

DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
E METODOLÓGICO PARA MEDIAÇÃO
ENTRE USUÁRIOS E COMITÊS
DE BACIA HIDROGRÁFICA

Organizador: Carlos Hiroo Saito

Departamento de Ecologia
Universidade de Brasília

**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
E METODOLÓGICO PARA MEDIAÇÃO
ENTRE USUÁRIOS E COMITÊS
DE BACIA HIDROGRÁFICA**

Organizador:
Carlos Hiroo Saito

**Departamento de Ecologia
Universidade de Brasília**

Brasília, 2004

© Saito Carlos Hiroo

Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília
Campus Universitário Asa Norte
CEP 70 910-900 – Brasília/DF
Tel.: 61 307-2326 – Fax: 61 273-4571
E-mail: saito@unb. br

Editor:

Carlos Hiroo Saito

Revisão:

Carlos Hiroo Saito

Projeto Gráfico, Editoração e Impressão:

Formato9 Produção Gráfica Ltda

Tiragem: 1.000 exemplares

Desenvolvimento tecnológico e metodológico para
mediação entre usuários e comitês de bacia
hidrográfica. (organizador) : Carlos Hiroo Saito.
– Brasília : Departamento de Ecologia da. Uni-
versidade de Brasília, 2004.
138p. : il

ISBN 85-98720-01-1

1. Bacia hidrográficas. 2. Recursos hídricos. 3. Educa-
ção ambiental. I. Saito, Carlos Hiroo.

CDU 556.51

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	05
AGRADECIMENTO	08
CAPÍTULO I	
Modelos Qualitativos, Baseados na Dinâmica do Oxigênio Dissolvido, para Qualidade da Água em Bacia Hidrográfica	09
CAPITULO II	
Estimativa de Exportação de Cargas Poluidoras em Bacia Hidrográfica por Geoprocessamento.	25
CAPÍTULO III	
Avaliação da Estimativa da Temperatura de Superfície a partir de imagens de Satélite Landsat TM 5 voltada para Gestão de Bacias Hidrográficas	41
CAPÍTULO IV	
Educação Ambiental e Investigação-Ação em Prol da Comissão Pró-comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão (DF/GO).	65
CAPÍTULO V	
Diagnóstico da Situação das Margens da Bacia do Alto Rio Maranhão	89
CAPÍTULO VI	
Educação Ambiental e Planejamento Pedagógico Escolar para Integração Escola-Comunidade:Estudo Caso	107
CAPITULO VII	
Gestão Participativa de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Itapicuru, Microrregião de Jacobina–BA: Análise de Processos Formadores de Comissões de Usuários de Água (COMUA)	123
SOBRE OS AUTORES	137

APRESENTAÇÃO

A presente publicação representa uma síntese dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do **Projeto: Desenvolvimento Tecnológico e Metodológico para Mediação entre Usuários e Comitês de Bacia Hidrográfica**, que contou com o apoio financeiro do CNPq/CT-Hidro (processo 0550119/2002-7) e chega ao final nesta etapa.

O projeto, a partir da experiência do Projeto Educação e Pesquisa Ambiental Participante, financiado pelo FNMA/MMA entre 1999 e 2001, buscou desenvolver instrumental tecnológico e procedimentos metodológicos para a mediação entre usuários de recursos hídricos e Comitês de Bacia Hidrográfica. Foi composto por diversos subprojetos, articulados entre si, tendo como sítio geográfico básico a região do entorno da Estação Ecológica de Águas Emendadas-DF, nas suas duas bacias hidrográficas, ao norte, a bacia do rio Maranhão (DF/GO) e ao sul, a bacia do rio Monteiro (DF), em função de experiência prévia de diagnóstico na região e envolvimento atuante da comunidade. Incorporou-se, posteriormente, a microrregião de Jacobina-BA, e a bacia hidrográfica do rio Itapicuru, em função de parceria com o Campus Jacobina da UNEB.

Os subprojetos envolvidos compreendem:

1. Modelos de Simulação Baseados em Raciocínio Qualitativo para Avaliação da Qualidade da Água em Bacias Hidrográficas;
2. Avaliação de impacto do uso da terra em bacia hidrográfica a partir do módulo de geração de cargas do modelo de correlação de uso do solo x qualidade da água (MQUAL);
3. Informações Climatológicas como Ferramentas de Apoio à Decisão no Gerenciamento de Bacias Hidrográficas;
4. Educação e Pesquisa Ambiental Participante II-a: Educação Ambiental não-formal e Investigação-Ação apoiada em Técnicas de Geoprocessamento voltada para a instrumentalização de Comitê de Bacia Hidrográfica;
5. Educação e Pesquisa Ambiental Participante II-b: Educação Ambiental formal e Investigação-Ação;
6. Participação Social, Gestão de Recursos Hídricos e Negociação Social: Impasses e Perspectivas.

Em todos os dois aspectos (desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento metodológico) do projeto procurou-se pautar sobre o conceito-chave de mediação. Desta forma, desejou-se que tanto os produtos tecnológicos como os procedimentos metodológicos estivessem voltados para promoção do: I) *empowerment* socio-ambiental e alfabetização técnica de comunidades e II) fortalecimento de processos de organização e representação local, basilares do princípio de gestão participativa presentes tanto na Política Nacional de Recursos Hídricos como na Política Nacional de Educação Ambiental.

Assim, por exemplo, no âmbito do primeiro subprojeto, **Modelos de Simulação Baseados em Raciocínio Qualitativo para Avaliação da Qualidade da Água em Bacias Hidrográficas**, buscou-se desenvolver sistema de apoio à

decisão baseado em inteligência artificial para modelagem de cenários com base em incertezas e baixa disponibilidade de dados para diagnosticar os impactos ambientais resultantes de diferentes formas de uso da terra sobre os recursos hídricos. Para tanto, desenvolveu-se um modelo de simulação tendo o oxigênio dissolvido como variável-chave no processo de modelagem, dentro de um ambiente de desenvolvimento (shell) para raciocínio qualitativo (Qualitative Reason), ramo da Inteligência Artificial. A expectativa é que modelos qualitativos desta natureza possam ser utilizados pelos membros dos Comitês de Bacia Hidrográfica e instâncias similares de organização da sociedade, de forma que possam potencializar a capacidade de diálogo, aprendizagem e produção de conhecimento por eles próprios. Os resultados deste subprojeto encontram-se no Capítulo 1 deste livro.

O segundo subprojeto, **Avaliação de impacto do uso da terra em bacia hidrográfica a partir do módulo de geração de cargas do modelo de correlação de uso do solo x qualidade da água (MQUAL)**, buscou desenvolver procedimentos metodológicos para avaliação do impacto dos padrões de uso da terra em bacias hidrográficas, gerando, por geoprocessamento, as microbacias de contribuição e, em cada microbacia, uma estimativa de exportação de cargas para os recursos hídricos a partir de um modelo existente na literatura (MQUAL), com valores-referência para quantitativos de exportação de carga previamente estabelecidos. Uma avaliação sobre o significado da espacialização dos valores de exportação de cargas poluidoras face aos padrões de cobertura da terra, em particular, com respeito aos limites de uma Unidade de Conservação e seus impactos evidencia os conflitos entre os padrões de ocupação da paisagem e os objetivos de conservação da natureza e sua biodiversidade, sugerindo a necessidade de incluir novos parâmetros para a delimitação de Unidades de Conservação e zonas de amortecimento para as mesmas. Os resultados deste subprojeto encontram-se no Capítulo 2.

O terceiro subprojeto, **Informações Climatológicas como Ferramentas de Apoio à Decisão no Gerenciamento de Bacias Hidrográficas**, realiza um contraponto principalmente ao anterior, em que avaliação de impactos sobre bacias hidrográficas normalmente são feitos com base em classificação do uso da terra, e desconsideram parâmetros climáticos. No presente caso, realizaram-se estudos no sentido de mostrar a contribuição que parâmetros climáticos podem ter para enriquecer a avaliação dos impactos das atividades humanas em bacias hidrográficas, tomando como base a estimativa de temperatura de superfície a partir de imagens de satélite. O Capítulo 3 traz os resultados deste subprojeto.

O quarto subprojeto, **Educação e Pesquisa Ambiental Participante II-a: Educação Ambiental não-formal e Investigação-Ação apoiada em Técnicas de Geoprocessamento voltada para a instrumentalização de Comitê de Bacia Hidrográfica**, procurou desenvolver procedimentos metodológicos em educação ambiental não-formal, tendo como teoria-guia a investigação-ação educacional, utilizando diversos recursos, entre eles o geoprocessamento, sempre na perspectiva de uma educação dialógico-problematizadora, inspirada em Paulo Freire. Os trabalhos foram desenvolvidos junto à Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica

do Alto rio Maranhão (DF/GO), que vivenciou, no curso dos trabalhos, um processo de empoderamento pela maior instrumentalização técnica e científica de seus integrantes. Os resultados desse trabalho encontram-se compilados no Capítulo 4 do livro.

Além disso, realizou-se uma expedição ao longo do rio Maranhão em seu trecho inicial e procedeu-se a uma avaliação do impacto ambiental em suas margens, por meio da aplicação de um protocolo de avaliação rápida, cujo objetivo era analisar sua capacidade avaliativa, de modo a poder ser aplicado pela própria comunidade ou membros dos Comitês de Bacia Hidrográfica, como forma de aumentar seu poder de conhecimento e autonomia decisória. Os resultados desse trabalho encontram-se descritos no Capítulo 5.

O quinto subprojeto, **Educação e Pesquisa Ambiental Participante II-b: Educação Ambiental formal e Investigação-Ação**, voltou-se também para o desenvolvimento de procedimentos metodológicos em educação ambiental, porém formal, ou seja, realizada dentro de instituição escolar, igualmente tendo como teoria-guia a investigação-ação educacional. Dentre as diversas ações desenvolvidas numa escola pública rural, na área de atuação da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto rio Maranhão (DF/GO), tais como diagnóstico do estado nutricional, avaliação das potencialidades nutricionais da biodiversidade do cerrado e perspectivas de utilização pela comunidade para recomposição das faixas marginais de proteção dos rios, selecionamos as atividades educacionais desenvolvidas que voltaram-se direta e objetivamente ao tema dos recursos hídricos, procurando ressaltar o aspecto metodológico do planejamento participativo e integrado, com o desenvolvimento da educação ambiental por meio de projeto. Os resultados desse trabalho encontram-se no Capítulo 6.

Finalmente, o sexto subprojeto, **Participação Social, Gestão de Recursos Hídricos e Negociação Social: Impasses e Perspectivas**, preocupou-se em analisar as políticas de gestão de recursos hídricos no país, sobretudo do ponto de vista histórico, no que diz respeito ao modo como o conceito de participação social vem sendo adotado. Tomando experiências locais e sub-regionais de implantação de processos organizativos para gestão de recursos hídricos, buscou-se avaliar a concepção de participação social subjacente, sua apropriação pelos setores dominantes e por outro lado, o esforço de reelaboração ou de sustentação do mesmo conceito pelos setores populares, e qual a sua contribuição efetiva para o processo de empoderamento da sociedade civil. Os resultados desse trabalho encontram-se descritos no Capítulo 7.

No âmbito do projeto e de todos os subprojetos, tivemos como recursos humanos base para a sua execução, a equipe técnica que compõe o Grupo de Pesquisa em Diagnóstico e Gestão Ambiental, do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, cadastrado e certificado pela instituição junto ao Diretório de Grupo de Pesquisas do CNPq, incluindo alunos de graduação, pós-graduação, e professores pesquisadores. Nos diversos subprojetos encontram-se contempladas dissertações de mestrado e teses de doutorado, concluídas ao longo do desenvolvimento do projeto, ou em vias de finalização.

Procuramos, desta forma, integrar ensino, pesquisa e extensão, pilares da Universidade em seu sentido pleno, e esperamos estar contribuindo para o desenvolvimento da pesquisa científica socialmente referenciada, ou seja, comprometida com a inclusão social, inspirada em *Science for the People*.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Carlos Hiroo Saito
Coordenador do Projeto

Departamento de Ecologia
Universidade de Brasília
Universidade de Brasília
Julho de 2004.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro concedido no âmbito do edital CNPq/CT-Hidro 01/2001, e à Universidade de Brasília – UnB (Decanatos de Pesquisa e Pós-Graduação, Extensão, e Assuntos Comunitários)

CAPÍTULO I

Modelos Qualitativos, Baseados na Dinâmica do Oxigênio Dissolvido, para Qualidade da Água em Bacia Hidrográfica

*Symone Christine de Santana Araújo,
Paulo Sergio Bretas de Almeida Salles, Carlos Hiroo Saito*

INTRODUÇÃO

O Raciocínio Qualitativo (RQ) é uma área da Inteligência Artificial (IA) preocupada com a descrição de propriedades contínuas do mundo (espaço, tempo e quantidades), usando um sistema discreto de símbolos, para dar suporte ao raciocínio (automatizado, em programas de computador) com pouca informação (FORBUS, 1984). As representações explícitas das relações de dependência e do significado de cada estrutura do sistema, além da capacidade de oferecer respostas, mesmo em condições de dados escassos (FORBUS, 1984) possibilitam ao RQ preencher espaços deixados pela modelagem tradicional, especialmente quando lidamos com processos complexos, pouco conhecidos.

Os modelos baseados em RQ têm despertado o interesse de diversas áreas em função de suas características (informação, explicação e predição) que podem contribuir para processos de tomada de decisão na gestão ambiental, particularmente na gestão de recursos hídricos (SALLLES *et al*, 2003). Outro aspecto a considerar é que, de acordo com VON SPERLING (1996), modelos matemáticos de simulação não têm sido usados na maioria das situações relativas à qualidade da água, pois se encontram limitados aos dados de entrada, que apresentam largas faixas de variação ou mesmo são inexistentes. Os modelos qualitativos são adequados nesse contexto na medida em que estão aptos a lidar com conhecimentos incompletos e em situações de dados escassos (FORBUS, 1984), e podem promover a instrumentalização dos integrantes de Comitês de Bacia Hidrográfica-condição-chave, segundo SAITO (2001), para a implementação de uma gestão participativa de Recursos Hídricos nos termos da Lei n.º 9.433/97.

O presente trabalho apresenta a modelagem e implementação em RQ dos principais processos que interferem na concentração de oxigênio dissolvido na água: fotossíntese, respiração, decomposição e reaeração.

MODELOS PROPOSTOS

Oxigênio como conceito-chave

Nos problemas descritos neste trabalho nós estamos preocupados com a representação da qualidade da água. A qualidade da água é o resultado de um complexo conjunto de fatores que interagem continuamente entre si. Diversas abordagens podem ser aplicadas e pode ser extraído um número razoável de

relações dos fatores naturais entre si e entre os fatores antrópicos. Aqui nós consideramos que o raciocínio sobre mudanças na qualidade da água requer o conhecimento sobre a dinâmica do oxigênio.

O oxigênio dissolvido é de fundamental importância na manutenção da vida aquática e da qualidade da água. TCHOBANOGLIOUS & SCHROEDER (1985) afirmam que, devido à sua importância, o oxigênio é amplamente utilizado como principal parâmetro de qualidade da água e serve para determinar o impacto de poluentes sobre corpos d'água. É, segundo os autores, o mais importante fator no desenvolvimento de qualquer planejamento na gestão de recursos hídricos.

A dinâmica da distribuição do oxigênio em um trecho de corpo de água, segundo WETZEL (1993), é governada por um equilíbrio entre as entradas da atmosfera e da fotossíntese e as perdas devidas às oxidações químicas e bióticas.

Os principais fenômenos interagentes no balanço do oxigênio dissolvido (OD) encontram-se apresentados na tabela 1 e o balanço líquido entre esses processos define o metabolismo geral do ecossistema aquático, em termos de oxigênio dissolvido.

Tabela 1. Fonte e Sumidouros de OD em um corpo d'água

Consumo de OD	Produção de OD
<ul style="list-style-type: none"> Oxidação de matéria orgânica (MO) – decomposição 	<ul style="list-style-type: none"> Reaeração da atmosfera (difusão)
<ul style="list-style-type: none"> Uso do oxigênio na respiração dos organismos aquáticos 	<ul style="list-style-type: none"> Produção de oxigênio na Fotossíntese
<ul style="list-style-type: none"> Demanda bentônica de oxigênio (sedimento) 	<ul style="list-style-type: none"> Entrada de OD de tributários e efluentes

Fontes de oxigênio em um rio são a re-areação (oxigênio que entra na água vindo da atmosfera), o transporte de efluentes e tributários e o processo biológico da fotossíntese. Os sumidouros mais importantes são reações químicas na água (como a oxidação da matéria orgânica) e o processo biológico da respiração (encontrado em todos os organismos vivos). Dadas essas fontes e sumidouros, a equação que mostra o balanço do oxigênio dissolvido em um segmento de rio com volume constante (TCHOBANOGLIOUS & SCHROEDER, 1985; THOMANN & MUELLER, 1987) pode ser representada como segue:

$$d(OD)/dt = [A - MO_{ox}] + [P - R] + [T_{in} - T_{out}]$$

Nessa equação, $d(OD)/dt$ representa a variação do oxigênio dissolvido ao longo do tempo, A representa a re-areação, MO_{ox} a oxidação da matéria orgânica, P a fotossíntese, R a respiração e T_{in} e T_{out} representam, respectivamente, o transporte de oxigênio para dentro e para fora do sistema. Para os modelos propostos adota-se a representação dos fenômenos que se dão na lâmina d'água, sendo excluídos os processos que ocorrem no sedimento (demanda bentônica de oxigênio). Assume-se também que os componentes $[T_{in} - T_{out}]$ são constantes. Mudanças na concentração de oxigênio dissolvido serão consequência, portanto, dos demais processos.

Raciocínio Qualitativo

Os modelos são construídos de acordo com a ontologia descrita na Teoria Qualitativa dos Processos – TQP (FORBUS, 1984). Na TQP mudanças são sempre iniciadas por *processos* e se propagam para todo o sistema através das relações de dependências entre as quantidades. A TQP reconhece dois tipos diferentes de influências: as *influências* diretas ($I+$ e $I-$) e as *proporcionalidades qualitativas* ($P+e P$). Ambas possuem significado matemático e representam explicitamente o sentido das relações de dependência. As *influências* diretas são usadas para calcular o valor da derivada de uma variável de estado e , portanto, determinam sua variação ao longo do tempo. Tem-se, por exemplo, $I+(\text{Concentração de OD, Taxa de Fotossíntese})$ que define a relação entre a taxa de fotossíntese (*Taxa de Fotossíntese*) e a variável de estado oxigênio dissolvido (*Concentração de OD*). As *proporcionalidades qualitativas* descrevem como uma certa quantidade mudará pela sua dependência de outra quantidade, representando funções monotônicas para as relações entre as derivadas de duas quantidades. Assim, por exemplo, no processo de fotossíntese a biomassa de planta aquática influencia positivamente a taxa de fotossíntese: $P+(\text{Taxa de Fotossíntese, Biomassa de planta aquática})$ e se lê “quando a biomassa de fitoplâncton cresce ou diminui a taxa de fotossíntese varia na mesma direção”.

Propriedades que mudam ao longo do tempo são representadas por quantidades e espaços quantitativos. Os possíveis valores qualitativos que uma quantidade pode assumir são representados em um conjunto denominado espaço quantitativo (EQ) e apenas os valores que correspondem a diferenças relevantes no comportamento do sistema devem ali ser incluídos. No desenho inicial, por exemplo, as quantidades *biomassa de planta aquática* e *concentração de OD* têm $EQ = \{\text{zero, mínimo, normal, máximo}\}$. Todas as taxas, como, por exemplo, a *Taxa de Fotossíntese*, usam $EQ = \{\text{zero, positivo}\}$.

Os modelos qualitativos são construídos a partir de partes, os *fragmentos de modelo* (FM), que são combinados para formar modelos completos. Esses FM são organizados em uma biblioteca construída de forma incremental, iniciando com um núcleo de FM que representam conceitos básicos sobre a dinâmica do oxigênio. Uma vez estabelecida a biblioteca básica, novos FM poderão ser agregados de modo a permitir simulações mais complexas incluindo outros fatores ou parâmetros ambientais. Essa estrutura assegura que o número e a complexidade dos modelos a serem construídos aumente à medida que a biblioteca cresce. A habilidade para usar e combinar informações parciais permite uma modelagem composicional (FALKENHAINER & FORBUS, 1991) que aumenta a reutilização de fragmentos de modelos e possibilita a combinação de modelos mais simples para aumentar a escala para problemas mais complexos (SALLES *et al.*, 1994). Na TQP há dois tipos de FM, os *views* e os *processos* (FORBUS, 1984). Os primeiros descrevem aspectos ‘estáticos’ do sistema, tais como situações específicas ou características de entidades. Os FM do tipo *processo* descrevem mecanismos de mudança, isto é, os processos.

Os FM configurados como processos básicos, modelados de forma independente uns dos outros, são aqueles que respondem pelas mudanças no conteúdo de oxigênio dissolvido (OD): 1) *decomposição* (oxidação da matéria orgânica), 2) *respiração*, 3) *reaeração atmosférica*, e 4) *fotossíntese*. Estes processos representam relações de consumo e produção de OD, na lâmina d’água. Nos

modelos o termo processo composto ou agregado de processos é utilizado e representa a soma de processos em um nível inferior. Algumas vezes o processo composto tem um significado específico e é introduzido um vocabulário próprio para o raciocínio sobre isso. Nesse contexto, a *taxa de produção líquida de oxigênio* é compreendida como um processo composto.

Por fim, para representar as ações humanas que afetam a qualidade de água foi usada a noção de modelos de agente – *agent models* (BREDEWEG, 1992). Esses FM podem representar as gerações de cargas poluidoras decorrentes das formas de uso e ocupação da terra ou ações de manejo e gestão como, por exemplo, o controle do lançamento dessas cargas ou ainda a efetivação de tratamento dos efluentes antes do lançamento nos corpos d'água.

Os modelos foram implementados em GARP, um simulador qualitativo que tem sido usado para a simulação de modelos em diferentes áreas do conhecimento, tais como a física (BREDEWEG, 1992) e a ecologia de populações e comunidades terrestres (SALLES & BREDEWEG, 1997; SALLES *et al.*, 2002). Os modelos foram construídos em um ambiente de modelagem com interface gráfica, HOMER (JELLEMA, 2000; BESSA MACHADO & BREDEWEG, 2002). As simulações foram analisadas com o apoio da ferramenta de visualização VisiGARP (BOUWER & BREDEWEG, 2001).

A estrutura adotada

O raciocínio sobre mudanças na qualidade da água requer o conhecimento sobre a dinâmica do oxigênio e a qualidade da água e é compreendida como sendo resultado de um complexo conjunto de fatores naturais e antrópicos que interagem continuamente entre si. Os modelos representam conhecimentos sobre a dinâmica do oxigênio e podem ser usados em diferentes situações. Eles mostram a relação entre qualidade da água, cargas geradas pelas atividades antrópicas na bacia hidrográfica (uso e ocupação da terra) e a forma como essas substâncias são lançadas no meio aquático (existência ou não de controle de poluição).

Os modelos deverão atender a predições do tipo: “o lançamento de cargas poluidoras em um corpo d'água resulta, indiretamente no consumo de oxigênio dissolvido e o decréscimo de oxigênio tem diversas implicações na qualidade da água”.

Nas especificações do modelo se representa um trecho de corpo de água (modelado como a entidade *corpo de água*) entendido como um recipiente que contém dois tipos de entidades: a humana, que atua de forma a ocupar a terra e promover ou não o controle da poluição, e as entidades biológicas responsáveis pelos processos naturais dentro do ambiente aquático. As entidades incluídas no modelo estão representadas na Figura 1.

As propriedades relevantes dessas entidades são modeladas como quantidades. Por exemplo, o corpo de água contém substâncias dissolvidas: nutrientes, matéria orgânica (MO) e oxigênio dissolvido (OD), representadas pelas quantidades correspondentes às suas concentrações (*Concentração_de*), cujos espaços quantitativos (EQ) são EQ = {pequeno, médio, grande}, para as concentrações de MO e nutrientes e EQ = {zero, mínimo, normal, máximo}, para a concentração de OD.

O corpo de água contém também as entidades biológicas. As quantidades de plantas aquáticas e decompositores e peixes são representadas pela quantidade *Biomassa_de*. Assume-se que essas entidades estão sempre presentes na água,

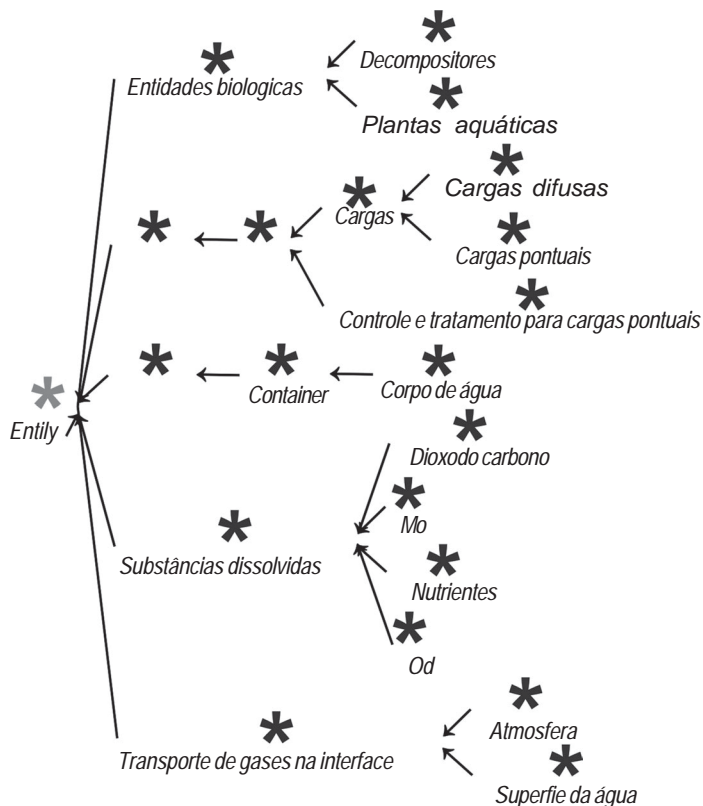


Figura 1. Entidades incluídas no modelo

embora suas biomassas possam aumentar ou diminuir. Esse conhecimento é capturado pelo espaço quantitativo $EQ = \{positivo\}$.

A estimativa de produção líquida de OD pelas plantas na equação de balanço de massa onde:

$$\text{Taxa de Produção Líquida} = \text{Taxa de Fotossíntese} - \text{Taxa de Respiração}$$

Em geral se considera a respiração total do segmento incluindo na respiração o oxigênio necessário à oxidação da matéria orgânica pelos organismos decompositores, no entanto nesse modelo se considera a respiração como sendo aquela feita apenas por plantas aquáticas (THOMANN & MUELLER, 1987). No computo geral os seres autótrofos realizam mais fotossíntese do que respiração gerando um superávit de oxigênio que permite a respiração dos outros organismos heterotróficos (VON SPERLING, 1996). Assumimos, portanto, que a *Taxa de Produção Líquida* de OD será sempre positiva, conforme figura 2.

A decomposição da matéria orgânica é efetuada pelos organismos decompositores que na presença de oxigênio convertem matéria orgânica a compostos mais simples. À medida que aumenta a quantidade de matéria

orgânica, maior é o consumo de OD no corpo de água. O processo de decomposição está indicado na figura 3.

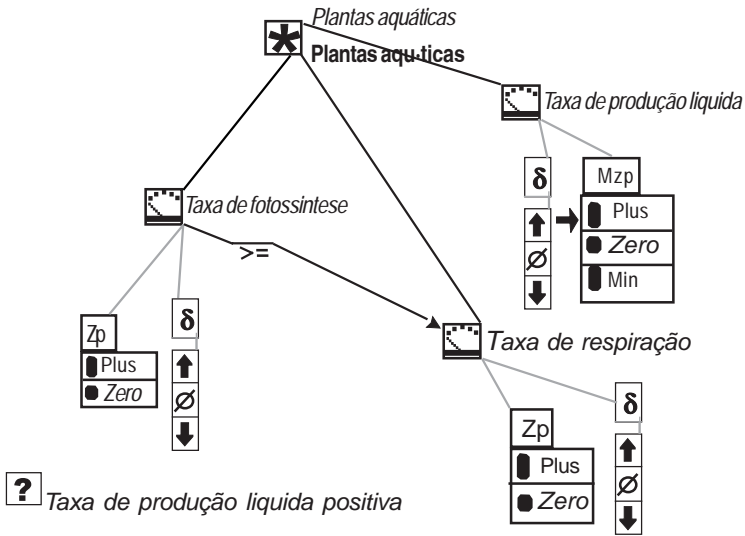


Figura 2. Decomposição de Matéria Orgânica

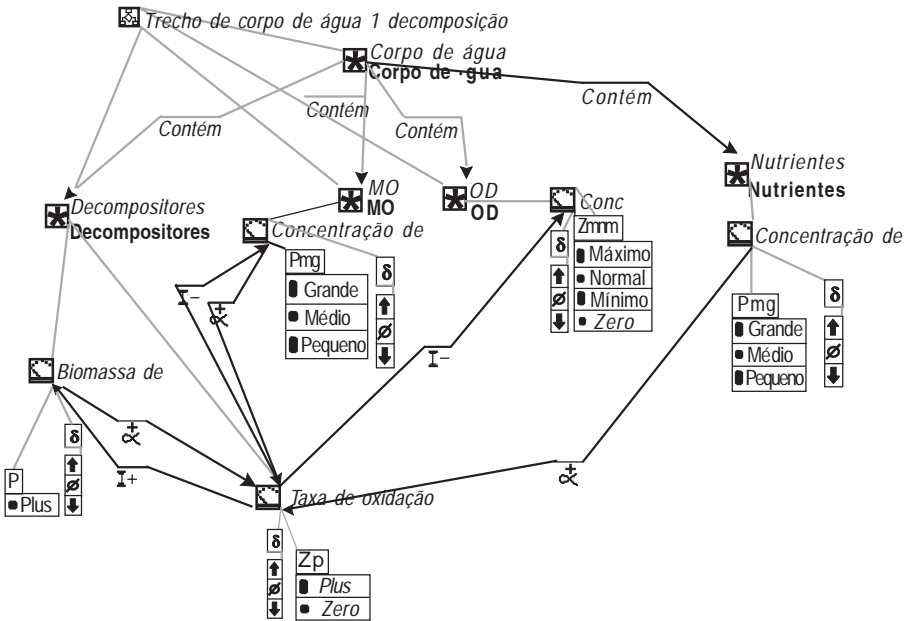


Figura 3. Decomposição de Matéria Orgânica

A reaeração atmosférica é o transporte de oxigênio na interface ar/água. Sempre que a concentração de oxigênio dissolvido reduz-se a valores inferiores à concentração de saturação, definida pela solubilidade do gás em dadas condições de temperatura e pressão, ocorre um déficit de oxigênio:

$$\text{Déficit de oxigênio} = \text{Concentração de saturação de OD} - \text{Concentração de OD}$$

Essa é a condição de ocorrência da reaeração: *Déficit de oxigênio* > 0.

As ações antrópicas são modeladas por meio de relações que definem o lançamento de cargas pontuais, sejam elas com efetivo controle ou não, e de cargas difusas decorrentes das formas de uso e ocupação da terra. Os efeitos do lançamento de cargas resultam num aumento nos valores de matéria orgânica e nutrientes, conforme figura 4.

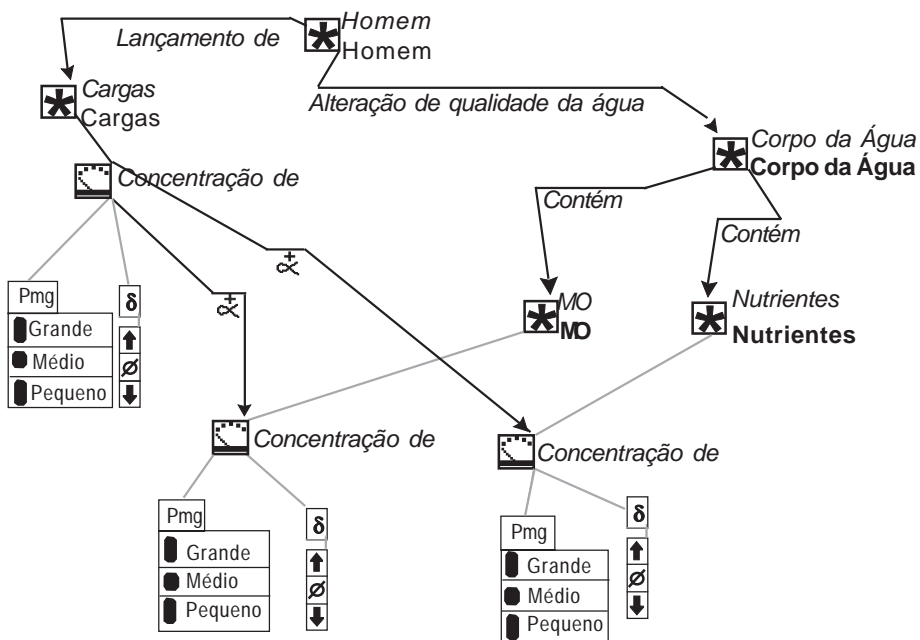


Figura 4. Efeito do Lançamento de Cargas Poluidoras

Na representação do lançamento de cargas difusas é utilizada uma *Taxa de exportação*, quantidade que corresponde a uma carga estimada para cada tipo de uso e ocupação da terra. Para as cargas pontuais é definida uma *Taxa de remoção* que representa a existência de tratamento e controle de efluentes.

A *Taxa de remoção* pode assumir os valores do EQ = {zero, positivo}. Deste modo, quando *Taxa de remoção* = zero, ações de controle não são efetuadas e as quantidades de matéria orgânica e de nutrientes no corpo de água vão aumentar. Trata-se do *Lançamento de efluentes sem controle*. O controle das cargas poluidoras se dá quando a *Taxa de remoção* = positivo, correspondendo ao efetivo controle das cargas pontuais lançadas no corpo de água.

Biblioteca de fragmentos de modelo

A biblioteca reúne 28 FM e 40 cenários iniciais. Nos modelos o **oxigênio é um conceito-chave**, por conseguinte, foi desenvolvido um conjunto de fragmentos de modelos que representam conhecimentos sobre a dinâmica do oxigênio e podem ser usados em diferentes situações. A biblioteca de fragmentos foi construída de forma incremental, iniciando com um núcleo de fragmentos de modelo representando conceitos básicos sobre oxigênio em torno dos quais se expandiu e mais detalhes foram adicionados ao sistema. Uma vez estabelecida a biblioteca básica, novos fragmentos foram agregados de modo a permitir simulações mais complexas incluindo outros fatores ou parâmetros ambientais.

Essa estrutura assegurou que o número e a complexidade dos fragmentos de modelos aumentasse à medida que a biblioteca cresce. A habilidade para usar e combinar informações parciais, próprias do Raciocínio Qualitativo, permitiu uma modelagem composicional (FALKENHAINER & FORBUS, 1991) que aumentou a reutilização de fragmentos de modelos e possibilitou a combinação de modelos mais simples para aumentar a escala para problemas mais complexos (SALLES et al., 1994).

As condições estáticas do corpo de água (sistema) foram representadas pelos 4 FM correspondentes à denominação *Trecho de Corpo de água*. Esses FM apresentam as quantidades que são associadas ao corpo de água em cada fenômeno modelado conforme Figura 5.

