI, I. F. A. A review of the southern oscillation oceanic atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus**, 36 A, p. 490-504, 1984.
- MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: CRS/INPE, 2008. 38p. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/geodesastres/desastresnaturais.php>>. Acesso em: 22 jan. 2008.
- MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F. Inundação brusca. *In: HERRMANN, M. L. P. Atlas de desastres naturais do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: IOESC, 2006c. p. 93-96.
- MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBIYAMA, M. Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. **Caminhos de Geografia**, v. 6, n. 9, p.130-149, 2006a.
- MARCELINO, I. P. V. O.; MOLLERI, G. S. F.; GOERL, R. F.; MARCELINO, E. V.; MORENO, D. A.; RUDORFF, F. M.; Adversidades atmosféricas no Estado de Santa Catarina. *In: HERRMANN, M. L. P. Atlas de desastres naturais do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: IOESC, 2006b. p. 11-66.
- MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.
- NERY, J. T. Dinâmica climática da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n.1, p.61-75, 2005.
- SILVA DIAS, M. A. F. Complexos convectivos de mesoescala. *In: Climanálise Especial: edição comemorativa de 10 anos*. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 1996. p.173-182.

TABONY, R.C.. The estimation of missing climatological data. **International Journal of Climatology**. 1983 v.3, n.3, p. 297-314.

VALERIANO, M. M.; PICINI, A. G.; MELLO, M. H. A. Estratificação dos efeitos anisotrópicos do relevo na geração de mapas pluviométricos por geoprocessamento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p.167-177, 2002.

VOITURIEZ, B; JACQUES, G. **El Niño**: fact and fiction. Paris: IOC Ocean Forum Series/ UNESCO Publishing, 2000. 128 p.

# SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA AUXILIANDO NO LEVANTAMENTO E MAPEAMENTO DE ELEMENTOS EPIFÍTICOS VASCULARES NA FLORESTA ESTADUAL “EDMUNDO NAVARRO DE ANDRADE”, (FEENA), NO MUNICÍPIO DE RIO CLARO – SP.

Zampin, Ivan Carlos<sup>1</sup>; Lombardo, Magda Adelaide<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>*Doutorando Unesp - Rio Claro - SP – Brasil – iczcomp@yahoo.com.br*

<sup>2</sup>*Departamento de Planejamento – Unesp - Rio Claro - SP – Brasil – lombardo@rc.unesp.br*

## RESUMO

Este trabalho de pesquisa tem por finalidade desvendar ou mostrar a existência da flora vascular epifítica dentro dos limites da Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” a FEENA, no município de Rio Claro Estado de São Paulo. Considerando para isso o uso de tecnologia renomada para a obtenção de georeferenciamento e assim posicionar geograficamente nos elementos geofáceis os geótopos nessa vegetação que forma essa floresta.

Os resultados dos dados obtidos transformados em informação geram a possibilidade de quantificar e identificar as populações de elementos epifíticos que nesse estudo estão sob a vegetação de diversos tipos e portes característicos dessa região.

Os bancos de dados criados para esse estudo armazenam todas as informações referentes aos epifíticos e características do meio onde são encontrados, ou seja, ambientes tipicamente condicionados para o desenvolvimento ou evolução taxonômica das espécies.

Assim pretende-se com a riqueza de informações contribuir para que a população e os órgãos competentes determinem a culminância de ações que visem a conservação e a preservação desse material vegetal nesse espaço geográfico de vital importância para essa região.

Palavras-chave: Vegetação, Banco de Dados, Georeferenciamento.

## ABSTRACT

This work of research has for purpose unmask or show the existence of the epiphytic vascular flora inside the limits of the State Forest "Edmundo Navarro of Andrade" to FEENA, in the town of Rio Claro, São Paulo State. Considering for that the use of renowned technology for the obtaining of geo-reference and like this to position geographically in the geo-faces' elements the geotopos in that vegetation that forms that forest.

The results of the facts obtained transformed in information generate the possibility to quantify and identify the populations of epiphytic elements that in that study are under the vegetation of diverse kinds and characteristic carriages of that region.

The databases created for that study stores all the information regarding to the epiphytic and environment's characteristics where they are found, like this being, environments typically conditioned for the development or taxonomic evolution of the species.

Like this intends with the wealth of information contribute for that the population and the competent organs decide for culmination of actions that aim at the conservation and the preservation of that stuff vegetable in that geographical space of vital importance for that region.

Keywords: Vegetation, Database, Geo-reference.

## 1. INTRODUÇÃO

As transformações ocorridas nos meios tecnológicos de tratamento das informações nas últimas décadas do século passado, também considerando esse início de século

XXI, foram fundamentais para que a humanidade conseguisse melhorar em todos os sentidos a qualidade de vida dos povos os quais tem acesso a esse desenvolvimento.

Trazendo esse pensamento para a realidade da região de Rio Claro que nesse momento é considerada conjuntamente com as cidades de Santa Gertrudes e Cordeirópolis o maior pólo cerâmico da América Latina, é possível notar amplo desenvolvimento humano em todos os setores de atividades.

Nessa região também se considera muitos aspectos de pesquisas que se desenvolvem em muitas áreas do conhecimento e um local em especial é de extrema importância para a população da cidade de Rio Claro em todos os segmentos da sociedade, ou seja, a Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”, a FEENA. Assim voltando no tempo há algumas décadas atrás é possível observar que as transformações ocorridas no espaço ambiental local durante o século passado mostram que a região, onde se foca este estudo, sofreu perda de grandes quantidades de cobertura vegetal natural e ainda perde nos dias atuais, como consequência especialmente da expansão das fronteiras agrícolas e urbanas, fazendo com que estes fenômenos se tornem uma preocupação para as autoridades e para a população em geral.

O município de Rio Claro está na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí, onde a cidade em seu lado leste é delimitada pela existência do Ribeirão Claro e na outra margem apresenta-se a Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”. Geograficamente esta Floresta se resume como sendo o maior adensamento de vegetação da região, composta de reflorestamentos e vegetação natural, sendo espécies diversas de eucaliptos, remanescentes de espécies de cerrado, mata atlântica e floresta paludosa ou mata de brejo. Neste contexto pode-se observar que há uma heterogeneidade fisionômica muito acentuada entre e entre esses tipos de vegetação, desta forma busca-se determinar na situação das matas ciliares que sobraram e que estão localizadas entre a cidade e os talhões de eucaliptos reflorestados, caracterizando um enclave, espécies de plantas epifíticas “Orquídeas e Bromélias”, fazendo com que este artigo avalie a importância, caracterize a riqueza e a biodiversidade da área como um todo para fins de conscientizar e justificar para a comunidade a necessidade primordial de preservação e conservação e a influência benéfica, dessa vegetação com relação ao clima urbano.

## **2. OBJETIVOS**

A pesquisa aqui apresentada objetiva a avaliação das potencialidades da estrutura da vegetação arbórea e florística na Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”, em categorias distintas, através de análise dos principais aspectos ambientais que refletem



direta ou indiretamente na quantidade e qualidade deste material biológico vegetal nela existente, fazendo análise amostral para identificação de espécies originárias, caracterizando, então, um inventário inédito do potencial epifítico dessa Floresta e evidenciar a tese de que essas plantas estão diretamente relacionadas com a interferência do clima (precipitação, temperatura e umidade do ar), na vegetação e a influência da altitude na existência desta unidade vegetal. O desenvolvimento deste trabalho é de interesse geral, pois o levantamento abrange a situação das orquidáceas e bromeliáceas, com relação a dados científicos de sua fitossociologia, os aspectos taxonômicos e a distribuição geográfica por espécies na vegetação nessa Floresta, indicando possibilidades para a conservação dos seus ecossistemas.

### **2.1 Objetivos específicos**

A criação de um banco de dados com informações geográficas e ecológicas, com características voltadas para esse levantamento, assim, oferecendo resultados da interpretação de técnicas apresentadas pelos SIG's e conseqüentemente tornará mais eficaz a análise dos recursos naturais existentes no espaço geográfico em estudo, contribuindo para uma precisão nos resultados, de avaliação da qualidade ou saúde ambiental da Floresta, evidenciando dessa forma a importância do uso de tecnologias desenvolvidas para monitorar o meio ambiente e definir a aplicação dos recursos para a conservação.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Área de estudos**

Este estudo está na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí que apresenta uma área muito grande onde estão distribuídas diversas cidades em seu interior e a cidade de Rio Claro é a maior entre todas, em questão de população e desenvolvimento urbano, assim Troppmair (1994), define que a calha principal dessa bacia é formada pelo Rio Corumbataí que se constitui como o maior dos quatro rios da bacia hidrográfica considerando sua extensão e volume d'água, pois o mesmo nasce no alto da Serra Geral na região da cidade de Analândia, assim:

[...] A bacia do Rio Corumbataí é um exemplo de bacia hidrográfica desenvolvida a partir do Cenozóico, com cabeceiras nas cuestas da Serra Geral, em litologias típicas da bacia sedimentar do Paraná. A altimetria varia entre 1058 m na Serra do Cuscuzeiro, próximo da cidade de Analândia e 470 m na desembocadura do Rio Piracicaba, na cidade de Piracicaba. Desta forma é notório que os trabalhos de campo têm que ser intensos ou constantes, pois a região possui uma dimensão considerável.<sup>1</sup> (TROPPMAIR, 1994)

---

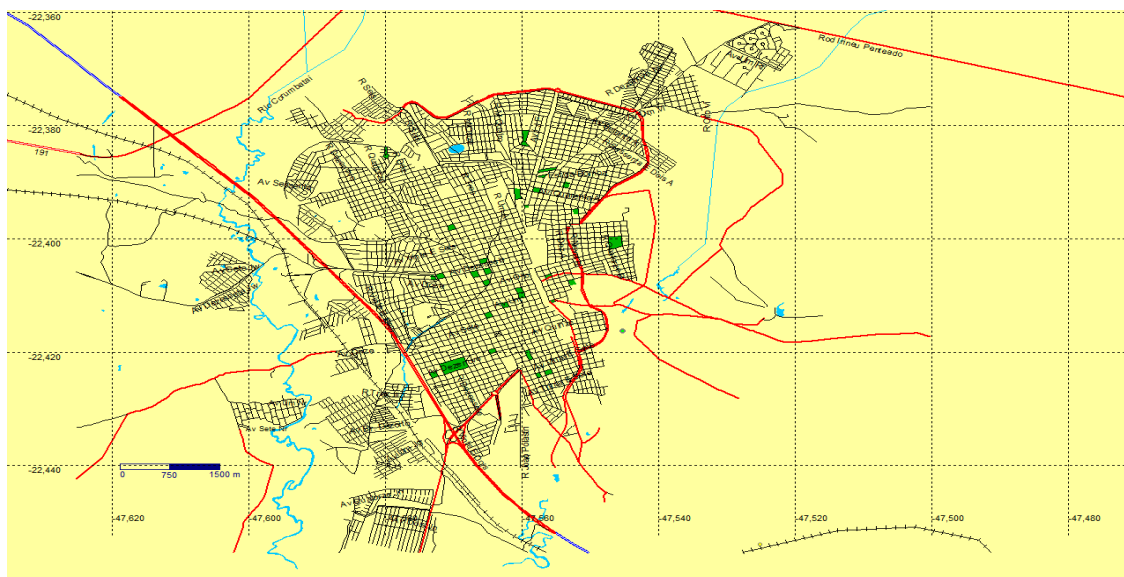
<sup>1</sup> Desta forma pela definição de Troppmair (2004), a nossa experiência confirma essa definição e completa dizendo que realmente são exaustivos os trabalhos de campo nessa área do conhecimento, considerando que os levantamentos no interior da Floresta, são uma incógnita. (Grifo nosso).

A Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” (FEENA), tombada em 1977, localiza-se no Município de Rio Claro, no planalto meridional do Estado de São Paulo (22°25’ S, 47°33’ W; ca. 650 m) e caracteriza-se por um verão quente e úmido e um inverno frio e seco. Conta com uma área de 2.222,80 ha e trata-se de um local de plantio de árvores exóticas, principalmente do gênero *Eucaliptos* (cerca de 180 espécies), dividido em talhões. Contudo, também possui remanescentes de matas ciliares e um crescente sub-bosque de flora nativa. O conjunto de águas da FEENA é composto por pequenos cursos d’água pertencentes à bacia hidrográfica do rio Corumbataí, sendo o principal deles o Ribeirão Claro, cortando-a no sentido norte-sul. Seus afluentes atingem-no no sentido oeste-leste, como é o caso dos córregos Santo Antônio e Ibitinga, sendo que este último foi represado e hoje forma um grande açude, chamado de Lago Central (MACHADO, 1978).



**Figura 1:** Esta figura mostra a mancha verde “Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade” à direita, acoplada ao município de Rio Claro, onde é possível dessa forma dimensionar a importância desse patrimônio histórico, cultural e ambiental para a cidade.

Na imagem é possível observar que a Floresta Estadual em dias atuais possui dimensão em área quase proporcional à cidade de Rio Claro, considerando a malha urbanizada, nesse sentido é que esse estudo sobre as plantas epifíticas visa colaborar para que o ato de planejar e executar ações em benefício do meio ambiente obtenha resultados reais e que a conscientização das pessoas seja fator ainda mais importante no aspecto de proteção e de conservação desse patrimônio de vital importância para o município de Rio Claro – SP.



**Figura 2:** Através dessa figura é possível localizar o município, observar sua malha cadastral e a posição da Floresta Estadual por meio das coordenadas. (fonte: GPS Track maker)

### 3.2 Metodologia

O presente estudo demonstra o uso de técnicas de coleta de dados em Sistemas de Informação Geográficas (SIG's) em trabalhos de campo, ou seja, visitas explorativas na vegetação ciliar em toda a extensão da Floresta Estadual com a finalidade de levantar dados locais de ordem estatística, quantitativa e qualitativa com relação a espécies pré definidas, com características florísticas epifíticas.

Dentre as questões dessa pesquisa biogeográfica é levantada a ação do clima (precipitação, temperatura e umidade do ar) e da altitude, onde é de suma importância as suas intervenções nas características de hábitat dessa vegetação natural, em função da existência do rio e seus afluentes. (RIBEIRO apud RIBEIRO; LEITÃO FILHO., p. 93, 2000)

Para este contexto é criado um banco de dados com informações geográficas e ecológicas, com uso de softwares e equipamentos eletrônicos que demonstram as faces com as características desse levantamento, assim oferecendo resultados da interpretação de técnicas apresentadas pelos SIG's e conseqüentemente torna mais eficaz a análise dos recursos naturais existentes nesta área.

Considerando este trabalho de pesquisa com o formato de um inventário florístico local, é que se estabelece uma metodologia de análise linear, ou seja, os rios e os córregos em estudo fornecem subsídios à vegetação ciliar, onde adequadamente nos bancos de dados são registradas as espécies ocorrentes em suas delimitações, com todas as características botânicas e ecológicas possíveis. Essa metodologia implica no fato de localizar, registrar e georeferenciar, através de Sistemas de Informação Geográfica,

todos os geótopos que fazem parte das famílias Orquidaceae e Bromeliaceae, sem distinção, considerando todas as plantas que crescem com e sem o contato caule-solo, ou seja, holopífitos verdadeiros, acidentais e facultativos, hemiepífitos primários e secundários e saprófitos. A fundamentação dos sistemas computacionais selecionados, AUTO CAD MAP 2004, ou superior, SPRING 4.2, TRACKMAKER 13.2 e o NAVISTAR GPS, justifica-se pelo fato de serem softwares e instrumentos valiosos para processos de Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto e com funcionalidade com Banco de Dados Geográficos, além de aceitarem o descarregamento de dados de coleta no campo, onde estas representações se fazem cada vez mais necessárias nas interações entre o homem e o meio ambiente. Entretanto, para elaboração desse trabalho utilizou-se de estudos, propostas metodológicas e técnicas desenvolvidas também em outras áreas, esperando-se tê-las como referência para atingir os objetivos, ou seja, a ordenação das unidades florísticas existentes na FEENA, criando subsídios para os levantamentos taxonômicos e fitossociológicos, em função dessas plantas serem bioindicadoras do critério climático, seguindo padrões geográficos e identificando-as por coordenadas georeferenciadas, conseqüentemente, contribuindo para o estabelecimento de uma sistemática de estudos que venham determinar propostas adequadas para a conservação e organização do espaço biogeográfico. (RIBEIRO apud RIBEIRO; LEITÃO FILHO,, p. 94, 2000)

Complementando a metodologia, espera-se então, que o emprego de técnicas de geoprocessamento aliadas ao já existente, em termos de estudos sobre o assunto, venha a servir de base para estudos futuros dentro da própria área ou em outras com características semelhantes, assim, poder fazer despertar no meio científico e social a importância deste estudo. Dentre as circunstâncias existentes serão elaborados documentos cartográficos, tabelas e gráficos relacionados à captura de dados no campo, com relação a vegetação e mais específico aos gêneros das epífitas (orquídeas e bromeliáceas) as quais fornecerão um conteúdo de características locais ou seja formas biológicas com predominância da Bacia Hidrográfica do Corumbataí. Para a coleta de material botânico, para identificação, neste caso as orquídeas e bromélias, os equipamentos utilizados serão: tesoura de alta poda, tesoura manual, saco plástico, fita adesiva, caneta e caderneta de campo, na qual serão anotadas as informações como hábito, porte, características do tronco do hospedeiro, flores, frutos, folhas, aromas etc.

As amostras serão identificadas por meio de chaves de identificação, com o auxílio de especialistas e comparação com materiais do herbário HRCB da UNESP, Campus de Rio Claro. O material coletado será incorporado ao herbário HRCB.

#### 4. RESULTADOS ALCANÇADOS

As evidências expostas aos olhos de toda sociedade nos dias atuais, indicam que as atividades humanas, estão levando a uma extinção em massa da biodiversidade do planeta, assim é possível olhar para a própria realidade local, onde pela expansão urbana e a necessidade de mais terras para plantio ou pastagens é constatada uma forte ação antrópica e que esta sociedade local tem obrigação de estar tratando de soluções para manter esta biodiversidade intacta dentro dos padrões legais de conservação.

Os resultados alcançados pela pesquisa em campo, aplicando as técnicas de Sistemas de Informação Geográfica, nessa localidade específica, mostram uma conclusão positiva, com relação aos biosistemas ecológicos relacionados geograficamente, pois com as incisões em campo pôde-se notar a riqueza de toda a região, com a apresentação das descobertas feitas.

Distribuição por fitofisionomia – Na vegetação ciliar inundável aberta ocorrem muitos táxons de Orchidaceae, distribuídos nos forófitos e em função de gradientes verticais de umidade e luminosidade, sendo o caso da *Encyclia*, do *Catasetum fimbriatum*, *Oncidium pumilium* e algumas *Rodriguésias Decora*. Entre as epífitas, na parte inferior das árvores e arbustos, ocorrem várias espécies de bromélias e também o *Catasetum Fimbriatum* e o *Telipogon*. Em nível superior, na parte mediana das árvores e arbustos, em locais mais alagados e expostos a maior insolação, aparece o *Ionopsis*.

Na vegetação ciliar inundável fechada, não são encontradas nenhuma Orquídea terrestre onde nesse ambiente predominam as epífitas que se restringem à copa das árvores, sendo representadas por *Epidendrum* de duas espécies, comuns nesse ambiente, ocorrendo principalmente nos pontos onde a umidade é maior. O número de táxons de Orchidaceae encontrados nas duas formas de vegetação ciliar inundável é aproximadamente o mesmo, sendo muito espalhados como é mostrado no mapeamento pelo software, outro fator é que no tipo de vegetação de forma fechada, as plantas aparecem em menor quantidade e, freqüentemente, tendem a concentrar-se nas copas das árvores, o que torna a sua observação mais difícil.

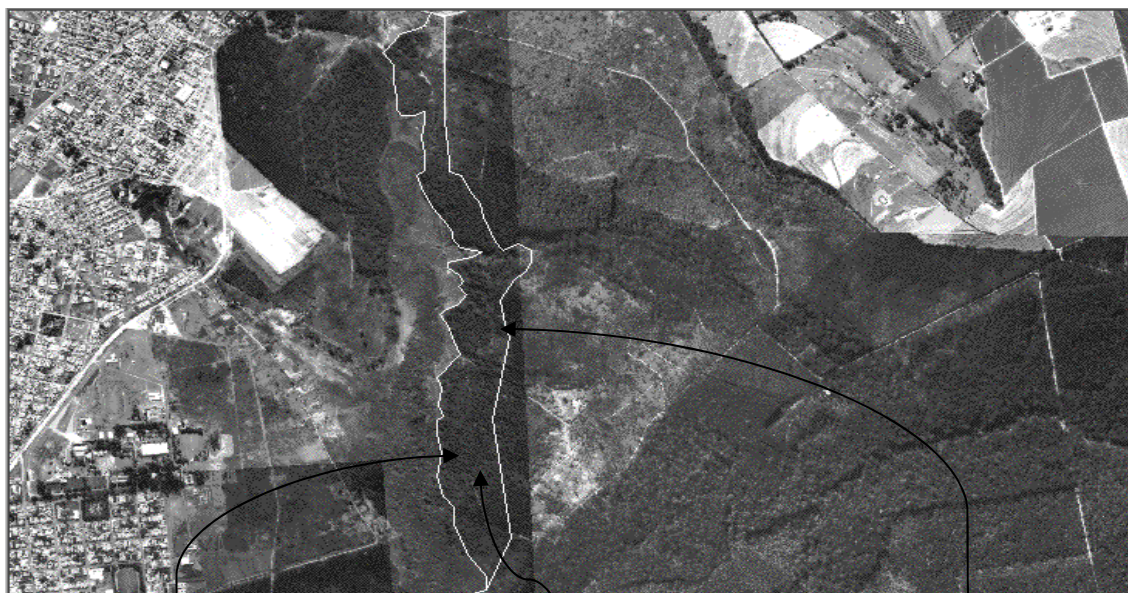
Os resultados apresentados pelo levantamento realizado aplicados nos mapas de identificação das espécies e registradas nas tabelas do banco de dados da pesquisa demonstram que a Floresta em toda a sua área de existência é muito rica em



biodiversidade epifítica, contendo vários adensamentos de plantas devido às condições estabelecidas pela geografia do local, ou seja, existem muitas várzeas e paleomeandros decorrentes do regime pluvial do Ribeirão Claro e seus afluentes, favorecendo a existência de vegetação ciliar em alguns pontos da Floresta. (ZAMPIN, et al, 1997 p. 235-239).

A seqüência de imagens apresentadas a seguir mostra trechos de vegetação ciliar que compõem uma rica biodiversidade em se falando de uma análise mais apurada de um corredor gênico, onde nesse local composto de espécies de Cerrado e Mata Atlântica, circulam dezenas de espécies de animais que já foram vistos e identificados na Floresta, tais como, macacos, quatis, tatus, cobras, roedores, veados, capivaras, gambás, cachorro do mato, lagartos, ainda centenas de espécies de insetos. (ZAMPIN, et al, 1997 p. 235-239).

Considerando esta situação as imagens foram divididas em três trechos onde realmente essa vegetação está agregada a Floresta Estadual, assim da primeira para a terceira tem-se a extensão da vegetação em contato com o Ribeirão Claro formando as divisas dessa realidade, mostrando e identificando as plantas encontradas com seu posicionamento aproximado, deixando para o banco de dados as informações precisas de seus georeferenciamentos, definidos pelo GPS.





(4)

(5)

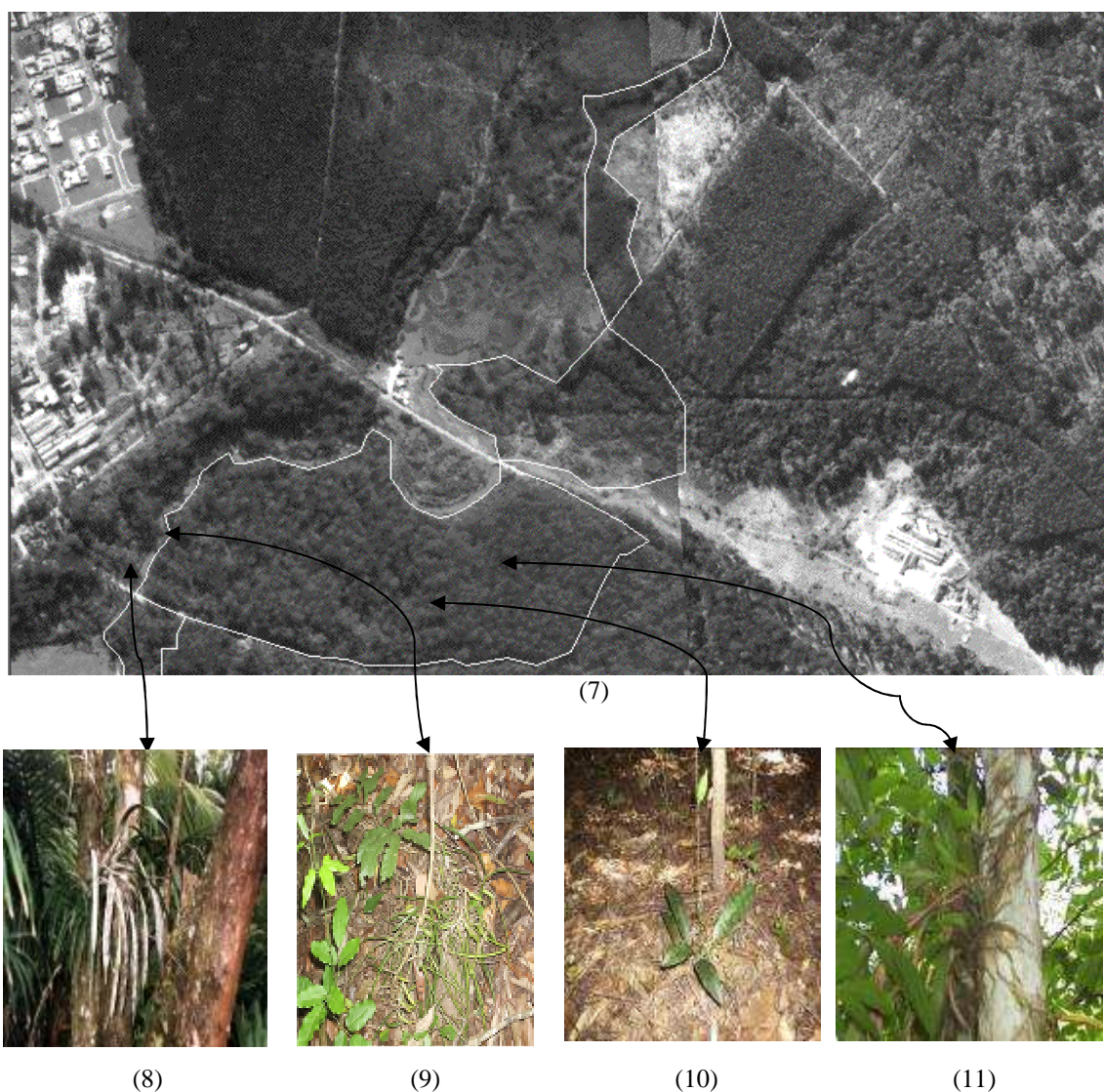
(6)

**Figura 3:** Fotos aéreas de 1995, escala 1:25000, montagem de mosaico (Auto CAD -2004) sobre a FEENA (Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” Rio Claro – SP). (CEAPLA- CENTRO DE ESTUDOS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL – UNESP – RIO CLARO).

**Figura 4:** Esta figura mostra um “*Epidendrum*” localizado bem próximo ao Ribeirão Claro, possuindo características de habitat favorável em local de vegetação de brejo, está com haste floral onde houve fecundação e possui cápsulas de sementes. (foto: Ivan Carlos Zampin, 08/2006).

**Figura 5:** Este é um “*Catasetum Fimbriatum*” que também está localizado às margens do Ribeirão Claro, é uma orquídeacea característica dessa região interiorana do Estado, por vários pontos da Floresta Estadual a mesma está distribuída e em muita quantidade. (foto: Ivan Carlos Zampin, 03/2007).

**Figura 6:** Essa imagem é de uma “*Rodriguesia Decora*”, planta característica dessa região, se encontra em grandes quantidades de exemplares distribuídas pela floresta como também pelos outros rios dessa bacia hidrográfica. É considerada de pequeno porte e de estrutura vegetal muito frágil. (foto: Ivan Carlos Zampin, 08/2006). (*Rodriguesia decora* (Lem.) Rchb.f., Bot. Zeitung (Berlin) 10: 771 (1852).)



**Figura 7:** Fotos aéreas de 1995, escala 1:25000, montagem de mosaico (Auto CAD -2004) sobre a FEENA (Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” Rio Claro – SP). (CEAPLA- CENTRO DE ESTUDOS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL – UNESP – RIO CLARO).

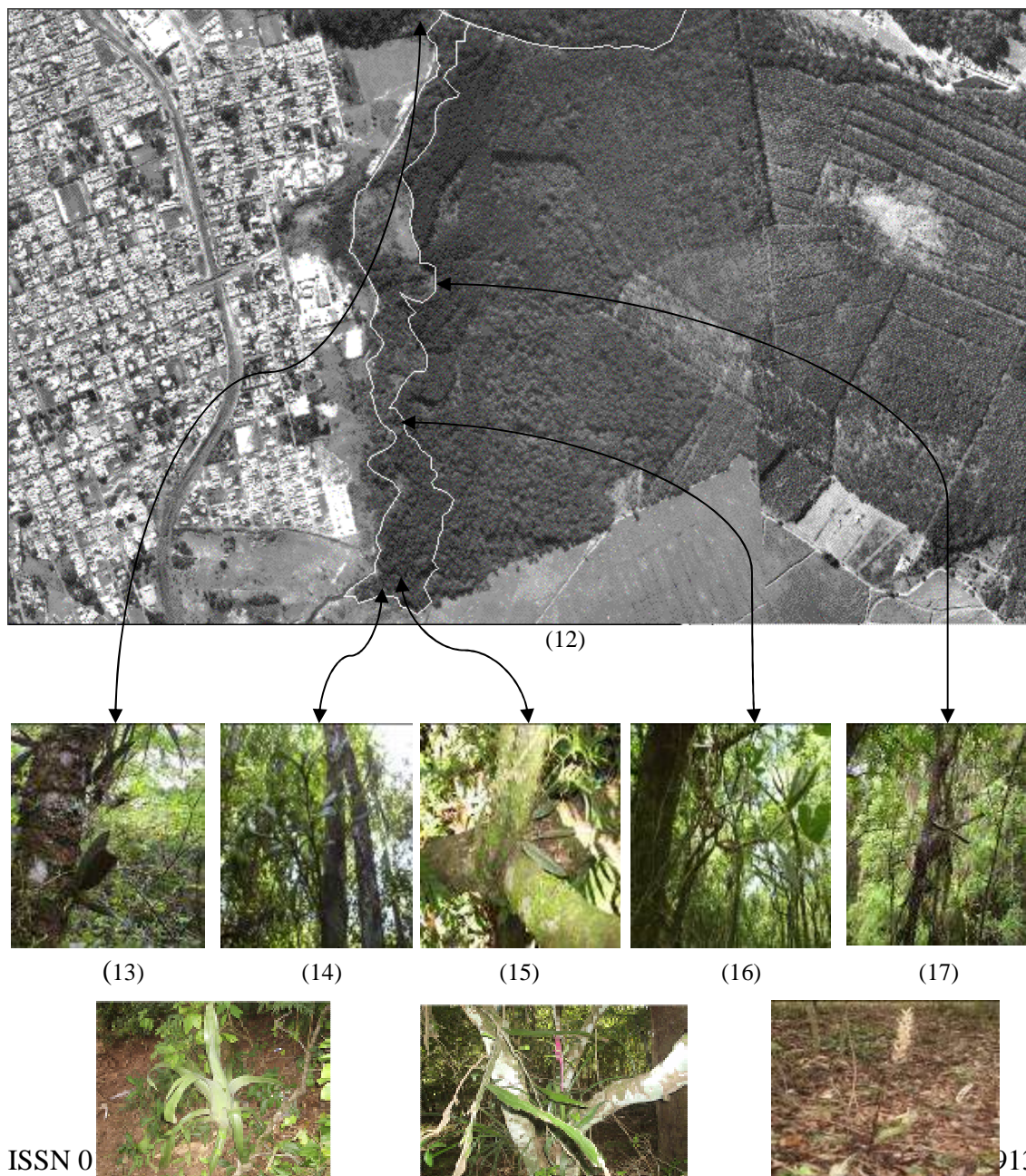


**Figura 8:** Esta imagem identifica uma “*Encyclia fragrans*” que está localizada em área de brejo com as condições edáficas extremamente úmidas. É uma planta que está bem protegida e possui devido o ambiente uma situação de aparência muito saudável. (foto: Ivan Carlos Zampin, 08/2006).

**Figura 9:** A imagem apresentada aqui é de um pedaço da moita de “*Laelia Lundii*” que se desprende da árvore hospedeira, assim demonstrando um caso especial de efeitos climáticos sobre a existência desse tipo de planta na Floresta, pois com os ventos fortes e a chuva torrencial é fato a ocorrência do desprendimento e da destruição natural de partes da planta, considerando que essa não é um espécime adaptado ao solo ou húmus. (foto: Ivan Carlos Zampin, 08/2007). (BENZING, 1990).

**Figura 10:** Esta planta mostrada na imagem é uma planta humifita “*Prescotia*”, com características próprias considerando principalmente as raízes que são mais grossas que as orquídeas comuns (epífitas) então se espalham horizontalmente em meio às camadas de folhas que estão em contínuo processo de decomposição, com o passar do tempo se transformando em húmus. (foto: Ivan Carlos Zampin, 08/2007). (*Prescottia oligantha* (Sw.) Lindl., Gen. Sp. Orchid. Pl.: 454 (1840)).

**Figura 11:** Esta figura apresenta um exemplar da família dos ” *Epidendrum*” natural desta região e que está não só na posição onde foi indicada pela imagem da Floresta, mas por toda a extensão de vegetação ciliar nos pequenos córregos que formam a malha hídrica e até mesmo adaptados às condições peculiares nas cascas dos eucaliptos. (foto: Ivan Carlos Zampin, 05/2007). (BENZING, 1990).





(18)

(19)

(20)

**Figura 12:** Fotos aéreas de 1995, escala 1:25000, montagem de mosaico (Auto CAD -2004) sobre a FEENA (Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” Rio Claro – SP). (CEAPLA- CENTRO DE ESTUDOS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL – UNESP – RIO CLARO).

**Figura 13:** A imagem é de um “*Oncidium pumilium*”, que foi fotografado e georeferenciado às margens de uma lagoa, dentro da área especificada acima sendo resultado de um paleomeandro do Ribeirão Claro, as condições edáficas, são de extrema umidade onde o solo se mantém encharcado durante o ano todo. (foto: Ivan Carlos Zampin, 05/2007). (BENZING, 1990).

**Figura 14:** A imagem é de um “*Epidendrum*” ainda não identificado, encontrado a cerca de 200 metros da margem do Ribeirão Claro onde a vegetação é natural, apresentando árvores com DAP de 20 a 60 cm e essa planta está hospedada em árvores de pequeno porte na borda do adensamento e que não atingem 6 metros de altura, são forófitos com DAP.máximo de 8cm. (foto: Ivan Carlos Zampin, 05/2007).

**Figura 15:** Apresenta um “*Oncidium*” ainda a ser identificado, é uma planta que foi encontrada de forma solitária apenas um exemplar em área de 200 metros de diâmetro, está posicionada em local com condição edáfica extremamente encharcada pela ação de lençol freático e apresenta condição de desenvolvimento botânico favorável. (foto: Ivan Carlos Zampin, 05/2007). (BENZING, 1990).

**Figura 16:** A imagem retrata um “*Telipogon*”, ainda a ser classificado, está locado em margem de lagoa tipo ferradura, resultado de mudança de direção do Ribeirão Claro, portanto considerando-se um paleomeandro, a planta em si não apresenta padrões de atraência para ser depredada, ou retirada da vegetação por pessoas que por ali transitam é um importante exemplar que qualifica o local como ambiente ideal para sua existência já que não foi encontrado até o momento nenhum outro exemplar desta planta na Bacia do Rio Corumbataí. (foto: Ivan Carlos Zampin, 02/2007). (BENZING, 1990).

**Figura 17:** Esta figura apresenta um “*Ionopsis*” que está locado na extensão de um paleomeandro a cerca de 90 metros do Ribeirão Claro e que posiciona-se em sentido perpendicular a margem do lado pertencente a FEENA. As condições de edáficas apontam para um local encharcado e coberto com muitas camadas de folhas e restos de árvores, formando um ambiente hidromórfico, com relação às plantas as mesmas estão nos extremos das árvores que não são de grande porte, contando que apresentam um DAP (Diâmetro à Altura do Peito) com variação de 5 a 20 cm e altura total máxima de 6 a 8 m. As plantas nesse caso, estão em lugar compatível com seu habitat e se mostram em grande harmonia com o meio, demonstrando aumento de população de ano a ano. (foto: Ivan Carlos Zampin, 04/2007). (*Ionopsis utricularioides* (Sw.) Lindl., Coll. Bot.: t. 39 A (1826).)

**Figura 18:** Esta figura mostra uma “*Bromélia*” “*Aechmea tinctoria Mez*”, é uma planta característica dessa região existindo por toda a extensão em vegetação tanto de Cerrado quanto a de Mata Atlântica, hospedada em forófitos como também adaptadas ao solo, mais seco como também mais encharcado. Algumas plantas já foram vistas em árvores distribuídas pela cidade de Rio Claro. (foto: Ivan Carlos Zampin, 06/2007). (FLORA BRASILIENSIS, Vol. III, Part III, Fasc. 112 Prancha 73 Publicado em 15-Mai-1892)

**Figura 19:** Esta imagem mostra a existência de duas espécies de bromélias convivendo harmoniosamente no mesmo espaço, as mesmas estão em um forófito de pequeno porte considerando segundo levantamentos que as mesmas estão distribuídas não só pela floresta mas também por toda a Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí. (foto: Ivan Carlos Zampin, 05/2007).

**Figura 20:** Esta imagem é de uma espécie descoberta há pouco tempo na Floresta Estadual, se trata de uma “*Prescottia*” e que não foi encontrado nenhum outro exemplar nas proximidades do local de origem da planta. (foto: Ivan Carlos Zampin, 05/2007). (*Prescottia stachyodes* (Sw.) Lindl., Edwards's Bot. Reg. 22: t. 1915 (1836).)

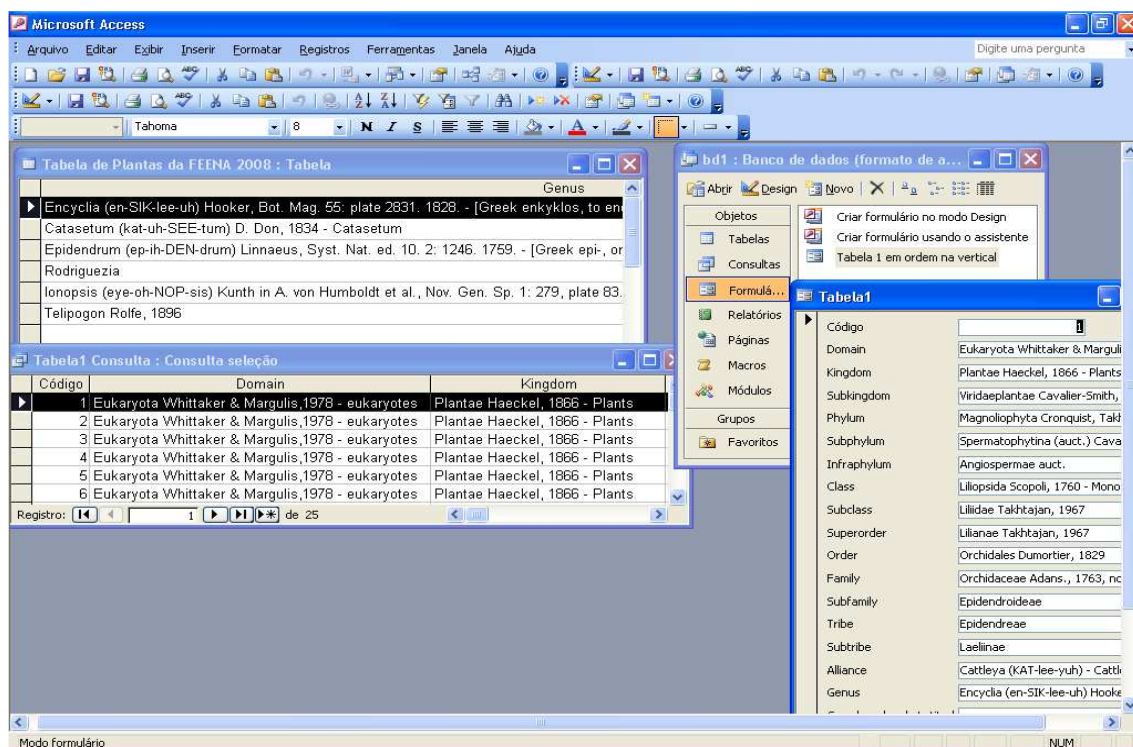
## 5. FORMATAÇÃO DO BANCO DE DADOS EM SOFTWARE APLICATIVO ACCES

O Banco de Dados aqui criado e desenvolvido em software *Acces*, propicia o armazenamento de informações sobre o meio em que a planta está inserida além de suas

características fundamentais quanto à concepção botânica, ecológica e a localização específica onde esse meio está sendo georeferenciado. Os aspectos geográficos são de extrema importância para as plantas e para o entendimento da comunidade científica sobre a existência das mesmas nesse território, assim estabelecendo valor inestimável a vegetação existente e das condições edáficas para a fixação desse material vegetal, ou seja, características do solo registradas e acumuladas no banco de dados para futuras comparações ou estudos, sem deixar de citar a manutenção do afloramento do lençol freático durante o ano todo com aumento ou diminuição do fluxo de água das nascentes, período seco e período úmido.

Considerando para esse trabalho os itens importantes obtidos e anotados, somando-se a temperatura e umidade do ar, em função da altitude no local georeferenciado, assim definem-se muitas das características da existência desse elemento epifítico e demonstrando que o ambiente deve apresentar requisitos satisfatórios, caso contrário as plantas não se desenvolvem.

O trabalho de coleta de dados em campo apresenta a necessidade de georeferenciar os locais com o GPS, (Global Positioning System), que nos apresenta as coordenadas geográficas, utilizando um Datum previamente estabelecido, ou definido para o monitoramento. Assim esse levantamento das plantas feito pelo GPS é descarregado e mostrado no Software Track Maker, para posteriormente ser inserido nas tabelas do Banco de Dados, o qual está sendo utilizado para armazenamento dessa pesquisa.



**Figura 21:** Imagem do banco de dados em software aplicativo *Acces*, que armazena todas as informações pertinentes à pesquisa sobre a flora epifítica na Floresta Estadual (FEENA). (Criação de Ivan Carlos Zampin, 2007/2008).

As tabelas geradas pelo sistema armazenam desde as características básicas das plantas, descritas segundo a bibliografia e fatos advindos do campo, até a imagem das mesmas para que se possa identificar com mais facilidade e precisão sua fisiologia vegetal. Esta ferramenta possibilita a recuperação das informações pertinentes às análises, que estejam sendo feitas, com muita precisão e rapidez, fazendo com que o pesquisador demonstre os resultados ou conclusões com muita confiança. Com relação às tabelas pode-se dizer que são de fácil manuseio e interpretação, pois a interface é muito amigável e oferece a possibilidade de ligação com os softwares usados nos Sistemas de Informação Geográfica, podendo citar o Auto CAD 2004, usado para essa pesquisa.

## **6. DISCUSSÃO**

Na concepção desse trabalho de pesquisa é notória a importância, de se pensar para resolver problemas, que muitas vezes são de interesse de grande parte da comunidade, abrangendo não só o meio ambiente local em si, mas também seu posicionamento global. Assim com essa proposta de aplicação de Sistemas de Informação Geográfica, ou seja, os SIG's são possíveis: descrições ou análises em formato de inventário revelando o potencial ecológico, bioecológico ou biogeográfico de uma bacia hidrográfica ou de uma floresta que está contida nessa bacia.

Os resultados alcançados demonstram em primeiro lugar que a Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” a FEENA, no município de Rio Claro SP, tem grande potencial de hospedagem da flora vascular epifítica, sendo que foram encontradas em seu interior diversas espécies que demonstram a qualidade ambiental do local.

Para esse trabalho de pesquisa é conclusivo que o uso de equipamentos e softwares informacionais possibilitam a obtenção dos dados em campo, que são transformados em informações para tomadas de decisões sobre a manutenção dos ambientes geobioecológicos, pois é preciso possuir informações consistentes para planejar ações, para que as comunidades possam estabelecer critérios de proteção e conservação do seu meio ambiente local.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para a execução dessa metodologia de pesquisa que busca dados e posteriormente informações precisas sobre a existência da flora vascular epifítica na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí e com foco absoluto na FEENA Floresta

Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” é que se pôde com muita competência concluir que a vegetação desse local é, apesar das ameaças antrópicas, muito rica em biodiversidade, não apenas botânicas mas também zoológicas.

A vegetação que compõe a área de estudo está subdividida em muitas espécies naturais autóctones e alóctones, mas que nessa interligação das mesmas se observa grande combinação dos ambientes ficando para a vegetação de beira de rio a incumbência de acondicionar, ou hospedar as orquídeas e as bromélias, que são as personagens dessa pesquisa.

Os Sistemas de Informação Geográfica para esse estudo oferecem grande poder de informar e manobrar os dados, para que as interpretações de meio ambiente sejam consistentes e ofereçam qualidade informacional no momento de se planejar estratégias para manejo e conservação, principalmente desses ecossistemas frágeis e que sofrem predação a todo o momento.

Esta pesquisa vale a ressalva, não para por aqui, será continuada, pois se acredita que existam muitas outras espécies no interior da floresta, considerando que existem córregos ainda não explorados, com vegetação natural em menor quantidade, mas que propiciam a existência de plantas epifíticas.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS**

BENZING, DAVID.H. **Vascular Epiphytes**, Cambridge University Press. 1990

CENTRO DE ESTUDOS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL - CEAPLA, Mapas da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí, SP, Rio Claro: UNESP. 1995.

FLORA BRASILIENSIS. Karl Friedrich Philipp von Martius, 1829.

MACHADO, I. L. **O Horto Florestal “Navarro de Andrade”**. Rio Claro **Sesquicentenária**. Rio Claro: Museu de História e Pedagogia “Amador Bueno da Veiga”, 1978. 350 p.

PROJETO ORCHIDSTUDIUM. <http://www.orchidstudium.com/>

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; FAPESP, 2000.

TROPPEMAIR, H. Aspectos Históricos e Geográficos de Rio Claro. Arquivo Público e Histórico de Rio Claro – Prefeitura Municipal de Rio Claro, Rio Claro, p. 1-33, 1994.

ZAMPIN, I. C. **Fotos da zona leste de Rio Claro em dias atuais**, 2006 / 2007.

ZAMPIN, I. C.; LOMBARDO, M. A.; PAGANI, M. I.: A importância da conservação das matas ciliares para a existência da flora vascular epifítica na bacia hidrográfica do

Rio Corumbataí. ***In*: VII Seminário de Pós-Graduação em Geografia da UNESP – Campus Rio Claro** : 27 a 30 de Novembro de 2007.

# **GEOPROCESSAMENTO LIVRE/GRÁTIS NA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL EROSIVO DO SOLO NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO VILAS BOAS, MIRANDA-MS**

M.Sc. Emerson Figueiredo Leite; UFU/IG; figueiredo\_geo@yahoo.com.br  
Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto; UFMS/CPTL; sakamoto@ceul.ufms.br  
M.Sc. Frederico dos Santos Gradella; UNESP-RC/IGCE; fregradella@yahoo.com.br

## **RESUMO**

Partindo do pressuposto da vulnerabilidade natural do terreno, somado às alterações ambientais aceleradas pela atividade pecuária e expansão urbana da cidade de Miranda-MS, tornando a área susceptível a erosões e alterações ambientais significativas, nos leva a elaborar este trabalho. Seu objetivo é o de caracterizar as áreas de maior susceptibilidade e vulnerabilidade ao desenvolvimento de processos erosivos e aos possíveis danos causados devido à falta de planejamento na ocupação de terras na Microbacia Hidrográfica do Córrego Vilas Boas, município de Miranda-MS. A área de estudo está compreendida entre os paralelos de 20° 10' e 20° 19' de latitude Sul (S) e os meridianos de 56° 25' e 56° 16' de longitude Oeste (WGr), possuindo 80,43 km<sup>2</sup> e englobando pequenos produtores de pecuária e área urbana do Município de Miranda. A metodologia empregada foi adaptada à proposta por Beltrame (1994) apoiada por técnicas do geoprocessamento, ou seja, utilizamos descrição de suscetibilidade dos solos com base em Guerra & Cunha (2003). Para isso, criou-se um banco de dados geográficos devidamente georreferenciado e atualizável através do *software* grátis Spring 4.3 INPE instalado em sistema operacional livre GNU Linux Ubuntu. Como resultado preliminar foi possível estabelecer as interações entre as variáveis - declividade, geologia, geomorfologia, hipsometria, tipo de solo e uso e ocupação da terra - através de matrizes de correlação e tabulações cruzadas proporcionadas pelo sistema de informação geográfica, e culminando com mapeamento de três classes de suscetibilidade a erosão e a alterações ambientais.

**Palavras-chaves:** Susceptibilidade a erosão, processos erosivos, uso da terra.

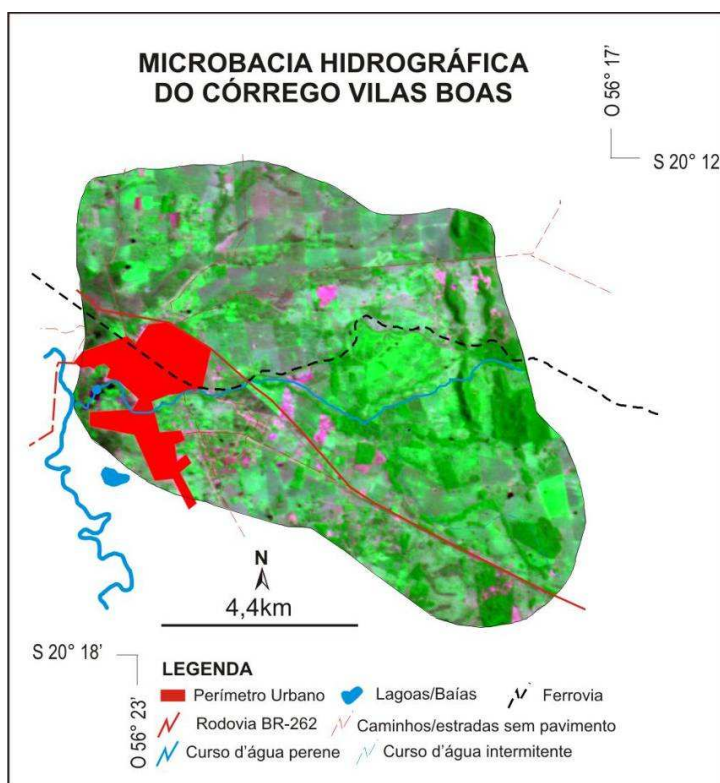
## **RESUMEN**

Saliendo de la presuposición de la vulnerabilidad natural de la tierra, agregado a las alteraciones medioambientales aceleradas por la actividad ganadera y la expansión urbana de la ciudad de Miranda-MS, mientras volviéndose el área susceptible a las corrosiones y las alteraciones medioambientales significantes, en el grupo para elaborar este trabajo. El objetivo él de caracterizar las áreas de susceptibilidad más grande y vulnerabilidad al desarrollo de procesos erosivos y los posibles daño y perjuicios causó la deuda a la falta de la planificación en la ocupación de tierras en la cubeta de la Microbacia Hidrográfica del Vilas Boas, el distrito municipal de Miranda-MS. El área del estudio se entiende entre el paralelo de 20 10' y 20 19' de latitud Sur (S) y los meridianos de 56 25' y 56 16' de Oeste de longitud (WGr), poseyendo 80,43 km<sup>2</sup> e incluyendo produciendo pequeño de ganado y el área urbana del Distrito Municipal de Miranda. La metodología usada se adaptó a la propuesta por Beltrame (1994) apoyándose para las técnicas del geoprocessamento, en otros términos, nosotros usamos descripción de susceptibilidad de las tierras con la base en el Guerra & Cunha (2003). Para que, creció una base de datos geográfica propiamente el georreferenciado y actualizable a través del *software* Gratis Spring 4.3 INPE instaló en el sistema operativo libera el GNU Linux Ubuntu. Cuando el preliminar del resultado era posible establecer las interacciones entre las variables - la pendiente, la geología, la geomorfología, el hipsometria, el tipo de la tierra y usa y ocupación de la tierra - a través de la correlación las oficinas de cabeza y las tabulaciones proporcionadas para el sistema de información geográfica, y culminando con el mapeamento de tres susceptibilidad clasifica la corrosión y a las alteraciones medioambientales.

**Palabra-llave:** Susceptibilidad la corrosión, los procesos erosivos, uso de la tierra.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar as áreas de maior susceptibilidade e vulnerabilidade ao desenvolvimento de processos erosivos e aos possíveis danos causados devido à falta de planejamento na ocupação de terras na Microbacia Hidrográfica do Córrego Vilas Boas, município de Miranda-MS através da aplicação de proposta metodológica de Beltrame (1994) com apoio de tecnologias do geoprocessamento livre/grátis. Esta microbacia está compreendida entre os paralelos de 20° 10' e 20° 19' de latitude Sul (S) e os meridianos de 56° 25' e 56° 16' de longitude Oeste (WGr), possuindo 80,43 km<sup>2</sup> e englobando pequenos produtores de pecuária e área urbana do Município de Miranda (Figura 01).



**Figura 01** – Microbacia Hidrográfica do Córrego Vilas Boas, Miranda-MS

Entende-se aqui como geoprocessamento, o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, e é utilizado por profissionais que trabalham com informações que estão referenciadas na superfície terrestre, conforme conceitos de Rosa & Brito, 1996.

Vê-se com freqüência sua utilização em estudos relacionados à dinâmica do meio ambiente, que, nos dias atuais, toma proveito do enorme avanço nas tecnologias de obtenção, processamento, manuseio e manutenção de informações espaciais, graças a inovações na informática (*hardware* e *software*), tecnologia aeroespacial e qualificação de pessoal para a área (*peopleware*) que vêm ocorrendo nos últimos anos. A busca de processos baseados no uso de equipamentos e programas de alto rendimento e qualidade é o principal vetor desta evolução.

Os avanços ocorridos têm reforçado o objetivo principal do geoprocessamento, que, de acordo com Assad & Sano (1998), é o de fornecer ferramentas computacionais (*software* e *hardware*) para que os diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos.

De acordo com esclarecimentos de Uchoa & Ferreira (2004) e FSFeurope (2006), o *software* livre é um programa de computador como qualquer outro programa proprietário. Ele tem a mesma finalidade, ou seja, é direcionado a atender uma determinada demanda como, por exemplo, planilhas de cálculos, editores de textos, editores de imagens, etc. Então, o que realmente os faz tão diferentes? A resposta está no tipo de licença associada ao software livre. Esta licença deve garantir ao software livre, segundo a Fundação Software Livre, quatro liberdades:

(1) A liberdade de executar o programa, para qualquer propósito; (2) A liberdade de estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades. Acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade; (3) A liberdade de redistribuir cópias, permitindo a ajuda ao próximo; e (4) A liberdade de aperfeiçoar o programa e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie.

Precisamente, o conceito de software livre deve ser associado a um grande movimento social, onde a idéia de liberdade de uso do *software* é pregada como solução do problema gerado pela limitação do conhecimento tecnológico imposta pelos sistemas proprietários.

A revolução do *software* livre fez inúmeros projetos nascerem a partir do espírito colaborador de uma crescente comunidade mundial. Esta grande legião de voluntários tem abrangido cada vez mais áreas específicas e, nos últimos anos, atingiu a



área de geotecnologias, causando um enorme impacto no antigo modelo de negócios das soluções proprietárias (UCHOA & FERREIRA, 2004).

Aqui, os procedimentos teóricos e metodológicos foram realizados com o *software* Spring/INPE 4.33 instalado em plataforma operacional Linux Ubuntu 7, sendo o primeiro um *software* proprietário grátis de ampla utilização e distribuição gratuita pela internet, e o segundo, um Sistema Operacional livre.

A adoção de áreas de bacias hidrográficas como área de estudo em questões ligadas a temática ambiental é preconizada por Christofolleti (1980 e 1981), Guerra (1987), Espíndola *et al.* (2000), Tundisi (2003), Silva *et al.* (2004); Vitte & Guerra (2004); Guerra & Cunha (1999 e 2004); Guerra *et al.* (2005) entre outros autores, bem como enfocada legalmente pela Política Nacional de Recursos Hídricos sob a Lei n°. 9433/97, sendo definida como uma unidade fisiográfica complexa, definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou por um sistema de cursos de água conectados, carreando sedimentos e materiais dissolvidos em consequência do uso e ocupação de sua área, bem como dos elementos do quadro sócio-ambiental que a caracteriza.

As características apresentadas pela bacia hidrográfica são essenciais que, para Tundisi (2003), a torna uma unidade muito bem caracterizada, permitindo a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental e, além disso, permite a aplicação adequada de tecnologias avançadas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia utilizada neste trabalho é baseada em um parâmetro da metodologia de diagnóstico físico-conservacionista – DFC proposta por Beltrame (1994), onde a autora estabelece indicadores potenciais de proteção ou degradação dos recursos naturais renováveis da bacia. Selecionam-se parâmetros que possuam uma capacidade potencial intrínseca de contribuir para a degradação dos recursos naturais renováveis ou refletirem essa degradação. O parâmetro utilizado refere-se às características geológicas, pedológicas do relevo, sob três aspectos: a) pela suscetibilidade da textura à erosão, associada à declividade (PE); b) pela densidade de



drenagem (DD) e, c) do relevo considerado em termos de declividade média (parâmetro DM).

Para determinar potencial erosivo do solo e atribuir respectivos índices e símbolos da formula proposta, levaremos em conta uma matriz que correlacionara índices de declividade e suscetibilidade a erosão, este último de acordo com Guerra & Cunha (2003). Faremos uma caracterização da geologia e geomorfologia da área da Microbacia Hidrográfica do Córrego Vilas Boas levando em consideração dados de Brasil (1982).


Utilizou-se os seguintes materiais: a Carta planialtimétrica Folha Miranda SF.21-X-A-II na escala 1:100.000 e equidistância entre curvas de nível de 40 metros; mapa geológico, geomorfológico, pedológico, variação mesoclimática do Estado de Mato Grosso do Sul, com base no Projeto RadamBrasil (1982) na escala de 1:1.000.000; bem como microcomputador com aplicativos livres e grátis.

### **Composição do banco de dados no Spring para Linux Ubuntu**

A entrada dos dados espaciais deu-se através do uso de scanner de mesa, gerando arquivos em formato \*.tiff, que foram realçados através do software manipulador de imagens Gimp®. A imagem *carta.tiff*, arquivo da carta topográfica rasterizada, foi aberta no módulo Impima onde procedeu a conversão para o formato \*.grib (*carta.grib*), formato este próprio para o trabalho com o Spring®.

Este arquivo, para compor o banco de dados  e projeto , deve ser georreferenciado. No Spring® este procedimento é considerado como registro da imagem. Para efetuar o registro da imagem foi criado um Banco de dados com o nome de MBHVB (Microbacia Hidrográfica do Córrego Vilas Boas).

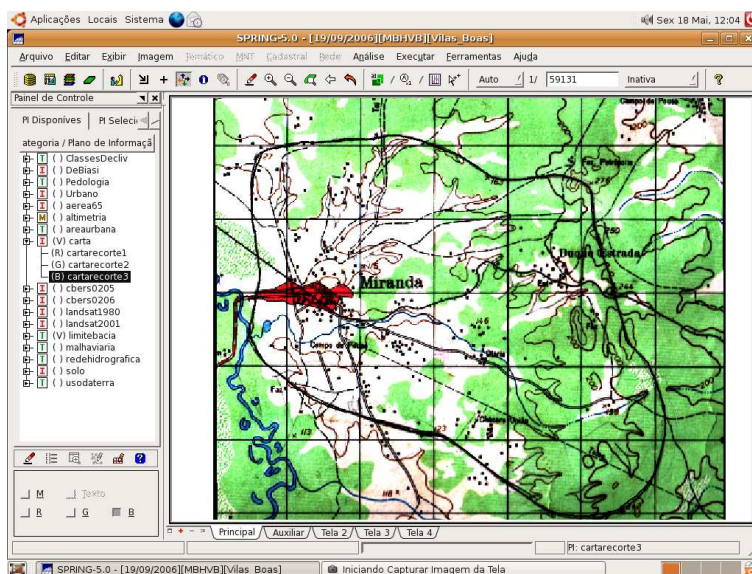
Um Banco de Dados no Spring®, segundo Lopes (2002), corresponde a um diretório onde serão armazenados suas definições de Categorias e Classes, e os projetos pertencentes ao banco. Os projetos são armazenados em subdiretórios juntamente com seus arquivos de dados: pontos, linhas, imagens orbitais e aéreas, imagens temáticas, textos, grades e objetos. Um projeto define realmente a área física de trabalho. Além de um nome, o projeto requer projeção e retângulo envolvente para criar um projeto.

Um Projeto tem um conjunto de Planos de Informações  (PIs) com mesmo sistema de projeção. Dados externos em outras projeções serão sempre

remapeados para a projeção do projeto ativo, seja durante o processo de importação ou na digitalização. Daí a importância de se definir um sistema adequado com a escala dos dados, prevendo-se também os produtos cartográficos que serão gerados. Foi criado sequencialmente o Projeto Vilas Boas e feito o registro do dado *carta.grib*.

O Registro é uma transformação geométrica que relacionam as coordenadas da imagem (linha e coluna) com as coordenadas geográficas (latitude e longitude) de um mapa. Essa transformação elimina distorções existentes na imagem, causadas no processo de formação da imagem, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma (aeronave ou satélite). A necessidade de fazer o registro se deu devido à necessidade de integração de imagens obtidas por sensores diferentes. O registro se justifica, também, porque as imagens foram obtidas em tempos diferentes (análise temporal) (Câmara *et al.*,1996).

No Spring®, com o banco de dados ativo, os pontos de controle foram informados em coordenadas UTM coletados via teclado para o registro da *carta.grib*. Procedimento este possibilita extração de pontos de controle da própria carta topográfica.



**Figura 02** – Screenshot apresentando o PI Carta Topográfica no módulo Spring® 5.0 em ambiente Linux Ubuntu para obtenção dos pontos de controle

Pontos de controle são feições passíveis de identificação na imagem e no terreno, ou seja, são feições homólogas cujas coordenadas são conhecidas na imagem e no sistema de referência. Cruzamentos de estradas, pistas de aeroportos e confluência de rios são candidatos naturais a pontos de controle conforme enfatizam Câmara *et al.*(1996).

Depois de registrada a imagem *carta.tiff* (Carta Topográfica Base) através do recurso *edição vetorial* do Spring® foram extraídas da carta as seguintes informações: o divisor da bacia, amostras altimétricas, rede hidrográfica, rede viária e ferroviária, onde cada tema como um plano de informação georreferenciado no sistema.

### **Caracterização geológica, geomorfológica e pedológica**

A área de estudo compreende as rochas Pré-Cambrianas, representadas pelo Grupo Cuiabá (pCcb) e Aluviões Atuais (Ha), sendo que os últimos predominam. O Grupo Cuiabá é representado pelas seguintes litologias: metasiltitos, filitos, cacoclorita plagioclasio, muscovita-quartzo xistos, micaxistos, xistos, mármores, calcários, dolomitos, metaparaconglomerados, metagrauvas e milonitos (BRASIL; 1982).

As rochas do Grupo Cuiabá afloram em distintas áreas da microbacia hidrográfica, destacando-se, muscovita-quartzo, gradando para clorita, sericita, dominando os quartzos xistos. As rochas na região de Duque Estrada são quartzitos, que freqüentemente são cortados por veios pegmatitos ricos em microclina, [...], que são ricos em feldspatos. Afloramentos mais significativos de quartzitos foram observados na Fazenda Petrópolis (Estrada Miranda-Aldeia Cachoeirinha) e na Pedreira Duque Estrada. Na primeira, os quartzitos afloram em um morro isolado, portando cor creme-claro, granulação fina e xistosidade incipiente. Na Pedreira os quartzitos têm granulação fina e cor cinza-escuro (BRASIL; 1982).

Os Aluviões Atuais (Ha) são depósitos aluvionares que atualmente estão sendo depositados nas margens e leitos dos rios e córregos que drenam a área. Os aluviões atuais são constituídos por: areias, siltes, argilas e cascalhos e estão sendo depositados pelo atual ciclo geomórfico. Cadastram-se três ocorrências de argila nas proximidades do povoado de Agachi, a leste de Miranda, associados a aluviões recentes. Os depósitos de argila nesta área tem vêm sendo comercialmente aproveitados por olarias na fabricação de tijolos e telhas (BRASIL; 1982).

Em termos geomorfológicos a área de estudo compreende Planície e terraços fluviais, Formas aguçadas, Formas tabulares e Áreas de acumulação inundáveis. Planície e terraços fluviais apresentam-se como área plana resultante de acumulação fluvial, sujeita a inundações periódicas, unida ao patamar mais elevado geralmente sem definir linha de ruptura de declive (BRASIL; 1982).

As Formas aguçadas aparecem apresentando relevos de topo contínuo e aguçado, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales em "V". Neste caso apresenta intensidade fraca de aprofundamento de drenagem. Configuram-se como Formas tabulares relevos de topo aplainado, com distintas ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados por vales de fundo plano. Neste caso intensidade fraco aprofundamento de drenagem (BRASIL; 1982).

Áreas de acumulação inundáveis apresentam áreas planas com cobertura arenosa, periódica ou permanentemente alagadas, precariamente incorporadas à rede de drenagem. Nos pantanais foram classificadas três categorias, segundo o grau de umidade. São representadas por conjuntos alfa-numéricos em ordem crescente, da menos úmida para a mais úmida (BRASIL; 1982).

Os solos verificados na microbacia hidrográfica foram mapeados segundo Brasil (1982) e caracterizados sob adaptação à nova classificação de solos de acordo com a literatura da Embrapa (1999):

**Argissolos:** Compreende solos constituídos por material mineral que tem como características diferenciais argila de atividade 20 cmol<sub>c</sub>/kg de argila ou maior, baixa saturação por bases, alto conteúdo de alumínio extraível ( $Al^{3+} \geq 4$  cmol<sub>c</sub>/kg de solo), conjugado com saturação por alumínio  $\geq 50\%$ . Podem apresentar horizonte A moderado, proeminente ou húmico e/ou horizonte E sobrejacente a um horizonte B textural ou B nítico. Variam de bem a imperfeitamente drenados, pouco profundos a profundos, de coloração avermelhada, alaranjada ou brunada e usualmente heterogênea por efeito de mosqueamento destas cores, com ou sem cinzento no horizonte Bt. A textura varia de média a argilosa no A, e de média a muito argilosa no horizonte subsuperficial (EMBRAPA, 1999).

Apesar de suas características de agregação e boa estruturação (horizonte Bt em blocos angulares ou subangulares), apresentam *alta suscetibilidade* aos processos erosivos (GUERRA & CUNHA, 2003).

**Tabela 01** – Área ocupada pelas classes de solos na microbacia

CLASSE DE SOLO	ÁREA OCUPADA KM <sup>2</sup>	% DA ÁREA OCUPADA
Argissolos	42.52	52,87
Planossolos	19.15	23,81
Gleissolos	4.41	5,49
Neossolos	14.33	17,81

**Planossolos:** Compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela detenção de lençol d'água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano. Os solos desta classe ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração, especialmente em regiões sujeitas a estiagem prolongada (EMBRAPA, 1999).

O horizonte B repousa sob um horizonte A ou E álbico, extremamente lavado e arenoso. Tal transição abrupta entre os horizontes, em função dos contrastes texturais e estruturais, responde pela *alta suscetibilidade* desse solo à erosão (GUERRA & CUNHA, 2003).

**Gleissolos:** Compreendem solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm da superfície do solo, ou a profundidades entre 50 e 125 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E (gleisados ou não), ou precedidos por horizonte B incipiente, B textural ou C com presença de mosqueados abundantes com cores de redução. Os solos desta classe são permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água de saturação ou permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície do mesmo. São solos muito mal drenados, em condições naturais (EMBRAPA, 1999).


Estes solos ocupam planícies aluviais, várzeas deprimidas por todo o país. No que se refere à suscetibilidade à erosão, esses solos, por situarem em áreas planas, que não favorecem o escoamento, não apresentam limitações relevantes conforme explicam Guerra & Cunha (2003), e considerados aqui como *baixa suscetibilidade*.

**Neossolos:** Na classificação de solos pela Embrapa (1999) ressalta que estes são solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade da atuação destes processos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material originário, de características do próprio material, pela sua resistência ao

intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos. Considerados por Guerra & Cunha (2003), aqui como *alta suscetibilidade* a erosão devido a textura arenosa e algumas frações grosseiras que facilitam a infiltração.

### **Determinação do parâmetro declividade média (DM)**

A Carta de Declividade foi gerada a partir de amostras altimétricas extraídas da carta topográfica Folha Miranda na escala de 1:100.000 do DSG-Exército Brasileiro, apresentando uma equidistância entre as curvas de nível de 40m.

Para a determinação das classes de declividade no Spring® foi necessário criar uma Categoria de modelo numérico de terreno - MNT (em inglês, DTM = *Digital Terrain Model*) no Modelo de dados . Um MNT é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada à uma superfície real, conforme explica Câmara *et al.* (1996).

Em nossa pesquisa utilizamos o MNT para armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos e elaboração de mapas de declividade para apoio a análise de geomorfologia e erodibilidade.

Inicialmente é necessário fazer a digitalização de linhas e pontos, que constituirão as amostras para posteriormente gerar interpolações (grades) e obter produto Carta de Declividade. Durante a digitalização das linhas o cursor acompanha os contornos, abertos ou fechados, definidos no mapa base.

Após a digitalização se associa a cada linha e ponto um valor de coordenada z (cota altimétrica). Quanto a digitalização de pontos, aplica-se manualmente o cursor do mouse a um ponto cotado na carta base, e suas coordenadas (x,y) são registradas e associado ao ponto um valor de coordenada z.

De posse dos dados, gerou uma grade triangular de altimetria (TIN) a partir das amostras e, a partir desta, gerar uma grade de declividade a partir da grade de altimetria. Feito isso, fatiou uma das grades acima em intervalos de declividade gerando um mapa do modelo temático (em representação varredura). Classificamos os resultados encontrados de acordo com a **Tabela 02**.

**Tabela 02** – Classes de declividade, respectivos índices e símbolos utilizados

CLASSE DE DECLIVE	CLASSE DE RELEVO	SÍMBOLO E SUBÍNDICE
-------------------	------------------	---------------------

0 – 3%	Plano	DM <sub>1</sub>
3,1 – 8%	Suave Ondulado	DM <sub>2</sub>
8,1 – 12%	Ondulado	DM <sub>3</sub>
12,1 - 20%	Ondulado	DM <sub>4</sub>
Acima de 20% não atingindo 30%	Forte ondulado	DM <sub>4</sub>

O fatiamento consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular. Os temas da imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas, chamados no Spring® de fatias. Desta forma, um Plano de Informação da categoria numérica originará um Plano de Informação de categoria temática representando um aspecto particular do modelo numérico de terreno, conseqüentemente cada fatia estará associada a uma classe temática previamente definida no esquema conceitual do Banco de Dados ativo (CÂMARA *et al.*, 1996).

Para a classificação da declividade média na microbacia procedemos da seguinte maneira. Sabendo que a equidistância entre as curvas é de 40 metros e, assim, aplicamos a seguinte expressão para determinar a declividade média:

$$DM = \frac{L.C.N. \times E}{A}$$

Onde:

**DM** é a declividade média;

**L.C.N.** é a longitude das curvas de nível (média aritmética);

**E** é a equidistância entre as curvas de nível e

**A** é a área da microbacia.

Após a aplicação desta forma chegamos ao resultado de **DM** igual a 4%, o qual a atribuímos o Símbolo e Subíndice **DM<sub>2</sub>**. Isto pode ser comprovado quando mensuramos as áreas e suas respectivas classes de declividade ilustradas pela **Figura 26** e expressas na **Tabela 03**.

**Tabela 03** – Área ocupada pelas classes de declividades na microbacia

CLASSE DE DECLIVE	ÁREA OCUPADA KM <sup>2</sup>	% DA ÁREA TOTAL
0 – 3%	59,69	74,21
3,1 – 8%	17,17	21,34
8,1 – 12%	1,81	2,25
12,1 - 20%	1,53	1,90
Acima de 20% não atingindo 30%	0,25	0,30



Com os resultados evidencia-se que a pouca declividade do terreno da microbacia representa 74,21% de sua área total, o que fundamentalmente interferiu para a obtenção da média de 4% de declive.

### **Avaliação do potencial erosivo dos solos da Microbacia**

Com base nas classes de declividade e com o objetivo de integrarmos os parâmetros de declividade e suscetibilidade do solo a erosão, elaboramos uma matriz, onde combinamos as deferentes classes de cada parâmetro. Os valores obtidos foram as classes de potencial erosivo do solo expostas na Tabela 04.

**Tabela 04** – Matriz de integração entre os subíndices de declividade e de suscetibilidade do solo à erosão para a Microbacia do Córrego Vilas Boas

SUBÍNDICES DE DECLIVIDADE	SUBÍNDICES DE SUSCETIBILIDADE DO SOLO A EROSÃO	
	Baixa 1	Alta 2
1	*11 <sub>A</sub>	12 <sub>B</sub>
2	21 <sub>C</sub>	22 <sub>D</sub>
3	31 <sub>E</sub>	32 <sub>F</sub>
4	41 <sub>G</sub>	42 <sub>H</sub>

\*Primeiro dígito atribuído a declividade e o segundo dígito ao índice de suscetibilidade à erosão pelo solo

A baixo potencial erosivo;

B baixo a moderado potencial erosivo;

C moderado a baixo potencial erosivo;

D moderado a alto potencial erosivo;

E alto a moderado potencial erosivo;

F alto a muito alto potencial erosivo;

G muito alto a alto potencial erosivo;

H muito alto potencial erosivo.

Para a obtenção dos índices do potencial erosivo total dos solos na microbacia hidrográfica, tomaram-se como referência os valores apresentados na Tabela 05, na qual os índices foram adaptados para os parâmetros desenvolvidos por Pundek (1994) citado por Chueh (2004), variando entre 0 e 1 inversamente aos apresentados por Beltrame (1994).

**Tabela 05** – Escalonamento dos índices do potencial erosivo, qualificação e símbolo respectivos adotado

CLASSES	POTENCIAL EROSIVO	SÍMB.	ESCALONAMENTO DOS ÍNDICES* DO POTENCIAL EROSIVO DO SOLO
11 <sub>A</sub>	baixo potencial erosivo	PE <sub>1</sub>	0,0 - 0,0125
12 <sub>B</sub>	baixo a moderado potencial erosivo	PE <sub>2</sub>	0,0126 - 0,0250
21 <sub>C</sub>	moderado a baixo potencial erosivo	PE <sub>3</sub>	0,0251 - 0,0375

22 <sub>D</sub>	moderado a alto potencial erosivo	PE <sub>4</sub>	0,0376 - 0,0500
31 <sub>E</sub>	alto a moderado potencial erosivo	PE <sub>5</sub>	0,0501 - 0,0625
32 <sub>F</sub>	alto a muito alto potencial erosivo	PE <sub>6</sub>	0,0626 - 0,0750
41 <sub>G</sub>	muito alto a alto potencial erosivo	PE <sub>7</sub>	0,0751 - 0,0875
42 <sub>H</sub>	Muito alto potencial erosivo	PE <sub>8</sub>	0,0876 - 0,1

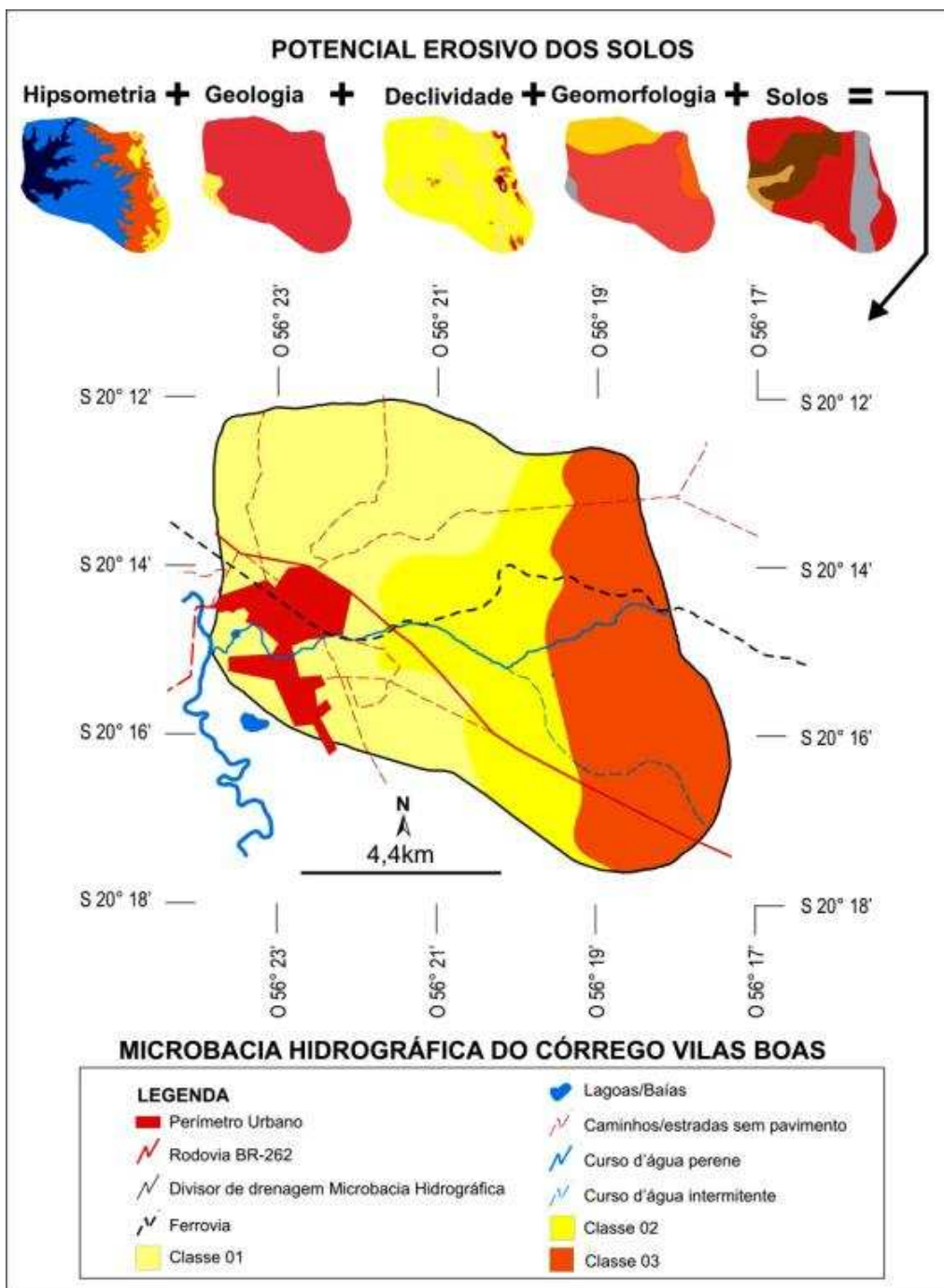
\* Esses índices são necessários para obter-se o potencial erosivo total dos solos na microbacia hidrográfica. Para definir-se este escalonamento, pré-determinamos o potencial erosivo do solo mínimo como sendo zero (0) e o máximo como sendo um (1). De acordo com as oito classes obtidas pela matriz (**Tabela 02**), estabelecemos oito intervalos ou faixas do potencial erosivo dos solos (BELTRAME, 1994).

Com o mesmo intuito da matriz da **Tabela 02**, através do procedimento tabulação cruzada proporcionado pelo *software* Spring/INPE 4.33, calculamos o cruzamento das áreas de declive e solos e seus respectivos índices.

## RESULTADOS

Com base no cruzamento das informações dos mapas temáticos geomorfológico, geológico, e mapas de declividade e hipsométrico e nos resultados obtidos com a matriz para os solos, confeccionamos o mapa do potencial erosivo dos solos, representado pela **Figura 03** e descritos a seguir.

**Classe 01** – Áreas com relevo plano a suave ondulado, com predomínio de declives em torno de 8 %, ocupando áreas de Planície e terraços fluviais, formas tabulares e áreas de acumulação inundáveis. Apresentam solos das classes Gleissolos, Planossolos e Argissolos formados em áreas de menores altitudes da microbacia (abaixo de 120m) e embasamento geológico formado por depósitos de aluviões atuais e rochas do Grupo Cuiabá. Esta classe foi considerada, pelas características analisadas, como de potencial erosivo baixo a moderado ocupando 37,93 km<sup>2</sup> de área, sendo 47,15% da área total.



**Figura 03** – Mapa Potencial erosivo dos solos

**Classe 02** – Classe formada por áreas com relevo ondulado, apresentando declives próximos a 8%, embora presentes algumas inclusões de áreas com declives superiores, porém não atingindo 20%. Predominam altitudes acima de 120 m a 160 m, sob geologia do Grupo Cuiabá. Ocupam áreas com formas tabulares e apresentam solos das classes Planossolos e Argissolos. Esta classe foi considerada, pelas características analisadas, como de potencial erosivo alto a moderado ocupando 19,06 km<sup>2</sup> de área, sendo 23,70% da área total.

**Classe 03** – Áreas com Formas tabulares e Formas aguçadas, apresentando declives acima de 12%, não atingindo os 30%, com embasamento geológico do Grupo Cuiabá. Solos da classe Neossolos e Argissolos se manifestam em altitudes que variam de 160 m atingindo os 280 m. Esta classe foi considerada, pelas características analisadas, como de potencial erosivo alto a muito alto ocupando 23,44 km<sup>2</sup> de área, sendo 29,14% da área total.

Com base nos dados levantados até o momento, calculamos o potencial erosivo para a área total da microbacia, como mostra a **Tabela 06**. Para calcular o índice do potencial erosivo da bacia, foi adotado os seguintes procedimentos: a coluna (1) é o total das áreas das classes de potencial erosivo presentes em cada setor; na coluna (2) foram colocados os respectivos valores superiores dos índices de potencial erosivo (**Tabela 05**); a coluna (3) é o produto dos valores das colunas (1) e (2); sendo que foi obtido o índice do potencial erosivo dividindo-se o valor da somatória das colunas (3) e (1). Os resultados dos índices totais e seus respectivos símbolos do potencial erosivo dos solos para cada setor estão demonstrados a seguir.

**Tabela 06** – Cálculo do potencial erosivo dos solos na microbacia

POTENCIAL EROSIVO	ÁREA (km <sup>2</sup> ) (1)	ÍNDICE DO POT. EROS. SOLO (2)	SUPERF. REDUZIDA (3)	ÍND. DO POT. EROSIVO DO SOLO TOTAL
Baixo a moderado	37,93	0,0250	0,9480	
Alto a moderado	19,06	0,0625	1,1913	
Alto a muito alto	23,44	0,0750	1,7580	
TOTAL	80,43		3,8973	0,0485

Assim, atribuímos o símbolo **PE<sub>4</sub>** ao potencial de erosão de moderado a forte encontrado para a Microbacia Hidrográfica do Córrego Vilas Boas.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

BELTRAME, Angela da Veiga. Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas. Modelo e Aplicação. Florianópolis: Editora da UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. 1994

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. Sistema de Informações Geográficas., Aplicações na Agricultura. 2ª Edição. Brasília: EMBRAPA-SGI/EMBRAPA-CPAC, 1998.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF-21-Campo Grande. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1982.

CÂMARA, Gilberto; SOUZA, Ricardo Cartaxo Modesto; FREITAS, Ubirajara Moura; GARRIDO, Juan; MITSUO, Ii; Fernando. Spring: Integrating Remote Sensing And Gis by Object-oriented Data Modelling. Image Processing Division (DPI), National Institute for Space Research (INPE), Brazil. Computers and Graphics, vol. 15, n.6, July 1996.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Geomorfologia Fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, 1981

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª ed., 1980

CHUEH, Anderson Mendes. Análise do Uso do Solo e Degradação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno - São José dos Pinhais/PR, por Meio do Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC. [Dissertação de Mestrado] UFPR, 2004;

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

ESPÍNDOLA, Evaldo L. G.; SILVA, João S. V.; MARINELLI, Carlos E.; ABDON, Myriam M.. A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. São Carlos: Rima Editora, 2000.

FSFeurope. O que é Software Livre? <http://fsfeurope.org/documents/freesoftware.pt.html> acessado em junho de 2006.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da; Avaliação e perícia ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da; Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da; Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

GUERRA, Antônio José Teixeira. Dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro: IBGE, 1987.

GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (Orgs.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

LOPES, Ignez V. et al.; Gestão Ambiental no Brasil. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2002.

SILVA, Alexandre Marco; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa de. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: Rima, 2004.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima / IIE, 2003

VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

UCHOA, Helton Nogueira & FERREIRA, Paulo Roberto. Geoprocessamento com Software Livre (versão 1.0). [www.geolivres.org.br](http://www.geolivres.org.br), 26/10/2004.

# ANÁLISE COMPARATIVA DE QUATRO MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA PARA A DISCRIMINAÇÃO DE FITOFISIONOMIAS DE CERRADO.

Gustavo Bayma S. da Silva <sup>1</sup>

Giovana M. Betiol <sup>2</sup>

Edson E. Sano <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR  
Cx. Postal 515 – CEP: 12245-970 - São José dos Campos - SP  
bayma@dsr.inpe.br

<sup>2</sup> Engevix - Brasília  
Divisão de Meio Ambiente  
giovana.betiol@engevix.com.br

<sup>3</sup> Embrapa Cerrados  
BR 020 Km 18 Cx. Postal 08223 CEP: 73301-970 Planaltina, DF  
sano@cpac.embrapa.br

**Resumo:** No contexto da temática de valoração ambiental e da crescente necessidade de preservação do ambiente com vistas ao desenvolvimento sustentável, torna-se primordial o desenvolvimento de ferramentas que subsidiem o conhecimento e monitoramento de grandes áreas de cobertura vegetal, a exemplo do Cerrado. O bioma em questão apresenta deficiência em mapeamentos sistemáticos de seus recursos naturais. Diversos autores vêm empregando técnicas de sensoriamento remoto para o mapeamento da cobertura terrestre e monitoramento dos recursos naturais. Dentre tais técnicas, destaca-se a classificação de imagens orbitais. Assim, o presente trabalho propõe avaliar o desempenho dos seguintes métodos de classificação supervisionada para discriminação das principais fitofisionomias do bioma Cerrado: Mínima Distância, Distância Mahalanobis, Máxima Verossimilhança e *Spectral Angle Mapping*. Para isso, foi selecionado o Parque Nacional de Brasília como área-teste. Este se localiza na porção noroeste do Distrito Federal (DF), entre os meridianos 47° 53' e 48° 05' (longitude oeste) e paralelos 15° 35' e 15° 45' (latitude sul) e situa-se a 10 km do centro de Brasília. O desempenho e a qualidade dos resultados obtidos foram avaliados por meio de testes estatísticos de omissão/comissão, matrizes de erro e índice Kappa. De uma maneira geral, todos os classificadores apresentaram um desempenho inferior a 60%, indicando que o uso de classificadores supervisionados aplicados a imagens de resolução espacial moderada (Landsat e SPOT) para discriminar fitofisionomias do Cerrado não é uma tarefa simples, principalmente quando esta é baseada em imagens ópticas de resolução espacial decimétrica.

**Palavras-chave:** Savana, Fitofisionomias, Classificadores.

**Abstract:** In the context of environmental appraisal and the increasing need of environmental preservation to reach sustainable development, we need to develop tools to help the knowledge and monitoring of large, natural areas, such as the Cerrado. This biome presents limited systematic mappings of its natural resources. Different authors have been used remote sensing techniques for land cover mapping and monitoring of natural resources. Among such techniques, we can highlight the image classification. The goal of this study is to address the performance of the following supervised classification methods to discriminate the major Cerrado physiognomies: Minimum Distance, Mahalanobis Distance, Maximum Likelihood, and

Spectral Angle Mapping. The Brasilia National Park was selected as test site. It is located in the northwest portion of the Federal District, among the meridians 47° 53' and 48° 05' (west longitude) and parallel 15° 35' and 15° 45' (south latitude) and is located just 10 km away from the center of Brasilia. The performance and the quality of results were evaluated through the omission/commission errors, matrix of errors and Kappa index. Overall, the classifiers presented a performance lower than 60%, indicating that the use of supervised classification applied to moderate spatial resolution images (e.g., Landsat and Spot) to discriminate Cerrado vegetation classes is a difficulty task, especially when this is based on optical images of decimetric spatial resolution

**Keywords:** Savannah, physiognomies, classifiers.

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a temática de valoração ambiental e a crescente necessidade de se preservar o ambiente, torna-se primordial o desenvolvimento de novas ferramentas que auxiliem no conhecimento e monitoramento de grandes áreas de cobertura vegetal, a exemplo do Cerrado (NEPOMUCENO et al., 2003). O bioma Cerrado está presente em 25% do território nacional (dois milhões de km<sup>2</sup>) e desempenha um importante papel no fluxo de energia, água e carbono da região.

Entretanto, o bioma em questão possui deficiência em mapeamentos sistemáticos atualizados dos seus recursos naturais, os quais poderiam subsidiar políticas públicas e diretrizes de desenvolvimento auto-sustentado para a região (Aguiar et al., 2005). Segundo esse mesmo autor, é imprescindível o monitoramento e a gestão ambiental e territorial da região, destacando três grandes levantamentos acerca deste assunto.

Muitos autores (AGUIAR et al., 2005; GOMES-LOEBMANN et al., 2005) vêm empregando técnicas de sensoriamento remoto para o mapeamento da cobertura terrestre e monitoramento dos recursos naturais. No entanto, os dados de sensoriamento remoto necessitam ser processados e, posteriormente, analisados para que sejam extraídas informações de interesse.

A classificação é uma técnica que permite a extração de informações de imagens orbitais na medida em que categoriza os valores dos níveis de cinza da imagem, utilizando algoritmos estatísticos de reconhecimento de padrões espectrais, o que facilita a análise do intérprete. Paralelamente, a interpretação visual de imagens é uma prática comumente realizada para a discriminação dos diferentes tipos de vegetação e monitoramento do meio ambiente. Geralmente é utilizada com a finalidade de refinar dados resultantes de uma classificação automática, supervisionada ou não.

Os métodos de classificação de imagens podem apresentar diferentes níveis de precisão, dependendo, dentre outros fatores, da abordagem utilizada pelo método e da especificação dos seus parâmetros (QUEIROZ et al., 2004). A resolução espacial da imagem orbital é também um fator que influencia a acurácia da classificação, pois interfere tanto na definição da área mínima a ser mapeada de um determinado tema, quanto na sua identificação (PONZONI et al., 2001).

O presente trabalho tem como objetivo geral, avaliar o desempenho de quatro métodos de classificação supervisionada para discriminação das principais fitofisionomias presentes no bioma Cerrado (Campo Limpo, Campo Sujo, Campo Cerrado, Cerrado sensu-stricto, e Mata de Galeria) em imagens de média resolução espacial.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área-teste selecionada corresponde ao Parque Nacional de Brasília (PNB). Este parque localiza-se na porção noroeste do Distrito Federal (DF), entre os meridianos 47° 53' e 48° 05' (longitude oeste) e paralelos 15° 35' e 15° 45' (latitude sul) e situa-se a 10 km do centro de Brasília. Possui uma área de aproximadamente 30.000 ha (Figura 1).

A área de estudo foi escolhida por ser uma área de preservação com grande representatividade de fitofisionomias do bioma Cerrado, devido à proximidade com Brasília e disponibilidade em termos de imagens e mapa de vegetação.

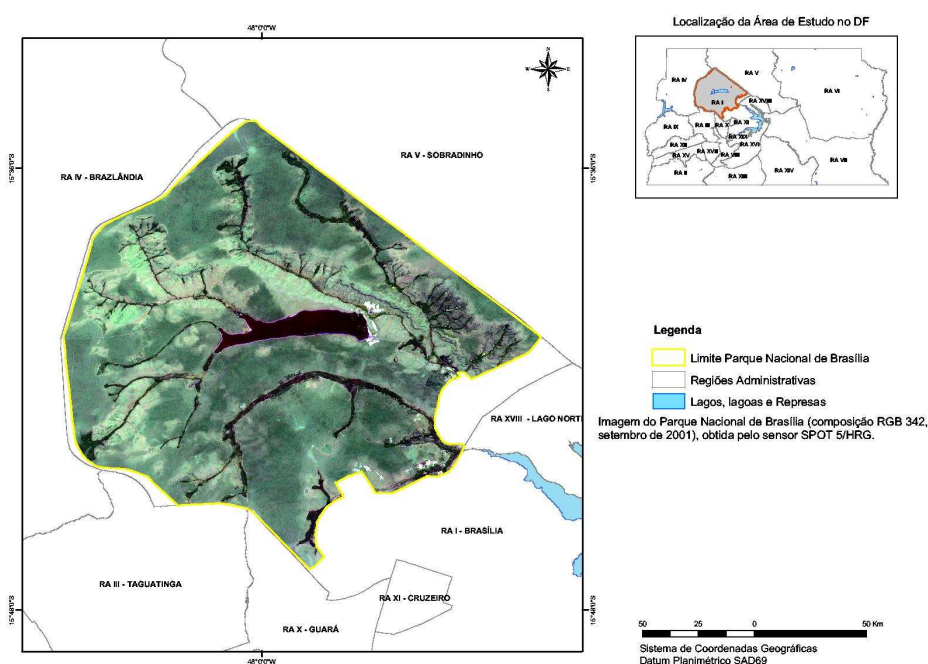




Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

É possível observar no Parque Nacional de Brasília as principais fitofisionomias do bioma Cerrado, de acordo com a classificação definida por Ribeiro e Walter (1998) e Eiten (1990), subdivididas em três formações vegetacionais: Campo Limpo e Campo Sujo (formação campestre); Campo Cerrado e Cerrado *sensu-stricto* (formação savânica); e Mata de Galeria (formação florestal). O Cerradão, classe pertencente à formação florestal de Cerrado, não é encontrado no Parque (FERREIRA et al, 2002). A Figura 2 ilustra a disposição da vegetação segundo Ferreira (2003).

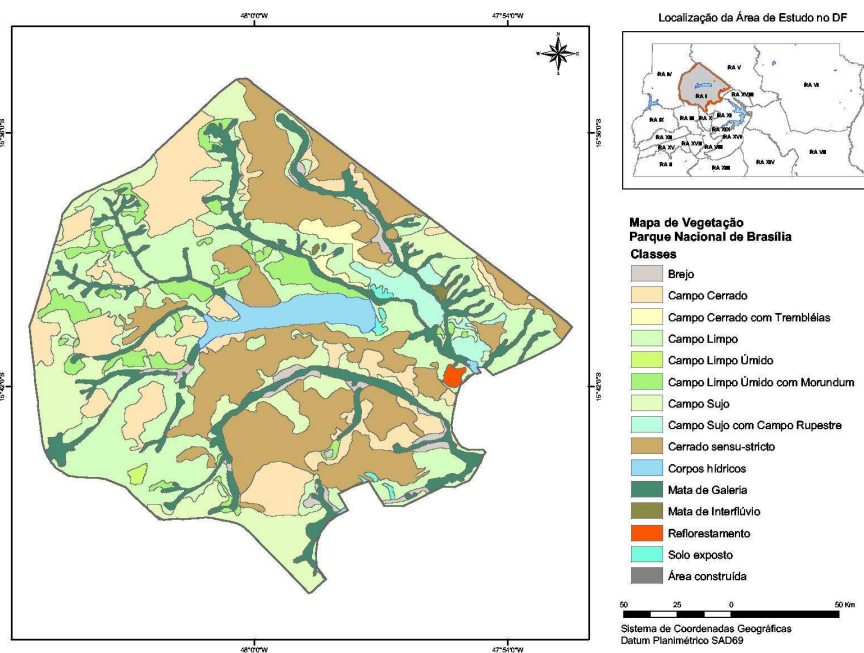


Figura 02 – Mapa de vegetação da área de estudo. Fonte: Ferreira, 2003.

O Campo Limpo de Cerrado tem, como característica principal, a predominância absoluta de extrato herbáceo, com raros arbustos, ou seja, completa ausência de árvores (RIBEIRO e WALTER, 1998). A sua composição florística é quase idêntica à camada rasteira dos campos sujos de Cerrado e campos Cerrados da mesma região. Assim como os campos sujos de Cerrado, este tipo fisionômico ocorre comumente nas escarpas íngremes das chapadas e nas suas colinas de encostas íngremes erodidas (CONDÉ, 1998) (Figura 3a). O Campo Sujo é formado por uma camada lenhosa descontínua de arbustos permanentes e outra rasteira, formada por ervas, semi-arbustos e arbustos recorrentes de caule fino. Em comparação com o Campo Cerrado, é evidente o aumento na densidade das camadas rasteira e lenhosa de arbustos permanentes (CONDÉ, 1998) (Figura 3b).

No Campo Cerrado, a vegetação é arbóreo-arbustiva, com cobertura arbórea de 5% a 20% e altura média variando entre dois e três metros. O Campo Cerrado corresponde a uma classe intermediária entre Cerrado *sensu-stricto* e Campo Sujo, diferindo fisionomicamente desta última por ser mais aberto e por conter árvores menores e em menor número. A redução do índice de cobertura do terreno pelas árvores propiciou o surgimento, em maior quantidade, de espécies gramíneas e de semi-arbustos e arbustos recorrentes (CONDÉ, 1998) (Figura 3c)

O Cerrado *sensu-stricto* caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, sendo que os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados. Ribeiro e Walter (1998) colocaram o Cerrado Típico como uma subdivisão fisionômica do Cerrado sentido restrito, sendo um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo-arbustivo, com cobertura arbórea variando de 20 a 50% e altura média variando entre três e seis metros (Figura 3d). A Mata de Galeria, segundo Eiten (1990) e Ribeiro e Walter (1998), pode ser definida como vegetação florestal que depende da aproximação do lençol freático à superfície ao longo dos fundos dos vales, de maneira que uma quantidade abundante de água esteja disponível para as raízes das árvores no ano todo (Figura 3e).

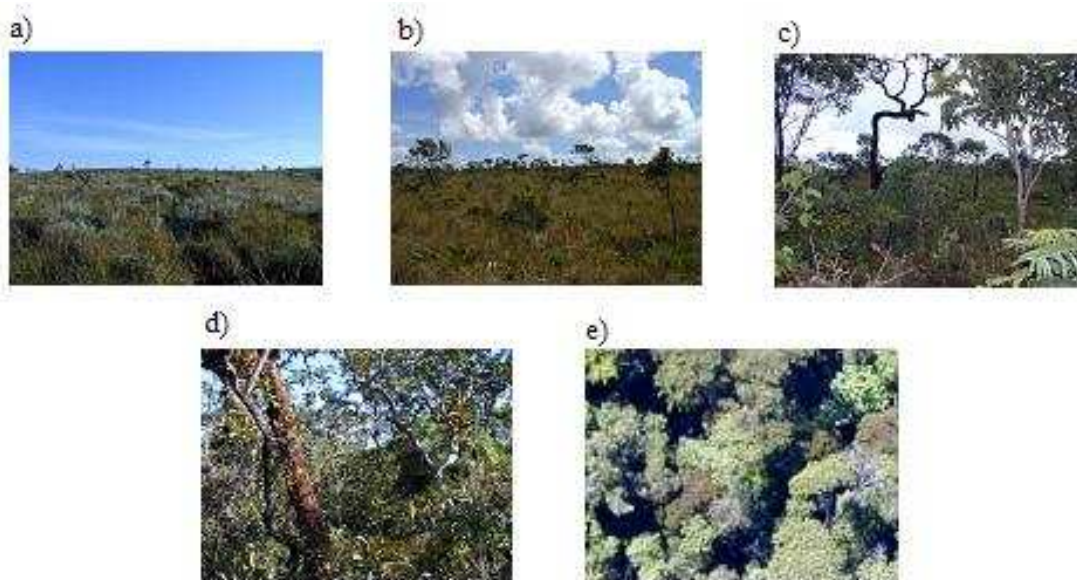


Figura 3 – Principais fitofisionomias do bioma Cerrado. a) Campo Limpo de Cerrado b) Campo Sujo de Cerrado c) Campo Cerrado d) Cerrado sensu-stricto e) Mata de Galeria

### 3. METODOLOGIA

Foi utilizada uma imagem ortorretificada do Landsat/ETM+, do dia 6 de setembro do ano de 2001, referente à órbita ponto 221-71 e obtida no acervo do *Global Land Cover Facility* (GLCF) e uma imagem SPOT/HRG, do dia 28 de abril de 2003. As imagens foram convertidas para o sistema de coordenadas geográficas e *datum* horizontal SAD69. Foi realizada a composição colorida RGB das imagens utilizando as bandas 4, 5, 3 para a imagem Landsat e as bandas 3, 4, 2 para a imagem SPOT. Esta composição de bandas foi escolhida por melhor discriminar a vegetação. Por meio da construção e aplicação de máscaras, a área de estudo foi delimitada de acordo com o limite do parque utilizado por Ferreira (2003) e, também, foram retiradas as áreas correspondentes à água na imagem.

Quatro métodos de classificação supervisionada foram selecionados para avaliar a capacidade de discriminação de fitofisionomias do bioma Cerrado: Mínima Distância; Mahalanobis; Máxima Verossimilhança – MAXVER; e *Spectral Angle Mapping* - SAM. Um método alternativo de classificação utilizada no presente estudo foi a interpretação visual, ou manual, da imagem Landsat. Somente esta foi interpretada pelo fato de, visualmente, a imagem Landsat e SPOT serem semelhantes, não apresentando diferenças significativas para as fitofisionomias analisadas. Para subsidiar tal classificação foi realizada a segmentação no *software* Spring. Os valores de similaridade e de área foram 4 e 3, respectivamente, e classificador utilizado foi o Isoseg. Após esta etapa realizou-se a interpretação visual dos fragmentos de acordo com as fitofisionomias propostas para a análise.

Para subsidiar o processo de classificação, escolheram-se, no mapa elaborado por Ferreira (2003) 50 pontos distribuídos aleatoriamente em cada fitofisionomia estudada no presente trabalho: Campo Limpo, Campo Sujo, Campo Cerrado, Cerrado *sensu-stricto* e Mata de Galeria, totalizando 250 pontos (Figura 4). Destes, foram escolhidos 10 pontos em cada fitofisionomia, totalizando 50 pontos. Estes foram chamados de “Áreas de Treinamento” e foram utilizados para nortear a escolha das “Regiões de Interesse” (ROIs) utilizadas nas classificações.

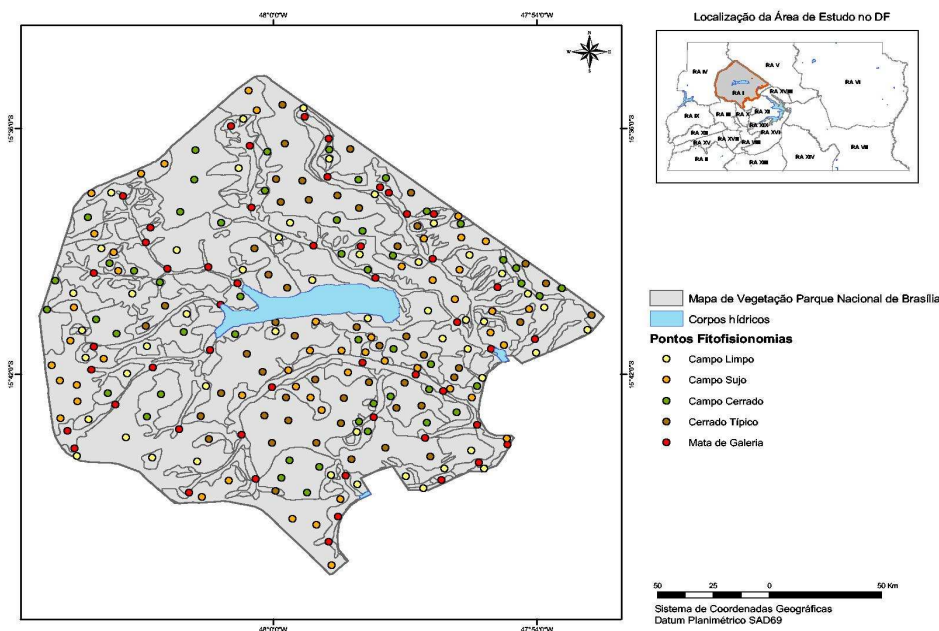


Figura 04 – Mapa de vegetação da área de estudo (FERREIRA, 2003) com 250 pontos escolhidos aleatoriamente para avaliar a qualidade da classificação.

Baseando-se na metodologia de South *et al* (2004), o qual usou os mesmos métodos de classificação para diferenciação de pastagens com plantio direto e indireto nos EUA, as regiões de interesse (ROIs) utilizadas nas classificações foram coletadas de modo que cada fitofisionomia analisada possuísse, no mínimo, 900 *pixels*, afim de se obter uma assinatura espectral representativa da classe. Cabe ressaltar de que a determinação das regiões de interesse foi bastante minuciosa, tomando-se o cuidado de que as mesmas se enquadrassem dentro da delimitação proposta por Ferreira (2003). Os mapas resultantes das classificações foram comparados ao mapa de vegetação do Parque Nacional de Brasília elaborado por Ferreira (2003), tido como verdade de campo neste estudo, por meio dos 250 pontos inicialmente coletados.

A análise geral do desempenho dos classificadores e da qualidade (exatidão) dos dados gerados foi avaliada através de testes estatísticos de omissão/comissão, matrizes de erro e índice Kappa, gerados no software ENVI. Cabe colocar que o índice Kappa indica a qualidade da classificação, variando de 0 a 1, sendo que quanto mais se aproxima do valor 1, mais a classificação se aproxima da realidade (tabela 1). Tal coeficiente de concordância vem sendo amplamente utilizado como uma medida da exatidão da classificação temática.

Tabela 1 - Qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa

Valor do Índice	Kappa	Qualidade
0		Péssima

0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: Landis & Koch (1977)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a imagem Landsat, foram gerados cinco mapas, sendo quatro destes referentes aos métodos de classificação supervisionada e um mapa referente à classificação manual (figura 5).

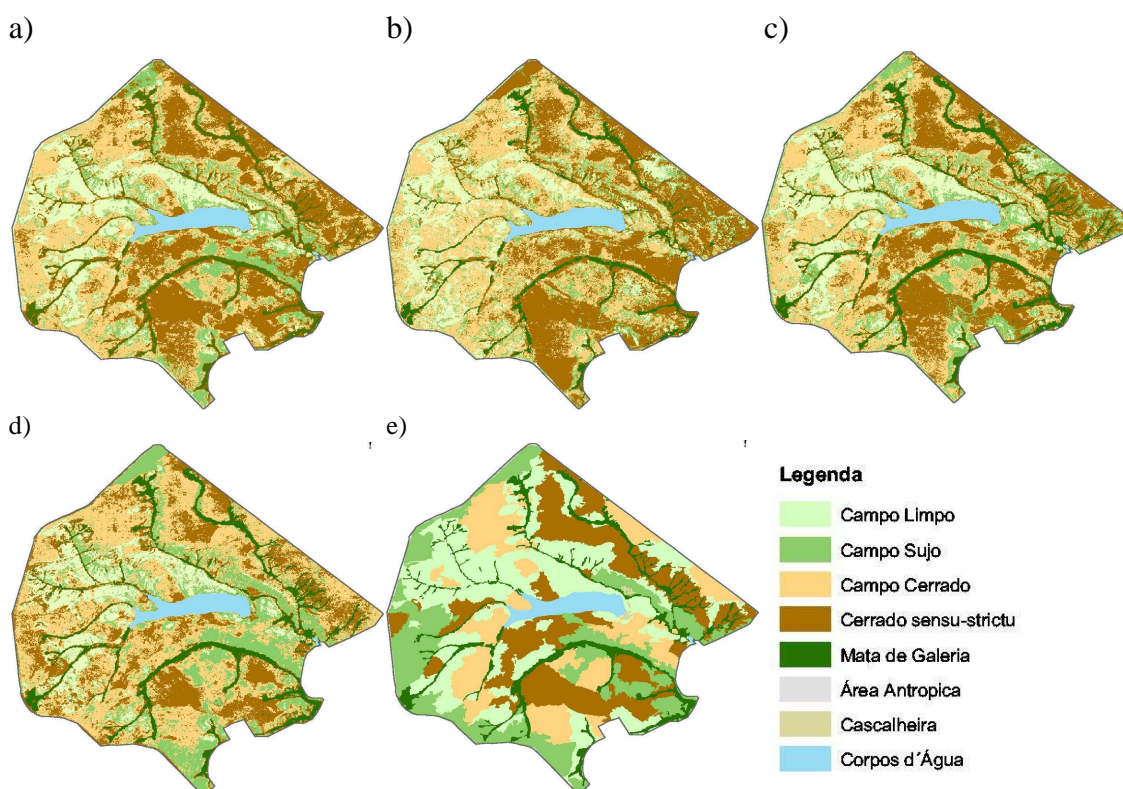


Figura 5 – Resultado dos diferentes métodos de classificação para a imagem Landsat: a) mínima distância; b) distância Mahalanobis; c) Máxima Verossimilhança; d) *Spectral Angle Mapping*; e) classificação manual.

O índice Kappa na imagem Landsat apresentou índices dos diferentes classificadores próximos uns aos outros, com amplitude dos resultados no valor de 0,195. O método de classificação manual obteve índice Kappa no valor de 0,580, podendo ser classificado com um índice de qualidade boa, de acordo com Landis & Koch (1977). Podem ser destacados, também, os valores para os métodos da Mínima Distância (0,515) e da Máxima Verossimilhança (0,510), ambos classificadores podem ser também considerados de qualidade boa. Pode ser observado que quatro dos cinco resultados obtidos a partir dos métodos de classificação analisados, foram classificados como de qualidade boa e apenas um com qualidade razoável (tabela 2).



Tabela 2 – Índice Kappa por Método de Classificação, imagem Landsat.

<b>Métodos de Classificação</b>	<b>Índice Kappa</b>	<b>Qualidade</b>
Mínima Distância	0.515	Boa
Distância Mahalanobis	0.385	Razoável
Máxima Verossimilhança	0.510	Boa
<i>Spectral Angle Mapping</i>	0.425	Boa
Manual	0.580	Boa

A Exatidão Global (tabela 3) mostra a porcentagem de “acerto” entre os pontos do “Mapa Verdade” e os pontos classificados pelos diferentes métodos de classificadores considerados no presente trabalho. Pôde-se observar um comportamento semelhante ao índice Kappa, para as porcentagens dos métodos de classificação, e, também, foi possível observar que todos os métodos considerados resultaram em uma exatidão global acima de 50%.

O método de Distância Mahalanobis apresentou o pior desempenho, com sua exatidão de aproximadamente 51%. Por outro lado, o método de classificação manual obteve como resultado uma exatidão de 66,40%, o que representa uma variação acima de 10%. Verificou-se aqui que nenhum método de classificação utilizado atingiu nível de exatidão confiável, que para Foody (2002) é de 85%.

Tabela 03 – Exatidão Global para a imagem Landsat

<b>Métodos de Classificação</b>	<b>Exatidão Global</b>
Mínima Distância	61,20%
Distância Mahalanobis	50,80%
Máxima Verossimilhança	60,80%
<i>Spectral Angle Mapping</i>	54,00%
Manual	66,40%

Para a imagem Spot foram gerados quatro mapas referentes aos métodos de classificação supervisionada (figura 6).

a)

b)

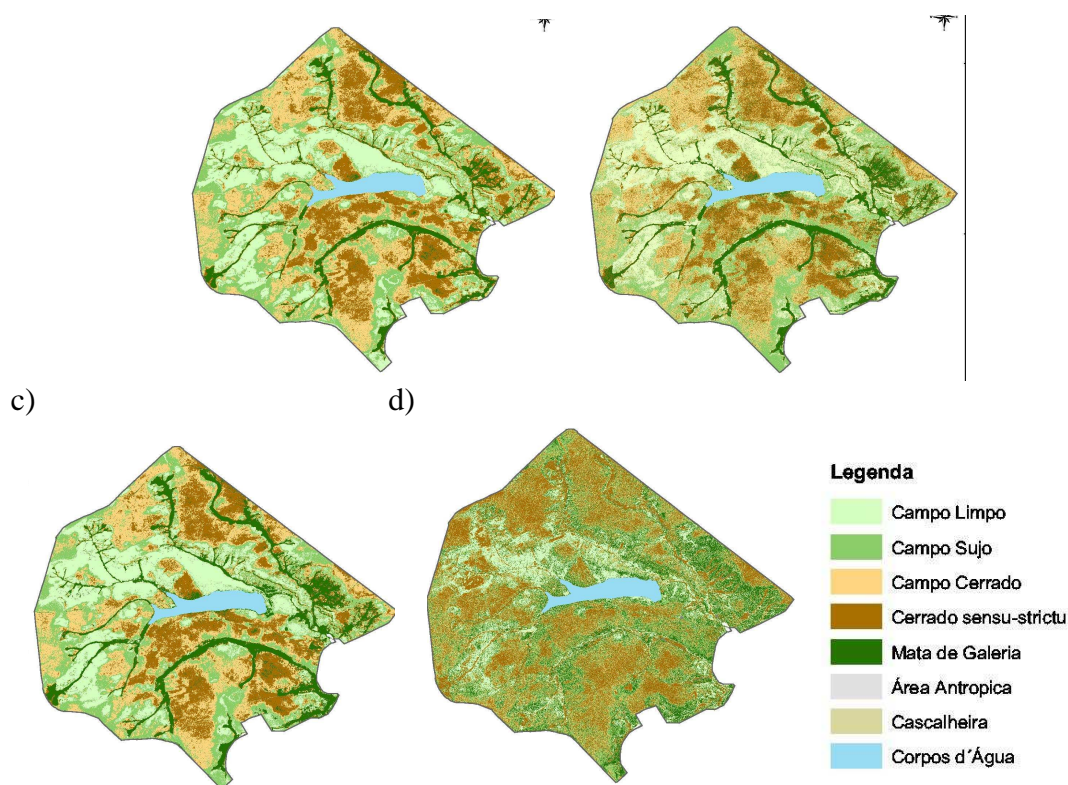


Figura 6 – Resultado dos diferentes métodos de classificação para a imagem SPOT: a) mínima distância; b) distância Mahalanobis; c) Máxima Verossimilhança; e d) *Spectral Angle*

O índice Kappa (tabela 4), para a imagem SPOT, apresentou índices próximos uns dos outros, com exceção do método de classificação *Spectral Angle Mapping*, o que fez por aumentar a amplitude entre os índices (0.438). De acordo com Landis & Koch (1977), o método da Mínima Distância e da Máxima Verossimilhança apresentaram os melhores índices Kappa, podendo a qualidade de seus resultados ser classificada como boa. Já o método da Distância Mahalanobis pôde ser classificado como de qualidade razoável, e o método *Spectral Angle Mapping* atingiu índice de qualidade ruim.

Tabela 04 – Índice Kappa por Método de Classificação, imagem SPOT.

Métodos de Classificação	Índice Kappa	Qualidade
Mínima Distância	0.480	Boa
Distância Mahalanobis	0.405	Razoável
Máxima Verossimilhança	0.515	Boa
<i>Spectral Angle Mapping</i>	0.077	Ruim

Demonstrando a porcentagem de “acerto” entre os pontos do “Mapa Verdade” e os pontos classificados pelos diferentes métodos de classificação considerados no presente trabalho, a exatidão global (tabela 05) manteve um comportamento semelhante ao índice Kappa. Foi possível a constatação que três dos quatro métodos de classificação (Mínima Distância, Distância Mahalanobis e Máxima Verossimilhança)

mantiveram-se acima de 50% de exatidão global, porém esses três métodos ficaram abaixo de um nível confiável de exatidão, o qual gira em torno de 85% Foody (2002).

Tabela 05 – Exatidão Global para a imagem SPOT.

<b>Métodos de Classificação</b>	<b>Exatidão Global</b>
Mínima Distância	58,40%
Distância Mahalanobis	52,40%
Máxima Verossimilhança	61,20%
<i>Spectral Angle Mapping</i>	26,00%

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse estudo demonstraram que os quatro métodos de classificação supervisionada utilizados apresentaram certa dificuldade em discriminar as principais fitofisionomias do Cerrado com base em imagens ópticas de resolução espacial decimétrica. Os valores de exatidão global inferiores a 61% corroboram essa afirmação. As principais confusões espectrais ocorrem quando se pretende discriminar Campo Limpo, Campo Sujo e Campo Cerrado, provavelmente por causa da influência dominante da matéria seca que está associada aos estratos herbáceos dessas unidades, na maioria das imagens obtidas na estação seca.

O estudo complementar envolvendo segmentação de imagens seguida de mapeamento visual na tela do monitor de computador não permitiu melhora sensível nos índices de exatidão global. Apesar da experiência significativa dos intérpretes tanto em interpretação de imagens do Landsat e do SPOT como em trabalhos de reconhecimento de vegetação do Cerrado no campo, a exatidão global permaneceu na faixa dos 60%. A baixa precisão obtida nesse estudo comprova a dificuldade que se tem em mapear a cobertura de terras da região do Cerrado através de imagens de satélite multiespectrais e pontuais no tempo e responde, em parte, o por quê de não se ter, até hoje, nenhum índice confiável e preciso de desmatamento no Cerrado.

Ressalta-se ainda o fato de que o baixo desempenho obtido nesse estudo não permite afirmar que as diferentes técnicas de classificação supervisionada de imagens não devam ser utilizadas para classificar as diferentes coberturas de terra do bioma em questão. Como trabalhos futuros dentro da linha de pesquisa seguida pelos autores, recomendam-se, antes de efetuar a classificação digital de imagens propriamente dita, a utilização de dados multitemporais do Landsat ou do SPOT, do sinergismo entre dados



ópticos e de radar de abertura sintética ou mesmo de algumas técnicas mais robustas de realce de imagens como os componentes principais, decorrelação, composição colorida IHS, modelos lineares de mistura espectral e índices de vegetação.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. C. de; FERREIRA, L. G. de; FERREIRA, M. E.; BORGES, R. O.; SANO, E. E.; GOMES, M. P.. Mapeamento do Uso do Solo e da Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado a partir de dados orbitais MODIS e SRTM e dados Censitários. In: XII Simpósio de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais do XII Simpósio de Sensoriamento Remoto, 2005.

CONDÉ, R. C. C. Vegetação do Distrito Federal. In: FREITAS-SILVA, Flávio Henrique; CAMPOS, José Eloi (Org.). Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília: IEMA/UnB, 1998, v. 1, p. 165-184.

EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: NOVAES PINTO, M. (org.) Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: Universidade de Brasília. 1990. p. 9-65.

FERREIRA, M. A. Análise do Modelo Linear de Mistura Espectral na Discriminação de Fitofisionomias do Parque Nacional de Brasília (Bioma Cerrado). Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado. 2003.

FERREIRA, M. E.; SANO, E. E.; FERREIRA, L. G. Atualização do Mapa de Vegetação do Parque Nacional de Brasília (Bioma Cerrado) por meio de Imagens Orbitais. Geo UERJ, Rio de Janeiro, p. 1268-1273, 2002.

FOODY, G.M. Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment, v. 80, n. 1, p. 185-201, Abr. 2002.

GOMES-LOEBMANN, D.; GUIMARÃES, R. F.; BETTIOL, G. M. et al. Mistura Espectral de Imagens LANDSAT para Análise Multitemporal de Uso da Terra nas Diferentes Unidades Pedológicas da Bacia do Rio Jardim, DF. In: XII Simpósio de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais do XII Simpósio de Sensoriamento Remoto, 2005.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, v.33, n.1, 1977. p. 159-174.

NEPOMUCENO, A. M.; SANTA ROSA, A. N. C.; MENESES, P.R. Reconhecimento de Fitofisionomias do Cerrado no Parque Nacional de Brasília através de Classificação de Imagens de Radar de Abertura Sintética. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2003, Belo Horizonte. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2003.

PONZONI, F. J.; GALVÃO, L. S.; EPIPHANIO, J. C. N. “Influência da resolução espacial sobre a quantificação de áreas não florestadas em ambiente amazônico”. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2001, Foz do Iguaçu. Anais do X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2001.

QUEIROZ, R B.; RODRIGUES, A G.; GÓMEZ, A T. “Estudo Comparativo entre as Técnicas Máxima Verossimilhança Gaussiana e Redes Neurais na Classificação de Imagens IR-MSS CBERS 1”. In: I Workshop de Ciências da Computação e Sistemas da Informação da Região Sul, 2004, Florianópolis. Anais do I Workshop de Ciências da Computação e Sistemas da Informação da Região Sul.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Orgs.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, DF: Embrapa, 1998. p. 89-166

SOUTH, Stephen; QI, Jiaguo; LUSCH, David P. Optimal classification methods for mapping agricultural tillage practices. In: Remote Sensing of Environment, 91, 2004. p. 90-97.

# ESTUDO DE CORRELAÇÕES ENTRE DADOS RADIOMÉTRICOS COLETADOS EM CAMPO E EM NÍVEL ORBITAL

Márcio Pupin de Mello<sup>1</sup>  
Fábio Bueno de Lima<sup>1</sup>  
Gustavo Bayma Siqueira Silva<sup>1</sup>  
Denilson Ribeiro Viana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR  
Caixa Postal 515 – 12.201-970 – São José dos Campos – SP, Brasil  
{pupin, fbueno, bayma, denilson}@dsr.inpe.br

## Resumo

Um dos objetivos da espectroradiometria aplicada à vegetação é o refinamento de modelos que possam estimar seus atributos biofísicos. Para atingir este objetivo, autores ressaltam a importância de se determinar relações quantitativas entre as características espectrais de alvos na superfície da Terra e o espectro registrado por um sensor orbital (a bordo de um satélite artificial). Neste contexto este trabalho teve como principal objetivo estudar as correlações entre dados de campo e orbitais assim como índices de vegetação (NDVI, DI e SAVI) gerados a partir desses dados, utilizando dois métodos de correlação: *Pearson* e *Spearman*. Foi usada uma imagem do sensor *Thematic Mapper (TM)*, a bordo do satélite *Landsat-5*, como dado orbital, assim como 40 amostras coletadas em campo concomitantemente à passagem do satélite. A área de estudo corresponde à uma região de pasto, aparentemente homogênea, localizada no município de Pirassununga, no estado de São Paulo – Brasil. Os dados de Fator de Reflectância Bidirecional (FRB) das amostras, na imagem, foram calculados por meio da média aritmética simples dos quatro pixels mais próximos ao pixel central (incluindo o próprio). Já os valores de FRB de campo foram agrupados, por meio da média aritmética, de acordo com os intervalos de comprimentos de onda das bandas do *TM*. As correlações entre os valores de FRB dos dois níveis de coleta de dados apresentaram-se baixos, com média de 12,67% e 15,62% para os índices de *Pearson* e *Spearman*, respectivamente. Para os índices de vegetação a única correlação significativa encontrada foi para o NDVI através do método *Spearman*.

**Palavras-chave:** Correlação entre dados de campo e orbitais; Fator de Reflectância Bidirecional; Índices de vegetação.

## Abstract

One objective of spectroradiometrics applied to vegetation is the refinement of the models that can esteem its biophysics attributes. To reach this objective, authors stand out the importance of determining quantitative relations between the spectral characteristics of targets in the Earth's surface and the specter registered for a orbital sensor (on board an artificial satellite). In this context this study aimed to investigate the correlations between orbit and field data, as well three vegetation indexes (NDVI, DI and SAVI) generated with these data. Two methods of correlation were used: *Pearson* and *Spearman*. An image of the sensor *Thematic Mapper (TM)*, on board at *Landsat-5* satellite, was used as given orbital data, as well 40 samples collected in field concomitant satellite imagery. The study area corresponds to a grass region, apparently homogeneous, located in the city of Pirassununga, state of São Paulo – Brazil. The values of Bidirectional Reflectance Factor (FRB) of the samples, in the image, had been calculated by the simple arithmetic mean of four pixels next to central pixel (including the central one). On the other hand, the values of FRB field data had been grouped, by the arithmetic mean, in

accordance with the intervals of wave lengths in the TM bands. The correlations between the values of FRB in the two levels of data had been presented low, with average of 12.67% and 15.62% for the Pearson and Spearman indexes, respectively. For the vegetation indexes the only significant correlation found was for the NDVI through the Spearman method.

**Key-words:** Correlation between field and orbital data; Bidirectional Reflectance Factor; Vegetation index.

## 1 Introdução

A espectroscopia envolve o estudo das inter-relações entre os atributos biofísicos de determinados alvos e suas características espectrais. Quando aplicados à vegetação, esses estudos buscam o refinamento de modelos que possam estimar atributos biofísicos a partir da Radiação Eletromagnética (REM) refletida pelos dosséis (ou pela vegetação) que é medida por sensores remotamente situados.

Morelli et al (1993) descrevem a Estrutura Geométrica da Vegetação (EGV) como o maior determinante da distribuição angular da REM em coberturas vegetais. A EGV pode ser descrita quantitativamente por parâmetros biofísicos como a distribuição das plantas no terreno, o Índice de Área Foliar (IAF), o Índice de Cobertura (IC) e a Função de Distribuição Angular de Folhas (DAF).

Tais parâmetros variam espacialmente e temporalmente de acordo com o tipo de vegetação, o estágio de desenvolvimento e as condições da vegetação. No entanto, nem sempre a análise de dados espectrais mostra essa variação devido a: i) alterações na fonte de REM; ii) alterações na geometria de coleta; e iii) fatores de atenuação da atmosfera.

Um dos objetivos dos diversos índices de vegetação criados é minimizar essas influências. Entre os mais usados na literatura encontram-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação pela Diferença (ID) e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) (JAKSON et al, 1983; HUETE, 1988). Nesse contexto, Jakson et al. (1983) e Marsh e Lyon (1980) apontam duas preocupações: o primeiro trabalho destaca a necessidade de modelar corretamente os efeitos da atmosfera para evitar dados enviesados; já Marsh e Lyon (1980) destacam a importância de se determinar relações quantitativas entre as características espectrais de alvos na superfície e o espectro registrado por um sensor orbital.

Nesse contexto, este trabalho objetiva correlacionar dados de campo e orbitais, assim como verificar a existência de uma associação entre alguns índices de vegetação obtidos a partir desses dados.

## 2 Materiais e métodos

A área de estudo está localizada no município de Pirassununga, no Estado de São Paulo (Brasil), e encontra-se delimitada pelas coordenadas geográficas W 47°20'18.42" - S 22°03'49.20" e W 47°20'02.85" - S 22°04'03.62". O local corresponde a uma área de pasto com características aparentemente homogêneas de refletância (Figura 1).

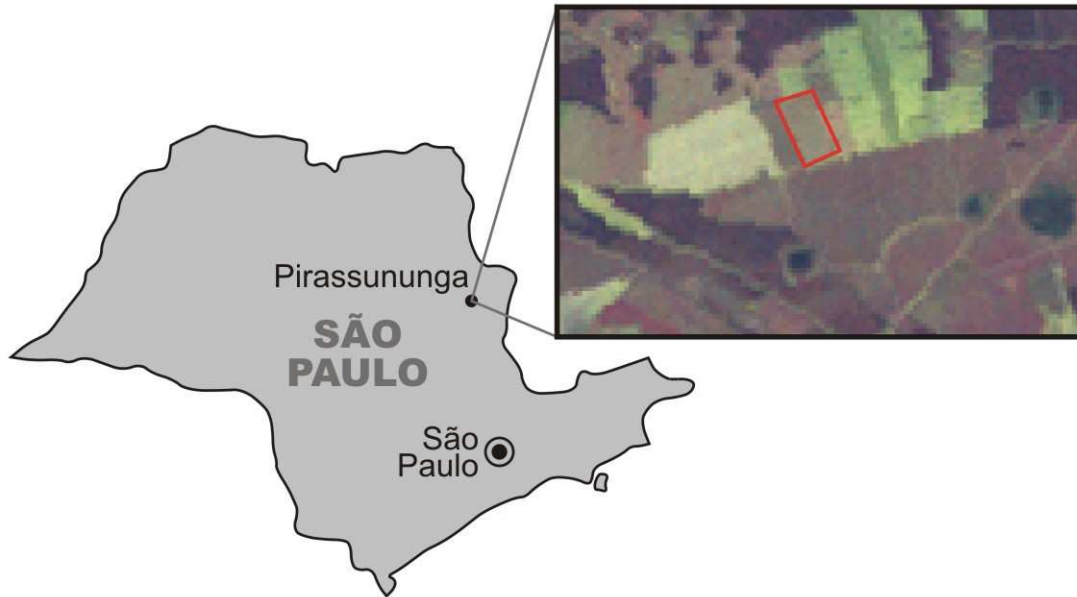


Figura 1: Localização em destaque da área de estudo (imagem *TM* - RGB-231).

Os dados de Fator de Refletância Bidirecional (FRB) de campo correspondem a um total de 40 amostras coletadas em 04/jun/2007, concomitantemente à passagem do satélite *Landsat-5*. Esses dados foram obtidos utilizando o espectrorradiômetro *FieldSpec Pro FR*. A faixa espectral abrangida pelo equipamento é de 350 a 2500 nm, com resolução espectral de 3 a 10 nm e o FOV (*field of view*) adotado foi de 25°. As amostras foram coletadas de 40 em 40 m, aproximadamente.

Para a comparação com os dados de campo, foi utilizada uma imagem do sensor *Thematic Mapper (TM)* da plataforma *Landsat-5*. O sensor *TM* possui resolução espacial de 30 m, resolução radiométrica de 8 bits e opera em sete bandas espectrais, das quais seis foram utilizados nesse trabalho (Tabela 1).

Tabela 1: Intervalos de comprimento de onda das bandas do sensor *TM*.

Banda <i>TM</i>	Região do Espectro	Limite Inicial (nm)	Limite Final (nm)
B1	Azul	452	518
B2	Verde	529	610
B3	Vermelho	624	693
B4	NIR	776	905
B5	SWIR	1.568	1.784
B7	SWIR	2.097	2.347

Os valores de Número Digital (ND) de cada uma das bandas da imagem foram convertidos para FRB aparente, a partir dos coeficientes apresentados por Chander e Markham (2003). Em seguida esses valores foram transformados em FRB de superfície por meio da aplicação do modelo de correção atmosférica 6S (VERMOTE et al., 1997).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o sistema livre *R* versão 2.6.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007). A manipulação e extração dos valores de FRB da imagem foram executadas utilizando o SPRING 4.3.2 (CÂMARA et al, 1996).

Os dados de FRB das amostras na imagem foram calculados por meio da média aritmética simples dos quatro *pixels* mais próximos ao *pixel* central (incluindo o próprio), como ilustra a *Figura 2*. A fim de comparar com dados da imagem, os valores de FRB de campo foram agrupados, por meio da média aritmética, de acordo com os intervalos de comprimentos de onda das bandas do *TM* (Tabela 1).

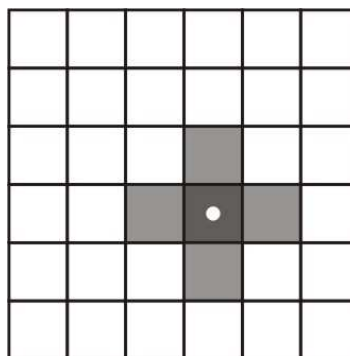


Figura 2: Ilustração dos *pixels* considerados no cálculo das médias de cada ponto na imagem orbital.

Além da comparação dos valores de reflectância dos pontos amostrados, foram calculados três índices de vegetação (*Normalized Difference Vegetation Index* [NDVI], *Difference Vegetation Index* [DI] e *Soil Adjusted Vegetation Index* [SAVI], cujas equações encontram-se na literatura; veja JENSEN, 2006) a partir dos dados de campo e

orbitais para que pudessem ser estudadas as relações entre esses índices obtidos a partir desses dois níveis de coleta de dados.

No desenvolvimento da metodologia os seguintes procedimentos foram realizados:

- 1 – Análise de correlação de *Pearson* e *Spearman* dos valores de FRB gerados a partir dos dados de campo e dados orbitais dos 40 pontos amostrais para cada banda;
- 2 – Estudo da correlação entre índices de vegetação (NDVI, DI e SAVI) gerados com dados dos dois níveis de coleta.

Os estudos de correlações nesse trabalho foram realizados segundo os coeficientes de *Pearson* e de *Spearman* (para mais detalhes veja BUNCHAFT e KELLNER, 2001). O índice de correlação de *Pearson* quantifica o quão linearmente associados estão dois conjuntos de dados. Já o índice de *Spearman* nada mais é que o índice de *Pearson* sobre o posto dos conjuntos de dados, sendo mais indicado quando os dados não seguem distribuição normal, quando existem valores discrepantes nos dados ou em casos onde a associação entre os dois conjuntos de dados não é linear (DYTHAM, 2003).



### 3 Resultados e discussões

Visando dar sustentabilidade às análises de correlação executadas, foi verificada a normalidade dos dados de campo e orbitais para cada uma das seis bandas, usando o teste de *Kolmogorov-Smirnov* do sistema *R* que aceitou a hipótese de que todos os dados têm distribuição normal ao nível de significância de 1%. Entretanto, para o mesmo nível de significância de 1%, no teste de *Shapiro-Wilk*, os dados de campo da banda B7, assim como os dados orbitais para as bandas B4 e B7, apresentaram distribuição significativamente diferente da normal.

Seguindo a seqüência das etapas enumeradas em “Materiais e Métodos” segue a descrição dos resultados e discussões acerca desses que foram encontradas nesse estudo.

#### 3.1 Correlação entre reflectâncias dos pontos (campo e orbital) em cada banda

As análises de correlação entre os dados de campo e orbitais de FRB mostraram o quão delicado são as questões relacionadas à obtenção de informações remotas através de sensores em plataformas orbitais. Os valores médios de correlação foram 12,67% e 15,62% para os índices de *Pearson* e *Spearman*, respectivamente. É possível ver com clareza que a banda quatro (B4 – NIR, de 776 a 905 nm) foi a menos correlacionada, sendo até de correlação negativa para *Spearman*. Os índices de correlação para a FRB em cada uma das seis bandas podem ser vistos na *Figura 3* e seus valores estão relacionados na *Tabela 2*.

Tabela 2: Índices de correlação de *Pearson* e *Spearman* dos dados nos níveis de campo e orbital dos 40 pontos amostrais em cada banda.

	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B5</b>	<b>B7</b>
<i>Pearson</i>	0,18677	0,15198	0,12897	0,03632	0,13908	0,11702
<i>Spearman</i>	0,25119	0,12851	0,15257	-0,08654	0,18144	0,30986

Observou-se uma diferença mais acentuada entre os índices de *Pearson* e *Spearman* nos dados da banda B7. Essa ocorrência está diretamente relacionada com o fato dos dados dessa banda não apresentarem distribuição normal conforme verificado no teste de *Shapiro-Wilk* com 1% de significância.

Apesar dos diferentes valores de correlação todos eles não são significativamente diferentes de zero quando aplicado o teste estatístico *t* para índice de correlação com um nível de significância de 5%. Isso quer dizer que estatisticamente os

dados dos níveis campo e orbital não são correlacionados.

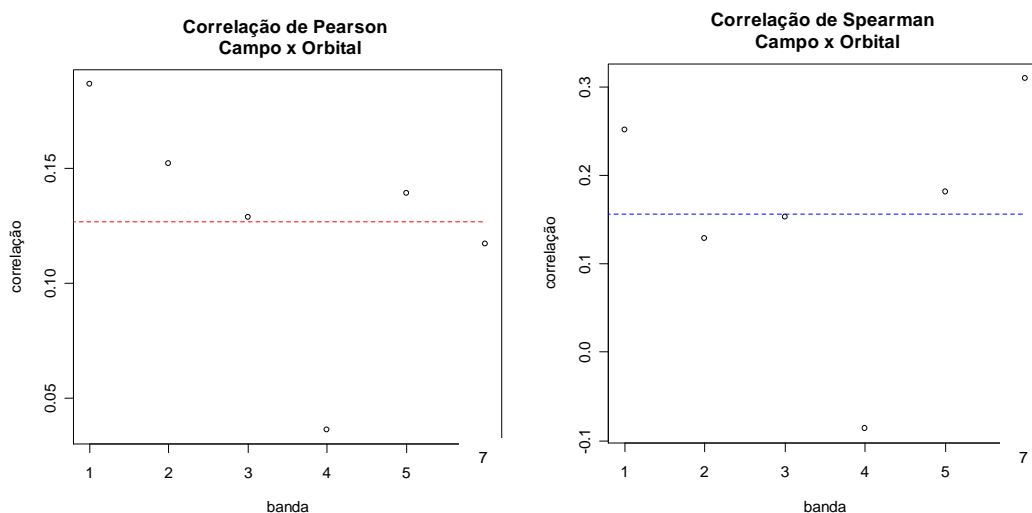


Figura 3: Gráficos com os valores das correlações dos valores de FRB para os dados de campo e orbitais nas 6 bandas (B1, B2, B3, B4, B5 e B7), usando os índices de *Pearson* e *Spearman*, respectivamente (a linha tracejada indica a média para ambos os gráficos).

Esses resultados diferem dos obtidos por Marsh e Lyon (1980) que encontraram correlações significativas comparando dados de campo e orbitais (com correção atmosférica). A principal razão dessa diferença está no fato de que Marsh e Lyon (1980) usaram dados provenientes de amostras significativamente heterogêneas enquanto que o presente trabalho fez uso de dados de amostras relativamente homogêneas. Isso acontece porque a própria diferença nas resoluções (principalmente a espacial) entre o sensor de coleta de dados em campo e o sensor orbital faz com que, em amostras homogêneas, a diferença entre a variância dos dados de campo e a variância dos dados orbitais (veja Figura 4) seja maior que em dados coletados de amostras heterogêneas.

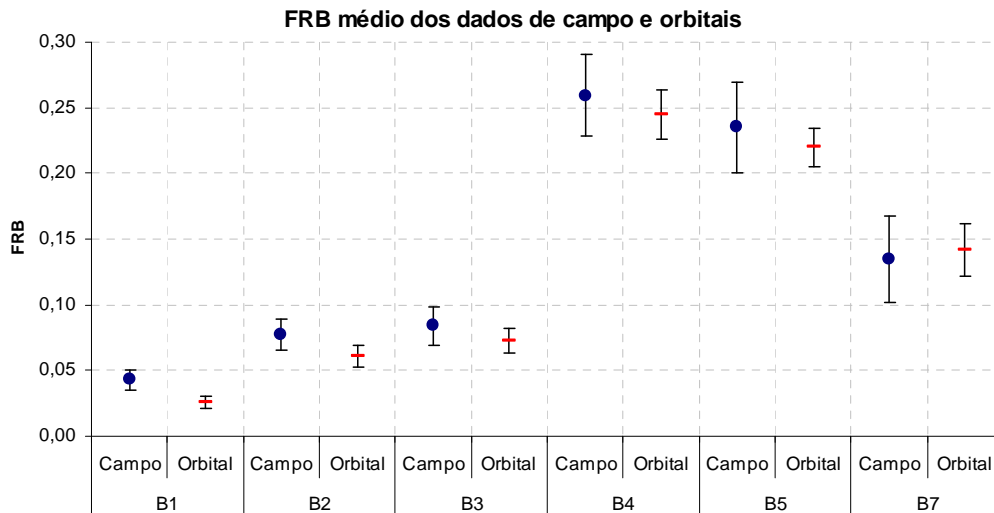


Figura 4: Gráfico dos FRB's médios dos dados de campo e orbitais em cada banda (as barras indicam o desvio padrão – que equivale à raiz quadrada da variância – nos 40 pontos amostrais).

### 3.2 Correlação entre índices de vegetação para os dois níveis (campo e orbital).

A Tabela 3 mostra os valores de correlação encontrados para os índices de vegetação estudados. Da mesma forma que para as correlações de FRB dos dados de campo e orbital dentro de cada banda, nenhuma das correlações dos índices foi significativa a 5% de significância no teste *t*, com exceção da correlação de *Spearman* para o NDVI. Isso provavelmente ocorreu pelo fato da banda B4 não apresentar normalidade na distribuição dos dados orbitais e, ou, pelo fato de que a associação entre os NDVI's, nos dois níveis, não ocorre de maneira linear.

Tabela 3: Índices de correlação de *Pearson* e *Spearman* dos índices de vegetação nos níveis de campo e orbital (valor significativamente diferente de zero segundo o teste *t* a 5% de significância é destacado em fundo cinza).

	NDVI	DI	SAVI
<i>Pearson</i>	0,17790	0,07994	0,12859
<i>Spearman</i>	0,52266	-0,02179	0,22451

Para efeito de visualização das diferenças entre os índices de correlação de *Pearson* e *Spearman* foi gerado um gráfico de dispersão dos valores de NDVI para os dados de campo (eixo das abscissas) e orbital (eixo das ordenadas) em cada um dos 40 pontos amostrados; e sobre os pontos plotados foram desenhadas duas retas que passam pelo centro geométrico da nuvem de pontos e são qualitativamente representativas dos dois índices de correlação supracitados (Figura 5).

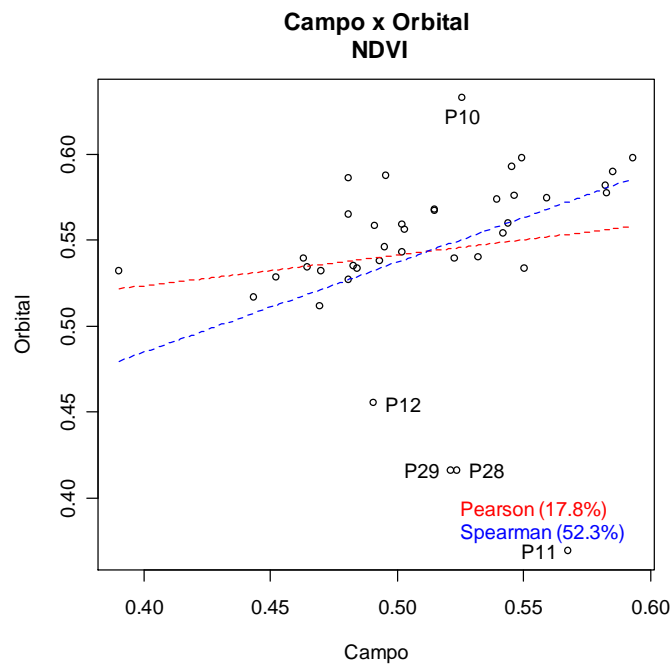


Figura 5: Gráficos de dispersão dos valores de NDVI calculados com dados de campo e orbitais e retas representativas dos índices de correlação de *Pearson* e *Spearman*.

#### **4 Considerações finais**

De maneira geral, os valores de FRB das 40 amostras, nos níveis de campo e orbital, apresentaram baixos valores de correlações de *Pearson* (média de 12,67%) e *Spearman* (média de 15,62%), sendo não significativos estatisticamente. Isso provavelmente é consequência da discrepância entre os valores das variâncias desses dados, uma vez que as diferenças entre os sistemas de coleta dos dois níveis (principalmente a resolução espacial) fazem com que os dados de campo apresentem maior variação que os orbitais.

Nos estudos de associações entre os índices de vegetação obtidos a partir de dados de campo e dados orbitais apenas o índice de correlação de *Spearman* aplicado ao NDVI foi estatisticamente significativo. Trata-se de um indício de associação não linear entre os NDVI's dos dados nos dois níveis e, ou violação de um pressuposto no cálculo dos coeficientes de correlação, que nesse caso, deve-se à falta de normalidade da banda B4 para os dados orbitais.

O estudo mostrou o quão delicadas são as relações entre dados de campo e orbitais, devido às diferenças existentes entre esses níveis, como as resoluções, influência atmosférica e geometria de coleta. Diante dessas peculiaridades é preciso ser cauteloso na manipulação de dados para que não se cometa equívocos na interpretação de seus significados e em suas aplicações.

## 5 Bibliografia

BUNCHAFT, G; KELLNER, S. R. O. **Estatística sem mistérios**. 2. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. 230 p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M. GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 11, p. 2674-2677, 2003.

DYTHAM, C. **Choosing and using statistics: a biologist's guide**. 2. ed. Oxford, Inglaterra: Blackwell, 2003. 248p.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.

JACKSON, R. D.; SLATER, P. N.; PINTER JR., P. J. Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetation indices through clear and turbid atmospheres. **Remote Sensing of Environment**, v. 13, n. 3, p. 187-208, 1983.

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective**. 2. ed. New Jersey, USA: Prentice Hall, 2006. 608 p.

MARSH, S. E., LYON, R. J. P. Quantitative relationships of near surface spectra to Landsat radiometric data. **Remote Sensing of Environment**, v. 10, n. 4, p. 241-261, 1980.

MORELLI, A. F.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, J. C. N. Influência da geometria de visada na reflectância espectral de duas gramíneas forrageiras. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria, 2007. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 27 nov. 2007.

VERMOTE, E. F.; TANRE, D.; DEUZE, J. L.; HERMAN, M.; MORCRETTE, J. J. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, n. 3, p. 675-686, 1997.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas do INPE, em especial ao mestrando Luís Gonçalves Longo de Oliveira pelos dados gentilmente cedidos; ao pesquisador Flávio

Jorge Ponzoni pelas orientações; e aos pesquisadores Antônio Roberto Formaggio, Evelyn Márcia Leão de Moraes Novo e Lênio Soares Galvão, pelos valiosos conselhos.

**ESTUDO DA OSCILAÇÃO DO NÍVEL FREÁTICO DOS ANOS DE 2001 E 2005  
E SUA RELAÇÃO COM A MORFOLOGIA DO SOLO: FAZENDA  
NHUMIRIM, PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, MS-BRASIL.**

Ana Paula Sanches dos Santos

Arnaldo Yoso Sakamoto

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

[ana\\_paula\\_sanches@yahoo.com.br](mailto:ana_paula_sanches@yahoo.com.br)

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

[sakamoto@ceul.ufms.br](mailto:sakamoto@ceul.ufms.br)

**RESUMO:** O PANTANAL DA NHECOLÂNDIA APRESENTA FEIÇÕES BASTANTE PECULIARES COM A PRESENÇA DE BAÍAS, LAGOAS SALINAS, BANHADOS, VAZANTES, CORIXOS E CORDILHEIRAS. OS SOLOS SÃO ARENOSOS COM ELEVADA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO. O NÍVEL D'ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO APRESENTA UMA RESPOSTA RÁPIDA DAS ÁGUAS PLUVIAIS. ESTE TRABALHO APRESENTA A OSCILAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO DO ANO DE 2001 E 2005 NA TOPOSSEQUÊNCIA 5 POR MEIO DE TRÊS PIEZÔMETROS INSTALADOS NAS VERTENTES NORTE DA LAGOA SALINA: P16, P17 E P18, RESPECTIVAMENTE, RELACIONANDO-OS COM A MORFOLOGIA DO SOLO DA MESMA TOPOSSEQUÊNCIA, NA ÁREA DA LAGOA SALINA DO MEIO. FOI REALIZADO COM BASE NA METODOLOGIA DE BOULET (1988). OS REGISTROS DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO FORAM OBTIDOS ATRAVÉS DOS PIEZÔMETROS, REALIZADAS A CADA 10 DIAS E ORGANIZADAS POR ESTAÇÕES DO ANO, REPRESENTADOS EM PERFIS PEDOMORFOLÓGICOS E ELABORADOS NO *SOFTWARE* CORELDRAW. NA TOPOSSEQUÊNCIA 5, O P16, P17 E P18 APRESENTARAM-SE UMA CONFIGURAÇÃO DIFERENCIADA NA OSCILAÇÃO DO NÍVEL FREÁTICO, NO P16 E P17 O NÍVEL FREÁTICO TEVE A MESMA CONFIGURAÇÃO MAIS PRÓXIMO DA SUPERFÍCIE NO VERÃO E OUTONO, POREM NO INVERNO E PRIMAVERA O NÍVEL FREÁTICO NÃO TEVE A MESMA CONFIGURAÇÃO, ENQUANTO QUE O P18 APRESENTOU MAIS PRÓXIMO DA SUPERFÍCIE NO OUTONO, NÃO COMPATIBILIZANDO COM O NÍVEL MAIS PRÓXIMO DA SUPERFÍCIE NO VERÃO REGISTRADO NO P16 E P17. AS OSCILAÇÕES DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO APRESENTARAM UMA RESPOSTA ASSOCIADOS AO PERFIL PEDOMORFOLÓGICO, COM VARIAÇÃO DE PH DIFERENCIADO AO HORIZONTE DE SOLO SALINO E NÃO SALINO, ASSIM COMO DAS UNIDADES DA PAISAGEM NAS TOPOSSEQUÊNCIAS ESTUDADAS.

**Palavras-chave:** Pantanal, lençol freático, perfil pedomorfológico.

**Abstract:** The Pantanal of the Nhecolândia presents sufficiently peculiar feições with the presence of bays, lagoons saline, bathed, receding, corixos and mountain ranges. The ground arenaceous with are raised infiltration capacity. The water level of the freático sheet presents a fast reply of pluvial waters. This work presents the oscillation of the freático sheet of the year of 2001 end 2005 in topossequência 5 by means of three piezometers installed in the sources north of the saline lagoon: P16, P17 and P18, respectively, relating them with the morphology of the ground of the same topossequência, in the area of the saline lagoon of the Way. The methodology of Boulet was carried through on the basis of (1988). The registers of the level of the freático sheet had been gotten through the piezometers, carried through to each 10 days and organized per stations of the year, represented in pedomorfológicos and elaborated profiles in CorelDRAW software. In topossequência 5, the P16, P17 and P18 had presented a configuration differentiated in the oscillation of the freático level, in the P16 and P17 the freático level had the



same configuration next to the surface in the summer and autumn, to put in the winter and spring the freático level did not have the same configuration, whereas the P18 presented next to the surface in the autumn, not making compatible with the level next to the surface in the summer registered in the P16 and P17. The oscillations of the level of the freático sheet had presented a reply associates to the profile pedomorfológico, with variation of pH differentiated to saline and not saline ground the horizon, as well as of the units of the landscape in the studied toposseqüências.

**key-words:** Pantanal, freático sheet, pedomorfológico profile.

## INTRODUÇÃO

O Pantanal Mato-Grossense é reconhecido como a maior e mais complexa zona úmida continua de água doce do planeta, reputada pela sua fauna e sua flora (ALHO, et al., 1988.) Encontra-se situado entre as coordenadas 16° e 21° de latitude Sul e 55° e 58° de longitude Oeste, com uma área de aproximadamente 140.000 km<sup>2</sup> (GODOI FILHO, 1986).

O clima no Pantanal é tropical, com duas estações bem definidas verão chuvoso e inverno seco (FRANCO & PINHEIRO, 1982).

De acordo com Carvalho (1986) sua hidrografia é formada pelo rio Paraguai como principal curso d'água, tendo como tributários os rios Jauru, Cabaçal, Sepotuba (e seus afluentes São Lourenço e Piquirí), Taquari, Miranda (e seu afluente o Aquidauana) e rio Apa.

Franco e Pinheiro (1982) coloca que a geomorfologia local da área dificulta o escoamento e contribui para o conseqüente alagamento da área, pois possui altimetria entre 80 e 150m.

O pantanal Mato-grossense, não é uma área homogênea, permitindo assim o reconhecimento de 11 sub-regiões (Figura 1), são elas: Abrobal, Aquidauana, Barão de Melgaço, Cáceres, Miranda, Nabileque, Nhecolândia, Paraguai, Poconé e Porto Murtinho.

A área de estudo (Figura 2), localiza-se na fazenda Nhumirim no município de Corumbá-MS, na baixa Nhecolândia sudoeste do Pantanal, com uma extensão territorial de 4.390,6 ha, nas coordenadas 18°59' S e 56°39' W.

Encontra-se no sul do rio Taquari e se estende até o rio Negro na parte sul do leque aluvional, sobre sedimentos arenosos finos de formações recentes do período Quaternário depositados pelo Taquari. (DELL'ARCO et. al., 1982) na Fazenda Nhumirim,

Estudos realizados por Queiroz Neto et. al., 1996, mostram que o comportamento hidrológico da lagoa salina do Pantanal da Nhecolândia é abastecida exclusivamente pelo o lençol freático.

Sakamoto (1997) apresenta no perfil topográfico que as salinas são abastecidas pelo lençol freático e que o abastecimento aumenta a pressão da água nos solos e seu direcionamento para a lagoa, sempre que o nível desta se encontrar mais baixo. Assim, o conjunto banhado/vazante-cordilheira-lagoa, (elementos típicos da paisagem da Nhecolândia) formam um sistema complexo em relação aos fluxos superficiais e sub-superficiais de água.

O funcionamento da dinâmica de oscilação do lençol freático caracteriza-se inserida num sistema ambiental complexo, que envolve diversas variáveis a serem consideradas, destacando-se como fundamentais; a relação solo, água, planta e a ocupação antrópica. (BACANI, 2004, p.44).

Considerando a importância da dinâmica desse ecossistema, este trabalho teve por objetivo estudar a oscilação do lençol freático do ano de 2001 e 2005 na vertente norte denominada de toposseqüência 5, identificando as variações ocorridas no perfil freático e sua relação com a morfologia do solo na lagoa salina do Meio e seu entorno, localizada na fazenda Nhumirim EMBRAPA/CPAP.

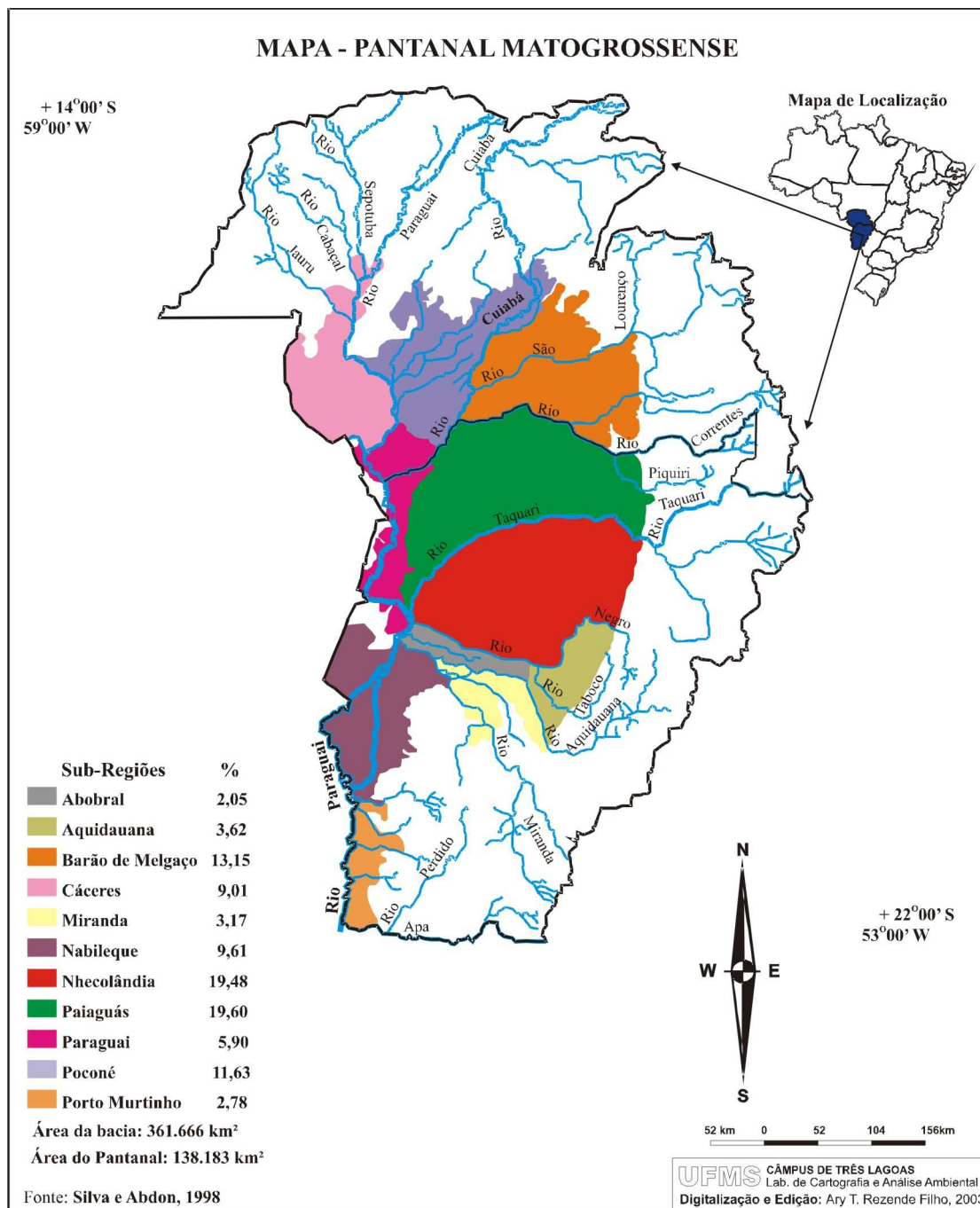


Figura 1 – Localização do Pantanal Mato-Grossense

## Material e Métodos

As atividades foram realizadas numa extensão de 196,8 metros, com 3 piezômetros instalados de acordo as diferenciações apresentadas na fisionomia da paisagem local (topografia e vegetação): o primeiro no início da cordilheira (P16); o segundo no interior da cordilheira (P17) e o terceiro no ponto mais elevado da vertente da cordilheira (P18). O transecto é denominado de topossequência 5.

Os registros do nível do lençol freático foram obtidos através dos piezômetros, construídos de tubos de PVC de 1' de diâmetro e profundidade variada, registrados através de um instrumento denominado “piu”, preso a um fio de nylon, estendida pelo piezômetro até atingir o nível do lençol freático. Essas medidas foram realizadas num intervalo, a cada 10 dias e organizadas por estações do ano.

A análise morfológica foi realizada com base na metodologia de Boulet (1988) adaptada por Sakamoto (1997), a qual consiste em tradagens e descrição do solo ao longo de um transecto, do topo à base da vertente, constatando assim diferenciações dos perfis verticais e horizontais do solo associados às oscilações do nível freático.

Os dados de piezometria da topossequência foram organizados e relacionados com a morfologia do solo representados em perfis pedomorfológicos com o auxílio do *software* Corel Draw.

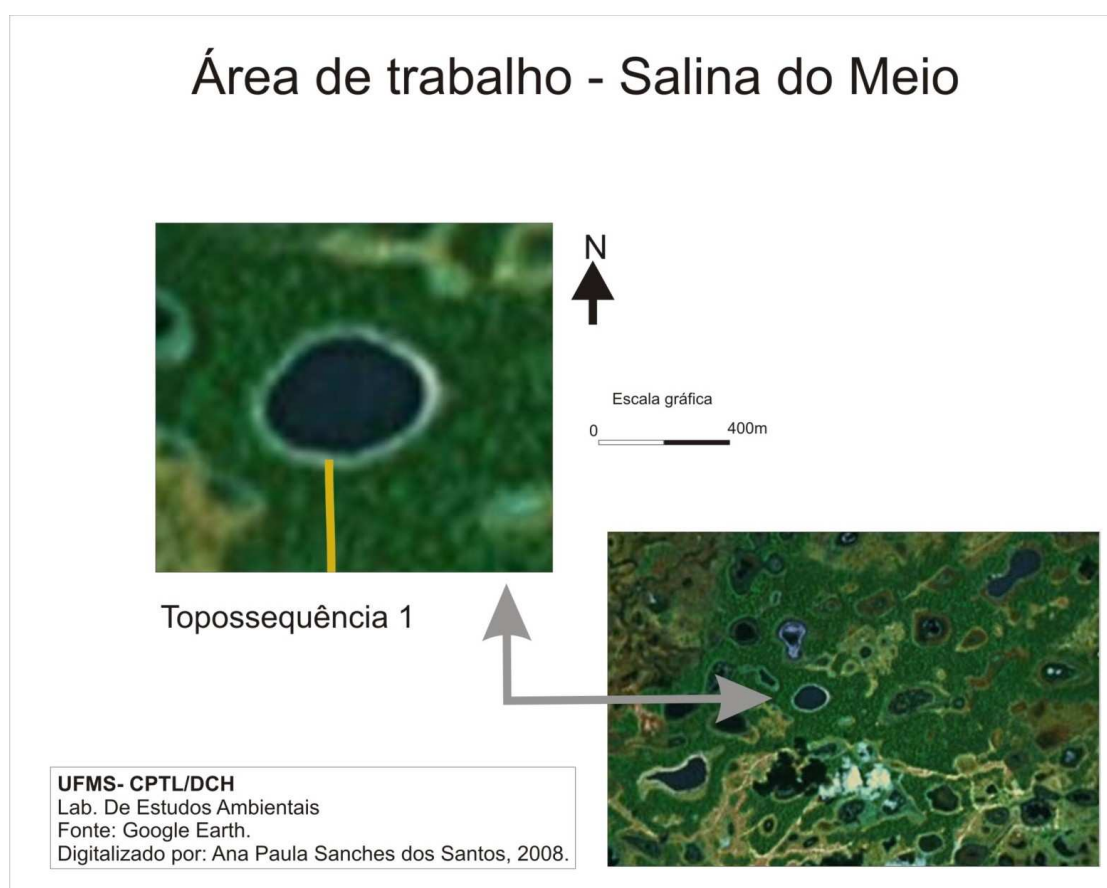


Figura 2 - Área de estudo

## Resultados e Discussões

A figura 3 mostra que o nível freático mais alto ocorreu no verão no mês de janeiro em 2001 nos três pontos da topossequência 5, correspondendo com o período chuvoso. E o nível mais baixo do lençol freático ocorreu no inverno no mês de setembro também nos três pontos.

Na Figura 4 mostra que no ano de 2005 o nível freático mais alto e o mais baixo também ocorreram nos três pontos da topossequência 5 sendo a mais alta no verão e a mais baixa no inverno. No piezômetro (P16) a média de profundidade do lençol freático no verão (Janeiro, Fevereiro e Março) foi em torno de 0,94 cm, enquanto no outono (Abril, Maio e Junho) notou-se uma pequena descida do nível freático para 130 cm de profundidade. No inverno (Julho, Agosto e Setembro) é perceptível uma descida do nível freático, identificado a 139cm da superfície, na primavera (Outubro, Novembro e Dezembro) o nível do lençol freático é encontrado a 133 cm de profundidade.

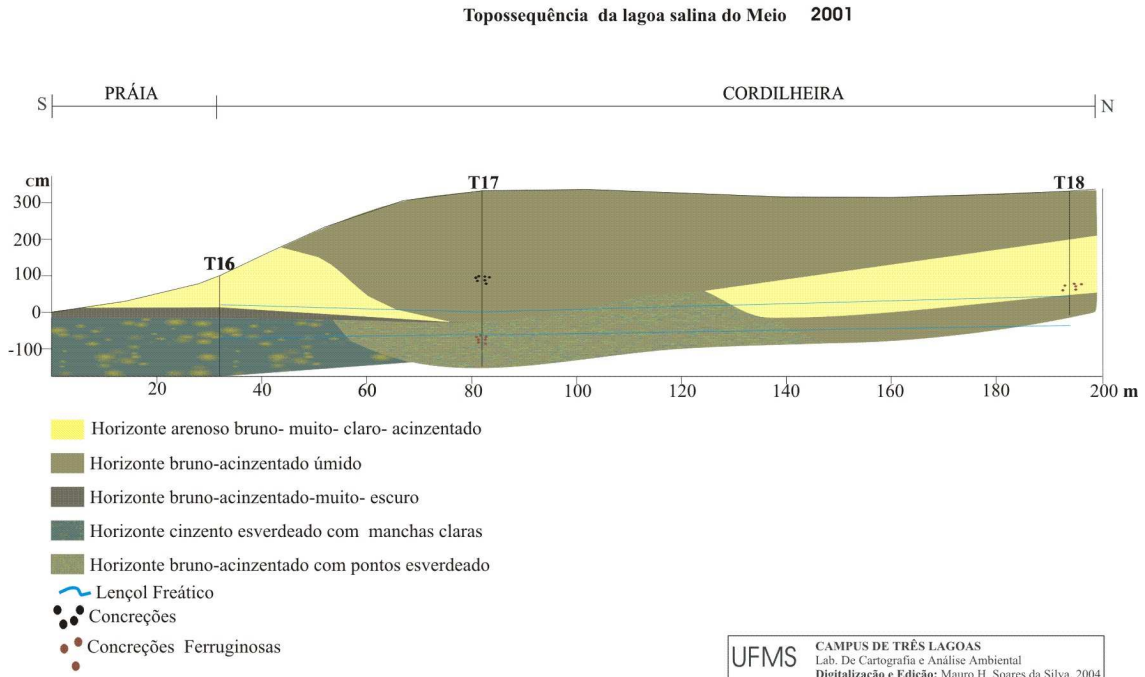
No piezômetro (P17) a média de profundidade no verão foi de 327 cm, enquanto no outono a média registrada mostrou um lençol mais baixo, à 334cm da superfície. Para os períodos de inverno e primavera o nível d'água do lençol segue uma descida sem oscilação abrupta, registrado respectivamente nas profundidades de 335 cm e 342cm.

A média registrada no último ponto de tradagem no piezômetro (P18), foi de 305 cm no verão, enquanto no outono foi mais alto a 280 cm da superfície. A média registrada no inverno e na primavera foi respectivamente de 311 cm e 318 cm de profundidade em relação à superfície.

Os registros do nível freático dos piezômetros (P16, P17 e P18) apresentaram uma organização no decorrer do ano, diferenciada entre si. De acordo com os dados de piezometria apresentados na topossequência 5, o nível do lençol freático apresentou a mesma configuração em sua oscilação nos pontos P16 e P17, onde nível freático apresentou-se mais próximo da superfície no verão, e no outono, porém no inverno e primavera o nível freático não teve a mesma configuração. Enquanto que o P16 apresentou o nível freático mais profundo no inverno e o P17 apresentou o nível mais profundo na primavera. E o P18 apresentou-se mais próximo da superfície no outono, não compatibilizando com o nível mais próximo da superfície no verão registrado no P16 e P17, no entanto apresentou o nível freático em maior profundidade em relação à superfície na primavera correspondendo com nível mais profundo registrado no ponto

P17 e não correspondendo com o P16 que apresentou o nível freático mais profundo no inverno.

## TOPOSSEQÜÊNCIA 5 LAGOA SALINA DO MEIO



Atualizado por Jaqueline Ap. P. Viana

Figura 3. Oscilação do Lençol Freático em 2001 e morfologia do solo.

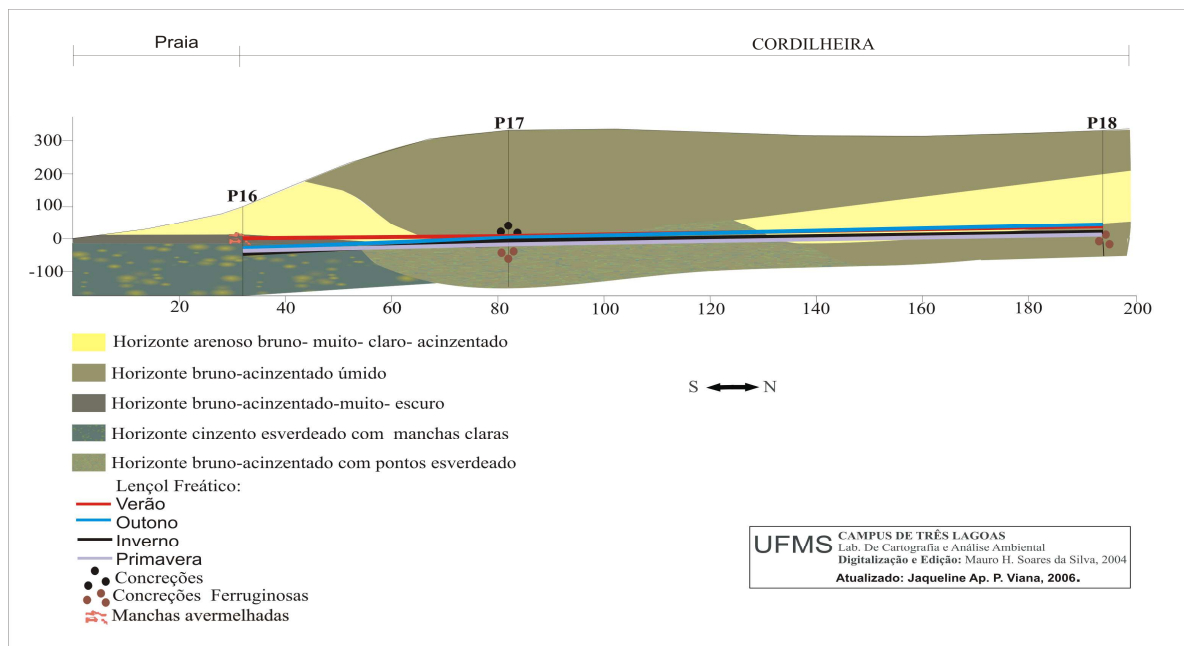


Figura 4 - Oscilação do Lençol Freático em 2005 e morfologia do solo.

No P16 o lençol freático oscila entre as profundidades de 0,94 cm a 139 cm, zona onde a descrição do solo em campo revela que a 100 cm ocorre uma faixa escura de cor 10YR 3/2 (Bruno acinzentado muito escuro) e a partir desta faixa o solo passa a apresentar aspectos de cor cinza esverdeado com manchas entremeadas com cor verde 5G 5/1, seguido de um solo de cor 5Y 4/2 (verde acinzentado) com manchas claras 2,5Y 6/3 (Bruno amarelado claro). O solo é tenaz até 85 cm de profundidade, gradativamente friável até 115 cm, onde adquire suave plasticidade como característica.

A zona de oscilação do lençol no P17 é entre 327 cm e 342 cm. A descrição pedomorfológica identificou neste ponto de tradagem em profundidade, a presença de manchas 10YR5/4 (bruno-amareladas) e concreções avermelhadas. O material é friável por praticamente toda a sondagem, somente em profundidade adquire plasticidade de maneira muito suave.

No ponto P18 é possível à mesma correlação, pois a oscilação identificada entre as profundidades de 305 cm e 318cm são condizente com a zona de acúmulo de material escuro orgânico e presença de concreções.

É perceptível nas figuras 3 e 4 que as zonas de oscilação freática estão intimamente relacionada às diferenciações verticais dos horizontes do perfil pedomorfológico, afirmando as informações de Muniz 1972, que diz que a água é um fator importante nas transformações, transportes, adição e perdas dos constituintes do solo, e que esses processos pedogenéticos são organizadores ou desorganizadores de perfis pedomorfológicos.

Estes resultados confirmam também que a oscilação do lençol freático na camada esverdeada rica em sais está diretamente relacionada com os ambientes superficiais salinos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tanto em 2001 quanto em 2005 a maior elevação do lençol freático ocorrem nos três pontos da topossequência 5 na estação do verão, pois é a época de maior concentração de chuva, ao longo do ano o lençol freático tem uma queda de 7 cm de profundidade de uma estação para outra, tendo a maior alta do lençol freático no verão e a profundidade mais baixa no inverno.

A necessidade da continuidade dos estudos da oscilação do lençol freático relacionado com a morfologia do solo na área da lagoa salina do Meio é devido a respostas de resultados de estudos anteriores em ambientes salinos, comprovando ser estes processos hidrológicos atuais, sendo a variação do nível freático fator de responsabilidade da organização dos horizontes do solo e principalmente das características deste ambiente, pois a água sub-superficial tem a capacidade em assumir características químicas encontrada em solos de ambientes salinos, portanto estes processos são responsáveis pela característica da “camada verde” e de todas as características peculiares deste ambiente.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ADÁMOLI, J. A Dinâmica das inundações no Pantanal In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICO DO PANTANAL, 1. 1986, Crumbá, MS. Anais...Brasília: EMBRAPA/CPAP, 1986.p 51 a 61.

BACANI, V.M. Comportamento Piezométrico do Entorno da Lagoa Salina do Meio: Fazenda Nhumirim/EMBRAPA/CPAP no Pantanal da Nhecolândia (MS). Três Lagoas: UFMS, 2004.

FERNANDES, E. Caracterização dos elementos do meio Físico e da Dinâmica da Nhecolândia (Pantanal Sul-Mato-grossense). Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, São Paulo, 2000.

FRANCO, M.S.M.; PINHEIRO, R. (1982) Geomorfologia In: Projeto RADAMBRASIL. Levantamento dos Recursos Naturais. V.27. Folha SE 21. Corumbá e parte da folha SE 20: Rio de Janeiro, 1982. p.161 a 224.

GODOI FILHO, J.D. Aspectos geológicos do Pantanal Mato-Grosso e de sua área de influência. In: Anais do I Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômico do Pantanal-EMBRAPA, p.63-76: Corumbá, 1986.

LOUREIRO, R.L.; LIMA, J.P de S.; FONZAR, B.C. (1982) Vegetação In: Projeto RADAMBRASIL. Levantamento dos Recursos Naturais. V.27. Folha SE 21. Corumbá e parte da folha SE 20: Rio de Janeiro, 1982. p.329 a 372.

ORIOLI, A.L.; FILHO, Z.P. do A.; OLIVEIRA, A.B. de. Pedologia. Levantamento Exploratório de Solos. In Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. V 27. Folha SE 21 Corumbá e parte da Folha SE 20. Rio de Janeiro, 1982.p.225-328.

QUEIROZ NETO, J.P.; SAKAMOTO, A.Y.; LUCATI, H.M.; FERNANDES, E. Dinâmica Hídrica de uma lagoa salina e seu entorno na área do Leque, Nhecolândia, Pantanal, MS. Corumbá II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação, EMBRAPA-CPAP/UFMS.p. 143-149, 1996.



RESENDE FILHO, Ary T. Variabilidade de salinidade de uma área em uma baía/vazante na Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia: Estudo de um Método Cartográfico. (Especialização) UFMS/CPTL, Três Lagoas, 2003

SAKAMOTO, A.Y. Dinâmica Hídrica em uma lagoa salina e seu entorno no Pantanal da Nhecolândia: contribuição ao estudo das relações entre o meio físico e a ocupação, Fazenda São Miguel do Firme, MS. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciência Humanas/USP São Paulo. (Tese de doutoramento), 1997.

SAKAMOTO, A.Y.; QUEIROZ NETO, J.P.; FERNANDES, E.; LUCATI, H.M.; CAPELLARI, B.; Topografia de Lagoas Salinas e seus Entornos no Pantanal da Nhecolândia, MS. Corumbá, II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação. EMBRAPA-CPAP/UFMS.

SANTOS, P.A. Estudo sobre o comportamento da Superfície Freática do Entorno de uma lagoa salina na Fazenda Nhumirim-Embrapa-Pantanal, MS. Três Lagoas: UFMS, 2002. 85p. Monografia (Especialização)- Curso de Pós graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas, 1997.

VIANA, J. A. P Estudo da oscilação sazonal do lençol freático e sua relação na morfologia do solo na área da Lagoa Salina do Meio , Pantanal da Nhecolândia, MS. Três Lagoas: UFMS, 2005.

VIANA, J. A. P; SAKAMOTO, A. Y.; OLIVEIRA, W de. Estudo do monitoramento do nível do lençol freático da lagoa salina do meio, Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, MS. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFOS. 2006, Rio Branco, AC.

VIANA, J. A. P.; SAKAMOTO, A. Y. Oscilação do lençol freático e sua influência na morfologia do solo na lagoa salina do Meio, em 2005. Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, MS-Brasil. Três Lagoas: UFMS, 2005.

**ANÁLISE COMPARATIVA DE IMAGENS DE SATÉLITE DOS SENSORES  
ORBITAIS PASSIVOS TM E CCD PARA MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO  
SOLO: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DAS  
PITANGUEIRAS - BARRETOS/SP - BRASIL**

César Cardoso FERREIRA

Discente de Graduação em Geografia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul UFMS – Três Lagoas MS, bolsista PET/Geografia e membro pesquisador do DIGEAGEO – Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias (UFMS &CNPq) E-mail: cesar\_ufms\_cptl@yahoo.com.br

Franciele GONÇALVES

Discente de Graduação em Geografia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul UFMS – Três Lagoas MS, bolsista PET/Geografia e membro pesquisadora do DIGEAGEO – Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias (UFMS &CNPq) E-mail: franciele\_ufms@yahoo.com.br

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Helena MIRANDOLA-AVELINO

Professora Adjunto da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul UFMS – Três Lagoas MS, líder do DIGEAGEO – Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias (UFMS &CNPq) e membro do GEEPI – Grupo de Estudos Estratégicos e Planejamento Integrado (UFMT & CNPq ) E-mail: patricia\_geografia@solo.com.br

Prof. Dr. Arnaldo Yoso SAKAMOTO

Professor Associado da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul UFMS – Três LagoasMS, sakamoto@ceul.ufms.br

**Eixo Temático:** Aportes tecnológicos em Geografia Física.

## **RESUMO**

O presente trabalho buscou a comparação das cartas imagem e dos mapas de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica das Pitangueiras, tais cartas e mapas foram gerados através dos satélites CBERS/CCD e LANDSAT/TM. A Bacia Hidrográfica das Pitangueiras está inserida totalmente nos limites municipais de Barretos-SP.

A metodologia utilizada baseou-se em um ambiente de sistemas destinados à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e representação de dados georreferenciados, ou seja, SIG (Sistema de Informação Geográfica). Utilizou-se os softwares base, SPRING Beta fornecido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e Global Mapper 8, além da base cartográfica fornecida pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Para o processamento digital das imagens executaram-se as etapas de elaboração da melhor composição colorida, registro, recorte da área de estudo, segmentação e classificação. Obtiveram-se cinco classes temáticas nas imagens CBERS e LANDSAT: mata, urbano, água, solo exposto e culturas, que contribuíram para a elaboração dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo.

Na comparação visual das imagens percebeu-se que, a imagem orbital do sensor CCD, apresenta maior definição em seus pixels, ou seja, a imagem gerada pelo satélite CBERS 2, apresentou menores distorções em seus pixels. Além disso, nota-se uma suavização na imagem, comparando com a do sensor TM.

Os mapas de uso e ocupação do solo apresentaram pouca diferença nas porcentagens das classes temáticas. Nessa comparação a diferença se deu na espacialização das classes temáticas.

Por fim, a aplicação da metodologia utilizada revelou-se importante, constituiu-se no processamento digital das imagens orbitais de sensores passivos CCD e TM, onde apontou as características espectrais e espaciais dos satélites CBERS e LANDSAT.

**Palavra Chave:** Geoprocessamento, sensoriamento remoto e bacia hidrográfica

## **ABSTRACT**

The present paper sought to compare the images chart and maps of land use and occupation of the drainage basin of Pitangueiras, such chart and maps were generated through the satellite image CBERS/CCD and LANDSAT/TM. The drainage basin of Pitangueiras it is totally inserts in municipal limits of Barretos of São Paulo state.

The methodology used was based on a environment of systems destined to acquisition, storage, manipulation, analysis and representation of the geo-referenced datas, in other words, Geographic Information System (GIS). It was used the software base, SPRING Beta provided by INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) and Global Mapper 8, apart from cartographic database provided by the IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). For the digital processing of images executed up the steps of choice the best color composition, registration, cut the study area, segmentation and classification. Was obtain five classes on images CBERS and LANDSAT: urban, soil exposed, cultures, water and forest, which contributed to preparation thematic maps of use and occupation of land.

In comparison visual of images chart noticed that, the orbital image CCD sensor, presented greater definition in their pixels, in other words, the image generated by the satellite CBERS 2, showed less distortion in their pixels. Moreover, there is a softness in the image, comparing with the sensor TM.

The maps of use and occupation of land, presented little difference in the percentages of thematic classes. In this comparison the difference it is the spatialization of thematic classes.

Finally, the application of the methodology used proved to be important, because it constitutes in the processing of digital images of passives sensors orbital CCD and TM, were to show to the spectral and spatial characteristics of CBERS and LANDSAT.

**Keywords:** Geoprocessing, remote sensor e drainage basin

## 1-Introdução

O uso das geotecnologias é crescente no âmbito da análise geográfica e suas atribuições, resultados e produtos tem sido de fundamental importância para a pesquisa científica e trabalhos técnicos na área de assessoria e consultoria ambiental. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software (SIG), engenhos (satélites), dados (imagens) e usuário que juntas se constituem em poderosas ferramentas para tomada de decisão.

Para Girard (1999), l'un des intérêts particuliers des images satellitaires est leur grand champ de vision qui permet de comparer des couleurs ou des niveaux de grid d'un bout à l'autre de la scène.

O objetivo da presente pesquisa é analisar de forma comparativa o comportamento de duas imagens orbitais, sendo uma do satélite CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) sensor CCD (Charge Coupled Device) e outra do satélite LANDSAT sensor TM (Thematic Mapper), com a finalidade de mapear o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego das Pitangueiras.

A Bacia Hidrográfica das Pitangueiras está inserida nos limites municipais de Barretos-SP na porção noroeste e/ou interior do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 20° 29' a 20° 42' S e 48° 40' a 48° 20' W (Figura 1). O Ribeirão das Pitangueiras é afluente da margem esquerda do Rio Pardo que é afluente do Rio Grande. Tal bacia ocupa uma área aproximada de 2.690 Km<sup>2</sup>, tendo um perímetro de 100 Km.

Segundo MOTA (1998) o município de Barretos-SP é drenado basicamente por cursos d'água afluentes tanto da margem esquerda do Rio Pardo, como da margem esquerda do Rio Grande.

Com base na carta hipsométrica, Folha Barretos-SP - SF. 22-X-B-V-2 e a Folha Jaborandi-SP – SF-22-X-B-VI-1 delimitou-se a bacia hidrográfica do Ribeirão das Pitangueiras, tendo como limites os divisores d'águas.

Tendo em vista a abordagem sistêmica a ser tomada, a bacia das Pitangueiras faz parte de um sistema maior, no qual se denomina de Bacia do Rio Grande, quem tem como afluente a Bacia do Rio Pardo, sistema onde se deságua o subsistema Bacia das Pitangueiras.

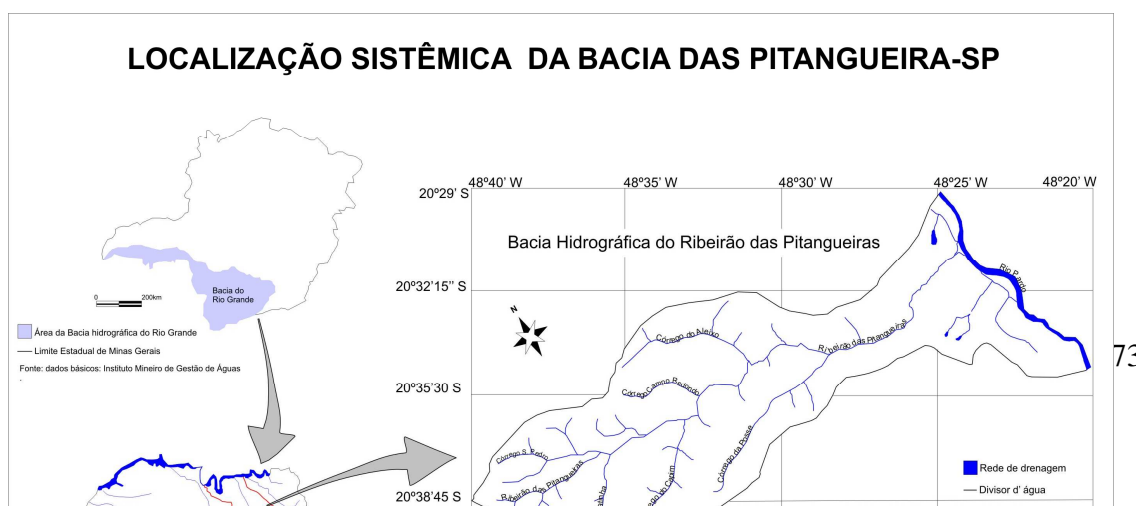


Figura 1: Localização da área de estudo

## 2-Referencial teórico

A fundamentação teórica baseou-se em *processamento de imagens, bacia hidrográfica e sensoriamento remoto*. Nesse sentido, a geotecnologia é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento e análise de informações georreferenciadas, estas são compostas de hardware, software (SIG) e o uso conjugado do sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica (SIG) é um elemento essencial para determinar a repartição geográfica do uso e da ocupação da terra em toda extensão da bacia.

Nessa perspectiva, a tecnologia dos Sistemas Geográficos de Informação (GIS) e Sensoriamento Remoto, vem se impondo como uma ferramenta de rotina para a visualização, a análise da informação espacial, sendo usada extensivamente em aplicações como a cartografia de uso do solo (planejamento urbano), análise e planejamento de transportes (redes de entradas e emergência), análise geodemográfica (localização de serviços), cartografia de redes de infra-estruturas (gás, água e energia elétrica) e em múltiplas aplicações de gestão de recursos naturais.

Segundo Rosa (2003), sensoriamento remoto pode ser definido, de uma maneira ampla, como sendo a forma de obter informações de um objeto sem que haja contato físico com o mesmo.

Para o tratamento dos dados obtidos pelo sensoriamento remoto fez-se uso de um ambiente de sistemas destinados à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados, ou seja, SIG (Sistema de Informação Geográfica).

Segundo Bonham-Carter, (1994. p. 1) “A geographic information system, or simply GIS, is a computer system for managing spatial data. The word geographic implies that locations of the data items are known, or can be calculated, in terms of geographic coordinates (latitude, longitude).”

No que diz respeito às Bacias Hidrográficas, cabe salientar que: segundo a constituição Federal de 1988, nos artigo 20, do cap. VI, da lei 8.171, que aponta sobre a política agrícola estabelece que “as Bacias Hidrográficas constituem unidades básicas de planejamento de uso da conservação e da recuperação dos recursos naturais” (SOARES FILHO 2005 apud BRASIL 1991).

Além disso, a Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política de Recursos Hídricos na qual se adota a Bacia Hidrográfica como unidade de estudo da interação entre a rede de drenagem e as populações locais, o que envolve o uso desses recursos e os impactos das atividades humanas para os usos múltiplos atuais e futuros da água.

### 3-Materiais e procedimentos operacionais

Para realização do presente trabalho, utilizou-se imagens LANDSAT TM do dia 20 de junho de 2006 (bandas 3 4 e 5) órbita221/ponto74, CBERS CCD do dia 24 de junho de 2006 (bandas 2 3 e 4) órbita 157/ponto123, cartas topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Folha Barretos-SP - SF. 22-X-B-V-2 e a Folha Jaborandi-SP – SF-22-X-B-VI-1) que está na projeção UTM (Universal Transversa Mercator), datum Sad 69 na escala de 1:50.000, utilizados em gabinete.

Além disso, utilizaram-se os softwares SPRING<sup>®</sup> Beta fornecido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), Global Mapper 8, CorelDraw<sup>®</sup> 12, R2v, Auto CAD 2006, ArcView (6), Word 2003<sup>®</sup>, Excel<sup>®</sup> e um receptor GPS (Sistema de Posicionamento Global) *Garmim*, configurado na projeção UTM e datum (WGS84) World Geodetic System 1984.

O processamento digital das imagens foi realizado em um ambiente de sistemas destinados à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados, ou seja, SIG (Sistema de Informação Geográfica) (Figura 2).

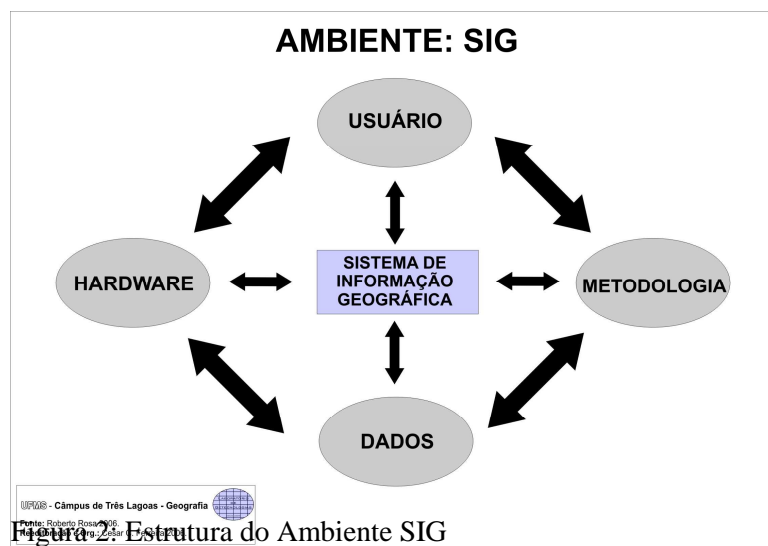


Figura 2. Estrutura do Ambiente SIG

A primeira etapa dos procedimentos operacionais foi a criação de um banco de dados, projeto, categoria (modelos: imagem, cadastral, MNT e temático) e planos de informações. Em seguida, foram importadas as bandas das imagens CBERS 2 e LANDSAT 5, onde se iniciou o processamento digital das imagens com as seguintes fases: a)Elaboração da melhor composição colorida e realce; foi aplicado um Realce Equalizar Histograma, verificando os valores máximos

e mínimos reais de NC da imagem, observando os valores significativos (que abrangem o corpo principal da imagem) para estes limites. Além disso, foi executado um realce linear com perda proposital de informação do corpo da imagem, em prol de um melhor contraste. Tal tarefa foi realizada para cada uma das 3 bandas do LANDSAT-5 e CBERS. **b)** O Registro (georreferenciamento) das imagens orbitais onde cada um dos seus pontos (ou pixels), passou a estar atrelados a um par de coordenadas (x e y), de um sistema geodésico. Foram criados 20 pontos de controles em cada imagem, neste caso foi utilizada como referência espacial, uma base em papel: cartas topográficas do IBGE (Folha Barretos-SP - SF.22-X-B-V-2 e a Folha Jaborandi-SP – SF-22-X-B-VI-1). **c)** Recorte da área de estudo (bacia hidrográfica) com base nas curvas de nível das cartas topográficas (IBGE) e imagem SRTM na entidade *Grade*. **d)** Segmentação; nesta etapa, divide-se a imagem orbital em regiões que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação dos objetivos. **e)** Classificação supervisionada; a técnica empregada será a classificação com segmentação, neste processo iremos utilizar o método de crescimento de regiões. Depois do treinamento (adquirindo regiões) na classificação foi utilizado o classificador *Bhattacharya* para o mapeamento do uso solo.

Obtiveram-se cinco classes temáticas nas imagens CBERS e LANDSAT, que contribuíram para a elaboração dos mapas temáticos, tais classes são: solo exposto, culturas (temporárias e permanentes), mata, urbano e água. Esse mapa gerado a partir das classes temáticas foi transformando de vetor para matriz onde foi possível quantificar as classes.

Por fim, para a comparação das cartas imagens, analisaram-se a textura, tonalidade, forma e cor. Para análise dos mapas de uso e ocupação do solo fez-se uso de métodos estatísticos.

#### **4-Análise dos resultados**

Os produtos da presente pesquisa basearam-se em análises nos mapas de uso e ocupação do solo gerada a partir do software SPRING Beta, por meio de dados quantitativos e de observações visuais do comportamento das imagens orbitais.

Após o procedimento digital das imagens, foi feito à comparação das cartas imagens CCD e TM na categoria imagem e posteriormente como produto (mapa de uso e ocupação) na categoria temática, apresentando algumas diferenças, tendo em vista que essas imagens atuam praticamente no mesmo comprimento de ondas.

Os dados do sensor CCD são gerados pelo Satélite CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres). O CBERS carrega câmeras para observação óptica e um sistema de coleta de dados ambientais. É um sistema único pois mantém em órbita instrumentos sensores que combinam características especialmente adequadas às diversas escalas temporais e espaciais, necessárias ao monitoramento e à preservação do ecossistema. (Quadro 1)

O sistema LANDSAT 5 foi desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) com o objetivo de permitir a aquisição de dados espaciais, espectrais e temporais da superfície terrestre, de forma global, sinóptica e repetitiva que leva a bordo o sensor TM. (Quadro 1)

SATÉLITE	CARACTERÍSTICAS				
	Órbita	Altitude	Re-visita	Inclinação	Cena
LANDSAT 5	Circular	705 km	16 dias	98,2°	480 x 185 km
CBERS 2	Órbita	Altitude	Re-visita	Inclinação	Cena
	Circular	778 km	18 dias	98,5°	113 x 113 km

Quadro 1: Características dos satélites. Fonte: FERREIRA, 2008

As imagens geradas a partir dos sensores dos satélites utilizados também apresentam algumas diferenças. (Ver Quadro 2)

IMAGENS	CARACTERÍSTICAS				
	Órbita	Ponto	Resolução	Data	RGB
LANDSAT/TM	221	074	30 m	24/06/06	5 3 2
CBERS/CCD	Órbita	Ponto	Resolução	Data	RGB
	157	123	20 m	20/06/06	2 4 3

Quadro 2: Características das imagens. Fonte: FERREIRA, 2008

#### 4.1-Análise Comparativa das Cartas-Imagem CBERS e LANDSAT

Visualmente percebeu-se que, a imagem orbital do sensor CCD na composição B2-R, B3-B e B4-G com resolução de 20 metros, apresenta maior definição em seus pixels para a classificação visual, ou seja, a imagem gerada pelo satélite CBERS 2, apresentou menor distorções em seus pixels. Além disso, nota-se uma suavização na imagem, comparando com a do sensor TM. (Figura 3)

Na imagem orbital do sensor TM, notou-se grande distorção em seus pixels, devido a sua resolução e principalmente em sua re-visita imageada na órbita ponto da área de estudo, ou seja, algumas falhas ocorreram no processo de captação da imagem pelo sensor TM. (Figura 4). Neste caso, sugere-se que se aplicam alguns processamentos nas imagens, dentre eles: *eliminação de ruído e filtragem*, ambos podendo ser executados pelo SPRING Beta. No caso da presente pesquisa não foi realizada esse processo, pois executou-se os mesmos procedimentos e processamentos nas duas imagens orbitais, ou seja, as imagens orbitais analisadas passaram pelos mesmos procedimentos operacionais e metodológicos, no qual não foi definido a eliminação de ruído e filtragem.