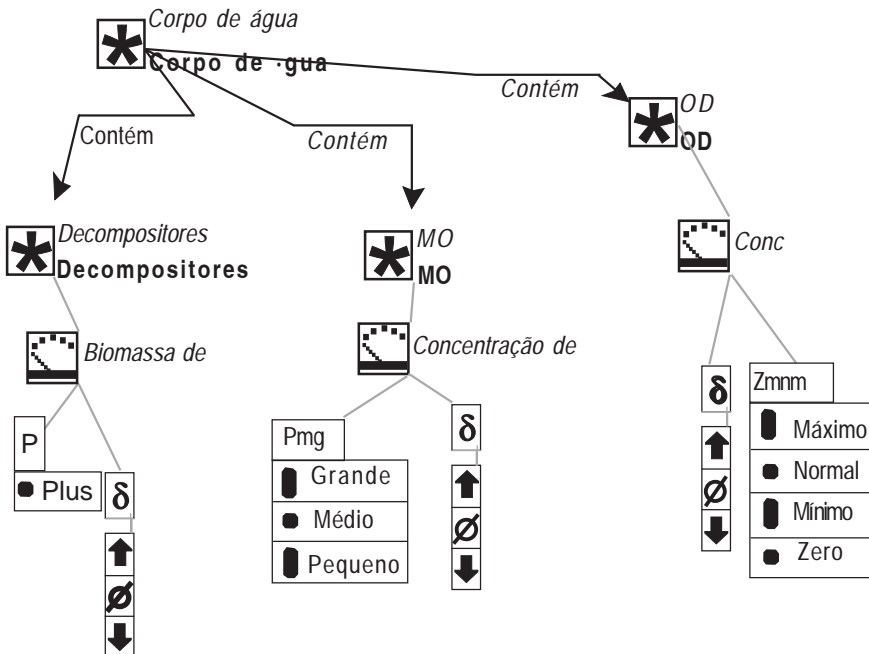


Figura 5 (a). FM estáticos utilizados para a decomposição;

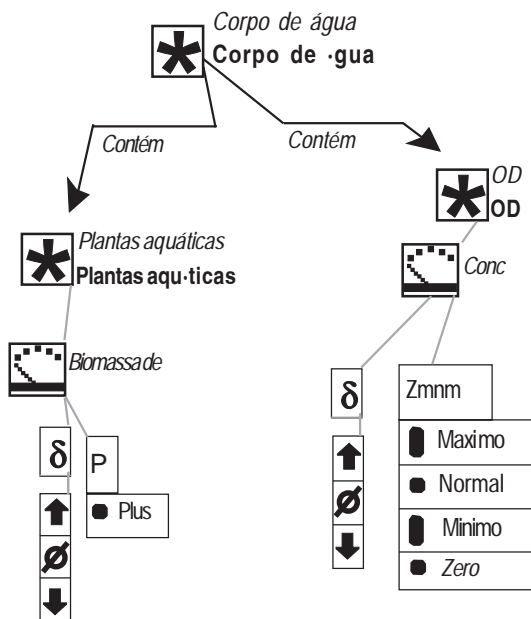


Figura 5 (b). FM estáticos utilizados para fotossíntese e respiração;

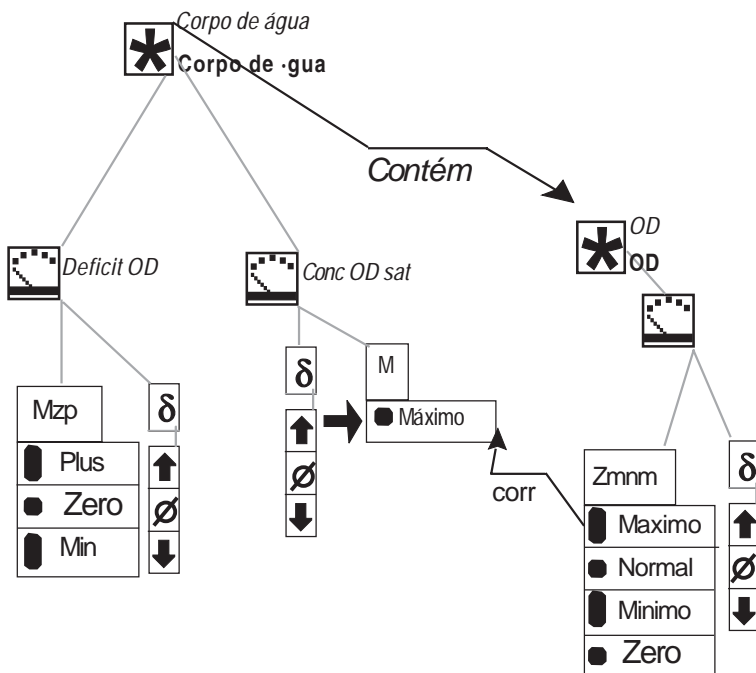


Figura 5 (c). FM estáticos para a reaeração;

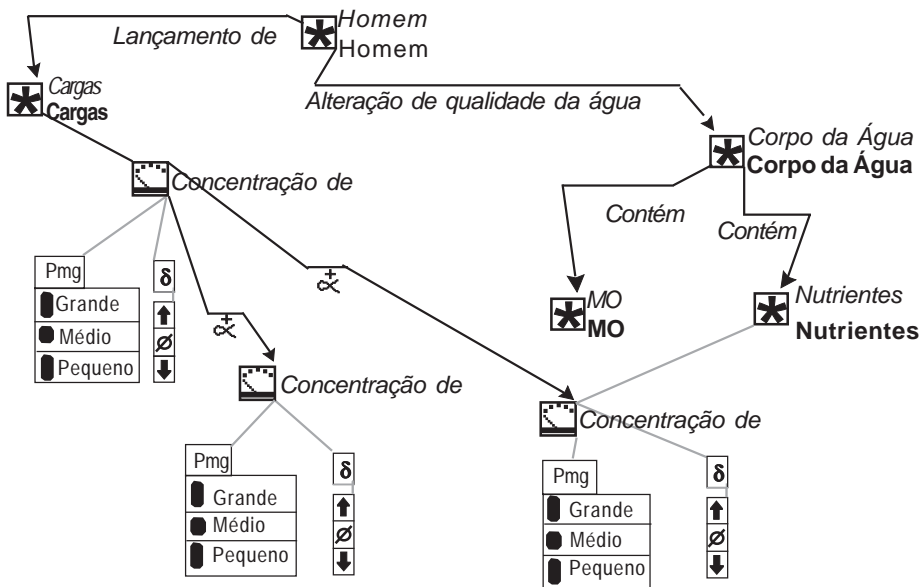


Figura 5 (d). FM estáticos utilizados para o lançamento de cargas poluidoras

O FM *Efeito da produção líquida de OD pelas plantas aquáticas* representa o balanço entre fotossíntese e respiração, e a *Taxa de produção líquida* representa uma influência direta tanto na biomassa de plantas aquáticas, como na quantidade de oxigênio dissolvido:

$$I+(Biomassa_Plantas\ Aquáticas, Taxa_de\ Produção\ Líquida)$$

$$I+(Concentração_OD, Taxa_de\ Produção\ Líquida)$$

Com o objetivo de simplificar as simulações, reduzindo o número de ambiguidades e, portanto, o número de estados possíveis, assume-se que as derivadas das variáveis *Biomassa Plantas Aquáticas* e *Taxa de Produção Líquida* são iguais. Semelhantes relações entre as derivadas foram utilizadas nos demais FM de Processos: derivadas das variáveis *Biomassa Plantas Aquáticas* e *Taxa de Fotossíntese* são iguais; derivadas das variáveis *Biomassa Plantas Aquáticas* e *Taxa de Respiração* são iguais; derivadas das variáveis *Biomassa Decompositores* e *Taxa de Oxidação* são iguais; derivadas das variáveis *Déficit OD* e *Taxa de Reaeração* são iguais. Esses FM são denominados simplificações dos processos associados.

Os modelos descritos estão restritos às condições aeróbicas no corpo de água, representado no FM *Estabelecimento de condições aeróbicas*, conforme Figura 6.

Os FM que correspondem às ações antrópicas são um tipo especial de fragmento de modelo, os *agentes modeladores* ('agent model') (BREDEWEG, 1992). São 4 FM, que representam, respectivamente, o lançamento de cargas difusas produzidas pela exportação de cargas de poluentes em decorrência do uso e ocupação da terra, e o lançamento de cargas pontuais, com e sem controle e efetivo tratamento. Nesses últimos fragmentos o mais geral é chamado *Lançamento de cargas poluidoras pontuais*, cuja taxa de remoção influencia direta e negativamente a variável *Concentração_cargas* associada ao corpo de água:

$$I-(Concentração_cargas, Taxa\ de\ remoção)$$

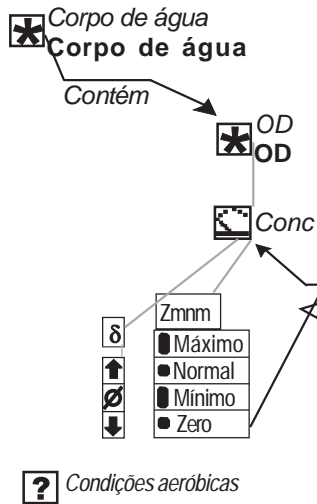


Figura 6. FM estático para definição de condições aeróbicas (*concentração_OD* > 0)

Esse FM possui dois subtipos: *Com efetivo controle e tratamento* e *Sem efetivo controle*.

Os cenários contêm os valores iniciais das diversas variáveis para a execução das simulações. Aqui serão descritas apenas as simulações de três desses cenários iniciais: lançamento de cargas com efetivo controle, lançamento de cargas sem efetivo controle e lançamento de cargas difusas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

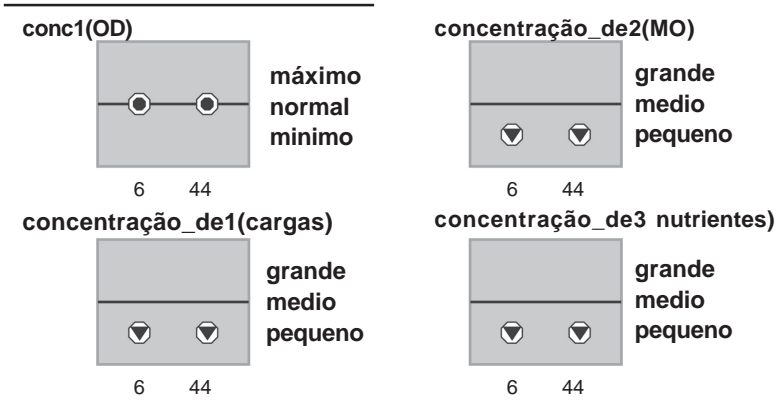
Lançamento de Cargas Pontuais com Efetivo Controle

Esse cenário inicial descreve uma situação de lançamento de carga pontual, que recebe tratamento e controle antes de chegar ao corpo de água. As condições de corpo de água permanecem aeróbicas.

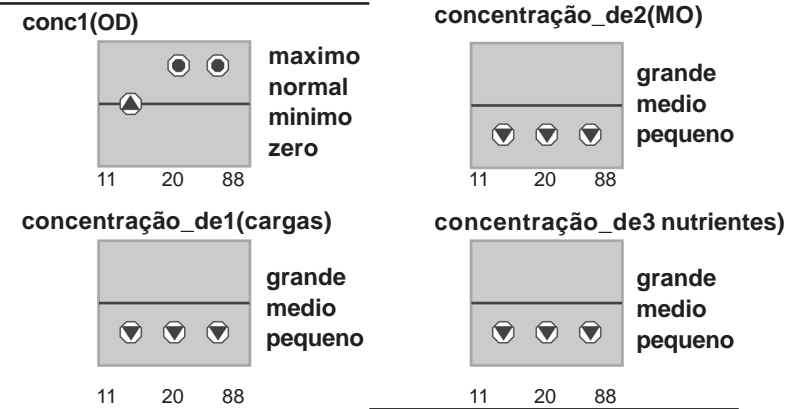
Iniciando a simulação com os valores das quantidades *Biomassa_plantas aquáticas* e *Biomassa_decompositores*, fixados em magnitude *pequeno* e derivada desconhecida (*<pequeno, ? >*), o valor de *Taxa_remoção* igual a *<positivo,zero >* e o valor inicial de *Concentração_OD* *<normal, ? >*, espera-se que as quantidades de matéria orgânica e nutrientes permaneçam em valores baixos, assim como as cargas. A variável *Concentração_OD* deverá então permanecer nos valores iniciais ou mesmo crescer em decorrência do processo de reaeração. A Figura 7 mostra uma simulação completa de *Lançamento de cargas com efetivo controle*, que produz 95 estados, dos quais quinze são estados iniciais e 46 estados finais. A Figura 8 mostra também diagramas da história dos valores de quatro variáveis (*concentração_OD*, *concentração_MO*, *concentração_cargas* e *concentração_nutrientes*) na trajetória que passa pelos estados: (a) [6] → [44]; (b) [11] → [20] → [88]; e (c) [6] → [40] → [88].

Nessa simulação não existe estado em que *concentração_MO*, *concentração_cargas* e *concentração_nutrientes* estejam crescendo. Também não se observam situações em que o oxigênio dissolvido decresce.

a) Cenário 12: simulação 6 \Rightarrow 44



(b) Cenário 12: simulação 11 \Rightarrow 20 \Rightarrow 88



(c) Cenário 12: simulação 6 \Rightarrow 40 \Rightarrow 88

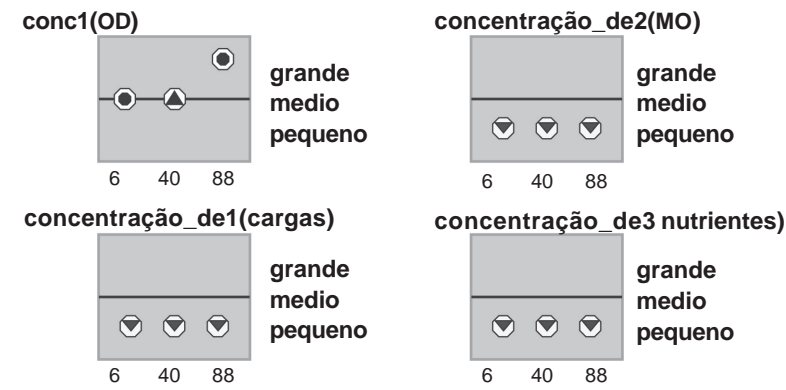


Figura 7. Diagramas de valores para a Simulação completa do Lançamento de cargas com efetivo controle na trajetória que passa pelos estados: (a) [6] [44]; (b) [11] \rightarrow [20] \rightarrow [88]; e (c) [6] \rightarrow [40] \rightarrow [88].

Lançamento de Cargas Pontuais sem Efetivo Controle

Em situações nas quais as cargas poluidoras, decorrentes de efluentes, por exemplo, não recebem tratamento adequado, as concentrações de matéria orgânica e nutrientes no sistema tendem a crescer. A *Taxa de remoção de cargas* tem valor inicial <zero, zero>. Mantidos os mesmos valores iniciais do cenário anterior, são obtidos 373 estados no total, sendo 15 iniciais.

Como esperado, o sistema exibe comportamento mais complexo e um grafo de estado maior, pois haverá mais matéria orgânica e nutrientes no corpo de água e, por conseguinte, aumentará o consumo de OD. A figura 8 mostra uma seqüência de estados qualitativos como [1] → [80] → [139] → [96], cujo comportamento das variáveis *concentração_MO*, *concentração_cargas* e *concentração_nutrientes* se dá como esperado.

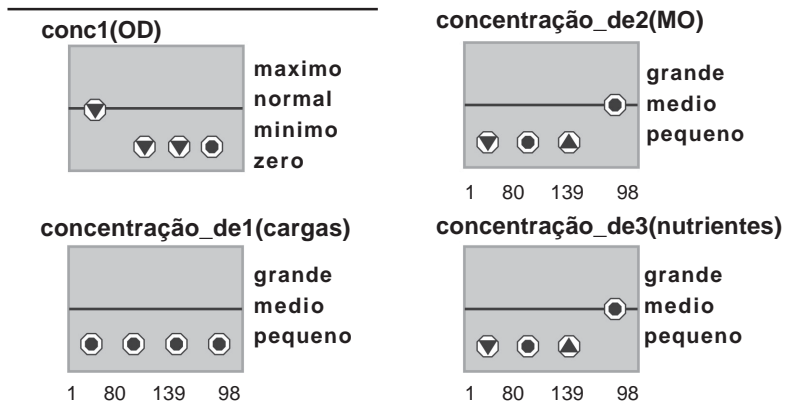


Figura 8. Diagramas de valores para a Simulação completa do *Lançamento de cargas sem efetivo controle* na trajetória que passa pelos estados: [1] → [80] → [139] → [98].

Devido à dependência entre matéria orgânica e nutrientes, e entre estes e a produção líquida de oxigênio pelas plantas aquáticas, um aumento na concentração de oxigênio dissolvido também é esperado. Entretanto, essa situação muda assim que se inicia o processo de decomposição da matéria orgânica. Simultaneamente, ocorre a redução da quantidade de matéria orgânica e o consumo de oxigênio.

Lançamento de Cargas Difusas

A figura 9 mostra a simulação completa e os diagramas de quatro quantidades (*concentração_OD*, *concentração_MO*, *concentração_cargas* e *concentração_nutrientes*) nos estados: [1] → [28] → [34] → [22]. A simulação tem 49 estados, sendo 9 iniciais e 7 estados finais. A simulação corresponde a uma situação na qual é possível caracterizar o processo de autodepuração ou autopurificação do corpo de água. Considerando-se a dimensão do sistema como predominantemente longitudinal, tem-se estágios que podem ser associados a

zonas fisicamente identificáveis no corpo receptor. Inicialmente os valores de oxigênio dissolvido são normais (zona de águas limpas), em seguida se dá um intenso consumo de OD, na decomposição da matéria orgânica (zonas de degradação e de decomposição ativa), para por fim, na zona de recuperação, os valores correspondentes de OD voltarem ao normal.

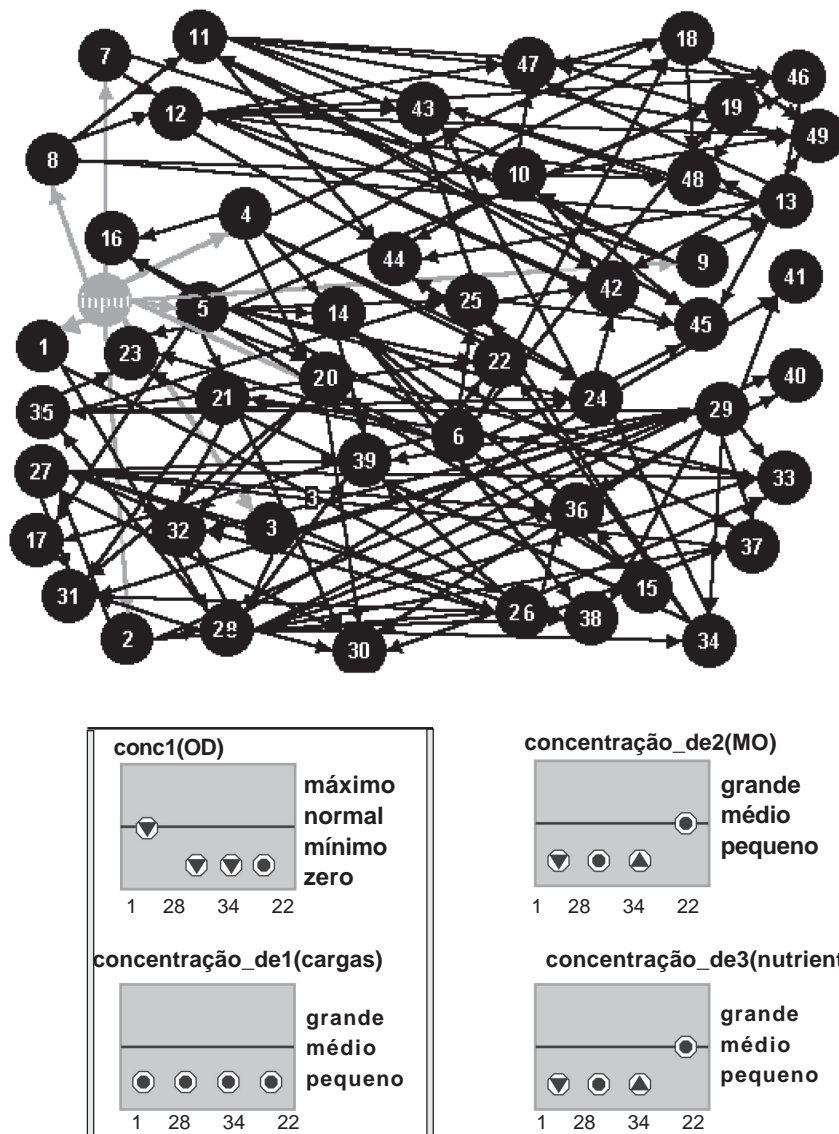


Figura 9. Simulação completa do *Lançamento de cargas difusas* e diagrama da história de valores de quatro variáveis na seqüência de estados [1] → [28] → [34] → [22]

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho nós descrevemos o processo construtivo para a implementação de modelos simulação para qualidade da água, baseados no raciocínio qualitativo. Esses modelos qualitativos decorrem da busca de novas abordagens que possam contribuir para melhorar a tomada de decisão no planejamento e gerenciamento de recursos hídricos. Não se trata da substituição, mas do preenchimento dos espaços deixados pela modelagem tradicional, ou ainda, de uma complementação à modelagem tradicional. As técnicas desenvolvidas no RQ têm fundamentação matemática e tem despertado grande interesse em diversas áreas.

Os resultados obtidos indicam o potencial para representações em RQ e apontam para os desafios a serem vencidos e os caminhos a serem trilhados. Na gestão de recursos hídricos os modelos propostos são pioneiros e podem exercer um papel importante na tomada de decisão na medida em que a criação de um vocabulário possa aumentar a comunicação entre os pesquisadores e o público interessado na gestão da água, principalmente aqueles que fazem parte de comitês de bacia hidrográfica (unidade territorial de gestão), unidade funcional dos modelos propostos. Assim essa proposta pode contribuir para reduzir a assimetria na participação dos diversos atores no processo decisório, porque contém representações explícitas das relações de dependência e do significado de cada estrutura do sistema, além de estarem aptos a oferecer respostas, mesmo em condições de dados escassos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, S. C. S. **Utilização de modelos de simulação baseados em Raciocínio Qualitativo para avaliação da qualidade da água em Bacias Hidrográficas: o caso da bacia do rio Monteiro, Planatina (DF)**. Projeto de Qualificação de Doutorado (mimeo). Brasília: Departamento de Ecologia, UnB, 2002.

ARAÚJO, S. C. S.; SALLES, P.; SAITO, C. Modelos Qualitativos para Qualidade da Água - Protótipo: Modelos para Fotossíntese e Respiração. IN: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6, 2003, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza: UFC/SEB, 2003, 1 CD-ROM.

BESSA MACHADO, V.; BREDEWEG, B. Investigating the Model Building Process with HOMER. **Proceedings of the International workshop on Model-based Systems and Qualitative Reasoning for Intelligent Tutoring Systems.**, San Sebastian, p. 1-13. 2002.

BOUWER, A.; BREDEWEG, B. Visigarp: Graphical Representations of Qualitative Simulation Models. Published in **Proceedings of AI-ED 2001, 10th Conference on Artificial Intelligence in Education**, San Antonio, 2001.

BREDEWEG, B. **Expertise in qualitative prediction of behaviour**. PhD thesis, University of Amsterdam, The Netherlands, 1992.

FALKENHAINER, B.; FORBUS, K. Compositional modeling: Finding the right model for the Job. **Artificial Intelligence**, 51(1), p. 95-143, 1991.

FORBUS K. D. Qualitative Process Theory. **Artificial Intelligence**, 24: p. 85 – 168, 1984.

JELLEMA, J. **Ontwerpen voor ondersteuning - De rol van taakkennis bij ondersteuningsontwerp**. Master thesis, University of Amsterdam, Amsterdam (in Dutch), 2000.

SAITO, C. H. “A Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. In: BRASIL, Ministério do Meio Ambiente/ Diretoria de Educação Ambiental. **Educação Ambiental: curso básico a distância vol.5: Gestão de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas sob a Ótica da Educação Ambiental**. Brasília: MMA, 2001, p.29-46, 2ª edição ampliada.

SALLES, P. **Qualitative Models in Ecology and their Use in Learning Environments**. PhD thesis, The University of Edinburgh, 1997.

SALLES, P.; BREDEWEG, B. Building Qualitative Models in Ecology. Published in **Proceedings of the 11th International Qualitative Reasoning (QR) Workshop**, Italy, 1997.

SALLES, P.; BREDEWEG, B.; ARAÚJO, S. C. S. An exploratory study of qualitative modelling on stream ecosystem recovery. **QR – 2003 – Seventeenth International Workshop on Qualitative Reasoning**, 2003.

SALLES, P.; BREDEWEG, B.; ARAÚJO, S. C. S.; NETO, W. Qualitative Models of interactions between two populations. **QR – 2002 – Sixteenth International Workshop on Qualitative Reasoning**, p. 143 – 150, 2202.

SALLES, P.; MUETZELFELDT, R. I.; PAIN H. **The applicability of Qualitative Process Theory to ecological modelling**. Unpublished manuscript. Institute of Ecology and Resource Mangement, University of Edinburg, 1994.

TCHOBANOGLIOUS, G.; SCHROEDER, E. D. **Water Quality – Characteristics, Modelling, Modification**. Addison-Wesley Publ. Co., EUA, 1985.

THOMANN, V.R.; MUELLER. **Principles of surface Water Quality Modeling and Control**. Harper & Row Publishers, EUA, 1987.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Fundação Calouste Gulbenkian, 1993. 901 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 1996. 242 p.

CAPITULO II

Estimativa de Exportação de Cargas Poluidoras em Bacia Hidrográfica por Geoprocessamento.

*Valdir Adilson Steinke, Symone Christine de Santana Araújo,
Ercília Torres Steinke, Carlos Hiroo Saito*

INTRODUÇÃO

Os rios são sistemas de drenagem e de transporte com intensa comunicação com os ecossistemas terrestres, os impactos das atividades humanas se fazem presentes na degradação da qualidade das águas ao longo da bacia hidrográfica, causando alterações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas (MARINELLI *et al.*, 2000). As mudanças no uso da terra afetam a qualidade da água devido a fontes pontuais e poluição difusa (GILVEAR *et al.*, 2002). Diferentes usos da terra ao longo do eixo hídrico provocam alterações nas relações entre as variáveis e de acordo com TOLEDO & NICOLELLA (2002) para uma interpretação ecológica da qualidade das águas superficiais e/ou para estabelecer um sistema de planejamento, é necessária a utilização de métodos simples e que dêem informações objetivas e interpretáveis, partindo para critérios próprios que considerem as características peculiares dos recursos hídricos e que expressem de uma forma objetiva e integrada, as alterações da qualidade da água em bacias sob diferentes tipos de uso.

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma ferramenta de apoio ao planejamento da gestão de uma bacia hidrográfica, a partir da construção de Módulo de Geração de Cargas Poluidoras em Bacias Hidrográficas destinado a correlacionar a qualidade da água com o uso, a intensidade de ocupação e o manejo da terra. Para isso foram identificadas as formas de uso e ocupação da terra que influenciam a qualidade da água na bacia e efetuada a modelagem matemática dos processos de geração de carga que interferem na qualidade da água na bacia.

ÁREA DE ESTUDO

O caso da ocupação de bacias hidrográficas existentes próximas ao limite do Distrito Federal reveste-se de especial significado, tendo em conta o rápido crescimento urbano experimentado desde a fundação de Brasília (ANJOS, 1991), bem como em função das características de sua rede hidrográfica. A polarização exercida pela capital e a migração desencadeada têm produzido um quadro caótico de degradação dos recursos hídricos, como no caso da bacia hidrográfica do Rio Monteiro, um dos formadores da bacia do Rio São Bartolomeu.

A região onde se localiza esta bacia abriga, não só a cidade de Planaltina, como também, uma das mais importantes Unidades de Conservação do Brasil Central – a Estação Ecológica de Águas Emendadas – EEAE. Criada pelo Decreto n.º 11.137, de 16/06/1988, esta unidade abriga em seu estado natural, ecossistemas de grande relevância ecológica, representativos do bioma cerrado de outros tipos fitofisiográficos da região do Planalto Central. Ocorre ainda, nesta

Estação Ecológica, a união de duas grandes bacias hidrográficas, a bacia do Tocantins, representada pelo córrego Vereda Grande e a bacia do Paraná, representada pelo córrego Brejinho, que se interligam numa nascente comum, formando uma vereda de 6 km², caracterizando um fenômeno raro.

A pressão antrópica sobre esta Unidade de Conservação de proteção integral vem aumentando devido à implantação de loteamentos e assentamentos urbanos em suas proximidades. Além disso, existe em seu entorno grandes áreas cultivadas, cujas técnicas agrícolas empregadas agridem o meio ambiente, deixando solos expostos, mais suscetíveis à lixiviação e, em decorrência, ocasionando erosões, além da utilização de intensa quantidade de agrotóxicos nas culturas.

Esse conjunto de paisagens tão distintas encontradas na bacia – urbanas, agrícolas e preservadas – leva a uma configuração diferenciada de degradação dos recursos hídricos da região. Por isso, faz-se necessário um estudo para identificar o grau de degradação dos recursos hídricos, principalmente porque a Estação Ecológica de Águas Emendadas constitui um importante núcleo de preservação de uma significativa porção do Cerrado brasileiro e qualquer impacto gerado pode acarretar a sua destruição e dos seus elementos associados.

MATERIAL E MÉTODOS

Delimitação da Bacia Hidrográfica

A delimitação da bacia hidrográfica passou por um processo de revisão de seus limites, uma vez que a bacia proposta pela SEMARH (2000), quando comparada com as curvas de nível na escala de 1:10.000 não condizia com os divisores de água, havendo distorções significativas para esta escala. Desta forma, esta delimitação foi refeita pela necessidade de maior detalhamento; além disso quando se propõe analisar uma bacia hidrográfica deve-se trabalhar com a delimitação topográfica da área de contribuição hídrica da bacia.

Compartimentação Geomorfológica

A análise do ambiente sob o ponto de vista da compartimentação geomorfológica permite uma visão integrada do meio, possibilitando a obtenção de informações necessárias para identificar os impactos da atividade humana, as vulnerabilidades e a delimitação dos procedimentos a serem adotados para mitigar ou evitar a degradação.

Os mapeamentos geomorfológicos devem considerar a taxonomia e a escala, as quais tem a finalidade de hierarquizar os diferentes tipos de relevo, agrupando-os em diferentes classes. De maneira geral, esses mapeamentos podem ser apresentados como Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas, Unidades Geomorfológicas e Tipos de Modelados (NUNES *et al.*, 1994).

Quando se procura estudar o relevo em função das unidades geomorfológicas, dos tipos de modelados e da forma, deve-se observar que os demais elementos do sistema geomorfológico necessitam de atenção especial, principalmente o componente hidrográfico que fornece informações sobre declividade do terreno e morfometria da drenagem, mais especificamente, sobre os parâmetros de dissecação do relevo, densidade de drenagem, relações de bifurcação e comprimento médio dos canais, entre outros.

Esse conjunto de parâmetros morfométricos proporciona o agrupamento em classes, as quais se referem aos diferentes padrões de relevo existentes em uma determinada região geomorfológica.

Dentro deste contexto aplicou-se a classificação geomorfológica elaborada por STEINKE (2003), o qual identificou os principais padrões de relevo para o Distrito Federal, com base nos parâmetros morfométricos da drenagem e da altimetria. Assim para a bacia do rio Monteiro foram identificados os seguintes padrões de relevo:

Padrão Aplainado Superior (AplS)

A unidade morfológica deste padrão ocupa 33% da área da bacia hidrográfica, caracterizada por topografia plana e plana ondulada acima da cota de 1.000 metros. Predominam os solos Latossolos Vermelho-Escuro, cuja textura varia entre argilosa e argilosa/média (EMBRAPA, 1978). Estas unidades constituem-se nos divisores de água da bacia.

Padrão em Colinas (Cl)

O padrão em Colinas está relacionado com declives suaves e de baixas amplitudes altimétricas (GUERRA, 1997). Vale ressaltar que o relevo de colinas já havia sido identificado (CODEPLAN, 1984b) para caracterizar a geomorfologia de trechos das bacias do rio São Bartolomeu. Embora estas formas de relevo (colinas) tenham sido citadas na compartimentação geomorfológica elaborada pela CODEPLAN (1984b), as mesmas não foram localizadas espacialmente no mapa, no qual encontram-se mapeados apenas quatro grandes compartimentos geomorfológicos, onde as colinas fazem parte da unidade de Depressões Interplanálticas Pediplanadas e Planalto Dissecado do Alto Maranhão. Nesta bacia este padrão representa 61,5% da área e encontra-se distribuído em diferentes altitudes, embora a característica principal esteja relacionada com a dissecção do relevo, ou seja, todas as unidades deste padrão apresentam dissecção intermediária. A cobertura destas unidades, em função da distribuição espacial das mesmas, apresenta uma certa diversidade de tipos de solos. Ainda assim, há predominância de Latossolos Vermelho-Escuro, Latossolos Vermelho-Amarelo.

Padrão Dissecado (D)

Ocorrem em 5,5% da área da bacia. Este padrão apresenta como característica o aprofundamento dos talwegues dos rios, com relevo acidentado, encostas de perfil convexo-côncavo e perfil complexo que inclui o segmento retilíneo e formação de solos câmbicos, principalmente, e litossolos. As áreas onde ocorre o padrão dissecado são representadas pelas rupturas de compartimentos com significativa presença dos canais de 1ª ordem, em sua maioria efêmeros. Localizam-se nas bordas dos aplainamentos superiores.

Estes aspectos do relevo estão representados pelos valores dos índices morfométricos encontrados na análise da bacia. Dentre os índices indicados para análise de bacia hidrográfica por CRISTOFOLETTI (1980 & 2000) foram selecionados para este caso os seguintes.

- a) Densidade de segmentos da unidade (F_s): diz respeito à quantidade de segmentos fluviais existentes em uma mesma unidade de área, partindo da ordenação de STRAHLER (1952). É expressa pela equação:

$$F_s = \frac{\sum n_i}{A} \quad (1)$$

onde n é o número de segmentos de determinada ordem: $i = 1^a; 2^a; 3^a...$, enésima ordem; e $A = \text{Área da unidade}$.

- b) Relação de Bifurcação (R_b): relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos segmentos de ordem imediatamente superior, expressa pela equação:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (2)$$

onde N_u é o número de segmentos de determinada ordem; e N_{u+1} é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

- c) Extensão do percurso superficial (E_{ps}): representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis independentes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das unidades de drenagem. Este índice é expresso pela equação:

$$E_{ps} = \frac{1}{2D_d} \quad (3)$$

- d) Área (A): Neste caso, foram calculadas as áreas de cada unidade geomorfológica em metros quadrados.
 e) Densidade de Drenagem (D_d): da mesma forma, a densidade de drenagem foi calculada relacionando-se o comprimento total dos canais com a área de cada unidade geomorfológica, através da equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (4)$$

na qual L_t é o comprimento total dos canais.

- f) Amplitude altimétrica máxima (H_m): corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura (H_{min}) e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica (H_{max}).

$$H_m = H_{max} - H_{min} \quad (5)$$

- g) Índice de Dissecção (I_d): produto da amplitude topográfica (H) pela raiz quadrada da densidade de segmentos (F_s), considerando a ordenação de STRAHLER (1952). É obtida pela expressão:

$$I_d = H(F_s)^{0,5} \quad (6)$$

- h) Índice de Rugosidade (I_r): expressa um dos aspectos da análise dimensional da topografia, combinando as qualidades de declividade com a densidade de drenagem. É expresso por:

$$I_r = H \cdot D_d \quad (7)$$

- i) Relação de Relevo (R_r): Considera a relação existente entre a amplitude altimétrica máxima de uma unidade e a raiz quadrada da área da unidade, de acordo com MELTON (1965).

$$R_r = \frac{H_m}{A^{0.5}} \quad (8)$$

A partir da aplicação das equações citadas para compartimentação geomorfológica, identificou-se o número de canais segundo a sua ordem, relação de bifurcação dos mesmos (Tabela 1) e os demais parâmetros morfométricos da bacia (Tabela 2).

Tabela 1. Relação de Bifurcação de Canais – Bacia do Rio Monteiro

Ordem dos Canais	Qde.	R_b
1ª Ordem	99	5,21
2ª Ordem	19	4,75
3ª Ordem	4	4,0
4ª Ordem	1	—

Tabela 2. Demais parâmetros morfométricos da Bacia do Rio Monteiro

Parâmetro	Índice
F_s	0.0060
E_{ps}	81.97
D_d	0.0061
I_d	26.31
I_r	2.07
R_r	2.38

Classificação da Cobertura do Solo

A Cobertura do Solo foi elaborada através do processamento digital de uma imagem LANDSAT 5 TM órbita 221-71, bandas espectrais 3, 4 e 5, com passagem em 16/06/2003, utilizando o método de segmentação de imagens disponível no *software Erdas-Imagine 8.5*. Este método pode ser descrito como sendo o processo de divisão de uma imagem em segmentos não-sobrepostos. Em primeira instância, o método é muito similar à classificação não-supervisionada, como a ISODATA. A segmentação de imagens divide a imagem em grupos espectrais únicos, entretanto, a segmentação inclui um componente espacial. A exigência é que todos os pixels em um grupo (ou segmento) sejam espacialmente contíguos. Estes segmentos podem ser usados para extrair e classificar feições produzindo uma imagem melhor classificada. O programa de segmentação utilizado neste trabalho foi o RSAC (Remote Sensing Application Center) desenvolvido para o ERDAS-IMAGE 8.5 (RUEFENACHT *et al.*, 2002).

Neste Plano de Informação – PI foram identificados oito tipos de cobertura do solo, sendo Água, Campo, Cerrado, Mata Ciliar, Reflorestamento, Área Rural, Área Urbana Consolidada e Área Urbana em Consolidação.

Cr terios para Defini o das Bacias de Contribui o

A defini o das bacias de contribui o partiu do cruzamento de informa es topogr ficas da bacia hidrogr fica do rio Monteiro, com as informa es de drenagem superficial. Para tanto se gerou o Modelo Num rico do Terreno – MNT a partir das curvas de n vel na escala de 1:10.000, resultando desta forma no PI topogr fico, o qual incluiu a distribui o espacial dos atributos da superf cie do terreno de maneira estruturada baseada em Tri ngulos Irregulares (TIN), onde a superf cie   dividida em planos triangulares. Tri ngulos s o formados a partir de n s (cujos valores representativos do atributo do terreno em determinado ponto n o s o alterados por procedimentos de interpola o), que passam a constituir os v rtices destes tri ngulos.   uma estrutura de dados eficiente, onde o tamanho e a forma dos tri ngulos   vari vel em fun o da complexidade do terreno, permitindo a fixa o de linhas representativas do relevo como lados dos tri ngulos (STEINKE, 2002).

O cruzamento desta informa o com a rede de drenagem e os pontos de amostragem em ambiente de Sistema de Informa es Geogr ficas – SIG’s possibilitou a delimita o automatizada das bacias de contribui o. Este procedimento foi realizado na extens o *Watershed basins* para *ArcView 3.x*, onde s o inseridos estes PI’s para a gera o das bacias de contribui o de cada ponto de amostragem.

Este procedimento por si s o n o foi suficiente, uma vez que a gera o automatizada gerou distor es nos limites das bacias de contribui o, quando comparadas  s informa es das curvas de n vel, sendo necess rio procedimentos de edi o dos limites a fim de corrigir as distor es deixando o PI das bacias de contribui o equivalente a delimita o da bacia hidrogr fica do rio Monteiro.

Estrutura do M dulo de Carga

O m dulo de carga tem como base o Modelo de correla o MQUAL utilizado no Plano de Desenvolvimento e Prote o Ambiental da Bacia do Guarapiranga (SMA, 2003). Este modelo   constitu do de tr s m dulos inter-relacionados: gera o de cargas, simula o dos principais tribut rios e simula o do reservat rio, cada um deles representando os fen menos de gera o e autodepura o das cargas poluidoras nos tr s ambientes considerados: as superf cies do terreno, onde est o as fontes de cargas poluidoras; os rios principais e seus afluentes; e por fim o reservat rio.

As cargas poluidoras foram estimadas com base no coeficiente de exporta o de cada par metro de qualidade da  gua. As estimativas est o associadas ao tipo de cobertura do solo.

Foram realizadas simplifica es e aqui apresentamos o m dulo de gera o de cargas difusas cuja equa o b sica   :

$$C_i = \Sigma (A_i \times c_i)$$

Onde:

C_i carga m dia de cada par metro de qualidade de  gua para cada bacia de contribui o (Kg/dia);

A_i  rea ocupada pelas diferentes categorias de cobertura do solo nas bacias de contribui o (Km²);

c_i coeficientes de exporta o de cargas difusas de cada par metro ambiental para as diferentes categorias de cobertura do solo (Kg/ Km²dia);

O Módulo de carga é a representação matemática dos processos de geração de cargas poluidoras na bacia hidrográfica destinado a correlacionar a qualidade da água nos principais corpos de água da bacia com o uso e a intensidade de ocupação da terra. As estimativas foram feitas para cargas de Nitrogênio Total e cargas de sólidos suspensos, provenientes de fontes difusas nas bacias de contribuição. As cargas poluidoras são calculadas em termos de médias anuais e são estimadas para cada parâmetro em Kg/dia conforme constam da Tabela 3.

Tabela 3. Valores referência para exportação de cargas segundo o tipo de Cobertura do Solo. Extraído de SMA (2003).

N.º de Ordem	Fonte	Unidade	Nitrogênio Total	Sólidos em Suspensão
1	Atividade Agrícola	Kg/Km ² . dia	2,950	230
2	Reflorestamento	Kg/Km ² . dia	0,600	20
3	Mata / Capoeirão	Kg/Km ² . dia	0,600	20
4	Capoeira / Campo	Kg/Km ² . dia	0,500	30
5	Chácaras	Kg/Km ² . dia	0,900	40
6	Áreas Urbanas – Padrão Superior	Kg/Km ² . dia	1,274	50
7	Áreas Urbanas – Padrão Inferior	Kg/Km ² . dia	2,548	100
8	Áreas de Uso Industrial e Comercial	Kg/Km ² . dia	1,784	70
9	População com lançamento direto de esgotos nos corpos de água	Kg/hab.dia	0,00775	0,02750
10	População de áreas urbanizadas com sistema individual de disposição de esgotos – Alta Densidade	Kg/hab.dia	0,00659	0,01375
11	População de áreas urbanizadas com sistema individual de disposição de esgotos – Baixa Densidade	Kg/hab.dia	0,00388	0,00000

RESULTADOS

A classificação da imagem de satélite gerou o mapa de Cobertura do Solo (Figura 1). Cada feição de cobertura do solo, neste mapa, recebeu um valor de exportação de carga poluidora, que foi lançado como campo no banco de dados do SIG.

Para que essa informação possa ser vinculada às bacias de contribuição, espacializadas conforme Figura 2, procedeu-se à verificação e cálculo

individualizado de área e perímetro, cruzando este PI com o PI de Cobertura do solo a fim de obter-se a informação do percentual de tipo de cobertura para cada bacia de contribuição (Tabela 4) e, a inserção dos valores dos índices de carga indicados para cada tipo de cobertura, o que permitiu chegar aos valores totais de exportação de cargas poluidoras por bacia de contribuição (Tabela 5). Os cálculos de carga das bacias de contribuição foram feitos pelo método *calculator* disponível no *ArcView 3.3*, onde automaticamente se efetuam os cálculos de percentual e soma total dos índices de carga por variável, resultando desta forma em um PI de bacias de contribuição com atributos de carga. Estes procedimentos permitiram a geração de mapas temáticos de exportação de cargas, por tipo de carga poluidora (Figuras 3 e 4)

Tabela 4. Percentual de tipos de cobertura do solo por bacia de contribuição

Bacia	Cobertura (%)						
	Campo	Cerrado	Mata Galeria	Reflorestamento	Rural	Urbano	Urbano em consolidação
Bacia 1	3,00	2,00	6,00	31,00			58,00
Bacia 2	23,00	33,00	13,00		31,00		
Bacia 3	4,00	28,00	3,00		65,00		
Bacia 4	12,00	17,00	4,00		67,00		
Bacia 5	51,00	30,00	7,00	2,00	7,00	3,00	
Bacia 6	12,00	15,00	7,00	1,00	33,00		7,00
Bacia 7	22,00	47,00	3,00		28,00		
Bacia 8	25,00	35,00			40,00		
Bacia 9	25,00		8,00		45,00	16,00	6,00
Bacia 10	3,00		2,00		4,00	91,00	
Bacia 11			10,00		3,00	76,00	11,00
Bacia 12	3,00		13,00		11,00	51,00	22,00
Bacia 13	46,00	9,00	5,00	4,00	27,00	9,00	
Bacia 14	6,00	13,00	8,00	4,00	69,00		
Bacia 15	13,00	18,00	23,00	5,00	41,00		
Bacia 16	14,00	16,00	8,00		61,00		1,00
Bacia 17	49,00		14,00		34,00		3,00
Bacia 18	4,00	21,00	7,00		35,00		33,00
Bacia 19	10,00		9,00		69,00		12,00
Bacia 20	18,00	39,00	6,00		37,00		
Bacia 21	21,00		29,00		24,00	1,00	25,00

Tabela 5. Total de variáveis de carga por bacia de contribuição

Bacia	Nitrogênio (N)	Sólido sem Suspensão
Bacia 1	24,4240	1304,9800
Bacia 2	7,3650	491,3500
Bacia 3	10,2970	760,7900
Bacia 4	54,5740	4097,6400
Bacia 5	10,3380	496,3600
Bacia 6	30,3350	1881,1400
Bacia 7	35,8260	2341,3400
Bacia 8	10,1970	718,1700
Bacia 9	23,9890	1640,1200
Bacia 10	4,5110	193,6600
Bacia 11	7,4360	307,4100
Bacia 12	12,7130	598,6400
Bacia 13	14,7220	962,2400
Bacia 14	7,6220	569,6600
Bacia 15	16,3820	1129,8200
Bacia 16	7,7710	571,0700
Bacia 17	5,5650	354,9800
Bacia 18	7,5850	443,2100
Bacia 19	9,1620	653,7600
Bacia 20	11,9590	820,2000
Bacia 21	18,9460	1076,0000

A Análise dos mapas de exportação de cargas por bacia de contribuição, tanto para nitrogênio total como para sólidos em suspensão chamam a atenção para uma preocupação ambiental cada vez crescente: o papel das Unidades de Conservação na proteção e controle da qualidade das águas numa bacia hidrográfica, e o seu reverso, ou seja, a fragilidade das mesmas Unidades de Conservação em face das atividades antrópicas desenvolvidas no interior de uma bacia hidrográfica.

A bacia de contribuição situada no quadrante N-E (microbacia 7) e a bacia de contribuição que engloba a Lagoa Bonita (microbacia 4) no mapa abrangem áreas que incluem parte da Estação Ecológica de Águas Emendadas e uma região de uso agrícola adjacente. A primeira imagem que vêm à mente do leitor é que justamente esta região, pelo fato de abranger uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, deveria apresentar baixos valores de exportação de cargas poluidoras. No entanto, tanto para nitrogênio total como para sólidos em suspensão, esta bacia de contribuição enquadra-se em classe de legenda na faixa dos mais impactantes. Tal fenômeno deve-se ao fato de que, ao calcular o valor total de exportação de carga para a bacia de contribuição, soma-se os valores de carga exportada (baixos) da área abrangida pela Unidade de Conservação (em virtude da vegetação nativa), aos valores de carga exportada (altos) das áreas correspondentes às atividades agrícolas. Como resultado final, estas bacias de contribuição acabam apresentando um valor global de exportação de cargas poluidoras elevado, influenciado pela ocorrência de áreas de atividade agrícola.

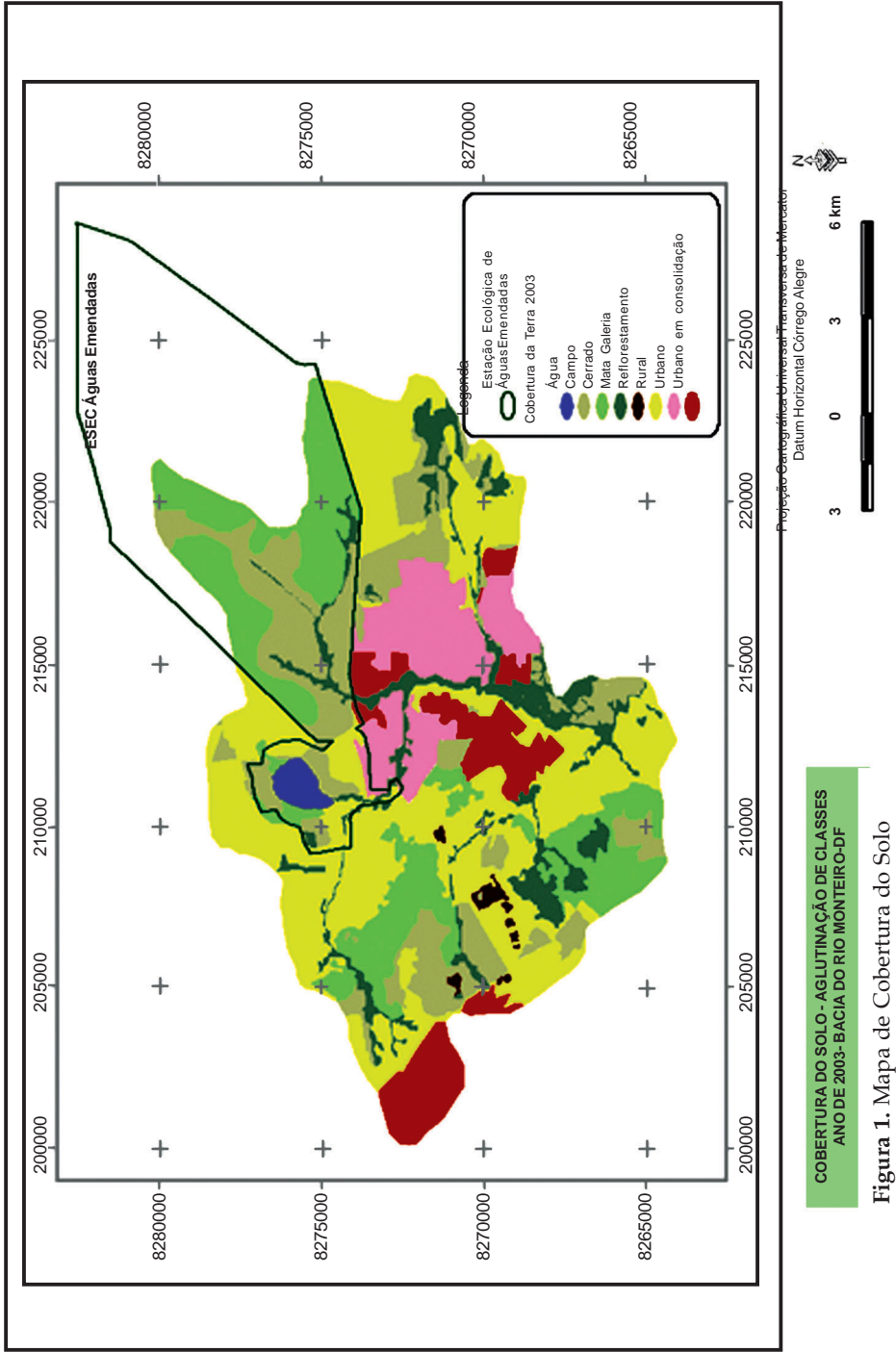


Figura 1. Mapa de Cobertura do Solo

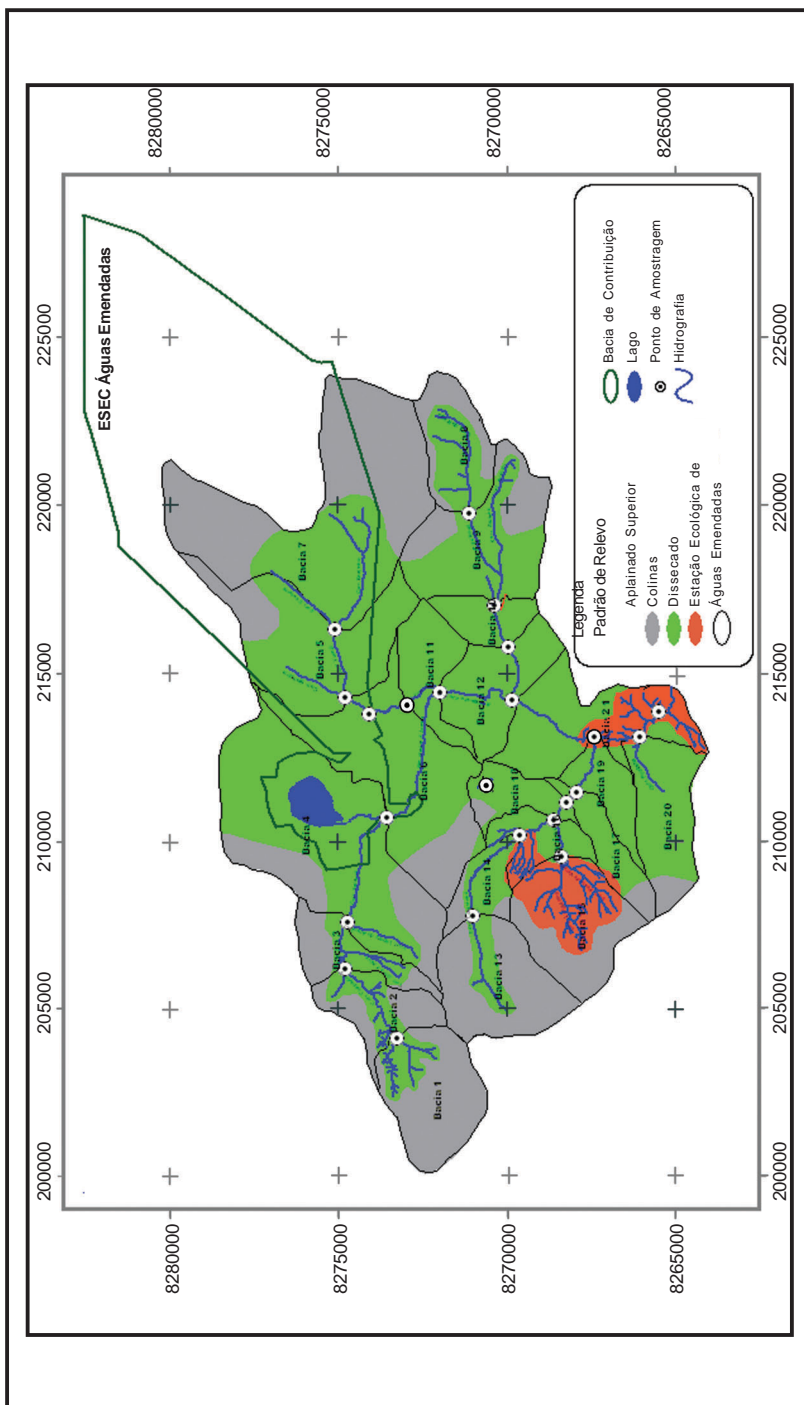
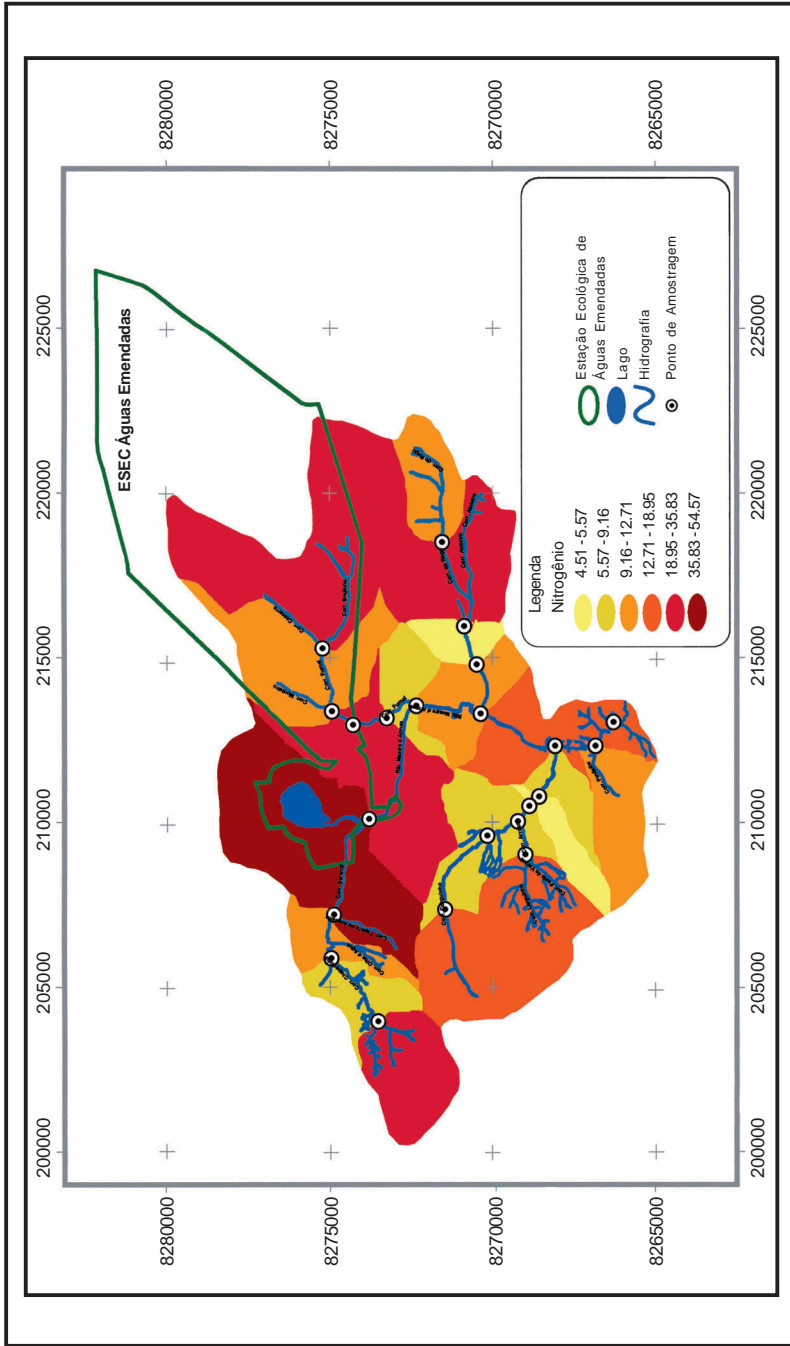


Figura 2. Mapa com a delimitação das bacias de contribuição e os padrões de relevo.



Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Córrego Alegre

EXPORTAÇÃO DE CARGAS PARA AS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO - NITROGÊNIO (N)

Figura 3. Mapa com a espacialização das exportações de nitrogênio total por bacia de contribuição.

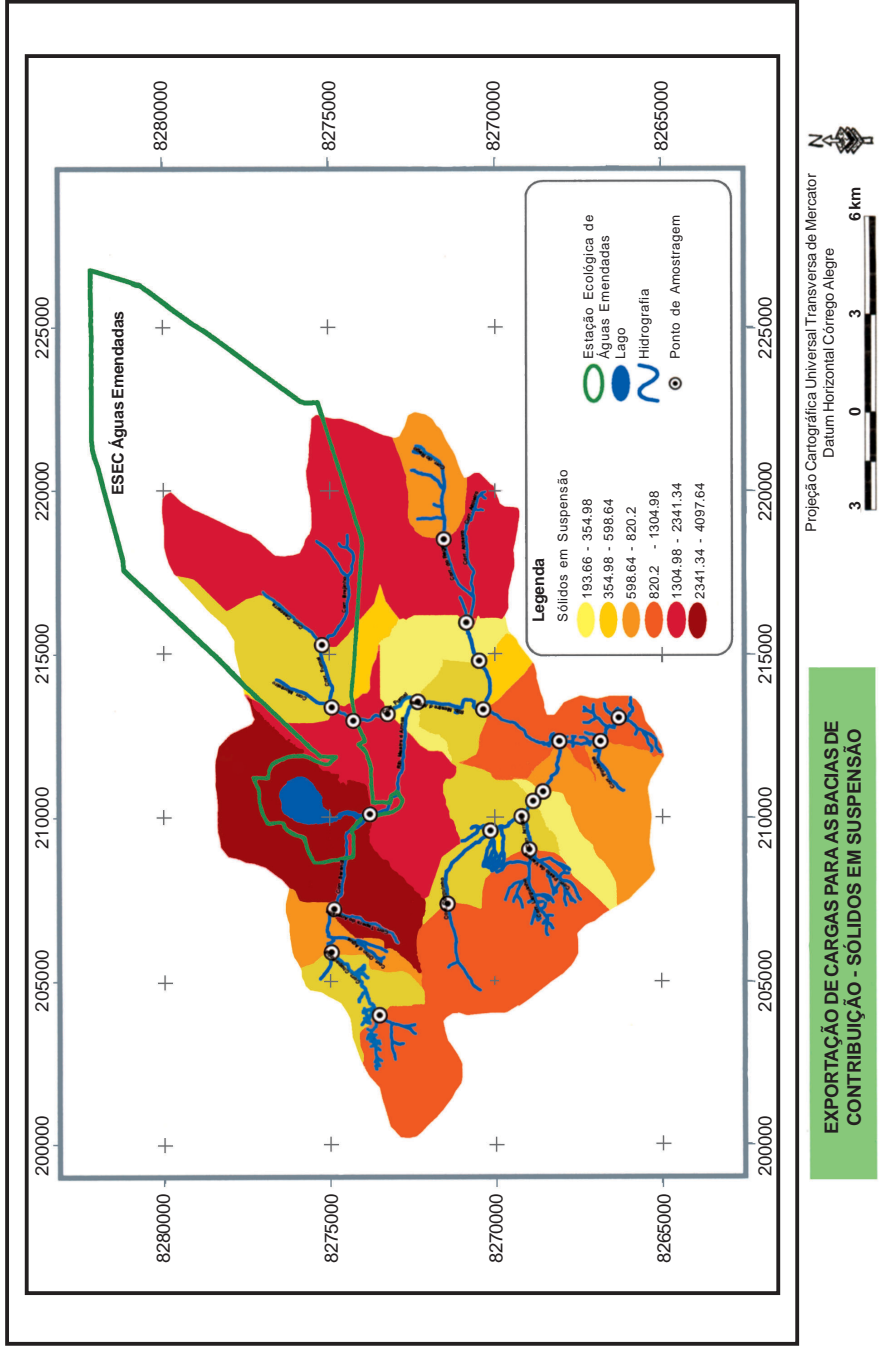


Figura 4. Mapa com a espacialização das exportações de sólidos em suspensão por bacia de contribuição.

Estes resultados, muito mais que reflexo de artifícios matemáticos, lançam luz à reflexão sobre a importância da gestão ambiental tomar como unidade territorial a bacia hidrográfica. Isto porque, se a bacia de contribuição reflete os valores de exportação de carga poluidora das áreas agrícolas, analisando a configuração espacial dos elementos da paisagem pode-se visualizar que as áreas agrícolas situam-se nas partes mais elevadas da bacia de contribuição (aqui uma microbacia), próximas dos divisores de água, de forma que as cargas poluidoras exportadas das regiões de ocorrência desta atividade humana passam por território situado no interior da Unidade de Conservação, alcançam o curso d'água e por meio deste, ainda percorre um trecho dentro da Unidade de Conservação até deixar a bacia de contribuição.

Da mesma forma, prestando atenção nos valores de exportação de cargas da bacia de contribuição 1, vemos que a forma de cobertura do solo, no caso, áreas urbanas em consolidação, afeta o interior da mesma Unidade de Conservação, na extremidade que engloba a Lagoa Bonita, visto que as cargas poluidoras geradas no interior desta microbacia são carreados para o interior dos limites da Estação Ecológica e à jusante, para o rio Monteiro.

Portanto, este estudo mostra, com base no exemplo da bacia do rio Monteiro, que é necessário que os procedimentos para delimitação de Unidades de Conservação respeitem a morfologia do terreno e tomem a bacia hidrográfica como critério para delimitação da área a ser protegida, pelo menos para garantir que os divisores e as partes elevadas da bacia estejam integralmente protegidos e dentro dos limites da Unidade de Conservação. Para as Unidades de Conservação já criadas, recomenda-se que seus Planos de Manejo incluam os espaços territoriais até o divisor de água da bacia de contribuição para delimitação da respectiva zona de amortecimento. Isto permitirá assegurar uma proteção mais efetiva das áreas demarcadas como Unidade de Conservação, evitando que as cargas poluidoras exportadas por áreas adjacentes não atinjam o interior destas áreas protegidas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O módulo de exportação de cargas, do MQUAL, para aplicação na bacia do rio Monteiro, requer estudos adicionais para validação dos dados a partir da coleta de amostras de água para cada um dos parâmetros de carga poluidora, nos pontos de saída das bacias de contribuição. Além disso, a equação completa do módulo de geração de cargas do MQUAL inclui um coeficiente de atrito (taxa de retenção da carga pela superfície dos terrenos por onde ela passa), que precisa ser melhor investigado para determinação do seu valor para a situação em tela. Deve-se ainda considerar, na comparação das estimativas de exportação de cargas produzida com auxílio do SIG com os valores de concentração destas cargas nas amostras dos cursos d'água, a capacidade de auto-depuração do rio.

Independentemente do refinamento do modelo apresentado, a espacialização da estimativa de cargas poluidoras por meio de SIG foi capaz de revelar a fragilidade das Unidades de Conservação frente as atividades humanas no interior das bacias e deixa claro a importância de se tomar as bacias hidrográficas como unidade territorial de planejamento e gestão para que as Áreas Protegidas tenham eficácia nos seus propósitos conservacionistas.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a Maxwell Pajéu Artl pelo apoio na pesquisa bibliográfica

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, R. S. A. **Expansão urbana do Distrito Federal e o entorno imediato: monitoramento por meio de dados de sensoriamento remoto**. 1991, Brasília. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano). Instituto de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília.
- CODEPLAN. **Atlas do Distrito Federal**. Brasília, 1984.
- CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- EMBRAPA. **Mapa de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal**. 1ª ed., Brasília, 1978. 1 mapa: color.: .1,20 x 80 cm. Escala 1:100.000.
- GILVEAR, D. J.; HEAL, K. V.; STEPHEN, A. Hydrology and the ecological quality of Scottish river ecosystems. **The Science of the Total Environment International**, 294: 131-159, 2002.
- GUERRA, A. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.
- MARINELLI, C. E.; MORETTO, E. M.; BRUCHA, G.; LUCCA, J. V. de. Limnologia. In: Espíndola, Evaldo L.G.; Silva, João S. V.; Marinelli, Carlos E.; Abdon, Myriam, M. (organizadores). **A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: Uma abordagem ecossistêmica e a Visão Interdisciplinar**. São Carlos: Rima Editora, 2000.
- NUNES *et al.*, (org.) **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1994.
- RUEFENACHT, B. *et al.* **New Technique for Segmenting Images**. Washington, DC: Department of Agriculture, 2002. Capturado na Internet em 15 de Maio de 2003. www.usda.gov.
- SEMARH. **Mapa ambiental do Distrito Federal**. Brasília, 2000. Escala 1:100.000. CD-ROM.
- SMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Calibração do Sistema Relacional de Correlação do Manejo do Território e da Qualidade Ambiental para o Reservatório Billings – Relatório Parcial RT-2. São Paulo, MMA, 2003, 37p. (disponível no site http://www.institutoacqua.com.br/Subportais/pt_raiz/PRIME_Outubro%202003.pdf, acesso em 07/07/2004).
- STEINKE, V. A.; Costa, D. A. de A. Determinação de Feições Geomorfológicas a partir da Técnica de Multiplicação de Bandas Espectrais e do Modelo Numérico do Terreno. IN: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4, 2002, São Luiz. **Anais ...** São Luis: UGB/UFMA, 2002.

STEINKE, V. A. **Uso integrado de dados digitais morfométricos (altimetria e sistema de drenagem) na definição de unidades geomorfológicas no Distrito Federal**. Brasília, 2003. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Universidade de Brasília.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society America Bulletin**, v. 63, p. 1117-1142. 1952.

TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, n. 59, p.181-186, 2002.

CAPÍTULO III

Avaliação da Estimativa da Temperatura de Superfície a partir de imagens de Satélite Landsat TM 5 voltada para Gestão de Bacias Hidrográficas

Ercília Torres Steinke, Valdir Adilson Steinke, Carlos Hiroo Saito

INTRODUÇÃO

As técnicas de análise do clima, tradicionalmente, se apóiam em registros pontuais. Entretanto, a utilização de imagens de satélite e dos Sistemas de Informação Geográfica para fins de estudos de clima começou a despontar como técnicas promissoras no final dos anos 80. Um estudo de grande importância nesta época foi o de LOMBARDO (1985), que identificou as ilhas de calor em São Paulo. A partir daí, a utilização de dados de satélites se tornou mais comum, embora o seu uso seja ainda pouco difundido devido às limitações decorrentes da presença da atmosfera entre o alvo e o sensor. (MENDONÇA, 2003; COLLISCHONN, 1998).

APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO EM CLIMATOLOGIA

As indicações gerais do clima de uma região adicionadas a levantamentos de dados em pontos específicos, representam uma parcela dos elementos necessários à compreensão do clima local, principalmente quando se leva em conta que parte do espaço geográfico é ocupado por áreas urbanas e industriais, o que acarreta modificações sensíveis para o clima em função da substituição da vegetação por asfalto e concreto; da diminuição da superfície disponível para a evapotranspiração; das mudanças nos fluxos radiativos e no escoamento superficial; e da geração de calor antropogênico. As estações meteorológicas são pontuais e, quase sempre, não cobrem suficientemente o espaço para permitir analisar, de forma detalhada, as conseqüências climáticas do desenvolvimento da aglomeração. (COLLISCHONN, 1998).

Segundo DOUSSET e GOURMELON (2003), os parâmetros físicos relacionados acima são difíceis de monitorar somente com instrumentos de superfície, por isso, utilizar informações provenientes de satélites artificiais possibilitaria a análise de dados quantitativos com altas resoluções espaciais e temporais. O sensoriamento remoto tem sido utilizado para o estudo de fenômenos como o crescimento das cidades, uso da terra e suas modificações, índices de vegetação e etc., entretanto, os autores destacam que as aplicações em climatologia ainda são restritas devido à complexidade de interações da radiação eletromagnética com a atmosfera e com as diferentes superfícies.