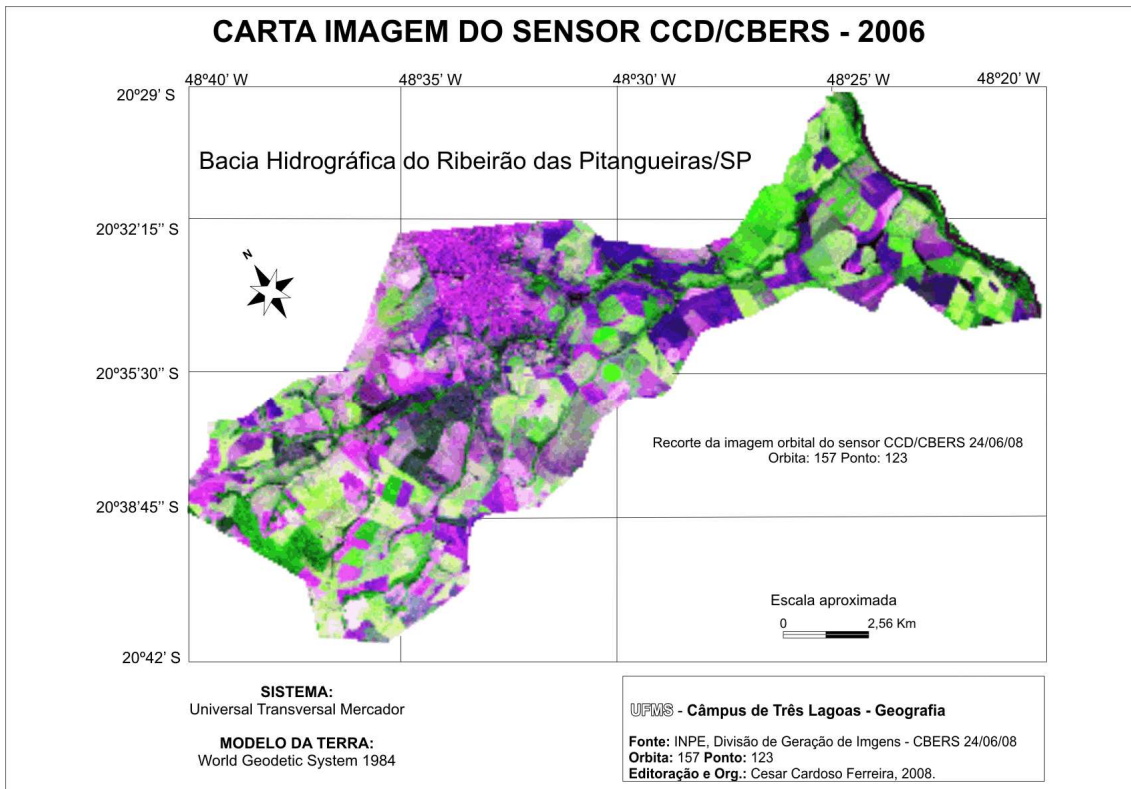


Figura 3: Carta imagem CBERS.

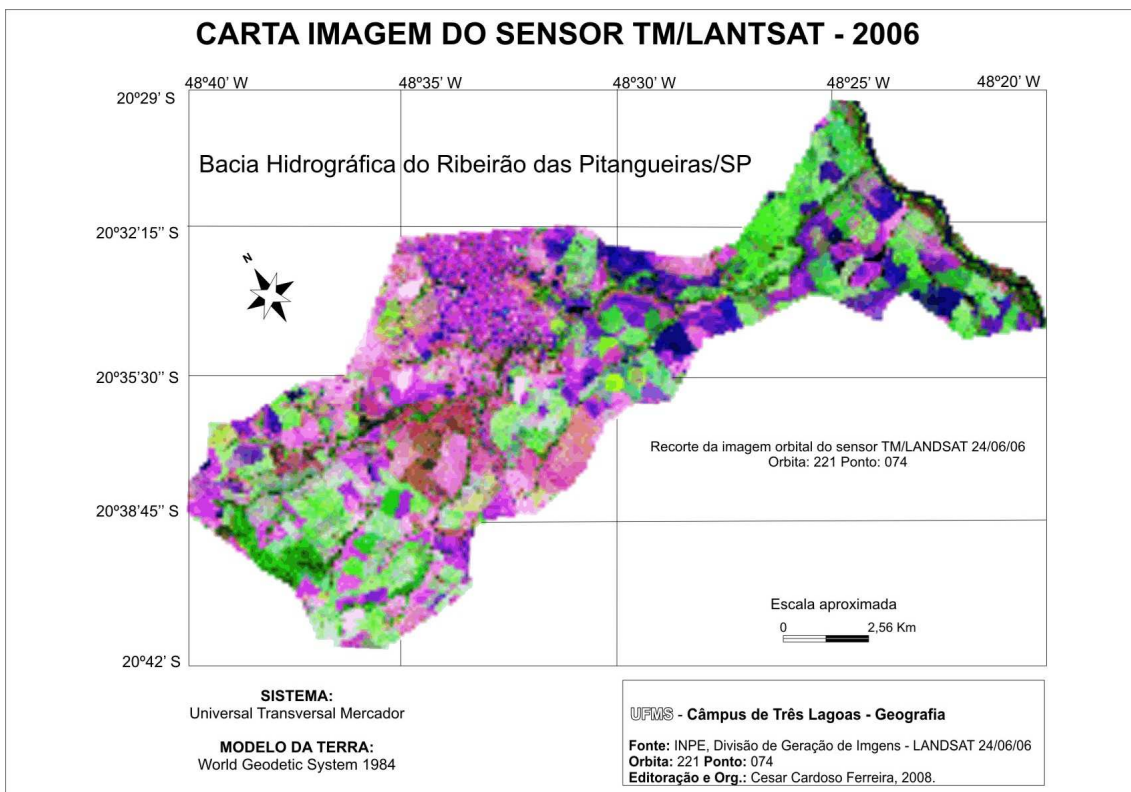


Figura 4: Carta imagem LANDSAT.

A cor azul para vermelho na porção norte na carta imagem CEBERS (Figura 3) corresponde ao núcleo urbano, já os pixels com tons de verde indica mata e culturas e a tonalidade rosa e azul escuro correspondem solo exposto.

A imagem LANDSAT (Figura 4) apresenta uma tonalidade rosa escuro e azul escuro no qual corresponde solo exposto. Os tons de verde indicam mata e culturas e a cor azul com rosa na porção norte da Bacia indicam o núcleo urbano.

Na comparação das cartas imagem, procederam-se as etapas de análise visual na qual consideram-se parâmetros como textura, tonalidade, tamanho e forma.

A textura nas imagens de satélites é produzida pelo agregamento de vários alvos, que na sua individualidade, não podem ser detectados.

Para Rosa (2003) a tonalidade está relacionada com a intensidade da radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos.

Em relação às formas dos componentes nas imagens, ou seja, os alvos na superfície terrestre, apresentam formas geométricas conhecidas e bem definidas.

Na análise comparativa das imagens, percebeu-se que a imagem do sensor TM apresenta textura mais rugosa e tonalidade mais acentuada comparando com as cartas imagem do sensor CCD, em relação a forma, ambas as imagens apresentam semelhanças. (Ver Quadro 3)

Segundo Florenzano (2003 p. 42),[...] elementos básicos de análise e interpretação, a partir dos quais se extraem informações de objetos área, ou fenômenos. Esses elementos são: tonalidade, textura, tamanho e forma.

CHAVE DE INTERPRETAÇÃO									
CBERS/CCD					LANDSAT/TM				
Classe	Amostra	Textura	Forma	Tonalidade	Classe	Amostra	Textura	Forma	Tonalidade
Urbano		Rugosa média	Irregular	Azul celeste escuro	Urbano		Rugosa alta	Irregular	Azul celeste médio
Culturas		Lisa	Regular	Verde amarelo	Culturas		Lisa	Regular	Verde amarelo
Solo exposto		Lisa média	Regular	Púrpura	Solo exposto		Lisa baixa	Regular	Púrpura pastel
Mata		Rugosa média	Irregular	Verde cinza	Mata		Rugosa alta	Irregular	Verde cinza

Quadro 3: Chave de interpretação. Fonte: CBERS e LANDSAT; FERREIRA, 2008

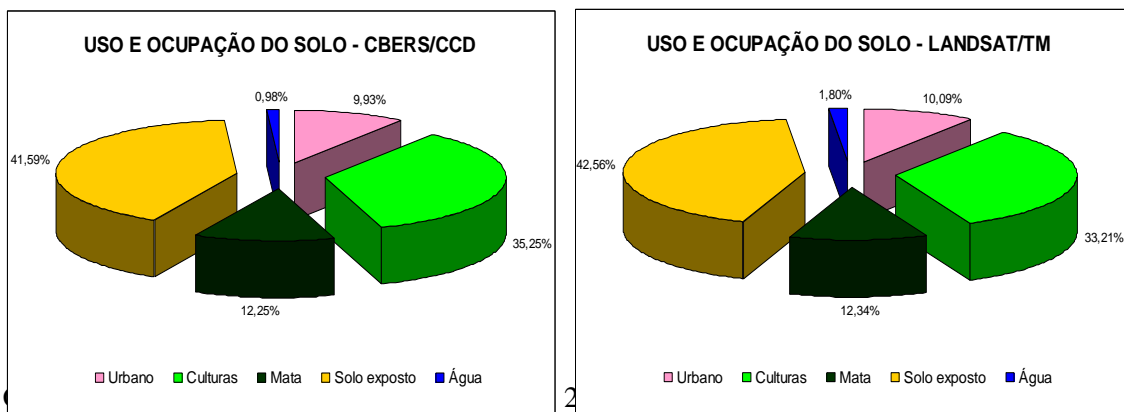
#### 4.2-Parâmetros estatísticos do uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Ribeirão Pitangueiras

Através da classificação das imagens CBERS e LANDSAT, foram definidas cinco classes temáticas: urbano, solo exposto, mata, culturas (temporária e permanente) e água. Esses dados temáticos foram quantificados, e a partir disso foi feita a análise estatística.

As diferenças ocorridas nos mapas de uso e ocupação do solo da bacia (Figura 5 e 6) foram nas classe temática de culturas com uma diferença de 2.04%, solo exposto com 0.92%, água diferença de 0.82%, urbano diferença de 0.16% e na classe mata apresentou a menor diferença de 0.09%.

Relativamente essas porcentagens não apontam uma mudança considerável nos mapas de uso e ocupação do solo, tendo em vista que a maior diferença se deu na classe de culturas com 2.04%.

Por meio da quantificação dos dados estatísticos elaboraram-se dois gráficos comparativos, para maior compreensão da diferença dos mapas de uso e ocupação do solo.



FERREIRA, 2008.

Nos mapas de uso e ocupação do solo da bacia estudada percebeu-se que, especialmente houve algumas diferenças, isso se deu em todas as classes temáticas, principalmente na mata. Tal mudança se dá na segmentação, onde foi escolhido similaridade de 10 pixel e área de 13 pixel. Segundo Michel Gerard and Collete M.Gerard (1999, p. 115)

Segmentation is the action of dividing an image into classes without knowing what these classes thematically represent. This most often corresponds to unsupervised classification in remote sensing data processing. Classification is the process of extrapolation to the entire image using the previously chosen test zones or nuclei for which the thematic significance and relationship with an object.

No processo de segmentação a questão das diferentes resoluções das imagens pode interferir na espacialização das regiões, para que isso não venha ocorrer sugere-se que realize uma classificação não supervisionada, ou seja, classificação por pixel.

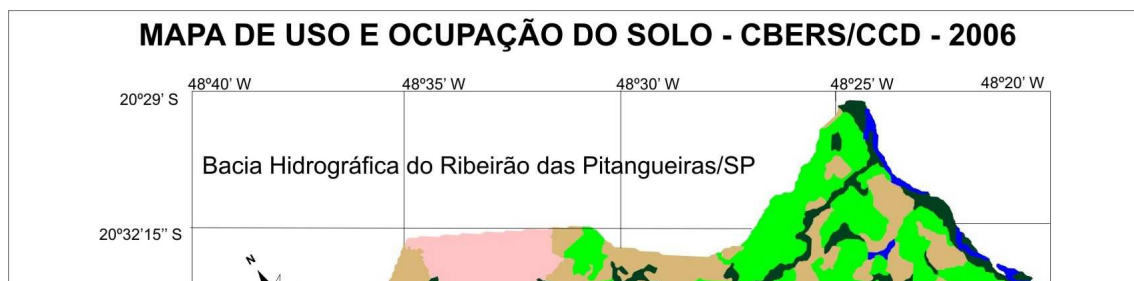
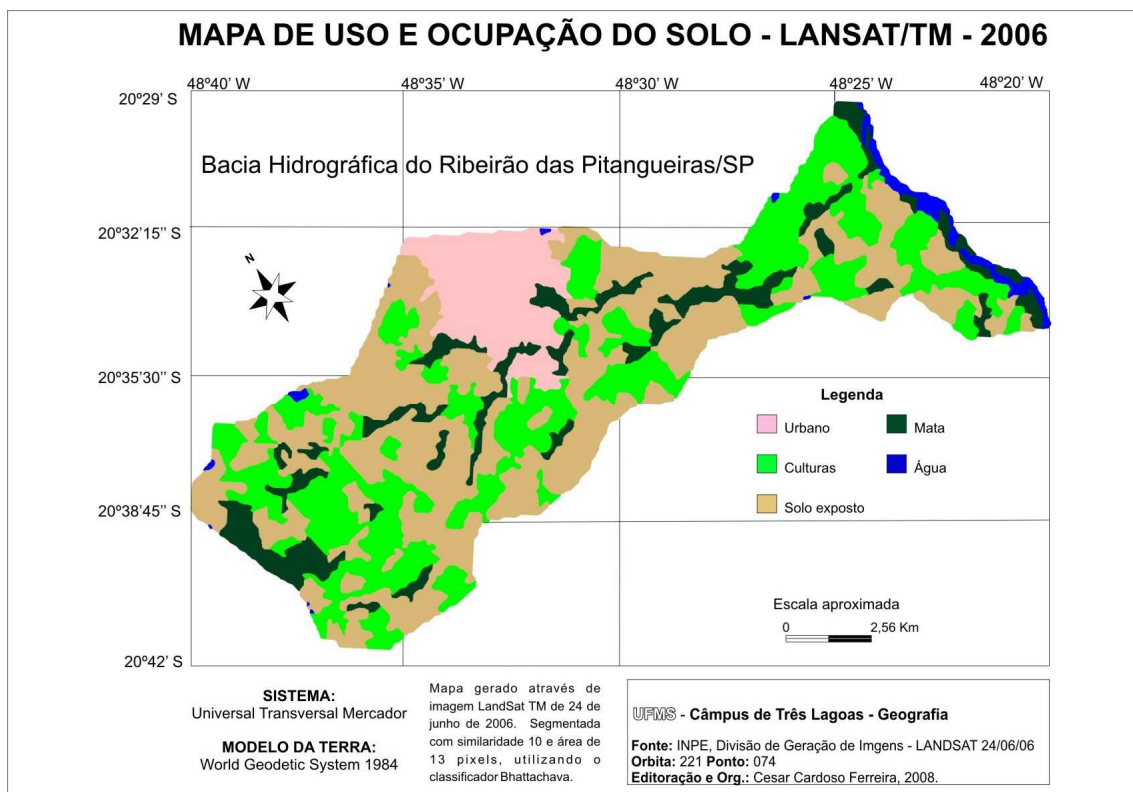


Figura 5: Mapa de uso e ocupação do solo - CBERS



Segundo Florenzano (2002, p.41) ressalta que “Interpretar fotografias ou imagens é identificar objetos nelas representados e dar um significado a esses objetos”, onde na maioria das vezes o resultado de uma imagem orbital é representado em forma de mapas, cartas e plantas.

Pelos aspectos apresentados nota-se a importância de dois tipos de análise a visual espacial e a quantitativa/estatística. É importante frisar que, ambas as imagens são de

fundamental importância para o entendimento da superfície terrestre com ênfase nas análises ambientais, contribuindo para o avanço das pesquisas científicas.

## **5-Considerações finais**

A aplicação da metodologia utilizada constituiu-se no processamento digital das imagens orbitais dos sensores passivos, apontou as características espectrais e espaciais, tendo em vista o comportamento dos alvos em cada sensor, CCD e TM.

É importante frisar que, tal trabalho não teve intuito de analisar e equacionar valores ou dados, mas sim de analisar duas imagens orbitais de forma visual e quantitativa (%), para fins de mapeamento de uso e ocupação do solo.

Outra questão a ser ressaltada é que, apesar das imagens analisadas possuírem semelhanças na resolução espacial onde no sensor TM é de 30m e no CCD de 20m, constatou-se que para o mapeamento de uso e ocupação do solo as imagens apresentaram pequenas diferenças nas porcentagens das classes temáticas, onde tais diferenças podem ser atribuídas à chave de interpretação.

Desse modo, o uso de imagens (CCD e TM) para fins de mapeamento é equivalente sendo que os sensores analisados têm reflectâncias dos alvos registrados por bandas equivalentes. E os dois sensores guardam uma forte relação entre si, ou seja, para a interpretação os dados são correlacionados, tendo em vista que essas imagens atuam praticamente no mesmo comprimento de ondas. No uso de imagens do sensor TM, sugere-se que se haja um tratamento ou processamento nessa imagem, dentre eles filtragem e eliminação de ruído. No mesmo sentido para as imagens do sensor CCD, se houver necessidade o processamento digital de correção é muito importante, tendo em vista que nas imagens CBERS frequentemente ocorre problemas na banda 5, por isso sugere-se o uso das bandas 2,3 e 4.

Por fim, a aplicação da metodologia utilizada revelou-se importante, constituiu-se no processamento digital das imagens orbitais de sensores passivos CCD e TM, onde apontou as características espectrais e espaciais dos satélites CBERS e LANDSAT, além da diferenças dos mapas de uso e ocupação do solo da bacia.

## **6-Bibliografia**

BONHAN-CARTER, Graeme. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. Canada. 1994.

BRASIL, Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentada o inciso XIX do art. 21 da constituição Federal, e altera o art. 1° da Lei n° 8.001, de 12 de março de 1990, que modificou a Lei n° 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, C.B.; CASANOVA, M.A.; HERMELY, A.; MAGALHÃES, G. (1996) **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas, Instituto de Computação/UNICAMP.

CARTA TOPOGRÁFICA BARRETOS-SP – **Folha SF-22-X-B-V-2**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1972

CARTA TOPOGRÁFICA JABORANDI-SP – **Folha SF-22-X-B-VI-1**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1972

CHRISTOLETTI, Antonio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

SOARES FILHO, Adelson. **Análise sócio ambiental para a preservação da microbacia do Córrego Laranja Doce, Dourados-MS**. Dourados-MS: UFMS/CPGD, 2005

FLORENZANO, Tereza Galloti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo. Oficina de textos, 2002.

GIRARD, Michel Claude; GIRARD Colette M. **Traitement des donnés de télédétection**. Paris. 1999.

HORD, R. Michael. **Remote Sensing**. Canada. 1940

INPE. **Instituto de pesquisas espaciais**. São José dos Campos. 2007

MOTA, S. M. de B. **Análise Geoambiental do Município de Barretos-SP**. Rio Claro UNESP/IGCE/ 1998

ROSA, Roberto. **Introdução ao Sensoriamento remoto**. 5 ed. Uberlândia: EDUFU, 2003

ROSA, Roberto. BRITO, José Luis Silva. **Introdução ao geoprocessamento: Sistema de informação geográfica**. Uberlândia, 1996.

# ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO E IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS SUSCETÍVEIS A ESCORREGAMENTOS NO MORRO CEHELLA - SANTA MARIA/RS

Vinícius Duarte Guareschi/ Acadêmico(a) do Curso de Geografia/UFSM/ vdguareschi@yahoo.com.br

Carline Biasoli Trentin/ Acadêmico(a) do Curso de Geografia/UFSM/cbtrentin@yahoo.com.br

Guilherme Lul da Rocha/ Acadêmico(a) do Curso de Geografia/UFSM/guilerocha@yahoo.com.br

Bernardo Pena de Sousa/ Prof. Dep. de Geociências/UFSM/ bernardospes@yahoo.com.br

## Resumo

O Morro Cechella localizado na cidade de Santa Maria-RS apresenta características potenciais para o desenvolvimento de áreas de risco, pois além da elevada declividade de suas encostas vem sofrendo um intenso e desordenado processo de urbanização. Na vertente nordeste a urbanização ainda apresenta níveis baixos em relação ao restante do morro. Entretanto as marcas da intervenção humana já são visíveis. Dessa forma o trabalho tem como objetivo analisar as características do solo na vertente Nordeste do Morro Cechella, através de testes de resistência à penetração do solo, com a utilização do Penetrômetro de Impacto, procurando identificar áreas de encosta suscetíveis a riscos de escorregamentos. Para o desenvolvimento do trabalho foi construído um banco de dados georreferenciados no Software Spring 4.2, com a utilização de cartas topográficas da Divisão de Serviços Geográficos do Estado do Rio Grande do Sul (DSG) na escala 1:25.000; imagens do satélite IKONOS do ano de 2004 referentes à área de estudo e a Carta Geotécnica de Santa Maria. Após, foram feitos trabalhos de campo para a realização dos testes de resistência do solo, com a utilização do Penetrômetro de Impacto. Contou-se com o emprego de GPS para a demarcação das coordenadas geográficas dos pontos de sondagens e clinômetro para a identificação da declividade local. As informações a cerca da resistência do solo foram analisadas com o auxílio do programa Microsoft Excel (2003). Dos sete pontos de sondagem realizados, foi possível identificar quatro pontos susceptíveis a riscos de escorregamentos, três deles em áreas de colúvio e um em solo residual. Tais informações poderão ser utilizadas para um melhor planejamento das habitações, já que o morro abriga diversas vilas em expansão e a demanda por espaços habitáveis cresce muito rapidamente na área urbana de Santa Maria.

**Palavras-chave:** Penetrômetro de impacto, resistência do solo e risco de escorregamento.

## Abstract

The Cechella Hill, located in the Santa Maria city, it presents potential characteristics for the development of risk areas, therefore beyond the raised declivity of its hillsides it comes suffering an intense and disordered process from urbanization. In the northeast face the urbanization still presents low levels in relation to remaining of the mount. However the marks of the human intervention are being already visible. As a result, this work has as objective to analyze the characteristics of the soil in the Northeast face of the Cechella Hill, through of resistance tests to the soil penetration, using the "Impact Penetrometer", looking for to identify hillside areas that are susceptible to the slipping risks. For the development of this work, a geo-referenced data base was constructed in the Software Spring 4.2, with the use of topographical charts of the Division of Geographic Services of the State of the Rio Grande do Sul (DSG) in the 1:25.000 scale; a image of satellite IKONOS of the year 2004 referring to the area of study and the Geotechnical Chart of the Santa Maria City. After, field works for the accomplishment of the tests of soil resistance had been made, with the use of the Impact Penetrometer. Was used a GPS for landmark the geographic coordinates of probing points and a clinometer for identification of the local declivity. The information about the soil resistance had been analyzed with aid of the program Microsoft Excel (2003). Of the seven probing points, it was possible to identify to four susceptible ones of slipping risks, three of them in areas of colluviums, and one in residual soil. Such information could be used for a better planning of the habitations, since the hill shelters diverse villages in expansion and the demand for habitable spaces grows very quickly in the urban area of Santa Maria City.



**Key-Words:** Key-Words: Impact penetrometer, soil resistance, slipping risk.

## 1. Introdução

A história do desenvolvimento humano produziu um espaço diferenciado a partir das contradições homem-natureza. Esse espaço pode ser denominado de espaço geográfico, isto é, o espaço natural modificado pela ação do homem. É nas cidades que essa modificação se apresenta de maneira mais visível tendo como resultado a degradação ambiental (SANTOS; SOUZA: 1986).

Na cidade de Santa Maria uma dessas formas de degradação ambiental consiste na ocupação do Morro Cechella (Figura 01), onde se estabeleceu uma parcela da população de baixa renda modificando as características desse espaço. Um agravante dessa situação, é que essa área é ocupada desordenadamente por assentamentos espontâneos, de forma inadequada, sem critérios técnicos na construção das moradias e sem controle do material utilizado, além da irregularidade jurídica da posse dos terrenos.

O uso inadequado e desordenado do solo urbano leva a um crescente processo de degradação das paisagens, trazendo como conseqüências a redução da qualidade de vida e a deflagração de acidentes que colocam vidas humanas em risco (BAPTISTA 2005). Isso revela a importância de estudos referentes à expansão urbana, identificação de áreas susceptíveis a riscos geológicos e acidentes naturais.

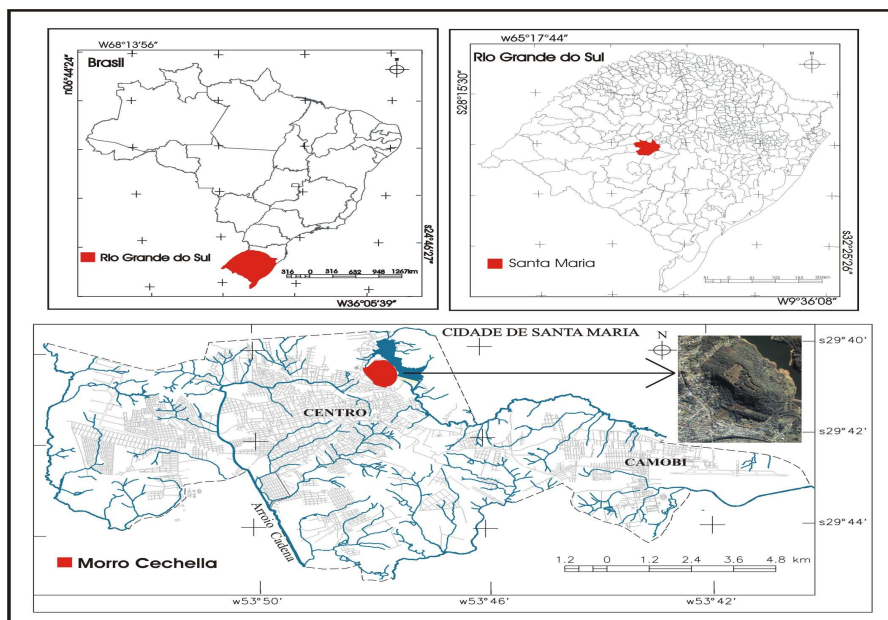


Figura 01: Localização do Morro Cechella

O Morro Cechella, situa-se no rebordo do Planalto Sul-riograndense, sendo considerado um morro testemunho, uma vez que se indica a antiga posição do Planalto.



Segundo o IBGE (1990), dentro da configuração geral do relevo regional o morro em estudo, entre outros constituem-se nos seguimentos da Serra Geral que acompanham o rebordo do Planalto Meridional, ou faixa de transição brusca e escarpada entre o Planalto e a Depressão Periférica.

De acordo com Maciel Filho (1990), o morro é formado por três unidades geotécnicas distintas. No topo e na alta encosta encontram-se basaltos e diabásio da Serra Geral. Na meia encosta encontra-se o arenito Botucatu, formação essa composta por arenitos essencialmente quartzosos, com estratificação cruzada de grande porte. Já na base do morro encontra-se a formação Caturrita, constituída por camadas de arenitos finos a médios.

A drenagem do morro é constituída especialmente por ravinas e canais de primeira ordem, alguns partindo de açudes do topo e outros de meia encosta, todos intermitentes. Como o Cechella é o divisor de águas das microbacias hidrográficas do Arroio Vacacaí-Mirim e do Cadena, seus canais contribuem para ambas.

Quanto ao clima, Santa Maria caracteriza-se como subtropical; “Cfa” conforme a classificação de Köeppen, apresentando as quatro estações bem definida com invernos frios e verões quentes. Segundo Barros Sartori (1979) o clima de Santa Maria apresenta temperaturas médias anuais em torno dos 22°C, sendo comum às geadas no período de junho a agosto.

A pluviosidade local, de acordo com Barros Sartori (op. cit.), é influenciada pelo relevo, (rebordo do Planalto Sul-Brasileiro), provocando o efeito orográfico direto sobre a cidade, que se traduz muitas vezes, na precipitação forçada pelo contato das Frentes com as áreas elevadas do Planalto.

### **1.1. Objetivo**

O trabalho tem como objetivo analisar as características do solo na vertente Nordeste do Morro Cechella, através de testes de resistência à penetração do solo, com a utilização do Penetrômetro de Impacto, procurando identificar áreas de encosta suscetíveis a riscos de escorregamentos.

### **2. Fundamentação Teórica:**

Segundo Santos et al. (1998), os processos de urbanização das cidades há muito vêm ocorrendo de forma desordenada, com ausência de um planejamento adequado que considere além das necessidades vitais do homem, a fragilidade e as características do ambiente no qual ele se instala. Como consequência dessa ocupação

não planejada, grandes parcelas da população ficam expostas a diversas situações de riscos. Para Augusto Filho et al (1990), a terminologia “risco” apresenta como definição a circunstância ou situação de perigo, perda ou dano, social e econômico, devido a uma condição geológica ou atmosférica ou a uma possibilidade de ocorrência de processos naturais, induzidos ou não.

Dentre os processos geológicos que podem oferecer riscos, destacam-se os escorregamentos, que para Infanti e Filho (1998), consistem no movimento rápido de massa de solo ou rocha, geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora de um talude.

A deterioração das qualidades físicas do solo afeta diretamente sua estrutura, e pode contribuir para a ocorrência de processos de escorregamento, pois reduz o tamanho dos agregados, a macroporosidade e causa a compactação das camadas superficiais e subsuperficiais.

A maior resistência do solo à penetração pode estar diretamente relacionada com a redução da porosidade total e em especial com a macroporosidade do solo. Esta condição afeta a permeabilidade do solo à água e ar, bem como a disponibilidade de nutrientes, podendo, assim, aumentar a erosão com prejuízos ao crescimento e desenvolvimento radicular das plantas (Soane & Ouwerkerk, 1994, apud Tomas et al).

Stolf (1991) afirma que o solo é considerado compactado quando a proporção de macroporos em relação à porosidade total é inadequada para o desenvolvimento eficiente da planta. O teor de umidade do solo afeta a friabilidade e a sua resistência à penetração, sendo que um solo mais úmido pode ter sua resistência à penetração reduzida.

Valores de resistência do solo à penetração podem ser usados para o diagnóstico dos solos em termos de crescimento da cobertura vegetal, degradação da estrutura do solo e erosão hídrica. Este monitoramento subsidia ações para a busca de uso eficiente dos solos e dos recursos naturais, tanto em áreas rurais quanto nas áreas urbanas, reduzindo a degradação ambiental.

Dessa forma, a maneira mais comum para avaliar a resistência dos solos à penetração é utilizando-se o penetrômetro de impacto, o qual caracteriza a força necessária para conduzir um cone de tamanho específico para dentro do solo (Bradford, 1986 apud Angelotti Neto et al 2004).

Stolf (1983) afirma que o Penetrômetro de Impacto tem a finalidade de medir a resistência do solo à penetração. Como este valor varia conforme a umidade do solo, o mesmo não serve para avaliar se um solo está ou não compactado. À medida que o

penetrômetro atinge camadas mais adensadas, a penetração por impacto é menor, possibilitando a localização destas zonas no perfil. A leitura da penetração é feita na própria haste do penetrômetro que é graduada em centímetros. A primeira leitura de profundidade deve ser realizada após o primeiro impacto. As demais leituras devem ser realizadas em seguida a um número de impactos que depende da compactação do solo, não sendo necessária a leitura com um número fixo de impactos.

### 3. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi realizado um levantamento bibliográfico a cerca do assunto a ser abordado. Em seguida, construí-se um banco de dados georreferenciados no Software Spring 4.2, com a utilização de cartas topográficas da Divisão de Serviços Geográficos do Estado do Rio Grande do Sul (DSG) na escala 1:25000; imagens do satélite IKONOS do ano de 2004 referentes à área de estudo e a Carta Geotécnica de Santa Maria.



Figura 02: Fluxograma Metodológico

Posteriormente, foram realizados trabalhos de campo na vertente Nordeste do Morro Cechella, a fim de obter os testes de resistência do solo com a utilização do penetrômetro de impacto modelo IAAI Planasulcar - Stolf. Nos trabalhos de campo

foram utilizados ainda GPS, Garmin, para localização dos pontos de sondagem e clinômetro para determinação da declividade do local.

Após a coleta de informações, as mesmas foram analisadas com o auxílio do programa Microsoft Excel (2003), no qual foram gerados gráficos demonstrando os níveis de resistência do solo. Para facilitar a interpretação dos dados, as classes de penetração foram padronizadas com intervalos de 2 cm.

Por último às coordenadas de cada ponto de sondagem foram adicionadas ao banco de dados georreferenciado para geração de um perfil ao longo da vertente, indicando as profundidades que a resistência do solo aos impactos do penetrômetro é mais significativa, a fim de auxiliar na identificação das áreas susceptíveis a escorregamentos.

#### 4. Resultados

Os testes de resistência do solo foram realizados na vertente Nordeste do Morro Cechella, onde foram adquiridos sete pontos de coleta de informações do sopé em direção ao topo do morro, identificados de 1 a 7 sempre em ordem crescente.

Os pontos 1 e 2, localizados na base do morro foram coletados sob a Formação Caturrita, formação esta constituída por camadas de arenitos finos a médios, de composição essencialmente quartzosa e matriz argilosa, de origem fluvial (MACIEL FILHO, 1990). O autor ainda argumenta que a resistência desses solos a erosão é normalmente baixa.

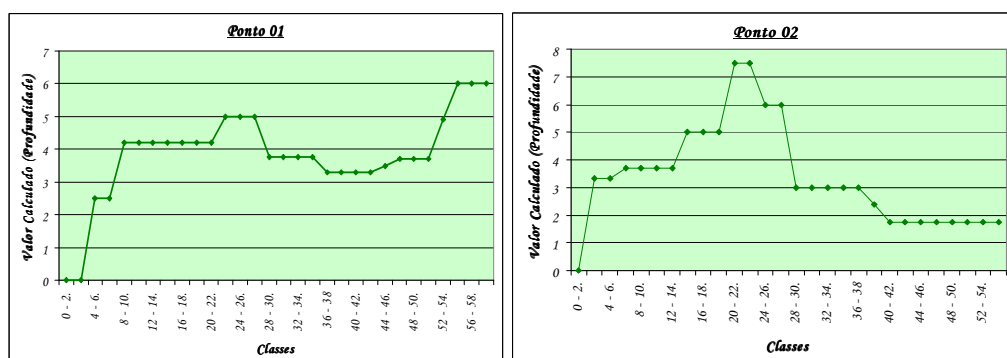


Figura 03 e 04: Resistência do solo a penetração nos pontos 01 e 02.

Em ambos os pontos a maior resistência a penetração do solo, pode ser verificada na classe de 24 a 26 cm, provavelmente essa resistência deve-se a eluviação de argilas para camadas mais inferiores. De forma geral os pontos 1 e 2 apresentam uma certa homogeneidade na resistência do solo, que aliada a baixa declividade, a profundidades superiores a 60 cm e a cobertura vegetal de gramíneas tornam esses locais estáveis não apresentando riscos de escorregamentos.

O ponto 7 (Figura 05) localizado no topo plano do morro encontra-se sob diabásio da Formação Serra Geral. Os solos formados por essa rocha geralmente são rasos e argilosos (MACIEL FILHO, 1990).

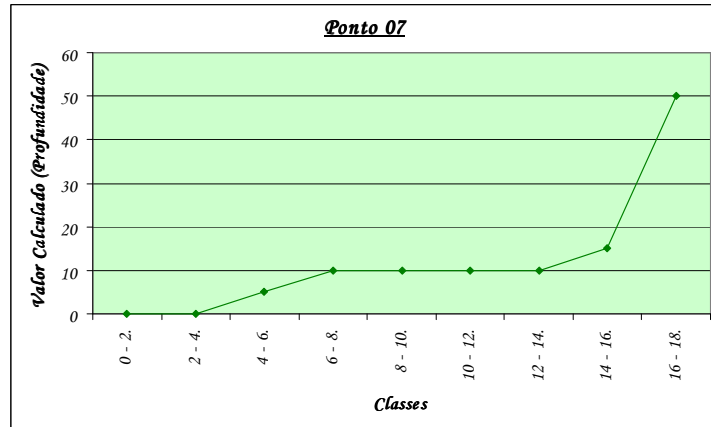


Figura 05: Resistência do solo a penetração no ponto 07.

A análise do gráfico demonstra uma pequena resistência até 16 cm, aumentando bruscamente a partir dessa profundidade. Isso indica a presença de rocha bem próxima da superfície. O ponto 7 mesmo apresentando uma camada muito delgada de solo o que poderia facilitar a ocorrência de processos de escorregamento, não oferece risco, já que se localiza no topo plano do morro.

O ponto 3 (Figura 06) localizado na meia encosta encontra-se na Formação Arenito Botucatu, formação essa composta por arenitos essencialmente quartzosos, com estratificação cruzada de grande porte. Os solos formados são residuais arenosos e friáveis (Maciel Filho, 1990).

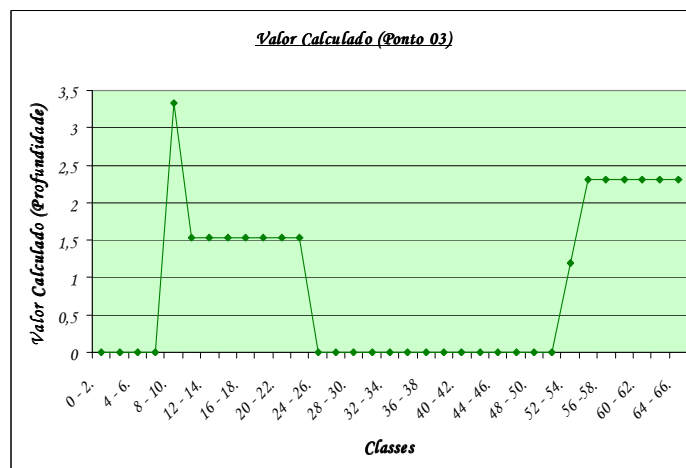


Figura 06: Resistência do solo a penetração no ponto 03.

Fica evidente no ponto 3 a presença de material inconsolidado, conferindo baixa resistência ao depósito. O pico de resistência apresentado na classe de 8 a 10 cm de profundidade, provavelmente deva-se a presença de blocos ou matações, em estado

avanzado de intemperismo imersos no colúvio. Isso torna o ponto instável, já que uma vez erodido esse bloco pode desencadear processos de escorregamentos na encosta.

O ponto 4 (Figura 07) encontra-se em condições semelhante a dos pontos 3 e 5, localizando-se também em área de colúvio. A diferença desse ponto é a pequena profundidade que o penetrômetro atingiu.

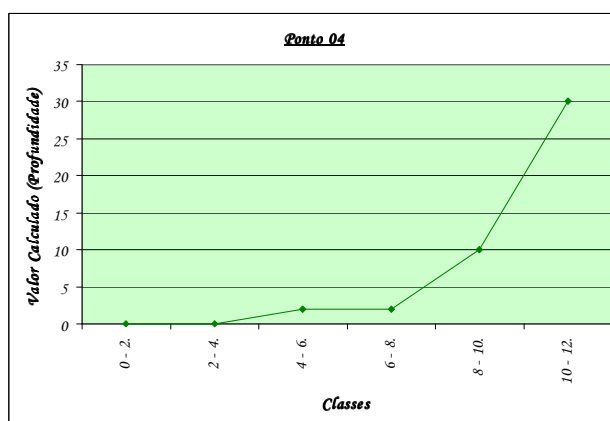


Figura 07: Resistência do solo a penetração no ponto 04.

Além da pequena profundidade atingida pelo instrumento, o gráfico mostra a brusca resistência do solo aos impactos a partir dos 8 cm de profundidade. Esse comportamento deve-se a grandes blocos ou matacões imersos ou emergentes no solo. Diferente do ponto 3, que a resistência do material imerso era pequena, no ponto 4 essa resistência se manteve, revelando o baixo estágio de intemperismo do material. Isso torna o ponto 4 bastante susceptível a riscos de escorregamentos, posto que, a pequena camada de solo apresenta baixa resistência na superfície, aumentando abruptamente após 8 cm de profundidade quando encontra fragmentos de rocha. Esse fato pode tornar o colúvio instável, uma vez que a água penetra com mais facilidade na camada superficial e em maiores profundidades encontra dificuldades de percolação quando atinge a rocha, podendo provocar o escorregamento da camada superior.

No ponto 5 (Figura 07), que também está localizado na meia encosta e na mesma formação litológica, o colúvio apresenta comportamento mais uniforme com formação incipiente de solo e evidências da presença de horizontes pedológicos.

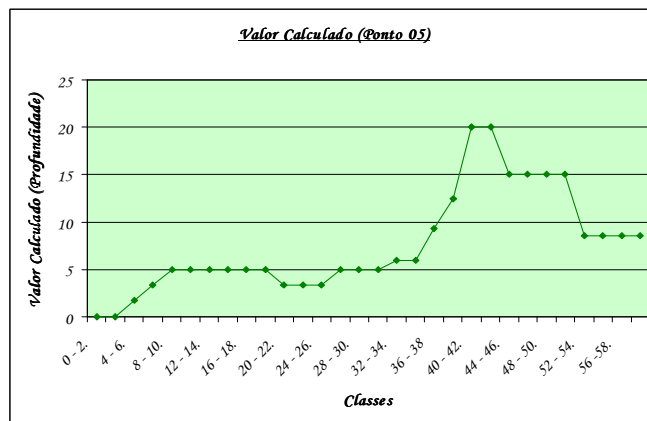


Figura 08: Resistência do solo a penetração no ponto 05.

Observando o comportamento do gráfico é possível perceber que a camada mais superficial do colúvio apresenta certa homogeneidade com pequena resistência à penetração até a profundidade próxima de 40 cm. Isso revela a existência de um material mais uniforme e selecionado. No entanto dadas às condições da formação litológica somada a declividades acentuadas o ponto 5 pode ser considerado como susceptível a escorregamento.

O ponto 6 (Figura 09) localizado na alta encosta encontra-se em colúvio de basalto da Formação Serra Geral. Nesse material o colúvio apresenta um comportamento muito heterogêneo.

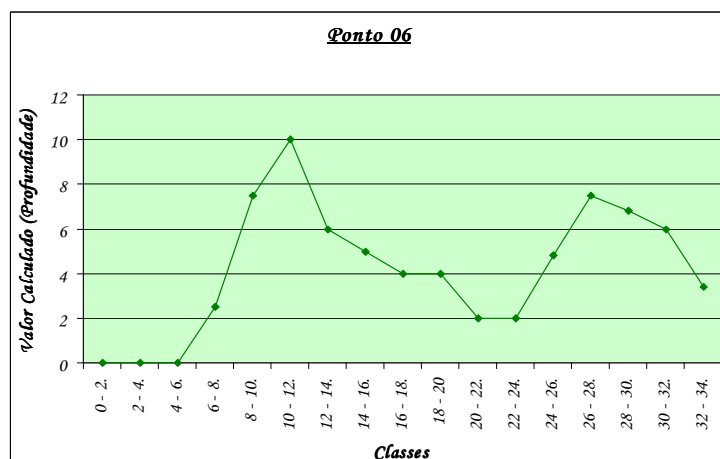


Figura 09: Resistência do solo a penetração no ponto 06.

O solo apresenta uma pequena resistência ao penetrômetro até 6 cm, isso se deve a presença de serrapilheira, já que o ponto 6 foi coletado dentro da mata. Destacam-se dois picos de resistência a penetração um aos 10cm e outro aos 30 cm de profundidade. Esse comportamento deve-se a presença de materiais fragmentados de diversos tamanhos imersos na massa de solo, que quando são atingidos pelo

penetrômetro oferecem certa resistência. Esses materiais imersos acentuam os riscos de escorregamentos, pois estão sujeitos ao intemperismo, e sua decomposição pode causar a desestabilização de parte da encosta. Por esse motivo somado ao fato da local estar localizada na alta encosta com declividade elevada, o ponto 06 apresenta risco de escorregamento.

## 5. Conclusão

Com base nos dados levantados a partir dos trabalhos de campo no Morro Cechella, foi analisada a resistência do solo aos impactos do penetrômetro, com o objetivo de identificar possíveis pontos susceptíveis a risco de escorregamentos.

Dos sete pontos de sondagem realizados na vertente nordeste do morro, o estudo revelou que os pontos 1 e 2 mesmo estando localizados na formação caturrita que de acordo com Maciel Filho (1990), apresenta baixa resistência à erosão, não apresenta risco de escorregamento, dada às condições de baixa declividade e cobertura vegetal. Já os pontos 3, 4, 5 e 6, localizados em depósitos de colúvio apresentam susceptibilidade a risco de escorregamentos.

Tais informações poderão ser utilizadas para um melhor planejamento das habitações, já que o morro abriga diversas vilas em expansão e a demanda por espaços habitáveis cresce muito rapidamente na área urbana de Santa Maria.

## 6. Referências Bibliográficas

BARROS SARTORI, M da. G. **O clima de Santa Maria: do regional ao Urbano.** 1979. Dissertação (Mestrado em Geografias) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

BAPTISTA, A. C. B. **Análise da paisagem e identificação de áreas suscetíveis a movimentos de massa na APA Petrópolis – RJ:** subsídio ao planejamento urbano. Viçosa, MG.2005. 110 f. Tese (Engenharia Civil) - Universidade Federal Viçosa, Viçosa 2005.

BRADFORD, J. L. Penetrability. p. 463-478. In: Klute, A. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1* 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. 1986.

INFANTI JR., N. & FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, Antônio Manuel dos Santos & BRITO, Sérgio Nertam Alves de. (org). **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE-CNPq-FAPESP, 1998. p. 131-144.



MACIEL FILHO, C.L. **Carta Geotécnica de Santa Maria (1:25.000)**. Santa Maria: Imprensa Universitária, UFSM, 1990. 22p.

SANTOS, M: SOUZA M. A. de (COORD.) **O espaço interdisciplinar**. São Paulo: Nobel, 1986.

STOLF, R.; FERNANDES, J. FURLANI NETO, V.L. **Penetrômetro de Impacto**. IAA/PLANALSUCAR-STOLF.1983.

# **ANÁLISE TEMPORAL DO USO DO SOLO NO PROJETO DE ASSENTAMENTO FAVELA EM MOSSORÓ/RN UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS**

Marcelo Santos da Silva, Universidade Estadual de Roraima - UERR,  
xmarcelo5@yahoo.com.br

## **Resumo**

O trabalho objetiva avaliar a utilização das geotecnologias, principalmente dos dados e produtos de sensoriamento remoto orbital e sistemas de informações geográficas no planejamento, na implementação e no acompanhamento do processo evolutivo do uso e ocupação do solo nos projetos de assentamentos rurais. A área de pesquisa foi o Projeto de Assentamento Fazenda Favela localizado no município de Mossoró/RN. Utilizou-se coleta de dados bibliográficos e documentais, viagem de campo e trabalho no laboratório de geoprocessamento, utilizando o processamento digital de imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite LANDSAT 5 do ano de 1994 e LANDSAT 7 do ano de 2002. O programa utilizado foi SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. O classificador Maxver possibilitou as melhores amostras para o treinamento e a classificação supervisionada obteve um aproveitamento superior a 90%, permitindo a identificação de classes como a de caatinga densa e caatinga alterada, culturas permanentes e culturas temporárias. A sobreposição dos planos de informação tipos de solo e parcelamento da área demonstrou que 41,30% dos lotes foram implantados em áreas com predomínio de unidades de solo menos recomendadas para a atividade agrícola. Conclui-se o alto potencial e a necessidade de estudos prévios de assentamentos rurais, da utilização de dados e produtos de sensoriamento remoto e a integração desses dados através do geoprocessamento, objetivando um planejamento eficaz da melhor forma de ocupação, acelerando o desenvolvimento produtivo da área e melhorando a conservação dos recursos naturais existentes. O parcelamento da área poderia ter sido executado com um melhor aproveitamento dos solos mais adequados para a atividade agrícola.

Palavras-Chave: Geotecnologias; uso do solo; assentamentos.

## **Abstract**

The study aims to evaluate the use of geo-technologies, mainly data and products of orbital remote sensing and geographic information systems in planning, implementation and monitoring of evolutionary process of the use and occupation of land in projects of rural settlements. The area of research was the Project of Settlement Favela located in the municipality of Mossoró/RN. It was used collection of bibliographic data and documentary, travel, and field work in the laboratory of geoprocessing, using the digital processing of images of the sensor Thematic Mapper (TM) satellite LANDSAT 5 of the year 1994 and LANDSAT 7 of the year 2002. The program was used SPRING - System Information Processing Georeferency, developed by INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. The classifier Maxver has the best samples for training and supervised classification obtained a use over 90%, enabling the identification of classes such as caatinga dense and caatinga amended, permanent crops and crops temporary. The overlap of plans of information types of soil and fragmentation of the area showed that 41.30% of the lots were deployed in areas with a predominance of units of soil less recommended for agricultural activity. It is high potential and the need for studies of rural settlements of data and remote sensing products and the integration of such data through geoprocessing, a target effective planning in the best form of occupation, accelerating the productive development of the area and improving the conservation of existing natural resources. The fragmentation of the area could have been run with a better utilization of soil more suitable for agricultural activity.

Key words: Geo-technology; use of the soil; settlements

## **1 Introdução**

A importância e as dificuldades da execução da reforma agrária são bastante notáveis por considerarmos que o Nordeste Brasileiro, apresenta grande vocação para a pequena agricultura, porque nessa região se concentra o maior número de agricultores familiares, representados, segundo dados do Censo Agropecuário 1995/1996 do IBGE apud Guanziroli e Cardim (2000 p. 22), por 2.055.157 estabelecimentos, correspondente a 88,3% do total da região, ocupando 43,5% da área regional que enfrenta as freqüentes secas as quais assolam a região, um histórico de concentração fundiária e atraso nas relações de trabalho.

Essas condições impõem um desafio constante às populações rurais e também a procura de soluções para a convivência frente às limitações. A complexa busca do desenvolvimento social e econômico destas populações torna importante as pesquisas que direcionam esforços em caracterizar e analisar esta realidade do meio rural brasileiro.

Dentre as muitas áreas destinadas ao assentamento de famílias no estado do Rio Grande do Norte, o projeto de assentamento Fazenda Favela foi escolhido para a realização deste trabalho pelo fato de localizar-se no domínio do Semi-Árido norteriograndense, sendo portanto, um dos muitos projetos de assentamento que sofrem com as severas limitações impostas pelo baixo e irregular regime pluviométrico, o que influi diretamente nas atividades agropecuárias. Também pela carência de estudos referentes à evolução dos projetos de assentamento de reforma agrária, principalmente os localizados nesta região, onde a agricultura familiar ainda absorve grande parcela da população rural.

A área também foi escolhida por ser uma das mais antigas do Estado, sendo o terceiro dos 232 projetos de assentamento criados entre os anos de 1987 e 2002. Foi ainda o primeiro projeto criado no município de Mossoró, que atualmente já conta com 26 assentamentos, sendo o município com maior quantidade de projetos criados no período, totalizando, segundo dados do INCRA, 1.635 famílias assentadas e uma área total de 45.232,5470 hectares.

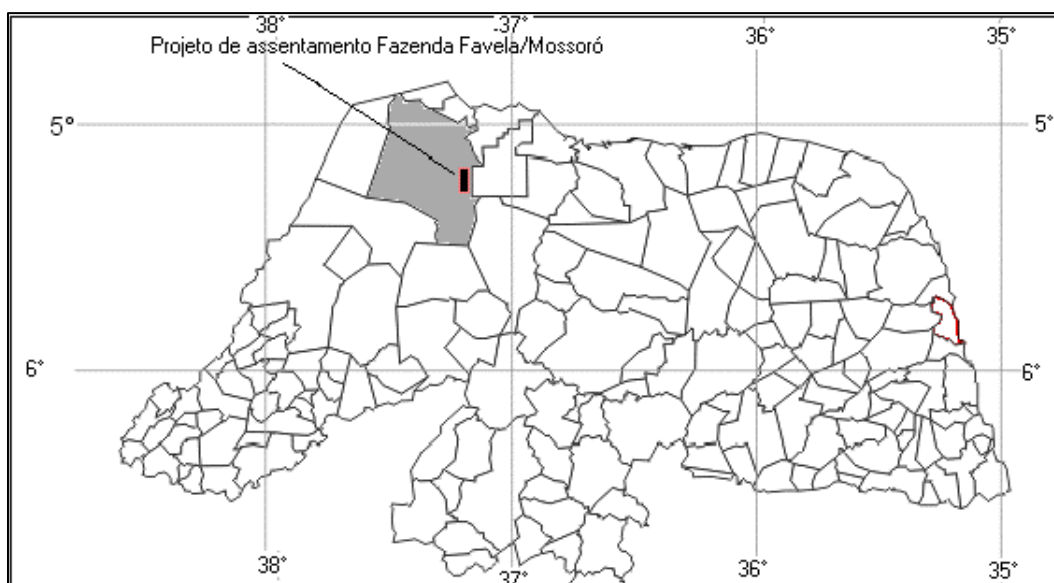
São objetivos do trabalho: avaliar a utilização das geotecnologias, incluindo dados e produtos de sensoriamento remoto orbital nas atividades pré-operacionais, de planejamento, da implementação e no acompanhamento do uso e ocupação do solo nos projetos de assentamentos rurais.

E ainda criar uma base de dados digitais a partir de imagens de satélites para fins de estudos da dinâmica do uso e ocupação do solo em assentamentos rurais através de metodologias de análise visual e digital através de técnicas de processamento digital de imagens para fins de geração de cartas temáticas e elaboração de um banco de dados geográficos.

## 2 Projeto de Assentamento Fazenda Favela

O Projeto de Assentamento Fazenda Favela está localizado no município de Mossoró, Zona Oeste Potiguar do Estado do Rio Grande do Norte, a 33 quilômetros da sede do município e 301 km em relação à capital, Natal, possui uma área de 3.023,8725 hectares (BRASIL. INCRA, 1987/2001).

O município de Mossoró faz parte da Microrregião Homogênea Mossoró (Mesorregião Oeste Potiguar). De acordo com o Incra, as coordenadas geográficas do Projeto de Assentamento Fazenda Favela são as seguintes: enquadrada entre Latitude  $05^{\circ}12'10,16''$  –  $05^{\circ}18'06,67''$  Sul, Longitude  $37^{\circ}09'21,01''$  –  $37^{\circ}10'56,85''$  Oeste. (BRASIL.INCRA, 1987/2001).



Fonte: adaptado de IBGE, 2003. Localização da área de estudos

### 2.1 Ambientação geográfica da área de estudo

O clima é semi-árido quente (bsh), precipitação entre 500 e 800 mm anuais, temperatura  $27,4^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa 70%. Geologia, Bacia Potiguar, formações

Barreiras e Jandaíra. A geomorfologia da área apresenta formas erosivas pediplanadas, da unidade dos tabuleiros costeiros, chapadas do litoral norte.

Os solos predominantes são os Podzólicos e Areias Quartzosas ou Argissolos e Neossolos Quartzarênicos. A vegetação é xerófila, caracterizada por folhas pequenas, grande parte espinhosas. Inserida na Bacia Apodi-Mossoró, sub-bacia do Rio do Carmo, sendo o principal reservatório o açude Favela. A hidrogeologia apresenta os aquíferos Barreiras, Jandaíra e Açú, sendo explorado este último através de poço profundo.

Os principais aspectos sócio-econômicos apresentam uma população de 689 habitantes, organização espacial em 92 lotes com média de 15 hectares, duas áreas comunitárias, agrovila e reserva legal. As principais atividades econômicas são a agricultura e a pecuária, com produção de caju, milho, feijão, algodão e caprinos.

### **3 Referencial teórico e conceitual**

As geotecnologias envolvem uma série de avanços nos campos da informática e da comunicação, marcados pela crescente capacidade de análise de dados e a facilidade de acesso à informação por meio de sistemas computacionais cada vez mais simples e baratos. Neste contexto, o geoprocessamento, de acordo com Carvalho, Pina e Santos (2000, p. 13-14) é um termo amplo, que abrange variadas tecnologias de tratamento e utilização de dados geográficos, através de programas computacionais. Dentre as geotecnologias destacam-se o sensoriamento remoto, a cartografia digital, a utilização de sistemas de posicionamento global – GPS e os sistemas de informações geográficas.

Segundo Calijuri e Röhm (1995, p. 5), os sistemas de informações geográficas constituem tecnologias que investigam diversos fenômenos, e pode ser definido como: ‘uma coleção organizada de hardware, software, dados geográficos e pessoal envolvido no trabalho, projetado para, eficientemente, capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e representar todas as formas de informações referenciadas geograficamente.

Segundo Silva, (1999, p. 45), que esboça uma definição mais completa para SIG, ressalta o imprescindível papel da informática:

Os SIGs necessitam usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível; deve existir uma base de dados integrada, estes dados precisam estar geo-referenciados e com controle de erro; devem conter funções de análises destes dados que

variem de álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão etc. ) até álgebra não cumulativa (operações lógicas)

Para Calijuri (1995, p. 10) um sistema de informação geográfica possui três componentes bastante importantes, que devem estar balanceados: a) hardware, b) um conjunto de módulos de software aplicativos e c) um contexto organizacional apropriado.

De forma ampla, segundo Novo (1992 p. 1), pode-se definir Sensoriamento Remoto como sendo “ a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico com eles”. Esta aquisição seria feita por sensores que seriam capazes de coletar dados da energia proveniente dos objetos, convertidos em sinais registráveis e adequados à extração de informações.

As técnicas de processamento digital de imagem podem ser divididas, segundo Novo (1992, p. 218), em três conjuntos ou etapas: as técnicas de pré-processamento ou preparação de imagens, as técnicas de realce e por fim as técnicas de classificação de imagens.

Para Caetano, Santos e Gonçalves (2003) a cartografia temática de ocupação de solo é uma ferramenta indispensável em estudos ambientais, na tomada de decisão em ordenamento e planejamento do território em muitos países, principalmente na América do Norte e Europa, e na definição de políticas de gestão de recursos naturais. Com esta cartografia pode-se conhecer distribuição de classes de ocupação do solo, analisar a interação com outras classes, identificar locais próprios para certas atividades e planejar para o futuro. Simultaneamente estes dados servem de informação de base para a produção de informação mais complexa sobre outros temas (ex., erosão do solo, impermeabilização).

May e Silva (1991, p. 209) apud Anderson, ressaltam que o “conhecimento concernente ao uso da terra torna-se cada vez mais importante, pois a nação não poderá superar seus problemas de desenvolvimento ao acaso, de forma descontrolada, sob pena que se provoque a deterioração da qualidade ambiental, perda das terras agrícolas, a destruição de importantes terras úmidas, bem como o desaparecimento dos habitats dos peixes e da fauna silvestre”

São vários os exemplos de estudos, de uso do solo que buscam o conhecimento das características das áreas de estudo em épocas distintas, como no

estudo de análise multitemporal da cobertura vegetal de parte da Chapada do Araripe-CE, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, em que Freitas Filho e Medeiros (1993, p 76-78), consideraram que as fotografias aéreas do ano de 1987, em virtude da elevada resolução espacial, facilitaram o trabalho de diferenciação visual entre cobertura vegetal e ação antrópica. Na imagem TM-LANDSAT 5, o melhor contraste foi alcançado na banda 5, obtendo-se melhor tonalidade, textura e definição nas formas. Afirmam os autores que são complementares os dados obtidos através de fotografias aéreas e imagens orbitais.

Isaia et al. (1990, p. 28-33), observando as peculiaridades da caatinga e as diferenças do comportamento espectral deste tipo de vegetação conforme a época do ano, em que utilizaram imagens da considerada época seca (agosto) e época chuvosa (maio), apresentaram respostas espectrais diferenciadas.

Em termos de cores houve grande variação, já em outros aspectos como tonalidade, forma ou textura mantiveram-se constantes, permitindo ainda assim uma chave de interpretação única. Lembraram que a região Nordeste do Brasil apresenta pouco aprofundamento em estudos, que observem as características específicas de sua vegetação.

Na realização de mapeamento e análise temporal do uso da terra no entorno do reservatório de Sobradinho, Brum et al. (1990, p. 869), concluíram a eficiência do emprego das tecnologias de sensoriamento remoto, destacando: “ a possibilidade de não apenas se obter um retrato instantâneo da ocupação do solo, mas de se proceder a uma análise dinâmica desta ocupação com a avaliação de dados multitemporais, através da obtenção de “retratos passados”, a partir do uso de imagens orbitais”

#### **4 Material e método**

Foram utilizados os seguintes materiais: Carta da Sudene, folha SB. 24-X-D-I Mossoró, na escala 1: 100.000. Imagens do satélite LANDSAT, do sensor TM5 do ano de 1994 e TM7 do ano de 2002

A carta de solos, realizada pela EMPARN em 1988, na escala de 1:20.000. Planta topográfica do assentamento, cedida pelo INCRA, na escala 1:20.000, com o parcelamento dos lotes. Software SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas.

No laboratório de geoprocessamento foi realizada execução do registro da imagem da carta da Sudene, seguiu-se processo de vetorização, registro das imagens do satélite LANDSAT sensor TM .

Os trabalhos de Brum et al. (1990) por serem realizados em área do domínio semi-árido, serviram como referência para a definição de classes temáticas para o presente estudo.

O processo de classificação de imagens, classificador Maxver possibilitou as melhores amostras para o treinamento, com um desempenho médio acima dos 90%. Foi supervisionada e a viagem de campo teve papel fundamental.

O refinamento, feito através de inúmeras tentativas foi necessário principalmente entre as classes de caatinga densa e caatinga alterada, devido a resposta espectral com características quase semelhantes, visto que a exploração de madeira, de acordo com informações da comunidade é dispersa, o que aumentam as chances de em um mesmo pixel houvesse caatinga densa, alterada ou ainda solo exposto, assim, estatisticamente, seria atribuído uma média no valor do pixel, que foi assim classificado naquela classe que o valor se encontrasse mais próxima do vetor de médias.

No trabalho de laboratório em processamento de imagens foram utilizadas técnicas de realce de imagens e geração de composições coloridas RGB. Segundo Teixeira e Christofletti (1997) o realce de imagens abrange operações com o objetivo de alterar as diferenças de tonalidade da imagem, melhorando a identificação dos elementos representados. As composições em cores são o resultado da atribuição de diferentes intensidades das cores primárias a cada píxel originalmente registrado em tons de cinza, nas bandas utilizadas.

Foram obtidos além dos cartas temáticas de uso e ocupação do solo nos anos de 1994 e 2002, a sobreposição da carta de uso do solo e a de parcelamento da área.

## **5 Resultados e Discussão**

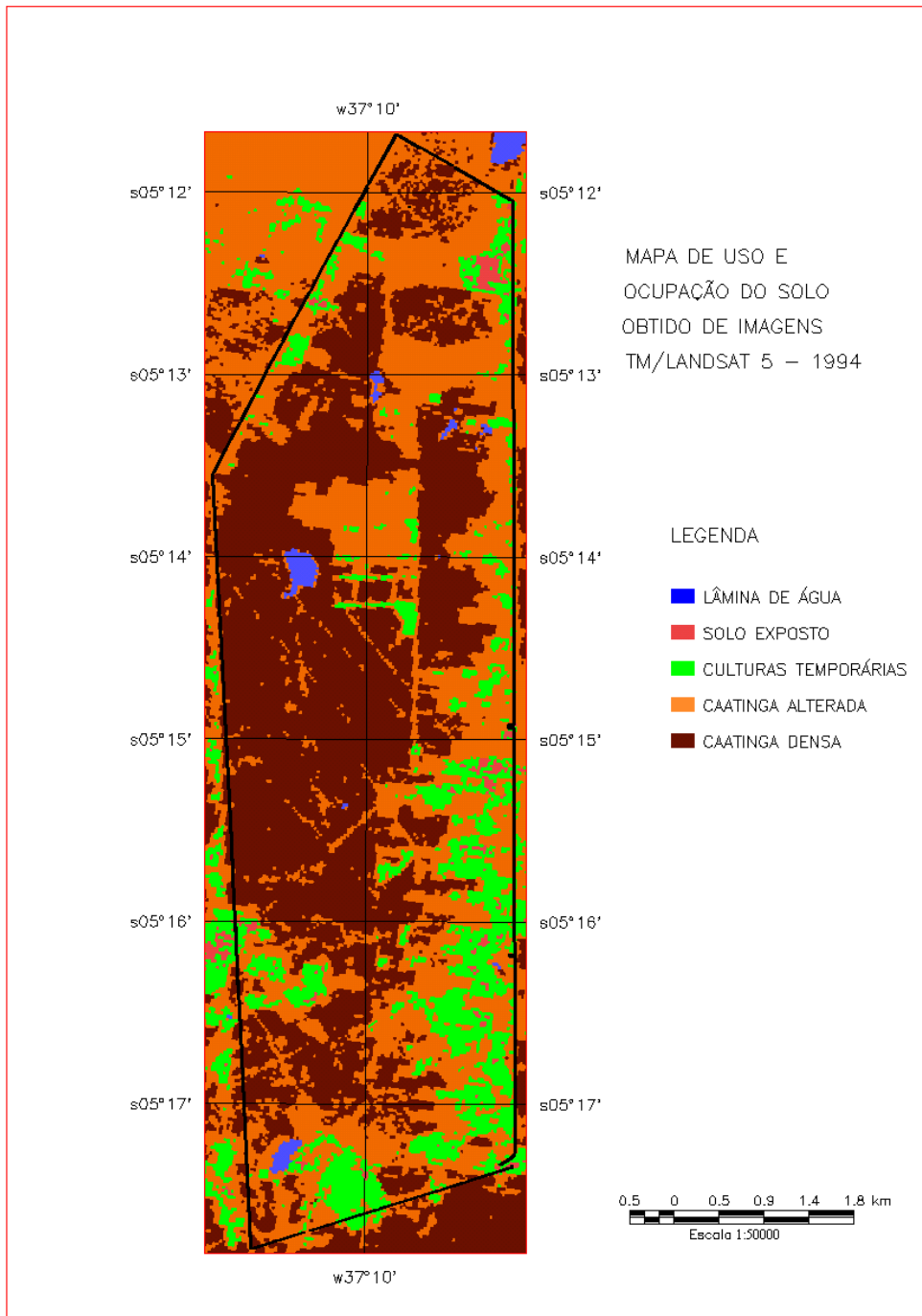
### *5.1. Uso do solo em 1994*

A classificação da composição colorida 1B - 2G - 3R das imagens do sensor TM do satélite LANDSAT/5, já apresenta grandes alterações ocorridas no período 1988 (ano de criação do projeto) – 1994, no regime de uso e ocupação do solo no projeto de assentamento.



A intensificação da ocupação ocorre parte sul do imóvel, onde alguns lotes já tiveram sua cobertura vegetal totalmente alterada. Tanto nos lotes a leste quanto a oeste a ocupação não apresenta uniformidade ou limites bem definidos. Mais ao norte, os lotes apresentam uma ocupação menos intensa e caracterizadas por limites bem definidos entre as áreas ocupadas com atividade agropecuária e áreas onde existia vegetação. Ao norte do imóvel a ocupação ainda é reduzida.

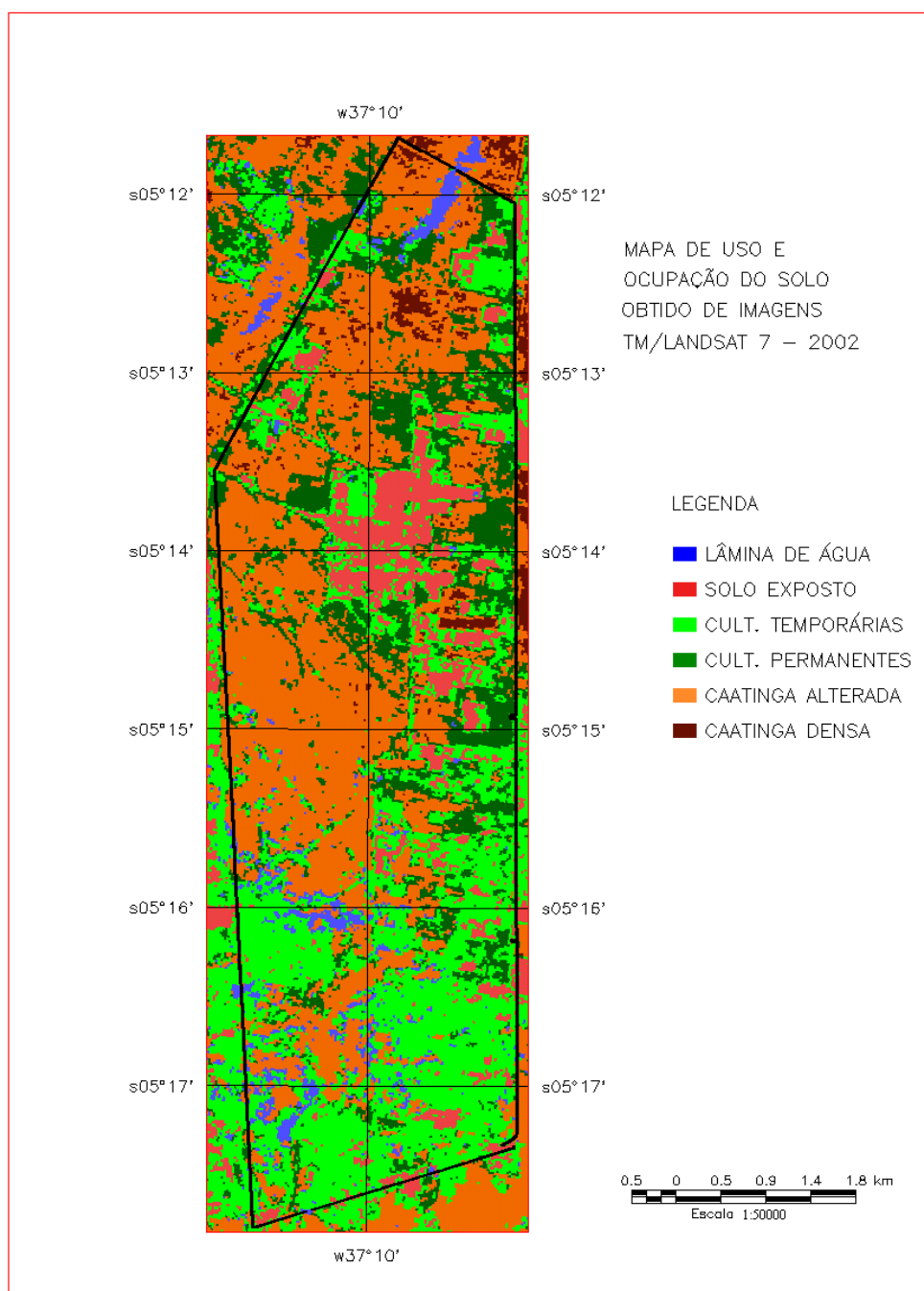
A imagem classificada mostra uma perceptível redução das áreas de caatinga densa, permanecendo uma pequena quantidade nos lotes, onde foi possível diferenciar as classes de caatinga densa, alterada e áreas cultivadas. Na porção de lotes localizados a sudoeste da área a ocupação não seguiu um ordenamento comum e a ocupação foi aleatória, resultando em uma pequena concentração no centro dos lotes.



Fonte: organizado pelo autor

### 5.2. Uso do solo em 2002

A classificação da composição colorida 1B - 2G - 3R do ano de 2002, das imagens do sensor TM do satélite LANDSAT/7, apresenta um alto grau de alterações ambientais na área do projeto de assentamento. Em torno da agrovila, a ocupação foi intensificada em relação a 1994, sendo que os lotes localizados nas adjacências, apresentam os maiores avanços.



Fonte: organizado pelo autor

Ocorre grande quantidade de áreas com solo exposto ou com reduzida cobertura vegetal, não só na agrovila, como também na área próxima e em alguns lotes distribuídos pelo assentamento. Nos resultados da classificação observa-se que houve um aumento das áreas desmatadas para implantação de culturas temporárias e permanentes, estas que avançavam no sentido leste-oeste, passaram a ser implantadas no sentido inverso, a partir da estrada vicinal interna que corta o projeto de assentamento no sentido norte sul, em sua área central

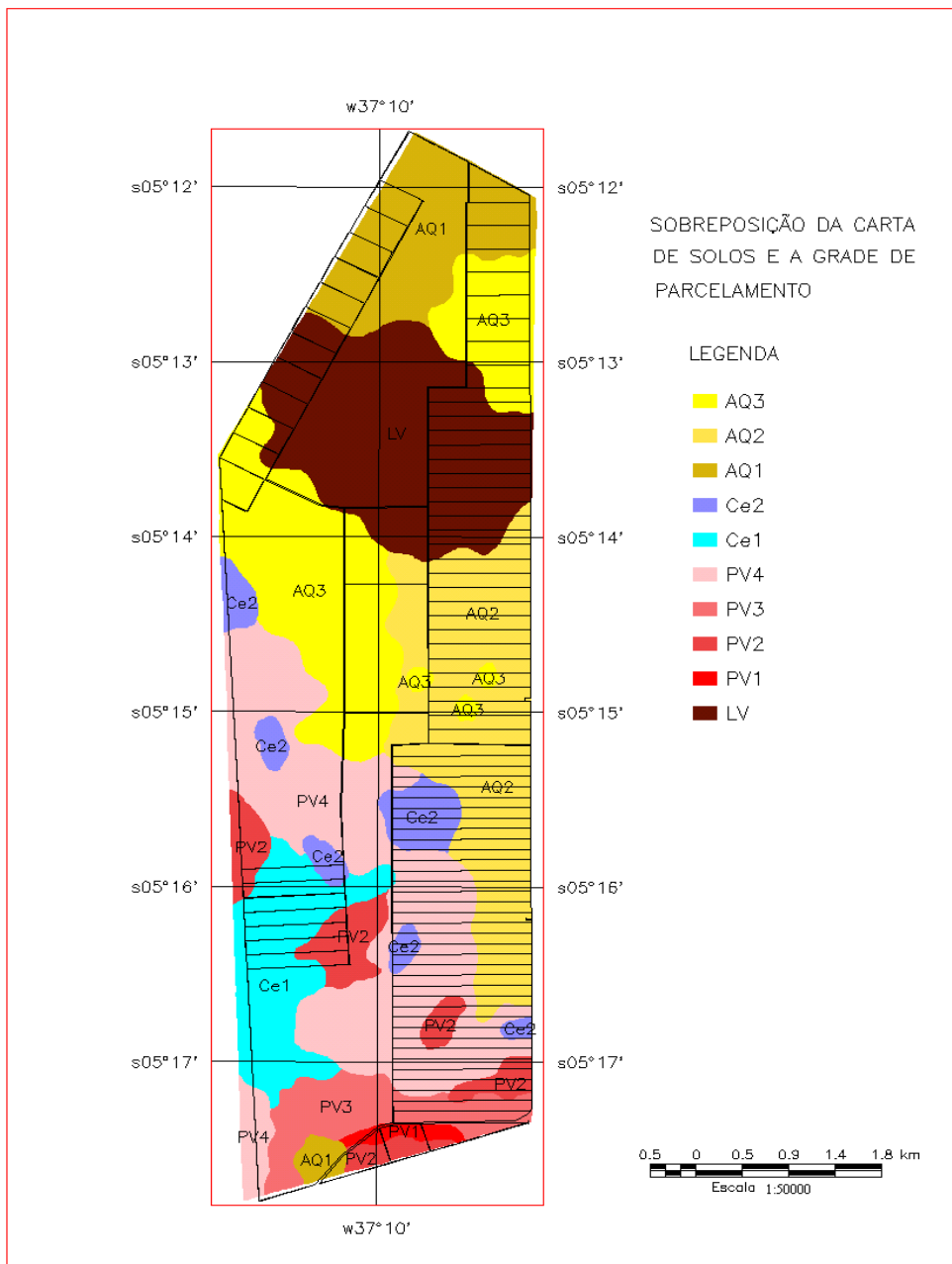
Muitos lotes alcançaram uma utilização próxima dos 100%, principalmente os localizados na porção sul da área, deve-se considerar também que a caatinga é naturalmente menos densa nessa área, o que favorece a sua degradação.

### *5.3. Carta de solos e o parcelamento da área.*

A integração dos dados geográficos de ocorrência de solos e o parcelamento permitiram analisar a distribuição dos lotes, relacionando com as características dos solos.

Inicialmente pode-se distinguir dois grupos de solos que ocorrem na área, uma formada por influência do Grupo Barreiras, representados por LV – Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, AQ1 – Areia Quartzosa Eutrófica, AQ2 – Areia Quartzosa Distrófica latossólica, AQ3 – Associação de Areia Quartzosa Distrófica + Podzólico Vermelho – Amarelo Eutrófico. Tais solos apresentam limitações na sua utilização principalmente relacionadas a fertilidade natural baixa, excessiva drenagem, baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, com riscos de processos erosivos decorrentes da textura predominantemente arenosa. Dessas unidades, as de melhores condições para a prática agrícola, foram identificadas como as unidades LV e AQ2. As unidades AQ1 e AQ3 apresentam maiores limitações com a textura mais arenosa, sendo indicadas para a silvicultura, pastagens naturais ou preservação da fauna e flora.

O outro grupo de solos, está localizado, observando-se as cotas altimétricas da carta topográfica da SUDENE, nas partes mais baixas do relevo, ao sul e sudoeste do assentamento, com influência da Formação Jandaíra, e também, dos materiais transportados das áreas mais elevadas. São formados pelas unidades PV1 – Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico abrupto, PV2 – Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico latossólico, PV3 – Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Planossólico, PV4 – Associação de Podzólico Vermelho Amarelo planossólico + Planossolo sodico, Ce1 – Cambissolo Vértico Solódico e Ce2 – Associação de Cambissolo Eutrófico + Afloramento de calcário.



Fonte: Emparn (1988); INCRA (2001), organizado por Marcelo S. da Silva.

Dos 92 lotes parcelados, 38 deles, o que corresponde a 41,30% do total foram destinados em áreas onde predominam as unidades de solos menos recomendadas para atividade agrícola (ver tabela 1). O que pode ser observada com mais intensidade na unidade PV4, em que foram implantados 19 lotes.

**Tabela 1**

Unidades de solo e predominância em lotes após o parcelamento

Unidade	Extensão (ha)	Percentual da área total	Destinação para cultivos agrícolas	Predomínio da unidade em número de lotes após o parcelamento
LV	485,1251	16,79	Recomendada	15
PV2	141,5903	4,90	Recomendada	03
PV3	132,2634	4,58	Recomendada	03
Ce1	199,5301	6,91	Recomendada	07
AQ2	467,2974	16,18	Recomendada	26
PV1	19,1410	0,66	não recomendada	02
PV4	565,5063	19,58	não recomendada	19
Ce2	111,7692	3,87	não recomendada	00
AQ1	271,0945	9,39	não recomendada	08
AQ3	494,4850	17,12	não recomendada	09

Fonte: Emparn (1988); INCRA (2001), organizado por Marcelo S. da Silva.

Dentre os solos recomendados, o melhor aproveitamento foi o da unidade AQ2, onde foram implantados 26 lotes, que somados, resultam em área máxima de 397,592 hectares, o que corresponde a 85,08 % da área de ocorrência da unidade AQ3 (ver tabela 1).

## 6. Conclusões

A execução desse trabalho mostrou claramente o alto potencial e a necessidade urgente de se inserir sistematicamente nos estudos prévios de assentamentos rurais a utilização de dados e produtos de sensoriamento remoto e a integração desses através do geoprocessamento, objetivando um planejamento eficaz da melhor forma de ocupação dos projetos de assentamento rurais, acelerando o desenvolvimento produtivo da área e melhorando a conservação dos recursos naturais existentes.

Foram notáveis as alterações do uso do solo em apenas 08 anos, com destaque para a rápida degradação da caatinga, onde restaram pequenas áreas com vegetação densa e o surgimento expressivas áreas de solo exposto. O imagem do sensor TM 7, do ano de 2002 permitiu diferenciar culturas permanentes e temporárias.

As informações obtidas demonstram que o parcelamento poderia ser executado com um melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, ressaltando que a soma de áreas das unidades de solo recomendadas no estudo realizado no ano de 1988 (1.425,8063 hectares), ultrapassa a soma de área atual dos 92 lotes no

parcelamento (1.406,8060 hectares), seria possível, portanto, a implantação de 100% dos lotes em solos mais recomendados para a atividade agrícola.

Recomenda-se a continuidade e o aprofundamento desse estudo e a sua execução em outras áreas para fins de avaliação e aprimoramento das metodologias e a utilização sistemática das geotecnologias nos projetos de assentamento, desde a fase de planejamento, na implementação e no monitoramento da evolução dessas áreas.

### Referências

BRASIL. INCRA. **PA Favela RN 0005.000**. Processo nº 41430/000338/87-8, Natal, 24 abr. 1987/2001.

BRUM Eneas Rodrigues et al.. Mapeamento e Análise temporal do uso da terra no entorno do reservatório de Sobradinho. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6, 1990, Manaus – AM. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1990. v.3, p. 861-870

CALIJURI, Maria Lúcia. **Sistemas de informações geográficas II**. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 40 p.

CALIJURI, Maria Lúcia; RÖHM, Sergio Antônio. **Sistemas de informações geográficas**. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 34 p.

CAETANO, Mário; SANTOS, Teresa; GONÇALVES, Luísa. **Cartografia de ocupação do solo com imagens de satélite: estado da arte**. In: ENCONTRO DE UTILIZADORES DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 7, 2002, Oeiras – Portugal. Instituto Geográfico Português. Disponível em [http://www.igeo.pt/IGEO/portugues/servicos/biblioteca/PublicacoesIGP\\_files/esig\\_2002/papers/p092.pdf](http://www.igeo.pt/IGEO/portugues/servicos/biblioteca/PublicacoesIGP_files/esig_2002/papers/p092.pdf). Acesso em: 05 agosto 2003.

CARVALHO, Marília Sá; PINA, Maria de Fátima de; SANTOS (Org.). **Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização Panamericana da Saúde/Ministério da Saúde, 2000. 124 p., il.

EMPARN. Diagnóstico ambiental, agropecuário e econômico do imóvel Favela, município de Mossoró-RN. Natal, 1988, v. 1. 115 p.

GUANZIROLI, Carlos Enrique; CARDIM, Silvia Elizabeth de C. S.. **Novo Retrato do Agricultura Familiar: O Brasil Redescoberto**. Brasília: Coordenadoria de Comunicação Social do Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2000. 74 p. il.

IBGE. **Mapas**: Rio Grande do Norte. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 05 abril 2003.

ISAIA, E. M. B. et al. Avaliação do Estoque Lenheiro do Estado do Rio Grande do Norte 1ª etapa: Estratificação da Vegetação Nativa Lenhosa através de composições coloridas do sensor TM/LANDSAT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

SENSORIAMENTO REMOTO, 6., 1990, Manaus – AM. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1990. v. 1, p. 28-33.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto Princípios e Aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308 p.

MAY, Marilú Angela Campagner; SILVA, Anilda Back da. Uso da terra no município de Santiago-RS, analisado por aerofotogramas de 1975. **Geografia – Ensino e Pesquisa**. Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Geociências, 5, dez. 1991.

SILVA, Ardemírio de Barros. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1999. 236 p.

TEIXEIRA, Amandio Luis de Almeida; CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Sistemas de informação geográfica: dicionário ilustrado**. São Paulo: Hucítec, 1997. 244 p. il.



## CÁLCULO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA SERRA DE URUBURETAMA – CEARÁ

Marcus Vinícius Chagas da Silva, Universidade Federal do Ceará (UFC),  
mvcs81@yahoo.com.br

Érika Gomes Brito, Universidade Estadual do Ceará (UECE), erikagb2003@yahoo.com.br

**RESUMO:** A serra de Uruburetama, Estado do Ceará, possui altitude média entre 700 e 800m, tendo seus recursos naturais explorados por meio da atividade agrícola. Na vertente úmida, o plantio da bananeira foi implementado em toda sua extensão e às margens das nascentes de rios e riachos que drenam a serra, não levando em consideração as condições edafoclimáticas exigidas. Uma questão grave situa-se nas vertentes com maiores deficiências hídricas, de onde foi retirada a cobertura vegetal primária, mediante a da prática de queimadas para o cultivo de milho e feijão. Logo após a colheita, essas culturas temporárias expõem os solos às intempéries do clima semi-árido. Outro problema ambiental normalmente encontrado situa-se nos cajuais localizados na vertente subúmida seca. Geralmente ocupam áreas onde a declividade é superior a 45%, ocasionando sérios problemas de ravinamento e voçorocamento de parcelas significativas do solo. Dentre os objetivos fundamentais traçados para a pesquisa, cabe destacar os seguintes: realizar o mapeamento temático da serra de Uruburetama; determinar o peso de cada variável ambiental; e quantificar o grau da fragilidade ambiental da serra de Uruburetama. Para alcançar tais objetivos foi necessária a análise integrada da paisagem através de metodologia determinada pelo Crepani *et al* (1996). Com base nisto foram determinandas as classes de fragilidade desde baixa até muito forte. Na região pesquisada, não foi encontrado nenhum registro de fragilidade muito baixa. As áreas de forte fragilidade ambiental são as que predominam, seguidas das áreas de fragilidade muito forte, média e baixa. Esta fragilidade serve de base para o zoneamento agrícola do ambiente serrano espacializando as áreas que suportam maior intervenções da sociedade.

Palavras-chave: Semi-árido, fragilidade ambiental, Serra de Uruburetama.

**SUMMARY:** The mountain range of Uruburetama, State of the Ceará, possesss average between 700 and 800m, having its explored natural resources by means of the agricultural activity. In the humid source, the plantation of the banana was implemented in all its extension and to the edges of the springs of rivers and streams that drain the mountain range, not taking in consideration the demanded edafoclimatic conditions. A serious question is placed in the sources with bigger hidricas deficiencies, of where the vegetal covering was removed primary, by means of the one of practical of forest fires for the culture of maize and the beans. Soon after the harvest, these temporary cultures display ground to variations of the half-barren climate. Another ambient problem normally found places in the cashew plantation located in the subumida source drought. Generally they occupy areas where the declivity is greater of 45%, causing to serious problems of erosions of significant parcels of the ground. Amongst the basic objectives tracings for the research, fit to detach the following ones: to carry through the thematic mapping of the mountain range of Uruburetama; to determine the weight of each ambient variable; e to quantify the degree of the ambient fragility of the mountain range of Uruburetama. To reach such objectives the integrated analysis of the landscape through definitive methodology pelor Crepani was necessary et al (1996). With base in this the fragility classrooms had been located since low until very strong. In the searched region, no register of fragility was not found very low. The areas of strong ambient fragility are the ones that predominate, followed of the areas of strong, average fragility and very low. This fragility serves of base ploughs the agricultural zoning of the Serrano environment showing the areas that support greater interventions of the society.

Words-key: Half-barren, ambient fragility, Mountain range of Uruburetama

## 1. Metodologia

Executou-se o cálculo da fragilidade ambiental, de acordo com os critérios propostos por Crepani *et al* (1996).

Este modelo proposto foi criado dentro do programa Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), tendo sido desenvolvido para o cálculo da fragilidade de acordo com a análise da Unidade Territorial Básica (UTB).

Crepani *et al* (1996) estabelecem três fases para a definição da fragilidade ambiental. A primeira é a definição das unidades homogêneas de paisagem, onde a homogeneidade no interior de uma mesma unidade é maior do que a homogeneidade entre as unidades.

Um território fragmentado é mais fácil de ser analisado, porém não se deixa de levar em conta a existência de uma correlação entre os fragmentos do território (CREPANI *et al*, 1996). Este estudo optou pela metodologia geossistêmica para a definição destas unidades homogêneas de paisagem, utilizando o nível de subsistemas ambientais.

A segunda fase é a elaboração do mapeamento temático da área de estudo, que deve conter os elementos geomorfológicos, pedológicos, climatológicos, geológicos e de cobertura vegetal/uso da terra.

Nesta etapa, são utilizados como base da execução do mapeamento os produtos derivados dos sensores remotos (imagens de satélite, fotografias aéreas, radares topográficos, entre outros), bem como os produtos existentes de uma cartografia básica, ocorrendo uma caracterização ambiental dos subsistemas ambientais definidos anteriormente.

Na terceira e última fase, é realizada a classificação da fragilidade ambiental dos subsistemas ambientais segundo suas características. Estas são derivadas do mapeamento executado na etapa anterior (relevo, solos, rocha, clima e cobertura vegetal/uso da terra).

Cada uma das variáveis ambientais recebe um número que varia de 1 a 3. Um número próximo de 1 revela baixa fragilidade ambiental e um número próximo a 3 evidencia um elevado grau de fragilidade.

Estes números são atribuídos seguindo critérios qualitativos, tornando-os, assim, quantitativos. A quantificação do critério da fragilidade ambiental torna o resultado da soma das cinco variáveis ambientais dividido por cinco, determinando o grau da fragilidade.

O resultado final da equação foi enquadrado, adaptando-se os parâmetros de Spröl (2004) à realidade do semi-árido nordestino, aos intervalos das classes que determinam o grau de fragilidade estão dispostos no quadro 1.

Quadro 1: Graus de fragilidade ambiental.

<b>Grau de fragilidade</b>	<b>Intervalo de classe</b>
Muito baixa	1,000 < fragilidade > 1.300
Baixa	1.301 < fragilidade > 1.600
Média	1.601 < fragilidade > 2.000
Forte	2.001 < fragilidade > 2.500
Muito forte	2.501 < fragilidade > 3.000

Fonte: adaptado de Spröl (2004).

Esta adaptação foi realizada, sobretudo, na diminuição dos intervalos das classes de fragilidade muito baixa e baixa e no aumento dos intervalos das classes de fragilidade forte e muito forte.

O mapeamento temático para subsídio do cálculo da fragilidade foi executado conforme os parâmetros explícitos na seqüência.

1. Geologia/geomorfologia - a geologia foi analisada com base nos dados do Atlas da CPRM (2003), que possui escala original de 1:500.000. Posteriormente, esta escala foi adequada para a escala do estudo, compilando do mapeamento realizado por Brandão *et al* (2003) e a interpretação da imagem de satélite realizada de forma visual, tendo como alvos principais os depósitos Quaternários e a Formação Barreiras.

O mapa geomorfológico foi elaborado a partir da interpretação visual de imagem de satélite Landsat, sendo considerada a combinação das características de tonalidade, textura e forma dos elementos a serem mapeados.

Nesta fase a imagem Landsat passou por uma restauração, utilizando o *software* Spring 4.3. Com isso sua resolução espacial aumentou para 7,5 metros. Esta restauração foi efetuada para melhor delimitação dos tipos de vertentes dentro da serra.

2. Pedologia - o mapeamento de solos produzido teve como base o Zoneamento Agroecológico do Estado do Ceará (SEAGRI, 1988). Executou-se a compatibilização com a escala de trabalho a partir das formas de relevo mapeadas anteriormente e dos perfis de solo analisados por Oliveira (2002).

3. Hidroclimatologia - a carta de tipos climáticos foi adaptada de Brandão *et al* (2003), com base nos dados dos postos pluviométricos disponibilizados pela FUNCEME e de acordo com a resposta espectral da vegetação na imagem Landsat, sobretudo nos setores norte e leste.

Para caracterização dos tipos climáticos, utilizou-se a classificação proposta por Nimer (1979);

4. Cobertura vegetal / uso da terra – 2005 - foi elaborada a interpretação digital da imagem de satélite Landsat, restaurada para facilitar na diferenciação dos alvos, já que o tema uso da terra foi o que englobou as menores ocorrências espaciais deste trabalho.

Esta interpretação foi efetuada mediante uma segmentação em ambiente Spring 4.3. Este procedimento utiliza a assinatura especial de cada *pixel* para classificar as regiões homogêneas. O método mais apropriado foi o crescimento de regiões, pelo qual só se agrupam as regiões que estão espacialmente vizinhas, de acordo com os parâmetros de similaridade do *pixel* e tamanho da região (INPE, 2006).

O nível de similaridade utilizado foi de 8 *pixels* e a região de 30 *pixels*. A imagem segmentada foi “mosaicada” para uma categoria temática e a classificação das regiões realizada visualmente com base nas chaves de classificação coletadas em campo em locais predeterminados.

## 2. Resultados

Os pesos das variáveis ambientais que fazem parte do cálculo da fragilidade (CREPANI *et. al* 1996) foram determinados para a área de estudo segundo de acordo com os parâmetros abaixo:

### *Geologia*

A geologia foi mensurada mediante a resistência à erosão das diferentes litologias que compõem as unidades litoestratigráficas.

A unidade litoestratigráfica Aluviões Fluviais é composta por sedimentos inconsolidados do Quaternário. Possui a maior fragilidade ambiental da área por serem as áreas menos resistentes aos processos erosivos.

A Formação Barreiras possui sua litologia formada de rochas sedimentares. Como são rochas com baixo grau de coesão e elevado grau de permeabilidade (PENTEADO, 1980), são frágeis ao ataque das forças erosivas por serem facilmente intemperizáveis, constituindo então uma fragilidade alta.

O Complexo Ceará - unidade Canindé desenvolveu variada litologia, formada por paragneisses em níveis distintos de metamorfismo-migmatização, possuindo assim níveis de fragilidade distintos. É composto, porém, em sua maior porção, de rochas resistentes aos processos erosivos, possuindo, portanto, uma fragilidade ambiental baixa.

O Complexo Ceará - unidade Independência, bem como a Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria, formada em sua maior parte de rochas granitóides que possuem alta resistência à erosão, geralmente são intemperizáveis em locais de fraturas ou diáclases. Daí, apresentarem a mais baixa fragilidade ambiental da área.

O quadro que compõe a fragilidade ambiental da geologia configurou-se da seguinte forma (quadro 2).

Quadro 2: Fragilidade Ambiental do Critério Geológico

<b>Geoclasse</b>	<b>Fragilidade Ambiental</b>
Aluviões Fluviais	3.0
Formação Barreiras	2.0
Complexo Ceará - unidade Canindé	1.5
Complexo Ceará - unidade Independência	1.1
Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria	1.1

### *Geomorfologia*

Os critérios geomorfológicos que compuseram a matriz de valores foram a dimensão interfluvial, o grau de entalhamento e a forma do relevo. Estes critérios foram escolhidos por evidenciar a resistência à erosão e, por conseqüência, a dinâmica ambiental que as ocorrências geomorfológicas impõem ao meio.

A dimensão interfluvial é a distância, medida em metros, entre as ondulações que separam os vales (GUERRA & GUERRA, 2003). Esta distância entre os interflúvios espelha o gradiente de força do rio e a capacidade incisiva da erosão linear.

Quanto maior for esta distância, mais senil é a drenagem e com menor força ela atua sobre o meio, portanto, nestas áreas, ocorre menor fragilidade. Quanto menor for esta distância, mais forte é o poder erosivo da drenagem e, conseqüentemente, maior é a fragilidade.

De acordo com a classificação proposta por Gomes *et. al.* (2005), esta dimensão interfluvial é dividida em cinco classes, conforme a distância, e possui seus critérios de fragilidade conectados.

Estas classes são: muito grande (distancia > 1.500m, fragilidade = 1.0), grande (1.500m > distância > 700m, fragilidade = 1.5), média (700m > distância > 300m, fragilidade = 2.0), pequena (300m > distância > 100m, fragilidade = 2.5) e muito pequena (distância < 100m, fragilidade = 3.0).

O grau de entalhamento é a diferença altimétrica entre o talvegue e os interflúvios, refletindo a capacidade erosiva do rio. Possui cinco classes com as fragilidades pré-determinadas (GOMES *et. al.*, 2005). A fragilidade é maior nos locais de maior entalhamento e é menor em locais de menor entalhamento.

As classes são: muito fraco (entalhamento < 20m, fragilidade = 1.0), fraco (20m < entalhamento < 40m, fragilidade = 1.5), médio (40m < entalhamento < 80m, fragilidade = 2.0), forte (80m < entalhamento < 160m, fragilidade = 2.5) e muito forte (entalhamento < 160m, fragilidade = 3.0).

E, por último, a forma do relevo é classificada, segundo Crepani *et al* (1996), de acordo com a morfologia das vertentes.

Relevos de topo aguçado comprovam uma dinâmica mais intensa que os relevos de topo convexo, que, por sua vez, é mais dinâmico do que os relevos de superfície plana ou tabular.

As planícies fluviais e as áreas de acumulação sazonal, em virtude de suas características físicas, não podem ter mensurados a dimensão interfluvial e o grau de entalhamento. Como são ambientes de uma dinâmica ambiental muito intensa, é imposto a estes locais um alto grau de fragilidade.

Os atributos da fragilidade ambiental, segundo os critérios geomorfológicos, compuseram o quadro 3.

Quadro 3: Atributos Geomorfológicos da fragilidade ambiental.

<b>Geoclasse</b>	<b>Dimensão Interfluvial</b>	<b>Grau de Entalhamento</b>	<b>Forma do relevo</b>	<b>Fragilidade Ambiental</b>
Áreas de Acumulação Sazonal	-	-	3.0	3.0
Planícies Fluviais	-	-	3.0	3.0
Cristas Residuais e Inselbers	-	-	3.0	3.0
Vertente Seca	1.7	3.0	3.0	2.56
Vertente Subúmida Seca	1.7	3.0	3.0	2.56
Vertente Úmida	1.5	3.0	2.8	2.43
Superfície Pediplanada	1.5	2.0	2.0	1.83
Alvéolos	2.5	1.0	1.0	1.5
Tabuleiros Interiores	1.0	1.5	1.0	1.16

## *Pedologia*

As características referentes à profundidade estimada, saturação por bases, a presença e espessura do horizonte textural e o contexto físico da área de ocorrência, de cada tipo de solo, subsidiaram o cálculo da fragilidade ambiental. Os perfis utilizados para análise foram executados por Oliveira (2002).

As características referentes à saturação por bases e presença e espessura do horizonte textural foram extraídas do horizonte B. As ocorrências pedológicas recentes ou que não apresentem o horizonte B são, conseqüentemente, de uma área de rápidas alterações ambientais. Assim sendo, foi estipulado alto grau de fragilidade.

Com relação à profundidade estimada do perfil, os solos mais profundos são reflexos de uma alteração mais prolongada ao longo do tempo, com uma atuação maior dos processos pedogenéticos, portanto, são menos frágeis. E os solos mais rasos ainda não conseguiram desenvolver seus perfis com base nos processos pedogenéticos e com isso são mais frágeis.

Os solos com profundidades inferiores a 40 cm possuem fragilidade 3.0. Profundidades entre 40 e 80 cm fragilidade 2.5, entre 80 e 120 cm fragilidade 2.0, entre 120 e 160 cm fragilidade 1,5 e profundidade superior a 160 cm fragilidade 1.0.

Quadro 4: Atributos Pedológicos da Fragilidade Ambiental

<b>Geoclasse</b>	<b>Profundidade estimada</b>	<b>Saturação por Bases</b>	<b>Horizonte Textural</b>	<b>Contexto Físico</b>	<b>Fragilidade Ambiental</b>
Latossolo Amarelo	1.0	2.5	1.0	1.2	1.42
Distrófico Plintissolo Eutrófico	1.0	1.5	1.0	3.0	1.62
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	1.5	1.8	2.4	2.0	1.92
Planossolo Háptico Eutrófico	2.5	1.3	3.0	2.0	2.07
Neossolo Flúvico Eutrófico	3.0	1.7	3.0	1.0	2.17
Neossolo Regolítico Distrófico	3.0	3.0	3.0	1.5	2.62
Neossolo Litólico Eutrófico	3.0	1.7	3.0	2.9	2.65
Luvissolo Crômico	3.0	2.7	2.5	2.5	2.67

A saturação por base é que espelha o caráter eutrófico ou distrófico, característica que reflete a fertilidade do solo, sendo importante para o uso agrícola. Portanto, os solos com concentração de bases (V) elevadas são menos frágeis e os solos com a concentração de bases reduzida são mais frágeis.

A presença e a espessura do horizonte textural influenciarão diretamente na percolação de água no perfil, na erosão laminar, no impedimento ao crescimento das raízes da planta e na mecanização. Em virtude disto, os solos que apresentam horizonte textural são mais frágeis do que as ocorrências que não apresentam esta característica.

O contexto físico da área de ocorrência leva em consideração as características de declividade, rochosidade e pedregosidade do ambiente em que foi executado o perfil. Quanto maiores o declive, a rochosidade e a pedregosidade, maior será a fragilidade do solo. Os pesos dos atributos pedológicos estão exemplificados no quadro 4, na página anterior.

#### *Cobertura vegetal/uso da terra*

Os critérios relativos à cobertura vegetal foram associados ao uso da terra por serem ocorrências que se justapõem espacialmente.

A fragilidade ambiental das coberturas vegetais foi mensurada conforme o grau de proteção ao solo e os aspectos fisionômicos que a vegetação oferece. Estes aspectos são a caducifolia, o porte vegetacional e as características do sistema radicular.

Os tipos vegetacionais que apresentam caducifolia, caracterizando-se pela perda de folhas em determinada época do ano, são mais frágeis quando comparados com os tipos que não apresentam esta característica.

Como a caatinga é mais caducifólia do que a mata úmida, deixando o solo desprotegido por mais tempo às variações climáticas ao longo do ano, a formação vegetal do tipo caatinga é mais frágil que a do tipo mata úmida.

Em relação ao porte vegetacional, quanto mais alta e maior for a copa do tipo vegetal, mais protegido estará o solo do impacto direto da precipitação, conseqüentemente, menos frágil é o ambiente.

Na lição de Fernandes (1998), a caatinga apresenta-se geralmente de 3-5 m de porte vegetacional, podendo chegar raramente aos 12 m, enquanto a mata úmida possui porte vegetacional em torno de 25 m. Dessa forma, a fragilidade ambiental é maior na caatinga do que na mata úmida.



As características do sistema radicular influenciam diretamente a retenção das partículas do solo, amenizando os impactos erosivos. Então, quanto mais profundas e mais adensadas sejam as raízes das plantas, menos frágil é o ambiente.

A vegetação de mata úmida normalmente possui um sistema radicular, onde a maior parte de suas raízes se concentra nos primeiros 30 cm de solo, mas pode chegar até 2,5 m de profundidade, enquanto a vegetação de caatinga possui um sistema radicular que concentra grande parte das raízes nos primeiros 25 cm de solo. As raízes do tipo arbóreo, contudo, podem chegar até 1,5 m de profundidade. Com isso, foram estimadas as fragilidades conforme o quadro 5.

As formas de uso da terra tiveram suas fragilidades medidas em virtude do impacto que causam, tanto no preparo do solo para o cultivo, como pelo tempo em que o solo fica exposto após a sua utilização.

Como no mapeamento de uso da terra executado, por vezes, foram associados os tipos de cobertura vegetal com a forma de uso, estimou-se a fragilidade pela forma de uso da terra em virtude da cobertura vegetal estar em pousio para ser utilizada posteriormente.

Quadro 5: Fragilidade Ambiental da Cobertura Vegetal e Forma de Uso

<b>Geoclasse</b>	<b>Caducifolia</b>	<b>Porte</b>	<b>Sistema Radicular</b>	<b>Solo Protegido</b>	<b>Fragilidade Ambiental</b>
Caatinga arbustiva aberta associada, com solo exposto (pastagens naturais e silvicultura)	3.0	2.9	2.8	3.0	2.92
Caatinga em pousio / regeneração (silvicultura)	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9
Culturas temporárias	-	-	-	2.9	2.9
Culturas temporárias e permanentes	-	-	-	2.7	2.7
Culturas permanentes	-	-	-	2.5	2.5
Mata úmida	1.1	1.1	1.2	1.2	1.15

### *Clima*

Dentre os aspectos climáticos abordados para o cálculo da fragilidade ambiental, foram tomados em consideração o número de meses secos e a precipitação. O número de meses secos influencia diretamente nas atividades de uso da terra, sejam elas culturas temporárias, permanentes, ou pecuária.

Em virtude disto, as áreas com uma estação seca mais prolongada possuem maior fragilidade ambiental se comparadas com as áreas que possuem esta estação seca mais restrita ao longo dos meses. Na área foram levantados quatro tipos climáticos, conforme o capítulo 3, onde a variação estava na precipitação e nos meses secos.

O tipo climático tropical quente semi-árido de 9 a 10 meses secos é o que possui a maior estação seca da área de pesquisa, portanto, possui fragilidade 3. A partir deste fato foi realizada uma comparação dos números de meses secos de cada tipo climático com o tropical quente semi-árido de 9 a 10 meses secos, resultando nos valores que compuseram o quadro 5.

Com relação à precipitação, foi analisada a série histórica entre os anos de 1975 e 2005, conforme a quantidade precipitada foi atribuída ao valor da fragilidade.

Nos locais de maior precipitação, ocorre maior disponibilidade hídrica, sendo, então, de fragilidade menor do que nos locais onde se tem menor precipitação e consequentemente uma menor disponibilidade hídrica.

As áreas abrangidas por uma precipitação média estimada inferior a 650 mm possuem fragilidade 3. Áreas com precipitação média estimada entre 650 e 1.000 mm possuem fragilidade 2.0. Áreas com a precipitação média estimada entre 1.000 e 1.250 mm possuem fragilidade 1.7 e áreas com a precipitação média maior que 1.250 mm possuem fragilidade 1,5.

Estes valores foram atribuídos segundo os critérios de altura, diferença entre a máxima e a mínima precipitação e a distribuição ao longo do ano. Os atributos da fragilidade ambiental segundo os critérios climatológicos formam o quadro 6.

Quadro 6: Atributos Climatológicos da Fragilidade Ambiental

<b>Geoclasse</b>	<b>Número de Meses Secos</b>	<b>Precipitação</b>	<b>Fragilidade Ambiental</b>
Tropical quente semi-árido de 9 a 10 meses secos	3.0	3.0	3.0
Tropical quente semi-árido de 7 a 8 meses secos	2.4	2.5	2.45
Tropical quente semi-árido de 6 meses secos	1.8	1.7	1.75
Tropical quente semi-úmido de 5 meses secos	1.5	1.5	1.5

Na região pesquisada, não foi encontrado nenhum registro de fragilidade muito baixa. As áreas de forte fragilidade ambiental são as que predominam com 2.098,24km<sup>2</sup> ou 61,11% da área. As áreas de fragilidade muito forte possuem 279,52km<sup>2</sup> com 8,94%

da área total. As áreas de fragilidade média têm 732,64km<sup>2</sup> ou 23,43% do total e de fragilidade baixa possuem 15,79 km<sup>2</sup> (0,50%) conforme figura 1.

**FRAGILIDADE AMBIENTAL  
DA SERRA DE URUBURETAMA**

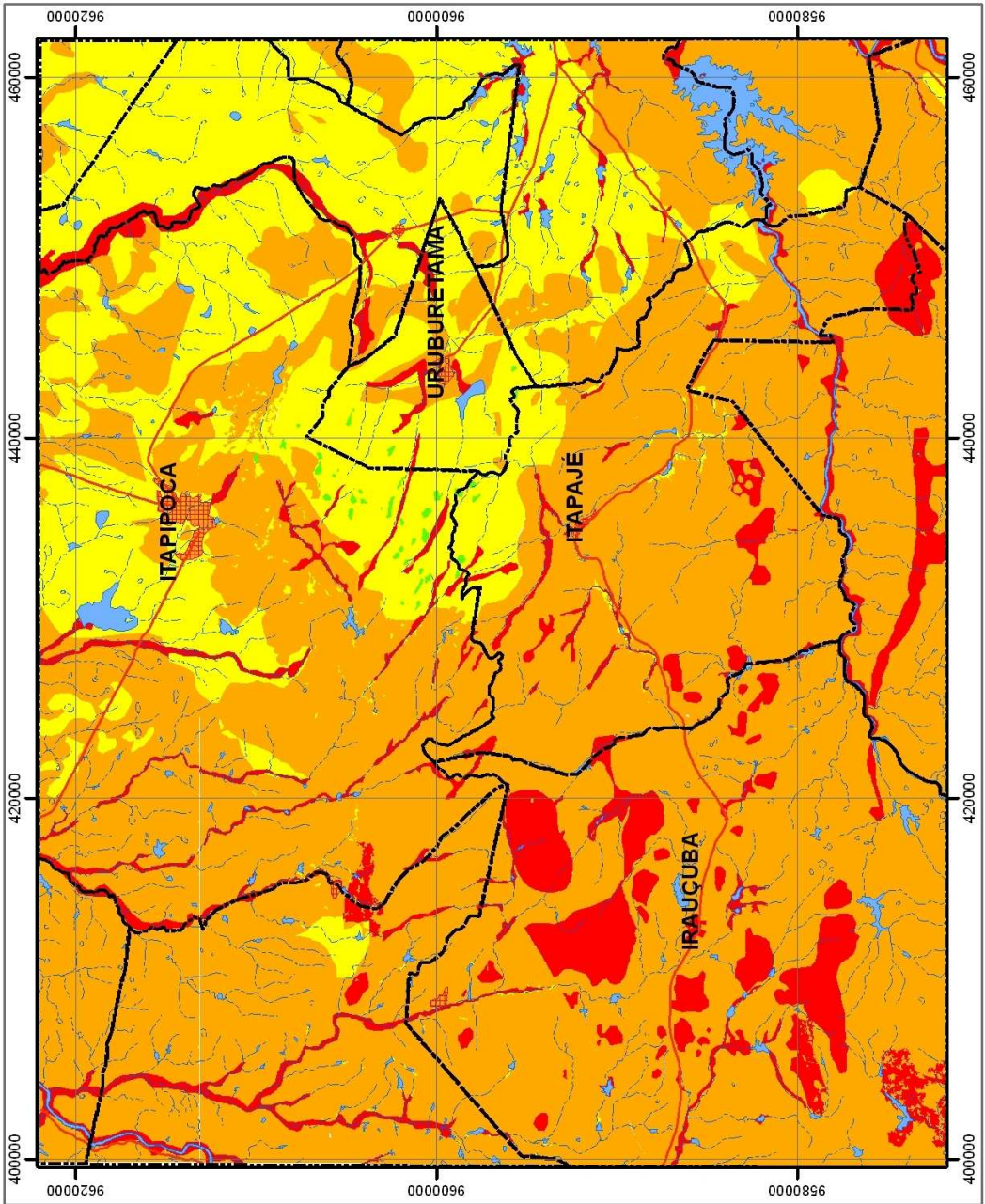
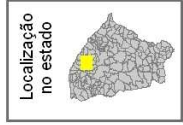


**Convenções cartográficas**

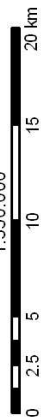
- Limite municipal
- Estradas pavimentadas
- Açudes e lagoas
- Rios e riachos
- Núcleo urbano

**Fragilidade ambiental**

- Muito forte
- Forte
- Média
- Baixa



Escala aproximada  
1:350.000



Organização:  
Marcus Vinicius Chagas da Silva  
Erika Gomes Brito

Fortaleza, janeiro de 2007.

Figura 1: Mapa da fragilidade ambiental na serra de Uruburetama.

### 3. Conclusões

O cálculo da fragilidade ambiental de acordo com os parâmetros de Crepani *et. al.* (1996), mostrou-se bastante eficaz. Os resultados encontrados foram compatíveis com as características geoambientais da área pesquisada.

Comparando o resultado da fragilidade com as suas variáveis, nota-se que a geomorfologia foi a que apresentou maior variação da fragilidade em uma mesma ocorrência. A vertente úmida, por exemplo, é composta de fragilidade desde baixa até muito forte.

E em contrapartida os aspectos pedológicos foram os que apresentaram uma menor variação de fragilidade, normalmente uma ou duas classes de fragilidade compõem uma ocorrência pedológica.

Ações paliativas do poder público com relação a recuperação ambiental das áreas já degradadas, devem ser direcionadas por este cálculo, já que para propor as formas de utilização dos recursos naturais, deve-se respeitar o potencial ecológico da área, e a fragilidade, é reflexo deste potencial ecológico.

### Referencias bibliográficas

BRANDÃO, R.L. **Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba – CE. Texto explicativo. Carta Geoambiental.** Fortaleza: CPRM, 2003.

CAVALCANTE, José Carvalho [et al]. **Mapa Geológico do Estado do Ceará.** 1ª edição. Escala 1:500.000. Fortaleza: CPRM, 2003.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P. & FLORENZANO, T. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico.** São José dos Campos: INPE, 1996.

FERNANDES, Afrânio. **Fitogeografia brasileira.** Fortaleza: Multigraf, 1998.

GOMES, Alessandra Rodrigues; CREPANI, Edison; CARVALHO, Vitor Celso de; MEDEIROS, José Simeão de. **Aplicação da Metodologia ZEE para Análise da Vulnerabilidade à Perda de Solo em Ambiente Semi-Árido.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE: Goiânia, 2005. p. 3519-3526.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 3ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

INPE. Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais. **Manual do Sistema de processamento e informações georreferenciadas-SPRING**. São José dos Campos: São Paulo, 2006.

OLIVEIRA, V.P.V. **Prospección, caracterización y cartografía edafopaisajística en una región montañosa del semiárido brasileiro: La Sierra de Uruburetama (Sertão Noedestino – Ceará - Brasil)**. Almería: Universidad de Almería. Tesis Doctoral, 2002.

PENTEADO, Margarida. **Fundamentos de geomorfologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.

SEAGRI. Secretaria da Agricultura e Pecuária. **Zoneamento Agrícola do Estado do Ceará**. Escala 1:800.000. Fortaleza, 1988.

SPÖRL, Christiane & ROSS, Jurandyr L.S. **Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos**. In: GEOUSP, nº15, São Paulo, 2004.

# SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGICAS E MORFOGÊNESE DA ÁREA DE NAZARÉ DA MATA – PE

**Kleython de Araújo Monteiro** - [kleython\\_ufpe@hotmail.com](mailto:kleython_ufpe@hotmail.com)

Aluno do programa de pós-graduação em Geografia na UFPE

**Antonio Carlos de Barros Corrêa** - [dbiase2001@terra.com.br](mailto:dbiase2001@terra.com.br)

Professor Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE

## RESUMO

A dinâmica evolutiva do relevo incita há mais de um século pesquisadores em busca de sua compreensão. A evolução do modelado, mediada pelo estudo da evolução das vertentes foi o principal objeto de estudo da geomorfologia durante várias décadas. No presente artigo buscar-se-á o entendimento da morfogênese da região de Nazaré da Mata, cidade pertencente à Zona da Mata pernambucana, a partir da perspectiva das teorias de “Superfície de Aplainamento” ou “Superfícies Erosivas”, sendo trabalhadas as idéias das superfícies de aplainamento propostas inicialmente por Davis e posteriormente modificadas por outros autores, como sendo um dos principais paradigmas na busca do entendimento da morfogênese. Serão apresentadas e comparadas as principais correntes desta perspectiva, sendo as mesmas analisadas de acordo com o produto final que oferecem, partindo de uma análise morfométrica das formas. Os dados estudados foram processados mediante o emprego de métodos do geoprocessamento, aliados a análises que buscaram a interação entre o contexto geotectônico, a cobertura superficial e os processos atuantes na superfície da região em apreço. Abordou-se também a forma como cada teoria apresenta sua perspectiva de evolução do modelado e quais os parâmetros utilizados para tal. Como resultado desta pesquisa obteve-se que trabalhos clássicos de autores que trabalharam patamares erosivos no Nordeste do Brasil identificaram 2 (duas) superfícies de aplainamento que podem ser relacionadas aos parâmetros morfométricos da área, enquanto que a metodologia proposta pelo presente artigo identificou pelo menos 3 (três) seções morfogenéticas distintas na área estudada. Por fim, o trabalho realizado sugeriu a utilização de uma gama de procedimentos metodológicos, em bases automatizadas, que favoreceram uma interpretação da região estudada em uma escala de tratamento mais adequada.

Palavras-chaves: superfícies de aplainamento, ferramentas de geoprocessamento, Nordeste do Brasil.

## ABSTRACT

Landforms evolving dynamics, for longer than a century, has caught the attention of researchers who tried to understand it. Landforms evolution, paired with the study of hill slope back-wearing, were the main focus of geomorphological studies for many decades. In this article we will seek to understand the morphogenesis in the area of Nazaré da Mata, State of Pernambuco, Northeastern Brazil, based on the erosion surfaces perspective. Initially erosion surface approaches were dealt with according to the Davisian perspective, latter modified by the contribution of other authors, that used this theoretical framework as one of the main paradigms for understanding the role of morphogenesis. The main ideas within these theoretical perspectives were compared, regarding the final product of their analysis based on morphometric studies. Data were processed by the use of geo-processing tools, coupled with analysis that sought the interaction between the geotectonic context, landscape surface cover and functional earth surface processes. The present work has also showed they way each theoretical background presents their morphogenetical explanation, and which parameters are used in order to accomplish that. As a result of this research it was found that the application of classical works terminology emanating from authors who have studied erosion surfaces in the Northeast of Brazil points to the occurrence of 2 (two) erosion levels in the area, derived from the direct application of their morphometric parameters. On the other hand, the proposed methodology has identified at least 3 (three) discrete morphogenetic sections in the studied area. Finally, the research has suggested the use of an array of methodological procedures, based on

automated tools, which favored the interpretation of the studied landforms in a more adequate scale.

Keywords: Planation surfaces, geo-processing tools, Northeast of Brazil.

## INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O presente trabalho foi elaborado no intuito de trazer uma contribuição ao entendimento da dinâmica evolutiva da paisagem sob a perspectiva das superfícies erosivas, também chamadas de superfícies de aplainamento. Essas teorias foram desenvolvidas a partir da utilização de métodos morfométricos que geravam determinadas informações sobre a paisagem. Essas informações eram trabalhadas no intento de determinar como havia se desenvolvido os compartimentos de relevo da região estudada, a partir de uma perspectiva evolutiva e cronológica.

Este trabalho visa então empregar novos métodos de processamento de informações acerca da paisagem geomorfológica como ferramentas de compreensão de sua evolução e hierarquização, e compará-los com os métodos trabalhados tradicionalmente pela geomorfologia clássica, já tão bem consolidados nos centros acadêmicos que atuam na pesquisa dos processos físicos elaboradores da superfície terrestre.

A área escolhida para a realização da pesquisa foi a do município de Nazaré da Mata, no Estado de Pernambuco e seus arredores. Este município localiza-se na Zona da Mata Norte do Estado pernambucano e possui uma área aproximada de 150km<sup>2</sup> (Fig. 1). Essa área é parte de uma região caracterizada como um sistema de falhas Pré-Cambrianas que foram reativadas no Cenozóico, o que gera uma paisagem composta por Grábens e Horsts que conferem ao modelado uma configuração semelhante às teclas de um piano (MABESOONE, 1991). Essa zona, situada entre duas grandes zonas de cisalhamento, a de Pernambuco e a de Patos, possui correspondência tectônica no lado Africano e é denominada de “*Median Shear Corridor*”. Sua configuração principal é de um sistema de falhas transcorrentes devido ao regime divergente de margem passiva, produto do desmantelamento de Gondwana (BRITO NEVES *et al*, 2001).



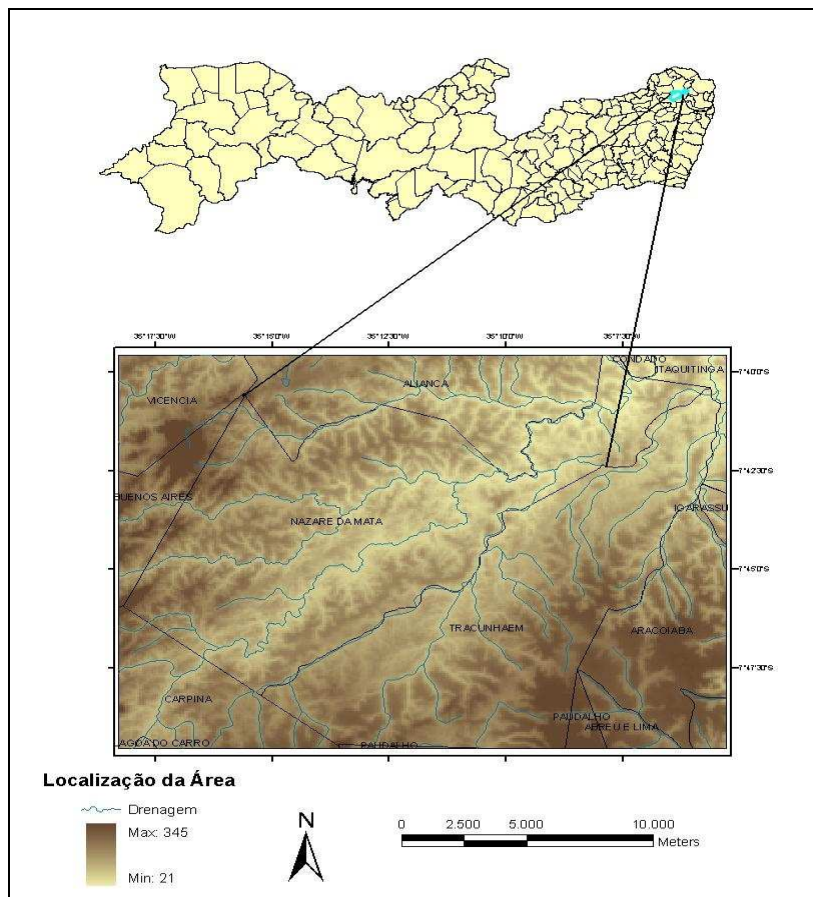


Figura 1 – Mapa de Localização da Área de Estudo.

A partir daí pretende-se verificar a aplicabilidade de métodos de compreensão da dinâmica evolutiva da paisagem, que em sua grande maioria postulam uma quietude tectônica de longo prazo, como viáveis ou não no trato evolutivo de paisagens tectonicamente perturbadas num passado geológico recente, e como esses métodos deveriam se adequar, no que concerne ao manejo da escala, para melhor compreender como se deu o desenvolvimento da paisagem natural de determinadas regiões.

## AS TEORIAS DE SUPERFÍCIE DE EROSÃO

O relevo terrestre passa por sucessivas fases de elaboração e destruição de suas formas. Essa é uma das principais premissas inerentes às teorias que tratam das superfícies de aplainamento ou superfícies erosivas. A perspectiva da evolução do relevo ao longo do tempo geológico foi um dos temas mais trabalhados no campo da Geografia Física desde o final do século XIX. Estas teorias surgiram após longos debates travados no âmbito da formulação do conceito de paisagem e como se daria sua evolução.

Um dos primeiros a tratar dessa temática a partir deste novo olhar foi William Morris Davis, quando trabalhou com as paisagens temperadas úmidas da Nova

Inglaterra e escreveu sua grande obra “O Ciclo Geográfico” (1899), que se transformaria em um dos pináculos das teorias que iriam se desenvolver a partir de então. A perspectiva de Davis foi norteada pela hipótese de que a atuação da denudação em longa duração de tempo destruiria as formas de relevo. O mesmo adotou então uma abordagem para a compreensão da história da paisagem física fundamentada na metodologia das ciências históricas, trabalhando com a idéia de sucessivas fases de elaboração e destruição do relevo. Seu antecessor no estudo das paisagens norte-americanas Gilbert (1880) utilizava uma perspectiva baseada na compreensão dos processos atuantes no ambiente natural, sem enfatizar a ação do tempo longo sobre as formas resultantes. O estudo dos processos esclareceria a dinâmica da paisagem natural, e a sua compreensão resultaria em um melhor entendimento de como a paisagem física se desenvolveria (CHRISTOFOLLETI, 1974).

A perspectiva das superfícies de aplainamento se tornaria então a procura por um maior entendimento de como se daria a evolução do modelado sob a perspectiva da formação e destruição das cadeias montanhosas ao longo do tempo geológico.

Algumas das diversas formas de pensamento decorrentes do emprego das hipóteses davisianas são relacionadas, de uma forma resumida, a seguir:

**Peneplanação** - William Morris Davis foi um dos primeiros autores a trazer este tipo de abordagem sobre o relevo. Após alguns trabalhos geológicos/geomorfológicos realizados no nordeste dos Estados Unidos ele propôs que o relevo se desenvolvia através de um ciclo que passava por Juventude, Maturidade e atingia a Senilidade, retornando posteriormente à juventude numa fase de rejuvenescimento, sendo estas fases resultantes da suavização e recuo das vertentes e rebaixamento do relevo. Este processo foi chamado por ele de “O Ciclo Geográfico” (DAVIS 1899). O modelo de Davis está baseado basicamente na atuação da gravidade produzindo detritos provenientes das encostas e da capacidade dos rios em retirar este material. A evolução do relevo se daria por uma constante mudança na granulometria dos detritos provenientes da encosta, sendo eles mobilizados pela ação da gravidade até a base da encosta onde seriam removidos de acordo com a competência da drenagem. Partindo desse raciocínio o relevo na sua fase de juventude possuiria encostas inclinadas com uma espessa cobertura de material detrítico na base que seria levado como parte da carga do rio. A encosta passa a ser bastante recortada por canais e com inclinação bastante suavizada, relativa à retirada do material na fase de maturidade, atingindo finalmente a senilidade, quando o sistema fluvial não teria mais capacidade de carrear todo o material, também devido à diminuição do gradiente altimétrico e da declividade,

passando os rios a meandrar sobre uma superfície quase plana, o Peneplano. Após a Senilidade com completa destruição das formas e aplainamento do relevo ocorreria um soerguimento brusco de duração quase que momentânea se comparado com o tempo de desgaste do relevo, mas de grande eficiência trazendo novamente o relevo a uma fase de juventude (BIGARELLA, 2003; MONTEIRO, 2008).

Uma das grandes críticas trazida ao trabalho de Davis é de que o “Ciclo Geográfico” considera o soerguimento gerador de formas como quase que momentâneo, possuindo uma duração desprezível no tempo, seguido de uma calmaria tectônica de longa duração que permitiria a atuação da denudação na destruição das formas (DAVIS, 1899). O problema é que tanto o soerguimento episódico quanto a calmaria tectônica de longa duração não são verificados mesmo em margens continentais passivas, sendo assim difíceis de serem aceitas por outros autores.

**O “Primärrumpf”** - Em 1953 Walter Penck abordou a evolução das paisagens sob outra perspectiva, a da interação de dois fatores que deveriam agir em conjunto: o soerguimento crustal e a denudação. Penck era um dos maiores críticos da idéia de ciclo geográfico de Davis. Para ele o soerguimento brusco e a calma tectônica prevista por Davis não possuíam registros aceitáveis (BIGARELLA, 2003). O autor elaborou então a idéia de que o soerguimento poderia ocorrer tanto de forma brusca como também de forma mais lenta e que a capacidade de denudação do clima em relação a determinado grau de soerguimento é que iria determinar as formas do relevo (PENCK, 1953). De acordo com esse autor as encostas evoluíam da seguinte forma:

- a) desenvolvimento côncavo (*waning development*) onde a denudação é mais rápida do que o soerguimento (perfil côncavo);
- b) desenvolvimento estacionário (*stationary development*), quando o soerguimento ocorre com a mesma velocidade da denudação (perfil paralelo ou retilíneo das encostas);
- c) desenvolvimento convexo (*waxing development*), quando o levantamento crustal ocorre de forma mais acelerada do que a denudação (perfil convexo).

Penck concluiu que todos os processos de denudação dependem dos efeitos da gravidade e, portanto, deveriam ser os mesmos para áreas submetidas a climas diferentes (BIGARELLA, 2003). Se supormos condições endogenéticas iguais, os processos de denudação deveriam agir de forma similar, variando apenas em grau e não em natureza de acordo com o tipo climático. Ou seja, de acordo com ele (PENCK, 1953), o clima apenas interfere na intensidade da denudação que vai agir de forma conjunta com o soerguimento crustal (MONTEIRO, 2008).

As principais divergências entre as idéias de Davis e Penck residiam no modo em como a vertente se desenvolveria. A perspectiva davisiana atribuía à encosta um caráter regressivo com rebaixamento do seu ângulo (*downwearing*), enquanto que a perspectiva penckiana defendia a idéia de que a encosta recuaria mantendo o seu ângulo de equilíbrio (*backwearing*).

**Pediplanação** – A pediplanação foi uma teoria desenvolvida por Lester King, quando o mesmo trabalhou nas encostas africanas e desenvolveu uma metodologia de identificação e descrição da evolução do modelado. Este pesquisador realizou, em 1956, trabalho semelhante no território brasileiro delimitado como sendo o Brasil Oriental, território este compreendendo os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Sergipe e Bahia, além de partes de Minas Gerais e Paraná. Esta metodologia consistia em identificar nas encostas seções que de acordo com ele seriam constituintes de uma encosta ideal. Essa encosta ideal deveria possuir de cima para baixo uma seção convexa (*waxing slope*), uma face nua (*free face*), uma seção detrítica (*debris slope*) e um pedimento. A partir da identificação destas seções em diversas zonas climáticas diferentes, King (1953) levanta a hipótese de que o clima tem pouca influência no desenvolvimento da encosta, admitindo haver exceções em climas glaciais, periglaciais e muito áridos.

Para King (1962) após ser atingido o ângulo de equilíbrio da encosta ela evoluiria em recuo constante e paralelo. Mas o autor também considera que diferenças litológicas e espaçamento da rede de drenagem, entre outras propriedades, poderiam alterar o perfil ideal da encosta (BIGARELLA, 2003; MONTEIRO, 2008).

Para King (1953) a evolução dita normal do relevo se daria em um clima semi-árido, onde a partir de um soerguimento regional generalizado e a formação de uma ruptura abrupta no declive (*knickpoint*), a rede fluvial passaria a erodir de forma remontante os divisores, a erosão regressiva. A partir do momento em que fosse atingido o estágio de equilíbrio da encosta ela passaria a regredir de forma constante e paralela criando uma superfície erosiva rebaixada derivada da regressão da escarpa. A essa superfície rebaixada, suavemente inclinada em direção ao curso fluvial se dá o nome de pedimento. Na coalescência de dois pedimentos forma-se o pediplano.

**Etchplanação** – os processos de denudação, junto com as concepções geotécnicas, constituem-se nas principais preocupações da ciência geomorfológica. Embora esses processos venham sendo exaustivamente estudados desde o século passado, eles estão longe de ser compreendidos. Em parte, essa lacuna na compreensão dos processos de denudação se deve ao fato de que os processos físicos e mecânicos não se constituem

nos únicos atuantes na erosão da superfície terrestre. A denudação geoquímica também compõe uma gama de processos responsáveis pela destruição em longo prazo do relevo (MONTEIRO, 2008).

Para Vitte (2005) intemperismo é “a resposta das propriedades físicas, químicas e mineralógicas das rochas às condições existentes na superfície da Terra”, sendo portanto o resultado da interação entre litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera.

O papel do intemperismo, principalmente o intemperismo geoquímico, passou a receber maior atenção com o surgimento da teoria da etchplanação, proposta inicialmente por Wayland (1933), quando o mesmo trabalhou a morfodinâmica em Uganda. Ainda sob forte influência das idéias de Davis (1899), Wayland estudou as peneplanícies daquele país, quando sugeriu que elas teriam sido elaboradas sob um regime de alternância entre a alteração geoquímica das rochas e a erosão superficial. Sugeriu ainda que o processo de etchplanação, ou plano de corrosão, é marcado por uma paisagem profundamente alterada, que posteriormente sofreu uma fase de exposição e retirada do saprolito, gerando uma planície rochosa (VITTE, 2005).

Entretanto essa teoria não teve maiores repercussões até os trabalhos realizados por Büdel (1982), que propôs a idéia de duplo aplainamento. Essa idéia consiste na perspectiva de que um primeiro plano, o superficial, se desenvolveria e estaria condicionado aos processos atmosféricos e à dinâmica fluvial superficial, enquanto que um segundo plano ocorreria em sub-superfície e seria gerado através da alteração química da rocha e o avanço daquilo que Büdel chamou de etchplano. Para Millot (1983) essa descontinuidade entre o saprolito e a rocha seria o *Front* de alteração.

O *Front* de alteração está condicionado à capacidade da rocha em resistir às forças de alteração provocadas pelo intemperismo químico e estas forças estariam diretamente relacionadas com as características mineralógicas e com setores da rocha que estivessem mais ou menos fraturados ou diaclasados no caso de rochas cristalinas, e que variariam também de acordo com as características granulométricas e com os planos de estratificações no caso das rochas sedimentares. Esses diferentes setores da rocha vão responder de forma variada às ações do intemperismo gerando a “erosão diferencial”, termo que ganhou novos ares com a teoria da etchplanação, sendo o processo de alteração mais veloz sobre rochas mineralogicamente mais frágeis.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O material utilizado para a confecção dos mapas de perfis topográficos, além de informações geomorfológicas, foi obtido a partir de dados de elevação do projeto

*Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Esses dados disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) de forma gratuita pela *Internet*, foram trabalhados nos *softwares* Arc Map 9<sup>1</sup>, Surfer 8<sup>2</sup> e Microdem<sup>3</sup> de maneira que foram obtidas informações de extrema relevância no trato da morfogênese da área, como direção preferencial das encostas, direção preferencial da drenagem, densidade de drenagem, paleosuperfícies topográficas, dentre outras.

## ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A utilização de parâmetros morfométricos é uma das principais ferramentas usadas para a identificação das superfícies de aplainamento. Essas superfícies são determinadas a partir de níveis escalonados que partem da costa e vão em direção ao interior do continente, sendo tanto mais velha a superfície quanto mais altitude tiver. Os níveis de aplainamento se desenvolveriam então a partir de um soerguimento rápido e generalizado do continente, criando um novo nível de base na costa no sopé de uma escarpa erosiva. Esta escarpa seria consumida regressivamente pela erosão, criando em sua base uma superfície mais jovem, até que outro soerguimento afetasse novamente a região que formaria outra vez uma nova escarpa erosiva e outra superfície mais baixa e conseqüentemente mais nova. Esse processo se repetiria por varias vezes gerando uma região constituída por superfícies escalonadas, separadas por escarpas erosivas e com idades que ficariam cada vez maiores à medida que houvesse um aumento de gradiente altimétrico (BIGARELLA, 2003; MONTEIRO, 2008).

Esse encadeamento de idéias é comum a quase todas as teorias clássicas de superfícies de aplainamento, porém alguns fatores tornaram-se de difícil aceitação à medida que se foram conhecendo novas técnicas no campo das geociências.

Idéias como a de que no regime cratônico de margem passiva os blocos possuem um movimento transcorrente a diferentes velocidades, e de que no passado geológico recente, após a estabilização dos continentes na posição em que se encontram hoje, houveram movimentos verticais de blocos em diversas escalas, fez com que a abordagem erosiva fosse vista com um olhar de desconfiança. O método morfométrico de identificar topos à mesma altitude como geneticamente correlacionáveis, a identificação de padrões geométricos nas escarpas erosivas e o padrão fluvial da

---

<sup>1</sup> As licenças dos *softwares* são pertencentes ao Departamento de Ciências Geográficas da UFPE.

<sup>2</sup> As licenças dos *softwares* são pertencentes ao Departamento de Ciências Geográficas da UFPE.

<sup>3</sup> As licenças dos *softwares* são pertencentes ao Departamento de Ciências Geográficas da UFPE.

drenagem superficial já não se constituem elementos satisfatórios na determinação de superfícies aplainadas.

Para uma melhor definição das superfícies erosivas, além dos métodos já clássicos, tornaram-se necessárias também as análises do contexto geotectônico, da cobertura pedológica e de uma compreensão dinâmica da paisagem acoplada a uma perspectiva histórica. Corrêa (2006) propõe o uso da perspectiva histórica para a análise da paisagem, partindo do pressuposto de que se deve buscar a compreensão de fatos passados na estruturação contemporânea da paisagem, que deve ser vista como um somatório de processos dados ao longo do tempo gerando novas formas num dado espaço e não apenas como um conjunto de elementos e processos que interagem momentaneamente entre si.

Tomando o método histórico na análise da paisagem deve-se levar em conta que a área em questão, o bordo oriental do Nordeste brasileiro, possui algumas peculiaridades no trato da morfodinâmica. Esta região, apesar de se constituir em uma área de comportamento geomorfológico cratônico de margem passiva (FINKL & FAIRBRIDGE, 1979) é organizada em diversos eixos de falhas transcorrentes, e possui um arranjo geológico disposto em Grábens e Horsts, sendo os Grábens entulhados por materiais de fácies proximais provenientes dos Horsts adjacentes (DUARTE, 2007; MONTEIRO, 2008). Junta-se a isto o fato de que esta região foi atingida por várias alternâncias climáticas no Neógeno e que estas variações causam mudança no nível de base geral, provocando um rearranjo nos cursos e padrões de drenagem.

Os fatores supramencionados são de extrema importância na análise das superfícies erosivas na área em apreço, assim como estas foram determinadas em trabalhos clássicos realizados na região sobretudo a partir da contribuição de Lester King (1956), tais como as contribuições de Bigarella & Andrade (1965) e Mabesoone e Castro (1975).

Duarte (2007) identificaram, numa área semelhante ao do presente estudo, feições proximais em depósitos encontrados no Gráben do Cariatá, situado a sudeste do Estado da Paraíba. Estes depósitos são oriundos da erosão dos Horsts adjacentes e não de algum evento de denudação regional generalizado. Na área do Gráben foram identificadas superfícies que não correspondiam cronologicamente àquelas determinadas em trabalhos clássicos para o Nordeste brasileiro. Nesses estudos foram utilizados não apenas parâmetros morfométricos, mas também análise da cobertura superficial e do contexto morfotectônico. Segue-se então uma tentativa de aplicar novos métodos para a identificação de superfícies erosivas através de análise do contexto

morfotectônico e da cobertura superficial da paisagem à área de Nazaré da Mata, Pernambuco. Para fins de comparação serão trazidos os níveis de aplainamento elaborados pelas metodologias clássicas e pioneiras na realização deste tipo de abordagem no Nordeste brasileiro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para alcançar o objetivo proposto, a identificação de superfícies erosivas através de parâmetros morfogenéticos em contraposição aos morfométricos, foram trabalhados os mapas com as superfícies sugeridas por King (1956), Bigarella & Andrade (1965) e Mabesoone & Castro (1975); o mapa de solos da região - elemento que indica o grau de evolução da cobertura superficial - além da avaliação do contexto morfotectônico e da dissecação do relevo. Esses parâmetros poderão trazer, em uma escala mais apropriada à morfodinâmica evolutiva da paisagem, uma melhor compreensão de quais são as unidades da paisagem que compõem o relevo local e como elas podem ter evoluído em um passado geológico recente.

King (1956) atribuiu superfícies através de parâmetros morfométricos ao Nordeste brasileiro, sendo elas, em ordem de idade e altimetria decrescentes, a Superfície Gondwana, a Pós-Gondwana, a Sulamericana, a Velhas e o ciclo atual denominado Paraguaçu (Fig. 2). Bigarella & Andrade (1965) identificaram pedimentos nas bases das superfícies e identificaram depósitos correlativos às mesmas atribuindo-lhes as denominações de Pd3, Pd2, Pd1, P2 e P1 (Fig. 2), sendo o Pd3 a superfície mais antiga e de maior altimetria e o P1 como sendo o ciclo atualmente em desenvolvimento, sendo correspondente ao ciclo Paraguaçu de King (1956). Mabesoone e Castro (1975) aplicaram terminologias mais regionais e definiram a seguinte seqüência de superfícies: Gondwana, Sul-americana em dois níveis (Borborema e Cariris Velhos), Sertaneja (ou Tabuleiros e Chãs se adjacentes ao litoral).



Figura 2 – Esquema representando os patamares escalonados definidos por Bigarella & Andrade (1965) e King (1956).



A partir de uma análise focada no contexto morfotectônico e na cobertura superficial da paisagem foram elaborados dois mapas no qual o primeiro (Fig. 3) traz a comparação entre as superfícies determinadas em trabalhos clássicos por King (1956) e por Bigarella & Andrade (1965) e o segundo (Fig. 4) foi o resultado da proposta da presente pesquisa. Esses mapas foram construídos após a verificação de que havia uma diferença na distribuição espacial dos solos, pois sob níveis altimétricos correspondentes e composição geológica semelhantes foram encontrados solos com diferentes níveis de desenvolvimento. Possivelmente isto se deve a um maior fraturamento na área, onde se encontram os Latossolos Amarelos, derivado de um basculamento resultante da descida do bloco central da área de estudo. Esta hipótese ganha força ao se verificar que a área à Noroeste sofre maior dissecação, fator este controlado pelo coletor principal, o Rio Tracunhaén. Esta maior dissecação sugere uma maior proximidade de uma escarpa que em função da diferença de classes de solos encontrada, pode ser uma escarpa de falha.

## Mapa de Superfícies

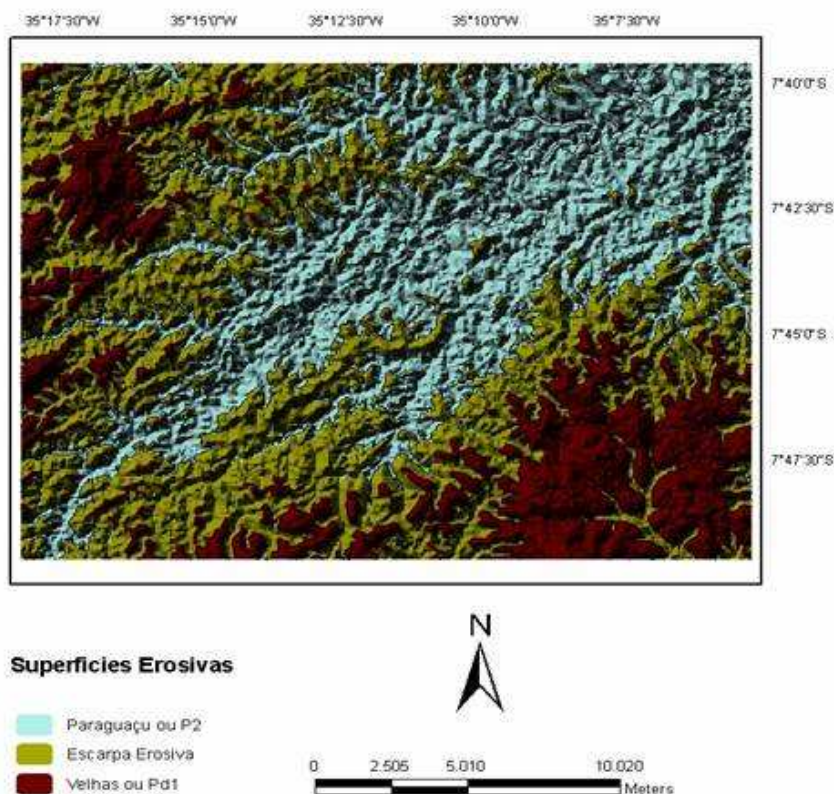


Figura 3 – Mapa demonstrando os correspondentes das superfícies erosivas definidas por Bigarella & Andrade (1965) e King (1956) para a região.

A partir destas verificações é sugerida para esta área a presença de quatro unidades de relevo identificadas a partir de uma análise da dinâmica evolutiva da paisagem observada sob a perspectiva da morfotectônica (Fig. 4):

- a superfície a Noroeste, gerada em um bloco soerguido, o Horst;
- a superfície a Sudeste, gerada em um bloco basculado;
- a superfície rebaixada do Gráben;
- o patamar erosivo de desgaste das superfícies de cimeira.

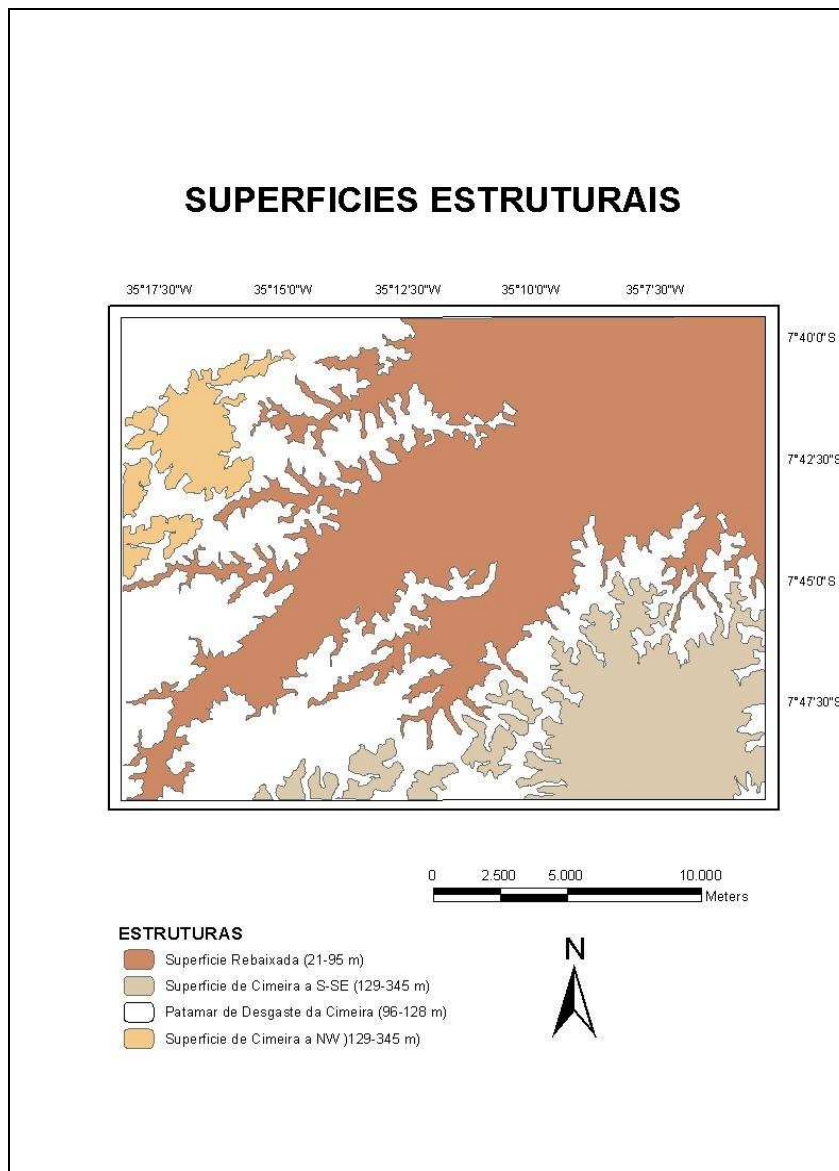


Figura 4 – Mapa demonstrando as unidades estabelecidas para a área de estudo, a partir de uma análise da dinâmica evolutiva da paisagem observada sob a perspectiva da morfotectônica.

Verificou-se então a partir da análise dos mapas que ao se modificar ou acrescentar parâmetros de forma a identificar superfícies geradas por grandes eventos erosivos, obtém-se produtos diferentes. Ao invés de três unidades separadas por níveis altimétricos que foram deliberados a partir de grandes escarpamentos regionais e transportados para a escala do local, foram identificadas quatro compartimentos estabelecidos pelas características morfogenéticas peculiares da área.

Essas superfícies erosivas, que Peulvast & Claudino Sales (2002) definiram como sendo “... superfícies rochosas horizontalizadas formadas pela ação erosiva, apresentando declives apenas suficientes para a ocorrência do escoamento superficial livre das águas e dos fluxos fluviais ...”, continuam sendo um paradigma a ser bastante discutido no âmbito da ciência geográfica e geomorfológica. Principalmente porque não

foram definidos ainda métodos que pudessem ser atribuídos homoganeamente em todas as pesquisas inerentes a este tema. Mas como um de seus principais problemas é a escala a ser utilizada na abordagem antes mesmo de definirem parâmetros, deve-se então analisar cada caso como único e verificá-los em suas peculiaridades para que se alcance de uma forma mais fidedigna a compreensão da dinâmica evolutiva da paisagem.

## REFERÊNCIAS

BIGARELLA J.J. & ANDRADE G. O. *Contribution to the study of the Brazilian quaternary*. In: WRIGHT Jr. H.E. & FREY D.G. *International studies on the Quaternary*. *Geological Society of America*, vol. 84: p. 443-451 (special paper), 1965.

BIGARELLA, J. J. *Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais* (vol. 3). Florianópolis: ed. da UFSC. 1435p. 2003.

BRITO NEVES, B. B.; SCHMUS, W. R. V.; FETTER, A. *Noroeste África-Nordeste do Brasil (Província Borborema). Ensaio comparativo e Problemas de Correlação*. *Revista do Instituto de Geociências Usp, São Paulo*, v. 1, n. 1, p. 59-78, 2001.

BUDEL, J (1982) *Climatic geomorphology*. Princeton, Princeton Univ. Press. 443p.

CHRISTOFOLETTI, A., 1974. *Geomorfologia*. Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 149págs.

CORRÊA, A.C.B. *Geossistema como um modelo para a compreensão das mudanças ambientais pretéritas: Uma proposta de Geografia Física como ciência histórica*. In: *Regionalização e Análise Regional: Perspectivas e Abordagens Contemporâneas / Organizadores: Sá, A.J. & Corrêa, A.C.B.* Recife. Editora Universitária da UFPE, 2006.

DAVIS, W.M., 1899. *The geographical cycle*. *Geographical journal*, 14: 481-504.

DUARTE, C.C. *Análise Morfoestratigráfica do Gráben do Cariatá*. Monografia. NAPA, UFPE, Recife, 2007.

FINKL, C.W. & R.W. FAIRBRIDGE, *Paleogeographic evolution of a rifted cratonic margin: SW Australia, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 26 (1979), pp. 221–252.

GILBERT, G.K., 1880. *The geology of the Henry Mountains. U.s. Department of the interior, Wwashington*, 160PÁGS.

HACK, J.T., 1960. *Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. Am. Journ. Science*, 258-a (bradley volume): 80-97. Transcrito em notícia geomorfológica, 12(24): 3-37.

KING, L.C., 1953. *Canons of Landscape Evolution. Geol. Soc. America bull.*, 64: 721-732.

\_\_\_ 1962. *The Morphology of The Earth*, Edinburgh: Olier & Boyd, 1962.

\_\_\_ 1956. A Geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geomorfologia, IBGE*, Rio de Janeiro, 18:147-265.

MABESOONE, J. M.; CASTRO, C. Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste Brasileiro. *Boletim do núcleo do nordeste, Recife, Associação Brasileira de Geologia*, p. 5-35, 1975.

MABESOONE, J. M. (Coord.) 1991. *Revisão Geológica da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Universidade Federal de Pernambuco, Estudos e Pesquisas, Série B*, 10: 1-252.

MILLOT, G. (1983) *Planation of Continents by Intertropical Weathering and Pedogenetic Processes. In: MELFI, A.J. e CARVALHO, A. de. (orgs.) Laterisation Processes. Proceedings II International Seminar on Laterisation Processes. São Paulo, Brasil. p. 53-63.*

MONTEIRO, K. A. Superfícies Geomorfológicas e morfodinâmica da área de Nazaré da Mata – PE. Monografia. Departamento de Ciências Geográficas. CFCH. UFPE, Recife – PE. 2008.

PENCK, W., 1953. *Morphological Analysis of Landforms*. Mcmillan and Co., London, 429 págs.

PEULVAST, J.P.; CLAUDINO SALES, V. (2002). Aplainamentos e Geodinâmica: Revisitando um problema clássico em Geomorfologia. *Mercator*, vol. 1, pp. 112-152.

VITTE, A. C. Etchplanação dinâmica e episódica nos trópicos quentes e úmidos. *Revista do departamento de Geografia, Unicamp* 16 (2005) 105-118, 2005.

WAYLAND, E.J. *Penplains and some other erosional platforms, Annual Report and Bulletin, Protectorate of Uganda Geological Survey, Department of Mines, Note* vol. 1 (1933), pp. 77-79. 1933.

# IDENTIFICAÇÃO DE *LOCI* DEPOSICIONAIS COMO CONTRIBUIÇÃO PARA A COMPREENSÃO DA DINÂMICA EVOLUTIVA DA PAISAGEM NA ÁREA DE NAZARÉ DA MATA – PERNAMBUCO E SEU ENTORNO

**Kleython de Araújo Monteiro**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia / UFPE - [kleython\\_ufpe@hotmail.com](mailto:kleython_ufpe@hotmail.com)

**Hewerton Alves da Silva**

Graduando do Curso de Bach. em Geografia / UFPE - [he.was@hotmail.com](mailto:he.was@hotmail.com)

**Camila de Sousa Lima**

Graduanda do Curso de Bach. em Geografia / UFPE - [camila.ufpe@gmail.com](mailto:camila.ufpe@gmail.com)

**Antonio Carlos de Barros Corrêa**

Professor Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas / UFPE - [dbiase2001@terra.com.br](mailto:dbiase2001@terra.com.br)

## RESUMO

Este trabalho buscou a utilização de ferramentas do geoprocessamento para a identificação de *loci* deposicionais contemporâneos e identificar possíveis inversões recentes do relevo. Esses parâmetros foram analisados na busca de um produto voltado para a compreensão da estruturação da paisagem e sua dinâmica. Dinâmica esta discutida por diversos autores dos quais alguns são citados no texto e suas perspectivas discutidas de forma a trazer um melhor entendimento de como se dá o desenvolvimento dos fatores que interagem na morfogênese. Foram utilizados dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) obtidos da Embrapa Monitoramento por Satélite na articulação compatível à escala de 1:250.000 (IBGE) da carta SB-25-Y-C. Esses dados foram trabalhados nos *softwares* Microdem 10.1 e Surfer 8, utilizando-se o método de krigagem para a obtenção do Modelo Digital do Terreno (MDT). Esses métodos permitiram também a elaboração de modelos indicativos da direção e concentração dos fluxos superficiais, que possibilitaram definir as condições atuais de transporte de material na paisagem. Com isso pode-se determinar quais os *loci* deposicionais atuais. Entretanto, a partir do cruzamento dos dados de gabinete com o trabalho de campo, pôde-se verificar a existência de áreas na paisagem que apesar de estarem sob regime erosivo, comportando-se com áreas fontes de sedimentos, são estruturadas em material deposicional com fácies fluvial e de fluxos de detritos e lama. Esse material, aparentemente depositado em um período sub-recente (Pleistoceno tardio?) em função de suas relações de campo, está a aproximadamente 70 m acima da calha atual do rio, o que indica uma incisão e mobilidade da drenagem a uma taxa superior àquela normalmente atribuída pela geomorfologia clássica à morfogênese regional. Esses dados são de extrema relevância no trato de teorias que consideram a perspectiva da evolução da paisagem como tema principal, partindo de pressupostos como as teorias de superfícies de aplainamento.

**Palavras-chaves:** Morfometria, inversão do Relevo, Nordeste Oriental

## Abstract

This work has sought to apply geo-processing tools to identify contemporary depositional *loci* as well likely recent relief inversions. These parameters were analyzed in order to generate a product that permitted the understanding of the landscape structure and its dynamics. Landscape dynamics is debated by many authors, some of which quoted in the text along with their perspectives, seeking a better understanding of the interaction of factors linked to morphogenesis. SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) data, obtained at “Embrapa Monitoramento por Satélite”, with an articulation compatible to IBGE’s 1:250.000 maps were used. Data were processed at *softwares* Microdem 10.1 and Surfer 8, using the krigging method of interpolation to obtain a digital elevation model (DEM). These methods have also favored the elaboration of models indicating surface flow direction and concentration, which enabled the definition of the contemporary scenario of sediment transfer in the landscape. These techniques made it possible to determine current depositional *loci*. However, the crossing of fieldwork with digital mapping data, led to the identification of certain landscape areas that in spite of being currently under erosive regime, behaving like source areas, display a surface structure dominated by depositional material with fluvial, debris-flow and mud-flow facies. This material, apparently deposited in sub-recent period (Late Pleistocene?), according to its field

relations, lies approximately 70 meters above the river channel. This fact indicates that the fluvial incision and mobility in the area occurs at a rate much superior to that which was previously established by the classical geomorphological studies dealing with the Northeastern bulge of Brazil.

**Keywords:** Morphometry, relief inversion, Northeastern bulge of Brazil.

## **INTRODUÇÃO E OBJETIVOS**

A busca pela compreensão de como a paisagem evolui, sempre constituiu um dos principais temas abordados pela pesquisa em geografia física. Desde as primeiras tentativas de se entender como as formas surgiram e como se modificam, os pensadores do espaço geográfico buscam aprimorar a concepção de como os processos ocorrem na superfície terrestre e atuam de forma a reafeiçoar as rugosidades da paisagem.

Uma das maneiras de se determinar, com precisão, o modo como se deu o processo evolutivo da paisagem é o estudo de feições deposicionais, as quais freqüentemente guardam informações valiosas sobre o ambiente na qual foram geradas. Os sedimentos na forma de estruturas depositadas são uma ferramenta fundamental na busca de dados relativos à atuação de processos físicos atuantes na superfície terrestre, os quais são os grandes responsáveis pela dinâmica das formas de relevo.

Dessa forma, a busca pelos *loci* deposicionais se apresenta como um dos melhores métodos para a compreensão de como atuaram os processos no passado e qual a intensidade da energia que iniciou tal processo.

Torna-se então de extrema importância a identificação desses *loci* na paisagem, de maneira a obter os registros que forneçam os melhores dados, e que tragam informações relevantes sobre o que de fato ocorreu na paisagem no momento relativo ao evento gerador da forma deposicional. Sendo assim, as ferramentas de geoprocessamento tornaram-se, nos últimos anos, de extrema relevância na localização espacial dos *loci* atuais e pretéritos. Com efeito, a localização e escolha desses *loci* antes da ida ao campo revertem-se em ganho de tempo e qualidade no produto final, além de uma redução dos custos do trabalho de campo, fator essencial na elaboração de uma pesquisa acadêmica.

## **EVOLUÇÃO DO RELEVO E TEORIAS RELACIONADAS**

A partir do 16º Congresso Internacional de Geografia (Rio de Janeiro 1956), surge um número significativo de autores que relacionam a evolução das formas do relevo brasileiro aos impactos produzidos pelas alternâncias climáticas entre o úmido e o semi-árido. No Brasil grandes áreas aplainadas foram interpretadas como



penneplanícies davisianas, pediplanos (KING, 1956; BIGARELLA & AB' SÁBER, 1964) e mais recentemente como planos de corrosão. Ao estudar sedimentos situados nas proximidades das paisagens costeiras, Bigarella e Salamuni (1961; 1962 *apud* BIGARELLA 2003) verificaram que a estrutura e textura do material depositado indicavam uma ação de transporte rápida e poderosa, tal como seria de se esperar em regiões sujeitas a condições de forte semi-aridez, caracterizada por eventos de grande energia. Desde então considerações paleoclimáticas têm sido utilizadas para explicar as feições policíclicas da paisagem. De acordo com esses autores uma sucessão de climas úmidos e semi-áridos seria responsável pela evolução da paisagem, pelo menos durante o Quaternário.

Bigarella, Mousinho e Silva (1965 *apud* BIGARELLA 2003) analisaram os depósitos correlativos no Sudeste do Brasil e interpretaram correlações de níveis de remanescentes de pedimentos com depósitos detríticos contemporâneos, quer na área de pedimentação, quer na calha de drenagem. Os autores consideraram esses depósitos como testemunhos de eventos climáticos cíclicos entre o semi-árido e o úmido, havendo concordância entre as fases úmidas e os períodos interglaciais, e as fases semi-áridas e os períodos glaciais.

Bigarella (2003) cita que as épocas semi-áridas foram responsáveis pela formação de superfícies aplainadas, pedimentos ou pediplanos, enquanto que as épocas úmidas promoveram a dissecação do terreno. Em oposição às idéias de muitos autores Bigarella considera o clima como fator principal da evolução das vertentes. Mais ainda as alternâncias climáticas recentes, que elaboraram os aspectos policíclicos da paisagem.

Vitte (2005) corrobora a idéia de Bigarella (2003) de que a alternância climática é a principal responsável pela elaboração do relevo. O autor trabalha as idéias de Erhart (1956) de Bio-resistasia, onde a biostasia é o período de expansão máxima da vegetação, com a colonização da paisagem por vastas florestas o que propicia um aprofundamento do manto de intemperismo e a formação de solos profundos levando a uma desagregação do material primário o tornando mais susceptível à erosão, porém, protegido dela pela densa cobertura vegetal. Já a resistasia é o período de retração da vegetação e exposição do manto de intemperismo, sendo esta fase correlata a um clima semi-árido com chuvas concentradas e de grande poder erosivo, o que contribui para a retirada deste material desagregado.

Vitte (2005) relaciona a fase de Biostasia com o processo de *etchplanação* e a Resistasia com o processo de pediplanação.

Já Monteiro, Corrêa & Mutzemberg (2007) traçam um perfil de evolução de determinada porção do Nordeste semi-árido oriental brasileiro como sendo de um clima semi-árido ao longo do Neógeno marcado pela presença de picos pluviométricos registrados pelas análises de depósitos derivados de eventos de grande magnitude ocorridos na região.

Entretanto nem todo material desagregado sofre transporte, gerando formas conseqüentemente. Colângelo (2005) traz a perspectiva de que se deve levar em consideração as propriedades de estabilização dos materiais. Pois nem todo material desagregado sofre transporte. Para que isso ocorra deve ser atingido certo grau de energia do escoamento, para que determinado material sofra deslocamento, sendo este grau de energia variável para cada classe granulométrica.

Quando desagregado e transportado, esse material muitas vezes não atinge a bacia coletora principal e conseqüentemente o nível de base geral. Em muitos locais esse material fica retido nas encostas formando colúvios que em primeira instância são feições de acumulação, mas que posteriormente podem tornar-se feições erosivas, dando origem a processos de retirada de material como ravinamentos e voçorocamentos de grande porte, pois são desenvolvidos sobre material pré-intemperizado e já bastante desagregado.

Quando permanecem como feições de acumulação, os colúvios guardam informações relevantes na busca pelo entendimento da gênese das formas e da reconstrução do ambiente no qual foram gerados. Essas formas de acumulação encontram-se geralmente em concavidades ao longo da encosta ou como rampas que se estendem até o sopé das mesmas.

Oliveira *et al* (2007) utilizaram ferramentas do geoprocessamento para identificar fluxos que preencheram *loci* deposicionais para a Serra da Baixa Verde em Pernambuco e obtiveram resultados satisfatórios. Algumas destas ferramentas serão utilizadas neste trabalho.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A área de estudo localiza-se na porção oriental do saliente nordestino brasileiro cujas coordenadas são -7.8572 S/-35.3130 W / -7.6208 S /-35.0508 W, possuindo aproximadamente 150 km<sup>2</sup>, abrangendo o município de Nazaré da Mata (Fig. 1), sendo o mesmo pertencente à microrregião da Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco. A região está situada em um contexto geomorfológico peculiar, por se tratar de um

compartimento localizado entre o macro-domo da Borborema e os tabuleiros sedimentares que antecedem a zona costeira pernambucana. A área é caracterizada pela circundenudação, sendo classificada como uma depressão periférica.

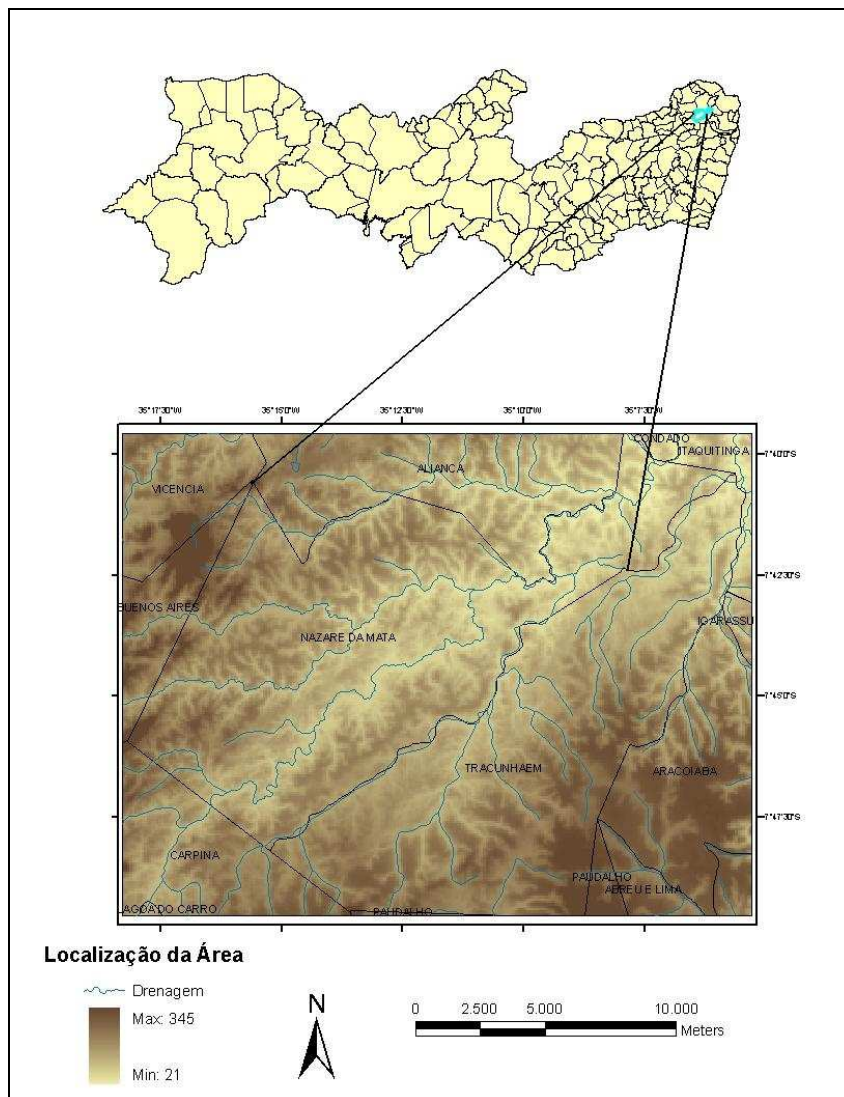


Figura 1 - Localização da área de estudo

O clima da região é caracterizado como sendo um clima Tropical Úmido com verão seco e uma estação chuvosa que pode se estender de Fevereiro até Outubro. De acordo com a classificação proposta por Köppen o clima da área seria caracterizado como sendo As', ou seja, clima megatérmico, úmido com verões secos e chuvas de outono/inverno.

A área está inserida, geologicamente, na Província Borborema e nos sedimentos da Formação Barreiras (CPRM/PRODEEM, 2005). A Província Borborema na área é representada pelos litótipos do Complexo Salgadinho, da Suíte Serra de Taquaritinga, dos Complexos Vertentes, da Formação Moura e de Depósitos Aluvionares.

Os dados produzidos, de caráter morfométrico, podem constituir uma ferramenta auxiliar às metodologias de pesquisa de campo, uma vez que propiciam uma melhor identificação de áreas potencialmente armazenadoras dos sedimentos quaternários de encosta e fluviais de alta energia. Para a elaboração deste trabalho foram utilizado dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) obtidos através da pagina da Embrapa Monitoramento por Satélite na articulação compatível à escala de 1:250.000 (IBGE) da carta SB-25-Y-C. Afim de que os dados SRTM pudessem ser manipulados no *software* Surfer 8 foi feito um recorte para as coordenadas -7.8572 S/-35.3130 W / -7.6208 S /-35.0508 W, em seguida os dados foram trabalhados no *software* Microdem 10.1 afim de alterá-lo do formato *tiff* para o formato XYZ. Em formato XYZ o arquivo foi manipulado no Surfer 8 de modo a ser interpolado usando o método de Krigagem, afim de se obter o MDT - Modelo Digital de Terreno (Fig. 2). Para a identificação dos possíveis *locis* deposicionais da área através do MDT utilizou-se a função *grid vector map* do *software* Surfer 8. Essa função nos indica a direção atual dos fluxos do terreno, nos mostrando quais os locais onde esta ocorrendo a deposição do material contemporaneamente (Fig. 3).

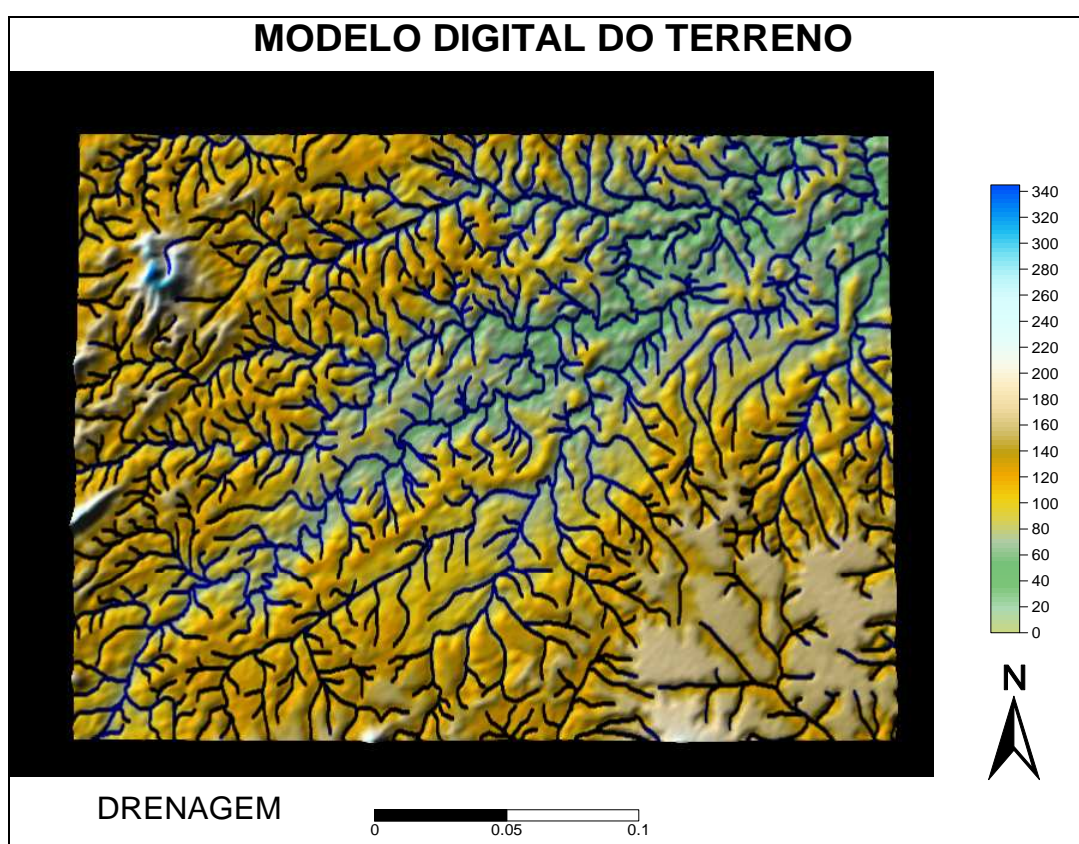


Figura 2 - Modelo Digital do Terreno (MDT) com Drenagem



## MODELO INDICATIVO DA DIREÇÃO DO FLUXO



Figura 3 - Modelo Digital do Terreno com as Setas Indicativas de Fluxo

## ALGUNS PONTOS RELEVANTES

As ferramentas do geoprocessamento utilizadas na confecção deste trabalho foram manipuladas de forma a revelar áreas de convergência de fluxos, onde está havendo atualmente a deposição dos materiais retirados das cimeiras e das encostas mais altas (Fig. 3). Sabe-se que a partir do momento em que se cessa o transporte e se inicia a deposição, forma-se o nível de base. Portanto ao se identificar setores na paisagem onde há a convergência de materiais e sua conseqüente deposição, identifica-se o nível de base local.

Com a identificação dos níveis de base locais da paisagem, tem-se o sentido dos fluxos superficiais atuais, ou seja, para onde os sedimentos estão indo contemporaneamente. Contudo no campo foi constatado que, onde atualmente encontram-se os níveis de cimeira e/ou terço superior das encostas, existem pacotes sedimentares com fácies fluviais, havendo inclusive níveis de cascalheira com seixos rolados. Conclui-se que, as áreas deposicionais sub-recentes não são mais áreas deposicionais, mas áreas de perda de sedimentos, ou seja, houve uma inversão do relevo. Pode-se com isso quantificar quanto houve de entalhe fluvial nesta região em um passado geológico recente, a partir do momento que se tem as idades correspondentes aos depósitos fluviais que se encontram a meia encosta. Lembra-se também, que a quantificação deste entalhe gera um produto mínimo, pois como esta região sofreu uma inversão no relevo, os sedimentos que hoje sofrem erosão já podem ter perdido quantidades consideráveis do material que os recobriam, apresentando-se como seqüências truncadas.

Com isso, torna-se possível determinar com uma melhor precisão os graus de rebaixamento e entalhe do relevo desde a ocorrência do último evento deposicional que tenha deixado registros datáveis na paisagem. A mensuração destes elementos sempre foi perseguida pelos geomorfólogos que trabalharam a evolução da paisagem regional. Desta forma, com o auxílio de técnicas morfométricas em meio digital, pode-se complementar de forma mais eficiente e precisa as informações relativas à morfogênese em áreas sujeitas á neotectônica e/ou mudanças rápidas dos níveis de base locais em função de controles climáticos regionais, por exemplo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de métodos morfométricos na análise da dinâmica do relevo, além da obtenção de informações relativas ao contexto geológico, e a cobertura superficial da paisagem, permitiu uma melhor compreensão de como se deu o desenvolvimento do relevo, ao longo do passado geológico recente, na área em apreço. Esses métodos trouxeram a possibilidade de uma melhor quantificação da incisão fluvial e da destruição do relevo deposicional. Quantificação esta definida apenas em linhas gerais pelos trabalhos clássicos e que muitas vezes não corresponde às observações detalhadas de campo mediadas pela sofisticada instrumentação digital contemporânea.

A morfodinâmica da região era, e ainda é de acordo com as abordagens geomorfológicas clássicas, atribuída a um soerguimento regional provocado pelo arqueamento da borda do continente, gerado pela separação América do Sul – África. Essa separação é resultado do surgimento de uma célula de calor advinda do manto, provocando uma ruptura da crosta e um direcionamento, em sentidos opostos, dos fragmentos dessa ruptura. Com isso, a área afetada pelo surgimento desta célula dissipativa torna-se uma área da crosta onde há uma saída de material, e até mesmo uma área de escape de calor e pressão do manto. Essas características irão propiciar uma subida do manto nesta área, o que ocasiona na conseqüente elevação das bordas dos fragmentos divergentes.

Entretanto este soerguimento não se constitui, muitas vezes, em um soerguimento regional, pois os blocos que compõem os fragmentos da ruptura do antigo continente não irão responder da mesma forma aos movimentos tectônicos. Geralmente esses blocos se movimentam em velocidades diferentes, que vão de acordo com diversas características dos materiais que os compõem. Com isso podem surgir planos de falhas ao longo das estruturas regionais desse novo continente, além da reativação daquelas originadas desde o Pré-cambriano. Isso pode se concluir a partir do conhecimento das extensas zonas de cisalhamento e das inúmeras falhas existentes no bordo oriental do Nordeste brasileiro.

Como a morfogênese atua sobreposta aos elementos geológicos e é gerada pelos componentes atmosféricos, subentende-se que ela é controlada pelas estruturas tectônicas e pela dinâmica climática. Sendo assim deve-se aceitar o fato de que as variações climáticas e os movimentos tectônicos de pequena escala, ocorridos ao longo do passado geológico recente, podem ter gerado formas com relevância local para a estruturação da paisagem.

Não apenas as variações climáticas do Quaternário, como afirmavam Bigarella & Andrade (1965), ou apenas o fator tectônico aliado à dinâmica fluvial como consideravam Davis (1899) e Penck (1953), são os responsáveis pela estruturação da paisagem, mas a atuação destes dois fatores em uma escala de tempo relativamente pequena, se comparada com as perspectivas temporais atribuídas a diversas regiões do globo pelos autores citados.

Isto deve ser levado em consideração a partir da verificação em campo de depósitos fluviais encontrados aproximadamente a 70 m da calha atual do Rio Tracunhaén (Fig. 4). Estes depósitos que não possuem correspondência com as fácies designadas para a Formação Barreiras, provavelmente foram depositados em um período pleistocênico tardio, tomando-se uma correlação com os depósitos encontrados no Gráben do Cariatá (DUARTE, 2007), área considerada pelos presentes autores como pertencente ao mesmo evento morfogênético da área aqui estudada.

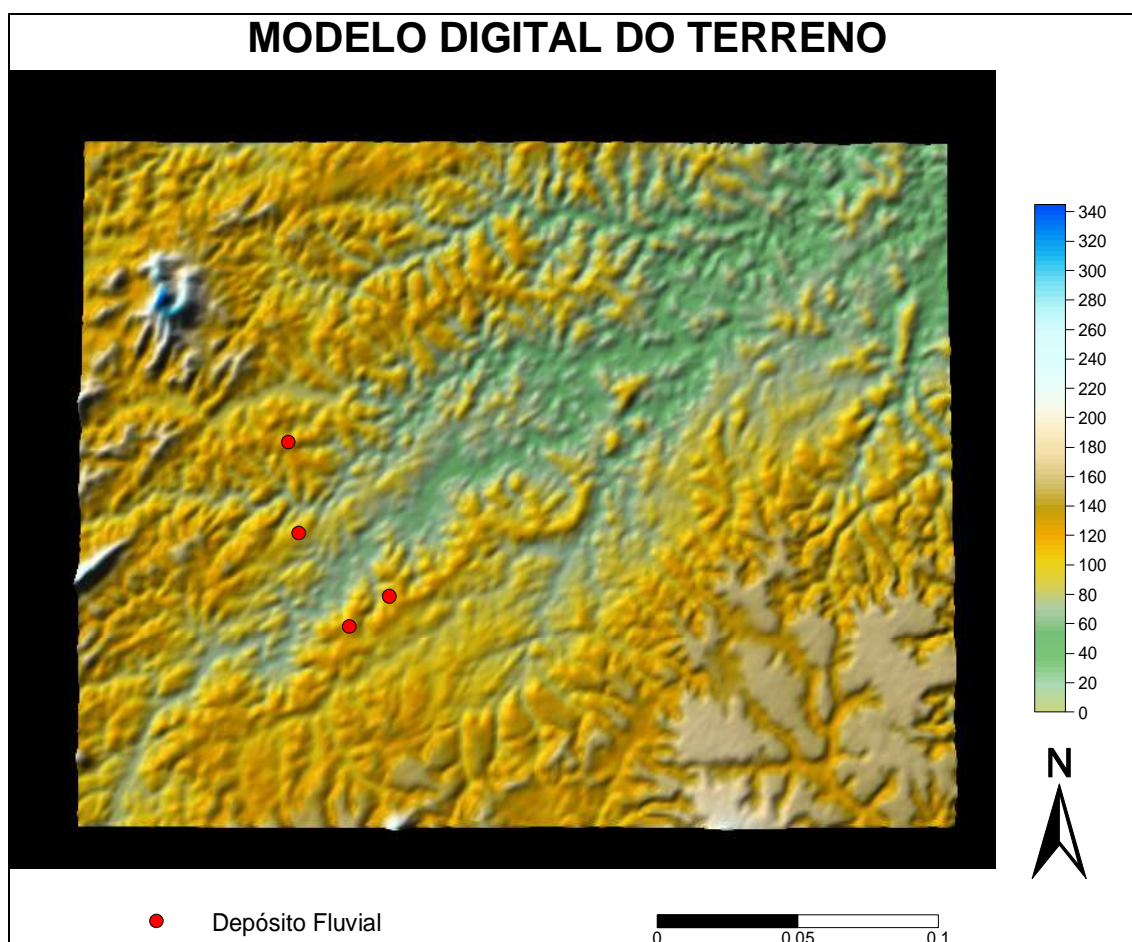


Figura 4 - Modelo demonstrando a posição na paisagem de depósitos fluviais que atualmente sofrem erosão (inversão do relevo)



## CONCLUSÕES

A partir dos produtos obtidos verificou-se que a utilização de ferramentas do geoprocessamento, para a identificação dos *loci* deposicionais, mostraram resultados satisfatórios, para a compreensão da dinâmica deposicional da área em apreço. Estas ferramentas aliadas à obtenção, cada vez mais fidedigna, de dados relativos ao contexto tectônico e à dinâmica climática formam um material que pode nos trazer, cada vez mais, a uma maior compreensão de como a paisagem se estrutura e como ela se desenvolve ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** (vol. 3). Florianópolis: ed. da UFSC. 1435p. 2003.
- BIGARELLA, J. J. & AB' SÁBER, A. N. 1964. **Paläogeographische und Paläoklimatische Aspekte des Känozoikums in Sudbrasilien.** Zeit. Für Geomorph., Berlin, 8 (3):286-312.
- BIGARELLA, J. J. & ANDRADE, G. O. **Contribution to the study of the Brazilian Quaternary.** In: WRIGHT JR., H. E. & FREY, D. G. – International studies on the Quaternary. Geol. Soc. Amer. Special Papers, 84:433-451, 1965.
- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. & SILVA, J. X. 1965. **Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil.** Boletim Paranaense de Geografia, UFPR. Curitiba, 16/17, p. 117-151.
- BIGARELLA, J. J. & SALAMUNI, R. 1961. **Ocorrência de sedimentos continentais na região litorânea de Santa Catarina e sua significação paleoclimática.** Bol. Paran. Geogr. Curitiba, 4/5:179-187.
- BIGARELLA, J. J. & SALAMUNI, R. 1962. **Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba.** Instituto de Geologia, Bol. Univ. Fed. Paraná, Curitiba, 7:1-64.
- COLÂNGELO, A. C. 2005. **Sobre os modelos de magnitude-freqüência e de estabilidade de vertentes.** Revista do Departamento de Geografia, 16, 11-23.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil – 2005. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.** Diagnóstico do município de Nazaré da Mata, Estado de Pernambuco / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Júnior, Manoel Júlio da Trindade G. Galvão, Simeones Néri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CRPRM/PRODEEM, 2005
- DAVIS, W. M. **The geographical cycle.** Geographical Journal, 14(5):481-504, 1899.
- DUARTE, C. C. **Análise morfoestratigráfica do Gráben do Cariatá.** Monografia de conclusão de curso. NAPA, UFPE, Recife, 2007.
- EHART, H. 1956. **La gênese des sols en tant que phénomène géologique.** Paris: Masson ET Cie, 90 p.
- KING, L.C., 1956. **A Geomorfologia do Brasil Oriental.** Revista Brasileira de Geomorfologia, IBGE, Rio de Janeiro, 18:147-265.

- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 06. mar. 2008.
- MONTEIRO, K. A., CORRÊA, A. C. B., MUTZEMBERG, D. 2007. **Contribuição à reconstrução da dinâmica geomorfológica a partir da sedimentação quaternária tardia no semi-árido do setor oriental do Nordeste do Brasil**. Anais do XI Congresso da Abequa, CD-Rom.
- OLIVEIRA, T. H. ; SILVA, H. A. ; SILVA, F. A. C. ; CORREA, A. C. B. ; GALVINCIO, J. **Utilização de ferramentas de geoprocessamento para a identificação de sedimentação quaternária de encosta sobre os compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil a partir de dados SRTM**. In: XI Congresso da Abequa, 2007, Belém. Anais do XI Congresso da Abequa. Belém : Editora da UFPA, 2007.
- PENCK, W. **Morphological analysis of landforms**. London: MacMillian and Co., 1953.
- VITTE, A. C. 2005. **Etchplanação dinâmica e episódica nos trópicos quentes e úmidos**. Revista do Departamento de Geografia, Unicamp, 16 (2005) 105-118.

## ELABORAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA DE FEIRA DE SANTANA-BA

**Alarcon Matos de Oliveira<sup>1</sup>; Dr<sup>a</sup>. Rosângela Leal Santos<sup>2</sup>**

(1) Bolsista PIBIC/CNPQ, Graduando em Geografia, Universidade Estadual de Feira de Santana alarconmatos@gmail.com. (2) Professora Assistente, Coordenadora da Estação Climatológica Departamento de Tecnologia, da Universidade Estadual de Feira de Santana.

**Resumo:** O mapeamento geomorfológico é de fundamental importância para os estudos pedológicos, desenvolvimento urbano, desenvolvimento agrícola, construção de estradas e barragens e outras vias de comunicação. Feira de Santana não possui uma cartografia em escala de geofácies por isso esse trabalho torna-se fundamental uma vez que se utilizara de técnicas de fotogrametria para fazer o levantamento geomorfológico do sítio urbano do município elaborando dessa forma mapas com escalas de 1: 25000 suprimindo essa carência, ajudando no planejamento ambiental do município de Feira de Santana uma vez que a geomorfologia é a ciência que estuda a gênese e a evolução das formas de relevo sobre a superfície da Terra. Christofolletti (1974) Portanto ocorre uma interação contínua entre a sociedade a superfície. O trabalho será realizado inicialmente em escala 1:25.000, baseado na fotointerpretação de fotografias aéreas da cidade do levantamento de 2000 (Conder), apoiado em análise e processamento digital de imagens do sensor Áster. Com a estimativa de suprir a deficiência de base cartográfica municipal, esse trabalho se destina a fazer o mapeamento geomorfológico com escala de 1: 100.000 da área urbana do município de Feira de Santana situado no interior baiano. Serão utilizadas as técnicas de sensoriamento remoto como a foto interpretação. O método utilizado serão as técnicas geomorfológicas tradicionais, onde se destacam a fotointerpretação das unidades, saída de campo para recolhimento de amostras e visualização de processos, análises físico-químicas das amostras em laboratório e confecção do mapa geomorfológico, em escala 1:25.000. Entretanto, essas etapas não estão todas concluídas, estão em andamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fotointerpretação, Geomorfologia, Sensoriamento Remoto.

**Abstract:** The mapping geomorphologic is of fundamental importance for soil studies, urban development, agricultural development, construction of roads and dams and other saw of communication. Feira de Santana has no mapping, in terms of eofacies why this work becomes crucial since it is used for techniques of fotogrammetry to the lifting geomorphologic the site of the urban council thus producing maps with scales of 1: 25000 solve that grace, helping in the planning of the municipality of Feira de Santana since the geomorphology is the science of the genesis and evolution of forms of relief on the surface of the Earth. Christofolletti (1974) there is interaction between the companies continues to surface. The work will be conducted initially in scale 1:25.000, based on aerial photographs of photointerpretation the city of lifting 2000 (Conder), supported by analysis and processing of digital images of the sensor Aster. With the estimated supply the deficiency of basic municipal mapping, this work is intended to make the mapping geomorphologic with scale of 1: 100,000 in the urban area of the municipality of Feira de Santana located inside Bahia. Will be used remote sensing techniques such as photo interpretation. The method used will be the traditional techniques geomorphologic, where the photointerpretation highlight of the units, leaving the field for collection of samples and viewing processes, physical and chemical analyses of samples in the laboratory and manufacture of geomorphologic map, scale 1:25.000. However, these steps are not all the end is in progress.

**KEYWORDS:** Photointerpretation, Geomorfology, Remote Sensing.

## **1. Introdução.**

O presente trabalho que tem como título: elaboração da cartografia geomorfológica de Feira de Santana faz parte de um projeto de pesquisa que está sendo desenvolvido pelo laboratório de Geotecnologias (GEOTEC) no departamento de tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana. Sendo que a função desse trabalho é suprir à deficiência cartográfica no tocante as cartas geomorfológicas as quais o município não possui. Essas cartas geomorfológicas são muito importantes para o planejamento ambiental uma vez que é ela que vai orientar as pesquisas pedológicas, desenvolvimento urbano, desenvolvimento agrícola, construção de estradas e barragens e outras vias de comunicação. Vale salientar que mapas geomorfológicos são resultantes de observações de campo interpretação de imagens aéreas interpretação de fotografias aéreas que servirão de base para se ter uma representação segura. Não se deve pensar que o mapeamento geomorfológico se constitui simplesmente a representação do relevo como acontece com os mapas topográficos o que se busca com a cartografia geomorfológica é representar os elementos que permitam identificar as formas do relevo na evolução geomorfológica e no conjunto do meio natural. Entretanto no presente trabalho por não se encontrar conclusivo, se faz uma discussão a respeito de fotointerpretação, fotogrametria, geomorfologia de feira e uma breve discussão sobre legendas geomorfológicas.

### **1.1. Localização da área.**

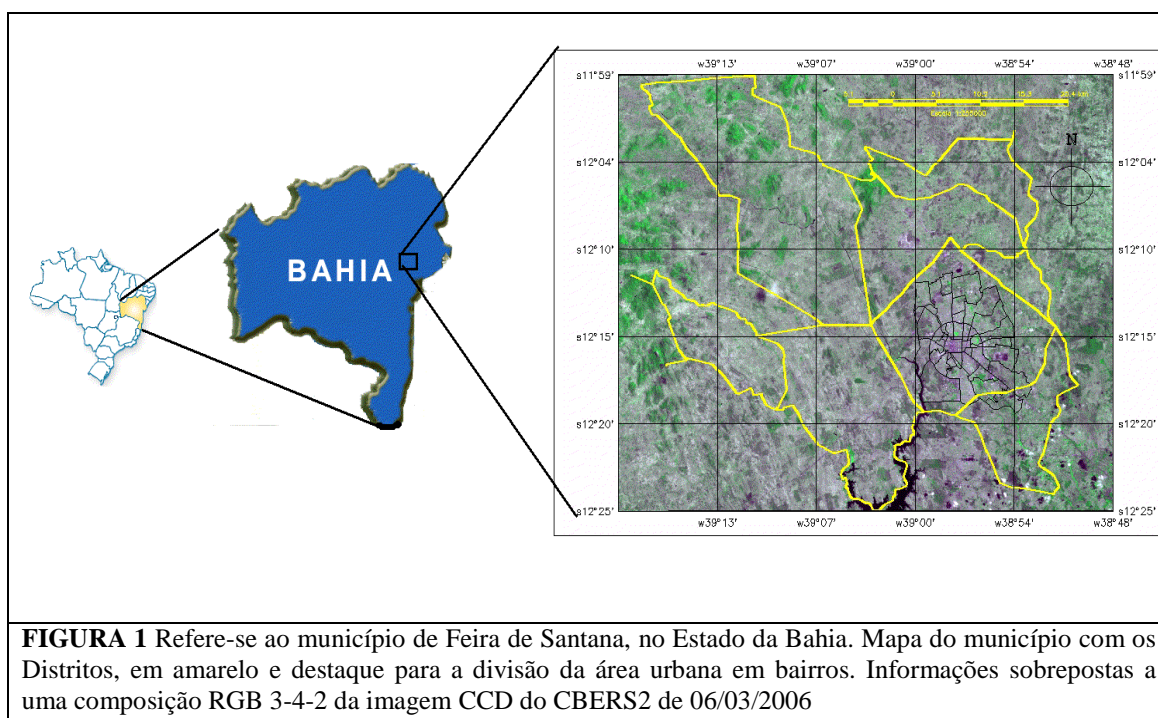
A cidade de Feira de Santana está localizada numa região intermediária entre o litoral úmido (Zona da Mata) e o interior semi-árido (Sertão). Esta situada entre as coordenadas 38° e 40° de longitude oeste e 11° e 13° de latitude sul (**figura 01**). Considerada uma cidade pouco acidentada, sendo sua altitude média de 230m. A área total do município corresponde a 1.344 Km<sup>2</sup>.

A condição climática de Feira de Santana é complexa por estar inserida numa zona de transição entre domínios quentes úmidos, caracterizado por florestas pluviais, e o domínio da zona tropical com estação seca definida, ou seja, a transição entre o litoral úmido e o interior semi-árido. A posição geográfica de baixa latitude garante para Feira de Santana a incidência durante todo o ano de forte radiação solar e elevadas temperaturas determinando a média térmica anual de 24°C. O índice pluviométrico desta cidade é de 848 mm anual, sendo que 60% desse índice ocorrem entre os meses de março a julho (dados extraídos da Estação Climatológica (83221)). Assim, a

precipitação pluviométrica é o elemento mais representativo na definição do quadro climático, especialmente no que concerne ao aspecto quantitativo e na manutenção das condições hidrológicas durante o ano, o que influenciará diretamente no regime das lagoas, que uma característica geomorfológica do município de Feira de Santana.

O município feirense está sobreposto sobre duas estruturas geológicas diferentes. Os Embasamentos Cristalinos Pré-cambrianos, sendo formado predominantemente por gnaiss, e uma cobertura sedimentar de idade Pliocênica que repousa discordantemente sobre esse embasamento, Almeida (1993). A cobertura sedimentar (Formação Capim Grosso) é constituída por sedimentos clásticos continentais, inconsolidados, compreendendo predominantemente conglomerados, areias e argila.

A tectônica da área é representada por diferente característica: um substrato Pré-cambriano que fora submetido a intenso fraturamento e falhamento, e um pacote sedimentar depositado discordantemente sobre esses substratos, não sendo possível identificar perturbações tectônicas recentes, Almeida (1992).



## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1 Materiais.**

Como esse trabalho de mapeamento está em fase inicial no momento só foi utilizado o levantamento bibliográfico. Porém será necessário os seguintes materiais para a confecção do mapa:

1. Fotografias aéreas ortoretificadas (Conder, 2000);
2. Imagens VNIR do sensor Aster;
3. Papel overlay;
4. Computadores;
4. Carta planialtimétrica 1: 100.000 do município.

### **2.2. MÉTODOS:**

O método utilizado serão as técnicas geomorfológicas tradicionais, onde se destacam a fotointerpretação das unidades, saída de campo para recolhimento de amostras e visualização de processos confecção do mapa geomorfológico, em escala 1:25.000, com uma discussão específica sobre a escolha e uso da legenda a ser utilizada.

A metodologia básica para esse está consistindo na saída campo para visualização do modelado e os principais processos atuante, bem como o levantamento bibliográfico referente ao mapeamento geomorfológico e a geomorfologia do município feirense. Em seguida serão feitas as interpretações das imagens áreas e as fotografias no intuito de interpretar e visualizar identificando as formas vista no trabalho de campo para que dessa forma seja feito o processo de Compartimentação do relevo feirense. Esta sendo feito também uma discurção a respeito de legendas dos mapas geomorfológicas na perspectiva de se encontra uma que se adequi corretamente a esse projeto.

### **3. Discussão teórica.**

#### **3.1. Fotointerpretação e Geomorfologia.**

A fotointerpretação consiste na identificação de objetos ou padrões espaciais, em fotografias ou imagens oriundas de outros sensores, com o objetivo de entender o seu significado. Marchetti & Garcia (1986) definem a fotointerpretação como a arte de examinar as imagens dos objetos nas fotografias e de deduzir a significação. Entretanto walf *apud* loch (1993) define fotointerpretação como o ato de examinar e identificar objetos (ou situações) em fotografias aéreas (ou em outros sensores) e assim determinar o seu significado. Loch (1993) afirma também que a fotointerpretação pode ser compreendida como a previsibilidade do que pode ser visto em uma imagem. Summerson *apud* Loch (1993) "isto pode ser explicado quando não se pode caracterizar um objeto diretamente, precisando apoiar-se em dados conhecido anteriormente, para extrair ou deduzir o que apresenta o objeto em questão" logo o conhecimento da superfície representada nas fotografias ou imagens é de fundamental importância para o fotointerprete. Com isso faz-se necessário o conhecimento por parte do pesquisador de geologia, geomorfologia, topografia, pedologia além de clima e hidrografia, para que se tenha uma boa interpretação da cena fotográfica, por isso o trabalho de campo torna-se indissociável do fotointerprete, pois somente através dele que se conhece a superfície diretamente o que facilita o trabalho de fotointerpretação.

Alguns fatores podem afetar a qualidade das fotografias uma vez que "nem todas as fotografias fornecem a mesma quantidade de informação, independente do conhecimento do fotointerprete" (LOCH 1993, p. 13).

Regiões Fotografadas: em algumas regiões onde a presença de neblina é constante compromete seriamente a qualidade das fotos aéreas convencionais, (imagens obtidas no espectro do visível) ou fotografias coloridas para essa região o mais indicado são imagens de radar. Loch (1993). Condições atmosféricas são fundamentais para a aquisição de uma boa fotografia aérea, uma vez que variáveis como: nuvens, nebulosidade e fumaça passageira diminuem a nitidez do corpo imageado pelo sensor, ou seja, modificando os tons de cinza normal da imagem. Loch (1993). Variação da natureza da luz no decorrer do dia devido à posição solar variando a incidência de raios solares sobre a superfície terrestre fazendo com que os raios solares não sejam uniformes.