Dados provenientes de diversos sensores, resoluções mais altas e novas técnicas de processamentos têm, recentemente, aperfeiçoado a precisão do sensoriamento remoto permitindo novas aplicações. A utilização de dados de satélites para a estimar propriedades físicas da superfície e suas variações foram

investigadas, por exemplo, por CARNAHAN e LARSON (1990), que utilizaram dados do satélite LANDSAT TM 5 (canal termal), em meso escala, para analisar as diferenças de temperatura entre as áreas urbanas e rurais em Indianápolis; KIM (1992) estudou as ilhas de calor em Washington/DC apontando o significado do albedo dos solos e da disponibilidade de vapor d'água para o balanço energético da superfície; NICHOL (1994) elaborou uma metodologia para estudo do clima urbano em Singapura e defendeu a aplicabilidade dos dados termais do satélite LANDSAT TM 5, desde que se utilize correções relativas à emissividade, para avaliação das temperaturas de superfície; PETKOV et al. (1996) realizaram uma comparação entre as temperaturas do ar coletadas em estações meteorológicas e as temperaturas estimadas através do sensor AVHRR a bordo do satélite NOAA 11 para a região da Toscana, indicando que os dados NOAA-AVHRR podem fornecer informações sobre a variabilidade espacial da temperatura do ar. Outros exemplos podem ser encontrados em THOMAS (2002), e WENG (2004).

Estudos relativos aos fenômenos da climatologia urbana como, por exemplo, a determinação do campo térmico das cidades e a identificação de ilhas de calor têm sido conduzidos, tradicionalmente, com a utilização de dados levantados de forma pontual, que permitem elaborar as cartas de isolinhas, a partir das quais torna-se possível representar, aproximadamente, a realidade e, segundo a densidade da distribuição dos pontos de observação, se produzir uma generalização.

Vários autores, entre eles, KERR et al. (1992) e KERR et al. (2004) acreditam que o sensoriamento remoto tem possibilidade de contribuir com os estudos relacionados ao campo térmico das cidades (temperatura de superfície), sendo necessário que o sensor escolhido conte com uma resolução espectral que o habilite à captação da radiação emitida pelos corpos terrestres. Essa emissão ocorre em forma de ondas longas.

A radiação de ondas longas está situada segundo MENESES (2001), FERREIRA (2002) e FLORENZANO (2002) dentro do intervalo espectral que vai de 5,0 a 1000 μm definindo essa extensão de comprimento de ondas como região do infravermelho termal do espectro eletromagnético¹ (tabela 1). Essa região é conhecida como termal porque, segundo MENEZES (2001), o que se detecta no sensor é a radiação emitida pelos objetos, cuja intensidade é função da sua temperatura de superfície. A melhor janela atmosférica (região que permite uma maior transmissão da energia emitida pela Terra que alcança o sensor), nesta região espectral, é o intervalo de 8,0 a 14,0 μm para imageamento orbital, porque acima de 30 Km a camada de ozônio absorve toda radiação além de 14 μm emitida pela Terra.

Vale lembrar que o fluxo energético emitido pela superfície e captado pelo sensor tem suas características modificadas por vários fatores tais como, perturbações promovidas pelo próprio sensor, incluindo a resolução radiométrica e dinâmica dos dados; pelos efeitos devidos à presença da atmosfera e, também, pelo perfil do relevo terrestre. Segundo ZULLO JUNIOR (1994) e MACHADO *et al.* (2003), o conhecimento destes fatores é de grande importância para que seja

¹ A ordenação de todas as radiações eletromagnéticas em função do comprimento de onda (λ) forma o que se conhece como ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.

possível distinguir as variações relacionadas com a captura dos dados pelos satélites e das variações referentes às próprias grandezas medidas.

Dentre estes efeitos, os de caráter atmosférico são os mais comumente

Tabela 1. Espectro de ondas eletromagnéticas em ordem crescente de comprimento de onda.

Tipo de radiação	Comprimento de onda
Raios Gama	0.0001 nm - 0.1 nm
Raios X	0.01 nm - 100 nm
Ultravioleta	6 nm - 380 nm
Luz visível – Violeta	380 nm - 430 nm
Luz visível – Azul	430 nm - 470 nm
Luz visível - Azul esverdeado	470 nm - 500 nm
Luz visível – Verde	500 nm - 560 nm
Luz visível – Amarelo	560 nm - 600 nm
Luz visível – Laranja	600 nm - 640 nm
Luz visível - Vermelho Claro	640 nm - 710 nm
Luz visível - Vermelho escuro	710 nm - 780 nm
Infravermelho	780 nm - 1 mm (milímetro)
Microondas	1 mm - 30 cm
Ondas de rádio, TV, radar, etc..	1 mm - 60 Km

Fonte: NOVO (1998)

corrigidos quando se trata de extração das temperaturas de superfícies por meio de satélites. Os principais efeitos observados nas imagens, devido à presença real da atmosfera entre o satélite e a superfície terrestre são, de acordo com ZULLO JUNIOR (1994), a diminuição da faixa de valores digitais possíveis registrados pelo sensor, diminuição do contraste entre superfícies adjacentes e alteração do brilho de cada ponto da imagem. Os gases (principalmente vapor d'água, oxigênio, ozônio e dióxido de carbono) e os aerossóis (pequenas partículas materiais, distintas da água e do gelo, em suspensão com raio variando de 0,1 μ m a 10 μ m) absorvem e espalham a radiação solar desde quando ela atinge a atmosfera até quando a deixa, depois de refletida pelo solo.

Numa situação hipotética de ausência completa da atmosfera, toda a radiação solar atingiria diretamente a superfície terrestre. Uma parte desta energia seria absorvida pela superfície, enquanto que o restante seria refletido de volta ao espaço. Neste caso, o sinal registrado pelo satélite dependeria apenas do estado da área visada, uma vez que somente ela reenviaria os fótons em direção ao espaço. A presença da atmosfera perturba a transmissão da radiação solar em seu meio, modificando as intensidades de energia que chegam diretamente à superfície terrestre e ao satélite. Esta atenuação na iluminação da superfície terrestre e no sinal registrado pelo satélite é contrabalançada pela contribuição de outros tipos de radiação incidente e refletida que surgem com a presença da atmosfera. As perturbações causadas pela atmosfera devem-se principalmente à atuação

dos processos de absorção e espalhamento na trajetória da radiação solar em direção à superfície da terra e no caminho da radiação refletida para o satélite. (MIRALLES, 1991 e ZULLO JUNIOR, 1994).

De acordo com KERR *et al* (2004), devido a essas limitações, a utilização de estimativas confiáveis se constitui num ponto crucial para qualquer estudo que envolva temperatura de superfície. O autor destaca, ainda, que além dos efeitos atmosféricos deve-se considerar os efeitos relativos à emissividade² da superfície.

Geralmente, os corpos naturais possuem emissividades muito próximas e os contrastes de temperaturas de brilho medidas pelo sensor correspondem essencialmente às diferenças de temperatura de superfície desses corpos. A água é o material terrestre que irradia energia termal com um comportamento bem próximo à do corpo negro³. Ela possui emissividade (ϵ) igual a 0,97 a 0,99. Vale lembrar que as condições ambientais podem alterar significativamente os valores de emissividade de um material.

Existem diversas técnicas para estimar valores de temperatura de superfície a partir de imagens de satélite, contudo vale ressaltar que a sofisticação do problema da transferência radiativa através da atmosfera, a dificuldade em obter os dados atmosféricos necessários à correção dos efeitos descritos anteriormente e o custo computacional associado aos procedimentos de cálculo mais elaborados faz com que a correção com relação aos efeitos atmosféricos e de emissividade sejam quase sempre desconsiderados.

PRICE (1983) ressalta que esses efeitos parecem ser, particularmente, pronunciados em áreas urbanas localizadas em regiões de clima tropical onde a absorção e a emitância da radiação infravermelha pelo vapor d'água atmosférico podem atribuir uma diferença de até 10°C entre a temperatura real da superfície e a estimada pelo satélite. Dessa forma, embora os valores de radiância da imagem possam ser convertidos em temperatura do corpo negro, usando a Lei de Planck, esta técnica subestima a temperatura de superfície, se não forem feitas correções atmosféricas e de acordo com a emissividade de cada cobertura.

Partindo-se deste princípio, os resultados apresentados nos estudos realizados por MARALET (1985), TARIFA e ARMANI (2000), BAPTISTA (2002) e BIAS *et al*. (2003), só para citar alguns, que utilizaram a equação da lei de Planck sem efetuarem nenhum processo de correção atmosférica e de emissividade, podem ser contestados, uma vez que a simples transformação dos níveis de cinza das imagens em valores de temperatura da superfície oferece informações distorcidas. (QUATROCCI, 2004)

Estudos relacionados com a extração da temperatura de superfície por meio de satélite foram iniciados com a utilização de dados provenientes dos sensores AVHRR (*Advanced Very-High Resolution Radiometer*) a bordo dos satélites NOAA. Estes sensores contam com dois canais de detecção de energia eletromagnética

² A emissividade, definida como razão entre a excitância (densidade do fluxo radiante em uma superfície) de um material e a excitância de um corpo negro à mesma temperatura é de extrema importância quando se trabalha com dados de sensoriamento remoto na região do infravermelho termal. (NOVO, 1998)

³ Corpo negro: modelo conceitual de corpo absorvente perfeito, ou seja, apresenta coeficiente de absorção igual a 1. (VAREJÃO-SILVA, 2000).

emitida na faixa do infravermelho termal. Esses canais compreendem as regiões que vão de 10,3 a 11,3 μm (canal 4) e 11,5 a 12,5 μm (canal 5). Os dados obtidos desses canais revelam especificamente as características termais da superfície da Terra, dos oceanos e dos topos das nuvens.

Os satélites da série NOAA foram projetados pela empresa norte americana *National Oceanic and Atmospheric Administration* para operarem numa órbita polar e heliossíncrona, ou seja, cada satélite passa nas regiões com o Sol numa posição aproximada a da passagem anterior, para qual o eixo maior possui 7.231,9 Km, formando um campo de observação de pontos do globo compreendidos entre 78° de latitude Norte e 78° de latitude Sul. Cada órbita possui um período de aproximadamente 102 minutos. Portanto, em um dia, o satélite faz em torno de 14 órbitas ao redor do planeta (1440 minutos divididos por 102 minutos por órbita).

Atualmente, os satélites NOAA 12, 16 e 17, desta série, fazem a cobertura do globo terrestre numa área de 2.500 por 4.000 km, captando informações sobre uma mesma área seis vezes por dia (três diurnas e três noturnas). Cada um dos atuais satélites da série NOAA possui um número de diferentes sensores com propósitos específicos; contudo, o único usado para fins meteorológicos é o AVHRR com resolução espacial de 1 km (nadir). Além dos dois canais já comentados anteriormente, este sensor possui mais três descritos na tabela 2.

Tabela 2. Canais do sensor AVHRR

Canais do sensor AVHRR		
Canal	Resolução Espectral (mm)	Tipos de dados obtidos
1 (visível)	0,58 – 0,68	Cobertura de nuvens, neve, gelo, mapeamento, poluição.
2 (IR próximo)	0,725 – 1,10	Cobertura de nuvens, superfícies de água, vegetação.
3 (IR médio)	3,55 – 3,93	Cobertura de nuvens à noite, temperatura do mar, incêndio e vulcões.
4 (IR termal)	10,3 – 11,3	Cobertura de nuvens (dia e noite) e padrões de temperatura da terra e mar.
5 (IR termal)	11,5 – 12,5	Vapor d'água, cobertura de nuvens e temperaturas.

Fontes: adaptado de FERREIRA (2000) e ALMEIDA (1995)

O fato de sistema NOAA apresentar uma boa resolução temporal aliada à baixa resolução espacial de seus produtos, torna as imagens oferecidas pelo sistema aptas à estimativa da temperatura de superfície dentro de curtos intervalos de tempo, porém, EHRLICH *et al.* (1994) observaram que essas são características apreciáveis no desenvolvimento de estudos em escalas regionais.

Características do campo térmico de cidades foram inicialmente examinadas com a utilização de sensores de baixa resolução espacial tais como o AVHRR do satélite NOAA. Este foi utilizado por BALLING e BRAZEL (1988) e ROTH *et al.* (1989) para a identificação de ilhas de calor. LOMBARDO (1985) encontrou

diferenças de 9 graus de temperatura entre o centro da cidade de São Paulo e a periferia da mancha urbanizada num trabalho pioneiro, no Brasil, utilizando imagens do satélite NOAA para o tratamento das condições térmicas e imagens do satélite LANDSAT para a identificação do uso da terra. A análise da termografia da superfície urbana permaneceu bastante genérica naquele estudo, uma vez que a resolução espacial das imagens NOAA não permite o detalhamento necessário que a análise climática local demanda.

DOUSSET e GOURMELON (2003), propuseram uma metodologia para analisar a variação espacial e temporal das temperaturas de superfície e sua relação com a cobertura do solo, em Los Angeles, através da combinação de dados oriundos do sensor AVHRR do satélite NOAA e do sensor HRV do satélite Spot. A pesquisa demonstrou a aplicabilidade da combinação de dados termais (resolução de 1 Km) e dados do visível e do infravermelho próximo (resolução de 20 m) para estudos de climatologia urbana.

Vários autores, entre eles NICHOL (1994), MENDONÇA (1995), WENG *et al.* (2004) acreditam que as imagens provenientes do satélite LANDSAT, embora este seja um satélite de recursos naturais e não meteorológico como o NOAA, encontram uma aplicação no domínio da climatologia local através da utilização do canal infravermelho termal (banda 6) do sensor TM (*Thematic Mapper*), que apresenta uma resolução espacial no solo de 120 m. Segundo estes autores, estas imagens possibilitam a observação da variação térmica de superfície intra-urbana tanto de grandes cidades como as de menor porte, bem como da variação térmica na área rural.

Os satélites LANDSAT foram desenvolvidos pela *National Aeronautics and Space Administration – NASA* para a observação dos recursos terrestres tendo sido lançado em julho de 1972 o LANDSAT 1 (ERST – 1). Nos três primeiros satélites da série, o principal sistema sensor era o *Multispectral Scanner System (MSS)*, que operava em quatro canais (dois no visível e dois no infravermelho próximo), com uma resolução espacial de 80 metros. Os LANDSAT 1, 2 e 3 passavam sob a mesma área da superfície terrestre a cada 18 dias. (NOVO, 1998).

A partir do LANDSAT 4, lançado em 1982, além do MSS, foi colocado em operação um novo sistema sensor com tecnologia mais avançada, o *Thematic Mapper (TM)*. Este sensor registra dados em 7 canais (três no visível, um no infravermelho próximo, dois no infravermelho médio e um no infravermelho termal) com uma resolução espacial de 30 metros (exceto para o termal, 120 metros). O LANDSAT 5, com as mesmas características do seu antecessor, foi lançado em 1984 e operou até recentemente. (FLORENZANO, 2002).

O Landsat 6 foi lançado em outubro de 1993, mas não conseguiu atingir sua órbita e foi declarado perdido. O LANDSAT 7 foi lançado em abril de 1999, no qual o sensor TM foi substituído pelo ETM⁺ (*Enhanced thematic mapper, plus*) que inclui um canal pancromático (da região do visível e infravermelho próximo) com uma resolução espacial de 60 metros para o canal termal e de 15 metros para os outros canais. Atualmente, está em funcionamento o LANDSAT 7 passando sobre a mesma área do globo a cada 16 dias. Cada imagem obtida por este satélite cobre uma área de 185 por 185 Km. A tabela 3 mostra os sensores e suas respectivas faixas espectrais do satélite LANDSAT.

O estudo de WENG *et al.* (2004) tentou mostrar a viabilidade da utilização dos dados do canal 6 do satélite LANDSAT em pesquisas relacionadas à climatologia urbana, especificamente à extração de temperatura de superfície.

Os autores utilizaram uma imagem LANDSAT ETM+7 (canal 6) da cidade de Indianópolis (EUA) para investigar a variação das temperaturas das superfícies na cidade. O estudo chama atenção para o fato de ser a emissividade (e) das superfícies um importante elemento a ser considerado e corrigido.

Tabela 3. Canais dos sensores do satélite LANDSAT

Canais	Resolução espectral (m)	Resolução espacial
1 (TM e ETM ⁺)	0,45 – 0,52	30 m
2 (TM e ETM ⁺)	0,52 – 0,60	30 m
3 (TM e ETM ⁺)	0,60 – 0,63	30 m
4 (TM e ETM ⁺)	0,76 – 0,90	30 m
5 (TM e ETM ⁺)	1,55 – 1,75	30 m
6 (TM)	10,42 – 12,50	120 m
6 (ETM ⁺)	10,40 – 12,50	60 m
7 (TM e ETM ⁺)	2,08 – 2,35	30 m
8 PAN (ETM ⁺)	0,50 – 0,90	15 m

Fonte: FLORENZANO (2002)

Da mesma forma, NICHOL (1994) acredita que, dentre os parâmetros que contribuem para erros na derivação de temperaturas de superfície por meio de dados de radiância do satélite, aqueles que produzem relativas imprecisões entre os tipos de coberturas, tal como a emissividade, são importantes para monitorar variações de temperatura em áreas urbanas.

Embora alguns autores estejam fazendo uso das imagens de satélite do sensor TM, canal 6, do satélite LANDSAT TM 5 para a estimativa de temperatura de superfície, vale lembrar que os resultados não podem proporcionar a expressão pronta do campo térmico, que se apresenta como uma complexidade de vários estratos. Vale lembrar que as temperaturas derivadas do sensor não são idênticas à temperatura do ar medida na camada próxima à superfície.

Existem inúmeros modelos para a extração da temperatura aparente da superfície da Terra a partir das imagens originadas do satélite LANDSAT. BARIOU *et al.* (1993) sintetizam três dessas técnicas tais como a de MARALET *et al.* (1985), que foi utilizada por TARIFA e ARMANI (2000) para a Região Metropolitana de São Paulo, contudo, estas se apresentam como técnicas que subestimam a temperatura, pois não são feitas correções com relação aos efeitos atmosféricos e de emissividade. De acordo com MARALET *et al.* (1985), a obtenção da temperatura de superfície é feita através da conversão do número digital (DN) de cada pixel da imagem do canal termal em temperatura aparente, com a utilização do seguinte modelo de regressão quadrática:

$$T = 209.831 + 0.834 \text{ DN} - 0.00133 \text{ DN}^2 \quad (1)$$

A simples transformação das radiâncias (do número digital) medidas pelo satélite em temperatura, no caso da equação acima, é feita supondo que a superfície observada é um corpo negro, cujo valor de emissividade é igual a 1. Todavia, uma superfície vegetada, por exemplo, não se comporta como um corpo negro perfeito,

possuindo valores de emissividade sensivelmente menores que a unidade. Isso faz com que os valores de temperatura fornecidos pelo sensor sejam comprometidos pelo efeito da emissividade, que leva a uma subestimação do valor de temperatura de superfície. Assim, o valor de temperatura obtido deve ser chamado de “temperatura aparente” da superfície (SOBRINO *et al.*, 1993) e só pode ser considerado como representativo da realidade terrestre, depois de ser corrigido quanto aos efeitos atmosféricos e de emissividade da superfície.

Vale ressaltar que TARIFA e ARMANI (2000) tiveram o cuidado de utilizar o termo temperatura aparente para os mapas de temperatura elaborados a partir das estimativas pelo satélite.

Já a técnica apresentada por NICHOL (1994) e utilizada por COLLISCHONN (1998) para a Região Metropolitana de Porto Alegre utiliza a equação inversa da lei de Planck, mas também leva em consideração os efeitos da emissividade das superfícies, ou seja, esta técnica vai além da simples aplicação da lei de Planck, contudo, ainda assim, não apresenta resultados satisfatórios com relação a estimativa das temperaturas de superfície, pois não corrige os efeitos atmosféricos. A correção da emissividade é calculada conforme a seguinte equação:

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda T_b}{\alpha} \right) \cdot \ln \epsilon} \quad (2)$$

Onde:

T_b = temperatura que emitiria a superfície se fosse um corpo negro perfeito;

λ = comprimento de onda médio do infravermelho termal = 11,5 μm

$\alpha = hc/K = 1.438 \times 10^{-2} \text{ m K}$, onde:

K = constante de Stefan-Boltzmann ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

h = constante de Planck ($6.28 \times 10^{-34} \text{ J/seg}$)

c = velocidade da luz ($2.998 \times 10^8 \text{ m/seg}$)

$\ln \epsilon$ = logaritmo natural da emissividade da superfície

Outra técnica, também bastante utilizada, é a de MARKHAM e BARKER (1986). A equação utilizada neste caso é mais complexa, pois envolve, além da emissividade, outros elementos tais como, a radiação e a transmissividade atmosféricas e por isso pode ser considerada de maior precisão. Mesmo assim, LAYMON e QUATTROCHI (2004) chamam atenção para o fato de o resultado ainda apresentar distorções. A temperatura de superfície, neste caso, é determinada por:

$$T_s(\lambda) = \frac{C_2}{\ln \left(\left(\frac{C_1}{L_s(\lambda)} \right) + 1 \right)} \quad (3)$$

Onde C_1 e C_2 são constantes de calibração iguais a 60.776 $\text{mW cm}^2 \text{ster}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ e 1260.56 K, respectivamente. A radiação da superfície, $L_s(\lambda)$ pode ser expressa em termos da radiação observada, $L_0(\lambda)$, como:

$$L_s(\lambda) = \frac{L_0(\lambda) - t(1 - \epsilon_s)L_d(\lambda) - L_p(\lambda)}{t\epsilon_s} \quad (4)$$

Onde:

$L_0(\lambda)$ = radiância espectral aparente no satélite na banda λ ;

$L_d(\lambda)$ = radiação de ondas longas que atinge a superfície;

$L_p(\lambda)$ = radiação atmosférica;

ϵ_s = emissividade da superfície; e

t = transmissividade atmosférica.

ÁREA DE ESTUDO (ÁREA-TESTE)

A área-teste escolhida para a validação do modelo diz respeito à bacia hidrográfica do Rio Monteiro. Localiza-se a nordeste do Distrito Federal e insere-se no Alto Curso da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, sendo marcada por características antagônicas: por um lado a ocupação humana, representada pela cidade de Planaltina, por outro a presença de uma importante Unidade de Conservação – parte da Estação Ecológica de Águas Emendadas.

Com a inauguração de Brasília, toda a extensão territorial de Planaltina foi incorporada ao Distrito Federal passando, assim, a ser classificada como cidade-satélite que atendia às necessidades das populações excedentes do Plano Piloto. Desde então, tem-se observado um crescente aumento populacional e uma expansão da área urbana em direção à Estação Ecológica de Águas Emendadas e em direção oeste. Segundo dados do IBGE (2000), em 1960 a população de Planaltina era de 2.917 habitantes, chegando hoje, a 102.872 habitantes.

Esse rápido crescimento urbano de Planaltina tem provocado mudanças nas características naturais da bacia hidrográfica do Rio Monteiro, características essas que podem ser resumidas a seguir.

Segundo o trabalho de STEINKE (2003), mais recente e detalhado estudo sobre a geomorfologia do Distrito Federal, o relevo da bacia do rio Monteiro caracteriza-se por apresentar os seguintes padrões: **Padrão Aplainado Superior (Aps)**: ocupa 33% da área da bacia e apresenta topografia plana e plana ondulada acima da cota de 1.000 metros. Predominam os solos Latossolos Vermelho-Escuro, cuja textura varia entre argilosa e argilosa/média (EMBRAPA, 1978). Estas unidades constituem-se nos divisores de água da bacia. **Padrão em Colinas (CI)**: este padrão está relacionado com declives suaves e de baixas amplitudes altimétricas. Nesta bacia este padrão representa 61,5% da área e encontra-se distribuído em diferentes altitudes, embora a característica principal esteja relacionada com a dissecação do relevo, ou seja, todas as unidades deste padrão apresentam dissecação intermediária. A cobertura destas unidades, em função da distribuição espacial das mesmas, apresenta uma certa diversidade de tipos de solos. Ainda assim, há predominância de Latossolos Vermelho-Escuro, Latossolos Vermelho-Amarelo e Cambissolos. **Padrão Dissecado (D)**: ocupam 5,5% da área da bacia. Este padrão apresenta como característica o aprofundamento dos talwegues dos rios, com relevo acidentado, encostas de perfil convexo-côncavo e perfil complexo que inclui o segmento retilíneo e formação de solos câmbicos, principalmente, e litossolos.

O clima da região, na classificação de Sthraler, é classificado como Tropical Alternadamente Úmido e Seco, onde as chuvas se concentram no verão. O período chuvoso corresponde aos meses de novembro a janeiro e o período seco corresponde aos meses de junho a agosto, no inverno.

A variação da temperatura do ar está relacionada às variações altimétricas locais. Assim, admite-se que a temperatura para o mês mais frio seja superior a 18 °C, característica encontrada nas regiões que se situam, aproximadamente, nas áreas com cotas altimétricas abaixo de 1000 m, ou seja, ao longo do vale do rio Monteiro.

A área-teste é caracterizada, no aspecto fitogeográfico, pelo domínio morfológico dos Cerrados, podendo-se distinguir as seguintes tipologias: campo, agregando-se ao campo limpo e ao campo antrópico; cerrado típico; e mata ciliar.

METODOLOGIA

Identificação da Cobertura do Solo

Segundo NOVO (1998), o termo Uso da Terra refere-se à utilização “cultural” da terra, enquanto que o termo Cobertura do Solo refere-se ao seu revestimento. Por exemplo: áreas florestadas que, embora sejam um só tipo sob o ponto de vista de cobertura, podem ter diferentes usos: lazer, exploração de madeira, reservas, etc. Sendo assim, ao se adotar um sistema de classificação de uso da terra, deve-se levar em conta um nível de detalhamento tal que não foi necessário nesta pesquisa específica, uma vez que o objetivo era identificar as principais coberturas e não seus usos específicos. Portanto, este plano de informação reuniu dados sobre a cobertura do espaço geográfico da bacia do Rio Monteiro em junho de 2003. Constitui-se de um mapa temático, onde cada classe identifica um tipo de cobertura, seja ele natural ou decorrente de atividades antrópicas.

O mapa de cobertura do solo foi elaborado através do processamento digital da imagem LANDSAT 5 TM, órbita ponto 221.71, do dia 16 de junho de 2003 utilizando segmentação de imagens. Este método pode ser descrito como sendo o processo de divisão de uma imagem em segmentos não sobrepostos. Em primeira instância, o método é muito similar à classificação não supervisionada, como a ISODATA. A segmentação de imagens divide a imagem em grupos espectrais únicos, entretanto, a segmentação inclui um componente espacial. A exigência é que todos os pixels em um grupo (ou segmento) sejam espacialmente contíguos. Estes segmentos podem ser usados para extrair e classificar feições produzindo uma imagem melhor classificada. O programa de segmentação utilizado neste trabalho foi o RSAC (*Remote Sensing Application Center*) desenvolvido para o ERDAS-IMAGE 8.5 (RUEFENACHT, *et al.*, 2002).

Primeiramente, a partir da interpretação visual da imagem digitais, foram identificadas as classes de cobertura preponderantes na cena. Depois de identificadas, optou-se por elaborar dois mapas de cobertura do solo, um com quatro classes (área urbana, área rural, área vegetada e água, neste caso as áreas vegetadas foram consideradas no todo), e outro com sete classes (área urbana, área rural, água, campo, cerrado, mata ciliar e reflorestamento; neste outro caso, as áreas vegetadas foram diferenciadas). Este procedimento foi realizado com o intuito de analisar se a utilização de uma classificação mais refinada, para a estimativa da temperatura de superfície, possibilita um resultado mais preciso ou não.

Estimativa da Temperatura de Superfície

Os valores da temperatura de superfície foram obtidos através da técnica desenvolvida por Artis e Carnahan (apud NICHOL, 1994), e utilizada por COLLISCHONN (1998) para determinação das temperaturas de superfície na

Região Metropolitana de Porto Alegre. Esta técnica utiliza a equação (2), citada anteriormente.

A resolução da equação (2) foi definida em três passos: definição do numerador da equação, definição do denominador da equação e definição da temperatura da superfície. Utilizou-se, para tanto, o Sistema IDRISI⁴. O IDRISI é um *software* que reúne ferramentas nas áreas de processamento de imagens, sensoriamento remoto, SIG, geoestatística, apoio a tomada de decisão e análise de imagens geográficas de uma forma prática e de fácil uso. Contudo, vale salientar que a metodologia não necessariamente deve estar atrelada a um sistema específico, podendo ser desenvolvida por qualquer outro sistema de preferência do usuário.

O processamento digital das imagens através do *software* IDRISI pode ser dividido em quatro operações básicas: restauração, realce da informação, criação de novos canais, e transformação e classificação das imagens. As ferramentas de análise geográfica utilizadas foram: THERMAL, RECLASS, ASSIGN, SCALAR e OVERLAY. RECLASS e ASSIGN, são utilizados para isolar classes de interesse em uma imagem, bem como atribuir novos valores a estas classes. SCALAR e OVERLAY produzem imagens novas como resultado de operações matemáticas sobre uma imagem ou entre duas imagens existentes.

1ª Passo: Definição do Numerador da Equação (T_b)

Para a estimativa da temperatura do corpo negro (T_b) de cada pixel da banda termal (canal 6) do satélite LANDSAT 5 TM, submeteu-se essa banda a um processo de conversão através do módulo THERMAL do Sistema IDRISI. A imagem de saída foi denominada de **resultado 1: (T_b) temperatura do corpo negro**.

2ª Passo: Definição do Denominador da Equação (T_b)

A imagem **resultado 1: (T_b) temperatura do corpo negro** foi multiplicada pelo valor médio do comprimento de onda termal ($\lambda = 11,5 \mu\text{m}$) através do módulo SCALAR. A imagem de saída foi denominada **resultado 2** e representa a expressão (λT_b).

A imagem **resultado 2 (λT_b)** foi dividida pelo valor de α (0,01438), também através do módulo SCALAR. A imagem de saída foi denominada **resultado 3 ($\lambda T_b/\alpha$)**.

O termo **ln ϵ** foi obtido atribuindo-se os valores do logaritmo natural da emissividade de cada classe de cobertura do solo a cada pixel do mapa de cobertura. O módulo ASSIGN foi utilizado para tal atribuição. A imagem de saída foi denominada **resultado 4: logaritmo da emissividade (ln ϵ)**.

Vale lembrar que a técnica foi testada utilizando-se dois mapas de cobertura de solo diferentes. Como já citado, um deles com quatro classes e outro com sete. Outro aspecto que merece ser comentado é fato de os valores de emissividade utilizados não terem sido coletados em campo, mas sim retirados da bibliografia. Dada a variação significativa da emissividade para as áreas vegetadas e superfícies construídas e em vista da importância deste parâmetro na obtenção dos valores de temperatura de superfície, realizou-se uma busca na bibliografia com o intuito

⁴ A metodologia seguida recomenda a utilização do *software* IDRISI para esta etapa, por isso, este foi utilizado nesta pesquisa, salienta-se que outros *softwares* também podem ser utilizados.

de elaborar um quadro de valores de emissividade (Tabela 4) e, a partir deste, optar pelos valores mais próximos da realidade da área de estudo. Dessa forma, optou-se por utilizar valores médios de emissividade para cada classe de cobertura do solo identificada.

A partir desse quadro foram selecionados os valores médios para cada classe de cobertura do solo definida nas imagens, a saber: área urbana: 0,92; área rural:

Tabela 4. Emissividades típicas de alguns materiais terrestres

Material	Fonte	Valor de Emissividade
Água limpa	MENESES (2001)	0,98-0,99
Neve úmida	MENESES (2001)	0,98-0,99
Pele úmida	MENESES (2001)	0,97-0,99
Gelo seco	MENESES (2001)	0,97-0,98
Áreas vegetadas	NICHOL (1994)	0,95
Vegetação verde	MENESES (2001)	0,96-0,99
Vegetação seca	MENESES (2001)	0,88-0,94
Vegetação com copa fechada	COLLISCHONN (1998)	0,97-0,98
Vegetação mais aberta	COLLISCHONN (1998)	0,96
Culturas variadas	COLLISCHONN (1998)	0,93-0,97
Espaços verdes urbanos	COLLISCHONN (1998)	0,90
Solo úmido	MENESES (2001)	0,95-0,98
Solo seco	COLLISCHONN (1998)	0,91
Solo mineral seco	MENESES (2001)	0,92-0,94
Áreas não vegetadas	NICHOL (1994)	0,92
Basalto	MENESES (2001)	0,92-0,96
Asfalto	MENESES (2001)	0,94-0,97
Concreto	COLLISCHONN (1998)	0,97
Granito	MENESES (2001)	0,83-0,87
Metal polido	MENESES (2001)	0,16-0,21
Alumínio	MENESES (2001)	0,03-0,07

0,94; água: 0,97; vegetação (considerada primeiramente como uma única classe): 0,95; campo: 0,93; cerrado: 0,96; mata ciliar: 0,98 e reflorestamento: 0,99. Vale lembrar que esses valores médios podem mascarar alguns resultados, uma vez que as condições ambientais podem modificar os valores de emissividade.

O termo $(\lambda T_b/\alpha)$. **Inε** foi definido multiplicando-se a imagem **resultado 3: $(\lambda T_b/\alpha)$** pela imagem **resultado 4: logaritmo da emissividade** através do módulo OVERLAY. A imagem de saída foi denominada **resultado 5: $(\lambda T_b/\alpha)$. Inε**.

Para obter-se uma imagem onde cada pixel tivesse o valor 1, definiu-se uma nova imagem, à qual atribuiu-se o valor inicial 1 para todos os pixels da imagem criando-se uma nova imagem (**pixel valor 1**) através do módulo INITIAL. Assim, o denominador da equação (**resultado 6**), foi encontrado somando-se, através do módulo OVERLAY, as imagens **resultado 5** e **pixel valor 1**.

3º Passo: Definição da Temperatura da Superfície Elaboração da Imagem Termográfica.

Através do módulo OVERLAY, dividiu-se a imagem **resultado 1: (Tb) temperatura do corpo negro** pela imagem **resultado 6: $(1+(\lambda T_b/\alpha) \cdot \ln \epsilon)$** e obteve-se a imagem **resultado final**, que corresponde à temperatura de superfície de cada pixel em graus Kelvin (°K).

As temperaturas resultantes foram, então, convertidas para graus Celcius (°C) subtraindo-se o valor da temperatura do ponto de congelamento da água ao nível do mar, ou seja, 273,15 °K, através do módulo SCALAR. Esta nova imagem foi submetida a uma reclassificação através do módulo RECLASS definindo-se as seguintes classes: Classe 1: menor que 15 °C; Classe 2: 15 °C a 17 °C; Classe 3: 17 °C a 19 °C; Classe 4: 19 °C a 21 °C; Classe 5: 21 °C a 23 °C; Classe 6: 23 °C a 25 °C; Classe 7: 25 °C a 27 °C; e Classe 8: maior que 27 °C.