Loch (1993) estações do ano, em algumas regiões apresentam tonalidades diferentes, devido à reflexão e emissão da luz pelas folhas da vegetação, que variam

com a sazonalidade das estações do ano. Loch (1993). Em sensores passivos, a luz é gerada pelo sol, logo o corpo terá sombras diferentes, variando em função da posição do sol em relação ao mesmo. Por isso as fotos aéreas vêm constando à hora da tomada da fotografia, facilitando, assim o trabalho do interprete. Loch (1993). Ordem Técnica: é preciso que o fotointerprete conheça a posição do eixo ótico no momento da tomada da foto, já que fotos inclinadas não podem ser analisadas, como fotos verticais. Loch (1993) afirma ainda que é necessário considera todos os problemas da posição da câmera no momento da tomada da foto.

A qualidade do equipamento também influi na qualidade da imagem. A estabilidade da aeronave, com o conjunto de acessórios acoplado à câmara fotogramétrica o que gerará uma imagem mais precisa ou não. Por exemplo, foto tirada por aeronaves instáveis gerará distorções fotogramétricas. Loch (1993). Escala dos fatos depende do tamanho da escala da foto, pode-se extrair um número maior ou menor de informações. Numa foto com pequena escala não se pode extrair muitos detalhes. Entretanto, fotos com grandes escalas, apesar de possuir uma pequena área representada, a riqueza de detalhes é muito maior. Loch (1993)

Esses fatores foram propostos por Loch (1993) e variam em função das regiões geográficas, portanto não estão em ordem de importância no momento em que se pretende interpretar uma imagem. Existem basicamente duas maneiras para se interpretar uma imagem: interpretação visual e interpretação automática.

A interpretação visual, como o próprio nome sugere, o interprete extrai da imagem o que lhe mais interessa. No momento que se analisa uma foto, a interpretação pode ser precisa ou não, completa ou parcial. Essas variáveis se modificam em função do interprete, do objetivo do trabalho ou da qualidade das fotos disponíveis. Loch (1993)

Fotointerpretação automática é realizado por computadores por software específicos que tratam à imagem já digitalizada. Na fotointerpretação automática dar-se de duas maneiras: supervisionada e não supervisionada. Na supervisionada "há continua intervenção do interprete, que modifica, sempre que necessário, a classificação efetuada" (LOCH 1993, p. 17). Na não supervisionada a classificação dar-se de totalmente automática onde o software busca classificar em função dos tons de cinza da imagem. Sendo que se faz necessário em todos os casos a validação dos mapas.

No processo de fotointerpretação alguns elementos podem facilitar esse processo, no entanto deve sempre considerar a acuidade do fotointerprete que segundo (LOCH 1993, p.18) "Acuidade visual é a capacidade que o individuo tem de separar os detalhes identificáveis nos objetos visíveis, fato que depende do poder de resolução do olho."



Para facilitar na interpretação faz-se necessário o uso de algumas chaves. Lillesand (2004). A chave da fotointerpretação é a utilização de um guia que ajudará aos fotointerpretes a identificar rapidamente as características da imagem. Marchetti (1986). Essas chaves baseiam na descrição e ilustrações típicas de objetos de uma determinada categoria. "Para a interpretação das características naturais, é essencial treinamento e trabalho de campo (...) podendo assim o profissional produzir trabalhos consistentes" (MARCHETTI 1986, p. 138).

Alem dessa chave outras também podem ser adicionadas e o fotointerprete só adquire essas chaves para a fotointerpretação, através de estudos aprofundados sobre o sensor em questão. Loch (1993). Isso pode ser verificado como certos objetos têm resposta espectral diferentes para cada sensor. Essa chave é de nível técnico.

Adquirida essas chaves para a fotointerpretação o interprete das imagens deverá levar em conta alguns elementos, tais como: forma, sombra, tamanho, tonalidade, densidade, declividade, textura, posição e adjacência.

Uma vês que o fotointerprete esteja familiarizado com a vista aérea do corpo em observação facilitarão a interpretação da forma Loch (1993) que é a configuração individual do objeto na imagem. Lillesand, (2004). A sombra é consequência da forma que o objeto em questão está sendo representando na hora que em que a foto foi tomada revelando assim a posição espectral. Loch (1993), Lillesand, (2004). O tamanho de um elemento representado numa fotografia depende da escala da foto. Loch (1993), e não somente do tamanho do objeto. As fotos também podem ser melhor interpretadas pela sua tonalidade. Em fotos coloridas a tonalidade refere-se à cor dos objetos na imagem onde sua cor natural e representada ou pela combinação de cores. Em fotos preta e branca a tonalidade refere-se a graduação de cinza na imagem sendo dividida afim de pesquisas. Loch (1993), Lillesand, (2004).

A densidade refere-se a quantidade de objetos em unidade dimensionais ou não que são representadas por unidade de área. Loch (1993). A declividade (muito importante para estudos geomorfológicos e topográficos) é o ângulo que o objeto forma com o horizonte. Este aspecto é utilizado para caracterizar o tipo de vertente. A textura é determinada pela união ou agregação de unidades muito pequenas que são reconhecidas individualmente, sendo que a textura depende da variação da escala fotográfica. Marchetti, (1986), loch (1993), lillesand, (2004).

"A posição refere-se à região onde é obtida a fotografia" (LOCH 1993, p. 28) com isso o interprete deve-se situar geograficamente a região fotografada. A adjacência ou

associação consiste na interpretação de um elemento na imagem através da associação com objetos próximos. Loch (1993), Lillesand (2004).

A fotointerpretação para o mapeamento geomorfológico é essencial sendo que esse processo de mapeamento é fundamental para as pesquisas ambientais, pois é o a "Geomorfology is the science that studies the nature and history of landforms and the processes of weathering, erosion, and deposition that created" (Selby apud JENSEN 2000, p. 491). Sendo que as formas geomorfológicas abrigam varias características que estão intrinsecamente relacionadas (geossistema) como: solo, geologia, geografia, engenharia civil, urbano regional, entre varias área de conhecimento. Lillesand (2004) E são os mapas geomorfológicos que fornecem subsídios fundamentais para o planejamento urbano regional de uso do solo, uma vez que as condições do relevo orientam a estrutura urbana, rede viária e o uso da terra no meio rural. Loch (1993). "A cartografia geomorfológica constitui uma das técnicas indispensável dentro da geomorfologia, locando especialmente os diferentes elementos de interesse para esta ciência, estudo este que tem no sensoriamento remoto uma importante fonte de informação." (LOCH 1993, p. 68).

O relevo por ser tridimensional favorece os seus processos evolucionais de morfogêneses Jensen (2000), portanto a cartografia geomorfológica tem como objetivo não só representar as formas, mas também os processos evolucionais. O estudo geomorfológico compreende processos constantes de erosão e deposição de material "reunited water and wind-driven water waves." (JENSEN 2000, p. 491).

O mapeamento geomorfológico realizado através de fotografias aéreas em estereoscopia permite a análise das formas do relevo, do terreno tornando-se uma ferramenta básica para o trabalho de mapeamento geomorfológico. Loch (1993). Embora atualmente exista outra maneira de se visualizar as formas geomorfológicas que é a técnica do modelo digital de elevação (MDE) que permite fazer a representação do modelado em três dimensões (3D). Além das análises realizadas através da estereoscopia, faz-se necessário a observação da tonalidade das texturas fotográficas, da rede de drenagem, os tipos de vegetação, a visualização e interpretação desse conjunto uma melhor classificação geomorfológica. Loch (1993). Uma vez realizada a análise das texturas é gerado um mapa das tonalidades geomorfológica homogêneas (rede de drenagem e de vegetação) onde são identificadas as feições estruturais dominantes. Loch (1993).

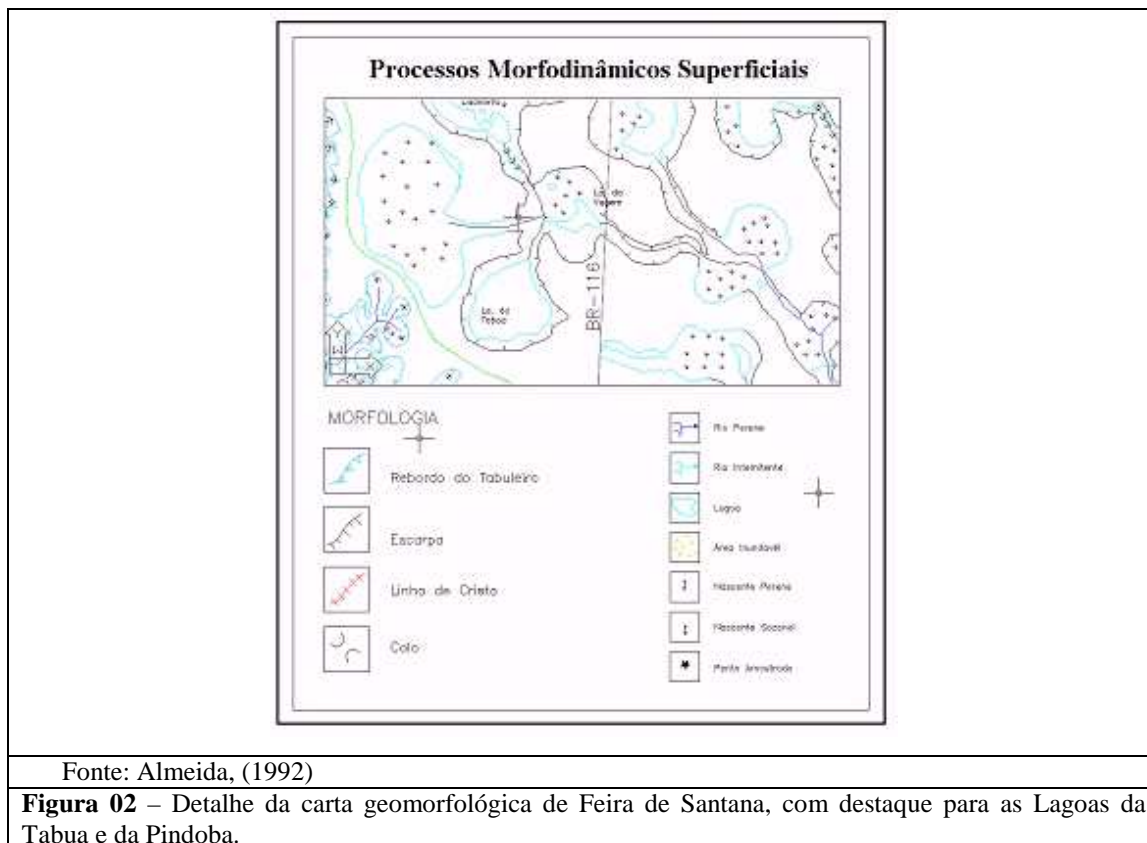
### **3.2 Caracterização Geomorfológica de Feira de Santana.**

A estrutura geomorfológica de Feira de Santa é caracterizada por um relevo plano, com suaves inclinações a leste, formando feições regionais de tabuleiros. Entretanto sua extensão vem sendo reduzida progressivamente pelo ciclo erosivo do Paraguaçu Santos (1992). A evolução do modelado geomorfológico de Feira de Santana é resultante da alternância de diferentes sistemas morfoclimáticos estando vinculado as grandes mudanças climáticas que ocorreram desde o Mioceno até o presente. Almeida (1992).

A região estudada abrange o domínio das depressões interplanálticas na região da depressão sertaneja na unidade geomorfológica denominada, pediplano Sertanejo Almeida (1992). Mabesoone & Castro (1975), apontam que a superfície sertaneja, está embutida nas depressões interplanálticas, datada do pleistoceno. Resultante da ruptura de equilíbrio causada pelo levantamento epirogenético da superfície Sul-Americana King apud Almeida, (1992), acompanhado de um aplanamento generalizado atingindo o complexo Metamórfico Migmatíticos, com a conseqüente regularização topográfica (Pediplanação). Resultando na formação do Pediplano Sertanejo e na acumulação de seus depósitos sedimentares correspondendo no interior à formação Capim Grosso.

Feira de Santana é classificada segundo o RADAMBRASIL (1981), como pediplano sertanejo, unidade geomorfológica dos tabuleiros interioranos dentro do domínio morfoestrutural dos planaltos inumados. Os planaltos inumados correspondem a modelados que se desenvolve sobre a cobertura sedimentar terció-quadernária (superfície sertaneja) depositada discordantemente sobre feições do modelo cristalino dissecada em condições úmidas. A formação desses modelados segundo o (RADAMBRASIL, 1981) é conseqüente da inversão de relevo decorrente das grandes transformações climáticas ocorridas principalmente no quadernário, ocorrendo simultaneamente de um basculamento e continuo rejuvenescimento da superfície sertaneja ocasionado pela degradação das formas nos períodos mais secos e pela importante incisão fluvial nos períodos úmidos, acomodados regionalmente pelo nível de base do Rio Paraguaçu.

Os tabuleiros interioranos são pediplanos preservados no interior da superfície sertaneja, individualizado no Quadernário e formado diferentes níveis altimétricos de extensão reduzidas. Almeida (1992), A decida do nível de base posteriormente a regularização da superfície sertaneja provocou a desorganização da drenagem nos tabuleiros e o aparecimento de lagoas. (**figura 02**)



A paisagem feirense tem constituição sedimentar da formação Capim Grosso, formado por feições tabulares na paisagem, sendo quase sempre, concordante com as coberturas sedimentares costeiras também chamada de formação Barreiras. A gênese da formação Capim Grosso associada à formação Barreiras, é decorrente da ação do clima e da tectônica que propiciam a erosão de grande volume de sedimentos que transportado pela grande extensão continental sendo depositado no litoral brasileiro. Logo a formação Capim Grosso é resultante da deposição do Barreira no interior. Em paisagens sedimentares, formada em regiões mais continentais, e sua mobilização direcionada ao litoral, preencheram paleocanais e depressões ao longo do percurso originando as feições tabuliformes.

Na região de feira de Santana pode ser observado a morfodinamica de erosão pluvial, e os diversos tipos de escoamento (pelicular, difuso, concentrado, incipiente), os movimentos do regolito, destacando-se o creeping e o escoamento.

A erosão pluvial é ocasionada pelo impacto da gota de chuva sob o solo quando esse se encontra expostos. Santos (1992.), O topo dos tabuleiros apresenta um bom recobrimento vegetal que resseca no verão, deixando o solo exposto no momento das primeiras chuvas, formando na superfície dos solos uma crosta de impacto, de 3 a 5 mm de espessura. O principal efeito da erosão pluvial é desagregar as partículas do solo, permitindo sua remoção pelo escoamento. Tricart (1965), O escoamento pluvial é um

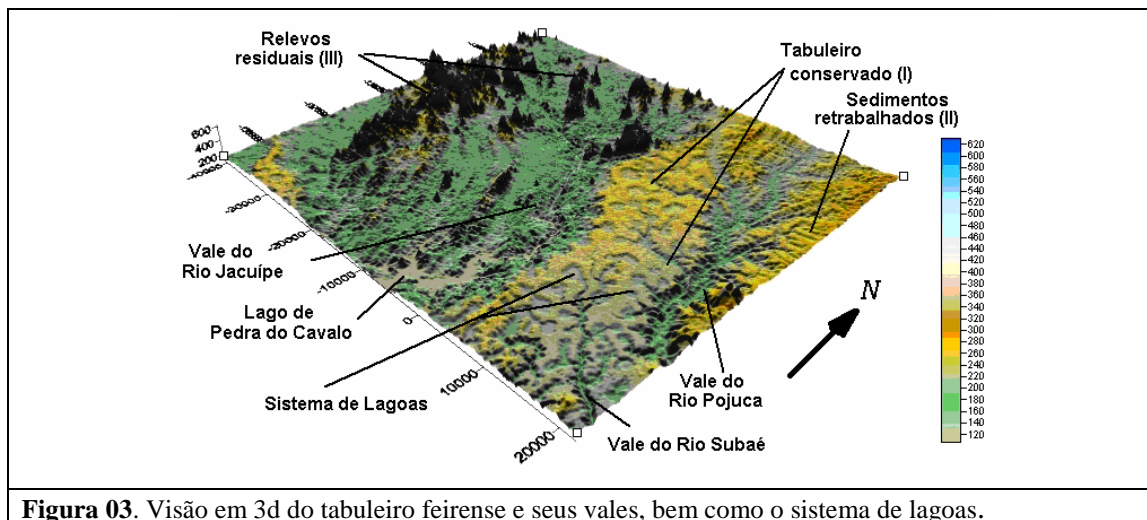
dos principais agentes modeladores ela se inicia quando a água precipitada num determinado espaço de tempo é maior que a velocidade da infiltração. O escoamento pelicular ocorrendo em períodos de intensa chuva (outono/inverno), saturando a superfície, acumulando em pequenas cavidades do terreno. Esta transborda e forma uma película que tende escoar para as partes mais baixas, formando-se pequenos filetes milimétricos de água, que desaparece sem deixar marcas sobre o solo. Ocorrendo principalmente em áreas planas; no topo dos tabuleiros, fundo dos anfiteatros e nas planícies de inundação Santos (1992).

O escoamento difuso é resultante da conjugação de filetes de água que, anastomoseiam-se infinitamente. Uma parte da água alimentará outros filetes, enquanto outra se infiltrará. Esse processo deixa marcas no terreno, especialmente em áreas desprovidas de vegetação. Ele é o principal responsável, junto com o escoamento concentrado incipiente pelo remanejamento da camada arenosa superior do solo. Escoamento concentrado incipiente ocorre quando as águas passam apresentar maior competência erosiva, talhando verticalmente a superfície, fixando o leito e deixando marcas sucessivas e permanentes na topografia Christofletti (1980). Escoamento hipodérmico, manifesta principalmente através do creeping e da sulfosão. Esta última corresponde a um abatimento do terreno sobre os condutos oriundo da remoção de material pela lessivage. Os dois processos são capazes de desestabilizar a camada superior do solo formando ravinamento, ou áreas deprimidas e pequenas cavidades ao pé da vertente.

Os movimentos do regolito são deslocamentos em massa das formações superficiais, principalmente pela ação da força da gravidade. Trata-se de um processo superficial, desencadeado por mecanismos físicos de variação de volume e pela ação da gravidade, provocando movimentos individuais de partículas na superfície do solo, resultando na migração efetiva e uniforme de toda a massa do solo. Santos (1992). O escoamento fluvial reflete as características do regime pluvial local, o período de maior vazão corresponde aos meses de maior pluviosidade, (abril, maio e junho), e os meses de menor débito, são os meses de secas (setembro, outubro e novembro).

No contato das vertentes com os vales, formam-se olhos de água podendo iniciar o escoamento fluvial. O escoamento fluvial remove parte do material superficial remanejando dos setores mais dinâmicos da vertente. Tricart apud Almeida (1992) As depressões das áreas são desenvolvidas sobre falhas ou zonas de cisalhamento, permitindo a infiltração das águas que vão até os vales vizinhos que estão em posição topográfica inferior. As depressões feirenses estão organizadas em três sistemas

distintos, separados pelos interflúvios planos da bacia do rio Pojuca, Subaé e Jacuípe (**figura 03**). Essas depressões se comunicam através de uma rede de vales de fundo plano convergindo para os tabuleiros do rio Pojuca, Subaé e Jacuípe.



**Figura 03.** Visão em 3d do tabuleiro feirense e seus vales, bem como o sistema de lagoas.

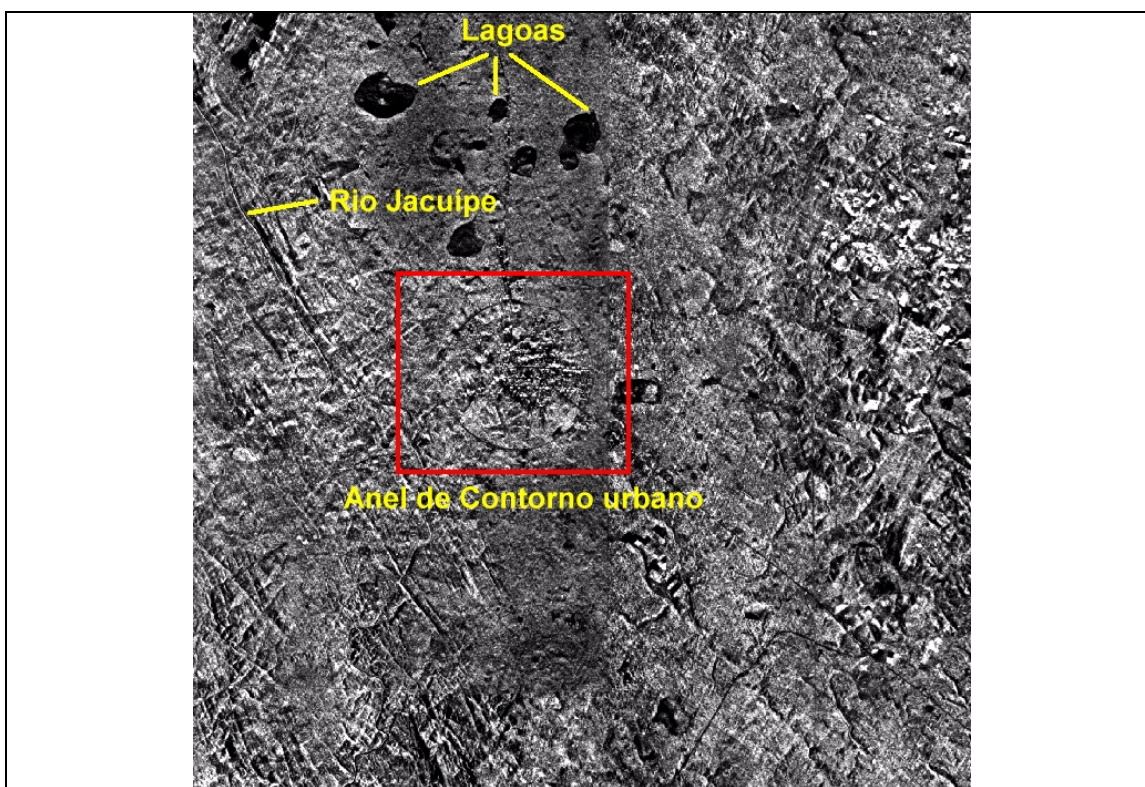
Nessas depressões há formação de lagoas perenes ou sazonais e outras que formam alagadiços. No fundo dessas áreas encontram-se camadas de material com textura areno-argilosa e argilo-arenosa cuja espessura varia de centímetros a metro. Podendo apresentar substrato cristalino ou substrato sedimentar e até substrato misto, com parte da depressão sobre o terreno cristalino e parte sobre o sedimentar. Almeida (1992)

O processo evolutivo e de manutenção das depressões é complexo de frágil equilíbrio, envolvendo ações das águas superficiais e sub-superficiais, condicionada por variáveis hidrológicas, litológicas, topográfica e antrópicas. O escoamento superficial retira por transbordamento em lençol por ocasião das enxurradas parte do material (areia, silte e argila) acumulado por escoamento difuso sobre as vertentes no fundo das depressões. Durante os períodos de chuva esta erosão é responsável pelo recuo das bordas e alargamento do fundo das depressões. Almeida (1992)

Os fluxos sub-superficiais oriundo dos deslocamentos a água no interior das formações superficiais com o transporte de areia, silte e argila podem ser determinantes na caracterização das depressões através dos fluxos tubiforme. A surgência de águas subterrâneas é acompanhada pelo fenômeno tubiforme, assumindo papel importante no ampliamiento das depressões pelo recuo paralelo das vertentes, através do desabamento de sua base formando pontos de surgência originando setores embaciados onde posteriormente acumulam águas superficiais. Almeida (1992)



O relevo tabuliforme feirense manifesta inúmeras depressões que acumulam água pluvial e freática. Muitas das lagoas do município possuem forma elíptica com eixo maior variando entre 0,25 a 0,20 km (**figura 04**). Podendo ser destacadas as seguintes lagoas: Lagoa Grande, Lagoa Pirixi, Lagoa da Tabua, Lagoa Salgada, Lagoas do Subaé e Lagoa do Prato Raso. As lagoas situadas no topo dos tabuleiros drenam para o rio Pojuca e Subaé, entretanto, as situadas no anfiteatro do bordo dos tabuleiros drenam para o rio Jacuípe. Almeida (1992). Os sistemas de lagoas apresentam-se compartimentada em sub-bacias interligadas por vales de fundo chato, formando um sistema específico de drenagem. As variações sazonal no nível das lagoas é decorrente das inter-relações de fatores condicionadores, geológicos (passivo) e morfoclimáticos (ativos). A constante evaporação nas lagoas no período seco, conjugado ao constante rebaixamento do nível freático, torna-se determinantes na redução ou desaparecimento da lamina d'água. Isso pode ocorrer durante estiagem formando nessas áreas zonas alagadiças, podendo secar completamente expondo seu material de fundo.



**Figura 04** – Mosaico de radar semi-controlado. Observa-se o relevo tabuliforme da região de Feira de Santana, principalmente na área sede do município, onde se situa o anel de contorno da cidade. A ocorrência e distribuição das lagoas são claramente visíveis. O tabuleiro de Feira de Santana atua como divisor de águas entre as Bacias do Jacuípe (a oeste) e do Subaé e do Pojuca (a leste).

Com advento do período chuvoso há diminuição da evaporação, as lagoas recuperam a lamina de água e os setores suscetível a encharcamento periódico recuperando as condições de umidade. Os aguaceiros de outono/verão são responsável

pela ascensão rápida da lamina d'água das lagoa e alagadiços bem como o seu trasbordamento.

#### **4. Considerações finais:**

Concluir um trabalho em andamento é impossível por isso será feitas algumas considerações finais a respeito desse trabalho. Embora os mapas geomorfológicos não estejam prontos tem-se aqui a revisão bibliográfica tanto da fotointerpretação associada a geomorfologia, bem como, o levantamento bibliográfico a respeito da geomorfologia do município de Feira de Santana.

Feira de Santana não possui uma cartografia em escala de geofácies por isso esse trabalho torna-se fundamental uma vez que se utilizara de técnicas de fotogrametria para fazer o levantamento geomorfológico do sítio urbano do município elaborando dessa forma mapas com escalas de 1: 25000 suprimindo essa carência, ajudando no planejamento ambiental do município de Feira de Santana uma vez que a geomorfologia é a ciência que estuda a gênese e a evolução das formas de relevo sobre a superfície da Terra. Christofolletti (1974) Portanto ocorre uma interação contínua entre a sociedade e a superfície.

O trabalho será realizado inicialmente em escala 1:25.000, baseado na fotointerpretação de fotografias aéreas da cidade do levantamento de 2000 (Conder), apoiado em análise e processamento digital de imagens do sensor Aster.



## **5. Referência:**

ALMEIDA, J. A. P. **Estudo Morfodinâmico do Sítio Urbano de Feira de Santana – Ba.** Dissertação de Mestrado. Salvador: UFBA, 1992.4

BRASIL, MME. **Projeto RADAMBRASIL.** Folha SD 24. Rio de Janeiro, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia,** São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

JENSEN, John R. **Remote Sensing of the Environment Na Earth Resource Perspective.** New Jersey: Prentice Hall Series in Geographic information Science, 2000.

LILLESAND, Thomas. M. et. al. **Remote Sensing and Image Interpretation.** Las Vegas: Wiley, 2004.

LOCH, C. **Noções básicas para a interpretação de imagens aéreas, bem como algumas de suas aplicações nos campos profissionais.** Florianópolis: UFSC, 1993.

MARCHETTI, Delmar. A. B. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação.** São Paulo: Nobel, 1986.

MABESONE, J. M. CASTRO, C. T. (1975). **Desenvolvimento Geomorfológico do Nordeste brasileiro.** Atlas do simpósio de geologia do nordeste. Boletim do Núcleo do nordeste, Recife, S. B. G. (3). Pg 5-36.

SANTOS, R. L **Evolução das vertentes e pedogênese nos bordos dos tabuleiros de Cruz das Almas (Ba).** Dissertação de mestrado em Geociências. Salvador: UFBA, 1993

TRICART, J. **Pricipes et methodes de la geomorphologie.** Paris, Masson 1965, 396 p.

# MONITORAMENTO DOS REMANESCENTES DO BIOMA CERRADO NO MUNICÍPIO DE SERRA DO SALITRE/MG-BRASIL UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Kárita Botelho Silvetre

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSM/RS  
karitasilvestre@yahoo.com.br

Aline Batista Ferreira

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geomática da UFSM/RS  
alineb\_ferreirae@yahoo.com.br

Carla Rodrigues Santos

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFU/MG  
carlarodsantos@yahoo.com.br

Roberto Rosa

Prof. Dr. do Instituto de Geografia da UFU  
rrosa@ufu.br

## RESUMO

Este trabalho tem como objeto de estudo, a aplicação das técnicas de geoprocessamento na elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal de 2002 do município de Serra do Salitre/MG com a finalidade de diagnosticar as condições do cerrado brasileiro neste município. O município de Serra do Salitre está localizado na região do Alto Paranaíba, estado de Minas Gerais ocupando uma área de 1.298 Km<sup>2</sup> e com uma população estimada de 10.271 sendo o censo de 2005 (IBGE). Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados cartas topográficas na escala 1:100.000 (cartas topográficas de Ibiá, Patos de Minas, São Gotardo e Carmo do Paranaíba ) e imagens ETM/LANDSAT, bandas 2b3g4r de outubro de 2002. Para o processamento das imagens (correção geométrica e realce) foi utilizado o software Idrisi32. A composição georreferenciada foi exportada para o software Cartalinx onde foi realizada a interpretação visual em tela (vetorização) das diferentes categorias de uso da terra e cobertura vegetal. A partir da imagem e utilizando-se os elementos de foto interpretação foi possível identificar e mapear as seguintes categorias: mata, cerrado, campo limpo, campo úmido, culturas irrigadas com pivô, culturas anuais e perenes, pastagens e mancha urbana. Como produto final foi elaborado um mapa de uso da terra e cobertura vegetal na escala de 1:50.000 acompanhado da quantificação das diferentes categorias. A metodologia utilizada mostrou-se eficaz para o desenvolvimento da pesquisa. Como resultado, diagnosticou-se que o município de Serra do Salitre/MG apresenta poucas áreas ocupadas por cerrado, sendo este fato resultante da modernização agrícola e da intensificação da pecuária que ocorreu no município nos últimos anos.

Palavras-chave: cerrado, geoprocessamento, Idrisi 32.

## ABSTRACT

This work has as study object, the application the techniques of geoprocessing in the elaboration map of use the land and vegetal covering in 2002 on municipality of Serra Salitre/MG with the purpose to diagnosis the conditions in Brazilian open pasture in this municipality. The municipality of Serra Salitre is located at Alto Paranaíba, region the state of Minas Gerais occupying an area of 1,298 square km and a population estimated at 10,271 (IBGE). For the development this study were used topographic charts on the scale 1:100,000 (letters topographical of Ibiá, Patos of Minas, São Gotardo and Carmo of the Paranaíba) and images ETM/ LANDSAT, bands 2b3g4r October 2002. For the processing of the images (geometric correction and enhancement) was used the software Idrisi32. The georeferenced composition was exported to Cartalinx software where the visual interpretation in screen (vectorisation) of

the different categories of use of the land and vegetation. From the image and using the photo elements interpretation it was possible to identify and map the following categories: forest, brazilian savanna, clean field, humid field, cultures irrigated with pivot, annual and perennial cultures, pastures and urban stain. As a final product a map of use of the land and vegetal covering in the folloied scale of 1:50.000 of the quantification of the different categories was elaborated. The used methodology revealed efficient for the development of the research. As a result, diagnosed that the municipality of Serra do Salitre / MG presents few areas occupied by savanna, which is actually resulting from the agricultural modernization and the intensification of **creation of cattle** that occurred in the city in recent years.

Keyword: brazilian savanna, geoprocessing, Idrisi 32

## **Introdução**

O Cerrado é um bioma brasileiro considerado peculiar quanto a sua formação vegetal que variam deste as formações abertas á densa de florestas que podem chegar até 30 metros de altura. É considerado o segundo maior bioma brasileiro, e sua biodiversidade é bastante variada tanto na flora quanto na fauna.

O estado do bioma cerrado sempre foi preocupante, visto que as condições topográficas facilitaram no desmatamento desenfreado, deste então a área passou a receber a atividade agropastoril (Aguiar et al, 2004).

A expansão desordenada das fronteiras agropecuárias sobre as áreas de cerrado, muitas vezes promove impactos altamente negativos em suas paisagens naturais, principalmente na questão que se refere à degradação dos solos na forma de processos erosivos, assoreamento e contaminação dos recursos hídricos. E essa expansão agrícola fez com que as transformações no espaço se tornassem mais dinâmicas.

O uso desenfreado e inadequado da terra tem levado o homem a degradar de forma preocupante o seu ambiente natural, gerando impactos, às vezes irreversíveis, ao meio ambiente. Segundo Rosa (1989) a expressão “uso da terra” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço esta sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos do mau uso causam deterioração no ambiente.

A área escolhida para o desenvolvimento do estudo está inserida no ambiente denominado Cerrado. Desta forma o trabalho tem como objeto de estudo, a aplicação de SIG's na elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal de 2002 do município de Serra do Salitre/MG com a finalidade de diagnosticar as condições do cerrado brasileiro neste município.

## **Caracterização e localização da área de estudo**

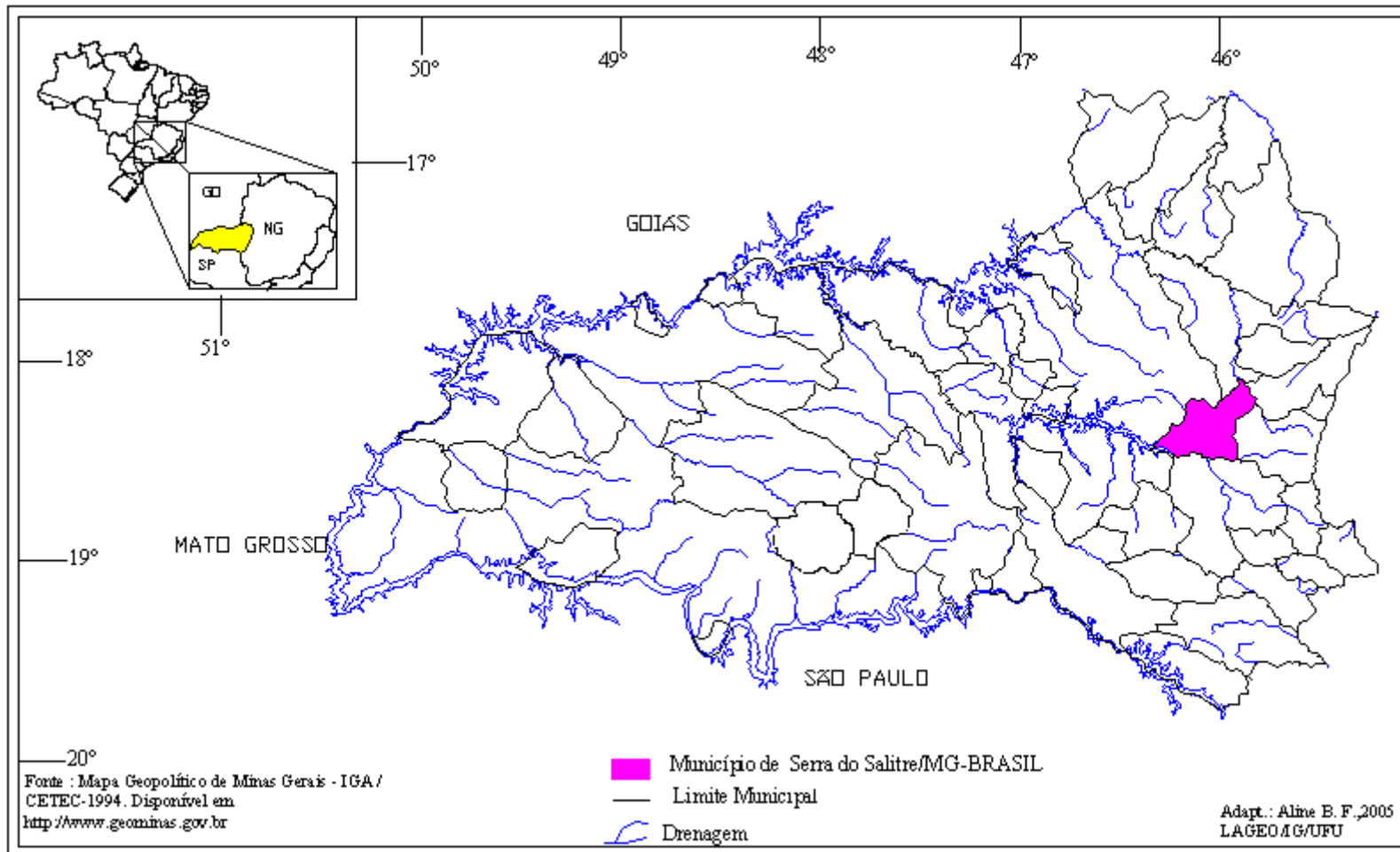
O município de Serra do Salitre está localizado na região do Alto Paranaíba, estado de Minas Gerais ocupando uma área de 1.298 Km<sup>2</sup> e com uma população estimada de 10.271 sendo o censo de 2005, é está inserido no bioma Cerrado (IBGE).

O clima regional é quente úmido com temperatura média de 20,1° C, apresentando pluviosidade máxima em novembro a abril, e baixa deficiência hídrica de maio a setembro (Castro, 1995). De acordo com o site Portal Brasil o clima predominante no Domínio do Cerrado é o Tropical sazonal, de inverno seco. As máximas absolutas mensais não variam muito ao longo dos meses do ano, podendo chegar a mais de 40°C. Já as mínimas absolutas mensais variam bastante, atingindo valores próximos ou até abaixo de zero, nos meses de maio, junho e julho. A ocorrência de geadas no Domínio do Cerrado não é fato incomum, ao menos em sua porção austral.

Em geral, a precipitação média anual fica entre 1200 e 1800 mm. Ao contrário da temperatura, a precipitação média mensal apresenta uma grande estacionalidade, concentrando-se nos meses de primavera e verão (outubro a março), que é a estação chuvosa. Curtos períodos de seca, chamados de veranicos, podem ocorrer em meio a esta estação, criando sérios problemas para a agricultura. No período de maio a setembro os índices pluviométricos mensais reduzem-se bastante, podendo chegar a zero.

Os solos do cerrado (latossolo), ocupam uma extensa área do Brasil Central, estando hoje em grande parte substituído por lavoura e pastagem principalmente no Triângulo Mineiro (Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – EMBRAPA, 1982).

Em parte dos Cerrados, o solo pode apresentar concreções ferruginosas - canga - formando couraças, carapaças ou bancadas lateríticas, que dificultam a penetração da água de chuva ou das raízes, podendo às vezes impedir ou dificultar o desenvolvimento de uma vegetação mais exuberante e a própria agricultura. Quando tais couraças são espessas e contínuas, vamos encontrar sobre estas superfícies formas mais pobres e mais abertas de Cerrado. Que porcentagem dos solos apresenta este tipo de impedimento físico não sabemos, embora ela deva ser significativa (Portal Cerrado).



**Figura 1** – Localização do Município de Serra do Salitre /MG – Brasil

## Referencial teórico

O cerrado teve sua ocupação devido a sua posição privilegiada de proximidade com os grandes mercados consumidores, quanto aos incentivos do Estado, que se interessavam pelo desenvolvimento da economia brasileira através do aumento da modernização da produção agrícola.

Minas Gerais, na maior parte de seu território, é revestida pela tipologia vegetal denominada cerrado, que se caracteriza por vegetação não muito densa com árvores de pequeno e médio porte que, de um modo geral, se apresentam com bastante tortuosidade.

Uma das primeiras definições sobre o Cerrado é de Warming em 1908, que definiu a vegetação como xerófito, caracterizado por tipos fisionômicos que variavam destas formas densas (florestas), até as formas campestres definidas pela sazonalidade climática. A origem da vegetação do cerrado também é característico pela deficiência química dos solos, bem como os fatores geomorfológicos, climáticos e antrópicos (SILVA, 2000).

O cerrado é formado por vegetação com diferentes fitofisionomias que apresentam camadas herbáceas e arbustivas, ou camadas arbóreas. As árvores geralmente possuem troncos retorcidos, com espessas cascas e frequentemente apresentam sinas de queima (FERRI, 1989).

Nas últimas décadas a agricultura vem, substituindo o cerrado e assim, desalojando sua fauna, destruindo sua flora e conseqüentemente provocando impactos ambientais que geram alguns desequilíbrios. Com sentido de proteger a natureza, o Poder Público adota políticas ambientais que levam em conta a busca de amostras representativas dos ecossistemas existentes numa região, possibilitando, dessa forma, a conservação integral dos componentes do ecossistema ali existente.

Até a década de 1950, os Cerrados mantiveram-se quase inalterados. A partir da década de 1960, com a interiorização da capital e a abertura de uma nova rede rodoviária, largos ecossistemas deram lugar à pecuária e à agricultura extensiva, como a soja, arroz e ao trigo. Tais mudanças se apoiaram, sobretudo, na implantação de novas infra-estruturas viárias e energéticas, bem como na descoberta de novas vocações desses solos regionais, permitindo novas atividades agrárias rentáveis, em detrimento de uma biodiversidade até então pouco alterada.

Durante as décadas de 1970 e 1980 houve um rápido deslocamento da fronteira agrícola, com base em desmatamentos, queimadas, uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos, que resultou em 67% de áreas do Cerrado "altamente modificadas", com voçorocas, assoreamento e envenenamento dos ecossistemas. Resta apenas 20% de área em estado conservado.

A partir da década de 1990, governos e diversos setores organizados da sociedade debatem como conservar o que restou do Cerrado, com a finalidade de buscar tecnologias embasadas no uso adequado dos recursos hídricos, na extração de produtos vegetais nativos, nos criadouros de animais silvestres, no ecoturismo e outras iniciativas que possibilitem um modelo de desenvolvimento sustentável e justo.

O sensoriamento remoto há muito tempo vem sendo utilizado pelos militares como estratégia militar, hoje esta sendo utilizada como um fator essencial para o estudo sistemático no monitoramento de extensas áreas da superfície terrestre, com o objetivo de monitorar, fiscalizar e controlar de maneira mais precisa as modificações na superfície terrestre.

O sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas são instrumentos poderosos como auxílio no processo de zoneamento de um território, especialmente de sub-bacias hidrográficas. As possibilidades

oferecidas pelo SIG's em integrar dados obtidos por sensores remotos com outros tipos de dados (de laboratório, campo, mapas, etc) permite sua aplicação nos mais variados campos relacionados às ciências da natureza (ROSA, 1995, p.158)

O geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de tecnologias destinadas a coleta e tratamento de informações espaciais no desenvolvimento de novos sistemas de aplicações e sofisticações. O geoprocessamento pode ser aplicado por profissionais que trabalham com processamento digital de imagens, cartografia digital e sistemas de informação geográfica (Rosa e Brito, 1996).

No caso do uso da terra, estas técnicas contribuem de modo expressivo para a rapidez, eficiência e confiabilidade nas análises que envolvem os processos de degradação da vegetação natural, fiscalização dos recursos florestais, desenvolvimento de políticas conservacionistas, bem como vários outros fatores que podem ocasionar modificações na vegetação (ROSENDO, 2005).

### **Procedimentos metodológicos**

#### *– Documentos:*

- Folha topográfica de Serra do Salitre, em meio digital, fornecidas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) na escala de 1:100.000.
- Imagem do sensor ETM+/LANDSAT 7, de 22 de outubro de 2002, no formato digital, composição 3B4R5G.

#### *- Equipamentos:*

- Microcomputador Pentium IV, 1GB RAM, HD 40 GB, Monitor LG, CD-ROM e mouse;

#### *- Softwares:*

- Cartalinx - é um software destinado à construção de bases de dados espaciais. Este software é composto por cinco componentes principais (menu principal, barra de fela de tabelas, janela de visualização e barra de status), que auxiliam na estruturação da criação da base cartográfica. Os arquivos gerados pelo Cartalinx possuem dois tipos de extensões; LNX para arquivos de desenho e MDB para tabela de atributos.

- Idrisi, versão 32 - é um sistema de informação geográfica que serve para processamento de imagens, desenvolvido pela *Graduate School of Geography da Clark Universit*, baseado no formato *raster* de representação de dados, foi desenvolvido para microcomputadores. Sendo utilizado na funcionalidade analítica raster e cobre todo o espectro de necessidades de SIG e de sensoriamento remoto, desde consulta a banco de dados e modelagem espacial até realce e classificação de imagens (EASTAM, 1998).

- ArcView 3.2a - é uma ferramenta do Geoprocessamento que possibilita ligar informações a uma posição geográfica permitindo visualizar e analisar dados, criar mapas, integrar informações e visualizar. É um software de fácil manipulação, desenvolvido no ambiente do Windows e possui ferramentas que permitem resolver com mais eficiência os problemas ligadas ao geoprocessamento. O Arc View foi desenvolvido Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI).

- Microsoft OfficeXP

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado o software Idrisi 32, no qual primeiramente foi realizado o georreferenciamento das bandas, que consiste em tornar suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência. Este processo inicia-se com a obtenção das coordenadas (pertencentes ao sistema no qual se planeja georreferenciar) de pontos da imagem ou a ser georreferenciada, conhecidos como *Pontos de Controle* que são locais que oferecem uma feição física perfeitamente identificável, tais como intersecções de estradas e de rios, represas, pistas de aeroportos, edifícios proeminentes, topos de montanha, dentre outros. Em seguida foi realizada a composição colorida que consistiu em combinar três bandas (3B4R5G), com o intuito de se fazer o mapeamento, visto que este procedimento aumenta o poder de discriminação dos alvos.

Com o uso do software ArcView 3.2a, foi realizado o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal do município. Sendo que o primeiro procedimento foi elaborar a chave de fotointerpretação apresentada na **Tabela 1** para que se pudesse começar a digitalização das classes de uso da Terra para a elaboração do mapa de Uso da Terra

**Tabela 1 – Chave de fotointerpretação para a imagem ETM+/LANDSAT (3B4R5G)**

<b>Categoria</b>	<b>Cor</b>	<b>Textura</b>	<b>Forma</b>
Campo Limpo	Verde escuro	Rugosa	Irregular
Mata de Galeria	Vermelho claro	Rugosa	Irregular
Cerrado	Marrom avermelhado	Rugosa	Irregular
Floresta Semi-Decídua	Vermelho escuro	Rugosa	Irregular
Cerradão	Vermelho	Rugosa	Irregular
Campo Úmido/Vereda	Verde	Rugosa	Irregular
Campo Sujo	Verde claro	Rugosa	Irregular
Corpos d'água	Preto	Rugosa	Irregular
Culturas Anuais/Perenes	Azul	Lisa	Geométrica
Culturas Irrigadas	Cor variada	Lisa	Geométrica
Pastagem	Amarelo esverdeado	Rugosa	Irregular
Área Urbana	Cor variada	Rugosa	Irregular

Após a elaboração da chave de fotointerpretação, foi elaborado o mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Serra do Salitre, sendo também elaborada a carta imagem.

## **Resultados**

Com a imagem ETM+/LANDSAT (Figura 2) foi possível identificar e mapear as categorias de uso da terra e cobertura vegetal, presentes no município por meio dos elementos de fotointerpretação.

As categorias de uso identificadas foram as seguintes:

- **Campo Limpo:** tipo fitofisionomia herbácea, com poucos arbustos e nenhuma árvore. É comumente encontrada junto às veredas, olhos d'água e em encostas e chapadas. Pode ser classificado em Campo Limpo Seco, quando ocorre em áreas onde o lençol freático é profundo e Campo Limpo Úmido, quando o lençol freático é superficial. As áreas de Campo Limpo Úmido são ricas em espécies herbáceas ornamentais como por exemplo: *Rhynchospora speciosa* (estrelona), *Paepalanthus elongatus* (palipalã-dobrejo), *Lagenocarpus rigidus* (capim-arroz), *Lavoisiera bergii* (pinheirinho-roxo) e *Xyris paradisiaca* (pirecão).



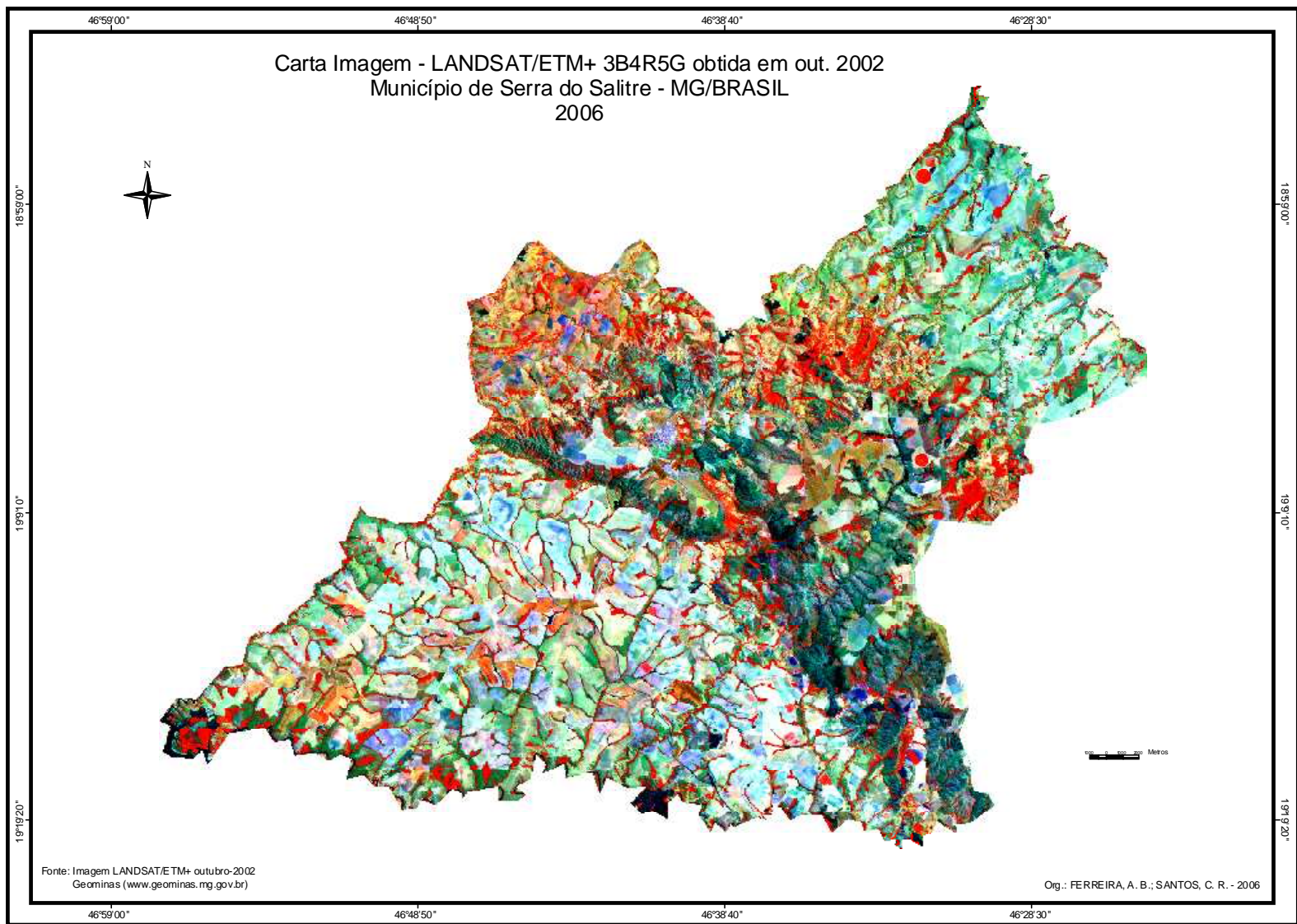
- Mata de Galeria: florestas de galeria que acompanham os cursos d'água e cujas copas das árvores se encontram sobre o curso d'água.
- Cerrado: vegetação natural de porte médio a baixo, constituída por árvores e arbustos tortuosos, geralmente espaçados, com troncos de cortiça espessa e folhas coreácias.
- Floresta Semi-Decídua: vegetação condicionada pela dupla estacionalidade climática, uma tropical com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno, com temperaturas médias inferiores a 15°C.
- Cerradão: formação florestal do cerrado com árvores de até 15 metros de altura.
- Campo Úmido/Vereda: aparece tanto mais desenvolvido quanto maior o curso d'água, sendo predominantemente a vegetação natural. Esta vegetação apresenta-se bem diversificada, indo desde rasteira até arbórea.
- Campo Sujo: é uma fisionomia herbáceo-arbustiva com arbustos e subarbustos espaçados entre si. Estabelece-se sobre solos rasos que podem apresentar pequenos afloramentos rochosos ou solos mais profundos, mas pouco férteis. Da mesma forma que o campo limpo varia com a umidade do solo e a topografia, podendo ser classificado como Campo Sujo Úmido e Campo Sujo Seco. Entre as espécies encontradas nos Campos Sujos da região estão: *Epistephium sclerophyllum* (orquídea-terrestre), *Paepalanthus speciosus* (sombreiro), *Cambessedesia espora*, *Vellozia flavicans* (canela-de-ema) e *Didymopanax macrocarpum* (mandiocão).
- Corpos d'água: estão representadas nesta categoria os rios de margem dupla, os córregos e lagos.
- Culturas Anuais/Perene: a cultura anual abarca as terras preparadas para o plantio de culturas de ciclo curto colhidos anualmente, como arroz, soja, milho, feijão e sorgo. A Cultura Perene refere-se às culturas de ciclo longo entre o plantio e a renovação dos talhões, representadas na região, como café, laranja e seringueira.
- Cultura Irrigada: são áreas de culturas anuais de ciclo curto ou longo utilizando o uso da irrigação. Aparecem na imagem com cores variadas devido a diferentes estágios de maturação das culturas implantadas.
- Pastagem: vegetação constituída predominantemente de gramíneas, plantas graminóides, ervas, arbustos e árvores dispersas, com influência marcante do uso de pastoreio.
- Área Urbana: edificações como vilas, cidades e outras áreas antrópicas.

**Tabela 2 – Áreas das categorias de uso da terra e cobertura vegetal no município de Serra do Salitre /MG**

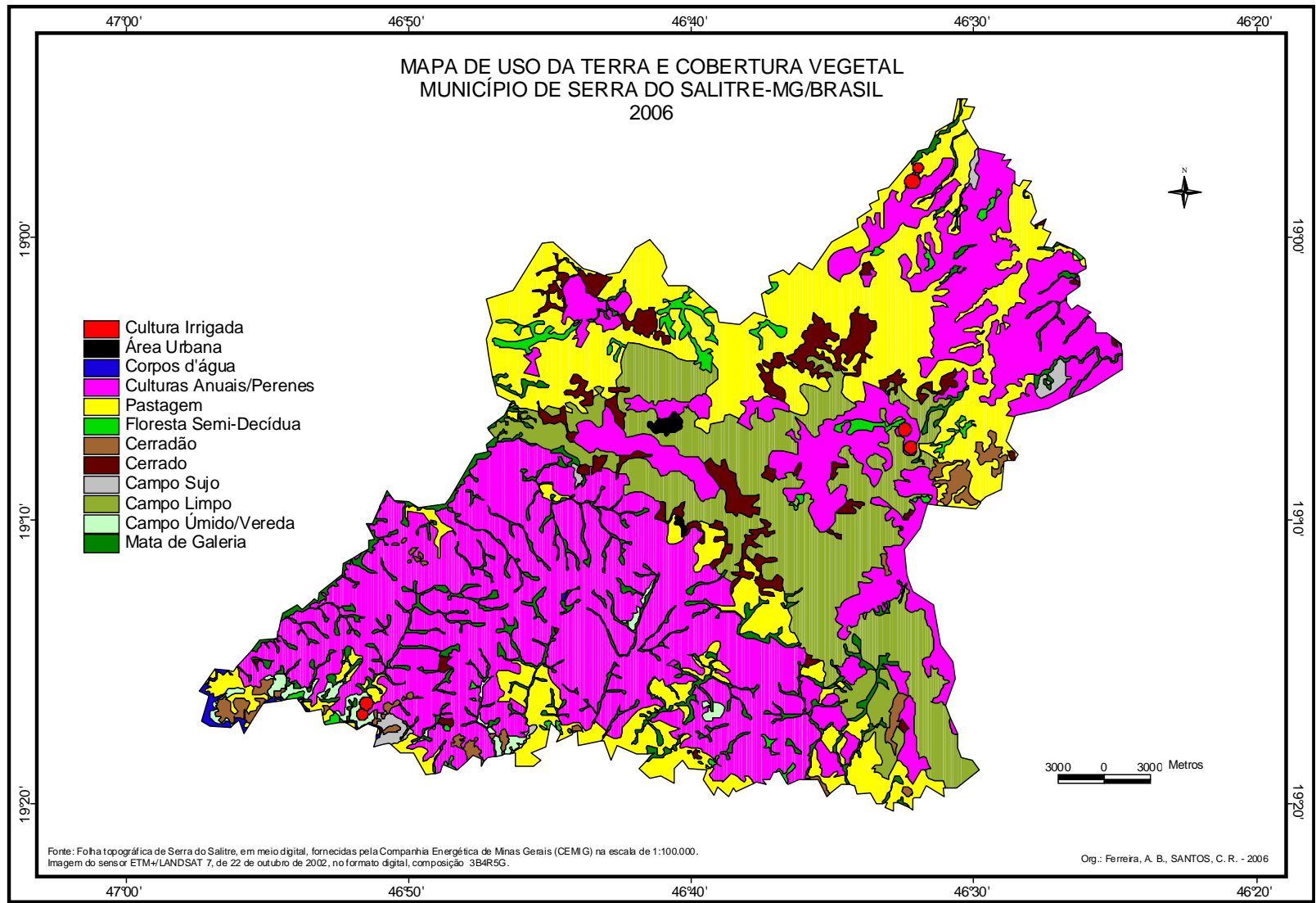
<b>Categorias</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Campo Limpo	209,14	20914	16,11
Mata de Galeria	75,40	7540	5,81
Cerrado	50,66	5066	3,90
Floresta Semi-Decídua	19,43	1943	1,50
Cerradão	18,88	1888	1,45
Campo Úmido/Vereda	11,00	1100	0,85
Campo Sujo	7,22	722	0,56
Corpos d'água	3,10	310	0,24
Culturas Anuais/Perenes	585,70	58570	45,12
Culturas Irrigadas	3,17	317	0,24
Pastagem	311,90	31190	24,03
Área Urbana	2,40	240	0,18
<b>Total</b>	<b>1298</b>	<b>129800</b>	<b>100,00</b>

Dentre as categorias mapeadas de uso da terra e cobertura vegetal pode-se observar que o município de Serra do Salitre/MG, que apresenta um área total de 1.298 Km<sup>2</sup>, verifica-se que a categoria de uso culturas anuais/perenes é a categoria de maior expressão areal, com 585,70 Km<sup>2</sup> (45,12%), seguida de pastagem 311,90 Km<sup>2</sup> (24,03%) e campo limpo 209,14 Km<sup>2</sup> (16,11%). Os demais usos aparecem com menores valores percentuais, podendo destacar mata galeria com 75,40Km<sup>2</sup> (5,81%), cerrado 50,66 Km<sup>2</sup> (3,90%), floresta semi-decídua 19,43 Km<sup>2</sup> (1,50%), cerradão 18,88 Km<sup>2</sup> (1,45%), campo úmido/vereda 11,00 Km<sup>2</sup> (0,85%), campo sujo 7,22 Km<sup>2</sup> (0,56%), corpos d'água 3,10Km<sup>2</sup> e culturas irrigadas 3,17Km<sup>2</sup> (0,24%) e área urbana 2,40 Km<sup>2</sup> (0,18%).

Nota-se que o modelo agrícola adotada na década de 70 no estado de minas gerais, vem transformando a paisagem, e o predomínio é o emprego de alta tecnologia destinada, sobretudo a produção de grãos como soja, milho, café e cana de açúcar. A partir do levantamento podemos verificar que o município de Serra do Salitre há uma predominância de atividades antrópicas, principalmente agricultura e em seguida pastagem, e percebemos que as classes de cobertura vegetal natural, principalmente a fitofisionomia do cerrado, cerradão e mata galeria aparecem com taxa menores que são exigidas pela legislação ambiental.



**Figura 2** – Carta Imagem do satélite ETM+/LANDSAT 3B4R5G, obtida em 22/10/2002



**Figura 3 -** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do Município de Serra do Salitre/MG

## **Considerações finais**

A tecnologia utilizada para o monitoramento dos remanescentes de cerrado no município de Serra do Salitre foi satisfatória, isto porque a identificação deste bioma propicia na estruturação do território e principalmente das áreas que estão sendo degradadas pelo uso incorreto do uso antrópicos.

Os problemas ambientais e sociais existentes no bioma cerrado, com a instalação dos grandes projetos de ocupação de suas áreas pela produção agropastoril, podem ser resolvidos ou mesmo amenizados desde que haja o direcionamento de políticas governamentais efetivas, como por exemplo, a melhoria do sistema de extensão rural, maiores controles sobre o uso dos insumos agrícolas, proteção de áreas naturais, entre outros.

O mapeamento dos remanescentes do cerrado diagnosticou-se que o município de Serra do Salitre/MG apresenta poucas áreas ocupadas por cerrado, sendo este fato resultante da modernização agrícola e da intensificação da pecuária que ocorreu no município nos últimos anos.

## REFERENCIAS

Cerrado, disponível em <<http://www.mre.gov.br/CDBRASIL/ITAMARATY/WEB/port/meioamb/ecossist/cerrado/apresent.htm>>. Acesso em 29/09/2006

Tipos de Cerrado, disponível em <[http://www.portalbrasil.eti.br/cerrado\\_tipos.htm](http://www.portalbrasil.eti.br/cerrado_tipos.htm)>. Acesso em 29/09/2006

Cerrado Brasileiro, disponível em <[http://www.portalbrasil.eti.br/cerrado\\_climaerelevo.htm](http://www.portalbrasil.eti.br/cerrado_climaerelevo.htm)>. Acesso em 29/09/2006

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 19/10/2006).

Ambientebrasil – Portal Ambiental – Campo Sujo, Campo Limpo. Disponível em <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=../natural/index.html&conteudo=../natural/biomas/cerrado.html>>. Acesso em 17/11/2006

AGUIAR, L.M.de. S.; MACHADO, R.B.; FILHO, J.M. **A diversidade Biológica do Cerrado**. In: Cerrado : ecologia e caracterização. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, 2004.

CASTRO, N.M.F. **Projeto Executivo: unidade de conservação galheiro – estudo de fauna e flora**. Belo Horizonte: [s.n.], 1995. 2 v.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro, R.J., 1982 526p. p.369-370.

FERRI, M.G. **Plantas do Brasil: espécies do cerrado**. São Paulo: EDGARD BLU"CHER, 1969. 239P.

FORMAGGIO, A. R., ALVES, D.S. EPIPHANIO, J.C. **Sistema de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.16, n.24, p. 249-246, 1992.

FRANCO, José Benjamin Severino. **Análise da Possibilidade de Identificar Pastagens degradadas Utilizando Dados de Sensoriamento Remoto** – Uberlândia, 2002. Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, 2002.

LIMA,S.C.; ROSA,R.; FELTRAN FILHO,A. **Mapeamento do uso do solo no município de Uberlândia- MG, através de Imagens TM/ LANDSAT**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, ano1, n.2, p. 127-145, dez., 1989.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos/SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2003, 304 p.

NISHIYAMA, L.; BACARRO, C.A.D. **Aproveitamento nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Uma agressão ao Meio Ambiente**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, ano 1, n.1, p. 49-52, jun., 1989.

ROCHA, J.S.M.da. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, p.71-136,1997.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, 5º ed., Uberlândia. Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

ROSA, R; BRITO, L.S. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica**. Uberlândia, 1996. p.104p.

ROSENDO, J. dos S. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na bacia do Rio Araguari - MG – utilizando dados do sensor MODIS**. Dissertação de Mestrado. Uberlândia, 2055. p.130.

SILVA, L.L. **O papel do estado no processo de ocupação das áreas de cerrado entre as décadas de 60 e 80**. Revista on line: Caminhos da Geografia. Instituto de geografia UFU. 1(2) 24-36, dez/2000.

# AVALIAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO NÃO SUPERVISIONADA DO USO DO SOLO E TIPOS DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE MANSO, MT.

Aline de Matos Valério<sup>1</sup>  
Gustavo Bayma Siqueira da Silva  
Milton Kampel<sup>1</sup>  
José Luiz Stech<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{alineval; bayma; milton; stech} @dsr.inpe.br

**Resumo:** Um planejamento de manejo de um reservatório se faz necessário para a regulamentação do uso dos recursos naturais ao seu redor. A classificação do uso do solo e da qualidade da água auxilia este planejamento. A utilidade da classificação do uso e cobertura do solo ao redor, além da própria água em questão, é ampla já que gerenciadores ambientais, formuladores de diretrizes, cientistas e governos locais podem fazer uso desta no planejamento de desenvolvimento da área assim como traçar medidas de proteção e preservação. O objetivo deste trabalho é avaliar a classificação não supervisionada, Isodata, do uso do solo e tipos de água, comparando com a classificação supervisionada MaxVer. Assim, foram produzidos mapas temáticos para o Reservatório de Manso (Mato Grosso, Brasil) para a época de seca em julho e outro para a época de chuva em dezembro de 2006. Foram realizadas quatro classificações, duas supervisionadas MaxVer e duas não supervisionadas Isodata sendo duas para o corpo de água do reservatório e duas para o uso da terra. O método Isodata foi comparado com o método MaxVer para o mesmo mês com o propósito de se avaliar a qualidade do mapa temático gerado através do classificador não supervisionado. Posteriormente, o índice Kappa foi calculado para melhorar a acurácia das medidas. De acordo com o índice Kappa, os mapas temáticos Isodata foram classificados como de boa qualidade para o uso da terra, mas não obteve um bom resultado para os tipos de água. Foi verificado que o método MaxVer seguido por uma interpretação visual apresentou melhores resultados.

**Palavras chave:** Uso e cobertura do solo, reservatório, classificação.

**Abstract.** The management planner of a reservoir is necessary to natural resource settlement farther the area development. The classification of land use and water quality came to help this planning. The usefulness of such survey is widespread, since environmental managers, policy-makers, scientist and local governments can utilize them in the planning process of an area's developmental phase as well as in designing protection and preservation measures. The objective of this work is evaluate the no supervised classification of the land use and water types, by comparing with the supervised classification MaxVer, producing a thematic map for the Manso Reservoir (Mato Grosso, Brazil) for the dry season in July and another to the rainy season in December of 2006. Four classifications were produced, two supervised MaxVer and two no supervised Isodata, being two for the water and two for the land use. The Isodata method was compared with the MaxVer method for the same month with de purpose to evaluate the quality of the map obtained from no supervised classifier. Latter, the Kappa index was compute to improve the measure accuracy. In accordance of Kappa index, the Isodata thematic maps were classified like good quality for the land use but did not have a good result for the water types. Was verified that MaxVer method follow by a visual interpretation have better results.



**Keywords:** Land use, reservoir, classification.

## 1. INTRODUÇÃO

A classificação de imagens é um importante campo nas pesquisas de sensoriamento remoto, pois serve de fundamento para muitas aplicações ambientais e socioeconômicas. Classificar dados de sensoriamento remoto em mapas temáticos pode vir a ser um desafio devido a muitos fatores como a complexidade da paisagem da área estudada, os dados do sensor remoto escolhido, o processamento da imagem e as aproximações da classificação que podem afetar o sucesso da classificação (LU e WENG, 2006).

Ao redor do reservatório, de forma análoga dos lagos, pode haver zonas agrícolas cujos métodos demandam aumento da entrada de químicos e fertilizantes que escoam para o corpo de água com conseqüente impacto na qualidade da água e pesca. Deste modo, o planejamento de manejo se faz necessário para a regulamentação do uso dos recursos naturais. A utilidade da classificação do uso e cobertura do solo ao redor, além da própria água em questão, é ampla já que gerenciadores ambientais, formuladores de diretrizes, cientistas e governos locais podem fazer uso desta no planejamento de desenvolvimento da área assim como traçar medidas de proteção e preservação (PAPASTERGIADOU, et al., 2007).

O uso do solo está normalmente ligado à agricultura que tem sido objeto de interesse de instituições e órgãos governamentais voltados ao planejamento e à adoção de políticas agrícolas. Outro ponto importante abordado por Baskent e Kadiogullari (2007) é o reconhecimento e entendimento da paisagem como um legado histórico de distúrbios. Para isso, mapas de cobertura de solo feitos a partir de imagens de satélite tem sido amplamente usado para estimar taxas de distúrbio em ecossistemas florestais, apoiando o manejo desses ecossistemas.

É importante ressaltar também a importância do desempenho das práticas de manejo e a conservação das águas de superfície. Esta preocupação refere-se ao aproveitamento de bacias hidrográficas que podem ser alteradas por ações antrópicas, acarretando em transporte de sedimentos em suspensão e de fundo nos canais fluviais resultando na alteração da qualidade da água e em assoreamento (PINTO E GARCIA, 2005).

A qualidade da água é caracterizada por propriedades físicas, químicas e biológicas e pode ser degradada pela presença de excesso de nutrientes, pesticidas, metais pesados e sedimentos. Os dados de sensoriamento remoto possuem a vantagem de apresentar boa cobertura espacial e temporal implicando em um entendimento abrangente dos sistemas aquáticos facilitando o monitoramento da área em questão (LIU Y. et al, 2003; LONDE et al, 2005; LONDE et al, 2006).

O uso do sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento da cor da água oferece importantes informações sobre os componentes presentes neste ambiente. Três componentes principais além da água pura são responsáveis pela mudança na cor da água: fitoplâncton, material inorgânico em suspensão e substâncias orgânicas dissolvidas (KAMPEL e NOVO, 2005).

O objetivo deste trabalho é testar métodos de classificações supervisionadas e não supervisionadas para elaborar dois mapas temáticos do reservatório de Manso, MT. Um para a estação seca, mês de julho e o outro para a estação chuvosa, mês de dezembro do ano de 2006.

## **2. ÁREA DE ESTUDO**

O Rio Manso, onde foi construído o reservatório hidrelétrico, é o principal formador do Rio Cuiabá. O reservatório está localizado no norte de Cuiabá, MT na área compreendida pelas seguintes coordenadas: 14°14' – 15°20'S e 55°20' – 60°00'O a 100 km da capital Cuiabá (figura 1). O reservatório possui uma área total inundada de 427 km<sup>2</sup>, volume de 7,3 km<sup>3</sup> e uma profundidade próxima à barragem de 60m aproximadamente e foi criado entre novembro de 1999 e fevereiro de 2000.

O clima tropical da área possui duas épocas distintas: seca (abril – agosto) e chuvosa (setembro – março). A paisagem ao redor do reservatório é dominada por morros arenosos cobertos por uma vegetação arbustiva resistente a seca e algumas árvores esparsas. A área inundada é formada principalmente por uma vegetação arbustiva embora algumas áreas apresentassem fragmentos de matas ciliares rodeadas pelos rios. Essas árvores deixadas nas áreas inundadas estão parcialmente submersas na água e sofrem uma decomposição gradual. Esse material orgânico usa oxigênio durante a decomposição o que influencia na biota do reservatório (HYLANDER, et al. 2006).

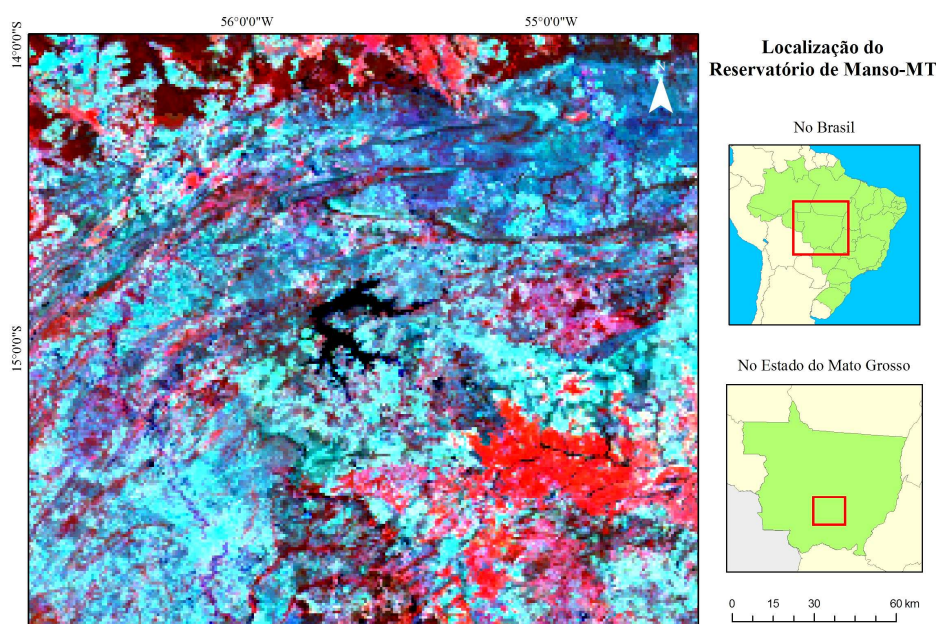


Figura 1 – Posição geográfica do Reservatório de Manso.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram obtidas duas imagens Landsat do sensor TM (29/07/2006 e 20/12/2006) de órbita-ponto 226-070 para classificação do uso do solo, além da água do reservatório. As imagens escolhidas representam uma época de seca (julho) e uma época de chuva (dezembro).

Devido ao grande tamanho da bacia hidrográfica a qual pertence o reservatório foi estabelecido um *buffer* de 3km para o desenvolvimento do trabalho. Por causa da existência de nuvens na imagem de dezembro foram criadas máscaras de nuvens e sombras para evitar a influência das mesmas na classificação. Para a imagem de julho, as mesmas áreas de nuvens e sombra foram desconsideradas. Para auxiliar na classificação do uso do solo também foi criada uma máscara para a água do reservatório.

Como não se conhece a área do reservatório *in situ*, optou-se pela utilização de duas classificações sendo uma não supervisionada, Isodata, e outra supervisionada, MaxVer, possibilitando uma visão da melhor abordagem para gerar mapas de uso do solo assim como um conhecimento prévio da qualidade da água. O método de classificação MaxVer foi utilizado como referência e a classificação Isodata, do mesmo mês, foi comparada com

intuito de avaliar a qualidade do mapa temático oriundo da classificação não supervisionada.. O classificador MaxVer foi escolhido por ser comumente usado devido sua robustez e a disponibilidade fácil em qualquer software de processamento de imagem (LU e WENG, 2006).

Na classificação Isodata, o algoritmo baseia-se na análise de agrupamentos onde são identificadas no espaço de atributos as nuvens (clusters) formadas por “pixels” com características similares. Neste tipo de classificador, é comum especificar o número destes clusters, isto é, o número de classes possíveis de serem encontradas na área de estudo, mesmo não sendo este o número ideal destas classes (VENTURIERI e SANTOS, 1998). Segundo Mather (1999) os classificadores Isodata e MaxVer utilizam a classificação “por ponto” ou “por *pixel*”.

Para melhorar a precisão das medidas de classificação foi utilizado o coeficiente Kappa. De acordo com Antunes e Lingnau (1997), o coeficiente de acurácia Kappa é indicado na avaliação da classificação de imagens de sensoriamento remoto porque considera a concordância observada e a esperada no seu cálculo. O coeficiente kappa é uma medida de concordância estatística na forma de uma matriz de confusão que é obtida após a verificação dos resultados obtidos na classificação digital (LU e WENG, 2006; KLECKA, 1980).

Para a manipulação e classificação dos dados foram utilizados os *softwares* Spring 4.3.3, Envi 4.2, Arcview 3.3.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 mostra a imagem do Reservatório de Manso em julho e dezembro de 2006. Um buffer de 3km foi aplicado devido o tamanho da bacia hidrográfica na qual o reservatório está inserido. Na figura 3 foi aplicada uma máscara para o reservatório a fim de facilitar a classificação. Devido à presença de nuvens na imagem de dezembro, também foi criada uma máscara para as mesmas além de suas sombras. As áreas das nuvens e sombras foram desconsideradas na imagem de julho.

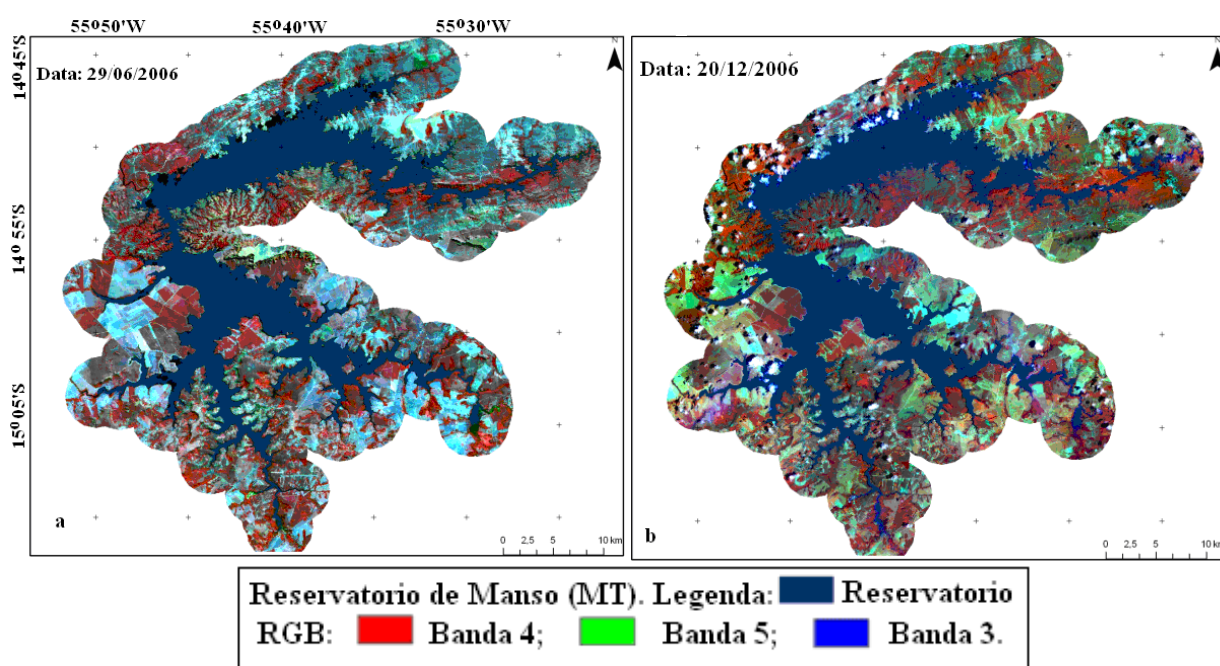
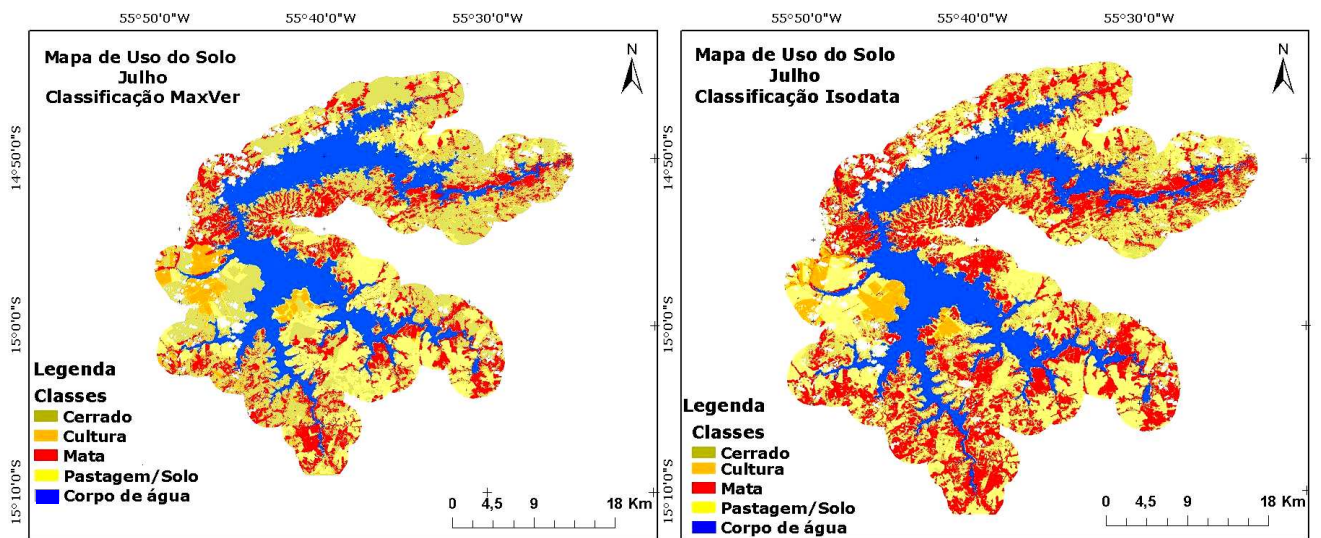


Figura 2 – Buffer de 3 km e máscara de água aplicada à imagem de 29 de julho de 2006 (a) e 20 de dezembro de 2006(b).

Inicialmente o uso do solo foi discriminado em 5 classes baseada na interpretação visual prévia: Cerrado, Cultura, Mata, Pastagem/Solo e Rio. A classe Rio não se refere ao corpo de água do reservatório e sim ao curso de água localizado após a barragem (figura 3). Como resultado das classificações referentes ao mês de julho de 2006, o Cerrado apresentou maior área (49%) no método de classificação MaxVer, porém no método

Isodata sua porcentagem de área correspondeu apenas à 38,2%. As demais classes, apesar de possuírem valores distintos, apresentaram uma mesma ordem em relação à área correspondente nos dois métodos de classificação. A ordem foi a seguinte: Cerrado, Cultura, Mata, Pastagem/Solo e Rio (Tabela 1).



(a) (b)  
 Figura 3 – Mapa de uso do solo classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de julho de 2006.

Tabela 1. Área total e porcentagem equivalente para as classes: Cerrado, Cultura, Mata, Pastagem/Solo e Rio para os métodos de classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de julho de 2006.

(a)			(b)		
Classe	km <sup>2</sup>	%	Classe	km <sup>2</sup>	%
Cerrado	52.367,37	49,0	Cerrado	40.788,29	38,2
Cultura	5.152,96	4,8	Cultura	3.227,98	3,0
Mata	25.355,48	23,7	Mata	35.914,61	33,6
Pastagem/Solo	23.948,50	22,4	Pastagem/Solo	26.893,43	25,2
Rio	23,17	0,0	Rio	23,17	0,0
<b>Total</b>	<b>106.847,47</b>	<b>100,0</b>	<b>Total</b>	<b>106.847,47</b>	<b>100,0</b>

Com a finalidade de se obter a concordância entre as classes de referência e as classes classificadas pelos métodos em questão foram selecionados aleatoriamente 82 pontos para o cálculo do índice Kappa (Figura 4).

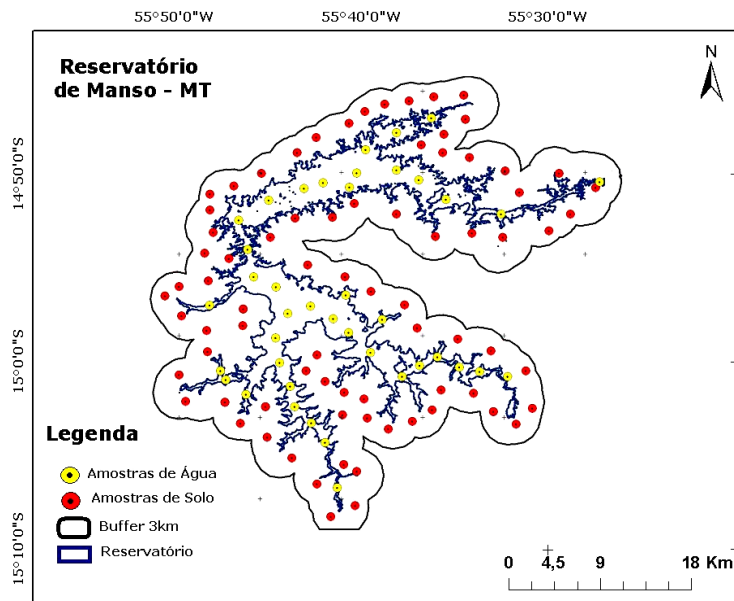


Figura 4. Pontos amostrados aleatoriamente (n=82) no Reservatório de Manso –MT.

Também foi calculada a Concordância que se refere aos pontos selecionados das classes discriminadas pelo classificador que concordam com os pontos das classes de referência (Tabela 2).

Tabela 2. Índices de Concordância

	Solo	Água
Julho	58,5	90,2
Dezembro	60,0	75,6

Na tabela do índice total do coeficiente Kappa, a linha representa a classes de referência enquanto que a coluna são as classes discriminadas pelo classificador. Estas tabelas são chamadas de omissão e comissão e mostram os erros e acertos dos classificadores. Na tabela 3 (b) cada classe foi distinguida quanto seu Kappa, sendo o Cerrado o que apresentou melhor desempenho. Segundo Landis e Koch (1977) o valor de Kappa 0,60 possui uma boa qualidade. O valor da Concordância para este mês é de 0,60%.

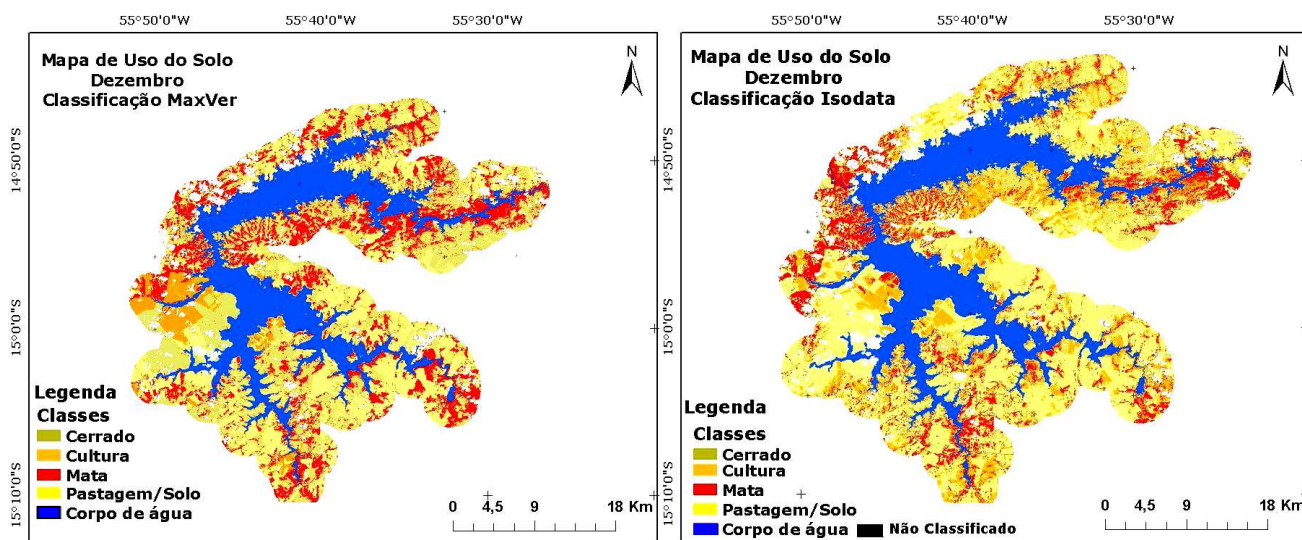


Tabela 3. Índice total do coeficiente Kappa (a) e índice condicional do coeficiente Kappa (b) para a classificação Isodata de julho de 2007.

(a)						(b)	
	Cerrado	Mata	Pastagem/Solo	Cultura	Total	Classe	Kappa
Cerrado	26	1	4	0	31	Cerrado	0,70
Mata	4	21	2	0	27	Mata	0,69
Pastagem/Solo	4	0	13	4	21	Pastagem/Solo	0,50
Cultura	3	0	0	0	3	Cultura	-0,051
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>82</b>		

Kappa Total = 0,60

Ao contrário do mês de julho onde em ambas as classificações os valores das extensões das classes apresentaram semelhança, no mês de dezembro a classificação Isodata apresentou diferenças significativas em sua extensão com relação ao método MaxVer (Figura 5). Pôde se observar que a classe Pastagem/Solo passou de 27% de representatividade no método MaxVer para 46,7% no método Isodata. Para este mês o classificador Isodata apresentou áreas não classificadas em relação às classes previamente estabelecidas. Ainda assim, este fato não foi considerado significativo, pois sua representatividade foi menor que 1% (Tabela 4).



(a) (b)  
 Figura 5 – Mapa de uso do solo classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de dezembro de 2006.



Tabela 4. Área total e porcentagem equivalente para as classes: Cerrado, Cultura, Mata, Pastagem/Solo e Rio para os métodos de classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de dezembro de 2006.

(a)			(b)		
Classe	km <sup>2</sup>	%	Classe	km <sup>2</sup>	%
Cerrado	46.431,66	43,5	Cerrado	23.207,86	21,7
Cultura	4.667,44	4,4	Cultura	17.394,73	16,3
Mata	26.450,87	24,8	Mata	16.354,69	15,3
Pastagem/Solo	29.274,33	27,4	Pastagem/Solo	49.867,02	46,7
Rio	23,17	0,0	Rio	23,17	0,0
<b>Total</b>	<b>106.847,47</b>	<b>100,0</b>	Não classificado	711,34	0,7
			<b>Total</b>	<b>106.847,47</b>	<b>100</b>

O Kappa da classificação de dezembro (Tabela 5a), ainda que menor que o Kappa de julho, é considerado de boa qualidade de acordo com Landis e Koch (1977). O valor da Concordância é de 58,5% de acerto. O melhor valor do Kappa condicional para o mês de dezembro foi novamente o da classe Cerrado com valor de 0,79(Tabela 5b).

Tabela 5. Índice total do coeficiente Kappa (a) e índice condicional do coeficiente Kappa (b) para a classificação Isodata do uso de solo de dezembro de 2007.

(a)						(b)	
	Cerrado	Mata	Pastagem/Solo	Cultura	Total	Classe	Kappa
Cerrado	20	3	0	0	23	Cerrado	0,79
Mata	3	8	0	0	11	Mata	0,59
Pastagem/Solo	6	2	20	5	33	Pastagem/Solo	0,48
Cultura	1	14	0	0	15	Cultura	-0,06
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>82</b>		

Kappa Total = 0,44

Ao classificar a água do reservatório foram discriminados dois tipos de água por uma interpretação visual prévia da imagem do mês de julho. Como não há amostras *in situ* da água do reservatório e, portanto, não há como ter exatidão sobre os componentes presentes no corpo de água que lhe confere as características visuais optou-se por denominá-las Águas do tipo 1 e Águas do tipo 2 (Figura 6). Como resultado dos métodos de classificações referentes ao mês de julho de 2006, a Água 1 apresentou uma representatividade de área dominante (73%) no método de classificação MaxVer em relação a Água 2, e uma extensão ainda maior no método Isodata correspondendo à 95,4% (Tabela 6).

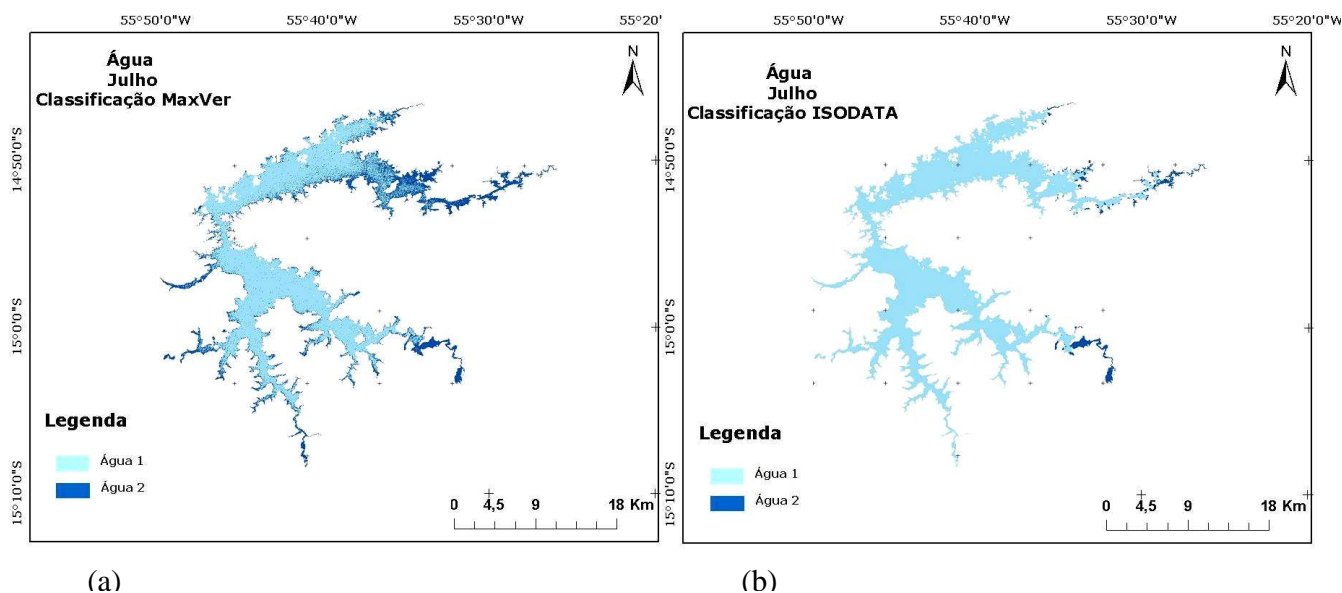


Figura 6 – Mapa de tipos de água classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de julho de 2006.

Tabela 6. Área total e porcentagem equivalente para as classes: Água 1 e Água 2 para os métodos de classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de julho de 2006.

(a)			(b)		
Classe	km <sup>2</sup>	%	Classe	km <sup>2</sup>	%
Água1	22.956,55	73,5	Água1	29.789,88	95,4
Água2	8.279,28	26,5	Água2	1.445,96	4,6
<b>Total</b>	<b>31.235,84</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>31.235,84</b>	<b>100</b>

Como observado na tabela 7, o valor do Kappa Total para a classificação dos tipos de água para o mês de julho foi igual a 0,55 o que corresponde a uma boa qualidade do Kappa de acordo com Landis e Koch (1977). O valor da Concordância foi de 90,2% de acerto. A Água 2 obteve o melhor índice condicional de coeficiente Kappa.

Tabela 7. Índice total do coeficiente Kappa (a) e índice condicional do coeficiente Kappa (b) para a classificação Isodata de tipos de água de julho de 2007.

(a)				(b)	
	Água 1	Água 2	Total	Classe	Kappa
Água 1	34	4	38	Água 1	0,38
Água 2	0	3	3	Água 2	1,00
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>41</b>		

$$\text{Kappa Total} = 0,55$$

Durante o mês de dezembro foi evidenciado três tipos de água e as classes foram: Água do tipo 1, Água do tipo 2 e Água do tipo 3 observados na Figura 7. Embora seja necessária uma futura análise de amostras *in situ* dos tipos de água apresentados nas classificações para o conhecimento dos componentes, que conferem à água as feições apresentadas na imagem, desde já por meio de uma interpretação visual, é possível que a Água 1 seja referente a presença de concentração de clorofila, a Água 2 esteja associada a sedimentos em suspensão e a Água 3 não foi possível definir. Como resultado dos métodos de classificações referentes ao mês de dezembro de 2006, a Água 3 apresentou uma área (52%) no método de classificação MaxVer enquanto que a Água 2 apresentou a maior área no método Isodata (40,9%) como observado na Tabela 8.

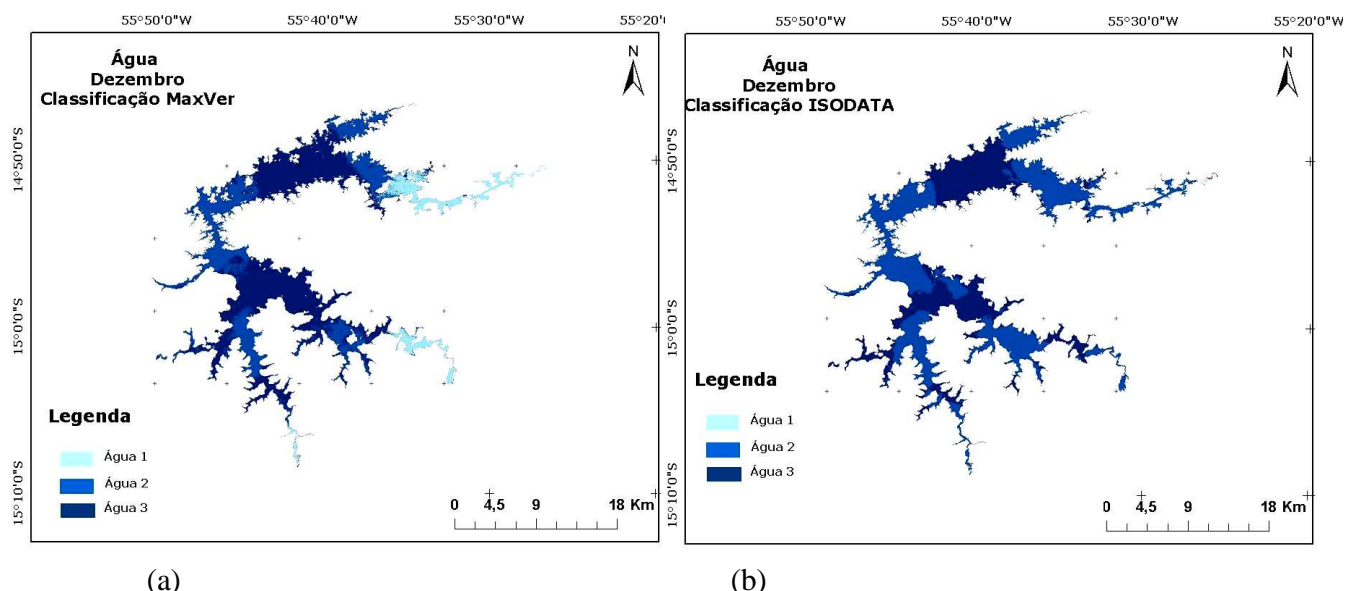


Figura 7 – Mapa de tipos de água classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de dezembro de 2006.

Tabela 8. Área total e porcentagem equivalente para as classes: Água 1, Água 2 e Água 3 para os métodos de classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de dezembro de 2006.

(a)

Classe	km <sup>2</sup>	%
Água 1	3.225,47	10,3
Água 2	11.636,95	37,3
Água 3	16.373,41	52,4
<b>Total</b>	<b>31.235,84</b>	<b>100</b>

(b)

Classe	km <sup>2</sup>	%
Água 1	27,05	0,1
Água 2	18.419,02	59,0
Água 3	12.789,77	40,9
<b>Total</b>	<b>31.235,84</b>	<b>100</b>

O Kappa Total para a classificação dos tipos de água para o mês de dezembro foi igual a 0,59 o que corresponde a uma boa qualidade de acordo com Landis e Koch (1977). O valor da Concordância foi de 75,6% de acerto. A Água 1 obteve o melhor índice condicional de coeficiente Kappa (Tabela 9).

Tabela 9. Índice total do coeficiente Kappa (a) e índice condicional do coeficiente Kappa (b) para a classificação Isodata de tipos de água de dezembro de 2007.

(a)					(b)	
	Água 1	Água 2	Água 3	Total	Classe	Kappa
Água 1	1	0	0	1	Água 1	1
Água 2	6	15	3	24	Água 2	0,39
Água 3	0	1	15	16	Água 3	0,89
<b>Total</b>	7	16	18	41		

Kappa Total = 0,59

#### 4. CONCLUSÃO

Ao analisar o índice Kappa, os mapas temáticos gerados pelo classificador não supervisionado, Isodata, foram classificados como de boa qualidade para o uso do solo, ainda que para o objetivo em questão foi verificado que o classificador MaxVer seguido por uma interpretação visual é ainda mais adequado. Para uma análise prévia da qualidade da água notou-se que a coleta de dados *in situ* é incisiva para uma melhor classificação, pois a mesma se tornou deficiente devido à falta de informações. Também é importante ressaltar que apesar do bom desempenho verificado pelo índice Kappa para a classificação do uso do solo, o método de classificação Isodata confundiu muitas classes como pode ser observado nas tabelas de omissão e comissão apresentadas. O coeficiente de concordância foi melhor para os tipos de água porque havia menos classes para serem confundidas.

Para futuros trabalhos no que tange a qualidade da água, recomenda-se utilizar a área correspondente à bacia, ou microbacia, a qual o reservatório se insere. Dessa forma serão considerados todos os cursos de água que podem influenciar nas feições da água do reservatório. Recomenda-se também amostras de água e verdade de campo para melhor treinamento das amostras do classificador MaxVer.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, A. F. B., LINGNAU, C. Uso de índices de acurácia para avaliação de mapas temáticos obtidos por meio de classificação digital. In: **III Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento**. Curitiba, p. s/n, 1997.

BASKENT, E.Z., KADIOGULLARI A.I., Spatial and temporal dynamics of land use pattern in Turkey: A case study in Inegöl. *Landscape and Urban Planning* v. 81, p. 316-327, 2007.

HYLANDER, L.D., GRÖHN J., TROPP M., VIKSTRÖM A., WOLPHER H., CASTRO E SILVA E., MEILIE M., OLIVEIRA L.J. Fish mercury increase in Lago Manso, a new hydroelectric reservoir in tropical Brazil. *Journal of Environmental Management* v.81, p.155-166, 2006.

KAMPEL, M.; NOVO, E.M.L.M. O Sensoriamento Remoto da cor da água. In: SOUZA, R.B. (Org). *Oceanografia por Satélites*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, cap. 12, p. 179-196.

KLECKA, W.R., *Discriminant Analysis*. SAGE Publications, Inc., Beverly Hills, California, 71 p., 1980.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33 (1), p. 159-174, 1977.

LIU, Y., ISLAM M.A., GAO J. Quantification of shallow water quality parameters by means of remote sensing. *Progress in Physical Geography* v. 27, p. 24-43, 2003.

LONDE, L.R., ALCÂNTARA, E., JARDIM-LIMA, D., SOPPA, M., CLARO, M., RUDORFF, C.M., NOVO, E.M.L.M., CALIJURI, C. Comparação entre técnicas para a análise do comportamento espectral da clorofila-a no reservatório de Salto Grande (SP). *Anais – III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto*, Aracaju, Brasil, 25 a 27 outubro 2006.

LONDE, L.R., NOVO E.M.L.M., CALIJURI, M.C. Avanços no estudo do comportamento espectral do fitoplâncton e identificação remota de algas. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 389-396.

LU, D., WENG, Q. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performace. *International Journal of Remote Sensing* v. 28 (5), p. 823-870, 2007.

MATHER, P. M. *Computer processing of remotely-sensed images: an introduction*. 2 ed. Chi Chester: John Wiley & Sons, 1999. 292 p.

PAPASTERGIADOU, E.S., RETALIS, A., KALLIRIS, P., GEORGIADIS, Th., Land use changes and associated environmental impacts on the Mediterranean shallow Lake Stymfalia, Greece. *Hydrobiologia*, v. 584, p. 361-372, 2007.

PINTO, S.A.F., GARCIA, G.J. Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise de bacias hidrográficas. Revista do Departamento de Geografia, v. 17, p. 30-37, 2005.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. Sistema de Informações Geográficas, Aplicações na Agricultura. Brasília, EMBRAPASPI/EMBRAPA-CPAC, Parte III, Capítulo 18, 1998, 434 p.

## COMPARAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS MANGUEZAIS DA ILHA DE CANANÉIA, SP (1985-2005).

Jonathan Américo, Universidade de São Paulo - USP, j.americo@usp.br

**Resumo:** A Ilha de Cananéia, litoral sul de São Paulo, juntamente com outras áreas também do sul do estado, foi tida sempre como um local que não sofreu muitas perdas no âmbito ecológico. Com características propícias ao desenvolvimento de manguezais, a ilha apresenta grandes porções deste ecossistema ao longo de quase toda sua extensão. Com o intuito de observar a grau de conservação dos manguezais de Cananéia, esta pesquisa propôs-se a analisar e comparar a distribuição geográfica dos manguezais da ilha, identificando os possíveis distúrbios entre dois momentos distintos: 1985 e 2005. Para isso, foi realizada interpretação e digitalização do mapa elaborado pelo Departamento de Oceanografia Física do Instituto Oceanográfico - USP, Projeto Serma, concluído em 1985; e interpretação da imagem CBERS e confecção do mapa de distribuição geográfica, ano 2005. Após vetorização total dos dois mapas, foi estipulada, e posteriormente somadas, todas as áreas de mangue, obtendo assim uma relação entre a área total da ilha e os manguezais. Ao longo dos 20 anos analisados, pôde se perceber uma ótima conservação dos manguezais de Cananéia e a pequena interferência antrópica. Também nota-se que o período abordado não é suficiente para mostrar os movimentos de dispersão do ecossistema manguezal. Mesmo com a parte urbana do município de Cananéia ficando na parte sul da Ilha, percebe-se pequeno, ou quase nenhum, avanço urbano sobre os manguezais. Já no extremo norte da ilha, houve uma pequena interferência para a construção da Ponte da Aroeira, que liga a cidade de Cananéia à Pariquera-Açu.

Palavras-chave: ecologia, manguezais, sensoriamento remoto.

**Abstract:** the Island of Cananéia, south coast of São Paulo, along with other areas also in the southern part of the state, was always seen as a place with not so many ecological losses. With all the good aspects for the development of mangrooves, the island presents great portions of this ecosystem throughout its extension. Willing to observe the Cananéia mangroove conservation level, this research commit itself to analyze and compare the mangroove geographical distribution of the island, identifying the possible changes in the period between 1985 and 2005. Therefore, was made an interpretation and digitalization of the map created by the Department of Physical Oceanography of the Oceanography Institute - USP (University of São Paulo), Serma Project, concluded in 1985; and a CBERS image interpretation and the creation of the geographical distribution map of 2005. After vectorizing the two maps, it was recognized and added all the mangroove areas, so to have the relation between the island total area and the mangrooves. In this period of 20 years analised, it was possible to note the great mangroove conservation in Cananéia and the small human interference as well. It was also noticed that the 20-year period is not enough to show the natural dispersion movements of the mangroove ecosystem. Even though the urban area being in the south portion of the island, very few, or almost none, urban spread over the mangrooves. In the north region of the island, there was a small interference to build the Aroeira Bridge, which connects the Cananéia and Pariquera-Açu cities.

Keywords: ecology, mangrooves, remote sensing.

## Objetivos

Este trabalho tem como objetivo maior examinar e comparar a distribuição geográfica dos manguezais da Ilha de Cananéia, São Paulo, identificando os possíveis distúrbios entre os dois momentos distintos estudados: 1985 e 2005.

Ao obter esses resultados, atinge-se uma premissa básica da Ecologia da Paisagem que fundamenta a importância da análise da estrutura e função ecológicas em uma escala temporal. Desta maneira é possível conseguir informações sobre os processos e acontecimentos históricos que influenciaram a formação e o aspecto atual da área estudada.

Com este intuito, estabeleceu-se outros objetivos necessários ao êxito desta pesquisa. São eles:

- interpretação e **digitalização** do mapa elaborado pelo Departamento de Oceanografia Física do Instituto Oceanográfico, Projeto Serma, concluído em 1985;
- interpretação da imagem CBERS e **confecção** do mapa de distribuição geográfica, ano 2005.

Uma vez de posse dos mapas de distribuição para cada data, foi calculada a área dos manguezais nas diferentes datas e, ao se comparar quantitativamente estas áreas, foi possível chegar ao objetivo maior desta pesquisa.



## Referencial Teórico-Conceptual

Ao se propor um estudo fundamentado nos conceitos da ecologia da paisagem e todo o caráter que esta abordagem implica, remete-se a princípios multidisciplinares que nos dão suporte e norteiam o projeto.

O termo *paisagem* foi pela primeira vez empregado, em um contexto científico, no século XIX pelo geo-botânico Alexander von Humboldt, que lhe deu o sentido de “característica total de uma região terrestre” (Metzger, 2001).

Bertrand (1971), atribui uma idéia processual à paisagem, onde os elementos componentes se interagem em uma dinâmica natural e numa escala espaço-temporal.

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica; portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. A dialética tipo indivíduo é o próprio fundamento do método da pesquisa.

Odum (1963) também trabalha a dinâmica espacial ao definir *ecologia* como o estudo da estrutura e função da natureza, bem como as relações entre os organismos e o ambiente. Componentes se afetam e são afetados, realizando uma troca de causas e efeitos que se relacionam.

Ao trabalhar *níveis de organização*, a ecologia, na maior parte das vezes, relaciona-se com a análise de populações, comunidades, ecossistemas e biosfera, mas também trabalha com organismos. A ecologia contribuiu para a ampliação do uso dos termos 'população' e 'comunidade', antes restrito somente à pessoas para organismos de qualquer espécie e sistema ecológico.

Esse sistema natural composto por um complexo de organismos e um conjunto de fatores físicos, forma o que Tansley (1935) denomina de *ecossistema*. Formado por uma

gama de fatores orgânicos e inorgânicos, tais sistemas estabelecem constante troca entre seus elementos - intra e inter espécies, entre os fatores abióticos e em todo o sistema.

Uma relação positiva entre diversidade de espécies, e também número de indivíduos de uma mesma espécie, e a área ocupada é um comportamento fundamental nos processos naturais. Os princípios da *biogeografia insular* estuda esta relação, sugerindo que o número de espécies numa ilha (ou área isolada equivalente) é o resultado de um equilíbrio dinâmico entre a taxa de colonização e extinção de espécies (McArthur e Wilson, 1967; Simberloff, 1970). A teoria se baseia na relação entre o tamanho da ilha, seu isolamento e idade como causas para os movimentos das espécies.

A perspectiva proposta pelas teorias da *ecologia da paisagem* vem dar caráter a este projeto, reunindo vários princípios presentes de diversas formas em diferentes ciências.

Troll (1950, 1968, 1971) estabelece as relações físicas e biológicas que governam as diferentes unidades espaciais em diferentes escalas como o principal objeto de estudo da ecologia da paisagem. Estas relações são categorizadas em verticais (dentro de uma unidade espacial) e horizontais (entre unidades espaciais). Muito tem se realizado em contribuição ao entendimento “vertical”, ou seja, o estudo das relações entre flora, fauna, solo, relevo, hidrografia, etc., dentro de uma determinada área. A ecologia da paisagem vem ressaltar a extrema importância das relações existentes entre as distintas unidades espaciais pré-definidas (Forman, 1986).

Forman (1986) define paisagem como uma área heterogênea composta por um conjunto de ecossistemas, que se interagem e se repetem. A ecologia da paisagem, segundo Forman, vem tentar estabelecer e analisar essa dinâmica intra e inter ecossistemas ou qualquer que seja a unidade espacial. Uma pesquisa realizada à partir do caráter da ecologia da paisagem, é direcionada pelo o estudo da estrutura, função e distúrbio da paisagem<sup>1</sup>.

As definições de paisagem, e conseqüentemente as implicações que esses significados têm sobre a ecologia da paisagem, sempre a colocou em um nível escalar logo acima de ecossistema. Metzger (2001) propõe que a ecologia da paisagem não é,

---

<sup>1</sup> Tais características são melhor apresentadas na 'Metodologia' deste projeto.  
ISSN 0103-1538

necessariamente, um estudo de macro-escalas, e que o nível de detalhamento deve ser definido pelo observador de acordo com o tamanho e capacidade de deslocamento do aspecto estudado. O grande ponto positivo de se trabalhar com micro-escalas é a possibilidade de manipular o sistema e criar experiências (Metzger, 2001).

## Material e Método

Para o mapa de 1985, utilizou-se como base o mapa de "Estrutura Física dos Manguezais"<sup>2</sup>, elaborado pelo Departamento de Oceanografia Física do Instituto Oceanográfico. Toda a digitalização e vetorização foram feitas utilizando o software AutoCAD Map.

O mapa de 2005 foi elaborado após tratamento da imagem *CB2CCD 155/128-2005-05-06*, obtida pelo satélite sino-brasileiro CBERS. Utilizando o software Spring, realizou-se a classificação de Máxima Verossimilhança (MAXVER) na composição infravermelha da banda 4 da faixa espectral. Após feita classificação, durante a vetorização das áreas de interesse, a imagem foi constantemente comparada à imagens mais recentes do serviço GoogleEarth, com o intuito de minimizar ainda mais os possíveis erros.

Levou-se em conta, nos dois mapas, todas as feições de manguezais, uma vez que todas elas apresentam, em algum nível, características vegetacionais de mangue. São elas: mangue alto, mangue baixo, mangue alterado, mangue degradado e superfície arenosa.

Após vetorização total dos dois mapas, foi estipulada, e posteriormente somadas, todas as áreas de mangue, obtendo assim uma relação entre a área total da ilha e os manguezais.

---

2 Mapa presente no livro "Manguezais do Brasil", coordenado por Renato Herz do Instituto Oceanográfico, USP.

## Resultados

Com o fim de facilitar e sistematizar o entendimento dos resultados obtidos, dividiu-se a ilha em três porções: região norte, central e sul. A tabela abaixo apresenta, em hectares e porcentagem, os resultados para as duas datas analisadas.

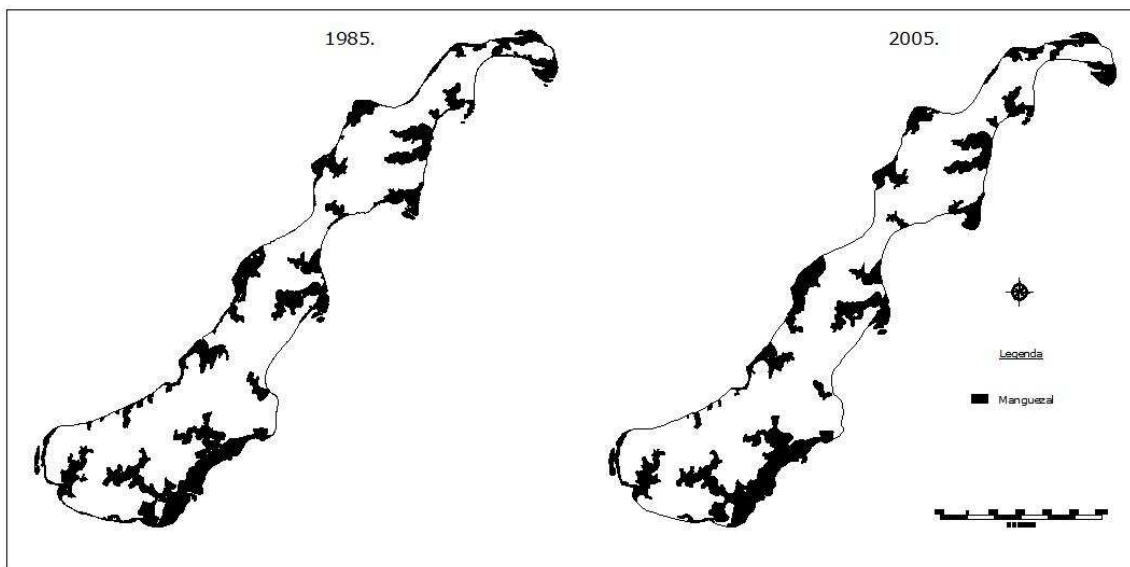
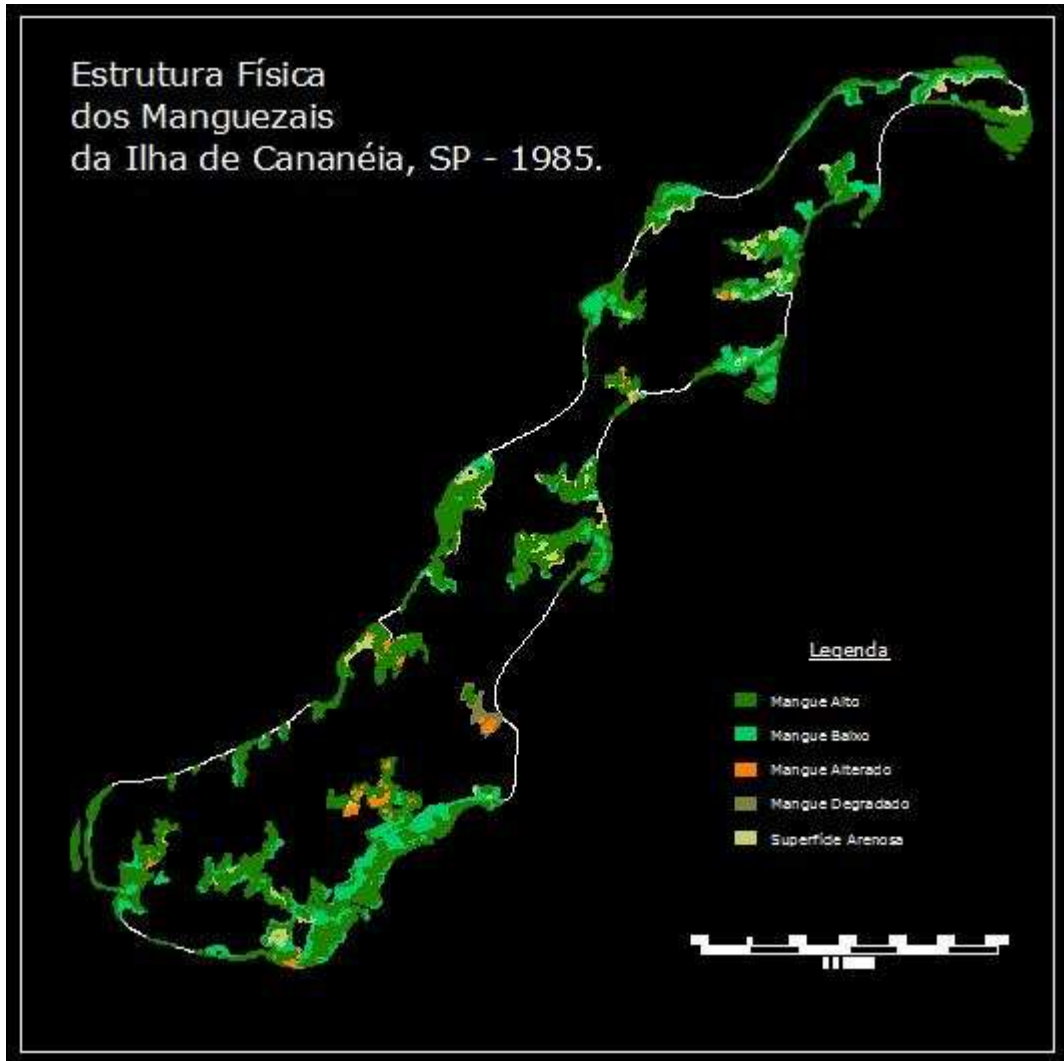
	<i>Norte</i>	<i>Central</i>	<i>Sul</i>	<i>Total</i>
<b>1985</b>	1935ha	1035ha	2722ha	5692ha
<b>2005</b>	1867ha	1080ha	2655ha	5602ha

<b>1985</b>	8.6%	4.6%	12.1%	25.3%
<b>2005</b>	8.3%	4.8%	11.8%	24.9%

Área total da Ilha: 22500 hectares.

Faz-se de extrema importância ressaltar que estes dados foram obtidos unicamente à partir de análises à cartas e imagens de satélites, não havendo, até a presente etapa da pesquisa, nenhum trabalho de campo para verificar os números *in loco*.

Mesmo sem a ida à campo, acredita-se ter obtido resultados bastante satisfatórios, uma vez que a classificação supervisionada MAXVER é a mais indicada e empregada em estudos de manguezais (Green *et al.*, 1998).



## **Conclusão**

Ao longo dos 20 anos analisados, pôde se perceber uma ótima conservação dos manguezais de Cananéia e a pequena interferência antrópica. Também nota-se que o período abordado não é suficiente para mostrar os movimentos de dispersão do ecossistema manguezal.

Mesmo com a parte urbana do município de Cananéia ficando na parte sul da Ilha, percebe-se pequeno, ou quase nenhum, avanço urbano sobre os manguezais. Já no extremo norte da ilha, houve uma pequena interferência para a construção da Ponte da Aroeira, que liga a cidade de Cananéia à Pariquera-Açu.

## Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A.N. (2003) *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial.
- BERTRAND, G. (1971) *Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico*. Universidade de São Paulo: Instituto de Geografia.
- BRASIL. (s/d) *Estatística da Pesca 2000 – Grandes Regiões e Unidades do Brasil*. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- BRASIL. (2003) *Estatística da Pesca 2001 – Grandes Regiões e Unidades do Brasil*. Tamandaré - PE: Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- BRASIL. (2004) *Estatística da Pesca 2002 – Grandes Regiões e Unidades do Brasil*. Tamandaré - PE: Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- DIEGUES, A.C.S. (2001). *Ecologia humana e planejamento em áreas costeiras*. São Paulo: Nupaub/USP.
- \_\_\_\_\_ (2000). *Etnoconservação: novos rumos para a conservação da natureza*. São Paulo: Nupaub/USP.
- FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. (1986) *Landscape ecology*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da (Org). (1998) *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- MENDONÇA, F. (2001) *Geografia socioambiental*. São Paulo: Terra Livre, 16: 139-158.
- METZGER, J.P. (2001) *O que é ecologia de paisagens?* São Paulo: Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências/USP. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br>>. Acesso em: 23 mai. 2007.



MIRANDA, E.E. de; COUTINHO, A.C. (Coord.). (2004) *Brasil Visto do Espaço*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 02 jul. 2005.

MORAES, A.C.R. (1999) *Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro*. São Paulo: Hucitec; Edusp.

ODUM, E.P. (1965) *Ecologia: estrutura y funcion de la natureza. Los modernos principios de flujos de energia y ciclos biogeoquimicos*. México: Continental.

PEREIRA, O.M. et al. (2001) *Avaliação do estoque da ostra Crassostrea brasiliana em rios e gamboas da região estuarino-lagunar de Cananéia*. São Paulo: B. Inst. Pesca, 27(1): 85-95.

\_\_\_\_\_ (2000) *Avaliação dos estoques da ostra Crassostrea brasiliana (Lamarck, 1819) no manguezal da região estuarino-lagunar de Cananéia*. São Paulo: B. Inst. Pesca, 26(1): 49-62.

\_\_\_\_\_ (1985) *Hidrografia do complexo estuarino-lagunar de Cananéia: salinidade e temperatura (1973 a 1980)*. São Paulo: B. Inst. Pesca, 12(3): 109-21.

\_\_\_\_\_ (1986) *Hidrografia do complexo estuarino-lagunar de Cananéia: influência da maré*. São Paulo: B. Inst. de Pesca, 13(1): 51-70.

SAKAMOTO, L. *Fazendas de Água*. Disponível em: <[www.reporterbrasil.com.br/reportagens/pesca/pesca.pdf](http://www.reporterbrasil.com.br/reportagens/pesca/pesca.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2005.

SCOTT, P.C. (1986) *Considerações sobre o uso da Baía de Sepetiba, RJ para a Maricultura apoiadas num Sistema de Informação Geográfica*. Instituto de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Santa Úrsula, RJ.

SILVEIRA, J.D. (1970) *Morfologia do Litoral*. In: AROLDO, A. *Brasil, a terra e o homem*. São Paulo: Nacional.

SOCTCHAVA, V.B. (1978) *Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre*. Universidade de São Paulo: Instituto de Geografia.

TESSLER, M.G. (1994) *Geologia da plataforma continental e costeira. Meteorologia. Diagnostico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil*. São Paulo: Fundespa - Iousp - Petrobras.

- VALENTI, W.C. (2000) *Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Ministério da Ciência e Tecnologia.
- VANUCCI, M. (2002) *Os manguezais e nós: uma síntese de percepções*. São Paulo: Edusp.
- VRIELING, A.; SANDEN, J. van der. (2000) *Satellite remote sensing for monitoring coastline dynamics of the Canadian beaufort sea coast*. Canada Centre for Remote Sensing.
- WHITTAKER, R.J. (1998) *Island biogeography: ecology, evolution, and conservation*. New York: Oxford University Press.
- ZUNINO, M. & ZULLINI, A. (2003) *Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución*. México: Fondo de Cultura Económica.

# SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADOS À ANÁLISE AMBIENTAL DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO DA REPRESA, MUNICÍPIO DE MARCELINO RAMOS, RS.

**Brasinicia Tereza Tápia.** Universidade Federal de Santa Maria/ UFSM/ e-mail: [brasinicia@yahoo.com.br](mailto:brasinicia@yahoo.com.br)

**Bernardo Sayão Penna e Souza.** Universidade Federal de Santa Maria/ UFSM/ e-mail: [bernardosps@yahoo.com.br](mailto:bernardosps@yahoo.com.br)

**RESUMO:** A presente pesquisa tem como objetivo analisar o uso e ocupação da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa, a partir da elaboração de cartas temáticas de uso da terra, declividade e hipsometria, e de aspectos físicos e ambientais da área. Para tal, foram necessários os trabalhos de campo e o emprego do Software Spring 4.0 como ferramenta de apoio onde às informações foram processadas, armazenadas e editadas e serviram de subsídio para a avaliação ambiental e análise espacial da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa.

**Palavras – Chaves:** Sistemas de Informações Geográficas, bacia hidrográfica, análise ambiental.

**ABSTRACT:** To present research has as objective analyzes the use and occupation of the hydrographical basins of the Lajeado da Represa, starting from the elaboration of thematic letters of use of the land, steepness, and of physical and environmental aspects of the area. For such, they were necessary the field works and the job of the Software Spring 4.0 as support tool where to the information they were processed, stored and edited and they served as subsidy for the environmental evaluation and space analysis of the hydrographical basins of the Lajeado da Represa.

**Key-Words:** Geographic Information Systems (GIS), hydrographical basins, environmental analysis

## 1. Introdução

Este trabalho objetiva analisar o uso e ocupação da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa, a partir da elaboração de cartas temáticas de uso da terra, declividade e hipsometria, e de aspectos físicos e ambientais da área

A área de estudo, corresponde a microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa, situada no município de Marcelino Ramos, norte do estado do Rio Grande do Sul.

A microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa drena parte significativa da área urbana do município de Marcelino Ramos e possui uma área total de 100,49 hectares.

O município está localizado entre as coordenadas geográficas de 27°20'40" e 27°31'14" de latitude sul e 52°02'57" e 51°50'14" de longitude oeste. Confrontando-se ao norte com o estado de Santa Catarina, ao sul com o município de Viadutos, a leste com o

município de Maximiliano de Almeida e a oeste com o município de Severiano de Almeida.

Segundo dados da Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2004), Marcelino Ramos possui uma área de aproximadamente 229,6 Km<sup>2</sup>. A população do município é de 5.685 habitantes, sendo 3.135 habitantes na área urbana. A densidade demográfica corresponde a 24,8 hab/km<sup>2</sup>.

A economia do município baseia-se principalmente no setor primário, destacando-se a produção de trigo, soja e milho e pecuária, principalmente a suinocultura e avicultura predominando as pequenas propriedades rurais. O setor secundário (industrial) e o terciário (comércio e prestação de serviços) são pouco expressivos.

## **2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **2.1. PROCEDIMENTOS DE ELABORAÇÃO DAS CARTAS TEMÁTICAS.**

O emprego do SIG (Sistema de Informação geográfica) para elaboração das cartas temáticas deu suporte às análises de uso da terra, hipsometria e declividade.

Por meio de imagens de satélites, atividades de campo e da coleta de dados feitas com o auxílio de um GPS (Sistema de Posicionamento Global), foi possível a elaboração de uma carta de uso e declividade que permitiu chegar a algumas conclusões sobre o processo, de acordo com as características físico-ambientais locais. O trabalho de campo, não pode ser dispensado embora tenha crescido o mapeamento de fenômenos através do uso exclusivo de ferramentas oferecidas por “softwares” de geoprocessamento. Por mais que tais ferramentas sejam eficientes, a riqueza dos dados coletados *in loco* não deve ser desconsiderada.

#### **2.1.2. Elaboração da base cartográfica**

A obtenção da base cartográfica deu-se a partir da folha SG-22-Y-D-II-3/MI-2883/3, do município de Marcelino Ramos, de escala 1:50.000, elaborada pela Diretoria de Serviço Geográfico-Brasil (DSG), editada em 1979. Sobre esta, delimitou-se a microbacia hidrográfica, considerando para tal as curvas de nível, a rede de drenagem e os pontos cotados.

A conversão do mapa base analógico para o meio digital foi realizado por meio de “Scanner” e pela utilização *software* SPRING 4.0 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) desenvolvidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Desta maneira, foram armazenados os planos de informação digitalizados na base cartográfica e a imagem referente à área de estudo.

Ressalta-se que a medida adotada para a escala de trabalho foi de 1:12.500, para sua melhor representação cartográfica da área em estudo.

As informações geradas nesta base cartográfica serviram de subsídio para o desenvolvimento das etapas subseqüentes, onde, foram gerados os mapas temáticos de uso da terra, hipsométrico e clinográfico.

As cartas temáticas foram elaboradas com as informações obtidas pela interpretação da imagem digital, da carta topográfica, pelas pesquisas de campo e auxílio do *software* Spring 4.0.

### **2.1.3 ELABORAÇÃO DA CARTA CLINOGRÁFICA.**

A carta clinográfica, ou carta de declividade de vertentes, é uma ferramenta aplicada em trabalhos de planejamento e de determinação da fragilidade ambiental, entre outros, através da qual é possível delimitar a distribuição da inclinação em um terreno, já que a inclinação é uma das variáveis que podem caracterizar a fragilidade de uma vertente.

Para Maciel Filho (1990), “a declividade é um dos parâmetros geomorfológicos mais importantes para se avaliar a aptidão para determinado uso da área”.

A carta temática de declividade de vertentes, metodologia proposta por De Biasi (1970) que, posteriormente foi denominada por este de carta clinográfica (1992), se constituiu como um dos suportes deste trabalho.

Pela equidistância das curvas de nível se estabeleceu as classes e usos preponderantes de acordo com as citadas em De Biasi (1992, p.47), motivadas pelos intervalos estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro (1969). As quais correspondem à inclinação das vertentes em porcentagem. Sendo

- < 5%, limite utilizado internacionalmente para uso urbano-industrial;

- **5 – 12%**, essa classe define o limite máximo do emprego da mecanização na agricultura;
- **12 – 30%**, essa classe tem o limite máximo de acordo com a legislação – Lei 6.766/79 – que o define como o limite máximo para urbanização sem restrições;
- **30 – 47%**, baseado no código florestal, que estabelece como limite máximo para o corte raso 25° (47%);
- **> 47%**, conforme o artigo 10 do código florestal, que não permite o corte florestal em áreas com inclinação entre 25° a 45° (100%).

Definidas as classes de declividade e suas aptidões, o mapeamento decorreu pela interpolação das curvas em meio digital, através do *Software* SPRING 4.0, obtendo-se assim os espaçamentos entre as curvas de nível e seus valores consecutivos, gerando de tal modo as diferentes classes de declividade do terreno. Após a elaboração da carta de declividade da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa houve uma verificação de campo, com auxílio de clinômetro, duas balizas de madeira de 1,60m cada e GPS (sistema de Posicionamento Global) da marca *Garmin Etrex* para identificação direta das informações descritas na carta elaborada e possíveis correções.

## **2.4 ELABORAÇÃO DA CARTA HIPSOMÉTRICA.**

A carta hipsométrica da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa foi definida por quatro faixas de altitude definidas segundo a geomorfologia da área a saber: 360-400m, 400-450m, 450-500m e 500-550m, obtidas pela aplicação da fórmula de Sturges<sup>1</sup>. Para a elaboração da carta hipsométrica utilizou-se o mapa base e a partir deste criou-se à grade triangular (TIN). Após definiu-se os intervalos, ou seja, as classes hipsométricas, atribuindo as cores mais claras às cotas altimétricas menores e cores mais escuras as cotas altimétricas maiores.

---

<sup>1</sup> ( $K = 1 + 3,3 \log.n$ ); onde K = número de classes, N = número de curvas de nível e log = logaritmo na base N.

## **2.5 ELABORAÇÃO DA CARTA TEMÁTICA DE USO DA TERRA.**

A identificação dos diferentes tipos de cobertura do solo é importante para a determinação dos padrões e capacidade de uso da terra.

A carta de uso da terra possibilita a identificação do uso do terreno, ou seja, se apresentam cultivos, florestas, campos, a área urbana servindo para subsídio ao planejamento ambiental e às práticas de conservação.

A interpretação visual do uso da terra obteve-se da interpretação visual da imagem de satélite LANDSAT 7, ETM+, bandas 3,4 e 5. Órbita ponto/222/079, de 18 de maio de 2003, onde se assinalou a diferente tonalidade da superfície da imagem característica de cada classe. As classes de uso de terra determinadas foram as florestas (matas) que incluem áreas nativas e de reflorestamento (eucaliptus), a área urbana, os campos que inclui a cobertura por pastagens e a classe da agricultura/solo exposto que compreendem as áreas de solo a exposição/arado destinado ao cultivo agrícola, e/ou às áreas cultivadas. Para informar as formas de uso da terra descritas foram realizadas averiguações em saídas de campo com apoio de GPS, para verificação dos padrões de uso e de cobertura vegetal e para a atualização da interpretação da carta temática de uso da terra.

## **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

A microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa, que drena parte significativa da área urbana do município de Marcelino Ramos possui uma área total de 100,49 hectares.

A rede de drenagem da microbacia hidrográfica, considerando a classificação de Strahler (apud CHRISTOFOLETTI 1980, p.106), é de 2ª ordem.

Apresenta um relevo com a declividade média das vertentes de 12 a 30% predominantes no sítio urbano e com extensas áreas de florestas nativas ainda preservadas ao longo das encostas.

A microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa tem sua ocupação na porção sul com características rurais e a porção norte é de predominância urbana. O setor sul oferece ainda as principais vias de acesso ao município. A área sul possui um relevo fracamente ondulado em forma de coxilhas. Neste setor as atividades agrícolas são desenvolvidas por pequenos produtores caracterizando um regime familiar de exploração das propriedades.

Nos demais setores da microbacia hidrográfica o relevo é mais acentuado e abrigada a maior parte do sítio urbano.

As cartas temáticas da hipsometria, de uso da terra e clinográfica serviram de subsídio para a avaliação ambiental e de análise espacial da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa.

A análise de aspectos do relevo de uma microbacia hidrográfica é importante pela influência que exerce na velocidade do escoamento superficial em seus terrenos e suas prováveis interferências no processo erosivo, principalmente através do escoamento superficial da água. A configuração topográfica de uma área está relacionada diretamente com os fenômenos de erosão que se processam em uma superfície.

Pode-se detectar através da hipsometria, aspectos referentes à energia do relevo, que na microbacia hidrográfica em estudo sugere um escoamento superficial intenso e uma elevada suscetibilidade à erosão. A área favorece o carreamento de materiais pelas chuvas, trazendo resíduos sólidos, esgotos e sedimentos para o canal do Lajeado da Represa.

A distribuição das amplitudes em faixas de 50 em 50m de altitudes demonstram diferenças altitudinais significativas ao longo da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa. A cota máxima da microbacia hidrográfica é de 550 m. A cota mínima de 360m corresponde à foz do canal, sendo a variação altimétrica de 190m.

As classes hipsométricas mais significativas são superiores a 450m (Figura 1). Entre 450 e 500m que representa 38,57% da área total analisada corresponde ao setor centro-sul da microbacia hidrográfica. Esta área apresenta um misto que abriga florestas, campos, agricultura e a área urbana.

Na classe correspondente as altitudes superiores a 500m (36,95%), situada no setor sul-oeste da microbacia hidrográfica, são ocupadas por áreas agrícolas. A ocupação pela agricultura neste setor foi responsável pela supressão das áreas florestais.

As altitudes entre 360-400m (9,60%) e de 400-450m (14,88%), corresponde à área mais urbanizada. A disposição das construções merece destaque, pois as condições físicas e morfológicas da área não estabelecem condições muito apropriadas para a urbanização e potencializam os deslizamentos das encostas.



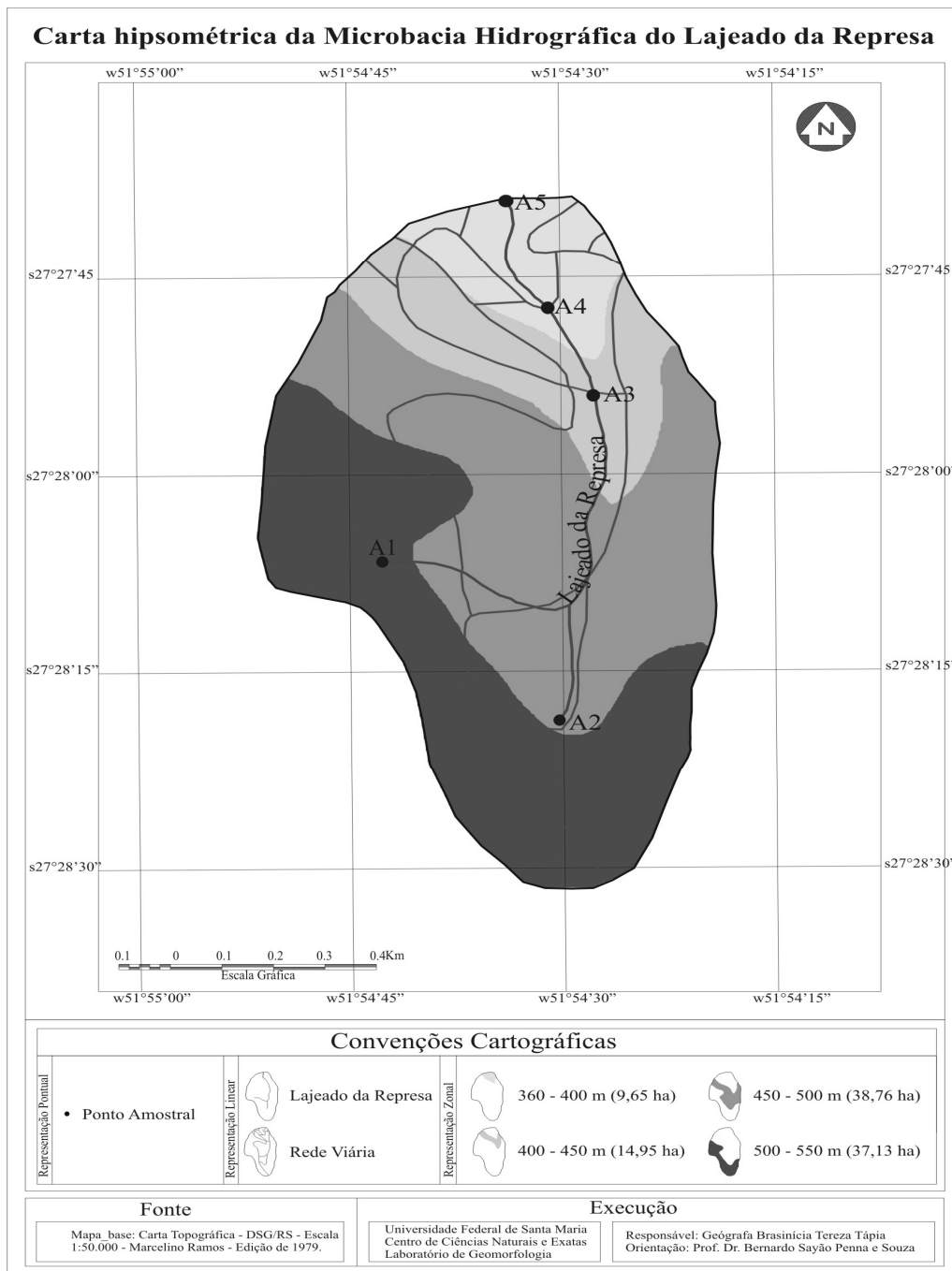


FIGURA 1 - Carta hipsométrica da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa.

Quanto à distribuição das diferentes declividades dentro da microbacia hidrográfica, (Figura 2), observa-se que a classe de 5 a 12% representa 9,30% da área analisada (9,35 hectares) é pouco significativa e apresenta-se em manchas isoladas recobertas pela cobertura vegetal e pela área urbana.

A classe de 12 a 30%, corresponde a 57,58% da área total da microbacia (57,86 hectares) corresponde em seu setor sul ao núcleo urbano e no setor sudeste a área de agricultura/solo exposto. Essa classe define o limite máximo para a urbanização sem restrições.

A área de agricultura/solo exposto é ocupada por pequenas propriedades familiares. A utilização de herbicidas e agrotóxicos nas lavouras merecem preocupação pela sua proximidade com a nascente A do Lajeado da Represa e que possa vir a comprometer o corpo d' água.

A classe de 30 a 47%, corresponde a 17,57% da área em estudo, além de apresentar pontos urbanizados, este setor apresenta ainda as poucas áreas de campos que são evidenciadas na microbacia hidrográfica. Essas áreas quando não recobertas por vegetação demandam controle para ocupação, sobretudo urbana.

A classe > 47% representa 4,85% (4,88 hectares) da área da microbacia hidrográfica e apresenta-se em pontos isolados junto à área urbana e nas encostas. Declividades iguais ou superiores a 47%, caracterizam-se por vertentes fortemente inclinadas e em função de sua Geomorfologia são áreas de preservação permanente, segundo o Código Florestal Brasileiro.

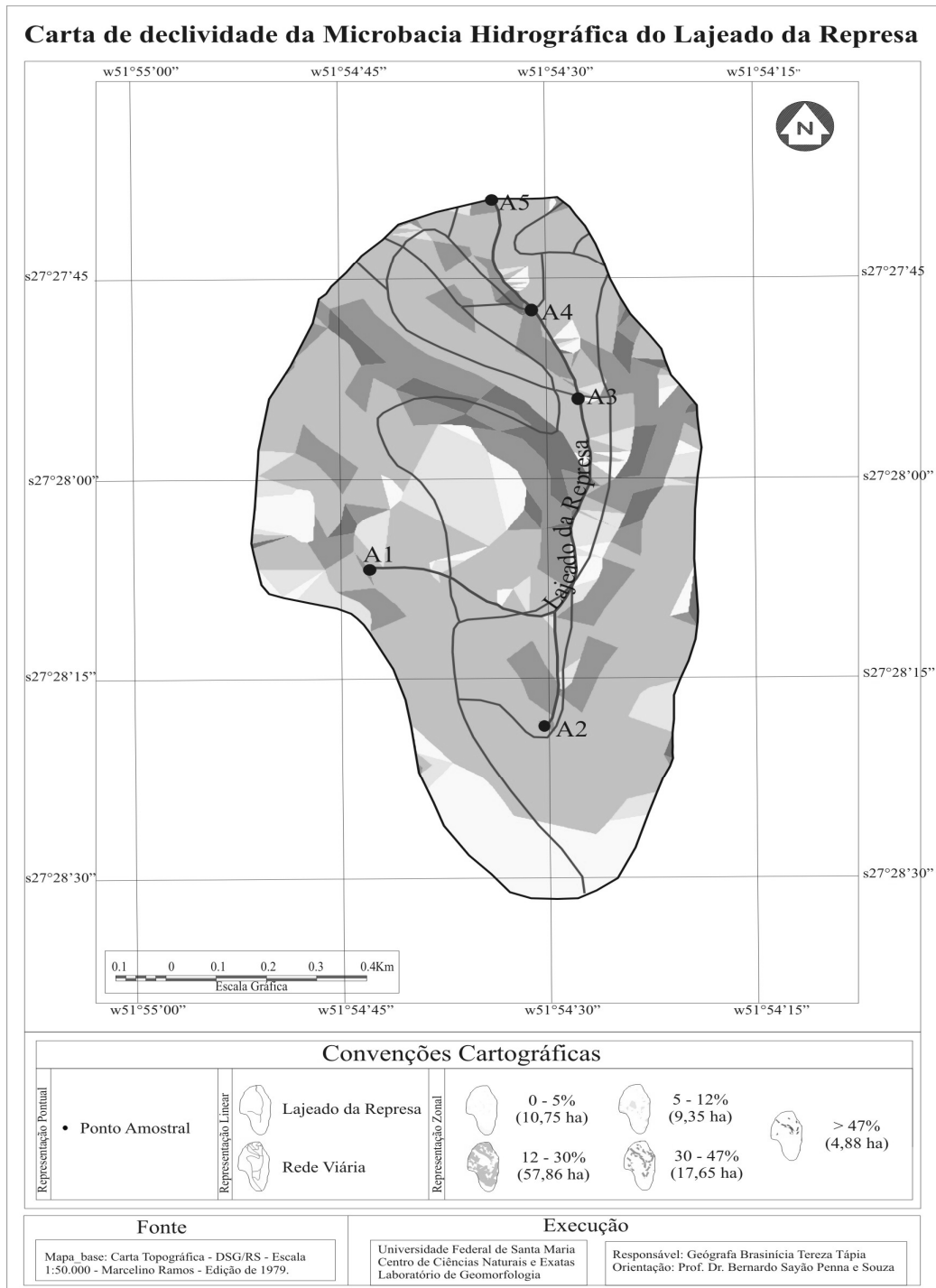


FIGURA 2 - Carta clinográfica da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa.

A classe de declividade que corresponde ao intervalo de 0-5% representa 10,7% da área de estudo (10,75 hectares). São áreas que permitem a mecanização sem maiores restrições.

Nesse setor há o predomínio de lavouras. As terras agricultáveis nessa declividade não apresentam restrições quanto ao uso agrícola, pastoril ou de emprego de mecanização.

Na microbacia de estudo essa área denota a ocupação por pastagens e, quando ocupadas para a agricultura apresentam os cultivos anuais de milho, soja, trigo e feijão.

A carta de uso da terra (Figura 3) representa os tipos de uso da terra. Onde foi possível o reconhecimento de quatro tipos distintos de uso, a área urbana, as florestas (matas), os campos e a agricultura/solo exposto, possibilitado pelas saídas de campo e pela interpretação das imagens de satélite.

A área urbana ocupa 34,18 hectares da área total da microbacia hidrográfica, ou seja, 34,18%, seguida pelas áreas de agricultura/solo exposto 29,42% (29,40 hectares) das áreas de florestas (matas) que representam 28,11% (28,23 hectares) e pelos campos que ocupam 8,43% (8,47 hectares).

As declividades mais moderadas concentram o uso agrícola, os campos e a área urbana, enquanto as declividades mais acentuadas abrigam a cobertura florestal.

Na microbacia hidrográfica o relevo é acentuado, os solos são rasos e apresentam muitos afloramentos de rochas, são pedregosos. Os solos são cultivados com milho, soja, trigo e feijão. No entanto, boa parte da área é coberta pela vegetação natural. A área urbana é a classe mais representativa e localiza-se no setor norte e central.

A ocupação urbana é responsável pelos maiores índices de poluição pela falta de infraestrutura adequada de coleta de esgotos doméstico e sanitário. As águas que percolam as áreas mais urbanizadas da microbacia hidrográfica apresentam maiores índices de poluição e diminuem consideravelmente sua vazão em dias não chuvosos. Estes fatores atestam há existência de diferentes processos que dão origem a diferentes formas e graus de influência nas condições da água da Lajeado da Represa.

Os campos são poucos significativos e encontram-se distribuídos ao longo da microbacia hidrográfica localizados tanto em áreas de relevo planos, como as coxilhas, quanto em locais de declividade média e acentuada.

As áreas de agricultura/solo exposto ocupa 29,40 hectares, equivalendo a 29,42% do total da área da microbacia em estudo. A sua ocorrência é verificada de maneira predominante na porção sul, sudeste e oeste da microbacia, são cultivadas por cultivo

diversificado, como soja, milho e trigo. As áreas de solo exposto abrangem esta classe por representar as terras lavradas utilizadas para a introdução do cultivo agrícola.

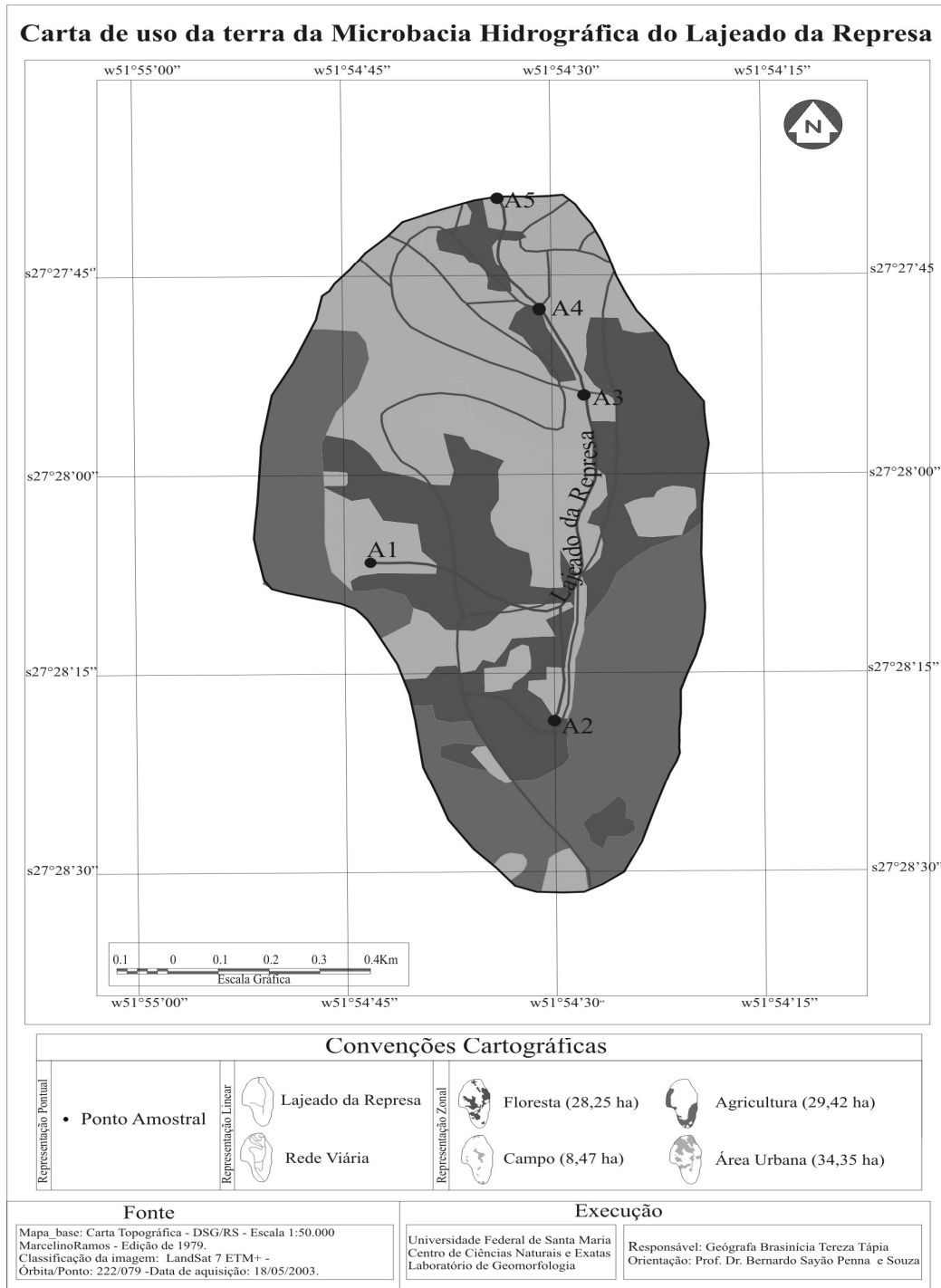


FIGURA 3 - Carta de Uso da terra da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa.

Destaca-se a presença significativa das áreas com cobertura florestal 28,11% (28,23 hectares) preservada junto à área urbana e ao longo das encostas. Salienta-se também que mesmo sendo expressiva a cobertura vegetal, nas áreas de topo estas deram lugar as lavouras.

#### **4. Considerações Finais**

A ocupação humana da área em estudo se fez e se faz próxima aos canais de drenagem e nas encostas.

A característica de elevada declividade das vertentes confere a microbacia em estudo suscetibilidade à erosão, como escorregamentos e movimentos de massa, ligados as chuvas intensas, no entanto, destaca-se aqui o papel fundamental da cobertura vegetal preservada nessas áreas que impedem e atenuam tais processos. Porém, nas áreas mais próximas ao curso do Lajeado da Represa a pouca e quase ausente cobertura vegetal favorece a erosão superficial.

A retirada da mata ciliar e a ocupação urbana acarretam alterações no escoamento natural das águas do Lajeado da Represa tais como a aceleração da erosão nas margens, assoreamento do leito e aumento da turbidez da água.

A declividade do terreno, as formas do relevo, os solos têm influência direta na intensidade da erosão. A maior extensão das encostas e o aumento da declividade ocasionam um acréscimo na velocidade do escoamento superficial da água, produzindo maior capacidade erosiva e proporcionando o carreamento de maior quantidade de partículas sólidas para as regiões mais baixas.

Pode-se considerar que as áreas em estudo apresentam poucas áreas de baixa declividade e significativa amplitude altimétrica. Quanto à distribuição da cobertura vegetal, do tipo floresta/matias são predominantes nas áreas mais íngremes que denotam a sua preservação, correspondendo a um percentual satisfatório, no entanto, as margens do Lajeado da Represa a quase ausência de mata-galeria compromete sua qualidade ambiental.

#### **6. Referências Bibliográficas**

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. da (org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**. V. 6. São Paulo: USP, 1992.

GUERRA, A J. T., CUNHA, S.B da. (org). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

MACIEL FILHO, C. L.; **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Santa Maria, Imprensa Universitária: 1990.

ORELLANA, M.M.P. A Geomorfologia no contexto social. In: **Geografia e Planejamento**. São Paulo: IG/USP,1981,n.34,p.1-25.

ROCHA, J. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária,1997.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia : ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990.**

SOTCHAVA. V. B. Estudo de geossistemas. In: **Métodos em questão**, Instituto de geografia, USP, São Paulo,1977, n.16,p.1-52.

TÁPIA, B, T. **As conseqüências sócio-ambientais relacionadas à construção da UHE Itá no município de Marcelino Ramos, RS**. 2004.UFSM, (Trabalho de Graduação), Universidade Federal de Santa Maria-RS, 2004.

\_\_\_\_\_. As condições ambientais da microbacia hidrográfica do Lajeado da Represa, Município de Marcelino Ramos, RS. Santa Maria, 2006, UFSM. (**Dissertação de Mestrado**),2006.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. IBGE/SUPREN. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97p.

# ANÁLISE DA VARIAÇÃO SAZONAL DA COBERTURA DO SOLO EM REGIÕES SEMI-ÁRIDAS ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO: O CASO DE CONCEIÇÃO DO COITÉ-BA

Marcela Carneiro de Almeida<sup>1</sup>; Rosângela Leal Santos<sup>2</sup>; Sandra Medeiros Santo<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS.

<sup>1</sup>Bolsista PROEX, marcelacarneiro9@gmail.com

<sup>2</sup> Professora Assistente da UEFS, smsanto@uefs.br

<sup>3</sup> Professora Assistente da UEFS, rosaleal@uefs.br

## Resumo

As técnicas do sensoriamento remoto permitem obter, em curto espaço de tempo, informações sobre o uso e cobertura do solo, possibilitando avaliar e monitorar o desenvolvimento agrícola, realizar previsões de safra, bem como verificam a dinâmica da vegetação com relação aos períodos secos e chuvosos. Este último aspecto é de vital importância para a região do semi-árido nordestino, onde a atividade agrícola é a principal fonte sustentação da econômica. O estudo sobre o uso e cobertura do solo, em particular da vegetação, tem utilizado extensivamente os índices vegetação. Este trabalho tem como objetivo analisar os padrões espaciais e temporais de variabilidade do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), em decorrência da reflectância espectral do uso e cobertura do solo, para o ano agrícola de 2005/2006, abrangendo o período úmido (19/06/2005), e o período seco (06/03/2006), no município de Conceição do Coité – BA, através das imagens geradas pelos sensores CCD do satélite CBERS2. Além do NDVI, foram utilizadas as técnicas de grupamento pelo algoritmo k-Média e a técnica de fatiamento. Os resultados obtidos mostraram que nas figuras, que corresponde ao período úmido, a densa cobertura de vegetação é que ocupa um maior espaço, em especial a pastagem e a atividades agrícolas, através da reflectância nas bandas 3 (Vermelho), e banda 4 (infravermelho), visíveis nos tons mais claros. E nas imagens do período seco, observou-se uma considerável redução na cobertura vegetal em decorrência do déficit de água na região, o que faz surgir muitas áreas de solo exposto ficando nítido os baixos índice de reflectância nas bandas 3 (vermelho) e 4 (infravermelho). Desta forma, o processamento da imagem nos períodos úmido e seco, tornou-se essencial para a compreensão da vegetação, no município de Conceição do Coité, pois possibilitou a identificação da variação sazonal da cobertura vegetal em seus diferentes estágios.

**Palavras-chave:** NDVI, semi-árido, processamento digital de imagem

## Abstract

The remote sensing techniques allow the obtainance, in few space of time, of the information about the use and the covering of the soil, making possible to evaluate and to monitor the agricultural development, to accomplish crop forecasts, as well as the verification of the vegetation dynamics in relation to the dry and rainy periods. This last aspect has vital importance for the semi-arid area of Northeastern, where the agricultural activity is the main supporting economical source. The study about the land use and land cover, mainly of the vegetation, has been using the rates of vegetation extensively. This work has as goal to analyzes the space and time patterns of variability of the normalized difference vegetation index (NDVI), due to the ghastly reflectance of the use and covering of the soil, for the agricultural year of 2005/2006, embracing the humid period (19/06/2005), and the dry period (06/03/2006), in the municipal district of Conceição do Coité - BA, through the images generated by the CCD sensors of the CBERS2 satellite. Besides NDVI, the grouping technique was used by the algorithm K-Means. The results obtained showed that in the illustrations, that corresponds to the



humid period, the dense vegetation covering occupies a larger space, especially the pasture and agricultural activities, through the reflectance in band 3 (Red), and band 4 (infrared), visible in the clearest tones. And in the images of the dry period, a considerable reduction was observed in the vegetable covering due to the deficit of water in the area, which makes appear a lot of areas of exposed soil and the low reflectance rate in the bands 3 (red) and 4 (infrared) become clear. This way, the processing of the image in the humid and dry periods, became essential for the understanding of the vegetation, in the municipal district of Conceição do Coité, because it made possible the identification of the seasonal variation of the vegetable covering in its different stages.

Keywords: Semi-arid, NDVI, K-Means, Image digital processing

## **1. Introdução**

No Estado da Bahia, especificamente em Conceição do Coité, onde atividade agrícola e a pastagem tem grande relevância, no crescimento econômico, faz-se necessário o desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto no monitoramento da vegetação dessa área destacando nesse processo dentre outros produtos gerado a partir de imagem de satélite, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), que é resultado da combinação entre a reflectância da vegetação na faixa do vermelho e infravermelho próximo. Essas duas bandas servem também para realçar a vegetação e ao mesmo tempo minimizar dentre outros, os efeitos atmosférico.

Através da técnica de sensoriamento remoto é possível monitorar a vegetação numa determinada área, como também identificá-la com relação aos outros objetos da superfície terrestre, através do comportamento espectral dos sensores na banda do visível e do infravermelho próximo que informa a reflectância da superfície vegetal. Além disso, através dessa técnica, obtêm-se, em curto espaço de tempo, informações sobre o seu desenvolvimento e outras previsões sobre a safra, como também, verificam a dinâmica da vegetação com relação ao período chuvoso, onde os valores dos índices são mais altos, enquanto que no período de seca os valores são mais baixos.

Este trabalho tem como objetivo analisar os padrões espaciais e temporais de variabilidade do índice de vegetação por diferença normalizada, em decorrência da reflectância espectral do uso e cobertura do solo, para o ano agrícola de 2005/2006, abrangendo o período úmido (19/06/2005), e o período seco (06/03/2006), no município de Conceição do Coité – BA, através das imagens geradas pelos sensores CCD do satélite CBERS2.

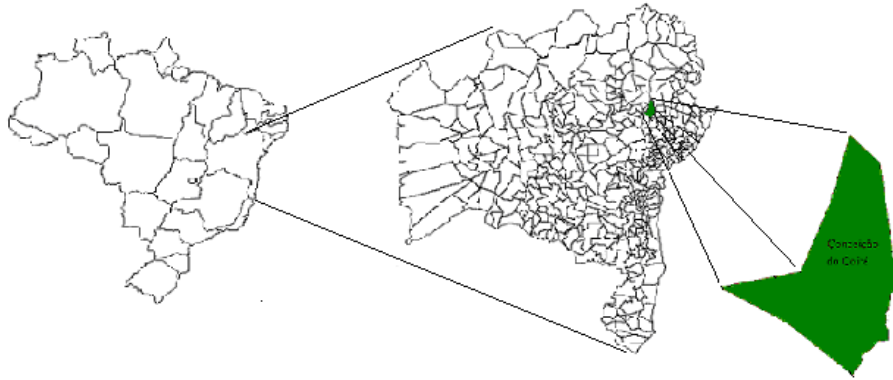


Figura 01 - Localização do município de Conceição do Coité (Ba) – em verde

O município de Conceição do Coité é uma pequena cidade localizada no Estado da Bahia, distante 210 km da capital Salvador, pelas coordenadas 11°33'S e 39° W, (Figura 01) cuja altitude média é de 440 m, com aproximadamente 56.000 habitantes (Censo Demográfico, 2000). Está inserida na região semi-árida, como também no Polígono das Secas com índice pluviométrico variando de 600 a 800 mm/ano, com chuvas mal distribuídas, concentradas nos meses de março a junho. È cortado por duas bacias hidrográficas ao norte pelo rio Itapicurú e ao sul pelo rio Jacuípe. Essa área está sobre o Pediplano Sertanejo, com solos de difícil manejo dos tipos Planossolo solódico eutrófico, Litólicos eutróficos, praticamente composto por rochas graníticas do tipo gnaisses. Na região têm-se a ocorrência de três tipos fitoclimáticas Caducifolia, semi-caducifolia e ombrófila numa área de 832 km<sup>2</sup>.

A economia do município é predominantemente agrícola, o sisal (agricultura para exportação) é o produto mais produzido no município, em segundo está a mandioca, que juntamente com o feijão e o milho (terceira e quarta maior produção respectivamente) a base da agricultura de subsistência dos pequenos produtores rurais. È importante ressaltar que o sisal é o produto mais produzido em decorrência da supervalorização deste no mercado externo, devido à intensificação da demanda por fibras naturais. E a mandioca vem logo em segundo porque embora as condições climáticas neste município sejam muito severas, a mandioca se adapta a estas condições por ser uma planta de ciclo longo (de 12 a 18 meses) e o período das chuvas, tipicamente concentradas do semi-árido, se adequar ao seu ciclo fenológico.

### 3. Referencial teórico

Ao analisar as imagens observa-se que diferentes objetos ou materiais apresentam características próprias (tons de cinza, forma, padrão e etc.) que vão se modificando ou assumindo novas características, conforme sejam observadas em imagens de diferentes bandas espectrais (Menezes *apud* Pacheco 2001). Assim, quanto maior o número de imagens utilizadas, mais informações estarão envolvidas, o que possibilita uma enorme exploração das características espectrais, a partir de uma grande quantidade de técnicas que estará envolvida nesse processo.

A vegetação, por exemplo, tem uma refletância espectral específica, desta forma, é possível identificá-la mesmo estando reunida a outros objetos, pois os sensores nas bandas do visível e infravermelho próximo são os que informam a sua reflectância, possibilitando a identificação da cobertura vegetal numa determinada área. Além disso, a combinação da reflectância nas faixas do vermelho e do infravermelho próximo é designada *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

Rouse *et al.* (1974) ressalta que o NDVI é expresso pela razão entre a diferença da medida da refletância nos canais do infravermelho próximo e do vermelho e a soma desses canais bandas, ou seja,  $NDVI = (p2 - p1) / (p2 + p1)$  Onde, p1 representa a refletância do vermelho e p2 do infravermelho próximo do espectro do eletromagnético.

O NDVI é uma técnica de realce que serve para aumentar o brilho da vegetação como também melhorar aspecto da distribuição da informação das imagens, além disso, para minimizar os efeitos externos, tem sido combinada a reflectância da vegetação do vermelho com infravermelho próximo sob a forma de razão exposto anteriormente.

Os valores do NDVI, relacionados ao espaço onde está localizada a vegetação dependem de uma série de fatores, dentre eles, destaca-se a densidade e umidade, onde os mesmos variam entre -1 e 0,7, sendo que os valores negativos representam corpos d'água e contaminação residual por nuvens, os valores entre 0,0 e 0,1 representam solo descoberto, solo úmido, grandes áreas urbanas e superfícies não vegetais, de 0,1 a 0,4 refere-se à vegetação esparsa ou com baixa densidade, a vegetação em condição de desenvolvimento situam-se entre os valores 0,4 e 0,7. E acima de 0,7 as vegetações são mais densas e com maior área foliar (FONTANA & GUSSO, 2004). Neste contexto é importante destacar que queimadas, aerossóis, enchentes, ocorrências de El Niño dentre outros influenciam no resultado do NDVI.

## 4. Metodologia

### 4.1 Matérias

Foram utilizadas duas imagens do sensor CCD do satélite CBERS, com resolução espacial de 20 m x 20 m, correspondentes ao período úmido (19/06/2005) e ao período seco (06/03/2006), da órbita ponto 149/113, as quais foram processadas inicialmente com software Spring 3.6.02. Também foram utilizados os software ENVI 4.0 e o IDRISI 32.

### 4.2 Métodos

As imagens foram registradas, segundo as cartas topográficas da SUDENE (1:100.000 – Datum de Córrego Alegre). Foi extraído o NDVI das imagens correspondentes aos dois períodos no software Spring 3.6.02, sendo que a seus valores foi acrescentado um Offset de 100, gerando duas novas imagens: NDVI\_Úmido e NDVI\_Seco. Não foram realizadas correções atmosféricas posto serem estas desnecessárias para a aplicação das técnicas do NDVI. Após a aplicação do NDVI, sobre estas imagens, foram realizados dois processamentos: uma classificação não supervisionada, no software ENVI 4.0, com aplicação do algoritmo K-Média, gerando uma imagem com 10 classes (critério de parada de 10 iterações); e o fatiamento das imagens com dois critérios: intervalos fixos, de 0,1 (de 0,0 a 1.0), e segundo o critério da significância do NDVI para a vegetação (Fontana e Gusso, 2002).

#### 4.2.1 K-Média

A técnica de agrupamento pelo k-Média é um algoritmo para a participação de um conjunto de elementos em determinado número de agrupamento (clustering) K, utilizando o método dos mínimos quadrados e o ajustamento das médias (média móvel) no decorrer dos processos de interações. O uso de um software para realizar essa operação se estrutura apenas na simples implementação de um algoritmo que se baseia nos mínimos quadrados. Este algoritmo, de forma geral, possui obrigatoriamente apenas duas etapas simples: a determinação dos centróides e a associação de cada elemento a uma “semente” mais próxima (OHATA *et al.*, 2004). Determinou-se a criação de 10 classes, desde que buscou-se apenas a separação das classes mais significativas, para evitar uma grande fragmentação da imagem. Optou-se por utilizar 10 iterações, para dar oportunidade ao algoritmo de recalculer e redistribuir adequadamente os valores extremos de cada classe sem que fosse necessário utilizar este parâmetro como critério de parada.

#### 4.2.2. Fatiamento

A técnica de fatiamento consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular. No caso, este será a resolução da imagem, e os valores do número digital do pixel (ND), que serão convertidos em valores 3D. Os temas da imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas, representando os intervalos dos valores do NDVI previamente determinados. Utilizou-se dois critérios para o fatiamento: no primeiro, considerou-se um intervalo mais ou menos regular, onde o NDVI foi fatiado em 7 classes (0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,7; 0,7-1,0); um segundo critério seguiu os parâmetros citados por Fontana e Gusso (2004), onde foram determinadas 4 classes (0-0,1; 0,1-0,4; 0,4-0,7; > que 0,7)

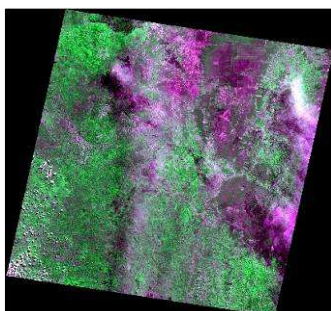
## 5. Resultados e discussões

### 5.1 NDVI

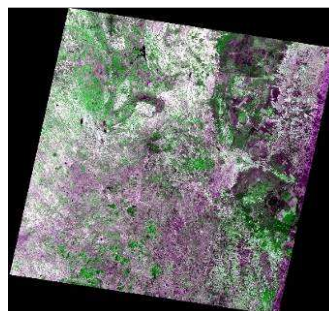
Utilizou-se a técnica classificação de agrupamento K-Média e o fatiamento para verificar, no município de Conceição do Coité, a partir dos dados de NDVI, a distribuição de densidade e cobertura do solo, assim como obter o comportamento sazonal do NDVI nos períodos seco e úmido.

Na **Figura 02** apresenta as imagens iniciais do trabalho, onde temos imagem da órbita/ponto 149/113 correspondente a cobertura da região de Conceição de Coité, para os períodos úmido (**Figura 2(a)**) e seco (**Figura 2(b)**), assim como as respectivas imagens do NDVI para o período úmido (**Figura 02(c)**) e do período seco (**Figura 02(d)**). Na imagem NDVI do período úmido (12/06/06), corresponde aos maiores índices de pluviosidade anual nessa região, ficando nítido o comportamento da vegetação em decorrência da precipitação, em especial a agricultura e a pastagem predominante na área analisada através da reflectância nas bandas 3 (visível), e banda 4 (infravermelho próximo), visíveis nos tons mais claros (**Figura 02(c)**). Na **Figura 02(d)**, correspondente ao NDVI do período seco, que tem por características baixos índices na pluviosidade local, observou-se uma considerável redução na cobertura vegetal, ficando nítidos os baixos índices de reflectância nas bandas 3 (visível) e 4 (infravermelho próximo). Desta forma, poucas áreas possuíram vegetação densa.

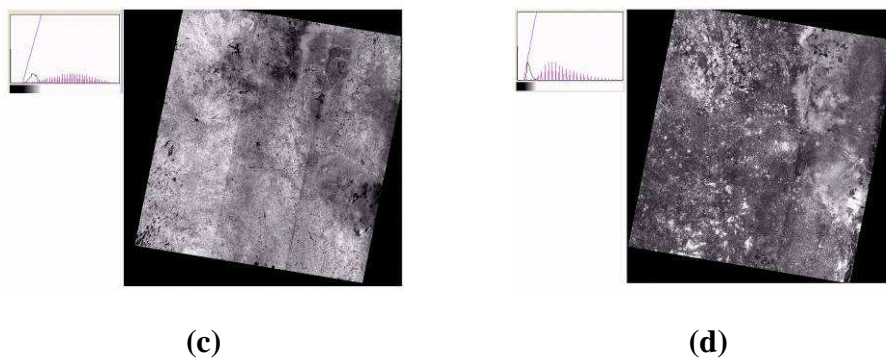
Observa-se na imagem do NDVI do período úmido (**Figura 02(c)**), uma clara divisão na imagem em três partes no sentido longitudinal. Aparentemente trata-se de uma falha do sistema sensor na imagem, que foi realçada pelo processo do NDVI, e que havia ficado mascarada pela presença de uma imensa “nuvem-névoa” no mesmo sentido (Norte-Sul), como pode ser observado na **Figura 02(a)**.



(a)



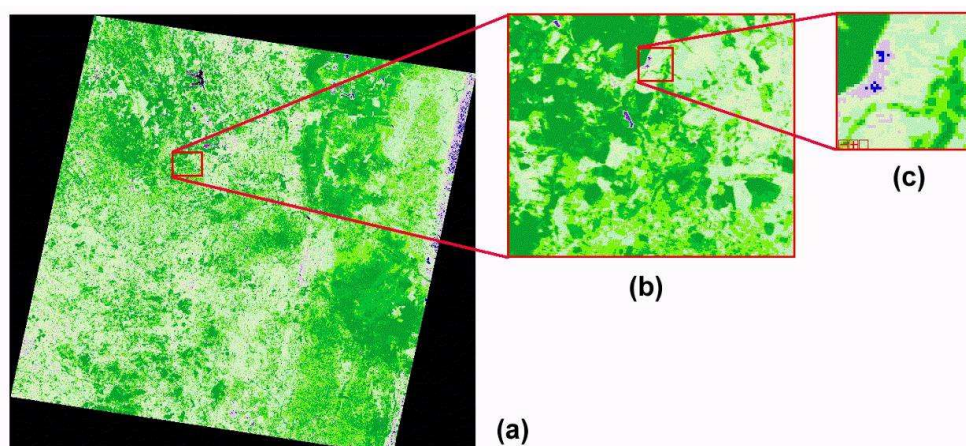
(b)



**Figura 02** – Imagens correspondentes a órbita ponto 149/113, do sensor CCD do satélite CBERS, para os períodos Úmido (a) e Seco (b), em composição colorida RGB (342). As figuras (c) e (d) correspondem, respectivamente, ao NDVI dos dois períodos úmido e seco

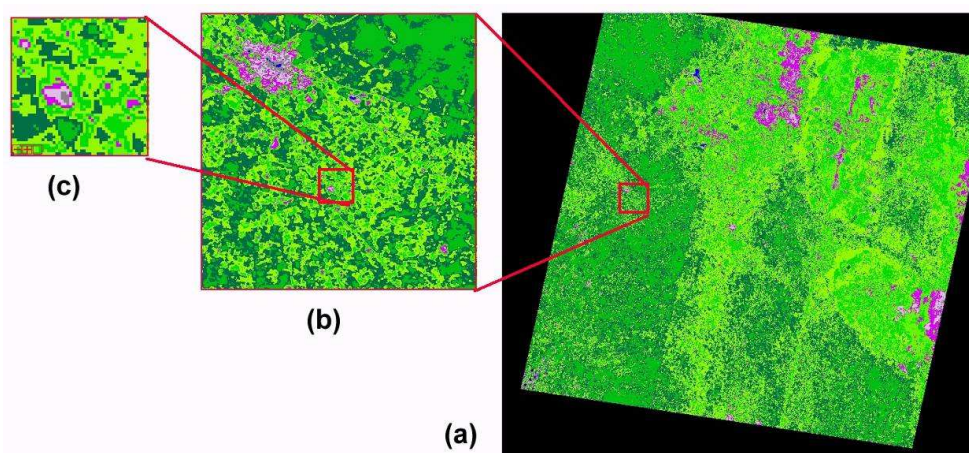
### 5.2 K-Média

Na aplicação do K-Média observa-se claramente o comportamento da vegetação com relação à variação sazonal, pois na **Figura 03**, referente às imagens do período seco, os tons de verde que corresponde a todos os tipos de vegetação, variando do pasto jovem com pouca cobertura a vegetação densa, perde um pouca a área ocupação em decorrência do déficit de água na região o que faz surgir muitas áreas de solo exposto correspondente aos tons mais claros que variam do bege (solo exposto 1) ao azul claro (solo arenoso com vegetação). Nesse contexto, é importante ressaltar que durante o ano 2005/2006, não ocorreu prolongados meses de seca como é de costume na região semi-árida, por isso vegetação mesmo no período seco ocupa uma parcela significativa na imagem. Em todas as imagens (original e processadas) correspondentes a este período, pode ser observada uma falha do sensor na lateral direita da imagem, gerando confusão e alterando valores de cálculo de área para as classes de água (azul marinho) e solo exposto (bege a azul claro).



**Figura 03** – Imagem classificada pelo K-Média, com 10 classes e 10 iterações, correspondente ao período seco. Os tons de verde indicam densidade da cobertura vegetal e as variações do amarelo e do cinza os níveis de exposição do solo





**Figura 04** - Imagem classificada pelo K-Média, com 10 classes e 10 iterações, correspondente ao período úmido.

No entanto, na **Figura 04**, o que predomina são os diferentes tipos de vegetação, em distintas fases fenológicas de crescimento, como pode ser observado na variação do verde na imagem: o solo úmido recoberto com vegetação baixa, pasto, vegetação densa jovem, vegetação densa úmida, sendo que, tais classificações, especificamente no município de Conceição do Coité, denota que os pastos são as pastagem presente na região em decorrência da criação de bovinos e caprinos, o solo úmido recoberto com vegetação baixa e vegetação densa jovem que são as diferentes fases de desenvolvimento das plantações das atividades agrícolas (mandioca, milho, feijão, dentre outros) e a vegetação densa são as formações fitoclimáticas naturais (vegetação arbórea e arbustiva caducifólia ou caatinga densa), presente no município, além disso, na **Figura 04 (b)**, ressalta bem a sede do município, na cor rosa.

**QUADRO 01** – Classes classificadas pelo algoritmo K-Média para a imagem NDVI do período úmido

Classe	Número de pixels	% da imagem	Área (ha)
Corpo d' água	28.650	0,1	1.146,0
Solo exposto	1.090.240	2,5	43.609,6
Solo exposto úmido	282.722	0,6	11.308,8
Solo exposto muito úmido	69.806	1,2	2.792,2
Solo recoberto com vegetação baixa	2.784.494	6,4	111.379,7
Solo úmido recoberto com vegetação baixa	4.975.331	11,4	199.013,2
Pasto	9.243.622	21,1	369.744,8
Vegetação densa jovem	4.962.771	11,3	198.510,8
Vegetação densa úmida	8.254.571	18,9	330.182,8
Borda da imagem	12.081.117	27,6	483.244,7
Não-classificados	0	0	0

**QUADRO 02** – Classes classificadas pelo algoritmo K-Média para a imagem NDVI do período seco

Classe	Número de pixels	% da imagem	Área (ha)
Corpo d' água	103.881	0,02	4.155,2
Solo exposto	11.670	0,03	466,8
ISSN 0103-1538			4130

Solo exposto com vegetação bastante esparsa	16.692	0,04	667,6
Solo exposto úmido	718.108	1,6	28.724,3
Solo exposto com maior densidade de vegetação	4.956.261	11,3	198.250,4
Solo arenoso exposto com pouca vegetação	8.900.534	20,3	356.021,3
Pasto com cobertura esparsa	6.634.732	15,2	265.389,2
Vegetação densa (árvores)	4.133.526	9,4	165.341,0
Vegetação mais densa	6.436.411	14,8	257.456,4
Borda da imagem	11.861.509	27,1	474.460,4
Não-classificados	0	0	0

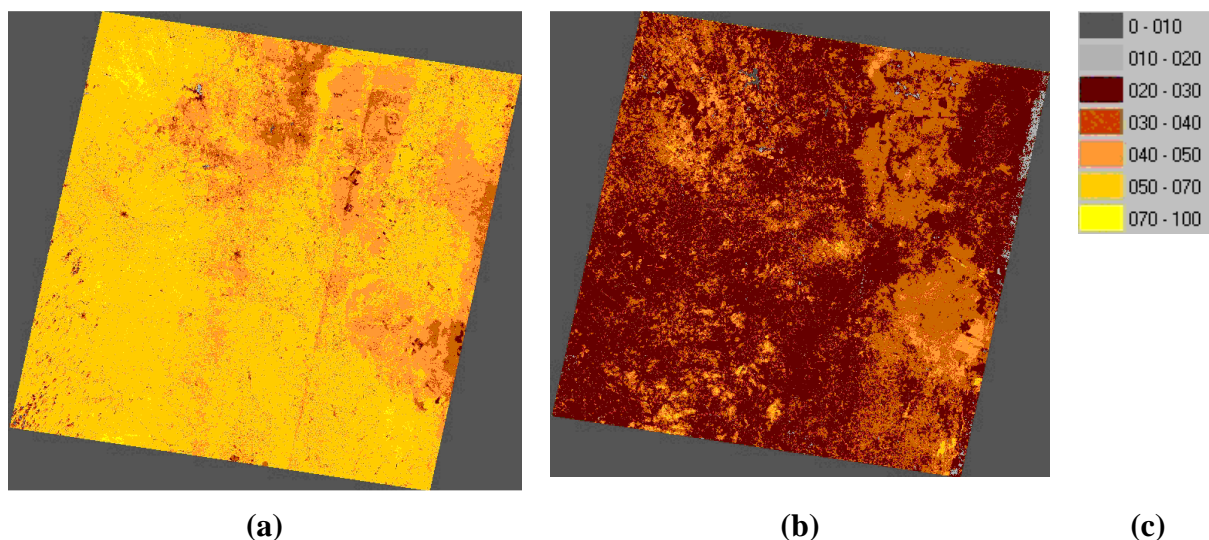
Analisando os **quadros 01 e 02**, correspondentes ao período úmido e seco, respectivamente, observa-se que não há uma grande variação nos tipos das classes, que se mantém, mas a variação decorre da substituição de uma classe por outra. Assim, temos que o solo exposto tende a aumentar no período seco, e se reduz no período úmido, em decorrência do aumento dos pastos e das atividades agrícolas. Entretanto, podemos afirmar que estas alterações não foram tão expressivas como o esperado devido que o período seco não se prolongou por muitos meses, e como a vegetação é típica de clima seco (Vegetação densa de caatinga arbórea e chácaras) não ocasionou grandes mudanças na sua área de ocupação (**Figuras 03 e 04**) correspondendo a uma área 51,3% (período úmido) e 39,4% (período seco), uma diferença de apenas 11,9%. A única classe diretamente associada a água, foi a classe “Corpos d’água” que, no período úmido (**Quadro 01**) ocupa 0,1% da imagem e no período seco, 0,02% (**Quadro 02**) os mesmo ocupa uma diferença de somente 0,08%, mas perde significância em relação a escala da imagem. Desta forma, os dados comprovam as afirmações sobre o comportamento das classes em ambas as tabelas.

De forma geral, pode se afirmar que o K-Média se apresentou como um bom separador da vegetação em áreas complexas com muitas classes, confirmando as conclusões de Ohata *et al* (2004).

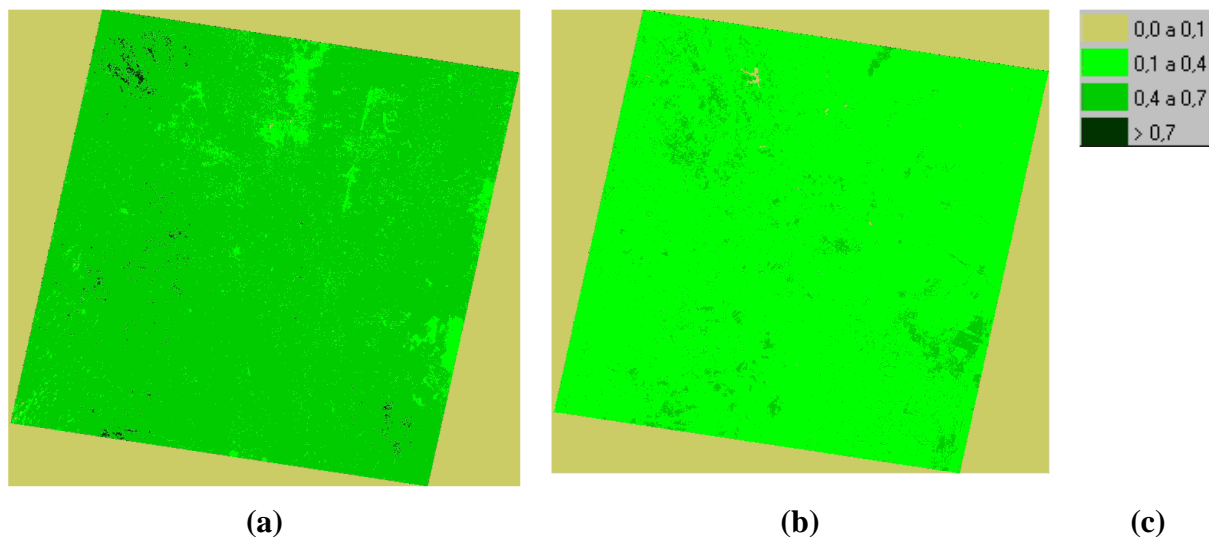
### 5.3 Fatiamento

O uso da técnica de classificação por fatiamento foi muito satisfatório para mostrar o comportamento das bandas 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo) e sua influência nos valores do NDVI. A **Figura 05** apresenta os resultados do fatiamento das imagens do NDVI, divididas em 7 classes, com valores intervalares aproximadamente constantes. A **Figura 05(a)**, do período úmido, apresenta poucas áreas com valores compreendidos entre 0 – 40 (5.492 km<sup>2</sup>), que significa áreas de solo com pouca vegetação, e muitas áreas a partir de 0,40 (12.035 km<sup>2</sup>) quando começa aparecer os diferentes tipos de vegetação (**Quadro 03**), como pode ser observada na imagem, onde

há o predomínio das tonalidades do laranja ao amarelo, as quais significam um progressivo aumento da vegetação. Como explica Parkinson (1997) elevados valores do NDVI são decorrentes do aumento dos valores da reflectância do infravermelho próximo. Porém, na imagem do período seco (**Figura 5 (b)**), as tonalidades de cores que variam do laranja escuro ao preto predominam na imagem, indicando extensas áreas que apresentam valores entre 0 e 40, perfazendo um total de 16.824 km<sup>2</sup> (**Quadro 03**), significando vegetação ausente ou esparsa, pela elevada reflectância no canal visível (vermelho), o que faz reduzir os valores do INDVI.



**Figura 05** – Resultado do fatiamento das imagens correspondente ao período úmido (a) e seco (b) do NDVI, utilizando-se o critério de 7 classes. Em (c), a tabela de cores correspondentes aos valores do NDVI.



**Figura 06** – Resultado do fatiamento das imagens correspondente ao período úmido (a) e seco (b) do NDVI, utilizando-se o critério de 4 classes, sugeridas por Fontana e Gusso (2004). Em (c), a tabela de cores correspondentes aos valores do NDVI.

A Figura 06 apresenta o resultado do fatiamento das imagens do NDVI, dos períodos secos e úmidos, seguindo os critérios sugeridos por Fontana e Gusso (2004).

Nela observa-se que, no município de Conceição do Coité, no período úmido (**Figura 06 (a)**) há predominantemente a presença de vegetação em condição de desenvolvimento, cujos valores estão compreendidos entre 0,4 a 0,7, enquanto que no período úmido (**Figura 06 (b)**) há presença mais significativa de solo descoberto, solo úmido e superfícies não vegetais (01 a 0,4), como também há presença vegetação em desenvolvimento (0,4 a 0,7).

**QUADRO 03** – Área representada por classe de NDVI (km<sup>2</sup>)

Classes do NDVI	Período Úmido	Período seco
0 - 10	4.743.57	4.743.90
10 - 20	7.93	100.55
20 - 30	59.62	7.670.39
30 - 40	680.95	4.308.98
40 - 50	3.610.76	633.01
50 - 70	8.342.14	42.76
70 - 100	72.19	4.43

(\*) Os valores das classes do NDVI foram obtidos através das imagens do NDVI, que tiveram um offset de 100

Fica claro o deslocamento dos valores apresentados pelo ND das imagens do NDVI para os dois períodos, onde o período seco apresenta predomínio de valores baixos, representados em tons escuros na imagem, com predomínio do intervalo de 0,2 a 0,3 enquanto que o período úmido se caracteriza pelos tons claros, com predomínio do intervalo de 0,5 a 0,7, como pode ser observado no gráfico, representado na **Figura 07**. Esta afirmação fica mais evidente quando comparamos as áreas por classe de NDVI, como apresentado No **Quadro 04**, que apresenta as variações das áreas de cada classe em Km<sup>2</sup>.

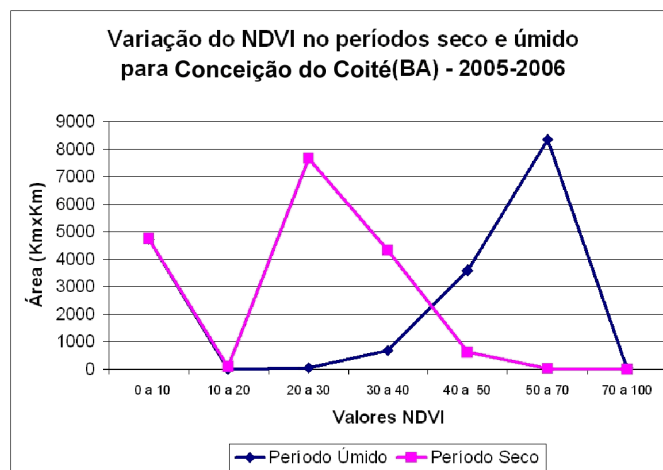


Figura 07 – Gráfico sobre a variação dos valores níveis de cinza (ND) das imagens do NDVI

para os períodos úmido e seco, pelo critério das 7 classes.

**QUADRO 04** – Área por classe de valor NDVI (segundo critério de Fontana e Gusso, 2004) para o período úmido e seco- (km<sup>2</sup>)

<b>Classe</b>	<b>Úmido</b>	<b>Seco</b>
0,0 a 0,1	(*) 4.743,9	(*) 4.743,9
0,1 a 0,4	748,5	12.079,9
0,4 a 0,7	11.952,9	675,8
Acima de 0,7	72,2	4,4

(\*) **Obs.:** A área de contorno da imagem foi classificada como a classe de 0,0 a 0,1.

## **6. Considerações finais**

Os dados proporcionados pelo sensoriamento remoto, utilizando como ferramenta o NDVI, tornaram-se essenciais para a compreensão da vegetação, e especificamente das pastagens e atividades agrícolas no município de Conceição do Coité, pois, elaborou análises sazonais da cobertura vegetal em seus diferentes estágios, o que ficou evidenciado nas imagens do período seco e úmido.

A técnica empregada da classificação não supervisionada com o uso do algoritmo K-Média, apresentou-se eficaz ao realizar uma identificação e separação de classes de cobertura do solo a partir de uma única imagem do NDVI. A partir desta classificação, verificou-se que, embora as classes fossem as mesmas, a grande variação de ocupação da área ocorreu pelo binômio solo exposto-pasto/atividade agrícola, onde ocorre a expansão do primeiro no período seco e sua conseqüente retração no período úmido.

Entretanto, embora a classificação com o algoritmo K-Média tenha apresentado bons resultados quanto a identificação da variação das classes de cobertura do solo, tanto da imagem, como nos dois períodos analisados, a técnica do fatiamento demonstrou resultados mais específicos quanto a variação dos valores do NDVI, refletindo maior acurácia a extensão da cobertura vegetal e seu estado de estresse hídrico.

## REFERÊNCIAS

PACHÊCO, Admilson Penha. Sensoriamento Remoto Multitemporal aplicado a Cobertura vegetal da Mata Atlântica. Disponível em: <<http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/2001/01/AP.htm> - 40K>. Acesso em: 13 nov. 2006.

ROUSE, J. W.Jr.; HAAS, R.H.; DEERING, D.W.; SCHELL, J.A.; HARLAN. J.C. Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green wave Effect) of Natural Vegetation. NASA/GSFC. Type III **Final Report**, Greenbelt, MD, 371p, 1974.

OHATA, A. T.; SANTOS, R. L.; QUINTANILHA, J. A. O uso de algoritmo self-organization na determinação de classes de uso do solo (Mogi das Cruzes-SP). In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 2004, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre. Disponível em [http://www.cartografia.org.br/xxi\\_cbc.htm](http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc.htm). Acesso em 13/11/2006.

FONTANA, Denise Cybis; GUSSO, Aníbal. **O que são as composições NDVI? .** Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/srm/Produtos%20NOAA/NDVI\\_Texto\\_3.htm](http://www.ufrgs.br/srm/Produtos%20NOAA/NDVI_Texto_3.htm)>. Acesso em: 13 nov. 2006.

# GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS A PARTIR DE RECURSOS DE GEOPROCESSAMENTO

Luis Claudio da Silva dos Santos<sup>1</sup>

Renata Cruz da Silva<sup>1</sup>

Paulo Fernando da Silva Pinto<sup>1</sup>

Jonnas Gonçalves Soares<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

FFP - Faculdade de Formação de Professores

Departamento de Geografia

Rua Dr. Francisco Portela, n.º. 1470, Patronato, São Gonçalo – RJ. CEP: 24435-005

geotricolor@gmail.com

## RESUMO

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. O sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global (GPS) e sistemas de informações geográficas (SIGs) integram o geoprocessamento. O uso dessas tecnologias permite a combinação de distintos dados para geração de outros. Classificação é o processo de extração de informação em imagens de satélite. O objetivo principal deste trabalho foi gerar mapas temáticos a partir de recursos do geoprocessamento. O mapeamento consistiu na geração de dois mapas temáticos e na comparação entre eles. Tal mapeamento permite, através da identificação das feições geográficas, a realização de discussões sobre os fenômenos ambientais. O processamento dos dados envolveu as operações de registro da imagem e recorte da área de interesse, pré-processamento, segmentação, treinamento do classificador, classificação e mapeamento das classes. Para isso, foi usado o SIG SPRING 4.3.2 desenvolvido pelo INPE, ARCGIS 9.1 desenvolvido pela ESRI e HYPERCUBE. Serão apresentados resultados da produção de mapas temáticos digitais indicativos do uso do solo e da cobertura vegetal, tendo como base imagens do sistema orbital CCD-CBERS 2 (resolução espacial de 20 m). As classificações geradas evidenciaram que a região estudada vem sofrendo com um intenso processo de ocupação. A avaliação dos mapas temáticos evidenciou que a classificação com o auxílio do HYPERCUBE facilita a identificação de rios e estradas.

Palavras chaves: Classificação digital, Imagem CCD-CBERS2, Uso e cobertura da terra.

## ABSTRACT

Geoprocessing can be defined as a conjunct in of technology turn to spatial information for a specific objective. The sensory remote, global position system (GPS) and system geographic information integrate the geoprocessing. The use of these technology permit the combination in arq dado. Classification is the process of extracting of information from satellite images. The main objeticve of this work was beget thematic maps generated by expedient from geoprocessing. The mapping consisted in the generation of thematic maps and comparison between them. This mapping permits by the identification of geographics shapes, the realization of discussions about environmental phenomenon. The data processing involved the operations of register of the image and extraction of the study area of interest, pré-processing, segmentation, training of the classifier, classification and mapping of the classes. For these functions, it was used the GIS SPRING 4.3.2, devoloped by INPE, GIS ARC 9.1 devoloped by ESRI and HYPERCUBE. Thematic maps will be presented based on CCD-CBERS 2 orbital system (special resolution = 20m). The generated classifications evidences what studied area suffer with intense process of occupation. The evaluation of thematic maps evidence that the classification with assistance HYPERCUBE facilitates the identification of rivers and roads.

Keywords: Digital image classification, CCD-CBERS2 image, Land use and land cover.

## 1) Introdução

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Assim as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada aplicação. Estes sistemas são mais comumente tratados como Sistemas de Informação Geográfica (SPRING, 2006).

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em sensoriamento remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse (SPRING, 2006). A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e tratamento digital de imagens permitem a identificação e avaliação de áreas e processos geradores de impactos (VICENS, 1998).

O objetivo principal do presente trabalho é fazer o levantamento do uso da terra e da cobertura vegetal do entorno da Baía de Guanabara, com o insumo dos produtos de Geoprocessamento, que inclui: Imagens de Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistemas de Informação Geográfica (SIGS).

O estudo buscou especificamente realizar uma análise de como os recursos de geoprocessamento têm sido utilizados para gerar mapas temáticos e de como metodologias diferentes podem resultar num produto final com algumas oposições. Num segundo momento foi feita uma comparação entre um mapa gerado utilizando os SIGs SPRING 4.3.2 e ACRGIS 9.1 e um outro mapa gerado também com o auxílio do HYPERCUBE, um programa que realiza um filtro na imagem de satélite, realçando feições como estradas e rios.

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal se faz necessário tendo em vista a adequação do uso do solo, quantificação de safras, análise da evolução da ocupação de uma determinada área, entre outros. Os Sistemas de Informação Geográfica facilitam o gerenciamento de informações espaciais e permitem a elaboração de diagnósticos e prognósticos, subsidiando a tomada de decisões.

Para alcançar os objetivos foram confeccionados dois mapas de uso da terra e cobertura vegetal da mesma região (Baía de Guanabara), que está localizada no estado do Rio de Janeiro, no entanto, foi utilizado o auxílio de três SIGs distintos: SPRING 4.3.2, ARCGIS 9.1 e HYPERCUBE, o que acabou resultando em dois produtos finais distintos e com algumas dúvidas.



## 2) Materiais e Métodos

Os materiais para a elaboração do trabalho foram os seguintes:

- a) Sistemas SPRING 4.3.2 (Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas), ARCGIS 9.1 e HYPERCUBE.
- b) Pontos obtidos por GPS (Sistema de Posicionamento Global) para a realização do georreferenciamento da imagem.
- c) Imagens do entorno da Baía de Guanabara, obtidas a partir do imageamento do satélite CCD CBERS-2.

Utilizando a princípio esses três recursos foram gerados dois mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal da área de estudo. A área de estudo é o entorno da Baía de Guanabara, que abrange os municípios do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Magé, Guapimirim, Itaboraí, São Gonçalo e Niterói (RJ).

O satélite usado para obtenção de imagens para confecção deste trabalho foi o CBERS2 (SATÉLITE SINO BRASILEIRO DE RECURSOS TERRESTRE), que é o resultado da cooperação técnica entre China e Brasil para a construção de satélites de sensoriamento remoto. A resolução espacial do CBERS CCD é de 20 m por 20 m. Para o trabalho foram utilizadas cenas do entorno da Baía de Guanabara nas bandas 2, 3 e 4.

Na concepção do trabalho foi criado no sistema SPRING 4.3.2 o Banco de Dados: Geoprocessamento e dentro deste foi ativado o Projeto com nome de Congresso, fazendo o uso de coordenadas UTM e geográficas. No recurso de Modelo de Dados foi gerada a categoria CBERS, dentro da opção imagem. Para realizar o mapeamento foi criada a categoria USO DA TERRA, dentro da opção temático.

No aplicativo IMPIMA (componente do SPRING) deu-se a demarcação do retângulo envolvente (área de interesse para o estudo) da imagem e conversão das bandas do formato TIFF para o GRIB, com o qual o SPRING trabalha.

No recurso Registro de Imagens foi estabelecida uma relação entre as coordenadas UTM de pontos conhecidos na imagem de satélite, dessa forma foi realizado o georreferenciamento de forma manual (via teclado) com o auxílio de pontos coletados por GPS anteriormente. No plano de informação (PI) ocorreu a habilitação das bandas a serem utilizadas. Foram usadas as bandas 2, 3 e 4 do CBERS.

O processamento digital de imagens forneceu ferramentas para facilitar a identificação e a extração de informações contidas nas imagens, para posterior

classificação. Os recursos utilizados no trabalho foram os seguintes: contraste, composição colorida, filtragem, segmentação e classificação.

### **2.1) CONTRASTE**

As imagens CBERS foram submetidas ao processo de manipulação do contraste, tendo como objetivo melhorar sua visualização para o usuário. Esse processo não aumenta a qualidade de informação contida na imagem, porém torna mais fácil a percepção de seus aspectos mais relevantes (INPE, 2004). É normalmente utilizada como uma etapa de pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões.

Antes de abrir a janela de contraste deve-se selecionar a imagem a ser realçada a apresentá-la na tela ativa. Somente imagens em níveis de cinza podem ser selecionadas para realce, seja uma única imagem (banda) ou um conjunto de três, formando uma composição colorida.

### **2.2) COMPOSIÇÃO COLORIDA**

Após o procedimento de manipulação de contraste foram geradas as composições coloridas através do recurso RGB-IMAGEM. Cada composição colorida foi gerada na busca pela análise de diversos aspectos da área em estudo.

### **2.3) FILTRAGEM**

A filtragem de uma imagem de satélite visa realçar feições que não estão muito evidentes numa imagem de média resolução como a do CBERS. Esse foi o único processamento na imagem realizado fora do SPRING. A filtragem foi feita no programa HYPERCUBE e serviu para realçar feições como estradas e rede hidrográfica.

### **2.4) SEGMENTAÇÃO**

A segmentação de imagem é uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões com níveis de cinza semelhantes podem ser agrupadas. O processo de segmentação é uma etapa na análise da imagem que se destaca como fundamental na obtenção de informações quantitativas e qualitativas de tais objetos do domínio espaço-imagem.

O processo de segmentação de imagens exige a definição das bandas espectrais e dos limiares de similaridade e de área. Nesse trabalho foram escolhidos os valores de 10 de similaridade e 15 de área.

O processo visa também auxiliar a aquisição das amostras de treinamento para uma classificação supervisionada, dividindo o espaço imagem em regiões homogêneas, nas quais serão coletadas tais amostras para posterior classificação (MOREIRA, 2003).

## **2.5) CLASSIFICAÇÃO**

No processo de classificação, parte-se de uma imagem de entrada e gera-se uma imagem rotulada, onde cada região recebe um rótulo, que identifica a classe a qual ela foi atribuída, segundo uma regra de decisão. Nesse trabalho foi utilizada uma classificação por regiões, que parte de uma segmentação para classificar a imagem. Este classificador procura simular o comportamento de um foto-intérprete, ao reconhecer áreas homogêneas da imagem, baseadas nas propriedades espectrais e espaciais de imagens.

Para classificação da imagem foi escolhido o algoritmo BATTACHARYA (classificador supervisionado por regiões). O algoritmo utiliza a distância de BATTACHARYA para medir a separabilidade estatística entre cada par de classes espectrais. A separabilidade é calculada através da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. O limiar de aceitação foi de 95% com a realização de capturas de áreas de treinamento para posterior classificação da imagem. Foram definidas 7 classes temáticas a partir da classificação de (Leão, 2007): Urbano intenso, Urbano Médio, Floresta, Mangue, Agropasto, Água e Construções.

**2.5.1) Urbano intenso:** compreende áreas com uma densidade populacional elevada, com uma pressão demográfica intensa, também chamada de núcleo urbano. Para o trabalho são consideradas ocupações intensas na metrópole carioca e no núcleo formado por São Gonçalo e Niterói.

**2.5.2) Urbano médio:** compreende áreas com uma ocupação populacional menos intensa. São cidades que crescem de forma rápida, contudo ainda possuem vazios no seu território. Na área de estudo se concentram principalmente na Baixada fluminense e na região metropolitana do Rio de Janeiro.

**2.5.3) Floresta:** comporta as áreas com resquícios de vegetação de Mata Atlântica. Na área de estudo concentra-se tão somente nas regiões elevadas, como por exemplo, Floresta da Tijuca (Rio de Janeiro) e Parque da Cidade (Niterói).

**2.5.4) Manguezal:** ocupa espaços bem delimitados nas desembocaduras dos rios e rasgados pelo mar, apresentando bosques homogêneos, com solos lamacentos. Na área de estudo concentra-se na APA de Guapimirim e próximo a REDUC (Duque de Caxias).

**2.5.5) Agropasto:** áreas que foram desmatadas, por corte raso da vegetação, na maioria das vezes de forma extensiva, além de plantações de pequeno porte, por cultivos cíclicos. Apresenta campos abertos, que também são utilizados para a pecuária.

**2.5.6) Água:** corresponde aos corpos d'água em geral, tais como: rios, lagos e oceano.

**2.5.7) Construções:** essa classe foi criada para comportar objetos como o Aeroporto Internacional, REDUC (Refinaria da Petrobrás) e Ponte Rio Niterói.

A composição final do mapa foi realizada no ACRGIS 9.1. Por fim, construímos dois mapas temáticos, que ainda passaram por uma edição matricial para corrigir erros que foram gerados na classificação.

### 3) DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os resultados obtidos permitiram a realização de uma análise geográfica da região estudada. A cobertura predominante nessa área é agropasto com destaque para os municípios da região metropolitana do Rio de Janeiro. O município do Rio de Janeiro possui em grande parte uma ocupação intensa, com pequenos resquícios de cobertura de florestal, na região da Floresta da Tijuca. As florestas foram preservadas tão somente nas áreas elevadas. A única região que mantém a cobertura de mangue preservada é Guapimirim, visto que ali existe uma APA (Área de Preservação Ambiental).

Os dois mapas gerados mostraram algumas imperfeições que puderam ser corrigidas com o auxílio de um trabalho de campo. Numa comparação entre os recursos utilizados para gerar cada mapa, foi possível observar que a imagem que passou pela filtragem do HYPERCUBE necessitou de um número elevado de áreas de treinamento para realizar a classificação, no trabalho foram obtidas mais de 2300 áreas de treinamento.

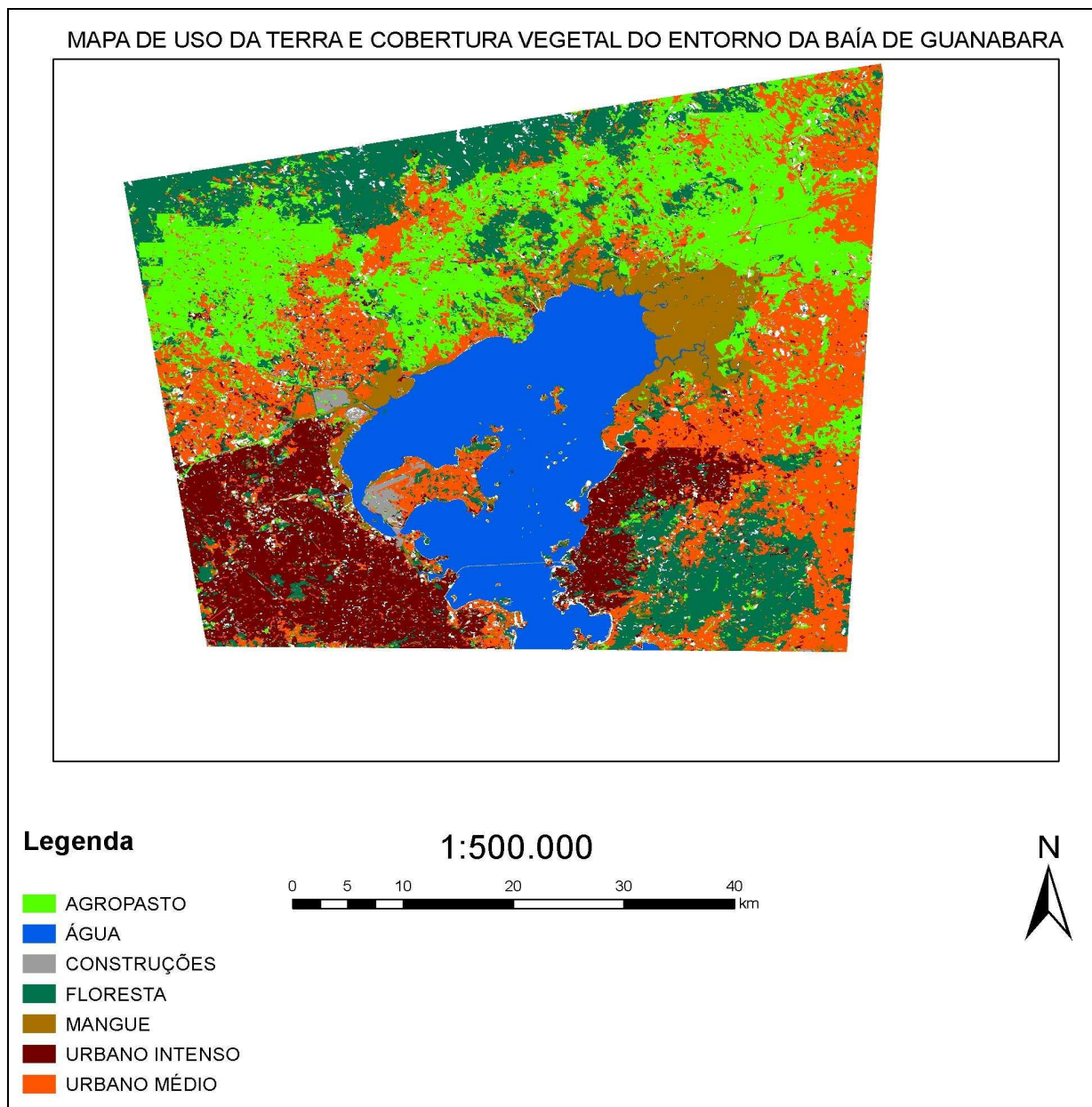
A segmentação da imagem com HYPERCUBE também ficou bem distinta da imagem sem essa filtragem. Foi criado um número bem elevado de regiões, que dificultou muito a classificação e geração do mapa final. Um fato que merece destaque é que a imagem que recebeu tratamento do HYPERCUBE facilitou muito a classificação de corpos d'água, principalmente rios. A segmentação delimitou de forma bem clara os rios.

**TABELA I: PORCENTAGEM DE CADA CLASSE TEMÁTICA**

<b>TABELA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL DO ENTORNO DA BAÍA DE GUANABARA</b>		
<b>CLASSES</b>	<b>ÁREA (KM<sup>2</sup>)</b>	<b>PORCENTAGEM (%)</b>
<b>URBANO INTENSO</b>	<b>535</b>	<b>17,5</b>
<b>URBANO MÉDIO</b>	<b>513</b>	<b>16,5</b>
<b>AGROPASTO</b>	<b>735</b>	<b>23,7</b>
<b>MANGUE</b>	<b>180</b>	<b>5,8</b>
<b>ÁGUA</b>	<b>613</b>	<b>15,3</b>
<b>FLORESTA</b>	<b>477</b>	<b>19,7</b>
<b>CONSTRUÇÕES</b>	<b>31</b>	<b>1</b>
<b>ÁREA SEM CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>15,5</b>	<b>0,5</b>

O primeiro mapa gerado (Mapa I) foi confeccionado com software SPRING 4.3.2 e ARCGIS 9.1. A parte de processamento da imagem foi realizada no SPRING e a geração do mapa final foi realizada no ARCGIS. O mapa apresentado a seguir mostra a distribuição das classes sem muitas confusões entre classes.

### MAPA I – MAPA SEM UTILIZAÇÃO DE HYPERCUBE



O mapa gerado após a filtragem no HYPERCUBE apresentou algumas vantagens e desvantagens. As vantagens foram: facilidade na identificação de rios e estradas. A principal desvantagem é que torna-se necessário uma maior atenção na classificação para evitar erros. A classificação com HYPERCUBE também exige um trabalho de campo mais detalhado, pois gera muitas dúvidas. Algumas diferenças também puderam ser constatadas nos valores percentuais de cada classe temática, no entanto em ambos os mapas, a cobertura predominante foi agropasto.

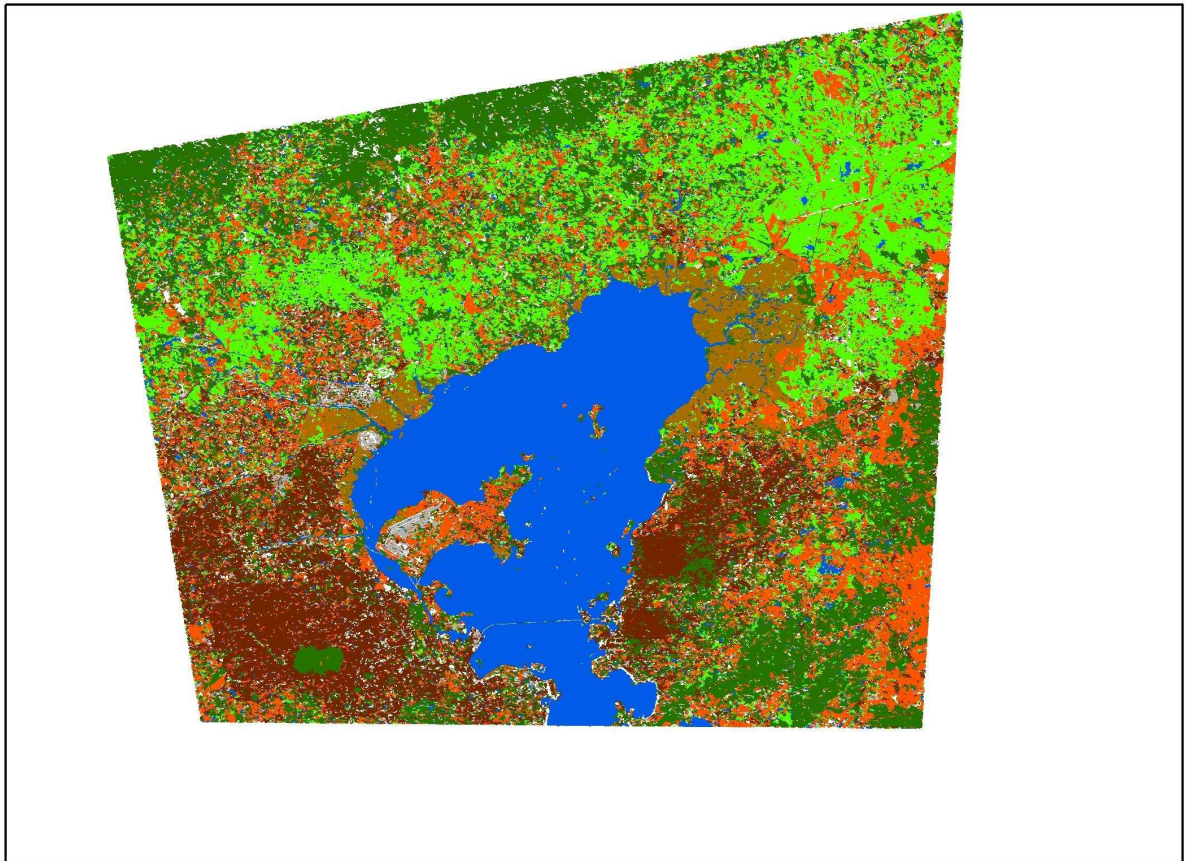
**TABELA II: PORCENTAGEM DE CADA CLASSE TEMÁTICA**

<b>TABELA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL DO ENTORNO DA BAÍA DE GUANABARA COM O AUXÍLIO DO HYPERCUBE</b>		
<b>CLASSES</b>	<b>ÁREA (KM<sup>2</sup>)</b>	<b>PORCENTAGEM (%)</b>
<b>URBANO INTENSO</b>	<b>442</b>	<b>14,2</b>
<b>URBANO MÉDIO</b>	<b>529</b>	<b>17</b>
<b>AGROPASTO</b>	<b>711</b>	<b>23</b>
<b>MANGUE</b>	<b>154</b>	<b>4,9</b>
<b>ÁGUA</b>	<b>560</b>	<b>17,6</b>
<b>FLORESTA</b>	<b>650</b>	<b>19,4</b>
<b>CONSTRUÇÕES</b>	<b>54</b>	<b>1,7</b>
<b>ÁREA SEM CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>72</b>	<b>2,2</b>

Na comparação entre os dois mapas gerados, pode ser evidenciado que o mapa gerado sem o HYPERCUBE possui menos pontos de dúvida, contudo o mapa com HYPERCUBE acaba sendo de mais fácil leitura para um leigo, visto que com a filtragem algumas feições ganham destaque.

## MAPA II – MAPA COM A UTILIZAÇÃO DE HYPERCUBE

Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal do Entorno da Baía de Guanabara com Auxílio do HYPERCUBE



### LEGENDA

-  AGROPASTO
-  AGUA
-  CONSTRUÇÕES
-  FLORESTA
-  MANGUE
-  URBANO INTENSO
-  URBANO MÉDIO

1:500.000  
0 2,5 5 10 15 20 25 Km





#### **4) Considerações finais**

Os resultados obtidos permitem a afirmação que a Baía de Guanabara sofreu um processo de ocupação intensa nos últimos séculos e que se reflete na sua atual situação. É importante salientar que esse entorno da Baía de Guanabara abrange praticamente metade da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, assim o nível de pressão antrópica nessa área é acentuado.

O uso de imagens de satélite, aliado às técnicas de sensoriamento remoto – como a classificação digital – e sistemas de informações geográficas, oferecem maior rapidez e precisão no levantamento de informações para o conhecimento de uma região. Neste contexto estão se tornando cada vez mais comuns como instrumentos de planejamento, diagnóstico, monitoramento e gestão de recursos ambientais.

O HYPERCUBE é um software que trás algumas facilidades para a classificação digital de imagens, no entanto precisa ser testado mais vezes, visto que trabalhos com HYPERCUBE ainda são escassos. O HYPERCUBE é programa que ainda pode ser mais utilizado, pois é de graça e está disponível para download na internet.

As tecnologias digitais de geoprocessamento (essencialmente GPS e SIGs) são imprescindíveis na gerência de problemas urbanos e ambientais. Uso dessas tecnologias permite a combinação de distintos dados para geração de outros. O grande perigo dessas tecnologias é que elas permitem que qualquer leigo possa gerar um mapa, assim muitos produtos com erros podem estar no mercado.

#### **5) Referências Bibliográficas**

DPI/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 2004. Introdução ao SPRING – Tutorial (apostila teórica), INPE. São José dos Campos/SP, 265 páginas.

FLORENZANO, Teresa Galloti. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

IBGE/INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico de Uso da Terra. 2ª edição, Rio de Janeiro, 2004.

LEÃO, C.; KRUG, L.A. e KAMPEL, M. Uso de técnicas de classificação a partir de uma imagem CCD-CBERS2 para o mapeamento do uso e cobertura da terra. In: Anais do XXIII CONGRESSO DE CARTOGRAFIA, Rio de Janeiro, Brasil, 2007, p 1274 – 1281.

MOREIRA, A.M. (2001) Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. São José dos Campos/SP. INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 250 páginas.

RIBEIRO, G. P. e NETO, R. S. M. Mapeamento digital do entorno da Baía de Guanabara a partir de imagens sensoriais para suporte a análises ambientais complexas. In: Anais do XXIII CONGRESSO DE CARTOGRAFIA, Rio de Janeiro, Brasil, 2007, p. 963 - 969.

# GERAÇÃO DE BLOCOS DIAGRAMAS COM A CONTRIBUIÇÃO DO HYPERCUBE

Jonnas Gonçalves Soares <sup>1</sup>  
João Victor Pacheco Gomes <sup>1</sup>  
Luís Cláudio da Silva dos Santos <sup>1</sup>  
Rafael Silva de Barros <sup>1,2</sup>

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ  
Faculdade de Formação de Professores – FFP  
Rua Dr. Francisco Portela nº794 – São Gonçalo – RJ - CEP 24435-000  
jon\_jonnas@hotmail.com, joavictorpac@gmail.com, geotricolor@gmail.com

2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE  
Diretoria de Geociência – Coordenação de Cartografia  
Av. Brasil, 15671 – CEP 21241-051 – Rio de Janeiro – RJ  
barros.rafael@gmail.com

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma técnica para uma visualização tridimensional do terreno, que pode tornar-se bastante útil ao aprendizado de crianças e adolescentes nos assuntos estudados em relação à geografia e a outras ciências. O trabalho visa o processamento digital de imagens do satélite CBERS2 para melhoria da sua radiometria e a superposição dessa imagem trabalhada sobre um Modelo Digital de Elevação – MDE. Devido à crescente tecnologia, o acesso a certos tipos de produtos vem ficando cada vez facilitado. Considerando as facilidades de acesso a novas tecnologias e o barateamento ou custo zero dessas tecnologias oferecidas, fica estabelecida a necessidade de novas formas de ensinar geografia. Devido a esses fatos, os blocos diagramas tornam-se uma ferramenta bastante útil, tendo em vista que o estudo do relevo sob as formas desses blocos apresentados fica bastante didático, em consequência facilitando o entendimento, a curiosidade e o aprendizado do aluno. A contribuição do filtro do Hypercube fica bastante nítida, como a melhora na visualização de certos tipos de dados, fazendo com que alguns objetos tornem-se mais visíveis facilitando até a identificação de pontos conhecidos através dos blocos diagramas. Os métodos, as técnicas e os meios (*hardware* e *softwares*) utilizados para a confecção dos blocos diagramas são de fácil aprendizagem e execução. Neste trabalho foram utilizados apenas programas gratuitos, facilmente obtidos na rede e que não exigem computadores de alta capacidade de processamento, permitindo que esta técnica seja aplicada facilmente na maioria das escolas. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios para o que foi proposto. Como primeiro resultado foi obtido um mosaico de imagens CBERS no SPRING. Outro resultado foi obtido através da utilização do filtro do Hypercube nesse mosaico gerado anteriormente. O próximo resultado que fora proposto pelo trabalho são os seis blocos diagramas de diferentes pontos da região metropolitana do Rio de Janeiro, mais especificamente em volta da Baía de Guanabara.

## PALAVRAS-CHAVE

Hypercube, Modelo Digital de Elevação - MDE, aprendizado.

## ABSTRACT

This paper presents a technique for three-dimensional visualization of the Topography, which can become very useful for children and teenagers learning related to geography and other sciences. The work aims at the digital processing of images from the satellite CBERS2 to overlay Digital Elevation Model - DEM. Because of the growing technology, access to certain types of products is getting easier. Combining easier access to new technologies, it is necessary considering new ways to teach geography. Due to these facts, the block diagrams become a tool very useful in order to study terrain, relief. It is presented fairly didactic, consequently facilitating the understanding, curiosity and learning of the student. The contribution of the filtering presented in Hypercube is notorious, as the improvement in view of certain data types, making some objects easier to be identified, facilitating the identification of points of the blocks known through diagrams. The methods, techniques and resources (*hardware* and *software*) used

in the manufacture of blocks diagrams are easy to learn and implement. In this study were used only free programs, easily obtained on the network and it does not require computers, high-capacity processing, allowing this technique to be applied easily in most schools. The results were very satisfactory for what it was proposed. As a first result it was presented a mosaic of images obtained in the CBERS. Another result was obtained using the filter of Hypercube. The next results proposed by this paper, are the six diagrams blocks of metropolitan region of Rio de Janeiro, more specifically around the Guanabara Bay.

#### KEYWORDS

Hypercube Digital, Elevation Model – DEM, learning.

Nos dias atuais, a tecnologia torna-se uma aliada muito forte na compreensão e entendimento de muitos fenômenos físicos da Geografia. A tecnologia utilizada nesse trabalho, sob a forma de imagens de satélites, é muito eficaz no estudo da Geografia, tendo em vista que esta área do conhecimento estuda a sociedade e suas relações no espaço. As imagens, por sua vez, possibilitam uma visão espacial bastante satisfatória deste espaço e as mudanças realizadas nele pela sociedade.

O uso de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) permite observar o relevo tridimensionalmente, agregando um nível de informação à sua visualização típica através de mapas e/ou imagens de satélite. Com isso é possível perceber o relevo com suas formas mais próximas da observada na natureza, o que se torna bastante didático, principalmente para crianças e adolescentes, no que diz respeito à geomorfologia e à própria ocupação urbana condicionada às formas do terreno.

À medida que o avanço da tecnologia nos permite apresentar novas formas de se trabalhar conteúdos na Geografia, o custo disso normalmente também aumenta, mas neste trabalho são propostas técnicas totalmente sem custo, com *softwares* gratuitos e facilmente encontrados na rede. É proposto o uso de imagens do satélite sino-brasileiro CBERS 2, também totalmente gratuitas, que podem ser baixadas no *site* do INPE e tudo isso ainda podendo ser processado em microcomputadores que são utilizados usualmente, ou seja máquinas não muito potentes. Todo esse conjunto de aspectos favoráveis pode muito bem ser aplicado ao ensino da Geografia nas escolas que dispõem de laboratório de informática.

Ao mesmo tempo em que se necessita de um simples laboratório de informática com acesso à Internet, é simples também o modo de confecção desses blocos diagramas. A metodologia é de fácil compreensão e aplicação, sendo necessário apenas a um conhecimento básico de cartografia e de informática. É necessário que o professor que trabalhe com esse tipo de técnica tenha tido no seu currículo de graduação a disciplina de geoprocessamento, ou tenha algum tipo de contato em estágios nessa área. Além de ser simples realizar essas operações, é simples também transmitir essa técnica para outras pessoas, podendo assim ser uma técnica bastante utilizada tendo em vista todos esses aspectos favoráveis.

O objetivo deste trabalho é a confecção de blocos diagramas para o estudo do relevo tendo como base o MDE (Modelo Digital de Elevação) do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), associando a uma melhora significativa na radiometria da imagem, proporcionada pelo Hypercube, através do processamento digital de imagens do satélite CBERS 2.

Programas como o Google Earth, que permitem a visualização tridimensional do terreno, não dispõem de uma boa resolução das imagens em todos os lugares. Esta técnica pode produzir visão tridimensional de qualquer área que seja coberta por um sensor que produza imagens, a fim de se estudar temas relacionados ao relevo.

Neste trabalho é proposta uma metodologia de fácil compreensão, possibilitando, através do desenvolvimento de projetos semelhantes, uma popularização e um melhor aproveitamento dos recursos gratuitos disponíveis na Internet.

### 3.1 SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*

Esta missão consistiu de um sistema de radar que voou a bordo do *Space Shuttle Endeavour*. SRTM é o nome de uma missão espacial liderada pela NASA com parceria das agências espaciais da Alemanha (DLR) e Itália (ASI), realizada durante 11 dias do mês de fevereiro de 2000 visando gerar um modelo digital de elevação quase-global. Corresponde a um radar (SAR) que adquiriu dados sobre mais de 80% da superfície terrestre. Os MDEs SRTM podem ser baixados sob extensão de arquivo .hgt. Podem ser adquiridos através do endereço: [ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/South\\_America/](ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/South_America/).

### 3.2 CBERS – *China-Brazil Earth Resources Satellite* ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres.

É um satélite que foi concebido em 1999 através da parceria entre Brasil e China. Foi uma alternativa criada pela dificuldade da transferência desse tipo de tecnologia imposta pelos países desenvolvidos. As grandes áreas despovoadas com recursos naturais abundantes no território de ambos os países e o grande potencial agrícola fizeram com que fosse percebida a necessidade de se monitorar constantemente essas áreas. A parceria Brasil-China já está no terceiro satélite lançado, tendo sido lançados o CBERS 1, o CBERS 2 e o CBERS 2B. As imagens geradas pelos CBERS podem ser adquiridas de dois modos: pela Internet, em que o usuário faz o *download* gratuito das imagens; e por correio, em que o usuário recebe os dados gravados em CDROM, a um pequeno custo de manuseio e transporte. As imagens podem ser adquiridas através do endereço: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.

### 3.3 SPRING – Sistemas de Processamento de Informações Georreferenciadas.

O SPRING é um projeto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e alguns parceiros são: EMBRAPA, IBM Brasil, TECGRAF / PUC Rio e PETROBRÁS.

O SPRING é um SIG (Sistema de Informações Geográficas) com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. Pode ser adquirido gratuitamente, com o objetivo de disseminar as técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, via Internet para versões Linux e Windows 95/98/NT/ME/200/XP através do endereço: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>.

### 3.4 HYPERCUBE

Este *Software* foi desenvolvido pelo Centro de Engenharia Topográfica das forças armadas dos Estados Unidos. É bastante pequeno (2,316KB), não requer instalação, apresenta alta velocidade de processamento, capacidade de realizar grandes funções referentes ao tratamento de imagens, suporta arquivos de grande porte, roda em sistema operacional Windows de 95 em diante e ambiente MAC. Aceita diversos formatos de arquivo como: BANDS, ERDAS, Imagine, ESRI Shape, HDF, JPEG, LAN, Library, Multiband, NITF, RAW, SRF, TARGA, TEXT e TIFF e permite exportar nos formatos: ERDAS Imagine, ESRI Shape, HDF, JPEG, Multiband, NITF, RAW, SRF, TEXT e TIFF. Pode ser adquirido gratuitamente através do endereço: <http://www.tec.army.mil/Hypercube/>.

### 3.5 3DEM

É um software que permite a visualização de dados tridimensionais, suportando diferentes extensões de arquivos. Dentre as diversas funcionalidades oferecidas, destaca-se a confecção de blocos diagramas, com sobreposição de imagens e/ou mapas e a exportação do resultado. Pode ser adquirido através do endereço: <http://www.visualizationsoftware.com/3dem/downloads.html>.



A área de estudo compreende grande parte da região metropolitana do Rio de Janeiro, com destaque para a Baía de Guanabara que é o elemento mais significativo nessa área. É a região com maior concentração populacional do estado e densamente urbanizada. A Baía de Guanabara é um ecossistema extremamente importante tanto para os seres vivos em geral - aves, peixes, moluscos, espécies vegetais - quanto para os seres humanos que vivem em seu entorno e a utilizam para atividades como lazer, transporte, eliminação de esgoto, atividades portuárias, atividades pesqueiras.

A baía é caracterizada por um sistema estuarino magnífico que apresenta um complexo e variado ecossistema que incluía a mata atlântica, campos de altitude, manguezais, brejos, alagados, pântanos, lagunas, restingas, dunas, praias, enseadas, sacos, gamboas, ilhas, lajes, coroas, costões e pontões rochosos, falésias e feições parecidas a escombros (Amador, 1997.).

A baía faz parte de uma bacia hidrográfica, a bacia da Guanabara, onde 15 municípios fazem parte dessa bacia, compreendendo grande parte da área em questão. Nove destes municípios estão totalmente inseridos na bacia (Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Magé, Nilópolis, São Gonçalo, São João de Meriti e Tanguá) e 6 estão parcialmente inseridos (Cachoeiras de Macacu, Niterói, Nova Iguaçu, Petrópolis, Rio Bonito e Rio de Janeiro) (Nasser, 2001).

A Baía de Guanabara se estende por 28 Km no sentido norte-sul e até 27 Km de largura (leste-oeste), tendo um perímetro de 130Km. A baía e todo seu entorno sofrem com a degradação causada pela urbanização mal planejada e pela falta de planejamento da ocupação, contaminação do lençol freático e das águas da baía por aterros sanitários, aterros no espelho d'água, despejo de esgoto doméstico sem tratamento, despejo de resíduos industriais, atividades portuárias além do assoreamento.

No desenvolvimento desse trabalho, utilizou-se duas cenas do satélite CBERS 2 que foram adquiridas gratuitamente no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Foram utilizadas as cenas 151/125 e 151/126 divididas em três bandas: banda 2, banda 3 e banda 4 (correspondentes ao verde, vermelho e infravermelho próximo, respectivamente).

A aquisição dos SRTM's foi feita também de forma gratuita no site citado anteriormente. Orientando-se por meio das coordenadas das imagens adquiridas, foi possível encontrar corretamente os MDEs referentes às cenas escolhidas. O nome do arquivo de SRTM indica a localização do MDE a ser utilizado. Foi necessário usar dois arquivos de forma a abranger toda a área de interesse. Os arquivos utilizados foram: s23w43 e s23w44.

Após a aquisição das imagens e dos MDEs SRTM, os mesmos foram visualizados no programa Globalmapper, em sua versão gratuita. Este programa foi utilizado para a obtenção das coordenadas da área de interesse na imagem a fim de que pudessem ser utilizadas depois para a criação de um retângulo envolvente da área no programa SPRING.

O tratamento das imagens foi feito no SPRING. Com as três bandas das imagens importadas para o programa foi aplicado um contraste em cada uma para realçar as feições da cena. As bandas contrastadas foram exportadas para uma pasta de armazenamento no computador, a fim de que fosse feita a melhoria da radiometria no Hypercube.

No Hypercube, foram abertas todas as bandas contrastadas anteriormente salvas. Em seguida gerou-se uma nova banda – pancromática simulada – composta de um terço de cada uma das três bandas.

Outra composição colorida foi gerada com a nova banda pancromática substituindo a banda 4. Em seguida, aplicou-se o filtro dinâmico *Sharp 3x3* na nova composição, realçando algumas feições da imagem e, conseqüentemente, melhorando a qualidade dela como um todo (fig. 1). Depois de filtrada a imagem foi inserida no SPRING, onde as bandas filtradas receberam um novo contraste e foi gerada uma nova composição colorida.

No 3DEM foram abertos os arquivos MDEs SRTM, um de cada vez para verificar a existência de erro. Verificou-se a existência de valores negativos nos MDEs, esses valores constituem um erro e foram corrigidos através do programa BLACKART.

O SRTMFILL foi usado para estimar valores de altitude onde havia pixels sem valor. O programa utiliza o método da interpolação de dados para efetuar esse

procedimento e acrescenta o sufixo “*fill*” ao arquivo de modo a indicar que o mesmo passou pela interpolação.

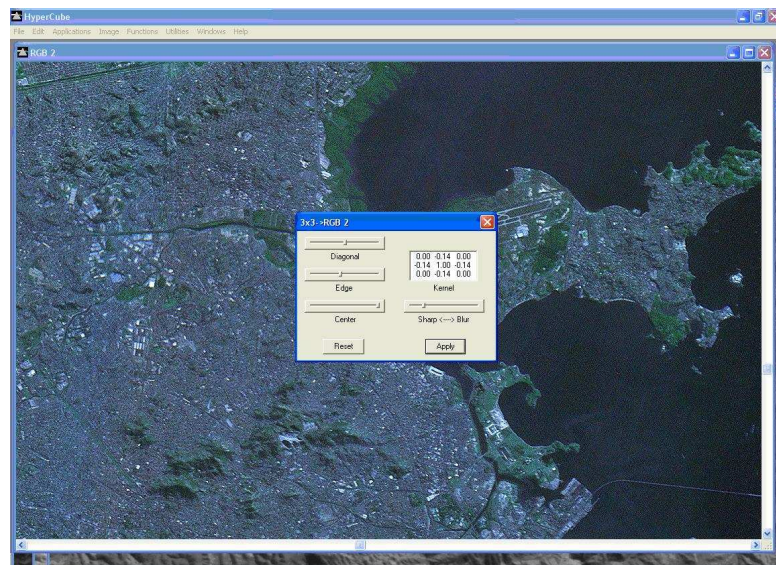


Fig. 1: Aplicação do filtro na imagem.

Após a correção dos MDEs SRTM, os arquivos foram abertos mais uma vez no 3DEM. Em seguida procurou-se dois pontos em comum na imagem CBERS e nos MDEs e foram anotadas suas coordenadas em grau decimal (fig. 2). Os valores dos pontos em comum foram indicados efetuando assim um registro da imagem que, após esse procedimento, foi sobreposta aos MDEs.

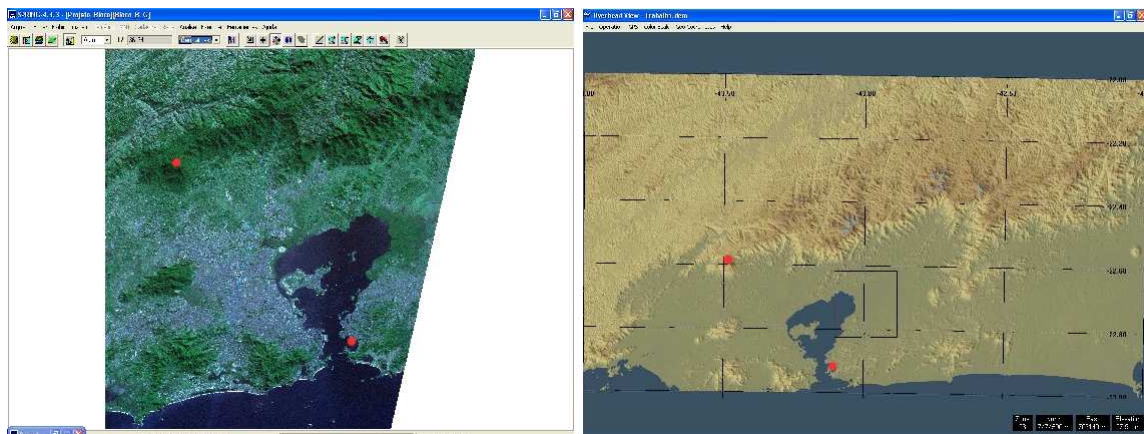


Fig. 2: pontos em comum na imagem e no MDE SRTM.

Em seguida as áreas de interesse na imagem foram indicadas por um retângulo para a criação dos modelos tridimensionais. Após a definição dos parâmetros de resolução e altitude, foram criados os blocos diagramas da área.

## 6 RESULTADOS

Como resultados, foram obtidos seis diferentes blocos diagramas com a qualidade visual significativamente melhorada graças à contribuição do programa Hypercube. A melhora pode ser facilmente observada quando comparamos uma imagem em um bloco da área total com a ação do Hypercube e outro sem a ação do programa (fig. 3).

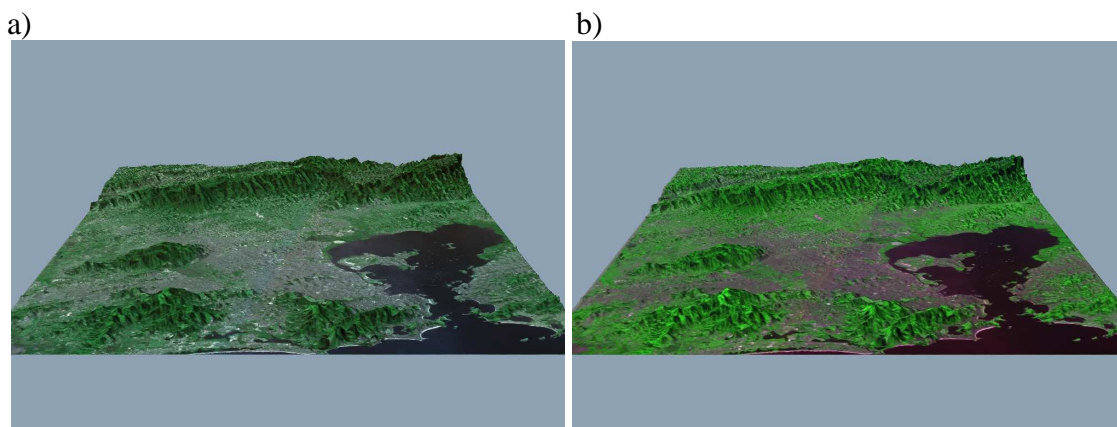


Fig. 3: a) Bloco com aplicação no Hypercube. b) Bloco sem aplicação do Hypercube.

O primeiro bloco diagrama gerado após toda a técnica descrita acima, foi da vertente do maciço da Tijuca voltada para o oceano Atlântico (fig. 4). O maciço da Tijuca está localizado na cidade do Rio de Janeiro na parte oeste da entrada da Baía de Guanabara.

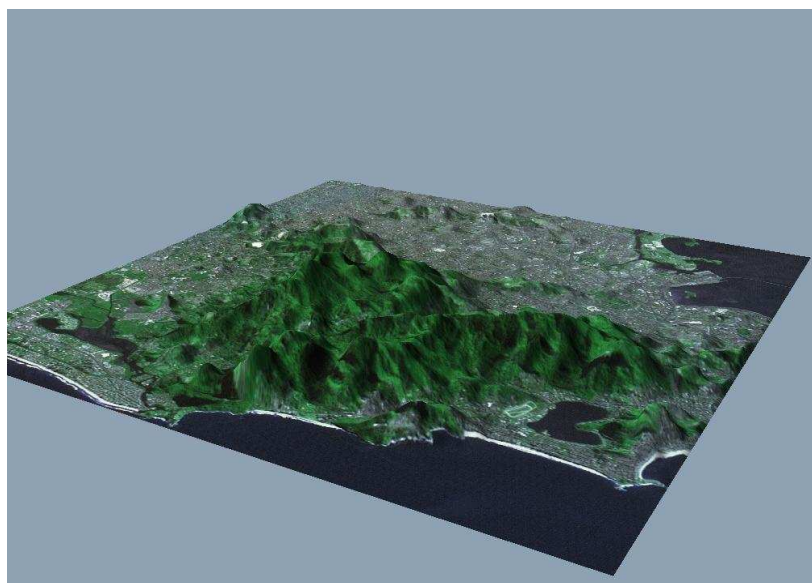


Fig. 4: Vertente do maciço da Tijuca voltada para o oceano Atlântico

O segundo bloco diagrama representou a vertente Leste do maciço da Tijuca voltada para a Baía de Guanabara (fig. 5).



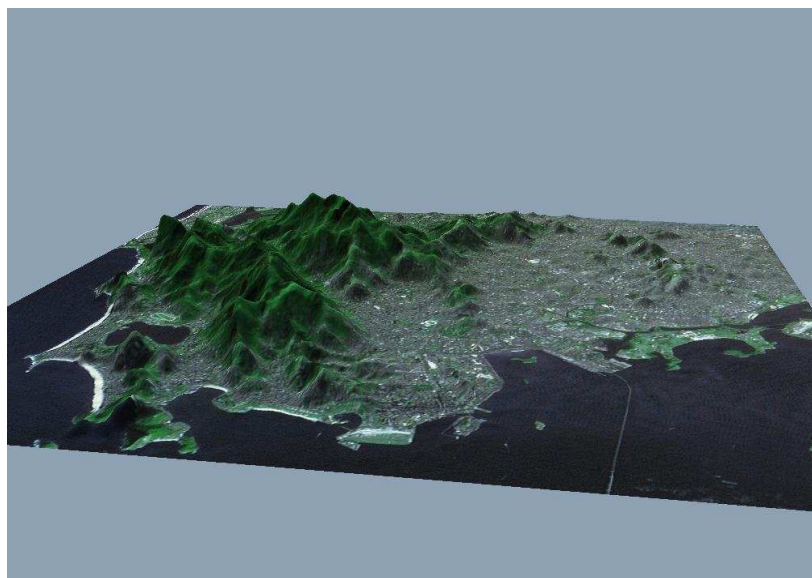


Fig. 5: Vertente Leste do maciço da Tijuca voltada para a Baía de Guanabara.

O maciço de Gericinó está localizado na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro. A representação deste maciço pode ser vista no terceiro bloco diagrama gerado (fig. 6).

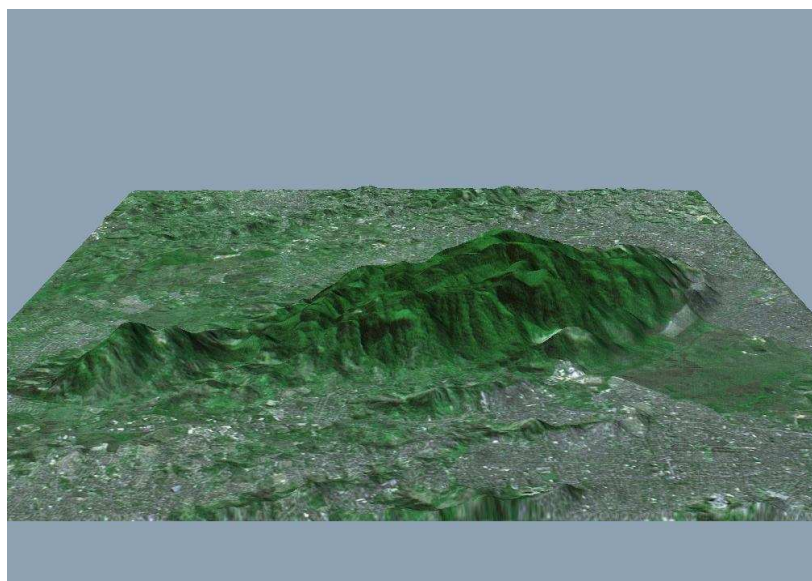


Fig. 6: Maciço de Gericinó.

A vertente da Serra do Mar voltada para o fundo da Baía de Guanabara, está representada no quarto bloco diagrama (fig. 7).



Fig. 7: Vertente da Serra do Mar voltada para o fundo da baía de Guanabara

O quinto bloco diagrama gerado foi do maciço de Itaúna (fig. 8). Este maciço está localizado no município de São Gonçalo, região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro.

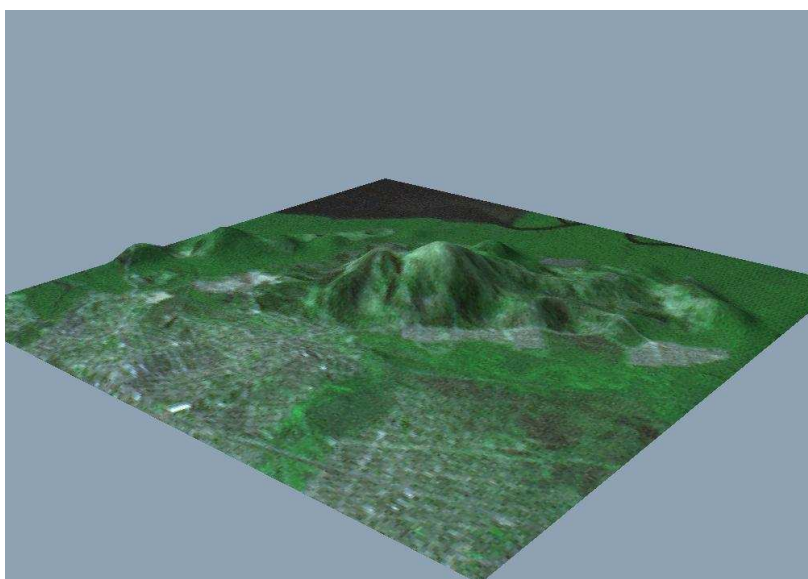


Fig. 8: Maciço de Itaúna

O sexto bloco diagrama gerado foi do Morro da Viração. Este morro está localizado no município de Niterói, onde se encontra o parque da cidade de Niterói (fig. 9).

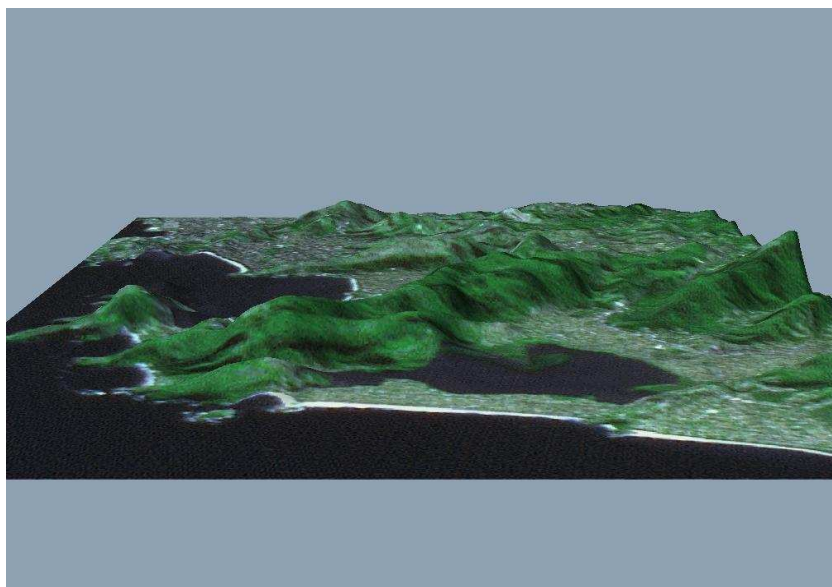


Fig. 9: Morro da Viração.

Como resultado também foi obtido um mosaico de imagens CBERS no SPRING. Como as duas cenas adquiridas eram da mesma órbita e foram obtidas na mesma data, optou-se por não georreferenciar as imagens. Ainda que a correção de sistema das imagens CBERS apresente deslocamentos grandes (centenas de metros), isso não se constitui num problema porque na geração do bloco diagrama no 3DEM a imagem precisa ser registrada ao MDE.

## 6 CONCLUSÕES

Os produtos gerados a partir dos materiais e métodos utilizados podem ser adotados, sem grande dificuldade, por professores para um melhor aproveitamento da percepção de conhecimentos relacionados ao relevo junto aos alunos. Ao mesmo tempo pode ser de grande valia para a diminuição da abstração provocada por certos tipos de modelos de representação espacial em geral. Além de permitir que sejam trabalhados objetos e temas do cotidiano desses alunos, como por exemplo, um afloramento rochoso específico da região onde essas crianças ou adolescentes moram.

Os livros didáticos geram um grau de abstração muito grande porque muitos dos exemplos dados não fazem parte do cotidiano dos alunos. Esses blocos diagramas podem contribuir para um maior interesse sobre o tema estudado por parte dos alunos e conseqüentemente um melhor rendimento, pois o assunto estudado (exemplo de alguma feição de relevo de sua localidade) pode fazer parte do seu dia-a-dia.

Vale ressaltar a real possibilidade de disseminação e execução dessa técnica, além da gratuidade dos softwares e imagens orbitais que estão disponíveis na internet. Isso é um aspecto bastante importante, pois a gratuidade dos insumos diminui a dependência de recursos para a geração desses blocos diagramas.

A partir da utilização do filtro através do Hypercube, foi percebida uma melhora bastante visível na imagem CBERS, isso contribuiu, também, para a representação do terreno, no que diz respeito à coloração, mais condizente com a realidade.

O Hypercube ressalta feições lineares no terreno, facilitando a visualização de estradas, pontes, praias e rios. Em um bloco diagrama isso faz bastante diferença, pois ao montar um bloco a partir de uma imagem onde se pode observar um maior nível de detalhes o mesmo se torna extremamente didático. O produto final pode ser utilizado pelo professor na abordagem de diversos assuntos pertinentes à geografia através de transparências, slides e vídeos (que podem ser criados através do programa 3DEM).



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Jet Propulsion Laboratory – JET / NASA (2008).

<<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em: 12 jan. 2008.

Topographic Engineering Center – TEC (2008).

<<http://www.tec.army.mil/Hypercube/>> Acesso em: 13 jan. 2008.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2008).

<<http://www.cbbers.inpe.br>> . Acesso em 13 jan. 2008.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2008).

<<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: 14 jan. 2008.

AMADOR, E. S. (1997). Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza. Edição do Autor. Reprodução e Encadernação: Reproarte Gráfica e Editora Ltda. Rio de Janeiro. Brasil. 539 pp.

NASSER, V. L. (2001). Sensoriamento Remoto e Geoestatística Aplicados ao Estudo de Qualidade de Água da Baía de Guanabara. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. Dissertação de Mestrado.

GUIMARÃES, D. P (2007) Contribuição para a popularização dos Sistemas de Informações Geográficas. In: Anais XIII SBSR. Florianópolis. Abril 2007. Anais: CD-Rom.

BARROS, R. S. (2004). Geração de Mosaico e Blocos Diagramas através do uso de imagens CBERS e DEM SRTM – Estudo de caso na Bacia da Baía de Guanabara, RJ. In: Anais XII SBSR. Goiânia. Abril 2005. Anais: CD-Rom.

# PERFILAMENTO A LASER: UMA ALTERNATIVA RÁPIDA E PRECISA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE ALTERAÇÕES QUANTO À OCUPAÇÃO TERRITORIAL

Ms. Denise Rodbard Falat\*

ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A – <http://www.esteio.com.br>

## RESUMO

A velocidade das transformações e do crescimento urbano coloca em evidência a necessidade de constante detalhamento e atualização da “anatomia da superfície”. Esta demanda requer resposta rápida para a elaboração de relatórios técnicos, que incluem elementos referenciados espacialmente. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo identificar alterações na superfície utilizando dados derivados de perfilamentos com sensor LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiance) aerotransportado, realizados em épocas distintas em uma área de estudo. Introduzido no Brasil em 2001, o Sistema de perfilamento com sensor LASER aerotransportado permite o registro contínuo de coordenadas espaciais de pontos distribuídos sobre a superfície do terreno. Esta técnica vem sendo utilizada com êxito em inúmeras aplicações, porém na maioria delas são utilizados dados LASER combinados com outros produtos cartográficos, geralmente derivados da fotogrametria. Neste trabalho se propõe uma aplicação específica, buscando a identificação de alterações na superfície, utilizando exclusivamente dados derivados de perfilamentos a LASER, realizados em 2004 e em 2007. A partir do processamento das informações coletadas, foram gerados os modelos digitais da superfície (MDS). Com a comparação automática das coordenadas altimétricas dos distintos modelos, tornou-se possível a identificação das alterações ocorridas na superfície ao longo do período decorrido entre os dois levantamentos. Com base na configuração das áreas alteradas, a análise criteriosa dos resultados permitiu distinguir os diversos tipos de alterações ocorridas, tais como: a remoção de árvores, a pavimentação de vias, além do surgimento de áreas edificadas, que também podem ser comprovadas por imagens fotográficas obtidas nas mesmas épocas.

**Palavras-Chave:** Perfilamento a Laser, Modelo Digital do Terreno, Ocupação Territorial.

## ABSTRACT

The speed of transformations and of urban growth makes clear the need for constant detailing and updating of the “surface anatomy”. This demand requires a quick answer for the elaboration of technical reports, which include spatially referenced elements. In this way, this work seeks to identify changes in the surface making use of data derived from airborne LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiance) scanings, carried out in different times in a area of study. Introduced in Brazil in 2001, the Airborne LASER Scanning System allows the continuous register of spatial coordinates of points distributed on the terrain surface. This technique has been successfully used in countless applications, however, in most of them, LASER data are combined with other cartographic products, usually derived from photogrammetry. In this work we propose a specific application, seeking to identify the changes on the surface, using data derived exclusively from LASER scanings, carried out in 2004 and in 2007. The digital surface models (DSM) were generated from the processing of the collected data. It was possible, due to the automatic comparison of the altimetric coordinates of the distinct models, to identify the changes occurred on the surface throughout the period between the surveys. Based on the configuration of the altered areas, the discerning analysis of the results allowed us to distinguish the several types of changes occurred, such as the cutting of trees, the paving of roads, besides the emerging of construction areas, which can be confirmed by the photographic images available, obtained in different times.

**Key-words:** Laser Scanning, Digital Terrain Model, Territorial Occupation.

## **1 INTRODUÇÃO**

A velocidade das transformações e do crescimento urbano coloca em evidência a necessidade de constante detalhamento e atualização da “anatomia da superfície”. Conhecer a tendência de ocupação do processo de urbanização da cidade, quanto ao volume, densidade e qualidade do urbanismo, de modo a programar a expansão dos limites da área urbana e o planejamento da ocupação de novas áreas urbanizáveis é uma das necessidades da administração municipal.

Estas demandas requerem respostas rápidas para a elaboração de relatórios técnicos, que incluem elementos referenciados espacialmente. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo identificar alterações na superfície, utilizando dados derivados de perfilamentos com sensor LASER aerotransportado, realizados em épocas distintas, em uma determinada área de estudo.

A análise comparativa dos resultados dos perfilamentos possibilitará a identificação de alterações da ocupação territorial, demonstrando a aplicabilidade desta tecnologia como uma alternativa no processo de gestão territorial.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Sistema de Perfilamento a LASER**

Sistema de perfilamento a LASER (ALS - Airborne Laser Scanning), VLA (Varredura Laser Aerotransportada), Sistema Aerotransportado de Laser para Mapeamento do Terreno (ALTM - Airborne LASER Terrain Mapper), LIDAR (Light Detection and Ranging), Sistema de Varredura LASER (Laser Scanner) ou simplesmente Perfilamento a LASER, são algumas das variações encontradas na literatura para denominar o sistema de sensoriamento remoto ativo, com funcionamento baseado na utilização de um feixe de LASER, que é emitido em direção ao terreno para obtenção de coordenadas tridimensionais de pontos sobre uma superfície.

### **2.2 Princípio de Funcionamento**

O princípio básico de funcionamento deste sistema é a obtenção de registros contínuos de coordenadas espaciais, as quais constituem os elementos primários para modelagem do terreno e geração de um mapa topográfico derivado destas informações. Segundo Brandalize, A. (2001), o pulso LASER de alta precisão é direcionado para o

solo por uma abertura no bojo de uma aeronave ou por um conjunto de sustentação aplicado à lateral de um helicóptero.

Durante o levantamento, o sistema emite pulsos LASER em determinada frequência, que são dirigidos para o solo por meio de um conjunto ótico móvel. O sistema faz uma varredura da superfície do terreno abaixo da aeronave e registra a distância até o solo para cada um dos pulsos emitidos, sendo registrada também a posição inercial do conjunto, de modo a conhecer a inclinação de cada feixe em relação à vertical do lugar.

Brandalize, A. (2001) comenta que normalmente, o conjunto de pontos apresenta-se como uma nuvem cuja distribuição depende do padrão de varredura utilizado.

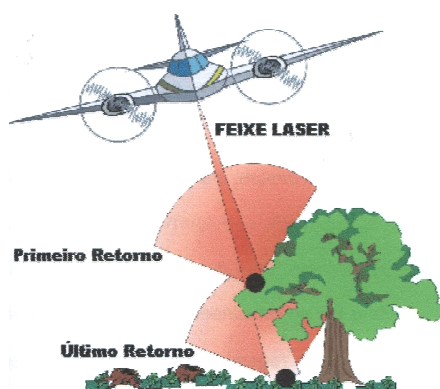


Figura 1 - Reflexão do primeiro e último retorno (BRANDALIZE, M. C, 2004).

Uma das principais características do sistema é a medição do primeiro e do último retorno de cada pulso, além da detecção de reflexões múltiplas oriundas de objetos pequenos como fios e cabos suspensos acima do solo.

Um mesmo pulso pode atingir vários objetos em seu trajeto até a superfície levantada. Sendo assim, o ponto mais próximo ocasionará um retorno mais rápido (primeiro retorno) (fig. 1).

Já o ponto mais distante ocasionará um retorno mais demorado (último retorno) (fig.1). Esta característica permite que se faça a distinção de objetos acima do solo, resultando na obtenção de dois produtos distintos: o Modelo Digital da Superfície (MDS), caracterizado pelo primeiro retorno e o Modelo Digital de Terreno (MDT), caracterizado pelos demais retornos classificados.

Outros sub-produtos derivados do perfilamento a LASER também podem ser obtidos, tais como:

- Mapa de Intensidade: Esta imagem é formada por uma matriz de pontos cujas posições são determinadas pelas suas coordenadas 2D georreferenciadas (E,N). Em cada ponto é atribuído um valor de cor (normalmente numa escala de 256 tons de cinza) que corresponde à quantidade de luz LASER refletida por cada ponto amostrado sobre a superfície do terreno. Esta imagem não substitui a imagem fotográfica, mas pode auxiliar na interpretação das feições.

- Mapa Hipsométrico: A imagem hipsométrica tem como principal objetivo representar as diferenças altimétricas entre as feições, a partir de uma escala de cores correlacionadas às diferenças altimétricas.
- Mapa de Composição: É a fusão das imagens de intensidade e hipsométrica. Esta imagem permite a melhor identificação das feições que as imagens isoladas que a compõem, uma vez que os detalhes aparecem realçados.

### 2.3 Qualidade dos Produtos LASER

De acordo com Maas (2003), a precisão nominal do sistema é de cerca de 10 a 20 cm/EMQ (erro médio quadrático) para altimetria e o fator  $h/2.000$  (onde  $h$  é a altura de vôo em metros) para planimetria, ou seja, para altura de vôo de 1.000 m, o EMQ para planimetria esperado é de 50 cm. Atualmente, os fabricantes determinam uma qualidade planimétrica de  $h/5.000$  até  $h/10.000$ , com o EMQ esperado entre 10 e 20 cm para a mesma altura de vôo.

Alguns fabricantes estabelecem que as condições de qualidade nominal para seus produtos são obtidas em condições normais de operação e para superfícies planas, onde a reflexão do pulso LASER não é comprometida.

Um estudo realizado em 2004 conclui que, na prática, a qualidade do perfilamento é influenciada por alguns fatores, tais como: tipo do relevo, tipo e densidade de vegetação e até a época do ano.

Contudo, Brandalize, M. C. (2004) afirma que os resultados do *laserscanner* aerotransportado atendem às especificações de qualidade planimétrica imposta pelo Padrão de Exatidão Cartográfico e apresentam melhores resultados que as tolerâncias altimétricas estabelecidas.

Os sistemas de perfilamento a LASER estão sendo continuamente estudados por sub-comitês da ASPRS (*American Society of Photogrammetry & Remote Sensing*), visando a definição de normas específicas para calibração e tolerâncias de resultados encontrados, buscando contribuir para minimizar as diferentes interpretações existentes em termos de padrões para estes sistemas.

Sallem (2007) comenta que o mercado de LASER aerotransportado apresenta uma grande agilidade em suas inovações tecnológicas, aperfeiçoando cada vez mais a precisão e a capacidade de emissão de pulsos LASER

## **2.4 Aplicações**

Introduzido no Brasil em 2001, o sistema de perfilamento a LASER vem sendo utilizado principalmente na geração de Modelos Digitais da Superfície (MDS) e de Modelos Digitais do Terreno (MDT).

Os dados LASER se tornaram um componente integrante no planejamento e projeto de engenharia, bem como avaliações de terra nua, estudos de gerenciamento de risco e levantamentos de faixas de domínio. Os dados podem mostrar detalhes como altura de árvores, mapas precisos de corredores lineares e contornos de edificações em áreas de risco.

Uma outra aplicação que vem sendo explorada pela administração municipal é a definição de volumes derivados de um perfilamento LASER, para a manutenção do cadastro imobiliário, bem como para a regularização e tributação apropriada.

Aplicando esta tecnologia, combinada com outros produtos cartográficos, é possível a redução da intervenção humana na captação dos dados necessários para localização de construções clandestinas e determinação de altura de edificações.

Percebe-se que na maioria das aplicações são utilizados dados LASER combinados com outros produtos cartográficos, geralmente derivados da fotogrametria. Contudo, muitas pesquisas estão em desenvolvimento para extração automática de feições a partir dos modelos digitais de elevação.

## **3 METODOLOGIA**

Neste trabalho se propõe uma aplicação específica, buscando a identificação de alterações na superfície, utilizando exclusivamente dados derivados de perfilamentos a LASER, realizados em 2004 e em 2007, no bairro São Benedito, situado no município de Santa Luzia/MG.

Apresenta-se a seguir as características dos dados LASER referentes aos distintos levantamentos e as etapas desenvolvidas após o processamento dos dados LASER, tais como: a geração dos modelos digitais da superfície (MDS), a identificação das áreas que sofreram modificação por meio da comparação automática dos distintos modelos digitais, seguidas das análises visuais e da comprovação dos resultados, mediante apresentação das imagens aéreas retificadas obtidas nas épocas dos distintos perfilamentos a LASER.

### 3.1 Características dos Dados Disponíveis

No levantamento de 2004, o modelo do sensor LASER utilizado foi o ALTM 2025, da empresa canadense Optech Inc., com as faixas de vôo dispostas na direção leste-oeste. No levantamento de 2007, o modelo do sensor LASER utilizado foi o ALS50, da empresa americana Leica Geosystems Inc., com as faixas de vôo dispostas na direção nordeste-sudoeste.

A varredura, utilizando tanto o sensor ALTM 2025, como o sensor ALS50, é feita no sentido transversal à direção da linha de vôo, com um ângulo de abertura configurável pelo sistema.

Este ângulo de abertura permite a determinação da largura da faixa abrangida pelo perfilamento a LASER, enquanto a aeronave percorre a linha de vôo planejada. A tabela a seguir apresenta os parâmetros dos distintos levantamentos.

Tabela 1: Especificações do Sensor Utilizado

Ano do Levantamento	Equipamento	Pontos (m <sup>2</sup> )	Largura da Faixa (m <sup>2</sup> )	Abertura do feixe LASER (°)	Altitude (m)
2004	ALTM 2025	1,0	300	24	1100
2007	ALS 50	1,5	600	20	1600

Em função da utilização de diferentes modelos de equipamentos, bem como dos planejamentos de vôo terem características diferentes, a distribuição e a densidade das informações coletadas são distintas. As figuras 2 e 3 apresentam os pontos LASER sobre a imagem retificada, obtida na época do respectivo perfilamento a LASER. Nestas figuras é possível identificar a área de sobreposição de faixas de vôo LASER.



Figura 2 – Pontos LASER (2004).

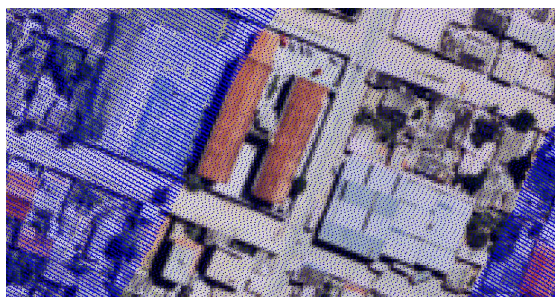


Figura 3 - Pontos LASER (2007).

### 3.1 Geração dos Modelos Digitais da Superfície

Os dados LASER resultantes do processamento realizado por um conjunto de programas e equipamentos que processam os dados brutos do LASER, do GPS e da medição inercial, podem ser classificados de acordo com a elevação, distinguindo os pontos situados sobre o terreno dos demais pontos, situados sobre vegetação ou



edificações. Os pontos situados sobre o terreno compõem o Modelo Digital do Terreno (MDT) e a “nuvem de pontos” (*all points*) compõem o Modelo Digital da Superfície (MDS).

Nesta etapa, foram utilizados algoritmos comerciais de filtragem, para a obtenção do MDS referente a cada levantamento.

A figura 4 apresenta uma imagem tridimensional dos pontos LASER, obtidos em 2007, que compõem o MDS. A figura 5 apresenta uma imagem resultante da filtragem e classificação dos mesmos pontos, onde os pontos representados em verde foram classificados como vegetação, os pontos em azul como edificação e os pontos em marrom como terreno.



Figura 4 – Imagem 3D dos pontos do MDS.

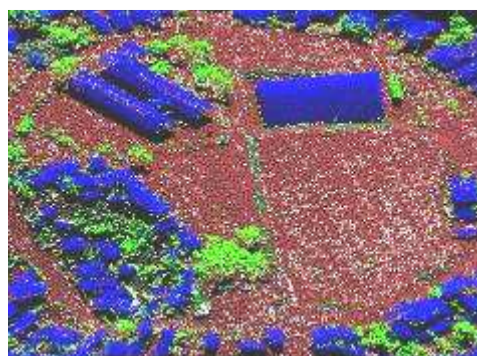


Figura 5 – Imagem 3D dos pontos do MDS Classificados.

### 3.2 Comparação dos Modelos Digitais da Superfície

A identificação das alterações ocorridas entre os dois levantamentos tornou-se possível mediante a comparação automática dos respectivos MDSs, utilizando algoritmo comercial.

A figura 6 apresenta o resultado obtido, contemplando toda a área total do Bairro São Benedito. Em vermelho são apresentadas as alterações “positivas” e em azul as alterações “negativas”. As alterações positivas identificam as áreas onde ocorreu acréscimo de altitude, a partir de 30,4 cm (1 pé).

Da mesma forma, as alterações negativas identificam as áreas onde ocorreu decréscimo de altitude, na mesma ordem, no período decorrido entre os distintos levantamentos.

O programa utilizado permite selecionar determinadas ordens de diferença altimétrica, em função das alterações que se pretende identificar no processo comparativo. Por exemplo, se o objetivo for identificar novas edificações, a seleção de



diferenças altimétricas a partir de 2m é a mais adequada, considerando que a maioria das edificações apresenta altura superior a 2m.

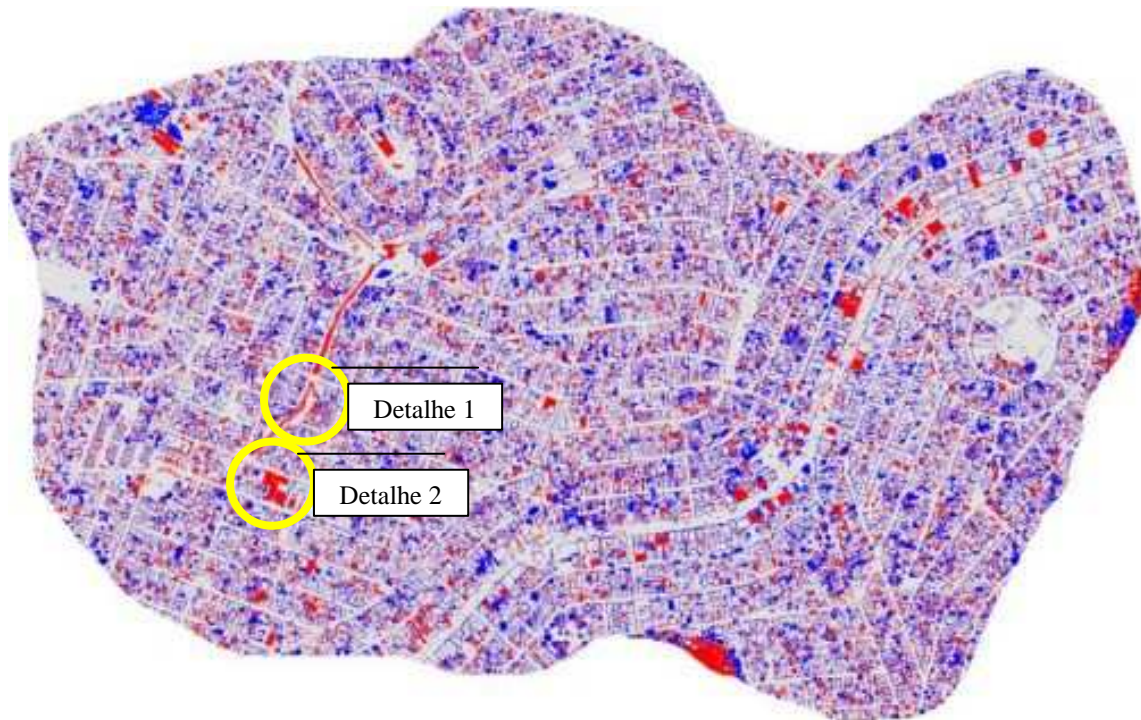


Figura 6 - Resultado comparativo: MDS (2004) x MDS (2007).

#### 4 ANÁLISE E COMPROVAÇÃO DOS RESULTADOS

A figura 7 apresenta o detalhe 1, delimitado na figura 6, com as alterações da superfície resultante da comparação automática dos distintos MDS. A figura 8 apresenta o mesmo detalhe da figura 7, sobreposto à imagem fotográfica retificada, obtida em 2004.

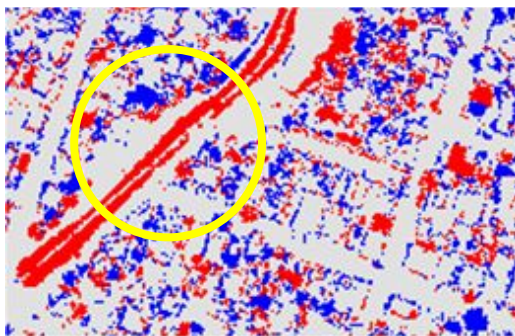


Figura 7 - Detalhe 1: alterações da superfície.



Figura 8 - Detalhe 1 sobreposto à imagem de 2004

As imagens aéreas retificadas, referentes ao detalhe 1, apresentadas nas figuras 9 e 10, obtidas em 2004 e em 2007, respectivamente, comprovam as alterações ocorridas na superfície, tais como: a remoção de árvores, a presença de área de aterro e a

pavimentação da via, facilmente identificadas na análise visual do resultado comparativo dos modelos digitais da superfície, derivados dos distintos perfilamentos a LASER.



Figura 9 - Imagem aérea retificada (2004).



Figura 10 – Imagem aérea retificada (2007).

Com base na configuração das alterações é possível distinguir visualmente as áreas edificadas das áreas de vegetação, como pode ser observado no detalhe 2, apresentado na figura 11.

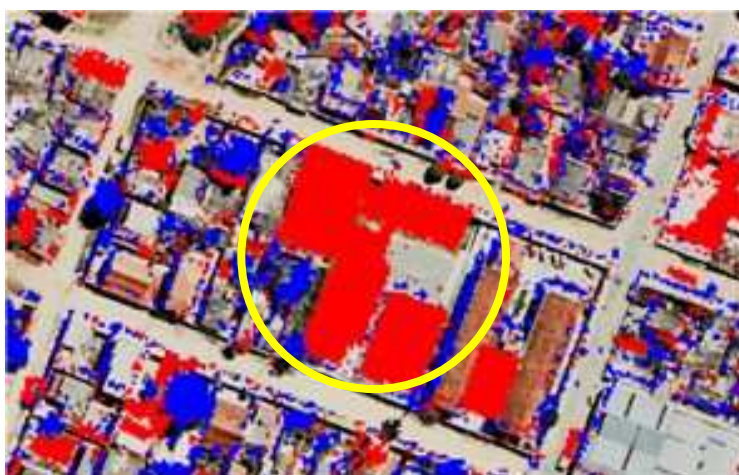


Figura 11 - Alterações da Superfície ocorridas entre 2004 e 2007, sobrepostas à imagem de 2004.

Da mesma forma, as imagens apresentadas nas figuras 12 e 13, comprovam os resultados apresentados no Detalhe 2, quanto à presença de novas construções e ampliações de áreas construídas no período decorrido entre os dois perfilamentos a LASER.





Figura 12 - Imagem aérea (2004).



Figura 13 - Imagem aérea (2007).

A análise criteriosa do resultado permite identificar, além de novas edificações, a remoção e o crescimento de árvores. Um exemplo de remoção de árvore é apresentado na figura 14. Esta situação pode ser comprovada pelas imagens aéreas retificadas, obtidas em 2004 e 2007, respectivamente, conforme figuras 15 e 16.

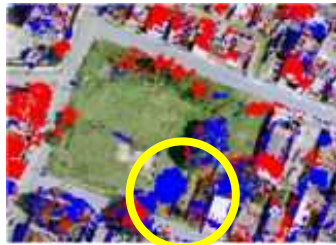


Figura 14 – Identificação automática da remoção de árvore.



Figura 15 – Imagem aérea (2004) com a identificação da árvore.



Figura 16 – Imagem aérea (2007) com a ausência da árvore.

Situações particulares como a remoção de árvores para dar lugar à uma nova edificação também podem ser identificadas. Um exemplo desta situação é apresentado na figura 17. As imagens aéreas retificadas, obtidas em 2004 e 2007, respectivamente, apresentadas nas figuras 18 e 19, podem comprovar a situação.

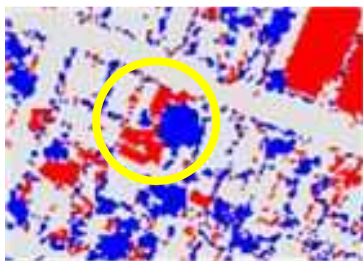


Figura 17 – Identificação automática de remoção de árvore e elevação de área edificada.



Figura 18 – Imagem aérea (2004) com a identificação da árvore.



Figura 19 - Imagem aérea (2007) com edificação no local onde estava a árvore.

Contudo, outras situações que não representam alterações da superfície também são identificadas, como por exemplo, veículos transitando nas vias. Este tipo de “ruído”, inerente ao processo de perfilamento a LASER, foi apontado como alteração na

superfície em função do processo comparativo ter sido programado para detectar diferenças altimétricas a partir de 30,4 cm. À medida que se aumenta a ordem das diferenças altimétricas a serem identificadas, a ocorrência de ruídos no resultado comparativo diminui.

## **5 PRINCIPAIS QUESTÕES**

### **5.1 Unificação dos referencias cartográficos**

Uma questão que requereu atenção foi quanto às referências cartográficas. Para a comparação precisa de dados posicionais derivados de distintos levantamentos é necessário que todas as informações estejam referenciadas ao mesmo *Datum*, tanto planimétrico como altimétrico.

Para a realização deste trabalho, apesar de ambos os levantamentos terem sido referenciados ao mesmo *Datum*, foi necessário realizar alguns ajustes para eliminar resíduos planimétricos inerentes ao processamentos de obtenção de coordenadas.

### **5.2 Vantagens do Método**

Em comparação com outros métodos convencionais de identificação de alterações na superfície, tais como: o fotogramétrico ou investigação em campo por área geográfica de atuação, percorrendo os endereços de forma incerta ou em que plantas existentes são comparadas visualmente com imagens fotográficas, são apresentadas as seguintes vantagens:

- Rapidez na obtenção dos resultados: Os resultados são obtidos de forma rápida e precisa.
- Resultados altimétricos mais completos: A quantidade de pontos que configura os elementos que compõem a superfície é significativamente maior que a quantidade de pontos altimétricos levantados por outros métodos.
- Redução de custos de investigações em campo: Com a identificação automática das alterações, as investigações são direcionadas e conseqüentemente, o custo com equipes em campo, veículos, uso de equipamentos para medição e registro dos dados é reduzido.

### **5.3 Limitações do método**

Embora a identificação das feições seja perfeitamente possível com a utilização exclusiva de dados LASER, tanto nas imagens de composição, como no resultado do processo comparativo de distintos modelos digitais ou ainda utilizando algoritmos que permitem identificar feições regulares, para a determinação da variação altimétrica das áreas modificadas, no período dos distintos perfilamentos, é necessário utilizar métodos combinados. Esta quantificação é possível mediante a subtração das coordenadas altimétricas médias dos pontos situados sobre a feição de interesse, nos distintos perfilamentos. Para a determinação da coordenada altimétrica média é necessário delimitar o polígono de interesse, seja por método fotogramétrico ou pela digitalização manual das feições, o que torna o processo de quantificação das alterações da superfície dependente de outros métodos.

## **6 RESULTADOS E CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos validam o emprego de sucessivos perfilamentos a LASER para a identificação de alterações na superfície, principalmente quanto à ocupação territorial. A comparação de dados LASER é um método simples, rápido e de baixo custo, comparado aos métodos tradicionais, podendo ser aplicado por qualquer municipalidade.

Além disso, em função do alto nível de confiabilidade e precisão, os produtos derivados de um perfilamento LASER podem servir de base de informações para outras aplicações, associando outros atributos gerenciados por um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Sendo assim, esta alternativa de mapeamento se apresenta como um meio eficaz e rápido de coleta de informações altimétricas, visando atender às demandas urgentes de análise, atualização e monitoramento dos efeitos de determinados usos da terra, seja no âmbito ambiental ou para demais necessidade que possam ser atendidas com o uso de modelos digitais ou imagens LASER.

Contudo, com a evolução das pesquisas para a extração automática de feições a partir dos dados derivados de perfilamento a LASER e com a disponibilização comercial destes algoritmos, as metodologias para quantificação das áreas que sofreram modificações, ora dependentes da fotogrametria ou de outras técnicas, poderão ser automatizadas e se tornarem totalmente independentes.

## REFERÊNCIAS

-, ALS50-II Specifications Brochure, Leica Geosystems Inc., 2006.

-, ALS50-II User\_Manual\_Rev-\_060519, Leica Geosystems Inc., 2006.

BRANDALIZE, A. A. **Perfilamento a LASER: Comparação com Métodos Fotogramétricos.** In: XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Anais..., CD ROOM, Porto Alegre, 2001.

BRANDALIZE, Maria C. B. **A Qualidade Cartográfica dos Resultados do Laserscanner Aerotransportado.** Tese de Doutorado. Florianópolis, UFSC, 2004. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PECV0307.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2008.

MAAS, H.G. **Planimetric and height accuracy of airborne laserscanner data - User requirements and system performance.** Proceedings 49 Photogrammetric. Week (Ed. D. Fritsch), Wichmann Verlag, 2003, p.117-125.

SALLEM FILHO, Silas. **As Inovações do Laser Aerotransportado: Suas Vantagens para Mapeamento de Dutos.** In: RIO PIPELINE CONFERENCE & EXPOSITION, 2007, Rio de Janeiro, Anais..., outubro, 2007.

Disponível em: [http://www.lidar.com.br/trab\\_geral.htm](http://www.lidar.com.br/trab_geral.htm) >. Acesso em: 30 mar. 2008.

# MONITORAMENTO E ANÁLISE DE FOCOS DE CALOR NA PORÇÃO NORDESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL NO PERÍODO DE 2003-2006 UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO

Thiago Bazzan<sup>1</sup>  
Manoel de Araújo Sousa Júnior<sup>2</sup>  
María Silvia Pardi Lacruz<sup>2</sup>  
Waterloo Pereira Filho<sup>1</sup>

1. Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil  
thiagobaz@yahoo.com.br , [waterloopf@gmail.com](mailto:waterloopf@gmail.com)

2. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Centro Regional Sul (CRS) – Santa Maria - RS, Brasil - [manoel.sousa@crs.inpe.br](mailto:manoel.sousa@crs.inpe.br), [silvia.pardi.lacruz@crs.inpe.br](mailto:silvia.pardi.lacruz@crs.inpe.br)

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho é utilizar técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a identificação, monitoramento e análise de focos de calor ocorridos na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, no período de 2003 e 2006. A área de estudo corresponde à cena de imageamento do *CBERS-2* com órbita-ponto 157-132, que abrange 8.294 km<sup>2</sup>. Os dados de focos de calor foram detectados pelo sensor *MODIS* a bordo do satélite *AQUA* e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Para a análise do uso do solo e cobertura vegetal foram utilizadas estatísticas agrícolas e imagens de satélite. A espacialização das relações dos focos de calor com o uso do solo foi realizada no aplicativo *SPRING 4.3*. Os resultados mostram que foram registrados 189 focos de calor concentrados principalmente nos meses de agosto, setembro e novembro. Foram definidos três períodos de ocorrência de focos de calor associados ao uso do solo. O primeiro período corresponde aos meses de janeiro a abril onde foram detectados 19 focos que ocorrem em áreas de florestas com uso do solo associado a pequenas lavouras. O segundo período corresponde aos meses de julho a setembro que ocorrem em áreas de campo com uso do solo associado às pastagens onde foram registrados 84 focos. O terceiro período corresponde aos meses de outubro a dezembro em áreas de florestas com uso do solo para pequenas lavouras onde foram detectados 86 focos. Dessa forma, os períodos mais críticos e com maiores suscetibilidades para a ocorrência de queimadas estão entre os meses de julho e dezembro. A relação entre a ocorrência de focos de calor e tipos de uso do solo e cobertura vegetal utilizando geotecnologias mostraram um grande potencial para a obtenção de resultados de forma rápida e eficiente.

## ABSTRACT

The ~~main objective of this preset~~ paper ~~is to apply~~ ~~has the purpose of applying~~ geoprocessing and remote sensing techniques in order to identify, ~~to~~ monitor, and to analyze the ~~fires~~ ~~heat focuses~~ occurred in the northeast region of the state of Rio Grande do Sul during the period comprised between 2003 and 2006. The study area corresponds to the ~~imaging scene of the~~ *CBERS – 2* ~~scene path/row~~ ~~, with orbit point~~ 157-132, which embraces 8.294 km<sup>2</sup>. The ~~heat focuses~~ ~~fires~~ data have been detected by the *MODIS* sensor of the *AQUA* satellite and then they were made available by the National Institute of Space Researches. ~~Satellite images and~~ ~~Agricultural statistics and satellite images~~ have been applied in order to accomplish the ~~land use and land cover of the study area~~ ~~analysis of use of the soil and vegetal covering~~. The ~~spacing and the relationships~~ ~~spatialization of the relations~~ between the ~~fires~~ ~~heat focuses~~ and the ~~land use/land cover types~~ ~~of the soil~~ have been accomplished through the *SPRING 4.3* applicative. The results show that most of the 189 ~~fires~~ ~~heat focuses~~ registered are concentrated in the months of August, September, and November. Three periods of ~~fires~~ ~~heat focuses~~ occurrence associated to the ~~land use~~ ~~use of the soil~~ ~~hh~~ have been determined. The first period

corresponds to the months of January and April where 19 ~~fires focuses~~ have been detected and they have also been found to occur in forest areas with the ~~uses of the soil being~~ associated to small farmings. The second period corresponds to the months of July and September where 84 ~~fires focuses~~ have been registered. The ~~fires focuses~~ occurred in field areas where the ~~land use of the soil~~ was associated to ~~the~~ pastures. The third period corresponds to the months of October and December with 84 ~~fires focuses~~ being detected. The ~~fires focuses~~ have been detected in forest areas where the ~~land use of the soil~~ was related to small farmings. Thus, the most critical periods and with highest susceptibility to the burnings occurrence are located between July and December. The relationship between the ~~fires heat focuses occurrence~~ and the ~~land use/land cover~~ types ~~of use of the soil and vegetal covering~~ by applying geotechnologies have shown a great potential for the acquirement of results in a fast and effective way.

Keywords: ~~FiresHeat focuses~~; Monitoring; ~~Soil useLand use/Land cover~~

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução dos sistemas sensores e o interesse científico pelas mudanças climáticas representam um aporte tecnológico e um arcabouço teórico para entender os fenômenos de origem natural ou antrópica~~o~~ que agem sobre a superfície terrestre. Sensores de detecção remota como o *MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)* disponibilizam imagens para diversas finalidades, entre elas, a detecção de focos de calor em tempo quase real, sendo possível fazer o monitoramento de queimadas em escala regional e local.

Os focos de calor detectados pelo sensor *MODIS* indicam a existência de fogo em um *pixel* (menor elemento de resolução de uma imagem). A relação entre foco de calor e queimada não é direta, já que um foco de calor pode corresponder a uma queimada ou a várias queimadas dentro de um mesmo *pixel*. Por outro lado, uma queimada muito extensa é detectada por um grupo de *pixels* vizinhos, resultando em vários focos de calor associados a uma única queimada. Os diferentes satélites utilizados para a detecção de focos de calor podem detectar uma frente de fogo com aproximadamente 30 metros de extensão e 1 metro de largura, nos casos de satélites de órbita polar como o *TERRA* e o *AQUA* (INPE, 2007).

O uso do fogo em florestas e demais formas de vegetação natural é proibido segundo o Artigo 28 da Lei 9.519 que institui o Código Florestal Estadual do Rio Grande do Sul, que está em vigor desde 21 de janeiro de 1992. Isso mostra a importância do monitoramento, identificação e análise dos focos de calor, servindo como subsídio para a atuação dos órgãos públicos responsáveis pela fiscalização e controle de queimadas.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é utilizar técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a identificação, monitoramento e



análise de focos de calor ocorridos na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, no período de 2003 e a 2006.

A área de estudo corresponde à cena de imageamento do *CBERS-2* (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) identificada com a órbita-ponto 157-132, que abrange uma área de 8.294 km<sup>2</sup> localizada entre as coordenadas geográficas de latitude 28° 05' e 29° 05' e longitude 50° 10' e 51° 30' (Figura 1).

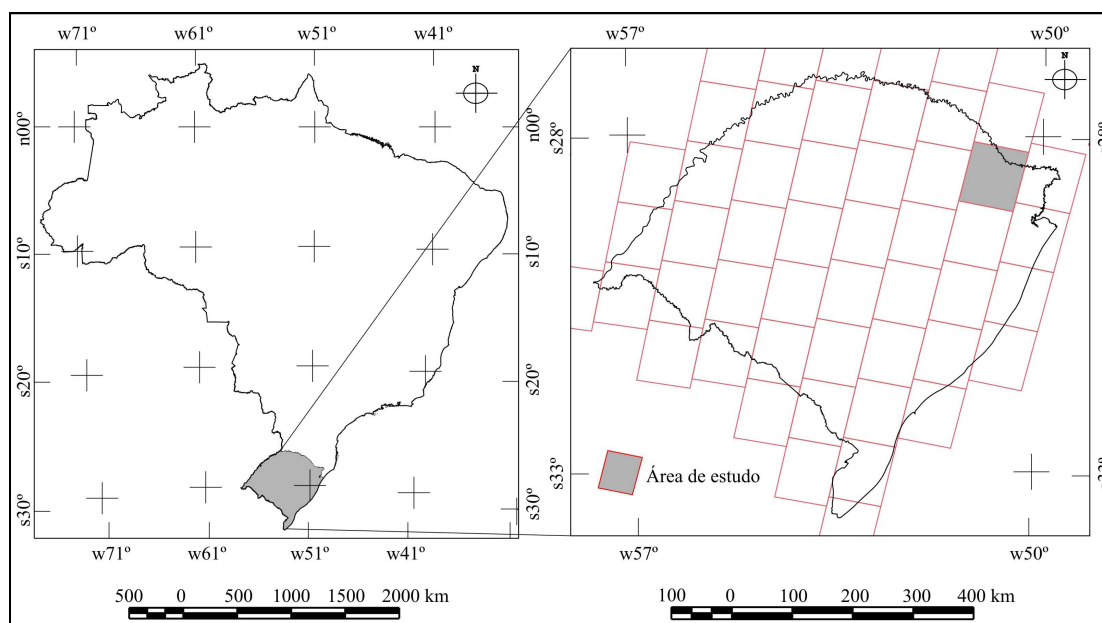


Figura 1: Localização da área de estudo - órbita-ponto 157/132 do satélite CBERS-2.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de focos de calor foram processados e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e podem ser obtidos no endereço eletrônico: <http://paraguay.cptec.inpe.br/produto/queimadas>. Estes dados estão disponíveis para *download* diariamente três horas após sua detecção. A importação dos focos de calor para o banco de dados foi realizada a partir da conversão dos dados em formato de texto para *Dbase* utilizando uma planilha eletrônica.

Os focos de calor utilizados neste trabalho foram obtidos pelo sensor *MODIS* (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) a bordo do satélite *AQUA* com horário de passagem às 13:30 horas, resolução espacial de 1000 metros e período de revisita de 1 a 2 dias (BATISTELLA *et al*, 2004).

Os limites dos municípios presentes na área de estudo foram definidos a partir da malha digital disponibilizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005). Para a caracterização dos municípios foram utilizadas as informações de uso e

cobertura da terra provenientes do Censo Agropecuário (1996) e Pesquisa Agrícola Municipal (2006).

O mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal foi realizado a partir da segmentação e classificação digital da imagem do satélite *CBERS-2* ~~de (data da aquisição da imagem 06/09/2006)~~ com resolução espacial de 20 metros. Para a classificação da imagem utilizou-se um algoritmo de classificação supervisionado baseado na distância de *Battacharya* e foram definidas 5 classes de interesse, sendo elas: campo, florestas, lavouras, água e urbana.

A espacialização das relações de uso do solo e cobertura vegetal com os focos de calor foi realizada no SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) - versão 4.3, *software* gratuito desenvolvido pelo INPE e disponibilizado no endereço (<http://www.dpi.inpe.br/spring/>).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR

A área de estudo apresentou as maiores ocorrências de queimadas no período entre 2003 e 2006 para todo o estado do Rio Grande do Sul. Entre os anos de 2003 e 2006 foram registrados 189 focos de calor na área de estudo. O ano que apresentou a maior quantidade de focos de calor foi 2003 com 72 ocorrências, e a menor ocorrência de focos de calor foi em 2005 com 25 focos detectados (Figura 23).

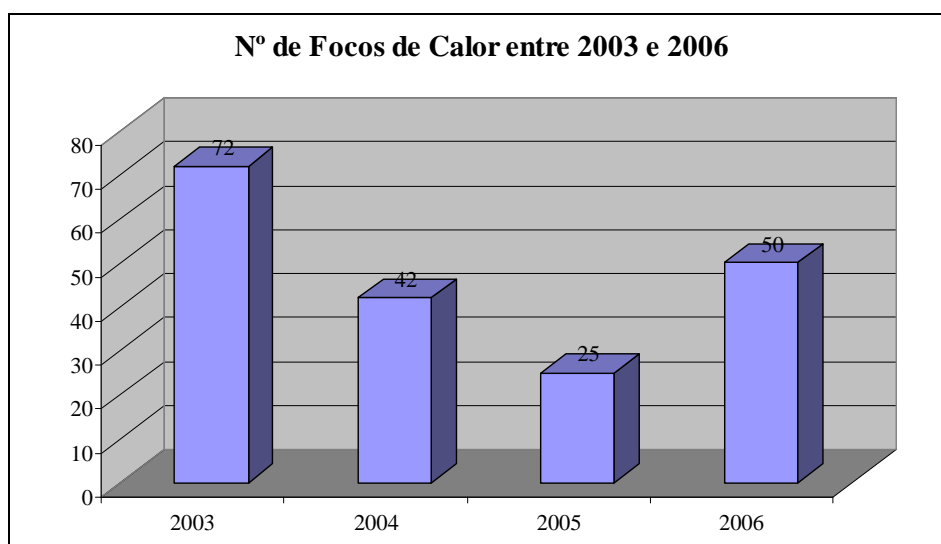


Figura 23: Total anual de focos de calor na área de estudo.

A distribuição mensal dos focos de calor mostra que nos meses de agosto, setembro e novembro são registrados os maiores números de focos de calor (Figura 34).

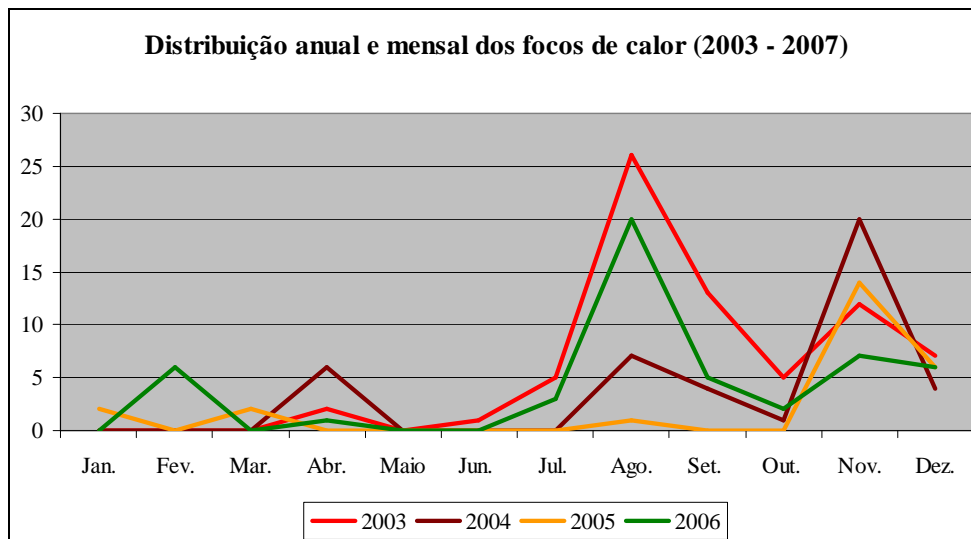


Figura 34: Distribuição anual e mensal dos focos de calor na área de estudo.

Fazem parte desta área os municípios de Antônio Prado, Bom Jesus, Campestre da Serra, Caxias do Sul, Ipê, Jaquirana, Monte Alegre dos Campos, Muitos Capões, Nova Pádua, São Francisco de Paula, São Marcos e Vacaria (Figura 54).

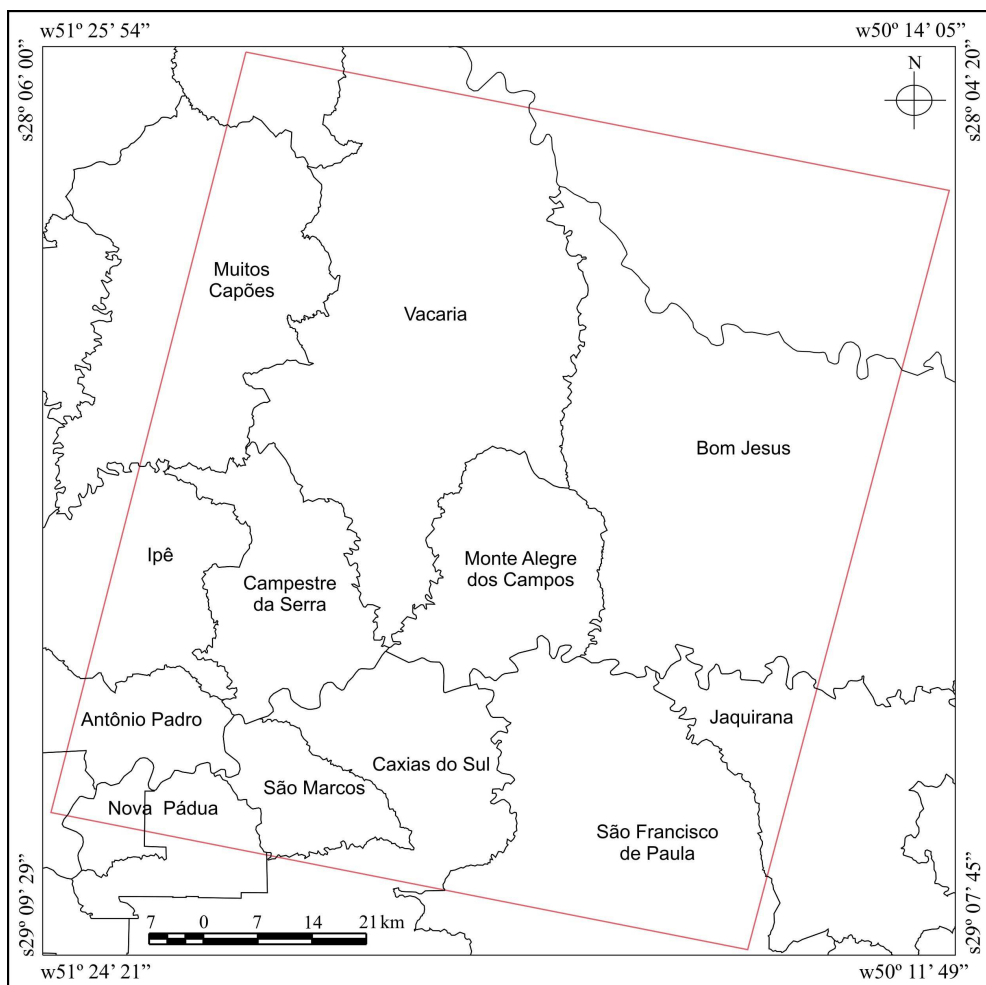


Figura 45: Municípios abrangidos pela cena do CBERS-2 órbita-ponto 157-132.

Os municípios que atingiram o maior número de focos de calor entre 2003 e 2006 foram São Francisco de Paula e Bom Jesus com 59 e 42 registros, respectivamente. Também se destacam pela ocorrência de focos de calor os municípios de Caxias do Sul com 25 focos e Monte Alegre dos Campos com 20 focos. A Tabela 1 apresenta a relação dos municípios presentes na área de estudo que registraram focos de calor entre 2003 e 2006.

Tabela 1: Municípios com focos de calor entre 2003 e 2006

	2003	2004	2005	2006	Total
S. F. de Paula	17	15	5	22	59
Bom Jesus	21	8	2	11	42
Caxias do Sul	8	3	4	10	25
Monte Alegre	5	4	8	3	20
Vacaria	8	2	1	2	13
Campestre da Serra	3	4	-	-	7
Ipê	2	1	2	1	6
Jaquirana	4	1	-	1	6
São Marcos	2	3	-	-	5
Antônio Prado	-	1	2	-	3
Nova Padua	-	-	1	-	2
Muitos Capões	1	-	-	-	1

### 3.23. USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

As estatísticas agrícolas sobre o uso das terras mostram que de uma forma geral a exploração agrícola nos municípios está associada a áreas de pastagens seguidas de florestas e lavouras, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 65.

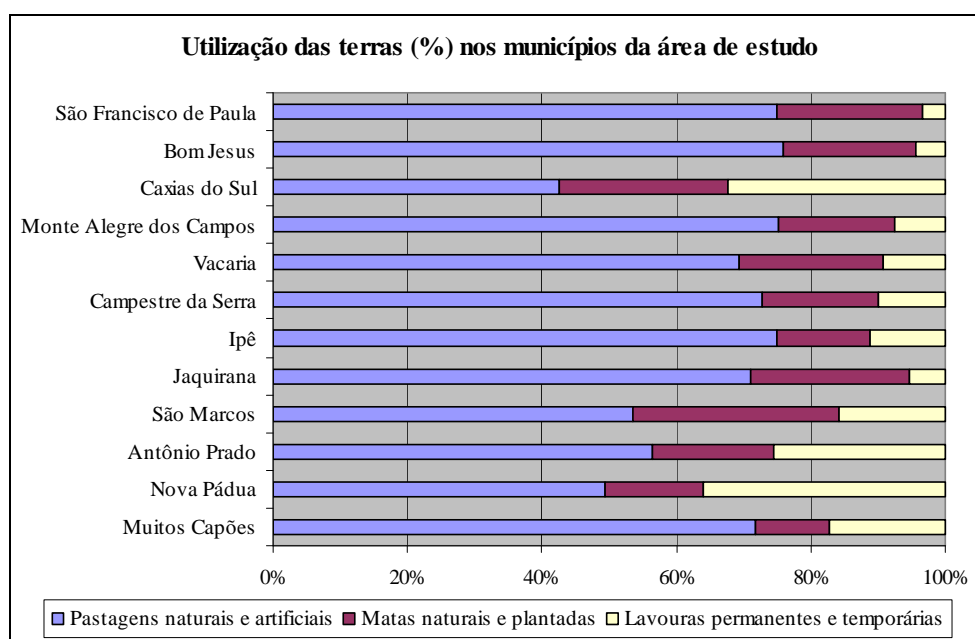


Figura 65: Uso da terra nos municípios da área de estudo.

Fonte: Censo Agropecuário (1996).

A partir da análise temporal dos focos de calor e das estatísticas agrícolas municipais foram definidas as classes de mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal que podem estar influenciando na ocorrência dos focos de calor, possibilitando dessa forma, obter informações através da análise espacial.

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal mostra que na área de estudo predominam os campos que correspondem a 55,5% da área total. As florestas representam 28,8% e as áreas agrícolas 13,5% do total da área. (Tabela 2).

Tabela 2: Classes de uso do solo e cobertura vegetal

Classe	km <sup>2</sup>	% em relação à área
Campo	4.602,5	55,5
Florestas	2.391,7	28,8
Lavouras	1.115,2	13,5
Água	100,8	1,2
Urbana	52,6	0,6
Área não-classificada	31,2	0,4
Total	8.294,0	100,0

### 3.3. FOCOS DE CALOR E USO DA TERRA

Os resultados obtidos com a classificação da imagem mostraram-se consistentes com as estatísticas agrícolas. A partir da relação entre os focos de calor e a classificação da imagem *CBERS-2* foi possível identificar três períodos de ocorrência de focos de calor na área de estudo.

O primeiro período corresponde aos focos de calor ocorridos nos meses de janeiro a abril. Neste período foram detectados 19 focos de calor entre 2003 e 2006 que ocorrem principalmente nos meses de fevereiro e abril. Os focos de calor ocorrem em áreas classificadas como de cobertura vegetal de florestas e uso do solo associado a parcelas agrícolas com pequenas lavouras (Figura 76). Os focos de calor detectados podem estar relacionados com áreas de desmatamento e posterior abertura de novas parcelas agrícolas para a implantação de lavouras.

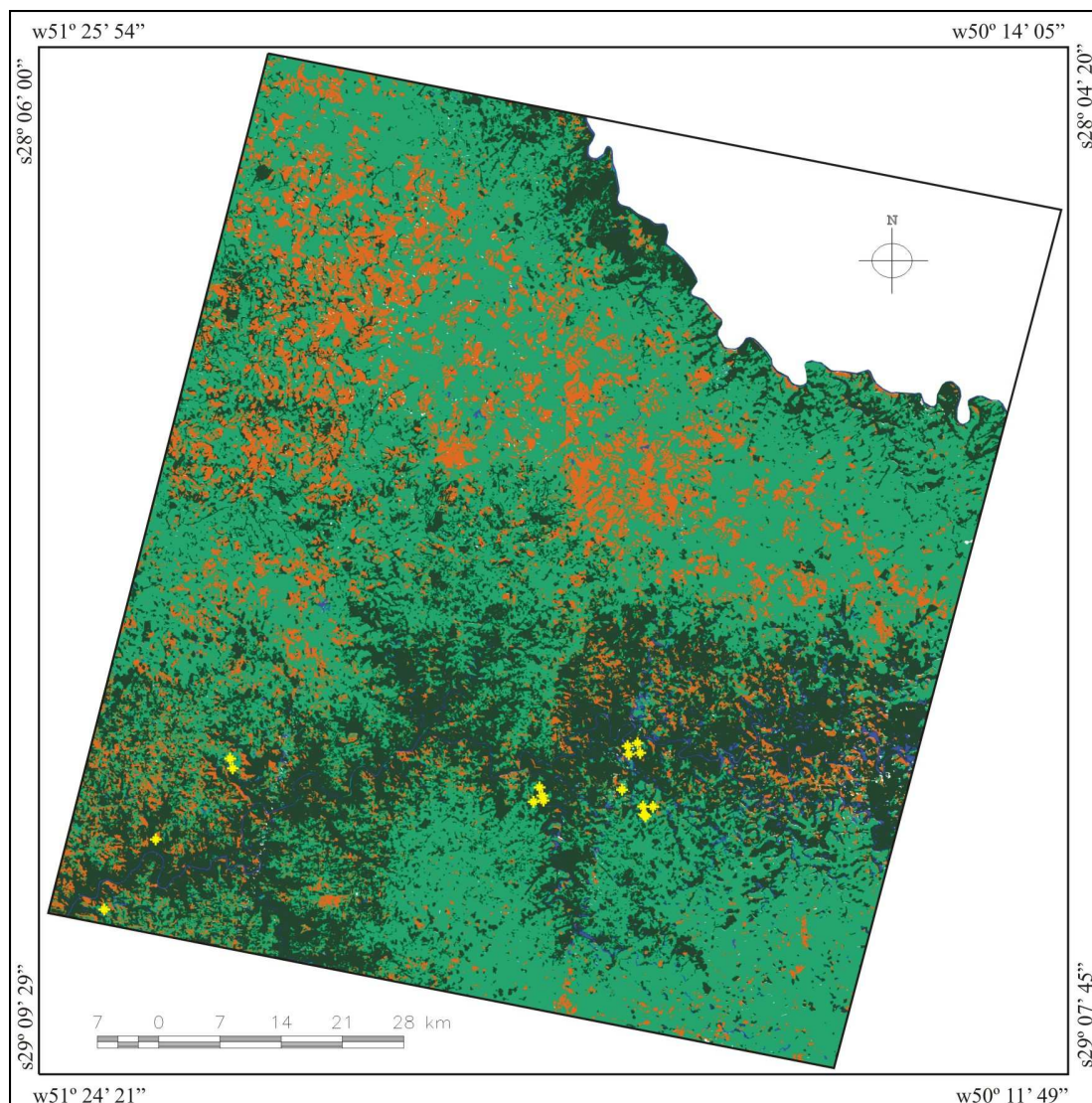


Figura 76: Focos de calor e uso da terra para os meses de janeiro e abril.

O segundo período corresponde aos focos de calor ocorridos nos meses de julho a setembro. Neste período foram registrados 84 focos de calor com maior ocorrência de focos nos anos de 2003 e 2006. Os focos de calor ocorrem em áreas cuja cobertura vegetal é caracterizada pela presença de campo (Figura 87).

Estudos realizados por Heringer & Jacques (2001) na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul indicam que as queimadas que ocorrem nos meses de agosto e setembro estão associadas às áreas de pastagens. Com isso, a localização dos focos de calor em áreas de campo neste período indica que a origem pode estar relacionada com a queima das pastagens.



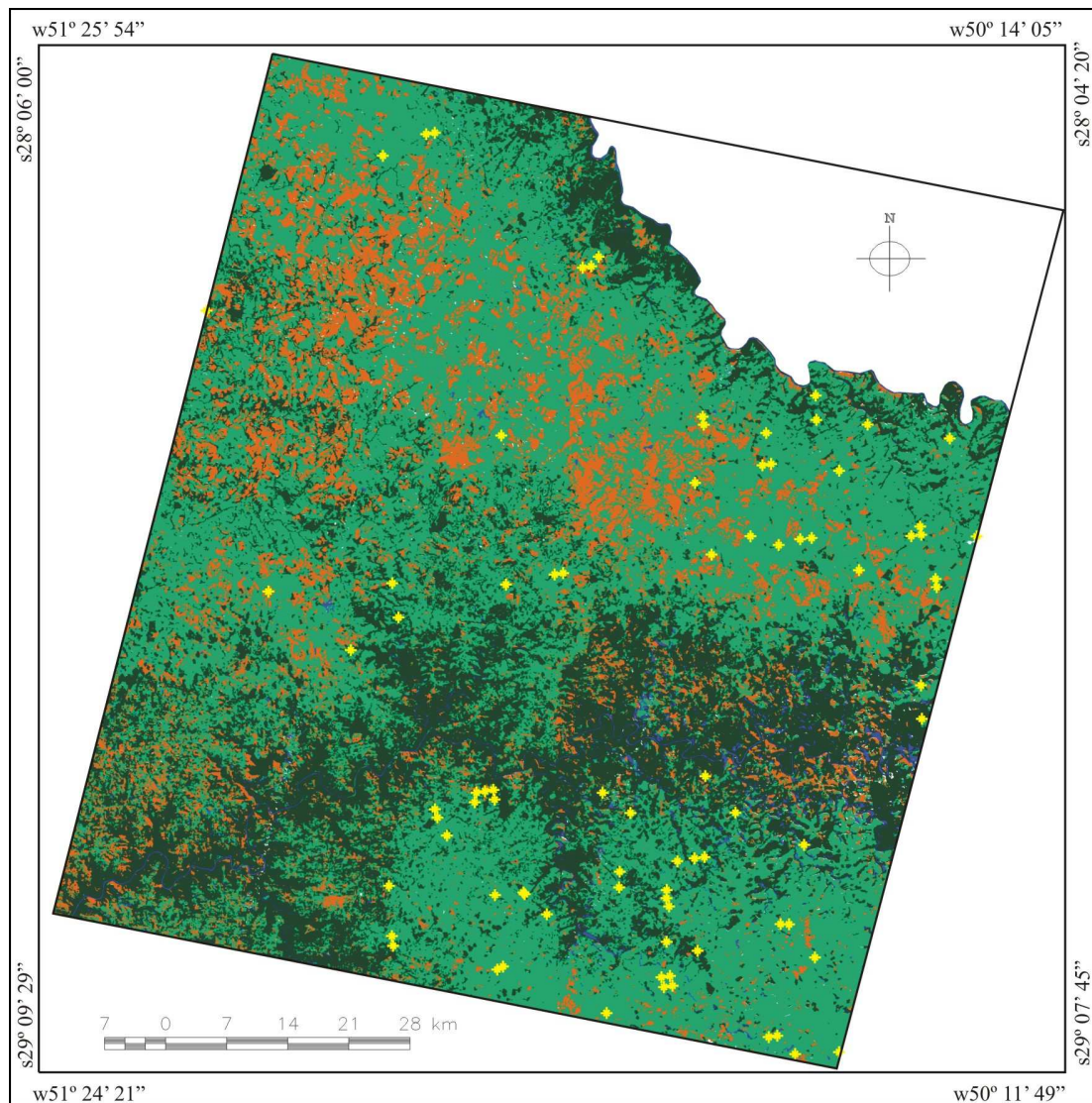


Figura 87: Focos de calor e uso da terra para os meses de julho e setembro.

O terceiro período corresponde aos meses de outubro a dezembro. Neste período foram detectados 86 focos de calor, sendo que a maioria dos focos ocorreram nos anos de 2004 e 2005. Os focos de calor, assim como no primeiro período, ocorrem onde o uso do solo está associado a pequenas áreas agrícolas e em áreas com cobertura vegetal de florestas, segundo o resultado da classificação (Figura 98). As áreas agrícolas estão relacionadas com pequenas lavouras.

Segundo Rizzi (2004), a época recomendada para a semeadura da soja, se estende de 10 de outubro a 20 de dezembro, embora o período preferencial seja o mês de novembro. Dessa forma, a origem dos focos pode estar relacionada ao preparo do solo para o plantio de soja assim como do milho em áreas agrícolas consolidadas ou em novas áreas de plantio decorrentes dos desmatamentos.

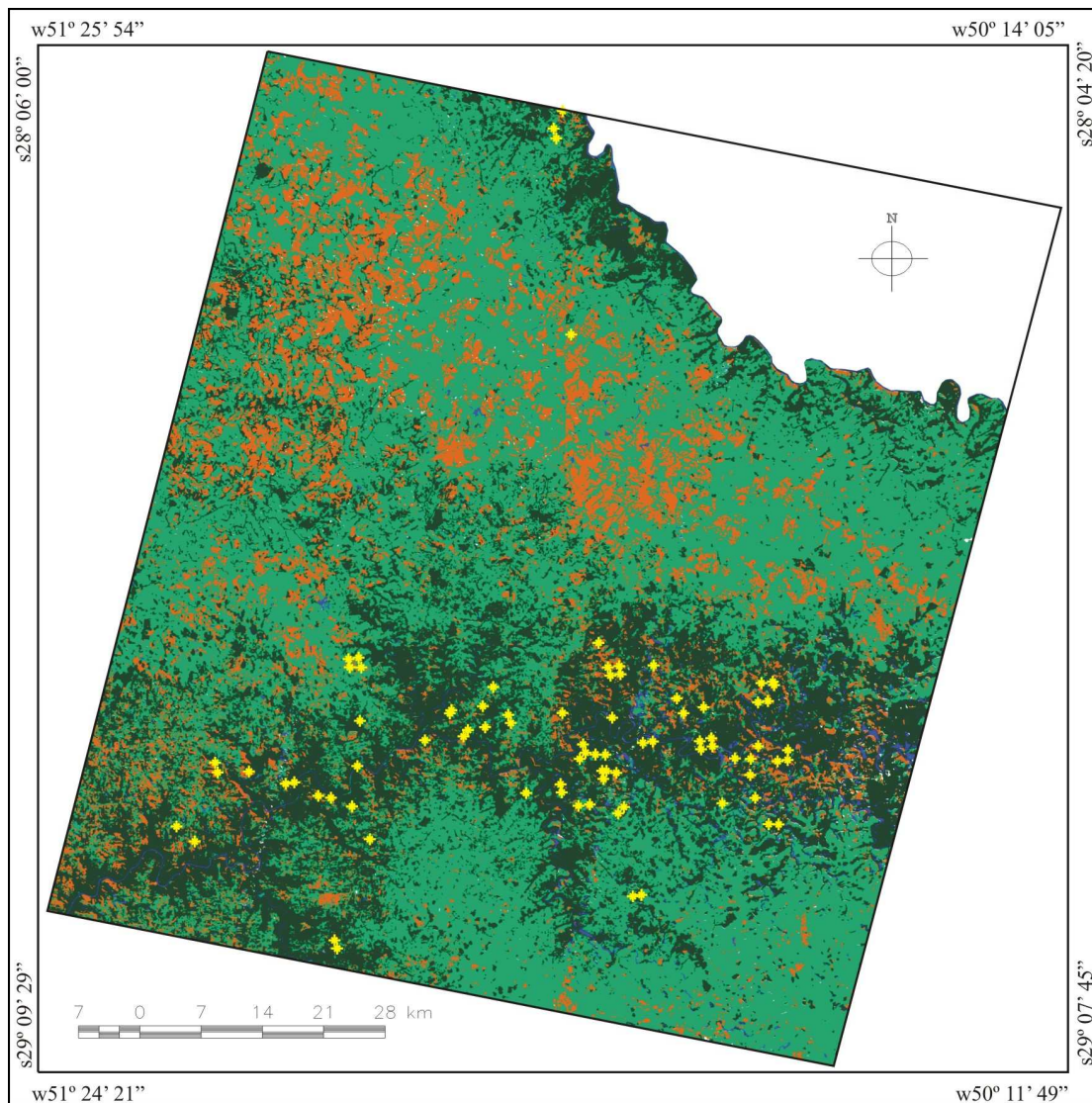


Figura 98: Focos de calor e uso da terra para os meses de outubro e dezembro.

#### 4. CONCLUSÃO

A análise integrada de focos de calor e uso do solo e cobertura vegetal mostra que existem períodos bem definidos para a ocorrência dos focos, sendo possível fazer uma estimativa do número de focos para cada tipo de uso em um determinado período.

Os períodos mais críticos e com maiores susceptibilidades para a ocorrência de queimadas estão entre os meses de julho e dezembro. No período de janeiro a abril o número de focos de calor é menos significativo, quando comparado com os valores do segundo semestre. Já o período que apresenta a menor susceptibilidade para a ocorrência de focos de calor está entre maio e junho.

A metodologia aplicada permite localizar e relacionar os focos de calor com as atividades de uso da terra. Dessa forma, a relação entre a ocorrência de fotos de calor e tipo de uso da terra e cobertura vegetal pode ser obtida utilizando um SIG e técnicas de



sensoriamento remoto, mostrando o grande potencial da análise integrada dos dados para a obtenção de resultados de forma rápida e eficiente.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTELLA, M. et al. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 10 dez. 2007.

CAMARA G; SOUZA R. C. M; FREITAS U. M; GARRIDO J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CENSO AGROPECUÁRIO 1996. Área dos estabelecimentos por utilização das terras e grupo de atividade econômica. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 7 out. 2007.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. Á. Adaptação das plantas ao fogo: enfoque na transição floresta – campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1085-1090, 2001.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapeamento das Unidades Territoriais. Malha Municipal Digital 2005. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/servidor\\_arquivos\\_geo/](http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo/). Acesso em: 20 set. 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Queimadas: monitoramento de focos. Disponível em: <<http://paraguay.cptec.inpe.br/produto/queimadas>>. Acesso em: 10 set. 2007.

PESQUISA AGRÍCOLA MUNICIPAL 2006. Quantidade produzida, Valor da produção, Área plantada e Área colhida da lavoura temporária. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2007.

RIZZI, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja**: estudo de caso no Rio Grande do Sul. 2004-04-30. 214 p. (INPE-12271-TDI/983). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/07.02.14.17>>. Acesso em: 20 out. 2007.

# DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE USO E OCUPAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CURUÇU, OESTE DO RIO GRANDE DO SUL<sup>1</sup>

Thiago Bazzan<sup>2</sup>  
Luis Eduardo de Souza Robaina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Apoio CNPq Proc.: 470432/2006-3

<sup>2</sup>Acadêmico do Curso de Geografia da UFSM– thiagobaz@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Profº Depto. de Geociências da UFSM – lesrobaina@yahoo.com.br

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo levantar aspectos físico-territoriais para definição de unidades de uso e ocupação através do mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal, áreas de preservação permanente e conflitos ambientais. A bacia hidrográfica do arroio Curuçu abrange os municípios de Santiago e Nova Esperança do Sul no oeste do Rio Grande do Sul. A base para os trabalhos foram cartas topográficas, imagens de satélite, dados do *SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)*, estatísticas agrícolas e trabalhos de campo. Os procedimentos de importação de dados, georreferenciamento e cruzamento de mapas foram realizados utilizando Sistemas de Informação Geográfica. A metodologia permitiu estabelecer uma significativa relação entre as características do meio, a capacidade de uso e os conflitos gerados na área de estudo. A partir disso, foram definidas quatro unidades de uso e ocupação com características físico-territoriais diferenciadas. A Unidade I corresponde a áreas de uso agrícola e pecuária em grandes e médias propriedades onde o relevo é ondulado com solos bem desenvolvidos com conflitos ambientais nas margens. A Unidade II é caracterizada pela cobertura vegetal natural de florestas em áreas inclinadas com solos rasos onde ocorrem parcelas agrícolas em pequenas propriedades. A Unidade III corresponde a áreas com pecuária associada a agricultura em pequenas e médias propriedades onde o relevo é ondulado e os solos predominantemente rasos com conflitos nas cabeceiras de drenagem. A Unidade IV é caracterizada pela cobertura vegetal de campo com solos rasos com uso para a pecuária onde as cabeceiras de drenagem são os setores com os maiores conflitos. Este trabalho compõe uma importante base de dados para os mapeamentos geoambientais que estão sendo desenvolvidos na porção oeste do estado do Rio Grande do Sul contribuindo para o ordenamento territorial dos municípios e planejamento das bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Uso do Solo, Conflitos Ambientais, Ordenamento Territorial.

## ABSTRACT

The present work has the purpose of finding out physic and territory data in order to define units of use and occupation in the hydrographic basin of the Curuçu stream located in the Santiago and Nova Esperança do Sul city at the west of Rio Grande do Sul State. The works' base was the topographics maps, the satellite images, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) data, the agricultural statistics, and the field works. The procedures of data import, georeferencing, digital images classification, and development and crossing of the maps have been accomplished by using Geographic Information Systems. The methodology has allowed establishing a significant relationship among the characteristics of the environment, the capacity of use, and the conflicts generated in the study area. Starting from that, it was possible to define four units of use and occupation with different physic and territorial characteristics. The Unit 1 corresponds to the areas of agricultural and cattle use in large and small properties with wavy relief and well developed soils. In this unit the main conflicts occur by the drainages riverbank due to the removing of the ciliar vegetation. The Unit 2 is characterized by a significant occurrence of natural forest vegetation in sloped areas with shallow soils where there is the occurrence of agricultural portions in small properties. The Unit 3 corresponds to the areas with livestock associated to agriculture in small and medial properties with wavy relief and predominantly shallow soils. The Unit 4 is characterizes by the vegetal covering of fields with shallow soils used in cattle. In both two units, the main environmental conflicts occur by the

drainages borders. This work represents an important database for the geoenvironmental mappings that are being developed in the west area of Rio Grande do Sul contributing for the territorial ordering of the municipal districts and for the planning of the hydrographic basins as well.

Keywords: Soil use; Environmental conflicts; Territorial ordering

## 1. INTRODUÇÃO

A organização agrária dicotômica do estado do Rio Grande do Sul, segundo Verdum (2004), se caracteriza pelas diferenças de exploração agrícola (criação e cultivo), de repartição da propriedade fundiária (latifúndio e minifúndio) e das relações geográficas que revelam a gestão dos *terrois*<sup>1</sup> e das parcelas das propriedades. Neste sentido, devem se considerar os aspectos físico-territoriais para que se obtenha um levantamento apropriado do uso e ocupação.

O presente trabalho tem por objetivo definir unidades de uso e ocupação através da relação entre o uso do solo, os aspectos do meio físico, cobertura vegetal e áreas de preservação permanente, determinando os conflitos ambientais.

A área de estudo corresponde a bacia hidrográfica do arroio Curuçu com 24848 hectares que está localizada na porção sul do município de Santiago e porção norte do município de Nova Esperança do Sul entre as coordenadas geográficas de 29° 11' 40'' a 29° 25' 07'' latitude sul e de 54° 44' 16'' a 54° 55' 33'' longitude oeste (Figura 1).

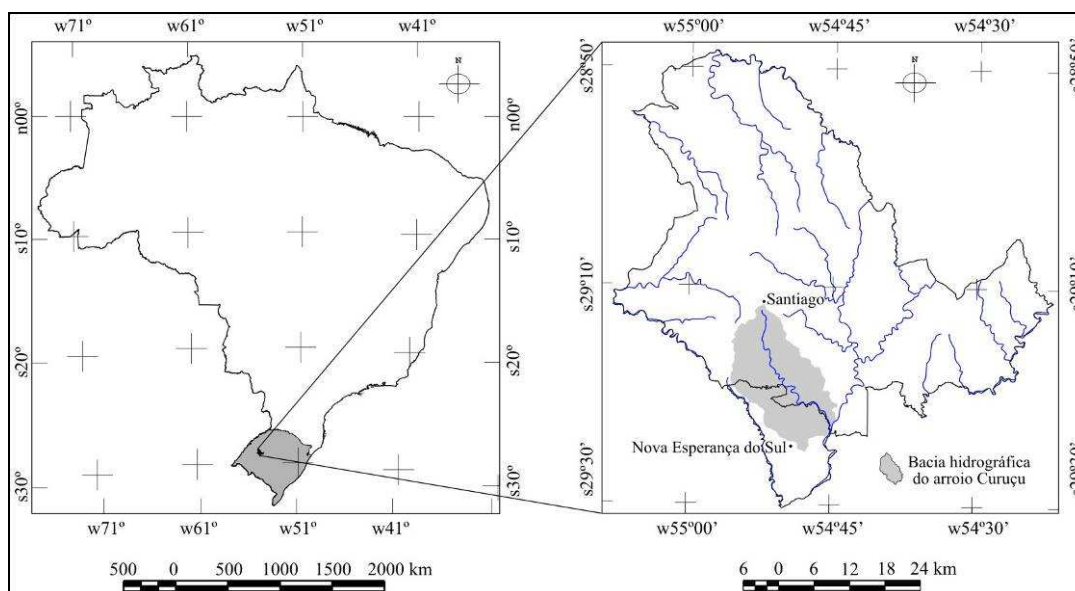


Figura 1: Localização e situação da bacia hidrográfica em relação aos municípios.

## 2. METODOLOGIA

<sup>1</sup> Recorte espacial onde aparecem os diversos componentes da paisagem: as condições do meio, as coberturas vegetais, os dispositivos mais ou menos perenes que marcam a ocupação do território e as marcas das práticas agrícola que diferenciam os grandes sistemas agrários desenvolvidos Deffontaines (1998 *apud* Verdum 2004).

Os limites da bacia hidrográfica foram definidos a partir das cartas topográficas de Santiago SH.21-X-D-II-1, Nova Esperança SH.21-X-D-II-3 e Jaguari SH.21-X-D-II-4 elaboradas pela Diretoria Serviço Geográfico do Exército (DSG) na escala 1:50000.

A análise da estrutura fundiária foi realizada com base nas estatísticas cadastrais sobre a distribuição e tamanho dos imóveis rurais fornecida pelo Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA, 2005).

Os aspectos físicos como condições do relevo e característica dos solos foram levantados a partir das imagens do *SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, 2004)* trabalhos de campo e mapeamentos já realizados por Bazzan *et al* (2006).

O uso do solo e a cobertura vegetal foram definidos a partir da classificação digital da imagem do CBERS-2 (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) com resolução espacial de 20 metros de 07/12/2006.

As Áreas de Preservação Permanente e com uso restrito tiveram como referência a Lei Federal 4.771, do Código Florestal Brasileiro (1965). As classes foram:

- 30 metros a partir das margens dos cursos da água com largura menor que 10 metros;
- 50 metros de raio a partir das nascentes;
- topos de morros com amplitude entre 50 e 300 metros e declividade superior a 30%;
- vertentes com inclinação entre 25° e 45°.

Os conflitos ambientais foram identificados a partir do cruzamento das informações do uso do solo e cobertura vegetal com as áreas de preservação permanente e uso restrito.

As unidades de uso e ocupação foram definidas a partir da integração dos dados obtidos e da compilação dos mapas desenvolvidos.

Os procedimentos de georreferenciamento das cartas topográficas e imagens de satélite, classificação digital, locação de coordenadas, cruzamento de mapas temáticos e a integração de dados foram executados no SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 4.3 aplicativo desenvolvido e disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Na Figura 2 está apresentado um fluxograma que resume as atividades desenvolvidas.

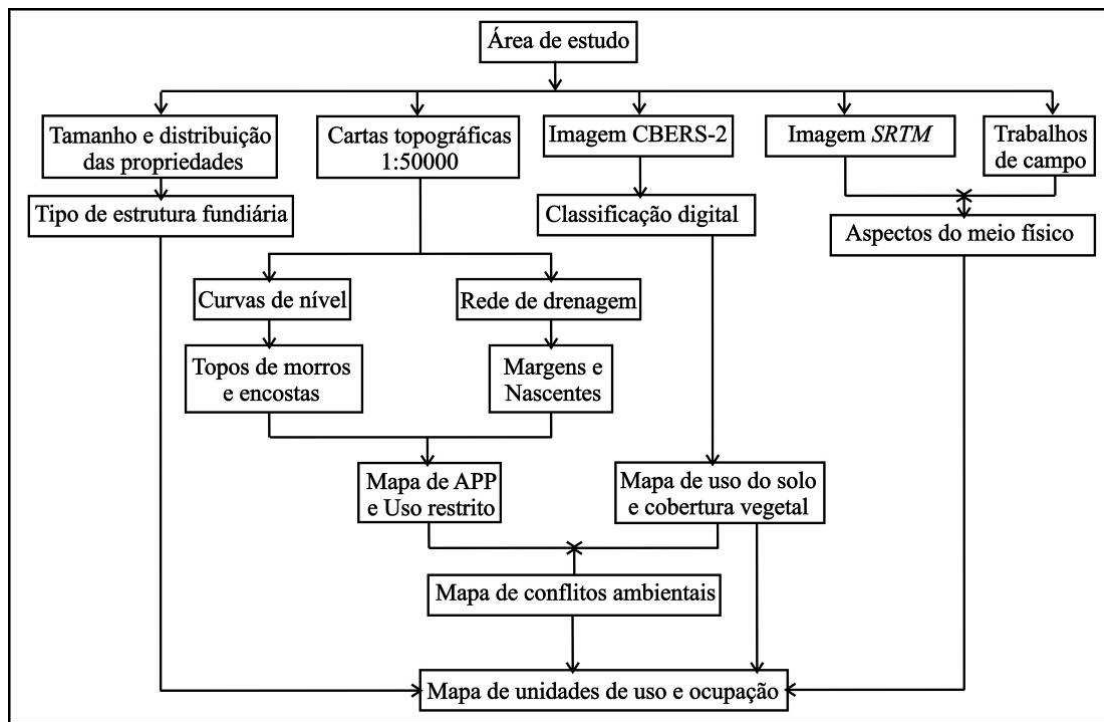


Figura 2: Fluxograma metodológico.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. ANÁLISE DA ESTRUTURA FUNDIÁRIA

A análise da estrutura fundiária ocorreu a partir dos municípios que abrangem a área de estudo: Santiago e Nova Esperança do Sul. O município de Santiago apresenta 3.803 imóveis rurais que totalizam uma área de 241.067,20 hectares. Os minifúndios representam um número expressivo das propriedades rurais, entretanto as médias e grandes propriedades predominam conforme mostra a Figura 3.

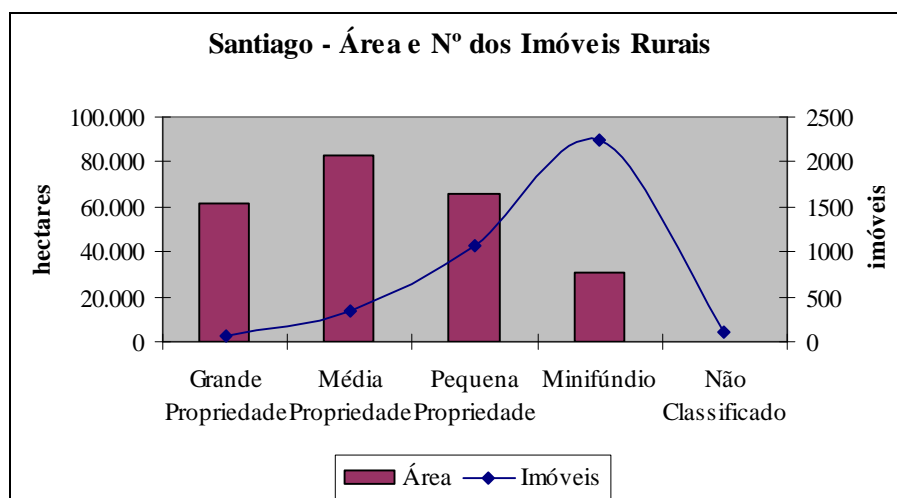


Figura 3: Área e número de imóveis rurais. Fonte: INCRA (2005).

O município de Nova Esperança do Sul apresenta 641 imóveis rurais que totalizam uma área de 16.956,90 hectares. Destes, mais da metade estão representados por minifúndios e as pequenas propriedades que ocupam a maior área conforme mostra a Figura 4.

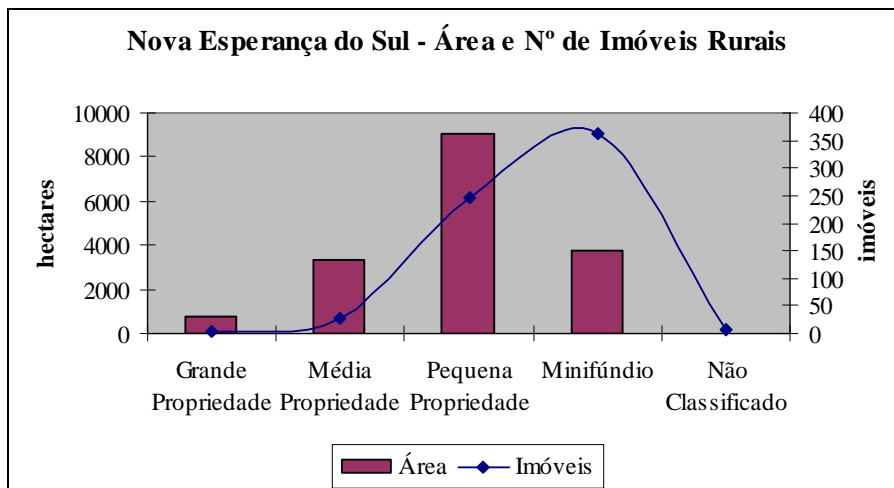


Figura 4: Área e número de imóveis rurais.  
Fonte: INCRA (2005).

Em ambos os municípios os minifúndios são os mais abundantes, entretanto com relação a área ocupada pelos imóveis rurais ocorrem diferenças. Enquanto em Nova Esperança do Sul a área ocupada é predominantemente de pequenas propriedades em Santiago são as propriedades de tamanho médio e grande que ocupam as maiores áreas.

### 3.2. ASPECTOS FÍSICOS

O relevo é constituído na maior parte por colinas, morros e morrotes com solos rasos. Ocorrem neossolos, chernossolos, associação de neossolos com cambissolos e afloramentos de rochas vulcânicas nas porções do médio e alto curso. De forma menos significativa, ocorrem solos desenvolvidos como planossolos e latossolos onde o substrato é formado por arenitos na porção do baixo curso. A Figura 5 mostra o mapa morfopedológico com a distribuição espacial dos solos e relevo.

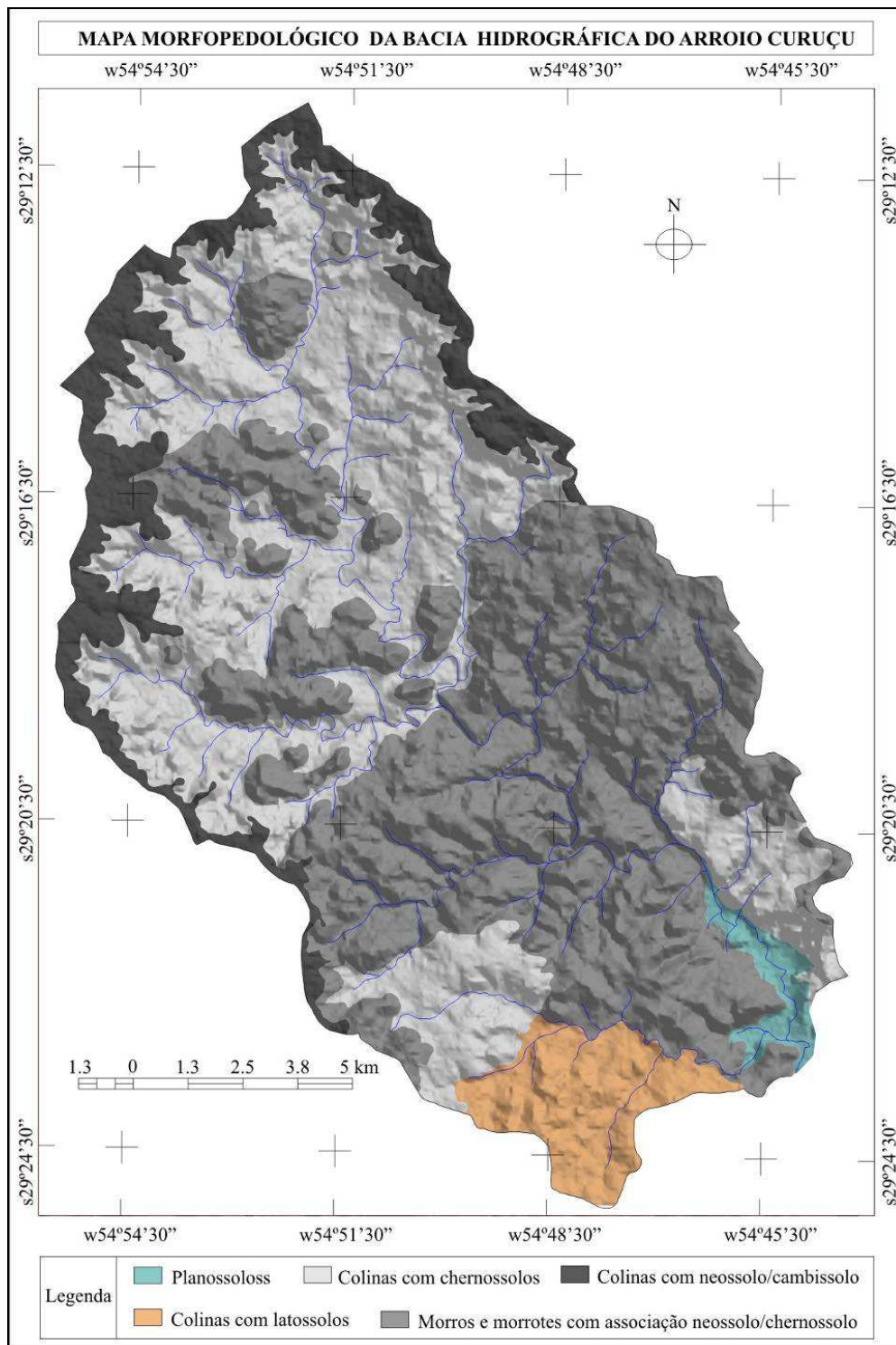


Figura 5: Mapa de morfopedológico da bacia hidrográfica do arroio Curuçu.

### 3.3. USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL

A classificação da imagem de satélite mostra que predominam áreas de campo ocupando 46,2% do total. As áreas de mata ciliares e florestas de encosta ocupam 36% seguido das áreas ocupadas por lavouras temporárias com 17,3%. A área urbana corresponde a sedes dos municípios de Santiago e Nova Esperança do Sul que ocupam 0,5%. A Figura 6 apresenta a classificação da imagem de satélite.



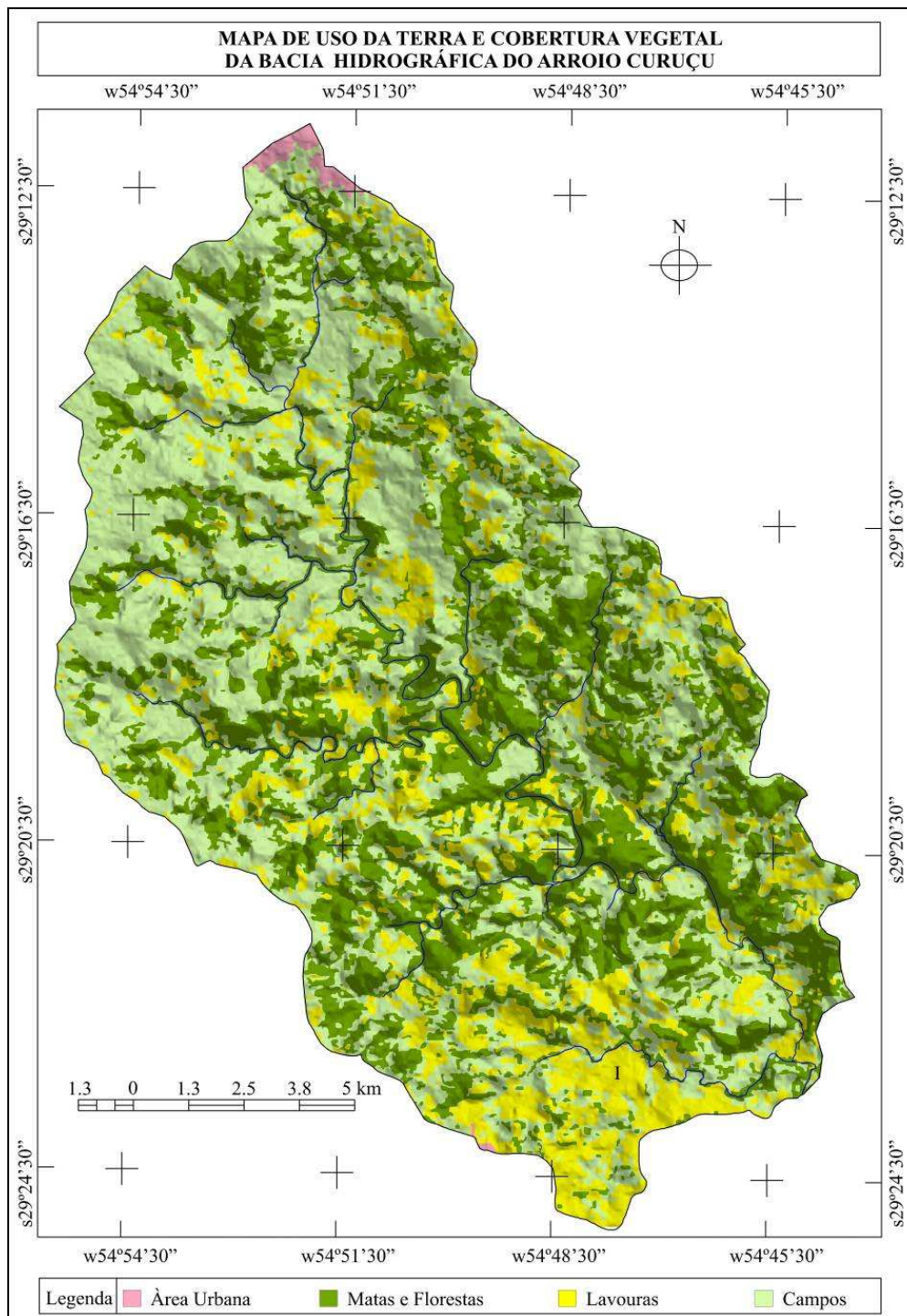


Figura 6: Mapa de uso do solo e cobertura vegetal bacia hidrográfica do arroio Curuçú.

### 3.4. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E USO RESTRITO

As Áreas de Preservação Permanente (APP) totalizaram 2781,6 hectares o que correspondente a 11,2% da bacia hidrográfica. As áreas de uso restrito representadas pelas encostas com declividades superiores a 25° e 45° totalizaram 486,2 hectares o que corresponde a 2%. No total as APP's e áreas de uso restrito representam 13,2% do total. A Figura 7 mostra as áreas de preservação permanente e as de uso restrito.



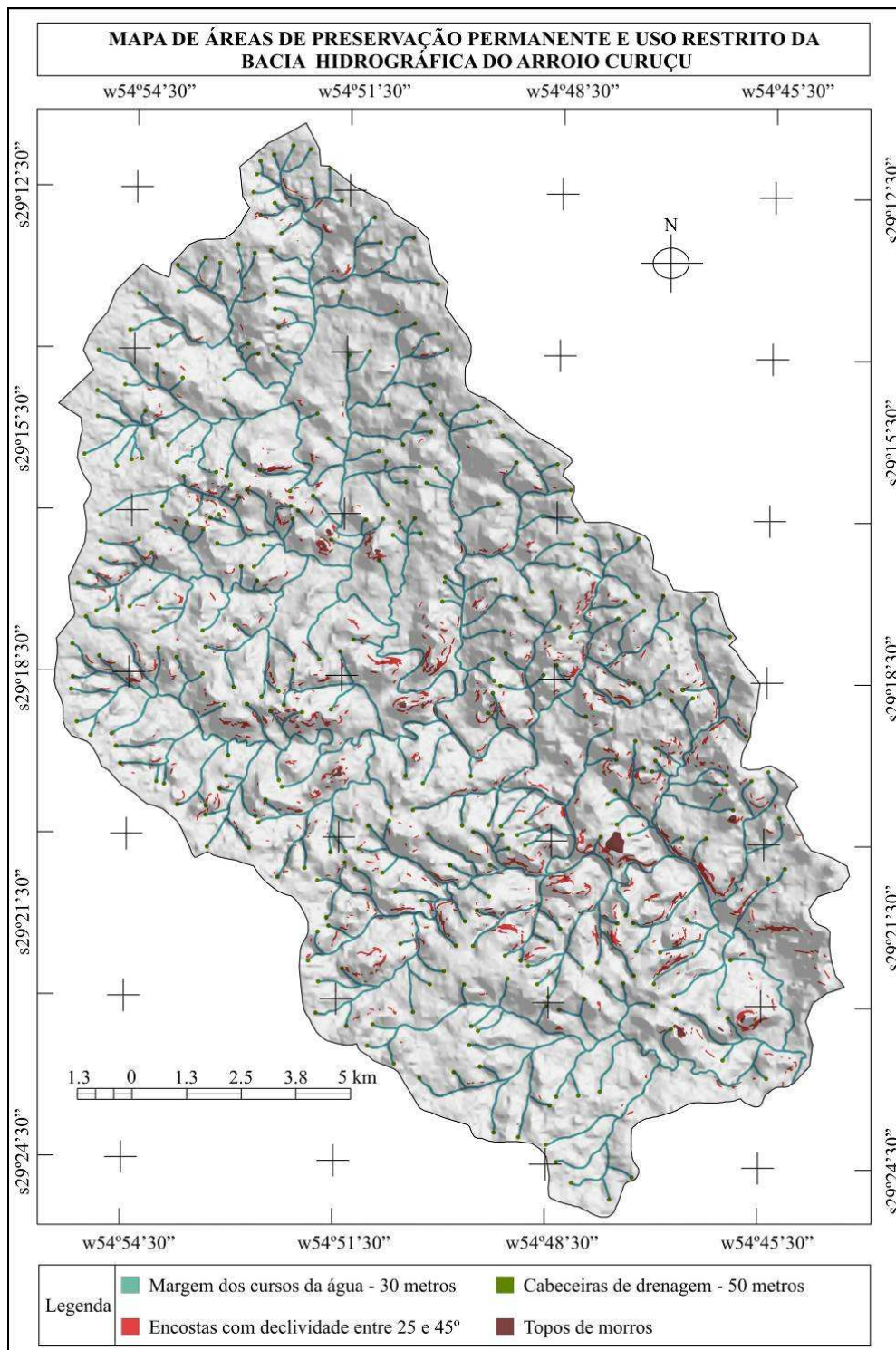


Figura 7: Mapa das áreas de preservação e uso restrito da bacia hidrográfica do arroio Curuçú.

### 3.5. UNIDADES DE USO E OCUPAÇÃO

Os aspectos levantados permitem definir uma significativa relação entre as características do meio, a capacidade de uso e os conflitos gerados na área de estudo. A partir disso, foram definidas quatro unidades de uso e ocupação com características diferenciadas quanto a ocupação, uso do solo e cobertura vegetal, aspectos físicos e ambientais.

A unidade I está inteiramente localizada no município de Nova Esperança do Sul e ocupa 15% (3751.4 hectares) do total da bacia hidrográfica. Esta unidade é caracterizada pela cobertura vegetal de campo e matas ciliares muito degradadas junto aos cursos da água. O relevo é formado por áreas onduladas e planas com solos bem desenvolvidos.

O uso do solo é representado pelas amplas áreas de lavouras temporárias de verão como os cultivos de soja (Figura 8), milho e arroz (Figura 9). No inverno estas áreas são ocupadas por pastagens e criação de gado. As propriedades são médias e grandes com predomínio de atividade agrícola mecanizada.

Os conflitos ambientais provocados por este tipo de uso estão associados principalmente a degradação das áreas de preservação permanente das margens e cabeceiras de drenagem.



Figura 8: Lavouras de soja (05/01/2007).



Figura 9: Assoreamento do canal (01/04/2007).

A unidade II encontra-se na porção central da bacia hidrográfica, abrange os municípios de Santiago e Nova Esperança e ocupa 43,8% (10891 hectares) do total. Nesta unidade, o relevo é acidentado com encostas inclinadas, cobertura vegetal de florestas e solos pouco desenvolvidos.

O uso do solo está associado a presença de pequenas áreas agrícolas de tamanho reduzido com cultivos de fumo (Figura 10), milho, soja (Figura 11) mandioca e cana-de-açúcar. Nestas áreas ocorre uma concentração de minifúndios e pequenas propriedades rurais com trabalho familiar.

As cabeceiras de drenagem são os setores que apresentam os maiores conflitos ambientais decorrente dos desmatamentos, mesmo assim a vegetação natural de florestas apresenta níveis de preservação relativamente maior que em outras porções da bacia hidrográfica.





Figura 10: Lavoura de fumo (04/01/2007).

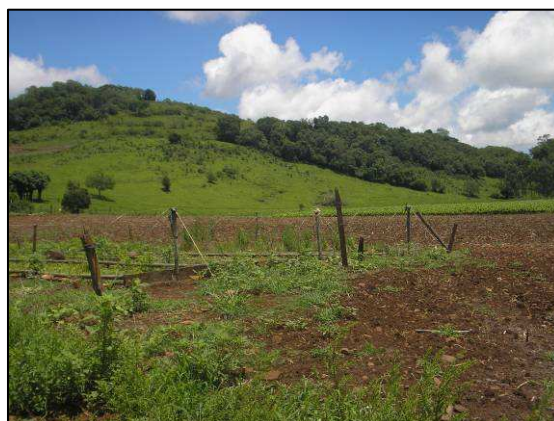


Figura 11: Lavoura de soja (04/01/2007).

A unidade III está localizada a montante da bacia hidrográfica, ocupa 30,6% (7607.1 hectares) do total da área de estudo e inteiramente inserida pelo município de Santiago. A cobertura vegetal é formada por gramíneas em áreas de campo e matas ciliares degradadas junto aos cursos da água. Esta unidade é caracterizada pelo predomínio de um relevo ondulado com solos rasos.

No uso do solo predomina a pecuária (Figura 12) em áreas onde os solos são rasos. Já nas porções onde o solo é mais desenvolvido ocorrem pequenas áreas agrícolas com lavouras de soja, mandioca e milho (Figura 13). As propriedades desta unidade variam entre pequenas e médias.

Os principais conflitos ambientais estão associados ao desmatamento das cabeceiras de drenagem e margens dos cursos da água.



Figura 12: Criação de gado (05/01/2007).



Figura 13: Lavouras de milho (05/01/2007).

A unidade IV (Figura 14) localiza-se nas áreas com as maiores altitudes localizadas próximas aos divisores a montante da bacia hidrográfica. Ocupando 10,5% (2598.5 hectares) da área total sendo abrangida pelo município de Santiago e parte de

Nova Esperança do Sul. Nesta unidade a cobertura vegetal é caracterizada pela presença de campo e matas galerias nas cabeceiras de drenagem. Ocorre um relevo suavemente ondulado com solos pouco desenvolvidos.

O uso do solo é representado pela criação de gado o ano todo onde predominam as grandes propriedades. As cabeceiras de drenagem encontram-se em acentuado processo de degradação constituindo a unidade com maiores conflitos ambientais. O uso predominante da pecuária faz com que estas áreas sejam utilizadas na construção de pequenas barragens para o gado. Os principais aspectos das unidades de uso e ocupação podem ser observados na Tabela 1 e a distribuição espacial na Figura 15.



Figura 14: Áreas de campo com pecuária (02/05/2006).

Tabela 01: Principais aspectos das unidades de uso e ocupação

	Propriedades	Aspectos Físicos	Uso do Solo	Cobertura Vegetal	Conflitos Ambientais
Unidade I	Médias e grandes	Colinas com solo espesso	Agrícola e pecuária	Campo	Margens
Unidade II	Minifúndios e pequenas	Morros com solos rasos	Agrícola	Floresta	Cabeceiras de drenagem
Unidade III	Pequenas e Médias	Colinas com solos rasos	Pecuária e agrícola	Campo	Cabeceiras e margens
Unidade IV	Grandes	Colinas com solos rasos	Pecuária	Campo	Cabeceiras de drenagem



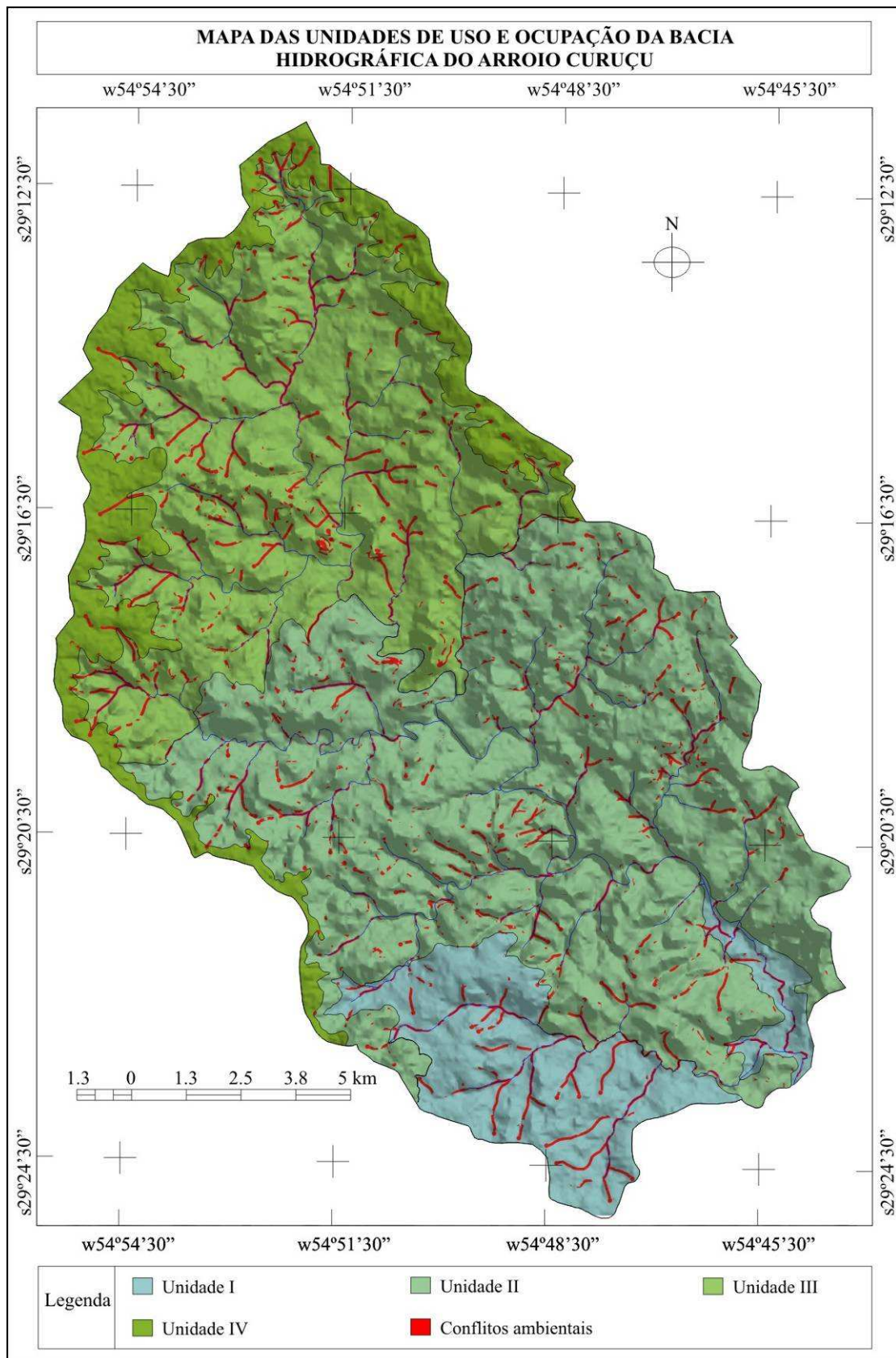


Figura 15: Mapa das unidades de uso e ocupação da bacia hidrográfica do arroio Curuçu.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento e a análise do uso e ocupação da bacia hidrográfica mostram que a área apresenta fragilidade ambiental associada ao uso do solo sem critérios de conservação dos cursos d'água e das nascentes. Essas áreas de proteção permanente são agredidas pela retirada da vegetação e incorporadas na produção. A diminuição de fontes d'água e o assoreamento das drenagens é reflexo direto dos conflitos ambientais.

Este trabalho compõe uma importante base de dados para os mapeamentos geoambientais que estão sendo desenvolvidos na porção oeste do estado do Rio Grande do Sul contribuindo para o ordenamento territorial dos municípios e planejamento das bacias hidrográficas.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

BAZZAN, T.; ROBAINA, L. E. S.; PIRES, C. A. F. Mapeamento de Unidades Geológico-Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do arroio Curuçu-RS. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia e I.A.G Conferência Regional de Geomorfologia**. Goiânia, 2006. p. 1-1.

BRASIL. **Código Florestal e normas correlatadas**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2004. 146 p.

CAMARA G; SOUZA R. C. M; FREITAS U. M; GARRIDO J. **SPRING**: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapeamento das Unidades Territoriais. **Malha Municipal Digital 2005**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/servidor\\_arquivos\\_geo/](http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo/). Acesso em: 20 set. 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Estatísticas Cadastrais 2005**. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/>. Acesso em: 15 nov. 2007.

VERDUM, R. Depressão Periférica e Planalto. Potencial ecológico e utilização social da natureza. In: Roberto Verdum; Luis Alberto Basso; Dirce Maria Antunes Suertegaray. (Org.). **Rio Grande do Sul - paisagens e territórios em transformação**. 1 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004, v. 1, p. 39-57.

# O USO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO CABAÇAL – MT- BRASIL (1984 a 2007)

Profª Drª Patrícia Helena MIRANDOLA-AVELINO

Professora Adjunto da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul UFMS – Três Lagoas MS, líder do **DIGEAGEO** – Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias (UFMS &CNPq) e membro do **GEEPI** – Grupo de Estudos Estratégicos e Planejamento Integrado (UFMT & CNPq) e-mail: patricia\_geografia@terra.com.br

Prof. Dr. Luiz da Rosa GARCIA - NETTO

Professor Adjunto da Universidade Federal do Mato Grosso UFMT – Cuiabá MT, líder do **GEEPI** Grupo de Estudos Estratégicos e Planejamento Integrado (UFMT & CNPq) e membro do **DIGEAGEO** Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias (UFMS &CNPq) e-mail: urbanus@terra.com.br

## RESUMO

O presente trabalho busca gerar informações geoambientais através da metodologia sistêmica e com uso das geotecnologias com vistas a subsidiar tomada de decisões no planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal – MT. Para nortear este estudo apoiou-se no enfoque sistêmico, como referencial para a integração dos componentes geoambientais e socioeconômicos, que formam o conjunto da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, considerado como um sistema ambiental. Neste particular, os elementos interdependentes funcionam harmonicamente conduzidos por fluxos de massa e/ou energia de modo que cada um dos seus componentes reflete um sobre os outros as mudanças nele impostas por estímulos externos. A metodologia sistêmica consiste em analisar o ambiente de forma holística considerando os níveis de análises como sendo o morfológico, encadeante, processo-resposta e controle. Desta forma pode-se obter a compreensão sócio ambiental da BAC abrindo espaço para que, a análise geoambiental possa fornecer um diagnóstico com vista à geração de monitoramento da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, complementando, desta forma, o último nível de análise da Teoria Geral de Sistema, ou seja, o nível de controle no qual se direcionam as prospecções voltadas tanto para a Sociedade quanto para a Natureza.

**Palavras – Chaves:** Teoria geral dos Sistemas, Geotecnologias e Bacia Hidrográfica

## ABSTRACT

The present work seeks generate information geoambientais through systemic methodology and use of geotecnologias in order to subsidize decision-making in planning the River Basin of the river Cabaçal-MT. To guide the study supported in the systemic approach, as a benchmark for the integration of environmental and socioeconomic components, which form the whole of the river Cabaçal River Basin, regarded as a system environment. In particular, the elements of work harmony driven by flows of mass and / or energy so that each of its components reflects one on the other changes it imposed by external stimuli. The methodology is to examine the systemic environment of holistic way considering the levels of analysis as the morphological, passes, process-control and response. This way you can get an understanding of the socio environmental BAC opening space for that, the analysis geoambiental can provide a diagnosis for the generation of tracking the River Basin of the river Cabaçal, complementing this way, the last level of analysis of the General Theory System, which is the level of control which directed the prospecting aimed both for the society as for Nature.

**Keywords:** Theory of General Systems, Technologies and River Basin

## **1- INTRODUÇÃO**

Os cenários ambientais construídos ou transformados pela ação do homem ocupam a maior parte dos sistemas ambientais. O homem transforma os espaços através de derrubadas de matas, da implantação de pastagens e cultivos, da construção de estradas, portos aeroportos, represas, da retificação e canalização de curso d água, da implantação de indústrias e áreas urbanas. FLORENZANO (2002).

Assim, a junção de dados estatísticos da área da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal e as imagens de satélite da área em dois períodos distintos permitem através de uma análise multitemporal acompanhar algumas das transformações do ambiente ao longo do tempo permitindo, desta forma, uma visão atual e a possibilidade para uma ação futura planejada do ambiente estudado.

No caso da presente pesquisa não há ainda informações sistematizadas das transformações ocorridas na Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal. Nesse estudo procurou-se associar as imagens de satélite que permitem avaliar os processos e formas da interação sociedade - natureza na organização do subsistema e das respectivas partes componentes com os dados estatísticos fornecidos pelos órgãos de planejamento (SEPLAN, IBGE), para que futuramente haja a possibilidade de subsidiar a tomada de decisão no planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal.

Uma das questões que merecem destaque é a organização das cidades, principalmente onde há a passagem dos principais rios da BAC dentro do centro urbano, onde o processo de degradação é nítido, principalmente no que diz respeito às matas ciliares e ao processo de erosão das margens. A Foto 01 e 02 mostram como a maioria das prefeituras que constituem a Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal tem pouca preocupação em relação à preservação dos recursos hídricos da Bacia.

## **2- OBJETIVOS:**

O objetivo desta pesquisa é gerar informações geoambientais através da metodologia sistêmica e com o aporte das geotecnologias com vistas a subsidiar tomada de decisões no planejamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal – MT.

A presente pesquisa é resultado de trabalhos realizados a partir de dois grupos de pesquisas DIGEAGEO (Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias) da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Campus de Três Lagoas e GEEPI (Grupo de Estudos Estratégicos de Planejamento Integrado) da Universidade Federal do Mato Grosso – Campus de Cuiabá.



### **3- MATERIAIS E MÉTODOS:**

O presente trabalho apóia-se no enfoque sistêmico, como referencial para a integração dos componentes geoambientais e socioeconômicos, que formam o conjunto da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, considerado como um sistema ambiental.

Para atingir os objetivos e desenvolver as questões centrais aqui proposta irá apoiar nos seguintes procedimentos metodológicos:

#### **3.1 Trabalhos de gabinete**

As primeiras etapas de atividades de gabinetes constaram de revisão bibliográfica, levantamento de dados referentes à espacialização dos solos, da vegetação, da geologia e geomorfologia da área, cuja finalidade foi obter informações referentes ao meio natural que subsidiaram os mapeamentos.

#### **3.2 Levantamentos bibliográficos**

Consultas a obras que tratam dos seguintes temas Teoria Geral dos Sistemas, Impactos Ambientais e Geoprocessamento que estão presentes no item Bibliografia. A bibliografia é uma parte importante na construção e aprimoramento das pesquisas propostas, pois nos mostra novos caminhos e possibilidades.

#### **3.3 Levantamentos da base operacional**

Delimitação das Formas e Formações através do material associado ao Projeto RADAM BRASIL – Levantamento dos Recursos Naturais volume 26 – Folha SD 21 Cuiabá, copilando e analisando mapas de conteúdos Geológicos, Geomorfológicos, Solos, Vegetação e Capacidade de Uso dos Recursos Naturais na escala 1: 500.000 que, posteriormente, foram atualizados segundo procedimentos associados à tecnologia do Sensoriamento Remoto em base orbital e um exaustivo trabalho de campo.

#### **3.4 Elaboraões da base cartográfica**

Foram selecionadas as cartas topográficas do DSG (Divisão de Serviços Gerais do Exército), na escala de 1: 100.000, que serviram de base para a delimitação da área de estudo, considerando a planialtimétrica, o traçado da rede de drenagem, estradas, toponímias, etc.

#### **3.5 Composições teóricas da estrutura sistêmica**

A partir da base cartográfica foi definida a composição da estrutura sistêmica, voltada para o atendimento da hierarquização, individualização e posterior caracterização das partes componentes do subsistema Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal – MT.

#### **2.6 Usos da Tecnologia do Geoprocessamento**

Os mapas multitemporais de uso e cobertura das terras da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal originaram-se a partir da interpretação de imagens do satélite LANDSAT (84 e

2001 das bandas 3(R), 4(G) e 5(B) dos sensores TM e ETM+), a partir das imagens mosaicadas estabelecidas no software SPRING<sup>®</sup> 4.3.

#### **4- PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS - ESTÁTISCA AMBIENTAL DAS ÁREAS DESMATADAS NOS MUNICÍPIOS PERTENCENTES À BACIA DO RIO CABAÇAL**

Estudos da organização não-governamental Conservação Internacional (CI-Brasil) indicam que o Cerrado deve desaparecer até 2030. Dos 204 milhões de hectares originais, 57% já foram completamente destruídos e a metade das áreas remanescentes estão bastante alteradas, podendo não mais servir à conservação da biodiversidade.

A taxa anual de desmatamento no bioma é alarmante, chegando a 1,5%, ou 3 milhões de hectares/ano. As principais pressões sobre o Cerrado são a expansão da fronteira agrícola, as queimadas e o crescimento não planejado das áreas urbanas. A degradação é maior nos Estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso, área de nossa pesquisa, no Triângulo Mineiro e no oeste da Bahia. O estudo, feito a partir de imagens satélites, é resultado da parceria da CI-Brasil com a ONG Oréades.

"O Cerrado perde 2,6 campos de futebol por minuto de sua cobertura vegetal. Essa taxa de desmatamento é dez vezes maior que a da Mata Atlântica, que é de um campo a cada 4 minutos", (CI-Brasil, 2006).

O que podemos observar é que a preocupação com essas medidas econômicas e mitigadoras não tem causado muito efeito a Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, pois os índices de desmatamento são altos comparados ao tamanho da área do município (Tabela 1).

A discussão que ora se inicia é fruto das quantificações elaboradas a partir da Tabela 33, A caracterização do subsistema Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal a partir do uso da terra será posteriormente descrito, pois, neste primeiro momento, somente serão apresentadas as taxas de desmatamento ocorrido na Bacia considerando os dados estatísticos atrelados à década de 90 e o início dos anos 2000, tendo em vista que anteriormente a esses dados não há informações estatísticas nem pelos anuários e nem pelos órgãos ambientais como FEMA, INCRA.

Através da quantificação dos dados estatísticos e pelas análises elaboradas a partir dos censos referentes ao fim da década de 90 e posteriormente início do século XXI pode-se estabelecer ponderações no que se refere ao desmatamento da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal.

**TABELA 01:** Áreas Desmatadas nos Municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, MT 1999 a 2002.

MUNICIPIO	AREA DO MUNICIPIO (ha) <sup>1</sup>	DESMATAM ENTO 1999 (ha) <sup>2</sup>	TOTAL DESMATA DO ATÉ 1999 (ha)	PORCENTA GEM % 1999	DESMATAM ENTO 2002 (ha) <sup>3</sup>	TOTAL DESMATA DO ATÉ 2002 (ha)	PORCENTA GEM % 2002
ARAPUTANGA	160.273,1	424,33	161.038,78	73,82	141,09	119.405,15	74,5
CÁCERES	2.439.839,9	33.955,71	493.246,81	19,99	16.287,5	535.773,44	21,96
CURVELÂNDIA	74836,3	1050,14	24104,52	77,7	253,23	25606,75	34,22
LAMBARI D'OESTE	133.724,5	10.210,62	94.454,49	34,91	2.660,33	100.509,23	75,16
MIRASSOL D'OESTE	107.253,7	2.256,49	85.210,41	76,56	226,02	87.803,36	81,87
RESERVA DO CABAÇAL	37.082	418,01	19.914,44	56,01	64,97	20.391,59	54,99
RIO BRANCO	50.149,6	169,2	43.705	79,21	27,86	44.341,08	88,42
SALTO DO CÉU	131.218,6	1.015,75	102.769,93	78,08	758,36	104.537,44	79,67
SÃO JOSÉ DOS QUATRO MARCOS	128.084,60	1.050,33	118.010,62	89,9	121,06	119.246,66	93,10
TANGARÁ DA SERRA	1.156.597,6	12.017,46	325.751,46	28,46	1.217,57	359.555,84	31,09
<b>TOTAL DO ESTADO DE MT</b>	<b>90.335.790,8</b>	<b>1.730.369,59</b>	<b>25.382.847, 79</b>	<b>28,48</b>	<b>795699,86</b>	<b>27823980,2</b>	<b>30,8</b>

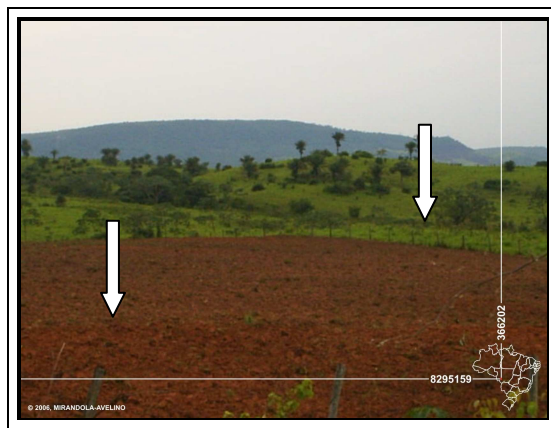
**FONTE:** <sup>1</sup>Anuário estatístico de Mato Grosso, Volume 25, ano 2003.

<sup>2</sup>FEMA – Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2000.

<sup>3</sup>FEMA – Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2003.

ha – Hectare: Unidade de medida agrária que equivale a 10.000 m<sup>2</sup>

O primeiro município em área desmatada é *São José dos Quatro Marcos* também é uma área onde existe muita agropecuária e conseqüentemente pastagem no ano de 2002, do total geral, 121,06 ha. foram desmatados, a Foto 1 a seguir é um retrato recente de como essa parte componente da Bacia está sendo utilizada.



**FOTO 1:** São José dos Quatro Marcos – Fundo área de fragmentos de Cerrado, na mesma direção é possível identificar áreas de pastagem e áreas desmatadas.

**FONTE:** MIRANDOLA AVELINO & GATTIMSC NOV/2004.

Em segundo lugar o município que sofreu mais alterações ambientais através do desmatamento até 1999 foi *Rio Branco*, considerando que a área total do município com 50.149,6 (ha) de área perdeu 169,2 (ha) em 1999 e até o fim da década de 90 somou a perda de 43.705 (ha), ou seja, 79,21 % da área do município foram desmatadas sobrando apenas 6.444,6(ha); aproximadamente de área não desmatada. Não há como considerar que o montante que sobrou de área não desmatada tenha sido preservado, uma vez que se inclui nesse último dado a área urbana, às construções e parte das plantações do município. O município de Rio Branco pertence à parte componente Planalto, portanto os valores quantificados de desmatamento somam-se aos valores de toda a área de planalto.

A terceira maior área desmatada na Bacia do Rio Cabaçal está localizada no município de *Salto do Céu*, que dos 131.218,60 (ha) de extensão do município até o final da década de 90 o total de desmatamento foi de 102.769,93 (ha), ou seja, 78,08% da área do município foram desmatadas, isso descreve que 28.448,67 (ha) não foram desmatados no município até o fim da década de 90. O município de Salto do Céu pertence à parte componente Planalto, portanto os índices quantificados de desmatamento somam-se aos índices de toda a área de planalto.

O município de *Curvelândia*, apesar da sua pouca extensão territorial ocupa o quarto lugar em desmatamento, que dos seus 74.836,3 (ha), 77% foi desmatado na década de

90, as influências deste desmatamento associam-se a parte componente Depressão do Rio Paraguai.

Ainda em termos quantitativos Mirassol D'Oeste que fica em quinto lugar com desmatamento em torno de 76,56 %, ou seja, dos 107.253,7 (ha) até o fim da década de 90 foram desmatados 85.210,41 (ha) restando para áreas urbanas, área de proteção ambiental uma área de 22.043,29 (ha). O município de Mirassol D'Oeste pertence à parte componente Depressão do rio Paraguai, portanto os índices quantificados de desmatamento somam-se aos índices de toda a área de planície.

Na seqüência estatística dos dados de desmatamento dos municípios pertencentes à BAC o sexto município é Araputanga cujo percentual de desmatamento atingiu o índice de 73,82% em relação à área do município que é de 160.273,1 (ha.). As Fotos 2 e 3 retratam uma paisagem dentro desse processo de desmatamento O município de Araputanga pertence à parte componente Depressão do rio Paraguai, portanto os índices quantificados de desmatamento somam-se aos índices de toda a área de planície, as figuras abaixo demonstram essa realidade:



**FOTO:** 2 e 3: Área da Fazenda Santa Marta, saindo de Araputanga MT em direção a São José dos Quatro Marcos Solo nu, recente retirada da vegetação e ou pastagem, logo na seqüência a terra sendo utilizada para pastagem.

**FONTE:** MIRANDOLA AVELINO & GATTIMSC NOV/2004.

Outros exemplos que merecem destaque são as poucas áreas de Cerrado ao longo da Bacia o que os órgãos de planejamento e meio ambiente mapearam como Cerrado e Floresta atualmente apresentam características pouco marcantes o que realmente predomina são as áreas de pastagens e muitas áreas com retirada de vegetação (Foto 8).



**FOTO 4:** Araputanga – Santa Fé, a vegetação denominada neste ponto é o Cerrado que a apresentam características pouco marcantes o que realmente predomina são as pastagens e muitas áreas com retirada de vegetação.

**FONTE:** MIRANDOLA AVELINO & GATTIMSC NOV/2004.

O sétimo município em desmatamento é **Reserva do Cabaçal** dos 37,082 (ha) de área do município no final da década de noventa; 19.914,44 (ha) foram desmatados atingindo a média de 56,01 (ha), ou seja, mais da metade do município. O município de Reserva do Cabaçal pertence à parte componente Planalto, portanto os índices quantificados de desmatamento somam-se aos índices de toda a área de planalto.

O oitavo lugar ficou para **Lambari D'Oeste** com 34,91% da sua área de 133.724,5 desmatadas, gerando um valor de 94.454,49 (ha) desmatados até o final da década de noventa. O município de Lambari D'Oeste pertence à parte componente Depressão do Rio Paraguai, portanto os índices quantificados de desmatamento somam-se aos índices de toda a área de Depressão.

O município de Tangará da Serra ficou em nono lugar com 28,46% da área total do seu município de desmatada, cerca de 1.156.597,6 (ha), contudo o município tem uma pequena participação na área da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, apenas a área da nascente na Chapada dos Parecis, na parte sul do município.

O décimo lugar em desmatamento se aplica ao município de Cáceres que dos 2.439.839,9 (ha) até o final da década de noventa; 19,99% da área tinham sido desmatadas, contudo a maior parte do município tem suas terras na área de pantanal que não pertencem a BAC. Por suas terras estarem seis meses alagados existe a dificuldade de identificação dos processos de desmatamento por queimadas para abertura de pasto, o que se difere das outras áreas de planalto.

Essas estatísticas mostram claramente as transformações físicas referentes à retirada de vegetação do subsistema Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal e demonstram, ainda, a mudança da configuração espacial com a entrada de tecnologia no campo, quando a partir do início do século XXI, teve seus os dados de desmatamento associados a uma

nova estrutura que difere um pouco das estatísticas obtidas até o fim da década de noventa.

As retomadas de algumas análises estatísticas nos mostram que o Município de Rio Branco sofreu um desmatamento de 79,21 % até o fim da década de 90 e no início do século XXI já havia alcançado um valor percentual de 88,42%.

Assim também ocorreu com os demais municípios da BAC, houve um aumento considerável em áreas desmatadas. Estes desmatamentos nem sempre ocorrem para plantio de alguma produção, a maioria das vezes conforme se pode constatar, o desmatamento está associado à abertura de pastos, e este desmatamento é realizado através de queimadas que prejudicam o solo e retiram todos os nutrientes para uma regeneração da vegetação.

Após as visualizações de alguns dados tabulados sobre o desmatamento na BAC, pode-se observar que há uma constância desta prática em várias áreas dentro da Bacia apresentando áreas que estão sendo desmatadas e provocando uma série de problemas ambientais, principalmente em áreas de cerrado. Se for considerado que Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ficam explícitos para esta área os graves problemas de ordem econômica, política e ambiental que poderão advir caso não se tome providências mitigadoras urgentes.

Apesar do seu tamanho e importância, o Cerrado é um dos ambientes mais ameaçados do mundo. Dos mais de 2 milhões de km<sup>2</sup> de vegetação nativa restam apenas 20% e a expansão da atividade agropecuária pressiona cada vez mais as áreas remanescentes. Essa situação faz com que a região seja considerada um *Hotspot de biodiversidade*<sup>4</sup> e desperte especial atenção para a conservação dos seus recursos naturais. Na área da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, principalmente nas regiões de planície e planalto encontramos realidades expressas dessas estatísticas.

Segundos mapeamentos anteriores realizados na área RADAMBRASIL (1982) e PCBAP (1992) esta área desmatada está mapeada como áreas de agropecuária e pastagem, que atualmente na área sua presença é bastante significativa.

## 5- RESULTADOS E DISCUSSÕES

---

<sup>4</sup> Um **hotspot de biodiversidade** é uma região biogeográfica que é simultaneamente uma reserva de biodiversidade, além de poder estar ameaçado de destruição. Designa, geralmente, uma determinada área de relevância ecológica por possuir vegetação diferenciada da restante e, conseqüentemente, abrigar espécies endêmicas. Os hotspots de biodiversidade estão identificados pela Conservation International (CI), que se refere a 34 áreas de grande riqueza biológica em todo o mundo que são alvo das atividades de conservação da CI. Segundo esta organização, ainda que a área correspondente a estes habitats naturais ascenda apenas a 1,4% da superfície do planeta, concentra-se aí cerca de 60% do patrimônio biológico do mundo no que diz respeito a plantas, aves, mamíferos, répteis e espécies anfíbias. Numa conferência de imprensa recente, a CI atualizou a lista com nove *hotspot* de biodiversidade. Esta lista inclui o cerrado.

O uso do solo da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal é palco de processos interativos do homem x natureza, como todo ambiente antropizado muitas alterações ambientais ocorrem em função da economia da região.

Ao mapear uma Bacia de relevância para o Estado procuramos buscar uma temporalidade estatística dessas produções a fim de entender mais claramente os processos geoambientais ocorridos na área como um todo.

Considerando os dados analisados e os trabalhos de campo, com o suporte do geoprocessamento na sua área de 6.042,00 km<sup>2</sup> a Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, não apresenta muita diversidade de culturas, seu uso está quase que concentrado nas pastagens e na agropecuária, sendo esses dois fatores os responsáveis pela modelagem de suas partes componentes, assim retratam os tipos de paisagens mais encontradas na área da bacia, os mapeamentos temáticos irão representar com mais precisão esses dados.

A crescente interferência humana no meio natural evidencia a importância de estudos referentes à paisagem os quais devem servir de subsídios na elaboração de planejamentos ligados à relação entre homem e natureza para que assim, seja minimizada a degradação ambiental que é proveniente dos processos de desenvolvimento e ocupação do espaço pelas atividades humanas (Christofoletti, 1995).

O relevante papel do levantamento de uso da terra nos planejamentos é destacado por Giotto (1981), o qual salienta que a verificação do uso da terra permite avaliar as alterações provocadas pela ação antrópica e fornece importantes informações para o manejo eficiente dos recursos naturais.

Nesse sentido, técnicas de geoprocessamento, como por exemplo, o sensoriamento remoto assume papel importante, principalmente na análise ambiental. O sensoriamento remoto, de acordo com Curran (1986), constitui-se numa técnica que permite a aquisição de informações sobre a superfície terrestre a partir da detecção e registro da energia resultante da interação entre a radiação eletromagnética e a matéria em estudo. Novo (1988) afirma que a partir de uma imagem de satélite, pode-se ver o conjunto integrado do ambiente e separá-lo em diferentes unidades.

Diante das considerações temporais feitas ao longo deste trabalho procurou-se nos itens a seguir mostrar através de mapeamentos essas alterações considerando produtos da quantificação do uso da terra nos períodos 1984 e 2001

Através da interpretação e classificação de imagens orbitais TM LANDSAT 5 e 7, validadas através de fotografias, dados censitários, e trabalhos de campo, foram gerados



os mapas de uso terra na área da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal /MT, para os anos de 1984 e 2001/2003.

Esses mapeamentos foram realizados seguindo a metodologia do IBGE (1992) a qual estabelece escala de trabalho para mapeamentos de uso e cobertura da terra, considerando que os dados disponíveis encontravam-se em sua grande maioria em escala de 1: 250.000 e 1: 100.000, e os dados de sensores remotos nos permitiam uma visualização até a escala de 1: 70.000. Desta forma optou-se por realizar Mapeamentos Regionais e Exploratórios que permite um produto conciso das maiores áreas de influência dentro da Bacia do Rio Cabaçal.

Nos mapeamentos foram consideradas **05** classes de uso da terra na Bacia do rio Cabaçal, e criada uma tabela que relaciona as classes de uso as suas principais características e como essas classes são visualizadas nas imagens de satélite através das refletâncias e das assinaturas espectrais dos alvos (floresta cerrado, agropecuária e pastagem, cana-de-açúcar, e solo nu), conforme base operacional anteriormente explicitada no capítulo matérias e método.

O mapeamento da classe agropecuária, que se caracteriza por apresentar um mesmo estabelecimento a agricultura e a pecuária em suas relações mútuas, que na escala exploratória adotada permitiram visualizar e delimitar áreas de agricultura e pecuária, no mapeamento final não foi possível identificar as culturas em alguns casos, pois as áreas eram inferiores a abrangência da Imagem Landsat.

No produto final mapa de uso e ocupação da terra foi analisado em conjunto com as imagens TM Landsat 5 de (1984) e TM Landsat 7 (2001) onde as respectivas áreas aparecem em formatos poligonais e, com esse procedimento, pode-se atingir um maior grau de homogeneidade entre estas duas bases de dados favorecendo, desta forma, a maior compreensão das características associadas a este tema.

Só num segundo momento com idas a campo pode-se estabelecer com certa garantia qual eram os tipos de cultura da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal e associá-las aos polígonos correspondentes.

Os mapeamentos (Figuras 5) demonstram os tipos de uso e ocupação da BAC para os anos de 1984 e 2001-2005 respectivamente.

Foram definidas cinco classes temáticas baseadas na sensibilidade do sensor Landsat, no conhecimento de campo e nas análises das fotografias obtidas. As classes utilizadas foram: floresta, cerrado, agropecuária e pastagem, cana - de - açúcar, e solo nu.

Alguns elementos da paisagem diagnosticados por dados estatísticos ou por fotografias digitais inferiores a 30 m não foram possíveis de serem mapeados considerando a resolução espacial da imagem Landsat.

**TABELA 02:** Quantificação uso e cobertura da terra na área da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal - MT, para os anos de 1984 e 2001/2003.

<b>USO E COBERTURA DA TERRA</b>	<b>1984</b>		<b>2001/2005</b>	
	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
<b>Vegetação Natural</b>				
Cerrado	2.050,7125	33,94	1.368,4761	22,65
Floresta	1.972,3286	32,64	912,5612	15,10
<b>Áreas Agrícolas</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
Agropecuária e Pastagem	1.783,1531	29,51	3.346,3117	55,38
Cana-de-Açúcar	65,4319	1,09	296,4879	4,91
<b>Áreas Antropizadas</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
Solo nu	170,3739	2,82	118,1631	1,96
<b>Área total da BAC/MT</b>	<b>6.042,00</b>	<b>100,00</b>	<b>6.042,00</b>	<b>100,00</b>

**FONTE:** Imagens Landsat 5 (1984) e 7 (2001), fotografias digitais (2004-06); trabalhos de campo (2003-2005).

Com esses dados, pode-se ter um diagnóstico mais preciso das alterações do uso da terra em 1984 e 2001-05, bem como a evolução das áreas desmatadas.

As principais alterações ocorridas na área da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal estão centradas na perda da vegetação natural de cerrado e florestas. Na década de 80 o total de cerrado na área era de 2.050,7125 km<sup>2</sup> o que representava 33,94 % da área da Bacia, em 2001-05 houve um desmatamento dessa área reduzindo as áreas de cerrado para 22,65 %, ou seja, foi desmatado em menos de 10 anos 682,24 km<sup>2</sup>, esse fato está associado ao aumento da criação de gado na região (Tabela 32 página 138) que em 1984 era de 903.798 cabeças de gado e em 2003 o número de cabeças foi de 2.152,891 cabeças de gado, um aumento de 1.249,093 cabeças de gado na área da bacia e conseqüentemente nas áreas de cerrado.

Outro dado que merece destaque é a redução da área das florestas na Bacia, em 1984 possuía uma área de 1.972,3286 km<sup>2</sup> que foi reduzido em 2001/05 pra 912,5612 km<sup>2</sup> esta perda atinge 1.059,7674 km<sup>2</sup> na área e podem-se associar nesse tipo de desmatamento dois fatores de ordem sócio-econômica:

❖ o primeiro está relacionado com o início do processo de ocupação dessa região com a atuação das Companhias Colonizadoras que povoaram a região da Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, descritas no) em forma de histórico e quantificado, que

chegaram à região com o intuito de criar novos núcleos urbanos e conseqüentemente provocando um aumento do processo de desmatamento, além da criação das cidades, a comercialização das madeiras encontradas na área de floresta como a *Cariniana spp.* (jequitibás), *Aspidosperma spp.* (perobas), *Cedrela spp.* (cedros), *Peptadenia spp.* (angicos), entre outras (RADAM, 1982) também contribuíram para esse processo de desmatamento.

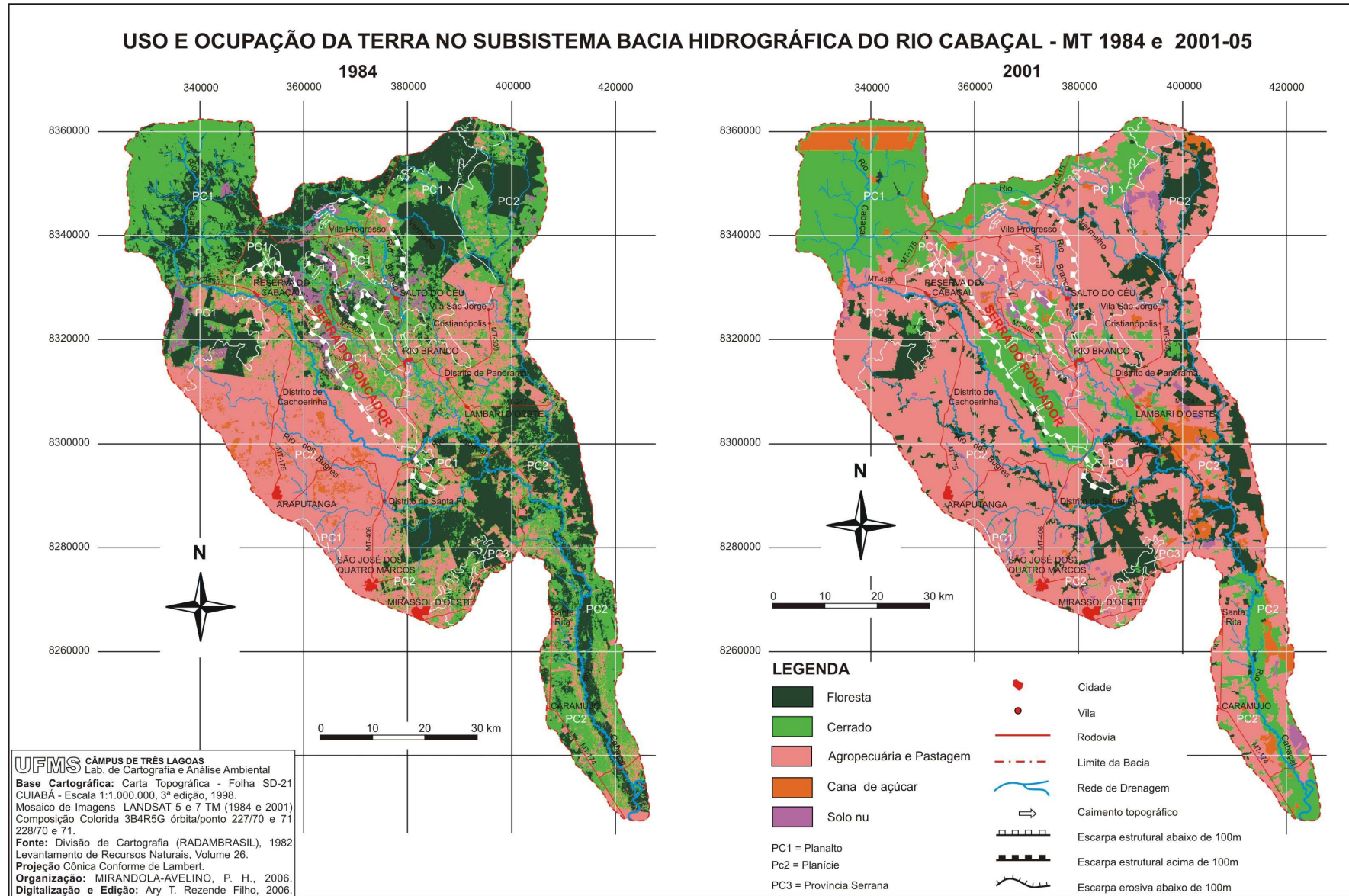
❖ o segundo relaciona-se as grandes áreas de pastagens encontradas na Bacia conforme se pode observar através das fotografias digitais apresentadas nos capítulos anteriores e na observação das manchas em tom de rosa apresentadas nas Figuras 01 e 02 dos mapeamentos do uso e cobertura da terra.

Em 1984 as áreas de pastagem atingiam 29,51% da área da Bacia com 1.783,1531 km<sup>2</sup>, em 2001-03 está porcentagem subiu para 55,38 %, ou seja, mais da metade da área total da bacia hoje é utilizado como agropecuária e pastagem num total de 3.346,3117 km<sup>2</sup>.

O aumento do plantio de cana - de - açúcar na BAC também é um fator indicativo para o processo de desmatamento, se analisar os números que em 1984 eram de 65,4319 km<sup>2</sup> e atingia a porcentagem de 1,06 % da Bacia e que em 2001-05 atingiram o índice de 4,91 e a área de 296,4879 km<sup>2</sup> essas áreas de plantio de cana estão localizadas próximas ao municio de Lambari D'Oeste onde está instalada a Destilaria de Açúcar e Álcool COOPERB e ao norte da BAC com grandes extensões, outras áreas de pequeno porte estão associadas com as áreas de agropecuária onde o plantio da cana-de-açúcar está destinado a subsistência do gado, utilizada como ração, essas manchas estão na cor laranja possíveis de serem visualizadas nas Figuras apresentadas.

As análises estatísticas das áreas antropizadas, com os dados de solo nu mostram que em 1984 a área era de 170.3739 km<sup>2</sup> e 2,82 % da BAC, já nos anos de 2001/05 esse índice diminui para 118.1631 km<sup>2</sup> atingindo apenas 1,96 % da área total da Bacia, este dado é explicado pelo fato de que em 1984 não havia muita produção de cana-de-açúcar e muitas das áreas que encontramos como solo nu atualmente estavam em processo de serem preparadas para o plantio de cana.

Diante dessas análises é possível ter uma idéia de como se encontram os processos de alterações ambientais na BAC, com o auxilio do geoprocessamento e de dados estatísticos, esta área poderá ser monitorada buscando uma proposta de planejamento para a amenização desses dados. A Figura 04 apresentou esses dados através de mapeamentos temáticos com o intuito de ser um produto de demais análises e tomada de decisões pelos órgãos públicos federais, regionais e locais.