Para um melhor entendimento dos procedimentos adotados ver o fluxograma esquemático (Figura 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

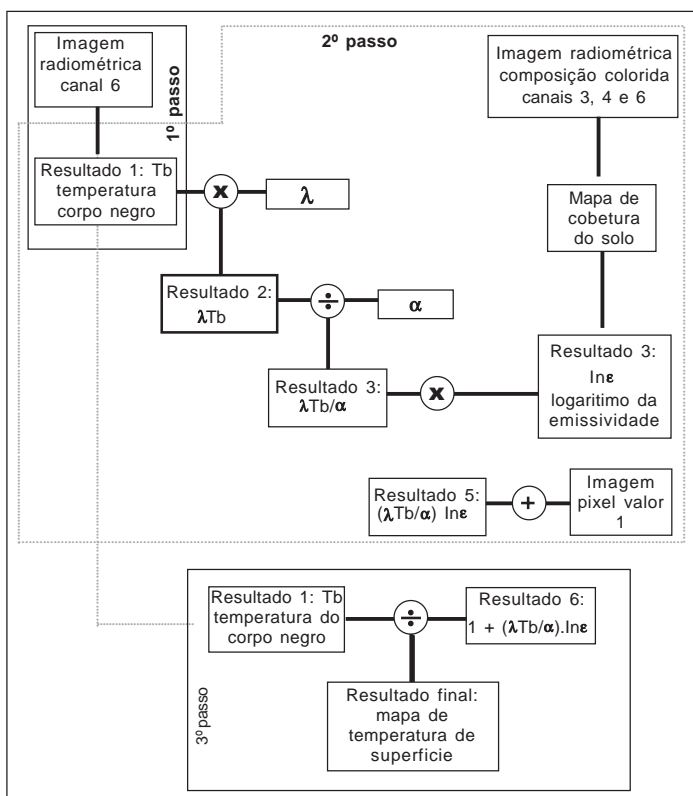


Figura 1. Fluxograma esquemático das operações matemáticas efetuadas para determinação da temperatura de superfície.

Como já citado, foram elaborados dois mapas de Cobertura do Solo em função da identificação de diferentes classes. A primeira classificação levou em consideração os grupos de cobertura mais gerais, onde a vegetação foi aglutinada em uma única classe assim como a área urbana (Figura 2). Utilizando-se esta classificação e aplicando-se a equação (2) de estimativa de temperatura de superfície observou-se que a o mapa resultante (Figura 4) coloca em evidência o comportamento térmico das principais coberturas do solo. Os contrastes térmicos principais aparecem entre as áreas cobertas de água, vegetação, espaços rurais e urbanos.

Contudo, o mapa de cobertura do solo gerado através da segunda classificação (Figura 3), agora mais detalhada, separando-se as classes em Água, Cerrado, Campo, Mata Ciliar, Reflorestamento, Área Rural, Área Urbana Consolidada e Área Urbana em Consolidação, mostrou um resultado mais aprimorado em relação aos contrastes térmicos (Figura 5). Esta divisão em um maior número de classes é significativa no momento em que representa um maior número de alvos, os quais possuem valores de emissividade diferenciados daqueles admitidos para uma classe mais geral.

Comparando-se os mapas de temperatura de superfície (Figuras 4 e 5) pode-se verificar que a espacialização dos dados de temperatura de superfície inferidos a partir dos valores de pixel comportam-se diferentemente quando do maior detalhamento da identificação dos tipos de cobertura do solo. Aparentemente, quando se mantém uma classificação geral, aglutinando-se classes de cobertura do solo, os valores de emissividade dos alvos (que já são valores médios) interferem diretamente na distribuição dos valores de temperatura de superfície, produzindo um novo arranjo na espacialização de dados sobre a temperatura de superfície. Este novo arranjo pode estar relacionado com o efeito da continentalidade, ou seja, do distanciamento das bordas, sendo mais acentuado quanto mais circular a feição geométrica em análise.

No caso de bacias hidrográficas, o impacto das diferenças na temperatura de superfície sobre os processos atmosféricos e destes, sobre a dinâmica de recarga dos aquíferos pode ser uma realidade que venha a merecer atenção, uma vez que o clima, por ser um dos mais importantes componentes do ambiente natural, pode se caracterizar como indicador de degradação ambiental. Esta possível funcionalidade é decorrente do fato de que ele afeta os processos geomorfológicos atuais, a transformação dos solos, o crescimento e o desenvolvimento da vegetação e conseqüentemente, os processos hidrológicos que envolvem a dinâmica de uma bacia hidrográfica.

De acordo com as diferenças observadas nos mapas de temperatura de superfície, quando comparadas ao mapa de cobertura do solo, constatamos que os primeiros apresentam maior detalhamento e variância interna que os últimos. Além disso, os resultados da distribuição das temperaturas de superfície podem sugerir a necessidade de proteger prioritariamente as regiões das bacias junto às nascentes e divisores de águas, visto que extensas áreas rurais, mesmo que não tenham a mesma magnitude de impacto que uma ocupação urbana, ainda assim

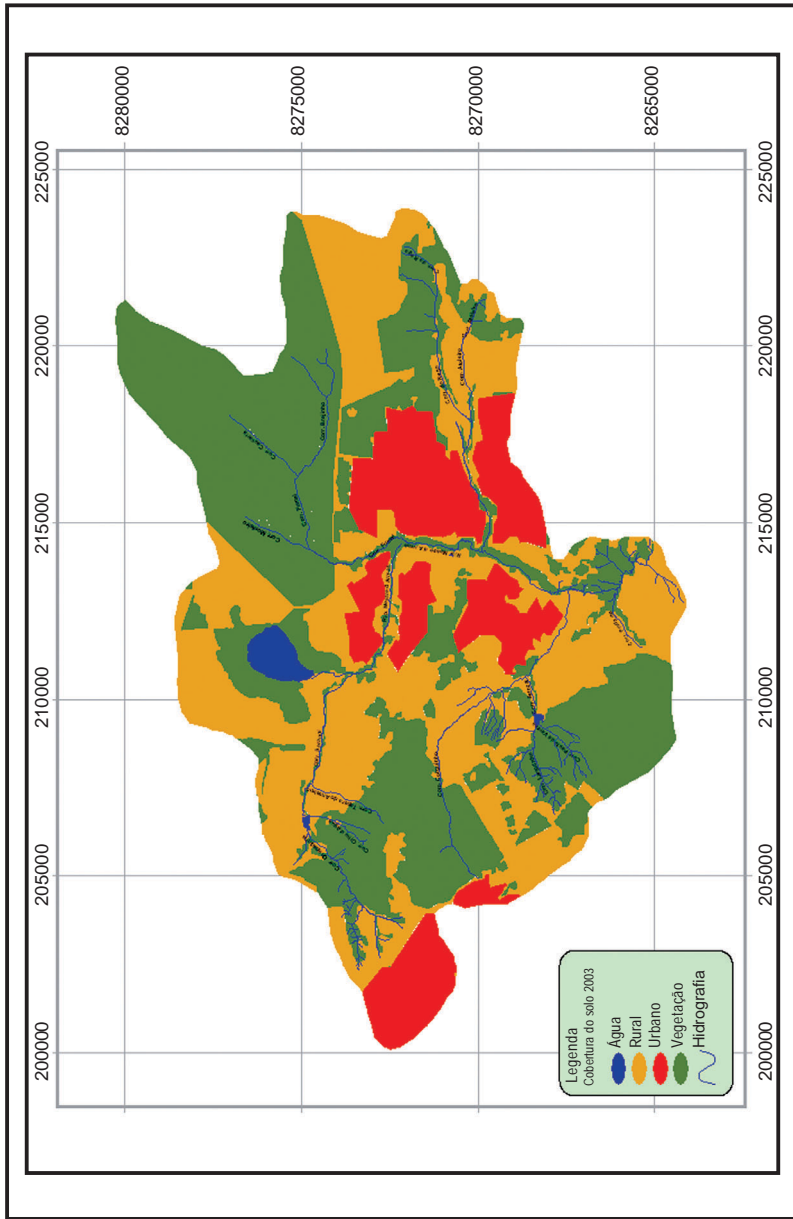
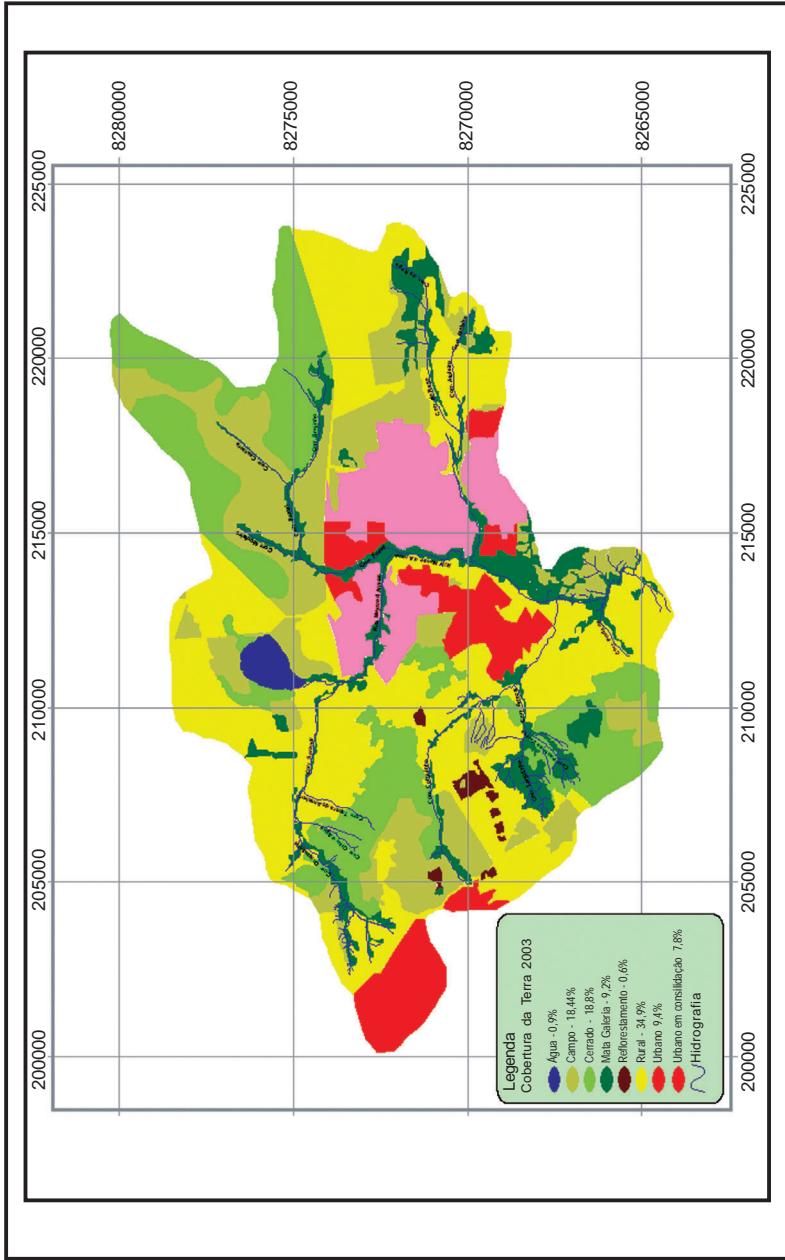
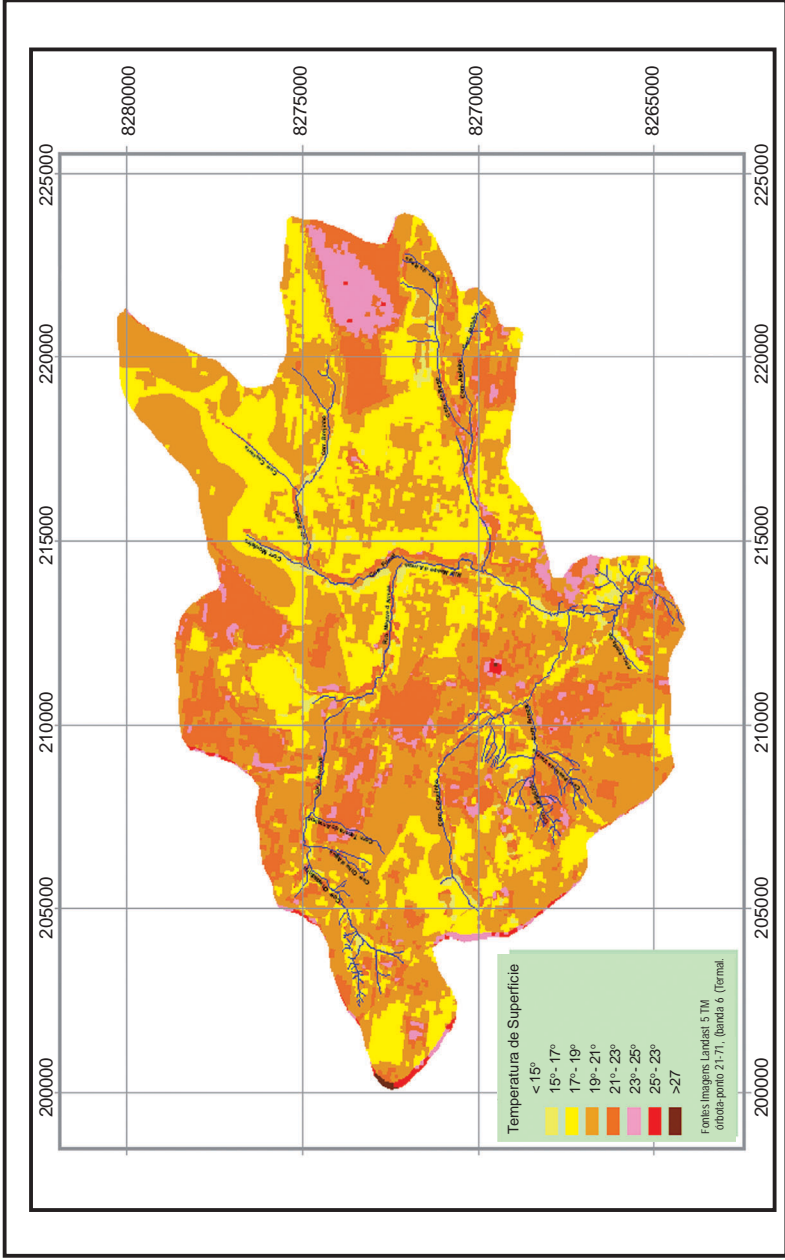


Figura 2. Mapa de Cobertura do Solo com aglutinação de dados sobre vegetação.



COBERTURA DO SOLO - ANO DE 2003
BACIA DO RIO MONTEIRO-DF

Figura 3. Mapa de Cobertura do Solo

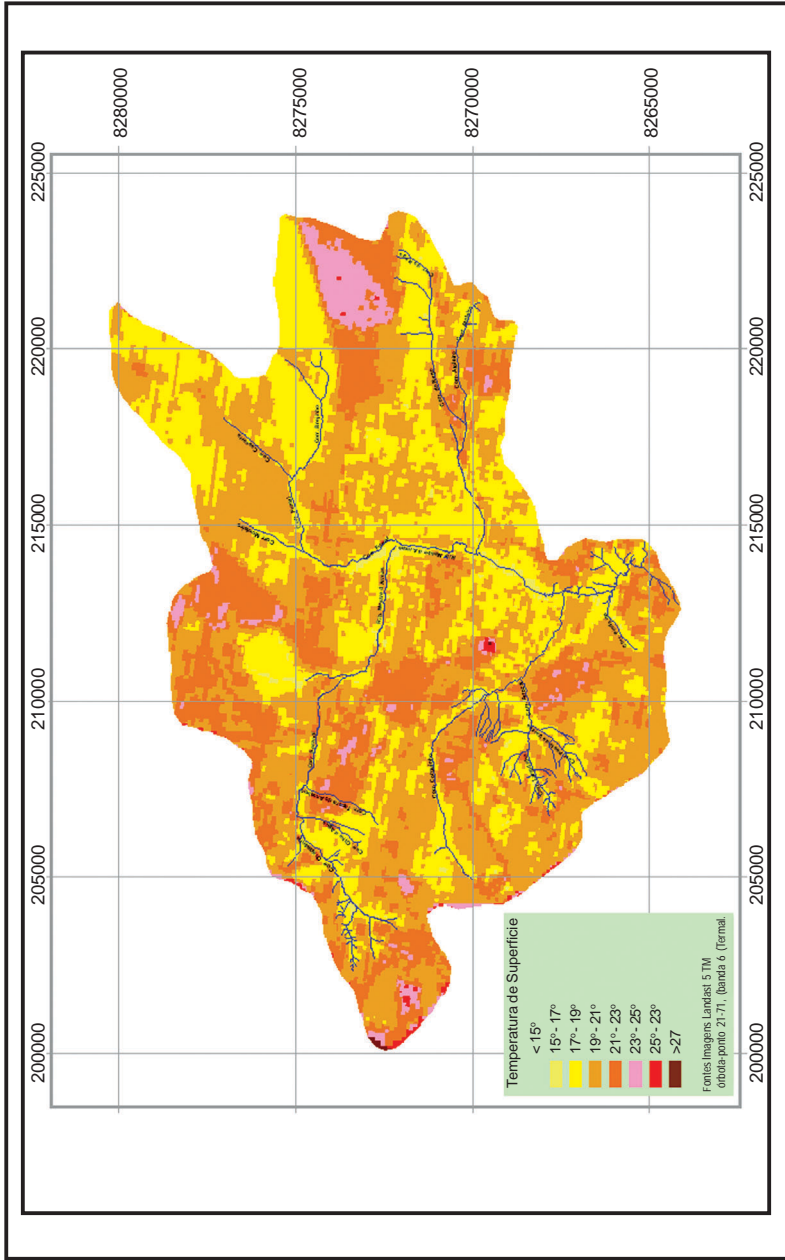


TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE - AGLUTINAÇÃO DE CLASSES NA BACIA DO RIO MONTEIRO AS 09:40 DE 11/06/2003

Figura 4. Mapa de Temperatura de Superfície gerado a partir do Mapa de Cobertura do Solo com aglutinação de dados sobre vegetação.

Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Córrego Alegre





TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE - NA BACIA DO RIO MONTEIRO AS 09:40 DE 11/06/2003

Figura 5. Mapa de Temperatura de Superfície gerado a partir do Mapa de Cobertura do Solo.

produzem áreas nucleares ou ilhas de “calor” (ligeira elevação de temperatura) em suas áreas centrais, com desdobramentos sobre o ciclo hidrológico local e sub-regional.

Observa-se que a maior preocupação dos estudos envolvendo problemas em recursos hídricos têm se voltado para a identificação de impactos acarretados em função de alterações na própria água ou na região adjacente ao corpo d’água, utilizando-se para a análise mapas de uso da terra. A inclusão de variáveis climáticas e suas alterações como promovedoras de impactos ambientais nos recursos hídricos é recente, contudo, o interesse pelo assunto vem crescendo e já existe, na bibliografia, uma gama de trabalhos referente ao tema.

A importância do estudo da variação espacial de parâmetros climáticos reside no fato de que as condições climáticas, consideradas como elemento condicionador da dinâmica do sistema ambiental, encontram-se diretamente ligadas aos processos hidrológicos que envolvem a dinâmica de uma bacia hidrográfica, assim como, ao gerenciamento das águas e à utilização do recurso o que, por sua vez, afeta assentamentos humanos, a disponibilidade de água tanto em ambientes urbanos quanto em atividades rurais, o desenho dos sistemas de irrigação, a geração de energia hidrelétrica e diversas outras atividades.

Os efeitos no ciclo hidrológico são muito diversos. Segundo ARNELL (1994), modificações nas temperaturas do ar, taxas de evaporação e chuvas, podem acarretar conseqüências nos regimes de umidade dos solos, reabastecimento de águas subterrâneas e escoamento fluvial (Figura 6).

No Distrito Federal como um todo, os problemas relativos aos recursos

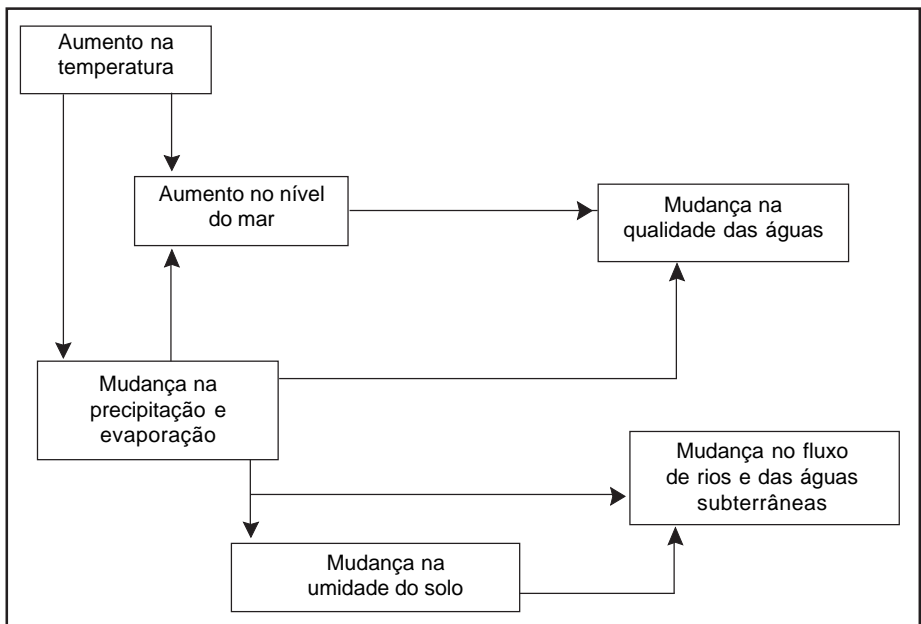


Figura 6. Impactos das variáveis climáticas nos sistemas hidrológicos. Adaptado de ARNELL (1994).

hídricos ocorrem em decorrência de vários fatores, incluindo sua localização pouco privilegiada em termos de oferta hídrica, e do aumento populacional vertiginoso e desordenado na região. Localizado na cabeceira de três grandes bacias hidrográficas nacionais: Tocantins, São Francisco e Paraná, o Distrito Federal ocupa uma região estratégica para onde devem ser direcionados todos os esforços no sentido da conservação e recuperação dos seus sítios naturais formadores dessas bacias.

Observa-se uma preocupação crescente com relação ao potencial hídrico do Distrito Federal e a demanda diária da crescente população, contudo, ressalta-se que a inclusão da avaliação das condições climáticas ainda são incipientes quando se trata de gerenciar os recursos hídricos. SILVA e D'ANGIOLELLA (2002), realizaram uma primeira avaliação através de uma metodologia de aplicação do monitoramento climático e do balanço hídrico para determinar as flutuações hidrológicas e as condições bio-vegetativas sazonais reinantes na região do Distrito Federal e entorno. O trabalho concluiu ser fundamental incluir a análise climatológica em projetos que visem a gestão dos recursos hídricos auxiliando na elaboração e propostas que se preocupem, não só com as condições climáticas atuais, mas também, com as possíveis alterações que essas condições poderão sofrer ao longo do tempo.

A questão climática e seus efeitos, tanto em nível global como regional e local, vem sendo estudada com especial interesse pelos que se dedicam às ciências da natureza em todo mundo. O interesse na questão climática deve-se à sua importância fundamental para as atividades humanas, e por ser um dos poucos componentes do sistema ambiental sobre o qual o homem tem pouco ou nenhum poder de controle. Sobre isso SANTOS (1995) afirma que:

“Atualmente, há tendência em não mais enfocar o clima como um fator de adversidade, negligenciando-o ou desprezando-o como recurso. Verifica-se uma valorização do clima pautado na consideração de que a exploração demográfica e o conseqüente aumento do consumo, com aumento da necessidade de alimentos, exercem demanda cada vez maior na capacidade de nosso planeta em manter a vida. Sob este aspecto, o clima em conjunto com o solo, leva a uma conjugação dinâmica no estabelecimento de condições dos ‘sistemas vitais’ à sobrevivência do homem”. SANTOS (1995)

No caso específico deste trabalho, procurou-se mostrar, através de uma metodologia diferenciada das usualmente utilizadas, que a análise de variáveis climáticas pode contribuir para se determinar problemas atuais e futuros na dinâmica de uma bacia hidrográfica. Não se pode esquecer que a metodologia utilizada apresenta limitações, contudo, pode oferecer informações que auxiliem na avaliação dos recursos hídricos. Uma vez que a técnica seja aprimorada, estas informações serão, cada vez mais, essenciais para o gerenciamento de bacias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estimativas de temperatura de superfície a partir do sensoriamento remoto termal utilizando-se imagens provenientes do satélite LANDSAT TM 5, são muito mais complexas do que o método aqui apresentado. Fatores como a natureza dos diferentes alvos, emissividade, efeitos atmosféricos, entre outros, contribuem para as dificuldades em determinar as temperaturas de superfícies em diferentes escalas espaciais. QUATTROCHI e GOEL (1995) destacam que, para se obter qualidade razoável nas estimativas, devem ser considerados vários processos de correção, entre eles, efeitos atmosféricos e de emissividade da superfície. Neste estudo não foram levados em consideração os efeitos atmosféricos, o que pode introduzir um erro de alguns graus centrígrados na resposta. Entretanto, a variação pode não ter sido muito elevada, pois a imagem utilizada neste estudo foi tomada num dia e hora sob condições de estabilidade atmosférica favoráveis: céu claro, ausência de nebulosidade e baixo teor de vapor d'água (estação seca) e recobrimdo uma pequena área.

Com relação à aplicação desta metodologia para a gestão de bacias hidrográficas observou-se que, para que os resultados encontrados possam servir de subsídio ao gerenciamento, novas pesquisas devem ser desenvolvidas no sentido de confirmá-los utilizando-se de metodologias de campo, tais como a tomada da emissividade dos alvos com radiômetros (para melhorar a estimativa da temperatura de superfície) e o levantamento de dados hidrometeorológicos numa série temporal que permita a identificação de alterações nas variáveis hidrológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C. A. S. de. **Estimativa de temperatura de superfície cultivada com trigo (*Triticum aestivum* L.), usando NOAA -14/AVHRR**. Campinas, 1996. 101 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- ARNELL, N. W. Hydrological impacts of climate change. In: CALLOW, P. e PETTS, G. E. (Eds.). Oxford, Blackwell, vol. 2: 173 – 185, 1994.
- BALLING, R. C.; BRAZEL, S. W. High-resolution surface temperature patterns in a complex terrain. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 9, p. 1289 – 1293, 1988.
- BAPTISTA, G. M. de M. Estudo multitemporal do fenômeno ilhas de calor no Distrito Federal. **Meio Ambiente**, n. 2, p. 03-17, 2002.
- BARIOU, R.; LECAMUS, D.; LE HENAFF, F. **L'étalonnage des données**. Rennes: Centre Regional de télédétection/UHB/Rennes 2, 1993.
- BIAS, E. de S.; BAPTISTA, G. M de M; LOMBARDO, M. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados LANDSAT e IKONOS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: INPE, 2003. P. 1741-1748. 1 CD ROM.
- CARNAHAN, W. H.; LARSON, R. C. An analysis of an urban heat sink. **Remote Sensing of Environment**. n. 33, p. 65-71. 1990.

COLLISCHONN, E. **O campo térmico da região metropolitana de Porto Alegre: uma análise a partir da interação das variáveis ambientais na definição do clima local.** Florianópolis, 1996, 152 f. Dissertação (Mestrado) Departamento de Geociências – Universidade Federal de Santa Catarina.

DOUSSET, B.; GOURMELON, F. Satellite multisensor data analysis of urban surface temperatures and landcover. **Photogrammetric and Remote Sensing**, n. 58, p. 43-54. 2003.

EHRlich, D.; ESTES, J. E. e SINGH, A. Applications of NOAA – AVHRR 1km data for environmental monitoring. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, n. 1, p. 145 – 161. 1994.

FERREIRA, A. G. **Interpretação de imagens de satélites meteorológicos: uma visão prática e operacional do hemisfério sul.** Brasília: Stilo, 2002.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

IBGE. **Censo demográfico de 2000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

KERR, Y. H.; LAGOUARDE, J. P.; IMBERNON, J. Accurate land surface temperature retrieval from AVHRR data with use an improved split window algorithm. **Remote Sensing of Environment**. v. 41. p. 197 – 209. 1992.

KERR, Y. H.; LAGOUARDE, J. P.; NERRY, F. e OTTLÉ, C. **Land surface temperature retrieval techniques and applications.** In: QUATTROCHI, D. A.; LUVAL, J. C. Thermal remote sensing in land surface processes. Boca Raton: CRC Press, 33 – 109, 2003.

LANDSAT TM 5. Escala 1: 100.000. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. Imagem de satélite. Canais, 3, 4, 5 e 6.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.** São Paulo: HUCITEC, 1985.

MACHADO, H. M.; LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V.; ZULLO JUNIOR, J. **Estudo da variação de parâmetros atmosféricos necessários para a correção atmosférica de imagens de satélite.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2537 – 2539. 1 CD-ROM.

MARALET, E.; BARTOLUCCI, L. A., LOZANO, D. F.; ANUTA, P. E.; MCGILLEN, C. D. LANDSAT 4 and LANDSAT 5 thematic mapper data quality analysis, **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 51, n. 9, p. 1407-1416. 1985.

MENDONÇA, F. O estudo do clima urbano no Brasil: evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO, C, A. de F.; MENDONÇA, F. (org.) **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003. p. 175 a 192.

MENESES, P. R. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto.** Texto Universitário do Curso de especialização em geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental. Brasília: UnB/IG/LSR. 2001.

MIRALLES, J. M. Fundamentos físicos de la teledetección: leyes e principios básicos. In: GANDIA, S; MELIÁ, J. **La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales.** València: Universitat de València, 1991. p. 50-83.

- NICHOL, J. E. A GIS-based approach to microclimate monitoring in Singapore's high-rise housing estates. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 60, n. 10, p. 1225 – 1232. 1994.
- NOVO, E. M. L de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- QUATTROCHI, D. A.; GOEL, N. S. Spatial and temporal scaling of thermal remote sensing data. **Remote Sensing Reviews**, v. 12, p. 255-286. 1995.
- PETKOV, L.; PIERI, M.; MASELLI, F.; MARACCHI, G. Study and modelling of temperature spatial variability by NOAA – AVHRR thermal imagery. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 51, p.127-136. 1996.
- PRICE, J. C. Estimating surfaces temperatures from satellite thermal infrared data – a simple formulation for the atmospheric effect. **Remote Sensing of Environment**, n. 13, p. 353 – 361. 1983.
- ROTH, M.; OKE, T. R.; EMERY, W. J. Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. **International Journal of Remote Sensing**, v.10, n. 11, p. 1699-1720. 1989.
- RUEFENACHT, B. et al. (2002). **New Technique for Segmenting Images**. Washington, DC: United States Department of Agriculture. Disponível em <<http://www.usda.gov>> Acesso em: 15 mai. 2003.
- SANTOS, M. J. Z. **Bioclimatologia e Geografia**. Rio Claro: DG/IGCE/UNESP, 1995.
- SILVA, J. de F. da; D'ANGIOLELLA. A Climatologia aplicada na gestão de sistemas hidrológicos. **Meio Ambiente**, n. 01, p. 40-45, jan/fev, 2002.
- SOBRINO, J. A.; COLL, C.; CASELLES, V. La medida de la temperatura desde satélites. In: **La teledetección en el seguimiento frf lod fenómenos naturales. Climatología y desertificación**. València: Facultat de Física, Universitat de València, 1993. p. 153 – 181.
- STEINKE, V. A. **Uso integrado de dados digitais morfométricos (altimetria e sistema de drenagem) na definição de unidades geomorfológicas no Distrito Federal**. Brasília, 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- TARIFA, J. R. e ARMANI, G. **Unidades climáticas urbanas na cidade de São Paulo, 1ª aproximação**. São Paulo: PMS/SUMA, 2000. 74 p. Relatório preliminar do projeto Atlas Ambiental do Município de São Paulo.
- THOMAS, A.; BYRNE, D and WEATHERBEE, R. Coastal sea surface temperature variability from LANDSAT infrared data. **Remote Sensing of Environment**, n. 81, p. 262 – 272. 2002.
- WENG, Q.; DENGSHENG, L.; SCHBRING, J. Estimationa of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island. **Remote Sensing of Environment**, v. 89, p. 467-483. 2004.
- ZULLO JUNIOR, J. **Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações**. Campinas, 1994. 189 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas.

CAPÍTULO IV

Educação Ambiental e Investigação-Ação em prol da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão (DF/GO).

Christian Niel Berlinck, Irenilda Ângela dos Santos, Luiz Henrique Fonseca Ribeiro, Carolina Montijo da Silva, Alexandre Benso de Lima Tavalucci, Valdir Adilson Steinke, Ivete Teresinha Graebner, Luanne Helena Augusto Lima, Vitória Régia Martins Melo, Fernando José de Almeida, Maria Irenilza da Costa e Silva, Slawomir Mauricio Golebiowski, Carlos Hiroo Saito

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a deterioração da qualidade dos recursos hídricos vem inviabilizando e/ou restringindo seus usos múltiplos e contribuindo para o surgimento e agravamento de conflitos pelos usos.

A água, vista como estando à disposição para atender as necessidades humanas, e considerada como renovável, abundante e infinita, era utilizada sem critérios tanto como fonte de despejo e diluição de dejetos, quanto como fonte de abastecimento com alto grau de desperdício. Assim, além da preocupação com a qualidade da água que despertou a consciência de que este recurso tem capacidade limitada de absorção e atenuação de impactos, a própria quantidade de água passou a ser objeto de preocupação.

Neste contexto, em sintonia com os compromissos firmados na Agenda 21 e buscando resolver os conflitos existentes entre os setores usuários dos recursos hídricos, o Brasil formulou e aprovou a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433) em 1997.

Esta política tem como objetivo principal assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos múltiplos usos que seriam geridos de forma participativa por meio de Comitês de Bacia Hidrográfica, evidenciando o compromisso com a busca de um modelo de desenvolvimento sustentável.

O objetivo deste trabalho é apresentar as bases teórico-metodológicas de ações em educação ambiental voltado para a concreta implementação desta Política, de forma que contemple o domínio de conhecimentos científicos e tecnológicos por parte dos integrantes destes Comitês, e simultaneamente, ofereça os subsídios para o desenvolvimento de projetos de extensão universitária voltados para a instrumentalização, de forma dialógica, de movimentos populares. Trata-se de uma síntese da dissertação de mestrado defendida em 2003 junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília (BERLINCK, 2003).

A BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO MARANHÃO

No Cerrado que constitui o segundo maior bioma brasileiro, se encontram nascentes de seis das oito grandes bacias hidrográficas nacionais, Bacia Amazônica, Bacia do Tocantins, Bacia Atlântico Norte/Nordeste, Bacia do São Francisco, Bacia do Atlântico Leste e Bacia do Paraná. Com pouco tempo de ocupação agropecuária, em torno de 40 anos, esta região já representa 25% da produção de grãos e 40% do rebanho nacional (CARMO e GAMA, 2002; LIMA e SILVA, 2002).

A região de Cerrado por estar situada grande parte em zonas de planalto constitui basicamente uma área de nascentes de rios. Portanto, apesar de ter uma boa rede de drenagem, muitos dos corpos d'água deixam a região ainda sem volume expressivo disponível para utilização. Além disto, o fato de constituir zona de nascentes (recarga hídrica) de grande parte das bacias hidrográficas brasileiras, torna-se indispensável a utilização racional de seus recursos naturais, pois nestas áreas problemas como assoreamento, contaminação ou superexploração dos recursos hídricos são realçados em função da baixa capacidade de suporte (fragilidade) (LIMA e SILVA, 2002).