**FIGURA 5:** Mosaico de mapas do uso e ocupação da terra no subsistema Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal – MT 1984 e 2001-2005

## 6- BIBLIOGRAFIA

CHIRSTOFOLLETTI, A. **Condicionantes geomorfológicas e hidrológicas aos programas de desenvolvimento.** In: Análise Ambiental: Uma visão multidisciplinar TAUK, S. M. T. (organizadora).. São Paulo: UNESP, 1995.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais.** São Paulo: Oficina de textos, 2002.

GOUDIE, A. **The Human impact on the natural environment.** 4a. ed. Cambridge, Massachusets, The MIT Press, 1994.

MATOS, J. I. de. **Fundamentos de Informação Geográfica.** Lisboa-Porto-Coimbra: Ed.Lidel, 2001.

MEDEIROS, J. S. **Desenvolvimento metodológico para a detecção de alterações da cobertura vegetal através da análise digital de dados MSS/Landsat.** (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, fev. 1987. 81p.

MIRANDOLA - AVELINO, Patricia. Helena. **Análise Geo - Ambiental Multitemporal para fins de Planejamento Ambiental: Um exemplo aplicado à Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal Mato Grosso - Brasil.** Tese de Doutorado em Geografia do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006,317 paginas

PARANHOS FILHO, A. **Análise Geo-Ambiental Multitemporal: O estudo de Caso da Região de Coxim e da Bacia do Taquarizinho. 2000.** 213f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

PROJETO RADAMBRASIL, (**Levantamento dos Recursos Naturais, 26**), p. 453 – 540 Rio de Janeiro. 1982.

**SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling"** Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

**TUTORIAL SPRING®** versão 4.2, disponível em [www.dpi.inpe.br/spring/portugues/bancospr.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/bancospr.html).

# CLASSIFICAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS DO SATÉLITE CBERS-2 NA IDENTIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DA BACIA DO RIO CEARÁ E MARANGUAPINHO – CE

Geóg. Eder Mileno Silva de Paula;

Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza

Profª. Ms. Maria Lúcia Brito da Cruz

Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual do Ceará

edermileno@gmail.com

mestgeo@uece.br

## RESUMO

A investigação do uso da terra e cobertura vegetal permite julgar as modificações provocadas na natureza pela sociedade e dispõem de informações relevantes que podem possibilitar o adequado manejo dos recursos naturais. A pesquisa teve como objetivo utilizar técnicas de classificação supervisionada em imagem do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres – CBERS-2 na identificação do uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 2006 da bacia do Rio Ceará e Maranguapinho, que abrange uma área de 773,7 km<sup>2</sup>, localizada na porção setentrional do Ceará. Trata-se de um território dotado de significativa diversidade geoambiental, e que tem implicações nas características de uso da terra e cobertura vegetal. Utilizou-se para os trabalhos envolvendo sensoriamento remoto e geoprocessamento o SPRING4.3 e para a elaboração dos layouts dos mapas o ARCGIS9. Dentre o conjunto de técnicas de classificação digital de imagem utilizou-se a Classificação por Região Supervisionada para obter a informação de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Rio Ceará e Maranguapinho. No domínio de uso as atividades identificadas foram: água continental, área urbana e área agrícola. Na perspectiva de cobertura vegetal estão associados as classes: apicum, caatinga arbórea, caatinga arbustiva, mangue, mata ciliar, mata plúvio-nebular e vegetação de tabuleiro. Estudos, como o de uso da terra e cobertura vegetal, são imprescindíveis para o ordenamento territorial, que visa em essência à convivência harmoniosa do homem com a natureza, e aliado às técnicas de classificação digital subsidiam estudos que visam à sustentabilidade ambiental, com informações mais precisa, e sem demandar grande quantidade de tempo.

Palavras Chaves: Sensoriamento Remoto; Classificação Digital de Imagem; Uso da Terra.

## ABSTRACT

The investigation of the use of the land and vegetation allows judging the changes in nature caused by society and have relevant information that would allow the proper management of natural resources. The research aimed to use techniques of supervised classification in Satellite image of the Sino-Brazilian Earth Resources - CBERS-2 in the identification of land use and vegetation cover for the year 2006 the basin of river Ceará and Maranguapinho, which covers an area of 773.7 km<sup>2</sup>, located on the northern portion of Ceará. It is a territory endowed with significant environmental diversity, and that has implications on the characteristics of use of the land and vegetation. It was used for work involving remote sensing and geo the SPRING4.3 and for the preparation of layouts maps of the ARCGIS9. Among the set of techniques for the classification of digital image used to Rating Region Supervisionada for information of use of the land and vegetation cover the basin of river Ceará and Maranguapinho. In the field of use activities identified were: Continental water, urban areas and agricultural area. In view of vegetation cover are associated with the classes: apicum, caatinga tree, shrub caatinga, mangroves, riparian vegetation, forest and vegetation plúvio-nebular board. Studies such as land-use and vegetation cover, are essential for the planning, which aims in essence to the harmonious coexistence of man with nature, and combined the techniques of digital classification subsidise studies aimed to environmental sustainability, with more information need, and without demand large amount of time.

Keywords: Remote Sensing; Classification of Digital Image; Use of the land.

## 1 INTRODUÇÃO

O ambiente natural obedece a uma dinâmica de fluxos de energia e matéria que pode ser modificada por forças internas e/ou externas oriundas dos sistemas que a compõem: os sistemas biótico, abiótico e antrópico. Christofolletti (1990) assinala que “o grupo humano ou a sociedade [...] interfere sobre os processos e dinâmicas reinantes nos elementos dos geossistemas e, também, modificam as características morfológicas”. O fluxo antrópico é projetado na natureza levando na maioria das vezes a um desequilíbrio de retorno problemático.

A investigação do uso da terra e cobertura vegetal permite julgar as modificações provocadas na natureza pela sociedade e dispõem de informações relevantes que podem possibilitar o adequado manejo dos recursos naturais.

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2006) a utilização de softwares, a disponibilidade de bons equipamentos e o conhecimento técnico para interpretação digital agilizam os processos de análise e classificação desses padrões em unidades de mapeamento, representando um ganho de tempo que chega a 70% se comparado aos procedimentos tradicionais.

Destaca-se como objetivo desta pesquisa utilizar técnicas de classificação supervisionada em imagem do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - CBERS2 na identificação do uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Rio Ceará e Maranguapinho em 2006:

Dentre o conjunto de técnicas de classificação digital de imagem utilizou-se a Classificação por Região Supervisionada para obter a informação de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Rio Ceará e Maranguapinho.

A área enfocada para exemplificar a classificação e suas aplicações é a bacia do Rio Ceará e Maranguapinho que abrange uma área de 773,70 km<sup>2</sup>, localizada na porção norte do Estado do Ceará, pertence ao conjunto de bacias da Região Metropolitana de Fortaleza. Engloba 40,2% do município de Caucaia, 28,7% de Maranguape, 68,3% de Maracanaú e 22,4% de Fortaleza. Mesmo com área inferior aos municípios de Caucaia e Maranguape, Fortaleza é o município que tem a maior população residente na área da bacia.

Vastos espaços da bacia são urbanizados ou estão em processo de expansão urbana, fatos que têm contribuído para uma ocupação desordenada das unidades geoambientais, comprometendo o equilíbrio natural e a capacidade de suporte dessas unidades.

Souza (2000) a nível do Ceará compartimentou a área em planície litorânea, planícies fluviais, tabuleiros pré-litorâneos (baixo curso), depressão sertaneja (médio curso) e maciços residuais (alto curso).

De acordo com Cruz (1998), a bacia está incluída no grupo das bacias dos pequenos rios litorâneos com regime intermitente. Nos períodos de baixos índices pluviométricos o fluxo de água doce no alto e médio curso é “interrompido, ficando o baixo curso sujeito à influência da maré na área da planície flúvio-marinha”.

A bacia contém quase que em sua totalidade a Serra de Maranguape e parte da Serra de Aratanha. A vertente ocidental da Serra de Aratanha e oriental da Serra de Maranguape são sujeitas à morfogênese química, que dissecando o relevo em formas de topos convexos, lombadas e, mais raramente, cristas. Os vales têm forma de V, demonstrando a forte capacidade de entalhe da drenagem (CEARA, 1998).

Os maciços residuais pré-litorâneos constituem áreas onde as precipitações mais significativas do Ceará, ocorrem com melhor distribuição de chuvas durante o ano, altos índices de nebulosidade, fraca insolação e baixas taxas de evaporação, características que influenciam grande parte da área drenada pelo rio Ceará e Maranguapinho e seus tributários.

Os solos são em geral predominantemente rasos e as suas associações se distribuem de acordo com as condições morfoestruturais, sendo que os solos encontrados nos maciços residuais possuem graves problemas de estabilidade e conservação, tendo o relevo como principal condicionante natural ao uso da terra e cobertura vegetal.

A área, em grande parte, é revestida por vegetação com vários padrões fisionômicos das caatingas. Nos topos e encostas úmidas dos maciços destaca-se o revestimento da mata plúvio-nebular, e nas planícies fluviais e flúvio-marinha respectivamente as matas ciliares e os manguezais.

Na bacia estão inseridas parte das Unidades de Conservação (UC) de uso sustentável da Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra de Aratanha, APA do Estuário do Rio Ceará e a APA da Serra de Maranguape, a Terra Indígena dos Tapebas, além de Áreas de Proteção Permanentes (APP) no entorno dos rios, lagos, lagoas, açudes e topos de morros, sendo todas essas regidas por normas específicas de uso e de controle ambiental.



## **2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA**

### **2.1 Uso da Terra e Cobertura Vegetal**

Conforme IBGE (2006) os primeiros trabalhos realizados no Brasil sobre uso da terra começaram no fim da década de 30 do século passado, e preponderavam estudos sobre a colonização e as viagens de reconhecimento do território. De 1950 até 1960 os estudos eram direcionados para padrões espaciais, analisados a partir de processos produtivos, concorrendo ainda com estudos tendo como tema a colonização.

A evolução dessa forma de análises caracterizava variáveis específicas da ocupação, como a distribuição de propriedades rurais, análise dos rebanhos, da expansão do povoamento, ou das frentes pioneiras. E ainda na década de 50 tem início estudos alusivos a preocupação com questões da regionalização dos usos da terra e com o próprio mapeamento.

IBGE op. cit. comenta a cerca da revisão do Sistema de Classificação de Uso da Terra pelo Departamento do Interior dos Estados Unidos, e sua publicação em 1976, obra que se tornou referência nos estudos de uso da terra no Brasil.

O levantamento das informações do uso da terra e cobertura vegetal envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações de uma área, e deve observar conforme recomendação feita por Heymann (1994) apud IBGE op.cit., no estudo Corine land cover technical guide, quatro princípios básicos: escala de mapeamento, informação básica, unidade de mapeamento e a nomenclatura.

Quanto à escala de mapeamento os mapeamentos exploratórios, com escalas entre 1/750.000 a 1/2.500.000, são úteis no preparo de programas nacionais de desenvolvimento e abrangem extensas áreas. Mapeamentos de reconhecimento, com escala que variam entre 1/50.000 e 1/750.000, são utilizados para diversos objetivos, que perpassam por planejamentos regional, estadual, de bacia hidrográfica e nacional. Os mapeamentos de escalas igual ou superior a 1/50.000, acolhem a problemas específicos, a decisões localizadas e se restringem as pequenas áreas. Assim, norteado por essas implicações, a escala de mapeamento dependerá dos objetivos do trabalho e do tamanho da área a ser mapeada.

Apesar dos dados de imagens orbitais se constituírem fontes de informação básica para o mapeamento do tema uso da terra e cobertura vegetal, essas não englobam todas as informações necessárias, sendo assim imperativo a associação de dados de naturezas

diversas como, por exemplo, os do censo agropecuário e ou de reconhecimento de campo.

A unidade de mapeamento corresponde a uma cobertura considerada homogênea (Caatinga Arbórea, Áreas Urbanas, Agricultura e outras) ou a uma combinação de áreas elementares homogêneas, associação da Pecuária Extensiva com a Caatinga Arbustiva. Desta forma é preciso atentar que dentro do homogêneo existe heterogeneidade.

A nomenclatura utilizada deve ser adequada ao território que será mapeado, a escala, ao tamanho da menor área mapeada fonte básica de dados e com os objetivos do estudo. Para se garantir a reprodução de resultados de um intérprete para o outro, a terminologia necessita ser clara, precisa, não comportando sentido vago, tampouco ambíguo.(IBGE, op. cit.)

O intuito de investigar o uso da terra e cobertura vegetal esta no fato de permite julgar as modificações motivadas pela sociedade, e dispor de informações relevantes para o adequado manejo dos recursos naturais. (Giotto, 1981). Nascimento e Carvalho (2003) acrescentam que as informações do estudo de uso da terra e cobertura vegetal podem revelar o "grau de conservação, preservação ou artificialização de uma dada parte da superfície da terra".

A utilização de informações atualizadas de uso da terra e cobertura vegetal subsidia estudos como: inventário de recursos hídricos, controle de inundações, identificação de áreas com processos erosivos avançados, avaliação de impactos ambientais, formulação de políticas econômicas, dentre outros. (Rosa, 2003). E ainda são fundamentais na elaboração de planos de gestão, de manejo e de desenvolvimento, em planejamentos e em monitoramento e controle.

Conforme Souza (1985) as diversificações no quadro natural e as potencialidades dos seus recursos, sempre se constituíram nos fatores condicionadores do sistema de uso da terra. Acrescenta Santos (1988) que em cada região os problemas se repetem, mas também se diferenciam a partir das formas e dos tipos de uso da terra e cobertura vegetal, que são delineados a partir dos processos definidos nos diferentes 'circuitos de produção'.

Os produtos oriundos do Sensoriamento Remoto e as técnicas de Classificação digital disponíveis hoje permitem a aquisição de dados de forma global, confiável, rápida e repetitiva, sendo de grande importância para identificação do uso da terra e cobertura vegetal. Acrescenta IBGE op. cit. que a utilização de softwares, a disponibilidade de bons equipamentos e o conhecimento técnico para interpretação

digital agilizam os processos de análise e classificação que representam economia de cerca de 70%, se comparado aos procedimentos tradicionais por meio analógico.

## 2.2 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO

### 2.2.1 Material

Utilizou-se para os trabalhos envolvendo Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento o SPRING4.3 e para a elaboração dos layout dos mapas o ARCGIS9. O SPRING (Sistema de Informações Geográficas) é um SIG no estado-da-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais, e é desenvolvido e distribuído, sem custo pela Internet, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE do Brasil.

O trabalho realizado em campo teve o suporte de um receptor do Sistema de Posicionamento Global-GPS, Máquina Fotográfica Digital e de mapas temáticos. O trabalho de campo serviu para conhecer as informações que não estavam mapeadas e descritas na bibliografia consultada sobre a área, e ainda para checar os possíveis erros provocados pela classificação realizada pelo software.

O levantamento geocartográfico da área de estudo possibilitou a delimitação das informações que se utilizou para o desenvolvimento desse trabalho, conforme diretrizes julgadas relevantes por Heymann op.cit., e que estão detalhadas quanto a fonte e data de publicação no quadro 2.

**QUADRO 1 - Detalhamento das informações geocartográficas.**

Informação	Fonte	Ano
Carta Planialtimétrica Digitalizada SA.24-Z-C-IV (Fortaleza) e a SB.24-X-A-I (Baturité)	IPECE	2002
Mosaico Geocover Landsat 7	NASA	2005
As bandas 2, 3 e 4 do Satélite CBERS-2, Cenas/ponto 150/104 e 151/104.	INPE	Agosto de 2006

### 2.2.2 Elaboração do Banco de Dados Geográfico

No SPRING4.3 construímos um banco de dados e nele criamos 4 projetos. Dois projetos foram criados para o procedimento de restauração das cenas do sensor CCD (High Resolution CCD Camera) do satélite CBERS-2, e estes não possuem projeção e datum por exigência da técnica de restauração de imagem usada.

O projeto utilizado no registro das imagens elaboradas após a restauração, possui como características cartográficas a projeção cartográfica UTM (Universal Transversa de Mercator), o Datum SAD-69 (Datum da América do Sul-1969), origem da quilometragem UTM no Equador e meridiano central no paralelo -39°.

O projeto nomeado de BHCEARA, no qual realizamos o Processamento Digital de Imagem-PDI das imagens do CBERS-2, possui as características cartográficas semelhantes ao projeto utilizado para registro das imagens, diferenciando-se somente o limite do retângulo envolvente, que corresponde aos pares de coordenadas que limita a bacia do Rio Ceará e Maranguapinho.

A escala de mapeamento é de 1/150.000, assim a menor área mapeada não é inferior a 93,6 ha., conforme referência do IBGE (2006).

As informações de curvas de nível e de drenagem das Cartas Fortaleza e Baturité serviram de base para a elaboração do limite da bacia do Rio Ceará e Maranguapinho. A drenagem superficial, as rodovias e estradas foram atualizadas através de interpretação visual das imagens CBERS, e ajustadas para a escala trabalho. A elaboração da informação de uso da terra e cobertura vegetal esta descrita no subitem a seguir.

### 2.2.3 Processamento Digital de Imagem

As Cenas/pontos que restauramos não sofreram qualquer tipo de processamento que alterasse suas características radiométricas e espaciais. Para assegurar tal fato utilizamos a imagem da forma disponibilizada pelo INPE, em projeto sem projeção cartográfica (NO PROJOTION) criado automaticamente pelo software SPRING4.3.

No módulo IMPIMA do SPRING4.3, acessamos os arquivos da Cena/ponto CBERS-2 e em seguida salvamos em extensão grib, depois importamos-os pela função “Importar arquivos grib”, no SPRING4.3. Em cada banda espectral usamos a função “Restauração”, mudando a resolução espacial do pixel de 20x20m para 10x10m.

O SPRING4.3 possui três modos para registro de imagens, que são: mesa, tela e teclado. No modo mesa as informações são adquiridas com utilização de mesa digitalizadora, no tela através de dados visualizados na tela do monitor e no modo teclado inserindo as informações das coordenadas com o uso do teclado.

O escolhemos o modo tela, e tivemos como informação base para o registro o Mosaico de imagens Geocover Landsat 7 produzido e distribuído pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) e que possui resolução espacial de 14,25m. Na figura 8 exemplificamos o processo de obtenção dos pontos de controle para registro das cenas.

Escolhemos 12 pontos de controle e o polinômio de 2º grau, e obtivemos como erro de controle para a cena 151\_104 o erro de 0,939 pixel e na 150\_104 de 0,606 pixel, que para escala de trabalho é aceito.

Realizamos alguns processos de segmentação, e escolhemos dois. O primeiro processo utilizamos na identificação dos corpos hídricos superficiais com similaridade entre os pixels de 10 NC (Níveis de Cinza) e menor área encontrada de 100 pixels, e o segundo, com similaridade entre os pixels de 10 NC e menor área encontrada de 900 pixels serviu-nos para identificar as classes de uso da terra e cobertura vegetal. Os processos de segmentação escolhidos demoram cada um aproximadamente 20 minutos para serem realizados pelo software.

Para realizar o procedimento de classificação por região deve-se, após realizar a segmentação, reconhecer a assinatura espectral das classes, o mesmo que coletar amostra. Tal procedimento é reconhecido por treinamento.

No treinamento coletamos varias amostras para cada classe temática, tendo por base para o reconhecimento das amostras as chaves de fotointerpretação da imagem CCD/CBERS-2, bandas 2b3r4g (Quadro 3). A distinção das classes norteou-se quanto à cor, textura, forma e tamanho.

**QUADRO 2 - Chave de fotointerpretação da imagem CCD/CBERS-2, bandas 2b3r4g.**

Categoria	Cor	Textura	Forma	Tamanho
Água Continental	Preta e Azul-escura	Lisa	Irregular	Pequeno
Água Mar	Azul-escura	Média	Irregular	Grande
Apicuns	Cinza-azulada	Média	Irregular	Pequeno
Caatinga Arbórea	Verde	Rugosa	Irregular	Média
Caatinga Arbustiva	Verde-escura	Lisa	Irregular	Grande
Praia e Campo de Dunas	Branca e Verde	Média e Rugosa	Irregular	Pequeno
Mangue	Verde	Média	Irregular	Grande/média
Mata Ciliar	Verde-clara	Média	Irregular	Pequeno
Mata Plúvionebular Subperenifólia	Verde	Rugosa	Irregular	Grande
Vegetação de Tabuleiro	Verde	Lisa	Irregular	Médio
Nuvem	Branco-azulada	Rugosa	Irregular	Pequeno/Grande
Áreas Urbanas	Cinza e Cinza-esverdeada	Rugosa	Geométrica	Pequeno/Grande
Agricultura	Cinza-esverdeada	Lisa e Média	Geométrica	Pequeno/Médio

As classes que coletamos amostras na imagem, para o procedimento classificação por região supervisionada, foram: água continental, água mar, apicuns, caatinga arbórea, caatinga arbustiva, praia e campo de dunas, mangue, mata ciliar, mata plúvionebular subperenifólia, vegetação de tabuleiro, nuvem, áreas urbanas e agricultura.

Realizamos análises das amostras que evidenciaram o nível de confundimento entre as classes e entre as amostra, possibilitando-nos ajustar o treinamento.

Na fase de Pós-classificação analisamos as informações adquiridas com a Classificação por Região Supervisionada comparando-as com as informações

existentes, podendo assim verificar a qualidade da informação e corrigir equívocos de classificação.

Os equívocos encontrados foram retificados utilizando as técnicas de edição matricial e de reclassificação.

Exportaram-se as informações produzidas para formato reconhecido pelo ARCGIS9, e executamos os procedimentos de elaboração layout do mapa.

### 3 RESULTADOS

O conjunto de procedimentos adotados permitiu o reconhecimento das seguintes classes, que serão descritas a seguir, e no Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia do Rio Ceará e Maranguapinho– 2006 (Figura 01).

A classe **Água Continental** referisse aos corpos hídricos superficiais naturais e artificiais tais como rios, lagos e lagoas, açudes e outros. A diferença fundamental entre naturalidade e artificialidade do corpo hídrico esta em sua forma, geralmente quando irregulares são naturais, e quando possuem forma regular são artificiais.

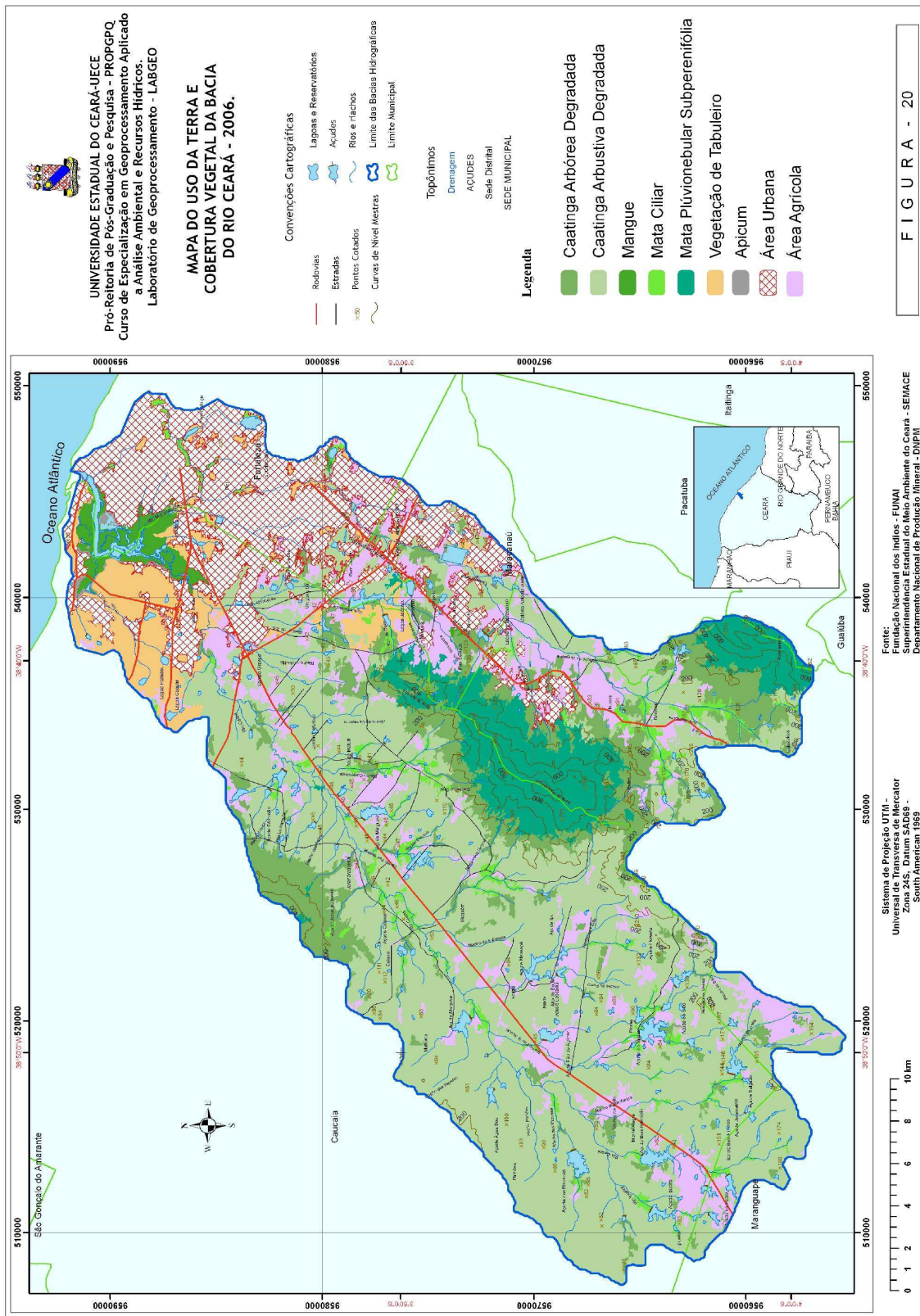
A classe **Apicum** referisse as áreas de Mangue desmatadas onde se encontra elevada concentração de sais no solo, e onde se desenvolvem espécies herbáceas tais como a *Batis matitima* (bredo-do-mangue), *Iresine portulacoides* (bredo-da-praia) e *Sesuvium portulacoides* (bredo).

A classe **Mangue** representa a vegetação que ocupa a planícies flúvio-marinha do rio Ceará e Maranguapinho. Suas espécies estão adaptadas às condições ambientais de elevada salinidade do solo, inundação e encharcamento do terreno, variações de salinidade e de temperatura hídrica e edáfica, alta concentração de H<sub>2</sub>S(sulfeto de hidrogênio), baixos teores de oxigênio para aeração no substrato, além de estarem sujeitas às oscilações diárias das marés(Souza, 1998).

As árvores de mangue são: a *Avicennia germinans* (canoé), *Avicennia schaueriana* (canoé), *Conocarpus erecta* (mangue ratinho), *Laguncularia racemosa* (mangue manso) e *Rhizophora mangle* (mangue vermelho).

A classe **Mata Ciliar** referisse à vegetação que se desenvolve ao longo dos médios e baixos cursos fluviais do Rio Ceará e Maranguapinho e afluentes. Suas espécies vegetais estão adaptadas à inundação dos solos como aos períodos de estiagem. A *Copernicia prunifera* (carnaubeira), é a espécie dominante desta classe, e ainda há distribuição de arbustos de forma dispersa e irregular ao longo das planícies de inundação. Na área, além da atividade extrativista também é aproveitada pela pecuária bovina extensiva.

A classe **Caatinga Arbustiva Degradada** recobre grande parte da área drenada pela bacia, onde há condições ambientais desfavoráveis para o surgimento de uma vegetação de maior porte, como a Caatinga Arbórea. De acordo com Souza *op. cit.* a degradação ambiental da caatinga arbórea resultou no atual predomínio da caatinga arbustiva no semi-árido cearense.



**FIGURA 1 - Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia do Rio Ceará e Maranguapinho-2006**



O estrato arbustivo/subarbustivo é constituído por lianas e cactáceas, tendo como espécies mais representativa: Acácia glomerosa (espinheiro-preto), *Aspidosperma pirifolium* (pereiro), *Calliandra depauperata*, *C. spinosa*, *Capparis flexuosa* (feijão bravo), *Cróton sonderianus* (marmeleiro), *Cnidoculus urens* (cansação), *Dalbergia cearensis* (violeta), *Lantana camara* (camará), *Mimosa hostilis* (jurema-preta), *Maytenus rígida*, *Pilosocerus squamosus* (cardeiro), *Senna trachypus* e *Solanum paniculatum* (jurubeba), *Cróton sonderianuas* (marmeleiro) e/ou a *Piptadenia stipulacea* (jurema branca), os dois últimos sendo arbustos de porte baixo, não superando a altura de 2 a 3 metros.

De acordo com a história, associado a essa classe a pecuária extensiva sempre foi a principal atividade econômica desenvolvida, ao lado com o cultivo do algodão, agricultura de subsistência e ao extrativismo vegetal.

A classe **Caatinga Arbórea Degradada** possui um estrato superior a Caatinga Arbustiva, com árvores que chegam a alcançar de 8 a 15 metros de altura, destacando-se entre elas: *Auxemma onocalyx* (pau-branco), *Anadenathera macracarpa* (angico), *Aspidosperma pyrifolium* (pereiro) *Myracrodruom urundeuva* (aroeira), *Commiphora leptophloeos* (imburana), *Mimosa tenuiflora* (jurema-preta), *Shinopsis brasiliensis* (baraúna), *Tabebuia impetiginosa* (pau d'arco), *Torresea cearensis* (camarú) e *Ziziphus joazeiro* (joazeiro). Compõem seu estrato arbustivo e subarbustivo as mesmas espécies já relacionadas na classe Caatinga Arbustiva Degradada.

A classe **Mata Plúvionebular Subperenifólia** constitui unidade vegetacional com estrato arbóreo com alturas superiores a 15 metros. Localiza-se nos topos da Serra de Maranguape e Aratanha onde há uma maior umidade atmosférica, freqüentes chuvas orográficas e solos mais profundos.

Em sua composição florística há remanescentes da mata atlântica. Como principais espécies de árvores e arbustos destacam-se: *Bauhinia forticata* (mororó), *Brosimum gaudi-claudii* (inharé), *Bombax cearensis* (embiratanha), *Byrsonia seicea* (muirici), *Cedrela odorata* (cedro), *Compaiifera langsdorffii* (pau-d'óleo), *Chorophora tinctoria* (tatajuba), *Cordia trichotoma* (frei-jorge), *Ingá fagifolia* (ingazeira), *Jacaratia dodecaphylla* (jaracatipa), *Lonchocarpus sericeus*, *Lantana camara* (camara), *Machaerium acutifolium* (coração-de-negro), *Orbignya phalerata* (babaçu), *Pitteclobium trapezifolium* (canafistala-da-serra), *Pourouma aspera*, *Roupala cearensis*, dentre outras

O principal uso associado a essa classe é o extrativismo vegetal e o cultivo de hortaliças e espécies frutíferas.

Na classe **Vegetação de Tabuleiro** a sua vegetação estende-se desde as dunas, em sua conjunção com a vegetação pioneira até o contato com o substrato cristalino. Segundo Souza (*op. cit.*) “em sua composição fisionômica original, a vegetação de tabuleiro era composta por um maior número de árvores, que foram progressivamente sendo cortadas, fazendo com que atualmente haja um substancial domínio de arbustos”.

De sua fisionomia participam espécies de mata seca, da caatinga, do cerradão, do cerrado e outros componentes próprios. Assim aparecem: *Anacardium occidentale* (cajuero), *Bauhinia unguolata* (mororó), *Byrsonina crassifolia* (murici), *Commiphora leptophloeos* (impurana), *Curatella americana* (lixeira), *Guettarda angelica* (angelica), *Mouriri cearensis* (manipuçã), *Ouratea fieldingiana* (batiputã), *Ximenia americana* (ameixa), *Hymenaea courbaril* (jatobã), entre outras.

A classe **Área Urbana** compreende as áreas com edificações e sistema viário onde as superfícies artificiais são preponderantes. De acordo como IBGE(2006) estão incluídas nesta classe as cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicação e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições.

A classe **Área Agrícola** representa as áreas ocupadas para a produção de alimentos, fibras e outras *commodities* do agronegócio (IBGE, *op cit*). Abrange as terras cultivadas ou em pousio, com culturas temporárias ou permanentes, incluindo ainda os sistemas agrossilvipastoril.

Na tabela 1 quantificamos a área que cada classe de uso da terra e cobertura vegetal representa na bacia do Rio Ceará e Maranguapinho. O maior valor encontrado é da classe caatinga arbustiva degradada, com 362,14 km<sup>2</sup>, e o menor é a classe apicum, com 0,99 km<sup>2</sup>. As áreas artificializadas, áreas urbana e agrícola, assumem papel de destaque na bacia, pois juntas ocupam 24,15% da área, quase um ¼ da bacia, revelando o nível de modificação da paisagem natural.

**TABELA 1 - Área das classes de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Rio Ceará e Maranguapinho- 2006.**

Classes	Área(km <sup>2</sup> )	Área(%)
Água Continental	20,42	2,64
Apicum	0,99	0,13
Mangue	10,07	1,30
Mata Ciliar	20,03	2,59
Caatinga Arbustiva Degradada	362,14	46,81
Caatinga Arbórea Degradada	83,37	10,78
Mata Plúvionebular Subperenifólia	54,40	7,03

Vegetação de Tabuleiro	35,43	4,58
Áreas Urbanas	105,26	13,60
Áreas Agrícolas	81,57	10,54
Área Total da Bacia	773,70	100,00

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço técnico-científico do Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informações Geográficas-SIG permitiu a avaliação de situações ambientais com uma precisão adequada e com economia considerável do esforço humano na coleta e reorganização dos dados, enriquecendo as possibilidades de integração dos componentes ambientais e suas relações mútuas.

O procedimento de restauração de imagem de satélite realça consideravelmente detalhes dos objetos representados na imagem, possibilitando melhorias na discriminação das classes e aumento da escala de trabalho.

A classificação supervisionada por região possibilitou classificar as imagens analisando o *pixel* e a sua circunvizinha, e ainda permitiu melhoria significativa na qualidade da classificação, mesmo tendo ocorrido equívocos. Fato que afirma a necessidade de confirmações do mapeamento em campo.

Estudos, como o de uso da terra e cobertura vegetal, são imprescindíveis para o ordenamento territorial, que visa em essência à convivência harmoniosa do homem com a natureza, e aliado às técnicas de classificação digital subsidiam estudos que visam à sustentabilidade ambiental, com informações mais precisa, e sem demandar grande quantidade de tempo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEARÁ, Governo do Estado; Secretaria de Desenvolvimento Urbano. Diagnóstico e macrozoneamento ambiental do Estado do Ceará. Fortaleza, 1998. 3v

CHRISTOFOLETTI, A. A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. In. Revista brasileira de geografia/ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- ano 1, n. 1 (1990, jan./mar.)- Rio de Janeiro: IBGE, 1939-Trimestral.

CRUZ, M.L.B. da. Cartografia Temática dos atributos Geoambientais da Bacia do Rio Ceará: Uma aplicação da Técnica de Geoprocessamento. Fortaleza: UFC, 1998. 106p. Dissertação de Mestrado.

GIOTTO, E. Levantamento do uso atual da terra com imagem RBV do Landsat 3 no município de Tapera – RS. 1881, 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1981.

HEYMANN, Y. *Corine land cover technical guide*. Colaboração de Chris Steenmans, Guy Croisille e Michel Bossard. Luxembourg: European Commission, 1994. 136 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. Manual técnico de uso da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 95 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7, 2ª ed.).

NASCIMENTO, F.R, CARVALHO, O. Ocupação, Uso da Terra e Economia Sustentável na Bacia Metropolitana do Pacoti – nordeste do Brasil – Ceará. Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral, v4/5, p.1001-113, 2003.

PAULA, E. M. S.; SOUZA, M. J. N. Lógica Fuzzy como técnica de apoio ao Zoneamento Ambiental. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Florianópolis - SC, 21-26 de abril de 2007. (2979 – 2984).

SANTOS, M. Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia. Colaboração de Denise Elias. São Paulo: Hucitec, 1988. 124 p. (Geografia: teoria e realidade).

SOUZA, M.J.N. de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In. Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza:FUNECE, 2000. 268p. il.; 22cm.

SOUZA, M.J.N. de. O campo de ação da geografia física. In. Boletim de Geografia Teórica, 15 (29-30) : 32-40, 1985 (Simpósio de Geografia Física Aplicada).

# MONITORAMENTO DOS FOCOS DE CALOR NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE-CRS  
Núcleo de Pesquisa e Aplicação de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos Extremos -  
Geodesastres - Sul  
Aportes tecnológicos em Geografia Física  
Vanessa Oliveira da Silva- [nessa.geo@gmail.com](mailto:nessa.geo@gmail.com)

## RESUMO

As queimadas podem ser causadas de forma natural ou por influência do homem ocasionando mudanças do meio ambiente que comprometem a biodiversidade, a vegetação, o solo e o ar, além das perdas econômicas. Estas alterações desencadeiam processos que geram a degradação ambiental associada à exploração inadequada dos recursos naturais. O estudo de queimadas através do uso de geotecnologias implica em várias aplicações que permitem a detecção dos focos de calor a partir de algoritmos aplicados no processamento de imagens provenientes de satélites, a análise da ocorrência e distribuição de estes focos de calor, o estudo dos ecossistemas afetados pelas queimadas, entre outros que visam a mitigação do fenômeno através do reconhecimento dos padrões. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar e monitorar a distribuição dos focos de calor na região sul do Brasil, entre os anos de 2003 a 2007, através de dados obtidos do Banco de Dados do projeto Monitoramento de Queimadas em Tempo Quase-Real do INPE. Estes dados são disponibilizados via Internet ([www.cptec.inpe.br/queimadas](http://www.cptec.inpe.br/queimadas)). Para efeitos do presente trabalho foram considerados somente os focos de calor detectados pelo satélite *AQUA/MODIS* de maneira de evitar que fosse contabilizado um mesmo foco de calor mais de uma vez. Os resultados mostraram a tendência destes focos para cada Estado durante o período em estudo, assim como a maior ocorrência nos meses de Julho a Novembro para os três Estados obtidos através da média mensal. Salienta-se que os focos de calor foram originados em sua maioria devido à influência humana através da modificação da paisagem natural e às práticas de manejo realizadas durante a produção.

**Palavras – chave:** Focos de Calor, Geotecnologias, Região Sul do Brasil.

## RESUMEN

Las quemadas pueden ser causadas de forma natural o por influencia del hombre ocasionando cambios en el medio ambiente, los cuales comprometen la biodiversidad, la vegetación, el suelo y el aire, sin contar las pérdidas económicas. Estas alteraciones desencadenan procesos que generan la degradación ambiental asociada a la explotación

inadecuada de los recursos naturales. El estudio de las quemadas a través del uso de geotecnologías implica varias aplicaciones que permiten la detección de los focos de calor a partir de algoritmos aplicados en el procesamiento de imágenes provenientes de satélites, el análisis de la distribución de estos focos de calor, o estudio de los ecosistemas afectados por las quemadas, entre otros. Estos estudios buscan la mitigación del fenómeno a través del reconocimiento de los patrones. Así, el objetivo del presente trabajo es analizar y monitorear la distribución de los focos de calor en la región Sur de Brasil, entre los años 2003 a 2007, a través de datos obtenidos del Banco de Datos del proyecto Monitoreo de Quemadas en Tiempo Casi-Real del INPE. Estos datos están disponibles vía Internet ([www.cptec.inpe.br/queimadas](http://www.cptec.inpe.br/queimadas)). Para efectos del presente trabajo fueron considerados solamente los focos de calor detectados por el satélite *AQUA/MODIS* de manera de evitar que fuera contabilizado un mismo foco de calor más de una vez. Los resultados mostraron la tendencia de estos focos para cada Estado durante o período en estudio, así como la mayor ocurrencia en los meses de Julio a Noviembre para los tres Estados. Es importante mencionar que los focos de calor fueron originados en su mayoría debido a la influencia humana a través de la modificación del paisaje natural y las prácticas de manejo realizadas durante la producción.

**Palabras- Chave:** Focos de Calor, Geotecnologias, Región Sur de Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente tem se verificado um aumento no número dos desastres naturais que podem ser definidos como eventos adversos que causam impactos na sociedade e no meio-ambiente segundo seu grau de intensidade.

A Defesa Civil no Brasil, obedecendo às normativas da Política Nacional de Defesa Civil, classifica os desastres como naturais, humanos e mistos (Castro, 2003) e a diferença nessa classificação está na influência direta ou não do homem. Dentro dessa classificação inserem-se os focos de queimadas que podem ser causados de forma natural ou por influência do homem. As queimadas representam um dos mais importantes fatores ecológicos na degradação e nas mudanças do meio ambiente, pois comprometem a biodiversidade, a vegetação, o solo e o ar.

De acordo com Jacques (2003), as queimadas em sua maioria são originadas por fatores climáticos e antrópicos, ou seja, o fogo é utilizado para diversos fins na agropecuária, como por exemplo: renovação de pastagens, preparo de plantios, preparo do corte manual, e para desmatamento.

Os desastres naturais podem ser evitados e uma das formas é através do uso de

geotecnologias, pois é possível realizar uma análise e detecção do local através da geração, processamento e apresentação visual dos dados que geram a informação necessária para determinar as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre os diferentes fenômenos. A evolução dos focos de calor, através do monitoramento do fenômeno é de grande importância para a sua mitigação, pois permite o reconhecimento dos padrões.

O objetivo deste trabalho é monitorar os focos de calor ocorridos na região Sul do Brasil entre os anos de 2003 a 2007 e conhecer o padrão de distribuição e ocorrência temporal dos mesmos. Os dados de focos de calor considerados neste estudo correspondem exclusivamente, aos focos de calor do satélite MODIS/AQUA disponibilizados pelo CPTEC/INPE para o período de janeiro de 2003 até dezembro de 2007.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Focos de Calor**

Os focos de calor podem ter origem natural, quando são causados pelas condições meteorológicas (falta de chuva, baixa umidade, altas temperaturas), aliados com outras características locais como a cobertura vegetal. Podem ser de origem humana ou criminosa, quando desencadeados por ações humanas, geralmente aliadas a queimadas na agropecuária.

Segundo Martini et al (2007) os danos provocados pelos incêndios, além das perdas econômicas, causam outros efeitos adversos como danos ao solo, fauna e recursos hídricos, empobrecimento do solo, problemas de erosão, poluição atmosférica, redução da biodiversidade e alterações químicas da atmosférica. Estas alterações desencadeiam processos que geram a degradação ambiental associada à exploração inadequada dos recursos naturais.

Neste sentido a prevenção dos focos de calor assume importância especial na região Sul do Brasil, avaliando seus índices (frequência e magnitude), suas causas e conseqüências. Os aspectos naturais dessa região caracterizam-se por apresentar grandes áreas de florestas e campos, pastagens e áreas agrícolas. Dessa forma justifica-se a necessidade de analisar os focos de queimadas em sua dinâmica espaço-temporal voltadas ao suporte à prevenção de desastres naturais e eventos extremos para a região



Sul do Brasil e Mercosul, visando à mitigação destes fenômenos e de suas conseqüências junto à sociedade.

Destaca-se que o monitoramento dos focos de calor aliado ao monitoramento de variáveis meteorológicas possui grande importância na caracterização de regiões que apresentam potencialidades de ocorrência de incêndios (Martini, 2007).

## **2.2 Prevenção de Desastres Naturais**

Muitos dos desastres naturais não podem ser evitados, no entanto as atividades humanas podem aumentar ou diminuir os impactos gerados pelos desastres. Segundo Kobiyama et al. (2006) a redução do impacto se dá através da adoção de medidas preventivas que podem ser definidas como medidas estruturais e não estruturais. As medidas estruturais envolvem obras de engenharia, como as realizadas para a contenção de cheias, tais como: barragens, diques, alargamento de rios, reflorestamento, etc.; contudo, tais obras são complexas e caras. As medidas não-estruturais tais como sistemas de alerta e zoneamento ambiental e monitoramento, são de caráter educativo e também de planejamento e os seus resultados são obtidos a médio e longo prazo e sua aplicação permite uma análise concreta e uma melhor percepção do risco.

Os fenômenos naturais, em sua maioria, são de grande complexidade, impossibilitando medir e/ou analisar todas as suas partes e/ou etapas. Uma alternativa amplamente utilizada para suprir tais necessidades é a modelagem. Tendo identificado as áreas mais suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, os dados do monitoramento vão alimentar o modelo que permitirá realizar a simulação dos mesmos. Estas simulações, por sua vez, fornecem a magnitude e dimensão provável do fenômeno (KOBİYAMA et al., 2006).

## **2.3 Geotecnologias**

As geotecnologias, representadas pelo sensoriamento remoto, os sistemas de informação geográfica (SIG) e o sistema global de navegação por satélite (GNSS), representam novas possibilidades para o controle e manejo das queimadas, pois através do imageamento sistemático por sensores remotos instalados em satélites que orbitam

na terra, é possível se fazer a análise e detecção de uma área de interesse através da geração e produção dos dados que geram a informação.

As geotecnologias tornam possível a análise das informações assim como o processamento e visualização dos dados. As geotecnologias também fornecem ferramentas computacionais para determinar a evolução espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre os diferentes fenômenos.

Os planos preventivos para as queimadas envolvem uma grande quantidade de dados que precisam ser coletados, organizados, armazenados e analisados para serem transformados em informações passíveis de serem aplicadas no processo de prevenção. Salienta-se que esses dados são provenientes da Defesa Civil, imprensa, revistas; dados geoambientais provenientes de imagens de satélite, estações meteorológicas, mapas temáticos e de modelos hidro-meteorológicos; dados socioeconômicos: população, índice de pobreza, renda, saúde; dados de campo: questionários, avaliações de danos e prejuízos, entre outros.

### **3 MATERIAIS E MÉTODO**

Os planos preventivos para as queimadas envolvem uma grande quantidade de dados que precisam ser coletados, organizados, armazenados e analisados para serem transformados em informações passíveis de serem aplicadas no processo de prevenção do fenômeno.

Os dados utilizados nesse trabalho para a realização do monitoramento são disponíveis gratuitamente através do site [www.cptec.inpe.br/queimadas](http://www.cptec.inpe.br/queimadas). Assim, foram obtidos os focos de calor diários para os estados Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e posteriormente processados e analisados gerando tabelas, histogramas e gráficos. É importante mencionar que cada registro de foco de calor contém além das coordenadas geográficas do foco, uma série de informações tais como: data e hora de ocorrência do foco, o município ao qual pertence, o número de dias sem chuva, o tipo de vegetação afetada e a susceptibilidade.

### **4 RESULTADOS**

**4.1 Total anual de focos de calor:** o Estado do Paraná apresenta o maior número de focos de calor por ano para o período de 2003 a 2007, seguido por Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Figura 1). Sistemáticamente, o total anual de focos de calor registrados para Santa Catarina corresponde a aproximadamente 50% do total de focos registrados

para Paraná no mesmo período. O Rio Grande do Sul apresenta uma proporção igual com respeito a Santa Catarina para os anos de 2003, 2004 e 2006; no entanto, em 2005 ambos Estados apresentaram um número muito próximo de focos de calor (315 e 328 respectivamente) e em 2007, o total de focos do Rio Grande do Sul foi ligeiramente inferior ao de Santa Catarina (159– 196).

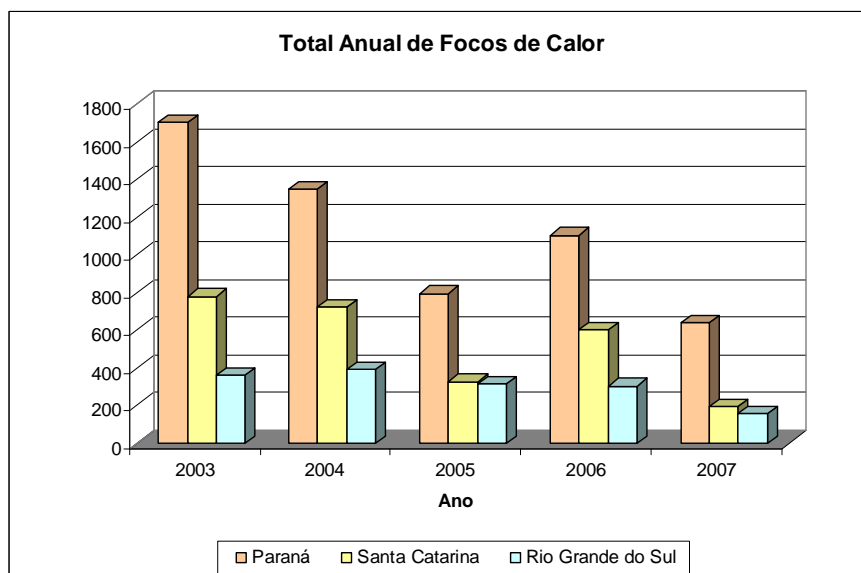


Figura 1. Total Anual de Focos para Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul

Ao analisar cada Estado isoladamente observa-se uma diminuição gradual do total de focos para o Paraná, com exceção do ano de 2006 que apresentou um aumento. O Estado de Santa Catarina apresenta o mesmo comportamento do Paraná, porém com uma menor variação entre um ano e outro. Rio Grande do Sul apresenta uma amplitude menor no total anual de focos de calor, sendo 2004 o limite superior (393 focos) e 2007 o limite inferior (159 focos).

**4.2 Média Mensal dos focos de calor:** Ao se fazer a média mensal dos focos de calor para os anos de 2003 a 2007 verificou-se que há uma ocorrência maior entre os meses de Julho a Novembro em todos os Estados com máximo para Santa Catarina e Rio Grande do Sul em Agosto e um pequeno desvio para o Paraná onde o pico acontece no mês de Setembro, salienta-se que nessa época os Estados apresentam as características climáticas de inverno e primavera (Figura 2).

Em uma análise preliminar pode-se destacar que a prática das queimadas nessa época é muito forte nos Estados da região Sul, pois é uma característica cultural. Devido aos tipos de usos e cobertura do solo desses Estados como campos, pastagens e lavouras, torna-se necessário renovar a plantação, dessa forma utilizam-se das

características climáticas dessa época (clima não muito quente e a vegetação ressecada pelas geadas) para realizar essa prática (Jacques, 2003).

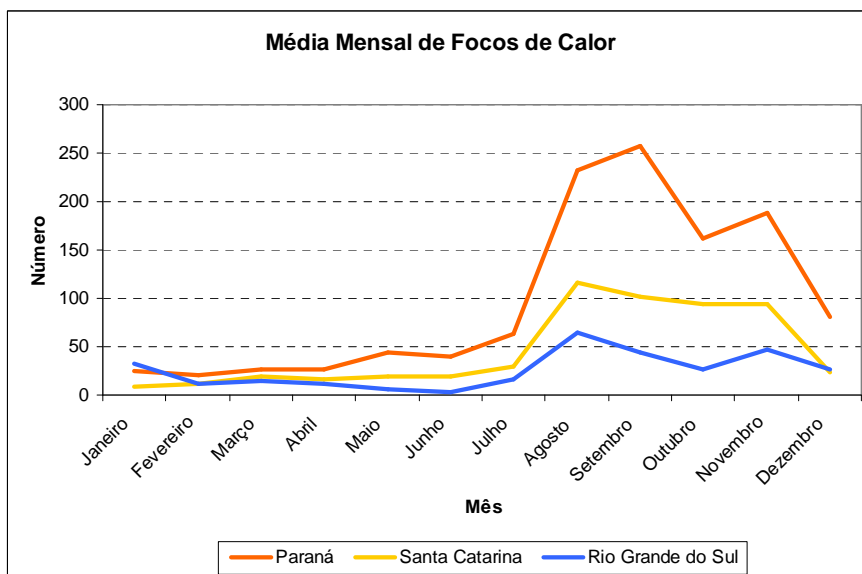


Figura 2. Média mensal dos focos de calor para cada Estado da Região Sul do Brasil

**4.3 Número mensal de focos de calor:** a análise do total mensal de focos de calor será realizada para cada Estado por separado, de maneira de poder conhecer e examinar as características intrínsecas de cada Estado para o período em estudo.

#### 4.3.1 Paraná

Os focos de calor no Paraná seguem a tendência geral de aumento nos meses de inverno e primavera, com os maiores índices iniciando no mês de Agosto (Figura 3). Nesta figura se observam dois valores extremos (*outliers*) o primeiro em Janeiro de 2004 e o outro em setembro de 2003.

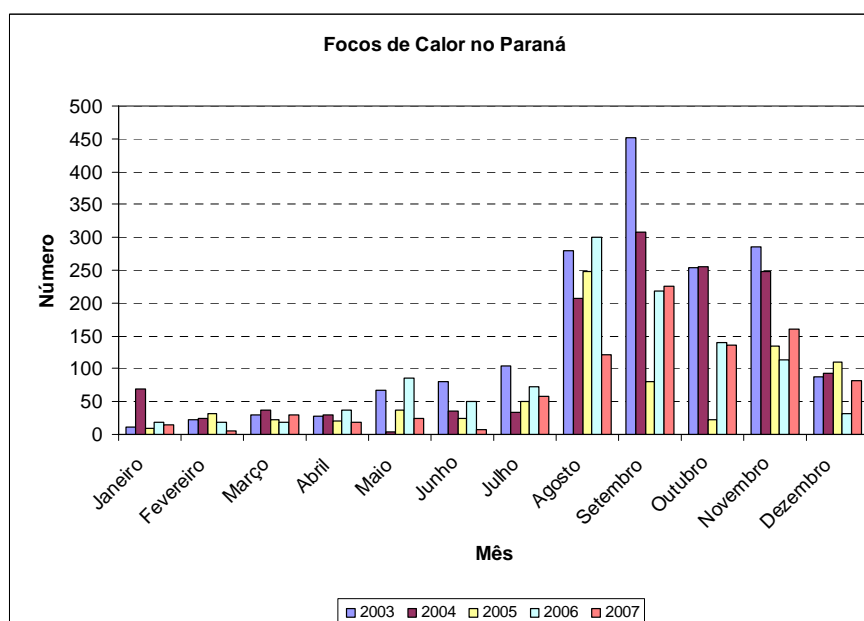


Figura 3. Focos de Calor registrados para Paraná entre 2003 e 2007

Em todos os anos analisados o município que mais contribuiu para os focos foi Prudentópolis. Uma das características desse município é a existência dos faxinais e também de áreas de reflorestamento, o que pode contribuir para o alto valor de focos de calor. Faxinal é um sistema de produção agrícola rudimentar e comunitário. Ele funciona mantendo uma área de mata nativa, que serve de criadouro comunitário, para pequenas criações (porcos, cabritos e galinhas, notadamente) e onde estão construídas as casas de seus moradores. No entorno dos faxinais é que acontece a atividade agrícola propriamente dita, as roças, quase sempre de milho, fumo ou soja (DOMINGUES, 1999).

Em relação ao número de focos de calor registrados em unidades de conservação federal e estadual no Paraná se observa que 2003 foi o ano que registrou mais focos nestas unidades. Por outro lado, as três unidades que apresentaram maior número de focos de calor em cada um dos anos analisados foram a Área de Proteção Ambiental estadual da Escarpa Devoniana com 117 ocorrências em todo o período, o Parque Nacional de Ilha Grande com 112 focos e a Área de Proteção Ambiental estadual da Serra da Esperança com 89 focos. A soma acumulada dos focos ocorridos nestas três unidades para o período de 2003 a 2007 corresponde a 87,60% do total de focos registrados em todas as unidades de conservação para este estado (363 focos).

#### 4.3.2 Santa Catarina

No Estado de Santa Catarina se observa um aumento brusco de mais de 50% no

número de focos de calor em Agosto em relação ao mês de Julho, para todos os anos analisados (Figura 4). O número elevado de focos de calor se mantém até Novembro, observando-se uma diminuição também brusca em Dezembro em relação ao mês anterior.

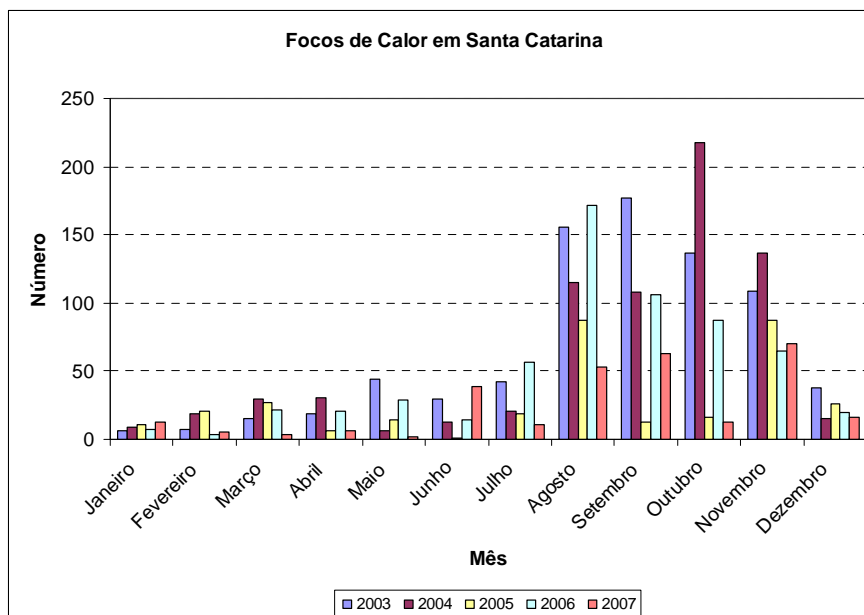


Figura 4. Focos de Calor registrados para Santa Catarina entre 2003 e 2007

O Estado de Santa Catarina apresenta uma heterogeneidade no que se refere aos municípios que contribuem para os índices de focos de queimadas, mas apresentam uma concentração espacial onde a maioria dos focos localiza-se nas regiões do Planalto Norte, Planalto Serrano e Meio Oeste.

O Planalto Norte é rico em florestas nativas e reflorestamentos, concentra-se o pólo florestal catarinense - o mais expressivo da América Latina, abrangendo indústrias madeireiras, moveleiras, de papel e papelão. No Planalto Serrano as principais atividades econômicas são a pecuária e a indústria florestal.

Já na região Meio-Oeste, localizada no centro do Estado, a atividade econômica está baseada na agroindústria, criação de bovinos e produção de maçã.

No que se refere à ocorrência de focos de calor em unidades de conservação federais e estaduais no Estado de Santa Catarina, foram registrados um total de 23 focos de calor em estas áreas de conservação no período de 2003 a 2007; no ano de 2005 não foi registrado nenhum foco de calor em unidades de conservação. Invariavelmente, o

Parque Nacional de São Joaquim foi o que apresentou o maior número de focos (14 focos, 87% do total) em todos os anos que foram registrados focos.

#### 4.3.3 Rio Grande do Sul

No gráfico de distribuição mensal de focos de calor para o Rio Grande do Sul se observa que o período de maior incidência de focos de calor também começa em Agosto, porém se estende até Dezembro. Outra feição deste gráfico que chama a atenção foi o altíssimo número de focos registrados em Janeiro de 2005, sendo ultrapassado somente por Agosto de 2003.

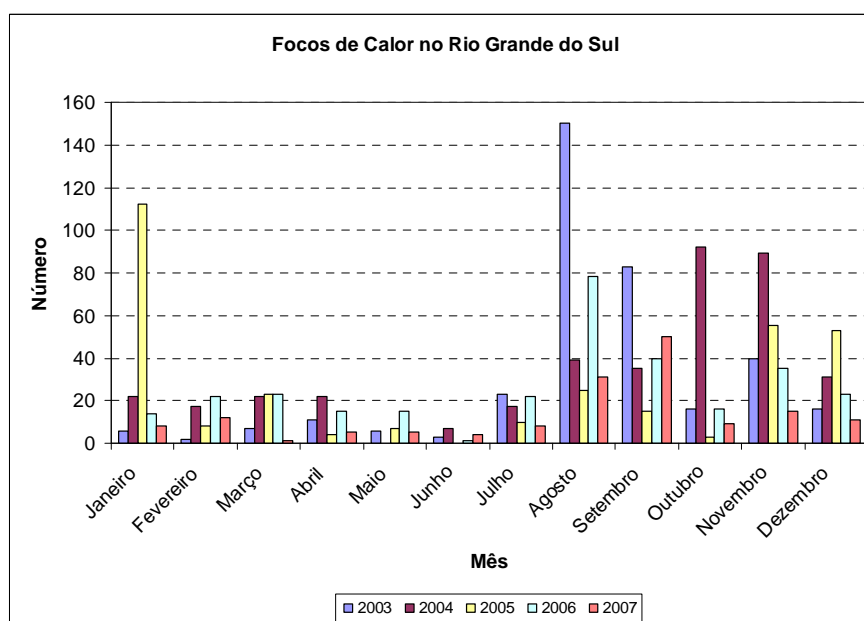


Figura 5. Focos de Calor registrados para Rio Grande do Sul entre 2003 e 2007

Ao analisar-se os focos de calor anuais no Estado (Figura 5), inclusive os valores extremos presentes no gráfico, verificou-se que os municípios que mais contribuem para os focos de calor foram São Francisco de Paula e Bom Jesus. Esses Municípios se localizam na região Nordeste do Rio Grande do sul, caracterizada pela presença do bioma Mata Atlântica. Neste bioma estão inseridos os Campos de Cima da Serra, no nordeste do Planalto. Tais campos se apresentam como encraves indissociados no domínio da Floresta com Araucária, formando extensos mosaicos de campo e floresta que caracterizam a paisagem típica da região.

Os focos de queimadas originados nessa área são oriundos das características de uso da terra, ou seja, o ciclo de exploração predatória das riquezas nativas no Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul iniciado no século XIX ainda permanece através da

modificação do bioma natural e o estabelecimento de novas espécies que causam os focos de calor.

O ano de 2005 apresenta uma característica distinta, pois os municípios que mais contribuíram foram Alegrete e Uruguaiana, o que pode ser causado pela estiagem que assolou o estado nesse ano. Como o nordeste do Estado, a região dos municípios de Alegrete e Uruguaiana encontra-se no bioma Pampa, que abrange os campos da região das Missões e parte do Planalto Médio, além de toda a metade sul do Estado. As principais produções são de agricultura e pecuária, além do reflorestamento. Dessa forma, os focos de queimadas originados nessa área são devido a essas formas de produção.

Durante o período em análise no presente trabalho foram registrados um total de 24 focos de calor em unidades de conservação federais e estaduais do Estado do Rio Grande do Sul. O Parque Nacional da Lagoa do Peixe e a Estação Ecológica do Taim, ambas as unidades de conservação estaduais, foram as que apresentaram o maior número de focos de calor dentro de seus limites, 8 focos em cada unidade, perfazendo 66,66% do total registrado.

## **5. CONCLUSÃO**

Apesar da diminuição no número de focos de calor na região sul do Brasil, as queimadas continuam acontecendo nos três Estados. Segundo a análise dos dados, os focos ocorrem nas mesmas regiões ou municípios ao longo dos anos.

Salienta-se que os focos de calor, foram originados em sua maioria devido à influência humana através da modificação da paisagem natural e às práticas de manejo realizadas durante a produção (agrícola, pecuária, pastagens, entre outras).

Muitas vezes as práticas de queimadas são necessárias para a manutenção das características naturais, como no caso dos campos que com exclusão de gado e queimadas que evoluem para predomínio de arbustos e talvez floresta, mas destaca-se a necessidade de monitoramento para que essa prática não evolua para um possível desastre natural.

O fácil acesso via Internet ao banco de dados do INPE/IBAMA e a utilização das geotecnologias, permitem a análise do padrão de distribuição e ocorrência temporal dos mesmos. O uso de focos de calor no monitoramento de queimadas permitiu identificar onde e quando as queimadas aconteceram na região a avaliar sua dinâmica temporal e



espacial.

Dessa forma destaca-se a extrema importância das informações obtidas através da análise dos dados, pois são de grande valia para a gestão dos eventos extremos e desastres naturais e auxiliam na tomada de decisões por parte de órgãos gestores além da busca permanente pela preservação do meio ambiente.

## **6. REFERÊNCIAS**

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de desastres humanos: desastres humanos de natureza tecnológica** – v. 2. – I parte / Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC). – Brasília: MI, 2003. 452p.

DOMINGUES, Z. HOFFMANN. **Hierarquização dos faxinais inscritos no cadastro estadual de unidades de conservação de uso especial, visando ao ICMS ecológico.** Curitiba, 1999. Dissertação (Mestrado). Setor de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. 143p.

JACQUES, A. V. A. **A queima das pastagens naturais** - efeitos sobre o solo e a vegetação. Revista Ciência Rural, v. 33, n. 1, jan-fev, p. 177 - 181,2003.

KOBIYAMA, M. et al (2006). **Prevenção de Desastres Naturais - Conceitos Básicos** Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006. 109p. : il., tabs.

MARTINI, L.; DEPPE, F.; LOHMANN, M. **Avaliação temporal de focos de calor no estado do Paraná (1999 a 2006)** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4477-4484

# AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR NO PERFIL TOPOCLIMÁTICO DO PARQUE ESTADUAL DE INTERVALES – SP, ENTRE AS ALTITUDES DE 150 A 950 METROS<sup>1</sup>

Emerson Galvani<sup>2</sup>, Nadia Gilma Beserra de Lima<sup>3</sup>, Sergio Serafini Junior<sup>4</sup>, Rogério Rozolen Alves<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Trabalho elaborado como parte das atividades do plano de manejo do Parque Estadual de Intervales (PEI), SP.

<sup>2</sup>Professor Dr. Departamento de Geografia, FFLCH-USP. E-mail: egalvani@usp.br

<sup>3</sup>Geóg. Mestranda em Geografia Física, FFLCH-USP. E-mail: nadia.lima@usp.br

<sup>4</sup>Geóg. Doutorando em Geografia Física, FFLCH-USP. E-mail: serafini@inavegar.org

<sup>5</sup>Técnico do LCB e Graduando em Geografia, FFLCH-USP. E-mail: rroz@usp.br

## Resumo:

Avaliou-se, neste trabalho, a temperatura do ar entre as cotas de 150 m a 950 m de altitude em um perfil topoclimático no Parque Estadual de Intervales, SP. Foram instaladas oito estações meteorológicas automáticas distribuídas ao longo do perfil. A relação entre temperatura do ar e altitude foi realizada por meio de modelo de regressão linear simples e os dados foram agrupados em três classes de altitude (superiores a 800m, entre 799 e 400 metros e inferior a 399 metros de altitude). O gradiente térmico da atmosfera no perfil topoclimático estudado foi de 4,11 °C, ou seja, 19,52 °C no ponto de altitude mais reduzida e de 15,41°C no ponto de altitude mais elevada. Considerando a variação altimétrica do perfil (950 – 150 m) que é de 800m obtém-se um gradiente atmosférico de 0,51 °C.100 m<sup>-1</sup>. A relação entre temperatura do ar e altitude apresentou elevada correlação, sendo possível estimar por meio de modelo de regressão linear simples a temperatura do ar, tendo como variável dependente a altitude. Foi possível identificar, em função dos dados de trabalho de campo no perfil topoclimático, a presença de três ambientes térmicos distintos, tendo como controle a altitude.

Palavras-chave: Altitude, temperatura do ar, cobertura vegetal.

## 1. Introdução

A variação vertical da temperatura do ar (gradiente) até os limites da troposfera apresenta uma redução em média de –0,65°C a cada 100 metros de elevação acima do nível da superfície (SELLERS, 1974). Isso ocorre por que a atmosfera é transparente a parte da radiação solar de onda curta e mais absorvente para radiação de onda longa terrestre (infravermelho). Também, associa-se a isso o fato de que a atmosfera torna-se mais rarefeita com a elevação acima da superfície. Assim, a atmosfera passa a ser aquecida a partir da superfície (aquecimento basal). Essa variação obviamente não considera particularidades da rugosidade próxima superfície do solo. Outras particularidades do uso do solo, como cobertura vegetal, cor, declividade e orientação das vertentes, entre outras, podem influenciar significativamente o perfil vertical de temperatura do ar.

Além das características da superfície a dinâmica atmosférica também influencia o gradiente térmico da atmosfera, por exemplo, em condições de estabilidade atmosférica,

preferencialmente, em fundos de vale pode ocorrer inversão térmica, ou seja, aumento da temperatura com a elevação acima do nível do solo, contrariando os princípios aqui descritos. Galvani *et al* (2005) trabalhando em um perfil do Parque Nacional de Itatiaia, RJ, entre as cotas 1800m e 2800m, perfazendo o perfil do Pico das Agulhas Negras, registrou um gradiente vertical de temperatura de  $-0,58^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ . Os autores observaram ainda que a cobertura vegetal é um importante controlador da temperatura do ar neste perfil e identificaram três possíveis ambientes: a) Ambiente entre as cotas 2760 a 2520 metros com temperaturas médias de  $10,2^{\circ}\text{C}$  (Rochedo); b) ambiente entre as cotas altimétricas de 2440 a 2330 metros com temperaturas médias de  $10,7^{\circ}\text{C}$  (campos de altitude) e; c) um terceiro ambiente com, temperaturas médias de  $13,5^{\circ}\text{C}$  entre as cotas 2180 a 1800 metros (Floresta Ombrófila Densa Alto Montana). Diversos outros pesquisadores da área da Agronomia também estudaram as relações entre temperatura do ar e a altitude, a saber: Alfonsi *et al.* (1974), Buriol *et al.* (1973), Buriol *et al.* (1974), Coelho *et al.* (1973), Pinto *et al.* (1972), Pinto e Alfonsi (1974), Sediya e Melo Júnior (1998), Oliveira Neto *et al.* (2002) e Cargnelutti Filho *et al.* (2006) entre outros. Basicamente, o objetivo desses trabalhos foi relacionar a temperatura do ar (máxima, média e mínima) com as coordenadas geográficas do local, em especial, latitude e altitude.

O objetivo deste trabalho é contribuir para o entendimento do perfil vertical da temperatura do ar e sua interação com a superfície terrestre em um perfil topoclimático localizado no Parque Estadual de Intervales (PEI), SP. Objetiva ainda avaliar o gradiente adiabático atmosférico neste perfil e propor um modelo de estimativa da temperatura do ar em função da altitude. A escolha da variação altimétrica como referência principal no estudo do microclima foi norteadada pela possibilidade de entendimento das variações de temperatura do ar que ocorrem em cada uma das cotas altimétricas escolhidas para este trabalho.

## **2. Material e método**

O Parque Estadual Intervales (PEI) localiza-se no Estado de São Paulo, ocupando uma área de 41.704,27 hectares (Figura 1). O PEI está situado na Serra de Paranapiacaba, entre os vales dos Rios Paranapanema e Ribeira do Iguape, e abrange parcialmente os municípios de Ribeirão Grande, Guapiara, Iporanga, Eldorado Paulista e Sete Barras. A sede do PEI localiza-se no município de Ribeirão Grande, a 270 km de São Paulo. O PEI faz divisa com outras Unidades de Conservação, formando conjuntamente com o Parque Estadual Carlos Botelho, o Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR)

e a Estação Ecológica de Xitué, o continuum ecológico de Paranapiacaba, um corredor de Mata Atlântica que supera os cerca de 120.000 hectares de área (SALLUN; SALLUN FILHO, 2008). Destaca-se, ainda por localizar-se dentro da APA da Serra do Mar e da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

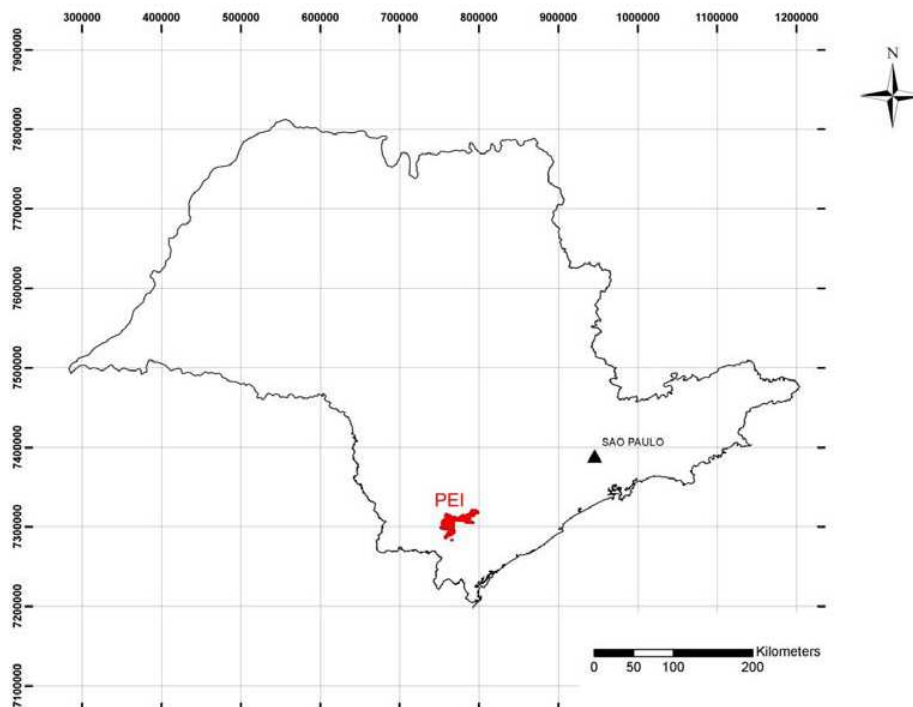


Figura 1: Localização do Parque Estadual de Intervales – PEI no contexto no estado de São Paulo, SP (Fonte: Sallun; Sallun, Filho, 2008).

As estações meteorológicas foram instaladas em um transecto compreendido entre as cotas 150 m (cota mínima possível de acesso) e 950 m (cota máxima). Ao total foram instaladas oito estações meteorológicas que registraram, em escala horária, os atributos temperatura e umidade relativa do ar. Os registradores (microloggers) foram programados para registros horários entre os dias 24/09 a 07/11/2006, totalizando mais de 1100 observações. Os sensores de temperatura do ar foram calibrados tendo como referência a estação meteorológica automática instalada no Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, USP.

As altitudes em que foram instaladas as estações foram: 950m, 810m, 700m, 590m, 480m, 370m, 260m e 150m de altitude, denominados de P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8, respectivamente. Na maioria dos pontos, o gradiente altimétrico entre os pontos foi de 110 m, onde isso não ocorreu foi devido a dificuldades na instalação nas estações. Preferencialmente, todas as estações foram instaladas em vertentes com orientação noroeste, com 1,5 m acima do solo e em dossel completamente fechado (ver detalhes

figura 2). Os dados foram transferidos para um computador e trabalhados em programa Gráfico.



Figura 2: Vista frontal do mini-abrigo meteorológico instalado na cota mínima de 150 metros acima do nível médio do mar – Parque Estadual de Intervales – PEI.

Os dados foram agrupados em três classes de altitude (superiores a 800m, entre 799 e 400 metros e inferior a 399 metros de altitude). O perfil topoclimático estudado pode ser visualizado na figura 3. Adotou-se como referência a distância a partir do ponto de cota máxima (P1), sendo o ponto da cota mínima (P8) localizado a 32 km de distância deste.

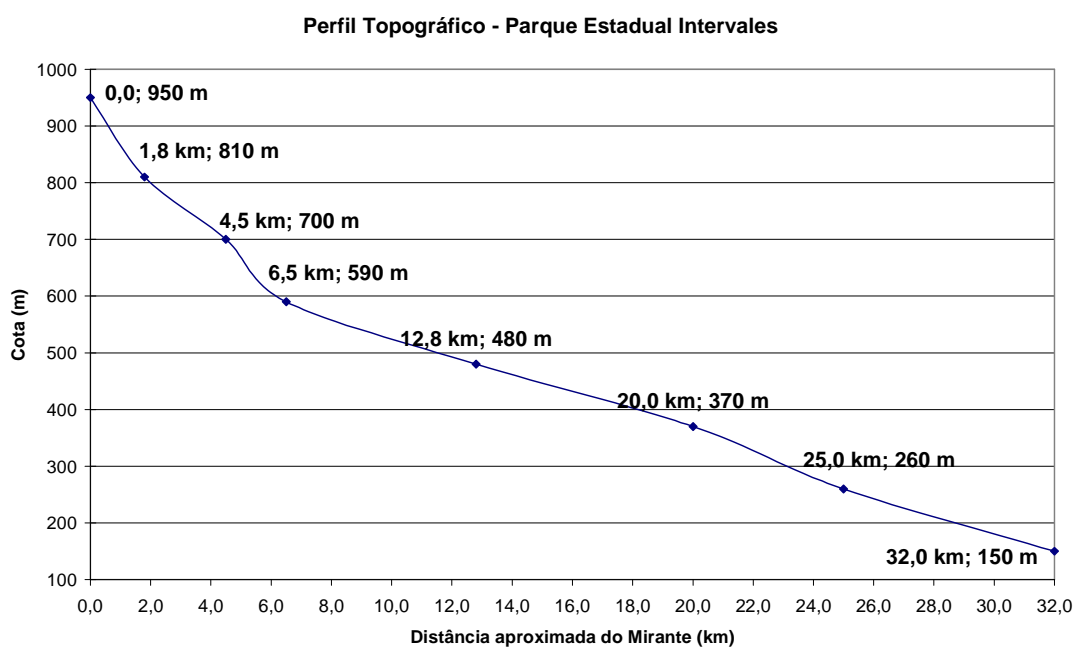


Figura 3: Perfil topográfico com as respectivas cotas altimétricas e a distância em relação o ponto de cota máxima – Parque Estadual de Intervales – PEI.

Os valores de temperatura média em cada ponto e cota altimétrica foram relacionados por meio de modelos de regressão linear simples onde a variável dependente foi a altitude.

### 3. Resultados e Discussão

O gradiente térmico da atmosfera no perfil topoclimático estudado foi de 4,11 °C, ou seja, 19,52 °C no ponto de altitude mais reduzida (P8) e de 15,41°C no ponto de altitude mais elevada (P1). Considerando a variação altimétrica do perfil (950 – 150 m) que é de 800m obtém-se um gradiente atmosférico de 0,51 °C.100 m<sup>-1</sup> (ver tabela 1). Esse valor encontra-se próximo daquele obtido na literatura. Percebeu-se após a análise e interpretação dos dados de temperatura do ar que a altitude é um importante controlador da temperatura do ar na área de estudo. Os valores máximos absolutos de temperatura do ar foram de 28,05 e 31,21 °C para as cotas de 950 e 150m, respectivamente e os valores de temperatura mínima absoluta foram de 7,41 e 10,63 °C para as cotas máximas e mínimas, respectivamente.

Tabela 1: Valores de temperatura média, Máxima e Mínima Absoluta para os pontos P1 com cota de 950 m e P8 com cota de 150 m – Parque Estadual de Intervalos.

	P1 (950 m)	P8 (150 m)	Diferença P8 – P1 (°C)	Gradiente em °C.100 m <sup>-1</sup>
Média	15,41	19,52	4,11	0,51
Máximo Absoluto	28,05	31,21	3,16	0,40
Mínimo Absoluto	7,41	10,63	3,22	0,40

A figura 4 apresenta a variação horária da temperatura do ar nos dois pontos extremos do perfil ao longo de todo o trabalho de campo. Observam-se períodos de maior proximidade entre as curvas de temperatura do ar nos pontos observados. Tal fato está associado a dois controles: o primeiro refere-se a períodos de maior nebulosidade, ou seja, aqueles dias com cobertura de céu encoberto, resultando em uma superfície mais homogênea em pontos com cotas altimétricas diferentes; o segundo diz respeito a ocorrência de inversão térmica no perfil estudado. Uma análise dos tipos de tempo e da circulação atmosférica ajudaria e compreender melhor este perfil.

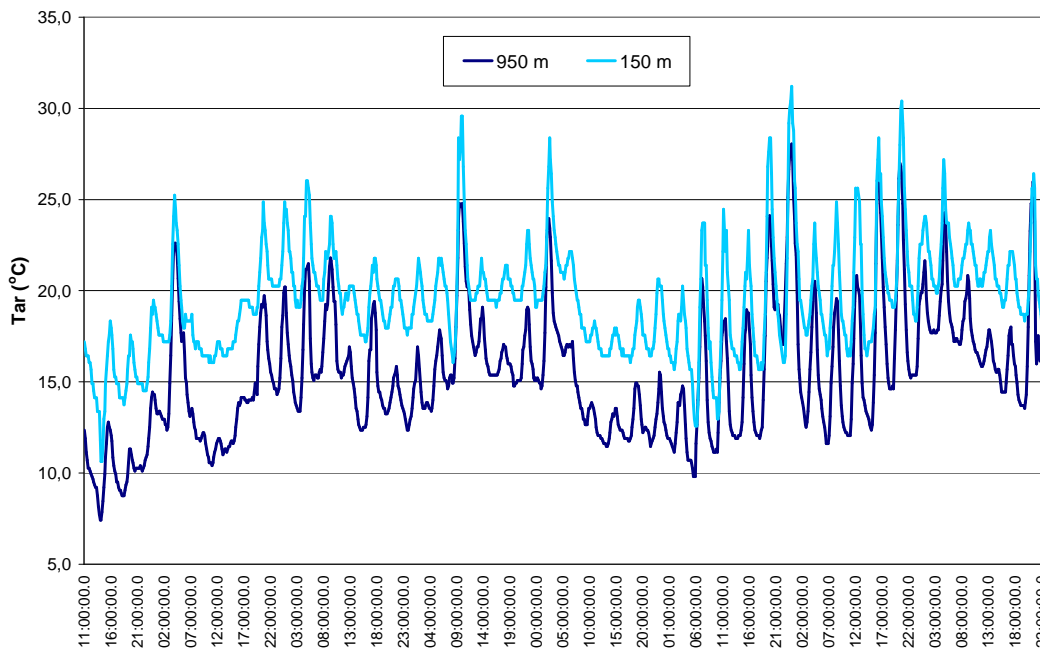


Figura 4: Temperatura do ar no perfil topoclimático do Parque Estadual de Intervales - 24/09 a 07/11/2006 para os pontos de cota máxima (P1=950 m) e cota mínima (P8=150 m).

Correlacionando os valores de temperatura média do ar de P8 com aqueles de P1 obtêm-se um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,84. Significa dizer que, em 84% das medidas os valores de temperatura do ar relacionaram-se com a circulação atmosférica em escala regional e nas demais observações (16%) os controles micro e topoclimáticos influenciaram mais significativamente nas medidas.

A figura 5 apresenta a curva média horária da temperatura do ar e o desvio absoluto para P8 e P1. Observa-se que P1 apresentou temperaturas inferiores a P8 em todas as horas do dia. O desvio absoluto médio ficou em torno de  $4^{\circ}\text{C}$ . A marcha horária do desvio absoluto indica nos horários entre o nascer do sol e a passagem meridiana os menores desvios absolutos entre P1 e P8.

A regressão linear entre o valor médio de temperatura do ar e a sua respectiva cota mostrou elevada correlação entre esses valores, sendo representado por:

$$\text{Tar} = -0,0052 * \text{Altitude (m)} + 20,4 \quad (\text{equação 1})$$

O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) da equação apresentada foi de 0,99. A representação gráfica da temperatura do ar média em cada ponto pode ser observada na figura 6.

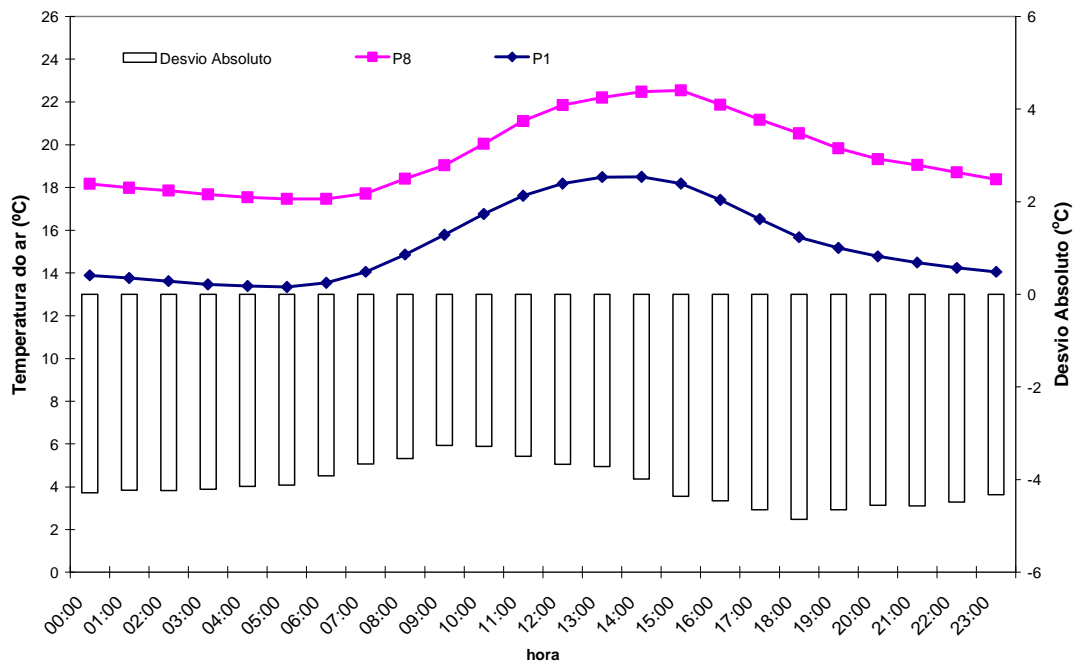


Figura 05: Temperatura do ar no perfil topoclimático do Parque Estadual de Intervalos - 24/09 a 07/11/2006 para os pontos de cota máxima (P1=950 m) e cota mínima (P8=150 m) e desvio absoluto entre os pontos.

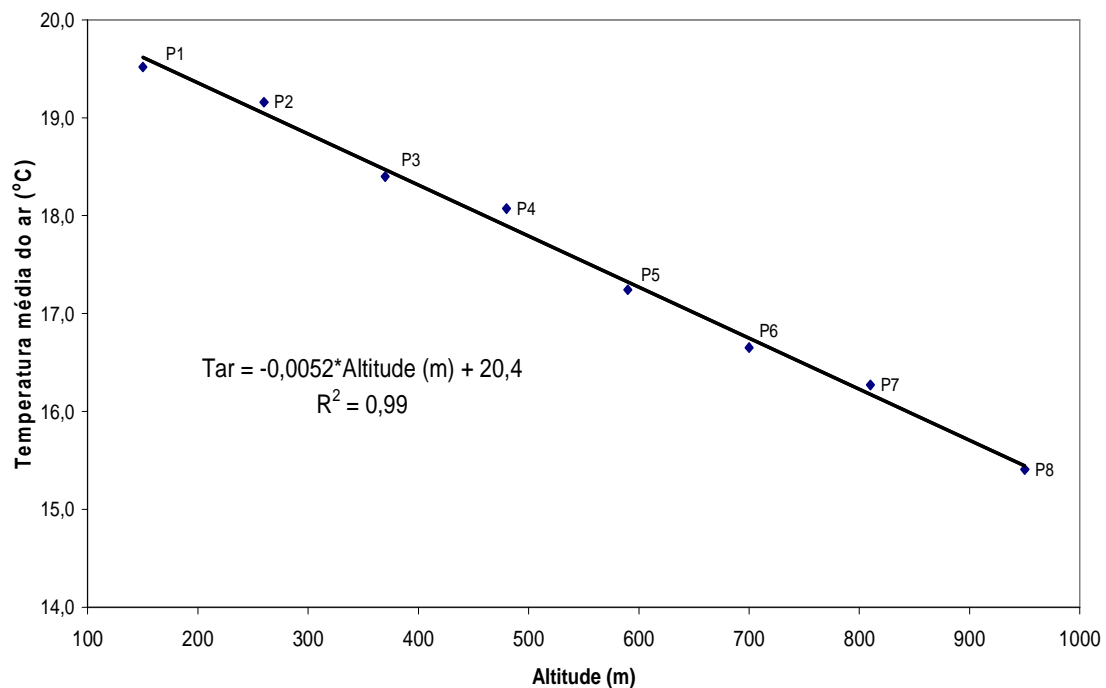


Figura 6: Relação entre temperatura média do ar e a altitude no perfil topoclimático do Parque Estadual de Intervalos – PEI.

A análise dos valores médios de temperatura do ar em cada ponto permite observar, em um primeiro momento três ambientes térmicos distintos, a saber:

- Ambiente térmico 01 (cotas superiores a 800 m de altitude): Ambientes mais frios, com temperaturas médias inferiores a 16 °C;



- Ambiente térmico 02 (cotas entre 799 e 400 m de altitude): Ambientes intermediários, com temperaturas médias entre 16 a 19 °C;

- Ambiente térmico 03 (cotas inferiores a 399 m de altitude): Ambientes mais quentes, com temperaturas médias acima de 19 °C.

A variação vertical da temperatura do ar neste perfil está condicionada a dois controladores do clima: a variação da altitude e a cobertura vegetal. Entretanto, distinguir qual dos controladores apresenta maior influência no perfil não é tarefa fácil. Se por um lado o gradiente adiabático atmosférico explica a redução da temperatura do ar, por outro, os ambientes com diferente cobertura vegetal, também o alteram. É fato que a análise somente dos valores médios de temperatura do ar pode não ser fidedigna para a realidade do perfil topoclimático em questão. Uma análise das amplitudes térmicas diárias e das temperaturas mínimas médias e absolutas poderá contribuir para um melhor entendimento da relação temperatura x altitude x vegetação. A figura 6 permite uma visualização desses ambientes térmicos.

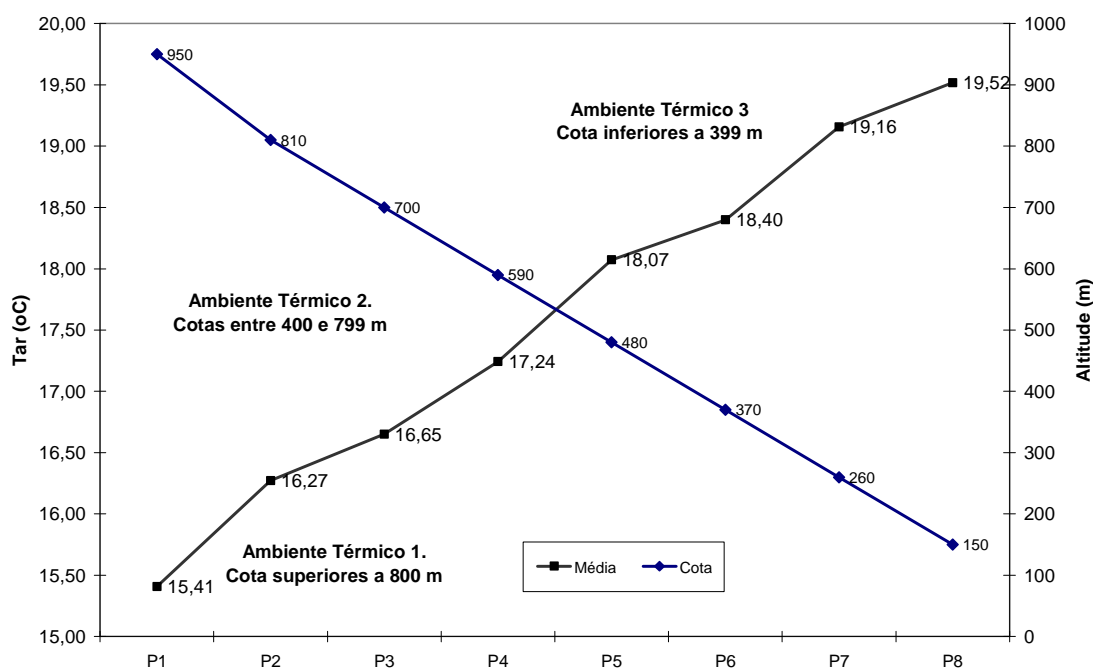


Figura 06: Perfil topoclimático indicando a cota (m) e temperatura média do ar nos oito pontos de medidas no perfil topoclimático do PEI.

#### 4. Conclusões

O gradiente atmosférico no perfil estudado é de  $0,51 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot 100 \text{ m}^{-1}$ , valor próximo daquele considerado médio teórico. A relação entre temperatura do ar e altitude apresentou elevada correlação, sendo possível estimar por meio de modelo de regressão linear simples a temperatura do ar, tendo como variável dependente a altitude. Foi possível

identificar, em função dos dados de trabalho de campo no perfil topoclimático, a presença de três ambientes térmicos distintos, tendo como controle a altitude.

## 5. Referências Bibliográficas

ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Estimativas das normais de temperaturas média mensal e anual do Estado de Goiás (BR) em função de altitude e latitude. *Caderno de Ciências da Terra*, v.45, p.1-6, 1974.

BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M.; PINTO, H.S. Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista do Centro de Ciências Rurais*, v.3, p.131-150, 1973.

BURIOL, G.A.; FERREIRA, M.; ESTEFANEL, V.; PIGNATARO, I.A.B. Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais do Estado de Santa Catarina. *Revista do Centro de Ciências Rurais*, v.4, p.81-102, 1974.

CARGNELUTTI FILHO, Alberto, MALUF, Jaime Ricardo Tavares, MATZENAUER, Ronaldo et al. Altitude and geographic coordinates in the ten-day mean minimum air temperature estimation in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Pesq. agropec. bras.* [online]. 2006, vol. 41, no. 6 [cited 2008-03-31], pp. 893-901. Available from: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2006000600001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2006000600001&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0100-204X. doi: 10.1590/S0100-204X2006000600001

COELHO, D.T.; SEDIYAMA, G.C.; VIEIRA, M. Estimativa das temperaturas médias mensais e anual no Estado de Minas Gerais. *Revista Ceres*, v.20, p.455-459, 1973.

GALVANI; E., CATARUCCI, A. F. M.; CONICELLI, B. P. *et al.* Avaliação da temperatura do ar no perfil topoclimático do Pico das Agulhas Negras, RJ – Cota 1800 a 2760 metros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4, CD-Rom... Sociedade Brasileira de Biometeorologia, Ribeirão Preto, 2006.

OLIVEIRA NETO, S.N. de; REIS, G.G. dos; REIS, M. das G.F.; LEITE, H.G.; COSTA, J.M.N. da. Estimativa de temperaturas mínima, média e máxima do território brasileiro situado entre 16 e 24° latitude sul e 48 e 60° longitude oeste. *Engenharia na Agricultura*, v.10, p.8-17, 2002.

PINTO, H.S.; ALFONSI, R.R. Estimativa das temperaturas médias, máximas e mínimas mensais no Estado do Paraná, em função de altitude e latitude. *Caderno de Ciências da Terra*, v.52, p.1-28, 1974.

PINTO, H.S.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. Estimativa das temperaturas médias mensais do Estado de São Paulo em função de altitude e latitude. *Caderno de Ciências da Terra*, v.23, p.1-20, 1972.

SALLUN, A. E. M.; SALLUN FILHO, W. Geologia. In: Relatório Preliminar para Elaboração do Plano de Manejo do Parque Estadual de Intervalos – PEI. Versão disponível em: <http://www.fflorestal.sp.gov.br/planodemanejo/default.asp> (acesso em 31/03/2008).

SEDIYAMA, G.C.; MELO JÚNIOR, J.C.F. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no Estado de Minas Gerais. Engenharia na Agricultura, v.6, p.57-61, 1998.

SELLERS, W.D. Physical Climatology. Chigago: The University of Chicago Press, 1974. 272p.

VAREJÃO-SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. INMET: Brasília, 2000. 515p.

# **AVALIAÇÃO DA MUDANÇA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COM O USO DE GEOTECNOLOGIAS E SEUS REFLEXOS NA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA ÁGUA TIRADA - TRÊS LAGOAS MS/ BRASIL**

Franciele GONÇALVES

Discente de Graduação em Geografia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul  
UFMS – Três Lagoas MS, bolsista PET/Geografia e membro pesquisadora do  
DIGEAGEO – Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias (UFMS  
&CNPq) E-mail: franciele\_ufms@yahoo.com.br

Cesar Cardoso FERREIRA

Discente de Graduação em Geografia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul  
UFMS – Três Lagoas MS, bolsista PET/Geografia e membro pesquisador do  
DIGEAGEO – Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias (UFMS  
&CNPq) E-mail: cesar\_ufms\_cptl@yahoo.com.br

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Patrícia Helena MIRANDOLA-AVELINO

Professora Adjunto da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul UFMS – Três  
Lagoas MS, líder do DIGEAGEO – Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de  
Geotecnologias (UFMS &CNPq) e membro do GEEPI – Grupo de Estudos Estratégicos  
e Planejamento Integrado (UFMT & CNPq ) E-mail: patricia\_geografia@solo.com.br

## **RESUMO**

A presente pesquisa é resultado de um projeto de pesquisa cujo objetivo pauta-se em avaliar como o uso do solo pode interferir na qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Córrego da Água Tirada a partir do uso integrado das geotecnologias (geoprocessamento, sensoriamento remoto, GPS e Sistemas de Informação Geográfica) e de análises físico/químicas da água.

O procedimento metodológico pautou-se no processamento digital das imagens, realizado em um ambiente de sistemas destinados à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados, ou seja, em um SIG (Sistema de Informação Geográfica), para isso, executaram-se as seguintes etapas: elaboração da melhor composição colorida e realce, registro, segmentação, classificação supervisionada, elaboração de mapas temáticos e quantificação dos temas.

Os indicadores de qualidade da água analisados foram: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura.

Obtiveram-se como resultados ou produtos da pesquisa, cartas de hidrografia e de uso e ocupação do solo, assim como, o diagnóstico da qualidade da água coletada. Esses dados foram cruzados, apontando então a interferência do uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Água Tirada na qualidade da água.

Conclui-se com a pesquisa que o uso conjugado das geotecnologias é elemento essencial para determinar o tipo de uso e ocupação do solo em toda extensão da Bacia Hidrográfica, tornando-se possível estabelecer as zonas de influência sobre cada ponto de medição da qualidade da água, de modo a subsidiar o planejamento do uso do solo e do manejo sustentável dos recursos hídricos da área em questão.

**Palavras chave:** Geotecnologias; uso e ocupação do solo; qualidade da água.

## **ABSTRACT**

This paper is result of a research project, of which, aims is to assess how the use of the land may interfere in the quality of water in the Drainage Basin Água Tirada from the integrated use of

geotecnologias (geoprocessamento, sensoriamento remoto, GPS e Sistemas de Informação Geográfica) e análises físicas / químicas da água.

A metodologia foi baseada no processamento digital das imagens, realizado em ambiente de sistemas para aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados, ou em um SIG (Sistema de Informação Geográfica) para isso, executando os seguintes passos: escolha da melhor composição de cores e realce, registro, segmentação, classificação supervisionada, preparação de mapas temáticos e quantificação das classes temáticas.

Os indicadores de qualidade da água analisados foram: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura.

Como resultados ou conclusões da pesquisa, foram elaborados um mapa hidrográfico e o uso e ocupação do solo, bem como o diagnóstico da qualidade da água coletada. Esses dados foram cruzados, apontando a interferência do uso e ocupação do solo na qualidade da água da Bacia de Drenagem Água Tirada.

É com a pesquisa que o uso conjunto das geotecnologias é essencial para determinar o tipo de uso e ocupação do solo durante a extensão da Bacia de Drenagem, tornando possível estabelecer as zonas de influência em cada ponto de medição da qualidade da água, a fim de subsidiar o planejamento do uso e gestão sustentável dos recursos hídricos da área em questão.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento; uso e ocupação do solo; qualidade da água.

## 1-Introdução

Tem-se a bacia hidrográfica como unidade de estudo, pois dentre outros motivos, esta mantém uma relação estreita entre os componentes do ambiente e a atividade antrópica, ficando então evidenciada a necessidade de analisar as alterações ocorridas e quais as influências na unidade de estudo, em especial as alterações nos recursos hídricos, quanto à qualidade da água, uma vez que a existência e qualidade da água dependem de como os outros componentes do ambiente são manejados.

Assim é de suma importância pensar no uso equilibrado do solo, pois na bacia a integração e modificação são sentidas por todos os proprietários ou ocupantes desta, podendo causar reflexos negativos tanto ambientais, sociais, como econômicos.

Neste contexto, a tecnologia dos Sistemas Geográficos de Informação (SIG) vem se estabelecendo como uma ferramenta de rotina para a visualização e análise de informações espaciais, sendo utilizada em aplicações como, cartografia de uso do solo, análise e planejamento de transportes, análise geodemográfica, cartografia de redes de infra-estruturas e em diversas aplicações de gestão de recursos naturais.

Destaca-se também, as geotecnologias que são um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento e análise de informações georreferenciadas, estas são compostas de hardware, software (SIG) e usuário que juntas se constituem em poderosas ferramentas para tomada de decisão.

O presente trabalho é resultado de um projeto de pesquisa do Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Brasil

cujo objetivo pautou-se em avaliar como o uso do solo pode interferir na qualidade da água na Bacia Hidrográfica Água Tirada a partir do uso integrado das geotecnologias (geoprocessamento, sensoriamento remoto, GPS e Sistemas de Informação Geográfica) e de análises físico/químicas da água.

Com base na carta topográfica do DSG (Divisão de Serviço Geográfico) Folha Três Lagoas - MS delimitou-se a bacia, tendo como limites os divisores d'águas. A Bacia hidrográfica Água Tirada é afluente da margem direita do Rio Sucuriú, o qual deságua na margem direita do Rio Paraná, à montante do reservatório da usina hidrelétrica Eng<sup>o</sup> Souza Dias (Jupiá). Esta encontra-se inteiramente no município Três Lagoas, o qual está localizado na porção leste do Estado do Mato Grosso do Sul, e localiza-se entre os paralelos 20° 30'S e 20°38'51''S e os meridianos 51°51'21''W e 52°02'18'' W, e ocupa uma área de 191 Km<sup>2</sup>.

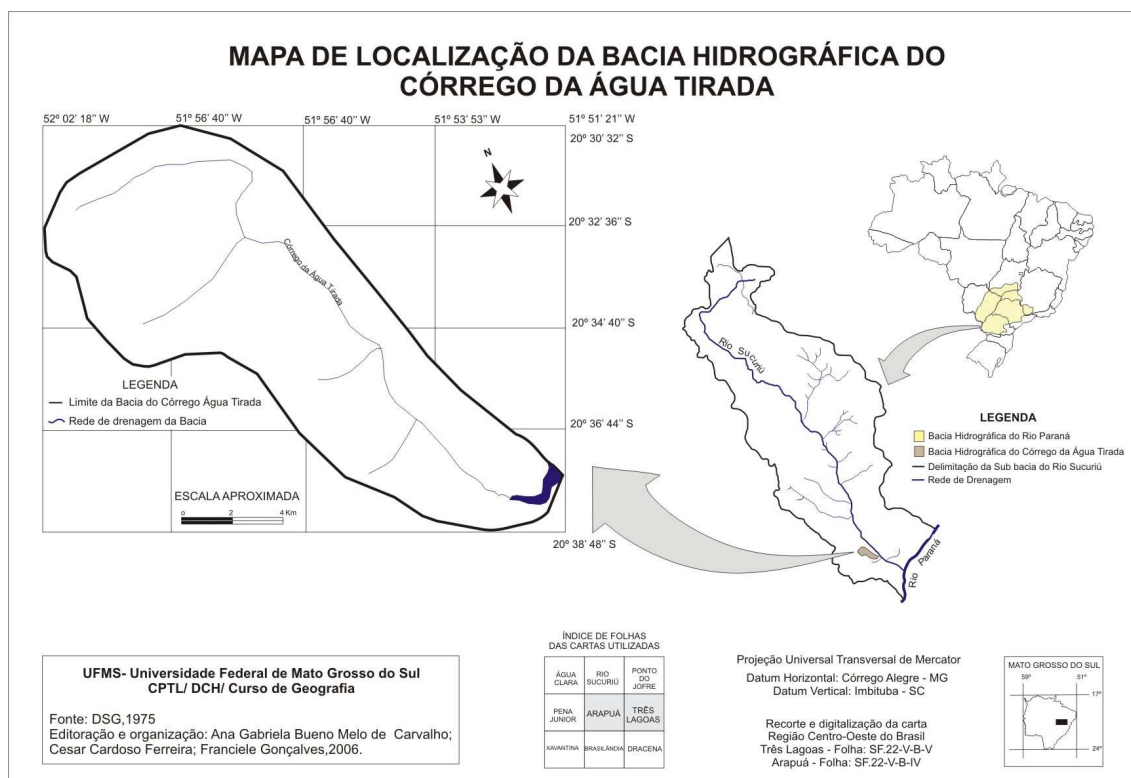


Figura 1: Localização da área de estudo

## 2-Referencial teórico

A Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política de Recursos Hídricos na qual se adota a Bacia hidrográfica como unidade de estudo da interação

entre a rede de drenagem e as populações locais, o que envolve o uso desses recursos e os impactos das atividades humanas para os usos múltiplos atuais e futuros da água.

Sendo assim a bacia hidrográfica é uma área limitada por divisores de água, dentro da qual são drenados os recursos hídricos, através de um curso de água, como um rio e seus afluentes. A área física, assim delimitada, constitui-se em importante unidade de planejamento.

Segundo MENDONÇA,1999. “A identificação da ocupação (elementos naturais) e usos (derivados das atividades humana) do solo constitui-se em importantíssimo elemento num estudo ligado à temática ambiental, pois o mais atualizado sobre uma determinada localidade auxiliará, dentre outros, a identificar e localizar os gentes responsáveis pelas condições ambientais da área”.

Nessa perspectiva, os Sistemas Geográficos de Informação e o Sensoriamento Remoto, vêm se impondo como uma importante ferramenta de rotina para a visualização, a análise da informação espacial.

Sistemas de Informação Geográfica “SIGs” são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la [Aro89, Bul94]. SIGs comportam diferentes tipos de dados e aplicações, em várias áreas do conhecimento. (CAMARA, 1996. p.21)

Para caracterizar a qualidade da água, são utilizados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e representam impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. Nesta mesma perspectiva BRIGANTE, et al (2002) destaca que:

As condições da água de um rio normalmente são afetadas pela forma de uso e ocupação do solo pelo homem, como também pela quantidade de resíduos que são lançados em suas águas. Portanto, conhecer as características da água é conhecer o grau de perturbação que esse rio possa estar sofrendo. (p.23)

Os principais indicadores de qualidade da água que serão analisados e discutidos no trabalho serão: pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido e temperatura, esses dados serão coletados em visitas in loco com o auxílio de equipamento próprio.

Os usos e as formas de ocupação do solo os principais fatores que contribuem, para a degradação dos recursos hídricos, através da disponibilização de resíduos orgânicos e compostos químicos de atividades antrópicas.

### **3-Materiais e métodos**

Para atingir os objetivos da pesquisa foram utilizadas imagens do satélite CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) bandas 2, 3 e 4 do ano de 2007 e imagem de radar SRTM (Shuttle Radar Topography) do ano de 2000. Utilizou-se também um receptor GPS (Sistema de Posicionamento Global), para georreferenciar e demarcar os pontos de coleta da água na imagem, câmera digital para registros fotográficos, software SPRING<sup>®</sup> 4.3 (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), CorelDraw<sup>®</sup> 12, Word<sup>®</sup> e Excel<sup>®</sup>, além da utilização de documentos base como a carta topográfica do DSG (Divisão de Serviço Geográfico) Folha Três Lagoas que está na projeção UTM (Universal Transversa Mercator), datum Córrego Alegre na escala de 1:100.000.

O procedimento metodológico pautou-se no processamento digital da imagem, realizado em um ambiente de sistemas destinados à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados, ou seja, em um SIG (Sistema de Informação Geográfica), para isso, neste executaram-se as seguintes etapas: elaboração da melhor composição colorida e realce, registro, segmentação, classificação supervisionada, elaboração do mapa temático com quatro classes de uso do solo, sendo elas: solo exposto, pastagem, mata e água, a partir dessas classes temáticas quantificou-se os temas.

Os indicadores de qualidade da água analisados e discutidos no trabalho foram: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura, esses dados foram coletados em visitas in loco com o auxílio de equipamento próprio. Para tanto foram usados um pHmetro PHTEK, um condutímetro TECNOPON, modelo mCA 150p, série 4417/508 e um oxímetro digital Lutron DO-5510.

### **4-Resultados**

Obtiveram-se como resultados ou produtos da pesquisa, a carta de uso e ocupação do solo, assim como, o diagnóstico da qualidade da água coletada. Esses dados foram cruzados, apontando então a interferência do uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Água Tirada na qualidade da água do curso hídrico.

#### **4.1-*Uso e ocupação do Solo***



Para o mapeamento do uso e ocupação do solo realizou-se o processamento digital de imagens orbitais do sensor CCD do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS). Com a análise visual de gabinete/campo e segmentação da imagem CBERS com similaridade de 2 pixels e área 4 de pixel, determinou-se que o mapa temático apresenta quatro classes de uso do solo, sendo elas: solo exposto, pastagem, mata e água (Ver Figura 2).

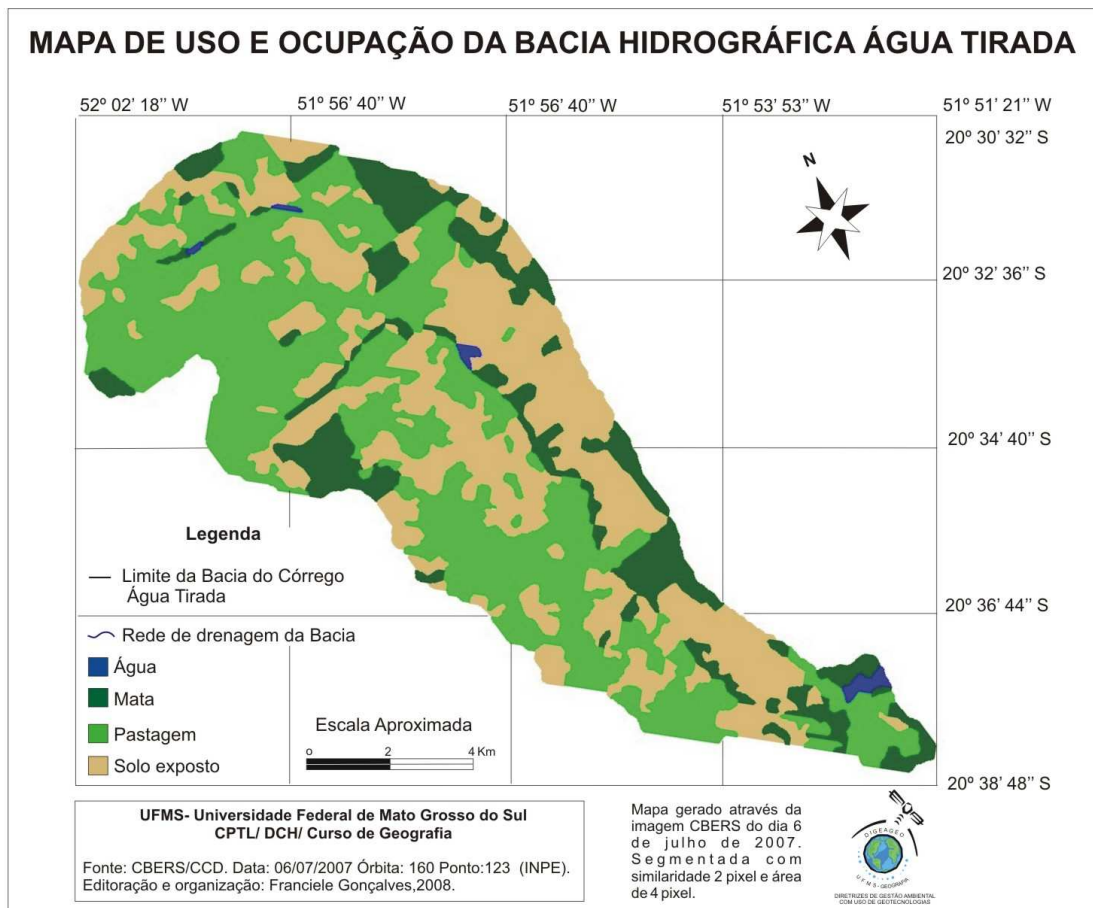


Figura 2: Mapa de uso e ocupação do solo.

No mapa temático percebe-se também que, predominam as classes temáticas de solo exposto e pastagem. Além disso, nota-se em grande parte da rede de drenagem a existência de mata ciliar. (Ver foto 1 e 2).



Foto 1: Mata ciliar. Fonte Gonçalves, 2008.

Foto 2: Mata ciliar. Fonte Gonçalves, 2008.

Em relação à classe temática água, que foi mapeada principalmente na foz do córrego da Água Tirada, devido a essa área ter influencia da construção do reservatório da Usina Hidrelétrica Eng° Souza Dias, a qual elevou o nível da água. Além dessa represa, outros açudes foram construídos no decorrer da drenagem principal da bacia, tais açudes servem de auxílio para agropecuária, fornecendo com maior facilidade água para o gado. (Fotos 3 e 4)



Foto 3: Açude. Fonte Gonçalves, 2008.



Foto 4: Açude. Fonte Gonçalves, 2008.

Por meio da quantificação das classes temáticas, é tomada a análise estatística da área de estudo. Os levantamentos estatísticos mostram claramente a predominância das classes temáticas de pastagem e de solo exposto, somando-os obtém-se mais de 110 km<sup>2</sup> da área da bacia. (Ver Quadro 1)

<b>QUANTIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO – CBERS 2007</b>		
<b>CLASSES</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Mata	20.9232	15,83
Solo exposto	51.0624	38,63

Água	0.8496	0,64
Pastagem	59.3424	44,90
<b>TOTAL</b>	<b>132.1776</b>	<b>100</b>

Quadro 1: Quantificações do uso e ocupação do solo. Fonte GONÇALVES, 2008.

Na quantificação das classes temáticas apresentou-se as seguintes porcentagens: pastagem com área total de 44,9%, da área da Bacia, em seguida a classe de solo exposto com 38,63%, em menor porcentagem, mas não menos significativo 15,83 % da bacia é preservada na presença de reservas e mata ciliar em seguida a classe temática água com 0,64% da área da bacia, representada pelos espelhos d'água, açudes e várzeas.(Ver Gráfico 1)

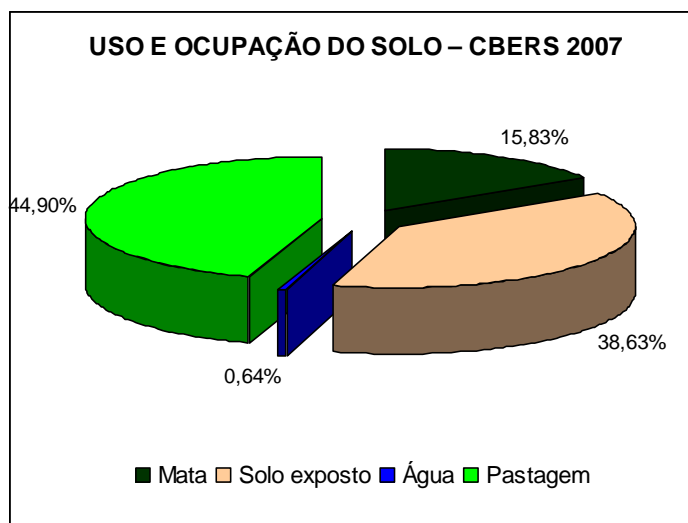


Gráfico 1: Porcentagem do uso e ocupação do solo.

#### 4.2- Análise da qualidade da água

A área de estudo foi classificada segundo sua hierarquia fluvial, para Horton *apud* Christofolletti (1980), os critérios para ordenação dos cursos de água são: os canais de 1ª ordem são os que não possuem tributários, os de 2ª ordem recebem apenas os tributários de 1ª ordem e os de 3ª ordem podem receber um ou mais tributários de 2ª ordem, mas também podem receber os de 1ª ordem, e assim segue a seqüência hierárquica dos rios. Assim sendo o Córrego da Água Tirada classifica-se com um canal de segunda ordem, já que recebe afluência de três outros córregos de primeira ordem.

Nesse sentido decidiu-se que as amostras seriam coletadas em campo conforme a influencia da rede de drenagem em cada ponto de coleta para o entendimento espacial do índice de qualidade da água. Tais amostras foram coletadas nos afluentes do canal principal, e também antes e depois de onde esses tributários desaguavam. (Ver figura 3)

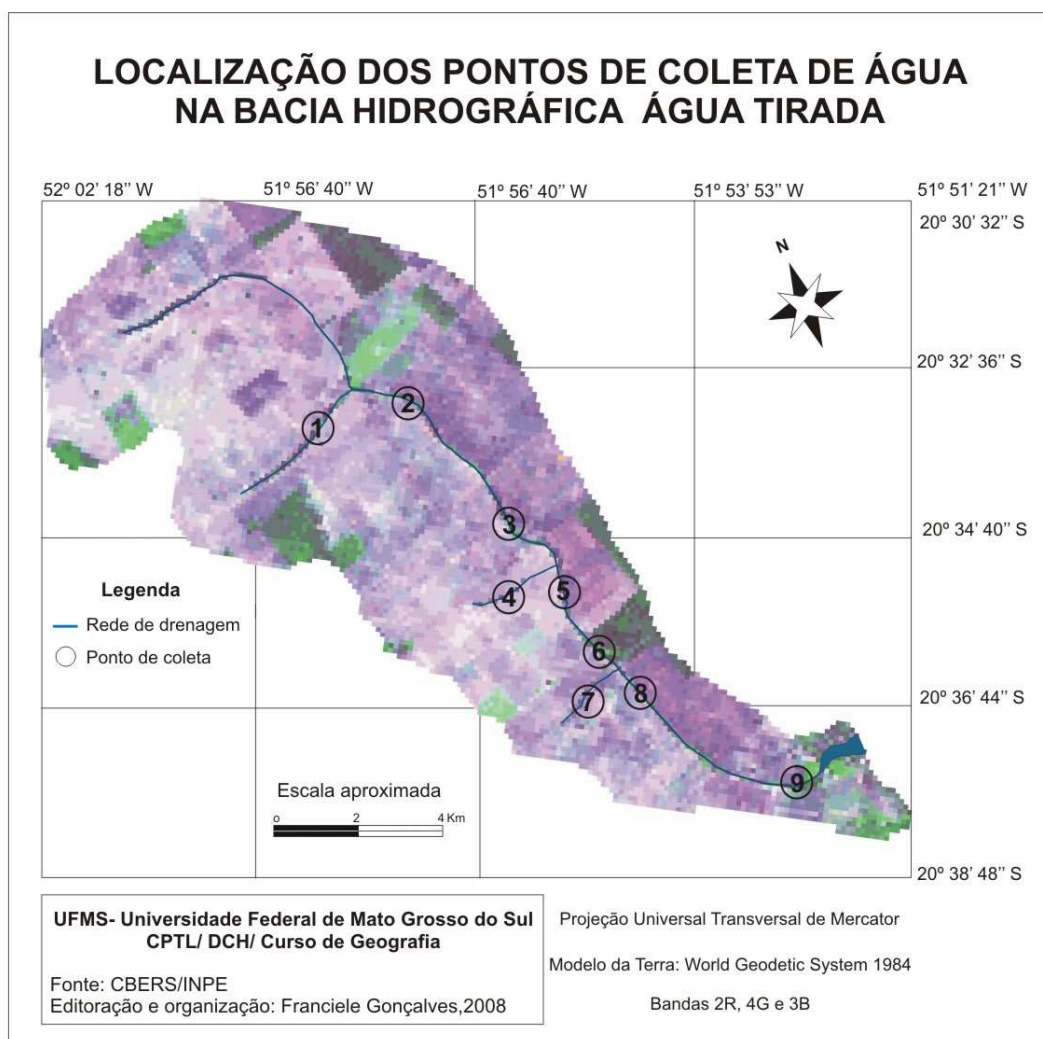


Figura 3: Localização dos pontos de coleta.

Próximo as nascentes, do ponto de amostragem 1 ao ponto de amostragem 3 há um manejo adequado no uso do solo, notou-se em campo que nessas áreas são realizadas a rotação de pastagem, técnica que possibilita o descanso do solo e da própria cultura que é utilizada na criação de gado, atividade extensiva que ocupa grande parte da área da bacia estudada, essa técnica conservacionista evita a exposição total do solo, consequentemente prevenindo o ambiente de possíveis processos de erosão e assoreamento.

Com os dados de campo das amostras de água, constatou-se pouca diferença nos parâmetros físicos e químicos, isso se deve a homogeneidade do uso e ocupação do solo. (ver quadro 2)

Ponto de coleta	Horário da Coleta	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	pH	Condutividade (µs/cm)	Oxigênio dissolvido (mg/dl)
P1	8:48	33,0° C	28,1°C	6,1	15 µs/cm	8,2 mg/dl
P2	9:33	34,0° C	26,1°C	6,9	24 µs/cm	10,8 mg/dl

<b>P3</b>	12:40	36,1° C	29,7°C	7,4	20 $\mu\text{s/cm}$	15,2 mg/dl
<b>P4</b>	12:00	32,8° C	32,4°C	8,0	7 $\mu\text{s/cm}$	11,5 mg/dl
<b>P5</b>	14:30	33,0° C	28,2°C	7,1	28 $\mu\text{s/cm}$	9,8 mg/dl
<b>P6</b>	18:10	29,4° C	28,3°C	7,0	18 $\mu\text{s/cm}$	20,0 mg/dl
<b>P7</b>	17:00	35,4° C	30,5°C	7,5	16 $\mu\text{s/cm}$	10,5 mg/dl
<b>P8</b>	17:46	26,0° C	26,7°C	7,4	21 $\mu\text{s/cm}$	11,9 mg/dl
<b>P9</b>	19:39	28,6° C	28,4°C	7,8	22 $\mu\text{s/cm}$	13,4 mg/dl

Quadro 2: Dados de coleta

O parâmetro que apresentou diferença mais relevante nas amostras foi a condutividade elétrica, com amplitude de 21  $\mu\text{s/cm}$ . O transporte de eletricidade em soluções é feito por corpos eletricamente carregados denominados íons. Quanto maior o número de íons em solução, mais fácil será a condução da eletricidade através do líquido. A condutividade elétrica deste dependerá diretamente da concentração dos eletrólitos, representados na água natural quase exclusivamente pelas substâncias nutritivas. Deste modo, os valores de condutividade elétrica nos remetem a informações sobre a concentração total dessas substâncias. Os valores de condutividade elétrica são ótimos indicadores da existência de matéria orgânica e nutrientes na água.

Em relação ao pH pouca alteração foi constatada nas amostras em campo. Nesse parâmetro o cálculo de amplitude foi de 1,9, caracterizando pouca alteração na rede de drenagem da bacia estudada. O pH representa a concentração de íons e hidrogênio  $\text{H}^+$  indicando o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Os valores de pH podem variar entre 0 e 14, nos corpos aquáticos variam entre 3 e 9.

Segundo VON SPERLING, 1996 os valores de pH afastados da neutralidade podem comprometer a vida aquática. Nesta perspectiva, as amostras coletadas na bacia hidrográfica Água Tirada não demonstram valores de pH afastados da neutralidade, representando um aspecto positivo deste indicador, com relação a qualidade da água na bacia hidrográfica estudada.

Os dados de temperaturas da água medidos em campo mantiveram-se medianas, visto que a média local foi de 28,7° C, sendo a máxima absoluta do dia 32,4° C encontrada no ponto 4, localizado e mapeado na classe temática de solo exposto. Acredita-se que tal temperatura pode ser caracterizada principalmente pela falta de sombreamento na área do ponto de coleta, pois como nota-se no mapeamento a ausência de cobertura vegetal nesta área.

Os valores relativos à quantidade de oxigênio dissolvido no Córrego Água Tirada encontram-se de 8,2 mg/dl a 20,0 mg/dl, com, amplitude de 11,8 mg/dl, onde sua maior concentração encontra-se no ponto 4, com 20 mg/dl. Tal resultado está relacionado com a velocidade da água acentuada nesta área de coleta. Essa velocidade

pode ser interpretada como um fator físico de dissolução do oxigênio. O oxigênio é um gás dissolvido na água, constantemente utilizado para caracterização de sistemas aquáticos, as principais fontes de oxigênio é a atmosfera e a fotossíntese.

### **5-Considerações finais**

O uso conjugado das geotecnologias é elemento essencial para determinar o tipo de uso e ocupação do solo em toda extensão da Bacia Hidrográfica Água Tirada, tornando-se possível estabelecer as zonas de influência sobre cada ponto de medição da qualidade da água, de modo a subsidiar o planejamento do uso do solo e do manejo sustentável dos recursos hídricos da área em questão.

As análises químicas e físicas realizadas na pesquisa demonstraram que os usos e as formas de ocupação do solo são fatores que contribuem, para a alteração de parâmetros ambientais e para a degradação dos recursos hídricos.

Como discutido anteriormente a bacia hidrográfica estudada apresenta certa homogeneidade quanto aos tipos de uso do solo, o qual reflete nos resultados dos parâmetros físicos e químicos levantados em campo. A classe temática de maior porcentagem é a pastagem, com 44,9% da área da bacia, porém, os diferentes manejos dessa cultura destinada à pecuária acabam influenciando nos resultados da qualidade da água.

Portanto, a partir das associações das informações acima citadas, tornou-se possível diagnosticar quais os tipos de uso do solo que contribuem para a degradação dos cursos d'água e quais os tipos de alterações mais presentes na área de estudo.

Os resultados desta pesquisa demonstram a situação ambiental em que se encontra a Bacia Hidrográfica Água Tirada, servindo assim, de base para uma melhor utilização do solo e dos recursos hídricos na mesma, de maneira que esses possam ser preservados e recuperados.

### **6-Bibliografia**

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informação Geográficas: Aplicações na Agricultura**. Platina: Embrapa, 1993

ATLAS MULTIRREFERENCIAL. Governo do Estado de Mato Grosso do Sul – SEPLAN. IBGE, 1990.

AZIZ, Nacib Ab'Sáber. **Geografia e planejamento**. In: 2 geografia e planejamento. Instituto de geografia da universidade de São Paulo. Edaneer: São Paulo, 1969.

BENETTI, A; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In:- TUCCI, Carlos E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: EDUSP, 1993.

- BRIGANTE, J; ESPÍNDOLA, E. L. G; POVINELLI, J. et al. **Avaliação ambiental do rio Moji-Guaçu: resultados de uma pesquisa com abordagem ecossistêmica.** São Paulo: RiMa Editora, 2002.
- CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; HEMERLY, Andrea S.; MAGALHÃES, Geovane C.; MEDEIROS, Claudia M. B. **Anatomia de sistemas de informação geográfica.** São José dos Campos: INPE, 1996
- CARTA TOPOGRÁFICA TRÊS LAGOAS/MS – SF. **22-V-B-V**, Divisão de Serviço Geográfico, 1975
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo.** São Paulo: Contexto, 2. ed.,1995.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 2. ed., 1980.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- CUNHA, Sandra Batista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens.** 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável** – São Paulo: Annablume:FAPESP, 2001.
- FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- JORGE, F. N. de; UEHARA, K. **Águas de Superfície.** IN: OLIVEIRA, A. M.; BRITO, S. N.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A questão ambiental no Brasil (1960-1980).** São Paulo: IGEOG-USP, 1981.(Séries Teses e Monografias nº42)
- MENDONÇA, Francisco. et al. O espaço geográfico em análise. In: **RA'E GA.** v.1 Curitiba: Departamento de Geografia/UFPR, 1997.
- OLIVEIRA, A. M.; BRITO S. N. **Geologia de Engenharia,** Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1º ed. São Paulo, 1998.
- ROSA, Roberto. BRITO, José Luis Silva. **Introdução ao geoprocessamento: Sistema de informação geográfica.** Uberlândia, 1996.
- ROSA, Roberto. **Introdução ao Sensoriamento remoto.** 5 ed. Uberlândia: EDUFU, 2003.
- ROSS, J. I. S.; MORUZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. In: **Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP.** V. 2. São Paulo: USP, 1974.
- VON SPERLING, N. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG,1996.

# MEDIÇÃO DA VAZÃO LÍQUIDA EM PEQUENOS CURSOS D'ÁGUA DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON (PR).

LEANDRO NERI BORTOLUZZI

Acadêmico do curso de Geografia, Campus de Marechal Cândido Rondon - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). E-mail: bortoluzzi\_@hotmail.com

OSCAR VICENTE QUINONEZ FERNANDEZ

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Campus de Marechal Cândido Rondon -Curso de Geografia -E-mail: fernandez@unioeste.br

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi de verificar a precisão dos métodos de medição da vazão líquida comumente empregados em pequenos cursos fluviais. Os levantamentos foram realizados no primeiro semestre de 2007 em canais de primeira e segunda ordem na área urbana de Marechal Cândido Rondon (PR). Além do método volumétrico adotado como referencia, foram empregados os métodos de Manning, área versus velocidade e químico. As medições foram realizadas em cinco pontos de monitoramento e foi constatado que em pontos com vazões baixas ( $Q < 10$  l/s), todos os métodos forneceram valores similares da vazão. Por outro lado, quando  $Q > 10$  l/s, somente os métodos químico e Manning produziram resultados similares ao método de referencia.

**PALAVRAS-CHAVE:** geomorfologia fluvial, córregos de baixa ordem, vazão líquida.

DISCHARGE MEASUREMENT IN SMALL STREAM, MARECHAL CÂNDIDO RONDON, PARANÁ, BRAZIL.

**ABSTRACT:** The objective of the work was of verifying the precision of the methods of measurement of the discharge commonly employees in small stream. The surveys had been carried in 2007 in first and second order streams in the urban area of Marechal Cândido Rondon, Parana State. Beyond the adopted volumetric method as reference, the methods of Manning, area versus velocity and chemistry had been used. The measurements had been carried through in five points of monitoring and were evidenced that in points with low discharge ( $Q < 10$  l/s), the methods used had produced resulted similar. On the other hand, when  $Q > 10$  l/s, only chemical and Manning methods had produced resulted similar to method used as reference.

**KEY-WORDS:** fluvial geomorphology, low order stream, discharge.

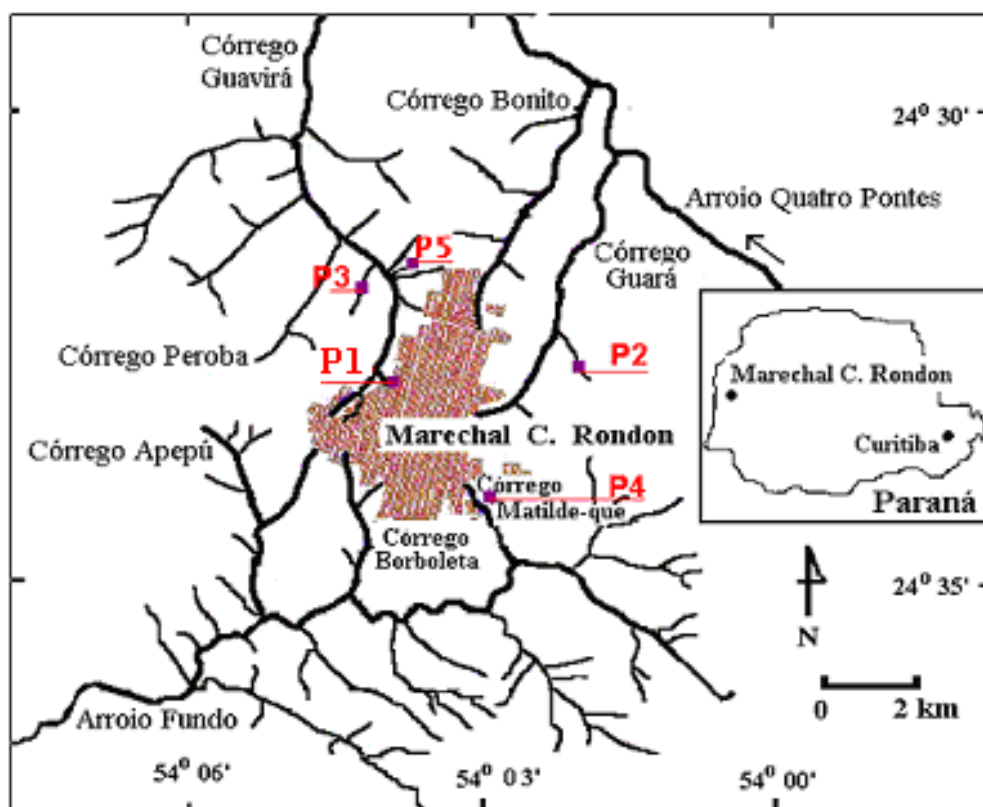
## Introdução

Com o aumento de projetos de monitoramento ambiental, torna-se necessário unificar as técnicas de levantamento de campo, a fim de gerar informações padronizadas e confiáveis. A medição da velocidade do fluxo em canais de baixa ordem, tem se apresentado como um problema difícil, em razão do pouco volume da água em circulação, fato que não permite o emprego de molinete hidrométrico, cujo tamanho pode ser superior à profundidade do fluxo. Além disso, o molinete não se encontra disponível em laboratórios ou grupos de pesquisa incipientes devido ao seu alto custo. Por essas razões, outros métodos de medição podem ser empregados em substituição da



técnica do molinete, considerada referencial. Hindi et al. (1998) realizaram um estudo comparativo da eficácia de diversos métodos de medição da vazão e concluíram que o método químico, comparando com métodos convencionais tais como volumétrico e molinete hidrométrico apresentou uma variação inferior a 4 %. Santos et al. (2001) realizaram um compendio sobre os diversos métodos de medição da vazão.

O objetivo do presente trabalho é verificar a precisão de vários métodos de medição da vazão líquida (métodos químico, área-velocidade e Manning) com respeito ao método volumétrico, considerado referencial. As medições foram realizadas em córregos de primeira e segunda ordem que drenam a área urbana de Marechal Cândido Rondon, região oeste do Paraná (Figura 1).



**Figura 1** – Localização da área de estudo. Os pontos de medição da vazão são indicados pelas siglas P1 a P5.

## Métodos de medição da vazão

### Método Volumétrico ou de Capacidade

O método volumétrico consiste em medir o tempo de enchimento de um recipiente com volume conhecido. É um método extremamente preciso e barato, necessita apenas de

um cronômetro e um recipiente graduado (Figura 2). Para a aplicação do método, é necessário que o fluxo do córrego seja concentrado numa pequena queda d'água para facilitar a coleta da água no recipiente. O método pode ser aplicado em córregos com vazão de até 20 l/s.

A vazão é calculada através da seguinte equação:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(1)$$

Q= vazão líquida (litros/segundo); V= volume do recipiente (l); t= tempo necessário para o enchimento do recipiente (s).



**Figura 2:** Medição da vazão pelo método volumétrico.

### Método área-velocidade

A vazão neste método, também chamado de técnica do flutuador, é obtida através do produto entre a velocidade média do fluxo numa seção e a respectiva área molhada.

A medição da vazão é obtida pela seguinte equação:

$$Q = A \cdot V_m \dots\dots\dots(2)$$

Q= vazão líquida (m³/s); A= área da seção molhada (m²); V<sub>m</sub>= velocidade média do fluxo (m/s).

A área molhada é obtida multiplicando a profundidade média do córrego pela largura do fluxo. A profundidade média da seção é obtida medindo a profundidade em verticais distribuídos em intervalos de 10 a 20 cm ao longo da seção transversal (Figura 3). Este procedimento é aceitável em perfis regulares (trapezoidais) sem alterações

significativas. Em perfis irregulares, é preferível calcular a área molhada pelo método da quadricula a partir da confecção do perfil no programa Excel.

A velocidade superficial do fluxo é medida pelo tempo de deslocamento do flutuador numa distancia pré-determinada. Pode ser usado como flutuador um pedaço de isopor ou uma bola de tênis de mesa parcialmente submersa. O flutuador indica somente a velocidade da água na superfície. Para obter a velocidade média na seção é necessário levar em conta o atrito da água com o leito e a margem.

A velocidade média ( $Q_m$ ) é obtida mediante a seguinte formula:

$$Q_m = V_s \cdot K \dots\dots\dots(3)$$

Onde:  $V_s$ = velocidade superficial medida com o flutuador e  $K$ = valor constante, que varia com a granulometria do leito e da margem. São assumidos valores de  $K=0,90$  para leitos com sedimentos finos (argila e silte),  $K=0,85$  para areia e  $K=0,80$  para grânulo e seixos (CHRISTENSEN, 1994). Para melhorar a precisão de resultados deve ser escolhido um segmento retilíneo do canal e com padrão uniforme da velocidade do fluxo. Quando a largura do fluxo supera 7 m, Christensen (1994) aconselha dividir o fluxo em três sub-seções e medir a velocidade do fluxo superficial em cada uma delas.



**Figura 3:** Levantamento da seção transversal do canal com trena e régua.

### Método de Manning

O método indireto de Manning é um método consagrado no Brasil, criado no final do século XIX, é muito utilizado por engenheiros em canais naturais e artificiais.

A vazão líquida ( $Q$ ) no método de Manning é estimada mediante a seguinte equação:

$$Q = \frac{1}{n} A (RH)^{0,666} (S)^{0,5} \dots\dots\dots(4)$$

onde : A= área da seção molhada (m<sup>2</sup>); RH= raio hidráulico (m); S= declividade da lâmina da água (m/m); n= coeficiente de rugosidade.

A área da seção transversal (A<sub>mp</sub>) deve ser obtida executando um levantamento detalhado da seção transversal (Figura 3). O perímetro molhado da seção (PM<sub>mp</sub>) é medido indiretamente no perfil transversal, efetuando:

$$PM_{mp} = L_{mp} + 2P_{mp} \dots\dots\dots (5)$$

Onde L<sub>mp</sub> e P<sub>mp</sub> representam a largura e a profundidade média do fluxo.

O raio hidráulico é calculado mediante:

$$RH_{mp} = A_{mp} / PM_{mp} \dots\dots\dots(6)$$

A declividade da lâmina da água pode ser obtida com nível de mangueira. Na obtenção desta variável, devem ser tomadas providencias para restringir a medição dentro do habitat aquático no qual esta inserida a seção transversal. Preferencialmente, as seções devem ser instaladas em soleiras, corredeiras ou rápidos, que representam ambientes rasos e com fluxo uniforme (FERNANDEZ; ARNDT, 2005) A inclusão de habitats adjacentes nas medições implica na alteração do valor da declividade do trecho.

O coeficiente de rugosidade (n) pode ser obtido seguindo vários métodos (BAPTISTA et al., 2001). Neste trabalho, o valor de n foi estimado empregando o método de incrementação ou método de Cowan.

Para calcular n, Chow (1959) propôs a seguinte expressão:

$$n = (N_0 + N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \cdot N_5 \dots\dots\dots (7)$$

Onde: n<sub>0</sub> tipo de material da margem, n<sub>1</sub> grau de irregularidade do leito, n<sub>2</sub> variações da seção transversal, n<sub>3</sub> efeito de obstruções, n<sub>4</sub> tipo de vegetação e n<sub>5</sub> grau de meandramento.

### Método Químico de Integração

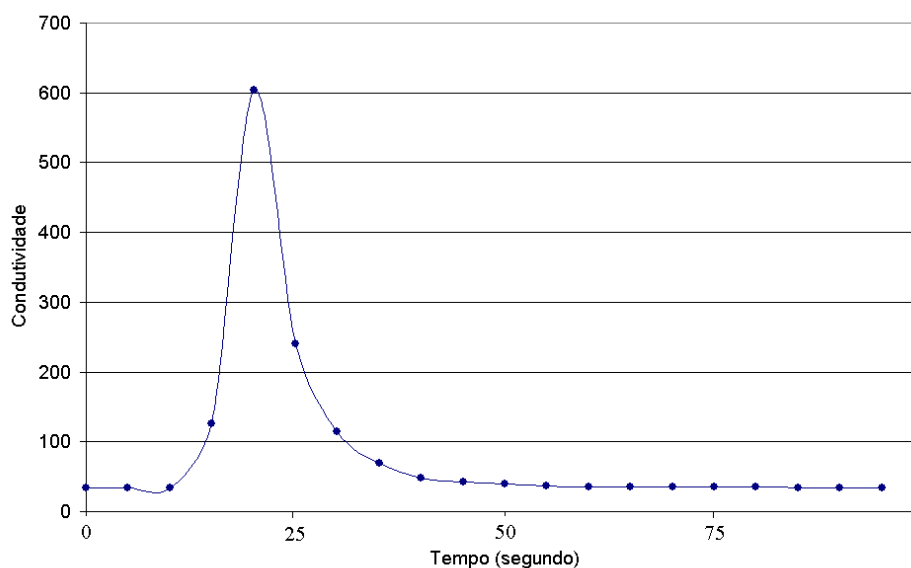
No método químico de integração (DUMAS, 1952; ANDRÉ, 1960) consiste na injeção instantânea de uma massa conhecida de traçador no córrego. Normalmente é utilizado como traçador sal de cozinha refinado (NaCl). A dispersão do traçador dissolvido é quantificada através da medição da condutividade da água com o auxílio do condutivímetro, que registra da passagem da nuvem do traçador.

Na execução do método, uma massa conhecida do traçador é dissolvida num recipiente e injetada instantaneamente no córrego, num ponto à montante do local onde está

instalado o condutivímetro (Figura 4). Hindi et al. (1998) sugerem uma relação empírica de 500 g de sal para cada 100 l/s de vazão. Para evitar mudanças na posição do sensor do aparelho durante as leituras da condutividade, este é fixado num pino metálico inserido no leito do córrego. Antes de lançar o traçador dissolvido, é coletada 350 ml de água e mede-se a condutividade base da água. Após o lançamento do traçador, anota-se a condutividade da água a cada cinco segundos. A leitura é encerrada após a passagem da nuvem do traçador, momento no qual a condutividade da água volta aos patamares iniciais (condutividade base) (Figura 5).



**Figura 4:** Instalação do sensor do condutivímetro na água, fixado com pino metálico.



**Figura 5:** Variação temporal da condutividade da água após o lançamento do traçador (tempo 0) no ponto P5 (08/08/2007). A condutividade base foi de 34 µs/cm .

A vazão (Q) é obtida pela seguinte equação:

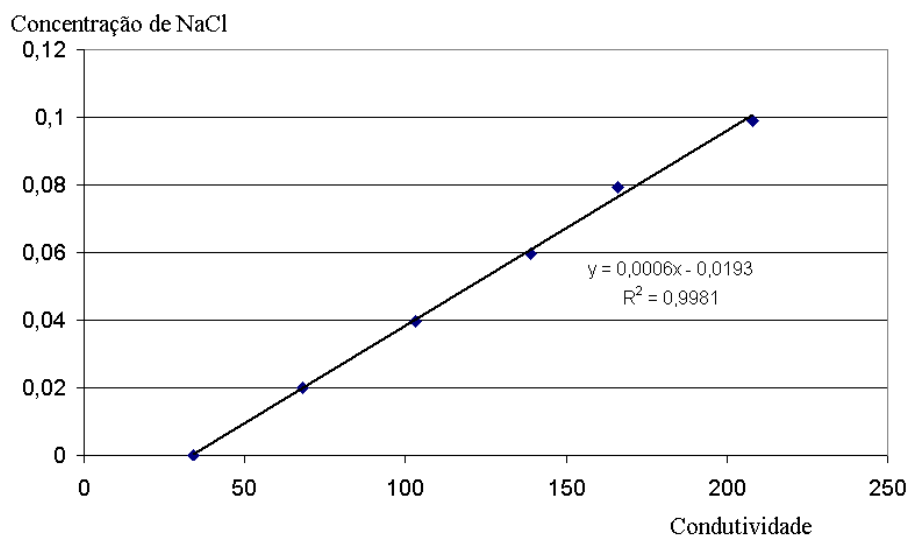
$$Q = \frac{M}{\mu \cdot \Delta t \cdot [\sum Ki - n \cdot Ko]} \dots\dots\dots (8)$$

onde: Q = vazão líquida (l/s); M= massa do sal (g); μ = coeficiente angular da concentração de sal versus condutividade; Δt= intervalo de tempo entre cada leitura da condutividade (s); ∑Ki= somatória dos valores da condutividade medidos desde o início até o fim das leituras (μs/cm); n = número de leituras realizadas em cada medição e Ko= condutividade base (μs/cm).

O coeficiente angular da concentração de NaCl na água versus condutividade (μ) é obtido em laboratório a partir de medições na condutividade. A calibração é realizada em laboratório com o acréscimo de uma quantidade constante da solução padrão em 250 ml de água, coletada antes da injeção do traçador. Após cada acréscimo de 0,5 ml da solução padrão, mensura-se a condutividade da água e calcula-se a concentração do traçador na água. Após a realização de cinco ou seis medições pode ser obtida a equação de regressão simples entre a condutividade (abscissa) e concentração de NaCl (ordenada) (Figura 6). O coeficiente angular no exemplo da figura 6 é igual a 0,0006.

Objetivando conhecer o efeito da massa do traçador na precisão nas medidas de vazão pelo método químico, foram usadas diversas concentrações do traçador. Em cada ponto escolhido era medida em primeiro lugar a vazão pelo método volumétrico. Com base no resultado, era calculada a massa de sal proporcional, obedecendo a relação padrão de Hindi et al. (1998), isto é 500 g de sal para cada 100 l/s de vazão. Além da massa de sal correspondente a concentração padrão, também foram pesadas quantidades de sal, com 10 e 20 %, tanto acima como abaixo da concentração padrão. Assim em cada ponto foram realizadas cinco medições de vazão com concentrações diferentes do traçador.





**Figura 6:** Relação condutividade versus concentração de sal na amostra de água coletada no ponto 5 (08/08/2007).

### **Descrição da área de estudo e dos pontos de monitoramento**

A vazão líquida foi medida empregando os métodos descritos acima em cinco pontos de monitoramento (Figura 1).

O ponto P1 no córrego Sete Maravilhas (24°33'35"S e 54°04'21"W), a área da bacia é de 32,7 ha, leito é composto de material coluvial, a declividade de 0,57 % e condutividade de base da água de 179  $\mu\text{s/cm}$  (P1A) e 164  $\mu\text{s/cm}$  (P1B).

O ponto P2 no córrego fazendinha (24°31'58"S e 54°01'28"W), a área da bacia é de 68,25 ha, o leito é composto por rocha basáltica, a declividade de 2,92 % e condutividade de base da água de 23  $\mu\text{s/cm}$ .

O ponto P3 no córrego Cassel (24°32'05"S e 54°04'37"W), a área é de 110 ha, o leito é arenoso, a declividade é de 4 % e condutividade de base da água de 43  $\mu\text{s/cm}$ .

No afluente do lago municipal, ponto P4 (24°34'38"S e 54°03'07"W), a área é de 24 ha, o leito é composto por rocha basáltica, a declividade de 8 % e condutividade de base da água de 9  $\mu\text{s/cm}$ .

No córrego Dierings, o ponto P5 (24°32'14"S e 54°04'16"W), a área da bacia é de 36,25 ha, o leito é arenoso, a declividade de 1,72 % e condutividade base da água de 34  $\mu\text{s/cm}$ .

### **Resultados e discussões**

Na tabela 1 são mostradas as estatísticas das vazões medidas nos pontos de monitoramento empregando os métodos volumétrico, área versus velocidade e Manning. Nos dois primeiros, as medições foram repetidas entre 4 e 10 vezes. Para verificar o efeito da concentração do traçador sobre a vazão, foram realizadas medições com concentrações de sal que variam entre 10 e 20 %, tanto acima como abaixo da concentração referencial usada por Hindi et al. (1998) (Tabela 2, Figura 7). Os dados mostram que nos pontos com vazões baixas ( $Q < 10$  l/s), a diferença das vazões medidas com diversas concentrações do traçador é mínima. As maiores divergências surgiram no ponto 3, onde a vazão foi de 14 l/s.

A comparação das vazões obtidas nos pontos de monitoramento através do emprego de quatro métodos diferentes (Figura 8) mostra que as diferenças entre os valores aumentam com a vazão. Para o caso do ponto 3, a discrepância entre a vazão medida com o método referencial e as outras técnicas é significativa.

## Conclusões

Os resultados sugerem que os métodos adotados no trabalho proporcionam resultados similares nos pontos com baixas vazões ( $Q < 10$  l/s). Quando as vazões superam este limiar, os dados indicam que os métodos químicos e Manning produzem resultados mais próximos ao método diferencial do que o método área-velocidade. Isto pode ser observado nos pontos P2 e P3 (Figura 8). Por outro lado, foi verificado que no método químico, as vazões obtidas com diversas massas do traçador, que variaram até 20 % tanto acima como abaixo da concentração padrão proposta por Hindi et al. (1998) (500 g para cada 100 l/s), apresentaram variações insignificantes.

**Tabela 1:** Estatísticas das vazões medidas nos pontos de monitoramento. Obs.: média aritmética da vazão (X), desvio padrão (S) e número de medições (N).

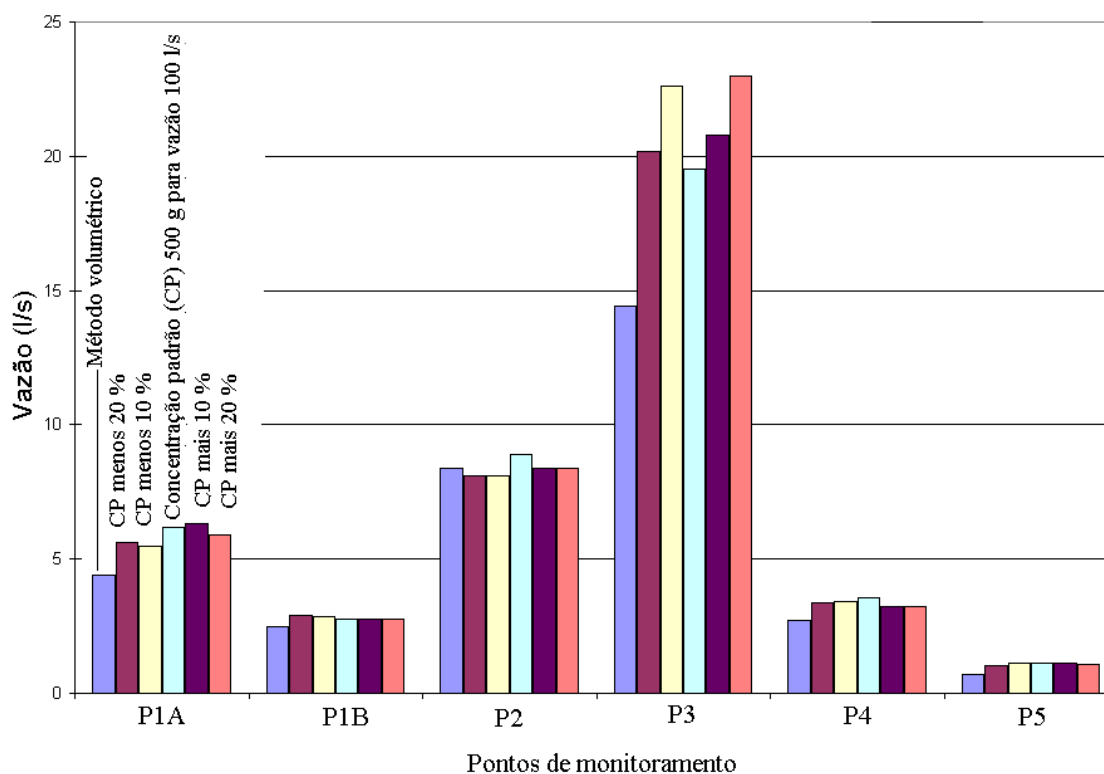
		Volumétrico	Área Velocidade	Manning
P1 (A) 11/04/2007	N	10	5	1
	X (S)	4,42 (0,018)	5,14 (0,158)	4,64
P2 19/04/2007	N	8	7	1
	X (S)	8,39 (0,31)	11,04 (0,184)	9,18
P3 04/05/07	N	6	6	1
	X (S)	14,4 (1,133)	24,57 (13,36)	9,61
P4 29/05/2007	N	6	6	1
	X (S)	2,73 (0,039)	2,49 (0,018)	2,22
P5	N	6	7	1



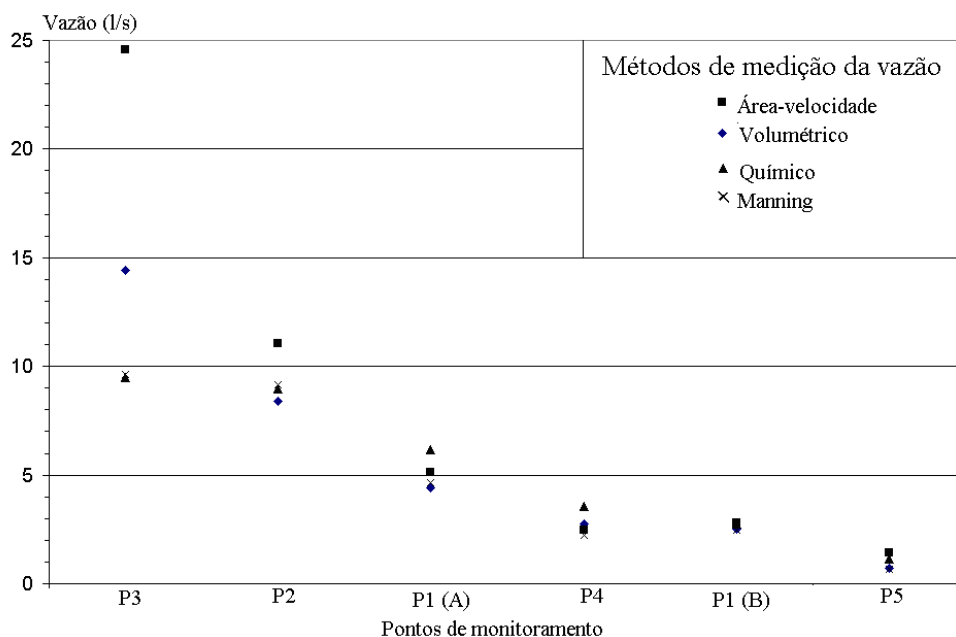
08/08/2007	X (S)	0,721 (0,0007)	1,43 (0,0005)	0,682
P1 (B)	N	4	7	1
10/08/2007	X (S)	2,5 (0,004)	2,81 (0,097)	2,49

**Tabela 2** – Média das vazões medidas nos pontos de monitoramento com o método químico, empregando várias concentrações de sal. CP representa a concentração padrão de sal (500 g por 100 l/s) usada por Hindi et al. (1998). Q ref. (Vazão referencial) é vazão obtida pelo método volumétrico. Números entre colchetes indicam o número de medições e entre parênteses o respectivo desvio padrão.

Pontos	Q ref.(l/s)	CP-20%	CP-10%	CP	CP+10%	CP+20%
P1(A)	4,42	5,6 [2] (0,03)	5,5 [3] (0,11)	6,2 [3] (0,8)	6,3 [3] (0,36)	5,9 [3] (0,01)
P1(B)	2,5	2,92 [3](0,001)	2,85 [3](0,003)	2,75 [3](0,013)	2,74 [3](0,005)	2,74 [3](0,002)
P2	8,39	8,1 [2] (0,01)	8,1 [2] (0,02)	8,9 [3] (0,0)	8,4 [2] (0,01)	8,4 [3] (0,01)
P3	14,4	20,2 [3] (0,2)	22,6 [3] (6,6)	19,5 [3] (0,2)	20,8 [3] (5,9)	23 [3] (4,51)
P4	2,73	3,35 [3] (0,02)	3,4 [3] (0,03)	3,55 [3] (0,3)	3,23 [3] (0,01)	3,25 [3] (0,01)
P5	0,721	1,01 [3] (0,005)	1,13 [3] (0,005)	1,13 [3] (0,003)	1,11 [3] (0,001)	1,10 [3] (0,0)



**Figura 7:** Variação da vazão medida com o método químico com diferentes concentrações do traçador. A vazão referencial (método volumétrico) é mostrada para fim de comparação.



**Figura 8:** Valores da vazão líquida obtida nos pontos de monitoramento com os métodos adotados neste trabalho.

### Referências bibliográficas

- ANDRÉ, H. (1960) Méthode chimique de dilution: procédé par intégration. La Houille Blanche. N. Special B. p. 833-843.
- BAPTISTA, M.B.; COELHO, M.M.L.P.; CIRILO, J.A. (2001) Hidráulica Aplicada. Porto Alegre. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 609 p.
- CHRISTENSEN, B.A. Velocity measurement by the “one-orange method”. American Society of Civil Engineers, Symposium Proceedings, Fundamentals and Advancements in Hydraulic measurements and experimentations. Buffalo, New York. 1994. August 2-4. 1994.
- DUMAS, H.L. (1972) A méthode chimique pour la mesure do débit des cours d'eau. La Houille Blanche, p.690-701
- FERNANDEZ, O. V. Q.; ARNDT, M. A. (2005) Características físicas e hidráulicas de habitats aquáticos no trecho superior do córrego Guavirá em Marechal Cândido Rondon (PR). In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo. Anais, 2005.
- HINDI, E.C.; ROSA FILHO, E.F.; BITENCOURT, A.V. e GIUSTI, D. A. 1998. Determinação da descarga de rios por diluição de cloreto de sódio (método de integração). Boletim Paranaense de Geociências, 46: 151-161.
- SANTOS, I.; FILL, H.D.; SUGAI, M.; BUBA, H.; KISHI, R.; MARONE, E. e LAUTERT, L.F. (2001) Hidrometria Aplicada. LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba (PR), 372 p.

# **ADEQUAÇÃO DA ESCALA CLIMATOLÓGICA PARA PLANOS DE MANEJOS: O PARQUE ESTADUAL DE INTERVALES COMO ESTUDO DE CASO**

Sérgio Serafini Júnior - Universidade de São Paulo - [serafini@inavegar.org](mailto:serafini@inavegar.org)

Emerson Galvani - Universidade de São Paulo - [egalvani@usp.br](mailto:egalvani@usp.br)

Nádia Gilma Beserra de Lima - Universidade de São Paulo - [nadia.lima@usp.br](mailto:nadia.lima@usp.br);

Rogério Rosolen Alves - Universidade de São Paulo - [rroz@usp.br](mailto:rroz@usp.br))

## **RESUMO**

Os estudos climatológicos desenvolvidos para Planos de Manejo em Unidades de Conservação devem ser adequados às suas diferentes escalas (regional, sub-regional, local, topo e microclimática) com o objetivo de contribuir com o seu desenvolvimento regional, assegurando a manutenção dos seus recursos naturais através do seu gerenciamento.

**PALAVRA-CHAVE:** PLANO DE MANEJO – ESCALA CLIMATOLÓGICA – PARQUE ESTADUAL DE INTERVALES

## **ABSTRACT**

The climatological studies developed for Handling Plans in Units of Preservation should be adapted to their different (regional scales, sub-regional, scales local, topo and microclimatic) with the goal of contributing with your regional development, assuring the maintenance of their natural resources through your management.

**WORD-KEY:** HANDLING PLAN - CLIMATOLOGICAL SCALE - STATE PARK OF INTERVALES

## **1 Introdução**

A incorporação de Planos de Manejo como instrumento legal de preservação e gerenciamento de Unidades de Conservação, iniciou-se em 2000 através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, através da Lei n.º 9.985.

Este diploma legal determina que as unidades de conservação devam dispor de um plano orientador de todas as atividades a serem desenvolvidas no âmbito geográfico de Parques Nacionais, Reservas Biológicas e Estações Ecológicas.

Neste contexto, o objetivo do SNUC é proporcionar o desenvolvimento dessas Unidades de Conservação e, sobretudo, assegurar a manutenção dos recursos naturais em seu estado original para o correto usufruto das gerações atuais e futuras que são delineados pelo Roteiro Metodológico de Planejamento (IBAMA, 2002).

Assim, o Roteiro Metodológico de Planejamento constitui-se num marco referencial do ordenamento ambiental sistematizado dos princípios de planejamento e de gerenciamento dessas áreas, fornecendo as bases para a elaboração dos planos de manejo de unidades de conservação enquadradas, também, nos âmbitos municipais e estaduais, como aquele elaborado para o Parque Estadual Intervales, no ano de 2007.

## **2 Objetivo**

Considerando a proposição legal de elaboração de um Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales, este trabalho apresenta a adequação prática do referencial teórico, pertinente à projeção das diferentes escalas climatológicas para compor um cenário atual das características climatológicas dinamizadas nesta Unidade de Conservação, pretendendo contribuir para o seu gerenciamento.

## **3 Metodologia**

No diagnóstico ambiental climatológico desenvolvido para o Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales, um dos objetivos estabelecidos pela equipe técnica responsável, foi priorizar um maior grau de detalhamento geográfico/climatológico da área de estudo, que permitisse aos gestores um melhor conhecimento da dinâmica atmosférica predominante e, assim, ser utilizada como contribuinte ao seu manejo.

Tal proposta de ampliação da escala de análise climatológica, também perpassou por uma situação bastante difundida no início dos trabalhos executados em outros planos de manejo, com informações genéricas de classificação climática enquadrada na escala regional, oferecendo pouca contribuição aplicada à área de estudo.

Embora as características climatológicas regionais sejam importantes e válidas para o entendimento da dinâmica atmosférica de uma determinada região, não é suficiente para compor um cenário mais detalhado dos atributos existentes numa área de estudo que esteja enquadrada na escala do clima local.

Neste sentido, a etapa composta pela execução do diagnóstico climatológico do **Parque Estadual Intervales**, contemplou não apenas a sua escala regional, mas também a caracterização ambiental no âmbito da própria unidade de conservação, como disposto no próprio Roteiro Metodológico de Planejamento (op. cit, 2002), quando estabelece que “... parte-se então para uma análise da região ou entorno da UC e, mais detalhadamente, procede-se à análise da unidade de conservação propriamente dita”.

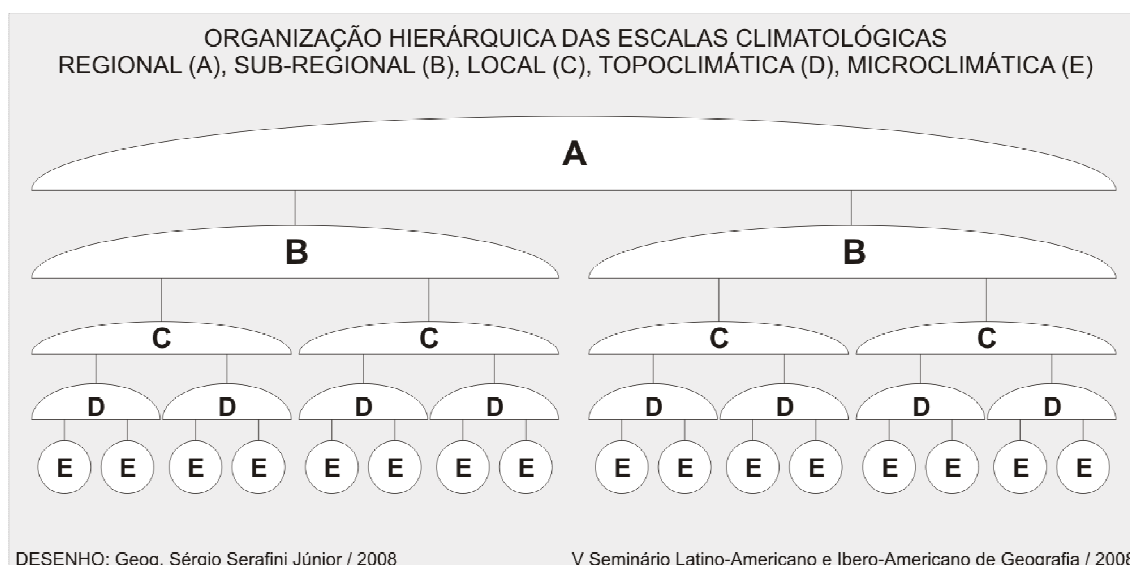
Assim, tais análises enquadradas na escala regional e na escala local pertencem, respectivamente, ao Encarte 02 e Encarte 03 do Roteiro Metodológico de Planejamento (op. cit, 2002).

Além da escala regional e da escala local contemplada nesse Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales, também foi identificada a necessidade técnica de se estabelecer escalas intermediárias e complementares. São elas:

- Escala Sub-Regional;
- Escala Topoclimática; e,
- Escala Microclimática.

A inserção destes níveis escalares complementares pretendeu, sobretudo, buscar um maior detalhamento das características climatológicas específicas, observadas em porções geográficas dentro da própria área de estudo, ficando estabelecida, como mostra a Figura 01, apresenta a seguir.

FIGURA 01: Organização hierárquica das escalas climatológicas que foram adotadas para o Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales, a partir da escala regional (A).

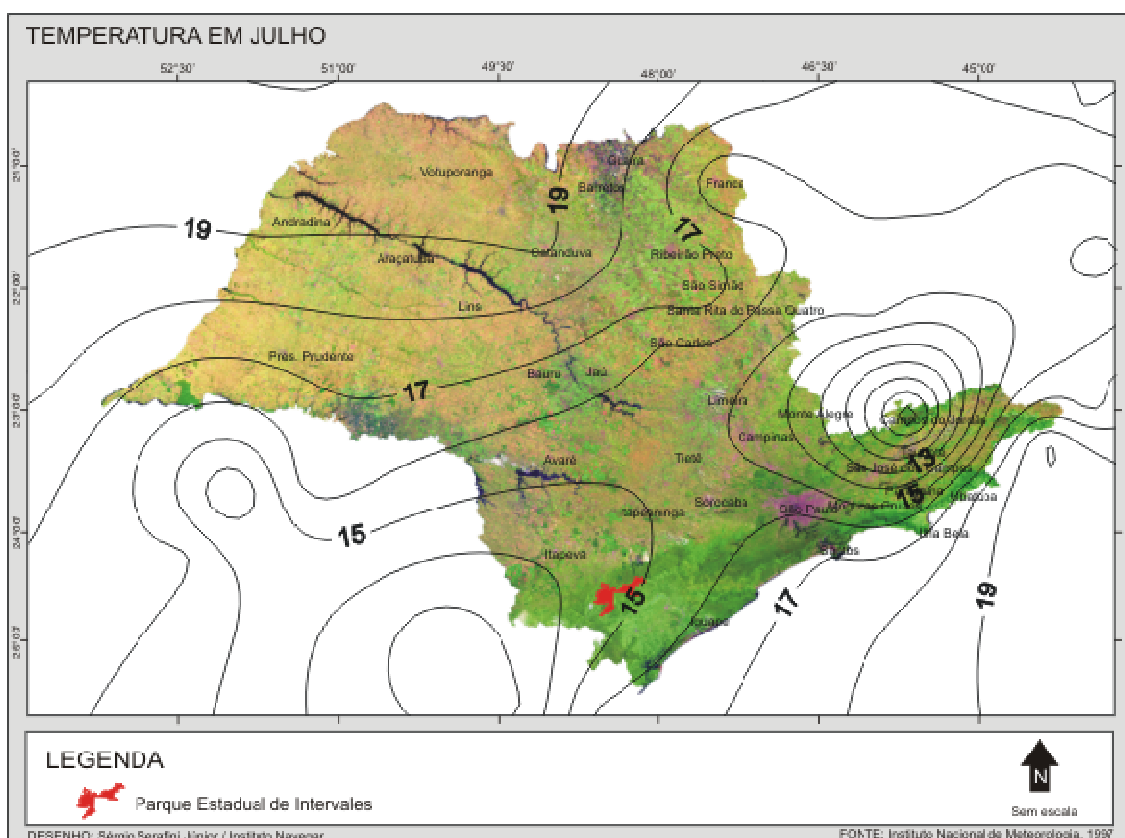


## 4 Discussão

### 4.1 Escala climatológica regional

Na escala regional climatológica, além de terem sido consideradas as características dinâmicas da circulação atmosférica predominante sobre a região de estudo através das massas de ar predominantes no Estado de São Paulo, também foram considerados dados normais climatológicos que pudessem ser cartografados, com o objetivo de identificar os principais atributos climatológicos ali dinamizados, como por exemplo, é a temperatura, é a pluviosidade, é a umidade relativa do ar e a direção dos ventos, como mostra a Figura 02, apresentada a seguir.

FIGURA 02: Exemplo de uma figura temática de temperatura (°C), inserida no Plano de Manejo Intervalles, contemplando a caracterização climatológica regional do Encarte 02, com destaque do Parque Estadual Intervalles (identificado em vermelho), no Estado de São Paulo.



No âmbito regional, a caracterização climatológica referenciou-se por uma revisão bibliográfica dos principais autores que já desenvolveram importantes estudos para o âmbito estadual, além da contribuição dada pelo próprio Laboratório de Biogeografia e

Climatologia - LCB, pertencente ao Departamento de Geografia - DG, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - FFLCH, da Universidade de São Paulo - USP.

Além da referência bibliográfica reunida para esta caracterização climatológica regional do Estado de São Paulo, (com ênfase ao Parque Estadual Intervales), também foram utilizadas informações complementares do Departamento de Águas e Esgoto do Estado de São Paulo – DAEE, do Ministério da Aeronáutica e do Ministério da Agricultura.

#### ***4.2 Escala climatológica sub-regional***

Na escala Sub-Regional, propriamente dita (veja Figura 01), a principal referência espacial geográfica, foram os próprios limites do Parque Estadual Intervales e seu entorno, contemplando especificamente a pluviosidade, que foi identificada como um dos principais atributos para o entendimento do referido contexto climatológico, em que está inserido o Parque Estadual Intervales e seu entorno.

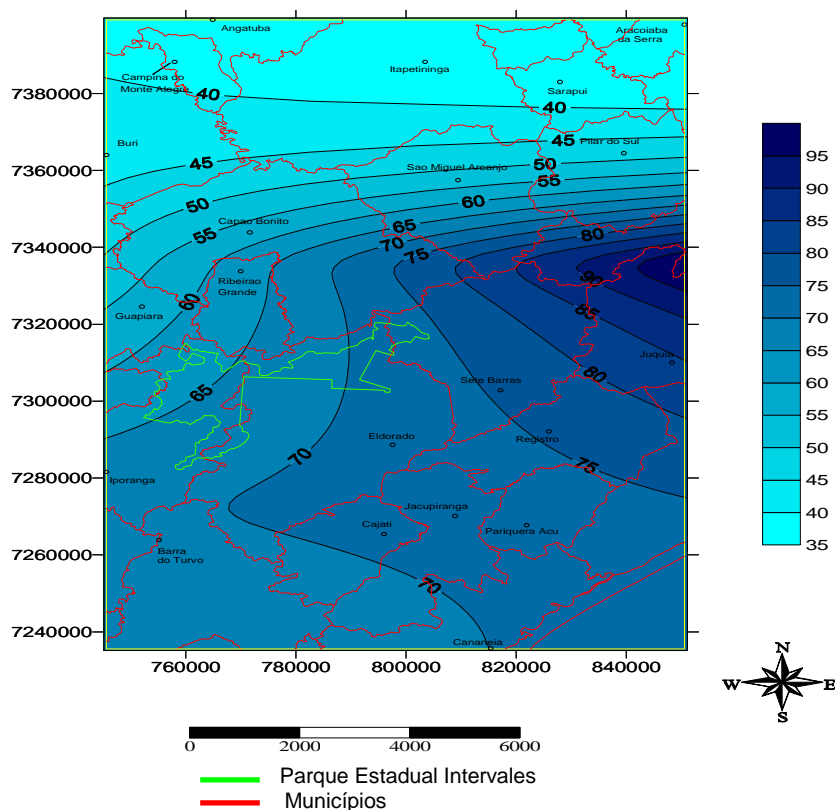
Assim, para esta escala climatológica sub-regional contemplada, foram considerados os 30 postos pluviométricos disponibilizados pelo Departamento Estadual de Água e Energia Elétrica (DAEE), numa série histórica de 26 anos (de 1970 a 1996).

A partir de então, foi montado um banco de dados para a obtenção de parâmetros de referência importantes em relação à frequência relativa e ao período de retorno, para cada mês, e que pudesse subsidiar o entendimento dinâmico das chuvas nos períodos sazonais e mensais da área de estudo.

Para a determinação da frequência relativa, tais informações foram priorizadas com o objetivo primeiro, de contribuir com as propostas de uso e conservação do Parque Estadual de Intervales, à luz dos aspectos climatológicos; principalmente no âmbito das cabeceiras de rios e áreas de visitação pública.

Pretendendo oferecer subsídio suficiente para o gerenciamento da área de estudo, a abordagem metodológica na escala climatológica sub-regional, permitiu a elaboração de mapas temáticos de pluviosidade, visando a sua caracterização a partir da identificação de áreas com maior probabilidade à ocorrência de eventos extremos e, sobretudo, o período de maior risco, como mostra a Figura 03, apresentada a seguir.

FIGURA 03: Exemplo de uma figura temática de pluviometria (mm), elaborada para o Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales, na escala climatológica Sub-Regional.



### 4.3 Escala climatológica local

Na escala local (letra C, na Figura 01), a caracterização climática foi efetuada com os dados obtidos numa estação climatológica instalada na própria sede do Parque Estadual Intervales, constituída como a área de estudo, compreendendo dados de temperatura (°C), umidade relativa (%) e pluviometria (mm), em escala diária entre os anos de 1990 e 2005.

Os dados foram trabalhados em escala diária, mensal, sazonal e anual, permitindo a determinação de parâmetros estatísticos referentes à frequência de ocorrência e período de retorno, como na escala sub-regional.

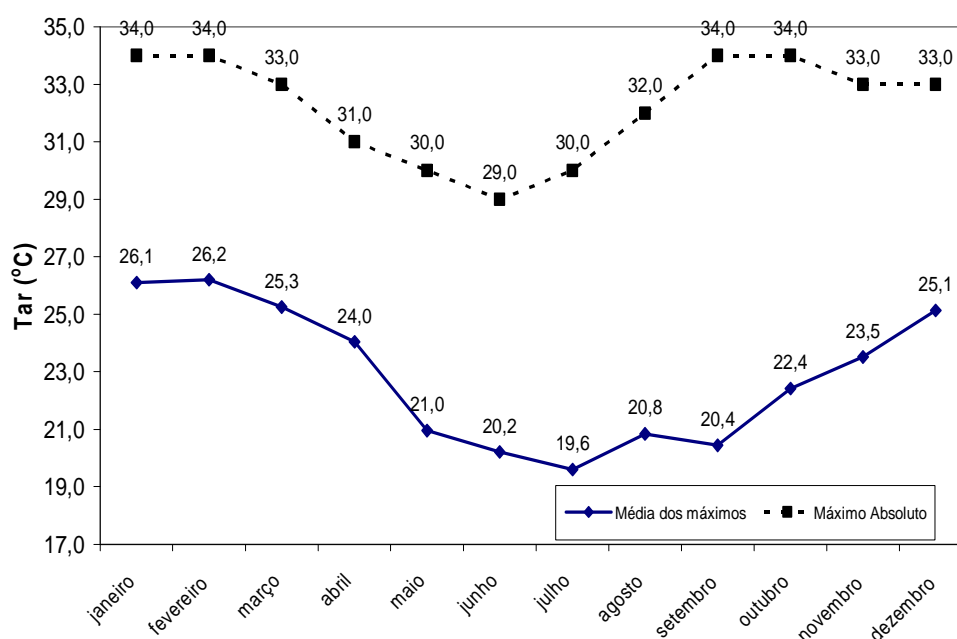
Para o entendimento do comportamento climático do Parque Estadual Intervales na escala local, adotaram-se como principal referência locacional da área de estudo, as variações altimétricas registradas entre as cotas de 150 e 950 metros de altitude, onde estão localizadas, respectivamente, a calha do rio pilões (menor cota altimétrica) e a base da antena de rádio instalada nas imediações da sede administrativa do Instituto Florestal (maior cota altimétrica).



A escolha da variação altimétrica, como referência principal no estudo do clima local, foi norteada pela possibilidade de entendimento das variações de temperatura, umidade e quantidade de luz que ocorrem nas cotas altimétricas escolhidas para este trabalho, em ambientes com maior potencial de circulação de funcionários e visitantes; e por isso, ambientes relevantes na perspectiva turística e de lazer.

Priorizando a qualidade do diagnóstico ambiental climatológico do Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales, também foi dada prioridade na facilitação da identificação do conteúdo deste documento através da apresentação de gráficos temáticos de temperatura (°C), umidade relativa (%) e pluviometria (mm), como mostra a Figura 04, apresentada abaixo, na perspectiva ambiental de contribuição ao gerenciamento da área de estudo.

FIGURA 04: Exemplo de gráfico elaborado para o Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales, evidenciando o comportamento térmico (°C) durante o período amostrado (1990 e 2005).



#### 4.4 Escalas climatológicas topo e microclimática

Buscando um maior detalhamento climatológico do Parque Estadual Intervales, foi utilizado o mesmo perfil topográfico selecionado para a escala local, ao longo do qual foram instalados nove registradores eletrônicos de temperatura, umidade relativa do ar e iluminação, em pontos distintos ao longo desse perfil.

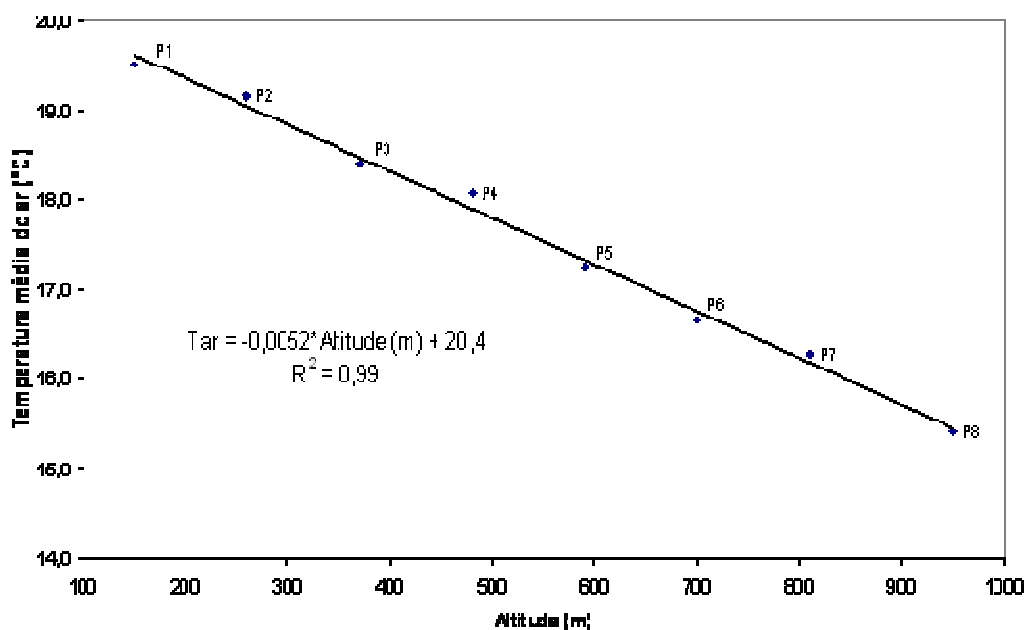
Para esta escala topoclimatológica (letra D, na Figura 01), buscou-se o entendimento das relações existentes entre estes atributos climatológicos e as características topográficas, a partir dos dados registrados e armazenados nos equipamentos ali instalados, durante o período de amostragem, a partir dos trabalhos de campo realizados (24/09 a 07/11/2006).

A partir das informações obtidas nesta etapa, foi possível identificar que as características topográficas selecionadas na condição de amostragem, condicionam diretamente a variação térmica, hídrica e de iluminação, em função das características fisionômicas associadas às diferenças próprias da cobertura vegetal ali existente.

Isto é, em cotas topográficas mais baixas, o aspecto da fisionomia vegetal configura-se como ambientes de porte arbóreo e latifoliado, proporcionando um maior período de sombreamento diuturno, predominando temperaturas mais baixas.

Já, nas cotas altimétricas mais elevadas, é predominante uma cobertura vegetal com porte arbóreo menor, quase arbustivo, que condiciona um sombreamento natural menor durante o fotoperíodo e temperaturas mais elevadas, como mostra a Figura 05, apresentada a seguir.

FIGURA 05: Exemplo de gráfico elaborado para o Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales na escala topoclimática, evidenciando a relação existente entre temperatura média do ar e a altitude no perfil topoclimático do Parque Estadual Intervales.



## 5 Resultados obtidos

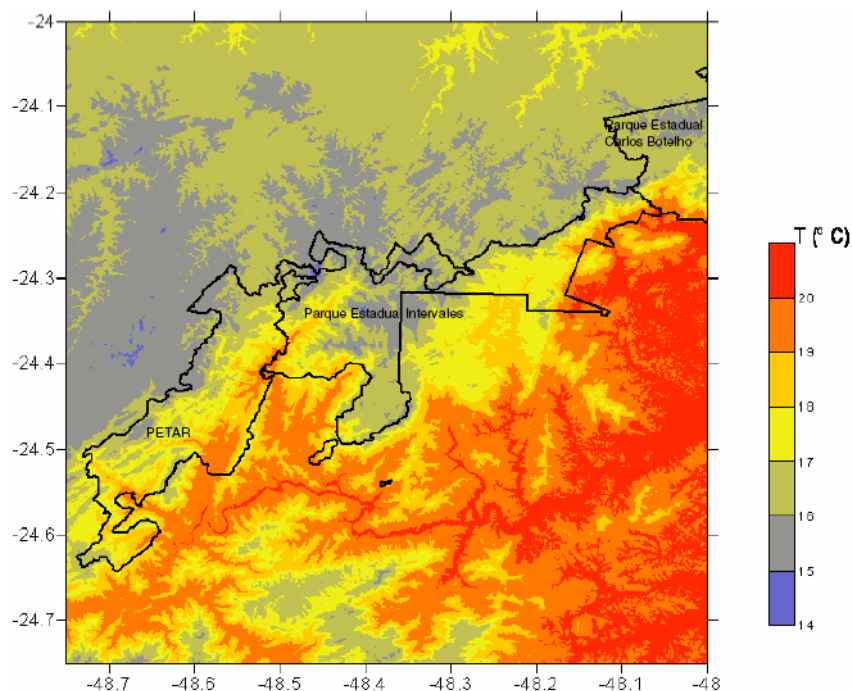
A partir do registro, compilação e a subsequente avaliação dos dados coletados nos equipamentos utilizados e das informações registradas visualmente nos trabalhos de campo, foi possível delimitar diferentes situações térmicas e hígricas no Parque Estadual Intervales e seu entorno, que foram projetadas sobre uma base cartográfica capaz de espacializar tais diferenças.

Assim, considerando a análise e discussão dos valores médios de temperatura do ar registrados na área de estudo, foram delimitados três ambientes térmicos distintos, (identificados na Tabela 01) que foram projetados sobre uma base cartográfica (apresentada na Figura 06), elaborada pela equipe de cartógrafos que estava compondo a equipe multidisciplinar selecionada para este projeto.

TABELA 01: Ambientes térmicos do Parque Estadual Intervales, delimitados para o seu Plano de Manejo.

<b>UNIDADE CLIMÁTICA</b>	<b>COTA ALTIMÉTRICA</b>	<b>TEMPERATURA MÉDIA</b>
Ambiente térmico 01	Acima dos 800 metros	Abaixo de 16 °C
Ambiente térmico 02	Entre os 800 e 400 metros	Entre 16 a 19 °C
Ambiente térmico 03	Abaixo dos 400 metros	Acima de 19 °C

FIGURA 06: Temperatura do ar espacializada em função da altitude para o Parque Estadual Intervales e seu entorno baseado em dados do perfil topoclimático obtido entre os dias campo 24/09 a 07/11/2006.



Em relação aos aspectos hídricos enquadrados na escala climatológica local, foi constatado que não existe uma relação direta entre esse atributo e a topografia amostrada, ficando destacado que outros controles atuam na variação temporal e espacial da umidade relativa do ar, indicando que a umidade relativa do ar está mais influenciada pelos aspectos predominantes de uso e ocupação do solo do que em função da variação de altitude entre os pontos.

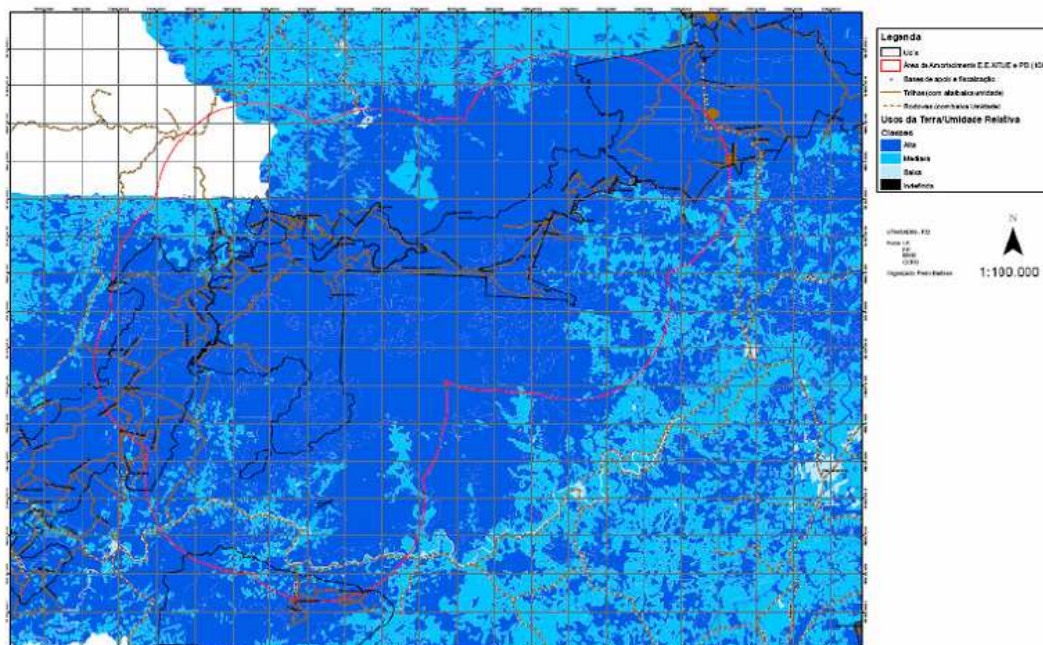
Com base no mapa de uso da terra da área de estudo elaborado por outra equipe envolvida neste projeto, esses valores hídricos foram espacializados, contribuindo para o entendimento da relação entre umidade relativa do ar e uso do solo (mostrada na Figura 07) que permitiram a delimitação de ambientes distintos, como descrito na Tabela 02.

TABELA 02: Classes hídricas estabelecidas para o Parque Estadual Intervales

CLASSE HÍGRICA	AMBIENTE PREDOMINANTE	VALOR HÍGRICO
Classe reduzida	Área urbana, mineração, areia, solo, exposto, pastagem/campo antrópico, pasto sujo	Umidade relativa do ar abaixo de 40%, em algum período do ano.
Classe de intermediária	Reflorestamento/silvicultura, culturas, cobertura residual, vegetação secundária	Umidade relativa entre 40 e 80%, em algum período do ano
Classe elevada	Espelho d'água, piscicultura, floresta ombrófila densa, formação arbustiva,	Umidade relativa superior a 80% em

	arbórea e herbácea de várzea e vegetação natural	boa parte do ano.
--	--	-------------------

FIGURA 07: Ambientes hídricos segundo os padrões de uso e ocupação do solo identificados no Parque Estadual Intervales e seu entorno baseado em dados do perfil topoclimático obtido entre os dias campo 24/09 a 07/11/2006.



## 6 Resultados obtidos

## 7 Bibliografia consultada

AYOADE, J.O, 1991, **Introdução à Climatologia para os Trópicos**, ed. Bertrand Brasil, 3ª edição, Rio de Janeiro / RJ.

FORSDYKE, A. G. 1975, **Previsão do Tempo e Clima**, tradução de Fernando de Castro Ferro, Melhoramentos, Edusp, série prisma nº 17, São Paulo.

FF – Fundação para a conservação e produção florestal. **Plano de Gestão Ambiental: Parque Estadual Intervales (PEI) – Fase 1**. Secretaria do Meio Ambiente. – São Paulo: SMA, 1998.

GUTJAHR, Miriam. **Crêterios relacionados a compartimentação climática de bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Ribeira do Iguape**. São Paulo: Depto de Geografia – FFLCH-USP, 1993. Dissertação (Mestrado).

INMET. **Normais Climatológicas 1961 a 1990**. INMET. Brasília, 1992.

MONTEIRO, C. A. F., 1969, **A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil – Contribuições Metodológicas à Análise Rítmica dos Tipos de Tempo no Brasil**, Série teses e Monografia n° 01, USP-IG, São Paulo/SP.

MONTEIRO, C.A. de F. *A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo em forma de Atlas*. São Paulo: USP/Igeo, 1973.

NOVO, E. M., 1989, **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**, ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo / SP.

ROSS, J. L. S., 1995, **Os fundamentos da Geografia da Natureza**, In: Geografia do Brasil, Edusp, São Paulo.

SANT'ANNA NETO, João Lima. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. São Paulo: USP/FFLCH, 1995. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

SCHROEDER, Rudolf. **Distribuição e curso anual das precipitações no Estado de São Paulo**. Bragantia. Campinas, v. 15, n. 18, p. 193-249, 1956.

SELLERS, W.D. **Physical Climatology**. Chigago: The University of Chicago Press, 1974. 272p.

SETZER, José. Atlas Climatológico do estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. São Paulo, 1966. 61p. (Estudo na forma de Atlas).

# ANÁLISE DA VARIABILIDADE DAS MÉDIAS CLIMÁTICAS DO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA (BAHIA): UM ESTUDO INTRODUTÓRIO

Aline Franco Diniz - Universidade Estadual de Feira de Santana -  
alinefrancodiniz@ig.com.br

Rosângela Leal Santos - Universidade Estadual de Feira de Santana - rosaleal@uefs.br

O município de Feira de Santana pode ser definido como um retângulo envolvente com as coordenadas  $x_1= 461110$ ,  $y_1= 8624049$ ;  $x_2= 528880$ ,  $y_2= 8679639$  (WGS 84; Zona 24), apresentando a precipitação média anual de 848 mm e temperatura média anual de 24° C. O problema da seca não é novo, nem exclusivo do nordeste brasileiro: é resultado de vários fatores externos à região, como o processo de circulação dos ventos e as correntes marinhas, que se relacionam com o movimento atmosférico, impedindo a formação de chuvas em determinados locais, e de outros internos como a vegetação pouco robusta, a topografia e alta refletividade do solo. Complementarmente, tem-se estudado exaustivamente o fenômeno do El Niño, isto é, o comportamento das temperaturas das águas do Oceano Pacífico Sul em sua porção marginal às bordas do continente sul-americano. A ocorrência deste fenômeno modifica a circulação atmosférica causando movimentos anormais que inibe a formação de nuvens nos anos de seca. A influência do fenômeno El Niño se destaca como um importante fator condicionante das secas na porção norte da região Nordeste e, parcialmente, a porção leste, afetando assim o município de Feira de Santana-BA, em que tende a apresentar repercussões nas características climático-ambientais, e conseqüentemente nas sócio-econômicas, dependentes deste fator, como as atividades agropecuárias, em particular a agricultura de sequeiros, prática agrícola que não se utiliza da irrigação, dependendo apenas do regime pluviométrico para o desenvolvimento das culturas. Têm-se como principais objetivos: i) avaliar o grau de severidade da seca entre os anos de 1996 a 2006 em Feira de Santana (BA) e; ii) realizar uma análise estatística de acordo com a série pluviométrica no município de Feira de Santana (BA) de 1996 a 2006.

Palavras-Chave: Seca; El Niño; Precipitação Pluviométrica.

The municipality of Feira de Santana can be defined as a rectangle engaging with the coordinates  $x_1= 461110$ ,  $y_1= 8624049$ ;  $x_2= 528880$ ,  $y_2= 8679639$  (WGS 84; Zone 24), presenting the annual average rainfall of 848 mm and average temperature annual 24° C. The problem of drought is neither new nor unique to northeastern Brazil: is the result of many factors external to the region, as the process of movement of winds and sea currents, which are related to the atmospheric movement, preventing the formation of rain in some local, and other internal as robust little vegetation, topography and high reflectivity of the soil. In addition, it has been extensively studied the phenomenon of El Niño, that is, the behavior of temperatures of the waters of the Pacific Ocean on its southern portion marginal the edges of the South American continent. The occurrence of this phenomenon changes the atmospheric circulation causing abnormal movements that inhibits the formation of clouds in the years of drought. The influence of El Niño is highlighted as a major constraint factor of drought in northern portion of the Northeast region and, in part, the portion east, thus affecting the city of Feira de Santana-BA, which tends to produce effects on the climatic characteristics - environmental, and consequently in the socio-economic, dependent on this factor, such as agricultural activities, particularly agriculture, sequeiros, agricultural practice that is not used in irrigation, depending on the scheme only precipitation for the development of crops. They are its main objectives: i) assess the degree of severity of drought between the years of 1996 to 2006 in Feira de Santana (BA) and ii) conduct a statistical analysis according to the series pluviometric in the city of Feira de Santana (BA) from 1996 to 2006.

Keywords: Drought; El Niño; Precipitation Pluviometrica.

## **1. Introdução**

As secas nordestinas, assim como outras calamidades climáticas, classificam-se como eventos de difícil previsão, apesar dos avanços alcançados, como o estudo da variabilidade de suas manifestações. O fenômeno da seca tem despertado o interesse de diferentes pesquisadores, na tentativa de explicar a evolução dos sistemas meteorológicos atuantes e suas conseqüências econômicas e sociais, oferecendo subsídios ao planejamento agrícola. As secas constituem um evento climático inerente às condições semi-áridas da região Nordeste brasileira, que se repete com frequência e variada intensidade, caracterizando-se como um risco para as atividades agrícolas, ao longo de toda a história de ocupação e povoamento da área. Apesar de não se tratar de um elemento novo no cenário nordestino manifesta-se, ainda hoje, como o fator de maior impacto econômico, social e ecológico, pelos prejuízos que causam as áreas afetadas.

Em face de existir certas periodicidades na ocorrência da seca, várias hipóteses foram aventadas para explicar a sua ocorrência. Atualmente, pesquisas e estudos são realizados na complexa circulação atmosférica do Nordeste, bem como nas temperaturas das águas de superfície do Atlântico na expectativa de se obter uma explicação científica do fenômeno. Complementarmente, tem-se estudado exaustivamente o fenômeno do El Niño, isto é, o comportamento das temperaturas das águas do Oceano Pacífico Sul em sua porção marginal às bordas do continente sulamericano. A ocorrência deste fenômeno modifica a circulação atmosférica causando movimentos anormais que inibe a formação de nuvens nos anos de seca.

A influência do fenômeno El Niño se destaca como um importante fator condicionante das secas na porção norte da região Nordeste e, parcialmente, a porção leste, afetando assim o município de Feira de Santana-BA, em que tende a apresentar repercussões nas características climático-ambientais, e conseqüentemente nas sócio-econômicas, dependentes deste fator, como as atividades agropecuárias, em particular a agricultura de sequeiros, prática agrícola que não se utiliza da irrigação, dependendo apenas do regime pluviométrico para o desenvolvimento das culturas. Têm-se como principais objetivos: i) avaliar o grau de severidade da seca entre os anos de 1996 a 2006 em Feira de Santana (BA) e; ii) realizar uma análise estatística de acordo com a série pluviométrica no município de Feira de Santana (BA) de 1996 a 2006.



## 2. Caracterização da área de estudo

A cidade de Feira de Santana-BA é a segunda maior cidade do Estado da Bahia, com uma população aproximada de 550.000 habitantes e uma área de 1.373 km<sup>2</sup>, podendo ser definida como um retângulo envolvente com as coordenadas  $x_1= 461110$ ,  $y_1= 8624049$ ;  $x_2= 528880$ ,  $y_2= 8679639$  (WGS 84; Zona 24), com altitude média de 230m, situando-se na bacia do Rio Paraguaçu. Esse município é caracterizado economicamente por um intenso potencial comercial, se apresentando como o maior entroncamento rodoviário do Norte-Nordeste (**Figuras 01 e 02**).



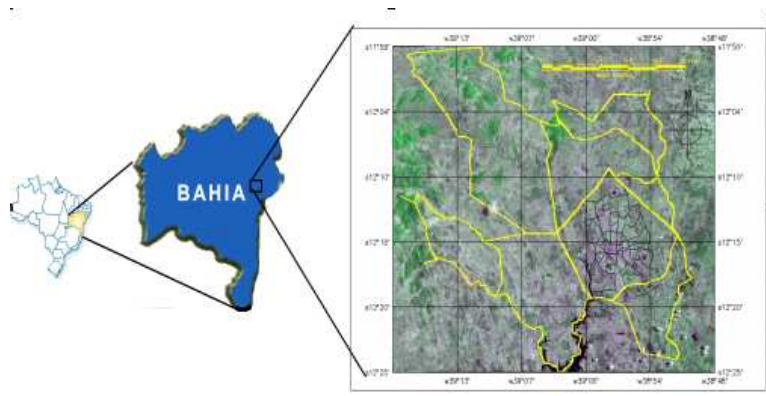
(01)

(02)

**Figuras 01 e 02:** Visão Panorâmica da cidade de Feira de Santana (Bahia)

O município de Feira de Santana está localizado a 108 km de Salvador-BA, numa zona climaticamente intermediária, entre a zona úmida do litoral e a semi-aridez das áreas mais interioranas (**Figura 03**). Segundo a classificação climática de Koppen (1948) é do tipo quente e úmido (Cw); já para Thorntwaite (1955) o clima do município de Feira de Santana-BA é sub-úmido a seco. Apresenta precipitação média anual de 848 mm e temperatura média anual de 24° C, podendo no verão atingir médias mensais de 27°C e no inverno de 21° C.

Este município localiza-se na unidade geomorfológica dos Tabuleiros Interioranos, onde a Formação Capim Grosso (Barreiras do Interior) repousa concordantemente sobre o embasamento cristalino, formando pacotes sedimentares que variam de 1.5 m a 15m de profundidade. A drenagem principal do município é constituída pelos rios Jacuípe, à esquerda, e o Pojuca e Subaé à direita.

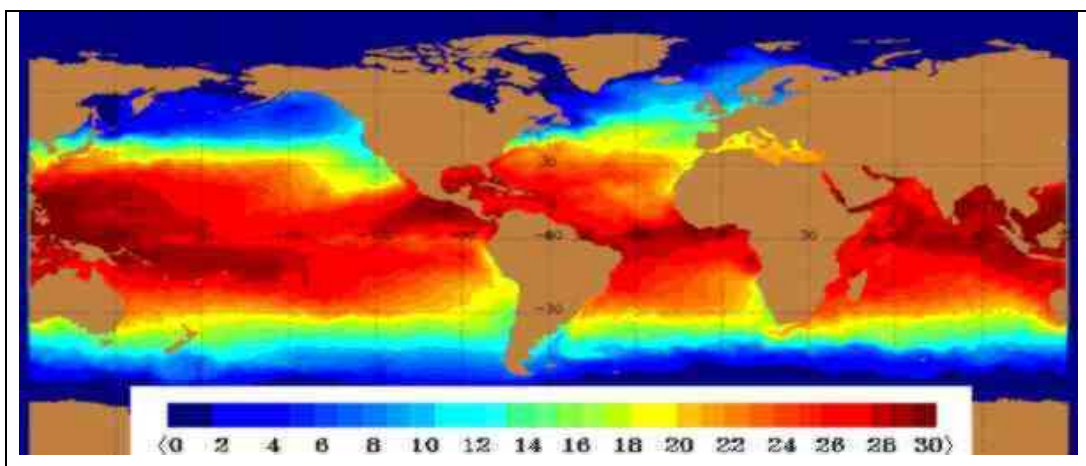


**Figura 03:** Localização do município de Feira de Santana no Estado da Bahia. Mapa do município com os distritos em amarelo, e destaque para a divisão da área urbana em bairros. Informações sobrepostas a uma composição R3-G4-B2 da imagem do sensor CCD/CBERS-2 de 06/03/2006.

Observa-se no município, a formação de lagoas com cerca de 1 km de diâmetro, devido à ocorrência de depressões fechadas, estas lagoas, na maioria das vezes, são cobertas por vegetação rasteira, e já se encontram bastante degradadas, principalmente por sua contaminação através do esgoto sanitário e de dejetos líquidos e sólidos das indústrias. As lagoas que se localizam nas áreas urbanas da cidade, estão com uma ocupação desordenada em seu entorno e são ocupadas pela população de baixa renda.

### 3. Revisão de Literatura

O El Niño é um fenômeno oceânico caracterizado pelo aquecimento incomum das águas superficiais nas porções: central e leste do oceano Pacífico, nas proximidades da América do Sul. A corrente de águas quentes que ali circula, em geral, na direção sul no início do verão, somente recebe o nome El Niño quando a anomalia térmica atinge proporções elevadas ( $1^{\circ}\text{C}$ ) ou muito elevadas (de  $4^{\circ}\text{C}$  a  $6^{\circ}\text{C}$ ) acima da média térmica, que é de  $23^{\circ}\text{C}$ , desta forma, trata-se de uma alteração da dinâmica normal da célula de Walker (**Figura 04**).

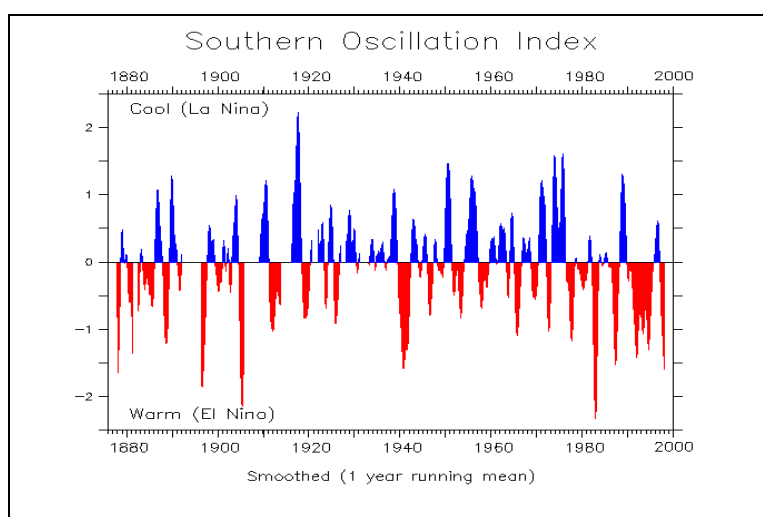


**Figura 04:** Atuação do El Niño

Segundo Reis (1998, p. 77):

O El Niño é o aquecimento da água do mar acima da média histórica. Existem dois pontos - na ilha de Taiti e na cidade de Darwin - onde há medidas de pressão atmosférica. Com as informações coletadas nesses dois pontos, verificou-se que, em anos considerados normais, quando não ocorre o El Niño, a pressão atmosférica em Taiti é maior do que a de Darwin e em anos de El Niño, a pressão atmosférica de Darwin é maior; a situação inverte-se (REIS, 1998, p. 77).

As palavras desse autor são esclarecedoras, quando ditas sobre a relação da pressão atmosférica nestes dois pontos, pois através da relação entre eles pode-se acompanhar a movimentação do centro de alta pressão. A essa relação entre a pressão atmosférica de Darwin e Taiti, é conhecida como Índice de Oscilação Sul (IOS), e a análise do El Niño e o Índice de Oscilação Sul são conhecidas como “ENSO”, que corresponde à abreviação de El Niño/ Oscilação Sul (**Figura 05**).



**Figura 05:** Índice de Oscilação Sul (IOS), 1876-1998.  
Fonte: KESSLER (2002)

O evento do El Niño tem uma tendência a se alternar no período de dois a sete anos. Caracteriza-se com a elevação da temperatura na superfície do mar e da atmosfera, apresentando uma condição anormal durante um período de doze a dezoito meses. Em anos que o El Niño está presente, a evolução típica do fenômeno inicia no começo do ano, atinge sua máxima intensidade durante dezembro do mesmo ano (e janeiro do próximo ano), enfraquecendo-se na metade do segundo ano. Entretanto, com as alterações climáticas que vem ocorrendo no planeta, tanto a periodicidade quanto a duração ou mesmo a época têm variado. O surgimento da fase positiva (El Niño) está

associado ao enfraquecimento dos ventos alísios, e caracteriza-se pelo aquecimento das águas superficiais do Pacífico Tropical e pelo registro negativo do IOS (**Figura 06**).



**Figura 06:** Enfraquecimento da velocidade dos ventos alísios e aquecimento das águas no Pacífico Tropical. Fonte: [http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/meteoro/el\\_nino.jsp](http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/meteoro/el_nino.jsp)

“Constatou-se em 1983 que o El Niño causou muitas chuvas no Peru, secas no nordeste e chuvas no sul do Brasil, secas na Austrália e na África, chuvas fortes na América do Norte e na Europa” (Reis, 1998, p.77), mas segundo Jesus (1991, p.56) “a excepcional intensidade do fenômeno El Niño, ocorrida nos anos 80, corresponde a um indício bastante forte a ser considerado sobre a questão das alterações climáticas que vêm ocorrendo ultimamente”. As principais anomalias climáticas ou, meramente, distúrbios climáticos, que estão vinculados às prováveis mudanças no clima global ligadas ao fenômeno El Niño são:

1. Chuvas em excesso ocorridas durante os anos 80 no Equador e Peru;
2. Secas extremamente severas que atingiram a Austrália e a Indonésia;
3. Chuvas e inundações no Sul e secas intensas no nordeste do Brasil;
4. Aumento da intensidade de furacões ao longo do pacífico sul;
5. Maiores desvios climáticos entre os anos denominados de excepcionais;

Desta forma, O El Niño tem maior evidência nas costas peruanas, pois as águas frias provenientes do fundo oceânico (fenômeno conhecido como ressurgência) e da corrente marinha de Humboldt são interceptadas por águas quentes oriundas do norte e oeste. Essa alteração climática assume dimensões continentais e planetárias à medida que provoca desarranjos de toda ordem em vários climas da Terra.

Desta forma, Caviedes (1975) notou uma forte coincidência entre anos de ocorrência do fenômeno oceanográfico e secas no Nordeste. Esta relação se justifica pelas amplas perturbações espaciais da circulação atmosférica tropical que acabam por refletir na localização anômala da Convergência Intertropical (CIT). Ao mesmo tempo em que as chuvas copiosas caem nas planícies costeiras do Peru e Equador causadas pelo El Niño, a escassez de chuvas caracteriza o sertão nordestino. Isso ocorre porque a CIT não avança para o sul do Equador, não penetrando, portanto, na região. Esta posição setentrional da CIT, por sua vez, esta relacionada ao fortalecimento do anticiclone do Atlântico Sul e ao dos alísios de sudeste.

Por outro lado o La Niña é o contrário do El Niño. A ocorrência deste fenômeno se traduz no aumento da temperatura na água do mar, na região da costa do Pacífico, acima da média histórica. Esse evento é o inverso, quando a temperatura registra anomalias abaixo dessa média. De acordo com Jesus (1991, p.57):

“Convém ressaltar que o fenômeno La Niña só ocorre também em condições extremamente anômalas da pressão atmosférica entre o continente sul-americano e australiano. A ocorrência da La Niña está associada em nosso país com a ocorrência de muitas chuvas em toda sua porção setentrional. Já se atribuiu ao efeito La Niña a causa da intensa seca registrada em 1990 no verão do meio norteamericano, as grandes enchentes em Bangla-Desh (em 1989) e os violentos furacões ocorridos na região do Caribe e no golfo do México”.

## **4. Materiais e Métodos**

### *4.1. Materiais*

- Série pluviométrica do município de Feira de Santana-BA no período de 1996 a 2006, fornecidos pela Estação Climatológica da Universidade Estadual de Feira de Santana, totalizando 11 anos de observações pluviométricas.
- Os tratamentos estatísticos serão realizados no Software Excel disponível em todos os computadores.
- Análise estatística e a confecção de tabelas para configuração espacial e temporal da temática estudada

### *4.2. Métodos*

- Nesta etapa serão utilizadas as técnicas de análise estatística da precipitação (média, média anual, amplitude total, desvio padrão, variância).

## 5. Resultados

Os dados fornecidos pela Estação Climatológica (83221-INMET/DTEC) na Universidade Estadual de Feira de Santana dispõem uma série pluviométrica no período de 10 anos do município (**Tabela 01**), que foram relacionados aos anos de ocorrência dos fenômenos do El Niño e La Niña (**Tabela 03**).

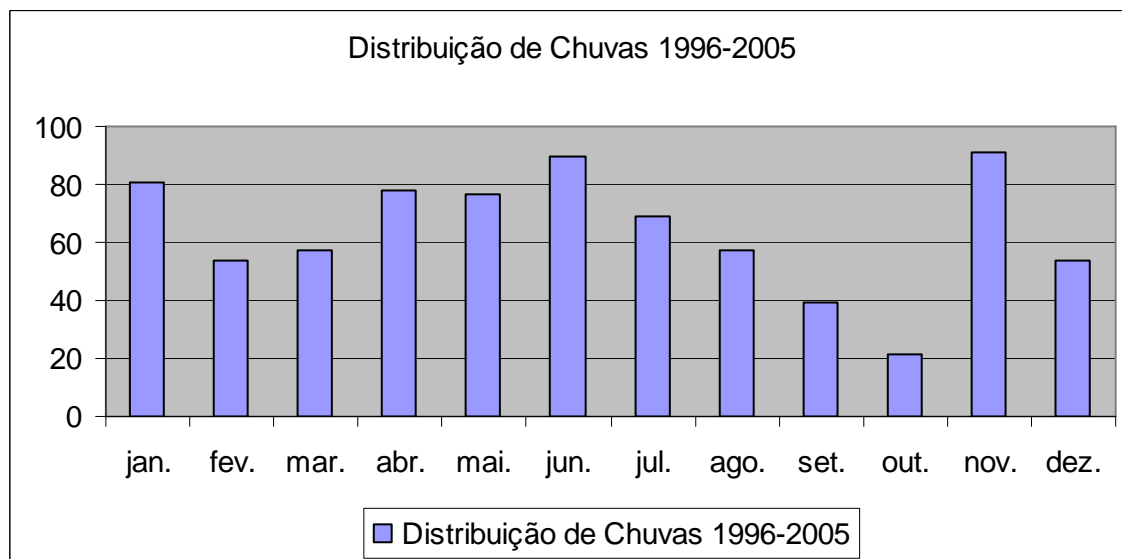
**Tabela 01: Série Pluviométrica no município de Feira de Santana-BA (10 anos)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Janeiro	13,1	73,1	12,1	23,7	31,0	53,4	207,4	S/R*	259,7	53,9
Fevereiro	21,2	84,9	5,6	47,3	54,1	2,2	46,4	S/R*	95,1	127,5
Março	18,6	352,8	20,0	12,1	8,5	103,4	16,8	S/R*	19,3	50,2
Abril	186,0	112,5	79,5	31,8	140,0	20,8	12,9	S/R*	70,3	45,4
Mai	35,7	79,3	94,6	113,3	100,0	40,9	100,7	S/R*	46,2	76,0
Junho	128,0	56,5	126,2	53,0	96,6	86,3	77,3	57,6	87,5	131,2
Julho	79,0	62,8	93,9	50,1	46,9	54,2	64,9	129,4	30,6	78,8
Agosto	35,6	22,0	49,4	126,4	66,4	70,1	30,6	79,9	37,7	52,1
Setembro	53,9	1,8	21,1	47,8	71,4	64,7	54,4	61,6	6,8	7,2
Outubro	6,5	17,2	1,3	67,7	8,1	72,2	6,8	24,9	5,9	1,6
Novembro	223,8	20,8	44,1	155,1	131,6	1,7	8,7	87,4	93,9	141,9
Dezembro	85,2	40,3	44,7	155,9	119,0	49,7	21,1	3,9	2,6	16,3
<b>Total</b>	<b>886,6</b>	<b>924,0</b>	<b>592,5</b>	<b>884,2</b>	<b>873,6</b>	<b>619,6</b>	<b>648,0</b>	<b>444,7**</b>	<b>725,0</b>	<b>782,1</b>

Fonte: Estação Climatológica – 83221 – INMET/UEFS/DTEC

S/R\*: Os dados não foram obtidos, devido à mudança de local da Estação Climatológica.

\*\*Apenas a soma dos valores parciais (junho a dezembro) do ano de 2003.



**Figura 07:** Histograma da distribuição média mensal de chuvas para o município de Feira de Santana (1996-2005)

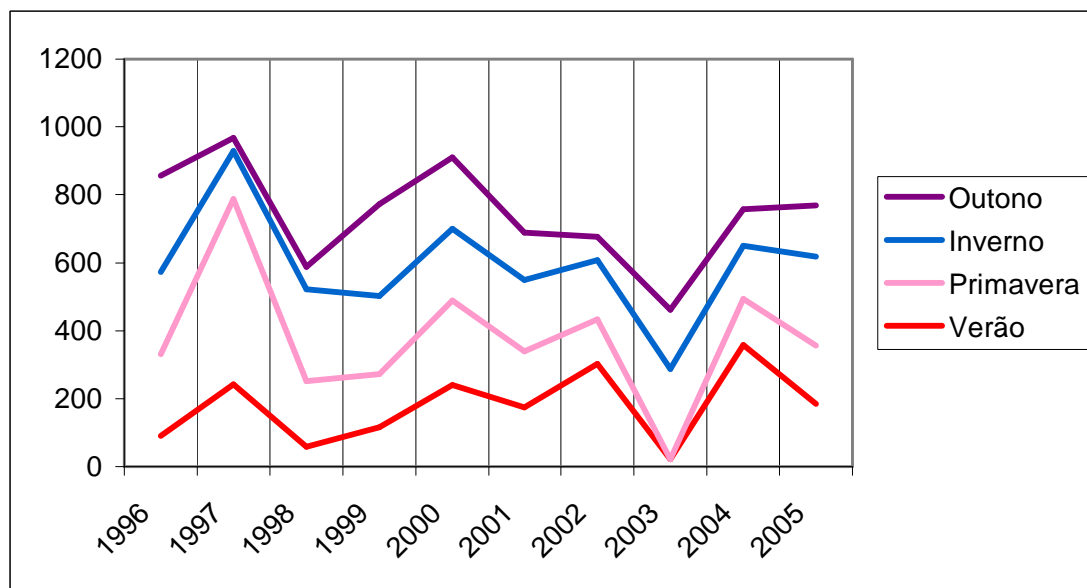
**Tabela 02: Variação pluviométrica sazonal no município de Feira de Santana-BA (1996-2005)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Verão	89,5	243,2	58,0	115,7	241,0	174,6	303,5	21,1*	358,7	184,0
Primavera	240,3	544,6	194,1	157,2	248,5	165,1	130,4	S/R**	135,8	171,6
Inverno	242,6	141,3	269,5	229,5	209,9	210,6	172,8	266,9	155,8	262,1
Outono	284,2	39,8	66,5	270,6	211,1	138,6	69,9	173,9	106,6	150,7
<b>Total</b>	<b>856,6</b>	<b>968,9</b>	<b>588,1</b>	<b>773,0</b>	<b>910,5</b>	<b>688,9</b>	<b>676,6</b>	<b>461,9</b>	<b>756,9</b>	<b>768,4</b>

Fonte: Estação Climatológica – 83221 – INMET/UEFS/DTEC

\*Valor apenas do mês de dezembro de 2002, ficou faltando janeiro e fevereiro de 2003.

\*\*S/R: Os dados não foram obtidos, devido à mudança de local da Estação Climatológica.



**Figura 08:** Distribuição pluviométrica sazonal, para o município de Feira de Santana (1996 a 2005)

**Tabela 03: Análise anual da ocorrência do fenômeno El Niño e La Niña (10 ANOS)**

Ano de ocorrência	Intensidade	
	El Niño	La Niña
1996	Não ocorreu	Fraca
1997	Forte	Não ocorreu
1998	Forte	Fraca
1999	Não ocorreu	Fraca
2000	Não ocorreu	Moderado
2001	Não ocorreu	Moderado
2002	Fraco	Não ocorreu
2003	Fraco	Não ocorreu
2004	Não ocorreu	Não ocorreu
2005	Não ocorreu	Não ocorreu

Fonte: Ciram < [http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/meteoro/el\\_nino.jsp](http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/meteoro/el_nino.jsp) >

Diante das informações da **Tabela 01** nota-se que os anos mais secos foram 1998, 2001, 2002 e 2003 com 592,5, 619,6 e 648,0 e 444,7 mm, respectivamente, e que os mesmos sofreram a influência do fenômeno do El Niño. Já os anos mais chuvosos foram 1996, 1997, 1999 e 2000 com precipitação total de 886,6, 924,0, 884,2 e 873,6 mm, devido ao La Niña (**Tabela 03**), pois o município de Feira de Santana-BA, em

anos de La Niña, registra índice de chuva acima da média. É importante ressaltar que no ano de 1997, o El Niño foi classificado como forte (**Tabela 03**) e foi o período mais chuvoso numa série de 10 anos no município de Feira de Santana-BA, com precipitação total de 924,0. O ano citado era para ser o mais seco, mas na **Tabela 01** percebe-se no primeiro período (janeiro a julho) houve um alto índice pluviométrico somando 821,9 mm, já no segundo período (agosto a dezembro) houve uma grande redução na quantidade de chuva com 102,1 mm, devido à ocorrência do fenômeno do El Niño, trazendo grandes secas para toda a região. E no ano de 1998 o fenômeno também foi classificado forte, provocando o menor índice pluviométrico com 592,5 mm em Feira de Santana-BA.

O ano de 2002 foi considerado um ano seco, com precipitação total de 648,0 mm, com o primeiro período (janeiro a julho) chuvoso com 526 mm, e o segundo período (agosto a dezembro) seco com precipitação de 121,6 mm, nota-se uma queda devido ao El Niño. No ano de 2003 não tem os valores de janeiro a maio devido à mudança do local da Estação Climatológica, mas provavelmente os valores pluviométricos que faltam serão baixos. O fenômeno oceanográfico ocorrido nesse ano foi considerado fraco (**Tabela 03**).

A **Tabela 02** apresenta a variação pluviométrica sazonal no município de Feira de Santana-BA (1996-2005), na qual foi construído o Gráfico da Distribuição Pluviométrica Sazonal (**Figura 08**) para facilitar a visualização da quantidade de chuva com as estações do ano, sendo o outono e a primavera os períodos mais secos e o inverno o período mais chuvosos.

Na **Tabela 03** percebe-se a intensidade dos fenômenos em evidência, que podem ser classificados em fraco, moderado e forte, numa série de 10 anos. O El Niño foi mais forte em 1997 e 1998 e fraco em 2002 e 2003, por outro lado o La Niña foi moderado em 2000 e 2001 e fraca em 1996, 1998 e 1999. Não ocorrendo esses dois fenômenos nos anos de 2004 e 2005.

Por conseguinte, ao analisar estatisticamente o município de Feira de Santana (BA) percebe-se riscos de seca devido ao El Niño, pois a mesma sofre com secas severas e a agricultura de subsistência, que é a fonte de trabalho e sustento de grande massa dos pequenos produtores rurais com ou sem terra, é a mais afetada pela crise da seca. Esse tipo de agricultura possui baixo rendimento e os principais cultivos são feijão, milho e a mandioca, que são cultivados como agricultura de sequeiros. O município de Feira de Santana-BA se enquadra nessa produção, que é altamente vulnerável ao fenômeno da seca, pois é profundamente dependente dos períodos



chuvosos, logo uma modificação na distribuição das chuvas ou uma redução no volume desta, é o suficiente para desorganizar toda a atividade econômica, uma vez que a base produtiva da região interiorana da qual dependem outros setores econômicos é atividade agrícola. Em períodos de seca, somente as áreas irrigadas têm condições de enfrentar as condições adversas do tempo (**Figura 09**).



**Figura 09:** Cultivo da Agricultura de Sequeiros no município de Feira de Santana (BA)

Fonte: DINIZ (2007)

### 5.1 Análise estatística da seca no período de 1996 a 2006 no município de Feira de Santana (Bahia)

Com este estudo, acrescentou-se o ano de 2006, pelas informações fornecidas pela Estação Climatológica (**Tabela 04**). Na qual observou-se que ao analisar os doze meses, no período de 1996 a 2006, as maiores médias aritméticas encontradas foram os meses de janeiro com 72,8 mm, março com 60,3 mm, abril com 71,1 mm, maio com 70,6 mm, junho com 86,7 mm, julho com 63,5 mm e novembro com 84,8 mm, respectivamente. E os meses mais secos foram fevereiro com 48,6 mm, agosto com 52,6 mm, setembro com 39,9 mm, outubro com 20,7 mm e dezembro com 52,0 mm, pois os mesmos sofreram a influência do fenômeno do El Niño (**Figura 10**).

**TABELA 04: SÉRIE PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA-BA (11 ANOS)**

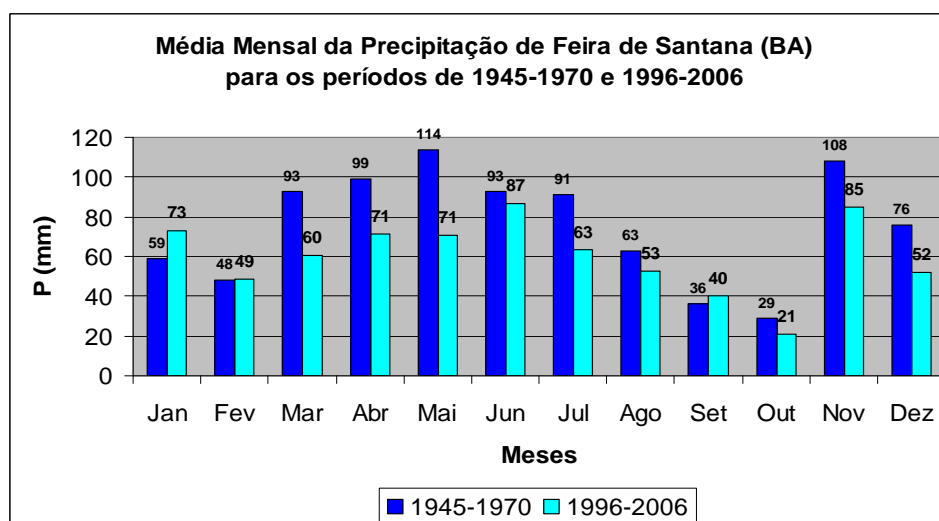
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	MÉDIA
Jan.	13,1	73,1	12,1	23,7	31	53,4	207,4	S/R*	259,7	53,9	0,8	72,8
Fev.	21,2	84,9	5,6	47,3	54,1	2,2	46,4	S/R*	95,1	127,5	1,2	48,6
Mar.	18,6	352,8	20	12,1	8,5	103,4	16,8	S/R*	19,3	50,2	1,2	60,3
Abr.	186	112,5	79,5	31,8	140	20,8	12,9	S/R*	70,3	45,4	12,1	71,1
Mai.	35,7	79,3	94,6	113,3	100	40,9	100,7	S/R*	46,2	76	19,3	70,6

Jun.	128	56,5	126,2	53	96,6	86,3	77,3	57,6	87,5	131,2	54	86,7
Jul.	79	62,8	93,9	50,1	46,9	54,2	64,9	129,4	30,6	78,8	7,6	63,5
Ago.	35,6	22	49,4	126,4	66,4	70,1	30,6	79,9	37,7	52,1	8,7	52,6
Set.	53,9	1,8	21,1	47,8	71,4	64,7	54,4	61,6	6,8	7,2	48,6	39,9
Out.	6,5	17,2	1,3	67,7	8,1	72,2	6,8	24,9	5,9	1,6	15,7	20,7
Nov.	223,8	20,8	44,1	155,1	131,6	1,7	8,7	87,4	93,9	141,9	24,2	84,8
Dez.	85,2	40,3	44,7	155,9	119	49,7	21,1	3,9	2,6	16,3		
<b>Total</b>	<b>886,6</b>	<b>924</b>	<b>592,5</b>	<b>884,2</b>	<b>873,6</b>	<b>619,6</b>	<b>648</b>	<b>444,7**</b>	<b>725</b>	<b>782,1</b>	<b>226,2</b>	<b>723,7</b>

Fonte: Estação Climatológica – 83221 – INMET/UEFS/DTEC

S/R\*: Os dados não foram obtidos, devido à mudança de local da Estação Climatológica.

\*\*Apenas a soma dos valores parciais (junho a dezembro) do ano de 2003.



**Figura 10:** Média Mensal da Precipitação de Feira de Santana (BA) para os períodos de 1945-1970 e 1996-2006

Por conseguinte, a média dos doze meses foi de 723,7 mm, ressaltando, que no ano de 2003 não tem os valores de janeiro a maio devido à mudança do local da Estação Climatológica, portanto neste ano ocorreu o El Niño, e a sua intensidade foi considerada fraca.

**TABELA 05: VARIÂNCIA E DESVIO PADRÃO DA SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA-BA (1996 a 2006)**

	VARIÂNCIA	DESVIO PADRÃO
Janeiro	6962,619	83,44231
Fevereiro	1651,777	40,64206
Março	10252,38	101,254
Abril	3288,052	57,34154
Mai	919,59	30,32474
Junho	854,3884	29,22992
Julho	953,4673	30,87827
Agosto	959,822	30,98099
Setembro	467,6288	21,62473
Outubro	551,5134	23,48432
Novembro	4721,387	68,71235
Dezembro	2175,654	46,64391

Quanto à variância e o desvio padrão (**Tabela 05**), os maiores valores da variância foram observados nos meses de janeiro com 6962,619, junho com 854,3884 e julho com 953,4673 e os menores foram em março 10252,38, maio 919,59 e agosto com 959,822, respectivamente. Com relação ao desvio padrão os maiores valores foram janeiro com 83,44231, abril com 57,34154 e novembro com 68,71235 e os menores valores foram março com 101,254, setembro com 21,62473 e outubro com 23,48432, respectivamente.

## **6. Conclusão**

Percebe-se que o El Niño pode realmente influenciar no clima de todo o globo, e no Brasil está comprovado que esse fenômeno intensifica as secas no sertão nordestino. Nota-se a influência do El Niño com o município de Feira de Santana-BA principalmente nos anos de 1998, 2001, 2002 e 2003 que obteve a precipitação total de 592,5, 619,6, 648,0 e 444,7 mm , períodos estes que o El Niño estava ocorrendo, gerando seca e impactos na agricultura.

Ao analisar os doze meses, no período de 1996 a 2006, as maiores médias aritméticas encontradas foram os meses de janeiro, março, abril, maio, junho, julho e novembro, respectivamente. E os meses mais secos foram fevereiro, agosto, setembro, outubro e dezembro, pois os mesmos sofreram a influência do fenômeno do El Niño. Quanto à variância e o desvio padrão os maiores valores da variância foram observados nos meses de janeiro, junho e julho e os menores foram em março, maio e agosto, respectivamente. Com relação ao desvio padrão os maiores valores foram janeiro, abril e novembro e os menores valores foram março, setembro e outubro.

Em relação à intensidade do El Niño, verificou-se que o fenômeno foi mais intenso em 1997-1998. Uma outra questão relevante, é que apesar da infinidade de trabalhos sobre o El Niño, ainda não conseguiram definir a periodicidade exata para o acontecimento do evento.

## **7. Referências Bibliográficas**

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1991.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PERREIRA, A. R. **Aplicações de Estatística à Climatologia. Teoria e Prática.** Pelotas: Editora Universitária da Universidade Federal de pelotas, 1996.

CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA. **El Niño.** Disponível em: <[http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/meteoro/el\\_nino.jsp](http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/meteoro/el_nino.jsp)>. Acesso em 25 jan. 2007.

COLÉGIO RAINHA DA PAZ. **El Niño.** Disponível em <<http://www.rainhadapaz.g12.br/projetos/geografia/geoem/elnino/home.htm>>. Acesso em 23 jan. 2007.

DEMILLO, R.; WATTENMAKER, P. D. **Como funciona o clima.** São Paulo: Quark Books, 1998.

DIXON, W. J.; MASSEY, F. J. **Intruduction to statistical analsis.** Tokio: McGraw-Hill Kogakusha Ltda, 1969, 639 p.

ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA – 83221 – INMET/UEFS/DTEC

JESUS, E. F. R. **Algumas considerações a respeito das mudanças climáticas atuais.** Boletim de Geografia Teorética, 21 (41), p. 45-60, 1991.

REIS, R. J. **O fenômeno do El Niño.** Caderno Geografia, Belo Horizonte, v.8, n. 11, p. 75-78, dez. 98.

VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. **Elementos de estatística.** São Paulo: Atlas, 1990.

**ESTUDOS GEOAMBIENTAIS:**  
**MAPEAMENTO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS ARROIOS JAGUARÍ-  
MIRIM, INHADIJU E PIQUIRI NO OESTE DO RS.**

Eléia Righi – [leiarighi@yahoo.com.br](mailto:leiarighi@yahoo.com.br) – Acad. Curso de Geografia da UFSM  
Luis Eduardo de Souza Robaina – [lesrobaina@yahoo.com.br](mailto:lesrobaina@yahoo.com.br) – Prof. da UFSM

**Resumo:**

Este trabalho apresenta uma proposta de mapeamento geoambiental com o objetivo de obter dados do meio e das diferentes formas de uso e ocupação, dentro de uma visão Geossistêmica das Bacias Hidrográficas dos arroios Jaguarí-Mirim, Inhandiju e Piquiri. A área de estudo está localizada na bacia hidrográfica do rio Ibicui, região Oeste do Rio Grande do Sul, Brasil. O trabalho desenvolveu-se a partir da técnica de mapeamento geoambiental do Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM/UFSM) desenvolvida por Trentin e Robaina (2005), que se baseia na possibilidade de divisão da área estudada em unidades homogêneas. O mapeamento através da sua representação e síntese refletiu em cinco sistemas e duas unidades, que caracterizam a paisagem geoambiental: *-Sistema Jaguarí Mirim:* formada por relevo fortemente ondulado e com escarpas, constituído por morros e morrotes, substrato vulcânico e solos pouco desenvolvidos; *-Sistema Piquiri:* formado por áreas suavemente onduladas a planas, maiores altitudes da área *-Sistema Piquiri – Jaguarí-Mirim:* Áreas suavemente onduladas, o substrato de arenitos com grânulos, ocorrência de processos erosivos acelerados gerando areais e voçorocas; *-Unidade São Francisco de Assis:* composta por morrotes isoladas com origem associada à existência de arenitos coesos que mantém o relevo de topo plano; *-Sistema Inhandiju:* Área suavemente ondulada, constituída de arenitos finos, drenagem dendrítica e, relativamente, elevado número de açudes e barragens; *-Unidade Sanga Funda:* relevo de colinas com afloramentos de arenitos coesos na meia encosta ou no topo. Quando na meia encosta formam degraus com processos de ravinas e voçorocas associados; *-Sistema Jaguarí:* O relevo plano com processos de acumulação junto ao rio Jaguarí. O trabalho representa uma ferramenta importante para ser usado em propostas de gestão e planejamento permitindo o máximo de equilíbrio entre o uso e o suporte do meio natural.

**Palavras Chave:** Bacias Hidrográficas, Mapeamento, Geoambiental.

**Abstract:**

The present work shows a proposal of geoenvironmental mapping aiming at the acquisition of the environment data and of the different ways of use and occupation of the hydrographic basins of the Jaguarí-Mirim, Inhandiju, and Piquiri streams within a geosystemic vision. The study area is located in the hydrographical basin of Ibicui river, on the west of Rio Grande do Sul, Brazil. The study has been developed starting from the technique of geoenvironmental mapping of the Laboratory of Environmental Geology (LAGEOLAM/UFSM) developed by Trentin and Robaina (2005), which is based on the possibility of the studied area being separated in homogeneous units. Through its representation and synthesis, the mapping has reflected in five systems and two units which characterizes the geoenvironmental landscape: Jaguarí Mirim System: formed by a strongly wavy relief and with scarps, constituted by hills and small hills, volcanic substrate, and underdeveloped soils; Piquiri System: formed by areas from slightly wavy to plane and with larger altitudes of area - Piquiri – Jaguarí - Mirim System: slightly wavy areas, sandstones substrate with granules, occurrence of erosive processes of the gully and sands on hill; - São Francisco de Assis Unit: composed by isolated small mount with origin associated to the existence of united sandstones which keep the plane top relief; - Inhandiju System: Slightly wavy area composed by fine sandstones, dendritic drainage, and relatively high number of barrages and dams; - Sanga Funda Unit: Relief of hills with exposition of the rocks unit sandstones on the half hillside or on top. When in the half hillside, they form steps

with associated processes of ravines and gully; Jaguari System: The relief is plane with processes of accumulation by the jaguari river. This work means an important tool to be used in administration and management proposals allowing the maximum balance between the use and the support of the natural environment.

**Keywords:** Hydrographic basins; Mapping; Geoenvironmental

## 01 - Introdução:

Este trabalho apresenta uma proposta de mapeamento geoambiental com objetivo de levantar informações dos componentes do meio físico frente a diferentes formas de uso e ocupação, dentro de uma visão Geossistêmica das Bacias Hidrográficas.

Geograficamente, a área de estudo localiza-se entre as latitudes 29°18'16" e 29°42'35" Sul e entre as longitudes 55°08'12" e 54°44'28" Oeste (Fig. 01). Compreende uma área total em torno de 940 km<sup>2</sup>, constituída pelas Bacias Hidrográficas dos arroios Jaguarí Mirim, Inhadiju e Piquiri, estendendo-se pelos municípios de São Francisco de Assis, Nova Esperança do Sul, Santiago e Jaguarí.

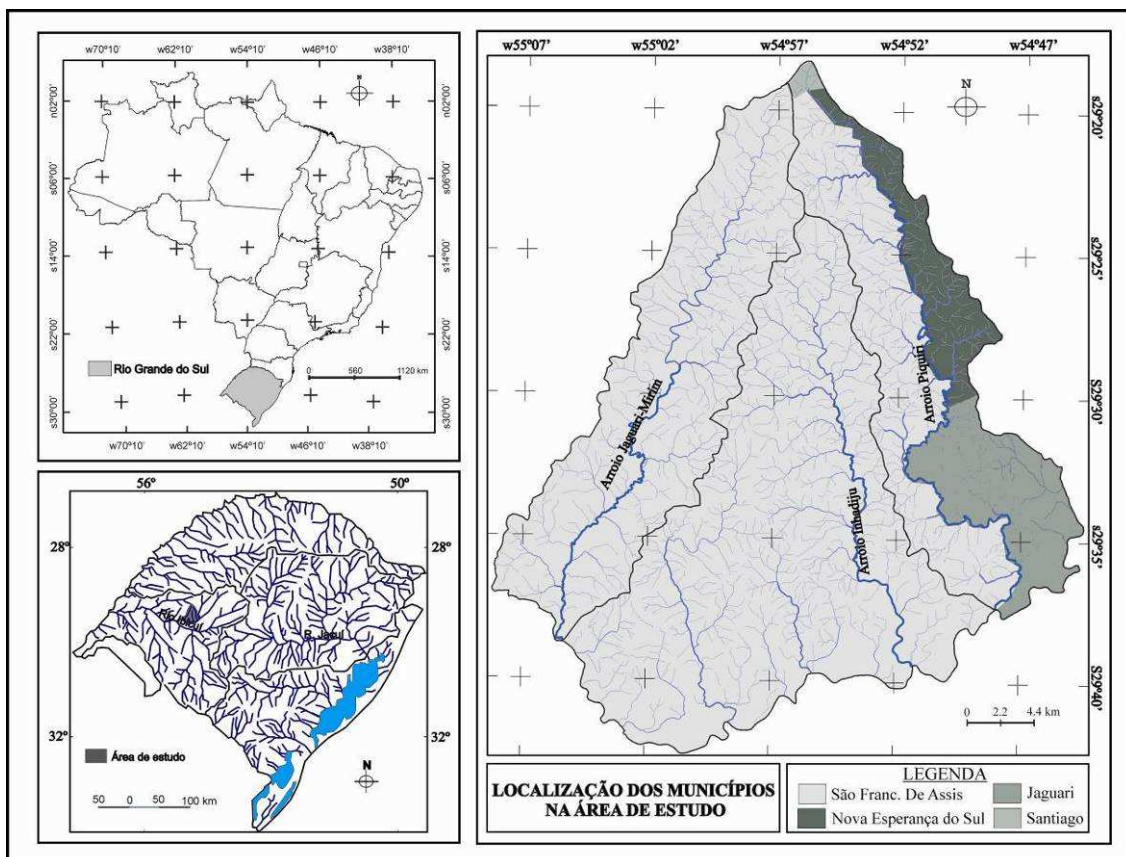


Figura 01: Localização da área de estudo.

## 02 - Metodologia:

O presente trabalho desenvolveu-se a partir da técnica de mapeamento geoambiental do Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM/UFSM)



desenvolvida por Trentin e Robaina (2005), que se baseia na possibilidade de divisão da área estudada em unidades homogêneas. Os trabalhos foram desenvolvidos conforme fluxograma da Figura 02.

A primeira atividade constituiu no levantamento bibliográfico para desenvolver o referencial teórico-metodológico dos trabalhos e a compilação das cartas topográficas do Serviço Geográfico do Exército (Nova Esperança do Sul - SH. 21-X-D-II-3, Vila Kramer - SH. 21-X-D-I-4, São Francisco de Assis - SH. 21-X-D-IV-2 e Boa Esperança - SH. 21-X-D-VI) na escala 1:50 000.

Seguiram os procedimentos de análise de imagens de satélite CBERS (outubro/2006 - INPE) e os trabalhos de campo. Os trabalhos de campo foram realizados através de perfis com utilização de GPS (Sistema de Posicionamento Global), coleta de amostras e descrição de afloramentos de rocha e solos.

Os dados obtidos permitiram o desenvolvimento de cartas básicas, definidas como: rede hidrográfica, relevo e litologias.

Em uma terceira etapa foram desenvolvidos os mapeamentos caracterizados como intermediários definidos por: cartas de solos, uso e ocupação, preservação permanente e geomorfológico.

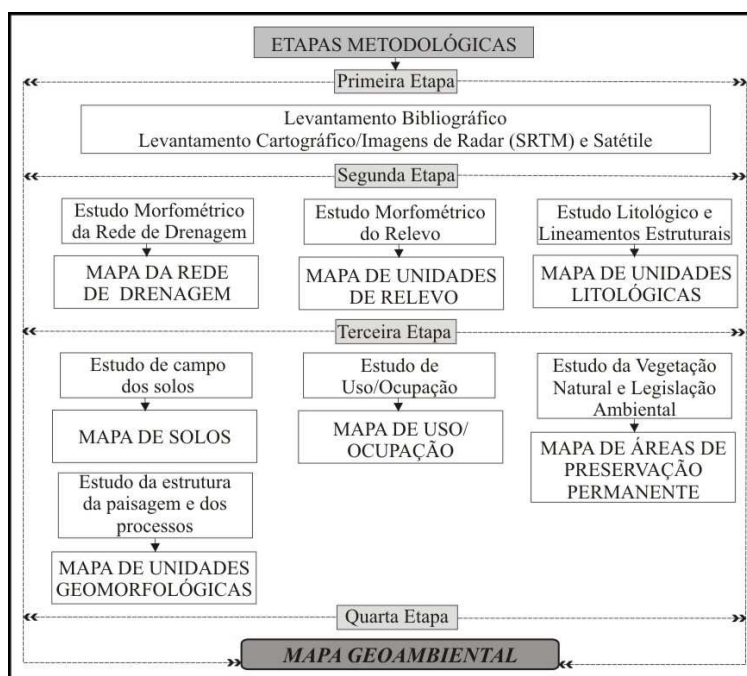


Figura 02: Fluxograma Metodológico.

A etapa final caracterizou-se com a integração dos dados obtidos através do mapeamento das Unidades Geoambientais (Figura 03), onde são definidas áreas com

características semelhantes na tentativa de demonstrar as variáveis de forma integrada possibilitando obter um diagnóstico das potencialidades e fragilidades de cada sistema.



Figura 03: Visualização do mapeamento geoambiental.

A compilação dos resultados foi elaborada utilizando o *software* SPRING (Sistema de Processamento de Informações Geo-referenciadas) 4.2, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e *Corel Draw* 12, desenvolvido pelo Corel Inc.

### 03 - Resultados:

#### 03.1 - Rede de Drenagem:

A rede de drenagem (Figura 04) nas três bacias apresentou uma hierarquia de 5ª ordem, os cursos fluviais possuem comprimento total de 1.234.437,53 km de extensão distribuído em 1.425 canais de escoamento.



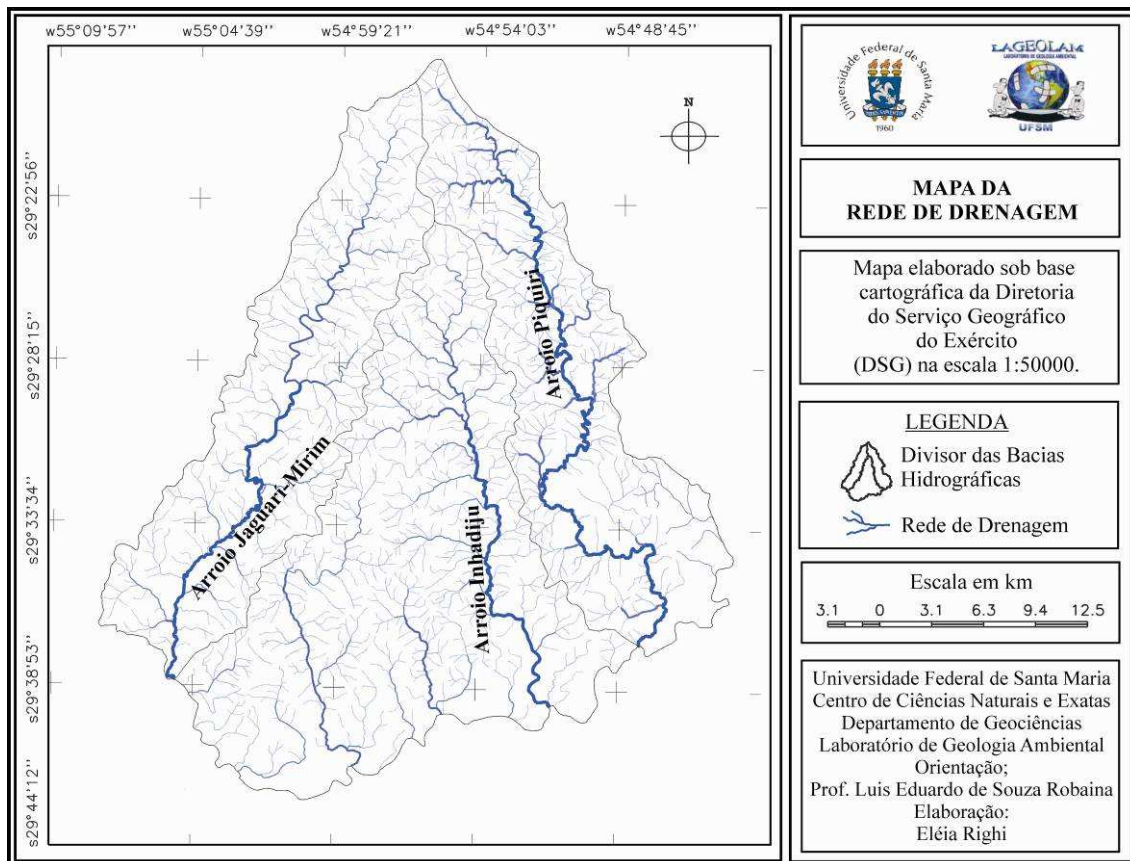


Figura 04: Mapa da Rede de Drenagem.

A área total apresenta uma densidade de drenagem de 1,29 km/km<sup>2</sup>, o que indica segundo Beltrame (1994) um grau mediano de escoamento e infiltração. A densidade de drenagem do arroio Jaguarí Mirim é de 1,62 km/km<sup>2</sup> e do arroio Inhadiju 1,68 km/km<sup>2</sup>, enquanto a densidade de drenagem do arroio Piquiri apresentou 2,069 km/km<sup>2</sup>, demonstrando as diferenças entre o substrato/solo nas bacias estudadas.

O padrão de drenagem, caracterizado pelo arranjo espacial dos canais apresenta um comportamento retangular-dendrítico refletindo o controle estrutural da área de estudo.

### 03.2 - Relevo:

O relevo pode ser dividido em áreas planas de baixa altitude localizadas junto ao baixo curso dos arroios e na planície de inundação do rio Jaguarí e áreas planas de alta altitude estando no topo do Planalto. No baixo curso dos arroios formam-se áreas colinosas, constituindo os divisores internos entre as bacias hidrográficas, como também de forma significativa no alto curso encontrado sobre a área do Planalto. As formas de morros e morrotes localizam-se no Rebordo do Planalto, com vertentes escarpadas.

### **03.3 - Litologias:**

As litologias mais antigas da área estão representadas por arenitos de granulação fina a muito fina muito homogênea, algumas vezes siltitos. A constituição mineralógica é quartzo, feldspatos e, muitas vezes micas. Possui matriz fina, siltico-argilosa, o cimento pode ser de sílica ou óxido/hidróxido de ferro. Quando alterados originam um fissuramento em forma de pastilha.

A litologia sobrejacente está representada por arenitos quartzosos de coloração avermelhada com grânulos dispersos. O cimento é predominante de ferro que forma crostas que podem resultar em porções com, relativa, resistência à erosão.

A seqüência de arenito sobreposta está representado pela Formação Botucatu que reflete as condições ambientais e os processos que lhe deram origem dentro de um sistema semi-árido. Destaca-se sua alta seleção granulométrica (fina a média), com grãos bem arredondados, em geral foscos e apresentando alta esfericidade.

Cobrindo as seqüências sedimentares ocorrem rochas vulcânicas da formação Serra Geral da Bacia do Paraná, sendo registrado nos trabalhos de campo, provavelmente seis derrames vulcânicos.

Os depósitos recentes estão representados por sedimentos aluviais de canal e de planície de inundação, principalmente, do Rio Jaguarí. Além desses, ocorrem terraços fluviais nas cotas entre 80 a 120 metros.

### **03.4 - Solos:**

A trajetória evolutiva dos solos distribui-se sobre a área com uma visível predominância dos argissolos que localizam-se no baixo curso dos arroios, junto aos divisores internos das bacias, como também no topo do Planalto, apresentando profundidade média, de coloração avermelhada e às vezes cinza, argilosos (horizonte B textural bem desenvolvido), bem drenados e desenvolvidos a partir de substratos areníticos (principalmente da Formação Sanga do Cabral) com grande quantidade de micas e vulcânicos.

Os Neossolos Litólicos localizam-se na porção central da área associado às rochas vulcânicas, em relevo forte ondulado, com pedregosidade e afloramentos de rochas. Associados ocorrem os cambissolos.

Sobre substrato arenoso, ocorrem latossolos arenosos, homogêneo, profundo, bem drenado, poroso e de coloração vermelha. Os latossolos argilosos localizando-se no topo do Planalto e no médio curso dos arroios.

Os planossolos são encontrados em áreas de várzea, com relevo plano a suavemente ondulado. Ocorrem associados às seqüências de substrato arenítico próximos das drenagens.

### 03.5 - Geomorfologia:

As Unidades Geomorfológicas distribuem-se pela área, perfazendo um total de seis tipos distintos, como pode ser verificado na Figura 05.

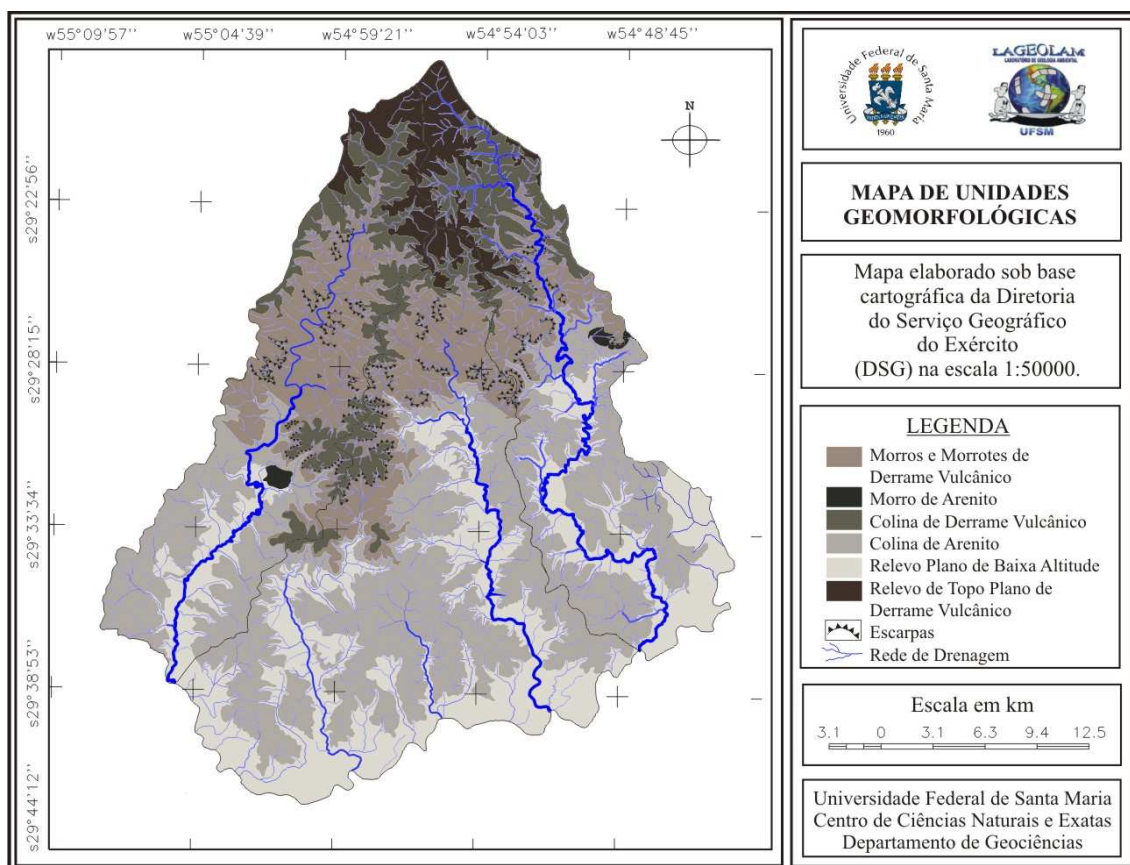


Figura 05: Mapa de Unidades Geomorfológicas.

A primeira unidade é composta por *Morros e Morrotes em Derrame Vulcânico*, com vertentes fortemente onduladas e escarpadas. Frente aos processos de dinâmica superficial, sua estrutura favorece um aumento do escoamento superficial, gerando erosão e movimentos de massa localizados, tombamento e queda de blocos.

Os *Morros de Arenito* compõem-se de arenitos fluviais e eólicos com uma maior coesão do material. O óxido de ferro forma uma camada que mantém o relevo de topos planos. Na base encontram-se processos erosivos como ravinas e voçorocas.

As *Colinas em Derrame Vulcânico* constitui-se as áreas suavemente onduladas do topo do Planalto, sob substrato vulcânico. Estão associadas à erosão de baixa intensidade, ocorrendo apenas pequenos ravinamentos.

As *Colinas de Arenito* são áreas suavemente onduladas, sendo a unidade mais significativa localizada ao médio e baixo curso dos arroios. Esses locais de arenitos friáveis possuem em seu interior os relevos mais intensivamente afetados pelos processos de dissecação da superfície.

*Sub-unidade de arenitos finos*: a alteração na forma de pastilhas e a formação de sulcos e ravinas marca as respostas dos processos externos.

*Sub-unidade de arenitos médio*: a pouca presença de ligantes indica condições relativamente menores de resistência aos processos erosivos.

Na unidade de *Relevo de Topo Plano em Derrame Vulcânico* formam-se as nascentes dos cursos de água dos arroios Jaguarí-Mirim e Piquiri. Os processos erosivos são relativamente baixos.

O *Relevo Plano de Baixa Altitude* compreende a segunda maior área, com um relevo plano onde predominam processos de dinâmica superficial de acumulação.

Os depósitos recentes formados por materiais retrabalhados de rochas vulcânicas e sedimentares moderadamente classificados, acumulam-se principalmente na planície de inundação do rio Jaguarí.

### **03.6 - Uso e Ocupação:**

O grande atributo da paisagem é a variabilidade espacial e temporal frente às condições ambientais e sociais. A fragmentação desta tem sido um dos aspectos mais marcantes da alteração ambiental causada pelo homem em particular após os anos 50.

A primeira unidade de paisagem (Figura 06) constituiu a dominante, caracterizando-se de gramíneas e gramináceas formando os campos (44% na área), historicamente com ocupação pastoril em grandes e médias propriedades.

A segunda unidade de paisagem mais representativa é formada por mata nativa, com 33 %, mais presente em áreas com elevadas inclinações nas encostas, sob substrato vulcânico. O uso (que altera a propriedade do solo e interfere na interceptação e evapotranspiração) tem provocado inúmeros problemas ambientais, principalmente nas áreas florestais das nascentes e das matas ciliares.

As áreas de relevo plano e suave ondulado foram as que mais sofreram constante processo degradativo devido à facilidade de uso e manejo o que ao longo dos anos

descaracterizou a paisagem natural. O uso intenso das várzeas expande-se principalmente para a cultura do arroz.

Outra unidade individualizada caracteriza-se pelo solo exposto (22%), esta classe compreende as áreas com baixa cobertura vegetal. A exposição avançada também esta associada ao uso pela agricultura, com o plantio extensivo de soja (verão) e soja/trigo (inverno), intercalado com pastagens degradadas.

Os açudes e cursos d'água (1%) tem uso muito associado a irrigação de culturas próximas as drenagens, principalmente na planície de inundação do Rio Jaguarí. Os açudes encontram-se principalmente nas áreas sob substrato arenítico fino.

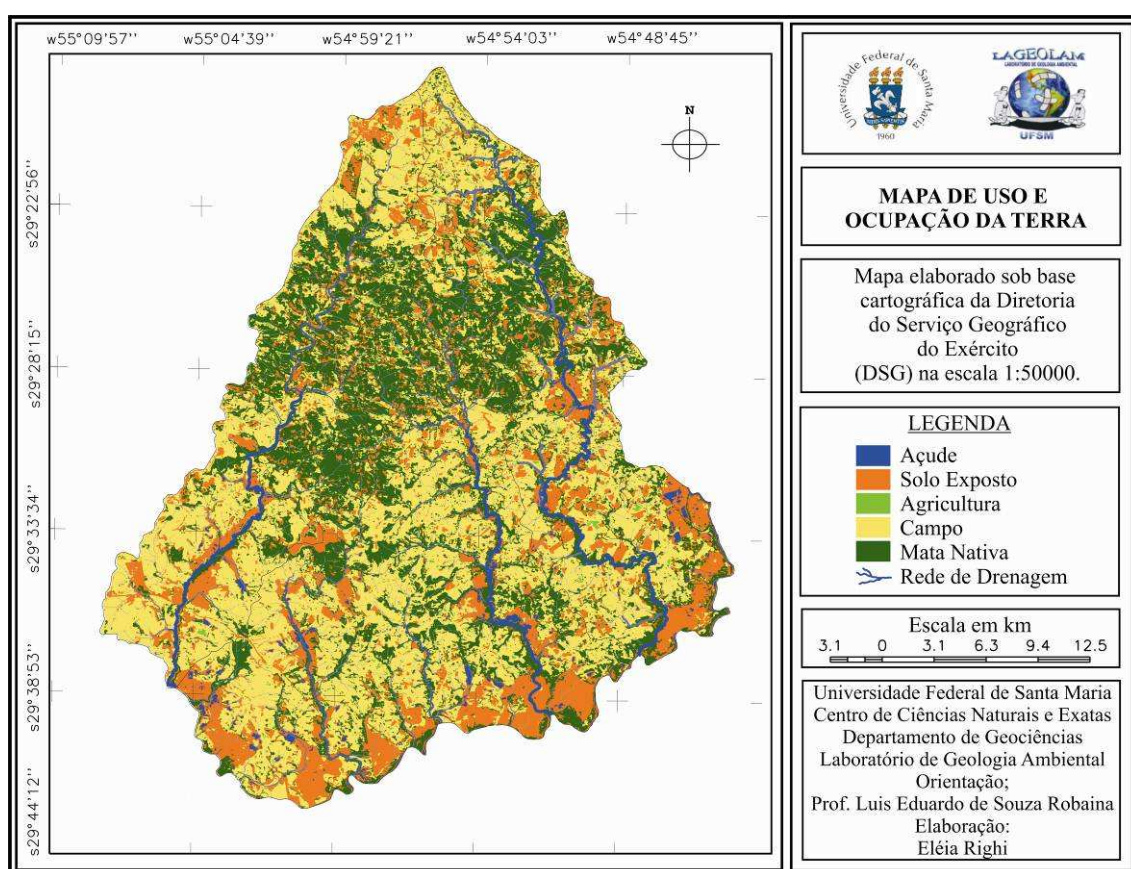


Figura 06: Mapa de Uso/Ocupação da Terra.  
Fonte: INPE, Imagem CBERS, Outubro/2006.

A situação dos produtores frente à aptidão das terras, à disponibilidade de infraestrutura etc., apresenta-se como fatores determinantes de uma realidade agrária dividida em pequenas e grandes propriedades. Há predominância da agricultura familiar na paisagem central da área, cerca de 1/3 da área total. No extremo Norte ocorre o predomínio da grande propriedade, mas a parte Sul é a mais centralizadora de grandes latifúndios.

No interior da agricultura familiar a atividade mais comum, independentemente da quantidade produzida em cada estabelecimento, é a produção de milho, arroz, trigo, cana-de-açúcar, feijão e fumo, a de leite está presente, seguido pela de suínos, pecuária de corte e a criação de aves com a produção de ovos.

A maioria dos grandes agricultores não possui uma produção diversificada, às vezes um único produto atinge 100% do valor bruto de sua produção. Entretanto, seus estabelecimentos apresentam uma produção especializada, principalmente na parte Norte da área, onde se encontram grandes lavouras de soja (no verão) e trigo (no inverno).

#### ***04 – Integração dos resultados: MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL***

O mapeamento geoambiental, através da sua representação e síntese, refletiu em cinco sistemas e duas unidades, que caracterizam a paisagem geoambiental da área de estudo (Figura 07 e Figura 08; Tabela 01).

##### ***-Sistema Jaguarí Mirim:***

Apresenta a maior complexidade, seus morros e morrotes possuem vertentes fortemente onduladas e escarpadas, sob substrato vulcânico com declividades predominantemente superiores a 15%. Foram Neossolos Litólicos e Cambissolos, registra-se uma cobertura vegetal com a presença de vegetação arbórea nas áreas mais íngremes, o uso do solo encontra-se associado a cultivos cíclicos predominando as pequenas propriedades.

O uso e ocupação das terras nas pequenas propriedades trouxeram resultados mais satisfatórios para as APP's, principalmente pelo difícil acesso nas áreas íngremes do Rebordo do Planalto e, além disso, pelo abandono de áreas devido ao baixo retorno financeiro. As maiores fragilidades nesta unidade, são em relação à perda do horizonte superficial pela ação antrópica através das atividades de cultivos nas pequenas propriedades, e também, em decorrência do relevo ser íngreme pode ocorrer movimento e queda de blocos.

##### ***-Sistema Piquiri:***

Localiza-se no Topo do Planalto constituído por substrato vulcânico, formando áreas suavemente onduladas a planas. Estão associadas à erosão de baixa intensidade, ocorrendo apenas pequenos ravinamentos. Nessas áreas formam-se Latossolos Argilosos e Argissolos, avermelhados. O uso está associado à pecuária extensiva ligadas a grandes e médias propriedades, representadas por pastagens, paralelamente usadas por



grandes lavouras cultivadas ciclicamente por soja e milho, fazendo com que as matas ciliares estejam seriamente afetadas.

A principal fragilidade está associada à perda da fertilidade agrícola dos solos, bem como para a destruição da mata ciliar e do entorno das nascentes gerando ravinas.

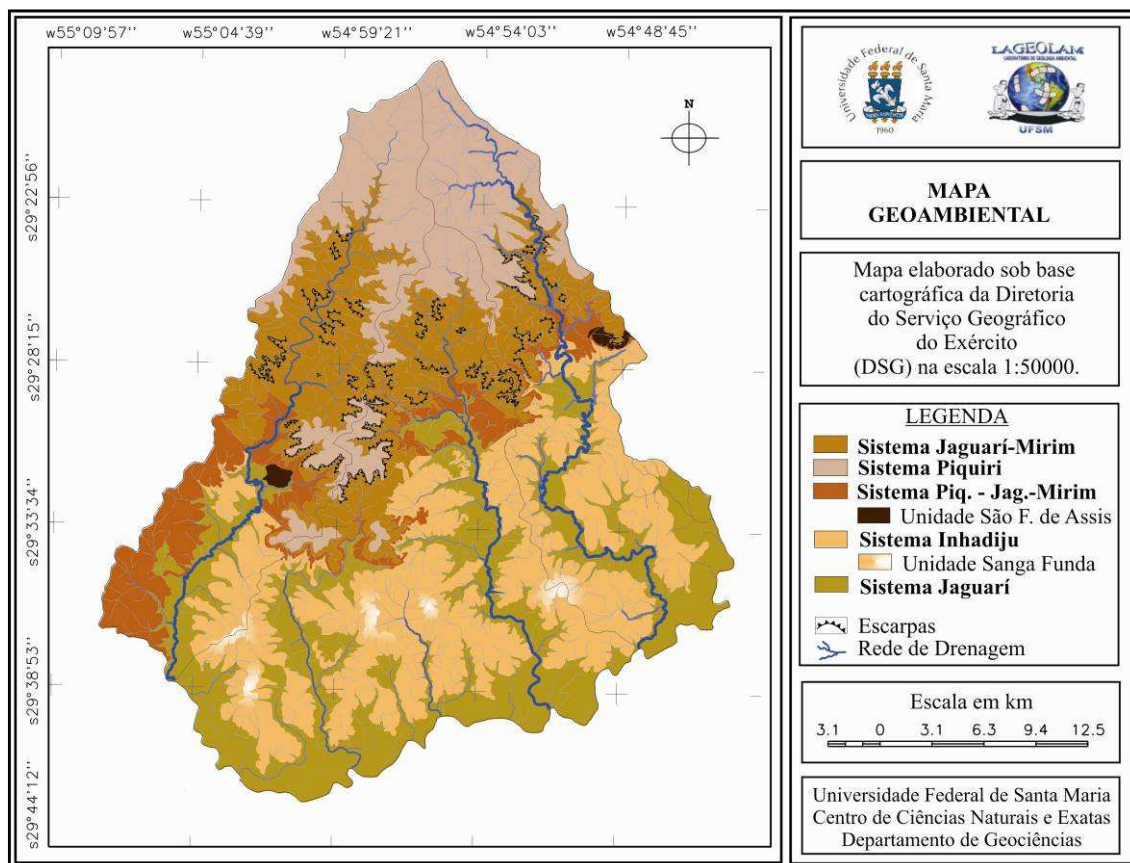


Figura 07: Mapa Geoambiental.

#### *-Sistema Piquiri – Jaguari-Mirim:*

Esse sistema apresenta áreas suavemente onduladas com altitudes variando entre 80 a 200 metros e um substrato constituído de arenitos com grânulos. Formam Latossolos Arenosos com diferentes espessuras e pequena variação textural. Os campos predominam, com domínio de pastagens naturais e plantadas ocupadas por pecuária extensiva pelas grandes propriedades.

É a porção mais intensivamente afetada por processos de dissecação da superfície, gerando areais e voçorocas.

Nos últimos anos uma nova perspectiva abre-se para a região, ainda associada à monocultura, que são as florestas plantadas de eucaliptos e pinus. Abre-se uma discussão sobre os impactos negativos e as transformações do ecossistema do Pampa com a plantação de milhares de hectares de árvores exóticas.

Tabela 01: Características das Unidades Geoambientais.

<u>Unidades Geoambientais</u>	<u>Morfometria</u>	<u>Morfologia</u>	<u>Substrato</u>	<u>Processo Superficial principal</u>	<u>Potencialidades</u>	<u>Fragilidades</u>
<b>Sistema Jaguarí-Mirim</b>	Declividade >15% Altitude: 160 – 360 m	Fortemente ondulado e escarpado (Morros e Morrotes)	Derrame Vulcânico	Movimento de massa e deslocamento de blocos	Presença de diversos ecossistemas devido à vegetação arbórea	Perda do horizonte superficial e tombamentos
<b>Sistema Piquiri</b>	Declividade: 2 - 5% Altitudes: >360 m	Relevo ondulado a plano	Derrame Vulcânico	Erosão incipiente com pequenos ravinamentos.	Solos altamente favoráveis à agricultura e pecuária	Perda da fertilidade agrícola dos solos, bem como degradação da mata ciliar.
<b>Sistema Piquiri – Jaguarí-Mirim</b>	Declividades: < 5% Altitudes: < 200 m	Suavemente ondulado	Arenitos eólicos e fluviais	Processos Erosivos com geração de ravinas e voçorocas	Campos com criação de gado e agriculturas diversificadas	Geração de areais
<b>Unidade São Francisco de Assis</b>	Declividade >15% Altitudes: 100 - 240 m	Morrotes isolados	Arenitos eólicos e fluviais	Movimento de massa e geração de ravinas na base	Vegetação nativa com flora e fauna características de substratos areníticos	Perda de horizontes de solo na base e nas fortes declividades movimentos e quedas de blocos
<b>Sistema Inhadiju</b>	Declividades: < 5% Altitudes: < 180 m	Suavemente ondulado	Arenitos finos (lacustres)	Sulcos e ravinas	Grande quantidade de água nas baixadas (açudes)	Degradação da mata ciliar e erosão do solo
<b>Unidade Sanga Funda</b>	Declividades: > 5% Altitudes: < 180 m	Ondulado	Arenitos Fluviais e Lacustres	Processos Erosivos com geração de voçorocas e erosão remontante	Vegetação característica no topo da colina	Erosão avançada
<b>Sistema Jaguarí</b>	Declividade: <2% Altitudes 180 m	Fundo de vale com relevo plano	Sedimentos Recentes	Acumulação	Lavouras que precisam de grande quantidade de água	Em relação à conservação da mata ciliar vazão dos cursos de água

*-Unidade São Francisco de Assis:*

Associados ao sistema Piquiri – Jaguarí-Mirim ocorrem porções composta por unidades isoladas de morrotes, denominados, regionalmente, de Cerros. A origem está associada à existência de arenitos coesos (eólicos e fluviais) que mantém o relevo de topo plano. As encostas apresentam declividades superiores a 15 %, com presença de vegetação arbórea.

O grande potencial dessa unidade esta relacionado à vegetação nativa com flora e fauna características de substratos areníticos.



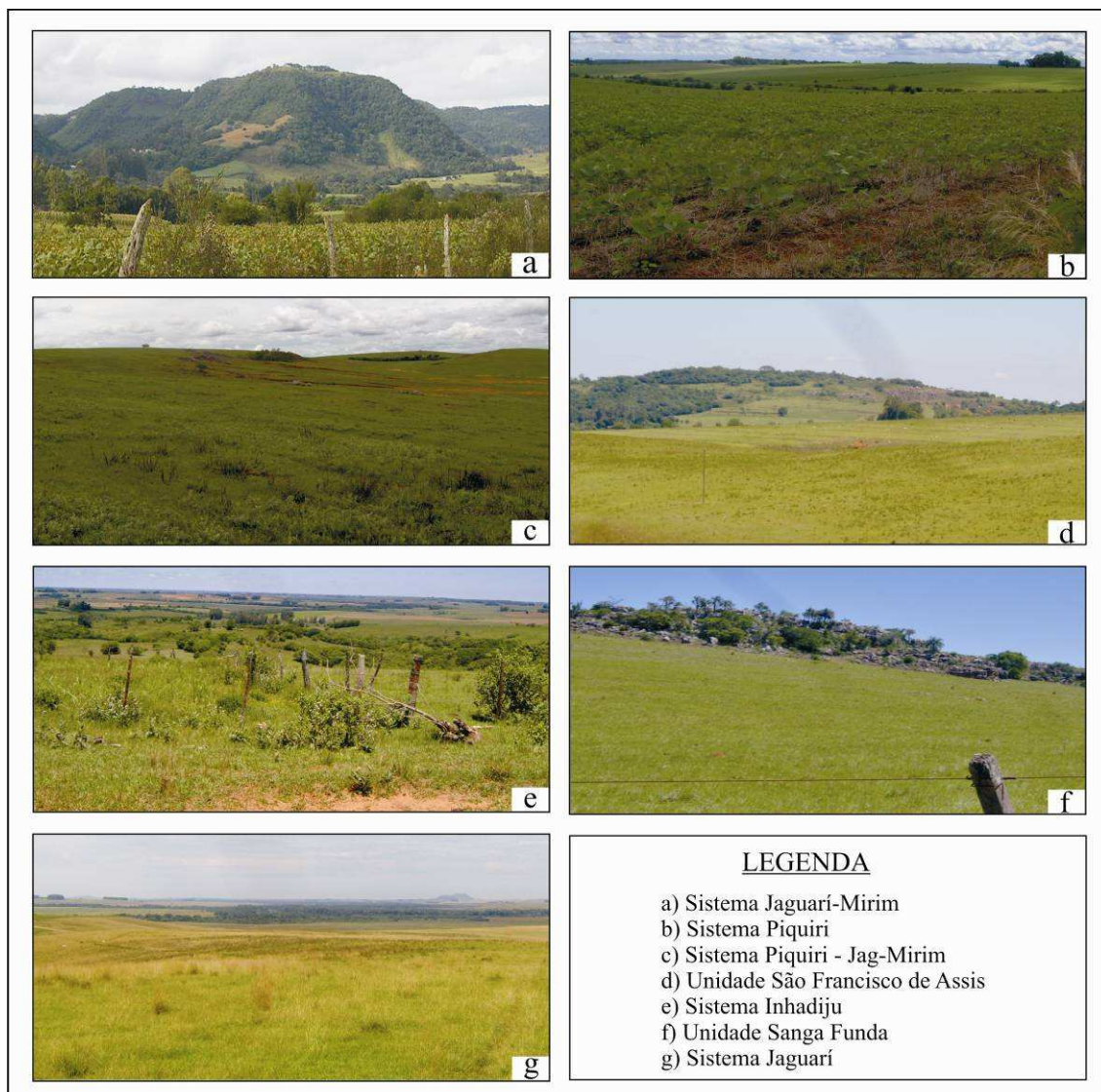


Figura 08: Ilustração dos Sistemas e Unidades Geoambientais.

*-Sistema Inhadiju:*

Área suavemente ondulada com declividade variando entre 2 e 5 %. O substrato é constituído de arenitos finos e solos do tipo Argissolos, concentrando uma maior quantidade de água nas baixadas (açudes). A alteração litológica na forma de pastilhas e a formação de sulcos e ravinas marca a resposta aos eventos superficiais.

A vegetação arbórea esta presente sob a forma de mata ciliar bastante degradada. Nessas áreas encontram-se grandes propriedades destinadas principalmente para a pecuária de corte, produto tipicamente cultural e de alto valor agregado, com importante peso na Pecuária Nacional.

Nos últimos anos verifica-se novas possibilidades apresentadas para os grandes proprietários, através do desenvolvimento de outras atividades agrícolas, particularmente a cultura da soja.

#### *-Unidade Sanga Funda:*

Essas proporções semelhantes encontram-se separadas associadas ao Sistema Inhadiju. Formadas por arenito fluvial no topo que resistiram na paisagem, devido a maior coesão do material e arenito mais fino na base, constituindo os divisores internos nas baixas altitudes das bacias.

Predominam declividades em torno de 5 %. Os processos erosivos nessas áreas formam-se de forma remontante, gerando ravinas e voçorocas, e às vezes, a erosão avançada também esta associada a cabeceiras de drenagem ou ligados a degraus compostos por arenitos cimentados no topo da colina.

Os solos característicos são os latossolos arenosos cobertos com vegetação de gramíneas e gramináceas formando os campos, historicamente com ocupação pastoril em grandes e médias propriedades. Paralelamente são usadas para as grandes lavouras cultivadas ciclicamente por soja e milho.

#### *-Sistema Jaguarí:*

Apresenta declividade inferior a 2%, e altitudes que não ultrapassam os 180 metros. O relevo de topografia plana predispõe a acumulação de sedimentos retrabalhados de origem vulcânica e sedimentar, moderadamente classificados.

Na planície de inundação do rio Jaguarí encontram-se barras de meandros, ilhas aluviais, cortes e canais preenchidos por depósitos de baixa granulometria (silte e argila) carregados em suspensão ou ao fundo do leito sendo bem selecionados, com coloração variada devido à presença de óxidos de ferro.

Predominam solos hidromórficos - planossolos com baixa capacidade de drenagem favorecendo o cultivo de arroz irrigado e a pecuária extensiva. O arroz irrigado de várzea é uma importante cultura, sendo produzida em larga escala na região.

#### **05 - Considerações Finais:**

Os elementos que delimitam as unidades se apresentam compondo superfícies articuladas aos processos externos, mantendo uma referência única de identidade na paisagem. Permitindo determinar áreas com diferentes potencialidades e fragilidades. Possuindo significativa importância o uso de ferramentas cartográficas para planejamento e gestão, uma questão essencial para o desenvolvimento de regiões.

Neste sentido, com este estudo pretendeu-se contribuir para o estabelecimento de propostas que permitam o desenvolvimento social e econômico buscando o máximo de equilíbrio entre o uso e o suporte do meio natural.

***06 - Referências Bibliográficas:***

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas: Modelo e Aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

TRENTIN, R. e ROBAINA, L. E. S. Metodologia para mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: XI Congresso Brasileiro de geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 2005. P.3606-3615.

# **A GEOTECNOLOGIA COMO FERRAMENTA PARA DELIMITAÇÃO DE SUB-BACIAS: ESTUDO DA BACIA DO RIO PARAGUAÇU / BAHIA**

Tatiane Sátiro Gomes, Universidade Estadual de Feira de Santana / BA, thatty.str@gmail.com

Jocimara Souza Britto Lobão, Universidade Estadual de Feira de Santana,  
juci.lobao@gmail.com

## **RESUMO**

O rio Paraguaçu destaca-se na Bahia devido a sua importância econômica, principalmente porque as suas águas servem para o abastecimento urbano e rural, atividades agrícolas e de mineração, em alguns trechos, como na barragem de Pedra do Cavalo (baixo curso do rio), para navegação. A maior parte da bacia drena a região semi-árida do Estado da Bahia, onde os mais graves problemas sócio-ambientais estão relacionados à escassez de recursos hídricos. Assim, por sua importância econômica, e ainda, histórica, ambiental, cultural e social focalizou-se aqui a Bacia do Paraguaçu. O objetivo principal desta pesquisa foi delimitar as sub-bacias do rio Paraguaçu e gerar produtos em formatos vetoriais e raster a fim de organizar um banco de dados em forma de Sistemas de Informações Geográficas – SIG. O Geoprocessamento, na sua concepção mais ampla, aqui representada pelo SIG e pelo Sensoriamento Remoto, permitiu gerar 19 temas vetoriais e 6 em formato raster que junto com diversas informações alfanuméricas tabuladas compuseram o banco de dados utilizados para subsidiar a delimitação das 11 sub-bacias obtidas como resultado deste plano de trabalho que foi baseada na hierarquização da drenagem proposta por Strahler. A possibilidade de lidar com grande quantidade de dados de diversas ordens potencializou o desenvolvimento desse estudo a cerca da bacia do Paraguaçu, ampliando a discussão sobre a bacia hidrográfica enquanto sistema e demonstrando grande versatilidade na organização e sistematização dos dados.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Bacias hidrográficas, Sub-bacias.

## **ABSTRACT**

The river Paraguaçu stands out in Bahia due to his economical importance, mainly because their waters are for the urban and rural provisioning, agricultural activities and of mining, in some passages, as in the dam of Stone of the Horse (low course of the river), for navigation. Most of the basin drains the semi-arid area of the State of Bahia, where the most serious partner-environmental problems are related to the shortage of resources hydracids. Like this, for his economical importance, and still, historical, environmental, cultural and social it was focused the Basin of Paraguaçu here. The main objective of this research was to delimit the sub-basins of the river Paraguaçu and to generate products in vectorial formats and raster in order to organize a database in form of SIG. Geoprocess, in his wider conception, here acted by SIG and for remote sensing, it allowed to generate 19 vectorial themes and 7 in format raster that composed the database with several tabulated alphanumeric information used to subsidize the delimitation of the 11 sub-basins obtained as a result of this work plan that was based on the hierarchization of the drainage proposed by Strahler. The possibility to work with great amount of data of several orders potentiated the development of that study the about of the basin of Paraguaçu, enlarging the discussion on the basin hydrographic while system and demonstrating great versatility in the organization and systematized of the data.

Keyword: Geoprocess, basin hydrographic, sub-basins

## 1 INTRODUÇÃO

Nas literaturas podem-se encontrar conceituações variadas a respeito do que é bacia hidrográfica, no entanto, vale ressaltar que elas apresentam-se entre si pontos convergentes. Para Christofolletti (1980; 1999) bacia hidrográfica é a área drenada por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados onde se destacam as formas de relevo associadas aos canais fluviais. Bigarella e Suguio (1990), por sua vez, definem-na como sendo a área abrangida por um rio ou por um sistema fluvial determinado por um curso principal e seus tributários. Mota (1995) associa a definição de bacia hidrográfica à área geográfica que drena suas águas pluviais para um determinado recurso hídrico. Para Cunha e Guerra (2000) trata-se de uma área interligada por divisores topográficos que formam uma rede de drenagem de água e materiais (sólidos e dissolvidos) para um ponto em comum.

Em síntese, uma bacia hidrográfica é a área de captação natural de água, limitada por interflúvios, que proporciona escoamento superficial de água, sedimentos e substâncias dissolvidas. É uma rede de drenagem constituída por um canal principal e seus tributários, que convergem para um único ponto de saída, chamado exutório e que corresponde ao nível de base local ou regional.

Pode ser considerada, como um sistema aberto, uma vez que ocorre nele entrada e saída de energia que fazem o sistema funcionar em equilíbrio dinâmico. Um sistema que, pelo caráter integrador, é aqui considerado como uma unidade ambiental, composta por outros sistemas, no qual todos os elementos e processos coexistem em permanente e dinâmica interação, de modo que qualquer alteração natural ou de caráter antrópico possibilitam alterações significativas na organização interna da bacia hidrográfica. Não se deve, portanto, como afirma Mota (1995) considerá-lo isoladamente, mas sim como parte integrante de um ambiente completo, onde suas partes podem ser entendidas dentro do contexto maior. Atualmente é reconhecida como uma unidade natural de análise e planejamento, como excelente unidade de gestão dos elementos naturais e sociais, e por isso, possibilita acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem no espaço geográfico e as respectivas respostas da natureza; assim, longe de se constituir numa simples delimitação natural, ela adquire uma importância central para análise ambiental, permitindo identificar e avaliar os processos e interações que nela ocorrem, possuindo, portanto, um caráter estratégico no planejamento de uso dos recursos naturais (SACRAMENTO, 2005).

Com a finalidade de planejar e executar o Plano Nacional de Recursos Hídricos foi estabelecido pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, em 15 de outubro de 2003, a Resolução nº 32 instituindo para o território brasileiro a divisão hidrográfica em 12 regiões. Neste sentido, considerou-se como Região Hidrográfica o espaço compreendido por sub-bacias hidrográficas contíguas com características de ordens naturais, sociais e econômicas similares.

Atualmente o Brasil adota vários métodos de classificação de bacias hidrográficas entre os quais se destaca aqui a técnica desenvolvida por Otto Pfafstetter, denominada Ottobacias (1989). Esta é caracterizada por permite a definição da posição relativa e o ordenamento entre as bacias (áreas drenadas pelos tributários) e interbacias (área que recebe fluxo de água de bacias a montante). Conforme GALVÃO e MENESES (2005) este processo de delimitação consiste em subdividir uma bacia hidrográfica a partir da identificação dos quatro maiores afluentes do rio principal considerando a área de suas bacias. Estas (bacias) são numeradas com os algarismos pares (2, 4, 6, e 8), no sentido de jusante para montante do fluxo do rio principal, enquanto que os demais tributários são agrupados nas áreas restantes (interbacias), recebendo algarismos ímpares (1, 3, 5, 7 e 9), dispostos também no sentido jusante-montante. As bacias e interbacias resultantes podem ser subdivididas adotando-se o mesmo critério para a primeira divisão, de modo a acrescentar algarismos pares (para bacias) ou ímpares (para interbacias) ao código da bacia (ou interbacia) já subdividida. Segundo essa classificação nacional a bacia do Paraguaçu corresponde ao nível 3 com código 754.

Outro método é a classificação realizada a partir das curvas de nível, traçando-se uma linha divisora de água ligando os pontos mais elevados da região em torno da drenagem considerada como principal. Para definir os limites a partir do divisor topográfico, parte-se do exutório conectando-se os pontos mais elevados, tomando por base, tradicionalmente, as curvas de níveis e traçando o limite da área de forma que o mesmo circunde o curso d'água principal e seus afluentes, não podendo nunca cruzá-los. Neste critério evidencia-se a hierarquização dos rios, ou seja, a organização natural por ordem dos canais de menor volume para os mais caudalosos, que vai, geralmente, das partes mais altas para as mais baixas, quantificada por meio de diversos métodos, conforme descrito por Christofletti (1980) e enumerado em tabela abaixo:

Tabela 1: Critérios de Ordem Hierárquica de Canais

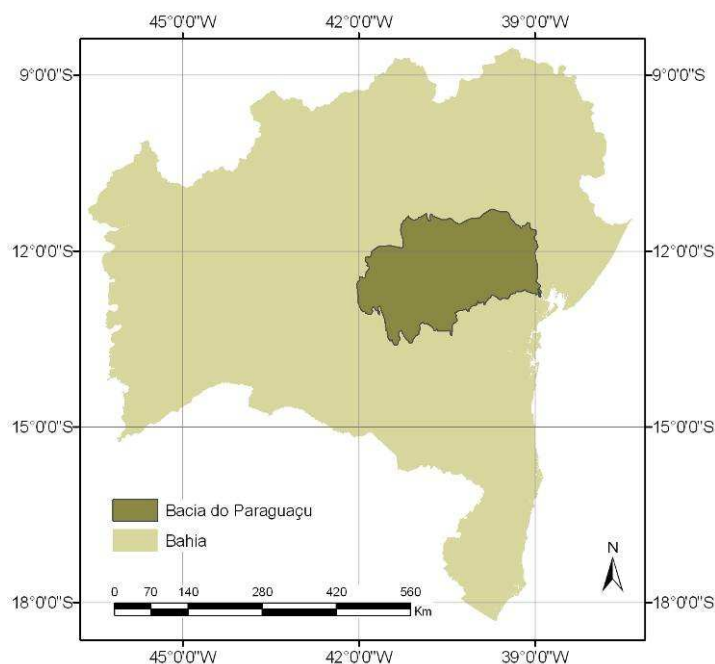
AUTOR / ANO	MÉTODO	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL
Horton (1945)	Os canais de 1ª ordem são aqueles que não possuem tributários. Os de 2ª ordem são aqueles que só recebem tributários de 1ª ordem. Os de 3ª ordem são aqueles que podem receber tributários de 1ª e 2ª ordens e assim sucessivamente.	O rio principal é considerado pelo mesmo número de ordem desde a sua nascente.
Strahler (1952)	Considera como canais de 1ª ordem aqueles sem tributários. De 2ª ordem, canais a partir da confluência de dois de 1ª ordem. De 3ª ordem, a partir da confluência de dois de 2ª ordem e assim sucessivamente.	Elimina a idéia de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda sua extensão. Canais com ordem inferior não aumenta a ordem do rio.
Scheidegger (1965)	Os canais de 1ª ordem (sem tributários) recebem o valor 2. Para a confluência de dois canais de 1ª ordem (segundo Strahler) tem-se o valor 4. Assim, a cada confluência de rios vai se processando a somatória dos valores atribuídos.	A divisão do valor atribuído à última conexão da bacia por 2 determina o número de nascentes da bacia hidrográfica.
Shreve (1966, 1967)	Aos canais sem tributários é atribuído o valor 1 (magnitude). Dois canais de magnitude 1 formam um canal de magnitude 2. Dois canais de magnitudes 1 e 2 determinarão um canal de magnitude 3, ou seja, cada confluência de rios resultará na soma das suas magnitudes.	Um tributário de ordem inferior altera a ordem do rio jusante.

A proposta deste trabalho foi delimitar as sub-bacias da Bacia do Rio Paraguaçu utilizando bases teóricas da Geografia e técnicas de Geoprocessamento, para a criação de um banco de dados geográfico que subsidie o Projeto Gestão Ambiental e Bioprospecção no Bioma Caatinga (Convênio 3347/2005), financiado pela FAPESB, a que se integra.

O presente trabalho analisa a Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu, localizada totalmente no Estado da Bahia, entre as latitudes 42°4'12" e 38°50'24" S e longitudes 11°13'12" e 13°40'12" W (Figura 1). Sua área corresponde a aproximadamente 55 km<sup>2</sup>, cerca de 10% do território estadual, distribuída, conforme a SRH / PERH (2000), em 83 municípios, dentre os quais se destaca Feira de Santana, principal centro comercial, industrial e de serviços do interior da Bahia. Trata-se de uma das mais importantes bacias da Bahia, uma vez que a mesma abriga não somente várias nascentes de rios que abastecem a capital baiana e região metropolitana, mas também, o Parque Nacional da

Chapada Diamantina, criado para proteger ecossistemas da região, especificamente aqueles da Serra do Sincorá. Além disso, a maior parte da área da bacia se encontra na região semi-árida que tem os recursos hídricos como um dos principais problemas sócio-ambientais.

Figura 1: Localização da área de estudo



A aplicação de Geoprocessamento com teorias clássicas de análise geográfica tem potencializado estudos ambientais, possibilitando resultados mais precisos e eficientes. A concepção sistêmica surgida a partir das idéias de BERTALANFY (1977) se propagou por todas as ciências e as análises ambientais foram as que mais aplicaram seus princípios. Assim, apropriando-se do princípio sistêmico das bacias hidrográficas e do ferramental geotecnológico buscou-se organizar um Banco de Dados Geográfico com o objetivo de delimitar as sub-bacias do Rio Paraguaçu, na Bahia, visando subsidiar as análises ambientais.

Geoprocessamento pode ser definido de maneira generalizada como o conjunto de tecnologias empregadas na aquisição, tratamento, armazenamento, gerenciamento, manipulação, cruzamento, exibição e distribuição de dados e informações geográficas, tratam-se, em termo abrangente, de tecnologias diversas para tratamento e manipulação de dados geográficos, (Santos et al, 2000). Conforme Pereira (2001, p. 104) é um “conjunto de tecnologias, métodos e processos para o processamento digital de dados e



informações geográficas”, habilitado a trabalhar com as questões espaciais ou geo-referenciadas, cuja característica principal é a localização geográfica.

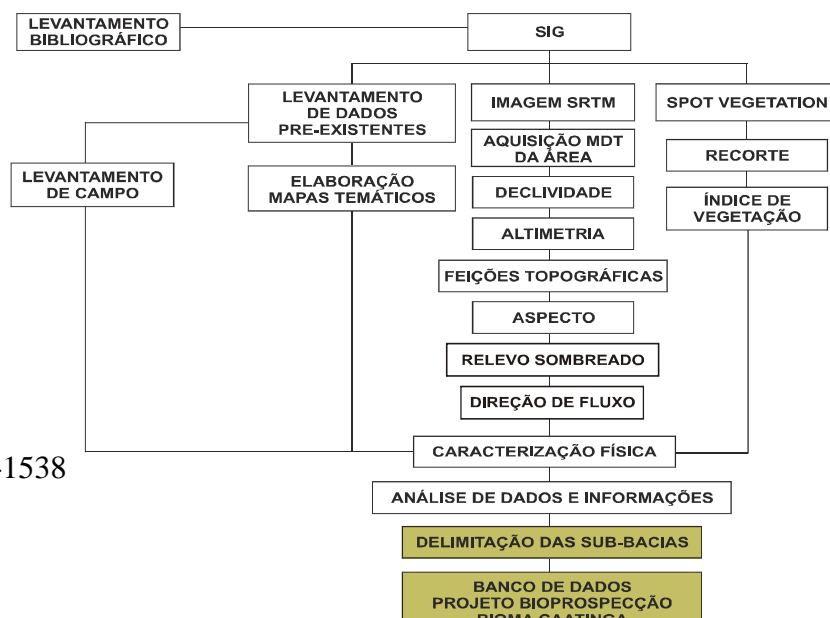
O termo deriva da palavra grega “*Gaia*” que significa Terra e da palavra “processamento” referindo-se a ação de processar informações (Pereira, 2001). Para Moreira (2005), Geoprocessamento não abrange apenas o processamento de imagens digitais de satélites, mas também a manipulação de dados geo-referenciados vetoriais, tabulares e textuais. Associado a ele existem diversas Geotecnologias, como o Sensoriamento Remoto, Sistema de Informações Geográficas, bem como a Geoestatística. Dentro desta perspectiva e no sentido mais amplo, o Geoprocessamento permite uma abordagem integrada e mais complexa do espaço geográfico, uma vez que possibilita analisar um grande número de informações geo-referenciadas de diversas fontes com maior qualidade e eficiência.

## 2 METODOLOGIA

Adotou-se para análise do tema proposto a abordagem sistêmica do ambiente, na qual o espaço estudado é visto sob a ótica holística, onde os elementos do todo possuem comportamentos irregulares, complexos e dinâmicos, levando a uma noção integradora de mundo (GUERRA e MARÇAL, 2006) onde a idéia de conjunto ultrapassa a idéia de somatório das partes, uma vez que as partes constituintes do todo se combinam de forma a surgir novas propriedades e relações entre elas (CHRISTOFOLETTI,1999).

A realização deste trabalho envolveu diversas etapas, iniciando-se pelo levantamento bibliográfico e de dados pré-existentes em formato analógico e digital, seguido da organização de um banco de dados; pré-processamento e processamento digital da imagem de satélite (SRTM/NASA), bem como de trabalho em campo, conforme sinteticamente explicitado no fluxograma metodológico (Figura 2).

Figura 2: Fluxograma Metodológico



Em primeiro lugar buscou-se o levantamento bibliográfico de dois temas centrais: Bacia Hidrográfica, incluindo o estudo específico sobre a do Paraguaçu, e Geoprocessamento que permeou todo o processo de elaboração do trabalho, objetivando garantir um consistente embasamento teórico a respeito das discussões realizadas acerca do tema proposto para estudo.

Concomitantemente à etapa anterior, realizou-se o levantamento de dados pré-existentes e organizou-se um banco de dados vetoriais específico para a Bacia do Paraguaçu, em ambiente SIG, utilizando dados Superintendência de Recursos Hídricos (SRH), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Associação de Plantas do Nordeste (APNE) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dos quais foram gerados os mapas temáticos do objeto de estudo ora delimitado.

Dispostos nos *softwares* ArcGis e ArcView em forma de temas, estes dados foram organizados em “camadas” (tema vetorial), cada uma delas representando um aspecto da realidade relacionada à: geologia, com destaque para o tipo de rocha e sua idade; geomorfologia, pedologia, enfatizando o tipo de solo e o seu potencial; áreas de proteção ambiental, áreas prioritárias para preservação, ecorregiões, rede de drenagem, limite da bacia, municípios incluídos na bacia, parcial e totalmente, vegetação, isoietas, curvas de nível, precipitação, barragens, poços, estações meteorológicas e rodovias.

O levantamento de campo permitiu a apreensão, a confirmação e ajustes de algumas variáveis observadas e analisadas no levantamento de gabinete, sendo, portanto, considerado de extrema importância para subsidiar a análise e caracterização da área estudada. Além disso, o registro fotográfico geo-referenciado que auxiliaram na caracterização e checagem das informações obtidas.

O MDT obtido de sensores a bordo do ônibus espacial *Endeavour* do Projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM/NASA), disponível gratuitamente para *download* na página oficial da USGS, no endereço eletrônico <http://seamless.usgs.gov>, consolidou a última etapa do trabalho: de delimitação das sub-bacias.

O processamento dessa imagem realizou-se no sentido de gerar o mapeamento digital de hipsometria, declividade, feições topográficas, aspecto do relevo sombreado, hierarquização da drenagem, direção de fluxo que em conjunto com a análise de dados e informações pré-existentes e coletadas em campo. Estes dados e informações possibilitaram o traçado da delimitação das sub-bacias do rio Paraguaçu e orientaram a finalização do banco de dados geográficos que compõe o projeto de bioprospecção do bioma caatinga.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O banco de dados em forma de Sistemas de Informações Geográficas – SIG, organizado neste trabalho, é composto por 19 temas vetoriais, 06 temas em formato raster, além de dados tabulares.

Os dados vetoriais estruturados por entidades lineares, poligonais e pontuais ressaltam informações no âmbito da geomorfologia, geologia, vegetação, pedologia, ecorregião, rede de drenagem, isoietas, limite da bacia e municipal, barragens, poços, refere-se também à identificação e quantificação de todos os municípios compõem a bacia hidrográfica, dentre outros, a partir dos quais se traçou uma caracterização da Bacia do Paraguaçu e que subsidiaram a construção de mapas temáticos da área, possibilitando a análise ambiental da mesma.

A análise dos produtos temáticos gerados permitiu caracterizar as três principais áreas que compõem a bacia hidrográfica em questão, (Alto, Médio e o Baixo curso do rio Paraguaçu) e verificou-se que se trata de uma área de geologia diversificada, onde afloram rochas formadas ao longo de quase toda a escala do tempo geológico (Arqueano ao Fanerozóico). O domínio da Chapada Diamantina é configurado por planaltos sedimentares resistentes, formados por arenitos das Formações Tombador e Morro do Chapéu, de altitudes elevadas, e também, por grutas, cavernas e depressões, formações típicas de rochas carbonatadas, onde facilmente ocorre a infiltração da água e o desenvolvimento de relevo cárstico. Na área central relevos relativamente planos que envolvem maciços residuais mais elevados (inselbergs) resultantes do processo de pediplanação e na porção leste, área de domínio da Baixada Litorânea, uma paisagem composta de relevo ondulado a suavemente ondulado, conjunto de terras baixas de composição arenítica.

O banco de dados tabulares é composto por dados primários e secundários, associados prioritariamente aos dados espaciais, compondo relevantes informações físicas, sociais e econômicas, como: ICMS, população, PIB, IDH, agropecuária, dentre outros.

O processamento de imagem de satélite (radar) permitiu gerar 14 classes de altimetria, variando entre 0m e 2.025m; a declividade do terreno, e um modelo de aspecto da região (direção de relevo), onde se pode identificar as áreas que recebem insolação e as ensombreadas em determinado período (manhã/tarde), ainda feições topográficas classificando os picos, cristas, canais, planos, e depressões, que possibilitou melhor identificar os interflúvios; relevo sombreado e hierarquia da drenagem, objetivando testar e principalmente aprimorar a delimitação de bacias.

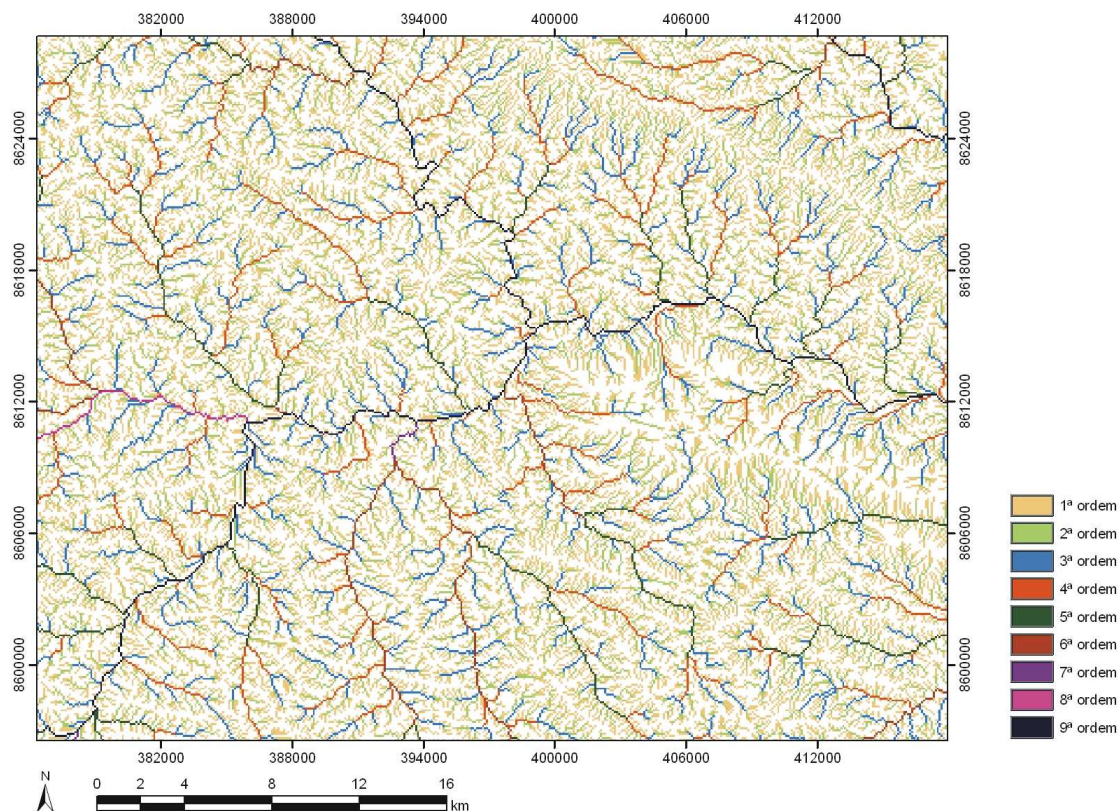
A integração de todos estes produtos possibilitou a delimitação das sub-bacias do rio Paraguaçu, viabilizada a partir do método de hierarquia dos canais fluviais, proposto por Horton (1945) e modificado por Strahler (1952). Para a geração das sub-bacias utilizaram-se, inicialmente, dados vetoriais pré-existentes (SIG/BA/SRH) obtendo-se uma hierarquização de 3ª ordem para os canais fluviais principais das sub-bacias, importante base de análise para vetorizar o limite da bacia.

Importa ressaltar que após o advento e consolidação dos SIGs e, conseqüentemente, o surgimento de formas digitais consistentes de representação do relevo, como por exemplo os MDTs, métodos automáticos ou ferramentas para vetorização no propósito de delimitar bacias têm sido desenvolvidos desde então. A recente disponibilização gratuita pela NASA dos dados da SRTM – uma matriz contendo valores acurados de altimetria para todo o continente americano – aliada à tecnologia de geração de modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes, serviram de base para elaboração de uma série de produtos, com destaque para os mapas de aspecto, declividade e hipsometria, responsáveis pelo maior detalhamento da rede de drenagem e pela visualização mais nítida dos interflúvios das sub-bacias a serem vetorizadas.

O modelo implementado contendo a direção de fluxos, por exemplo, adquirido por meio da extensão *hydrology* do *software* ArcGis que permite gerar diversos produtos como: área de acumulação da bacia, direção de fluxos, hierarquização automática pelos métodos de Shreve e Strahler, determinou os caminhos de fluxos de água ao longo da bacia hidrográfica com um detalhamento muito maior que os dados pré-existentes. A partir de sua classificação percebeu-se que os produtos gerados do MDT se mostraram mais significativos nesta delimitação, uma vez que apresentaram uma rede de drenagem muito rica, resultando numa hierarquia para os canais fluviais de até 9ª ordem, e não mais, de 3ª ordem como obtida a partir do shape pré-existente (Figura 3). Entretanto, como a base teórica era a mesma (STRAHLER, 1952) os rios principais das sub-bacias foram coincidentes.

Desta forma, optou-se pela vetorização com base nos dados gerados pelo MDT/SRTM/NASA que possibilitaram maior acurácia e precisão na delimitação dos interflúvios, garantindo principalmente que pequenos canais não fossem excluídos e/ou incorporados e viabilizou uma re-configuração do próprio entorno da Bacia do Paraguaçu.

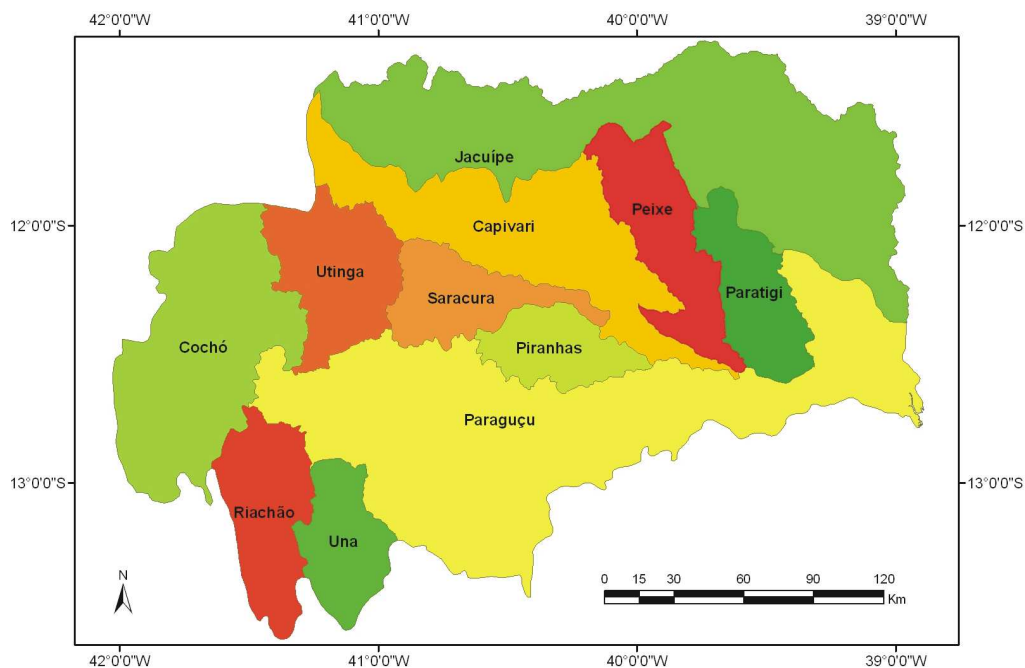
Figura 3: Hierarquia de canais até 9ª ordem



Ainda analisando os produtos gerados pelo MDT observou-se a necessidade de realizar a edição de alguns shapes fazendo pequenas correções com a finalidade de incorporá-las ao banco de dados aqui formulado. A primeira delas realizou-se no sentido de interligar alguns canais fluviais que estavam isolados, localizados na porção oeste da bacia hidrográfica (Sub-bacia Cochó), os quais formavam uma bacia independente, porém incorporada à bacia do Paraguaçu segundo a delimitação da Superintendência de Recursos Hídricos. Necessitou-se também editar os shapes no sentido de separar alguns rios contínuos, que ignoravam seus divisores topográficos, produzindo uma hierarquização errônea dos canais de drenagem e que resultaram em uma única bacia de 4ª ordem.

A Bacia do Paraguaçu foi então dividida em onze sub-bacias nomeadas pelos principais rios que a compõem, observando-se a hierarquização da drenagem. Assim, efetuou-se a delimitação das seguintes sub-bacias: Paraguaçu, Cochó, Utinga, Capivari, Peixe, Jacuípe, Paratigi, Tupim, Una, Piranhas, Riachão e Saracura (Figura 4).

Figura 4: Delimitação das Sub-bacias do Paraguaçu



Calculou-se ainda a área de cada sub-bacia delimitada, resultado este, incorporado ao banco de dados formulado, conforme enfatizado no Quadro 1.

Quadro 1: Áreas das sub-bacias

SUB-BACIA		ÁREA (Km)
1	Capivari	5.898
2	Cochó	6.327
3	Jacuípe	11.689
4	Paraguaçu	14.388
5	Paratigi	2.183
6	Peixe	2.876
7	Piranhas	1.697
8	Riachão	2.624
9	Saracura	2.089
10	Una	1.913
11	Utinga	2.923
<b>Área total calculada</b>		<b>54.608</b>

## 5 CONCLUSÕES

Este estudo permitiu comprovar o grande potencial das Geotecnologias na integração de dados georreferenciados, especificamente, no estudo e análise de uma bacia hidrográfica. O recorte em sub-bacias, especialmente, se mostrou adequado para estudo do comportamento de um sistema natural que advém da necessidade de análises mais detalhadas do espaço geográfico.

A delimitação das sub-bacias do rio Paraguaçu, baseada no uso de Geotecnologias, apresentou-se como importante ferramental que a Geografia encontrou para lidar com este espaço e suas interações. Com esta finalidade, apoiado na Teoria Sistêmica, optou-se por adotar, entre os vários critérios existentes para se definir os limites de uma sub-bacia, aquele realizado a partir de curvas de nível onde foi observado os interflúvios principais e onde se considerou a hierarquização de rios proposto por Horton e Strahler, em detrimento, por exemplo, do método baseado nas otobacias que, apesar de permitir identificar as bacias nas quais as sub-bacias estão inseridas conhecendo-se apenas um código, não garante uma análise de caráter sistêmico.

A integração dos dados obtida através do Sistema de Informações Geográficas favoreceu a identificação de dados pré-existentes inconsistentes e desatualizados na literatura sobre a bacia. A análise dos produtos gerados neste trabalho a partir do MDT (aspecto, direção de fluxo, hipsometria, declividade, hierarquia da drenagem, feições topográficas, relevo sombreado) se configurou como sendo de fundamental importância na avaliação do comportamento do relevo e, conseqüentemente, na observação da ocorrência e dos limites das principais estruturas geomorfológicas da bacia hidrográfica.

Assim, percebeu-se que trabalhar com as tecnologias do Geoprocessamento não significa apenas utilizar computadores e *softwares* especializados como instrumentos para manipulação de dados georreferenciados, é, antes de mais nada, uma ferramenta que permite desenvolver estudos, dentro de uma abordagem de espaço integrado (sistêmica), em busca da eficiência e eficácia para os dados tratados.

## 6 REFERÊNCIAS

BIGARELLA, João José; SUGUIO, Kinitiro. **Ambiente Fluvial**. 2 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1990.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1999.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1980.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira. Degradação Ambiental. In: \_\_\_\_\_ (orgs). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

FONSECA, Leila Maria Garcia. **Processamento digital de imagens**. São Paulo: INPE, 2000.

GALVÃO, Wougran Soares; MENESES, Paulo Roberto. **Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 de abril de 2005, INPE, pp. 2511-2518.

GUERRA, Antônio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

Senso Agropecuário do IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2007.

LIU, William Tse Horng. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: ed. UNIDERP, 2006.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

MOTA, Suetônio. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NOVO, Evelyn Márcia Leão de Moraes. **Sensoriamento Remoto**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

PEREIRA, Gilberto Corso; SILVA, Bárbara-Christine Nentwing. Geoprocessamento e urbanismo. In: GERARDI, Lucia Helena de Oliveira; MENDES, Iandara Alves (orgs.). **Teoria, Técnicas, Espaços e Atividades: Temas de Geografia Contemporânea**. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia UNESP / Associação de Geografia Teorética AGETEO, 2001. Disponível em <[http://www.ageteo.org.br/download/livros/2001/05\\_Pereira.pdf](http://www.ageteo.org.br/download/livros/2001/05_Pereira.pdf)>. Acesso em: 02 de dezembro de 2007.

SACRAMENTO, Martônio Ferreira. **Análise Sócio-Ambiental da Microbacia do Rio Capivara Pequeno, Camaçari / Bahia**. 2005. 156f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente). Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SANTOS, Simone Maria dos (et al). Os sistemas de informações geográficas. In: CARVALHO, Marília Sá. **Conceitos básicos de sistemas de informações geográficas e cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização Panamericana da Saúde / Ministério da Saúde, 2000.

SILVA, Ardemírio de Barros. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. São Paulo : Unicamp, 1999.



# AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA – MG.

GRACELLI JÚNIOR, Getúlio – IG/UFU – getuliojr@yahoo.com.br  
OLIVEIRA, Graziela Ribeiro – IG/UFU – grazi375@gmail.com

**Resumo:** A fragilidade ambiental é uma medida de suscetibilidade de um terreno à erosão. Ela é resultado de diversas variáveis, como declividade, tipo de solo, cobertura vegetal, geologia, uso do solo e pluviosidade, entre outros fatores. Segundo a metodologia de ROSS (1994) para determinação da fragilidade ambiental, deve-se estudar os desencadeantes da erosão de forma integrada, gerando um produto síntese que expressa diferentes níveis de fragilidade do solo. Para executar a identificação das fragilidades do solo no município de Uberlândia, em Minas Gerais, utilizou-se três variáveis: Cobertura vegetal e uso do solo, declividade e tipos de solo. Baseado na metodologia do trabalho de KAWAKUBO *et alli* (2005), executou-se o cruzamento das informações espacializadas através de tabela de dupla entrada. Utilizando-se de produtos cartográficos e de sensoriamento remoto já existentes, este trabalho de mapeamento utilizou-se dos softwares CartaLinx 1.2<sup>®</sup>, ArcGIS 9.2<sup>®</sup> e ENVI 4.2<sup>®</sup>. Os produtos cartográficos utilizados foram Imagens SRTM adquiridas no site ftp da NASA; Imagens do satélite CBERS bandas 2, 3 e 4, órbita 157, pontos 121 e 122 de 15/07/2007; e cartas topográficas SE-22-Z-B-V, SE-22-Z-B-VI, SE-22-Z-D-II, SE-22-Z-D-III e SE-23-Y-C-I do IBGE na escala 1:100.000 com informações de solo adicionadas pelo Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. A fragilidade ambiental no município de Uberlândia pode ser considerada baixa, em função da característica plana da região e dos solos profundos e consolidados. As maiores fragilidades estão relacionadas aos solos hidromórficos e pouco consolidados, próximos aos rios Tijuco e Uberabinha e aos ribeirões Beija-Flor e Bom Jardim. Também possui altas fragilidades o cânion do Rio Araguari e seus afluentes por causa da declividade e solos pouco consolidados, a nordeste e a norte do município.

Palavras Chave: *Fragilidade, Cartografia e Geoprocessamento.*

**Abstract:** The environmental frailty is a measure of ground susceptibility to be eroded. This is the result of many variables, as slopes, soil type, vegetable covering, geology, soil use, rainfall and others. According to the ROSS (1994) methodology to determinate the environmental frailty, it's necessary to study the erosion causes in a integrated way, generating a summary product that express different levels of soil frailty. To execute the soil frailty in the Uberlândia municipal district, in Minas Gerais State, it was used three variables: vegetable covering and soil use, slope and soil types. Based on the methodology of KAWAKUBO's work (2005), it was executed the intersection of spatial informations through the two entries table. Using cartographic and remote sensing products, this mapping work used the CartaLinx 1.2<sup>®</sup>, ArcGIS 9.2<sup>®</sup> e ENVI 4. 2<sup>®</sup> softwares. The cartographic products used was SRTM images acquired on NASA's FTP site; CBERS's satellite images, bands 2, 3 and 4, orbit 157, points 121 and 122; and IBGE's topographical maps SE-22-Z-B-V, SE-22-Z-B-VI, SE-22-Z-D-II, SE-22-Z-D-III e SE-23-Y-C-I on the scale 1:100.000, with soil information added by Cartography and Remote Sensing Laboratory in Geography Institute at Uberlândia Federal University. The environmental frailty in Uberlândia Municipal District can be classified as low, because the flat characteristic of the region and the consolidated and deep soils. The biggest frailties are related to the gleysols, close to the Tijuco and Uberabinha rivers and Beija-Flor and Bom Jardim brooks. There are high frailties in the Araguari River Canyon and its affluents margins, because the slope and less consolidated soils at north and north-east of the Uberlândia Municipal District.

Keywords: *Frailty, Cartography and Geoprocessing*

## **1. Introdução**

Todas as atividades humanas causam impactos ao meio ambiente. Tomando esta afirmação como verdade, devemos conhecer nossas atividades e avaliar seus impactos sobre o meio para minimizar a perda dos recursos ambientais. Dentro desta perspectiva, a avaliação da suscetibilidade do solo à erosão é necessária para delimitação da atuação humana. A fragilidade é o resultado da interação entre diversos fatores como a declividade, tipo de solo cobertura vegetal e uso do solo, geologia e pluviosidade. Conseqüentemente sua mensuração deve ser baseada em indicadores dessas variáveis. Por se tratar de uma característica que varia espacialmente, sua representação cartográfica é desejável. Com essas características, os Sistemas de Informação Geográfica se mostram uma poderosa ferramenta para identificação e representação da Fragilidade ambiental.

## **2. Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo geral mapear a fragilidade ambiental do município de Uberlândia. Para tanto, constituem-se como objetivos específicos: *i)* gerar mapa de solos do município de Uberlândia; *ii)* gerar mapa de declividades do município de Uberlândia; *iii)* gerar mapa de uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia; *iv)* criar banco de dados georreferenciado com informações dos mapas gerados; *v)* cruzar as informações dos diferentes mapas para a geração da informação de fragilidade ambiental; *vi)* gerar o mapa de fragilidade ambiental.

## **3. Referencial teórico e conceitual**

Segundo a proposta de ROSS (1994) a fragilidade é dividida em cinco classes: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte. Essas classes representam a fragilidade do terreno à ação do escoamento da água de maneira difusa e concentrada na superfície.

Para KAWAKUBO *et alli* (2005), a fragilidade ambiental é a vulnerabilidade natural associada aos diferentes usos e coberturas e seus respectivos graus de proteção do solo. No mesmo trabalho, os autores utilizaram três variáveis para elaborar o mapa das fragilidades: o uso do solo e cobertura vegetal, a declividade e o tipo de solo.

Para cada uma dessas variáveis foi construída uma escala ordinal de 1 a 5, na qual um número maior aponta uma contribuição maior deste fator para o incremento da fragilidade ambiental. Por se tratar de uma escala ordinal, não se pode fazer cálculos baseados nestes valores. Como exemplo, podemos dizer que o valor 4 é maior que o valor 2, com relação a sua contribuição para o aumento da fragilidade ambiental, mas não se pode dizer que é o dobro.

A declividade foi dividida em 5 classes e atribuído um valor crescente de 1 a 5 conforme a declividade aumenta. Essa escala representa uma gradação da declividade, que quanto maior for, maior sua contribuição para o aumento da fragilidade ambiental.

Dentro dessa mesma lógica, os tipos de solo foram classificados entre valores de 1 a 5, segundo sua contribuição para a fragilidade. Solos com características físicas e químicas diferentes têm resistências à erosão também diferentes. Solos bem consolidados e espessos apresentam menores valores nesta escala e solos pouco consolidados e rasos possuem maior valor.

Quanto à cobertura vegetal, também foi classificada segundo sua relação com o aumento da fragilidade do solo numa escala de 1 a 5. Cobertura por vegetação, oferece uma proteção maior e por isso recebe um valor menor de fragilidade ambiental do que uma área urbana pouco densa, por exemplo.

Esta mesma estratégia foi adotada para este trabalho, e escolheu-se o método da tabela de dupla entrada para cruzar as informações. Por este método, unem-se dois mapas por vez através do cruzamento entre a linha e a coluna. As regras para cruzamento foram a mesma do trabalho de KAWAKUBO *et alli* (2005), no qual se os valores da linha e coluna fossem iguais, eles se manteriam; se fossem diferentes, prevaleceria o maior.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são as ferramentas tecnológicas adequadas a lidar com dados espacializados, pois facilitam e automatizam muitas das tarefas de compilação de um banco de dados, espacialização e representação dos mesmos. Mas o grande mérito dos SIGs está na derivação de dados, ou seja, extrair uma informação nova a partir de dados já conhecidos.

#### **4. Metodologia**

Uberlândia é um município localizado na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas Gerais. Se a considerarmos como um ponto, podemos localizá-la na latitude 18° 55' 25" ao sul do Equador e na Longitude 48° 16' 38" a oeste

do Meridiano de Greenwich. A altitude desta localização é de 855m acima do nível do mar. A área total do município é de 4116 km<sup>2</sup>. A cidade é a mais populosa da região, com 585.262 habitantes, estimados para o ano de 2005 segundo informações do portal cidades@, mantido pelo IBGE.

Quanto à Geologia, a cidade está localizada na bacia sedimentar do Paraná, com as seguintes formações representativas: Formação Marília, Formação Botucatu, Formação Bauru, Formação Serra Geral e Grupo Araxá.

O regime pluviométrico caracteriza-se pelas chuvas concentradas entre outubro e março e período seco entre abril e setembro. A temperatura sofre uma diminuição no inverno, que é brando.

Localizada em uma região plana, Uberlândia é levemente dissecada pelos rios presentes, sendo favorável para a agricultura mecanizada. A cidade é cercada por uma extensa área de agricultura de commodities. O crescimento periférico sempre se dá pelo loteamento de pedaços de fazendas ao redor da cidade, cujos donos estão quase sempre ligados às imobiliárias.

A primeira etapa deste trabalho foi levantar dados que subsidiassem a elaboração dos mapas básicos (uso do solo e cobertura vegetal, solos e declividade). Para o Mapa do uso do solo e cobertura vegetal, fez-se o download de imagens CBERS, bandas 2, 3 e 4, da órbita 157, pontos 121 e 122. As mesmas foram georreferenciadas, filtradas, segmentadas e classificadas no software ENVI 4.2<sup>®</sup>. As mesmas imagens foram exportadas para o ArcGIS 9.2<sup>®</sup>, onde foram vetorizadas e recortadas com a delimitação do município de Uberlândia, adquirido na escala 1:100.000 em formato vetorial no site do Geominas.

Para fazer o mapa de declividades, baixou-se as imagens SRTM S19W048, S19W049, S20W048 e S20W049 no site FTP da NASA. Essas imagens possuem informação altimétrica. As mesmas foram mosaicadas, no ENVI 4.2<sup>®</sup>, e exportadas para o ArcGIS 9.2<sup>®</sup>, para subsidiarem a geração um mapa de declividade e serem recortadas com o limite do município.

O mapa dos solos foi digitalizado a partir das cartas topográficas SE-22-Z-B-V, SE-22-Z-B-VI, SE-22-Z-D-II, SE-22-Z-D-III e SE-23-Y-C-I do IBGE na escala 1:100.000 com informações de solo adicionadas pelo Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. A digitalização foi feita com o software CartaLinx 1.2<sup>®</sup>, em mesa digitalizadora e foi exportado para o ArcGIS 9.2<sup>®</sup>.

Nos quadros (I, II e III) seguintes apresentam as classes de cada um dos mapas e seus respectivos valores atribuídos na escala de contribuição para aumento da fragilidade.

<b>Classe de declividade</b>	<b>Fragilidade (código da classe)</b>
Até 3%	Muito baixa (1)
3-12%	Baixa (2)
12-20%	Mediana (3)
20-30%	Alta (4)
Maior que 30%	Muito alta (5)

Quadro I – Classes de fragilidade relacionadas com a declividade.

<b>Classificação de solo</b>	<b>Fragilidade (código da classe)</b>
PE4	Alta (4)
HGd1	Muito alta (5)
HGd2	Muito alta (5)
HGd3	Muito alta (5)
Ce1	Alta (4)
Ce2	Alta (4)
LEa1	Muito baixa (1)
LEa2	Muito baixa (1)
LEa3	Muito baixa (1)
LEa5	Muito baixa (1)
LEa6	Muito baixa (1)
LEd1	Muito baixa (1)
LRd3	Muito baixa (1)
LRd4	Muito baixa (1)
LRe2	Muito baixa (1)
LVa1	Muito baixa (1)
LVa2	Muito baixa (1)
LVa3	Muito baixa (1)

Quadro II – Classes de fragilidade relacionadas com os solos.

<b>Classe de uso / cobertura vegetal</b>	<b>Fragilidade (código da classe)</b>
Pasto / Solo exposto	Baixa (2)
Urbano esparso	Alta (4)
Urbano denso	Muito baixa (1)
Cobertura vegetal / reflorestamento / cultura	Muito baixa (1)

### Quadro III – Classes de fragilidade relacionadas com o uso ou cobertura vegetal.

Com os três mapas prontos e suas respectivas tabelas adicionadas ao mesmo banco de dados no ArcGIS 9.2<sup>®</sup>, cruzou-se os *layers* através da ferramenta “consulta por atributos” e da ferramenta “*field calculator*” seguindo as etapas:

- Junção dos três mapas originais com a ferramenta “*split*”, resultando o *layer* “FRAGILIDADE”;
- Criação de três campos para atribuição das classes de contribuição para fragilidade ambiental. Um para cada mapa original;
- Criação de um campo para registro do valor da fragilidade ambiental, segundo o cruzamento dos mapas. O nome do campo: “FRAGIL”;
- Atribuição dos valores de cada um dos campos segundo tabela de dupla entrada. Esta tarefa foi muito facilitada pela ferramenta “consulta por atributos”, com linguagem de consulta SQL e pela ferramenta “*field calculator*”;
- Classificação do *layer* FRAGILIDADE pelas informações contidas no campo “FRAGIL”.

## 5. Principais questões e pontos desenvolvidos

É importante destacar algumas dificuldades à realização deste trabalho. A primeira dela se refere à disponibilidade de produtos cartográficos de qualidade e atualizados. As cartas topográficas utilizadas, contendo a informação sobre os solos está classificada segundo normas antigas. Além disso, nos pontos de encontro das diferentes cartas existem inconsistências. Por outro lado, na área urbana não existe a informação sobre o solo, causando um “buraco” no mapa, interferindo na geração do mapa de fragilidade.

Ainda quanto ao mapa de solos, ele precisou ser digitalizado, uma vez que não foi possível encontrar o mapa de solos do município na escala desejada (1:100.000) já no formato digital. Este mapa provavelmente existe digitalizado, mas pelas dificuldades na troca ou disponibilização de informação cartográfica, teve que ser confeccionado novamente.

Com relação à classe de solos, a atribuição dos valores de fragilidade foi feito por uma aproximação do trabalho de KAWAKUBO *et alli* (2005), e baseado na apostila de classificação de solos de VIANA DA MATA (2007). Esta apostila compara as a classificação de solo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA

(2006) com o SNLCS, também da EMBRAPA (1984) *apud* VIANA DA MATA (2007).

Alguns esclarecimentos importantes sobre o mapa de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal fazem-se necessárias. A elaboração a partir de imagens CBERS sofreu alguns problemas em decorrência de diferentes colorações na mesma imagem. Esse problema divide a imagem em três faixas com colorações distintas dificultando a classificação. O problema ocorre em todas as bandas, mas em especial na banda 1, não utilizada neste trabalho.

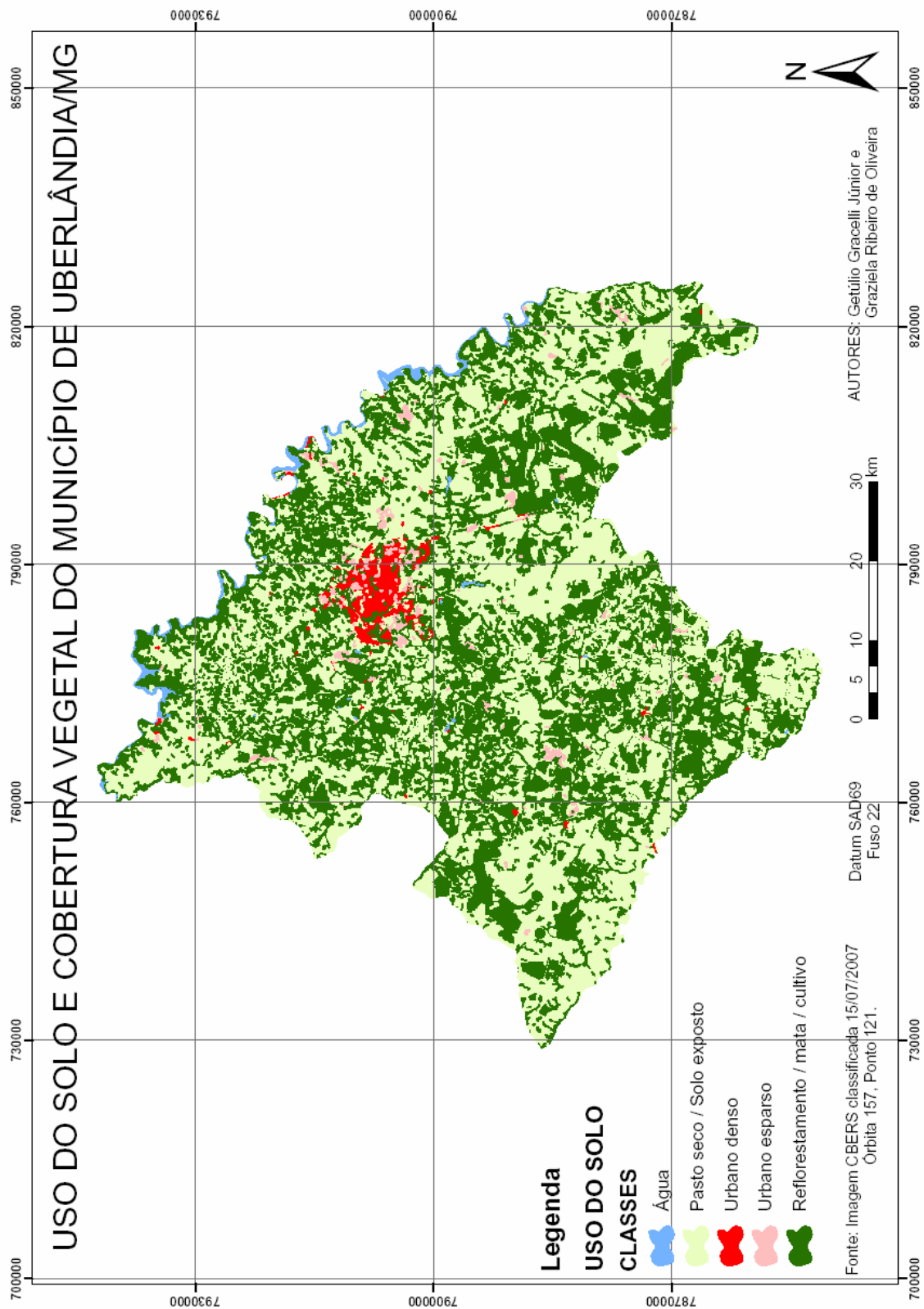
A classificação reuniu os dados de Pasto e Solo exposto na mesma classe pela resposta espectral semelhante na época do ano em questão (a imagem é de 15/07/2007, período extremamente seco). Outro motivo é que as áreas com solo exposto neste período são em sua maioria campos de cultura onde a colheita já foi feita, com palhada (onde é feito o plantio direto) ou já em período de preparação para novo plantio. Por estar temporariamente exposto no período seco ou com proteção de palhada foi classificado como possuindo fragilidade baixa.

O software ArcGIS 9.2<sup>®</sup> mostrou-se uma ferramenta flexível e bastante eficiente para gerenciar os dados do projeto, além de imprimir uma qualidade no acabamento e ter uma interface amigável. O software ENVI 4.2<sup>®</sup> foi eficaz para processar imagens raster e exportar para os formatos exigidos. O software CartaLinx 1.2<sup>®</sup>, apesar de ser antigo foi extremamente útil para efetuar a digitalização de uma maneira fácil, porém trabalhosa dos dados de solo. Ferramentas de digitalização do ArcGIS 9.2<sup>®</sup> são mais simples de ser usadas, mas exigiriam para este trabalho que as cartas fossem escaneadas. Este processo aumentaria o custo e implicaria em mais uma possibilidade de inserir erros no projeto.

## **6. Resultados Alcançados e conclusões**

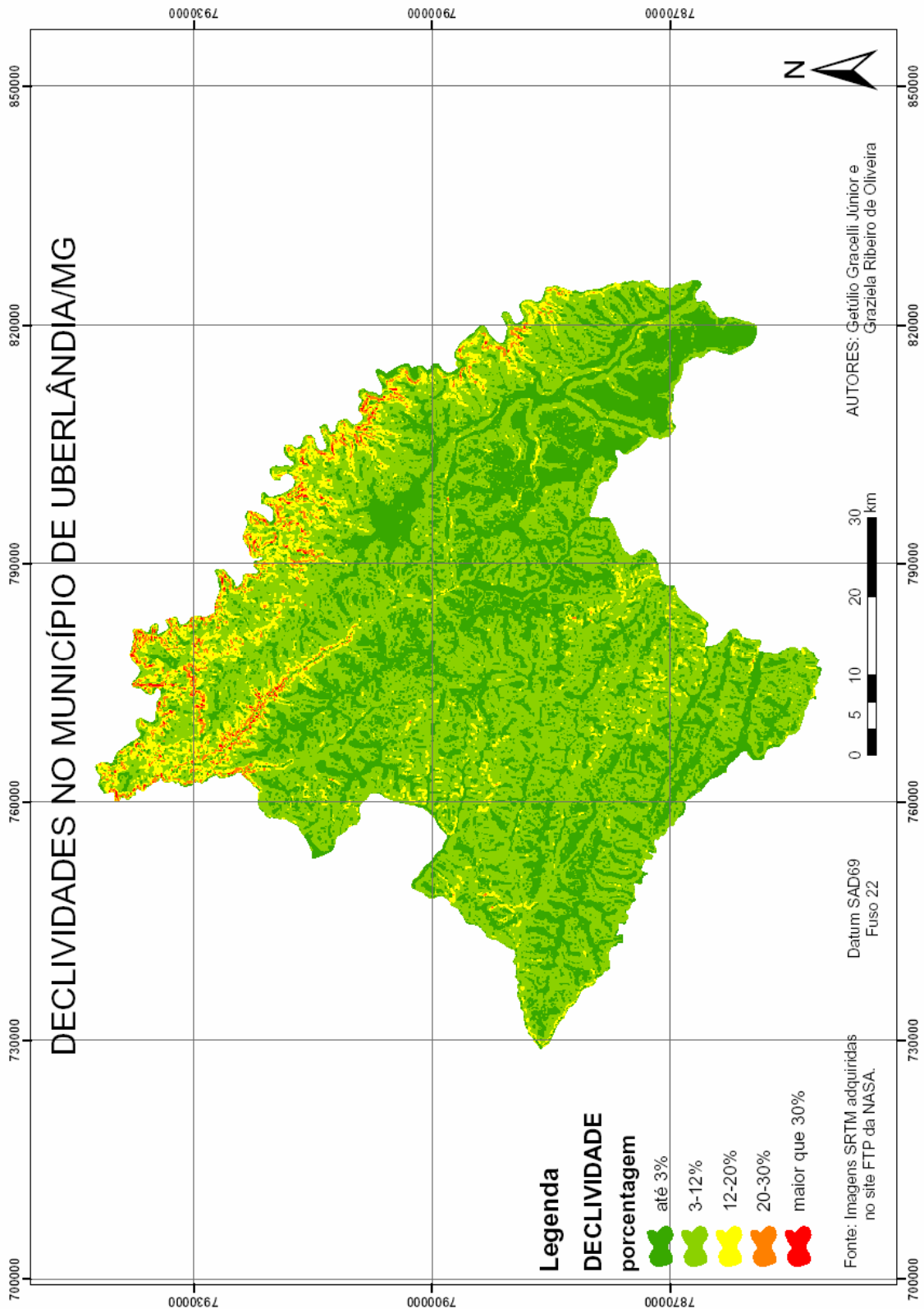
Os mapas gerados (I, II, III, IV) indicam uma concentração das maiores fragilidades nas calhas dos rios. As maiores fragilidades encontram-se em terrenos hidromórficos às margens dos rios Uberabinha e Tijuco e dos ribeirões Beija Flor e Bom Jardim. No cânion do Rio Araguari, ao nordeste e norte do município, concentram-se as fragilidades por causa da alta declividade e solos pouco profundos e pouco consolidados. O uso do solo responde pelo aumento da fragilidade na área periférica da mancha urbana de Uberlândia. As grandes áreas com fragilidade muito

baixa ou baixa é causada pela combinação de solos profundos, baixas declividades e cobertura vegetal protetora.

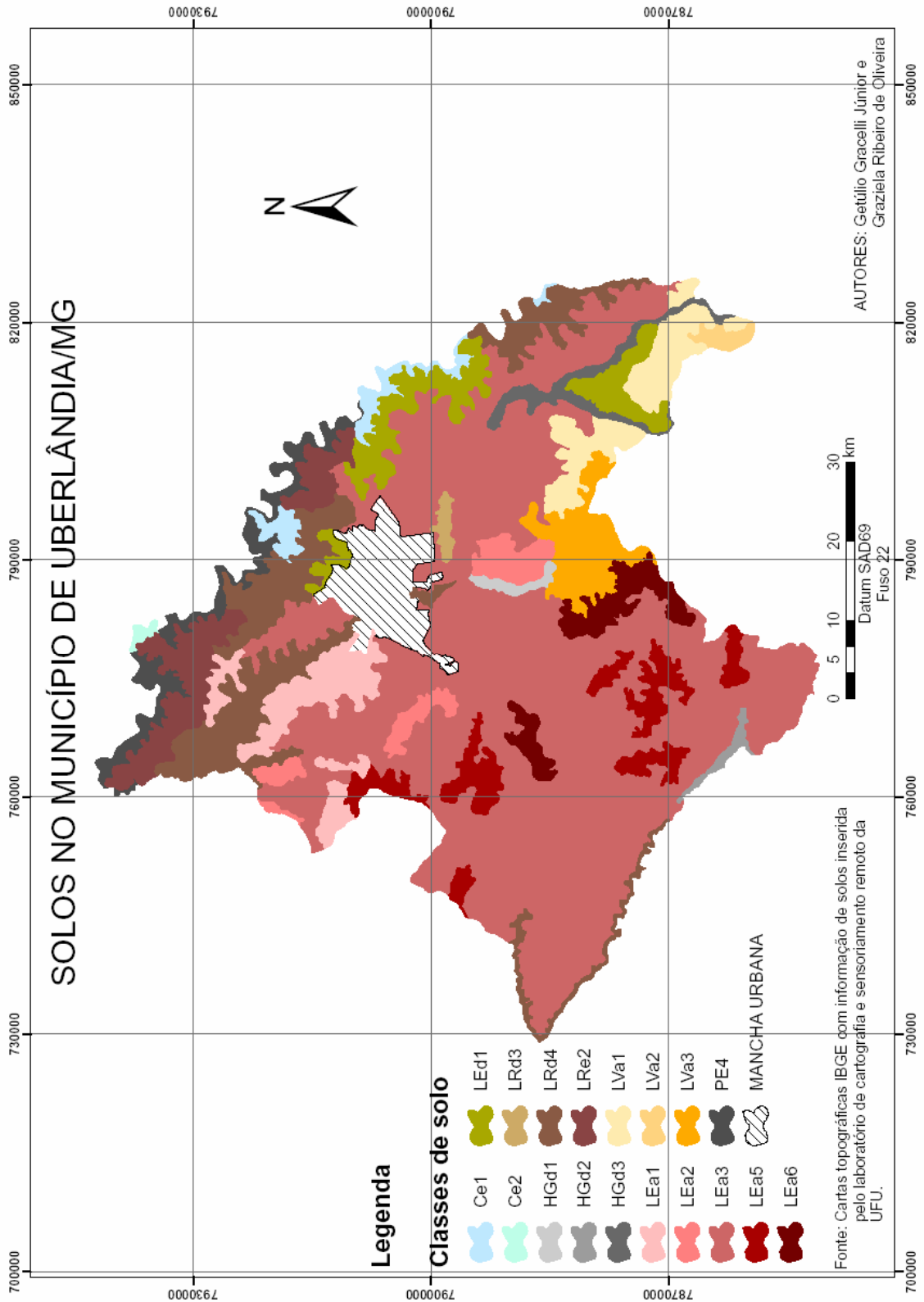


Mapa I

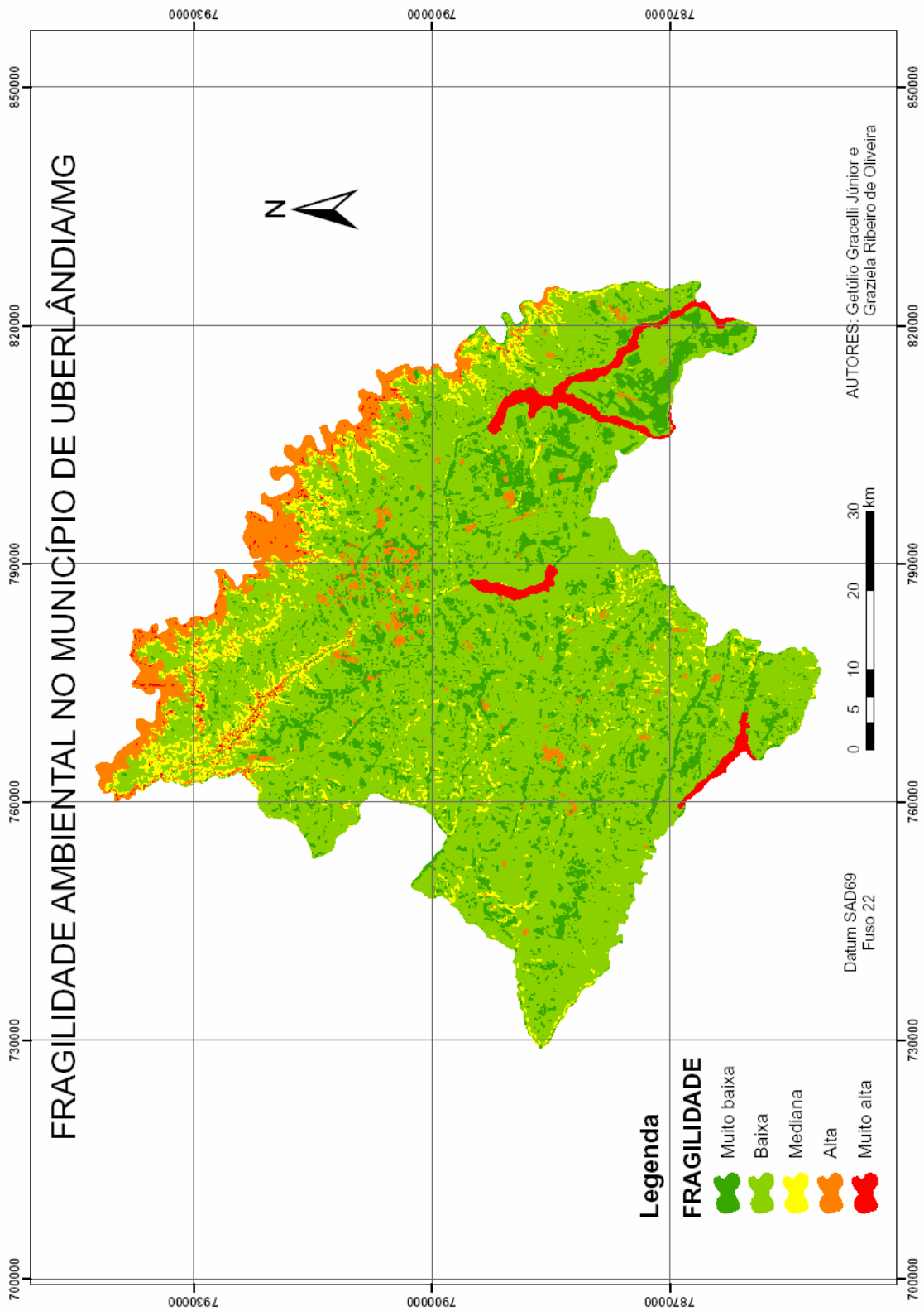




Mapa II



Mapa III



Mapa IV

A avaliação da fragilidade ambiental seguindo a proposta de ROSS (1994) é uma ferramenta importante para se avaliar quais áreas da cidade merecem uma atenção especial para a preservação e também para melhor se planejar as atividades humanas na área.

No município de Uberlândia, a grande predominância de terras planas reduz o fator de risco ambiental. Em compensação, existe uma grande retirada da vegetação natural. Mesmo com a implantação de atividades agropecuárias deve-se atentar para o fato da vegetação natural exercer maior proteção para o solo que pastos e culturas. Na área urbana, uma característica de desconcentração marca as cidades da região. Isso leva a uma grande presença de áreas urbanas com pouca cobertura do solo, o que contribui para o incremento do risco ambiental nas áreas periféricas da cidade.

Existe como fator importante em Uberlândia a instalação de Usinas Hidrelétricas (UHE) recentemente. Apesar dos benefícios trazidos pelas suas instalações, as UHE e seus lagos contribuem para a destruição da Área de Preservação Permanente (APP) original, e para a instalação de loteamentos rurais com fins de lazer. Esses loteamentos aumentam o risco ambiental na medida em que contribuem para a retirada da vegetação e se constituem em uma área com características urbanas pouco densas. O estabelecimento de novas APPs é lento e muitas vezes precisa da contribuição ativa do homem para sua sustentação. Outro fator que deve ser considerado quanto às instalações de UHE: elas mudam o nível de base dos rios. Isso altera a vazão e interfere no carreamento de sedimentos.

Deve-se dar uma especial atenção para a recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e restringir a ocupação nas áreas com maior declividade contíguas à APP. Outra solução importante é criar mecanismos para regular a implantação dos loteamentos rurais com fins de lazer.

Na área urbana deve-se preocupar com a dispersão e descontinuidade da cidade. Uma das formas é restringir a implantação de novos loteamentos, dando preferência para a ocupação dos lotes vazios dentro da mancha urbana já estabelecida.

Sugere-se para futuros trabalhos a aplicação da metodologia de ROSS (1994) em bacias hidrográficas do município de Uberlândia. Desta forma poderá ser verificada a fragilidade ambiental em uma escala maior, com mais detalhes e possibilitar o planejamento ambiental e de uso para atividades humanas de maneira adequada.

## 7. Referências

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia. n.8, p.63-74. São Paulo: FFLCH/USP, 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**, 2006.

KAWAKUBO, F. S. *et alli*. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.** Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia: INPE, 2005.

VIANA DA MATA, J. D. **Apostila de classificação de solos.** Material elaborado para fins didáticos. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2007. Disponível em <<http://www.ufsm.br/petagonomia/apostilas/apostilaclassi07.pdf>> Acessado em: 19 de dezembro de 2007

LABORATÓRIO DE CARTOGRAFIA E SENSORIAMENTO REMOTO. **Informação sobre solos.** Nas Cartas Topográficas IBGE SE-22-Z-B-V, SE-22-Z-B-VI, SE-22-Z-D-II, SE-22-Z-D-III e SE-23-Y-C-I, escala 1:100.000.

INPE. **Imagens CBERS**, bandas 2, 3 e 4, órbita 157, pontos 121 e 122 de 15/07/2007. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> Acessado em 19 de dezembro de 2007.

IBGE. **Informações sobre município de Uberlândia.** Disponível no portal cidades@ <[www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php)> Acessado em 23 de dezembro de 2007.

GEOMINAS. **Divisão municipal de Minas Gerais, escala 1:100.000.** Formato vetorial. Disponível em < <http://www.geominas.mg.gov.br/>> Acessado em 29 de dezembro de 2007.

# ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE TRÊS LAGOAS - MS

Láís Coêlho do Nascimento Silva

Acadêmica do Curso de Bacharelado em Geografia da UFMS – Três Lagoas /MS e membro do grupo DIGEAGEO – Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias Email: [lais\\_cns@yahoo.com.br](mailto:lais_cns@yahoo.com.br)

André Luís Valverde Fernandes

Bolsita PIBIC do Curso de Bacharelado em Geografia da UFMS – Três Lagoas /MS e membro do grupo DIGEAGEO – Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias -Email: [andreluis\\_ufms@yahoo.com.br](mailto:andreluis_ufms@yahoo.com.br)

Wallace de Oliveira

Professor Adjunto da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Três Lagoas MS e membro do grupo DIGEAGEO – Diretrizes de Gestão Ambiental com uso de Geotecnologias UFMS & CNPq – E-mail: [wallace@ceul.ufms.br](mailto:wallace@ceul.ufms.br)

**Resumo:** As bacias de drenagem possuem papel importante na paisagem, pois são seus modeladores. Por causas naturais ou principalmente fatores antrópicos, o desequilíbrio das bacias têm-se acentuado gradativamente. A ocupação desordenada na bacia acentua tais desequilíbrios no solo. Dentre as atividades que causam degradação, podem ser citadas as práticas agrícolas, super-pastoreio e reflorestamento. Por conservação do solo dever-se-á entender a preservação e o desenvolvimento, de modo a proporcionar o maior bem para o maior número e pelo maior período de tempo dos recursos naturais de caráter renovável, quais seja o solo, as florestas, as pastagens, a fauna silvestre e, em certa extensão a água. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo do uso e ocupação do solo no município de Três Lagoas - MS, utilizando a técnica de sensoriamento remoto. Conforme o mapa da área de estudo, pudemos analisar que em 2001 e 2005 há o predomínio de pasto como classe de uso e ocupação do solo e também que alguns cursos d'água estão assoreados, pois a exposição dos solos para práticas agrícolas abre caminho para os processos erosivos e para o transporte de materiais, que são drenados até o depósito final nos leitos dos cursos d'água. As imagens demonstram que há áreas ocupadas pelo maciço florestal de eucalipto e em algumas porções desse espaço encontram-se numa faixa de transição com a mata nativa. Constatou-se que o uso agropecuário é predominante no município, podendo inferir que este exerce um papel fundamental nas atividades econômicas da região.

Palavras-chave: 1)imagens de satélite 2)paisagem 3)sensoriamento remoto.

**Astract:** The drainage basins have important role in the landscape, as are their modeladores. For natural causes or mainly human factors, the imbalance of basins have been marked gradually. The occupation disorderly in the basin stresses such imbalances in the soil. Among the activities that cause degradation, can be cited agricultural practices, over-grazing and reforestation. For soil conservation should be understood the preservation and development, in order to provide the greatest good for the greatest number and the greater period of time natural resources that are renewable, which is the soil, forests, pastures, the wildlife and to some extent the water. The objective of this work is to undertake a study of the use and occupation of land in the municipality of Três Lagoas - MS, using the technique of remote sensing. As the map of the study area, we were able to analyze that in 2001 and 2005 there is a predominance of grass as a class of use and occupation of land and also that some water courses are assoreados because the exposure of the soil to farming practices opens the way for erosive processes and for the transport of materials, which are drained by the final filing in beds of water courses. The images show that has areas occupied by the massive forest of eucalyptus and some portions of this area are in a transition with a range of native forest. It was found that the use farming is predominant in municipality and may infer that it has a key role in economic activities in the region.

Keywords: 1) satellite imagery 2) landscape 3) remote sensing

## **1. Introdução**

O sensoriamento remoto pode ser definido de uma maneira ampla, como sendo a forma de se obter informações de um objeto ou alvo, sem que aja contato físico com o mesmo. As informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética, geradas por fontes naturais como o Sol e a Terra (ROSA, 1992).

Há várias áreas em que o sensoriamento pode ser aplicado, como: arqueologia, geomorfologia ambiental, recursos hídricos, geografia, uso da terra, geologia, entre outros.

A expressão “uso da terra“ pode ser entendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ROSA, 1992), sendo assim, é importante considerar a forma que este espaço está sendo ocupado, ou seja, se é explorado de forma organizada e produtiva, conforme cada região.

Os processos naturais como erosão, lixiviação e modificação da cobertura vegetal, independente da ação humana ocorrem de forma natural, mas quando o homem transforma o ambiente, esses processos são acentuados e violentos, sendo conseqüências imediatas do mau uso deste solo.

Analisar o uso e ocupação do solo de forma rápida e econômica através do emprego de informações contidas nas imagens de satélite nos permite fazer seu planejamento e exploração de forma organizada e produtiva, conforme as características cada região.

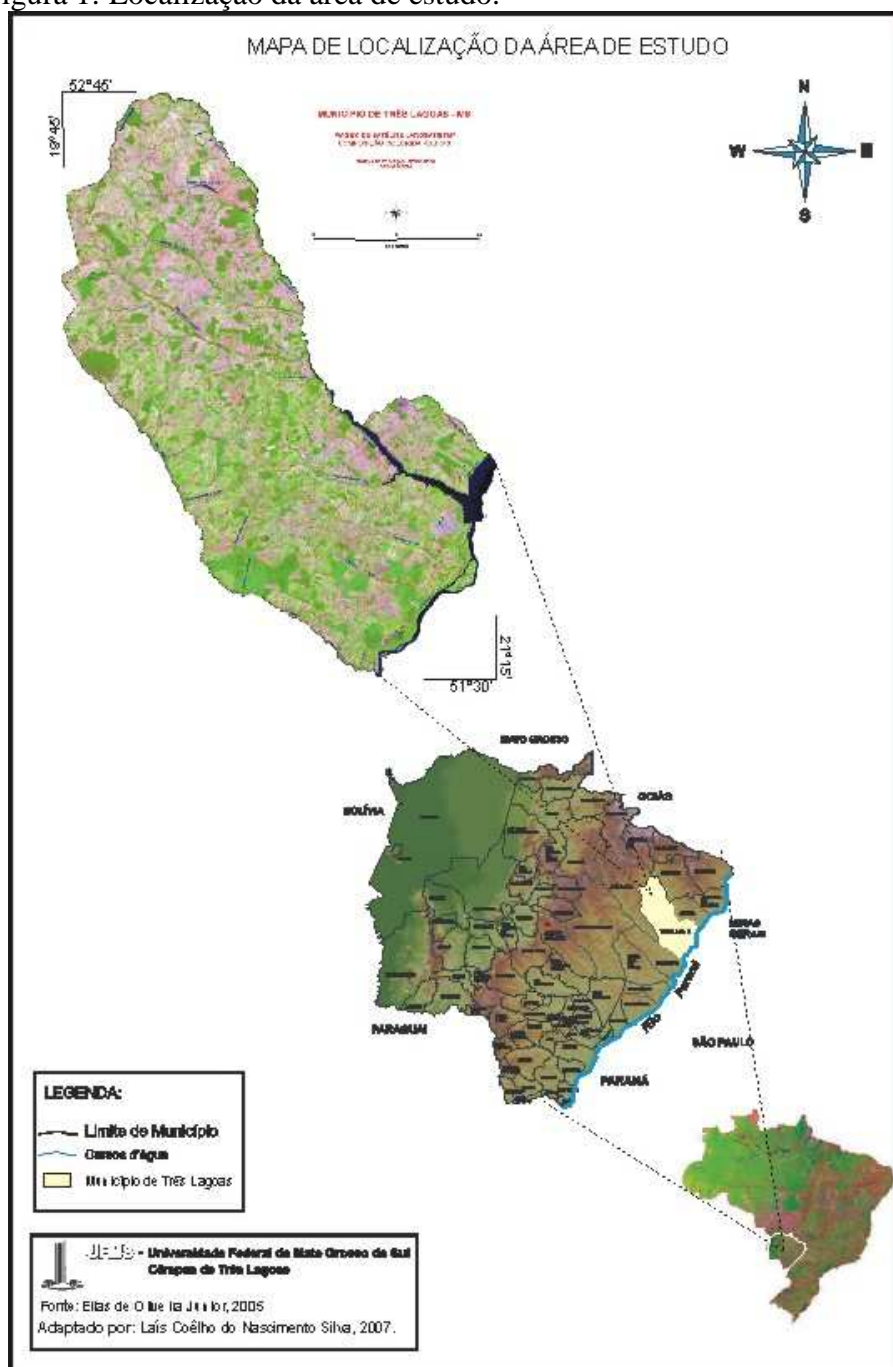
O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise do uso do solo no município de Três Lagoas, utilizando as imagens de satélite Landsat 2001 e CBERS 2005.

## **2. Caracterização da Área de Estudo**

O Município de Três Lagoas está localizado na porção leste do Estado de Mato Grosso do Sul, região Centro-Sul do Brasil, possuindo uma área de aproximadamente 10.206 km<sup>2</sup> (IBGE, 2005).

Tem como limites, os municípios de Inocência ao norte, Brasilândia ao sul, Água Clara a oeste, Selvíria e o Estado de São Paulo à leste, e está compreendido entre as coordenadas geográficas 19° 30' a 21° 06' S e 51° 30' a 52° 30' W, representando aproximadamente 2,86% do território do Estado.

Figura 1: Localização da área de estudo.





## *2.1 Geologia e geomorfologia*

O município de Três Lagoas-MS está localizado na bacia sedimentar do Paraná. Geologicamente a bacia do Paraná é composta principalmente por depósitos do Grupo Bauru e rochas das Formações Santo Anastácio, Adamantina, Marília, que são compostos por arenitos médios, finos, silíticos, lamitos. Na Formação Adamantina ocorre à presença de Basaltos da Formação Serra Geral. Ainda segundo SEPLAN (1990 apud OLIVEIRA, 2005, p10), as principais formações geológicas que afloram no município de Três Lagoas, são as Formações Santo Anastácio (Ksa), possuindo maior predominância, e a Formação Adamantina (Ka).

Quanto a geomorfologia, Cattanio (s.d.) apud Oliveira, 2005, a configuração da paisagem no município de Três Lagoas pode ser dividida em três compartimentos; segmento plano, segmentos das colinas convexo-côncavas longas; segmentos das colinas convexo-côncavas longas.

## *2.2 Aspectos geopedológicos da Região*

Os solos encontrados no município de Três Lagoas são; latossolo vermelho-escuro, areias quartzosas e podzol, sendo que há uma grande percentagem da presença de areias quartzosas, principalmente na porção norte do município, como também pequenas áreas de podzolização, localizadas próximas ao centro do mesmo.

## *2.3 Cobertura vegetal*

A vegetação original ou remanescente característica predominante do município é Arbórea Densa (cerradão) e Arbórea Aberta. A vegetação arbórea densa é de formação campestre com estrato de árvores baixas, xeromórficas de esgalhamento profundo, providas de grandes folhas coriáceas, perenes e casca corticosa. A vegetação arbórea aberta são Savanas ou Campo Cerrado e sua principal característica é seu contínuo estrato de graminóide que reveste o solo e que seca durante o período de estiagem (SEPLAN, 1990 apud Oliveira, 2005)

## *2.4 Regime climático*

Segundo a Seplan, 1990, o clima do município de Três Lagoas é de úmido a sub-úmido e sub-úmido.

O clima úmido à sub-úmido apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de 20 a 40. A precipitação pluviométrica anual varia entre 1500 a 1750

mm anuais, excedente hídrico anual de 800 a 1200 mm durante 05 a 06 meses e deficiência hídrica de 350 a 500 mm durante 4 meses.

O clima sub-úmido apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de 0 a 20. A precipitação pluviométrica anual varia entre 1200 a 1500 mm anuais, excedente hídrico anual de 400 a 800 mm durante 03 a 04 meses e deficiência hídrica de 500 a 650 mm durante 5 meses.

### **3. Metodologia**

Para fazer à caracterização e evolução da paisagem e dos elementos que compõem a área de estudo, como as unidades de mata, vegetação rala, solo nu, pasto e cursos de água, utilizaram-se as informações contidas nas imagens de satélite referentes a 2001, correspondem a uma imagem de Landsat TM+ bandas 347- 30m de resolução espacial. As imagens de satélite referentes a 2005, correspondem a imagens CBERS 2, bandas 2,3,4- 20m de resolução.

Após a aquisição das imagens no formato TIFF, estas foram transformadas em GRIB no programa Impima, para serem abertas posteriormente no Spring.

Essas imagens foram importadas e georreferenciadas por meio de pontos de controle passíveis de identificação na imagem e na carta topográfica. Tais métodos foram executados no SIG (Sistema de Informação Geográfica) SPRING 4.3.3, software elaborado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) visando a espacialização e elaboração dos mapas referentes ao município.

Devido a resolução do satélite CBERS ser de 20m, foram necessárias 4 imagens para assegurar todo o município, executando a opção mosaico na sua importação, sendo posteriormente recortada somente a área do município pelo limite importado em formato SHP, disponíveis no site do IBGE, tendo com base a divisão municipal de 2000. As imagens possuem órbita ponto: 160/123, 160/124, 161/122 e 161/123. A órbita ponto da imagem Landsat são as 223/74 e 223/75.

Após o georreferenciamento da imagem, foi executado o contraste da imagem, a fim de melhorar sua qualidade, optando pela operação “equalizar histograma”. A partir desse contraste, foi feita a composição colorida da imagem, salva como imagem sintética b2r3g4 para imagens CBERS e b1g2r3 para imagem Landsat, a qual possibilitou a classificação do uso do solo no município.

A classificação da imagem foi então supervisionada por pixel, onde foi utilizado o classificador Maxver, cujo limiar de aceitação foi de 99,9%.

Após a classificação, o mapeamento de classes foi executado, onde foi possível quantificar o uso e ocupação do solo em cada classe. Para realização do mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo, foram utilizadas técnicas de Fotointerpretação e Interpretação Visual das imagens orbitais. A interpretação é a arte de examinar as imagens dos objetos nas fotografias e de deduzir a sua significação (MARCHETTI e GARCIA,1977)

#### **4. Resultados e discussões**

As classes de uso e ocupação analisadas na bacia foram: mata, cursos d'água, vegetação rala, pasto e solo nu, que corresponde às superfícies artificiais, como rodovias e estradas.

Conforme o mapa da área de estudo, podemos verificar que na microbacia predomina o uso agropecuário, com poucas áreas de vegetação natural.

A redução da vegetação está associada ao manejo do solo, o desmatamento para introdução de pastagens para criação de gado, citado no relatório de síntese da UHE Porto Primavera (CESP, 1980), no tópico "Uso atual das terras p. 10, comprova que a maior parte das porções cultiváveis da área de estudo, estava sobrepujada por pastagem, ainda neste sentido, os dados da Seplan/MS (1990), demonstram a ocorrência dessa unidade de uso e ocupação do solo, devido à intensa ocupação do município, ocorrendo indícios de desmatamento, principalmente em virtude da expansão da atividade pecuária, fortalecendo o domínio da pastagem.

Como consequência desse desmatamento tem-se o assoreamento dos canais fluviais, pois a exposição dos solos para práticas agrícolas abre caminho para os processos erosivos e para o transporte de materiais, que são drenados até seu depósito final nos leitos dos cursos d'água.

A classe solo nu representa áreas, por exemplo, à espera de plantio de pastagens, estradas, áreas com baixo nível de fertilidade que não favorecem o desenvolvimento de plantas, casas, aeroportos, entre outros (BACANI, 2007).

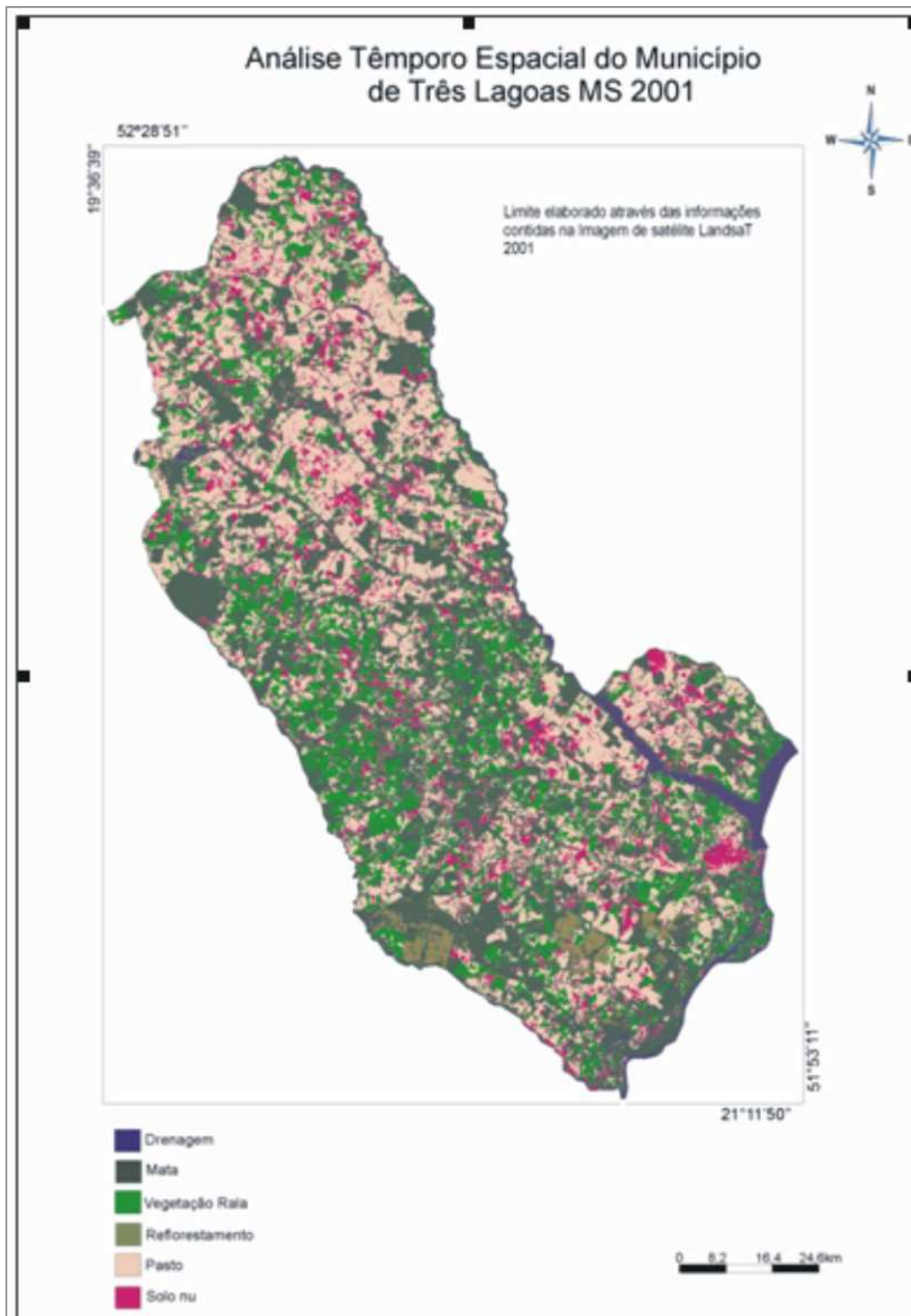
Há microbacias do município com áreas ocupadas pelo plantio de eucalipto e algumas porções desse espaço encontram-se numa faixa de transição com a mata nativa. É possível notar as fases do plantio de eucalipto, onde existem áreas sendo preparadas para o plantio de novas mudas, e em alguns locais já ocorrem a presença de mudas em fase de crescimento, cuja função é a reposição das árvores adultas retiradas.

O maciço florestal da Empresa de papel e celulose VCP encontra-se nas proximidades do córrego da Moeda, onde há grande concentração da cultura de eucalipto.

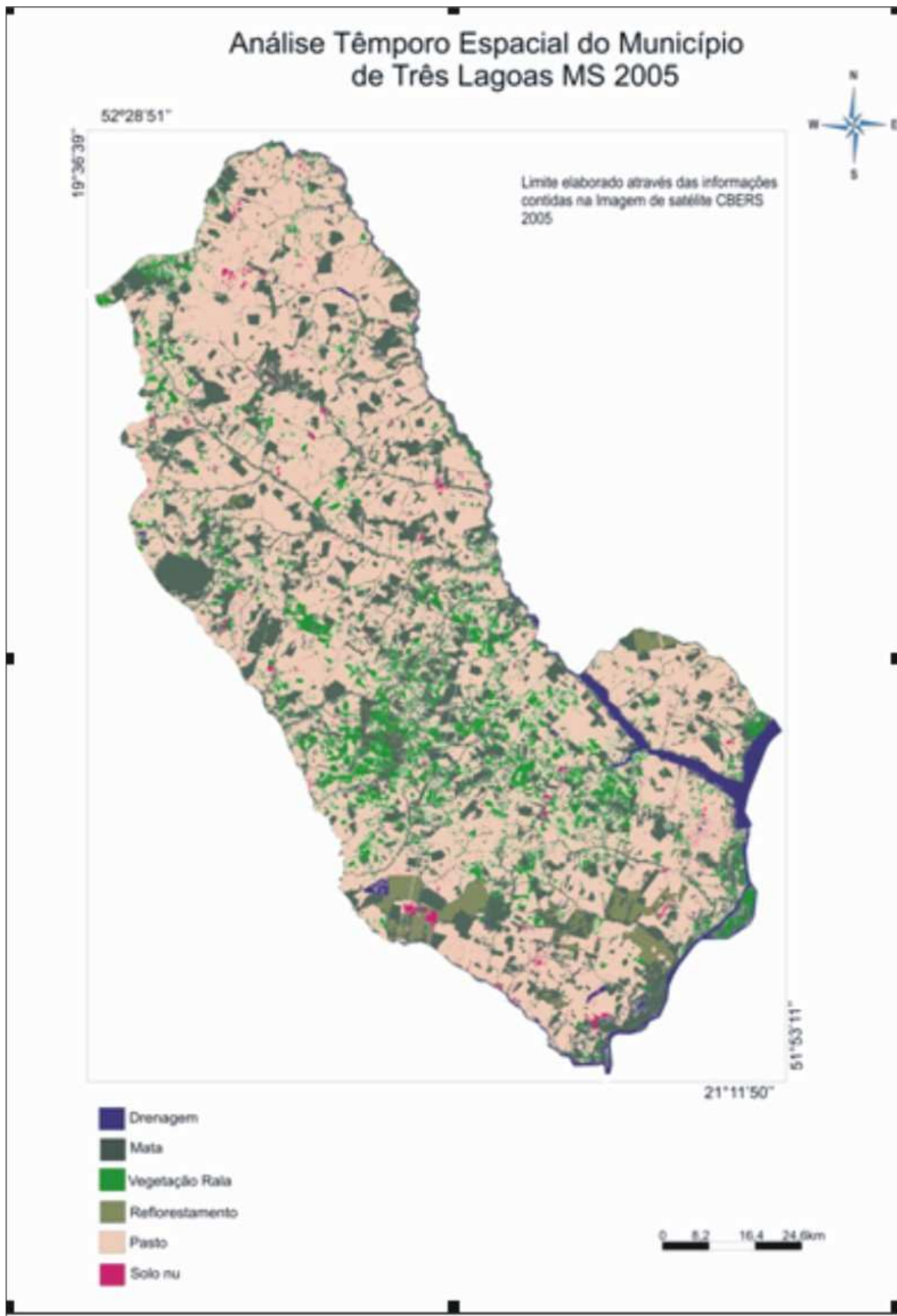
Na tabela 1, podemos notar que há um decréscimo de mata nativa entre 2001 e 2005, de 36,6 para 25,0 e um aumento de pastagem, de 30,6 em 2001, para 59,1 em 2005.

Tabela 1: Uso e ocupação do solo no município de Três Lagoas.

<b>TRÊS LAGOAS</b>	<b>2001</b>	<b>2005</b>
<b>Classe</b>	<b>Porcentagem</b>	<b>Porcentagem</b>
Drenagem	2,6	2,6
Mata Nativa	36,6	25,0
Vegetação rala	18,0	9,4
Reflorestamento	1,4	2,5
Pasto	30,6	59,1
Solo Nu	11,1	1,4
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>



**Figura 2: Análise Tempôro Espacial 2001.**



**Figura 3: Análise Tempôro Espacial 2005.**

## 6. Conclusão

Os mapas são os melhores instrumentos de visualização e obtenção de informações para análise e apoio às tomadas de decisões. Portanto à importância da elaboração do mapa a partir da carta topográfica e sua atualização por imagens de satélite, através do emprego do SPRING® 4.3.3 mostrou-se eficiente ao que se propunha o objetivo deste trabalho, ou seja, analisar temporalmente a mudança do uso e ocupação do solo no município de Três Lagoas.

Através da análise dos mapas, verificou-se que há assoreamento em algumas microbacias, e que é desproporcional a existência de mata nativa, em contrapartida com o contínuo aumento do pasto. Pastagens que em sua maioria não utilizam técnicas de manejo do solo, curvas de nível, etc. o que provavelmente seja a causa do assoreamento verificado em alguns córregos.

A silvicultura é uma atividade que há bastante tempo tem sido praticada no município, mas com o início de operação da empresa VCP, tem-se intensificado essa cultura. A VCP assumiu as atividades da empresa Chamflora/ Internacional Paper que já operava no município desde os anos 1990 na Fazenda Barra do Moeda e com a implantação da fábrica de celulose a partir de 2009 situada à 20 km do centro urbano (OLIVEIRA JÚNIOR, 2005), estima-se a necessidade de mais ou menos 8000ha/ano e com produção em média de 1200t de celulose por dia.

Esta realidade cria uma expectativa no município, pois, apesar da área ocupada por pastagens ainda ser predominante a arrecadação de ICMS gerado pela agroindústria promete ser muito superior do que a relativa a pecuária. Já se pode sentir na cidade a escassez de imóveis disponíveis, pois a maioria está sendo ocupada por trabalhadores das empresas, conseqüentemente a especulação imobiliária aumenta.

Conforme os dados de uso e ocupação do solo, podemos constatar que o uso agropecuário ainda é predominante no município, podendo inferir que este exerce um papel fundamental nas atividades da região.

## 7. Bibliografia

BACANI, V.M. **Sensoriamento Remoto aplicado à análise evolutiva do uso e ocupação do solo no Pantanal da Nhecolândia (MS): o exemplo da Fazenda Firme.** Aquidauana. UFMS, 2007. Dissertação de Mestrado.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo.** 2ªed. Contexto. São Paulo, 1995.

CESP, **Mosaico Aerofotogramétrico:** Reservatório da Usina de Porto Primavera. São Paulo: Aerofoto Cruzeiro S.A., 1980. 1 carta. Folha SF 22-V-B-3-SE. Escala: 1:25000.

**CESP, Mosaico Aerofotogramétrico:** Reservatório da Usina de Porto Primavera. São Paulo: Aerofoto Cruzeiro S.A., 1980. 1 carta. Folha SF 22-V-B-3-SO. Escala: 1:25000.

INPE, **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.** Imagem de satélite CBERS 2 2005.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística,** Geociências (malha digital dos municípios, microrregiões e mesorregiões, Base 200). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 15/04/2007.

MARCHETTI, D.A.B e GARCIA, G.J. **Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação.** 1ª ed. 2ª reimpressão. Ed. Nobel. São Paulo, 1977.

OLIVEIRA JUNIOR, E. **Caracterização geoambiental e análise do uso do solo na microbacia do Córrego da Moeda Três Lagoas-MS.** Três Lagoas. UFMS, 2005 Monografia (Graduação em Geografia)

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** 2ª ed. rev. Uberlândia. Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 1992.

SEPLAN, **Atlas Multirreferencial.** Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral, Fundação IBGE, 1990.



**MAPAS PARA INTERNET EM SIG LIVRE:  
UMA PROPOSTA DE GUIA DIGITAL PARA A GESTÃO DO PARQUE  
ESTADUAL DA PEDRA BRANCA (RJ)**

Jefferson Pereira Caldas dos Santos

Bolsista de Iniciação Científica – PIBIC/UERJ - Deptº de Geografia - Grupo de Estudos Ambientais – GEA/UERJ,

E-mail: [jeffe\\_ufrj@yahoo.com.br](mailto:jeffe_ufrj@yahoo.com.br)

Vivian Castilho da Costa

Pesquisadora Visitante - Deptº de Geografia - Grupo de Estudos Ambientais – GEA/UERJ, E-mail:

[vivianuerj@gmail.com](mailto:vivianuerj@gmail.com)

Nadja Maria Castilho da Costa

Professora Adjunta - Deptº de Geografia - Grupo de Estudos Ambientais – GEA/UERJ, E-mail:

[nadjacosta@pq.cnpq.br](mailto:nadjacosta@pq.cnpq.br)

**RESUMO**

O presente trabalho é fruto de estudos e pesquisas desenvolvidas no Parque Estadual da Pedra Branca – PEPB, localizado na zona oeste do município do Rio de Janeiro, no Estado do Rio de Janeiro (Brasil). Constitui-se na elaboração de um “Guia Digital” ecoturístico que tem por objetivo disponibilizar via Internet e mídia digital (cd-rom), mapas temáticos sobre a área protegida.

Os recursos visuais se traduzirão em produtos de divulgação visando proporcionar um maior conhecimento (informações detalhadas), ao público visitante (ecoturistas) e aos pesquisadores, sobre a unidade de conservação. Além disso, irá facilitar o planejamento e o manejo da UC por parte das Secretarias Estaduais e Municipais de Turismo do Estado do Rio de Janeiro, assim como os órgãos gestores da UC (IEF/RJ – Fundação Instituto Estadual de Florestas), principalmente no que se refere à gestão integrada dos recursos ecoturísticos, no detalhamento de roteiros de visitação, na identificação de seus atrativos e na elaboração de atividades de educação ambiental.

O “Guia Digital” tem por metodologia a montagem de um banco de dados georreferenciado (SBDG) e análises destas informações, utilizando ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) voltadas ao uso de mapas na internet para consultas e monitoramentos que possam auxiliar na tomada de decisões.

Toda a metodologia está alicerçada em aplicativos cartográficos automatizados (usando de recursos da semiologia gráfica, com ícones e pictogramas vinculados ao turismo), trabalhados em escala de detalhe (1:10.000), através do uso de softwares livres de Sistemas de Informação Geográfica - SIG (OpenGIS), a exemplo do OpenJump, utilizado no mapeamento básico, na confecção de mapas temáticos analíticos (visualização de *layers* e planos de informação, pesquisas espaciais, análises estatísticas e procura de entidades) e na utilização de imagens de satélite e fotografias aéreas. Softwares livres voltados à disponibilização de mapas via Web e de Sistemas de Informação Geográfica (GIS-SIG), também estão sendo utilizados, a exemplo do Alov Map e do Open Jump, importantes no detalhamento visual dos usuários do Guia Digital Ecoturístico do PEPB disponibilizado através de site na Internet.

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A “*International Ecotourism Society*” (TIES, 2005, in IBAMA, 2006) estima que entre 40 e 60% de todo o volume do turismo mundial estão relacionados às viagens que envolvem a natureza. O ecoturismo, segmento relativamente novo do turismo, é o que mais cresce no mundo. O “*World Tourism Organization*” (WTO, 2005, in IBAMA, op. cit.) indica que o ecoturismo mundial chega, atualmente, a representar quase 4% do total e que cresce a taxas acima da média do turismo. Por outro lado o *World Travel & Tourism Council* (WTTC, 2005, in IBAMA, op. cit.), que também organiza estatísticas do turismo no mundo inteiro, informa que o turismo ecológico representa hoje, entre 5 a 8% do negócio turístico, devendo atingir 15% do movimento total. O Instituto de Ecoturismo do Brasil (IEB, 2005, in IBAMA, op. cit.) também vem estimando um crescimento do Ecoturismo brasileiro, cujo movimento pode já ter alcançado a faixa de 10,8 bilhões de dólares.

Como pôde ser visto pelas estatísticas descritas, o ecoturismo vem aproveitando, principalmente, os recursos naturais das áreas ainda preservadas de vários ecossistemas, dentre eles os da Mata Atlântica da região sudeste do Brasil. No contexto dessa atividade, as trilhas são a principal infra-estrutura de manejo de visitantes em áreas de elevado potencial e as unidades de conservação públicas são o grande destino dos milhares de visitantes, que buscam os ambientes naturais para lazer e prática de esportes. Infelizmente, a grande maioria das unidades de conservação não dispõe de recursos humanos e materiais para o manejo eficiente da malha de trilhas disponíveis aos visitantes. Planos de manejo atualizados, definição de capacidade de suporte à visitação, rotinas de monitoramento e, principalmente, equipes treinadas para a

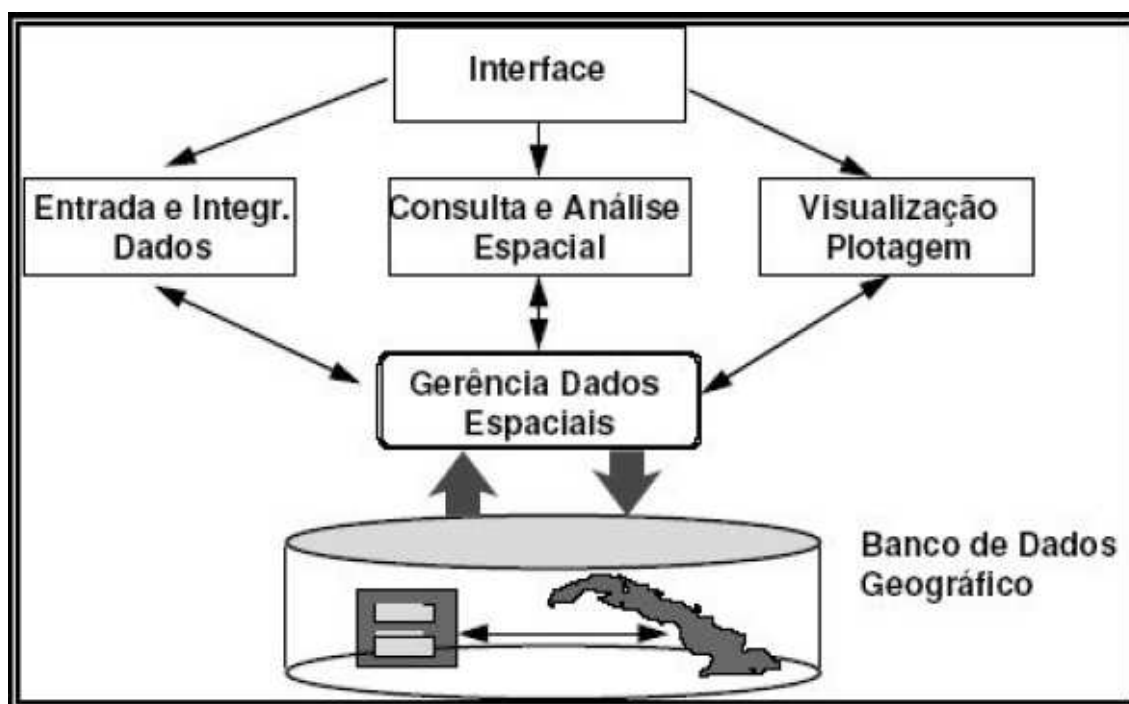
manutenção de trilhas são pouco comuns, embora a relevância do tema seja evidente entre os dirigentes e seus parceiros.

A ocupação e o uso inadequado dessas áreas acabam por gerar vários tipos de impacto. Desde impactos ambientais até sociais. O ecoturismo não deve ser visto como uma atividade prejudicial, mas como qualquer outra atividade humana precisa ser bem planejada e controlada para que gere o menor número de impactos negativos e o maior número de impactos positivos possíveis. Dentre os impactos positivos que o ecoturismo pode trazer, se for instituído de maneira planejada, é a inclusão social das populações locais no manejo da unidade de conservação. A inclusão das populações locais pode ser muito benéfica para a preservação das áreas protegidas já que estas comunidades muitas vezes possuem conhecimento detalhado sobre a área e de seus recursos naturais e podem assim trabalhar como guias, monitores, entre outras funções para auxiliar na gestão das UCs. A inclusão das comunidades residentes em áreas protegidas não só pode gerar receita para elas mesmas como também, em muitos casos, ajudam a conter a degradação ambiental tendo em vista que estas comunidades possuem interesse em preservar para que mais turistas venham a frequentar e desenvolver atividades turísticas ao invés de motivar atividades extrativistas altamente degradantes ao meio ambiente local.

Outra forma de divulgação das atividades turísticas, que vem crescendo em zonas de atrativos regionais e nos pólos ecoturísticos, é a *Internet*, em resposta ao avanço tecnológico da informática como veículo condutor da informação especializada à um público seletivo, a exemplo dos praticantes do ecoturismo. Neste sentido, o geoprocessamento e as tecnologias de Sistema de Informação Geográfica (SIG ou GIS -

*Geographic Information System*), de Processamento Digital de Imagens, da Cartografia Digital e do *Global Positioning System* – GPS, têm-se tornado ferramentas valiosas nas mais diversas áreas de conhecimento.

Os componentes de um SIG estão demonstrados na Figura 1.



**Figura 1. Componentes de um SIG**

A Figura 1 demonstra, portanto, como o SIG deve estar articulado com uma interface operacional que segue um fluxo de entrada e integração de dados, perpassando pela consulta, análise, gerenciamento e saída (visualização) do Banco de Dados Geográfico (BDG). No nível mais próximo ao usuário, a *interface homem-máquina* define como o sistema é operado e controlado. Esta interface pode ser tanto baseada na metáfora da “mesa de trabalho”, como adaptada ao ambiente de navegação da Internet, quanto baseada em linguagens de comando como *Spatial SQL* e LEGAL. Este é o objetivo do presente trabalho, incluir na interface gráfica e não gráfica elementos que possam ser

utilizados pelos principais navegadores da internet e assim, ser visualizados pelo maior número de usuários possível. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais. A *entrada* de dados inclui os mecanismos de conversão de dados. Os algoritmos de *consulta e análise espacial* incluem as operações topológicas, álgebra de mapas, estatística espacial, modelagem numérica de terreno e processamento de imagens. Os atuais softwares de disponibilização de mapas produzidos em SIG via Web são importantes ferramentas para esse fim. Os mecanismos de visualização e plotagem devem oferecer suporte adequado para a apreensão cognitiva dos aspectos relevantes dos dados pesquisados. No nível mais interno do sistema, um *sistema de gerência de bancos de dados geográficos* oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos. Cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados devem estar presentes num SIG.

Os SIGs constituem-se também em um ambiente tecnológico e organizacional que vêm recebendo, cada vez mais, adeptos no mundo todo e se configurando como importante recurso educacional (MENEGUETTE, 1999). Entretanto, para atender as necessidades dos usuários dessas tecnologias, os diversos profissionais (Geógrafos, Engenheiros Cartógrafos, Biólogos, etc.) devem considerar que o mapa é um meio de comunicação eficaz, quando associado a um projeto de banco de dados cartográfico que considere a localização e caracterização ambiental da área e das atividades a serem mapeadas.

Os SIG-WEB são ferramentas extremamente eficientes na divulgação de dados espaciais, mesmo com algumas limitações. Sua grande vantagem em relação aos SIG

tradicionais é a maior publicidade que seus dados irão alcançar já que estarão disponíveis na rede e também são mais simples de se operar o que acaba por incluir uma grande gama de usuários antes excluída pela falta de capacidade técnica de operar os SIG tradicionais.

Neste contexto, o objetivo geral do presente estudo visa demonstrar como utilizar softwares de SIG Livre (OpenGIS) para manipulação de banco de dados (mapas digitais temáticos), aplicando o Open Jump e sua publicação na rede (Web), usando servidor de mapas livre denominado ALOV Map (ALOV, 2002). Isso ocorrerá através de um projeto de divulgação dos atrativos ecoturísticos, tomando como exemplo a segunda maior unidade de conservação do município do Rio de Janeiro.

Os objetivos específicos do presente projeto visaram:

- Contribuir com os estudos sobre a utilização da semiótica, no desenvolvimento de projetos de pesquisa que visem a Educação Ambiental formal (escolas públicas), adotando material didático-pedagógico e informacional sobre o PEPB, principalmente para àquelas escolas que se encontram no entorno imediato do Parque e que convivem com problemas ambientais que prejudicam a sua conservação e/ou aumentam os impactos ambientais diretos.
- Disseminar e disponibilizar produtos de estudos integrados entre a Cartografia e a Geografia, na utilização de geotecnologias de informação, tanto para órgãos acadêmicos (universidades), quanto para órgãos governamentais (gestores de unidades de conservação) ou não governamentais (ONGs), criando e colaborando com parcerias interinstitucionais.
- Estudar novas formas de armazenamento e registros gráficos (mapas) ou



**Figura 2. Carta-Imagem de localização do PEPB no município do Rio de Janeiro (RJ, Brasil)**

A referida unidade de conservação apresenta uma área com cerca de 12.500 hectares, situa-se na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro no estado de mesmo nome e apresenta um número de visitantes, cada vez mais crescente. As trilhas do PEPB em meio aos remanescentes de Mata Atlântica foram recentemente mapeadas, por COSTA (2002) e COSTA (2006), e seu Plano de Manejo encontra-se em fase de aprovação pelo órgão gestor (Fundação Instituto Estadual de Florestas – IEF/RJ). O maciço da Pedra Branca compõe, juntamente com os maciços da Tijuca e Gericinó-Mendanha, as principais feições geomorfológicas (maciços litorâneos) da cidade e apresenta o ponto culminante do município, com 1.024 m, atingido por cerca de 10,5 km de caminhada em trilha.

A transformação do Parque Estadual da Pedra Branca em reserva florestal aconteceu através da Lei Nº. 2377 de 28/06/74. Já em 1988 o Município do Rio de Janeiro criou a Área de Proteção Ambiental (A.P.A) da Pedra Branca. Em 1990, a área compreendida entre os sub-bairros de Jacarepaguá, Camorim e Pau da Fome, foi transformada também pelo Governo Municipal, em Reserva Biológica, que não contém limites precisos, da sua área de preservação.

O Parque possui área total de 12,5 mil hectares e abriga uma exuberante Floresta que na sua grande parte ainda se matem com espécies nativas da Mata Atlântica, além de abrigar espécimes raros da fauna Brasileira como: Tucanos, Gaviões, Sabiás, Bicho Preguiça, Sagüis, Esquilos e as mais lindas Borboletas, encontram-se ao longo das



trilhas, quedas d'água, nascentes, rios, e um açude denominado Camorim que possui área equivalente a 1/3 da Lagoa Rodrigo de Freitas. Suas águas abastecem grande parte da baixada de Jacarepaguá (Fonte dos dados citados? Se foi do site do IEF, colocar aqui o “link”).

A demarcação do PEPB foi estabelecida a partir da cota altimétrica de 100m, em volta de todo o maciço da Pedra Branca, ocupando cerca de 16% do território do município. Apesar de ser legalmente definido como uma área de proteção integral (com restrições ao uso público), esta unidade de conservação (UC) abriga cerca de 45.000 habitantes em seu interior (dados? Citar fonte! COSTA, 2002, p. ex.) e, tem sofrido um processo crescente de pressão antrópica, sobretudo a partir dos anos 80/90. Segundo dados da prefeitura (de quando? Em que documento? Citar fonte bibliográfica!), esta UC foi a que mais perdeu área de floresta de 1984 a 1999, em comparação com o Parque Nacional da Floresta da Tijuca e o Parque do Mendanha (10 % contra 3 % do Mendanha e 0 % da Tijuca).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia empregada e os primeiros resultados na construção do Guia (Atlas) em mídia eletrônica (cd-rom), para disponibilizar informações, via *Internet*, sobre as atividades ecoturísticas, passíveis de serem desenvolvidas nas trilhas do PEPB, seguiram alguns procedimentos dos quais, os principais foram:

1. Entender o funcionamento de algumas das ferramentas de SIG e de SIG-WEB para publicação livre de mapas pela rede (*Open GIS e Open Consortium*), voltadas ao mapeamento de atrativos, trilhas e informações cartográficas digitais, para que fossem usados sem custos para todos os usuários da internet. Foram

então utilizados os softwares ALOV Map/TM Java versão *stand alone* (<http://www.alov.org>) e Open Jump (<http://www.openjump.org>).

2. Estabelecer uma metodologia que pudesse ser, futuramente adaptada e aplicada em outras áreas naturais, unidades de conservação e pólos ecoturísticos do Estado do Rio de Janeiro, para contribuir na conservação e na exploração racional e sustentável dos recursos ecoturísticos. Para tal, foram usadas ferramentas de criação de home-page utilizando softwares livres, a exemplo do Nvu versão 1.0 (<http://www.nvu.com>), além de softwares livres para a confecção de vídeos interativos sobre o uso do Alov Map, a exemplo do Jing Project versão 1.4.8028 (<http://www.jingproject.com/>).

Tais métodos possibilitaram alguns resultados que serão detalhados no item a seguir.

#### **4. RESULTADOS ALCANÇADOS**

Um dos resultados que se obteve deste trabalho foi à elaboração de um guia digital ecoturístico da unidade de conservação em questão no caso o Parque Estadual da Pedra Branca. Este trabalho também resultou no desenvolvimento de uma metodologia de confecção de guias digitais que poderá ser aplicada a outras unidades de conservação ou a qualquer espaço que requeira algum tipo de planejamento ou gestão territorial.

O Guia Digital desenvolvido neste trabalho tem como um dos seus resultados práticos o de se constituir numa excelente ferramenta para o planejamento, gestão e manejo do PEPB. Tem como um de seus atributos também o de ser um instrumento muito eficaz na potencialização da atividade turística já que possibilita ao usuário/turista planejar seu “passeio” (ou planejar a sua caminhada no PEPB) da sua própria casa,

através de um computador pessoal podendo realizar: consultas e escolher a trilha que quer seguir; visualizar qual rio corta o traçado escolhido; assim como utilizar como pano de fundo imagens de satélite presentes no guia e ver a atual situação do uso do solo no entorno e durante o seu percurso na trilha dentro da unidade de conservação; além de uma infinidade de informações que o usuário poderá obter virtualmente. Também possui uma grande utilidade para pesquisadores que queiram obter informações sobre a unidade de conservação, além da vantagem de estar se munindo de informações sobre as características físicas (ambientais) do Parque, sem precisar sair de seu local de residência ou trabalho, somente através do uso de computadores portáteis.

O Guia Digital Ecoturístico pode ser disponibilizado tanto na forma de CD (disco compacto), como também na forma de *home page*. Estas duas formas de divulgação aumentam muito o alcance e a interação das informações contidas no guia com os usuários. Além da mídia digital (CD-ROM) possibilitar ter acesso facilitado às informações em locais que não contem com conexão de internet.

O Guia Digital é resultado da disponibilização através dos programas de SIG (sistema de informação geográfica) e de SIB-WEB (SIG adaptados para a Internet), de planos de informação temáticos do PEPB. Através destas tecnologias é possível então que o usuário tenha acesso às informações contidas em cada plano de informação (mapas digitais temáticos), que também podem ser correlacionadas gerando uma informação resultante, de maneira rápida, eficiente e interativa.

Os planos de informação usados na elaboração deste guia foram: Acessos Secundários, Drenagem, Curvas de nível do PEPB, Bacias hidrográficas, Vertentes do Parque, Pontos notáveis, Regiões Administrativas, Bairros, Estradas, Limite do PEPB,

Litologia, Uso do solo, Geologia, Atrativos e imagens de sensoriamento remoto (Landsat, Spot e Ortofotos).

A título de exemplificação das possibilidades de interação e do uso desses planos de informação podemos citar o uso dos planos de informação limite do PEPB e do Uso do Solo em composição com o mosaico de ortofotos (2000) e com a imagem de satélite Spot 5 (2004), respectivamente (Figuras 3 e 4).