O Distrito Federal (DF) já é a terceira pior unidade federativa brasileira em disponibilidade hídrica superficial per capita por ano, superando apenas os estados da Paraíba e de Pernambuco (REBOUÇAS *et al.*, 1999). No DF estão localizadas nascentes de três das seis bacias hidrográficas brasileiras que nascem no Cerrado, a Bacia do São Francisco, do Paraná e do Tocantins. Nesta última, um dos principais afluentes, o Rio Maranhão, nasce a partir do Córrego Vereda Grande na Estação Ecológica de Águas Emendadas (DF) e a partir da Lagoa Formosa (GO), seguindo parte de seu curso próximo à divisa destas duas unidades federativas e posteriormente desaguando no reservatório da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa.

Com o aumento populacional, e conseqüente aumento da demanda de alimentos, o Cerrado vem sendo ocupado e explorado de forma rápida e intensiva, principalmente para o desenvolvimento do setor agrícola (LIMA e SILVA, 2002). Com tamanha extensão territorial, o Cerrado apresenta um mosaico de fitofisionomias que vão desde formações abertas como os campos limpos e veredas de buritis, até formações mais densas como as matas de galeria e as florestas semidecíduas. Este bioma apresenta ainda alto grau de endemismo vegetal e a maior parte das plantas mostra adaptações como raízes profundas, xeromorfismo e resistência a altas concentrações de alumínio no solo.

O Rio Maranhão, além de ser uma das nascentes, é, juntamente com o Rio Araguaia, um dos principais afluentes da Bacia do Rio Tocantins. Esta última bacia possui uma área aproximada de 943.006 km² (11% do território nacional) e abrange os estados de Pará, Maranhão, Mato Grosso, Tocantins, Goiás e Distrito Federal. Cerca de 7,7 milhões de pessoas vivem nesta região (4,6% da população nacional), sendo 73% em áreas urbanas, com uma densidade demográfica de 8,3 hab/km², bem menor que a densidade demográfica do país, 19,8 hab/km². Sua rede urbana é bastante fragmentada, uma vez que se observa a predominância expressiva de municípios com até 5.000 habitantes, correspondendo a 54,3% do número total de centros urbanos. Esta Bacia Hidrográfica insere-se totalmente na

zona de clima tropical, com temperatura média anual de 26°C e período chuvoso entre outubro e março, com precipitação média anual de 1.721 mm (ANA, 2003).

A Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão abrange, no Estado de Goiás, os Municípios de Padre Bernardo e Planaltina de Goiás, e no Distrito Federal, as Regiões Administrativas de Brazlândia, Sobradinho e Planaltina, representando 80 km dos 281 km lineares do Rio Maranhão, com uma área total de 251 km². O relevo é bastante acidentado, formando superfícies convexas formadas por pequenos morrotes arredondados, onde o rio verte por vales encaixados. Os solos são pouco desenvolvidos e das classes cambissolos, coluvionares e aluvionares (GEOLÓGICA, 2003). O clima predominantemente tropical – Aw (classificação de Köppen) apresenta precipitação média variando entre 750 e 2000 mm³/ano, caracterizado pela sazonalidade de regime de chuvas, com um inverno seco durando de 4 a 5 meses, e um verão chuvoso, com maior precipitação nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. As altitudes variam entre 700 e 1300m.

Dentre os principais tributários do Rio Maranhão podemos citar as sub-bacias dos Córrego Vereda Grande, Tabatinga, Buriti, Palmito, Contentas, Capão, Barreiro, Barreirinho, Biboca, Matão, Tigre, Cavas, Ponte, Barreirinha, Cachoeira e dos Ribeirões Palmeiras (Monjolo), Sonhém, Contentas, além das sub-bacias dos Rios do Sal e Palmas (Salinas) e da Lagoa Formosa.

A Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão está englobada pelo Corredor Ecológico Paranã-Pirineus, pela Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (Decreto s/ nº de 10 de janeiro de 2002) e pela região que corresponde ao entorno da Estação Ecológica de Águas Emendadas e que tem a finalidade de proteger os mananciais, regular o uso dos recursos hídricos e o parcelamento do solo, garantindo o uso racional dos recursos naturais e protegendo o patrimônio ambiental e cultural da região (BRASIL, 2002). A Figura 1 localiza a área de estudo.

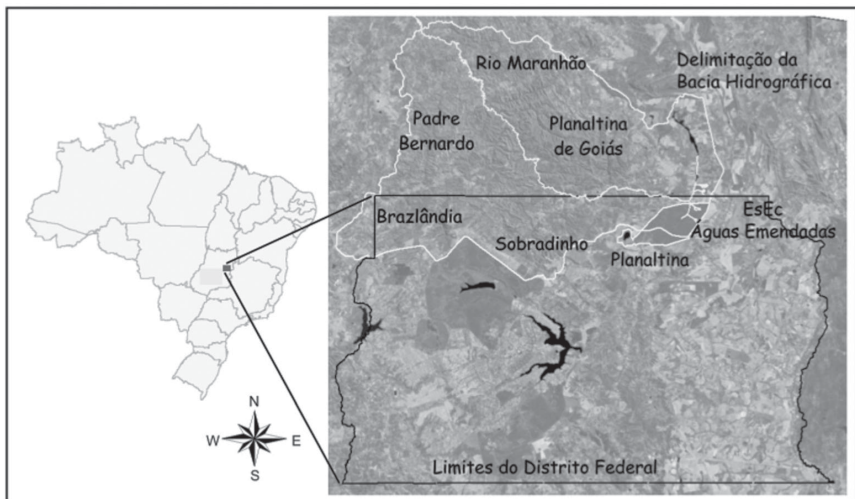


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão (GO – DF) com os municípios e regiões administrativas.

Segundo estudos realizados nesta região pela GEOLÓGICA (2003), a partir de geoprocessamento, embora muito fragmentadas ainda restam nesta bacia fitofisionomias características do Bioma Cerrado, como as formações florestais – Mata Ciliar, Mata de Galeria, Floresta Mesofítica e Cerradão – que ocupam cerca de 25% desta bacia, enquanto que as formações savânicas, compostas por Cerrado *Sensu Strictu*, Murundus, Palmeiral e Vereda, ocupam em torno de 36%, e as formações campestres como Campo Rupestre, Campo Sujo e Campo Limpo, ocupam aproximadamente 20,5%. As atividades antrópicas, divididas em área urbana, agricultura, reflorestamento e solo exposto, representam em torno de 0,5%, 16%, 0,02% e 1%, respectivamente.

De acordo com documento elaborado pela Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão enviado ao Secretário de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente em 12 de março de 2002, a principal atividade econômica da região é a produção agropecuária de pequena escala, mas também está presente a exploração de jazidas de calcário e areia com vistas à fabricação de cimento e materiais de construção. Apresenta também ocupação inadequada de áreas de pequenas veredas, nascentes, córregos, mata ciliar e de galeria, além de desvios de cursos d'água. Influi negativamente, ainda, a intensificação das formas de produção com grande pressão antrópica como: agricultura mecanizada, pecuária extensiva, suinocultura, avicultura, piscicultura, matadouros, bem como a perfuração de poços artesianos acarretando o rebaixamento do lençol freático e aberturas de estradas sem estudo de impacto. Destaca-se ainda a intensificação dos assentamentos humanos, que tem colocado em risco a sustentabilidade da qualidade ambiental e gerado incongruências de usos dos recursos tanto no que concerne ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (BRASIL, 2000), pois a área se situa no entorno da Estação Ecológica de Águas Emendadas que deveria corresponder à sua zona de amortecimento, quanto à Política Nacional de Recursos Hídricos, que prevê a manutenção da qualidade e quantidade de água para as futuras gerações, bem como seus usos múltiplos.

Pode-se constatar ainda, segundo MACHADO *et al.* (1998), que a região, enquadrada também na Resolução nº 13 do CONAMA como “Faixa de Proteção”, ao longo de 10 anos, de 1987 a 1996, apresentou uma diminuição na porcentagem de 41,2% para 35% de áreas ocupadas por vegetação nativa. Sendo que o meio urbano e a agricultura foram os que tiveram o maior aumento na área de ocupação neste período, aumentando 95,2% e 76,7% respectivamente.

Os trabalhos nas comunidades inseridas na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão iniciaram-se em dezembro de 1996, a pedido da Associação Rural e Comunitária Jardins do Morumbi, através do projeto “Educação e Pesquisa Ambiental Participante” conduzido pelo Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, com auxílio financeiro do Fundo Nacional do Meio Ambiente no período de 1999 a 2001. O projeto realizou trabalhos de Educação Ambiental junto à Comunidade Jardins do Morumbi e a Escola-Classe Osório Bacchin, em um processo de investigação-ação participativo, em que o conhecimento da realidade aprofunda-se numa relação dialética com a própria ação, para transformá-la numa nova práxis coletiva (SAITO *et al.*, 2000).

Atualmente o trabalho, com o apoio do CNPq – Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro), não se limita apenas a um ponto focal do Rio Maranhão, como a cachoeira, ou a uma comunidade, como a Jardins do Morumbi. A proposta atual como desdobramento do trabalho iniciado em dezembro de 1996, apóia e subsidia os trabalhos da Comissão Pró-Comitê do Alto Rio Maranhão, assumindo um caráter regional, a Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão. Os membros da comunidade envolvidos articularam-se regionalmente com outras Associações de Moradores de loteamentos vizinhos integrados pelo Rio Maranhão, para fundar no início de 2002, de forma totalmente autônoma, a Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão, com representantes das comunidades Jardim do Morumbi, Quintas do Vale Verde, Bonsucesso, Quintas do Maranhão, Monjolo, Palmeiras e Lagoa Formosa.

A partir de então, o Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília foi convidado a participar regularmente das reuniões, auxiliando a Comissão do ponto de vista técnico-científico, de forma a instrumentalizar as decisões, na perspectiva do reconhecimento oficial enquanto Comitê de Bacia pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, nos termos da Lei nº 9433/97 (Política Nacional de Recursos Hídricos). Além do reconhecimento, é fundamental promover também atividades que possam assegurar a mobilização das comunidades no interior da Bacia, de forma a legitimar e fortalecer os debates e tomadas de decisão no Comitê. O presente trabalho tem como objetivo oportunizar esse processo a partir da integração de práticas de Educação Ambiental com técnicas de geoprocessamento e sistematizar as experiências com suporte teórico da investigação-ação, de forma a contribuir para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e da Política Nacional de Educação Ambiental em outras bacias.

CONCEPÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

A conformação desta pesquisa foi pensada nos termos do debate da relevância apresentada por SMITH (1996), onde só tem valor quando tem por objetivo a participação e emancipação social e como relevância o *empowerment*, tanto individual quanto coletivo, culminando na alteração da ordem social em direção da justiça das práticas sociais e não mais apenas compromissada em entender e explicar a realidade social.

Assim, a pesquisa é conduzida a partir de uma atuação concreta dentro da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão (DF-GO), onde todos se reconhecem mutuamente como sujeitos e agentes das mudanças desejadas e participam conjuntamente da problematização da realidade, identificando os problemas iniciais, e da investigação/discussão destas problemáticas para então resolvê-las, e assim obter o reconhecimento formal do Comitê de Bacia Hidrográfica.

O referencial teórico da investigação-ação, além do acima exposto, tem também como relevância a alfabetização técnica dos envolvidos, construindo de forma conjunta os conhecimentos instrumental, interativo e crítico, com o intuito de

descortinar as relações opressoras, neste caso na instância racional, em busca da emancipação (PARK, 1997).

A alfabetização técnica entendida desta forma é uma concepção de educação dialógica que envolve os problemas concretos que a realidade levanta, e converge com FREIRE (1988), onde os indivíduos se apropriam da informação transformando-a em conhecimento, penetrando, desmontando, mexendo, compreendendo e dominando os aspectos técnicos, de modo formal, mas útil. Isto possibilita ampliar sua intervenção na realidade, modificando assim o mundo, compreendendo-o e exprimindo-se, superando a simples transmissão unidirecional de uma habilidade técnica. Desta forma a alfabetização técnica não é mais imposta ou doada, é vivida pelos participantes.

O maior entendimento das iniciativas de manejo e mudança de percepção por parte da comunidade leva a uma maior participação nas tomadas de decisão. Então a ordem de decisão deixa de ser de cima para baixo, como nos modelos de gestão utilizados até agora, que resultaria em uma síndrome de dependência. Caminha-se, assim, para uma sociedade ambientalmente equilibrada, igualitária, democrática e justa. Nessa perspectiva socialmente compromissada, as discussões deixam de tratar as questões de forma superficial, passando a se centralizar o trabalho de educação ambiental na conscientização da população sobre seus direitos, desvelando assim as relações de dominação da sociedade.

Para buscar o caráter verdadeiramente emancipatório é necessário, segundo SAITO (2001), uma educação ambiental que integre investigação-ação, *empowerment* e pedagogia freireana. Ou seja, a investigação-ação ajuda a desenvolver o conhecimento a partir da situação presente, existencial, concreta, refletindo o conjunto de aspirações do povo e promovendo a racionalidade e a justiça das práticas sociais, a compreensão destas práticas e da situação que a comunidade se encontra e transformar, deste modo, a realidade. Alcança-se assim o *empowerment* comunitário (segundo FRIEDMAN, 1992), com a elevação do conhecimento sócio-comunitário, baseado nos interesses comuns e na prática de ações solidárias para a resolução dos problemas locais.

Todo o trabalho desenvolvido voltou-se para a instrumentalização dos membros da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão (DF-GO), de forma a conferir aos representantes das comunidades o domínio do conhecimento técnico-científico, aumentando a confiança em si próprios, e proporcionando o aumento do controle de sua realidade, tornando-os sujeitos ativos e críticos de sua própria história.

A partir das discussões travadas nas reuniões da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica foram levantadas as seguintes aspirações: necessidade da delimitação da área de atuação, informar e sensibilizar as comunidades inseridas nesta área, discutir e esclarecer conceitos acerca de bacia hidrográfica e gestão de recursos hídricos e finalmente fortalecer a Comissão Pró-Comitê frente à comunidade.

Com esse diagnóstico e o referencial teórico firmado nas concepções de investigação-ação, pedagogia problematizadora freireana e *empowerment*, este projeto de pesquisa teve, então, quatro frentes de trabalho: delimitação da área de

atuação, identificação das regiões político-administrativas, elaboração de um livreto educativo e a montagem de uma maquete da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão. Estas atividades tiveram o intuito de instrumentalizar a Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão, para facilitar a busca da concretização e fortalecimento da democracia participativa, potencializando o processo de construção da cidadania e promovendo a justiça social, para alcançar a gestão sustentável dos recursos hídricos e a consolidação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão (Figura 2).

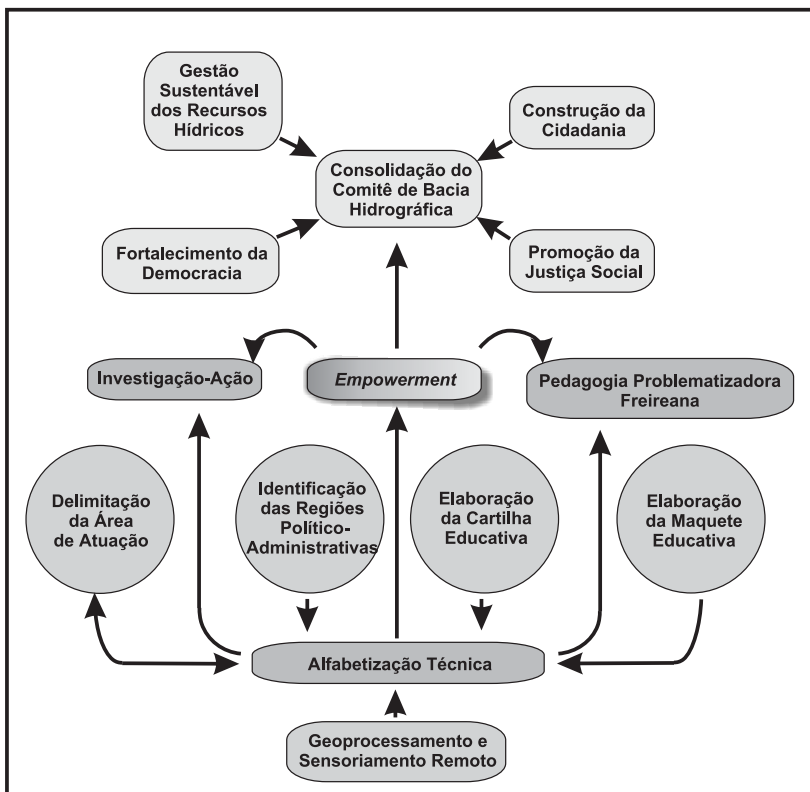


Figura 2. Concepção teórico-metodológica da instrumentalização e do fortalecimento da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão.

Os encontros ocorreram dentro do que LEWIN (1946) intitulou de espiral auto-reflexiva, onde o processo de investigação-ação consiste em um ciclo de planejamento, ação, observação e reflexão dos resultados referentes às ações. A espiral auto-reflexiva geral (Figura 3), explicita os passos e as questões abordadas: delimitação da área de atuação, identificação dos municípios e regiões administrativas englobados, livreto educativo e maquete.

Para cada etapa da espiral geral apresenta-se um detalhamento em um novo ciclo de espiral auto-reflexiva, onde a concepção é mantida, evidenciando um efeito de escala e hierarquia de sistemas na ação educativa.

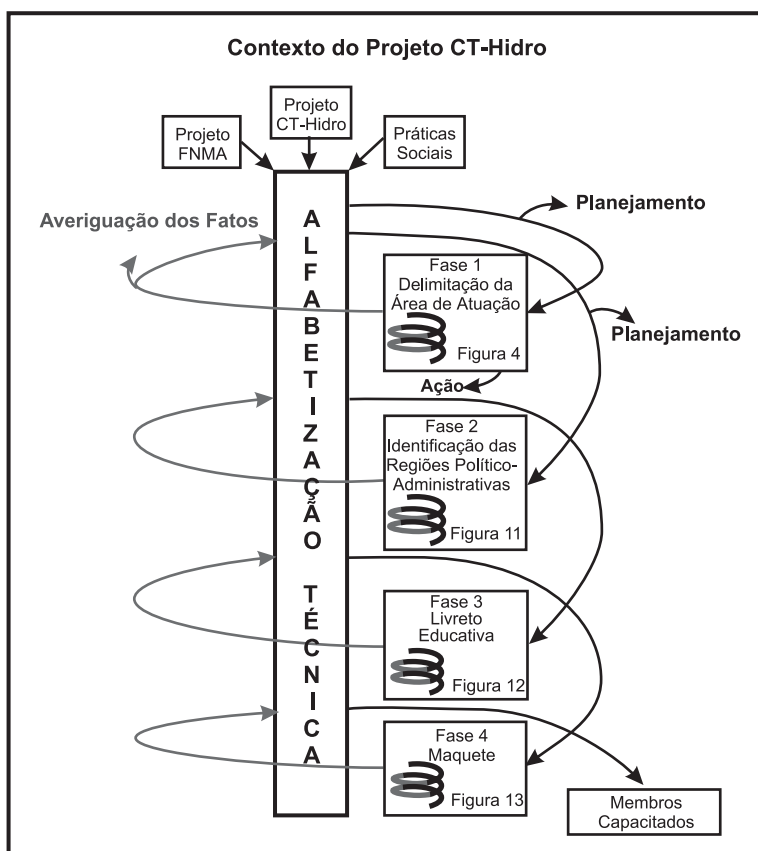


Figura 3. Espiral Auto-Reflexiva do contexto geral do projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A transformação do conhecimento técnico-científico tornando-o acessível e estabelecendo uma ligação entre os princípios científicos e a realidade concreta das comunidades, caminhando-se para a mudança social na perspectiva da libertação cultural, é o papel mais importante exercido pela educação ambiental.

Nesta perspectiva, seguindo a mesma linha de raciocínio em DE BASTOS (1990), ao invés de realizar um exame ortodoxo de cada uma das leis e/ou princípios que regem o ambiente, a educação ambiental deve, a partir da realidade e das aspirações do povo, buscar a referência teórica adequada com a intenção de compreendê-la. Desta forma, os conhecimentos científicos podem se tornar instrumentos para a compreensão da realidade e sua possível transformação por parte da comunidade, facilitando a aquisição de um maior poder de análise intelectual por parte daqueles que são os menos favorecidos, quer por apresentarem menor conhecimento ou por terem condição econômica desfavorável, quer por não terem voz ativa ou acesso aos canais de comunicação e reivindicação. A alfabetização técnica assume assim, seu viés político. Assim, as ações educativas dentro da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão, buscaram dar uma base utilitarista para o

conhecimento científico relacionando-o à realidade, proporcionando a possibilidade dos participantes de controlar e avaliar suas necessidades e ações, dentro do domínio técnico-científico, de acordo com seus interesses emancipatórios.

Delimitação da área de atuação da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Maranhão

A partir de questionamentos em reuniões da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão (DF-GO) e de documento enviado ao Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília e embasados na documentação necessária para a instituição de um Comitê de Bacia Hidrográfica, as discussões iniciaram-se com a delimitação da área de atuação, levando em consideração a capacidade de intervenção e representatividade da comunidade.

A falta de clareza e consenso entre os membros desta Comissão se revelou oportunidade fértil para empreender uma ação pedagógica voltada para a alfabetização técnica dos participantes, que de forma dialógica permitiu construir coletivamente os conceitos de bacia hidrográfica, cartografia, escalas de mapeamento, geoprocessamento e sensoriamento remoto, numa seqüência de momentos de discussão que configura uma espiral auto-reflexiva (Figura 4).

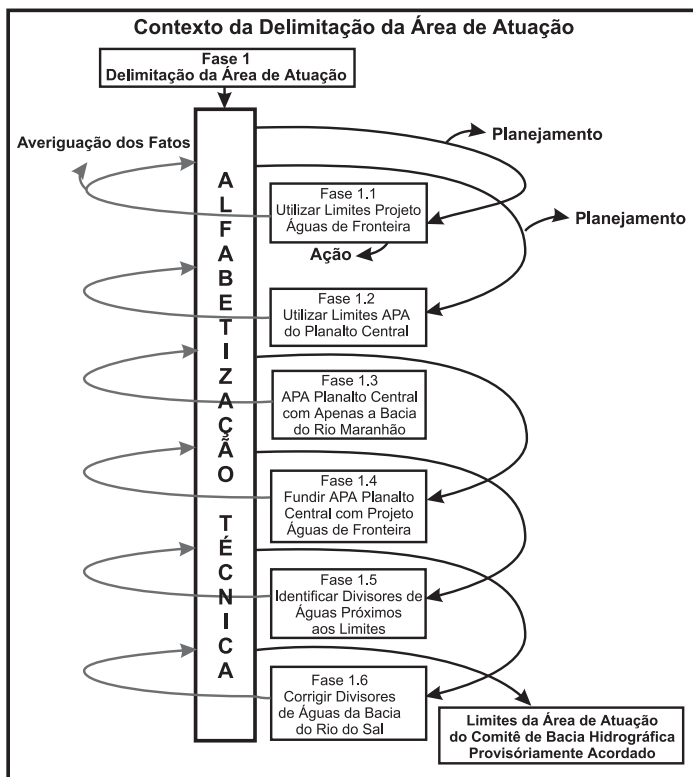


Figura 4. Espiral Auto-Reflexiva da delimitação da área de atuação da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão.

A espiral auto-reflexiva proposta por LEWIN (1946), está baseada na relação investigação-ação-avaliação, com a Comissão Pró-Comitê formando uma espécie de comunidade de investigadores-ativos, buscando compreender os ciclos naturais, a dinâmica dos recursos hídricos na bacia e os interesses sócio-econômicos envolvidos, de maneira a desenvolver uma compreensão integrada do ambiente em suas múltiplas e complexas relações.

À medida que a própria ação sobre a realidade e sua avaliação exigem a busca de novos conhecimentos porque a própria realidade está alterada, estabelece-se um processo contínuo de investigação e avaliação. Isto está de acordo com a necessidade de atualização dos planos de recursos hídricos uma vez que estes planos orientam o gerenciamento da água a partir de um diagnóstico ambiental atual projetando cenários futuros, tomando como base informações sobre crescimento demográfico, mudanças no uso e ocupação do solo e nas atividades produtivas; e da busca de um processo educativo continuado por meio da educação ambiental.

No primeiro momento, traçou-se a delimitação da área de atuação baseada no mapa Águas de Fronteira (gerado a partir do convênio entre Governo do Distrito Federal e Prefeitura Municipal de Planaltina de Goiás) (Figuras 5). A partir de discussões no interior da Comissão, esta delimitação foi descartada por abranger uma pequena área, com poucos tributários do Rio Maranhão, além de ofício enviado pela própria Comissão à UnB para que a área de atuação coincidissem com a delimitação da Área de Proteção Ambiental (APA) do Planalto Central (Figura 6).

Lançado os limites desta APA sobre a imagem de satélite constatou-se novos problemas: abrangência de outras bacias hidrográficas além da bacia do Rio Maranhão, excluindo uma das nascentes (Lagoa Formosa – GO) e não considerando os limites coincidentes com os limites das bacias hidrográficas.

Na perspectiva da resolução de problemas dialogados, debateram-se as seguintes saídas: utilizar os limites da APA do Planalto Central referentes apenas à bacia do Rio Maranhão; fundir estes limites com os limites do Projeto Águas de Fronteira para assim incluir as duas nascentes, Lagoa Formosa (GO) e Córrego Vereda Grande (DF) (Figura 7) e identificar os divisores de águas próximos aos limites (Figuras 8 e 9).

Após estas considerações e conseqüentes adaptações, a intervenção de um dos membros da Comissão Pró-Comitê foi fundamental para o traçado correto da Bacia do Alto Rio Maranhão. Neste traçado, o limite da sub-bacia hidrográfica do Rio do Sal, próximo ao limite noroeste do Distrito Federal, estava sendo erroneamente considerado, seguindo o limite político-administrativo e não o divisor de águas da sub-bacia em questão (Figura 10). Processadas as novas modificações, a área de atuação desta Comissão foi provisoriamente aprovada. Este último momento foi valioso principalmente por demonstrar a capacidade de intervenção dos participantes da Comissão Pró-Comitê, apontando um erro no mapeamento que a equipe técnica da UnB não havia percebido.

A dinâmica dessa discussão encontra-se registrada em ata, que é sempre lida e aprovada na reunião seguinte.

Após a finalização da discussão em torno da delimitação da área de atuação, com a aprovação em caráter preliminar, gerou-se um artigo e um resumo

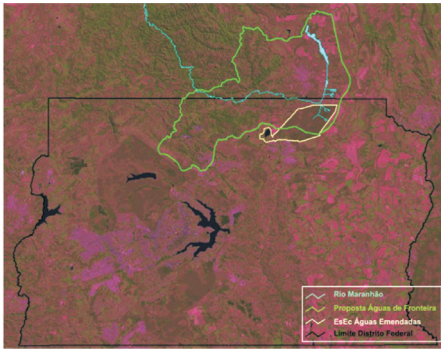


Figura 5. Limites do Projeto Águas de Fronteira.

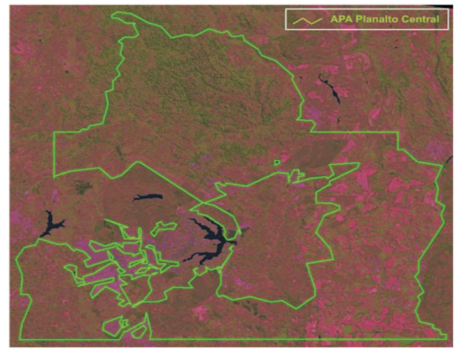


Figura 6. Limites da APA do Planalto Central.

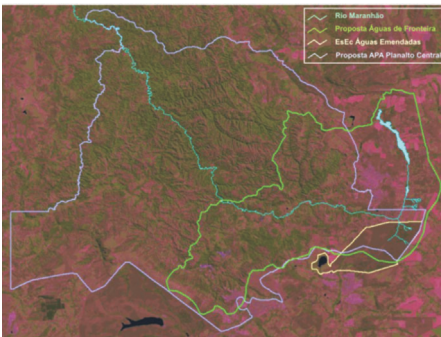


Figura 7. Limites da APA do Planalto Central sobreposta aos limites do Projeto Águas de Fronteira.

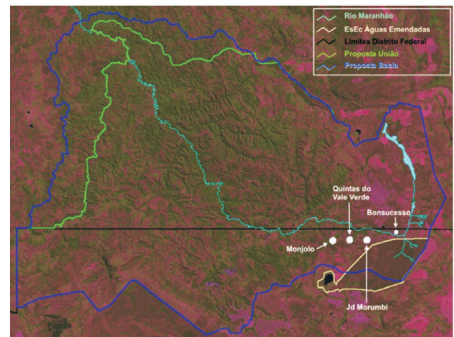


Figura 8. Adequação dos limites da Proposta União, considerando os divisores de águas do Rio do Sal e do Córrego Cachoeira.

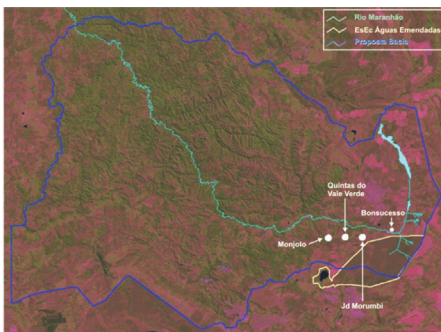


Figura 9. Novo traçado dos limites da Proposta União, considerando os divisores de águas do Rio do Sal e do Córrego Cachoeira (Proposta Básica).

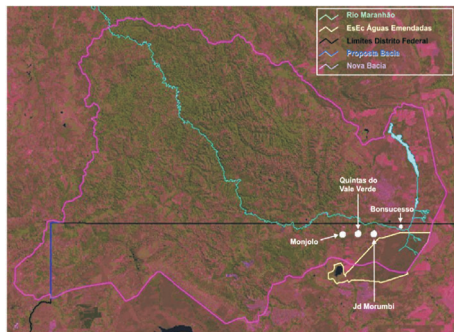


Figura 10. Modificação dos limites da Proposta Básica, considerando a porção sudoeste da Sub-Bacia do Rio do Sal (Proposta Nova Bacia).

expandido que foram discutidos e redigidos com a participação dos membros da Comissão, o primeiro, “Educação Ambiental como Círculo de Cultura Freireano por Meio de Investigação-Ação: Estudo de Caso sobre Instrumentalização de Comitês de Bacia Hidrográfica” (*publicado da Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental* (BERLINCK *et al*; 2003a); e o segundo “Educação Ambiental e Investigação-Ação Apoiada em Técnicas de Geoprocessamento: Delimitação da Área de Atuação de um Comitê de Bacia Hidrográfica” apresentado na forma de painel no VI Congresso de Ecologia do Brasil (realizado em Fortaleza, em 2003). (BERLINCK *et al*; 2003b) Esta forma de atuar conjuntamente com os educandos na documentação e publicação dos resultados vem ao encontro do que foi proposto por ZENI (1998), a fim de contribuir para a aquisição do conhecimento instrumental e potencializar a participação neste processo, bem como para a construção do conhecimento interativo quando partilham de uma mesma realidade, discutindo-a, compreendendo-a, e buscando soluções para as problemáticas geradas.

A documentação dos trabalhos assim efetuada, contribui também para a alfabetização técnica, pois além de desmistificar os conceitos científicos por se colocar em nível de igualdade os educadores (pesquisadores) e os educandos (membros da Comissão), faz com que os próprios educandos participem ativamente da investigação-reflexão-ação de sua realidade, contribuindo também para o processo de fortalecimento político-organizacional, individual e coletivamente,. Desta maneira, adquirindo também o conhecimento crítico – conhecimento produzido a partir da reflexão-ação-reflexão sobre o conhecimento instrumental e a realidade – estes educandos tornam-se sujeitos de sua própria vida e caminham para o desvelamento e transformação da realidade.

É bom lembrar que nos momentos de discussão nos moldes do círculo de cultura freireano todos são educadores e educandos. Pode-se ressaltar a intervenção da Comissão para o traçado correto da bacia de atuação, e o pedido para que a delimitação seguisse os limites da APA do Planalto Central. A discussão em torno da justificativa para este critério de definição da abrangência espacial da comissão permitiu um diálogo em torno da necessidade política de valorização da APA do Planalto Central, que hoje corre o risco de deixar de existir devido a uma Ação Direta de Inconstitucionalidade movida pelo Governo do Distrito Federal com o intuito de ver-se livre das restrições ao uso e ocupação da terra impostas pela existência dessa modalidade de Unidade de Conservação. Neste aspecto, considera-se um claro aprendizado por parte dos pesquisadores sobre a anterioridade do político em relação ao técnico.

Ressalta-se ainda que a discussão sobre a delimitação da área de atuação contribuiu também para a compreensão, pelos membros da Comissão, de conceitos-chaves essenciais para a gestão sustentável dos recursos hídricos da Bacia do Alto Rio Maranhão. Um destes conceitos é o porquê da gestão por bacia hidrográfica e não pelos limites políticos-administrativos já existentes. A geomorfologia, os pontos cardiais e o divisor de águas, levaram os participantes a reconhecer nos mapas e imagens de satélite a direção de drenagem dos corpos d’água, compreendendo a relação entre os componentes sócio-econômicos e ambientais da bacia. Outros conceitos aprendidos envolviam a Política Nacional de Recursos Hídricos com gestão descentralizada, por bacia hidrográfica, e

participativa, além dos conceitos de rios de primeira, segunda e terceira ordem.

Finalmente, os envolvidos compreenderam como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento podem ser úteis para auxiliar o Comitê de Bacia Hidrográfica na gestão e resolução de conflitos ambientais, por integrar as diversas áreas do conhecimento e apresentar as informações de forma clara e em escala de paisagem, e por facilitar a identificação e distinção dos diferentes elementos, como áreas de solo exposto, área de nascentes, parcelamento de terras, tipos de vegetação e ambiente urbano.

Identificação dos Municípios e Regiões Administrativas na Área de Atuação

A discussão sobre a delimitação da bacia de atuação, como tema gerador, acarretou na discussão de quais regiões político-administrativas estão sendo abarcadas para então identificar quais atores sociais estariam envolvidos e necessitariam de representatividade (espiral auto reflexiva da Figura 11). A importância deste debate foi justamente a percepção, por parte dos membros da Comissão, de que os representantes que devem estar presentes no futuro Comitê de Bacia não são exclusivamente aqueles das comunidades próximas ao Núcleo Rural Jardins do Morumbi, mas também representantes das regiões administrativas de Planaltina e Sobradinho (DF) e dos municípios de Padre Bernardo e Planaltina de Goiás (GO), deixando de assumir um caráter local para assumir efetivamente o caráter regional.

Esta forma de pensar e atuar está de pleno acordo com os princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos que possui como elemento central, a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos, pautada na promoção de uma negociação social justa em torno dos usos dos recursos hídricos. Para tal, as comunidades e seus representantes devem dispor de conhecimento que os instrumentalize para uma participação efetiva em meio à discussão racional que vai acontecer dentro do Comitê de Bacia Hidrográfica, que acaba por ser suprido em meio às investigações, discussões e reflexões presentes nas reuniões da Comissão Pró-Comitê.