**Figura 3. Mapa do limite do PEPB em composição com o mosaico de ortofotos (IPP, 2000). Fonte: Realizado por Jefferson Santos e Vivian Costa (2008).**



**Figura 4. Mapa do uso do solo no PEPB em composição com imagem do Spot 5 (2004). Fonte: Realizado por Jefferson Santos e Vivian Costa (2008).**

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo sobre mapeamento de áreas ecoturísticas, através de softwares livres, apresentado no presente trabalho, evidenciou uma das necessidades mais prementes em mapeamentos temáticos digitais que é a divulgação na internet, das informações geradas através do uso de SIG. As atividades que envolvem o turismo na natureza vêm cada vez mais se consolidando no Brasil, em especial àquelas desenvolvidas em unidades de conservação e estas devem estar preparadas para um público cada vez mais exigente e que precisa ter informações mais detalhadas sobre os seus locais de destino.

Os gestores das áreas protegidas, por sua vez, devem ter em mente que as geotecnologias vêm desempenhando um papel fundamental no manejo adequado dessas áreas, em função de um planejamento mais aprofundado, utilizando dados georreferenciados. Torna-se necessário entender as ferramentas de geoprocessamento e, de certa forma, saber utilizar os Sistemas de Informações Geográficas, sendo um desafio aos gestores disseminar e divulgar suas ações em meios de acesso amplo, em prol da conservação da natureza.

Neste sentido, o presente estudo vem contribuir para o fortalecimento de uma política de uso de produtos livres. Os órgãos públicos vêm encontrando, nesta possibilidade, uma grande arma contra a falta de recursos na compra de produtos comerciais que exigem alto custo de atualização de suas licenças.

A criação do Guia Digital das Trilhas Ecoturísticas do PEPB se constitui em um incentivo à disseminação do SIG Livre para o conhecimento geral, tanto da comunidade acadêmica, a fim desta se tornar usuária constante de seus recursos via internet, como também dos visitantes desta que é segunda mais importante unidade de conservação da cidade do Rio de Janeiro.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALOV. *ALOV map: free Java GIS*. Disponível em: <<http://alov.org/index.html>>.

Acesso em: 20 abr. de 2007.

COSTA, N. M. C. da. *Análise Ambiental do Parque Estadual da Pedra Branca, por Geoprocessamento: Uma Contribuição ao seu Plano de Manejo*. Tese de Doutorado, PPGG - UFRJ, Rio de Janeiro. 317p., v. 1 e 2, 2002.

COSTA, V. C. da. *Propostas de Manejo e Planejamento Ambiental de Trilhas Ecoturísticas: Um estudo no Maciço da Pedra Branca - Município do Rio de Janeiro (RJ)*. Tese de Doutorado, PPGG - UFRJ, Rio de Janeiro. 304p., v. 1 e 2, 2006.

IBAMA. (2006). *Dados Estatísticos sobre Turismo e Ecoturismo*. Divulgado em: <http://www.ibama.gov.br/revista/apresentação.htm>. Acessado em: jul./2005 e fev./2006.

IPP. (2001). *Armazém de Dados - IPP*. Mapa de Uso do Solo do Município do Rio de Janeiro. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, Instituto Municipal Pereira Passos, Secretaria Municipal de Urbanismo. Disponível em: <<http://www.armazemdedados.rj.gov.br>>. Acessado em abr. de 2006.

JUMP (JUMP Unified Mapping Platform) da Vivid Solutions. Disponível em: <http://www.jump-project.org/>. Acesso em: jul. 2006.

KRAAK, M. J. & Brown, A., 2001. *Web Cartography: Developments and Prospectus*. Taylor & Francis, London. 231p.

MEDEIROS, L. C.; OLIVEIRA, L. C. S. de & SILVA, M. M. da. Sistema de disponibilização de informações geográficas do Estado de Goiás na Internet (SIG OnLine). Trabalho de conclusão do curso de Tecnologia em Geoprocessamento. CEFET, Goiás. 2005. 55p.

MENEGUETTE, A. M. & GIRARDI, E. P. *Introdução ao software de Cartografia Temática Philcarto*. Disponível em: <http://www.multimidia.prudente.unesp.br/philcarto/visitaguiada.zip>. Acesso em: 15 abr. de 2003.

MIRANDA, J. I. & SOUZA, K. X. S. Como publicar mapas na Web. In Anais XI SBSR, Belo Horizonte, INPE, 2003. pp. 349-355.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. São Paulo: Edgard Blücher. 2ª Edição, 1996. 308p.

UCHOA, H. N. & FERREIRA, P. R. *Geoprocessamento com software livre*. Versão 1.0. 26/10/2004. GeoLivre. Disponível em: <http://www.geolivres.org.br>. 30p.

**REVISAR: Não esquecer de verificar se esqueceu de alguma citação no texto aqui na bibliografia!!!**

# EXTRAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS A PARTIR DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO DE IMAGENS ESTEREOSCÓPICAS DO SENSOR ASTER

Nilton de Jesus<sup>(1)</sup> Doutorando em Geografia IG-UNICAMP e-mail:[niltonjesus@ige.unicamp.br](mailto:niltonjesus@ige.unicamp.br)

Marcos César Ferreira<sup>(2)</sup> Prof.Dr. Depto. de Geografia, IG-UNICAMP e-mail :[macferre@ige.unicamp.br](mailto:macferre@ige.unicamp.br)

## RESUMO

Nos últimos anos, as aplicações da tecnologia SIG têm contribuído às pesquisas geomorfológicas com uma série de novas possibilidades para quantificação das formas de relevo. Ênfase particular tem sido dada à extração de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas, a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE). As aplicações da tecnologia SIG vêm se tornando importante ferramenta para modelagem de processos geomorfodinâmicos, a partir destes parâmetros quantitativos. Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo apresentar um procedimento para extração da rede de drenagem e dos divisores de bacias hidrográficas, de modo automatizado, a partir do modelo digital de elevação de imagens estereoscópicas do sensor óptico orbital ASTER. Com estes resultados foi calculado parâmetros morfométricos para comparar com parâmetros morfométricos calculados de forma analógica a partir de cartas topográficas do IBGE na escala de 1:50.000. A metodologia utiliza trabalhos no campo da geomorfometria com destaque para a adoção do algoritmo *Dinf* na definição da rede e de bacias hidrográficas apoiado pelo SIG *MapWindow* versão 4.4 com *plug-in TauDEM* (*software* livre) e pelo SIG *Idrisi 32* no cálculo e comparação dos parâmetros morfométricos. Os resultados mostraram que é possível a extração da rede de drenagem e das bacias hidrográficas a partir dos dados do MDE ASTER sem a perda da qualidade para os parâmetros morfométricos tais como, o *Índice de Circularidade* e a *Declividade Média*. Contudo, parâmetros como a *Frequência de Canais de Primeira Ordem* que dependem da rede hidrográfica apresentaram baixos valores de correlação, indicando a necessidade de ajustes do *threshold* de área para extração da rede hidrográfica.

1. Sensor ASTER - 2. Extração de Rede Hidrográfica – 3. Modelo Digital de Elevação.

## ABSTRACT

In the last years, the applications of the Geographical Information System (GIS) technology have been contributing for the geomorphologic researches bringing several new possibilities for quantification landform surface. A particular emphasis has been to the extraction morphometric parameters in watershed supported by Digital Elevation Models (DEM). The applications of the technologies GIS are becoming an important tool for modelling geomorphodinamics processes, based on quantified parameters. In this context, the research focus on the extraction of automated drainage networks and watersheds with DEM from stereoscopic images of the optical sensor orbital ASTER, in order to compare and calculate morphometric parameters with DEM from topographic maps of IBGE, in scale of 1:50.000. This method is based in the field of the geomorphometric with prominence for the adoption of the algorithm *Dinf* in the determination of drainage network and watershed by GIS *MapWindow* version 4.4 and *plug-in TauDEM* (free software) and by GIS *Idrisi 32* in the calculation and comparison of the morphometric parameters. It was verified that ASTER DEM extraction morphometric, with 30m spatial resolution, is possible without losing quality for the morphometric parameters as the Circularity Ratio and Medium Slope for watershed. For parameters as the Frequency of First Order Stream that depend of drainage network, it was observed low correlation, indicating the need of adjustments of the area threshold to extraction of these parameters.

1. Sensor ASTER – 2. Extraction of Drainage Networks – 3. Digital Elevation Model.



## 1. OBJETIVOS

Testar metodologia para a obtenção de parâmetros morfométricos em bacias hidrográficas a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE) oriundos de dados do sensor ASTER.

- Extração da rede de drenagem automatizada considerando o limiar de área (*threshold*) compatível com a escala 1:50.000 do produto *AST14* Modelo Digital Elevação do sensor ASTER.
- Definição automatizada de sub-bacias hidrográficas.
- Obtenção de parâmetros morfométricos como: Frequência de Canais de 1º ordem, Taxa de Declividade Média e Índice de Circularidade das sub-bacias.
- Validação dos parâmetros obtidos a partir da comparação com dados oriundos de cartas topográficas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO E CONCEITUAL

### 2.1 O Modelo Digital de Elevação (MDE)

O avanço da informática também vem transformando áreas como a topografia e a cartografia, desde a obtenção de dados em campo até a conclusão de um mapa final.

Um dos primeiros programas de topografia o COGO (*Coordinate Geometry*) foi desenvolvido na década de 50 pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT) que logo, passou a incorporar um novo conceito: o de *Banco de Dados* (Cintra, 1990).

Paralelamente a este avanço, desenvolveram-se os CAD (*Computer Aided Design*) produzindo dados vetoriais para procedimentos de análise espacial em Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) (Cintra, 1990; Teixeira *et al.*, 1992; Burrough,1998).

A interpolação de MDEs pode ser representada em estruturas de dados representados por grades regulares (matrizes de altitude) ou por redes irregulares triangulares (do inglês *Triangular Irregular Network TINs*). Ambas são utilizadas e conversíveis nos SIGs (Burrough,1998).

Embora os MDEs tenham sido criados para a representação da elevação do relevo, podem ainda, representar quaisquer dados qualitativos em (z), tais como dados hidrológicos, geomorfológicos, geológicos, pedológicos, meteorológicos, entre outros.

#### 2.1.2 Fonte de dados para elaboração de MDEs

A construção de MDEs pode ser obtida de levantamentos topográficos com as medições lineares, angulares e da altitude da superfície do terreno; de levantamentos a partir de GPS (*Global Positioning Systems*) medidas retiradas da triangulação de satélites com pontos na superfície terrestre; de restituição fotogramétrica a partir da estereoscopia; de aquisição por meio de mapas existentes a partir de mesas digitalizadoras ou por *scanners* que produzem uma imagem do mapa, ambos processos com apoio de *softwares* específicos para edição vetorial e recentemente por pares estereoscópicos de imagens orbitais (Meneguet,1998; Burrough,1998).

Segundo Paradella *et al.* (2001) e Ricci e Petri (1965), uma das grandes vantagens da fotografia aérea ou das imagens orbitais é a estereoscopia que devido ao chamado efeito de paralaxe permite a aquisição de medidas de altura. Estes deslocamentos são bem evidentes em fotos aéreas nas quais aparecem em posição

periférica, chaminés, altos edifícios, árvores, postes e outras estruturas verticais e que se apresentam inclinadas para fora a partir do nadir (ponto central da foto vertical).

A partir de pares estereoscópicos de fotografias aéreas, pode-se gerar um estéreo-modelo do qual se obtém todo o tipo de medição, num processo que envolve restituidores fotogramétricos que automatizam o registro e realizam o tratamento dos dados (Cintra,1990).

De acordo com Cuartero, *et al.* (2004), a partir do lançamento da primeira série do satélite francês SPOT em 1986 foi possível a obtenção de MDEs. Atualmente, outros sensores orbitais ópticos oferecem a possibilidade da estereoscopia como o MOMS, IRS, KOMSAT, AVNIR, ASTER/TERRA e recentemente sensores de alta resolução IKONOS (setembro, 1999), EROS-A1 (Dezembro 2000), QUICKBIRD-2 (Outubro 2001), SPOT 5 (Maio 2002) e ORBVIEW-3 (Junho 2003). Estudos demonstram a eficácia da geração de MDE com sensores de alta resolução IKONOS, EROS A1 e SPOT 5.

Outros sistemas sensores ativos como o RADAR (*Radio Detection and Ranging*) e de abertura sintética SAR (*Synthetic Aperture Radar*) operam sem iluminação e com cobertura de nuvens, produzindo imagens comparáveis aos sensores ópticos de alta resolução (Paradella *et al.*, 2001).

## **2.2 O Sensor Aster e o produto AST14 (MDE)**

O EOS Terra (AM-1) é o primeiro de uma série de satélites orbitais multi-instrumento lançado em dezembro de 1999, formando o EOS (*Earth Observing System*) da NASA que consiste EOSDIS (*Earth Observing System Data and Information System*). Trata-se de um sistema de informação de dados direcionados para a pesquisa em geociências. O EOS Terra (AM-1) está em uma órbita sol-síncrona e cruza o equador aproximadamente 10:30 (hora local) (King, *et al.*, 2004).

O ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) é resultado de um esforço cooperativo entre a NASA e o METI (Ministério da Economia, Comércio e Indústria) Japonês. Trata-se de um sensor multiespectral constituído de três subsistemas de telescópio distintos com 14 bandas espectrais, sendo que três delas no VNIR (*Very Near Infra Red*) faixa espectral do visível e infravermelho próximo com resolução espacial de 15m, uma banda extra é gerada a partir da terceira banda 3N (*Nadir*), a banda 3B (*Back*) que possui uma visada inclinada, gerando um par de imagens estereoscópicas (Abrams e Hook,2002).

O ASTER pode gerar cerca de 650 cenas por dia que são processadas para o Nível 1A (dados com resolução bruta, com informações geométricas, radiométricas e parâmetros de georeferenciamento computados e anexados, mas não aplicados), destas 150 são processadas para o Nível-1B (dados processados com as informações anexadas do Nível 1A).

Desde abril de 2001, o *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LPDAAC) oferece um modelo digital de elevação (AST14) produzido de dados do ASTER Nível-1A como um produto de dados padrão. Uma avaliação mais rigorosa da acurácia do MDE do ASTER foi apresentada por Bailey *et al.*, (junho/2005) no *SRTM Workshop USGS National Center* em Reston, VA. O trabalho teve como objetivo esclarecer as mudanças no software de produção do MDE fornecido pelo LPDAAC. Dos sistemas avaliados, o *software Silcast* do sistema SILC foi o mais eficiente sendo adotado pelo LP DAAC a partir de 24 de maio de 2006. O novo MDE é um produto de uma única banda com 30 metros de resolução espacial geocodificado e referenciado para o sistema de coordenadas UTM (formato *geotiff*). Os testes de validação estatísticas revelaram que são mais precisos cerca de 25 metros com o índice de erro médio quadrático (RMSE<sub>xyz</sub>) (<http://lpdaac.usgs.gov/aster/ast14dem.asp>).

Cabe ressaltar que o MDE adquirido junto ao LPDAAC foi posterior a esta data. Portanto, garantindo um melhor padrão de acurácia.

### **2.3 A Extração da rede hidrográfica a partir do MDE**

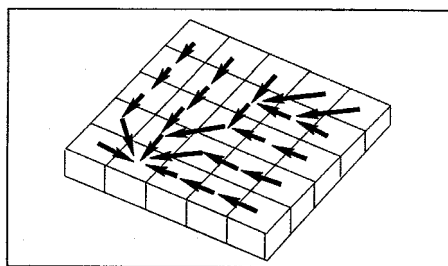
Nos últimos anos as aplicações da tecnologia SIG têm contribuído para as pesquisas geomorfológicas com uma série de novas possibilidades para quantificação das formas de relevo Dikau (1989). Uma particular ênfase tem sido dada para a morfometria a partir da extração de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas com o MDE (Mark, 1984; Band, 1986; Jenson e Domingue, 1988).

A derivação automática de formas de relevo tornou-se uma necessidade para análises quantitativas em geomorfologia. Além disso, as aplicações das tecnologias SIG vêm-se tornando uma importante ferramenta para modelagem de processos geomorfodinâmicos a partir de parâmetros quantificados (Dikau, 1989).

Segundo Tarboton (1997) e Burrough (1998) muitos algoritmos vêm sendo utilizados em SIGs ou em softwares *stand-alone* para a determinação do fluxo de direção e para computar o fluxo acumulado com MDEs em estrutura de grade. Dentre estes, destaca-se o algoritmo D8 (*deterministic eight-node*) algoritmo de O'Callaghan e

Mark (1984) outros se sucederam a este como o algoritmo Rho8 (*random eight-node*) um versão estatística do algoritmo D8, o algoritmo FD8 e FRh08 onde o fluxo é distribuído em função do declive, o algoritmo DEMON onde o fluxo é orientado seguindo a orientação da vertente de Costa-Cabral e Burges (1994) adaptado por Tarboton (1997) para o D-infinity ( $D^\infty$  - um número infinito de possíveis únicas direções de fluxo entre 0 e  $2\pi$ ) que supera as dificuldades impostas pelo fluxo de direção do algoritmo D8 fixo a cada  $45^\circ$ .

Desde os anos quarenta, tem se proposto que a dissecação do relevo em vales distintos é controlada por um limiar de área (*threshold*) de formação do canal. Este *threshold* é a distância mais curta do topo da vertente à jusante necessária para produzir uma nascente de canal. Este *threshold* topográfico está associado com a localização das nascentes e com o limite entre um uma área de relevo suave, vertentes não dissecadas e vales profundos para onde a água flui (Montgomery e Dietrich, 1992).



Fonte: Burrough e McDonnell (1998)

**Figura 2.1 – Grade de direção do fluxo do algoritmo D8.**

A grade de direção do fluxo determinada pelo algoritmo D8 mais a adoção de uma área de bacia drenagem a montante da nascente de um canal (*threshold* de área) permite gerar a grade de fluxo acumulado. Assim, o *threshold* de área é um dos fatores mais sensíveis neste processo, pois se o valor do *threshold* escolhido for muito baixo a rede de drenagem será muito densa. Por outro lado, se o valor de *threshold* for muito alto poderá resultar em uma rede de drenagem muito esparsa (Wilson e Gallant, 2000; Martz e Garbrecht, 1992).

Um dos pacotes de análise de relevo disponibilizados livremente o *TauDEM* (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*) foi desenvolvido em *Utah Water Research Laboratory* por Tarboton, (1997) é considerado um dos pacotes mais aprimorados na definição da rede de drenagem utilizando os algoritmos D8 e Dinf. Este *software* ainda permite a validação estatística da rede de drenagem por meio do *test-t student*.

### 3. METODOLOGIA

O recente lançamento de satélites orbitais com imagens estereoscópicas, como é o caso do ASTER, permitiu a obtenção de MDEs de forma rápida, baixo custo e alta acurácia em áreas sem mapeamento topográfico adequado, possibilitando a derivação de todo um conjunto informações em ambientes SIGs. Portanto, configurando-se como uma tecnologia indispensável no diagnóstico e prognóstico ambiental.

A metodologia aqui empregada, tem por base os trabalhos realizados por David G. Tarboton (*Utah State University, USA*) com *software* livre *TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models)* que pode ser anexado ao SIG *MapWindow (software* livre).

As rotinas incorporadas no *TauDEM* têm por base diversos trabalhos realizados no campo da geomorfometria como a identificação de porções côncavas, Peucker e Douglas (1975) e Band (1986); extração da drenagem pelo método D8 O'Callaghan e Mark (1984); remoção de depressões Jenson e Domingue (1988); forçando o fluxo em áreas planas Garbrecht e Martz (1997); definição do fluxo entre 0 e  $2\pi$  (Dinf) Tarboton (1997); *threshold* em função da hierarquia fluvial Peckham (1995); *threshold* a partir da relação da área x declive (Montgomery e Dietrich, 1992); *threshold* definido pela relação entre a área e comprimento de canais fundamentado pela lei de Hack; avaliação da constante de *drop* (Broscoe, 1959), aplicação do *test-t student* Tarboton *et al.* (1991, 1992) e Tarboton & Ames (2001).

#### 3.1 Material

- Material bibliográfico, cartográfico e parâmetros morfométricos obtidos de MDE oriundo de cartas topográficas em escala de 1:50.000 de trabalho realizados por Jesus (2001) visando conservação ambiental de áreas de mananciais na bacia hidrográfica do rio Atibainha, estado de São Paulo.
- Arquivos digitais do projeto PiraCena ([www.cena.usp.br](http://www.cena.usp.br)), compostos por curvas de nível e rede de drenagem escala 1:50.000 das Folhas: Piracaia, Igaratá, Itaquaquecetuba, Camanducaia, Santa Isabel (IBGE, 1984).
- MDE oriundos de imagem de satélite do Sensor ASTER gerado pelo LPDAAC produto AST14DEM.
- Programas: *Auto Cad 14 e 2004*, *Excel 2000*, *SIG Idrisi 32* (EASTMAN, 1999), *plug-in TauDEM (software* livre) <http://www.engineering.usu.edu/dtarb/>,  
ISSN 0103-1538



No *TauDEM* a função *Do All DEM Processing* gera a rede hidrográfica a partir da qual foi possível marcar as saídas das sub-bacias iguais as produzidas por Jesus (2001).

Com o arquivo de pontos no *Select Outlets Shape File* foi gerada uma nova rede hidrográfica com a função *River Network Raster Function* com o segundo método (*DEM curvature based*) indicado para quando não se possui arquivos de rede de canais. O *threshold* de área em n° de *pixels* foi definido com valores 11, 8 e 5 produzindo três redes hidrográficas para possibilitar a comparação com os parâmetros morfométricos obtidos do MDE oriundos de carta topográfica.

Foram gerados arquivos no formato *shape* da rede hidrográfica e das sub-bacias e posteriormente importados para o SIG *Idrisi 32*. Neste SIG, foi carregado com o *Database Workshop* o Banco de Dados com os parâmetros morfométricos da Frequência de canal de 1° ordem ( $F_1$ ), Índice de Circularidade ( $I_c$ ) e Declividade Média ( $D_m$ ) retirados do MDE a partir de carta topográfica produzidos por Jesus (2001).

A **Frequência de canais de 1° ordem** ( $F_1$ ) foi definida por Horton (1945). Adotando-se o sistema de ordenação de canais de Stralher (1952); aplicou-se a seguinte relação:

$$F_1 = n_1 / A \quad (1)$$

onde  $F_1$  é frequência de canais de 1° ordem;  $n_1$  é o número de canais de 1° ordem, e  $A$  é a área da sub-bacia hidrográfica.

O cálculo da **Declividade Média** ( $D_m$ ) (2) por sub-bacia foi empregado substituindo o parâmetro morfométrico  $R_h$  (Taxa de Relevô) em (Jesus,2001). Considerando as observações de Christofolletti (1975) para o cálculo deste parâmetro que acarreta problemas quando o rio é sinuoso, ou ainda, quando a bacia de drenagem possui um formato incomum.

O cálculo da Declividade Média ( $D_m$ ) é obtido pela relação entre a somatória dos valores de declividade de todos os *pixels* de uma sub-bacia e o número total dos *pixels* desta mesma sub-bacia.

O **Índice de Circularidade** ( $I_c$ ) proposto por Miller (1953) é definido pela relação entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro. Com a seguinte relação:

$$I_c = A / A_c \quad (3)$$

onde  $I_c$  é o índice de circularidade;  $A$  é a área da sub-bacia e  $A_c$  = a área do círculo com perímetro igual ao da sub-bacia. O máximo valor obtido do  $I_c = 1,0$ ; sendo que resultados próximos da unidade indicam uma sub-bacia hidrográfica mais próxima do formato circular.



Todos os valores foram calculados no SIG *Idrisi32*, os arquivos foram convertidos para o formato *raster* com os comandos *Lineras e Polyras* o que permitiu a retirada das medidas morfométricas com base nos comandos *Slope, Area, Perim e Extract* (Ferreira & Ferreira, 2003) e (Jesus, 2001)

Os valores de Frequência de canal de 1º ordem ( $F_1$ ), Índice de Circularidade ( $I_c$ ) e Declividade Média ( $D_m$ ) foram anexados ao Banco de Dados, o que permitiu a exportação destes valores para o módulo *Statistics / Regress*, no qual foi calculado o  $R^2$  a partir da reta de regressão linear simples, entre os dados morfométricos obtidos do MDE e aqueles calculados pelo método convencional a partir de cartas topográficas 1:50.000.

### 3.2.2 Seleção da imagem e a acurácia do MDE ASTER

A escolha da imagem para aquisição do MDE foi a primeira etapa e certamente um dos procedimentos mais importantes, tendo em vista que o sensor ASTER obtém imagens em comprimento de onda sensível à cobertura de nuvens. Esta tarefa tornou-se dificultosa em função do sensor ASTER estar em um satélite orbital de caráter experimental não mantendo uma resolução temporal contínua de imageamento para este sensor, isto somado à características geográficas da região que apresenta uma intensa circulação de massas de ar.

### 3.2.3 O algoritmo D8 e D-inf na extração da rede hidrográfica

A obtenção da rede hidrográfica utilizando-se do algoritmo *D-inf* (Tarboton 1997), se mostrou mais eficiente com relação ao traçado dos canais, pois permite seguir qualquer direção entre 0° e 360° por meio de um vetor que orienta a direção do fluxo, ao contrário do algoritmo *D8*, que somente consegue estabelecer direções de fluxo fixas a cada 45°.

A vantagem do *Plug-in TauDEM* é que este utiliza ambos os algoritmos (*D8* e *D-inf*) para se obter a rede hidrográfica. Direções de fluxo não resolvidas são interativamente resolvidas fazendo-as fluir para um vizinho de elevação igual que tenha uma direção de fluxo solucionada. Este é o mesmo procedimento adotado para solucionar depressões e áreas planas do algoritmo *D8* (ex. Mark, 1988; Jenson e Domingue, 1988).



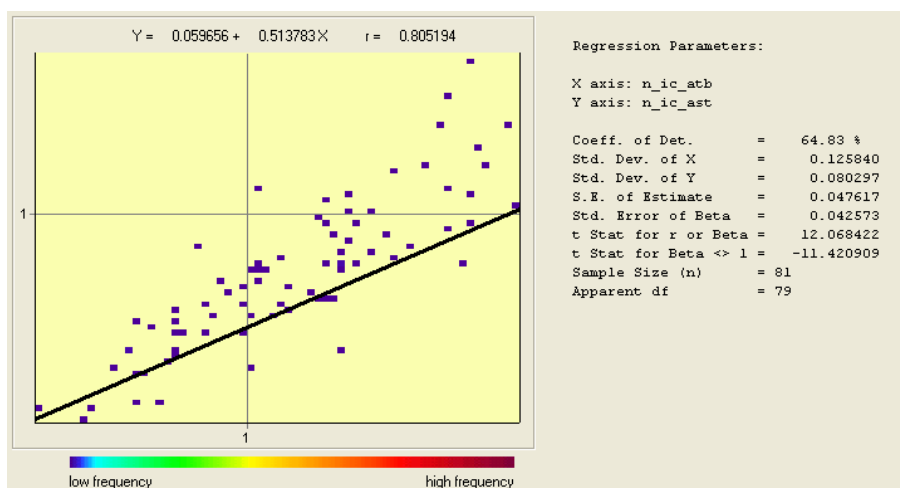
Tabela 4.1 Parâmetros morfométricos de uma sub-bacia

Parâmetros	Rede Hidrogr. Carta Topogr	Rede Hidrografia do MDE ASTER		
		Threshold 5	Threshold 8	Threshold11
n° canais 1°ord	17	41	29	23
Freq. can 1°ord	2,33	5,62	3,90	3,15
Área bacia (km <sup>2</sup> )	7,27	7,29	7,29	7,29
Compr.Canais (km)	45,59	46,32	42,32	35,04
Dens. Drenagem	6,27	6,35	5,80	4,81

A sub-bacia da figura 4.2 e 4.3, foi analisada em maior detalhe, apresentando um número de canais de primeira ordem elevado, mas com o comprimento de canais muito próximo ao da rede hidrográfica original traçada na carta topográfica. Na tabela gerada no *TauDEM*, um segmento de canal mínimo pode ter 30m, o que justifica em parte tal valor, outros fatores como a variação de aspectos físicos da paisagem leva também a uma variação do *threshold* de área. Deste modo, o mesmo *threshold* pode apresentar um n° de canais alto para uma sub-bacia e baixo para outra, além da limitação imposta pela resolução espacial de 30m do MDE, isto afastou a possibilidade de um bom ajuste do coeficiente de determinação R<sup>2</sup> na análise por Regressão.

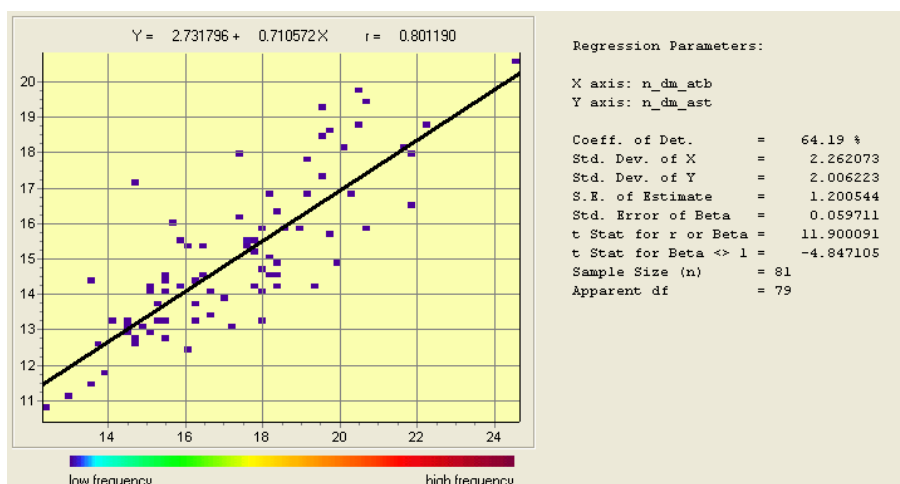
Para o Índice de Circularidade (Ic) utilizou-se os limites das sub-bacias obtidos da carta topográfica digitalizadas em formato vetorial no Auto Cad 14. Para o MDE do ASTER o processo foi obtido de modo automatizado no *TauDEM*.

Figura 4.4 – Índice de Circularidade do MDE ASTER da Carta Topográfica



Para a Declividade média por sub-bacia, utilizou-se os limites das sub-bacias obtidos da carta topográfica e para o MDE do ASTER foi também obtido no *TauDEM*.

Figura 4.5 Declividade Média do MDE do ASTER e da Carta Topográfica



#### 4.1 Conclusão

Constatou-se que a técnica de obtenção de parâmetros morfométricos do MDE do sensor ASTER é eficiente, especialmente para os parâmetros morfométricos que envolvem extensão areal como o Índice de Circularidade e a Declividade Média por sub-bacia, com coeficiente  $R^2$  em torno de 0,8. Por outro lado, parâmetros que possuem informações lineares como a Freqüência de Canais de Primeira Ordem que apresentou valores do coeficiente de Regressão Linear Simples  $R^2$  em torno de 0,4. Fatores como canais de primeira ordem muito curtos e a variação do *threshold* condicionada a fatores fisiográficos, além da resolução espacial do MDE impediram um bom ajuste do coeficiente de  $R^2$  na análise por Regressão para este parâmetro.

Como pode ser verificado no mapa da Figura 4.2 o traçado da rede hidrográfica e do comprimento dos canais é muito próximo ao da carta topográfica o que demonstra a capacidade do algoritmo D-inf na determinação da rede hidrográfica. Uma avaliação mais rigorosa ainda será realizada por esta pesquisa no sentido da definição do melhor *threshold* de área, mas individualizando áreas por características fisiográficas.

Estes procedimentos de extração morfométrica automatizada a partir do MDE do sensor ASTER e de outros sensores de alta resolução espacial, especialmente os sistemas de sensores ativos que permitem imageamento com coberturas de nuvens RADAR/SAR configuram-se como fontes ricas de informações para áreas onde não existam mapeamentos topográficos adequados, suprindo assim, diversas demandas nas áreas de pesquisa em geociências, bem como, no planejamento em instituições privadas e ou governamentais.

## 5. BIBLIOGRAFIA

ABRAMS, M., S. Hook, and B. Ramachandran, 2002: *ASTER User Handbook, Version 2*. NASA Jet Propulsion Laboratory, 135 pp. Available at: [asterweb.jpl.nasa.gov/](http://asterweb.jpl.nasa.gov/)

BAND, L. E., (1986), "Topographic partition of watersheds with digital elevation models," *Water Resources Research*, 22(1): 15-24.

BURROUGH, P.A.; McDONELL, R.; *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford, Oxford University Press, 1998.

CHRISTOFOLETTI, A.; PEREZ FILHO, A. Estudos sobre a forma de bacias hidrográficas. *Boletim Geografia Teórica*, Rio Claro, 5 (9-10): 83-92, 1975.

CINTRA, J.P. Modelos Digitais do Terreno. In: SIMP.BRAS.GEOPR. 23 a 25/05, 1990. Anais... São Paulo: E.Politécnica/USP, 1990, p.53-65.

COSTA-CABRAL, M. and Burges, S.J. (1994) Digital elevation model networks (DEMON): a model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas. *Water Resources Research* 30(6), 1681-1692.

CUARTERO, A.; FELICÍSIMO, A.M.; ARIZA, F.J. Accuracy of DEM generation from TERRA-ASTER stereo data. Geo-Imagery Bridging Continents XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004 Istanbul, Turkey Commission 2

DIKAU, R. The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology. In: Three dimensional applications in Geographical Information Systems. London: Taylor & Francis, 1989.

FERREIRA, F.R.B. & FERREIRA, M.C. – Modelagem de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas em sistemas de informação geográfica. In: L.H. O.Gerardi: *Ambientes: Estudos de Geografia*, pp. 120-134. Programa de Pós-Graduação em Geografia, IGCE-UNESP/AGETEO, Rio Claro, 2003.

HIRANO, A., WELCH, R., LANG, H., (2002). "Mapping from ASTER stereo image data: DEM validation and accuracy assessment". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 1255 (2003): 1-15.

JENSON, S. K. and J. O. DOMINGUE, (1988), "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11): 1593-1600.

JESUS, N. *Aplicação de metodologia para regionalização de bacias hidrográficas, visando conservação ambiental de áreas de mananciais: um exemplo na bacia do reservatório Atibainha*. Rio Claro, 2001. 128p. Dissertação de Mestrado – UNESP/IGCE.

KING, M. D. CLOSS, J.; SPANGLER, S.; GREENSTONE, R.; WHARTON, S.; Myers, M. *EOS Data Products Handbook Volume 1 Revised 2004*, NASA/Goddard Space Flight Center Greenbelt, MD 20771, pp. Available at: [eos.nasa.gov](http://eos.nasa.gov)

LPDAAC – Land Processes Distributed Active Archive Center  
<http://lpdaac.usgs.gov/aster/ast14dem.asp>

MAPWINDOW <http://www.mapwindow.org/overview.php>.

MARK, D. M. 1984. Automatic Detection of Drainage Networks from Digital Elevation Models. *Cartographica*, 21(2/3):168-178.

- MARTZ, L. W.; GARBRECHT, J. (1992), "Numerical Definition of Drainage Network and Subcatchment Areas From Digital Elevation Models.," *Computers and Geosciences*, 18(6): 747-761.
- MARTZ, L. W.; GARBRECHT, J. The treatment of flat areas and depressions in automated drainage analysis of raster digital elevation models, *Hydrological Processes*, 12, p. 843-855, 1998.
- MENEGUETTE, A. A. C.; SANTIL, F.; PEREIRA, J. H. A. *Sistemas de informações geográficas e cartografia*. Hipertexto. Presidente Prudente: unesp, 1998. [http://www.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/gis/intro\\_t.htm](http://www.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/gis/intro_t.htm)
- MILLER, V. C. A quantitative geomorphic *study* of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area. *Technical Report, 3*, Dept. Geology, Columbia University, 1953.
- MONTGOMERY D. R., and W. E. DIETRICH. 1992. Channel Initiation and the Problem of Landscape Scale. *Science* 225:826-830.
- O'CALLAGHAN, J. F.; MARK, D. M. (1984) The Extraction of Drainage Networks From Digital Elevation Data, *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 28: 328-344.
- PARADELLA, W. R.; CECARELLI, I.C. F.; LUIZ, S.; MORAIS, M.C.; OLIVEIRA, C. G.; COTTINI, C., A geração de modelos digitais de elevação pela estereoscopia de radar: conhecimento atual e resultados com imagens RADARSAT-1 na Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz do Iguaçu, PR *Anais...*São José dos Campos: INPE, 2001.
- PEUCKER, T. K.; DOUGLAS, D. H., Detection of surface-specific points by local parallel processing of discrete terrain elevation data, *Comput. Graphics Image Process.* 4, 1975, 375-387.
- RICCI M.; PETRI, S. Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1965. v.2
- STRAHLER, A. N., (1952), "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography," *Geological Society American Bulletin*, 63: 1117-1142.
- TARBOTON, D. G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models, *Water Resour. Res.*, 33, 309-319, 1997.
- TARBOTON, D. G. and D. P. AMES, (2001), "Advances in the Mapping of Flow Networks from Digital Elevation Data," *World Water and Environmental Resources Congress*, Orlando, Florida, May 20-24, ASCE.
- TARBOTON, D. G. Bras RL, Rodriguez-Iturbe I. 1991. On the extraction of channel network from digital elevation models. *Hydrological Processes* 5: 81-100.
- TauDEM - Terrain Analysis Using Digital Elevation Models - Copyright (C) 2004 (free software license GNU) por David G. Tarboton, May, 2005. Utah State University. <http://hydrology.neng.usu.edu/taudem/>
- TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. Introdução aos Sistemas de informação geográfica. Rio Claro: Ed. do Autor, 1992. 80p.
- WILSON, J. P. and GALLANT, J. C. (2000), *Terrain Analysis: Principles and Applications*, John Wiley and Sons, New York, 479 p.

## MODELO EDAFOCLIMÁTICO DE GÉZE E A RELAÇÃO ENTRE CLIMA E SOLO DO RIO GRANDE DO SUL-BRASIL

Elsbeth Leia Spode Becker<sup>1</sup>, UNIFRA - [elsbeth@unifra.br](mailto:elsbeth@unifra.br); Sara Ceron Hentges, UNIFRA - [saraceron9@hotmail.com](mailto:saraceron9@hotmail.com)<sup>2</sup>; Nereu Augusto Streck<sup>3</sup>, UFSM - [nstreck2@yahoo.com.br](mailto:nstreck2@yahoo.com.br); Galileo Adeli Buriol<sup>4</sup>, UNIFRA - [galileo@unifra.br](mailto:galileo@unifra.br).

### RESUMO

Neste estudo, o objetivo foi relacionar as disponibilidades climáticas à formação de solos, segundo a latitude, por meio do modelo de Géze (1959). Utilizaram-se dados médios da precipitação pluvial e da temperatura do ar de 41 estações meteorológicas nos municípios do Rio Grande do Sul, pertencentes ao 8º Distrito de Meteorologia (8ºDISME), no período 1931-1960. No modelo, a variável, temperatura média anual, condiciona a classificação dos tipos de solos, de acordo com latitude dos pólos ao Equador; e a variável, precipitação pluvial média anual, está disposta em faixas concêntricas, em torno das regiões desérticas. As regiões desérticas foram determinadas pelo índice de aridez ( $I_M$ ) da fórmula de Martonne (1909),  $I_M = P/T + 10$ , em que P é a precipitação média anual e T é a temperatura média anual. As disponibilidades climáticas ocorrentes em todas as estações meteorológicas utilizadas localizaram-se na faixa de solos das zonas temperadas quentes, caracterizadas por temperaturas médias anuais, entre 15°C e 18°C, e com precipitação pluvial média anual, entre 1200 mm e 1800 mm. Nessas condições, na zona de monossialitização, ocorre a formação dos argilominerais, especialmente a caulinita, resultantes da decomposição do feldspato encontrado em rochas metamórficas, ígneas e sedimentares submetidas a condições de intemperismo.

**Palavras-chave:** temperatura, precipitação pluvial, monossialitização.

## MODELO EDAFOCLIMÁTICO DE GÉZE Y LA RELACIÓN ENTRE SUELO Y CLIMA DEL RÍO GRANDE DEL SUR-BRASIL

### RESUMEN

Este estudio fue desarrollado con el objetivo de relacionar las disponibilidades climáticas con los tipos de suelos según la latitud, a través del modelo de GÈZE (1959). Fueron utilizados datos medios de la precipitación pluviométrica y de la temperatura del aire de 41 estaciones meteorológicas en los municipios del Río Grande del Sur, pertenecientes al 8º Distrito de Meteorología (8ºDISME), período 1931-1960. En el modelo, la variable, temperatura media anual, condiciona la repartición de los tipos de suelos según la latitud, de los Polos al Ecuador; y la variable precipitación pluviométrica media anual, está dispuesta en fajas concéntricas, alrededor de las regiones áridas. Las regiones desérticas fueron determinadas por el índice de aridez ( $I_M$ ) de la fórmula de Martonne (1909),  $I_M = P/T + 10$ , en que P es la precipitación media anual y T es la temperatura media anual. Las estaciones meteorológicas fueron representadas cartográficamente. Las disponibilidades climáticas ocurrientes en todas las estaciones meteorológicas utilizadas se localizaron en la franja de suelos de las zonas templadas cálidas, caracterizadas con temperaturas medias anuales entre 15°C y 18°C y con pluviosidad media anual entre 1200 mm y 1800 mm. En esas condiciones, en la zona de monossialitización, ocurre la formación de los arcillominerales, especialmente la caulinita, resultantes de la descomposición del feldspato encontrado en rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias sometidas a condiciones de pluviosidad y de temperatura media.

**Palabras-clave:** temperatura, precipitación pluviométrica, monossialitización.

<sup>1</sup> Professora do Curso de Geografia do Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, Santa Maria-RS.

<sup>2</sup> Aluna do Curso de Engenharia Ambiental, bolsista – UNIFRA, Santa Maria-RS.

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria-RS.

<sup>4</sup> Professor da Área de Ciências Naturais e Tecnológicas – Centro Universitário Franciscano - UNIFRA. Bolsista do CNPq.



## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento dos solos está diretamente relacionado ao intemperismo das rochas da superfície terrestre provocado pela ação integrada de fatores como o clima, ou seja, precipitação pluvial, temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa e vento.

As funções ambientais dos solos estão baseadas na troca de energia e matéria entre os fatores do clima e o sistema solo, composto por matéria no estado sólido, líquido e gasoso (AZEVEDO & DALMOLIN, 2006) .

O estudo das interações ou interdependências dos fatores do clima com o sistema solo vem recebendo grande atenção, em função da mecanização agrícola, do aumento da produtividade e, conseqüentemente, do impacto ambiental. A necessidade de preservação dos solos alçou destaque aos estudos ambientais que consideram a estrutura e a dinâmica da paisagem uma proposta de entendimento da complexidade dos processos que se desencadeiam no espaço. Para Bertrand (1972), a paisagem é, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução.

Uma das maneiras de sintetizar a influência e a interdependência entre os elementos de uma paisagem tem sido a utilização de modelos. No entanto, ainda são poucos os trabalhos que tratam da análise da formação dos solos e sua relação com o clima.

Neste trabalho, considerou-se a distribuição dos principais processos de intemperismo na superfície da Terra, em função dos parâmetros climáticos atuais, com o objetivo de verificar a interdependência do solo do Rio Grande do Sul com as disponibilidades climáticas regionais por meio do modelo edafoclimático de Géze (1959), além de avaliar e estabelecer os tipos de intemperismo em função das médias anuais de precipitação pluvial e temperatura.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O planeta é um sistema complexo e os seres vivos dependem dos recursos disponíveis. Estes, em sua maior parte, são decorrentes das transformações que a crosta terrestre sofre na interação com a atmosfera, com a hidrosfera e com a biosfera, isto é, são produtos do intemperismo. Por intemperismo (ou meteorização), entende-se o conjunto de processos naturais, de ordem física (desagregação) e química (decomposição), o qual causa a alteração das rochas próximas à superfície terrestre (SUGUIO, 2003).

Os fatores, que controlam a ação do intemperismo, são o clima, que se expressa na variação sazonal da temperatura do ar e na distribuição da precipitação pluvial; o relevo, que influi no regime de infiltração e drenagem das águas pluviais; a flora e a fauna, que fornecem matéria orgânica; a rocha matriz, que apresenta resistência diferenciada aos processos de alteração intempérica; e o tempo de exposição da rocha ao intemperismo (JENNY, 1975).

Portanto, a ação do intemperismo na rocha desencadeia a formação do solo, a pedogênese. Assim, o intemperismo e a pedogênese levam à formação de um perfil de alteração ou perfil de solo. Esse perfil é estruturado verticalmente, a partir da rocha matriz, na base, sobre a qual, formam-se o saprólito e o *solum*, que constituem, juntos, o manto de alteração ou regolito (AZEVEDO & DALMOLIN, 2006).

Os materiais do perfil se tornam mais diferenciados em relação à matriz em termos de composição, textura e estrutura, quanto mais afastados se encontrarem dela. Como são dependentes, especialmente do clima, o intemperismo e a pedogênese ocorrem de maneira distinta nas diferentes zonas climáticas do globo, levando à formação de perfis de alteração, compostos de horizontes de diferente espessura e composição. Zakarovi, citado por VIEIRA (1975), afirma que a energia de desintegração e decomposição das rochas aumenta, gradualmente, das regiões frias para as quentes.

Assim, climas quentes e úmidos promovem rapidamente a alteração dos minerais da rocha matriz, pois a percolação constante da água permite a evolução permanente da decomposição dos minerais. No entanto, em uma região de clima seco, os minerais permanecem insolúveis. O clima também tem grande influência não só na vegetação, mas também na matéria orgânica produzida a partir da decomposição. Os ácidos orgânicos reagem com os elementos da rocha matriz nos climas temperados

úmidos, enquanto a matéria orgânica é rapidamente destruída por oxidação em climas quentes úmidos (SUGUIO, 2003).

Desse modo, pode-se estabelecer uma correlação entre o intemperismo, a formação de solos e as diferentes regiões climáticas na superfície da Terra. A distribuição dos principais processos de intemperismo, em função dos parâmetros climáticos atuais, distinguem, basicamente, dois grandes domínios edafoclimáticos: regiões sem alteração química e regiões com alteração química (TEIXEIRA et al., 2003).

As regiões sem alteração química, que correspondem a aproximadamente 14% da superfície continental, são aquelas caracterizadas por uma carência total de água em estado líquido. Nessas regiões, podem-se encontrar duas situações: a) as temperaturas predominantes são inferiores a 0°C, e isso faz com que a água se encontre sempre em estado sólido, como por exemplo, nas altas latitudes e altitudes; b) o meio é caracterizado por uma aridez extrema devido à ausência total de chuvas, a exemplo das regiões de desertos típicos, como o Saara (SKINNER & PORTER, 1995). Em razão da escassa umidade, a influência da rala vegetação e do intemperismo químico são considerados mínimos. O principal agente desintegrador das rochas é o intemperismo físico ou mecânico, ocasionado, principalmente, pelas temperaturas extremas na primeira situação e pela alta amplitude térmica na segunda.

As regiões com alteração química correspondem ao resto do globo e são caracterizadas, ao mesmo tempo, por uma certa umidade e pela existência de cobertura vegetal mais ou menos desenvolvida. É, portanto, um domínio edafoclimático heterogêneo, que é subdividido em quatro zonas de distribuição latitudinal, em função das características climáticas: zona de acidólise, zona de alitização, zona de monossialitização, zona da bissialitização (SKINNER & PORTER, 1995).

A zona de acidólise corresponde, aproximadamente, a 16% da superfície continental e localiza-se na zona circumpolar do hemisfério norte, em áreas que abrangem o território do Canadá e da Rússia. São as zonas frias do globo, em que a vegetação é composta, principalmente, por líquens, faias e coníferas cujos resíduos se degradam lentamente, fornecendo complexos orgânicos capazes de fazer o alumínio migrar por acidólise total. Os solos resultantes são podzólicos, ricos em quartzo e em matéria orgânica, típicos de zonas frias (SKINNER & PORTER, 1995).

A acidólise, portanto, é um processo intempérico de ambientes frios, nos quais a decomposição da matéria orgânica não é total e há a formação de ácidos orgânicos que diminuem bastante o pH das águas. São capazes de complexar o ferro e o alumínio,

quando colocados em solução nos minerais. Quando as soluções formadas por esses ácidos orgânicos possuem  $\text{pH} < 3$ , o K-feldspato é totalmente dissolvido, levando à lixiviação de todos seus elementos químicos:  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8(\text{K-feldspato}) + 4\text{H}^+ + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_4\text{SiO}_4 + \text{K}^+ + \text{Al}^{3+}$  (LOUGHNAN, 1969). Nessas condições, as rochas sofrem acidólise total e geram solos enriquecidos com minerais primários que são mais insolúveis, como o quartzo e o zircão, formando, predominantemente, os solos podzólicos.

Nessa zona, pode ocorrer, ainda, a acidólise parcial, quando as soluções de intemperismo apresentam pH entre 3 e 5 e, nesse caso, a remoção do alumínio é apenas parcial, levando à individualização de esmectitas aluminosas:  $9\text{KAlSi}_3\text{O}_8(\text{K-feldspato}) + 32\text{H}^+ \rightarrow 3\text{Si}_{3,5}\text{Al}_{0,5}\text{O}_{10}\text{Al}_2(\text{OH})_2(\text{esmectita}) + 1,5\text{Al}^{3+} + 9\text{K}^+ + 6,5\text{H}_4\text{SiO}_4$  (LOUGHNAN, 1969).

No Brasil, a acidólise não é um fenômeno comum na formação de solo. Estima-se que menos de 2% do solo seja originado de processos, em que a acidólise seja importante no intemperismo (BIGARELLA, 1995)

A zona de alitização ou ferralitização corresponde, aproximadamente, a 13% da superfície continental do planeta e às regiões de domínio tropical que abrangem áreas próximas ao Equador, caracterizadas por precipitação pluvial abundante e vegetação densa. Segundo Thomas (1994), nessa zona, predomina o clima tropical sempre úmido e verifica-se intensa e profunda decomposição química, caracterizada por intensa lixiviação dos elementos químicos mais solúveis que formam os solos das zonas quentes.

Entende-se a alitização ou a ferralitização como um processo de eliminação total da sílica e formação de oxi-hidróxidos de alumínio e de ferro (TEIXEIRA, 2003). Esse processo ocorre nos casos de hidrólise total, em que a sílica, apesar de solúvel na faixa de pH de 5 e 9, pode ser totalmente eliminada se as soluções de alteração permanecerem diluídas, o que ocorre em condições de pluviosidade alta e drenagem eficiente dos perfis. O resíduo da hidrólise total do K-feldspato é o hidróxido de alumínio (gibbsita), insolúvel nessa faixa de pH. A associação mineral predominante é de oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio e de goethita e gibbsita (THOMAS, 1994). No Brasil, a alitização abrange áreas dos estados do Amazonas, Pará, Amapá, Mato Grosso e Tocantins.

A zona de monossilitização corresponde, aproximadamente, a 18% da superfície continental da Terra e está no domínio tropical típico, em áreas que abrangem as latitudes médias do hemisfério sul e norte. A monossilitização ocorre no caso de hidrólise parcial, em que são originados argilominerais do tipo caulinita, em que a

relação de átomos Si:Al é 1:1 (um átomo de silício para um de alumínio na molécula). Nela, predominam os solos das zonas temperadas quentes (BIGARELLA, 1994). No Brasil, essa zona abrange, especialmente, as áreas ocupadas pelos estados da Região Sul.

A zona de bissialitização ocupa, aproximadamente, 39% da superfície continental do globo e localiza-se nas zonas temperadas e áridas. A bissialitização também ocorre no caso de hidrólise parcial, em que são formados argilominerais do tipo esmectita, nos quais a relação Si:Al é 2:1 (dois átomos de silício para um de alumínio na molécula (BIGARELLA, 1994). Nesses casos, a alteração e lixiviação são pouco intensas, resultando na formação de argilominerais secundários em silício, especialmente, esmectitas, ricas em elementos alcalinos e alcalino-terrosos. Na zona de bissialitização ocorre, também, o ambiente da acidólise parcial, em que se formam as esmectitas aluminosas. Nos ambientes de bissialitização, há a formação de solos das zonas temperadas médias.

Portanto, o clima é o fator que, isoladamente, mais influencia no intemperismo. A quantidade de água no solo, fornecida pela precipitação pluvial, bem como a temperatura agem a fim de acelerarem ou retardarem as reações do intemperismo, ou ainda, modificarem a natureza dos minerais primários, segundo a possibilidade de eliminação de componentes potencialmente solúveis.

Quanto maior a disponibilidade de água e mais freqüente sua renovação, mais completas serão as reações químicas do intemperismo (SKINNER & PORTER, 1995).

Teixeira et al. (2003) demonstram por meio de um modelo que a quantidade e a natureza dos produtos do intemperismo se correlacionam com a precipitação pluvial média anual. A intensidade do intemperismo aumenta com a precipitação pluvial, resultando num solo com maior proporção de minerais secundários (fração argila). Na zona de bissialitização, de precipitação pluvial não muito elevada, a composição predominante é de esmectita, com baixo teor de argila no solo. Na zona de monossialitização, com índices pluviométricos medianos, caracteriza-se a formação da caulinita. Na zona de alitização e ferralitização, com altos índices pluviométricos, têm-se os oxi-hidróxidos de ferro e alumínio com alto teor de argila.

Essas evidências indicam que, quanto maior a disponibilidade de água (precipitação pluvial total) e sua freqüente renovação (distribuição das precipitações pluviométricas), mais completas serão as reações químicas do intemperismo nas rochas, e a formação do solo será com maior proporção de minerais secundários.

### 3. METODOLOGIA

O Rio Grande do Sul é o estado mais meridional do Brasil. Situa-se na faixa extratropical e suas coordenadas extremas estendem-se de 27° a 34° Latitude Sul (S) e de 50° a 58° de Longitude Oeste (W). Possui um clima Subtropical com variedades climáticas do tipo Cfa e Cfb, conforme classificação de Köppen. As temperaturas médias anuais variam entre 15°C e 18°C. As chuvas são regulares durante o ano e oscilam, em médias anuais, entre 1000 e 1500 mm.

A relação das disponibilidades climáticas e a formação de solos do Rio Grande do Sul foi realizada por meio do modelo edafoclimático de Géze (1959), apresentado em Bueno (1984), que considera duas variáveis: temperatura e precipitação pluvial. A primeira variável condiciona a repartição dos tipos de solo, segundo a latitude, dos pólos ao Equador, considerando-se as temperaturas médias anuais. A segunda variável utilizada foi a precipitação pluvial, média anual, disposta em faixas concêntricas, em torno das regiões desérticas. As regiões desérticas foram determinadas pelo índice de aridez, considerando-se a fórmula de Martonne (1909), apresentada em Bueno (1984), na qual: índice de aridez =  $P/T + 10$ , em que P = precipitação e T = temperatura.

Os dados foram digitados e organizados na planilha do programa *microsoft windows excell 2003* e exportados para o programa *corel draw 13*, para representação e adaptação, em escala equivalente, no modelo edafoclimático de Géze (1959). As 41 estações meteorológicas foram georreferenciadas e representadas no mapa do Rio Grande do Sul (adaptado de MOREIRA, 2003) com a utilização do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A distribuição geográfica das médias dos totais anuais de precipitação pluvial e das médias anuais de temperatura do ar, entre 1931 e 1960, foram representadas com base nos valores da tabela 1, no *spring*, versão 4.2.

Foram utilizadas as médias anuais de temperatura do ar e as médias dos totais anuais de precipitação pluvial de 41 estações meteorológicas pertencentes ao 8° Distrito de Meteorologia (8° DISME), período 1931-1960, relacionadas na tabela 1.

**Tabela 1** – Coordenadas geográficas e médias anuais da temperatura do ar (T) e médias dos totais anuais de precipitação pluvial (P) das estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul pertencentes ao 8° DISME utilizadas no estudo, período 1931-1960.

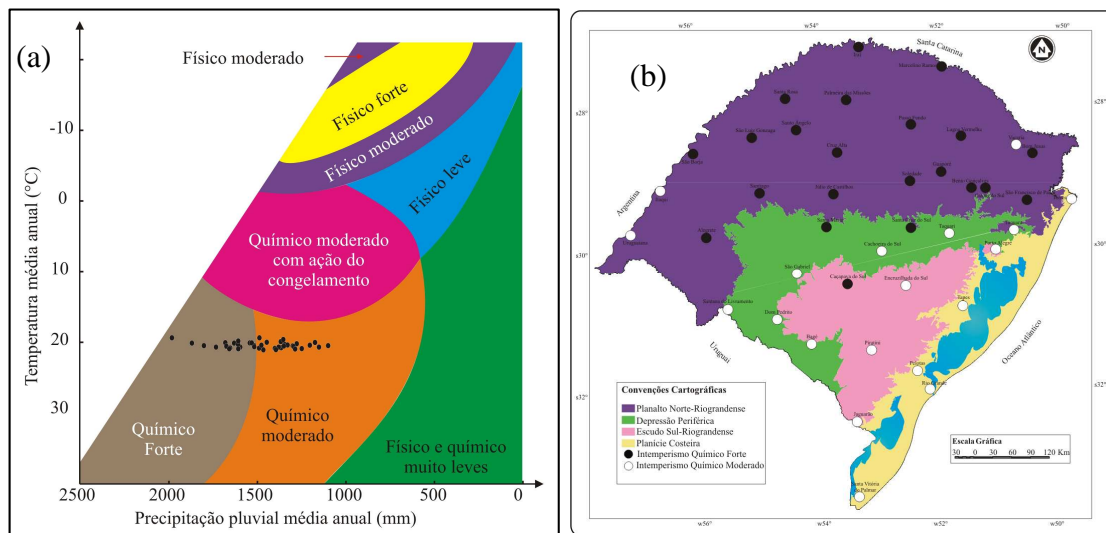
MUNICÍPIOS	ALTITUDE	LATITUDE SUL	LONGITUDE OESTE	T	P
------------	----------	--------------	-----------------	---	---

	(m)			(°C)	(mm)
Alegrete	116	29°46'47"	55°47'15"	18.6	1574
Bagé	216	31°20'13"	54°06'21"	17.9	1264
Bento Gonçalves	619	29°10'00"	51°25'00"	16.8	1599
Bom Jesus	1047	28°40'10"	50°26'25"	14.4	1545
Caçapava do Sul	450	30°30'32"	53°29'22"	16.8	1588
Cachoeira do Sul	68	30°02'45"	52°53'39"	18.8	1438
Caxias do Sul	740	29°10'25"	51°12'21"	15.9	1663
Cruz Alta	473	28°38'21"	53°36'34"	18.4	1729
Dom Pedrito	140	30°58'57"	54°39'56"	18.2	1359
Encruzilhada do Sul	420	30°32'35"	52°31'20"	16.5	1504
Guaporé	450	28°55'44"	51°54'45"	16.9	1686
Iraí	227	27°11'45"	53°14'01"	18.8	1787
Itaqui	53	29°07'10"	56°32'52"	20.0	1453
Jaguarão	11	32°33'32"	53°23'20"	17.2	1337
Julio de Castilhos	516	29°13'26"	53°40'45"	18.0	1575
Lagoa Vermelha	805	28°25'35"	51°35'51"	16.7	1735
Marcelino Ramos	383	27°27'40"	51°54'22"	18.8	1652
Palmeira das Missões	634	27°53'55"	53°26'45"	18.1	1919
Passo Fundo	678	28°15'39"	52°24'33"	17.5	1664
Pelotas	7	31°45'00"	52°21'00"	17.5	1405
Piratini	345	31°26'54"	53°06'09"	16.2	1426
Porto Alegre	10	30°01'53"	51°01'53"	19.5	1309
Rio Grande	8	32°01'44"	52°05'40"	18.1	1162
Santa Cruz do sul	56	29°43'05"	52°25'45"	19.3	1547
Santa Maria	138	29°41'25"	53°48'42"	19.2	1708
Santana do Livramento	210	30°53'18"	55°31'56"	17.8	1388
Santa Rosa	360	27°51'50"	54°25'59"	19.6	1663
Santa Vitória do Palmar	6	33°31'14"	53°21'47"	16.6	1235
Santiago	426	29°11'00"	54°53'10"	17.9	1534
Santo Ângelo	289	28°18'14"	54°15'52"	19.6	1713
São Borja	96	28°39'44"	56°00'15"	20.1	1523
São Francisco de Paula	912	29°20'00"	50°31'21"	14.4	2162
São Gabriel	124	30°20'27"	54°19'01"	18.5	1355
Soledade	720	29°03'14"	52°26'00"	16.9	1986
São Luiz Gonzaga	254	28°23'53"	54°58'18"	19.7	1662
Tapes	5	30°50'00"	51°35'00"	18.8	1213
Taquara	29	29°45'00"	50°45'00"	19.4	1459
Taquari	76	29°48'15"	51°49'30"	19.1	1424
Torres	43	29°20'34"	49°43'39"	18.3	1409
Uruguaiana	69	29°45'23"	57°05'12"	19.7	1346
Vacaria	955	28°33'00"	50°42'21"	15.2	1412

Fonte: Elaboração própria a partir do Instituto de Pesquisas Agronômicas (1989).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1(a), têm-se a localização dos dados climáticos das 41 estações meteorológicas utilizadas, o gráfico das variações do intemperismo apresentado em Teixeira et al. (2003) e sua representação geográfica no Rio Grande do Sul 1(b).



**Figura 1** – Enquadramento das médias anuais de temperatura do ar e das médias dos totais anuais de precipitação pluvial das 41 estações meteorológicas do Estado, utilizadas no gráfico das variações do intemperismo, apresentado em Teixeira et al. (2003) (a), e sua representação geográfica do Estado (b).

Observa-se que, pelos resultados obtidos, há, no Estado, condições climáticas (de precipitação pluvial e de temperatura) que favorecem as condições de alteração da rocha e de lixiviação típicas da zona de monossialitização. Essas condições indicam a formação de um solo com maior proporção de minerais secundários, especialmente, a caulinita e os oxi-hidróxidos.

Os dados da figura 1(a) confirmam que a influência do clima é preponderante na determinação do tipo e da eficácia do intemperismo. As maiores variações entre as diferentes estações meteorológicas ocorrem com as médias dos totais anuais de precipitação pluvial. Dessa forma, este elemento climático é aquele que mais influencia na intensidade do intemperismo no Estado. Isso pode ser observado na distribuição geográfica das médias dos totais mensais de precipitação pluvial, figura 1(b). Das 22 estações meteorológicas que atestam intemperismo forte, 19 estão localizadas no Planalto Norte-riograndense, 2, na Depressão Central e 1, no Escudo Sul-riograndense. As estações meteorológicas do norte do Estado registram os valores mais elevados de precipitação (tabela 1). Isso está de acordo com Skinner & Porter (1995), quando afirmam que a intensidade do intemperismo químico está associada aos valores e

freqüência da precipitação pluvial: quanto maior a disponibilidade hídrica (média dos totais) e mais freqüente for sua renovação (distribuição dos totais), mais intensas serão as reações químicas do intemperismo.

A maior influência da precipitação pluvial no intemperismo, para a formação dos solos no Estado, pode ser observada, confrontando-se os dados da distribuição geográfica das médias dos totais anuais de precipitação pluvial, figura 1(b), com aqueles das médias anuais da temperatura do ar, tabela 1. Em estações meteorológicas com elevados valores de precipitação pluvial, a influência do intemperismo, na formação dos solos, é forte, independentemente, dos valores das temperaturas. Tal fato pode ser comprovado, no caso do intemperismo forte, por meio dos dados das estações meteorológicas de São Francisco de Paula e Palmeira das Missões. No primeiro local, há valores elevados de precipitação e baixa temperatura e, no segundo, os valores tanto de temperatura como de precipitação pluvial são elevados. No caso de intemperismo químico moderado, podem-se comparar locais de Uruguiana e Rio Grande, no quais ocorrem, respectivamente, valores baixos de precipitação pluvial e elevados de temperatura, bem como valores baixos tanto de precipitação quanto de temperatura.

Na figura 3, estão os dados das 41 estações meteorológicas no modelo edafoclimático de Géze (1959).

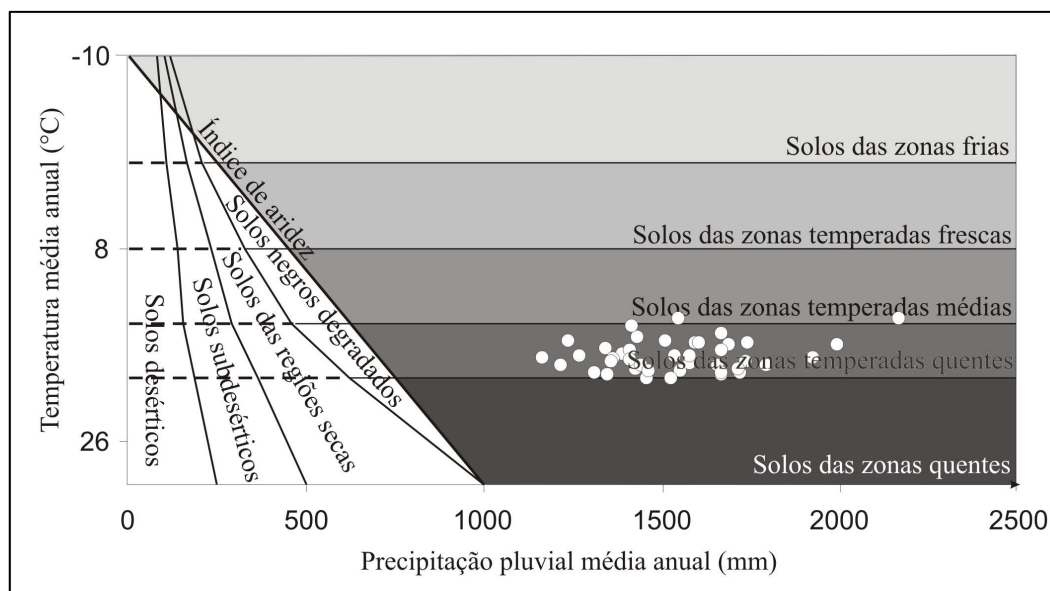


Figura 3 – Enquadramento das médias anuais de temperatura do ar e das médias dos totais anuais de precipitação pluvial das 41 estações meteorológicas do Estado, utilizadas no modelo edafoclimático de Géze (1959).

Com exceção de quatro estações meteorológicas, todas se enquadram nas condições climáticas para solos das zonas temperadas quentes, : temperaturas médias anuais de 15°C até 20°C e precipitações pluviométricas médias anuais acima de



800mm. As exceções, São Francisco de Paula e Bom Jesus, com as temperaturas médias anuais mais baixas do Estado, de 14,4°C, demonstram solos de zonas temperadas médias e São Borja e Itaqui, com temperaturas médias anuais de 20,1°C e 20,0°C, respectivamente, encontram-se na faixa de transição para condições de solos das zonas quentes.

Com relação às médias dos totais anuais de precipitação pluvial, também se observa um ajuste nos dados registrados nas estações meteorológicas, pois em todas, as médias anuais, dos totais do ano, são superiores a 880mm. Destacam-se, com valores elevados, as estações meteorológicas de São Francisco de Paula, Palmeira das Missões e Soledade, com 2162mm, 1919mm e 1986mm, respectivamente. Assim, constata-se que os solos do Estado, com exceção das partes de maior altitude, acima de 900 metros, nas quais a temperatura média anual é inferior a 15°C (FERREIRA et al., 1971), possuem clima temperado quente. Nessas condições, ocorre a zona de monossialitização. Conforme Skinner & Porter (1995), essa zona, contida no domínio tropical subúmido, com precipitação pluvial superior a 500mm e temperatura média anual superior a 15°C, beneficia a formação dos argilominerais, especialmente, a caulinita e os oxi-hidróxidos de ferro, resultantes da decomposição do feldspato encontrado em rochas metamórficas, ígneas e sedimentares. Sob condições de pluviosidade e de temperatura, condiciona solos profundos e homogêneos, altamente intemperizados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados obtidos com o modelo gráfico das variações do intemperismo em todas as estações meteorológicas, obtiveram-se condições climáticas (de precipitação pluvial e de temperatura) que favorecem as condições de alteração da rocha e confirmam que a influência do clima é preponderante na determinação do tipo e da eficácia do intemperismo.

As maiores variações entre as diferentes estações meteorológicas ocorrem com as médias dos totais anuais de precipitação pluvial. Dessa forma, este elemento climático é aquele que mais influencia na intensidade do intemperismo no Estado.

No modelo edafoclimático, as disponibilidades hídricas e térmicas do Rio Grande do Sul confirmam as condições da zona de monossialitização e indicam a formação de solos das zonas temperadas quentes.

Pela observação da variedade e alternância dos tipos de solos existentes no Rio Grande do Sul, deve-se considerar que, além das condições climáticas atuais, fatores locais, como relevo, microclima, litologia, vegetação, organismos e tempo interferem na formação dos diferentes tipos de solos no Rio Grande do Sul.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos e ambiente: uma introdução**. Santa Maria: Pallotti, 2006. 100 p.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. **Caderno de ciências da terra**, 13. São Paulo, 1972. 27 p.
- BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. VOL. 1. Florianópolis: Editora da UFSC. 1994. 424 p.
- BUENO, M. E. T. Solo e clima: uma introdução ao estudo de suas relações. **Revista Geografia e ensino**. Ano 2, nº 6, p. 3-11. 1984.
- FERREIRA, M. et al. Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Rev. Centro Ciências Rurais**, v. 1, nº 4, p. 21-52, 1971.
- GÉZE, B. Altération des roches et formation des sols. **La Terre**. Paris: Librairie Gallimard, 1959, 73 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. [www.dpi.inpe.br/spring/](http://www.dpi.inpe.br/spring/). Acesso em 22 de setembro de 2007.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Atlas agroclimático do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1989, 102p. (V 1).
- JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill. 1941. 281 p.
- LOUGHNAN, F.C. **Chemical Weathering of the Silicate Minerals**. New York: American Elsevier Publishing Company, Inc. 1969.
- MOREIRA, I. **O espaço sul-riograndense**. São Paulo: Ática. 2004.
- SKINNER, B. J. ; PORTER, S. C. **The dynamic Earth**. New York: J. Willey & Sons, 1995, 496 p.
- SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2003. 400 p.
- TEIXEIRA, W. TOLEDO, M. C. M. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2003. 558 p.
- VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: ed. Agronômica Ceres, 1975. 464 p.
- THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics**. New York: John Wiley & Sons, 1994.

## MODELOS EDAFOCLIMÁTICOS

Elsbeth Leia Spode Becker<sup>1</sup>, UNIFRA - [elsbeth@unifra.br](mailto:elsbeth@unifra.br); Nereu Augusto Streck<sup>2</sup>, UFSM – [nstreck2@yahoo.com.br](mailto:nstreck2@yahoo.com.br); Galileo Adeli Buriol<sup>3</sup>, UNIFRA - [galileo@unifra.br](mailto:galileo@unifra.br).

### RESUMO

No presente estudo, o objetivo foi estudar-se a influência do clima na variação do tipo de intemperismo e na formação dos solos do Rio Grande do Sul, Brasil. Foram utilizados três modelos matemáticos para determinar as características edafoclimáticas. Na representação gráfica dos modelos, utilizaram-se as médias anuais de temperatura e de precipitação pluvial de 41 estações meteorológicas pertencentes ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME), no de período 1931-1960. Constatou-se que os modelos edafoclimáticos indicam solos do Estado submetidos a condições de climas temperados quentes, o que favorece o intemperismo químico e as condições de alteração e de lixiviação típicas da zona de monossialitização. Assim, tendo em vista a variedade e a alternância dos tipos de solos existentes no Rio Grande do Sul, concluiu-se que, além das condições climáticas atuais, outros fatores interferem na formação dos diferentes tipos de solos no Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** rocha, intemperismo, temperatura, precipitação pluvial.

### RESUMEN

En el presente estudio se objetivó señalar la influencia de las disponibilidades climáticas en la determinación del tipo de intemperismo y en la formación de los suelos del Río Grande del Sur. Fueron utilizados los datos de temperatura media anuales y de precipitación pluviométrica media anuales de 41 estaciones meteorológicas pertenecientes al 8º Distrito de Meteorología (8º DISMAE), período 1931-1960. Se calcularon los índices para diversos modelos edafoclimáticos. Se constató que por el modeloS edafoclimáticoS, los suelos del Estado son sometidos a condiciones climáticas de climas templados cálidos, que favorecen el intemperismo químico y las condiciones de alteración y de lixiviación típicas de la zona de monossialitización. Así, teniendo en cuenta la variedad y la alternancia de los tipos de suelos existentes en el Río Grande del Sur, se concluyó que, además de las condiciones climáticas actuales, otros factores interfieren en la formación de los diferentes tipos de suelos en el Río Grande del Sur.

**PALABRAS-CLAVE:** roca, intemperismo, temperatura, precipitación pluvial.

## 1. INTRODUÇÃO

O clima afeta intensamente o intemperismo, por isso, é grande sua influência nas características do solo formado em qualquer tipo de rocha matriz. Um mesmo tipo de rocha, quando submetida a condições climáticas diferentes, geralmente, se transforma em tipos de solos distintos. Por outro lado, rochas diferentes, quando sujeitas às mesmas condições climáticas, por um logo período de tempo, resultam, normalmente, em solos quase idênticos. Os solos zonais que recobrem vastas áreas da superfície terrestre refletem esse condicionamento dominante (CHRISTOFOLETTI, 1974). Esse esquema, válido na escala do planeta Terra, pode ser bastante modificado por condições locais,

---

<sup>1</sup> Professora do Curso de Geografia do Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, Santa Maria-RS.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria-RS.

<sup>3</sup> Professor da Área de Ciências Naturais e Tecnológicas – Centro Universitário Franciscano - UNIFRA. Bolsista do CNPq.

dando origem aos solos intrazonais cuja formação é influenciada, principalmente, por fatores locais como relevo, litologia, organismos e vegetação (TEIXEIRA et al., 2003). Assim, a gênese dos diferentes tipos de solos está diretamente relacionada ao intemperismo das rochas da superfície terrestre, provocado pela ação integrada de alguns fatores: material de origem, clima, relevo, vegetação e tempo (JENNY, 1941). O clima, principalmente, pela ação da precipitação pluvial, temperatura, radiação solar, umidade relativa, evaporação e vento, é o fator de maior intensidade no condicionamento dos diferentes tipos de solos (TEIXEIRA et al., 2003).

A idéia de relacionar os solos ao clima é antiga. Nas primeiras tentativas, de classificação dos solos, em escala mundial, a carta de zonas climáticas coincide, aproximadamente, com a da repartição dos solos (BUENO, 1984).

Atualmente, a relação existente entre solos e clima continua sendo utilizada, pois resume as bases, segundo Strahler & Strahler (2005, p. 416), “para uma ampla apreciação da distribuição geográfica dos solos do mundo e sua relação com os diferentes tipos climáticos no globo, bem como com os grandes biomas de vegetação natural e com o tipo de agricultura”.

Segundo Drew (2002), apesar do caráter genérico, a relação entre clima e solos representa um guia global para as amplas variações existentes nos tipos de solos. Considera, ainda, que os solos zonais foram divididos em aproximações, nas quais solo, vegetação e clima estão interligados, sendo o clima a causa e os solos e a vegetação os efeitos.

Uma das maneiras de sintetizar a influência e a relação entre os elementos do clima e os solos tem sido a utilização de modelos. Chorley & Hagget (1975) definem que modelo é uma estruturação simplificada da realidade que, supostamente, apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes. Burgos (1969, 1970) realizou diversos estudos com a utilização de modelos. Nesses estudos, contemplou também uma análise para relacionar os tipos de solos existentes na Província de Buenos Aires e Região Nordeste da Argentina às condições climáticas.

No Rio Grande do Sul, a relação entre solos e clima é pouco estudada. O clima, segundo a classificação climática de Köppen (1948), é do tipo Cfa, temperado, com chuvas bem distribuídas ao longo dos doze meses do ano (MORENO, 1961). Assim, a precipitação pluvial, a temperatura do ar e a amplitude térmica favorecem a formação de solos profundos. No entanto, no Mapa de Solos do Estado, há doze classes de solos identificadas e mapeadas (STRECK et al., 2006), distribuídos, geograficamente, de forma bastante heterogênea e com alternância, incluindo também solos rasos e pouco

desenvolvidos. Para a explicação dessa variedade e alternância entre os diferentes tipos de solos no Estado, provavelmente, serão necessários estudos relacionados a fatores, que, além do clima, influenciam a formação daqueles. Contudo, inicialmente, é importante determinar a relação entre solos zonais e as disponibilidades climáticas do Estado. A síntese dessa relação pode ser realizada com a utilização de modelos edafoclimáticos.

Entre os modelos edafoclimáticos utilizados mundialmente, destacam-se os de Lang (1915), Prescott (1931), Thornthwaite (1931), Aubert e Henin (1945), Thornthwaite e Hare (1955), Budyko (1956), Géze (1959), Kohnke et al. (1969) e o de Strakhov, modificado por Suguio (2003). Burgos (1969, 1970), ao estudar a relação entre os tipos de solos existentes na Província de Buenos Aires e Região Nordeste da Argentina com as condições climáticas, utilizou a maioria desses modelos.

Neste trabalho, objetivou-se determinar a relação entre solo e clima no Estado do Rio Grande do Sul por meio da utilização de modelos edafoclimáticos de Lang (1915), Haubert e Henin (1945) e Strakhov, modificado por Suguio (2003).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A relação dos solos com as disponibilidades climáticas foi realizada por meio dos modelos edafoclimáticos de Lang (1915), Haubert e Henin (1945) e Strakhov, modificado por Suguio (2003).

No modelo edafoclimático, segundo o índice de Lang (1915), foi utilizada a seguinte equação:  $I_L = P/T$ , sendo  $I_L$  o índice de Lang (1915),  $P$ , a precipitação pluviométrica média anual (mm) e  $T$ , a temperatura média anual (°C).

O modelo de Haubert e Henin (1945) aplica a função da drenagem e as temperaturas médias anuais para estabelecer o modelo edafoclimático. Estabeleceram que  $D = \gamma \cdot P^3 / 1 + \gamma \cdot P$  e  $E = P / 1 + \gamma \cdot P^2$ , sendo  $D$  a drenagem;  $E$ , a evaporação do solo;  $P$ , a precipitação pluviométrica e  $\gamma$ , coeficiente que varia entre valores inferiores a 5 e superiores a zero.

O modelo de Strakhov, modificado por Suguio (2003), considera que a intensidade do intemperismo pode estar relacionada à temperatura, precipitação pluviométrica e vegetação. Os valores de precipitação pluviométrica e de temperatura são expressos, graficamente, segundo as coordenadas geográficas.

Os diferentes tipos de solos utilizados foram aqueles indicados nos modelos edafoclimáticos e atualizados, na discussão dos resultados, segundo a classificação mais difundida: “*Soil Taxonomy*” (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1998), que permite estabelecer correlações entre solos e clima de outras regiões do globo. Essa considera 12 ordens de solos: alfissolo, ardissolo, entissolo, histossolo, inceptissolo, molissolo, oxissolo, espodossolo, ultissolo, vertissolo, solos de áreas montanhosas e de regiões geladas (STRAHLER & STRAHLER, 2005).

A classificação pedológica dos solos do Brasil consiste numa evolução do sistema americano e do esquema da ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO), mapeados em BRASIL (1973), adaptados à nova classificação brasileira de solos realizada pela EMBRAPA (1999, 2006): argissolos, cambissolos, chernossolos, espodossolos, gleissolos, latossolos, luvisolos, neossolos, nitossolos, organossolos, planossolos, plintossolos e vertissolos. Esses solos ocorrem no Rio Grande do Sul, com exceção, do espodossolo (STRECK et. al. (2002).

Foram utilizadas a temperatura média das médias e média das máximas e mínimas anuais do ar, média dos totais anuais das precipitações pluviométricas de 41 estações

meteorológicas pertencentes ao 8º Distrito de Meteorologia (8ºDISME), período 1931-1960, tabela 1.

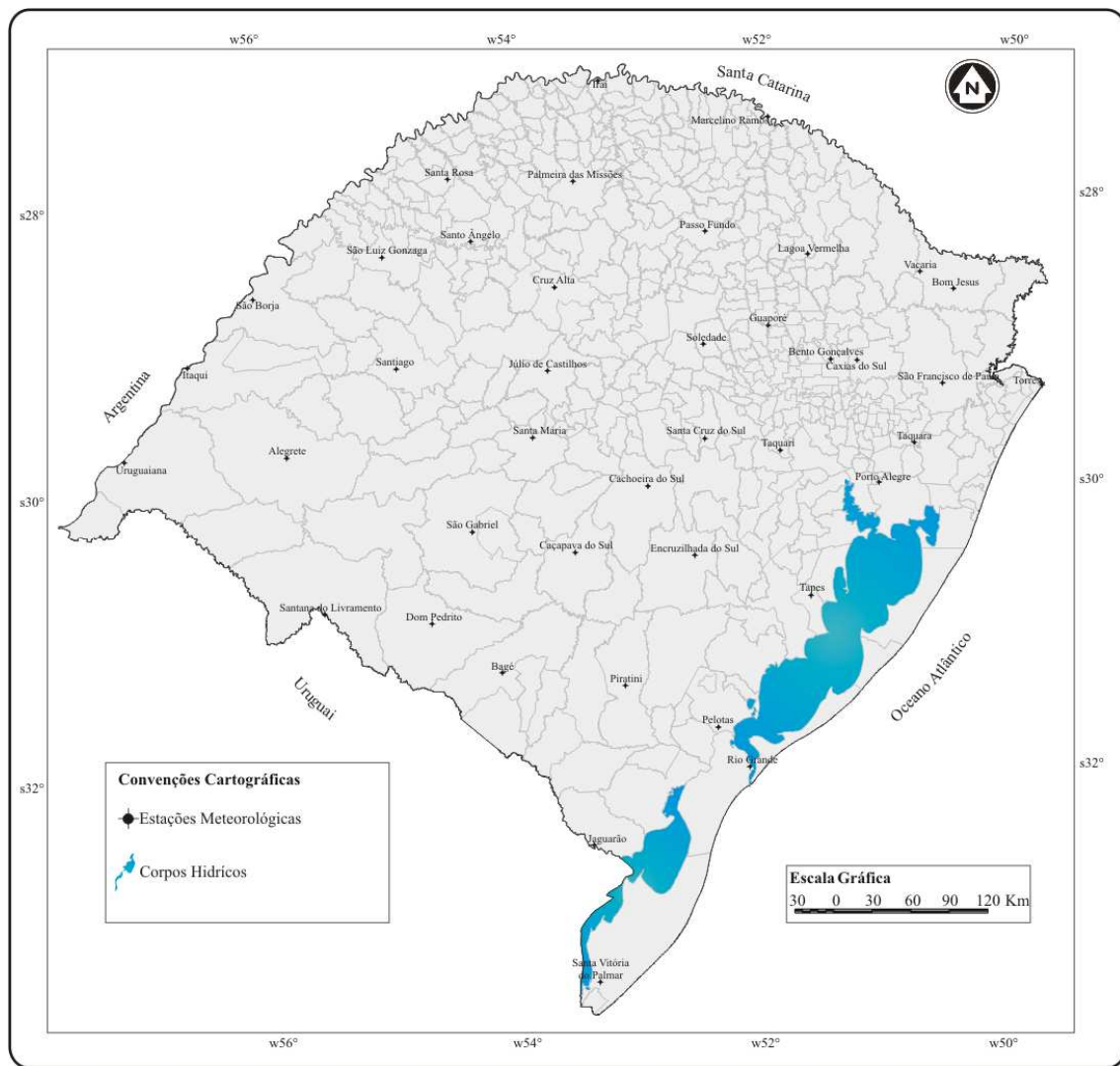
Tabela 1 – Coordenadas geográficas das estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul, pertencentes ao 8º DISME, utilizadas no estudo.

MUNICÍPIOS	ALTITUDE (m)	LATITUDE SUL	LONGITUDE OESTE	T (°C)	P (mm)
Alegrete	116	29°46'47"	55°47'15"	18.6	1574
Bagé	216	31°20'13"	54°06'21"	17.9	1264
Bento Gonçalves	619	29°10'00"	51°25'00"	16.8	1599
Bom Jesus	1047	28°40'10"	50°26'25"	14.4	1545
Caçapava do Sul	450	30°30'32"	53°29'22"	16.8	1588
Cachoeira do Sul	68	30°02'45"	52°53'39"	18.8	1438
Caxias do Sul	740	29°10'25"	51°12'21"	15.9	1663
Cruz Alta	473	28°38'21"	53°36'34"	18.4	1729
Dom Pedrito	140	30°58'57"	54°39'56"	18.2	1359
Encruzilhada do Sul	420	30°32'35"	52°31'20"	16.5	1504
Guaporé	450	28°55'44"	51°54'45"	16.9	1686
Iraí	227	27°11'45"	53°14'01"	18.8	1787
Itaqui	53	29°07'10"	56°32'52"	20.0	1453
Jaguarão	11	32°33'32"	53°23'20"	17.2	1337
Julio de Castilhos	516	29°13'26"	53°40'45"	18.0	1575
Lagoa Vermelha	805	28°25'35"	51°35'51"	16.7	1735
Marcelino Ramos	383	27°27'40"	51°54'22"	18.8	1652
Palmeira das Missões	634	27°53'55"	53°26'45"	18.1	1919
Passo Fundo	678	28°15'39"	52°24'33"	17.5	1664
Pelotas	7	31°45'00"	52°21'00"	17.5	1405
Piratini	345	31°26'54"	53°06'09"	16.2	1426
Porto Alegre	10	30°01'53"	51°01'53"	19.5	1309
Rio Grande	8	32°01'44"	52°05'40"	18.1	1162
Santa Cruz do sul	56	29°43'05"	52°25'45"	19.3	1547
Santa Maria	138	29°41'25"	53°48'42"	19.2	1708
Santana do Livramento	210	30°53'18"	55°31'56"	17.8	1388
Santa Rosa	360	27°51'50"	54°25'59"	19.6	1663
Santa Vitória do Palmar	6	33°31'14"	53°21'47"	16.6	1235
Santiago	426	29°11'00"	54°53'10"	17.9	1534
Santo Ângelo	289	28°18'14"	54°15'52"	19.6	1713
São Borja	96	28°39'44"	56°00'15"	20.1	1523
São Francisco de Paula	912	29°20'00"	50°31'21"	14.4	2162
São Gabriel	124	30°20'27"	54°19'01"	18.5	1355
Soledade	720	29°03'14"	52°26'00"	16.9	1986
São Luiz Gonzaga	254	28°23'53"	54°58'18"	19.7	1662
Tapes	5	30°50'00"	51°35'00"	18.8	1213
Taquara	29	29°45'00"	50°45'00"	19.4	1459
Taquari	76	29°48'15"	51°49'30"	19.1	1424
Torres	43	29°20'34"	49°43'39"	18.3	1409
Uruguaiana	69	29°45'23"	57°05'12"	19.7	1346
Vacaria	955	28°33'00"	50°42'21"	15.2	1412

Fonte: Instituto de Pesquisas Agronômicas (1989).

O Estado do Rio Grande do Sul localiza-se entre os paralelos 27°04'49" e 33°45'00" Sul e os meridianos 49°42'22" e 57°38'34" Oeste (figura 1).





**Figura 2** - Localização geográfica das 41 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No modelo de Lang (1915), figura 2, todas as estações se enquadram nas condições climáticas de solos pardos, com exceção de São Francisco de Paula, local de maior precipitação do Estado, enquadrado nas condições climáticas de solos negros.

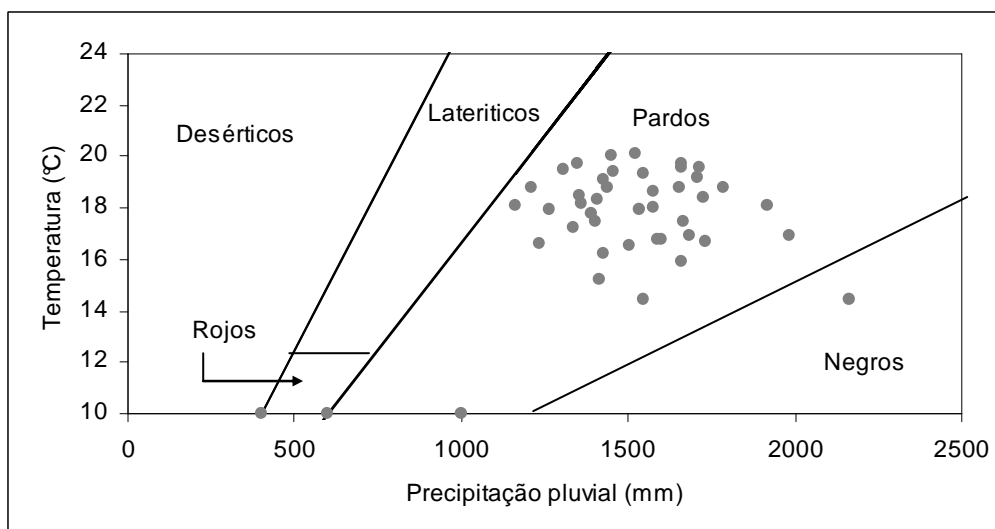


Figura 2 – Representação das estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul no modelo edafoclimático de Lang (1915).

Os solos pardos são descritos também como solos castanhos e apresentam um perfil semelhante ao solo chernozem. Ocorrem entre zonas climáticas semi-áridas e sub-úmidas, em latitudes médias, que correspondem àquelas zonas com verões muito quentes e invernos frios. Apresentam, em seu perfil, acúmulo de carbonato cálcico, muito endurecido no horizonte C, de forma que os bosques não se desenvolvem facilmente. Em geral, a vegetação natural associada aos solos pardos são as pradarias e os campos.

Pelo sistema de classificação dos solos *Soil Taxonomy*, os solos pardos correspondem aos molissolos e são definidos como aqueles que se formam em condições climáticas bastante variáveis, especialmente em latitudes médias, associados a regimes hídricos de semi-árido e subúmido. Ocorrem em várias regiões do mundo e, na América do Sul, nas regiões do Pampa Argentino e do Uruguai. São descritos, detalhadamente, em sete subordens e acentuam a característica de acumulação do carbonato cálcico, em profundidade compreendida entre 50 e 100 cm, o que impede a existência de uma vegetação natural de grande porte.

No Rio Grande do Sul, de acordo com o SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS – SBCS (EMBRAPA, 2006), há semelhanças com os chernossolos. Conforme Streck et. al. (2006), esses ocorrem de forma esparsa em todo

o território do Estado e se caracterizam por apresentarem razoáveis teores de material orgânico, boa fertilidade química e alta CTC em todo o perfil.

As disponibilidades climáticas de todas as estações meteorológicas do Estado, no modelo de Aubert e Henin (1945), figura 3, indicam condições climáticas à formação de podzolos (ou podzólicos).

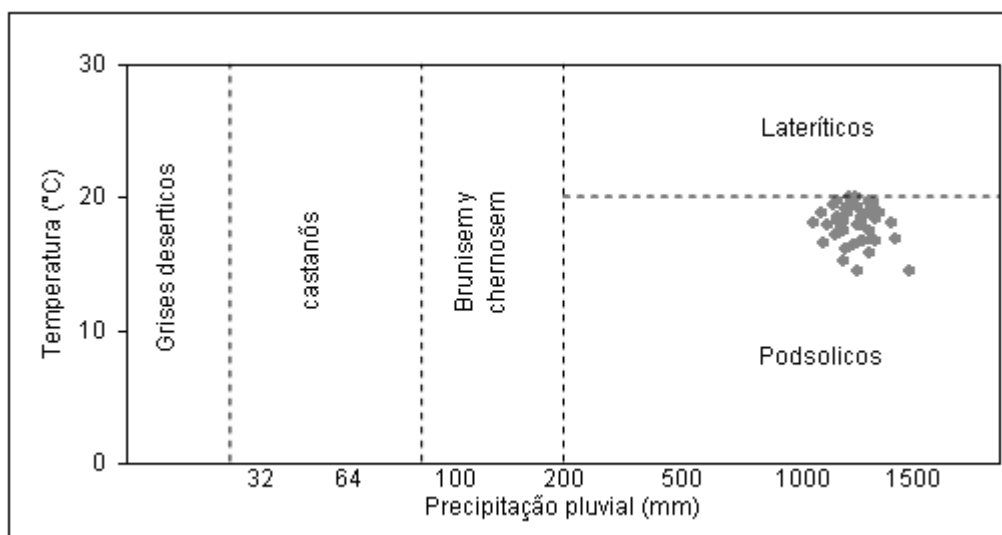


Figura 3 – Representação das estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul no modelo edafoclimático de Aubert e Henin (1945).

Os solos podzólicos são os de clima úmido, associados à vegetação natural de bosques. Podem apresentar uma coloração acinzentada, brunada, amarelada e avermelhada. Em geral, os perfis são de profundidade variável e apresentam o processo de podzolização (transporte de argila por iluviação do horizonte A para o horizonte B).

No sistema de classificação dos solos *Soil Taxonomy*, os podzólicos correspondem aos *oxisols* e *ultisols*. Esses são solos com horizontes bem desenvolvidos e com minerais bastante alterados em decorrência da longa e contínua adaptação aos regimes térmicos e hídricos. Os *oxisols*, normalmente, desenvolvem-se nas regiões equatoriais submetidas a climas úmidos desde o Pleistoceno ou períodos mais antigos. Ocorrem, também, em algumas regiões tropicais e subtropicais, condicionadas ao regime de alternância de períodos secos e muito úmidos, durante um longo período geológico. Os *ultisols* apresentam uma ampla zona de domínio em várias regiões do mundo de latitudes médias, entre elas, o sudeste dos Estados Unidos, sul da China, nordeste da Austrália, Bolívia e sul do Brasil.

Se a referência for o mapa de climas do mundo, observa-se que o clima dessas áreas oscila entre clima subtropical úmido, subtropical, tropical seco e úmido, monçônico e tropical litorâneo. Esses climas possuem um elevado excedente hídrico na

estação chuvosa e amplitude térmica em relação à estação seca. A superfície dessas regiões são submetidas à meteorização e erosão de forma que a rocha altera-se também, em profundidade, permitindo a lixiviação. A vegetação florestal natural é arbórea, esparsa e de pequeno porte.

No Rio Grande do Sul, pelo SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS – SBCS (EMBRAPA, 2006), eles mantêm semelhanças com os argissolos. Conforme Streck et al. (2006), ocorrem em relevo suave ondulado até fortemente ondulado, ocupando, em termos percentuais, a maior parte da área territorial do Rio Grande do Sul.

No modelo gráfico de Strakhow, modificado por Suguio (2003), utilizado com concepção de combinar, numérica e graficamente, os dados de temperatura e precipitação pluvial de 41 estações meteorológicas do Estado (Figura 4), percebe-se que os índices de temperatura, precipitação pluvial e evaporação indicam condições de clima e solo de vegetação de floresta.

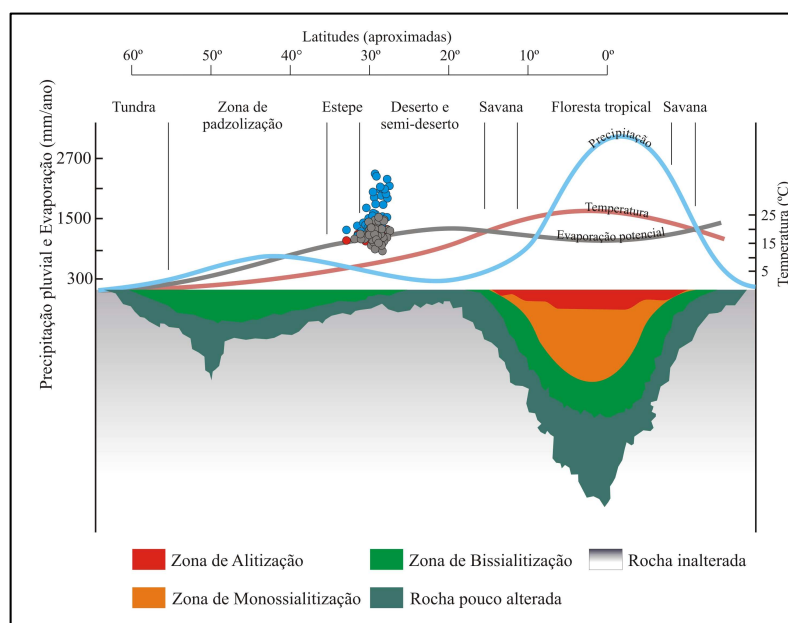


Figura 4 – Enquadramento das médias anuais de temperatura do ar e das médias dos totais anuais de precipitação pluvial das 41 estações meteorológicas do Estado utilizadas no modelo de intemperismo de Strakhow modificado por Suguio (2003).

O modelo indica que as condições de clima e solo do Rio Grande do Sul favorecem a existência de vegetação natural de florestas. Esse indício condiz com os resultados obtidos, por meio de modelos fitoclimáticos e de classificações climáticas, que enquadraram todo o Estado do Rio Grande do Sul como uma região com características de vegetação natural do tipo floresta BURIOL et al, 2006).

Por meio desses resultados, Buriol et al., (2006) avaliam que, em torno de 46,3% da vegetação natural, atual, do tipo campestre, no Estado do Rio Grande do Sul, não é explicada em função das disponibilidades climáticas ocorrentes. Recomendam que há necessidade de intensificar os estudos de outros fatores, principalmente, na relação da vegetação natural com as características dos principais tipos de solos existentes no Estado.

Nesse sentido, o modelo de Strakhov, modificado por Suguio (2003), mostra que o intemperismo é mais pronunciado nos trópicos, onde a alteração é intensa, afetando todos os minerais alteráveis, que desaparecem rapidamente e dão lugar a produtos secundários neoformados. Em geral, os minerais primários estão ausentes, com exceção daqueles mais resistentes como, por exemplo, o quartzo e a muscovita.

No Rio Grande do Sul, as chuvas são freqüentes e bem distribuídas e a amplitude térmica anual favorece o intemperismo químico e a formação de solos com maior proporção de minerais secundários (fração argila). Nessas condições, são originados argilominerais do tipo caulinita, em que a relação de átomos Si:Al é 1:1 (um átomo de silício para um de alumínio na molécula).

Conforme Skinner & Porter (1995), as condições climáticas, com precipitação pluvial superior a 500mm e temperatura média anual superior a 15°C, beneficiam a formação dos argilominerais, especialmente, a caulinita e os oxi-hidróxidos de ferro, resultantes da decomposição do feldspato encontrado em rochas metamórficas, ígneas e sedimentares. Quando submetido a condições de precipitação pluvial e de temperatura, condiciona solos profundos e homogêneos, altamente intemperizados.

A água é o agente fundamental da intemperização. Em regiões com disponibilidades pluviométricas bem distribuídas durante o ano, a temperatura condiciona e potencializa a ação da água: acelera as reações químicas, aumenta a evaporação, diminuindo a quantidade de água disponível para a lixiviação dos produtos solúveis. A cada 10°C de aumento de temperatura, a velocidade das reações químicas aumenta de duas a três vezes (SUGUIO, 2003).

Pelos resultados obtidos com os modelos edafoclimáticos, em todas as estações meteorológicas utilizadas, obtiveram-se condições climáticas (médias anuais de precipitação pluvial e de temperatura) para formação de solos zonais com perfis de solos bem desenvolvidos.

No entanto, há, no Estado, doze classes de solos identificadas e mapeadas, distribuídos de forma bastante heterogênea e com alternância, incluindo, também, solos rasos e pouco desenvolvidos (BRASIL, 1973; STRECK, 2002; EMBRAPA, 2006).

Essas evidências indicam que as condições climáticas atuais no Estado, por si só, não explicam a variedade e a alternância dos tipos de solos aí existentes.

Dessa forma, é importante continuar a estudar e a relacionar solos às disponibilidades climáticas, não só por meio de modelos de intemperismo, mas também de edafoclimáticos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos edafoclimáticos utilizados indicam que as disponibilidades climáticas (temperatura e precipitação pluvial) do Rio Grande do Sul favorecem a decomposição da rocha, especialmente pelo intemperismo químico. Nessas condições, os modelos edafoclimáticos enquadram o Estado do Rio Grande do Sul como uma região com características de solos com perfis bem desenvolvidos que podem condicionar uma vegetação natural do tipo bosque. Assim, apenas uma parte da área do Rio Grande do Sul, especialmente aquelas que são mapeadas como sendo de solos latossolos e argissolos, é explicada em função das disponibilidades climáticas vigentes. Dessa forma, concluiu-se que outros fatores, além do clima, devem ser estudados com a possibilidade de aproximar o zoneamento dos solos do Rio Grande do Sul às disponibilidades climáticas, considerando, especialmente, a topografia e o intervalo de tempo geológico que o solo teve para se desenvolver e espessar.

## REFERÊNCIAS

AUBERT, G.; HENIN, S. **Relations entre le drainage, la température et l'évolution des sols**. C. R. Acad. Sci., 330-332, 1945.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (DNPEA. Boletim técnico, 30).

BUDYKO, M. I. **Atlas tieplobogo balansa zemnogo shara.** (Atlas do balanço calórico do globo terrestre). 69 mapas e textos, Moscou, 1956.

BUENO, M. E. T. Solo e clima: uma introdução ao estudo de suas relações. **Revista Geografia e ensino**. Ano 2, nº 6, p. 3-11, 1984.

BURGOS, J. J. El clima de la Provincia de Buenos Aires en relación con la vegetación natural y el suelo. In CABRERA, A. L. **Flora de la Provincia de Buenos Aires**. Buenos Aires: INTA, p. 33-39, 1969.

BURGOS, J. J. El clima de la Región Noreste de la Republica Argentina con la vegetación natural y el suelo. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**. Buenos Aires, v. 11, p. 37-102, 1970.

BURIOL, G. B. et al. Relação da vegetação natural do Estado do Rio Grande do Sul com as disponibilidades climáticas. **Revista Ciência Florestal**. Santa Maria, 2006 (Enviado para publicação).

CHORLEY, R. & HAGGET, P. **Modelos físicos e de informação em Geografia**. Rio de Janeiro: LTC. 1975.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher. 1974, 149 p.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2002, 224 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solo. 1999, 412 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solo, 2006, 306 p.

FAO-UNESCO. **Soil Map of the World. Revised Legend**. World Resources Report 60, FAO – Rome. Wageningen, ISRIC, 1988. 137 p. (ISRIC Technical paper, 20).

GÉZE, B. Altération des roches et formation des sols. **La Terre**. Paris: Librairie Gallimard, 1959, 73 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Atlas agroclimático do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1989, 102p. (V 1).

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941, 281 p.

KOHNKE, H.; STUFF, L. R.; MILLER, P. A. **Quantitative relations between climate and soil formation**. Journal Paper n° 3199, p. 24-33. Purdue University Agricultural Experiment Station, Lafayette, Indiana, EUA., 1968.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. Mexico, Fundo de Cultura Economica, 1948, 466p.

LANG, R. Versuch einer exakten Klassifikation der böden in Klimatischer und geologischer Hinsicht. **Internat Mitt. für Bdenkunde**. Stuttgart, n. 8, v. 7, p. 312-346, 1915.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. 1961, 38 p.

PRESCOTT, J. A. **The soils of Australia in relation to vegetation and climate.** Comm. Of Australia. Counc. For Scientific and Industrial Research. Bull. Nº 52, Melbourne, 1931.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS, 2002, 107 p.

STRAHLER, A. N. & STRAHLER, A. N. **Geografia Física.** Barcelona, 2005, 550 p.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2003, 400 p.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de textos, 2003, 558 p.

THORNTHWAITE, C. W. the climates of North according to a new classification. **The Geographical Review**, Oct., p. 633-655, 1931.

THORNTHWAITE, C. W.; HARE, F. K. Climate classification in forestry. **Unasyva**, v. 9, n. 2, 1955 (Publ. FAO, Roma).

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Keys to Soil Taxonomy.** Washington D.C., 1998, 328 p.



# MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL E SUA IMPORTÂNCIA PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Gracieli Trentin  
Mestranda em Geografia IGCE/UNESP – Rio Claro-SP  
gracitrentin@yahoo.com.br

Maria Isabel Castreghini de Freitas  
Professora do DEPLAN – IGCE/UNESP – Rio Claro-SP  
ifreitas@rc.unesp.br

## RESUMO

A preocupação com a gestão e o ordenamento territorial de forma a alcançar a sustentabilidade no uso e ocupação é motivada pelo crescimento dos espaços urbanos. As técnicas e os instrumentos inclusos no conjunto das geotecnologias representam importantes subsídios para o desafio de planejar e ordenar o espaço das cidades. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi utilizar a modelagem dinâmica espacial, especificamente o modelo de Autômatos Celulares, como ferramenta auxiliar para o planejamento urbano. Dessa forma, a dinâmica de uso da terra urbana do Município de Americana, localizado no interior paulista, foi simulada para o curto e médio prazo. Com este intuito, foram analisadas algumas possibilidades que esta ferramenta pode oferecer aos gestores municipais nas ações e políticas públicas de planejamento da área urbana. Cenários de uso da terra para a área de estudo, correspondentes aos anos de 2000 e 2005 foram elaborados no software Spring 4.2. A partir disso, identificou-se 4 classes de uso da terra (residencial, industrial, comercial e serviços e áreas não urbanas). Para a etapa de simulação utilizou-se o software DINAMICA EGO. A partir da calibração do modelo para o período de 2000 e 2005, foram elaborados os cenários de prognósticos para o curto e médio prazo (2010 e 2014, respectivamente). Ambos os cenários de prognósticos apresentaram pequenas modificações principalmente relacionadas com a transição da classe não urbana para residencial. Desse modo, a área urbana apresenta tendência de crescimento urbano em proporções pequenas se considerada a permanência das características atuais, ou seja, a diminuição do ritmo de expansão urbano-industrial e populacional. Os resultados da modelagem podem oferecer subsídios a ações de ordenamento territorial, em vista da limitada disponibilidade de espaço físico para a expansão urbana na área de estudo.

Palavras-chave: modelagem de dados, planejamento urbano, geotecnologias

## ABSTRACT

The preoccupation with the management and the territorial disposition in order to achieve the sustainability in the use and occupation is caused by growth of the urban spaces. The techniques and instruments included in the geotechnologies are important subsidy for challenge the plan and order the space of cities. In this context, the aim of this work was to use the spatial dynamic modeling, specifying of the cellular automata model, as an auxiliary tool for the urban planning. In this way, the dynamics of de urban land use of Americana-SP was simulated for the short and medium term. With this were analyzed some possibilities that this tool can offer to municipal administrator in the actions and public politics of planning the urban area. Scenarios of land use for the study area, corresponding to years of 2000 and 2005 were elaborated in the Spring 4.2 software. Since, were identifying 4 classes of land use (residential, industrial, commercial and services and not urban areas). Through DINAMICA EGO software the simulation was performed. From the calibration of model for the period of 2000 and 2005, were elaborated the scenarios of prognosis for the short and medium term (2010 and 2014, respectively). As a result, both scenarios of prognosis presented minor changes mainly related to the transition of not urban area to residential class. Therefore, there are the tendency of minor proportion of urban growth if considered the remaining the actual characteristics, in other words, the decrease of population and urban-industrial growth rhythm. The results of modeling may offer subsidy actions of territorial arrangement, due to limited physical space available for urban growth in the study area.

Key-words: modeling of dates, urban planning, geotechnologies

## 1. INTRODUÇÃO

As cidades refletem os processos econômicos, ambientais, tecnológicos e sociais, bem como suas mudanças, ainda que todos estes processos estejam profundamente vinculados à dinâmica da estrutura espacial urbana por si mesma (HEROLD et al., 2003). O crescimento das cidades nas últimas décadas tem motivado preocupações com relação à gestão e o ordenamento destes espaços de forma a alcançar a sustentabilidade no uso e ocupação. As técnicas e os produtos compreendidos nas geotecnologias têm sido os grandes aliados no desafio de planejar e ordenar este espaço dotado de grande dinamicidade.

Em vista das preocupações quanto à compreensão das mudanças que se processam no espaço e no tempo adquiriu maior importância a busca de possíveis previsões para tais modificações, concretizando-se em ferramentas de auxílio ao planejamento e ordenamento territorial. A partir desse objetivo muitos modelos foram desenvolvidos, dentre eles o modelo de Autômatos Celulares (*Cellular Automata - CA*).

Uma das maiores potencialidades de aplicação dos Autômatos Celulares insere-se na perspectiva do planejamento urbano, principalmente nas simulações de crescimento urbano em nível local e regional. No contexto inerente a modelagem dinâmica espacial, principalmente vinculada com a dinâmica do espaço urbano, buscou-se simular o crescimento e as mudanças de uso da terra na área urbana do município de Americana-SP (Figura 1).

O objetivo central deste trabalho foi a utilização de modelagem dinâmica espacial como ferramenta auxiliar para o planejamento urbano. Com o emprego da modelagem visou-se simular a dinâmica de uso da terra urbana para o curto e médio prazo do município de Americana localizado no interior paulista e considerado de porte médio, e assim, verificar as possibilidades que esta ferramenta pode oferecer aos gestores municipais nas ações e políticas públicas de planejamento da área urbana.

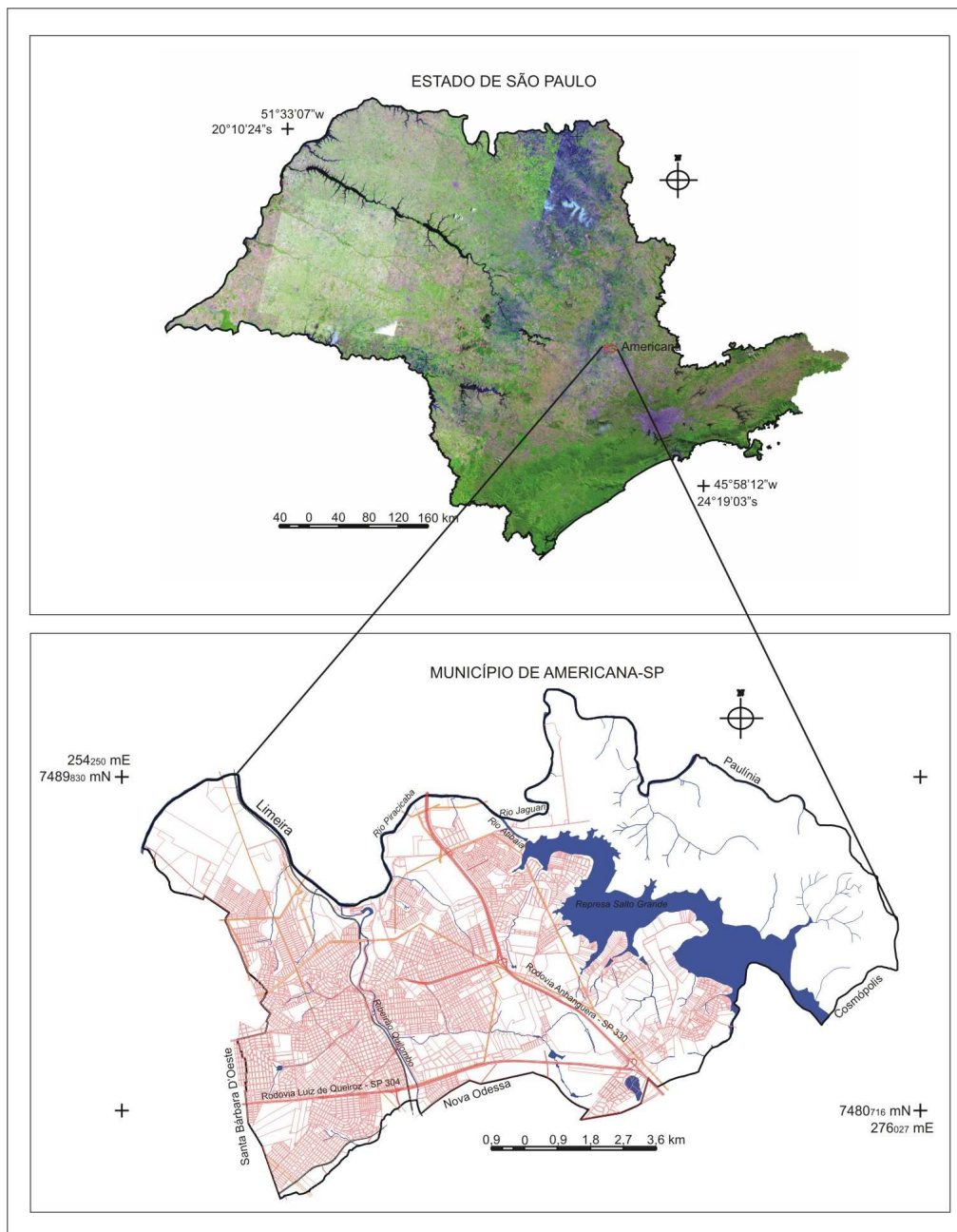


Figura 1 – Localização de Americana no Estado de São Paulo.

## 2. A MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL E O PLANEJAMENTO URBANO

Os avanços tecnológicos atuais contribuem para o desenvolvimento de modelos que sejam dinâmicos e não somente estáticos como são tratados pelo estágio atual dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), ou seja, visando somente a representação espacial de determinado fenômeno (o mapa). Afinal, de acordo com Câmara, Monteiro e Medeiros (2003) os fenômenos espaciais são dinâmicos e assim as representações estáticas não conseguem representá-los de uma forma adequada. Dessa forma, o desafio

da Geoinformação está em desenvolver técnicas e abstrações que consigam representar os fenômenos dinâmicos, como o planejamento urbano, por exemplo.

A modelagem é definida por Soares-Filho (1998) como sendo a arte de se construir modelos que se refiram ao processo de pesquisa e que leve a geração do modelo, ou seja, possibilite a representação de um sistema. Este processo desenvolve-se por meio da definição de um conjunto de hipóteses ou predições, as quais poderão ser comparadas com medidas do mundo real. O modelo será aceito, rejeitado ou modificado somente após a comparação entre o resultado gerado e o observado, para novamente ser testado.

No âmbito da modelagem, as cidades podem ser entendidas como um sistema complexo considerando suas características intrínsecas de emergência, auto-organização, auto-similaridade e comportamento não linear relacionado com sua dinâmica de uso da terra. Dessa forma, a utilização de ferramentas designadas por sistemas que denotam as características acima mencionadas pode auxiliar na busca de maiores conhecimentos para os administradores e planejadores do uso da terra urbana. Além disso, estas ferramentas podem dar suporte ao desenvolvimento de modelos que viabilizem a geração de cenários de uso da terra urbana (BARREDO et al., 2003).

Ao longo do tempo as pesquisas em modelagem apresentaram expressivos avanços, sendo que os modelos passaram de representações puramente matemáticas para a representação dinâmica espacial. A utilização de modelos que possibilitavam a espacialização do fenômeno começou a ser utilizada a partir do final dos anos 80 com os modelos AC.

Os modelos AC possuem aplicações nas mais diversas áreas, desde a física teórica e empírica até mudanças de uso e cobertura da terra, na engenharia e controle de tráfego, na disseminação de epidemias, na biologia comportamental, dentre outras aplicações (ALMEIDA, 2003).

No período recente os modelos espaciais tem se tornado importantes ferramentas de auxílio ao planejamento territorial, pois não há como desvincular o fator temporal de qualquer estratégia de ordenamento. Dessa forma, os modelos de simulação que reproduzem o padrão das mudanças no espaço podem ser considerados requisitos para o entendimento e avaliação de questões complexas do meio ambiente nas diferentes escalas espaciais (SOARES-FILHO et al., 2004).

Apesar das limitações que a modelagem apresenta, devem-se reconhecer suas importantes contribuições, pois embora seja impossível simular com fidelidade a dinâmica do espaço geográfico é possível alcançar possibilidades de cenários que

venham a se efetivar, os quais poderão auxiliar na tomada de decisão quanto a ações e políticas públicas relacionadas, principalmente com o planejamento, seja urbano ou regional.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento do objetivo proposto, inicialmente foram elaborados os cenários de uso da terra para o município de Americana-SP, a partir de fotografias aéreas e imagens do software Google Earth, resultando nos cenários de uso da terra para 2000 e 2005, ambos elaborados no software Spring 4.2. Foram identificadas 4 classes de uso da terra urbana (residencial, industrial, comercial e serviços e áreas não urbanas), conforme a classificação proposta por Anderson et al. (1979). Os cenários de uso permitiram a observação e identificação da dinâmica de uso da terra na área de estudo.

A partir da calibração do modelo para o período de simulação 2000/2005 foram simulados os cenários de prognóstico para o curto e médio prazo, ou seja, para 2010 e 2014, respectivamente, os quais correspondem diretamente ao objetivo deste trabalho.

Para esta etapa de modelagem foi adotado o modelo de Autômatos Celulares (AC), o qual está implementado no software de simulação utilizado, o DINAMICA EGO (SOARES-FILHO et al., 2002; RODRIGUES et al., 2007). Este software, de acordo com Soares-Filho et al (2002), é um modelo de simulação espacial do tipo AC (Autômatos Celulares) que utiliza um conjunto de mapas como entrada, sendo um mapa da paisagem inicial, um mapa do tempo de permanência de cada célula no seu estado atual e um conjunto de variáveis cartográficas, subdivididas em estáticas e dinâmicas. As variáveis cartográficas são combinadas a partir da definição de seus pesos de evidências, para gerar os mapas de probabilidade de transição. A partir disso são simulados os cenários de uso da terra, no caso para o curto e médio prazo.

A modelagem dinâmica espacial para este trabalho foi desenvolvida em 3 etapas principais: calibração do modelo, simulação de cenários e validação do modelo utilizado. A etapa de validação se refere ao cálculo de similaridade entre o mapa real e o mapa simulado a partir da medida de similaridade Fuzzy proposta por Hagen (2003) e adaptada por Rodrigues et al. (2007) para o DINAMICA EGO .

Adotou-se para este trabalho o método de pesos de evidências que toma por base o teorema de Bayes. Dessa forma, constituíram as entradas do modelo os mapas de uso da terra inicial e final do período de simulação e variáveis espaciais que poderiam explicar as transições de uso da terra ocorridas nesse intervalo de tempo. Inicialmente,

buscou-se associar as variáveis para cada transição, visando encontrar o conjunto de variáveis que melhor pudesse explicar cada transição identificada no período. Desta combinação resultaram os coeficientes de pesos de evidências que permitiram a simulação do cenário pré-existente, no caso de 2005 e então a validação do modelo.

A partir dos resultados aceita-se ou retorna-se ao processo de calibração até obter um resultado considerado satisfatório pelo modelador. Após a calibração e validação do modelo, foram mantidas as características da dinâmica espacial de Americana para este período e simulados os cenários para o curto e médio prazo.

#### 4. MODELAGEM DA DINÂMICA ESPACIAL DO MUNICÍPIO DE AMERICANA-SP

O Município de Americana localiza-se na região centro-leste do Estado de São Paulo. Possui população estimada de 196.497 habitantes e área de 144 Km<sup>2</sup> sendo sua densidade demográfica de 1.364,56 hab/Km<sup>2</sup> e seu grau de urbanização de 99,80%, conforme dados estatísticos da Fundação SEADE para 2005.

As condições físicas de Americana não foram empecilhos para a ocupação do território devido ao predomínio de relevo plano e baixas declividades. Observou-se que as variáveis determinantes para as mudanças de uso da terra foram as vias de acesso, a instalação de indústrias, os núcleos urbanos dispersos que indicavam pré-existência de infra-estrutura urbana. E também a atratividade da margem oeste da represa Salto Grande devido a possibilidades de atividades de lazer e recreação.

A calibração do modelo para o período de simulação 2000/2005 mostrou-se satisfatória, sendo que as transições de uso da terra que realmente ocorreram neste intervalo de tempo foram, em grande parte, identificadas pelas simulações para o cenário de 2005. A Figura 2 apresenta os cenários de uso real para os anos de 2000 e 2005, bem como duas simulações obtidas na etapa de calibração para o cenário de 2005. Conforme salienta Almeida (2003), o objetivo da modelagem não se vincula à reprodução fiel da realidade, mas somente a verificar as principais tendências e padrões que se processam no espaço, como as mudanças de uso da terra.

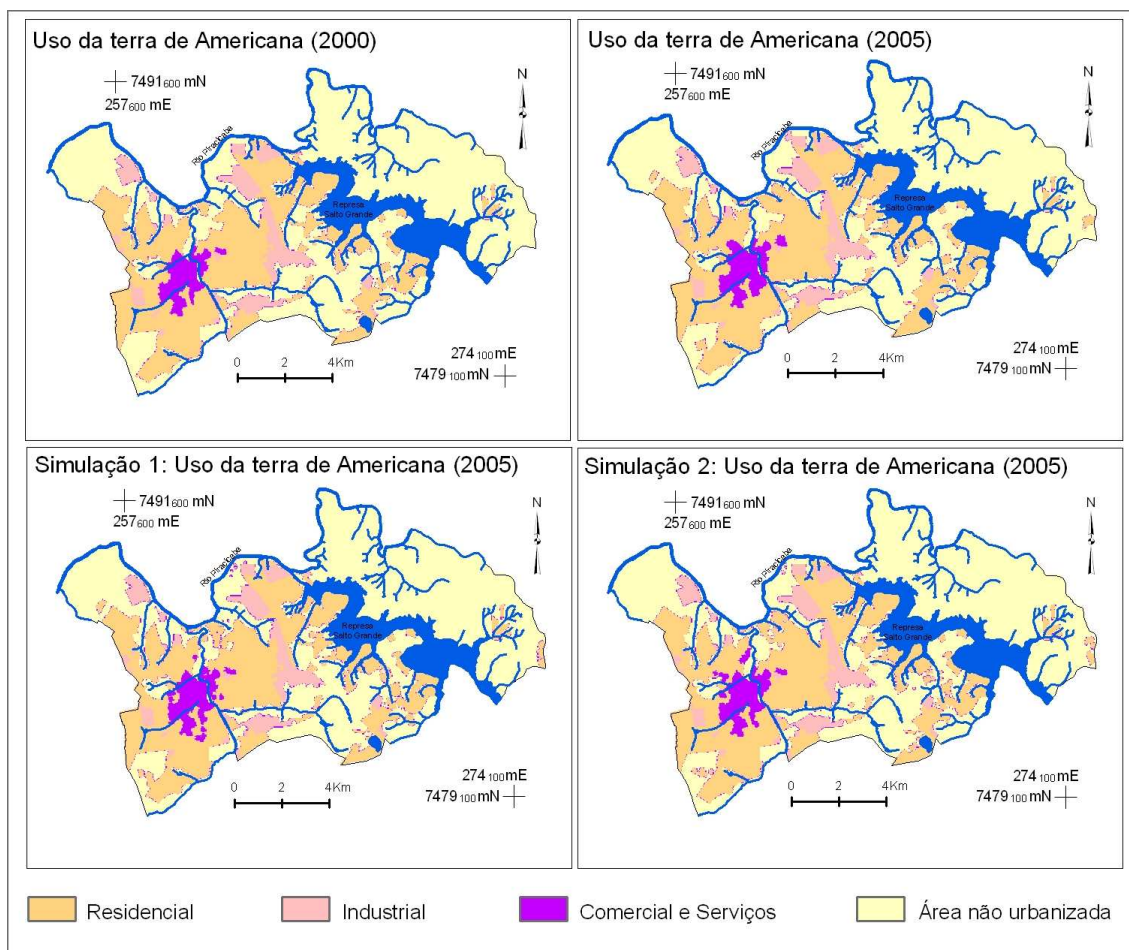


Figura 2 – Cenários de uso da terra de Americana para 2000 e 2005 e dois cenários de uso da terra simulados para 2005.

Observa-se que Americana apresenta grande parte de seu território urbanizado, devido ao seu desenvolvimento industrial, principalmente vinculado ao setor industrial têxtil, além da própria desconcentração industrial a partir da metrópole paulistana nos anos 70, a qual atingiu principalmente os municípios do entorno que já apresentavam certa infra-estrutura. A partir dos mapas de uso para 2000 e 2005 foram identificadas 3 transições de uso da terra, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1** – Transições anuais de uso da terra de Americana no período de 2000-2005

<i>Transição de uso da terra</i>	<i>% de transição</i>
Residencial para comercial e serviços	0,20
Não urbano para residencial	0,42
Não urbano para industrial	0,02

Observa-se na Tabela 1 que a maior taxa de transição ocorreu entre as classes de uso ‘não urbano’ para ‘residencial’, ou seja, a mancha urbana continua aumentando seu espaço ocupado. Para cada uma dessas transições de uso foram associadas variáveis

espaciais que pudessem explicar a ocorrência destas transições. Assim, para a transição ‘não urbano’ para ‘industrial’ foram associadas às seguintes variáveis explicativas: distâncias às estradas, hipsometria e distância às áreas industriais pré-existentes.

A partir dessa associação de variáveis com as transições obteve-se o cálculo dos intervalos e o cálculo dos pesos de evidência para cada transição, obtidos diretamente no software de simulação. Os mapas de probabilidade foram calculados com base nos coeficientes de pesos de evidência e então foram geradas as simulações para o cenário pré-existente de 2005, conforme apresentado na Figura 2.

Ressalta-se a necessidade de novas alterações nos parâmetros de associação das variáveis à cada transição de uso da terra até obter-se a calibração do modelo considerada satisfatória pelo modelador. A validação dos cenários para 2005 mostrou similaridades superiores a 30% em ambas as representações simuladas da Figura 2.

Com o modelo calibrado, foram gerados os cenários de prognóstico para o curto e médio prazo. Dessa forma, o tempo de simulação foi extrapolado para 2010 e 2014, respectivamente, obtendo-se os cenários de tendência apresentados na Figura 3.

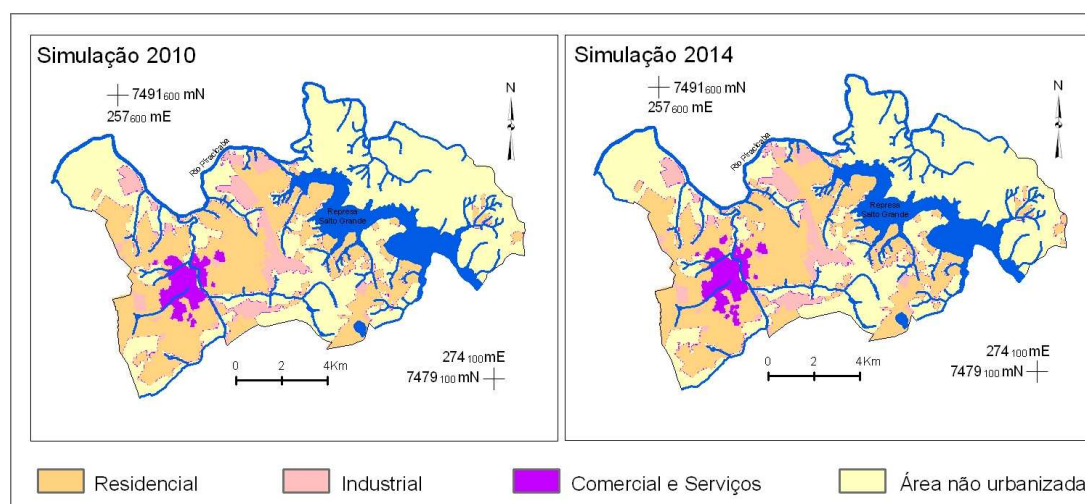


Figura 3 – Cenários de prognósticos para o curto e médio prazo em Americana-SP.

Observa-se que o cenário para o curto prazo (Simulação 2010) apresenta pequenas modificações principalmente relacionadas com a transição da classe não urbana para residencial. Estas transições estariam localizadas, principalmente na porção sudeste do município.

O cenário que representa o médio prazo (Simulação 2014) também apresentou pequenas alterações, as quais estão mais relacionadas com o aumento de áreas residenciais em detrimento das áreas ainda não urbanizadas. A classe comercial e serviços tende a crescer conformando manchas nas direções sul e leste.



Devido ao fato, da área de estudo seguir a tendência de menor crescimento urbano e menor aumento populacional como verificado na maioria dos centros urbanos recentemente, a dinâmica urbana apresentou-se em menores proporções no intervalo de tempo analisado. No entanto, deve-se destacar o fato de estarem sendo consideradas apenas 4 classes de uso da terra, devido a generalização que o processo de modelagem necessita.

Porém, ressalta-se que pode ser utilizado um maior número de classes de uso da terra, entretanto resultaria em maior complexidade da modelagem, sendo necessário um maior número de variáveis explicativas para as transições de uso da terra, as quais também seriam em maior número.

Os resultados obtidos com este trabalho permitem observar que a modelagem pode oferecer subsídios às decisões relacionadas com o planejamento urbano, pois possibilita a obtenção de diagnósticos e a partir disso, prognósticos que podem ser elaborados a partir de critérios do modelador. Ressaltando-se que o objetivo da modelagem não é oferecer precisão nas simulações e sim, aproximações do cenário de uso observado, o qual poderá subsidiar possíveis cenários futuros.

## 5. CONCLUSÕES

O município de Americana apresenta grande parte de seu território urbanizado, restando poucos espaços disponíveis para a expansão da mancha urbana, desse modo aumenta a preocupação dos administradores locais em planejar o crescimento urbano. Assim, os resultados da modelagem podem oferecer subsídios a ações de ordenamento territorial. A área urbana apresenta tendência de crescimento urbano em proporções pequenas se considerada a permanência das características atuais, ou seja, a diminuição do ritmo de expansão urbano-industrial e populacional.

A aplicação prática da modelagem neste estudo permitiu observar que é necessária uma maior quantidade de variáveis espaciais para explicar alterações de uso da terra mais intensas, além de considerar um intervalo de tempo pequeno entre os períodos simulados, o que pode garantir maior confiabilidade nos cenários obtidos.

A modelagem dinâmica espacial mostrou aplicabilidade e possibilidades de muitos benefícios ao planejamento urbano, possibilitando a viabilização de diagnósticos que se referem à calibração e validação do modelo e então a possibilidade de elaboração de prognósticos que podem auxiliar o gestor municipal em sua tomada de decisão. Como ferramenta de análise espacial poderá auxiliar na busca das melhores alternativas

para o ordenamento e crescimento da mancha urbana de modo a distribuir adequadamente a infra-estrutura básica da cidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. M. de. **Modelagem da dinâmica espacial como uma ferramenta auxiliar ao planejamento: simulação de mudanças de uso da terra em áreas urbanas para as cidades de Bauru e Piracicaba (SP), Brasil**, 2003, 351 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

ANDERSON, J. R. et al. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Tradução de Harold Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 80 p.

BARREDO, J. I. et al. Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata. **Landscape and Urban Planning**, v. 64, p. 145-160, 2003.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J.S. de. Representações computacionais do espaço: fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação. **Geografia**, v. 28, n. 1, p. 83 – 96, jan./abr., 2003.

HAGEN, A. Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps. **International Journal Geographical Information Science**, v. 17, n. 3, p. 235-249, 2003.

HEROLD, M. et al. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. **Remote Sensing Environmental**, v.86, p. 286–302, 2003.

RODRIGUES, H. O. et al. Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. p. 3089-3096.

SÃO PAULO (Estado). Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. SEADE. **Informações Municipais: Perfil Municipal**. Disponível em <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil>> Acesso em: 23 março 2006.

SOARES-FILHO, B.S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**, 1998, 299f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

SOARES-FILHO, B. S. et al. DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, v. 154, p. 217-235, 2002.

SOARES-FILHO, B. S. et al. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém-Cuiabá corridor. **Global Change Biology**, n. 10, 2004.

# **GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DA COMPARTIMENTAÇÃO DE RELEVOS ESTRUTURAIS NA CIDADE DE SETE LAGOAS, MINAS GERAIS.**

Autores: Mariana Martins de Carvalho (marianageografia@gmail.com)<sup>1</sup>; Elaine Santiago Ferreira<sup>1</sup> (elainegeo05@yahoo.com.br); Raquel Callegario Zacchi<sup>1</sup> (raquelcallegario@yahoo.com.br), Fábio Soares de Oliveira (fabiosoares@ufv.br)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudantes de graduação em Geografia pela Universidade Federal de Viçosa.

<sup>2</sup> Estudante de pós-graduação pela Universidade Federal de Viçosa.

## **Resumo**

O trabalho tem como tema a utilização do Geoprocessamento no estudo da formação do relevo a partir da análise do contato litológico ardósia-calcário na cidade de Sete Lagoas-MG. O homem, ser dinâmico no espaço geográfico, historicamente necessita se localizar no tempo e espaço. Para isso, a tecnologia do Geoprocessamento é eficaz, porque abarca técnicas de coleta de dados, armazenamento, tratamento de informações espacialmente localizadas. O objetivo é utilizar técnicas de Geoprocessamento para identificar se existe um contato abrupto e conseqüente diferença topográfica entre as rochas calcárias e ardósia (Serra de Santa Helena) em Sete Lagoas. Para esse objetivo foi realizada pesquisa bibliográfica e trabalho de campo com delimitação de um polígono de trabalho utilizando GPS 72 *Garmin*, e elaboração de um modelo digital de elevação com utilização dos *softwares ArcView Gis 3.2* e *ArcGis 9.2* e do banco de dados GEOMINAS 2004. Também foi feita análise perceptiva da área, do solo e das rochas encontradas e elaboração de um quadro-síntese. Obtivemos como resultado, através do modelo digital de elevação, as diferenças significativas de altitude na região, bem como a compartimentação topográfica. Na toposequência delimitada foram coletados 17 pontos, agrupados para análise. Os pontos 1 e 2 de coleta, no alto da Serra de Santa Helena, área de relevo plano. A área que abrange os pontos 3, 4, 5 e 6 representa um patamar de maior inclinação e instabilidade pedogenética. Do ponto 7 ao 10 observou-se encosta mais aplainada com vegetação mais densa, apresentando solo mais desenvolvido. O ponto 13, próximo à baixada possui vegetação mais densa. O ponto 15 apresenta afloramento de mármore, indicando aproximação do calcário, que está rebaixado. O vale do rio corresponde ao ponto 17, mais baixo da toposequência. Marca o encontro da Serra de Santa Helena com a área de menor declividade, de litologia calcária.

Palavras-chave: Geoprocessamento, compartimentação do relevo, contato litológico.

## **Abstract**

The project subject is the use of Geoprocessing in the study of the formation of the terrain from the analysis of the lithologic contact slate-limestone in the city of Sete Lagoas-MG. The man, dynamic being in the geographical space, historically needs to locates himself in the time and space. For it, the technology of Geoprocessing is effective, because it embraces data collection techniques, storage, treatment of information in space located. The objective is to use Geoprocessing techniques to identify if it exists an abrupt contact and consequent topographical difference between the calcareous rocks and slate (Santa Helena's Mountain) in Sete Lagoas. For that objective it was accomplished bibliographical research and field work delimited by a work polygon using GPS 72 *Garmin* , and elaboration of a digital model of elevation using the softwares Arc View Gis 3.2 and Arc Gis 9.2 and the database GEOMINAS 2004. It was also made a perceptive analysis of the area, of the soil, and of rocks that were found there, and elaboration of a picture-synthesis. We obtained as result, through the digital model of elevation, the significant differences of altitude in the area, as well as the topographical compartmentation. In the delimited toposequences 17 points were collected, contained for analysis. The points 1 and 2 of collection, in the high of Santa Helena's Mountain, area of plane terrain. The area that embraces the points 3, 4, 5 and 6 represent a landing of larger inclination

and pedogenetic instability. The points from 7 to 10 were observed leans flatter with denser vegetation, presenting soil more developed. The point 13, close to the slope, possesses denser vegetation. The point 15 presents marble blooming, indicating approach of the limestone, that is lowered. The worth of the river corresponds the point 17, more low of the toposequence. It marks the encounter of Santa Helena's Mountain with the area of smallest steepness, of calcareous geology.

Key Words: Geoprocessing, compartimentation of the terrain, lithologic contact.

## **1. Introdução**

O presente trabalho tem como tema a utilização do Geoprocessamento no estudo da formação do relevo a partir da análise do contato litológico ardósia-calcário na cidade de Sete Lagoas - Minas Gerais. O estudo de caso foi realizado na cidade supracitada, inserida em área de Relevo Cárstico, Grupo Bambuí, sendo, portanto, a constituição litológica predominante. Porém, é onde se encontra a Serra de Santa Helena, constituída de ardósia, o que a torna singular e destacada neste contexto.

Tendo-se tal situação, o objetivo central desse trabalho é utilizar técnicas de Geoprocessamento para identificar se existe um contato abrupto e conseqüente diferença topográfica e das formas de relevo entre as rochas calcárias e a ardósia na cidade de Sete Lagoas, MG. Além disso, foi utilizada a tecnologia GPS para delimitação do polígono de estudo bem como para referência altimétrica em campo. Fazer uso ainda do banco de dados GEOMINAS (2004) para elaboração de um Modelo Digital de Elevação e Perfil Topográfico da área em estudo, a fim de visualizar e ilustrar a significativa diferença altimétrica no contato entre as diferentes litologias (ardósia e calcário) na região de Sete Lagoas-MG.

Geoprocessamento, segundo Alves apud Sá (2001, p.05) “é um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico”. Utiliza ferramentas computacionais denominadas Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que são destinadas ao armazenamento, manipulação e processamento de dados georeferenciados.

As principais fontes de dados do Geoprocessamento são as fotografias aéreas, as imagens de satélites e radar, o GPS (Global Positioning System), os SIG's, os dados cadastrais, o censo do IBGE e os mapas. O Geoprocessamento possui uma variedade de aplicações, dentre elas a cartografia, o planejamento urbano e regional, recursos naturais (como ecologia, geologia, pedologia, geomorfologia), transporte, segurança, comunicação, entre outras (FERNANDES FILHO, 2007).

De acordo com Bigarella *et al* (1994) as rochas da litosfera de nosso planeta são o substrato sobre qual se desenvolve uma imensa variedade de formas de relevo. Essas formas se apresentam de acordo com uma gama de fatores, sendo eles tanto de ordem interna quanto externa. O arcabouço geológico que constitui o nosso planeta é extremamente variado e apresenta grande diversidade regional em função da organização espacial dos elementos geotectônicos. Também o relevo possui diferenças regionais e arranjos condicionados ao substrato sob o qual se encontra, mas nem por isso determinado por ele. Desse modo, formas distintas podem ser originadas do mesmo

arcabouço geológico, indicando a enorme variedade de complexos processos sob ele atuantes.

O município de Sete Lagoas, classificado como cidade média (NOGUEIRA, 1999), encontra-se nas proximidades da região metropolitana de Belo Horizonte, a 60 km da capital mineira, e tem como principais vias de acesso a BR 040 e a MG 424. O município encontra-se na região dos calcários do Grupo Bambuí, constituído por calcários cinzentos intercalados por mármore acinzentado (Formação Basal ou Sete Lagoas) e ardósias sobrepostas ao calcário (Formação Santa Helena).

O relevo cárstico compreende um conjunto de feições topográficas específicas envolvendo aspectos morfológicos originados do processo de dissolução das rochas calcárias ou dolomíticas. De acordo com Bigarella *et al* (1994) a gênese e evolução de um carste é o resultado de um conjunto de vários fatores de ordem interna e externa, dentre eles a litologia, a estratigrafia, a tectônica, o paleoclima, o clima atual e o recobrimento florístico.

Uma das características mais marcantes de áreas cársticas é a presença predominante de drenagem de sentido vertical e subterrânea (criptorréica) seguindo fendas, condutos e cavernas. A paisagem cárstica apresenta aspectos ruiformes e esburacados desenvolvidos sobre o material litológico desgastado pelo processo de dissolução. Assim, o modelado cárstico não segue os princípios normais do modelado de erosão, possuindo identidade própria: “A evolução deste relevo implica em considerar a ação de um conjunto de processos onde a dissolução é de extraordinária importância” (BIGARELLA *et al.* 1994, p. 244).

A ardósia, rocha constituinte da Serra de Santa Helena, é uma rocha metasedimentar de baixo grau metamórfico e granulação muito fina, indistinta, constituída de muscovita, clorita e quartzo. Pode preservar a estratificação sedimentar e apresenta clivagem ardosiana (TEIXEIRA, W. *et al.* 2003). A Serra de Santa Helena é uma formação resultante do processo de metamorfismo, configurando uma feição regional presente na cidade de Sete Lagoas, constituindo um maciço rochoso de ardósia inserido em uma área onde predomina a formação cárstica.

A cidade apresenta, de maneira geral, relevo constituído por colinas suaves, côncavo-convexas, e altimetria média entre 700 e 800 metros. As cotas mais baixas encontram-se no extremo norte do município e o ponto de maior altitude encontra-se na Serra de Santa Helena, a noroeste da cidade, de acordo com dados da Prefeitura Municipal de Sete Lagoas.

O homem enquanto ser dinâmico, inserido no espaço geográfico, historicamente necessita se localizar no tempo e no espaço. Espacialmente, esta prioridade está relacionada tanto aos seus objetivos básicos, como simplesmente saber onde está e para onde vai, como para suprir suas intenções, curiosidades e novas demandas emergentes com a sociedade moderna. Estas demandas surgem no intuito de auxiliar o desenvolvimento, de maneira racional e ordenada, das atividades humanas realizadas no espaço. Para atender essas necessidades, a tecnologia do Geoprocessamento é a mais recente e eficaz, uma vez que abarca um conjunto de técnicas de coleta de dados, armazenamento e tratamento de informações espacialmente localizadas.

A utilização do Sistema de Posicionamento Global (GPS) permite a delimitação da área de estudo através de pontos precisamente localizados no espaço, onde foram coletados dados de interesse para o objetivo em questão. Acrescenta-se a isto a elaboração do Modelo Digital de Elevação que possibilita uma visualização ampla da área, através de uma análise relacionada ao contexto de ocorrência do contato litológico.

É importante destacar também que a escala de estudo constitui um instrumento bastante revelador das peculiaridades existentes nas diferentes formações de relevos da Terra. Vale ressaltar que grandes contribuições são fornecidas pelos estudos realizados em escalas mais abrangentes, mas que por seu próprio caráter tende a generalizar importantes informações para conhecimento mais específico sobre as áreas que se deseja conhecer e atuar. Assim, estudos em escalas locais são importantes para uma infinidade de objetivos, dentre eles o planejamento ambiental e o uso e ocupação do solo, levando em consideração seus riscos e aptidões.

Tendo em vista que o saber científico de nada adianta se não for aplicado para o bem comum, este trabalho apresenta-se como forma de ajudar na proteção ambiental da região. A APA (Área de Proteção Ambiental) presente na área estudada, poderia se utilizar de dados coletados neste trabalho para ajudar no gerenciamento do Parque da Cascata, no alto da Serra de Santa Helena. Conhecer melhor sua área de competência otimizaria o planejamento das atividades realizadas no Parque.

## 2. Metodologia

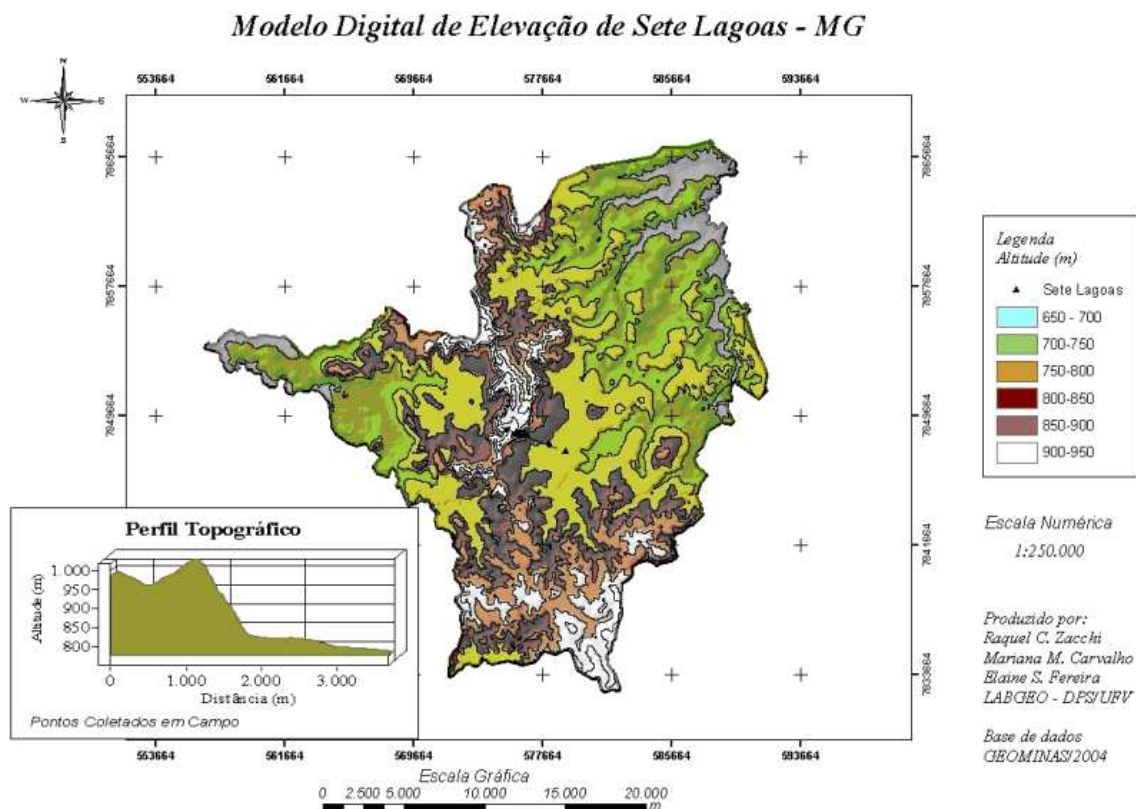
Para atingir os objetivos dessa pesquisa foram efetuados os seguintes procedimentos metodológicos:

- 2.1. Pesquisa bibliográfica em livros e artigos referentes à temática, a fim de levantar o arcabouço teórico que sirva de base para o desenvolvimento do trabalho. Esta pesquisa foi realizada na Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa e em bibliotecas digitais;
- 2.2. Elaboração e uso de um modelo digital de elevação feito nos *softwares ArcView Gis 3.2 e ArcGis 9.2* utilizando-se como base de dados o banco GEOMINAS (2004), com objetivo de obter uma visão ampla e integrada da área em questão, ilustrando a diferença topográfica;
- 2.3. Visita técnica à cidade de Sete Lagoas, Minas Gerais, na Serra de Santa Helena, onde se encontra o contato litológico em estudo;
- 2.4. Delimitação do polígono/ área de trabalho com utilização de GPS *72 Garmin*, a fim de detalhar a área e de coletar dados de interesse a esse trabalho;
- 2.5. Registros fotográficos da área de estudo com o objetivo de ilustrar a variação topográfica e demais elementos encontrados na área de trabalho;
- 2.6. Coleta de rocha/solo na área de estudo, quando houver, com o objetivo de identificar o contato litológico;
- 2.7. Análise perceptiva e visual da área, do solo e das rochas encontradas a fim de fazer as interpretações adequadas da relação existente no contato litológico em questão.



### 3. Resultados e Discussão

Através do modelo digital de elevação, observado a seguir, é possível perceber as diferenças de altitude encontradas na região, bem como a compartimentação topográfica presente.



Com o auxílio do GPS foi delimitado um polígono de estudo, objetivando observar a mudança topográfica da região. O trajeto para a demarcação de tal polígono teve seu início no sopé da Serra de Santa Helena, subindo em direção ao seu interflúvio. Dando seqüência ao trajeto, percorreu-se parte do interflúvio onde se iniciou uma toposequência. Esta toposequência consistiu na descida da vertente onde houve coleta de amostras (rocha e solo), observações visuais e registros fotográficos. Estes são os elementos base para análise do tema proposto para este trabalho.

Na toposequência foram coletados 17 pontos. No entanto, para efeito de significância, os pontos foram agrupados e relacionados no quadro a seguir.

A partir dos resultados obtidos, pode-se elaborar algumas questões relacionadas ao objetivo do trabalho. O ponto 01 de coleta refere-se ao alto da Serra de Santa Helena, sendo esta área caracterizada por relevo plano, a 1015 m de altitude. Por ser plano, este

é um ambiente favorável à atividade pedogenética, não sendo possível encontrar rocha exposta à superfície, e sim, solo. O solo coletado é claro, amarelado, de textura fina, argilosa, com estrutura em blocos e presença de minerais primários facilmente intemperizáveis. Nesse local, ainda foi coletado o ponto 02, com características semelhantes ao supracitado.

A área que abrange os pontos 03, 04, 05 e 06 tem a presença de afloramento de saprolito de ardósia, representando um patamar de maior inclinação e conseqüente instabilidade pedogenética. O solo encontrado é róseo e levemente acinzentado devido à recente queimada no local.






A partir do ponto 07, passando pelos pontos 08, 09 e 10, observa-se que a encosta assume uma feição mais aplainada, o que a torna uma área de acumulo de água e sedimentos. A vegetação, nesses pontos, é mais densa e de maior porte, reflexo de um solo mais desenvolvido.

O ponto 13 encontra-se próximo à baixada. A inclinação da vertente começa a diminuir em razão da proximidade do sopé. Por ser mais plana, essa superfície apresenta vegetação mais densa e solo com estrutura mais bem definida. No ponto seguinte, 14, não houve coleta de material, e sim, registro fotográfico representativo da baixada, evidenciando a transição entre a serra e o plano da cidade de Sete Lagoas. Os registros fotográficos respondem bem às expectativas do trabalho, uma vez que mostram de forma clara e evidente a diferença de declividade e morfologia da região.

O ponto 15 apresenta afloramento de mármore (calcário metamorfizado) indicando a aproximação da região calcária, que se apresenta mais rebaixada devido ao intemperismo químico, através do processo de dissolução como é mencionado por Bigarella (1994).

O vale do rio é representado pelo ponto 17. Esta área é o ponto mais baixo da toposequência. Marca o encontro da Serra de Santa Helena, de formação litológica ardósia, com a área de menor declividade encontrada sobre a litologia calcária. Observam-se aí as diferentes respostas ao processo erosivo das litologias calcário-ardósia. Como afirma Bigarella et al (1994), o calcário sofre processo de dissolução, sendo que os efeitos do intemperismo sobre ele ocorrem de forma mais intensa nas condições físicas e ambientais presentes nessa área, o que o torna, em comparação à ardósia, mais susceptível ao desgaste.

**QUADRO ILUSTRATIVO DOS ELEMENTOS DA TOPOSEQUÊNCIA**

<b>Altitudes (m)</b>	<b>Posição na Paisagem: foto representativa</b>	<b>Amostras</b>	<b>Características</b>
1015- 1006		1 e 2	Topo da serra; Posição aplainada; Sem rocha exposta; Solo bem desenvolvido; Vegetação rasteira.
965-942		3-6	Declive acentuado; Saprolito de ardósia; Solo pouco desenvolvido.
931-872		7-11	Levemente inclinado; Afloramento de ardósia; Solo bem desenvolvido; Vegetação arbórea;
873-846		12-16	Próximo à baixada; Pouca inclinação; Vegetação densa; Solo estruturado; Afloramento de mármore;
825-827		17 e 18	Plano da cidade; Baixada aplainada;

#### **4. Conclusão**

O trabalho de campo foi de grande utilidade para a comprovação da hipótese inicial deste trabalho. A partir da análise dos resultados obtidos nesse estudo, constatou-se como verdade o fato de a transição das diferentes litologias existentes entre da Serra de Santa Helena e a cidade de Sete Lagoas ocorrer de forma abrupta. Isso se deve à diferença na constituição de cada unidade litológica presente na área estudada.

Contatou-se ainda, a relação das diferentes formas de relevo resultantes nesta área. Há uma diferença de altitude na área do contato entre as duas litologias, sendo que a área de declividade mais elevada (Serra de Santa Helena) pode ser designada como relevo residual, a área do entorno foi rebaixada, através de processo de erosão diferencial, por ser composta por ardósia, mais resistente à erosão que o calcário. A área rebaixada é o local onde se encontra a cidade de Sete Lagoas, formada por calcário, rocha de pouca resistência e passível ao processo de dissolução. Nesse sentido, na área urbana da cidade encontram-se formas específicas, típicas de regiões cársticas, como as dolinas e poljés.

#### **Agradecimentos**

Sabendo-se que nenhum trabalho pode ser realizado sem apoio, agradecemos a nossas caras amigas Josiane Tristão e Karoline Delpupo, cuja participação foi indispensável e valiosa.

## Referências Bibliográficas

- ADAS, Melhem. **Panorama geográfico do Brasil**: contradições, impasses e desafios socioespaciais. 3.Ed. Reform. São Paulo: Moderna, 1998.
- BIGARELLA, João José *et al.* **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Ed. UFSC, Florianópolis: 1994.
- CARRIJO, Beatriz Rodrigues. Cartografia Geomorfológica com Base em Níveis de Dissecção do Relevo no Médio Curso do Rio Araguari-MG. **Caminhos de Geografia**. Disponível em [http://www.ig.ufu.br/caminhos\\_de\\_geografia.html](http://www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html)  
Acesso em: 16 nov. 2007.
- CHOUDHURI, Asit. **Rochas metamórficas**. Departamento de Geologia e Recursos Naturais. Instituto de Geociências - UNICAMP. Campinas, SP.  
Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br>. Acesso em: 28 nov. 2007.
- FERNANDES FILHO, E. I. **Apresentação de slides em sala de aula referente à disciplina Introdução ao Geoprocessamento**. Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2007.
- KOHLER, Heinz Charles. Geomorfologia Cárstica. In: **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Orgs: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. 2. Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro: 1995.
- NOGUEIRA, Marly A Autonomia de uma cidade média Sete Lagoas (MG). **Geografia**, Rio Claro, v. 24, n.1, p.85-104, abr. 1999.
- SÁ, Clebson Alves. **Mapeamento de declividades voltado para o controle de processos erosivos em sítios florestais**. Monografia (especialização - Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais), 2001.
- TEIXEIRA, Wilson *et al* (orgs). **Decifrando a Terra**. Oficina de Textos. São Paulo: 2003.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SETE LAGOAS - **Perfil da cidade**. Disponível em: <http://www.setelagoas.mg.gov.br/> Acesso em: 05 jun. 2007

# O USO DAS GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO CEARÁ

Daniel Dantas Moreira Gomes<sup>1</sup>, [dandantas.labgeo@gmail.com](mailto:dandantas.labgeo@gmail.com)

Djenane Regina Maia de Lima<sup>2</sup>, [djenanerml@gmail.com](mailto:djenanerml@gmail.com)

Maria Lúcia Brito da Cruz<sup>3</sup>, [mlbc@uece.br](mailto:mlbc@uece.br)

Lúcia Maria Silveira Mendes<sup>4</sup>, [lucia@uece.br](mailto:lucia@uece.br)

## RESUMO

A região de estudo compreende os municípios cearenses que situa-se no semiárido possuindo assim características específicas e tornando o ambiente vulnerável e mais suscetível a focos de incêndios. A ação antrópica com o uso das queimadas é considerado uma prática rudimentar que contribui para uma maior degradação do meio natural. Forma-se diante deste fato a necessidade de se buscar um manejo sustentável que propicie uma melhor inter-relação homem x natureza no uso dos recursos naturais. O objetivo desse trabalho foi através da Geotecnologia monitorar e mapear os focos de incêndio nos municípios do estado do Ceará entre os anos de 2000 a 2006. Os procedimentos metodológicos incluíram levantamento bibliográfico e cartográfico, mapeamento e tabulação dos focos de calor e para divisão do estado em zonas de Jurisdição foi utilizado a divisão do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. O uso das geotecnologias, com o emprego da tecnologia de sensoriamento remoto e o sistema de informação geográfica foi de fundamental importância, para a elaboração do trabalho, manipulação e tratamento dos dados cartográficos. Como resultado final foi gerado o mapeamento com a localização das ocorrências de focos de calor de todos os anos, possibilitando, assim, a identificação dos locais mais propícios a ocorrência de focos de calor e trazendo conhecimento para que se possa ter subsídios para a implementação de políticas governamentais que minimizem esses problemas. Os mapas foram de fundamental importância para o conhecimento da distribuição dos focos em todo o território cearense, sendo possível identificar a Jurisdição de Iguatu como a mais problemática, ficando em todos os anos em primeiro lugar no número de ocorrências. E a Jurisdição de Aracati com o menor número de ocorrências em todos os anos.

**Palavras chave:** Geotecnologia, Monitoramento, Focos de Calor.

## RESUMEN

La región de estudio comprende los municipios cearenses que se sitúan en el semiárido poseyendo así características específicas y tornando el ambiente vulnerable y más susceptible a focos de incendios. La acción antrópica con el uso de las quemadas es considerado una práctica rudimental que contribuye para una mayor degradación del medio natural. Se forma delante de este hecho la necesidad de buscarse un manejo sustentable que propicie una mejor inter-relación hombre x naturaleza en el uso de los recursos naturales. El objetivo de este trabajo fue a través de la Geotecnología monitorar y mapear los focos de incendio en los municipios del Estado del Ceará entre los años de 2000 y 2006. Los procedimientos metodológicos incluyeran examen

---

<sup>1</sup> Aluno do curso de graduação em Bach. Geografia da Universidade Estadual do Ceará – UECE e bolsista de iniciação científica da FUNCAP;

<sup>2</sup> Graduada em Licenciatura em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará – UECE e aluna de graduação em bach. Geografia ;

<sup>3</sup> Professora Msc. do curso de Geografia da UECE.

<sup>4</sup> Professora Doutora da UECE.

bibliográfico y cartográfico, mapeamento y tabulación de los focos de calor y para la división del estado en área de jurisdicción fue utilizado la división del Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Renovables. El uso de las geotecnologías, con el empleo de la tecnología del **sensoriamento** remoto y el sistema de información geográfica fue de fundamental importancia, para la elaboración del trabajo, manipulación y tratamiento de los datos cartográficos. Como resultado final fue generado el mapeamiento con la localización de las ocurrencias de focos de calor de todos los años, posibilitando, así, la identificación de los locales más propicios a ocurrencia de focos de calor y trayendo conocimiento para que se pueda tener subsidio para la implementación de las políticas gubernamentales que disminuya esos problemas. Los mapas fueron de fundamental importancia para el conocimiento de la distribución de los focos en todo el territorio cearense, sendo posible identificar la Jurisdicción de Iguatu como la más problemática quedando en todos los años en primer lugar en el número de ocurrencias. Y la Jurisdicción de Aracati con el menor número de ocurrencias en todos los años.

Palabras clave: Geotecnología, monitoramiento y focos de calor.

## 1 - INTRODUÇÃO

Nesse início do século, o mundo começa a sentir os problemas provocados pelo uso dos recursos naturais de forma indiscriminada e predatória. Torna-se urgente e de fundamental importância o início de uma gestão adequada desses recursos, onde possamos minimizar os problemas provocados pela relação sociedade/natureza e buscarmos um caminho para sustentabilidade.

O Estado do Ceará ocupa um território de 148.016 km<sup>2</sup> entre as coordenadas de 3°49'30'' e 7°52'15'' Lat. S e entre 37°14'54'' e 41°24'55'' Long. W. Gr. Cerca de 92% desse território, ou seja, 136.335 km<sup>2</sup>, acham-se inseridos no semi-árido (FUNCEME, 1993).

Segundo Souza (2000), “O Estado do Ceará tem a quase totalidade de seu território submetido ao clima semi-árido quente que ainda representa o principal condicionante desfavorável ao aproveitamento de seus recursos naturais. Assim é que as chuvas, além de muito irregulares, são caracterizadas pela incerteza, com antecipações, retardamentos ou ausência quase absolutas, configurando situações de seca”.

Apresentando irregularidades de chuvas temporo-espaciais e uma predominância fitogeográfica da caatinga, podemos destacar como processo de degradação dos recursos naturais as intervenções antrópicas no meio natural, que de forma rudimentar faz uso do solo, e através das queimadas faz a limpeza do terreno para plantio, essa forma de limpeza quando não controladas, gera condições de risco para ampliação de áreas, tomando grandes proporções, provocando grandes perdas para a biodiversidade local, empobrecimento dos solos facilitando a ação erosiva.



Souza (op. cit.) comenta que, “O impacto do antropismo através da presença do homem como povoador e como predador tendeu, ao longo do tempo, a provocar desequilíbrios ambientais cuja maior ou menor intensidade é distinta nas diversas unidades geossistêmicas. É fato reconhecido que o homem, ao povoar o espaço, busca retirar o máximo dos recursos naturais disponíveis. Para isso, utiliza técnicas muitas vezes inapropriadas e dependentes do nível cultural e de desenvolvimento da sociedade. A tecnologia rudimentar, além de retardar o processo do desenvolvimento, contribui para acelerar ou reativar processos de degradação cujos efeitos se fazem sentir a curto, médio ou longo prazos.”

O uso de geotecnologia se mostra muito eficiente para a avaliação e dimensionamento dos impactos ambientais e sociais causados por queimadas, para isso foi utilizado tecnologias com base no Sistema de Informações Geográficas, aliado a dados disponibilizados pelos satélites NOAA, que vem auxiliar na localização e mapeamento desses focos de calor como indicador das áreas de queimadas, aos quais permite aplicação de um plano de monitoramento desses locais, buscando desse modo contribuir para a prevenção e preservação dos recursos naturais em todo o estado.

O objetivo desse trabalho foi monitorar e mapear os focos de incêndio nos municípios do estado do Ceará entre os anos de 2000 a 2006.

## **2-METODOLOGIA**

Os procedimentos metodológicos incluíram levantamento bibliográfico e cartográfico, mapeamento e tabulação dos focos de calor e do uso da Geotecnologia para o processamento dos dados.

O levantamento bibliográfico permitiu identificar e avaliar a melhor metodologia passível de adequações para o objeto de estudo, dentre os quais destaca-se Câmara (2006) quando propõem uma taxonomia para caracterizar os problemas de análise espacial, sendo do tipo de Padrões Pontuais.

Para o conhecimento e identificação dos limites estaduais foi utilizado os limites disponível pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, no caso dos limites municipais do estado foi utilizado a base cartográfica do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, e para divisão do estado em zonas de Jurisdição foi utilizado a divisão do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.



Para um melhor conhecimento e monitoramento foi utilizado os dados do satélite NOAA 12 (National Oceanic and Atmospheric Administration), que possibilitam a obtenção de dados meteorológico durante três vezes ao dia e três vezes a noite, esses satélites são equipados com um sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer / Radiômetro Avançado de Resolução Muito Alta) que possuem um resolução espacial de 1.1 x 1.1 km, possui banda do infravermelho sensível a variação de temperatura.

O satélite citado possui múltiplos usos dentre os quais, para avaliar a distribuição de temperatura sobre o mar e a terra, mostrando-se muito úteis para o monitoramento de queimadas.

É importante ressaltar que o sensor AVHRR não irá detectar focos de incêndios e sim focos de calor, tudo que está sobre a superfície terrestre que possuiu uma temperatura superior a 47°C maior que 1 metro de altura e 1100x1100 metros de área é registrado pelo sensor. Essa informação foi de fundamental importância para a escolha do satélite NOAA-12, pois o mesmo passa pela órbita do Ceará entre 19 h e 20:40 h, nesse horário já é noite, caracterizando tudo que está acima de 47°C um foco de incêndio.

Foi feita tabulação dos dados do NOAA 12 para elaboração e identificação da localização dos focos de calor de cada ano (2000 a 2006), elaborando uma base cartográfica localizando os lugares de ocorrência dos focos de calor. Baseado nessas informações a escolha para a elaboração de mapas desses anos e identificando as Jurisdições mais suscetíveis.

O mapeamento dos focos de calor foi realizado em ambiente SIG, utilizando recursos dos Softwares SPRING 4.1 e ArcGis 8.0.

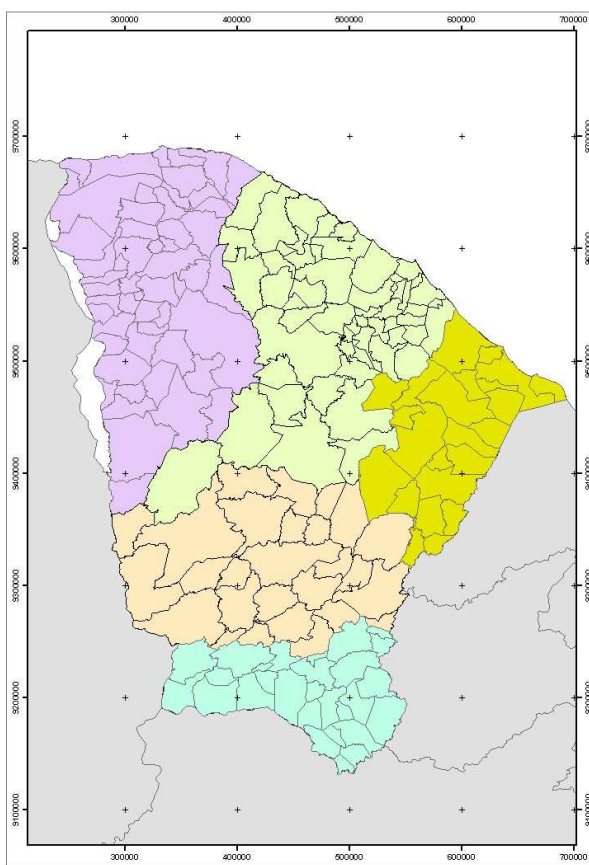
### **3-RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A natureza é base para a sobrevivência do homem e ao longo desses últimos anos busca-se promover um desenvolvimento que integre a economia e o ambiente como forma de possibilitar melhores condições de vida sem que haja necessariamente a degradação do meio natural.

No estado do Ceará a agricultura é feita de modo itinerante e com uso de queimadas tem reduzido a biodiversidade e também exposto o solo aos efeitos da erosão, portanto sendo necessário o estudo das áreas atingidas como forma de evitar maiores problemas para o ecossistema.

Utilizando dados obtidos foi possível criar um banco de dados, realizar o cruzamento das informações disponíveis, quantificando os focos de calor distribuídos durante os anos.

O Estado do Ceará ocupa um território de 148.016 km<sup>2</sup>, onde é distribuído por 184 municípios, para uma melhor identificação dos locais de maior número de ocorrência de focos de calor, o Estado foi dividido seguindo a metodologia do IBAMA / PrevFogo - CE onde é dividido por Jurisdição do IBAMA dentro do Estado, conforme a Figura 01.



**Figura 01 – Mapa de localização da área em estudo**

Nessa divisão o Estado é composto por cinco Jurisdições que são: a de Aracati composta por 22 municípios, a Jurisdição do Crato com 28 municípios, a Jurisdição de Fortaleza com 55 municípios, a Jurisdição de Iguatu com 27 municípios e a Jurisdição de Sobral com 52 Municípios, de acordo com o quadro 01 a seguir.

**Quadro 01 – Distribuição dos municípios pelas jurisdições do IBAMA segundo o programa PrevFogo**

Número	Jurisdição Aracati	Jurisdição do Crato	Jurisdição de Fortaleza	Jurisdição de Iguatu	Jurisdição de Sobral

001	BEBERIBE	LAVRAS DA MANGABEIRA	ITAPIPOCA	PEDRA BRANCA	JIJOCA DE JERICOACOARA
002	FORTIM	BAIXIO	AMONTADA	SENADOR POMPEU	CRUZ
003	ARACATI	IPAUMIRIM	TRAIRI	TAUA	ACARAU
004	MORADA NOVA	CAMPOS SALES	PARAIPABA	SOLONOPOLE	CAMOCIM
005	PALHANO	ASSARE	PARACURU	MILHA	ITAREMA
006	RUSSAS	FARIAS BRITO	MIRAIMA	MOMBACA	BARROQUINHA
007	IBARETAMA	GRANJEIRO	TURURU	QUITERIANOPOLIS	BELA CRUZ
008	ICAPUI	AURORA	SAO GONCALO DO AMARANTE	PIQUET CARNEIRO	CHAVAL
009	ITAICABA	CARIRIACU	CAUCAIA	JAGUARIBE	GRANJA
010	JAGUARUANA	ALTANEIRA	URUBURETAMA	DEPUTADO IRAPUAN PINHEIRO	MARCO
011	IBICUITINGA	POTENGI	UMIRIM	ACOPIARA	MARTINOPOLE
012	LIMOEIRO DO NORTE	BARRO	SAO LUIS DO CURU	PARAMBU	SENADOR SA
013	QUIXERE	SALITRE	IRAUCUBA	QUIXELO	MORRINHOS
014	TABULEIRO DO NORTE	CRATO	ITAPAGE	OROS	URUOCA
015	SAO JOAO DO JAGUARIBE	NOVA OLINDA	PENTECOSTE	ARNEIROZ	SANTANA DO ACARAU
016	JAGUARETAMA	SANTANA DO CARIRI	FORTALEZA	CATARINA	VICOSA DO CEARA
017	ALTO SANTO	ARARIPE	TEJUCUOCA	ICO	MASSAPE
018	JAGUARIBARA	MILAGRES	MARACANAU	IGUATU	MORAUJO
019	IRACEMA	JUAZEIRO DO NORTE	EUSEBIO	SABOEIRO	TIANGUA
020	POTIRETAMA	MISSAO VELHA	AQUIRAZ	JUCAS	COREAU
021	PEREIRO	MAURITI	APIUARES	AIUABA	ALCANTARAS
022	ERERE	BARBALHA	MARANGUAPE	CEDRO	MERUOCA
023		ABAIARA	PACATUBA	CARIUS	SOBRAL
024		BREJO SANTO	ITAITINGA	UMARI	FRECHEIRINHA
025		PORTEIRAS	GENERAL SAMPAIO	VARZEA ALEGRE	FORQUILHA
026		JARDIM	CASCABEL	TARRAFAS	UBAJARA
027		JATI	GUAUIUBA	ANTONINA DO NORTE	GROAIRAS
028		PENAFORTE	PINDORETAMA		CARIRE
029			HORIZONTE		MUCAMBO
030			PARAMOTI		IBIAPINA
031			CARIDADE		SANTA QUITERIA
032			CANINDE		PACUJA
033			PALMACIA		GRACA
034			PACAJUS		SAO BENEDITO
035			PACOTI		RERIUTABA
036			GUARAMIRANGA		VARJOTA
037			ACARAPE		CARNAUBAL
038			REDENCAO		GUARACIABA DO NORTE
039			MULUNGU		PIRES FERREIRA
040			CHOROZINHO		IPU
041			BATURITE		HIDROLANDIA
042			BARREIRA		CROATA
043			ARACOIABA		IPUEIRAS
044			CAPISTRANO		CATUNDA
045			ARATUBA		NOVA RUSSAS

046			OCARA		TAMBORIL
047			ITATIRA		PORANGA
048			ITAPIUNA		ARARENDA
049			CHORO		MONSENHOR TABOSA
050			QUIXADA		IPAPORANGA
051			BOA VIAGEM		CRATEUS
052			MADALENA		NOVO ORIENTE
053			QUIXERAMOBIM		
054			BANABUIU		
055			INDEPENDENCIA		

Fonte: Dados IBAMA / PrevFogo

Foi observado através dos dados obtidos que no ano de 2000 houve um total 2213 focos de incêndio em todo o estado do Ceará, conforme pode ser observado na figura 02 e 03. Os focos se concentram nos meses de Agosto a Dezembro, num total de 2145 no estado, que representa 96,93% do total do ano, visto que são meses de pouca ou nenhuma precipitação e aliado ao aumento de temperatura e diminuição da umidade nesse período, possibilita uma propagação maior do fogo que é usado pelos agricultores como método de limpeza da terra para o plantio. No mês de Maio não houve ocorrências de focos de incêndio.

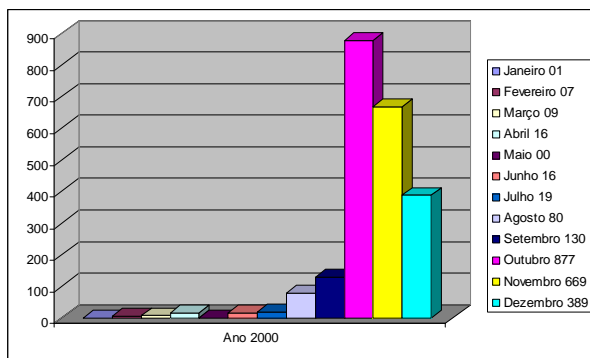


Figura 02 – Focos de incêndios no Estado do Ceará 2000

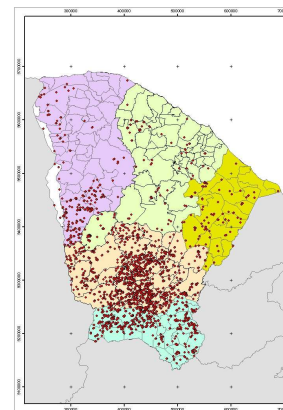
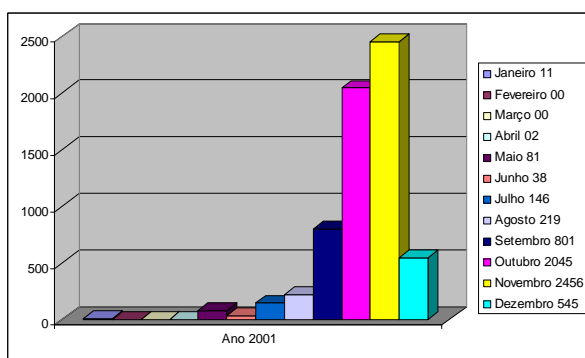


Figura 03 – Mapa de localização das ocorrências de focos de incêndios no ano 2000

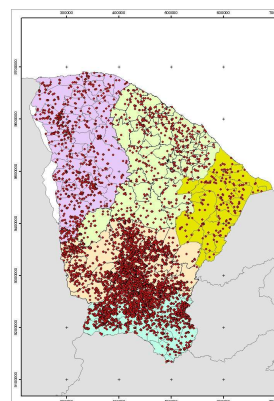
No ano de 2000 ocorreu o maior número de focos na jurisdição de Iguatu com 6344 focos em todo o ano. Na jurisdição de Aracati foi onde ocorreu o menor número com 79 focos, já na jurisdição do Crato ocorreram 493 focos, na jurisdição de Fortaleza tiveram 116 focos e na jurisdição de Sobral ocorreram 209 focos. Tal fato podem estar

associado diretamente aos altos índices pluviométricos previsto para aquele ano, estimulando o agricultor a plantar, e acaba promovendo queimadas.

Foi observado que no ano de 2001, conforme a figura 04 e 05, que houve um aumento considerável no número de focos de incêndio com um total 6344 focos em todo o estado do Ceará, representando um aumento de 287% em relação ao ano anterior. Os focos se concentram nos meses de Julho a Dezembro, num total de 6212 no estado, que representa 98% do total do ano. Os meses de Fevereiro e Março não houve ocorrências de focos de incêndio.



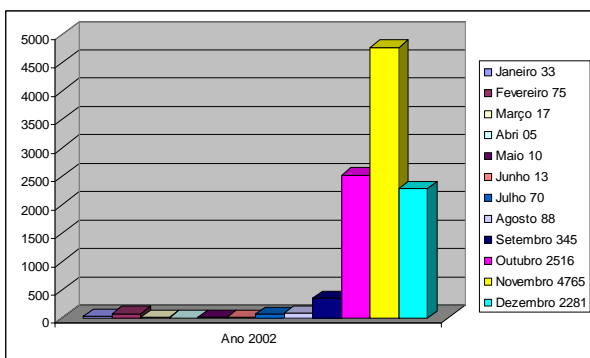
**Figura 04 – Focos de incêndios no Estado do Ceará 2001**



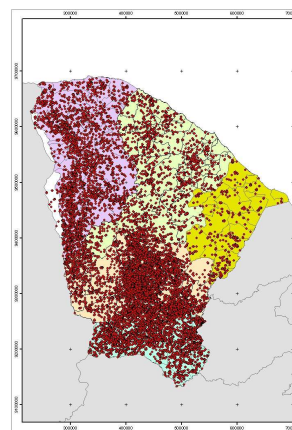
**Figura 05 – Mapa de localização das ocorrências de focos de incêndios no ano 2001**

No ano de 2001 ocorreu o maior número de focos na jurisdição de Iguatu com 3393 focos em todo o ano. Na jurisdição de Aracati foi onde ocorreu o menor número com 163 focos, já na jurisdição do Crato ocorreram 1437 focos e na jurisdição de Fortaleza tiveram 579 focos e na jurisdição de Sobral ocorreram 769 focos.

Foi observado que no ano de 2002 houve um aumento considerável no número de focos de incêndio com um total 10218 focos em todo o estado do Ceará (figura 06 e 07), representando um aumento de 62% em relação ao ano anterior. Os focos se concentram nos meses de Setembro a Dezembro, num total de 9907 no estado, que representa 97% do total do ano. Todos os meses houve focos de incêndio destacando Novembro com o maior número de casos 4765 focos.



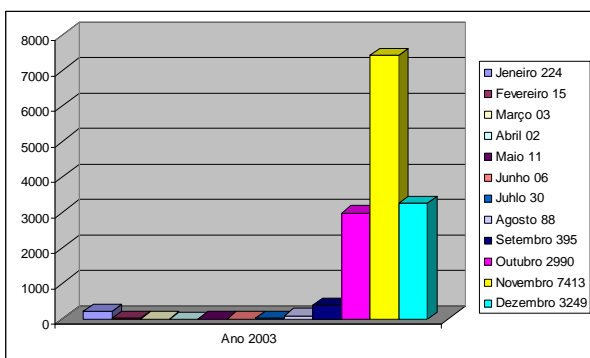
**Figura 06 – Focos de incêndios no Estado do Ceará 2002**



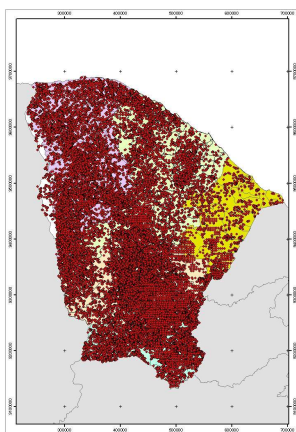
**Figura 07 – Mapa de localização das ocorrências de focos de incêndios no ano 2002**

No ano de 2002 ocorreu o maior número de focos na jurisdição de Iguatu com 6803 focos em todo o ano. Na jurisdição de Aracati foi onde ocorreu o menor número com 363 focos, já na jurisdição do Crato ocorreram 2692 focos, na jurisdição de Fortaleza tiveram 1870 focos e na jurisdição de Sobral ocorreram 3571 focos.

Foi observado que no ano de 2003 foi o ano com maior número de ocorrências de focos de incêndio com um total 14426 focos em todo o estado do Ceará (figura 08 e 09), representando um aumento de 70% em relação ao ano anterior. Os focos se concentram nos meses de Outubro a Dezembro, num total de 13652 no estado, que representa 95% do total do ano. Todos os meses houve focos de incêndio destacando Novembro com o maior número de casos 7413 focos.



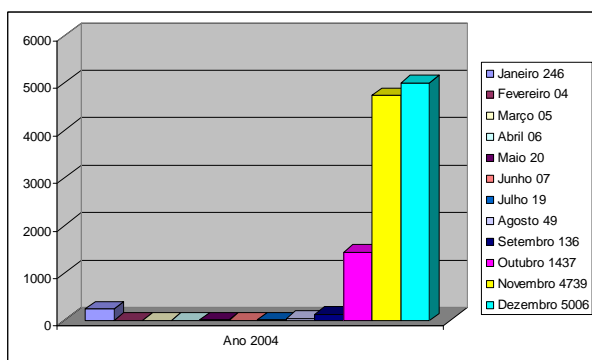
**Figura 08 – Focos de incêndios no Estado do Ceará 2003**



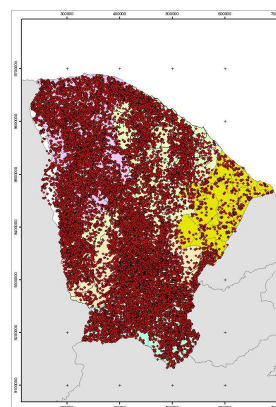
**Figura 09 – Mapa de localização das ocorrências de focos de incêndios no ano 2003**

Como podemos constatar no ano de 2003 ocorreu o maior número de focos na jurisdição de Iguatu com 12599 focos em todo o ano. Na jurisdição de Aracati foi onde ocorreu o menor número com 1466 focos, já na jurisdição do Crato ocorreram 5687 focos, na jurisdição de Fortaleza tiveram 7357 focos e na jurisdição de Sobral ocorreram 10367 focos.

Foi observado que no ano de 2004 houve uma diminuição no número de focos de incêndio com um total 11674 focos em todo o estado do Ceará (figura 10 e 11). Os focos se concentram nos meses de Janeiro e de Outubro a Dezembro, num total de 11428 no estado, que representa 98% do total do ano. Todos os meses houve focos de incêndio destacando Dezembro com o maior número de casos 5006 focos.



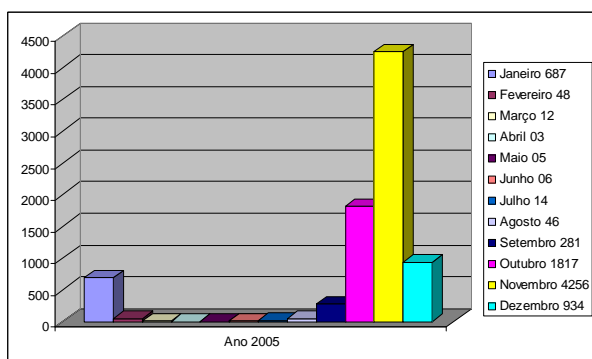
**Figura 10 – Focos de incêndios no Estado do Ceará 2004**



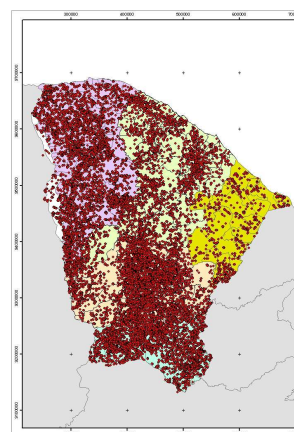
**Figura 11 – Mapa de localização das ocorrências de focos de incêndios no ano 2004**

No ano de 2004 ocorreu o maior número de focos na jurisdição de Iguatu com 9965 focos em todo o ano. Na jurisdição de Aracati foi onde ocorreu o menor número com 1234 focos, já na jurisdição do Crato ocorreram 4649 focos, na jurisdição de Fortaleza tiveram 7809 focos e na jurisdição de Sobral ocorreu 12056 focos.

Foi observado que no ano de 2005 continua caindo a ocorrência de focos de incêndio no estado do Ceará com um total 8109 focos em todo o ano (figura 12 e 13). Os focos se concentram nos meses de Janeiro e de Setembro a Dezembro, num total de 7975 focos no estado, que representa 98% do total do ano. Todos os meses houve focos de incêndio destacando Novembro com o maior número de casos 4256 focos.



**Figura 12 – Focos de incêndios no Estado do Ceará 2005**

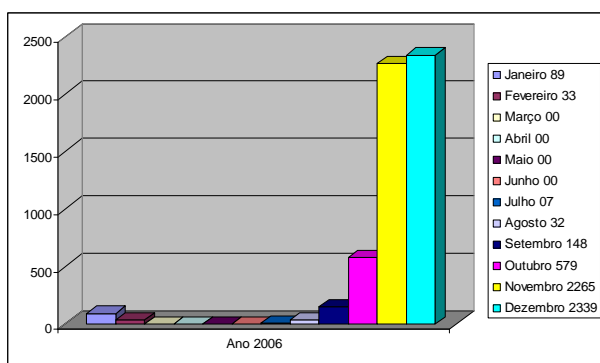


**Figura 13 – Mapa de localização das ocorrências de focos de incêndios no ano 2005**

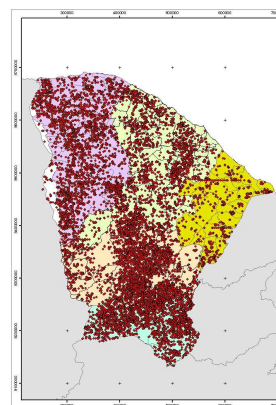
No ano de 2005 ocorreu o maior número de focos na jurisdição de Iguatu com 7002 focos em todo o ano. Na jurisdição de Aracati foi onde ocorreu o menor número com 811 focos, já na jurisdição do Crato ocorreram 3501 focos, na jurisdição de Fortaleza tiveram 4192 focos e na jurisdição de Sobral ocorreram 6997 focos.

Foi observado que no ano de 2006 continua caindo o número de ocorrências de focos de incêndio no estado do Ceará com um total 5492 focos em todo o ano (figura 14 e 15). Os focos se concentram nos meses de Janeiro e de Setembro a Dezembro, num total de 7975 focos no estado, que representa 98% do total do ano. Em quatro meses não houve focos de incêndio, Março, Abril, Maio e Junho, e em Dezembro houve o maior numero de ocorrências no ano com 2339 focos.





**Figura 14 – Focos de incêndios no Estado do Ceará 2006**



**Figura 15 – Mapa de localização das ocorrências de focos de incêndios no ano 2006**

No ano de 2006 ocorreu o maior número de focos na jurisdição de Iguatu com 4759 focos em todo o ano. Na jurisdição de Aracati foi onde ocorreu o menor número com 639 focos, já na jurisdição do Crato ocorreram 2728 focos, na jurisdição de Fortaleza tiveram 3158 focos e na jurisdição de Sobral ocorreram 3788 focos.

## Conclusões

O uso das geotecnologias, com o emprego da tecnologia de sensoriamento remoto e o sistema de informação geográfica foi de fundamental importância, para a elaboração do trabalho, manipulação e tratamento dos dados cartográficos.

Os mapas foram de fundamental importância para o conhecimento da distribuição dos focos de incêndio em todo o território cearense, sendo possível identificar a Jurisdição de Iguatu como a mais problemática, ficando em todos os anos em primeiro lugar no número de ocorrências. E a Jurisdição de Aracati com o menor número de ocorrências em todos os anos.

Destaca-se que as regiões identificadas apresentam em um ambiente marcado pela semi-aridez gerando naturalmente uma dependência social das atividades agrícolas, demandando a prática de técnicas rudimentares.

Como resultado final foi gerado o mapeamento com a localização das ocorrências de focos de incêndios de todos os anos, possibilitando, assim, a identificação dos locais mais propícios a ocorrência de incêndios e trazendo

conhecimento para que se possa ter subsídios para a implementação de políticas governamentais que minimizem esses problemas .

### **Referências bibliográficas**

ASSAD, E. D. e SANO, E. E. Sistemas de informações geográficas. Aplicações na agricultura. 2ª edição, Brasília: EMBRAPA, 1998, 434p.

CRACKNELL, A. P. et. al. Remote sensing in meteorology, oceanography and hydrology. England: Ellis Horwood Limited, 1981, 542p.

FERREIRA, N. J. et. al. Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIROS-N. São Paulo: Oficina de Textos, 2004, 271p.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 2ª edição, São Paulo: EDITORA EDGARD BLÜCHER LTDA., 1998, 308p.

ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar, Juiz de Fora/MG: Ed. do Autor, 2000, 220p.

SOUZA, M. J. N. et. al. Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza: FUNECE, 2000, p. 07-104.

SOUZA, R. B. et. al. Oceanografia por Satélites. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, 336p.

SWAIN, P. H e DAVIS, S. M. Remote sensing: the quantitative approach. USA: West Lafayette. Ind., 1978, 396p.

Sites consultados:

[www.cptec.inpe.br/queimadas](http://www.cptec.inpe.br/queimadas)

[www.funceme.br](http://www.funceme.br)

[www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)

[www.inpe.br/gilberto/tutoriais/fundamentos](http://www.inpe.br/gilberto/tutoriais/fundamentos)

[www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br)

# O USO DE GEOTECNOLOGIAS LIVRES PARA A ANÁLISE E MAPEAMENTO DA GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DA BAICA HIDROGRÁFICA DO CAXITORÉ - CEARÁ

Daniel Dantas Moreira Gomes<sup>1</sup>, [dandantas.labgeo@gmail.com](mailto:dandantas.labgeo@gmail.com)

Djenane Regina Maia de Lima<sup>2</sup>, [djenanerm1@gmail.com](mailto:djenanerm1@gmail.com)

Maria Lúcia Brito da Cruz<sup>3</sup>, [mlbc@uece.br](mailto:mlbc@uece.br)

## RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de analisar e mapear a bacia hidrográfica do Caxitoré, buscando considerar as características físicas e a geomorfologia fluvial da bacia. O geoprocessamento é uma importante ferramenta cartográfica que possibilita uma melhor análise visual e numérica nas modificações na paisagem, este integra em um único banco de dados informações numéricas e espaciais, possibilitando o cruzamento e a sobreposição dessas informações que são determinantes para o entendimento das evoluções espaciais e temporais entre diferentes fenômenos ocorrido em uma bacia hidrográfica. Foi utilizado como principal ferramenta de análise e mapeamento da área em estudo, tecnologias com Softwares livres (open source), em um ambiente Linux Ubuntu, com o emprego do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas e GvSIG (Generalitat Valenciana). O mapeamento foi feito em uma escala de 1:75000, utilizado a metodologia adaptada por Christofletti, a escolhida para caracterizar a drenagem, em virtude do seu caráter descritivos relacionados com as leis de composição da drenagem, e como resultado foram elaborados mapas de um escala 1:150000 com o Software GvSIG. Na interpretação dos produtos de sensoriamento remoto, a bacia hidrográfica apresentou uma área de 1303 km<sup>2</sup>, onde seus limites foram demarcados pelos divisores de água da região, situados nos pontos mais altos das nascentes, sendo identificados com o auxílio das curvas de níveis geradas a partir da SRTM, passando assim pelos municípios de Irauçuba, Tejuçuoca, Itapagé, Pentecoste e Umirim, onde deságua no rio Curu. As geotecnologias com os softwares livres (open source) foram de fundamentais importâncias para o desenvolvimento da pesquisa, podendo ser usadas de forma livre pelos alunos e pesquisadores, facilitando, assim, a propagação do conhecimento e o desenvolvimento tecnológico, disponibilizando as geotecnologias a todos que desejam utiliza-la de forma gratuita.

**Palavras chave:** Bacia Hidrográfica, Mapeamento, Geoprocessamento

## RESUMEN

El presente trabajo tiene el objetivo de analizar y mapear la bacía hidrográfica del Caxitoré, buscando considerar las características físicas y la geomorfología fluvial de la bacía. El geoprosesamiento es una importante herramienta cartográfica que posibilita una mejor análisis visual es numérica en las modificaciones en el paisaje, este pone en un único banco de datos información numéricas y espaciales, posibitando el cruzamiento y la superposición de esas informaciones que son, determinantes para el entendimiento de las evoluciones espaciales y temporales entre distintos fenómenos ocurridos en una bacía hidrográfica. Fue utilizado como principal herramienta de análisis y mapeamento de la área en estudio, tecnologías con principal

---

<sup>1</sup> Aluno do curso de graduação em Bach. Geografia da Universidade Estadual do Ceará – UECE e bolsista de iniciação científica da FUNCAP;

<sup>2</sup> Graduada em Licenciatura em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará – UECE e aluna de graduação em bach. Geografia ;

<sup>3</sup> Professora Msc. do curso de Geografia da UECE.

Softwares libres (open source), en un ambiente Linux Ubuntu, con empleo de el Sistema de Procesamiento de informaciones Georreferenciadas y GvSIG (Genralitat Valeciana). El mapeamento fue hecho en una escala de 1:75000, utilizando la metodologia adaptada por Christofolletti, la seleccionada para caracterizar el drenaje, en virtud de su carácter descriptivo relacionados con las leyes de composición del drenaje, y como resultado fueran elaborados mapas de una escala 1:150000 con el Software GvSIG. En la interpretación de los productos de sensoriamento remoto, la bacía hidrográfica presentó una área de 1303 km<sup>2</sup>, donde sus límites fueron demarcados por los divisores del água de la región, situados en los puntos más altos de las nacentes, sendo identificados con el auxilio de las curvas de niveles gerencia a partir de la SRTM, pasando por los municipios de Irauçuba, Tejuçuoca, Itapagé, Pentecoste y Umirim, donde deságua en el río Curu. Las geotecnologias con los softwares libres(open source) fueron de fundamentales importancia para el desarrollo de la pesquisa, pudiendo ser usadas de forma libre por los alumnos y pesquisadores, facilitando, así, la propagación del conocimiento y del desarrollamiento tecnológico, disponibilizando las geotecnologias a todos que desean utilizarla de forma gratuita.

**Palabra llave: Bacía hidrográfica, mapeamiento y geoprociamiento.**

## **1-OBJETIVOS**

O presente trabalho tem o objetivo de analisar e mapear a bacía hidrográfica do Caxitoré, buscando considerar as características físicas e a geomorfologia fluvial da bacía dentre destacamos os seguinte:

- Delimitou-se a bacía visando a análise da área e comprimento da bacía;
- Caracterizou-se a densidade e hierarquia da drenagem, buscando a definição dos processos erosivos, em função do uso e ocupação que se estabelecem em um ambiente da área da bacía;
- Definiu-se a declividade e compartimentando o relevo, na bacía para fins de avaliação e das indicações de uso e ocupação de acordo com o SNUC.
- Utilizando como ferramenta as geotecnologias livres, com o emprego do sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográficas para análise e mapeamento da geomorfologia fluvial da bacía do Caxitoré;
- Foram gerados mapas considerando as características físicas da bacía.

## **2-REFERÊNICAL TEÓRICO CONCEITUAL**

Sendo a bacia hidrográfica um conjunto de terras que são drenadas por um rio principal, onde a quantidade e qualidades da água que atinge esse rio refletem diretamente as características físicas e sociais do uso e ocupação da área da bacia, possuindo assim característica que a individualizam, é de fundamental importância o entendimento de sua dinâmica, esta, só é possível com o conhecimento de variáveis geométricas, lineares, de área e hipsométrica, para uma análise espacial dos elementos da paisagem.

Segundo Bigarella (1965, 2007), a geometria de um sistema fluvial reflete um estado de equilíbrio entre vários fatores interrelacionados de uma bacia hidrográfica. A geomorfologia Fluvial é definida segundo Christofolletti como:

“Um estudo dos processos e das formas e relacionadas com o escoamento dos rios, estes, constituem um importante elemento no processo morfogenético, determinante na formação e modelado da paisagem terrestre”.  
(CHRISTOFOLLETTI -1980).

O geoprocessamento é uma importante ferramenta cartográfica que possibilita uma melhor análise visual e numérica nas modificações na paisagem, este integra em um único banco de dados informação numéricas e espaciais, possibilitando o cruzamento e a sobreposição dessas informações que são determinantes para o entendimento das evoluções espaciais e temporais entre diferentes fenômenos ocorrido em uma bacia hidrográfica.

### **3 - METODOLOGIA**

Foi utilizado como principal ferramenta de análise e mapeamento da área em estudo, tecnologias com Softwares livres (open source), em um ambiente Linux Ubuntu, com o emprego do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING 4.3) e GvSIG (Generalitat Valenciana). Também foram utilizadas imagens disponíveis pelo Programa CBERS Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres, do satélite CBERS-2 e CBERS-2B, esses dois satélites apresentam o sensor CCD com as mesmas características, sendo utilizado duas cenas (151\_104 e 151\_105 datadas de 07/07/2007) do satélite CBERS-2 e outra cena (152\_104 datada de 30/10/2007) do satélite CBERS-2B. Para análise altimétrica foram utilizadas duas cenas (SA-24-Y-D e SB-24-V-B) do Shuttle Radar Topografia Mission (SRTM) disponibilizadas pela EMBRAPA.

As três imagens do CBERS 2 e 2B foram georreferenciadas com o sistema de projeção geográfica South American Datum 1969 e mosaicadas para facilitar à análise da bacia, dos dados altimétricos, as curvas de níveis e a declividade foram geradas a partir da SRTM.