A presença de representantes da Comissão Pró-Comitê no Consórcio Intermunicipal de Usuários de Recursos Hídricos para Gestão Ambiental da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Tocantins (CONÁGUA), a qual a Bacia Hidrográfica do Rio Maranhão está inserida, reforçou esta discussão, aumentando a parcela de contatos. Este novo diálogo levou os membros da Comissão a afastarem-se de sua realidade local, percebendo que existem outras comunidades que partilham dos mesmos anseios e necessidades, promovendo trocas de experiências que vieram a incrementar o processo de alfabetização técnica e de *empowerment* sócio-comunitário.

Um dos reflexos da alfabetização técnica e do *empowerment* da Comissão ocorreu em um dos encontros do CONÁGUA, em Padre Bernardo-GO, outubro de 2003, com o contato com possíveis representantes deste município na Comissão. Isto não poderia ocorrer caso os representantes da Comissão não se sentissem à vontade dentro dos embates racionais travados no encontro para expor suas necessidades e convidar novos parceiros, e assim somar esforços para o reconhecimento do futuro Comitê pelos órgãos ambientais estaduais e distritais,

bem como pela Agência Nacional de Águas.

Outro ponto que merece atenção é a retomada da discussão de gestão por bacia hidrográfica e não por limites políticos-administrativos, iniciada no item anterior. Houve por parte dos membros da Comissão, a compreensão de que os limites municipais foram reconhecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos como inadequados, pelo fato de que a jurisdição administrativa, no que concerne à gestão de recursos hídricos, não alcança as áreas causadoras e/ou que sofrem os efeitos dos impactos gerados pelas ações antrópicas. Este conceito é essencial não só para a estruturação do Comitê de Bacia Hidrográfica, mas também para uma atuação responsável por parte de seus componentes, pois leva à necessidade de se unir esforços dos diversos níveis administrativos, dos usuários passíveis de outorga e da sociedade civil organizada, de forma cooperativa para

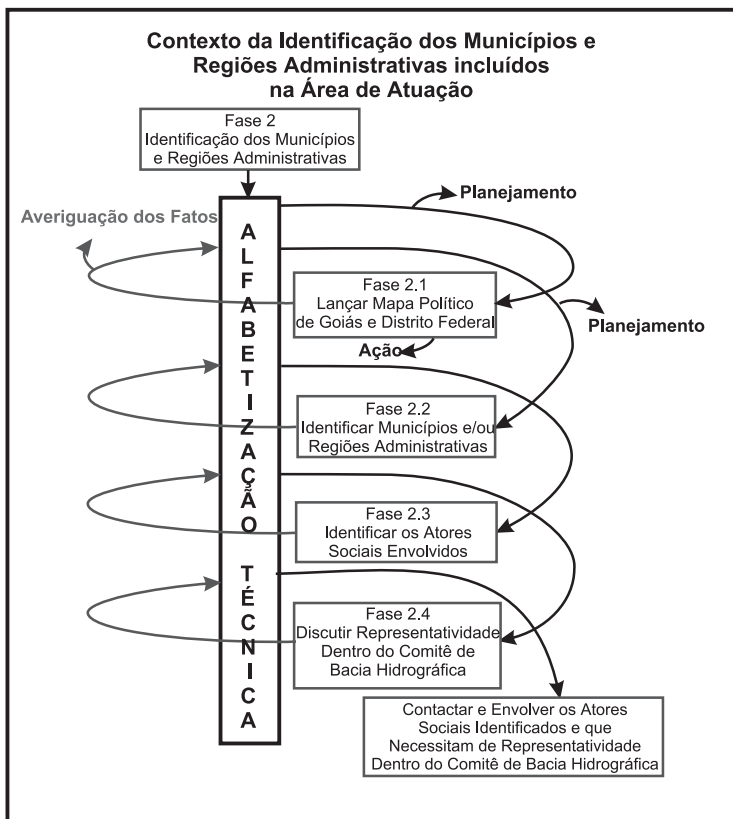


Figura 11. Espiral Auto-Reflexiva da identificação dos municípios e regiões administrativas, dos atores sociais bem como de sua representatividade, incluídos na área de atuação da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão.

uma adequada gestão deste recurso hoje considerado finito.

Elaboração do livreto educativo sobre recursos hídricos

Em meio às discussões nas reuniões da Comissão Pró-Comitê de Bacia

Hidrográfica do Alto Rio Maranhão para a delimitação da área de atuação e a partir da constatação da baixa representatividade da comunidade bem como da pequena conscientização acerca dos recursos hídricos, identificou-se a necessidade de elaborar um livreto educativo que além de sensibilizar a comunidade englobada na área definida, informasse sobre a problemática da gestão dos recursos hídricos, enfatizando a necessidade de uma gestão descentralizada, por bacia hidrográfica, e participativa, com a importância e o papel de todos os envolvidos com recursos hídricos.

Além disto, é imperativo que se enraíze a Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica que tem a intenção de representar o interesse de todos auxiliando na gestão sustentável dos recursos hídricos. Com esta constatação, e dentro da concepção de investigação-ação, pretendendo alcançar a alfabetização técnica dos envolvidos, a discussão em torno do livreto se deu também através da espiral auto-reflexiva de LEWIN (1946) (Figura 12).

O livreto é apresentado aqui, seguindo as idéias de FREIRE (1988), como um recurso educativo que facilita a comunicação entre educadores e educandos, em

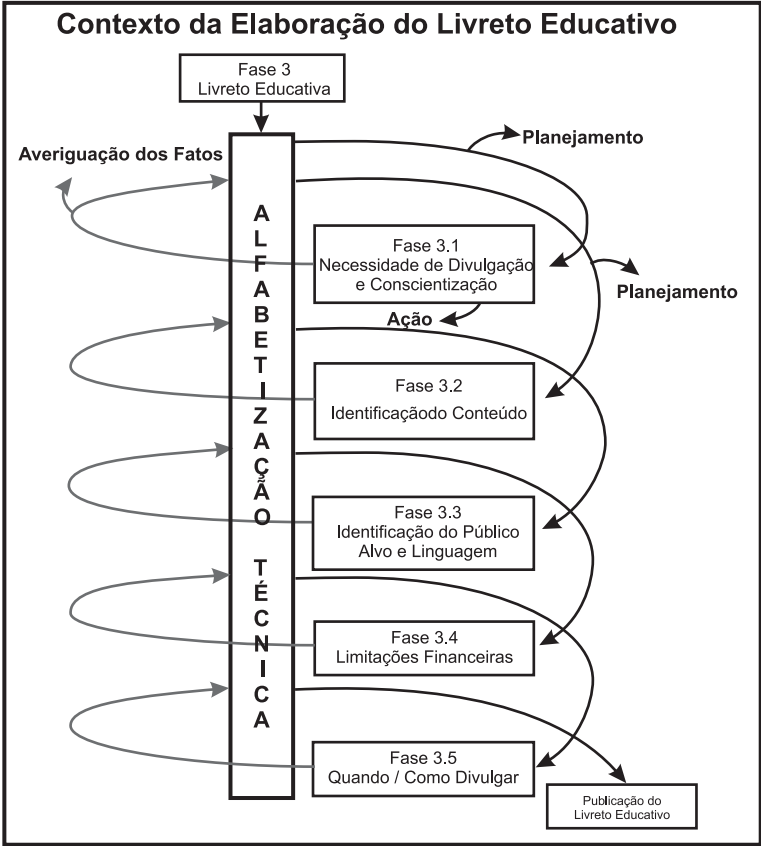


Figura 12. Espiral Auto-Reflexiva da elaboração do livreto educativo acerca dos recursos hídricos.

sendo este livreto produto dos diálogos interculturais entre os dois segmentos sociais. O livreto gestado nestas condições encerra, ainda, dois estágios: o estágio da elaboração, e o estágio da divulgação junto à comunidade. Na fase de elaboração, estabelece-se um diálogo e mútuo aprendizado entre os investigadores e os membros da Comissão, diálogo este que integra educadores e educandos. Na fase de divulgação novamente deixam de prevalecer nos membros da Comissão as características de educando, para que características de educador (em relação aos educandos-comunidade) sejam realçadas, e novamente, apresentada à comunidade escolar para ser assumida pelas comunidades envolvidas.

Ao tomarmos o livreto como recurso educativo devemos atentar para o fato de que ele é um meio e não o fim, considerado como parte integrante do plano de educação ambiental e estando de acordo com a necessidade do Comitê de desenvolver atividades educativas com vistas a uma maior participação social e a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da bacia.

Os conteúdos a constarem no livreto foram então identificados e discutidos considerando-se as aspirações da comunidade quanto a sua linguagem e profundidade de informação. Logo, os principais itens a serem abarcados foram definidos: problemática dos recursos hídricos, bacia hidrográfica como unidade de gestão territorial, usos e ocupação do solo, Política Nacional de Recursos Hídricos e o Comitê como órgão gestor dos recursos hídricos da bacia.

Ao compreender a natureza do problema em suas mais amplas ramificações, a comunidade está em melhor posição para ver este problema como algo que deve ser resolvido enquanto assunto comunitário (conhecimento interativo). A ação influencia então o conhecimento e este, não só melhora a capacidade técnica dos participantes, mas conduz à formação de processos colaborativos necessários para uma atuação organizada na instância política (Comitê de Bacia Hidrográfica), configurando o conhecimento crítico.

Este processo, investigação-reflexão-ação, culmina no fortalecimento político-organizacional da comunidade envolvida, levando ao *empowerment* social, segundo FRIEDMAN (1992), e conseqüentemente ao desvelamento das relações sociais de opressão e sua emancipação social e política.

Com a finalização do livreto educativo partiu-se para a discussão de qual a melhor estratégia para sua distribuição, considerando abranger o maior número de pessoas e comunidades com o menor custo.

Em consonância com a discussão desta problemática, a decisão tomada em reunião com a diretora da Escola Classe Osório Bacchin onde se discutiu a viabilidade de se utilizar a infra-estrutura da escola, foi de realizar um encontro para a apresentação da Comissão conjuntamente com a divulgação do livreto, primeiramente com os pais dos alunos (caseiros), em detrimento dos proprietários, dos representantes do poder público e dos usuários.

A realização dos encontros na escola, além de valorizar a escola como *locus* de acesso ao conhecimento, do ponto de vista da comunidade, permite estreitar o laço entre a Comissão Pró-Comitê, a comunidade docente da escola, os alunos e seus familiares. Isto facilita também a integração do currículo escolar com a realidade sócio-ambiental local, levando a um aumento da capacidade de participação, discussão e resolução dos problemas dentro da Comissão Pró-Comitê, e desta maneira assumindo, o caráter intervencionista nas futuras

gerações. Logo, integrar a educação formal nos processos de estruturação da Comissão Pró-Comitê e de gestão sócio-ambiental, aumenta o *empowerment* da comunidade.

Dentro desta perspectiva, resolveu-se aliar as atividades da semana da água, prevista no calendário de atividades da Escola Rural Osório Bacchin, Planaltina (DF), com a apresentação da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão e com a divulgação do livreto educativo sobre recursos hídricos. Uma ação educativa dirigida aos docentes desta escola foi desenvolvida pela equipe do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília no sentido de realizar um planejamento pedagógico global conjunto para o ano de 2004, aliado a um ciclo de cursos de capacitação de professores de ensino fundamental abordando, entre vários temas, a construção de maquetes de bacias hidrográficas, a criação de minhocas, e a elaboração de relatórios acerca do planejamento pedagógico por projetos. Estas ações conjugadas forneceram os subsídios necessários para os professores desenvolverem atividades didáticas em sala de aula, como adaptações musicais, redações, criação de peças teatrais, incluindo teatro de bonecos, conforme descrito mais profundamente no capítulo **Educação Ambiental e Planejamento Pedagógico Escolar para integração escola-comunidade: estudo de caso** contido neste mesmo livro, convergindo as ações para a apresentação conjunta dos trabalhos, que em síntese, integra a Universidade, escola e a comunidade organizada, na forma da Comissão Pró-comitê de Bacia Hidrográfica.

O emprego de materiais impressos, como o livreto, é um dos métodos largamente utilizados em educação ambiental, por apresentarem características extremamente condizentes com o processo de aprendizagem, pois facilitam a consulta, a fixação e a multiplicação de informações, acarretando na aprendizagem e na mudança de atitude. Dentro desta perspectiva, o livreto foi estruturado não apenas como instrumento de alfabetização técnica, com informações sobre a problemática ambiental local, mas também com sugestões de práticas que irão alterar o quadro destas problemáticas e tirar o leitor de seu estado de sujeição intelectual, como, por exemplo, participando da estruturação do Comitê e da gestão dos recursos hídricos.

O livreto como produto coletivo da Comissão Pró-Comitê incrementou o debate sobre a conservação do meio ambiente, de modo geral, e dos recursos hídricos, em particular. Além do objetivo educativo, o livreto visa também fortalecer a imagem e a legitimidade da Comissão Pró-Comitê junto às comunidades, proporcionando, inclusive, que o debate sobre a representação e demandas locais seja potencializado e canalizado para o maior fortalecimento desta Comissão. Nesta perspectiva, acredita-se estar somando esforços para um maior *empowerment* social na região do Alto Rio Maranhão.

Como a elaboração do livreto envolveu atividades de pesquisa-reflexão-ação colaborativamente entre educadores-educandos e educandos-educadores, foi decidido incluir como autores todos os envolvidos no processo, de forma a valorizar e incentivar suas intervenções (ZENI, 1998). Tal perspectiva também se mostrou presente nas discussões do resumo expandido "Utilização de Cartilha como Ferramenta de Educação Ambiental, Dentro da Concepção de Investigação-Ação Educacional, para a Instrumentalização de Comunidades Acerca dos

Recursos Hídricos” apresentado na forma de painel no VI Congresso de Ecologia do Brasil realizado em Fortaleza em 2003 (TAVOLUCCI *et al*, 2003).

Estes momentos vieram a incrementar o processo de alfabetização técnica por permitir a discussão e o esclarecimento dos conceitos de usos múltiplos e da necessidade de participação social na gestão dos recursos hídricos para assim preservar os interesses de todos que se encontram nos limites da bacia hidrográfica.

A Comissão Pró-Comitê começa a se articular e pensar como educadores, a partir da promoção de encontros que sensibilizem e promovam questionamentos sobre a realidade em sua comunidade, além de ser uma consequência do processo de educação ambiental realizado, o que mostra o amadurecimento e fortalecimento enquanto grupo social, assim como o reconhecimento de que se encontra em curso um processo de emancipação da Comissão.

Construção da maquete da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão

Dentro da concepção de investigação-ação educacional para a alfabetização técnica, a elaboração da maquete como suporte mediador da construção de conceitos, enfoca o entendimento e apreensão da paisagem como um todo. O modelo tridimensional facilita identificar as regiões onde o relevo é mais acidentado, portanto mais suscetível à erosão; onde a declividade é maior, conseqüentemente mais suscetível ao assoreamento; como se apresenta o uso e ocupação do solo na bacia, relacionando-o com os usos que se pretende; e de que forma os usuários dos recursos hídricos se encontram interligados pela conformação topográfica, localizando os divisores de águas, a rede de drenagem e a direção da drenagem.

Estes conceitos são fundamentais para se discutir a gestão e o gerenciamento dos recursos hídricos. A compreensão destes conceitos permite aos representantes da comunidade que os constroem de participar de forma efetiva da instituição de um Comitê de Bacia Hidrográfica, bem como de discutir o Plano de Recursos Hídricos proposto pela Agência de Águas contratada, e ainda permite-lhes deixar de venerar os técnicos, representantes do poder público ou dos grandes empreendedores usuários da água no momento das deliberações dentro do parlamento estabelecido no Comitê, com conhecimento de causa e re-estabelecendo a autoconfiança frente aos problemas técnicos.

Para alcançar essa compreensão regional da realidade local dentro da concepção de investigação-ação, a construção do conhecimento se desenvolveu a partir de outra espiral auto-reflexiva (Figura 13).

A educação ambiental, utilizando os problemas cotidianos para implementar conhecimento, alia o conhecimento técnico dos educadores-educandos com o conhecimento empírico dos educandos-educadores, facultando abandonar a teoria abstrata e passando à prática libertadora.

A primeira etapa da confecção da maquete foi a identificação das curvas de nível da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão, a partir do banco de dados SIG Goiás com escala 1:250.000 no programa ArcView. Esta escala, relação entre as medidas do terreno (real) e as do mapa digital (representação), foram readequadas no momento da impressão dos mapas topográficos obtendo-se uma escala de plotagem de 1:400.000 onde 1cm do mapa representa 4.000m no terreno, tornando compatível o tamanho da bacia hidrográfica 251km² com o das placas de isopor utilizadas, 100cm/50cm. Em função da escala tem-se um determinado

grau de simplificação dos fenômenos reais obtido através da generalização cartográfica, o que implica uma seleção de dados a serem representados e uma adequação destes ao desenho do mapa (SIMIELLI *et al.*, 1992). Além da escala horizontal, em se tratando de um modelo tridimensional, existe também a escala vertical permitindo que se tenha a noção de altitude. Para a escolha da escala vertical, além da escala horizontal, considera-se a configuração do terreno, no caso da maquete da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão a escala vertical foi de 1:10.000 onde 1cm representado corresponde 100m de altitude real, obtendo assim o que SIMIELLI *et al.* (1992) consideram exagero vertical, de 40 vezes.

Escolhidas as escalas e o exagero vertical, passou-se à reconstrução da terceira dimensão a partir do plano para que os membros da Comissão visualizassem melhor a configuração topográfica da bacia e as ocorrências no espaço geográfico.

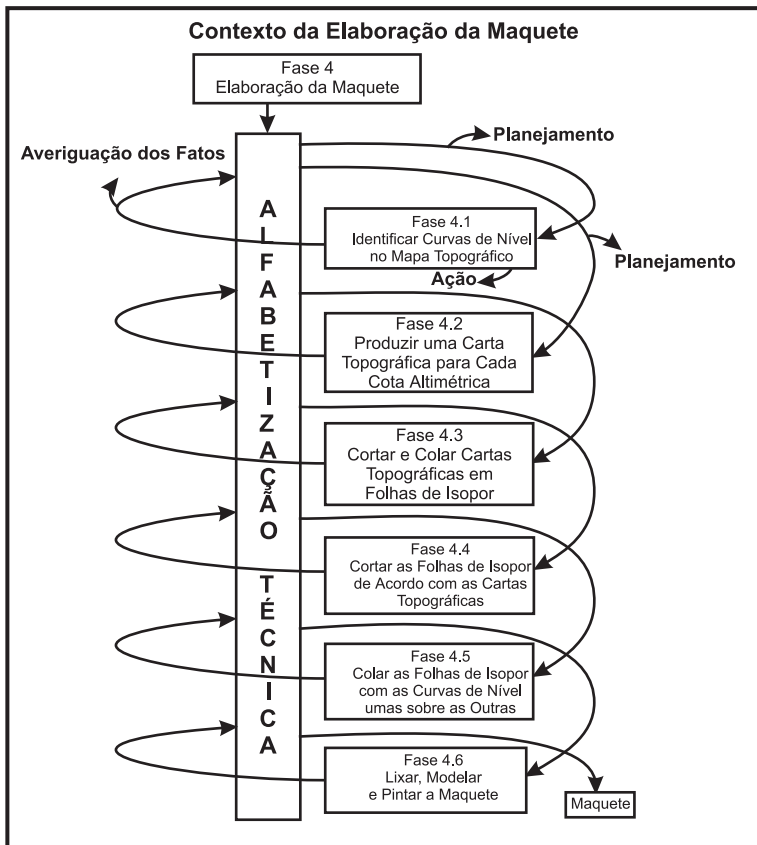


Figura 13. Espiral Auto-Reflexiva da elaboração da maquete educativa da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão.

Assim deu-se a escolha das curvas de nível com intervalos de 100m.

Com a base cartográfica finalizada imprimiu-se uma carta topográfica contendo todas as cotas altimétricas servindo como mapa-base, e uma carta para cada cota, contendo sempre as curvas de nível superiores, o que facilita a colagem

das folhas de isopor umas sobre as outras após estas serem cortadas, como, por exemplo, a carta de cota altimétrica 1.000m que além desta curva de nível contém as curvas de 1.100m, 1.200m e 1.300m. Procedeu-se assim a organização de uma apresentação de todo o processo que originou os mapas cartográficos facilitando a compreensão por parte dos membros da Comissão.

Cada uma das cartas foi então cortada e colada em folhas de isopor, estas foram cortadas de acordo com as curvas de nível e posteriormente coladas umas sobre as outras.

As faixas altimétricas em isopor permaneceram em repouso por uma noite para secagem da cola, de forma a assegurar a plena aderência de uma camada na outra. Nesta etapa foi tomada uma decisão entre todos os presentes para que a fase de lixamento, cobertura de gesso e pintura fosse concluída pelos pesquisadores da Universidade de Brasília. Esta decisão foi motivada pelo fato de se iniciar, naquele dia, a Plenária preparatória da Pré-Conferência do Meio Ambiente, com a definição preliminar dos temas, resoluções e critérios para a tirada de delegados do Distrito Federal para participação na Conferência Nacional do Meio Ambiente, e ter-se decidido pela necessidade da Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão estar presente e atuante neste processo. Ainda em meio às discussões sobre os encaminhamentos necessários, um dos membros da Comissão sugeriu que se deixasse, na maquete, porções que representem cada uma das etapas da confecção, isto é, partes apenas com as curvas de nível coladas, partes com o isopor lixado, partes com gesso e partes pintadas.

A fim de suavizar e dar a idéia de continuidade do relevo, as bordas das placas de isopor foram lixadas e os intervalos entre os degraus das placas de isopor foram preenchidos com gesso, unindo a borda do degrau superior ao inferior. Após a secagem do gesso utilizou-se novamente a lixa d'água fina para uniformizar e dar acabamento. Terminada esta etapa, procedeu-se finalmente a pintura com tinta látex. Todas as etapas deste processo de elaboração da maquete estão ilustradas na Figura 14.

Com a elaboração da maquete conjuntamente com a Comissão Pró-Comitê, através da discussão sobre escalas e curvas de nível, acredita-se contribuir para a alfabetização técnica, dos envolvidos a partir da vivência e da construção de um modelo tridimensional da área geográfica que estão inseridos. Esta atividade permitiu aos participantes superar a abstração necessária para a visualização das formas topográficas presentes nos mapas, bem como facilitar a localização e perceber as inter-relações dos elementos da paisagem de forma concreta e com uma visão do todo, como ilustra o comentário de um participante quando da colagem da última cota altimétrica: "Minha chácara está mais ou menos por aqui, a ponte para Planaltina de Goiás aqui e a cachoeira do Rio Maranhão aqui. Portanto, tudo o que acontece nesta parte aqui acima, influencia esta parte abaixo, pois a água que corre lá, corre aqui, certo?".

Neste cenário, dentro da concepção de investigação-ação, tanto a maquete como o livreto educativo são colocados como um meio, uma ferramenta, para se trabalhar a problemática local com vistas à alfabetização técnica, contribuindo para o processo de *empowerment*, buscando a independência da comunidade e levando-os a perceber que o gerenciamento ambiental, em específico, o gerenciamento dos recursos hídricos, é uma questão que deve ser resolvida na instância política, e para isso é necessária uma organização social que os



Figura 14. Fases do processo de elaboração da maquete, (A) discussão sobre o procedimento, (B) corte das curvas de nível dos mapas, (C, D) colagem e corte das curvas de nível em isopor, (E) colagem dos cortes das curvas umas sobre as outras, (F) lixamento do isopor, (G) maquete após aplicação do gesso, (H) maquete pintada e finalizada de acordo com o proposto.

regulamente e fortaleça.

A construção da maquete, em um processo educativo orientado pela pedagogia freireana, a partir da realidade e necessidade da comunidade, permitiu esclarecer e interiorizar os conceitos de escala, curvas de nível, faixas altimétricas, geomorfologia e pontos cardiais, transformando-os em conhecimento, justamente por terem vivenciado todo o processo.

Esta problematização da realidade, concebida dentro da tríade: investigação-ação, pedagogia problematizadora freireana e *empowerment*, aliado à atividade de construção de um modelo tridimensional baseado em técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto melhoraram a capacidade dos envolvidos de interpretar mapas, imagens de satélite e fotografias aéreas, sendo estes a linguagem com a qual a maioria dos dados sócio-ambientais é apresentada pelos técnicos dos setores públicos e dos usuários de água. Isto também favoreceu a construção do conhecimento interativo dos participantes por compartilharem a mesma realidade, e crítico por terem capacidade técnico-científica de questionar e propor alternativas para o desenvolvimento sócio-econômico local e regional, alfabetização técnica, caminhando para mudanças sociais e tornando-se sujeito da própria história.

A emancipação se torna, então, uma consequência do trabalho de educação ambiental, explicitado pela postura crítica que os participantes assumem frente às atividades propostas, alterando o rumo e as próprias atividades, além de, em alguns momentos, agirem e atuarem como educadores, como no caso da construção parcial da maquete que deverá ser utilizada pela Comissão para sensibilizar e discutir formas de construção de conhecimento, ou ainda do livreto, forte instrumento de informação e sensibilização, promovendo questionamentos e aumentando a participação da comunidade nas instâncias políticas.

CONCLUSÕES

A concepção metodológica, aliando-se investigação-ação, pedagogia freireana e *empowerment*, permite partir da realidade da comunidade e, vivendo uma efetiva participação na construção e vivência dos conhecimentos, possibilitar a instrumentalização técnica dos envolvidos para atuarem ativamente na estruturação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão, assumindo um caráter emancipatório.

Do ponto de vista da educação ambiental, os procedimentos adotados permitem integrar tanto a educação ambiental formal como a não-formal, e do ponto de vista interno da universidade, permite integrar ensino (graduação e pós-graduação), pesquisa e extensão. Do ponto de vista do ensino, envolve alunos de graduação em disciplina de estágio em ecologia e de pós-graduação, na elaboração de suas respectivas dissertações de mestrado e teses de doutorado. Do ponto de vista da pesquisa e extensão, um projeto de pesquisa financiado pelo CNPq no edital CT-Hidro contempla, como parte de suas atividades, o desenvolvimento metodológico em educação ambiental para gestão de recursos hídricos, que por sua vez, encontra-se destacado e credenciado como atividade de extensão junto ao Decanato de Extensão, gerando, dialeticamente, teoria

integrada à ação prática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA, Agência Nacional de Águas [on line] Disponível na Internet vi www. URL: www.ana.gov.br Arquivo capturado em 10 de Julho de 2003
- BAZIN, M. O Cientista como Alfabetizador Técnico. In: ANDERSON, A.; BAZIN, M. **Ciência e (In) Dependência**. Lisboa: Livros Horizonte, 1977. v.2, p. 94 – 98.
- BERLINCK, C. N. **Comitê de Bacia Hidrográfica: Educação ambiental e Investiga-ção-Ação**. Brasília, 2003. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília.
- BERLINCK, C. N.; SANTOS, I. A.; SILVA, C. M.; TAVOLUCCI, A. B. L.; STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; MELO, V. R. M.; ALMEIDA, F. J.; SILVA, M. I. C.; SAITO, C. H. Educação Ambiental como Círculo de Cultura Freireano por meio de Investiga-ção-ação: estudo de caso sobre instrumentalização de Comitês de Bacia Hidrográfica. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**. Rio Grande, v.10, p.89 - 103, 2003a.
- BERLINCK, C. N.; TAVOLUCCI, A. B. L.; SILVA, C. M.; SANTOS, I. A.; STEINKE, V. A.; MELO, V. R. M.; ALMEIDA, F. J.; GOLEBIOWSKI, S. M.; SILVA, M. I. C.; SAITO, C. H. Educação Ambiental e investigação-ação apoiada em técnicas de geoprocessamento: delimitação da área de atuação de um comitê de bacia hidrográfica In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6, 2003, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2003b. v.II. p.529 – 531.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Institui Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Diário Oficial da União, Brasília, D.F., 19 Julho de 2000. Seção 1, p. 1.
- BRASIL. Decreto s/ nº, de 10 de janeiro de 2002. **Institui a Área de Proteção Ambiental do Planalto Central**. Diário Oficial na União, Brasília, D.F. 10 de Janeiro 2002. Seção 1, nº 8, p. 88 – 89
- CARMO, R. L ; GAMA, I. População e Recursos Hídricos no Centro-Oeste: Disponibilidade, Demandas e Conflitos. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE, 2, 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2002. 1 CD-ROM.
- DE BASTOS, F. DA P. **“Alfabetização Técnica” na Disciplina de Física: uma Experiência Educacional Dialógica**. Florianópolis 1990. 174 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Ed. Paz e Terra, 1988. 218p.
- FRIEDMAN, J. **Empowerment: the Politics of the Alternative Development**. Cambridge: Blackwell Publishers, 1992. 196 p.
- GEOLÓGICA CONSULTORIA AMBIENTAL. **EIA-RIMA – Centrais Hidrelétricas de Palma, Muçungo e do Sal na Bacia Hidrográfica do Rio do Maranhão (GO)**. Relatório Técnico, 2002.

LEWIN, K. Action Research and Minority Problems. **Journal of Social Issues**. v. 2, p. 34 – 46, 1946.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Contribuição Hídrica do Cerrado para as Grandes Bacias Hidrográficas Brasileiras. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE, 2, 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2002. 1 CD-ROM.

MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. S.; BIANCHI, C. A., VIANNA, R. L.; SANTOS, A. J. B.; SAITO, C. H. Áreas de Risco no Entorno de Unidades de Conservação: Estudo de Caso da Estação Ecológica de Águas Emendadas, Planaltina, DF. In: MARINHO-FILHO, J.; RODRIGUES, F.; GUIMARÃES, M. (orgs). **Vertebrados da estação Ecológica de Águas Emendadas: História Natural e Ecologia em um Fragmento de Cerrado do Brasil Central**. Brasília: Governo do Distrito Federal, 1998. p. 64 – 78.

PARK, P. Qué es la Investigación-acción – Perspectivas teóricas y Metodológicas. In: SALAZAR, M. C. (org). **La investigación-Acción participativa – inícios y Desarrollos**. Lima: Tarea, 1997. p. 135 – 174.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológica, Uso e Ocupação**. São Paulo: Escrituras, 1999. 717 p.

SAITO, C. H.; FRANCO, E. M.; VASCONCELOS, I. P.; GRAEBNER, I. T.; DUSI, R. L. M. **Educação Ambiental na Cachoeira do Morumbi: Projeto Educação e Pesquisa Ambiental Participante: Uma Comunidade em Defesa de sua Cachoeira**. Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, 2000. 119 p.

SAITO, C. H. Por que a Investigação-Ação, *Empowerment* e as Idéias de Paulo Freire se Integram? In: MION, R. A.; SAITO, C. H. (orgs). **Investigação-Ação: Mudando o Trabalho de Formar Professores**. Ponta Grossa: Gráfica Planeta, 2001. p. 126–135.

SIMIELLI, M. E. R.; GIRARDI, G.; BROMBERG, P.; MORONE, R.; RAIMUNDO, S. L. Do Plano ao Tridimensional: a Maquete como Recurso Didático. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 70, p. 5 – 21, 1992.

SMITH, B. Addressing the Delusion of Relevance: Struggles In Connecting Educational Research and Social Justice. **Educational Action Research**, v. 49, n. 1, p. 73 – 91, 1996.

TAVOLUCCI, A.B.L., BERLINCK, C. M. SANTOS, I. A. GRAEBNER, I.T., MELO, V. R. M., ALMEIDA, F.J., SAITO C. H. Utilização de cartilha como ferramenta de educação ambiental, dentro, da concepção de investigação-ação educacional, para instrumentalização de comunidade acerca dos recursos hídricos In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6, 2003, Fortaleza. **Anais...** Universidade Federal do Ceará, 2003. v.II. p.504-505.

ZENI, J. A Guide to Ethical Issues and Action Research. **Educational Action Research**, v. 6, n. 1, p. 9 – 19, 1998.

CAPÍTULO V

Diagnóstico da Situação das Margens da Bacia do Alto Rio Maranhão

*Luiz Henrique Fonseca Ribeiro, Christian Niel Berlinck, Rodrigo Stolze Pacheco,
Mardocheu Pereira da Rocha, Carlos Hiroo Saito*

INTRODUÇÃO

O ano de 2003 foi considerado como o Ano Internacional da Água Doce (Resolução 55/196) pela Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), servindo como um sinal de alerta para a grave situação da água doce no planeta. Essa iniciativa procurou despertar a opinião pública para uma crise hídrica que pode tornar-se um dos mais graves problemas a ser enfrentado nas primeiras décadas deste século (ROMERA e SILVA *et al.*, 2003).

O Cerrado é caracterizado como uma vegetação de fisionomia e flora próprias, classificada como savana dentro dos padrões de vegetação do mundo (EITEN, 1994). É considerado o segundo maior bioma brasileiro, com uma área que representa cerca de 23% do nosso território (RIBEIRO & WALTER, 1998).

Destaca-se devido a sua grande extensão, sua heterogeneidade vegetal, e por conter trechos das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul e ainda contribui com cerca de 5% da diversidade da fauna e flora mundiais (ALHO & MARTINS, 1995).

Diagnósticos da situação das margens de corpos d'água servem para avaliar os níveis de impactos antrópicos em trechos de bacias hidrográficas, constituindo-se em importantes instrumentos de monitoramento ambiental, sendo indispensáveis para as práticas de manejo e investimentos em recuperação e conservação dos recursos hídricos bem como da vegetação ripária nativa que protege os rios.

Dentre as formações vegetais do bioma Cerrado, a mata de galeria é caracterizada como vegetação florestal que se associa a rios de pequeno porte dos planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados (galerias) sobre os cursos d'água (RIBEIRO & WALTER, 1998, 2001). Esta vegetação destaca-se por desempenhar importantes funções ecológicas e hidrológicas no ambiente (FELFILI, 1994). Protege as margens dos rios, evitando o assoreamento, garante a manutenção da qualidade e quantidade de água de seus leitos, servindo de alimento para a fauna nativa (FELFILI, 2000) e para a população do Centro-Oeste brasileiro, que conserva em parte a cultura alimentar do homem primitivo, uma vez que os frutos do Cerrado continuam na sua dieta (ALMEIDA, 1998).

A importância das matas de galeria está relacionada às diferentes funções que desempenham em uma bacia hidrográfica e está diretamente ligada a qualidade de vida da população local, sendo esta classificada como área de preservação permanente, definida pela lei 4.771 de 15 de setembro de 1965 do Código Florestal Brasileiro, alterada pela lei 7.803 de 18 de julho de 1989.

O objetivo deste trabalho foi a aplicação de um protocolo de avaliação rápida e simplificada das margens da bacia do alto rio Maranhão, capaz de diagnosticar a situação das áreas que encontram-se degradadas ao longo da bacia que têm a necessidade de serem recuperadas e definir as áreas que ainda estão preservadas, prioritárias para conservação da vegetação nativa que margeia o rio. Foi elaborado a partir do protocolo proposto por CALLISTO *et al.* (2002), adequando o mesmo às condições da região estudada.

ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Alto rio Maranhão, está englobada pela Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (Decreto s/ n° de 10 de janeiro de 2002), e mantém sobreposição parcial com a Área de Proteção Ambiental da Lagoa Formosa-GO, Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Águas Emendadas-DF e Corredor Ecológico Paranã-Pirineus. Possui ainda preservados alguns trechos de mata de galeria, porém, em sua grande maioria encontram-se áreas totalmente devastadas, onde a vegetação nativa não existe mais ao longo do rio devido a forte pressão de atividades antrópicas. Localizada no Distrito Federal e Estado de Goiás, engloba as cidades de Padre Bernardo-GO, Planaltina de Goiás-GO, Planaltina-DF, Sobradinho-DF e Brazlândia-DF (Figura 1), tendo como importância a proteção dos mananciais, a regulação dos recursos hídricos e o parcelamento do solo, além de garantir o uso racional dos recursos naturais (BRASIL, 2002). A área analisada encontra-se situada entre os pontos 15°25'49.3" - 15°30'06.5" S e 47°33'08.6" - 47°37'44.5" W e constitui um dos trechos mais degradados ao longo da bacia.