Foi feito um campo na área da bacia para reconhecimento prévio da área a ser mapeada, onde foi utilizado um GPS Garmin Etrex para georreferenciar os principais recursos naturais.

O mapeamento foi feito em uma escala de 1:75000, utilizado a metodologia adaptada por Christofolletti (1980), *apud* Strahler (1952) a escolhida para caracterizar a drenagem, em virtude do seu caráter descritivos relacionados com as leis de composição da drenagem, e como resultado foram elaborados mapas de um escala 1:150000 com o Software GvSIG.

Para facilitar a análise e unificar as estruturas de dados, foi montado no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) um banco de dados (Gerenciado por DBASE), onde foi possível integrar e manipular imagens e dados disponíveis, adequando e analisando-as de forma que padecemos atender as necessidades do trabalho.

### 3.1 - INTEGRAÇÃO DE DADOS

Dentro desse banco de dados foram gerados dois tipos de projetos, o de Processamento de Imagens Digitais e o outro de Integração de Dados e Análise Espacial.

### **3.1.1- Processamento de Imagens Digitais**

Nesse projeto foi possível melhorar os aspectos visuais e estruturais das imagens de sensoriamento remoto de nível orbital. Nesse projeto as imagens passaram por três processos; o pré-processamento, realce e Registro.

No pré-processamento, as imagens foram carregadas no projeto, na mesma forma em que foram disponibilizadas pelo INPE, sem nenhuma modificação no sistema de projeção geográfica original. Essa imagem passou por um primeiro processo de eliminação de possíveis ruídos, causados por falhas e limitações do sistema eletrônico do sensor, objetivando retirada de possíveis pontos (pixels) com níveis de cinza escuros e saturados. No passo seguinte elas foram submetidas a um processo de restauração, com o objetivo de realizar uma correção radiométrica e corrigir distorções inseridas pelo sensor óptico, como resultado desse passo tivemos uma melhoria expressiva no produto final, onde o pixel do sensor CCD do satélite CBERS 2 e 2B, passou de uma resolução espacial de 20 metros para 10 metros melhorando muito o aspecto visual da imagem.

No realce a imagens foi ajustada possibilitando a melhoria de brilho, cor e saturação melhorando o aspecto visual.

No registro a imagem sofreu um processo de transformação geométrica, adequando-as ao sistema de coordenadas geográfica do banco de dados e do trabalho, sendo depois exportada para o segundo projeto onde foi interpretada.

As cenas do Shuttle Radar Topografia Mission (SRTM), disponibilizadas pela EMBRAPA, também foram mosaicadas e exportadas para o segundo projeto.

### **3.1.2- Integração de Dados e Análise Espacial.**

No projeto de integração de dados foi onde os dados espaciais e não-espaciais foram unificados e analisados de formas integradas possibilitando o reconhecimento e identificação das variáveis ambientais.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A bacia hidrográfica do rio Caxitoré se localiza no estado do Ceará, em uma região marcada pela semi-aridez, situada entre as coordenadas  $4^{\circ}06'20,46''$  e  $3^{\circ}36'38,71''$  de latitude sul e  $39^{\circ}50'17,08''$  e  $39^{\circ}16'33,29''$  de longitude oeste, sendo esta uma das principais sub-bacias do Rio Curu.

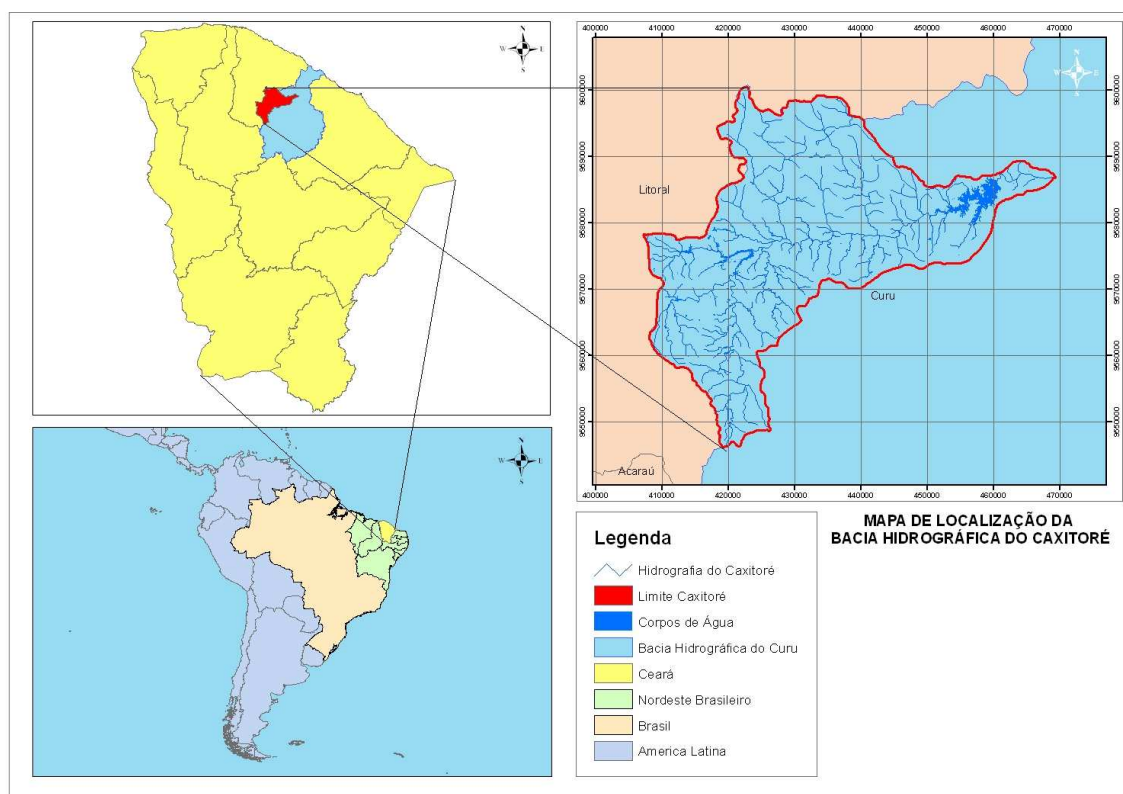


Figura 01 – Hierarquia Fluvial da Bacia hidrográfica do Caxitoré

#### 4.1-CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA

Situada na região natural segundo Souza(2000), dos sertões centro norte do Estado do Ceará na porção setentrional da serra de Uruburetama, a bacia hidrográfica do Caxitoré é marcada por um clima semi-árido, onde os índices pluviométricos variam em torno de 600 a 800 mm de acordo com FUNCEME(2007). Apresentando assim, um nível de intermitência, devido a má distribuição das chuvas e da concentração durante o ano nos meses de março, abril e maio, dando aos rios esse



caráter permanente de intermitente, onde o maior período do ano encontram-se seco, salvo os drenado pelos açudes criados na área da bacia para o armazenamento de água.

Segundo Strahler(1952), a hierarquia fluvial foi elaborada com o objetivo de estabelecer uma classificação dos cursos de água da bacia hidrográfica. Onde os canais menores que não possuíam atributos foram classificados como de primeira ordem, estendendo-se de da nascente até a confluência; já os canais de segunda ordem surgem da confluência dos canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência dos canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência dos canais de terceira ordem, podendo recebe de todas as outras ordem; e finalmente os canais de quinta ordem que surgem da confluência de dois canais de quarta ordem conforme figura 02.

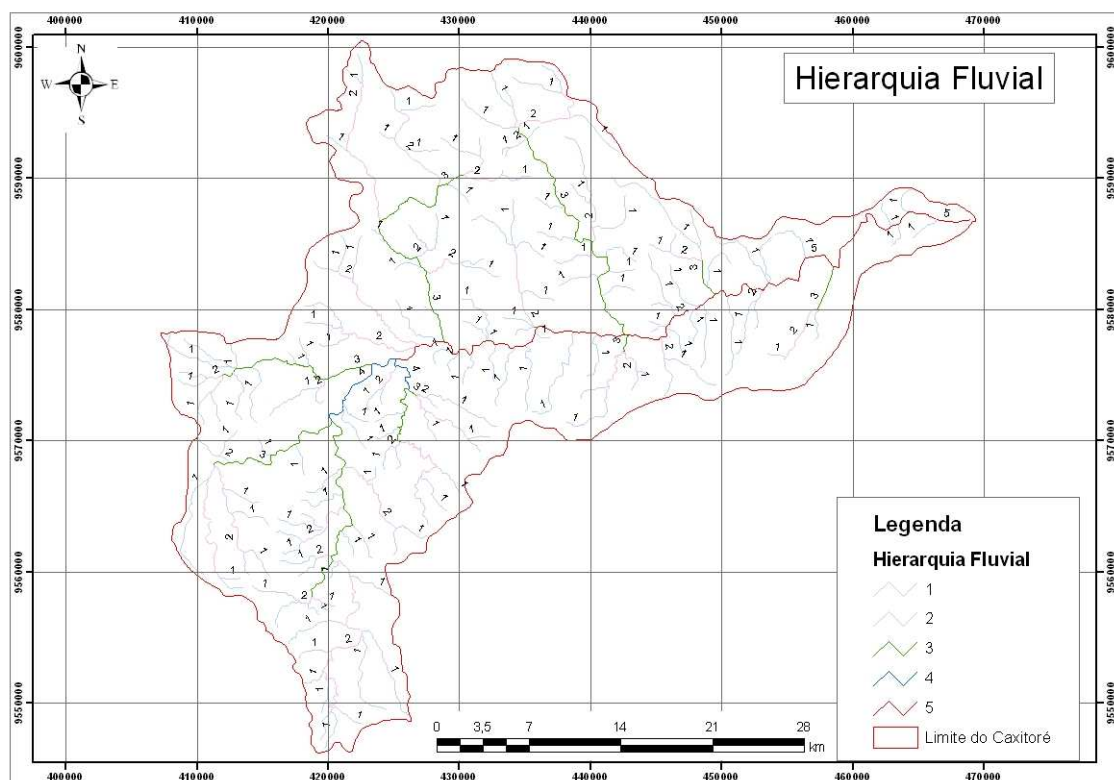


Figura 02 – Hierarquia Fluvial da Bacia hidrográfica do Caxitoré

Na interpretação dos produtos de sensoriamento remoto, a bacia hidrográfica apresentou uma área de 1303 km<sup>2</sup>, onde seus limites foram demarcados pelos divisores de água da região, situados nos pontos mais altos das nascentes, sendo identificados com o auxílio das curvas de níveis geradas a partir da SRTM, passando

assim pelos municípios de Irauçuba, Tejuçuoca, Itapagé, Pentecoste e Umirim, onde deságua no rio Curu, possuindo o comprimento de 74,44 km em linha reta, desde a nascente até a foz, onde durante o seu percurso apresenta uma forma bastante sinuosa, sendo assim, classificado o seu principal canal fluvial como meândrante.

A rede de drenagem foi classificada como dendrítica, bastante influenciada pela preponderância de rochas do embasamento cristalino, onde a rede de canais foi classificada por uma ordem hierárquica de primeira à quinta ordem. Onde 160 tributários foram classificados como de primeira ordem, 36 tributários de segunda ordem, 13 de terceira, 2 de quarta e finalmente 1 de quinta ordem correspondendo ao leito principal da bacia hidrográfica.

A imagem SRTM (figura 03) disponibilizou o modelo numérico do terreno, onde foi possível gerar curvas de níveis de 50 metros, a partir dessa base podemos identificar a diferença altimétrica em toda a bacia hidrográfica. Possuindo uma diferença altimétrica marcante, variando de 60 metros ao nível do mar até 1080 metros de altitude, no município de Itapagé localizado no maciço de Uruburetama.

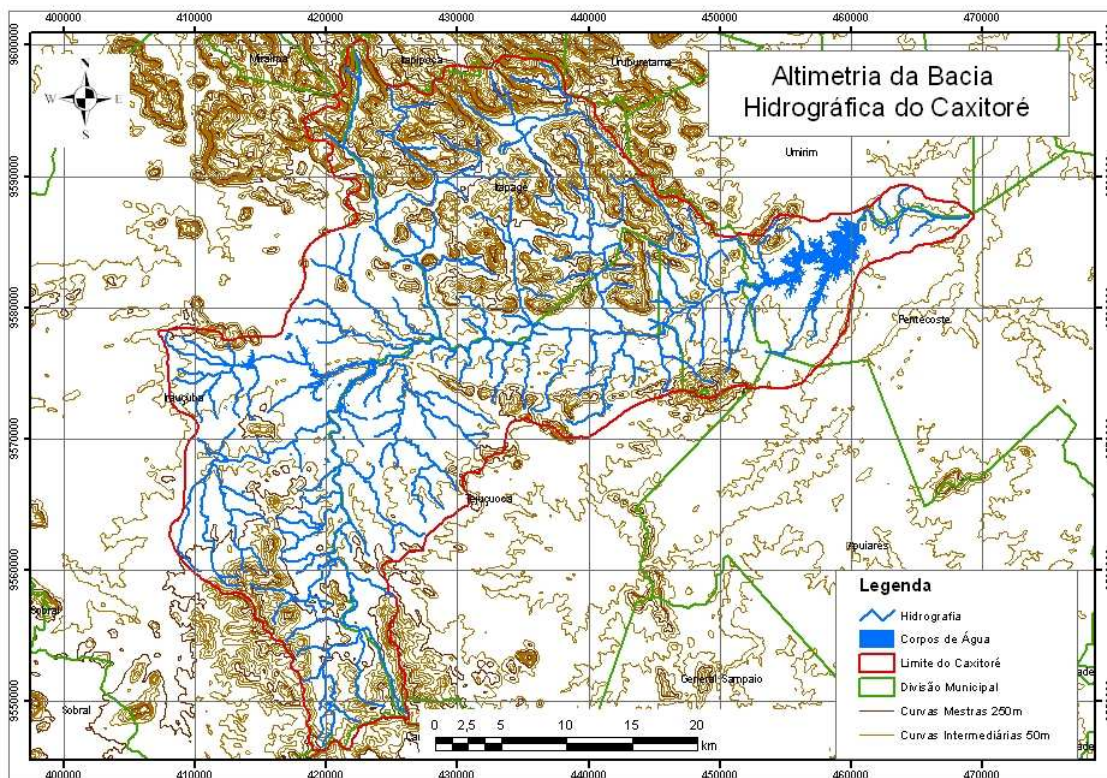


Figura 03 – Variação altimétrica segundo a imagem SRTM-NASA Bacia hidrográfica do Caxitoré

## 4.2 – DECLIVIDADE VERSUS COMPROMETIMENTO AMBIENTAL

Segundo o Sistema nacional de Unidades de conservação da Natureza, SNUC, Lei n. 9.985/2000, que dispõem sobre as áreas protegidas por terem atributos ambientais que recebem tratamento diferenciado, estabelece no Art. 2º as áreas consideradas de preservação permanente, onde no seu item E leva em consideração as encostas ou partes destas com declividade superior a 45° equivalente a 100% na linha de maior declive, sendo está áreas de preservação permanente (APP) protegidas por essa lei, destacadas em vermelho conforme figura 04.

Levando em consideração o SNUC e a importância das áreas de proteção permanente, gerou-se a declividade de toda a bacia hidrográfica, a partir, das curvas de nível e do modelo digital do terreno, onde foram agregado as nomenclatura de “Relevo Plano” as áreas com declividade variando de 0° a 3° de declividade, de “Suave Ondulado” as áreas com declividade variando 3° a 8°, de “Ondulado” de 8° a 15°, “Forte Ondulado” de 15° a 25° , “Montanhoso” de 25,° a 45° e finalmente de “Escarpado” área de declividade maior que 45°, permitindo a hierarquização do uso e ocupação na área da bacia conforme podemos observar na tabela 01.

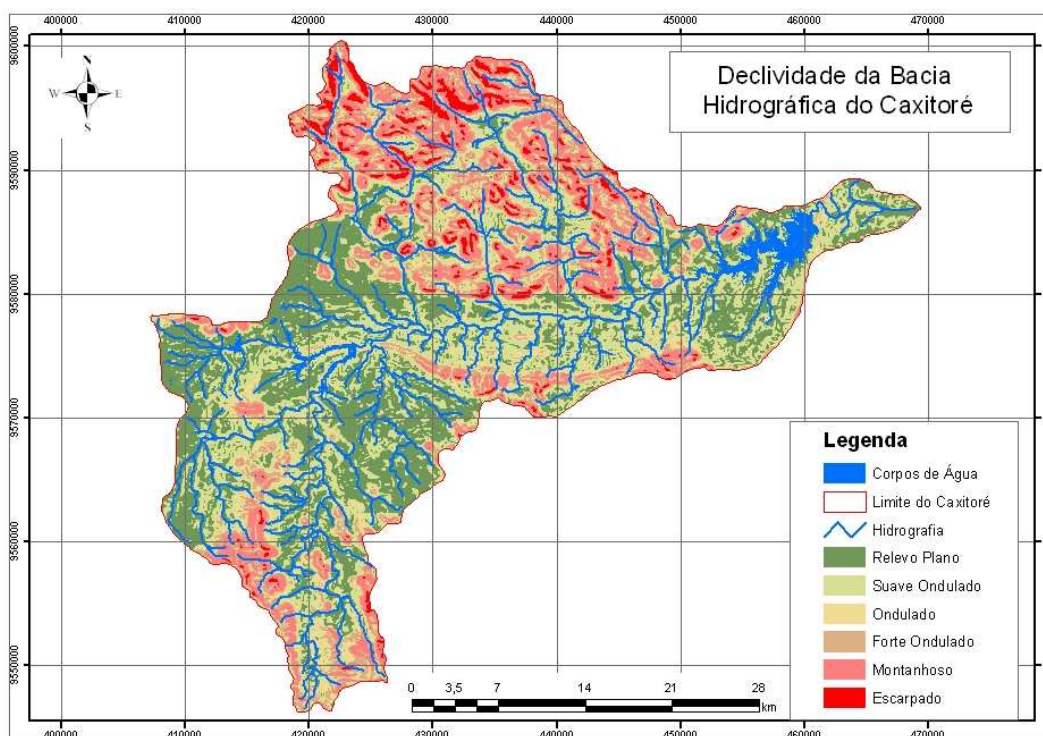


Figura 04 – Mapa de declividade da Bacia hidrográfica do Caxitoré, para fins de hierarquização do uso.

TABELA 01 – Classificação do relevo por área



Classes	Perímetro km	Área (km <sup>2</sup> )	Área (Ha)
Relevo Plano	3023	416,7492	41674,92
Suave Ondulado	4302	393,6193	39361,93
Ondulado	2659	123,6617	12366,17
Forte Ondulado	2716	131,5349	13153,49
Montanhoso	1988	194,9039	19490,39
Escarpado	490	43,31931	4331,931

Fonte: Dados gerados na análise da declividade da bacia

#### 4.3 – COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO VESUS INDICAÇÃO DE USO

Com a análise da declividade e as classes de relevo anteriormente definidas podemos constatar que a bacia hidrográfica apresenta maior área correspondente ao relevo plano o que equivale ao ambiente natural da depressão, que na estão caracterizados por sertões de Pentecoste, sertões degradados de Irauçuba e os sub-úmidos de Umirim/Itapajé,.

Considerando a foram caracterizados os ambientes distribuídos na bacia, permitindo uma avaliação criteriosa quanto a indicação de uso conforme a figura 05 e Quadro 01.

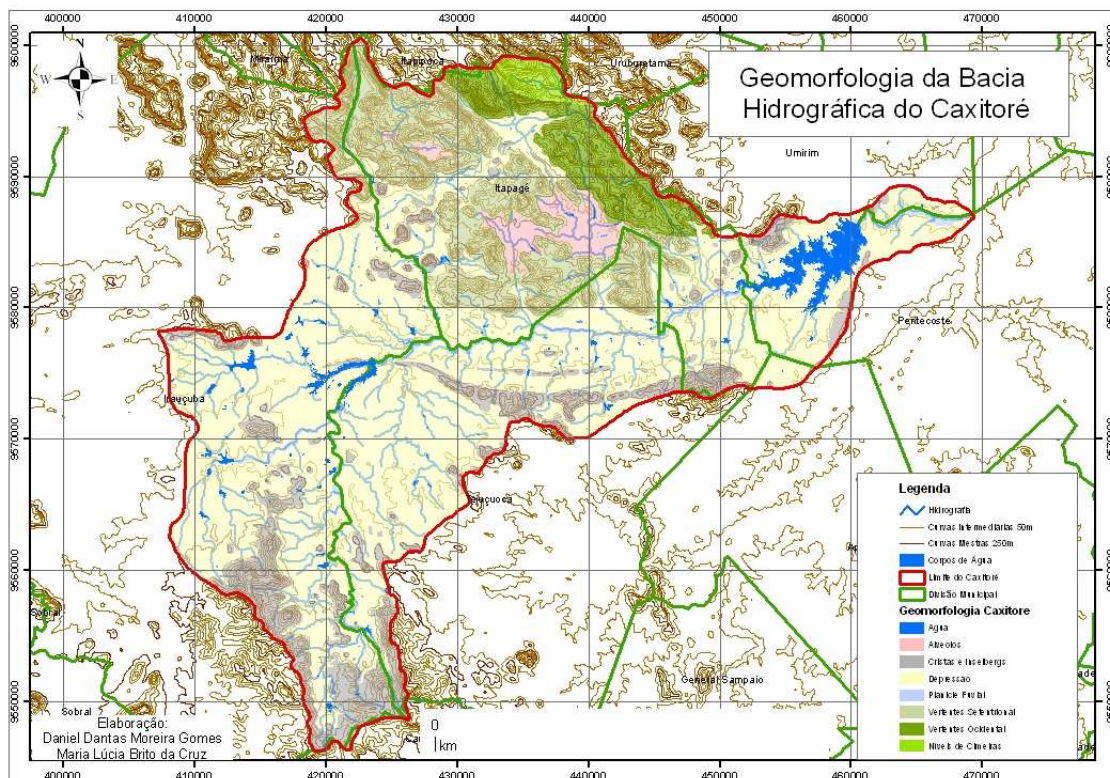


Figura 05- Caracterização dos ambientes segundo a compartimentação do relevo

Analisando a declividade e a altimetria verificamos que a bacia hidrográfica do Caxitoré apresentou 62% em sua área, uma variação de Relevo Plano a Suave Ondulado, onde caracterizou um ambiente de depressão sertaneja, por ser uma região com baixo índice de declividade e por está na parte mais baixa da bacia hidrográfica, sendo classificada, na figura 04, como depressão, já na declividade que varia de Ondulado a Forte ondulado o relevo foi compartimentado como sendo cristas e inselbergs, estando inserido dentro da depressão sertaneja, mais apresentando uma topografia, altimetria e declividade diferencial da depressão. O Maciço de Uruburetama foi onde foi possível observar os maiores índices de declividade e altitude, sendo classificada como vertente ocidental onde a declividade e a topografia apresentaram uma maior homogeneidade, de vertente setentrional, onde a declividade e a topografia era mais acidentado e heterogênia e de níveis de cimeira para as nascentes com declividade superior a 45%.

<b>Ambientes</b>	<b>Classe do relevo</b>	<b>Classes de declividade</b>	<b>Indicação de uso</b>
<b>Níveis de cimeiras</b>	Escarpado	maior que 45°	<b>Restritivas pela legislação</b>
<b>Vertentes setentrional e ocidental / cristas</b>	Montanhoso	25 ° a 45°	<b>Manejo e Tecnologias Adequadas</b>
	Forte Ondulado	15° a 25°	<b>Manejo Controlado</b>
<b>Inselbergs</b>	Ondulado	8° a 15°	<b>Requer Manejo</b>
<b>Depressão dissecada</b>	Suave	3° a 8°	<b>Uso Livre</b>
	Ondulado		
<b>Depressão</b>	Relevo Plano	0° a 3°	<b>Uso livre</b>

Quadro 01 –Distribuição dos ambientes segundo a compatimentação do relevo

## 5 - CONCLUSÕES

O SPRING 4.3 e o GvSIG atenderam todas as necessidades demandadas para o desenvolvimento do trabalho, de forma bastante estável e eficaz. As imagens de sensoriamento remoto disponibilizadas pelo INPE, dos satélites CBERS 2 e 2B, a SRTM pela EMBRAPA, foram fundamentais para a análise do ambiente terrestre, sendo estas atuais e de boas resolução espacial para o desenvolvimento do trabalho.

O trabalho de campo foi de fundamental importância para o reconhecimento prévio da bacia, sendo este feito com o auxílio do mosaico feito com as imagens CBERS, câmera digital e GPS, onde foram georreferenciados os principais acidentes naturais contidos na área de estudo.

As geotecnologias com os softwares livres (open source) foram de fundamentais importâncias para o desenvolvimento da pesquisa, podendo ser usadas de forma livre pelos alunos e pesquisadores, facilitando, assim, a propagação do conhecimento e o desenvolvimento tecnológico, disponibilizando as geotecnologias a todos que desejam utiliza-la de forma gratuita.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, E. D. e SANO, E. E. Sistemas de informações geográficas. Aplicações na agricultura. 2ª edição, Brasília: EMBRAPA, 1998, 434p.

CÂMARA, G.; Druck, Set; Carvalho, M.S.; Monteiro, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, EMBRAPA, 2004

CRACKNELL, A. P. et. al. Remote sensing in meteorology, oceanography and hydrology. England: Ellis Horwood Limited, 1981, 542p.

FERREIRA, N. J. et. al. Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIROS-N. São Paulo: Oficina de Textos, 2004, 271p.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 2ª edição, São Paulo: EDITORA EDGARD BLÜCHER LTDA., 1998, 308p.

ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar, Juiz de Fora/MG: Ed. do Autor, 2000, 220p.

SOUZA, M. J. N. et. al. Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza: FUNECE, 2000, p. 07-104.

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

STRAHLER, Arthur N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosion al topography. Geol. Soc. America Bulletin, 63(10):1117-1142, 1952.

\_\_\_\_\_. Dimensional analysis applied to fluvial eroded landforms. Geol. Soc. América Bulletin, (69)279-300, 1958.

SWAIN, P. H e DAVIS, S. M. Remote sensing: the quantitative approach. USA: West Lafayette. Ind., 1978, 396p.

Sites consultados:

[www.cptec.inpe.br/queimadas](http://www.cptec.inpe.br/queimadas)

[www.funceme.br](http://www.funceme.br)

[www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)

[www.inpe.br/gilberto/tutoriais/fundamentos](http://www.inpe.br/gilberto/tutoriais/fundamentos)

[www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br)

# **ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO JOÃO ATRAVÉS DE TÉCNICAS DO SENSORIAMENTO REMOTO, PORTO NACIONAL - TOCANTINS – BRASIL.**

Sandro Sidnei Vargas Cristo

(Universidade Federal do Tocantins – UFT / Professor Assistente do Curso de Geografia/  
Campus de Porto Nacional/Tocantins/sidneicristo@uft.edu.br)

Antônio Aires da Silva Neto

(Universidade Federal do Tocantins – UFT / Especialista em Geografia)

## **RESUMO**

A pesquisa refere-se à análise do uso e ocupação da bacia hidrográfica do Córrego São João, localizada no município de Porto Nacional no Estado do Tocantins, com ênfase à análise das transformações ambientais ocasionadas pela interferência humana através das diferentes formas de ocupação do Solo. Diante da problemática, o objetivo da pesquisa é identificar e quantificar os diferentes tipos de uso e ocupação que ocorrem na bacia hidrográfica do Córrego São João, e analisar seus respectivos impactos. Como metodologia adotou-se as técnicas de Sensoriamento Remoto com o uso de imagens de satélite e trabalhos de campo, que permitiram a confecção do mapa de uso da área com a definição das seguintes classes: Urbanização, Agropecuária, Solo Exposto, Drenagem e Formações Florestais. Nos resultados pode se destacar a intensa ocupação da área com agricultura, pecuária e urbanização como principais fatores de degradação ambiental. Assim, percebe-se a necessidade da realização de um planejamento ambiental da bacia hidrográfica em questão, direcionado à orientação e adequação às práticas de uso de maneira sustentável.

**Palavras Chave: Bacia Hidrográfica, Sensores Remotos, Uso e Ocupação.**

## **ABSTRACT**

The research mentions analysis to it of the use of the land in the basin hydrographic of the stream is São João, located in the city of Porto Nacional estate of Tocantins, with emphasis to the analysis of the ambient transformations of the same one, mainly caused for the interference human being. Ahead of the problematic one, the objective of the research is to identify and to quantify the different types of use and occupation that occur in the basin hydrographic and to analyze its respective impacts. As methodology one adopted the techniques of remote sensors giving to emphasis to the use of satellite image and works of field, that allowed to the confection of the map of use and definition of the following classrooms: Urbanization, Farming, Alone Displayed, Forest Draining and Formation. As result can be distinguished the intense occupation of area for agriculture, cattle and urbanization as main degradation factor of ambient. However, it is perceived necessity of the accomplishment of an ambient planning of the basin hydrographic directed to the orientation and adequacy to the practical ones of use in sustainable way.

**Words Key: Basin Hydrographic, Remote Sensors, Use and Occupation**



## **1 - INTRODUÇÃO**

A qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica é influenciada pelos diferentes tipos de usos e ocupações da terra e a maneira como se distribuem na paisagem. A análise do uso e ocupação tem sido uma das formas de estudo de bacia hidrográfica sendo, o resultado obtido, elemento essencial para seu manejo. Por “uso da terra” pode-se compreender a forma pela qual a terra está sendo utilizada pelo homem. Implica avaliar qualitativa e quantitativamente o que existe sobre a superfície terrestre, registrando em forma de mapas e registrando através de simbologia adequada.

O mapa de uso da terra corresponde a uma sinopse das principais atividades e divisões de um sistema ambiental, sendo importante instrumento para o monitoramento e o disciplinamento do uso da Terra, bem como um processo para determinar as áreas críticas ou sujeitas a riscos de ocupação resultantes dos efeitos das atividades antrópicas ou fragilidades ambientais observadas na paisagem.

Neste sentido, justifica-se a escolha da bacia hidrográfica do córrego São João como área de estudo, por ser a bacia hidrográfica uma unidade espacial geográfica que abrange tanto áreas na zona urbana, quanto à zona rural e tem seu principal curso d'água como manancial para abastecimento de água potável de Porto Nacional e também devido a uma análise prévia dos impactos ambientais que ocorrem na área devido ao seu considerável grau de antropização, como a presença do centro administrativo municipal e suas delimitações inseridos na mesma.

Assim, conforme o aumento dos problemas ambientais da bacia hidrográfica em questão tornam-se necessários estudos que busquem a melhoria da relação homem e meio, para que sejam proporcionadas formas de ocupações do solo de maneira adequada. Desta maneira, é importante a realização da presente pesquisa na bacia hidrográfica do Córrego São João, com o objetivo de identificar e analisar os diferentes tipos e usos e ocupações com seus impactos ambientais proporcionados, buscando-se contribuir para melhoria das condições ambientais e de qualidade de vida da população local.

## **2 - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

### *2.1 Localização*

A bacia hidrográfica do córrego São João localiza-se no Estado do Tocantins (Figura 1), ocupando cerca de 75.8 km<sup>2</sup> das terras do município de Porto Nacional o qual dista cerca de 60Km de Palmas capital. A bacia hidrográfica situa-se na região sudeste do município, com intensa ocupação urbana em seu baixo curso e predominância de atividades rurais em seu médio e alto curso.

A bacia hidrográfica tem como principal curso d'água o Córrego São João, do qual é captada água destinada ao abastecimento de água potável para a cidade. Sua nascente encontra-se nas escarpas da serra Manoel do Carmo, correndo no sentido SE/NO, sofrendo algumas inflexões devido às influências do relevo, desaguando no lago da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Rio Tocantins)

### *2.2 - Caracterização da Área*

A caracterização da área foi realizada conforme as características existentes no município de Porto Nacional, na qual a bacia hidrográfica em pesquisa encontra-se inserida. Deste modo pode-se caracterizar os seguintes aspectos:

#### *2.2.1 - Clima*

As condições climáticas na área da bacia hidrográfica do córrego São João são relativamente homogêneas e encontra-se na zona climática tropical (EMBRAPA, 1982).

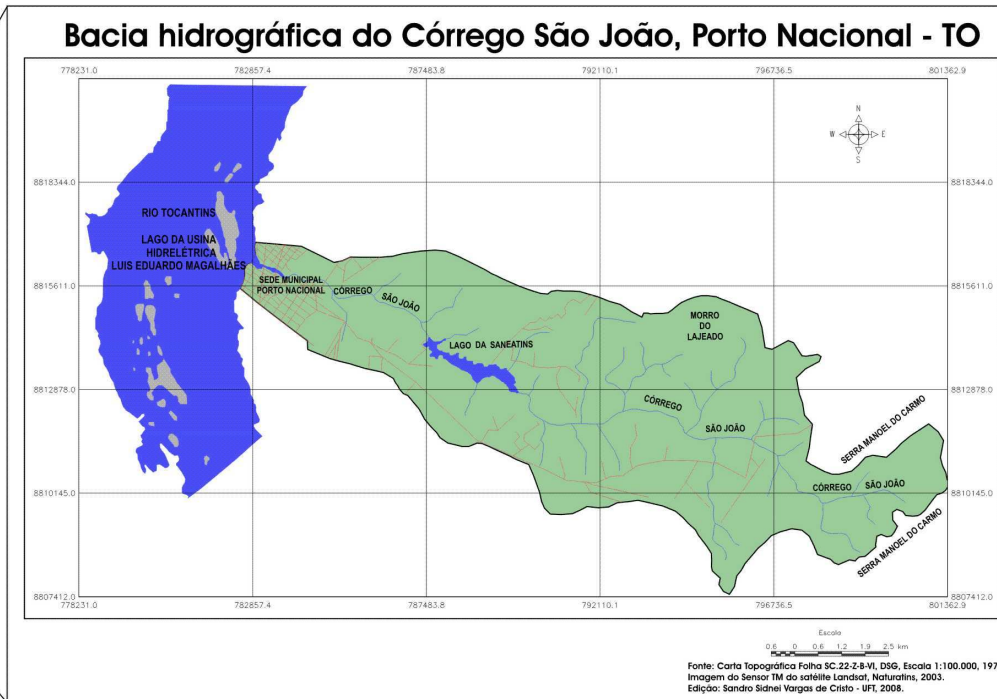
Conforme classificação de Köppen, o clima da região é tropical quente e úmido (AW), com duas estações bem definidas, a estação da seca que compreende o período entre o mês de maio ao mês de setembro e a estação das chuvas do período de outubro a abril. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.700mm, a temperatura média anual varia de 22° a 35° Celsius (10ª Estação Climatológica de Porto Nacional)

#### *2.2.2 - Geologia*

Na área de abrangência da bacia do córrego São João, foram identificadas de acordo com o RADAMBRASIL (1981), as seguintes unidades geológicas:

Complexo Goiano, unidade litoestratigráfica mais antiga da região. Principais Litotipos: Granitóides, Gnaisses Granolíticos e Anfibolitos; Suíte Intrusiva Ipueiras, unidade Litoestratigráfica integrada por corpos graníticos Leococráticos com cores predominantemente rosas e orientação gerada por efeitos cataclásticos. Principais litotipos: Álcalo-Granitos, Tonalitos-Granitos, Porfíricos e Vulcânicos Ácidos; Formação Monte do Carmo, constituída de Conglomerados Polimíticos, Conglomerados Monomíticos, Gravacas e Siltitos; Formação Pimenteira, representada por sedimentos

# Mapa de localização da bacia hidrográfica do Córrego São João, Porto Nacional - TO



Edição: Sandro S.V. de Cristo - UFT, 2008.

**Figura 1**

devonianos da bacia do Parnaíba que se constitui numa sucessão de Arenitos finos a grosseiros, Siltitos e Argilitos.

Ainda segundo o RADAMBRASIL (1981), a Formação Pimenteira é de origem marinha predominantemente de águas rasas; Cobertura Sedimentar Terciário-quadernário, depósito de sedimentos areno-pelitosos predominantemente inconsolidados e parcialmente laterizados de granulas; Holoceno Aluvial, constituídos essencialmente por aluviões areno-argilosos inconsolidados, produto de periódicas inundações fluviais das bacias dos rios Tocantins e Araguaia; Coberturas Detríticas, Depósitos aluvionares e secundariamente Coluvionares predominantemente arenosos com níveis conglomeráticos e processo de laterização incipiente.

### *2.2.3 - Geomorfologia*

De acordo com o RADAMBRASIL (1981), Porto Nacional pertence ao domínio geomorfológico intitulado Depressão do Tocantins. Apresenta predomínio e formas de dissecação suaves e colinas com altitude entre 200 e 300m. O grau de dissecação, entalhe erosivo pode variar, originando rampas morrotes ou morros. Em Porto Nacional as altitudes variam entre 250 a 350m, com a presença a leste da cidade de duas elevações residuais de aproximadamente 600m de altitude denominadas Morro do Lajeado e Serra Manoel do Carmo onde nasce o córrego São João.

As planícies de acumulação recente compreendem sedimentos do quadernário representados pelos aluviões poucos consolidados ou inconsolidados de espessura variável. Esses depósitos são observados no Rio Tocantins e Ribeirão São João, porém não apresentam continuidade física, esta planície é formada por várzeas e terraços, são áreas formadas por diques aluvionares, bancos de areia laterais e canais de enchentes e lagos.

### *2.2.4 - Pedologia*

De acordo com Ranzani (1995) baseado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, pode se observar na área de pesquisa à presença de solo do tipo: Latossolo vermelho-amarelo que é um solo bem desenvolvido, profundo e bem drenado, localizados na margem direita do córrego compondo planície de inundação; Latossolo vermelho escuro, solo facilmente reconhecido pela cor que apresenta, é um solo distrófico, profundo, bem drenado, ocorre em área plana a suave-ondulada; Solo Concrecionário Laterítico, solo que apresenta como característica principal à ocorrência de grande quantidade de concreções ferruginosas, encontra-se no relevo ondulado a forte ondulado e é quimicamente muito pobre; Solo Litólico, é raso a muitos raso, pouco desenvolvido e encontra-se assentado diretamente sobre a rocha.

### 2.2.5 - *Vegetação*

Com base no RADAMBRASIL (1981) a área do córrego São João encontra-se na porção central da Savana Brasileira (Cerrado).

O termo Cerrado (Savana) é usado para denominar as várias formações vegetacionais que variam desde a Floresta conhecida como Cerradão até a vegetação de Campestre conhecida como Campo Sujo e Campo Limpo de Cerrado. Savana (Cerrado) é caracterizada por árvores e arbustos de caule grosso onde troncos e galhos são geralmente retorcidos e inclinados, folhas são grandes e duras, coreácias e pilosas, é constituído também por uma camada de gramíneas que secam durante a estação de estiagem.

Savana Arbórea Densa (Cerradão), a fisionomia do Cerradão é caracterizada por unidades de porte arbóreo com altura variando entre 10 e 15m, troncos retos e pouco ramificados, apresentando também um estrato inferior composto de elementos lenhosos e rala vegetação; Savana Arbórea Aberta (Campo Cerrado) é caracterizado por árvores e arbustos pequenos, retorcidos de casca grossa, folhas duras formando um estrato superior, o solo é coberto de gramíneas e plantas lenhosas com raízes profundas capazes de retirar no período seco nutrientes necessários para sua sobrevivência; Cerrado com Formação Ciliar, revestem as margens dos cursos d'água, sendo que essas matas são caracterizadas por árvores de grande porte com a presença de espécies rasteiras.

### **3 - MATERIAIS E MÉTODO**

#### *3.1 Materiais*

Na confecção do mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do Córrego São João (Figura 2) e na realização da pesquisa foram utilizados como base à imagem do sensor TM do satélite LANDSAT 7, órbita-ponto 222/067, de 25/07/2003 fornecida pelo NATURATINS (Instituto Natureza do Tocantins). Também foram utilizados como apoio a Carta Topográfica de Porto Nacional, Folha SC. 22-Z-B-VI escala 1:100.000 de 1977, da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército e o mapa do município de Porto Nacional, na escala 1:100.000, fornecido pela FUNASA (Fundação Nacional de Saúde).

Além dos materiais citados, foram realizados vários trabalhos de campo para verificação dos aspectos de uso e ocupação da terra, onde foram realizadas tomadas de pontos de localização com uso do receptor GPS de navegação (Garmin 12), visitas a fazendas e chácaras para obtenção de informações verbais e observação “*in loco*” das informações obtidas em laboratório, com levantamento fotográfico terrestre e descrição das características locais (Março - Junho/2006). Ressalta-se a utilização do software SPRING versão 4.0 adquirido junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

#### *3.2 Método*

Para realização do mapeamento do Uso da Terra do córrego São João utilizou-se o software SPRING com o qual foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos:

- a) Realizou-se a delimitação e o georreferenciamento da área de pesquisa com base na carta topográfica de Porto Nacional;
- b) Vetorizou-se a delimitação da bacia para medição de área e recorte da área na imagem de satélite e na carta topográfica;
- c) Foi realizado o processamento digital da imagem de satélite, ou seja, foram realizadas uma composição colorida das bandas 3, 4 e 5, uma filtragem e uma segmentação;
- d) Posteriormente realizou-se a vetorização de polígonos para separação dos temas (formações florestais, solo exposto, agropecuária, drenagem e urbanização) passíveis de identificação na referida imagem de satélite;
- e) Finalmente foram realizadas as medições de áreas das classes temáticas definidas e feita à edição e arte final do mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do córrego São João para plotagem.

## **4 - REVISÃO DE LITERATURA**

### *4.1 - Uso da Terra*

Para Rosa (2001) o levantamento do Uso da Terra numa dada região, tornou-se um aspecto de interesse fundamental para compreensão dos padrões de organização do espaço. O mesmo autor comenta que o conhecimento atualizado das formas de utilização e ocupação do solo, bem como o uso histórico, tem sido um fator imprescindível ao estudo dos processos que se desenvolvem na região, tornando-se de fundamental importância, na medida em que os efeitos de seu mau uso causam deterioração no meio ambiente.

Conforme as colocações do autor, principalmente sobre a importante e necessária compreensão da organização espacial, é que adotou-se uma análise do Uso e ocupação na área de pesquisa, a qual permite a observação dos diferentes padrões de ocupação e contribui para uma reordenação espacial em termos de uso da área e melhoria das condições ambientais.

Keller (1996) comenta, que embora muitos países, tenham estatísticas detalhadas sobre a utilização da terra e agricultura em geral, apenas o registro dos fatos em mapas poderão mostrar as áreas e a distribuição real das diferentes formas de uso do espaço. De acordo com o autor, o conhecimento da distribuição espacial do uso da terra é imprescindível no processo de tomada de decisões relativa à organização racional da atividade humana no espaço.

### *4.2 - Sensoriamento Remoto*

Rosa (2001) referindo-se a aplicação do Sensoriamento Remoto comenta que, hoje inúmeras instituições do país utilizam esta tecnologia para obter informações de caráter geológico, geomorfológico, pedológico, hidrológico, agrícola e de qualidade ambiental.

Moreira (2003) destaca que o Sensoriamento Remoto, voltado para os recursos naturais, tem sido definido de várias maneiras, no entanto todas elas expressam uma idéia de um sistema por meio do qual se obtêm informações a respeito dos recursos naturais renováveis e não renováveis do Planeta Terra, pela utilização de sensores colocados em aviões, satélites ou até mesmo na superfície.

Quanto à aplicação do Sensoriamento Remoto no levantamento de Uso da Terra, Rosa (2001) se refere à necessidade de atualização constante dos registros de uso do solo, para que suas tendências possam ser analisadas. Neste contexto, constitui-se numa técnica de grande utilidade, pois permite, em curto espaço de tempo, a obtenção de informações a respeito de registros de uso da terra.

De acordo com as observações mencionadas, a opção pelo Sensoriamento Remoto para observação do uso da terra torna-se fundamental, além da sua utilidade no registro das informações, ainda vai permitir a atualização constante das mesmas.



## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a metodologia adotada, confeccionou-se o mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do Córrego São João (Figura 2) no qual identificou-se as classes de uso como: Urbanização, Agropecuária, Drenagem, Solo Exposto e Formações Florestais (Quadro 1).

**Quadro 1 – Classes de Uso da Terra da Bacia do córrego São João**

CLASSES	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	(%) BACIA
Urbanização	4,66	6,14
Agropecuária	46,11	60,84
Formações Florestais	23,80	31,40
Drenagem	0,99	1,31
Solo Exposto	0,24	0,31
Total	75,80	100

Referente às diferentes classes de uso da terra observadas (Figura 2 e Quadro 1) na bacia em questão pode-se fazer as seguintes considerações:

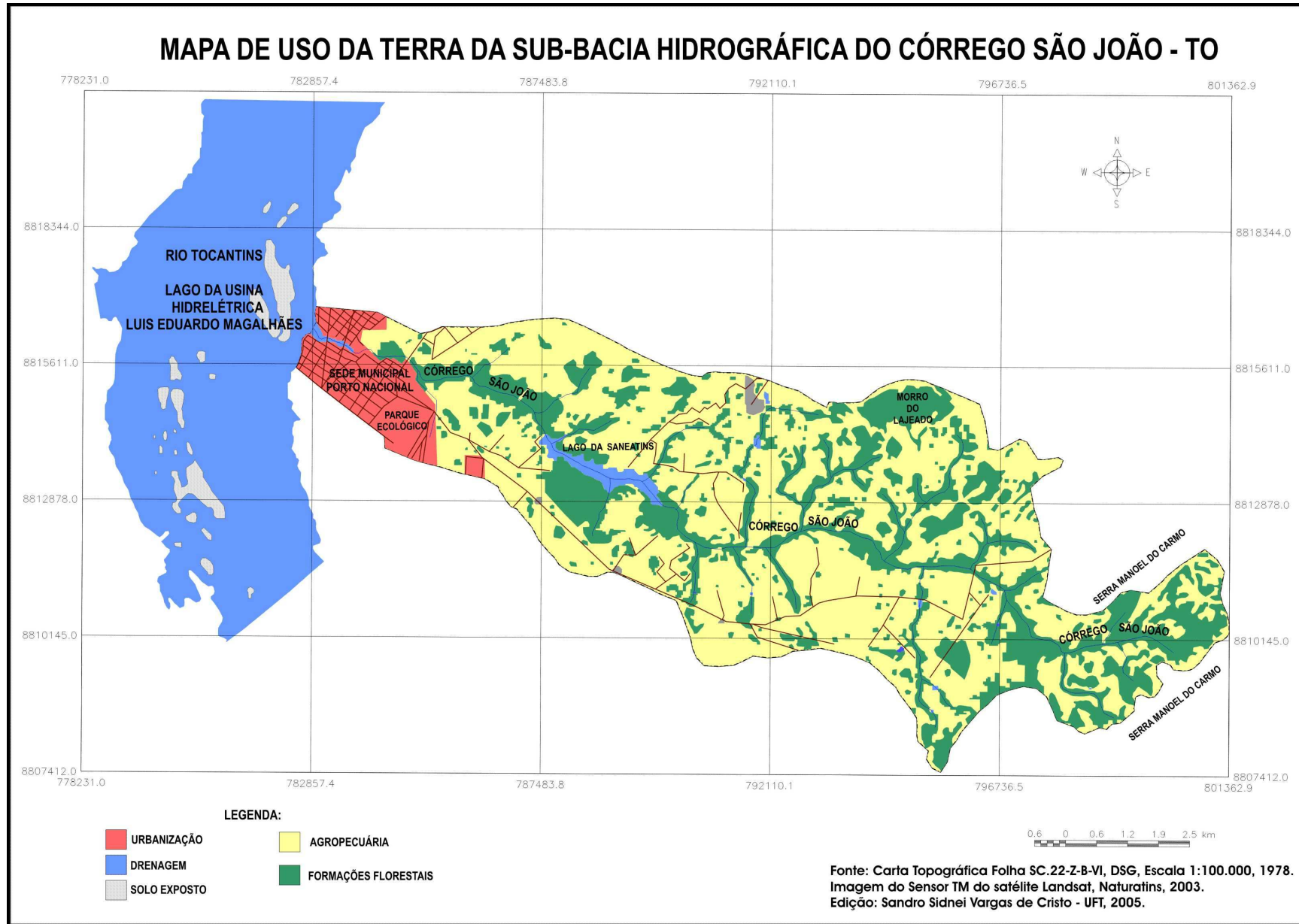
A Drenagem abrange cerca de 1,31% da área e pode-se destacar a presença de várias represas no Córrego São João e em seus afluentes, principalmente em seu alto curso, servindo para suprir a escassez de água no período da seca (verão), sendo utilizadas para irrigação das culturas agrícolas e como bebedouros para o gado na atividade pecuária.

O Solo Exposto abrange cerca de 0,31% da área, pode-se enfatizar áreas isoladas que representam locais que servem ou serviram para extração mineral, com destaque para o antigo garimpo de ouro próximo ao morro do Lajeado e as olarias que usam argila na fabricação de telhas e tijolos encontradas no médio curso do córrego, além de alguns pontos utilizados como área de empréstimo de materiais para aterros.

As Formações Florestais abrangem cerca de 31,40% da área, sendo que pode-se destacar a presença restrita em faixas estreitas nas margens dos cursos d'água (mata ciliar) no baixo e médio curso do córrego São João e nos divisores de água junto ao morro do Lajeado e na Serra Manoel do Carmo em áreas de relevo acidentado.

A Urbanização (Figura 3) abrange cerca de 6,14% da área de pesquisa, pode-se observar a concentração das ocupações urbanas junto à foz do Córrego São João, ou seja, área coincidente com o perímetro urbano do município de Porto Nacional.

Neste local verificou-se principalmente as ocupações de margens sem o respeito às Áreas de Preservação Permanente, ou seja, o distanciamento dos 30 metros das margens conforme prevê a Legislação Ambiental (Lei 7.803 – 18/07/1989), o que favorece a retirada da mata ciliar (vegetação nativa), além da colocação de lixos e esgotos domésticos sobre a drenagem com possibilidade de contaminação e poluição das águas da bacia hidrográfica.



**FIGURA 2**



FOTOGRAFIA: SILVA NETO, A. A. (2006)

Figura 3: Urbanização ocupando as margens do Córrego São João em seu baixo curso

A Agropecuária (Figura 4) abrange cerca de 60,84% da área de pesquisa, deste modo verifica-se a predominância das práticas agropecuárias na bacia hidrográfica, principalmente em seu médio e alto curso, onde as atividades agrícolas são realizadas em pequenas áreas com roças para produção de subsistência (milho, mandioca, cana-de-açúcar) e a pecuária extensiva com ocupação de grandes áreas para pastagens. Ambas atividades ocasionam a degradação da vegetação nativa, onde o cerrado é substituído por pastagens ou culturas agrícolas.



FOTOGRAFIA: SILVA NETO, A. A. (2006)

Figura 4: Atividade agropecuária realizada no médio curso do Córrego São João

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tanto as áreas de uso agrícola, quanto às áreas usadas na pecuária, são formas que degradam a vegetação do cerrado reduzindo às mesmas aos locais às margens dos cursos d'água ou nas áreas acidentadas de difícil acesso. Isto demonstra uma necessidade de modificação de pensamento por parte dos proprietários rurais no sentido de adotarem práticas de uso menos degradativos ao ambiente, ou seja, respeitando a vegetação do cerrado, principalmente nas áreas próximas aos cursos d'água e nas áreas de nascentes preservando a qualidade e a oferta de água potável.

Nas áreas de urbanização a situação também é preocupante, pois percebe-se a ocupação das margens dos cursos d'água e a ocupação das Áreas de Preservação Permanente com a retirada da mata ciliar, além da colocação de lixos e entulhos nas margens, como foi constatado no setor Jardim Querido e no setor Consórcio, sujeitas ao carreamento destes materiais para as drenagens em períodos chuvosos favorecendo o processo de assoreamento e poluição das águas.

Nas áreas urbanas também observou-se a pavimentação do solo favorecendo o aumento do escoamento superficial das águas da chuva devido à impermeabilização do solo e a difícil infiltração da água favorecendo o processo erosivo e as inundações locais.

Portanto com a realização da presente pesquisa e a observação da forma de uso e ocupação da bacia hidrográfica do Córrego São João, percebe-se a gravidade da situação e a necessidade da realização de estudos que busquem o disciplinamento do uso e ocupação e a melhoria da qualidade ambiental.

Com estas considerações e no intuito de contribuir-se para a melhoria das condições ambientais do Córrego São João, propõe-se a realização de um planejamento e gestão ambiental da área, com a adoção de práticas de recuperação e preservação que possibilitem seu uso sustentável.



## 7 - BIBLIOGRAFIA

- BATISTA, Sandra da Cunha e GUERRA, Antônio Teixeira (org.). **Avaliação e Perícia Ambiental** – 2ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M. e FREITAS, U. M.. **SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modeling**. Garrido J Computers e Graphics, 1996.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia** – 2ª Edição. São Paulo: Edgard Bliicher, 1980.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas do Solo/RJ. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: **Produção de informações**. EMBRAPA Solos, 1999. 412 pág.
- FERREIRA, Leila da Costa. A Política Ambiental no Brasil in MARTINE, George (org.) **População, Meio Ambiente e Desenvolvimento: Verdades e Contradições** – 2ª Edição. Campinas: UNICAMP, 1996
- FORESTI, Celina e HAMBURGER, Diana Sarita. Metodologias – Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo do Uso do Solo in TAUK, Sâmia Maria (org.) **Análise Ambiental: Uma Visão Multidisciplinar** – 2ª Edição Revisada e Ampliada. São Paulo: UNESP, 1995.
- Governo do Estado do Tocantins, SANEATINS – Companhia de Saneamento do Tocantins. **EIA/RIMA Barragem Ribeirão São João**, Porto Nacional – TO. 1995
- GUERRA, Antonio Teixeira. **Dicionário Geológico Geomorfológico** – 7ª Edição. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- KELLER, E. A. **Environmental Geology**. USA: Prentice Hall, 1996.
- MOREIRA, Mauricio Alves. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: 2. Ed. UFV, 2003.
- PEREIRA, M. N.; KURKDJIAN, M. L. O.; FORESTI, C. **Cobertura e Uso da Terra através de Sensoriamento Remoto**. São Paulo: INPE, 1989.
- RADAMBRASIL., **Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 22 – MME – Secretaria Geral, Rio de Janeiro**.
- RANZANE, Guido. **Carta de Solos, Município de Porto Nacional e Ipueiras**. Palmas: UNITINS, 1999.
- ROCHA, José Mariano da. **Manual de Projetos Ambientais**. Rio Grande do Sul: Imprensa Universitária, 1997.
- ROSA, Roberto. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia. 4ª Ed. 2001.

# SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AOS ESTUDOS DE ILHAS DE CALOR URBANAS

Marta Eichemberger Ummus<sup>1</sup>  
Tessio Novack<sup>1</sup>  
Bruno Rodrigues do Prado<sup>1</sup>  
Erick Sobreiro Gonçalves<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{marta, tessio, prado}@dsr.inpe.br

<sup>2</sup>Fundação Getúlio Vargas - FGV  
01332-000 - São Paulo - SP, Brasil  
[erick.sobreiro@gmail.com](mailto:erick.sobreiro@gmail.com)

## Resumo

A presente pesquisa apresenta um inventário sucinto da utilização científica de dados de sensoriamento remoto na análise de fenômenos climáticos urbanos, especificamente Ilhas de Calor. Atualmente, os grandes centros urbanos sofrem graves conseqüências devido à sua expansão urbana desordenada. Dessa forma, faz-se necessário pesquisar meios que propiciem um melhor entendimento das dinâmicas climáticas urbanas para que a partir deles possam ser pensadas possíveis resoluções para os problemas urbanos. São apresentados os principais conceitos relacionados a este tipo de estudo climatológico e a correlação entre a cobertura da terra e a temperatura de superfície terrestre. A literatura aponta que as grandezas físicas obtidas por meio de algoritmos, representam uma fonte de dados acurada e de custo acessível. Devido à alta variabilidade espacial dos alvos urbanos, observou-se a necessidade de se trabalhar com imagens de alta resolução espacial nominal, uma vez que estas detalham de forma adequada a complexidade geométrica de alvos urbanos.

**Palavras-chave:** Urbanização; Ilhas de Calor Urbanas; Sensoriamento Remoto.

## Abstract:

This work is a review on the use of remote sensing data in the study of urban areas radiant energy budgets and more specifically the heat island phenomenon. Nowadays unplanned urban sprawl has been causing severe consequences regarding the radiant energy balance of these areas. For this reason, remote sensing represents a reasonable way to monitor and study the urban climate dynamics. Certain image processing algorithms can provide accurate measurements of the physical properties of urban targets. The high heterogeneity of those and its geometrical complexity makes the improvement on the spatial resolution of thermal sensors placed on orbital platforms a first order necessity. The main concepts of urban climate dynamics as well as the relationship between urban land cover and the surface temperature are presented in this paper.

**Key-words:** Remote Sensing; Heat Island; Urban Sprawl.

## 1. Introdução

Os grandes centros urbanos atualmente sofrem graves conseqüências devido à sua expansão urbana desordenada, falta de planejamento e geração de uma grande quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos que o ambiente não é capaz de assimilar. Neste sentido, o estudo do clima urbano é extremamente complexo, principalmente pela heterogeneidade dos materiais e da geometria que o compõem. Um dos fenômenos decorrentes da influência antrópica na atmosfera refere-se às Ilhas de Calor Urbanas (ICU), resultantes da elevação das temperaturas médias nas zonas centrais da mancha urbana em comparação com as zonas periféricas ou rurais (LOMBARDO, 1985). Elas ocorrem basicamente devido às alterações no balanço de energia nas camadas de cobertura e limite urbanas, proporcionadas pelo aumento de absorção de radiação de ondas curtas, menor perda de radiação de ondas longas, aumento do *input* de calor sensível, diminuição da evapotranspiração e diminuição do transporte de calor turbulento (OKE, 1982).

Nas últimas décadas, estudos de clima urbano e especialmente de ICU vêm se beneficiando pela disponibilidade de dados de sensoriamento remoto. Voogt e Oke (2003) salientam que o uso do sensoriamento remoto termal para avaliar a temperatura das superfícies urbanas foi limitado, no sentido de que a descrição qualitativa dos padrões termais vinha sendo feita por simples correlações com o uso do solo através de informações temáticas e não por descrições quantitativas. Com o incremento da utilização de métodos quantitativos, esta descrição pode ser efetuada de maneira mais simples e eficaz. A aplicação do sensoriamento remoto em estudos de ICU permite que, além das visões em diferentes escalas, medidas de temperatura aparente da superfície (*land surface temperature* – LST) sejam realizadas através dos dados na faixa do Infravermelho Termal (*Thermal Infrared* - TIR), fornecendo a temperatura qualitativa da cidade, ou seja, o desenho da temperatura local. Neste sentido, os grandes avanços no sensoriamento remoto termal, principalmente em relação ao aumento da resolução espacial nominal e aplicação de algoritmos, permitem examinar a estrutura espacial dos padrões termais urbanos e sua relação com as características da superfície. Segundo Voogt & Oke (2003) o sensoriamento remoto termal de áreas urbanas pode nos responder questões referentes às diferenças de resposta do balanço de energia e aos principais efeitos da radiação da superfície e propriedades termodinâmicas incluindo a umidade da superfície, emissividade, a radiação incidente e a relação de transferência de energia.

Neste contexto, esta pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica sobre abordagens metodológicas empregadas em estudos de ICU por meio de dados de sensoriamento remoto.

## **2. Fundamentação teórica**

### *2.1 Ilhas de Calor Urbanas*

Um dos mecanismos do sistema cidade-atmosfera mais afetados pela urbanização é o balanço de energia (PEREZ *et al.*, 2001). As propriedades físico-químicas dos materiais que compõem a cidade, assim como a geometria e relação espacial em que estão dispostos, os tornam capazes de reter mais energia (fluxo de calor latente) e convertê-la preferencialmente em calor sensível. Assim, ao se diminuir o fluxo de calor latente se incrementa o fluxo de calor sensível, que gera um maior aquecimento do ar superficial e, com isto, a temperatura do sistema se eleva, culminado desta forma em um fenômeno chamado ICU. O termo ICU refere-se a uma anomalia térmica em que a temperatura de superfície das regiões onde há grande atividade antrópica, normalmente o centro das grandes cidades, se caracteriza por ser superior a da vizinhança rural (LOMBARDO, 1985). A ICU é influenciada por fatores do meio físico regional tais como o clima e a topografia, mas são as características de rugosidade e de liberação de calor antropogênico da cidade em si que definem a forma espacial do fenômeno. De modo geral, áreas comerciais, industriais e de alta densidade de áreas impermeáveis formam picos na ICU, enquanto parques, áreas abertas e lagos formam os vales da ICU (OKE, 1987).

As ICU são caracterizadas por atuarem em por duas diferentes camadas da atmosfera urbana, uma numa escala mais local, que vai da superfície até a camada superior (entre os edifícios) e outra numa escala maior, abrangendo também os arredores dos grandes centros urbanos, até onde a influência das ICU interagem com a atmosfera (VOOGT e OKE, 2003, PEREZ *et al.*, 2001). Segundo Nichol (1994), os dados derivados de satélites são passíveis de maior correspondência com a camada superior das ICU, embora haja a necessidade da transferência de função entre a temperatura da superfície e a temperatura terrestre.

Considerando a magnitude das ICU, muitos são os mecanismos que contribuem para a sua formação e muitos são os fatores e sistemas que agravam sua intensidade (CARNAHAN e LARSON, 1990; KIM e BAIK, 2005), desde sua localização geográfica até as condições climatológicas do dia (CARNAHAN e LARSON, 1990; PEREZ *et al.*, 2001; WENG, 2001). Há também fatores relacionados às características específicas como o tamanho da cidade, a densidade da população, o dia da semana, a impermeabilização do solo, a densidade de edificações, além de variações diurnas e sazonais (CARNAHAN e LARSON, 1990). Carnahan e Larson (1990) e



Weng (2003) destacam que uma das prováveis explicações para esse fenômeno é o fato de que no centro da cidade existe uma grande concentração de população urbana e ausência de vegetação, diferentemente do que acontece nas extremidades das cidades, onde esses índices praticamente se invertem. Assim, é possível afirmar que um dos principais fatores que causam e intensificam a ICU é o uso e ocupação dos solos urbanos. A intensidade da ICU é proporcional ao tamanho da cidade, à densidade de população e aos tipos de atividade nela realizadas (CHEN *et al.*, 2006).

As ICU ocorrem com maior intensidade à noite, quando as diferenças de radiação são mais evidentes entre áreas rurais e áreas urbanas. A atmosfera e as propriedades radioativas da superfície influenciam na emissão e reflexão da radiação que é detectada pelos sensores. Segundo Kato e Yamaguchi (2005), durante o dia a energia é transferida da atmosfera para a superfície, pois a temperatura subterrânea é mais baixa. Este calor que é estocado ao longo do dia é conduzido para a atmosfera durante a noite.

## 2.2 Sensoriamento remoto aplicado ao estudo das ICU

Há quase 40 anos o sensoriamento remoto orbital contribui para o entendimento da ICU (RAO, 1972). No entanto, a grande maioria dos estudos publicados até hoje sobre o assunto analisou a ICU em pequena escala, utilizando sensores termais de baixa resolução espacial como o AVHRR (1.1 km), o VHRR (0.9 km) e o HCMM (0.5 km). Estes sensores atendem ao propósito de avaliar os efeitos da ICU no padrão climático regional, mas não são adequados para discernir os efeitos de classes individuais de cobertura da terra urbana na resposta termal obtida pelos sensores (GLUCH *et al.*, 2006). Uma nova fase no estudo de ICU se deu com a disponibilidade de imagens dos canais termais do ETM+/Landsat-7 e do ASTER/Terra de 60 e 90 metros de resolução espacial respectivamente (VOOGT & OKE, 2003).

A outra vertente analítico-metodológica do sensoriamento remoto termal urbano está baseada no uso de sensores aerotransportados de alta resolução espacial na faixa do termal. Com vôos a baixa altitude e resolução mais potente, é possível de extrair a temperatura de alvos urbanos específicos com baixa interferência atmosférica (QUATTROQUI & RIDD, 1994). Relações entre o comportamento térmico e características como o fator de visada do céu (*sky view factor*) podem ser avaliadas eficientemente por esta classe de sensores (LO *et al.*, 1997). Trabalhos recentes incorporaram informações tridimensionais da rugosidade da superfície urbanas e visadas multiangulares para avaliar os efeitos direcionais e anisotrópicos de alvos urbanos assim como a qualidade e ambigüidade dos dados de temperatura obtidos ao nadir (VOOGT & OKE, 1998; VOOGT & SOUX, 2000). Gluch *et al.* (2006)

examinaram a resposta termal inerente a cada classe de cobertura da terra em macro e mesoescala utilizando o sensor ATLAS (10 m) para o mapeamento do campo térmico na escala do bairro e regional e da cobertura da terra na escala do bairro, enquanto o sensor TM foi utilizado para mapear a cobertura da terra na escala regional.

A importância destes estudos aumenta na proporção em que aumenta a população urbana no mundo. Segundo relatório da Organização das Nações Unidas, publicado em 1999, 80% da população mundial viverá em cidades no ano de 2025 (NASA, 2000). Em um contexto de crescimento das cidades e de inquérito sobre as causas e conseqüências do aquecimento global, estudos sobre o balanço de energia das cidades são de suma importância para o entendimento do fenômeno através das escalas de análise, integrando desde a qualidade ambiental do cidadão até o impacto da ICU no clima regional.

O parâmetro para se classificar um sensor de alta resolução espacial nominal na faixa do TIR difere um pouco dos parâmetros utilizados para o sensoriamento remoto na faixa da radiação refletida, dado que a faixa do espectro termal recebe uma quantidade menor de energia, fazendo com que as resoluções espaciais nominais sejam menores do que em outras regiões do espectro eletromagnético. Desse modo, existe uma relação de compromisso entre a amplitude espectral, a relação sinal/ruído e a altitude dos sensores para definir a resolução espacial nominal. Um exemplo de sensor de alta resolução espacial é o sensor aerotransportado *Advanced Thermal and Land Applications Sensor* (ATLAS), desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), a bordo do avião *Stennis Learjet*, com resolução espacial nominal de 10 m nas seis bandas do TIR, que é ideal para analisar o efeito das ICU durante o dia e também à noite (energia emitida pela terra) em muitas cidades, e então caracterizar efetivamente os padrões de ICU (LO *et al.*, 1997; QUATTROCHI *et al.*, 2000; QUATTROCHI e RIDD, 1994).

A gama de sensores termais orbitais tem permitido o estudo de ICU por diferentes abordagens. A partir de mapas independentes da cobertura da terra ou de imagens multiespectrais obtidas simultaneamente às imagens termais, pode-se relacionar a cobertura da terra ou o uso do solo urbano com o padrão espacial da temperatura de brilho ou radiométrica da superfície (NICHOL, 1996). Vários autores utilizaram dados de sensoriamento remoto termal no estudo do balanço de energia da superfície urbana integrando modelos de clima urbano e imagens termais (HAFNER & KIDDER, 1999). Outros trabalhos se dedicaram a relacionar a ICU com observações e medidas obtidas em campo (LEE, 1993). Há também estudos que, a partir de imagens nas bandas do visível e infravermelho próximo, simplesmente, geraram modelos de absorção e

reflectância de ondas curtas para parametrização do fluxo de calor da superfície (PARLOW, 1999).

### 3. Principais metodologias aplicadas

De maneira geral, ao se trabalhar com dados de sensoriamento remoto, alguns parâmetros devem ser tomados para a caracterização e determinação da intensidade das ICU, sendo eles:

a) descrição quantitativa e análise das temperaturas da superfície e suas relações com a cobertura do solo e a morfologia urbana (CARNAHAN e LARSON, 1990; CHEN *et al.*, 2006; KATO e YAMAGUCHI, 2005; WENG, 2001, 2003);

b) comparação entre áreas rurais e/ou periféricas em relação às áreas urbanas, onde ocorrem as ICU (CARNAHAN e LARSON, 1990; CHEN *et al.*, 2006; KATO e YAMAGUCHI, 2005; WENG, 2001, 2003);

c) validação da radiância termal e temperatura da superfície com medidas obtidas *in situ* e calibração da imagem para uma melhor quantificação e análise dos dados colhidos em áreas urbanas (KATO e YAMAGUCHI, 2005);

d) recuperação e análise da temperatura da superfície e correção dos efeitos atmosféricos, da emissividade, rugosidade e anisotropia da superfície (o aumento da rugosidade ocasionado pela presença de edifícios aumenta a turbulência, que age para transferir o calor para cima, ao mesmo tempo em que diminui o escoamento zonal), fluxos de energia termal em áreas urbanas e interações entre a temperatura da superfície, vegetação, solos e água (WENG, 2001, 2003).

#### 3.1 Utilização de algoritmos

De acordo com Voogt & Oke (2003), as pesquisas sobre ICU baseadas em dados de sensoriamento remoto termal permitem examinar a estrutura espacial dos padrões termais urbanos e suas relações com as características da superfície e o balanço de energia por meio da aplicação de modelos climáticos. Comumente, para análises climáticas, utiliza-se a aplicação de algoritmos. O algoritmo é um procedimento matemático capaz de criar uma seqüência não ambígua de instruções que é executada até que determinada condição se verifique (GILLESPIE *et al.*, 1998), ou seja, transforma o dado de entrada numa informação de saída.

Em sensoriamento remoto, a definição de algoritmos transforma os valores de radiância em grandezas físicas. No caso específico de detecção de ICU, essa transformação pode ser feita por meio da conversão dos números digitais (ND) obtidos na faixa do TIR para valores de temperatura. Essa conversão pode ser realizada através do inverso da Lei de Planck que, em síntese, diz que

quanto maior a temperatura para um dado comprimento de onda, maior será a quantidade de energia emitida por um corpo negro. Se o sensor capta a radiância proveniente de um alvo, ou seja, sua emissividade e reflectância, torna-se possível determinar sua temperatura (GILLESPIE *et al.*, 1998). Para a obtenção da LST através da radiância medida pelo sensor, é necessário proceder aos seguintes passos:

- a) conversão do número digital (ND) dos *pixels* da imagem em valor de radiância;
- b) conversão do valor de radiância em temperatura de brilho (temperatura medida ao nível do sensor considerando o alvo como um corpo negro);
- c) correção para a absorvância e re-emissão da atmosfera;
- d) conversão para a emissividade da superfície;
- e) correção para a rugosidade da superfície (VOOGT & OKE, 2003).

Nas análises das ICU, é interessante que haja coleta de dados *in situ* para a calibração dos dados do sensor (CHEN *et al.*, 2006; KATO e YAMAGUCHI, 2005; WENG, 2001, 2003). A falta da correção atmosférica, por exemplo, pode introduzir um erro de 4 a 7° C na temperatura obtida por um sensor. Já erros devido à anisotropia da superfície urbana e posição do sensor podem ocasionar uma diferença de até 6° C ou mais para áreas muito edificadas (VOOGT & OKE, 1998).

Segundo Kato e Yamaguchi (2005), a presença da radiação termal no clima urbano pode ser dividida em duas principais origens: uma, que diz respeito àquela quantidade de radiação solar ganha, armazenada e difundida (por emissão, reflexão, condução e convecção); e outra que diz respeito à radiação proveniente da ação antropogênica (atividades industriais, o trânsito, o próprio calor metabólico do homem, os sistemas de condicionamento mecânico, a queima de combustíveis, etc). Para separar essas duas componentes foi utilizado o modelo de balanço de calor, utilizando-se para tal propósito dados dos sensores ASTER e do ETM+/ *Landsat 7* e dados coletados *in situ*. Dessa forma foi possível aferir as descargas de calor antropogênicas e quantificar seu efeito nas ICU.

### 3.2 Correlação entre LST e cobertura da terra

Nesta sessão serão abordadas as considerações a serem feitas na obtenção da LST, diferentes metodologias de representação da superfície urbana e relações quantitativas estabelecidas entre estas duas variáveis.

A correlação da LST com o uso do solo é de fundamental importância para o estudo da ICU, bem como a discriminação da morfologia urbana, uma vez que a quantidade de solo exposto eleva a temperatura da superfície. As montanhas e vales podem servir como barreiras para a dispersão do ar

quente e a difícil geometria de ruas e edifícios alteram a circulação de ar. Chen *et al.* (2006) estudaram a relação entre o uso do solo e os padrões de temperatura analisando as transformações ocorridas ao longo de dez anos, entre 1990 e 2000, utilizando dados termais do sensor *Thematic Mapper* do satélite *Landsat 5 (TM/ Landsat 5)* e do *ETM+/Landsat 7* com resoluções espaciais nominais de 120 e 60 m respectivamente. Este autor verificou que a distribuição espacial da temperatura da superfície pode ser alterada através das mudanças ocorridas na cobertura da terra, assim como o aumento da malha urbana também pode mudar os padrões das ICU. Além disso, os diferentes tipos de uso e as variações de densidade da malha urbana geram diferentes tipos de IC.

Outro fator que corrobora com a correlação entre *LST* e a cobertura da terra é a comparação entre áreas urbanas e periféricas, freqüente nas análises de ICU, uma vez que ela parametriza as diferenças de temperatura existentes entre estas áreas. Carnahan e Larson (1990) utilizaram a banda TIR do *TM/ Landsat 5* para observar as diferenças de temperatura entre as áreas urbanas e rurais, podendo dessa forma estimar a ocorrência de ICU.

Muitos estudos consideram a intensidade relativa da ICU e a correlação entre temperatura e cobertura da terra, portanto, costuma-se calcular apenas a temperatura de brilho em análises deste tipo (CHEN *et al.*, 2006). A temperatura de brilho é derivada usando-se a Lei de Planck (DASH *et al.*, 2002) e os procedimentos matemáticos para o seu cálculo podem ser encontrados em Weng (2004) e Chen *et al.* (2006).

### 3.3 Utilização de Índices

O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) vêm sendo bastante utilizado como indicador das propriedades da superfície urbana tais como a evaporação e a capacidade térmica (YUAN & BAUER, 2007). Na literatura recente, encontramos diversos outros índices que podem ser usados para estabelecer relações quantitativas entre os padrões de uso e cobertura da terra e a *LST* (Tab.1.0). Weng (2001, 2003) examinou os padrões de temperatura e suas relações com o uso do solo, por meio da aplicação do Índice de Vegetação Diferencial Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) com o intuito de estimar a temperatura da superfície e de analisar as variações espaciais usando a banda TIR do sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus* do satélite *Landsat 7 (ETM+/ Landsat 7)*, com resolução espacial nominal de 60m. Ele ainda coloca que, por meio do cálculo do NDVI, é possível diferenciar bem as feições da superfície, já que elas se apresentam bem contrastadas. Os índices NDVI, *Normalized Difference Water Index* (NDWI), *Normalized Difference Bareness Index* (NDBaI) e índices de urbanização como o *Normalized Difference Build-up Index* (NDBI) foram usados por Chen *et al.* (2006) na produção de mapas de cobertura da terra para relação com os dados de temperatura derivados do sensor

ETM+. Os valores exatos de *threshold* de cada índice para cada classe foram obtidos extraindo a assinatura espectral média de cada classe a partir de áreas representativas e executando operações booleanas entre bandas e índices. De posse do mapa de cobertura da terra gerado por cada índice, cada classe teve seu valor médio de TS calculado. Percebeu-se que, dos índices empregados, o NDBI tem a maior correlação com a variável temperatura de brilho (CHEN *et al.*, 2006).

Tabela 1.0 – Índices de vegetação, urbanização e solo exposto.

$NDVI = (p(NIR) - p(R)) / (p(NIR) + p(R))$
$NDWI = (p(NIR) - p(SWIR)) / (p(NIR) + p(SWIR))$
$NDBI = (d(SWIR) - d(NIR)) / (d(SWIR) + d(SWIR))$
$NDBal = (d(SWIR) - d(TIR)) / (d(SWIR) + d(TIR))$

Fonte: Chen *et al.* (2006). Onde *d* representa o ND e *p* unidades de reflectância.

Weng *et al.* (2004) investigaram a aplicabilidade de imagens do ETM+ de fração de vegetação (FV) derivadas de um modelo linear de mistura intra-píxel como estimador da abundância de vegetação e, por relação, TS. Imagens de fração de solo, sombra e vegetação foram derivadas através dos seguintes passos: (1) transformação MNF para redução da redundância e correlação de informação entre as bandas do ETM+ (menos a do termal); (2) seleção de áreas representativas nas imagens ETM+ dos três membros de mistura (*endmembers*) a partir de conhecimento de campo e por fotografia aérea; (3) comparação espectral entre os *pixels* destas áreas e aqueles dos extremos do espaço espectral de atributos das duas primeiras componentes da transformação MNF e (4) escolha dos *pixels* que atendiam às duas condições. As resultantes imagens de fração de cada membro foram usadas para a classificação da cobertura da terra pelo método de máxima verossimilhança. Cada classe gerada teve seu valor médio e de desvio padrão de TS, NDVI e FV calculados. Índices de correlação entre NDVI e TS e entre FV e TS foram gerados para cada classe em múltiplas resoluções espaciais (30, 60, 120, 240, 480 e 960 m). Os resultados indicaram para as duas comparações boa correlação, sendo que o índice aumenta com resoluções de 30 a 120 m e diminui até a resolução de 960 m. A TS teve maior correlação negativa com a FV do que com o NDVI. O fato de ambas as correlações atingirem valores máximos na resolução de 120 m indica que esta é a escala operacional de relação entre estas variáveis, como sugerido por Lam & Quattrochi (1992). Weng *et al.* (2004) analisaram também as dimensões fractais das imagens de TS, NDVI e FV a partir de 20 transectos traçados através da cidade. De novo, em ambos

os casos, os valores aumentam até a resolução de 120 m decaindo até a resolução de 960 m. A maior correlação negativa entre os valores de dimensão fractal se dá entre TS e FV ao invés de TS e NDVI, evidenciando que a TS pode ser mais bem estimada por imagens de FV que por imagens NDVI.

Outro modo de representação da superfície urbana é o modelo V-I-S (*Vegetation-Impervious surface-Soil*), no qual cidades podem ser comparadas ecologicamente e em diferentes escalas espaciais (RIDD, 1995). Estas três superfícies têm reações com a energia e umidade bastante distintas dentro de um ecossistema urbano (GLUCH *et al.*, 2006). Usado como esquema de classificação, o modelo V-I-S pode ser relacionado às respostas termais da cidade. A partir de um modelo de mistura espectral linear, pode-se definir a porcentagem de cada componente do V-I-S em cada pixel, tornando possível agregar quantitativamente *pixels* semelhantes ecologicamente (RIDD, 1995). A partir deste modelo, Gluch *et al.* (2006) definiram oito classes de cobertura da terra e realizaram classificações supervisionadas usando o sensor ATLAS (10 m) e o TM (30 m) para as escalas do bairro e regional respectivamente. A assinatura termal (mínimo, máximo, média e desvio padrão) de cada classe para as duas escalas foi obtida através da banda 13 do ATLAS (10 m) sob áreas classificadas corretamente pelo classificador supervisionado. Os valores médios de TS foram atribuídos a cada classe de cobertura da terra para a geração de mapas de padrão térmico. Notou-se que a resposta termal é coerente entre as duas escalas, aumentando sempre na seguinte ordem: água, sombra, vegetação, solo e áreas impermeáveis. Foi observado também que há grande similaridade do valor médio de temperatura entre as duas escalas para todas as classes, indicando baixa variação no comportamento termal da escala do bairro para a regional (GLUCH *et al.*, 2006).

#### 4. Considerações finais

O avanço das pesquisas em relação ao sensoriamento remoto possibilita uma série de aplicações na climatologia urbana e principalmente na análise do efeito das ICU. A utilização de modelos e algoritmos permite respostas mais rápidas e diretas, uma vez que eles são capazes de separar as componentes envolvidas, como visto em Kato e Yamaguchi (2005). É desejável que os dados de satélite tenham uma resolução espacial nominal alta na faixa do TIR, já que por causa da complexidade da geometria das cidades (aglomeração de ruas, edifícios, etc.) exige-se uma discriminação maior de detalhes. Melhorias na resolução espectral e espacial de sensores orbitais desta e da próxima geração, assim como a disponibilidade crescente de scanners termais aerotransportados, possibilitarão avanços na representação detalhada da superfície urbana (VOOGT & OKE, 2003). Estudos que almejem relacionar diferentes escalas de balanço de energia deverão inexoravelmente dispor de dados de altíssima a média resolução. Neste sentido, poderemos usar os sensores ASTER (90 m) e o ETM+ (60 m) para análises regionais e sensores aerotransportados, como o ATLAS ou a câmera AGEMA, para análises termais em escala intra-urbana. Entretanto, há de se considerar a questão da acessibilidade, pois apesar do sensor ATLAS, por exemplo, ter uma resolução espacial nominal muito alta, por ser aerotransportado seu custo também é muito elevado. Um investimento como este seria válido para o estudo de ICU, uma vez que, segundo Kato e Yamaguchi (2005), não existem mudanças significativas nas características das ICU ao longo de dois anos, porém talvez não fosse para outros tipos de análises que necessitam sistematicidade, inviabilizando desta forma um programa grande (onde diferentes objetivos de pesquisa justificassem seu elevado custo) com este recurso. Diversos trabalhos aplicados ao estudo de ICU foram e vêm sendo realizados com sensores como o ASTER, TM e ETM+, e até mesmo com sensores de menores resoluções espaciais, como o *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) a bordo do satélite *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) e o *Moderate-Resolution Imaging Spectro Radiometer* (MODIS) a bordo da plataforma Terra, demonstrando que a limitação da resolução espacial nominal é pequena se comparada com as inúmeras possibilidades de análise oferecidas pelo sensoriamento remoto orbital, haja vista que a modelagem e o desenvolvimento de algoritmos aplicados aos estudos de ICU são relativamente recentes. No



entanto, a maior parte dos sensores orbitais não imageiam à noite, o que para o estudo de ICU representa uma grande restrição, já que estas são mais proeminentes neste horário.

Por fim, faz-se necessário entender que as ICU acontecem principalmente por falta de planejamento urbano, uma vez que qualquer forma de vegetação existente nos grandes centros oferece um efeito amenizador para este fenômeno (LOMBARDO, 1985), e que o sensoriamento remoto termal é a forma mais eficiente de analisar seus efeitos, posto que oferece possibilidades de análise em diversas escalas de maneira mais prática, rápida e de custo mais acessível do que medições *in situ*.

### Referências bibliográficas

- CARNAHAN, W. H.; LARSON, R.C. An analysis of an urban heat sink. *Remote Sensing of Environment*, v.33, p. 65-71, 1990.
- CHEN, X.L.; ZHAO, H.M.; LI, P. X.; YIN, Z.Y. Remote Sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, v.104, p. 133-146, 2006.
- GILLESPIE, A.; ROKUGAWA, S.; MATSUNAGA, T.; COTHERN, J. S.; HOOK, S.; KAHLE, A. A temperature and Emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images. *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 36, n. 4, July 1998.
- KATO, S.; YAMAGUCHI, Y. Analysis of urban heat-island effect using ASTER an ETM+ Data: Separation of anthropogenic heat discharge and natural heat radiation from sensible heat flux. *Remote Sensing of Environment*, v. 99, p. 44-54, 2005
- KIM, Y.H.; BAIK, J.J. Spatial and temporal structure of urban heat island in Seoul. *American Meteorological Society*, v.44, n.5, p.591-605, 2005.
- LO, C. P.; QUATTROCHI, D.A.; LUVALL, J.C. Application of high-resolution thermal infrared sensing and GIS to assess the urban heat island effect. *International Journal of Remote Sensing*, v.18, p 287-304, 1997.
- LOMBARDO, Magda Adelaide. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Editora Hucitec, 1985. 244p.
- NICHOL, J. E. A GIS-based approach to microclimate monitoring in Singapoure's high-rise housing estates. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 60, p. 1225-1232, 1994.
- OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v.108, p. 1 – 24, 1982 .

PEREZ, J.C.; SÁNCHEZ, M.de los.A.V.; BARRADAS, V. L. Clima, urbanización y uso del suelo en ciudades tropicales de Mexico. Red Nacional de Investigación Urbana, Puebla, México, Ciudades 51, jul-set. 2001.

QUATTROCHI, D.A.; RIDD, M. K. Measurement and analysis of thermal energy responses from discrete urban surfaces using remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 15, p. 1991-2022, 1994.

QUATTROCHI, D.A.; LUVALE, J.C.; RICKMAN, D.L.; ESTER JR.,M.G.; LAYMON, C.A.; HOWELL, B.F. A decision support system for urban landscape management using thermal infrared data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 66(10), p. 1195-1207, 2000.

VOOGT, J.A; OKE, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*. v.86, p. 370-384, 2003.

WENG, Q. A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*, v. 22, n.10, p.1999-2014, 2001.

WENG, Q. Fractal analysis of Satellite-detected urban heat island effect. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 69 (5), p. 555-566, 2003.

BLASCHKE, T.; KUX, H., *Sensoriamento remoto e SIG avançados*. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 303

CHEN, X.L.; ZHAO, H.M.; LI, P. X.; YIN, Z.Y. Remote Sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, v.104, p. 133-146, 2006.

DASH, P., GOTTSCHKE, F.M., OLESEN, F.S. & FISCHER ,H. Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: theory and practice – current trends. *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, p. 2563-2594, 2002.

GLUCH, R; QUATTROCHI, D.A.; LUVALL, J.C. A multi-scale approach to urban thermal analysis. *Remote Sensing of Environment*, v. 104, p. 123-132, 2006.

HAFNER, J; KIDDER, S.Q. Urban heat island modeling in conjunction with satellite-derived surface/soil parameters. *Journal of Applied Meteorology*, v. 38, p. 448-465, 1999.

LEE, H.Y. An application of NOAA AVHRR thermal data to the study of urban heat islands. *Atmospheric Environment*, v. 27, 1-13, 1993.

LO, C. P.; QUATTROCHI, D.A.; LUVALL, J.C. Application of high-resolution thermal infrared sensing and GIS to assess the urban heat island effect. *International Journal of Remote Sensing*, v.18, p 287-304, 1997.

NICHOL, J.E. High resolution surface temperature patterns related to urban morphology in a tropical city: a satellite-based study. *Journal of Applied Meteorology*, v. 35, p. 135-146, 1996.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPATIAL ADMINISTRATION (NASA). Background on urban growth and urban heat island. Desenvolvido por SHEPHERD, J.M. 2000. Disponível em: <<http://rsd.gsfc.nasa.gov/912/urban/index.htm>>. Acesso em: 24 mai. 2007.

OKE, T.R. *Boundary Layer Climates*. 2<sup>a</sup> ed. London: Methuen, 1987. 435 p.

PARLOW, E. Remotely-sensed heat fluxes of urban areas. *Biometeorology and urban climatology at the turn of the millennium*, v. 1026, p. 523-528, 1999.

QUATTROCHI, D.A.; RIDD, M. K. Measurement and analysis of thermal energy responses from discrete urban surfaces using remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 15, p. 1991-2022, 1994.

RAO, P.K. Remote sensing of urban “heat island” from an environmental satellite. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 53, p. 647-648, 1972.

RIDD, M. K. Exploring a V-I-S model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities. *International Journal of Remote Sensing*, v. 16, p. 2165-2185, 1995.

VOOGT, J.A.; OKE, T.R. Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature. *International Journal of Remote Sensing*, v. 19, n. 5, p. 895-920, 1998.

VOOGT, J.A.; OKE, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, v. 86, p. 370-384, 2003.

VOOGT, J.A., SOUX, C.A. Methods for the assessment of representative urban surface temperature. *Third Symposium on the Urban Environment*, p 179-180, Agosto 14-18, 2000.

WENG, Q.; LU, D.; SCHUBRING, J. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, v. 89 (4), p. 467-483, 2004.

YUAN, F.; BAUER, M. E. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 106 (3), p. 375 – 386, 2007.

# A APLICABILIDADE DAS FERRAMENTAS SIG PARA O ESTUDO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS - A EXPERIÊNCIA COM A MICROBACIA DO RIO FACA (AFLUENTE DO RIO IGUAÇU) – SÃO JORGE D'OESTE-PR

Danielli Batistella Saquet  
Geógrafa e Mestranda em Geomática pela UFSM  
E-mail: [danisaquet@hotmail.com](mailto:danisaquet@hotmail.com)

## Resumo:

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade das ferramentas SIG (Sistemas de Informação Geográfica) no estudo e monitoramento de microbacias hidrográficas. Para demonstrar isso, foi utilizada como experiência a microbacia do rio Faca (afluente do Iguauçu) localizada no município de São Jorge D'Oeste, Sudoeste do estado do Paraná. Através do geoprocessamento podemos realizar o monitoramento com a finalidade de contribuir para a melhor gestão das microbacias, em virtude do agravamento das condições ambientais. Para tanto, foi realizado o georreferenciamento e a digitalização da microbacia através do programa AutoCadMap2000, utilizando-se a carta topográfica MI 2850 com cobertura de área realizada no ano de 1976 e a imagem do Google Earth 2006 que cobria 58,3% da microbacia. Em seguida, houve a exportação da base digital no formato dxf para o programa ArcViewGis3.3, sendo este transformado em formato shapefile. No programa ArcView, realizamos várias consultas espaciais através do banco de dados, como da área total da microbacia de 1.650 ha, e os cálculos de vegetação em 58,3% da microbacia. Após os cálculos da quantidade de vegetação em 1976 e 2006 concluímos que no período de 30 anos houve uma redução de 35% das matas existentes. Isso é resultado do processo de modernização da agricultura, que ocorreu na região a partir da década de 1970 provocando o desmatamento, o uso intensivo do solo (muitas vezes inadequado considerando-se as condições de relevo do local) e a utilização de agrotóxicos. É fundamental, para além da questão legal, monitorar a área com a finalidade orientar um novo ordenamento do espaço na área de estudo.

**Palavras-chave:** Microbacias, Sistemas de Informação Geográfica, Monitoramento ambiental.

## Abstract:

The present work has as objective to demonstrate the applicability of the tools GIS (Geographic Information System) in the study and management of watersheds. To demonstrate that, it was used as experience the watershed the Faca river (flowing of Iguauçu) located in the São Jorge, South-west of Paraná State. Through the geoprocessamento we can accomplish the management with the purpose of contributing for the better administration of the watersheds, by virtue of the worsening of the environmental conditions. We accomplished the georeferencing and the digitalization of the microbacia through the program AutoCadMap2000, being used the topographical letter MI 2850 with covering area realized in year of 1976 and the image of the Google Earth 2006. This covered 58,3% of the watershed. There was the exporting of the digital base in the format dxf to program ArcViewGis3.3, being this transformed in shapefile format. In the program ArcView we accomplished several space consultations through the database, as the total area of the watershed of 1.650 ha, and the vegetation calculations in 58,3% of the watershed. After calculations about vegetation amount in 1976 and 2006 we concluded that in the 30 year-old period there was a reduction of 35% of the existent forests. It was resulted the agriculture modernization process, that happened in the region in beginning the 1970 and it motivated by knocked down of forests, the soil intensive use (inadequate a lot of times) and the agricultural poison use. It is fundamental, for besides the legal subject, to monitor the area with the purpose to guide a new ordering of the space in the area of study.

**Key-words:** Watersheds, Geographic Information System, Environmental monitoring.

## **Introdução**

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade e a importância da ferramenta SIG (Sistemas de Informação Geográfica) no estudo de microbacias hidrográficas. Entendemos que essas novas tecnologias de coleta e manuseio da informação, subsidiam o processo de tomada de decisão com informações sobre o território, em especial, das microbacias.

A característica básica desse sistema é de associar as representações do mundo real. “A tecnologia do geoprocessamento por ser uma ferramenta preciosa e precisa, permite realizar investigações oferecendo produtos digitais básicos e aplicados para as análises de cada situação ambiental definida”. (DIAS et al. 2007, p.144).

Os SIG's proporcionam grande facilidade em manipular dados através de um banco de dados georreferenciados. O conjunto dessas tecnologias representa um importante passo para o manejo de bacias hidrográficas. Com esta combinação, é possível não só visualizar cenários passados e atuais, mas também simular cenários futuros com baixo custo e de forma rápida.

É fundamental, para além da questão legal, monitorar a área com o intuito de orientar um novo ordenamento do espaço na área de cada microbacia. Para demonstrar, foi utilizado como experiência a microbacia do rio Faca (afluente do Rio Iguaçu), município de São Jorge D'Oeste-PR.

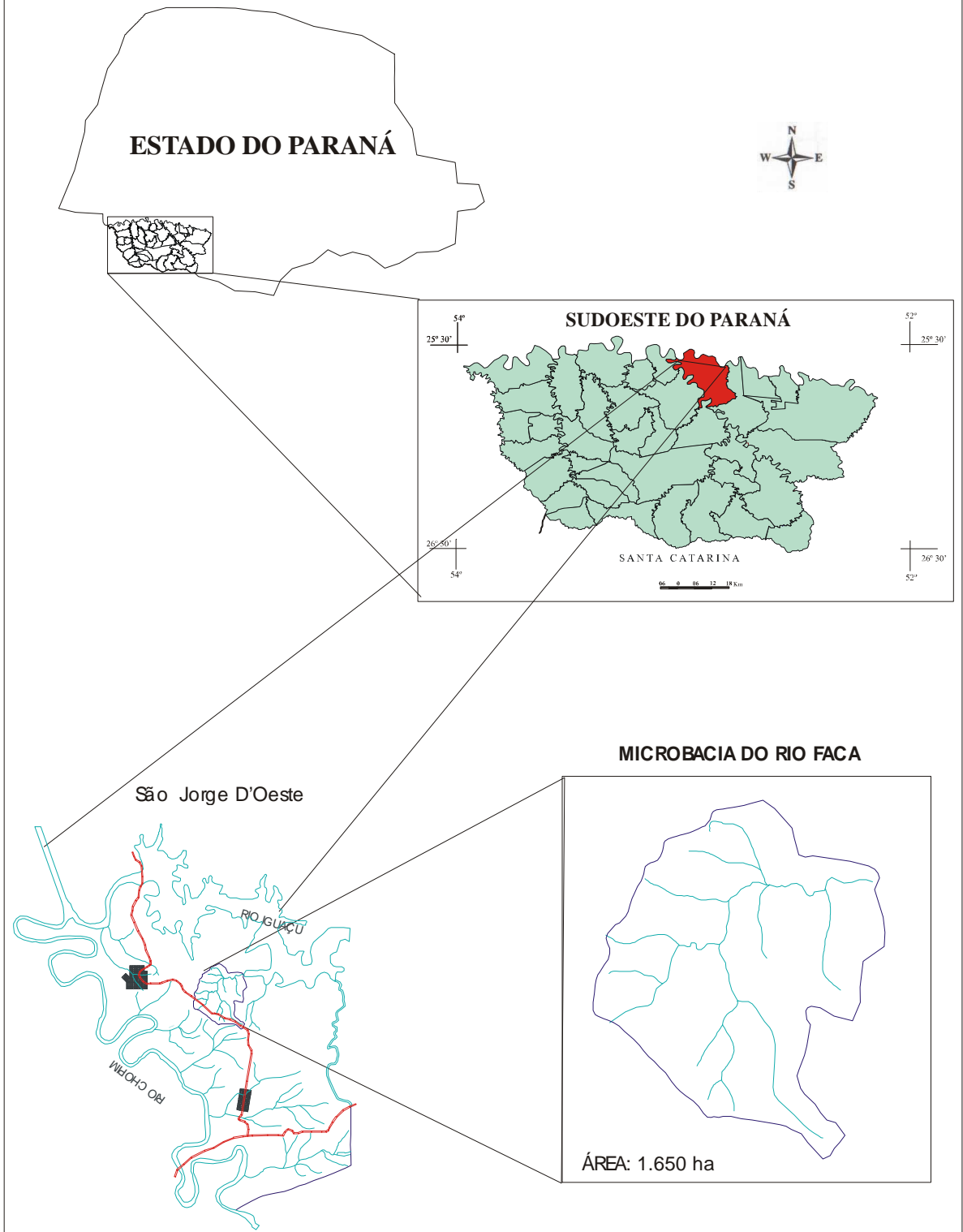
Esta microbacia localizada na área rural do município, possui pequenas e médias propriedades e abrange as comunidades de Perobal, Consoladora, Lagos do Iguaçu e São Cristóvão. Uma parte das propriedades é utilizada para a criação de gado e outra para cultivos diversificados de produção agrícola, como soja, trigo, milho etc..

Desde os primórdios da colonização, na década de 1940, as áreas de preservação permanente e reserva legal têm sido substituídas por culturas agrícolas e pela produção pecuária. E como sabemos, a legislação ambiental está cada vez mais intensificando a cobrança de recuperação da vegetação ciliar dos rios e das nascentes.

Diante dessa situação, percebemos a importância de um monitoramento através do geoprocessamento que venha contribuir para a melhor gestão dessa microbacia, em virtude do agravamento das condições ambientais a partir dos anos 1980.

Figura n. 1 – Localização da área de estudo

**Localização da Área de Estudo**





De acordo com Coltrinari (2002), os ecossistemas atuais são resultados de mudanças nos sistemas naturais, que acontecem ao longo de milhões de anos. Essas mudanças, que são socioespaciais, afetaram o conjunto dos elementos que compõem os ecossistemas. Ultimamente, estão se multiplicando, resultado da destruição de recursos básicos, em particular, em áreas de clima tropical.

Os problemas que ameaçam a sobrevivência da vida na terra não podem ser resolvidos de modo unilateral, por qualquer ramo isolado da ciência, nem somente por um país. As mudanças que estão ocorrendo na Terra e o modo pelo qual elas acontecem, resultam das ações humanas, em processos que operam em escalas que vão do local ao global, envolvendo diferentes lugares.

As mudanças ambientais profundas, velozes e de sentido negativo, é que ameaçam a terra e a sobrevivência do homem. Esses episódios, na realidade, são rupturas do equilíbrio natural do meio ambiente, muitas vezes desencadeadas pelas interferências das ações humanas. A falta de informação correta e adequada sobre as causas desses processos, acentua os impactos ambientais.

O meio ambiente é formado por recursos naturais, termo definido como conjunto de riquezas minerais, animais e vegetais energéticas, que constituem a economia de cada região, país ou continente.

Porém, a exploração dos recursos naturais evoluiu, juntamente com a história do homem e com as inovações técnicas e científicas. A economia de mercado, as migrações, as invenções de instrumentos, o aumento da população, as tecnologias, etc., contribuíram para exploração e a degradação desses recursos, fugindo ao controle do homem.

Nesse sentido, concordamos com Ab´Saber (2003), quando afirma que a paisagem é sempre uma herança de processos fisiográficos e biológicos e do patrimônio coletivo dos povos que, historicamente, as herdaram como território de atuação de suas comunidades. Os povos herdaram paisagens e ecologias, pelas quais deveriam ser responsáveis, valorizando corretamente os recursos naturais. Portanto, há de permanecer um equilíbrio distante do *ecologismo utópico* e do *economicismo suicida*.

Assim, na relação entre a sociedade e a natureza, pode-se buscar uma conexão entre a justiça social e a liberdade, ou entre o desenvolvimento e práticas que conservam o meio ambiente. Nesse sentido, o espaço geográfico é uma realidade que não pode ser lida somente a partir da materialização da vida humana na superfície da terra; busca-se, na geografia, a compreensão e a construção da unidade natureza/sociedade e de possibilidades para se viver melhor.

A partir da constituição da ciência moderna, a natureza passa a ser regida pelas leis da mecânica e da matemática, contrapondo-se com a concepção aristotélica. A revolução científica moderna aconteceu com o intuito de dessacralizar as idéias da igreja. Porém, com o surgimento da mecânica, essa serviu de base para a Revolução Industrial. A partir dessa revolução, o homem passa a ver a natureza como um meio de consumo, perante o desenvolvimento do capitalismo. Desse modo, o homem deixa de ver a natureza como seu *habitat* natural e passa a dominá-la com o surgimento das técnicas e tecnologias inerentes à reprodução sempre ampliada do capital.

Ainda, é importante lembrar que, para Gonçalves (1989), o conceito de natureza não é natural. É criado pelos homens. A natureza se define em nossa sociedade por aquilo que se opõe à cultura. A cultura é tomada como algo superior e que conseguiu controlar e dominar a natureza.

Durante o século XX, tivemos uma construção do conhecimento da natureza dividida em subáreas do conhecimento. Alguns geógrafos buscaram construir um conhecimento mais conjuntivo. No Brasil, essa perspectiva tomou como referência a abordagem sistêmica. O método sistêmico proveniente da biologia, nos anos 1920, foi adotado com o objetivo de promover uma análise integrada da natureza. Autores referências nessa discussão, são Tricart, Monteiro, Bertrand, entre outros.

A busca de articulação na perspectiva sistêmica ultrapassou a dimensão analítica referente à materialização do que se convencionou chamar de natureza. Ao buscar esse caminho, construíram-se conceitos como o de *geossistema*, que ultrapassa, na sua construção, a integração do conhecimento da natureza. Isso, porque inclui a ação do homem nesse contexto. Essa concepção impõe outra discussão, que ultrapassa a geografia física. Ela resgata, para a análise, a dimensão antrópica, característica central da geografia como ciência da relação natureza- sociedade.

Dessa forma, nos encontramos diante de um conceito de natureza que justifica a existência do Estado. Se o homem é natureza, quem domina a natureza? Conforme Gonçalves (1989), teríamos que falar em dominar o homem também. Há uma contradição. Discutir a natureza e a questão ambiental resgata a unidade da geografia. Na geografia, o conceito de natureza é compreendido de diferentes maneiras. Há uma concepção forte de natureza, como algo exterior ao homem. A separação homem-natureza (cultura-natureza, história-natureza) é uma característica marcante do pensamento que tem dominado o chamado mundo ocidental. A natureza tende a ser cada vez mais um objeto a ser dominado e possuído.

A idéia de uma natureza objetiva e exterior ao homem, o que pressupõe uma idéia do homem não-natural e fora da natureza, cristaliza-se com a civilização industrial, inaugurada pelo capitalismo. As ciências da natureza se separam das ciências do homem. A revolução industrial, profundamente técnica, foi o coroamento de um processo civilizatório que almejava dominar a natureza e, para tanto, submeteu e sufocou os que se opunham a ela.

Cada espécie humana se organiza socialmente de modo próprio, e o que diferencia a natureza dos homens (sociedade), são as leis, as regras, o processo e a ordem. E a busca de uma ordem natural, leva à supervalorização das ciências da natureza.

Após os anos 1970, com o advento da discussão ambiental, nas ciências de maneira em geral, evidencia-se a questão da relação natureza versus sociedade e, posteriormente, a degradação ambiental. A sociedade não é natural, pois ela é pensada e construída politicamente ao modo do capital. Ela só é natural no sentido de reprodução biológica do homem. E separar o homem da natureza é uma forma de subordiná-la ao capital. Se na natureza o homem faz parte dela, quem domina a natureza? As técnicas criadas pelo homem vêm dominar a natureza e o próprio homem.

Santos (1992), alerta que a técnica permite a intervenção, não só nas formas, mas nos processos naturais. A natureza está em constante redescoberta: ela passa de uma ordem vital a uma ordem racional. O homem como indivíduo mecaniza o planeta, criando novos instrumentos para tentar dominá-la, tornando a natureza artificializada.

O tema natureza é uma dessas imposições de nosso tempo e deve ser abordado com cautela, pois, nesse assunto, a *força das imagens* ameaça aposentar prematuramente os conceitos. A natureza “tecnicizada acaba sendo abstrata”. (Santos, 1992, p.7). O sistema está deixando de ser local para se tornar cada vez mais universal, a partir do surgimento das inovações perante a economia mundializada.

É nesse contexto de mudanças socioespaciais e nas ciências, a partir dos anos 1990 que, aos poucos, ganha centralidade a questão da utilização, degradação e da recuperação ambiental. Aspectos e processos inerentes à preservação do meio ambiente ganham força em vários países, tanto pelas exigências da legislação vigente como pela conscientização referente à problemática em questão. Nesse sentido, enfocamos que ao mesmo tempo com o avanço da degradação do meio ambiente com a invenção das técnicas criadas pelo homem, criou-se a necessidade do uso de novas tecnologias para controlar os danos causados pela sociedade de consumo. Nessa perspectiva, o surgimento de ferramentas computacionais aplicadas ao geoprocessamento contribui

para o monitoramento das questões ambientais em diferentes níveis. Em especial, o monitoramento de microbacias hidrográficas.

## **Metodologia**

As ferramentas computacionais chamadas de *SIG* (Sistema de Informação Geográfica) possibilitam ao usuário realizar consultas e análises espaciais através de um banco de dados georreferenciados, como também produzir documentos cartográficos para a representação do espaço. Estas contribuem para os estudos de microbacias hidrográficas.

No estudo que fizemos, utilizamos a carta topográfica do exército MI 2850 de São Jorge D'Oeste/PR com cobertura de área realizada no ano de 1976 e a impressão em 1980. Estas em meios impresso e digital. Após, houve o georreferenciamento da carta e a digitalização no programa *AutoCadMap2000* a partir de criação de *layers* como rio, cotas, limites etc.. Em seguida, fizemos o georreferenciamento e a digitalização de algumas feições cartográficas da imagem do *Google Earth 2006* que cobria 58,3% da microbacia em questão.

Concluídas essas etapas, realizamos a transformação do formato *dxf* do programa *AutoCadMap2000* para o *shapefile* do *ArcViewGIS 3.3* com a importação. Isto permitiu a definição e criação de um banco de dados da microbacia do rio Faca.

No programa *ArcView* cada *layer* foi transformado em tema. Possibilitando, através do banco de dados existente no programa e da consulta espacial, calcular a área da microbacia, a extensão do rio Faca e seus afluentes e a quantidade de vegetação existente em 1976.

O mesmo procedimento foi realizado com a imagem do *Google Earth 2006*, a título de demonstração. Nesta, calculamos a quantidade de vegetação em 58,3% da microbacia, pois a imagem disponível não cobria toda a bacia com a mesma qualidade. Porém, esta relação entre diferentes anos pode ser feita utilizando-se fotografias aéreas que não conseguimos até o momento.

Figura n.2 – Georreferenciamento e digitalização da carta topográfica MI 2850 ano 1976

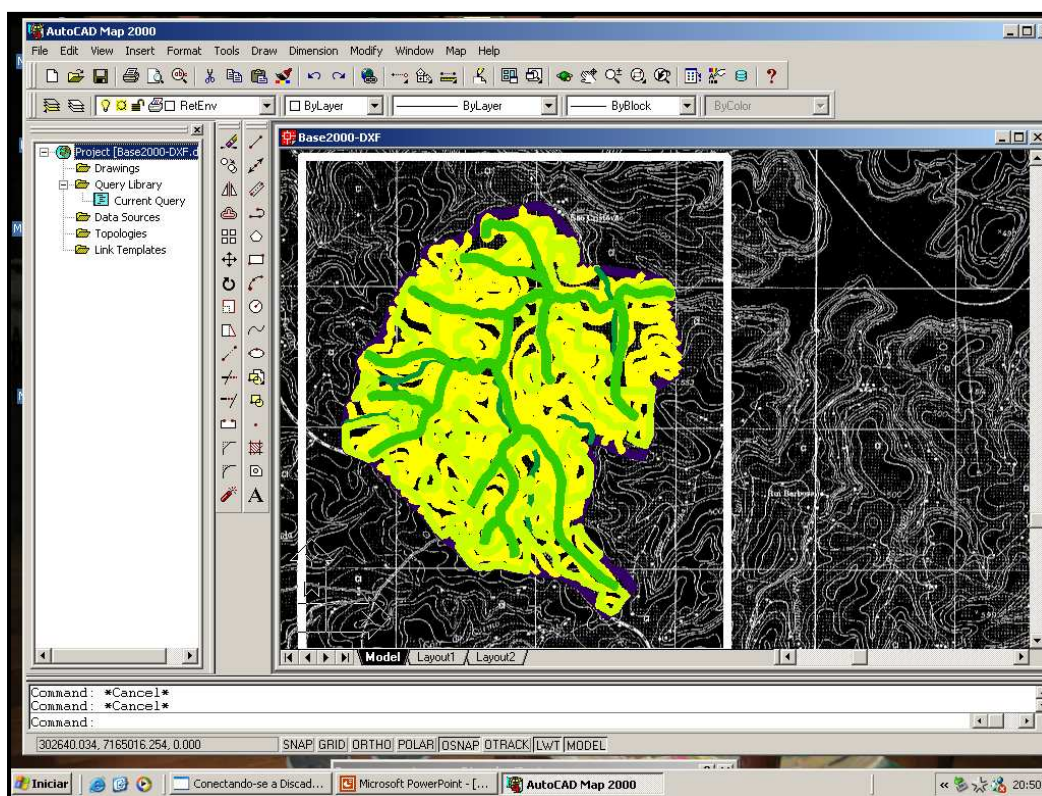
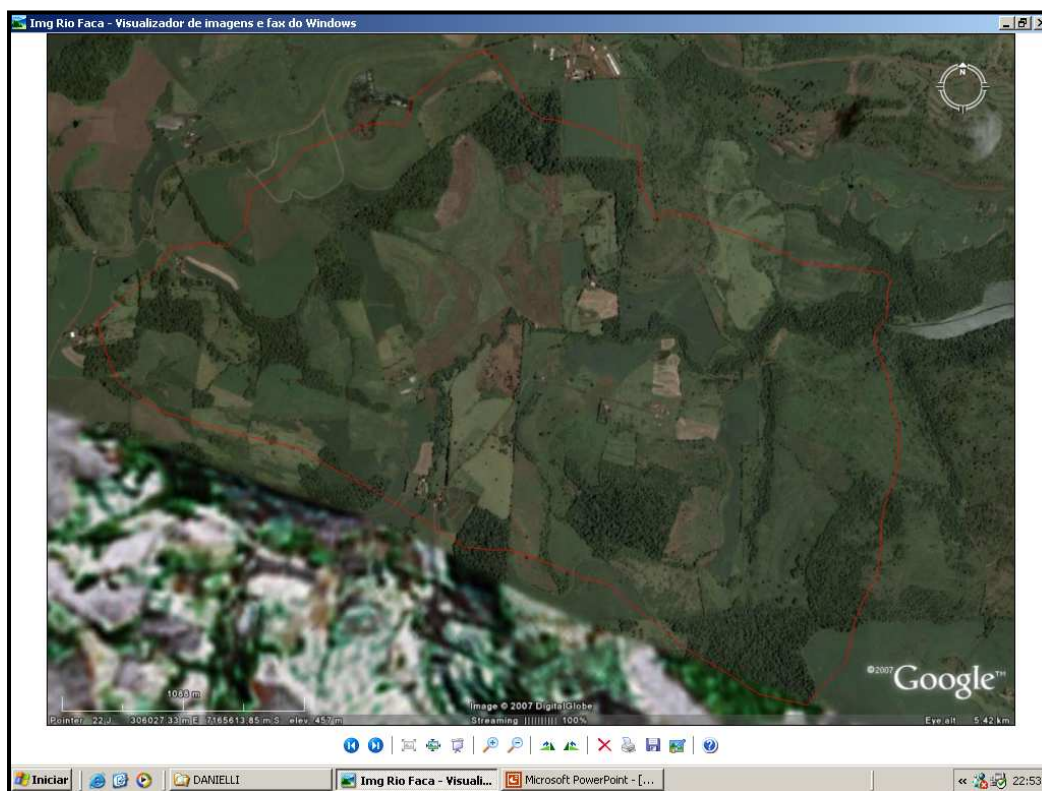


Figura n. 3 – Imagem do Google Earth de 58,3% da microbacia ano 2006.



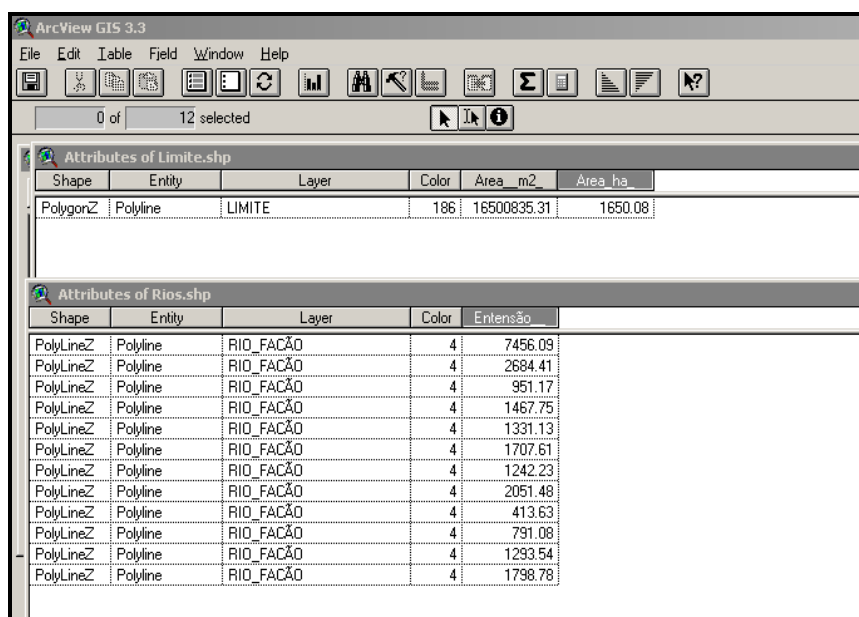
## Pontos desenvolvidos

Através da consulta espacial calculamos a área total da microbacia, que possui 1.650 ha, conforme os dados da carta topográfica. Porém, em apenas 58,3% da área total, que corresponde a 962,64 ha, foi desenvolvida a análise. De acordo com os dados da carta topográfica de 1976, a microbacia do rio Faca possuía 339.64 ha de vegetação nativa. Já no ano de 2006, a quantidade de vegetação correspondia somente 223.64 ha de matas (nativa e reflorestada). Isso significa, que nos últimos 30 anos, houve uma redução de quase 35% da vegetação da microbacia. Esta diminuição é resultado do processo de modernização da agricultura, que ocorreu a partir da década de 1970, que provocou o desmatamento, o uso intensivo do solo para o cultivo agropecuário (muitas vezes inadequado considerando-se as condições de relevo do local) e a utilização de agrotóxicos.

É fundamental, nesse sentido, além da questão legal, monitorar a área com a finalidade orientar um novo ordenamento do espaço estudado, visando a recuperação da mata ciliar, por exemplo e a manutenção das reservas legais que já existem na área da microbacia. Isto exige um aprofundamento dos estudos, o que está em curso e, evidentemente, um programa de desenvolvimento político no nível intermunicipal, envolvendo o rio Faca, o rio Iguazu e outros afluentes.

Ao mesmo tempo, é importante destacar que os aplicativos utilizados permitiram gerar mapas temáticos e se mostraram adequados para este tipo de pesquisa.

Figura n. 4 - Cálculos de área e extensão dos rios



The screenshot shows the ArcView GIS 3.3 interface. The 'Attributes of Limite.shp' table is selected, showing one record with a PolygonZ shape, Polylines entity, LIMITE layer, color 186, and areas of 16500835.31 m<sup>2</sup> and 1650.08 ha. Below it, the 'Attributes of Rios.shp' table is visible, listing 12 records of PolyLineZ shapes, Polylines entities, RIO\_FACÃO layer, color 4, and various extension values in meters.

Shape	Entity	Layer	Color	Área_m2	Área_ha
PolygonZ	Polylines	LIMITE	186	16500835.31	1650.08

Shape	Entity	Layer	Color	Extensão
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	7456.09
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	2684.41
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	951.17
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	1467.75
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	1331.13
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	1707.61
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	1242.23
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	2051.48
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	413.63
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	791.08
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	1293.54
PolyLineZ	Polylines	RIO_FACÃO	4	1798.78



Figura n. 5 – Microbacia do Rio Faca

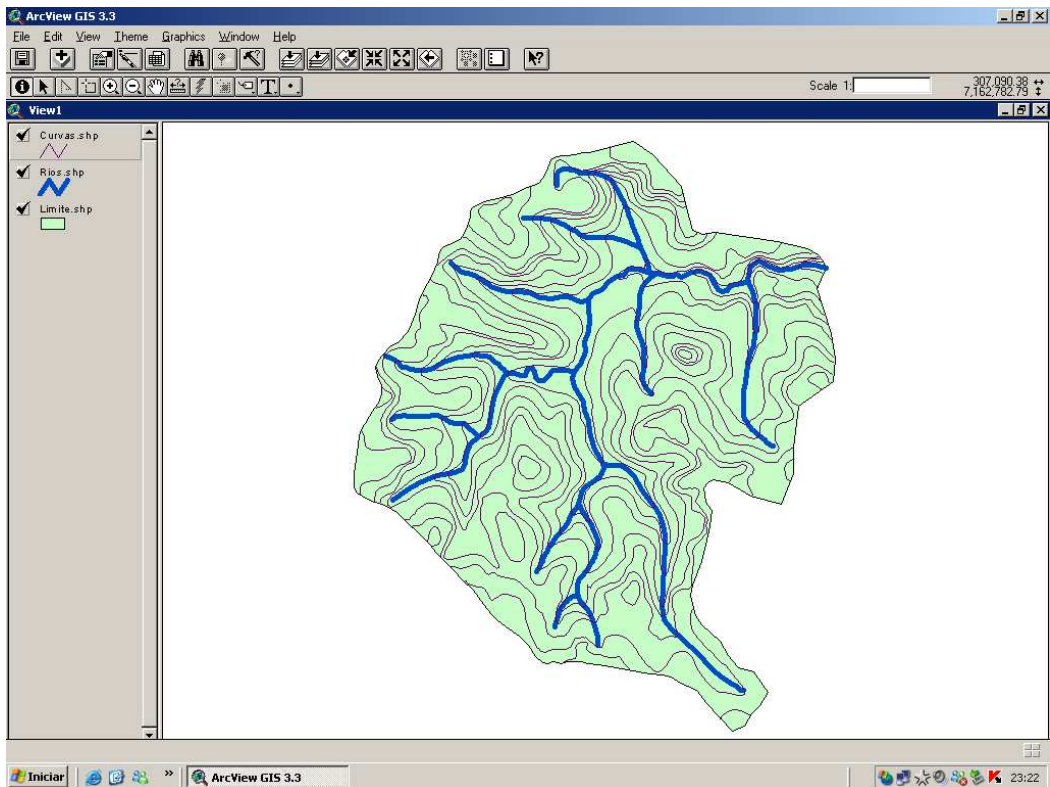


Figura n. 6 –Em 1976 existia 339.64 ha de mata em 58,3% da microbacia

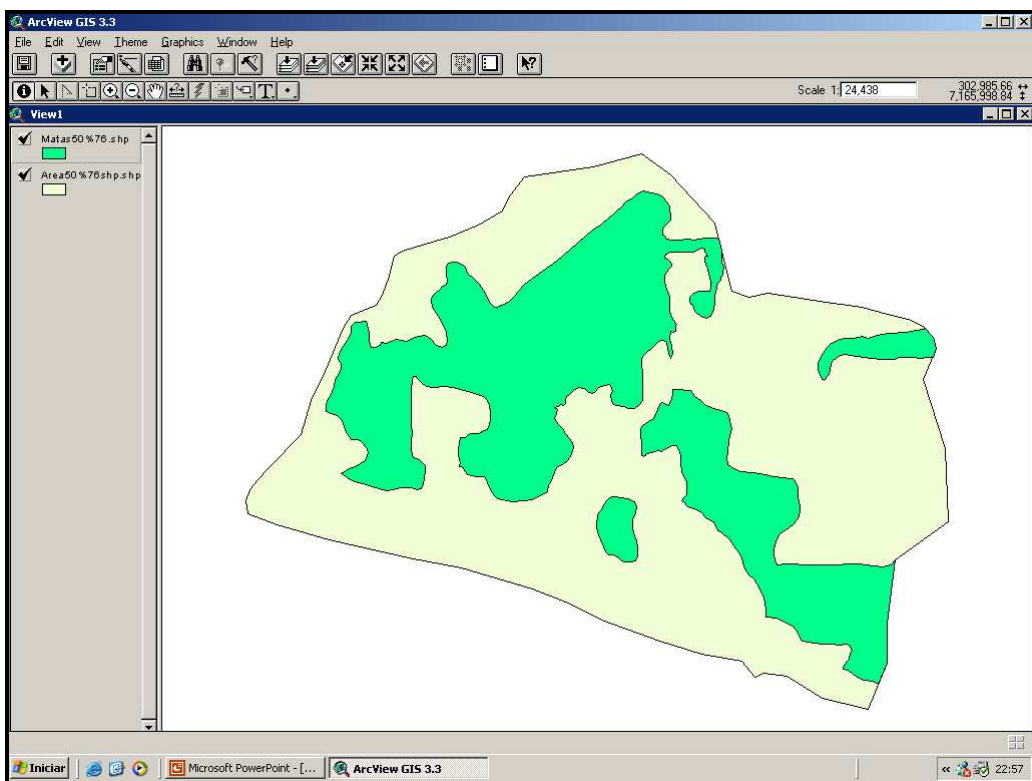


Figura n. 7 – Em 2006 existia 223.64 ha de mata em 58,3% da microbacia

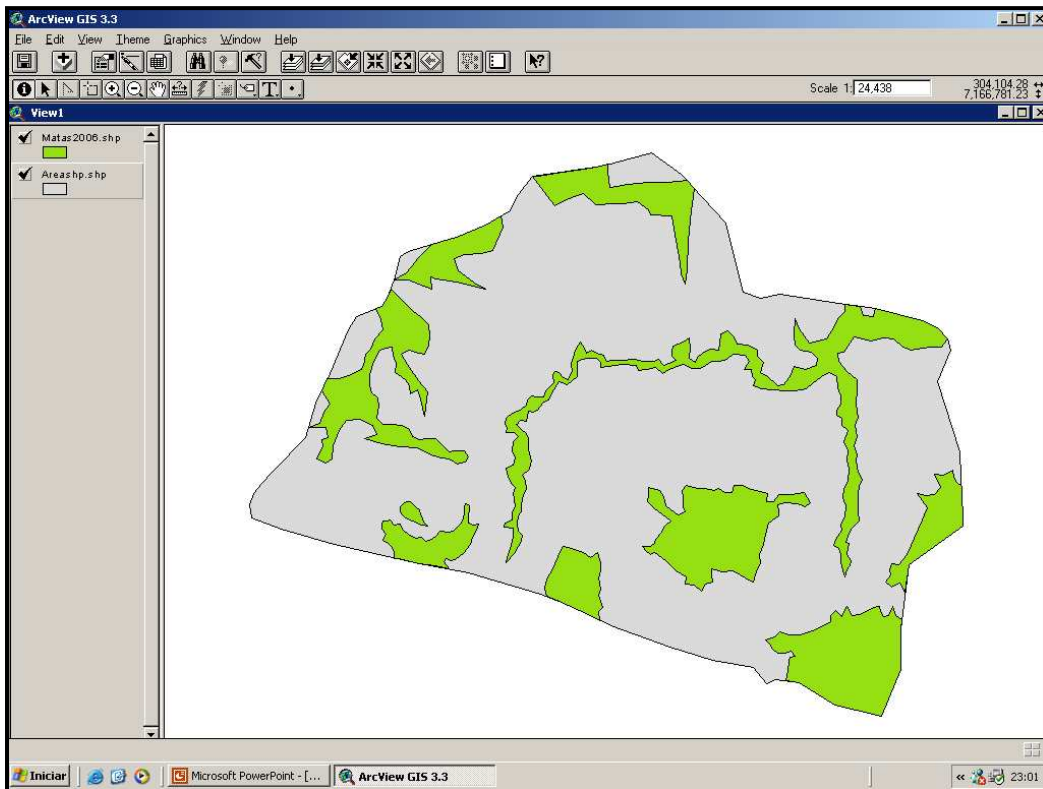
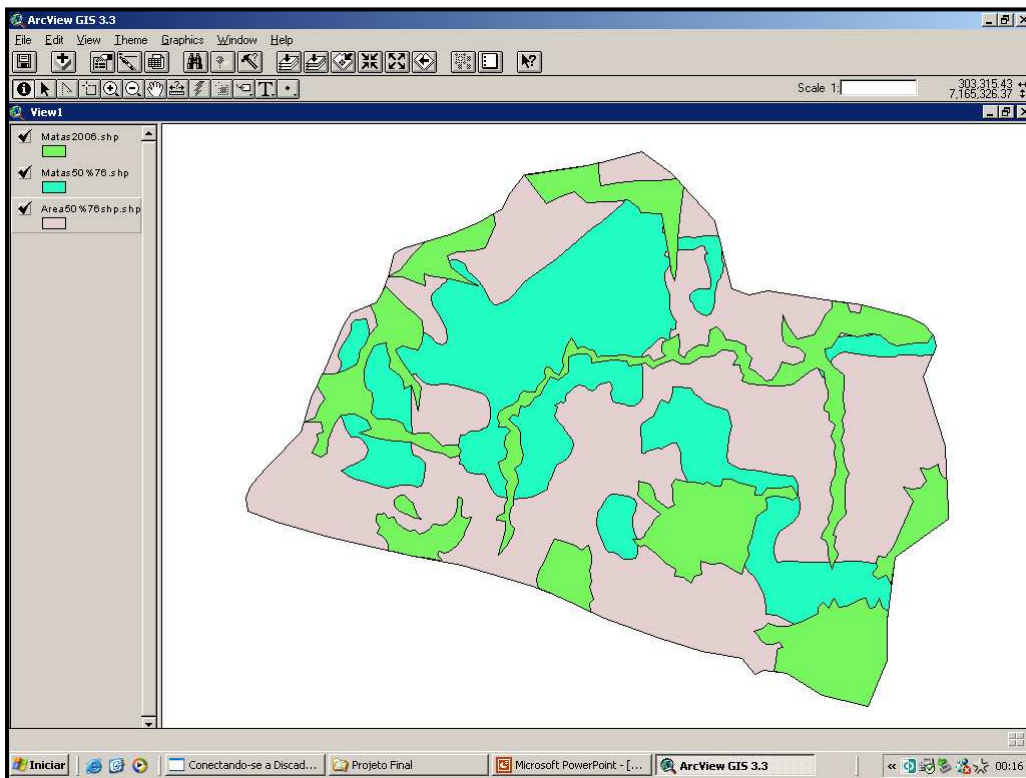


Figura n. 8 – Sobreposição das áreas de vegetação – perda de 35% em 30 anos





## Resultados e conclusões

A utilização das ferramentas SIG possibilitou realizar várias consultas espaciais referentes a microbacia, como também fornecer dados quantitativos da área de estudo. Através dos dados, podemos elaborar mapas temáticos e analisar a perda de vegetação nativa na microbacia entre os anos de 1976 e 2006 em 58,3% da área total (considerando o uso da imagem do *Google Earth 2006* que cobre, com qualidade, apenas uma parte da bacia).

As informações fornecidas através das ferramentas SIG contribuem, através das técnicas computacionais, para a análise e da representação geográfica e permitem, por parte dos órgãos responsáveis, a inspeção das condições ambientais de cada área.

Assim, concordamos com Xavier da Silva (2001), quando afirma que as representações através das técnicas computacionais permitem a inspeção do relacionamento entre as entidades ambientais envolvidas. Essa montagem cuidadosamente ordenada, possibilita a construção de modelos conceituais que representam as *verdadeiras* características da realidade ambiental.

Esses modelos conceituais possuem alto potencial de apoio aos diagnósticos de ambientais e precisam ser construídos para facilitar a modelagem digital final, a qual permitirá o tratamento dos dados de geoprocessamento e a representação de uma visão integrada da realidade ambiental.

## Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3<sup>a</sup>. Ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

CAMARA, Gilberto e DAVIS, Clodoveu. Introdução. In: DRUCK, Suzana; CARVALHO, Marília Sá; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. p.1-5. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>

CAMARA, Gilberto e MONTEIRO, Antonio Miguel. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. In: DRUCK, Suzana; CARVALHO, Marília Sá; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. p.2-35. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>

COLTRINARI, Lylian. A geografia física e as mudanças ambientais. In: **Novos caminhos da geografia**. CARLOS, Ana Fani A. (org.) São Paulo: Contexto, 2002. (Caminhos da Geografia).

DIAS, José Eduardo et al. Geoprocessamento aplicado à análise ambiental: o caso do município de Volta Redonda – RJ. In: **Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações**. XAVIER DA SILVA, Jorge. ZADAIN, Ricardo T.(org.).2<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

GONÇALVES, C. W. P. **Os (Des) Caminhos do Meio Ambiente**. São Paulo. Ed. Contexto, 1989.

MARTINELLI, Marcelo. **Mapas da geografia e cartografia temática**. 3<sup>a</sup>. Ed. São Paulo: Contexto, 2006.

SANTOS, Milton. A redescoberta da natureza. In: **Aula inaugural da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas**. USP: 10 de março de 1992.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. **Geoprocessamento para a Análise Ambiental**. 1. ed. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. Disponível em: <http://www.lageop.ufrj.br/>

# COMPARAÇÃO ENTRE PRODUTOS DOS PROGRAMAS SPRING 4.2 E IDRISI KILIMANJARO

Leonidas Luiz Volcato Descovi Filho<sup>1</sup> Rafael Cabral Cruz<sup>2</sup> Jussara Cabral Cruz<sup>3</sup> José Luiz  
Silvério da Silva<sup>4</sup>

1 Mestrando do PPGE/CT/UFSM, [leonprs@gmail.com](mailto:leonprs@gmail.com)

2 Professor Doutor do Depto. Hidráulica e Saneamento e PPGE/CT/UFSM,  
[rafaelcabralcruz@gmail.com](mailto:rafaelcabralcruz@gmail.com)

3 Professora Doutora do Depto. Hidráulica e Saneamento e PPGE/CT/UFSM,  
[jussaracruz@gmail.com](mailto:jussaracruz@gmail.com)

4 Professor Doutor do Depto. Geociências e PPGE/CT/UFSM, [silverio@smail.ufsm.br](mailto:silverio@smail.ufsm.br)

## RESUMO

Através do geoprocessamento da carta topográfica de Santana do Livramento-NE, localizada na porção sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul/Brasil, buscou-se comparar o erro obtido em dois sistemas de informações geográficas/SIG altamente utilizados e distintos, o SPRING 4.2 e o IDRISI *the Kilimanjaro Version*. De posse da carta topográfica de Santana do Livramento-NE em escala 1:25.000 selecionou-se quatro pontos de referência para realizar a reamostragem nos *softwares*. Estes pontos continham as mesmas coordenadas Universal Transversa de Mercator/UTM N (norte) e E (leste), mesmo limite de projeto (X1= 631000, X2= 644000 e Y1=6584000, Y2= 6597000). Elas foram georreferenciadas quatorze vezes, sendo destas, sete em cada Sistema de Informação Geográfica/SIG, os quatorze projetos gerados possuíam a mesma equação de mapeamento, polígono de primeiro grau ou equação linear. Excepcionalmente o programa IDRISI oferecia opção para definição do interpolador (vizinho mais próximo “nearest neighbor” e bilinear) que testadas apresentaram os mesmos valores de erros. Quanto a projeção cartográfica e Datum, adotou-se as coordenadas UTM e o Datum vertical Porto de Imbituba/Santa Catarina/Brasil e Datum horizontal SAD 69- Minas Gerais/Brasil, ajustados ao fuso 21. Para análise comparativa dos erros obtidos nas séries de repetição de reamostragem utilizou-se a estatística *t-Student*. Obteve-se no SPRING com universo de sete amostras uma média de 1,358 e um desvio padrão de 0,090741, enquanto no IDRISI a média entre os erros foi menor, na ordem de 1,326, enquanto o desvio padrão foi na ordem do milésimo estimado em 0,096772. Através deste trabalho investigativo com o tratamento estatístico dos dados de erros, concluiu-se que as diferenças entre as séries, podem ser atribuídas ao acaso e ao erro operacional sendo muito pequenas para serem consideradas significativas. Considerou-se que, a implementação do algoritmo dos *softwares*, não influenciou nos erros, mas sim o erro operacional considerado desprezível.

Palavras chave: SIG, Geotecnologias, Georreferenciados.

## ABSTRACT

Through the geoprocessing of the topographical letter of *Santana do Livramento-NE*, located in the Southwest portion of the *Rio Grande do Sul State/Brasil*, it was looked for to compare the error in two Geographic Information Systems/GIS highly used and different, SPRING 4.2 and the IDRISI *the Kilimanjaro Version*. Of ownership of the topographical letter of *Santana do Livramento-NE* in scale 1:25,000 was selected four point of reference to accomplish the resample in the software. These points contained the same Universal Transverse Mercator/UTM N (North) and E (East), same project limit (X1= 631000, X2= 644000 and Y1= 6584000, Y2= 6597000). They were georeferenced fourteen times, being of these, seven in each GIS, the fourteen generated projects possessed the same mapping equation, polygon of first degree or linear equation. Exceptionally the software IDRISI offered option for definition of the interpolator (nearest neighbor and bilinear) that tested presented the same values of errors. As the cartographic projection and Datum, was adopted the systems coordinates UTM and vertical Datum *Porto de Imbituba/Santa Catarina/Brazil* and horizontal Datum SAD 69 – *Minas Gerais/Brazil*, fitting to the spindle 21. For comparative analysis of the data errors obtained in the series of resample repetition the variance analysis t-student was used. It was obtained in

SPRING with universe of seven samples an average of 1.358 and a standard deviation of 0.090741, in IDRISI the average among the errors it was smaller, in the order of 1.326, while the standard deviation was in the order of the thousandths with 0.096772. In this investigative work was used statistical aid on the error evaluation. Were concluded that the differences among the series, they can be attributed at random and to the operational error being very small for they be considered significant, it was considered that the implementation of the algorithms of the software didn't influence in the data errors, but the operational error was considered despicable.

Key Words: GIS, Geotecnologys, georeferenced.

## 1 – INTRODUÇÃO

O presente artigo apresenta a comparação entre os algoritmos de interpolação de dois programas de geoprocessamento, SPRING 4.2 e IDRISI Kilimanjaro, através do georreferenciamento da carta topográfica em escala 1: 25.000 de Santana do Livramento NE figura 1, localizada na porção sudoeste do estado do Rio Grande do Sul/Brasil.

Este trabalho representa também o produto final dos ensaios e idéias desenvolvidos nas disciplinas de Fragilidades Ambientais e Geoprocessamento de Recursos Hídricos, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/PPGEC Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. Formulou-se a possibilidade de desenvolvimento de um trabalho investigativo através da estimativa dos erros resultantes de diferenças na implementação dos algoritmos nos dois programas citados e dos erros humanos, durante a sua operação.

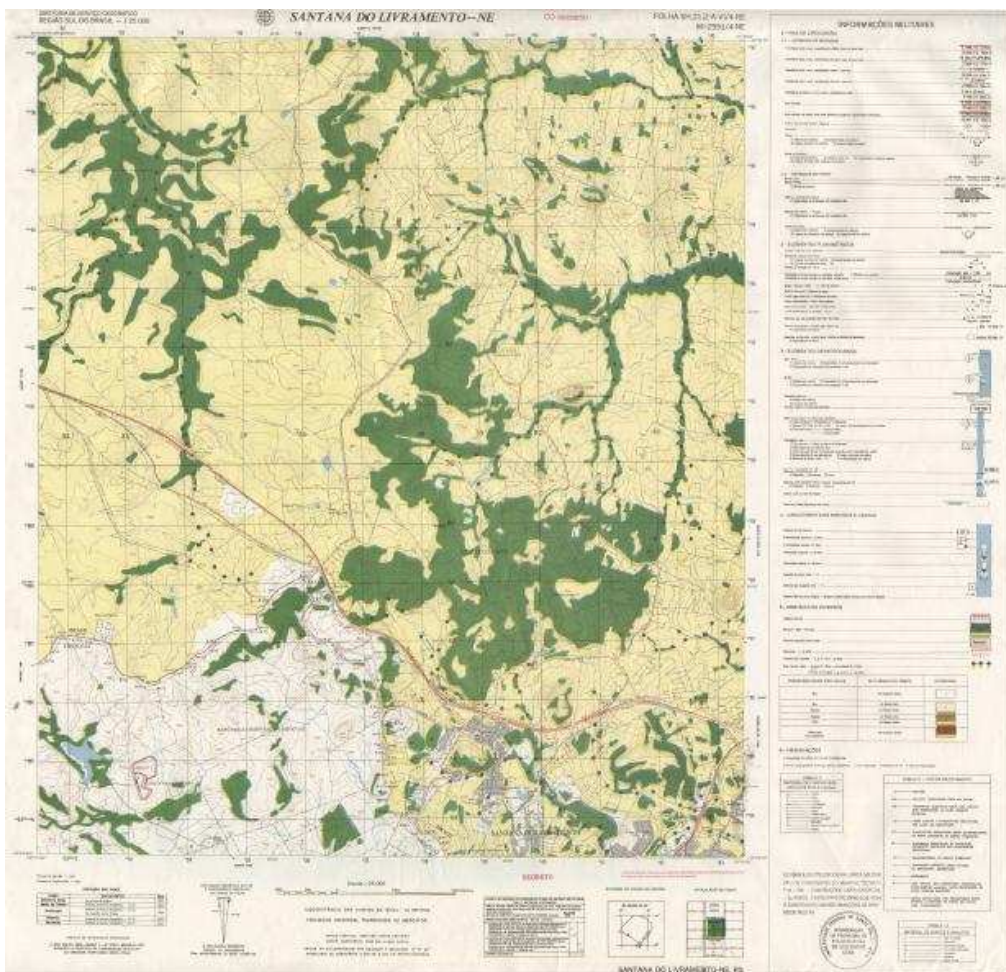


Figura 1 – Carta Topográfica de Santana do Livramento – NE em escala 1:25.000  
Fonte: LABHIDROGEO, 2008.

Desta forma, buscou-se investigar os erros humanos obtidos, a partir da avaliação destes no georreferenciamento de uma carta topográfica bem como nas demais operações realizadas no ambiente dos *softwares* de geoprocessamento SPRING 4.2 e IDRISI Kilimanjaro.

O trabalho ora descrito teve como objetivo realizar a comparação de algoritmos de interpolação existentes nos programas e sua aplicação, bem como, sua mensuração (avaliação do erro no algoritmo gerador da carta georreferenciada).

Buscou-se conhecer mais profundamente a precisão obtida em tais produtos cartográficos comparando-os através do uso de duas geotecnologias, trazendo um incremento significativo na base de conhecimento comparativo entre os dois *softwares* comparados.

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O produto **SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas)** é um banco de dados geográfico de segunda geração, para ambientes UNIX e Windows com as seguintes características:

- Opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (“raster”), e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto em um SIG;
- Provê um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável (LEGAL - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra);
- Consegue escalonabilidade completa, ou seja, é capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variam desde microcomputadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho (INPE, 2005).

O **IDRISI** é um sistema de informação geográfica e um *software* para processamento de imagens desenvolvido pela *Graduate School of Geography da Clark University*. Ele foi projetado para ser um instrumento para pesquisa geográfica profissional baseado no baixo custo e sem fins lucrativos e possui interação com ambiente Windows (EASTMAN, 1998).

O **SPRING** tem se mostrado uma opção altamente atrativa na área de geoprocessamento, pois passa a ser considerado um software de domínio público, podendo ser adquirido pela Internet (“<http://www.dpi.inpe.br/spring>”), bastando se cadastrar na própria *homepage*, além de ser um produto desenvolvido com tecnologia totalmente nacional, elaborado totalmente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, em São José dos Campos/São Paulo (INPE, 2005).

Por outro lado o **IDRISI** é um programa com excelentes recursos operacionais, porém não é gratuito.

### 2.1 - Banco de dados

Um Banco de Dados no **SPRING** corresponde fisicamente a um diretório onde serão armazenados suas definições de Categorias e Classes, e os projetos pertencentes ao banco. Os projetos são armazenados em subdiretórios juntamente com seus arquivos

de dados: pontos, linhas, imagens orbitais e aéreas, imagens temáticas, textos, grades e objetos (INPE, 2005).

O banco de dados do IDRISI poderá conter informações espaciais e/ou de qualidade como por exemplo o grau de utilização da terra, que pode ou não estar associado também a uma localidade no próprio terreno. Bem como dispõe de outros atributos que podem ser elaborados vários planos de informações os quais podem ser sobrepostos em *layers* associados ao banco de dados de atributos. Gerando-se uma gama de produtos geográficos no meio digital disponíveis para plotagem em diferentes escalas bem como embasar relatórios. Pode-se visualizar estas relações e seus produtos finais na figura 2.

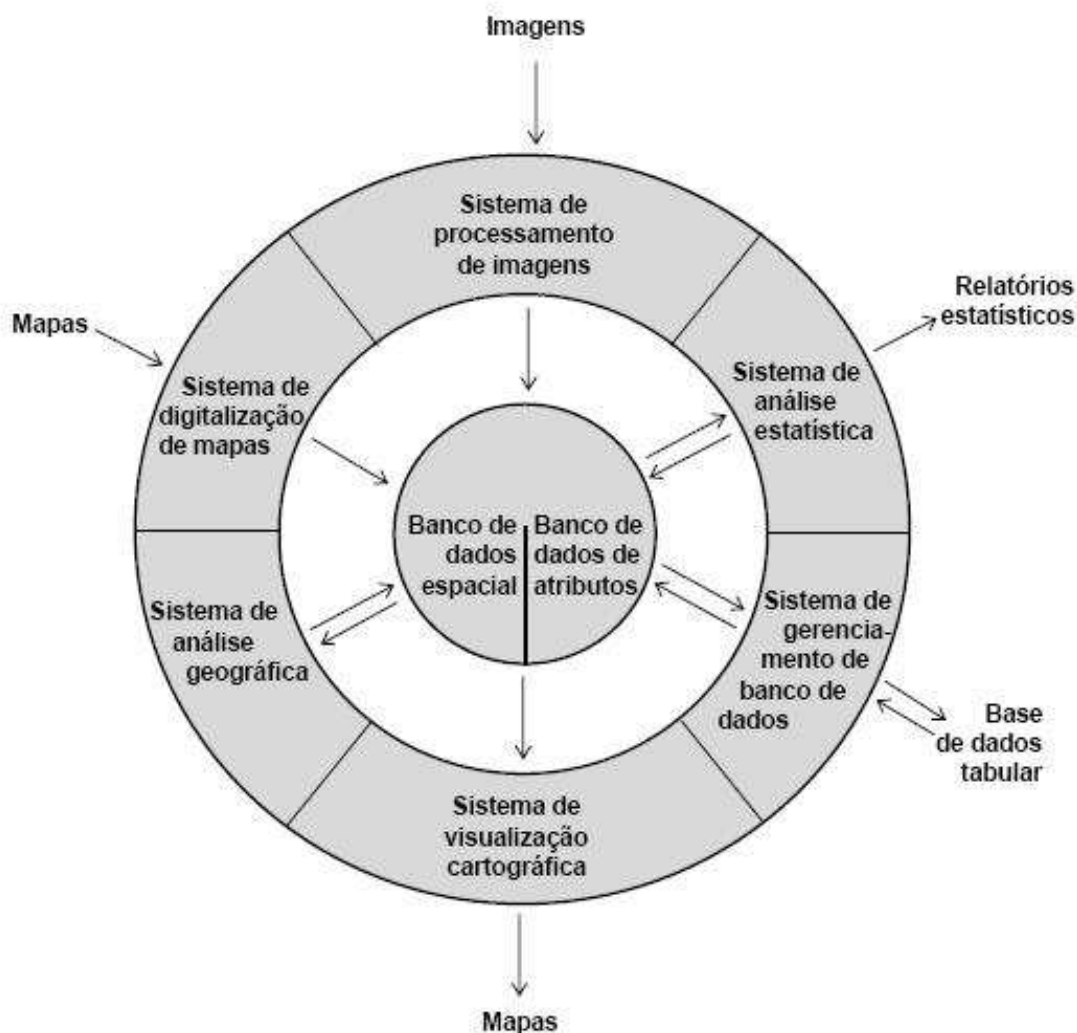


Figura 2 – Banco de dados “centro” entre os componentes de um SIG.  
Fonte: EASTMAN, 1998.



## 2.2 - Modelo de dados

Antes da introdução de qualquer dado no SPRING é necessário criar/definir o Modelo de Dados do banco de dados ativo, pois cada mapa deverá pertencer a uma Categoria (a um único Modelo), ou seja: **Temático, Numérico, Imagem, Rede, Cadastral** ou **Objeto** (INPE, 2005).

Já o IDRISI apresenta módulos especiais para cada operação, divididos em seis sistemas encontrados no anel englobando o banco de dados na figura 2.

## 2.3 - Algoritmo e seu conceito

O algoritmo segundo Szwarcfiter (1984) pode ser associado ao desenvolvimento de uma técnica para resolver um problema desejado. De um modo geral, o interesse pelo algoritmo é inerente ao estudo do problema.

Para Terada (1990) um algoritmo é, em geral, uma descrição passo a passo de como um problema é solucionável. A descrição deve ser finita, e os passos devem ser bem definidos, sem ambigüidades, e executáveis computacionalmente.

Algoritmo para Farrer et al. (1989), é a descrição de um conjunto de comandos que, obedecidos, resultam numa sucessão finita de ações.

O mesmo autor ainda explica que geralmente, um algoritmo se destina a resolver um problema, fixa um padrão de comportamento a ser seguido, uma norma de execução a ser trilhada, para se atingir, como resultado final, a solução de um problema.

## 2.4 – Georreferenciamento de imagem

No SPRING o georreferenciamento de imagens é realizado na opção **registro**. Ele representa uma transformação geométrica que relaciona coordenadas da imagem (linha e coluna) com coordenadas geográficas (latitude e longitude) de um mapa. Essa transformação elimina distorções existentes na imagem, causadas no processo de formação da imagem, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma (aeronave ou satélite), (INPE, 2005).

O IDRISI usa a reamostragem (resample) para georreferenciar espacialmente uma imagem à sua posição conhecida no terreno, ilustrada na figura 3.

**Procedimentos** para a realização do **registro** são necessários:

- **Escolher os Pontos de controle** - são feições possíveis de serem identificadas de modo preciso na imagem e no mapa, como por exemplo, o cruzamento

de estradas, pontes ou os cruzamentos das grades UTM no caso das cartas topográficas ou mapas.

- **Definir a equação de Mapeamento** - escolher qual equação matemática, normalmente primeiro ou segundo grau, fará a reamostragem dos *pixels*.
- **Definir o processo de Interpolação** - Vizinho mais próximo, Bilinear ou Convolução Cúbica.

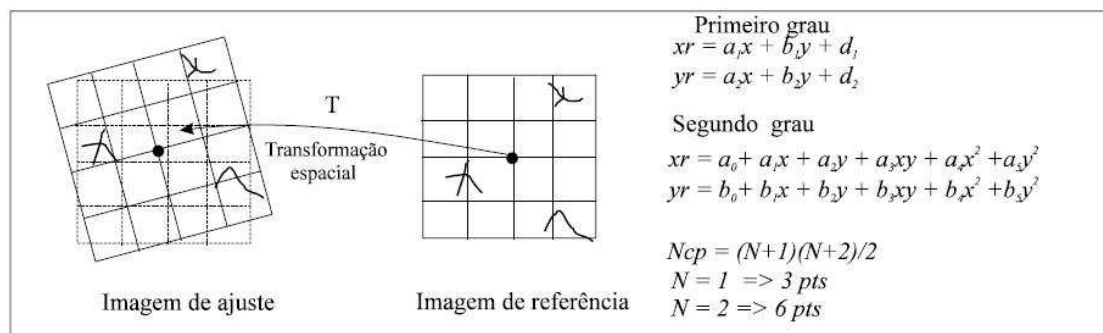


Figura 3 – Georreferenciamento da imagem em geotecnologias.  
 Fonte: EASTMAN, 1998.

#### 2.4.1 - Procedimento para registrar imagem

No SPRING o usuário pode adquirir os pontos de três modos: usando um mapa na mesa digitalizadora (modo **Mesa**), através de qualquer plano de informação já georreferenciado (modo **Tela**) ou informando as coordenadas diretamente via teclado (modo **Teclado**).

**MESA:** No modo mesa você necessita ter apenas um mapa (carta topográfica da mesma área da imagem). Este mapa deve ser calibrado em uma mesa digitalizadora. Não é necessário ativar um Projeto, neste caso o sistema pedirá para informar a projeção a ser utilizada no registro.

**TELA:** Neste modo você pode utilizar um Plano de Informação em um projeto ativo. Este PI pode ser uma imagem que já foi georreferenciada ou um PI temático (por exemplo, mapa de estradas ou rios) que apresente feições reconhecidas na imagem.

**TECLADO:** No modo teclado também não é necessário ter um projeto ativo, mas devemos informar a projeção dos pontos. Os pontos de controle são informados em coordenadas planas ou geográficas, sendo coletados diretamente sobre uma carta topográfica ou com *Global Position System/GPS*.

No IDRISI o registro é feito por reamostragem (resample), a imagem a ser reamostrada deve ser carregada no *Display Launcher*. Nesta imagem são coletadas as amostras dos pontos de controle *input x* e *input y* que representam as coordenadas *x* e *y*

da imagem de amostra. Essas coordenadas serão associadas com suas respectivas coordenadas  $x$  e  $y$  da imagem de amostra (Display Launcher). Essas coordenadas serão associadas com suas respectivas coordenadas  $x$  e  $y$  na imagem (carta topográfica, foto aérea...) e representarão o output  $x$  e  $y$ .

Os parâmetros de referência (references parameters), ou seja, as projeções e Datum vertical e horizontal são definidos pelo operador do programa juntamente com a definição do tipo de equação que pode ser de primeiro, segundo ou terceiro grau. Nesta etapa defini-se também o processo de interpolação que poderá ser escolhido entre os seguintes interpoladores: vizinho mais próximo ou bilinear, que fará a reamostragem dos *pixels* da imagem de saída (output image).

Já no programa SPRING 4.2, de acordo com o tutorial Spring Básico INPE, (2005), poderão estar disponíveis três interpoladores, vizinho mais próximo, bilinear ou convolução cúbica.

### 3 – MÉTODOS APLICADOS

Com auxílio da carta topográfica em escala 1:25.000 da Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército inserida no Município de Santana do Livramento, Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, pertencente a Folha SH-21-Z-A-VI/4 NE e Mapa Índice 2991/4 NE, obteve-se quatro pontos de referência (pontos de controle “input x e y”) para georreferenciamento nos programas SPRING 4.2 e IDRISI Kilimanjaro. Os pontos estavam localizados sempre nos mesmos cruzamentos de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) UTM N (norte) e UTM E (leste), ou seja, pontos de saída (output x e y).

Desta forma georreferenciou-se a imagem quatorze vezes usando-se mesmas coordenadas UTM N e E para cada projeto, (sete no SPRING, e sete no IDRISI), todos utilizando-se função linear, ou seja, com polinômio de primeiro grau.

Dentre os sete georreferenciamentos executados no IDRISI utilizou-se o interpolador bilinear.

Gerou-se desta forma sete bancos de dados distintos em cada programa, ou seja, cada um com seus erros específicos.

Para as imagens de entrada (input image) foram definidos os seguintes parâmetros idênticos a fim de poder serem comparadas imagens idênticas:

Limites dos projetos ( $x_1=631000$ ,  $x_2=644000$  e  $y_1=6584000$ ,  $y_2=6597000$ ) ilustrados na figura 4;

Parâmetros de referência de saída (output reference parameters) distintos;

Projeção cartográfica informado no selo da carta topográfica de Santana do Livramento-NE, com Datum vertical Porto de Imbituba-SC/BR e Datum Horizontal SAD 69-MG/BR, com origem da quilometragem UTM “Equador e Meridiano 57°W Gr.” Acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km respectivamente, ajustados ao fuso onde localiza-se a carta topográfica, em nosso caso, pertencente ao fuso 21 o qual seccionado pelo meridiano central 57°W Greenwich.

Para comparar os erros obtidos nas séries de repetições de georreferenciamento executadas através dos dois programas, utilizou-se o programa *STATISTICA* versão 7.1, para a análise de variância estatística usando-se *t-Student*.

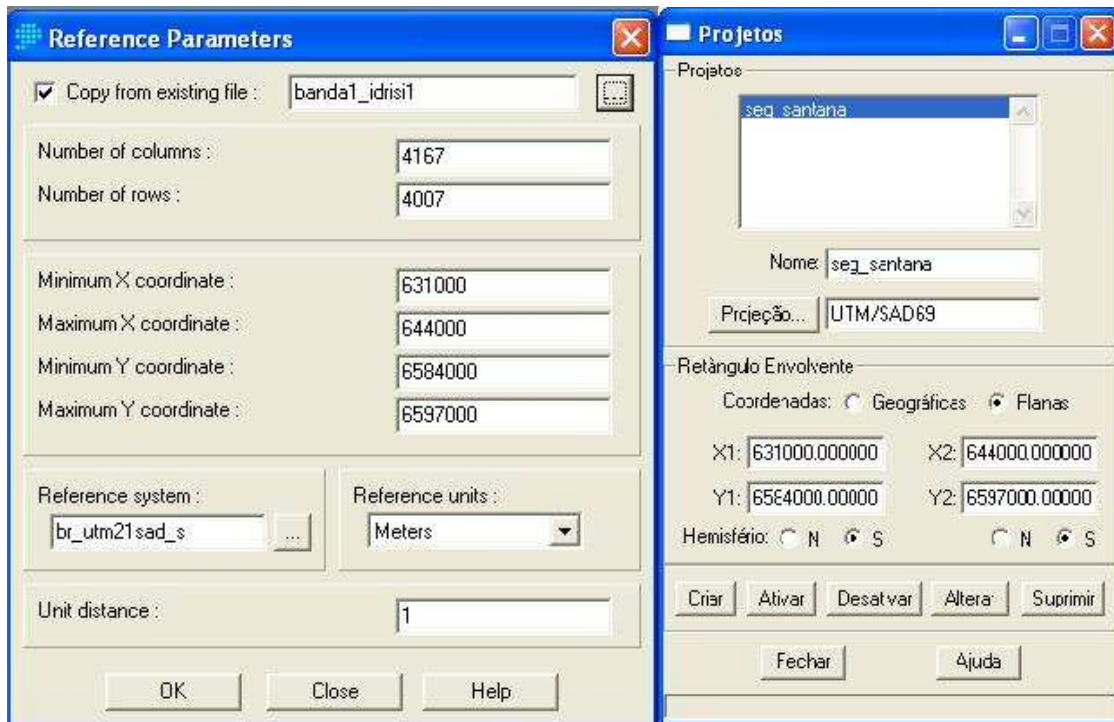


Figura 4 – Características dos projetos, esquerda características do IDRISI Kilimanjaro e direita características do SPRING 4.2.  
 Fonte: LABHIDROGEO, 2008.

#### 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os resultados do **registro da imagem** da carta topográfica de Santana do Livramento-NE obtidos nos programas SPRING 4.2 e IDRISI Kilimanjaro, encontrou-se erros dos pontos de controle dos georreferenciamentos executados, média e desvio padrão, por programa, os quais se encontram expressos no Tabela 1 e na Figura 5. Nesta figura, ainda foi detalhada com o programa *STATISTICA 7.1* a faixa de variação  $1,96 \times$  Desvio Padrão dos erros obtidos.

Observa-se que a média dos erros dos pontos de controle foi maior no programa SPRING, enquanto que o desvio padrão foi maior no programa IDRISI.

Georreferenciamento	Erro dos pontos de controle (quatro pontos) IDRISI	Erro dos pontos de controle (quatro pontos) SPRING
1º	1,414	1,286
2º	1,249	1,455
3º	1,457	1,455
4º	1,249	1,283
5º	1,413	1,286
6º	1,249	1,286
7º	1,249	1,455
Média	1,326	1,358
Desvio padrão	0,096772	0,090741

Tabela 1 – Dados referentes aos erros avaliados no registro da imagem nos dois programas.  
Fonte: LABHIDROGEO, 2008.

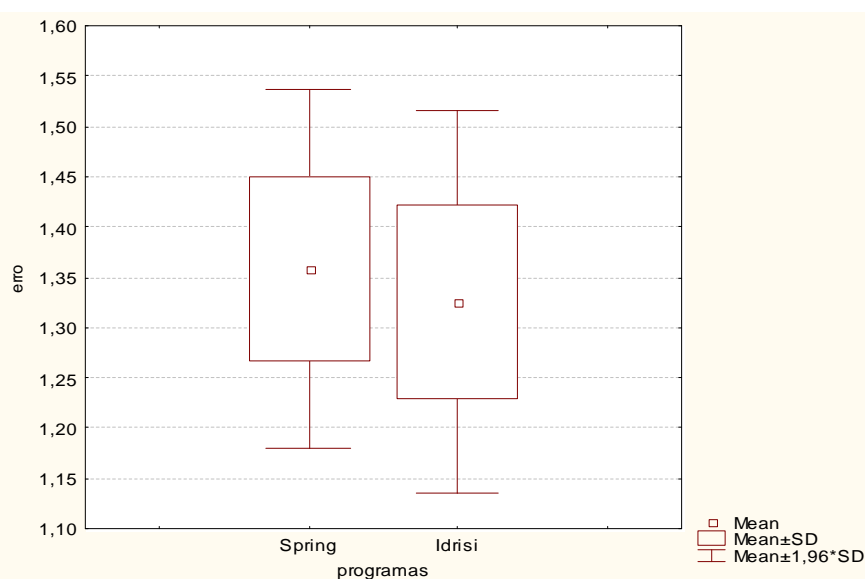


Figura 5 – Média, Desvio Padrão e  $1,96 \times$  Desvio Padrão dos erros obtidos no georreferenciamento com os programas IDRISI Kilimanjaro e SPRING 4.2.  
Fonte: LABHIDROGEO, 2008.

A análise da variância, resumida na Figura 6, demonstra que os erros pertencem à mesma população, ou seja, as diferenças entre as séries podem ser atribuídas ao acaso e ao erro humano, sendo muito pequenas para serem consideradas significativas. Não existe diferenças significativas entre as médias de erros para os dois programas avaliados  $P=0,5318$ , ou seja, a probabilidade das médias estarem erradas foi estimada em 53,18%.

T-tests; Grouping: programas (Spreadsheet1)											
Group 1: Spring											
Group 2: Idrisi											
Varial	Mean Spring	Mean Idrisi	t-value	df	p	Valid N Spring	Valid N Idrisi	Std.Dev. Spring	Std.Dev. Idrisi	F-ratio Variances	p Variances
erro	1,358000	1,325714	0,643897	12	0,531756	7	7	0,090741	0,096772	1,137346	0,879844

Figura 6 – Resultado do Teste t com os erros de georreferenciamento obtidos com os programas IDRISI e SPRING.

Fonte: LABHIDROGEO, 2008.

## 5 – CONCLUSÕES

Através da aplicação de cálculos estatísticos sobre os dados dos georreferenciamentos, teve-se a possibilidade de concluir que ambos os *softwares* utilizados nesta tarefa, resultaram em cartas georreferenciadas com erros insignificantes e similares. Deste modo, pode-se concluir que os erros não são derivados de diferenças na implementação dos algoritmos, mas, sim, associados ao erro operacional, o qual neste estudo, pode ser considerado desprezível.

Aceita-se a hipótese nula, os valores pertencem a mesma população portanto não ocorrem diferenças significativas entre os georreferenciamentos executados com uso dos programas IDRISI Kilimanjaro ou SPRING 4.2.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos o Professor Dr. João Eduardo da Silva Pereira do Departamento de Estatística, do Centro de Ciências Naturais e Exatas da UFSM, pelo valioso auxílio nos tratamentos estatísticos dos dados. Agradecemos também à acadêmica do curso de Pós-Graduação e Engenharia Civil, Mariana Ribeiro Santiago, pelos auxílios prestados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE. Disponível em <http://www.inpe.br> acessado em 26 de março de 2008.

BRASIL, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE. **SPRING 4.2 for Windows** disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring> acessado em 15 de março de 2008.

Carta Topográfica do Ministério do Exército de Santana do Livramento - NE, folha SH.21-Z-A-IV/4-NE e mapa índice 2991/4-NE Escala 1:25.000 1ª Edição 1984.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows versão2**: Introdução e Exercícios tutoriais. Editores da versão português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998. 240p.



FARRER, H. et al. **Algoritmos Estruturados**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1989. 259p.

IDRISI the Kilimanjaro version disponível em [http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/instalacao\\_kilimanjaro.php](http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/instalacao_kilimanjaro.php) acessado em 18 de maio de 2008.

LOPES, E. S. S. **TUTORIAL SPRING**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE, 2005. 10 aulas.

STATISTICA, Version 7.1, Series: 115ª, Statsoft, INC. 2005.

SZWARCFITER, J. L. **Grafos e algoritmos computacionais**. Rio de Janeiro: Campus, 1984. 216p.

TERADA, R. **Introdução à Complexidade de Algoritmos Paralelos**. São Paulo, IME-USP, 1990. 104p.

# **GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DAS ÁREAS DE CONFLITO DO USO DA TERRA NA RESERVA BIOLÓGICA ESTADUAL DA SERRA GERAL – RS**

Fernanda Pereira Righi - Universidade Federal de Santa Maria-UFSM [feferighi@yahoo.com.br](mailto:feferighi@yahoo.com.br)  
Mauro Kumpfer Werlang - Universidade Federal de Santa Maria-UFSM [mkwerlang@smail.ufsm.br](mailto:mkwerlang@smail.ufsm.br)

## **Resumo**

O presente trabalho tem por objetivo analisar as áreas de conflito do uso da terra na reserva biológica estadual da Serra Geral – RS, a fim de contribuir para o desenvolvimento sustentável da área, coerente com seu plano de manejo. Metodologicamente, foi utilizado o método indutivo, que culminou na elaboração dos mapas temáticos clinográfico e usos da terra. A interpolação de tais mapas possibilitou a identificação de conflitos de uso da terra, como o cultivo agrícola em Áreas de Preservação Permanente (APP), um fenômeno que não poderia ser retratado em decorrência da área ser uma unidade de conservação. A partir deste fato, algumas propostas foram sugeridas na tentativa de reverter tais conflitos, como a criação de áreas prioritárias de proteção.

**Palavras-chaves:** Geoprocessamento, Meio Ambiente, Uso da Terra.

## **Abstract**

The present work has for objective to analyze the areas of conflict of the use of the land in the state biological reservation of the Serra Geral - RS, in order to contribute for the maintainable development of the area, coherent with its handling plan. Methodly, the inductive method was used, that it culminated in the elaboration of the maps thematic of declivitous and land use. The interpolation of such maps made possible the identification of conflicts of land use, as the agricultural cultivation in Areas of Permanent Preservation (APP), a phenomenon that couldn't be portrayed due to the area to be an unit of conservation. Starting from this fact, some proposed they were suggested in the attempt of reverting such conflicts, as the creation of priority areas of protection.

**Word-keys:** Geographical Information System, Environment, Land Use.

## **1. INTRODUÇÃO**

Durante a evolução humana ao longo da história, as diversas sociedades sempre exigiram muito do meio em que viviam. Dessa forma se deu a exploração dos recursos naturais. Desde o surgimento da ciência geográfica, a dicotomia sociedade/natureza vem sendo debatida, dando-se ênfase ao papel do homem no sistema natural. Este age sobre o meio, criando possibilidades de vivência e promovendo alterações e danos, muitas vezes irreversíveis.

Desta forma, o meio é alterado pelas atividades humanas, caracterizadas pelos diferentes modos de produção e pelos diversos estágios de desenvolvimento tecnológico do qual a sociedade dispõem. Assim, a medida que as sociedades se desenvolvem, avançam sobre os recursos naturais, explorando-os cada vez mais intensamente. Com isso, a pressão sobre os recursos naturais vem crescendo numa escala vertiginosa, resultado da expansão populacional, da ampliação de áreas agricultáveis, do crescimento da pecuária bem como da

produção de bens de consumo através da expansão das indústrias. Isto fruto da absorção de tecnologias inadequadamente empregadas, resultando em graves processos de degradação do meio.

Os problemas ligados à exploração irracional dos recursos naturais surgem desde o uso e a ocupação de áreas de terra associadas as práticas agressivas ao meio, como por exemplo atividades agrícolas e uso urbano. Os danos ao meio são a erosão, as queimadas, o desmatamento, o assoreamento, a poluição, entre outros. Por vezes, a falta de conhecimento e a negligência com o manejo do solo, da vegetação e dos cursos d'água foram e, continuaram sendo os responsáveis por injustificados impactos.

A partir dessa realidade, poucas áreas naturais foram mantidas preservadas. As que ainda restam merecem a atenção de toda a sociedade, principalmente no que se refere a sua preservação e recuperação. A conservação desses resquícios de “primeira natureza” é um dos modos eficazes de preservar a diversidade biológica de algumas espécies ameaçadas.

A recuperação das áreas degradadas e a manutenção das que ainda não foram alteradas pelo homem dependem de ações planejadas, sejam elas de iniciativa pública ou através de organismos não-governamentais, para permitir o restabelecimento de suas condições naturais. Porém outro entrave que prejudica a restauração desses ambientes é a falta de informações confiáveis e atualizadas sobre essas áreas.

Com base no que foi exposto, buscou-se, através de técnicas de geoprocessamento avaliar as áreas de conflito do uso da terra na reserva biológica estadual da Serra Geral – RS, entendidas como as porções do espaço da reserva que apresentam degradação ambiental, isto é, áreas onde o uso e a ocupação estão em desacordo com o plano de manejo da reserva e com o código florestal. Além disso, a escolha da área para a realização do trabalho, se deu em função da possibilidade de contribuir com o plano de manejo da reserva, através do armazenamento de informações que poderão ser utilizadas em outras pesquisas e da possibilidade de se trabalhar com um tema de extrema importância que é o meio ambiente.

O presente trabalho tem por objetivo, portanto, analisar as áreas de conflito do uso da terra na reserva biológica estadual da Serra Geral – RS, a fim de contribuir para o desenvolvimento sustentável da área, coerente com seu plano de manejo. Contudo, para alcançar este objetivo foram traçados alguns objetivos específicos, entre os quais: (1) elaborar um mapa clinográfico da reserva biológica, conforme a metodologia proposta por De Biasi (1992); (2) elaborar um mapa temático de uso da terra para a reserva biológica, a fim de

classificar e quantificar as principais classes de usos; (3) mapear as áreas de conflito de uso da terra, conforme o Código Florestal.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Diante das grandes transformações ocorridas no espaço geográfico, torna-se imprescindível o conceito de meio ambiente, pois este tem sido um eixo temático bastante discutido na atualidade, devido a grande importância não somente biológica, mas também social.

Para a Sociedade de Defesa, Pesquisa e Educação Ambiental Vivaterra (2004), o meio ambiente é entendido como:

Tudo o que cerca o ser vivo, que o influencia e que é indispensável à sua sustentação. Estas condições incluem solo, clima, recursos hídricos, ar, nutrientes e os outros organismos. O meio ambiente não é constituído apenas do meio físico e biológico, mas também do meio sócio-cultural e sua relação com os modelos de desenvolvimento adotados pelo homem.

Com a necessidade de se preservar o meio ambiente, muitas ações governamentais foram tomadas, principalmente quanto à regularização das áreas de proteção ou unidades de conservação que para o Ministério do Meio Ambiente (2000) são porções de terras delimitadas pelo poder público que são destinadas a proteção ou recuperação de seus recursos naturais.

De acordo com a Resolução nº. 011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (1987) denomina-se de unidades de conservação:

...as áreas naturais protegidas e Sítios Ecológicos de Relevância Cultural, criadas pelo Poder Público: Parques, Florestas, Parques de Caça, Reservas Biológicas, Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental, Reservas Ecológicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico, nacionais, estaduais ou municipais, os Monumentos Naturais, os Jardins Botânicos, os Jardins Zoológicos, os Hortos Florestais.

Destas unidades de conservação está a reserva biológica, definida de acordo com o Código Florestal (1965) como “áreas de tamanhos variáveis que se caracterizam por conter ecossistemas ou comunidades frágeis, de importância biológica, em terras de domínio público e fechado à visitação pública”.

A partir das definições á nível federal, muitos Estados brasileiros adotaram suas próprias legislações ambientais, sendo estas mais restritivas e peculiares à realidade de cada um destes. Assim, no Rio Grande do Sul, de acordo com a Secretaria do Meio Ambiente (2002) as reservas biológicas são compreendidas como:

...áreas de domínio público destinadas à preservação integral da biota, sem interferência humana direta, cuja superfície varia em função do ecossistema ou das

espécies a serem preservadas. O acesso público é restrito à pesquisa científica e à educação ambiental.

Com a definição destas áreas de proteção à biodiversidade, surge a necessidade de monitorá-las, e a diversas maneiras para se fazer isso, mas a mais eficiente é através do mapeamento. A partir de imagens de satélite é possível a geração de uma série de mapas temáticos, que segundo Martinelli (2003), represente a realidade geográfica em diferentes escala, conforme a necessidade do usuário, no caso os órgãos ambientais.

Neste sentido, as geotecnologias como o sensoriamento remoto aliado a fotointerpretação que é a técnica de “leitura” de imagens, tem permitido uma grande evolução tecnológica na extração de informações, existindo, hoje, várias técnicas de classificação digital, que visam extrair o máximo de informações temáticas em um pequeno espaço de tempo. Nesse ritmo temos o surgimento do geoprocessamento que é entendido, segundo Câmara; Medeiros (1998) como:

A área do conhecimento que utiliza técnicas computacionais para realização do tratamento de informações geográficas. Os instrumentos computacionais do Geoprocessamento, conhecidos como SIGs, permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados. (CÂMARA; MEDEIROS, 1998, p.05).

Para Neto (1990), o processo de avaliação ambiental envolve a identificação, precisão e avaliação dos efeitos das ações humanas sobre o espaço, e que com isso o mapeamento com uso de imagens de satélite permitem o monitoramento dos recursos naturais, preservação de encostas, e a proteção dos ambientes sensíveis à exploração e degradação. Assim, através do geoprocessamento, é possível monitorar o meio ambiente de maneira integral e imediata, facilitando o planejamento e a recuperação de áreas impactadas.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS**

Para desenvolver o trabalho foi empregado o método Indutivo. Através desse método partiu-se de observações específicas, em busca de explicações generalizadas. Assim, no momento em que se observou um conflito, logo se teve a preocupação em buscar explicações sobre as implicações deste na reserva biológica estadual da Serra Geral – RS.

O trabalho teve início a partir da delimitação do tema a ser desenvolvido, no caso a temática ambiental. Em seguida foram definidos os objetivos da pesquisa, geral e específicos.

Estipulou-se que para o desenvolvimento do trabalho seriam utilizadas fontes primárias, definidas como “dados brutos”, coletados diretamente da área em estudo, e fontes

secundárias, compreendidas como “dados tratados”. Paralelamente, seria realizado o levantamento bibliográfico na busca do aprofundamento teórico da temática em questão.

Num primeiro momento, foi desenvolvida a fundamentação teórica do trabalho, que consistiu na leitura de livros referentes à legislação ambiental, unidades de conservação, meio ambiente, sistema de informações geográficas (SIG), geoprocessamento, entre outros. Essa etapa consistiu em uma fase importante, pois forneceu o arcabouço necessário para o desenvolvimento do trabalho.

A segunda parte do trabalho envolveu a elaboração dos mapas temáticos. Nessa etapa, partiu-se para a digitalização no software Spring 4.3 das informações contidas na carta topográfica e imagem de satélite, de onde foram extraídas as curvas de nível (cotas altimétricas distribuídas na carta topográfica conforme o relevo, cuja equidistância é de 20 metros), a drenagem (ramificações sinalizadas na carta topográfica), o limite da Reserva e as classes de uso do solo (diferentes formas de ocupação do espaço). A etapa posterior à digitalização foi a elaboração dos mapas base, uso da terra, clinográfico, altimétrico.

De posse dos mapas de uso da terra e clinográfico realizou-se a sobreposição destes para gerar o mapa de conflitos do uso da terra através de aplicativos de geoprocessamento, onde se tornou possível cruzar as classes e identificar os conflitos.

Durante a sobreposição dos mapas no aplicativo se pode observar os diferentes usos nas diversas classes clinográficas, identificando não somente as áreas de conflito como também as áreas de preservação, definidas através da declividade maior que 47%, conforme as determinações do Código Florestal (1965) e por De Biasi (1992).

Deste modo, considerou-se que as áreas com declividade superior a 30% seriam os limites do corte raso da vegetação e que acima de 47% seriam as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Entretanto, fora desta faixa de declividade, tomou-se como APPs, conforme o Artigo 2º do Código Florestal (1965), as faixas de 30 metros de mata ciliar para os cursos fluviais com até 10 metros de largura, sendo enquadrados todos os cursos d'água por consistirem em nascentes de drenagem. Para demarcar estas porções de preservação, tanto as áreas superior a 47% de declividade e as faixas de mata ciliar, foi gerado um layer com estas informações.

Já as áreas de conflito do uso da terra, entendidas como os locais cujas atividades vão contra a legislação ambiental, foram identificadas através da sobreposição das áreas de culturas/lavouras e solo exposto com as porções de declividade superior a 47%. Com isso,

considerou-se como conflito todas as áreas ocupadas pela agricultura, inclusive o solo exposto, em áreas de declividade maior que 47% e nas margens dos cursos d'água.

Neste sentido, além de identificar as áreas de conflito do uso da terra, locais onde a irregularidade das atividades já está instalada, criou-se uma chamada “área de tensão” indicando os locais com maior probabilidade de se desenvolver algum tipo de conflito, isto é, as áreas com maior potencial para a existência de degradação. Logo, essas áreas delimitadas indicam os locais onde o controle de degradação deve ser efetivado com maior destaque, visto que estas porções apresentam maior risco. Nesse sentido a elaboração deste mapa permitiu a localização das áreas conflitantes e a definição de áreas com maior potencial de risco à degradação encontradas na reserva biológica estadual da Serra Geral.

Por fim, realizou-se a análise dos resultados obtidos destacando-se a importância dos estudos ambientais na proteção dos recursos naturais.

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O levantamento do uso da terra é fundamental para a compreensão da organização espacial e das relações do homem com a natureza. Considerando a importância do conhecimento das formas de uso da terra, quantificaram-se as classes de uso da terra na reserva biológica estadual da Serra Geral, a partir do mapa elaborado.

Através da classificação digital executada no aplicativo Spring 4.3, sobre a imagem *Quickbird*, obteve-se o mapa de uso da terra, conforme mostra a figura 1, com cinco classes de uso. Os resultados constam na tabela 1.

Tabela 1–Quantificação da área das classes de uso da terra na reserva biológica estadual da Serra Geral.

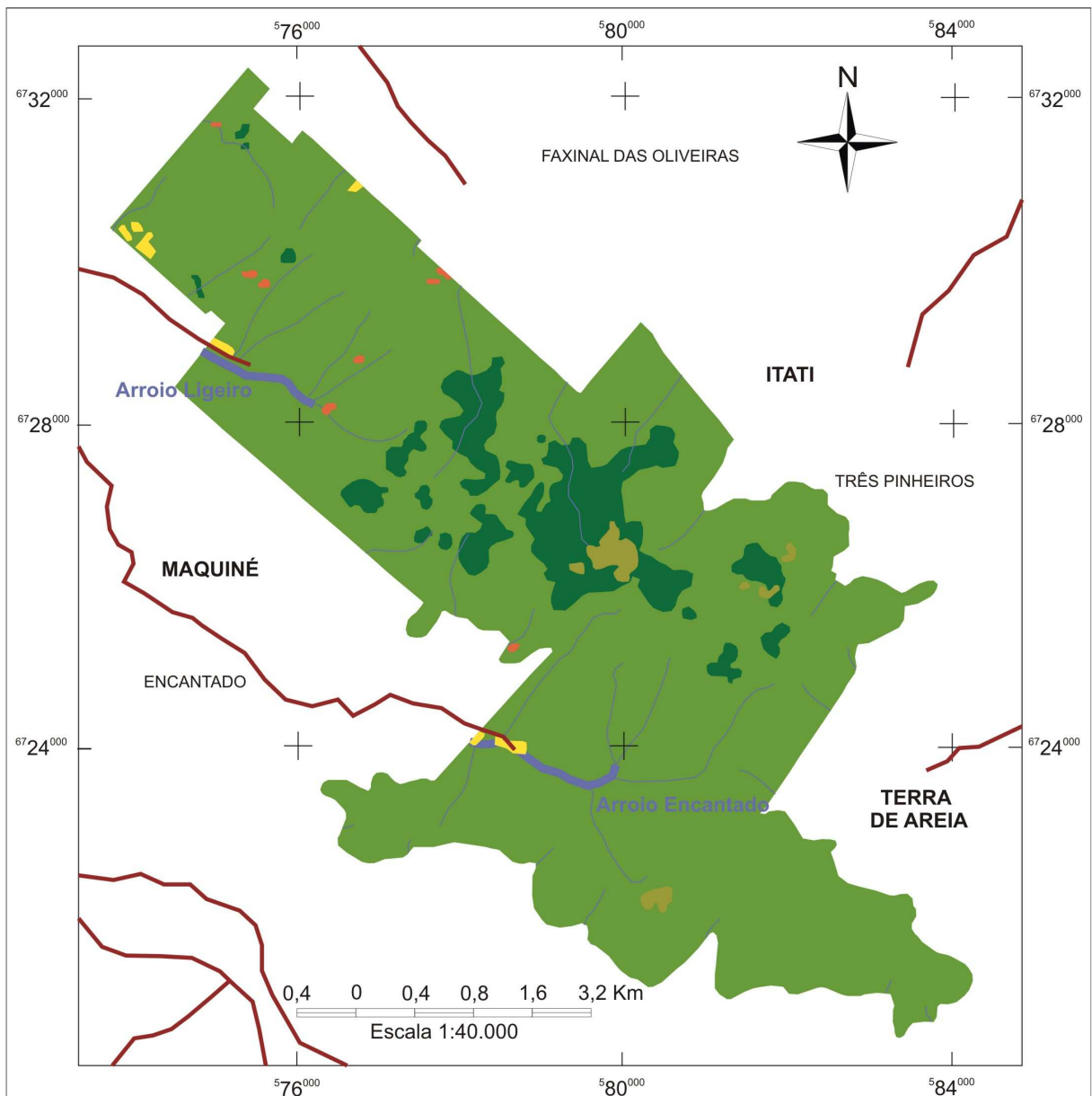
Classe de uso da terra	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre o total da área da reserva.
Florestas ombrófila mista	4,30	8,87
Florestas ombrófila densa	43,42	89,62
Campos	0,43	0,89
Culturas/lavouras	0,21	0,43
Solos expostos	0,09	0,19
Total	48,45	100

Org.: Righi, F. P.

A partir da tabela 1, pode-se observar predomínio da classe floresta ombrófila densa, abrangendo cerca de noventa por cento da área da reserva. Esta classe compreende as áreas com vegetação sempre verde, contendo árvores de grande porte, vegetação arbustiva e herbácea. Já a classe floresta ombrófila mista representa o restante da classe florestas. Situa-se

na parte central e mais elevada da reserva. Apresenta como característica principal a presença de araucárias, constituindo um refúgio deste tipo de vegetação.





**MAPA DO USO DA TERRA DA RESERVA BIOLÓGICA ESTADUAL DA SERRA GERAL**

Legenda:

-  Sistema Viário
-  Rede de Drenagem
-  Florestas Ombrófilas Mistas
-  Florestas Ombrófilas Densas
-  Campos
-  Culturas /Lavouras
-  Solos Expostos

Base Cartográfica:

Carta da DSG Folha SH.22-X-C-V-2.  
 Projeção Universal Transversa de Mercator.  
 Datum Vertical: Marégrafo de Torres - RS.  
 Datum Horizontal: Córrego Alegre - MG.  
 Origem da Quilometragem UTM:  
 Equador e Meridiano 51° W GR.

Universidade Federal de Santa Maria  
 Centro de Ciências Naturais e Exatas  
 Departamento de Geociências  
 Curso de Geografia - Bacharelado  
 Orientação: Prof. Mauro Kumpfer Werlang  
 Elaboração: Fernanda Pereira Righi

Figura 01 – Mapa do uso da terra da reserva biológica estadual da Serra Geral, confeccionado a partir de uma imagem *QUICKBIRD* de 2004.

O levantamento do uso da terra mostra a presença de campo em aproximadamente um por cento da área total da reserva. Chama atenção a presença da classe culturas/lavouras na área da reserva. Está localizada nas áreas mais planas e baixas da reserva, nas proximidades dos cursos d'água e estradas de acesso à reserva. A classe solo exposto caracteriza algumas áreas de solo removido e afloramentos rochosos.

O mapa clinográfico, mostrado na figura 2, permite visualizar as classes de declividade definidas de acordo com proposta de De Biasi (1992), que estabelece os intervalos de declividade em porcentagem, seguindo o que preconiza a legislação ambiental. Nesse mapa é facilmente percebida a limitação imposta pela declividade a qualquer uso que não seja a preservação da área. A tabela 2 traz a quantificação das áreas abrangidas pelas classes de declividade mapeadas.

Tabela 2—Quantificação das áreas das classes clinográficas na reserva biológica estadual da Serra Geral.

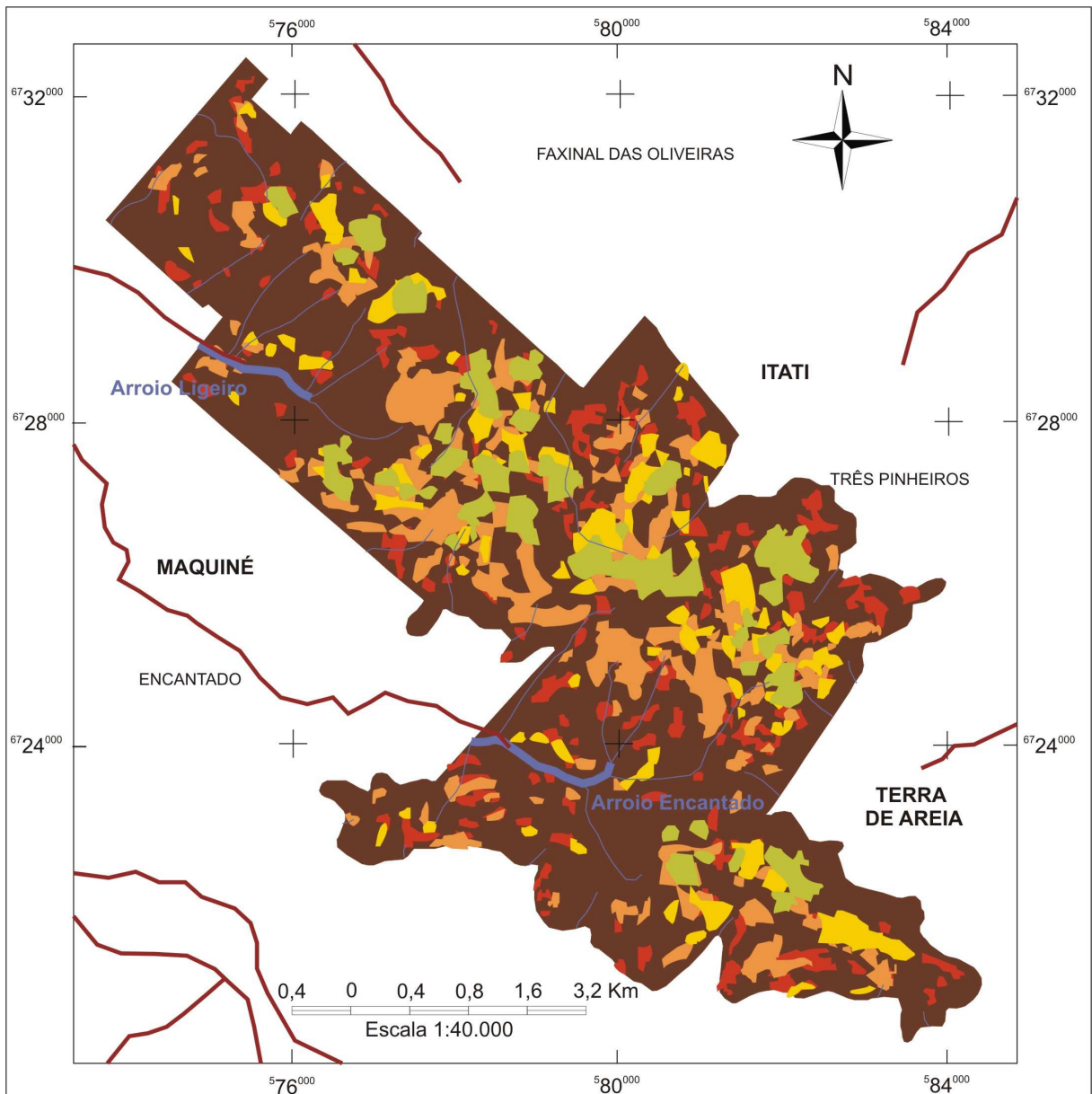
Classes clinográficas	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre a área total
< 5%	4,3	9,43
5% a 12%	3,3	7,06
12% a 30%	8,7	18,7
30% a 47%	8,6	18,68
> 47%	21,5	44,12
Total	46,56	100

Org.: Righi, F. P.

Ao observar os resultados contidos na tabela 2, constata-se que a classe de > 47%, classificada como área de grande declividade, abrange cerca da metade da área total da reserva. Comprova, portanto, que se trata de uma área declivosa. As menores declividades estão situadas nos vales, ao longo dos cursos d'água e nas áreas dos de maior altitude na reserva.

Com a sobreposição dos mapas de uso da terra e clinográfico foi gerado o mapa de conflitos do uso da terra. Esse que indica as áreas onde as atividades estão em desacordo com a legislação vigente. Para a efetivação da sobreposição, adotou-se a classe de declividade > 47%, do mapa clinográfico, definida como Área de Preservação Permanente (APP) cujo o desmatamento é proibido, conforme as determinações do código florestal (1965). Ainda, considerou-se como APPs, conforme o Artigo 2º do referido código, as faixas de 30 metros de mata ciliar para os cursos fluviais com até 10 metros de largura. Neste sentido, os conflitos

do uso do solo foram determinados através da sobreposição das áreas de culturas/lavouras e solo exposto com as porções de APPs, isto é, declividade superior a 47%.



**MAPA CLINOGRÁFICO DA RESERVA BIOLÓGICA ESTADUAL DA SERRA GERAL**

Legenda:

- Sistema Viário
- Rede de Drenagem
- Declividade menor que 5%
- Declividade entre 5% - 12%
- Declividade entre 12% - 30%
- Declividade entre 30% - 47%
- Declividade maior que 47%

Base Cartográfica:  
 Carta da DSG Folha SH.22-X-C-V-2.  
 Projeção Universal Transversa de Mercator.  
 Datum Vertical: Marégrafo de Torres - RS.  
 Datum Horizontal: Córrego Alegre - MG.  
 Origem da Quilometragem UTM:  
 Equador e Meridiano 51° W GR.

Universidade Federal de Santa Maria  
 Centro de Ciências Naturais e Exatas  
 Departamento de Geociências  
 Curso de Geografia - Bacharelado  
 Orientação: Prof. Mauro Kumpfer Werlang  
 Elaboração: Fernanda Pereira Righi

Figura 02 – Mapa clinográfico da reserva biológica estadual da Serra Geral retratando o comportamento da inclinação do relevo.

Os resultados obtidos a partir da sobreposição estão na tabela 3. Através desses resultados se pode afirmar que cerca de quinze por cento da área total da reserva apresenta problemas de conflito quanto ao uso da terra. Por se tratar de uma área de proteção ambiental, este é um dado considerado elevado.

Tabela 3—Quantificação das áreas de conflito do uso da terra para a reserva biológica estadual da Serra Geral.

Classe	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre a área total
Zona de Conflito	7,003	14,45
Conflito de uso da terra	0,3	0,62
Área de Preservação Permanente	21,5	44,38
Área não classificada	19,65	40,56
Total	48,45	100

Org.: Righi, F. P.

Em relação aos conflitos de uso da terra, pode-se ainda afirmar que existem na reserva quatorze focos identificados a partir da imagem de satélite, o que representa uma área de 0,3 km<sup>2</sup>, isto significa que próximo de um por cento da área da reserva está totalmente fora das diretrizes de preservação contidas no plano de manejo e no código florestal (1965).

Estes conflitos estão ligados as atividades agrícolas, localizados nas proximidades dos cursos d'água, nas áreas com menores altitudes e declividades. Predominam nas adjacências do limite entre a reserva com seu entorno. A localização destes próximos a rede de drenagem pode significar o uso destes mananciais para irrigar lavouras. Isso confere certo grau de risco de contaminação ao recurso hídrico devido ao contato com agroquímicos e outros insumos usados no manejo das lavouras. Já a localização dos conflitos em áreas baixas e planas se deve a facilidade de acesso à essas áreas, um vez que se situam nos limites da reserva, áreas “permeáveis” a ocupação.

Outro fator que pode ter contribuído para o aparecimento de conflitos no interior da reserva, foi o processo de ampliação da unidade de conservação, a partir da não realocação de proprietários.

No intuito de contribuir para o amortecimento destes conflitos, mapeou-se uma zona de conflito, que ocupa uma área de 7,003 km<sup>2</sup>, 14,45% da reserva. Essa área deve receber toda a atenção dos “agentes ambientais” para reverter o quadro de degradação, incentivando ao abandono de atividades na área. Esta zona está localizada na parte de maior facilidade de acesso dos moradores do entorno da reserva, e teria prioridade de controle e manejo na tentativa de extinguir os conflitos já instalados. A figura 3 mostra o mapa de conflitos e essa zona delimitada.

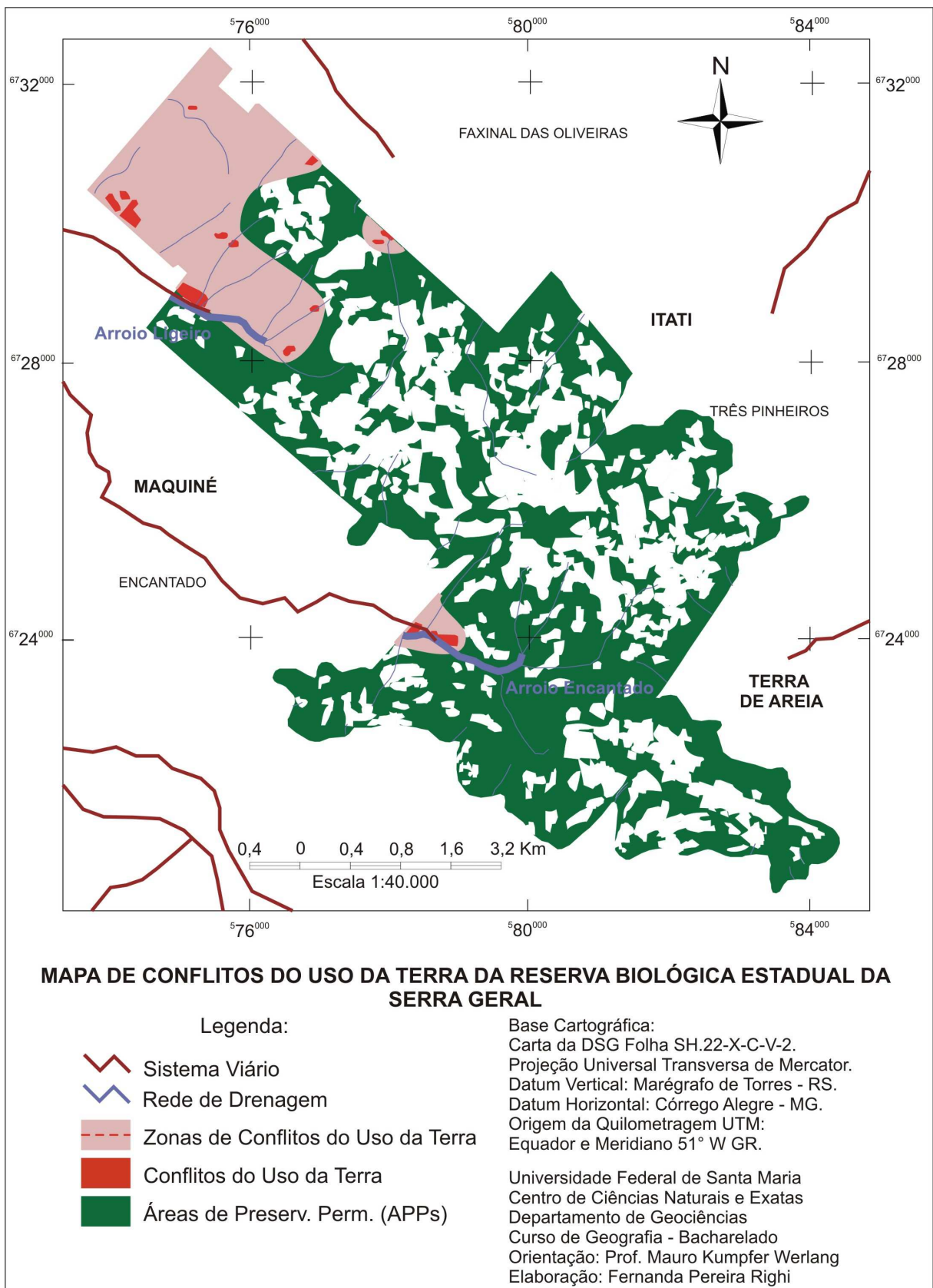


FIGURA 3 – Mapa de conflitos do uso da terra da reserva biológica estadual da Serra Geral.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitiram verificar que apesar de ser uma área de preservação, cuja finalidade seja a preservação, pesquisa científica e a educação ambiental, existe em seus limites áreas com atividades agrícolas. Esse uso vai contra o plano de manejo da reserva. Ações de fiscalização devem ser adotadas na intenção de reverter o quadro de conflito instalado nesses pontos.

No decorrer do trabalho, pôde ser percebida a importância do emprego de técnicas cartográficas, aliadas as novas geotecnologias como o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, que possibilitaram a verificação das reais condições ambientais da reserva biológica estadual da Serra Geral. Destaca-se que a imagem gerada pelo sensor do satélite *QuickBird*, gerou resultados satisfatórios para o mapeamento do uso da terra na reserva biológica estadual da Serra Geral. A partir dos resultados obtidos na pesquisa, espera-se que uma série de novas abordagens possa vir a ser realizadas, tanto na reserva quanto para outras unidades de conservação, no sentido de melhor planejá-las.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em Geoprocessamento. 2.ed. Brasília: EMBRAPA,1998.

DE BIASI, M. A Carta Clinográfica: Os Métodos de representação e sua confecção. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1992.

DUARTE, P. A. A Cartografia Básica. 2.ed. Florianópolis: UFSC,1988.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Introdução ao Sensoriamento Remoto. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br>>. Acesso em mar. 2006.

NETO, R. T. Dinâmica e Quantificação do Uso da terra por Classe de Declividade dos Morros da Periferia da Cidade de Santa Maria – RS. Santa Maria, 1990.

NOVO, E. M. L. de. M. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. 2.ed. São Paulo: Edgard Bluncher, 1992.

MOREIRA, A. ; SPIRONELLO, R. L. Sistema de Informações Geográficas Aplicados ao Mapeamento de Uso da Terra na Microbacia Hidrográfica do Lageado Guamerim – São Miguel do Oeste SC. São Miguel do Oeste, 2005.

RAFFAELLI, J. A. Geoprocessamento aplicado na análise do espaço geográfico do município de Santa Margarida do Sul – RS. Santa Maria, 2002.

ZUQUETTE, L. V. Cartografia geotécnica. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.