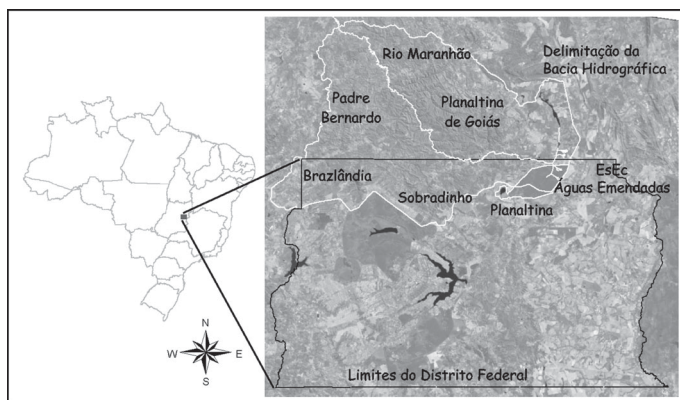


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão.

JUSTIFICATIVA

Diagnósticos da situação das margens dos cursos d'água e estudos detalhados sobre a composição florística e a ecologia das comunidades vegetais são extremamente úteis para embasar quaisquer iniciativas de conservação e preservação de espécies e ecossistemas, tornando assim a bacia hidrográfica uma unidade de planejamento e gestão muito importante.

As matas de galeria da região do Cerrado, devido ao valor econômico de suas espécies, à necessidade de conservação da flora, da fauna e da água para consumo humano, e à sua importância regional, fornecem excelente material de estudo para a conservação da biodiversidade.

A implantação de projetos de conservação de bacias hidrográficas, bem como de modelos de recuperação de áreas degradadas e de recomposição da vegetação nativa que margeia o rio, vêm de fato atender as exigências intencionais de promoção de mudanças de atitudes e no modo de pensar dos indivíduos inseridos na bacia do Alto rio Maranhão, para não presenciarmos em tão curto espaço de tempo impactos ambientais irreversíveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de campo foi realizado nos dias 06 e 07 de março de 2004, onde o rio Maranhão foi percorrido desde a Lagoa Formosa às margens da rodovia GO-430 até a Cachoeira do Morumbi no loteamento rural Jardins do Morumbi. No primeiro dia foram percorridos 17 quilômetros da Lagoa Formosa até o Hotel Fazenda Águas Emendadas e no segundo 11 quilômetros, do hotel até a Cachoeira do Morumbi, totalizando 28 quilômetros. Foram amostrados 14 pontos ao longo da bacia (Figura 2) e mais 2 pontos extra por se tratarem de fenômenos raros. Utilizou-se para obtenção das coordenadas dos pontos amostrados 2 GPS Garmin modelos eTrex personal navigator e GPS 12 XL, calibrados para SAD69 e, para o diagnóstico, anotações das observações de campo e um protocolo já pré-estabelecido, sendo o tempo necessário para a aplicação deste protocolo em cada trecho do rio entre 15 e 20 minutos.

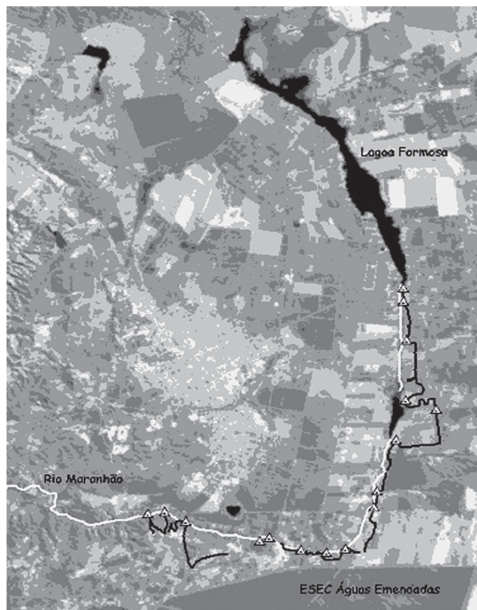


Figura 2. Pontos amostrados da Bacia do Alto Rio Maranhão com o detalhe do percurso desde a Lagoa Formosa até Cachoeira do Morumbi.

O protocolo utilizado para este estudo é composto por um quadro com 17 parâmetros de avaliação (Tabela 1) e foi adaptado do protocolo utilizado por CALLISTO *et al.*, 2002, buscando avaliar o estado de preservação das margens do rio Maranhão.

Os parâmetros de 1 a 8 buscam avaliar as características de trechos da bacia do alto rio Maranhão e o nível de impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas. Os parâmetros de 9 a 17 buscam avaliar o nível de conservação das condições naturais e o estado de preservação da vegetação ripária que margeia o rio.

O protocolo avalia os parâmetros de 1 a 8 pontuando-os de 0 a 4 e os parâmetros de 9 a 17 pontuando-os de 0 a 5. Esta pontuação é atribuída a cada parâmetro com base na observação das margens do rio. O valor final do protocolo de avaliação é obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada parâmetro independentemente. As pontuações finais refletem o estado de preservação dos trechos amostrados ao longo da bacia. Os trechos onde o somatório final está compreendido entre 0 e 33 pontos representam trechos "impactados"; entre 34 e 49 pontos trechos "alterados"; e acima de 50 pontos, trechos "naturais".

Tabela 1. Protocolo de Avaliação Rápida do estado de preservação das margens da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão, modificado de CALLISTO *et al.*, 2002.

Localização:			
Data: / /			
Horário:			
Tempo (situação do horário):			
Parâmetros	Pontuação		
	4	2	0
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/Comercial/ Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem agropastoril	Alterações de origem industrial/ urbana
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/ industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Tipo de fundo	Pedras/ cascalho	Lama/ areia	Cimento/ canalizado

Continua....

Conclusão.				
		3	2	0
9. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados.	30 a 50% de habitats diversificados.	10 a 30% de habitats diversificados.	Menos de 10% de habitats diversificados.
10. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas, rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual a do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes, rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
11. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes, cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho, alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso, seixos ou lamoso.
12. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima, rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes, evidência de modificações a mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens, 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas, mais de 80% do rio modificado.
13. Característica do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio.	Lâmina d'água escassa, presente só nos remansos.
14. Presença de mata ciliar e/ou mata de galeria	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores arbustos ou macrófitas, mínima evidência de desflorestamento, todas as plantas atingindo a altura normal.	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa, desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação, maioria das plantas atingindo a altura normal.	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa, desflorestamento óbvio, trechos com solo exposto ou vegetação eliminada, menos da metade das plantas atingindo a altura normal.	Menos de 50% da mata ciliar nativa, desflorestamento muito acentuado.
15. Estabilidade das margens	Margens estáveis, evidência de erosão mínima ou ausente, pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis, pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instáveis, entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável, muitas áreas com erosão, frequentes áreas descobertas nas curvas do rio, erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
16. Extensão de mata ciliar e/ou mata de galeria	Largura da vegetação ripária maior que 18 m, sem influência de atividades antrópicas.	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m, mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m, influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m, vegetação restrita ou ausente devido a atividade antrópica.
17. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito do rio.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas musgos distribuídos no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos de macrófitas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relatório de Campo

Ponto 1

Coordenadas: S 15°25'49.3" / W 47°33'08.6" Data: 06/03/04 Horário: 07:04

Tempo (situação do horário): nublado

Características Locais:

As margens estão ocupadas por campos de pastagens e agricultura diversificada de pequena escala, apresentando pequenas áreas de erosão. As principais alterações antrópicas encontradas são a barragem da Lagoa Formosa, com canalização sob a rodovia GO - 430, presença de ocupação humana nas margens da lagoa com sítios e clubes de pesca, estando a maioria das margens do rio modificadas. A cobertura vegetal no leito do rio ocorre em pequenas faixas marginais, com a presença de algumas macrófitas aquáticas, musgos e perfiton. A cobertura vegetal das margens encontra-se com menos de 50% da mata de galeria nativa preservada devido a um deflorestamento muito acentuado para o plantio de culturas. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama, areia e cascalho. Devido ao represamento provocado pela barragem, os trechos rápidos estão ausentes na porção a montante do ponto (lagoa), porém, a jusante do ponto (rio), os rápidos estão presentes.

Ponto 2

Coordenadas: S 15°26'04.5" / W 47°33'08.6" Data: 06/03/04 Horário: 07:39

Tempo (situação do horário): ensolarado com nuvens

Características Locais:

As margens estão ocupadas por campos de pastagens e agricultura diversificada de pequena escala, contendo muitas áreas de erosão. As principais alterações antrópicas encontradas são a presença de chácaras onde se encontram bombas d'água clandestinas e grande quantidade de lixo doméstico, estando a maioria das margens do rio modificadas. A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se com menos de 50% de mata de galeria nativa preservada devido a um deflorestamento muito acentuado para o plantio de culturas e pastagens (Figura 3). A água não apresentou odor e encontra-se com uma oleosidade moderada, provavelmente originada por urina e fezes de animais, apresentando coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama, areia e cascalho. Os trechos rápidos estão ausentes devido o relevo ser plano. Ressalta-se a presença de buritis (*Mauritia flexuosa* L.f.) no leito do rio (Figura 3), palmeira medicinal que dá um óleo comestível, podendo esta ser utilizada na alimentação. Esta palmeira também é um bioindicador de água para o Cerrado, compondo as veredas, uma das fitofisionomias deste bioma.

Ponto 3

Coordenadas: S 15°26'50.2" / W 47°33'06.3" Data: 06/03/04 Horário: 08:56

Tempo (situação do horário): ensolarado

Características Locais:

As margens estão ocupadas por campos de pastagens e agricultura diversificada de pequena escala, contendo erosões acentuadas. As principais alterações antrópicas encontradas são a presença de chácaras onde se encontram bombas d'água clandestinas e tanques para criação de peixes, além de grande quantidade de lixo doméstico. Paralelamente às margens do rio encontra-se um canal para irrigação de hortas e pomares (Figura 4), estando a maioria das margens do rio modificadas. A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se com menos de 50% de mata de galeria nativa preservada devido a

retirada da vegetação ripária através de corte raso para o plantio de culturas. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama, areia e cascalho. Os trechos rápidos estão ausentes devido o relevo ser plano. Observou-se neste ponto a presença de pescadores que relataram a existência de peixes como tucunaré, traíra, piaba e a carpa que é introduzida por chacareiros que as criam em pequenos tanques em suas propriedades.

Ponto 4

Coordenadas: S 15°27'59.2" / W 47°33'08.4" Data: 06/03/04 Horário: 10:57

Tempo (situação do horário): ensolarado

Características Locais:

As margens estão ocupadas por campos de pastagens, estando o solo revolvido para o provável plantio de culturas, sendo observado neste ponto alguns processos erosivos. As principais alterações antrópicas encontradas são a presença de chácaras, estando as margens do rio bastante modificadas. A cobertura vegetal no leito do rio ocorre em pequenas faixas marginais, com presença de macrófitas aquáticas, musgos e perífiton. A cobertura vegetal das margens encontra-se com menos de 50% de mata de ciliar nativa preservada (Figura 5), sendo esta retirada para o plantio de pastagens, iniciando um pequeno processo de assoreamento no leito do rio. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama e areia. Os trechos rápidos estão ausentes, sendo o fluxo das águas relativamente igual em toda a largura do rio com mínima quantidade de substrato exposta. Presença de armadilha de caça indicada para captura de pequenos mamíferos nativos do Cerrado como pacas, capivaras e caititus (Figura 6), caracterizando a existência de caçadores na região.

Ponto Extra 1: Vossoroça

Coordenadas: S 15°28'10.2" / W 47°32'36.0"

Logo à frente do ponto 4, encontra-se uma imensa vossoroça (Figura 7), sendo esta uma erosão de grande escala, provocada pela retirada da mata ciliar nativa para o plantio de pastagens, empobrecendo o solo, causando com as chuvas a lixiviação deste e conseqüentemente a abertura destas enormes fendas no chão. O tamanho desta vossoroça é de aproximadamente 500 metros de comprimento perpendicular à margem do rio, 10 metros de largura e 10 metros de profundidade.

Ponto 5

Coordenadas: S 15°28'44.0" / W 47°33'19.1" Data: 06/03/04 Horário: 13:45

Tempo (situação do horário): ensolarado com nuvens

Características Locais:

As margens estão ocupadas por campos de pastagens e agricultura diversificada de pequena escala, com áreas de erosão acentuadas. As principais alterações antrópicas encontradas são a presença de pequenas propriedades rurais com criações de gado, onde currais foram construídos bem próximo à margem do rio (Figura 8), com o carreamento de dejetos para o seu leito. Também foi encontrada uma barragem provocando o represamento do rio (Figura 9). A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se com menos de 50% de mata de galeria nativa preservada devido a retirada da vegetação ripária para o plantio de culturas e pastagens para a alimentação do gado. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama e areia. Os trechos rápidos ocorrem logo depois da barragem, com pequenas corredeiras, sendo estas menores que a largura do rio.

Ponto 6**Coordenadas:** S 15°29'43.7" / W 47°33'39.8" Data: 06/03/04 Horário: 15:02**Tempo (situação do horário):** ensolarado**Características Locais:**

As margens estão ocupadas por uma estreita faixa de vegetação ripária natural (Figura 10), contendo pequenas áreas de erosão. Neste ponto também foram encontradas várias nascentes, sendo algumas cercadas por manilhas para retirada de água para consumo. As principais alterações antrópicas encontradas são a presença de chácaras onde se encontram barragens e rodas d'água inativas (Figura 11). A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se com pequenas faixas de mata de galeria nativa ainda preservadas, sendo estas inferiores a 50%. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de pedras e cascalho. Os trechos rápidos contêm a largura igual a do rio, porém devido ao período chuvoso a lâmina d'água encontrou-se bem mais alta que o normal.

Ponto 7**Coordenadas:** S 15°30'02.0" / W 47°33'43.4" Data: 06/03/04 Horário: 15:28**Tempo (situação do horário):** ensolarado com nuvens**Características Locais:**

As margens estão ocupadas por uma estreita faixa de vegetação ripária natural, com pequenas áreas de erosão. As alterações antrópicas encontradas são trilhas e o corte raso da vegetação na porção superior a margem do rio (Figura 12), que no período de chuvas provoca a lixiviação do solo, o assoreamento do rio e aumento dos processos erosivos, além de um grande açude construído a menos de 100 metros da margem do rio. A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se matas de galeria ainda em bom estado de preservação, com a presença de alguns trechos de deflorestamento. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama, areia e cascalho. Os trechos rápidos contêm a largura igual a do rio, sendo o fluxo relativamente igual em toda a largura do rio.

Ponto 8**Coordenadas:** S 15°30'49.6" / W 47°34'14.3" Data: 07/03/04 Horário: 10:33**Tempo (situação do horário):** ensolarado**Características Locais:**

As margens encontram-se ocupadas por vegetação natural, com pequenas áreas de erosão. As alterações antrópicas encontradas foram de origem doméstica (lixo), por se encontrar próximo a um hotel e pequenas chácaras para lazer, cultivo de frutas e hortaliças. A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se com menos de 50% da mata de galeria nativa preservada com a presença de grandes trechos de deflorestamento. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama e areia. Os trechos rápidos contêm a largura igual a do rio e próximo a este ponto encontra-se a junção entre os rios Vereda Grande e Maranhão.

Ponto 9**Coordenadas:** S 15°30'54.1" / W 47°34'35.0" Data: 07/03/04 Horário: 11:15**Tempo (situação do horário):** ensolarado com nuvens**Características Locais:**

As margens encontram-se ocupadas por campos de pastagens e agricultura, com erosões acentuadas em muitas áreas próximas à margem. As alterações antrópicas encontradas foram chácaras com cultivo de frutas e hortaliças e a presença de uma roda

d'água com uma bomba para geração de energia (Figura 13). A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se com menos de 50% da mata de galeria nativa preservada, com a presença de grandes trechos de deflorestamento. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama e areia. Os trechos rápidos estão presentes, com a lâmina d'água acima do canal do rio, devido a grande quantidade de chuvas que ocorreram neste período.

Ponto 10

Coordenadas: S 15°30'50.7" / W 47°35'01.9" Data: 07/03/04 Horário: 11:57

Tempo (situação do horário): nublado

Características Locais:

As margens encontram-se ocupadas por vegetação natural, possuindo algumas áreas de erosão, não sendo encontradas alterações antrópicas. A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se com matas de galeria nativa em bom estado de preservação, possuindo apenas alguns trechos de deflorestamento. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama e areia. Os trechos rápidos estão presentes e apresentam a largura igual a do rio.

Ponto 11

Coordenadas: S 15°30'36.1" / W 47° 35' 35.0" Data: 07/03/04 Horário: 14:00

Tempo (situação do horário): ensolarado com nuvens

Características Locais:

As margens encontram-se ocupadas por vegetação natural, com pequenas áreas de erosão. As alterações antrópicas são poucas, sendo estas pequenas áreas com corte raso da vegetação. A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se com as matas de galeria nativa preservadas. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama, pedras, areia e cascalho. Os trechos rápidos aparecem com frequência neste trecho, com o volume da água bastante elevado devido ao período chuvoso. Presença de uma área de morro, acima da margem do rio, possuindo bom estado de preservação, apresentando algumas fitofisionomias características do Cerrado como campo sujo, com grande ocorrência de arnicas (*Lichnophora salicifolia* Mart.) – espécie ameaçada de extinção, cerrado sensu strictu, cerradão e mata mesofítica, sendo esta última bastante densa (Figura 14).

Ponto 12

Coordenadas: S 15°30'16.0" / W 47°37'04.1" Data: 07/03/04 Horário: 15:35

Tempo (situação do horário): ensolarado com nuvens

Características Locais:

As margens encontram-se ocupadas por vegetação natural, com áreas de erosão. As alterações antrópicas encontradas são a estação de captação de água da SANEAGO e a rodovia DF-130. A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se com as matas de galeria nativa bastante degradadas (Figura 15). A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama e areia. Os trechos rápidos estão presentes devido ao relevo neste ponto ser levemente acidentado e inclinado. Observou-se neste local quatro casais de araras vermelhas (espécie ameaçada de extinção) sobrevoando a região.

Ponto 13

Coordenadas: S 15°30'04.9" / W 47°37'27.2" Data: 07/03/04 Horário: 16:39

Tempo (situação do horário): ensolarado

Características Locais:

As margens encontram-se ocupadas por vegetação natural, com mínimas evidências de erosão. As alterações antrópicas são a abertura de estradas paralelas à margem do rio, com a derrubada da vegetação ripária nativa (Figura 16), desrespeitando as áreas de preservação permanente. A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se com as matas de galeria nativa bem fechadas e preservadas. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de lama e areia. Os trechos rápidos estão presentes, sendo o rio neste trecho bastante encaixado.

Ponto 14

Coordenadas: S 15°30'06.5" / W 47°37'44.5" Data: 07/03/04 Horário: 17:15

Tempo (situação do horário): ensolarado

Características Locais:

As margens encontram-se ocupadas por vegetação natural, com muitas áreas de erosão. As alterações antrópicas são a retirada da vegetação nativa às margens do rio para o plantio de grama (Figura 17) resultando na alteração da cobertura do solo, atividades de lazer gerando acúmulo de lixo, modificação acentuada da paisagem. A cobertura vegetal no leito do rio é ausente e a das margens encontra-se alteradas com as matas de galeria nativa degradadas, estando alguns trechos com solo exposto e vegetação eliminada. A água não apresentou odor e oleosidade, sendo sua coloração turva. O fundo é composto basicamente de pedra, cascalho, lama e areia. Rápidos e corredeiras bem desenvolvidos com a presença de uma cachoeira, a Cachoeira do Morumbi, com volume de água elevado devido época de chuva (Figura 18).

Ponto Extra 2: Sumidouro

Coordenadas: S 15°30'08.3" / W 47°37'46.9"

Logo a frente da cachoeira, a aproximadamente 200 metros, encontra-se um fenômeno natural raro de grande beleza denominado sumidouro. Este fenômeno é caracterizado pelo ocultamento do rio sob as rochas, com o seu reaparecimento alguns metros depois. Este fenômeno também se torna útil para observar a quantidade de lixo que é jogada dentro do rio, pois o lixo fica acumulado próximo as rochas cujo rio passa por baixo. Antes de realizarmos este trabalho, fomos até a Cachoeira no dia 06 de outubro de 2003, para visitá-la com alunos de graduação em biologia da Universidade de Brasília. Esta atividade fazia parte da disciplina Educação Ambiental do Departamento de Ecologia desta mesma universidade. Ao chegarmos lá, presenciamos homens dragando a cachoeira para a retirada de areia (Figura 19), promovendo um impacto ambiental de grande escala neste ponto. A draga retirava a areia do rio através de um enorme tubo que transportava esta mesma areia para um local um pouco acima da margem, onde uma grande peneira separava a areia de outros fragmentos (Figura 20). A água que subia junto com a areia através do tubo, retornava ao rio logo a frente do ponto da dragagem, provocando erosões no solo e carreamento de terra para o leito (Figura 21). Próximo à entrada da cachoeira já se encontrava um monte de areia que provavelmente já tinha sido retirada do rio para algum fim que não pudemos observar.



Figura 3. *Mauritia flexuosa* (buriti) à margem do Rio Maranhão com plantio de culturas e pastagens ao fundo.



Figura 4. Canal paralelo ao rio utilizado para irrigação de hortas e pomares.



Figura 5. Ausência da mata ciliar nativa



Figura 6. Armadilha para caça de pequenos mamíferos nas margens do rio, iniciando um processo de assoreamento.



Figura 7. Foto tirada dentro da vossoroca.



Figura 8. Currais construídos as margens do rio.



Figura 9. Barragem com o represamento do rio.

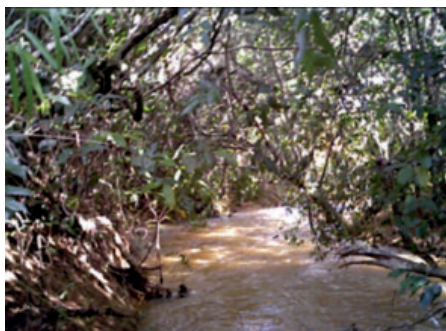


Figura 10. Pequena faixa de vegetação ripária nativa.



Figura 11. Roda d'água inativa.



Figura 12. Corte raso da vegetação natural causando a lixiviação do solo.



Figura 13. Roda d'água com bomba para geração de energia



Figura 14. Mata mesófitica densa em bom estado de preservação.

Figura 15. Área degradada com uma clareira próxima a estação de captação de água da SANEAGO.





Figura 16. Abertura de estrada paralela às margens do rio, com a retirada indiscriminada da vegetação nativa.



Figura 17. Corte raso de vegetação nativa e plantio de grama às margens da cachoeira do Morumbi no Rio Maranhão.



Figura 18. Cachoeira do Morumbi



Figura 19. Draga utilizada para retirada de areia do poço da cachoeira



Figura 20. Peneira separando areia de outros fragmentos.



Figura 21. Água da dragagem retornando para o leito do rio, provocando erosões e carreamento do solo.

DIAGNÓSTICO

Dos 14 pontos amostrados os pontos 1, 4, 6, 7, 10, 11 e 13 obtiveram como resultado do somatório da avaliação dos 17 parâmetros a classificação "alterado", ao passo que o resultado do somatório para os demais pontos classificou-os como "impactados". Nenhum dos pontos amostrados foi classificado "natural", evidenciando o estado de alerta em que se encontra este rio (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados da aplicação do protocolo no alto rio Maranhão (Planaltina-GO e Planaltina-DF, 2004).

Pontos														
Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2	2	2	2	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4
2	2	2	0	2	0	0	2	2	0	2	2	2	4	0
3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2
4	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	3	3	2	2	2	4	3	2	2	2	3	2	3	3
9	3	3	0	5	2	0	0	3	0	2	0	2	2	2
10	2	2	0	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	5
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0	2	2	2	0	2	2	3	5	0
13	2	2	2	5	3	5	5	2	3	5	3	3	3	3
14	0	0	0	0	0	2	3	0	0	2	2	0	5	2
15	3	0	0	0	0	3	3	2	0	3	3	2	5	0
16	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	2
17	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pontuação	37	24	18	35	23	37	39	32	22	39	34	33	49	33
Avaliação	A	I	I	A	I	A	A	I	I	A	A	I	A	I

I: Impactado, A: Alterado.

A vegetação natural ainda é o principal tipo de ocupação das margens do rio Maranhão (parâmetro 1), cobrindo 8 dos 14 pontos amostrados para o parâmetro 1. Porém isso ocorre apenas em pequenas faixas de mata de galeria nativa ainda preservadas ao longo da bacia. Devido ao grande número de pequenas propriedades rurais que foram encontradas durante o percurso, uma forte influência antrópica foi verificada nos demais pontos onde a retirada da vegetação ripária para o plantio de pastagens e culturas diversificadas foi observada para 6 dos 14 pontos amostrados para este mesmo parâmetro. Isso reforça os resultados encontrados no parâmetro 3, onde 13 dos 14 pontos amostrados indicam como principal alteração antrópica atividades agropastoris. Isso também é revelado nos resultados encontrados para os parâmetros 14 e 16, onde 8 dos 14 pontos amostrados possuem menos de 50% da mata ciliar nativa e 10 dos 14 pontos possuem a largura da vegetação ripária inferior a 6 metros ou ausente.

Devido aos deflorestamentos intensos observados, verifica-se como consequência destes, processos erosivos em quase toda extensão das margens do rio. Para o parâmetro 2, dos 14 pontos amostrados, 5 possuem erosão e assoreamento acentuados, 8 moderados e em apenas um ocorre ausência de erosão (ponto 13), sendo justamente este o único ponto onde a mata de galeria encontra-se em melhor estado de preservação (parâmetro 14). Porém, entre os pontos 13 e 14, duas estradas estão sendo abertas paralelamente às margens do rio, com a derrubada de espécies de árvores raras (MMA, 2001) encontradas no ponto 14 (tabela 3), contrariando ainda a lei que define as áreas de preservação permanente e confirmando que na bacia do rio Maranhão houve uma redução de 50% da área de mata nos últimos 50 anos (WWF, 2004). Os resultados encontrados no

Tabela 3. Lista das espécies arbóreo-arbusivas raras encontradas nas matas de galeria da Cachoeira do Morumbi. Bacia hidrográfica do alto rio Maranhão, Planaltina de Goiás-GO e Planaltina-DF, 2004.

Família	Nome científico	Nome popular	Importância
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	Gonçalo-Alves	Construção civil e naval, marcenaria, dormentes, portas.
	<i>Myracrodouon urundeuva</i> Fr. All.	Aroeira	Postes, dormentes, moirões, vigas, caibros, ripas,etc.
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> M. Arg.	Peroba-rosa	Construção civil, carpintaria, carrocerias e recomposição de áreas degradadas.
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart. et Succ.	Capitão	Confecção de vigas, ripas, assoalhos, recuperação de áreas degradadas e ornamental.
Lauraceae	<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	Canela, Louro	Construção de vigas, caibros, ripas, móveis, carrocerias, compensados, frutos procurados por pássaros e recuperação de áreas degradadas.
Leguminosae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan.	Angico-preto	Caibros, vigas, ripas, moirões, esteios, móveis, estruturas de pontes, flores apícolas e medicinal.
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Pau d'óleo	Vigas, caibros, ripas, móveis, cabo de ferramentais, carroceria, assoalhos, medicinal e reflorestamento.
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	Tamboril	Confecções de barcos, canoas, brinquedos, compensados, móveis, caixotaria e reflorestamento.
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá	Vigas, assoalhos, móveis, alimentação, medicinal e reflorestamento.
	<i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart.	Ingazeiro	Construção civil, frutos comestíveis, procurados por pássaros e reflorestamento.
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don. Ex Steud.	Amora-branca	Construção de vigas, caibros, ripas, móveis, carrocerias, pontes, assoalhos, frutos procurados por pássaros e recuperação de áreas degradadas.
Ochnaceae	<i>Ouratea parviflora</i> (DC.) Baill.	Farinha-seca	Construção civil, vigas, caibros, ripas, ornamental, frutos procurados por pássaros e recuperação de áreas degradadas.
Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham.& Schlecht	Angélica	Alimentação, fruto comestível, medicinal.
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> St. Hil.	Caixeta	Forros, caixotaria, brinquedos, insetífuga, celulose, frutos procurados por pássaros e recuperação de áreas degradadas.
Vochysiaceae	<i>Salvertia convallariaeodora</i> St. Hil.	Bate-caixa	Caixotaria, brinquedos, assoalhos, móveis, frutos procurados por pássaros, paisagismo e recuperação de áreas degradadas.
	<i>Vochysia rufa</i> Mart.	Pau-doce	Caixotaria, brinquedos, ornamental, frutos procurados por pássaros e recuperação de áreas degradadas.

parâmetro 15 reafirmam os encontrados para o parâmetro 2, onde a maioria das margens encontram-se instáveis com muitas áreas de erosão, sendo isto observado para 6 dos 14 pontos amostrados.

A cobertura vegetal no leito do rio é ausente em 12 dos 14 pontos amostrados (parâmetro 4), devido o rio Maranhão possuir muitos trechos rápidos e corredeiras bem desenvolvidas (parâmetro 10). Apenas 2 dos 14 pontos amostrados (1 e 4) apresentaram algum tipo de cobertura vegetal, justamente onde o rio encontra-se represado, tornando-o lento, propiciando assim o aparecimento de algas e macrófitas aquáticas (parâmetro 17).

A lâmina d'água encontra-se acima de 75% do canal do rio em 6 dos 14 pontos amostrados e entre 25 e 75% para 4 pontos (parâmetro 13). Isso ocorreu devido ao aumento do volume de água do rio, consequência da grande quantidade de chuva que caiu na região durante os meses que antecederam a realização deste trabalho, o que também colaborou para que a coloração da água fosse turva para todos os pontos amostrados (parâmetro 7). Isto deixa claro que o protocolo testado é extremamente dependente da sazonalidade em termos de precipitação, que pode, dependendo da época do ano alterar o diagnóstico produzido.

A água não apresentou odor em nenhum dos pontos amostrados (parâmetro 5), e apresentou oleosidade moderada apenas no ponto 2 (parâmetro 6), decorrente da urina de animais.

O tipo de fundo encontrado para o rio Maranhão foi basicamente de lama e areia para 13 dos 14 pontos amostrados, sendo que em 6 pontos além destes elementos também foram encontrados pedras e cascalho (parâmetro 8).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As observações feitas durante o trabalho de campo e a análise dos resultados encontrados da aplicação do protocolo nos permite concluir que a situação em que se encontra a porção alta do rio Maranhão é alarmante. A retirada da vegetação nativa que margeia o rio para o plantio de cultura e pastagens tem provocado grandes impactos ambientais que se não tratados com urgência podem se tornar irreversíveis.

Com a destruição da vegetação ripária que margeia o rio, consequências ambientais graves vêm surgindo como a erosão, o assoreamento, o acentuado escoamento superficial de resíduos para o leito do rio, a poluição e eliminação de espécies animais que dependem das matas e do rio para sobreviverem.

Com isso, se faz necessário a implantação de modelos de recuperação das áreas degradadas ao longo da Bacia do Alto rio Maranhão, incluindo nestes, projetos de Educação Ambiental, que de fato serão o melhor caminho para se promover uma consciência crítica nos moradores localizados dentro da bacia, construída a partir da participação e reflexão da realidade social, econômica, política e ambiental.

As matas de galeria devido a sua grande importância para a conservação da flora e fauna nativa além da água do rio, permitem que suas espécies vegetais possam ser avaliadas para serem utilizadas na recuperação das áreas degradadas encontradas ao longo da bacia.

Para isso, sugere-se que estudos detalhados sobre a composição florística e a ecologia das comunidades vegetais sejam feitos nesta bacia, já que estes são fundamentais e necessários para embasar quaisquer iniciativas de conservação, preservação e recuperação das margens de cursos d'água.

Finalmente, deve-se ressaltar que o protocolo de avaliação rápida utilizado é extremamente dependente da sazonalidade em termos de precipitação, que pode, dependendo da época do ano alterar o diagnóstico produzido. Em outras palavras, o diagnóstico com base neste protocolo, em regiões de sazonalidade de chuvas como no Planalto Central, deve ser realizado em no mínimo duas vezes, uma na estação chuvosa e outra na estação seca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. S. **De grão em grão o Cerrado perde espaço (Cerrado: Impactos do Processo de Ocupação)**. Brasília: WWF - Fundo Mundial para a Natureza, 1995. 66 p.

ALMEIDA, S. P. Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p.247-281. 1998.

BRASIL. **Decreto s/ nº, de 10 de janeiro de 2002**. Institui a Área de Proteção Ambiental do Planalto Central. Publicado no Diário Oficial na União, Brasília, D.F. 10 de Janeiro 2002. Seção 1, nº 8, p. 88 – 89.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasileira**, v. 14, n. 1, p. 91-98. 2002.

EITEN, G. 1994. Vegetação do Cerrado. In: NOVAES PINTO, M. (org.). **Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas**, Brasília: Editora Universidade de Brasília. p. 13-17. 1994.

FELFILI, J. M. Floristic composition and phytosociology of the gallery forest alongside the Gama stream in Brasília, DF, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. V. 17, N. 1, P. 1-11. 1994.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. **Recuperação de Matas de Galeria**. (Embrapa Cerrados Documentos, 21) Embrapa Cerrados: Planaltina, 2000. 45 p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Programa Nacional do Meio Ambiente II. **Diagnóstico da Gestão Ambiental no Brasil – Região Centro-Oeste**. Brasília: MMA/SE, 2001, 324 p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade Brasileira – Avaliação e Identificação de Áreas e Ações Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade nos Biomas Brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2002, 404 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S. M. & Almeida, S. P. (eds.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados. p. 89-152. 1998.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As matas de galeria no contexto do bioma Cerrado. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUZA-SILVA, J. C.(eds.) **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 29-47. 2001.

ROMERA E SILVA, P. A.; AZEVEDO, F. Z.; ALVAREZ, E. J. S.; LEIS, W. M. S. V. **Água: Quem vive sem?** FCTH/CT-Hidro (ANA, CNPq/SNRH), São Paulo, 2003. 136 p.

WWF. **Sumário do “Estudo sobre as Bacias Hidrográficas do DF”**. http://www.wwf.org.br/projetos/agua_estudobaciasdf.pdf. Acessado em 28/05/2004.

CAPÍTULO VI

Educação Ambiental e Planejamento Pedagógico Escolar para Integração Escola-Comunidade: Estudo Caso

Ivete Teresinha Graebner, Adriana Medeiros Fustinoni, Luciana Silva Machado, Luciana Arutim Adamo, Thayssa Izetti Luna, Luiz Henrique Fonseca Ribeiro, Christian Niel Berlinck, Vânia Maria Braga, Miriam Alves Ribeiro, Tânia Regina Magalhães S. Fernandes, Elda Maria Lopes Ribeiro, Marília Barreto Gomes, Marileide Dias de Alecrim Rocha, Eliã da Silva Ambrósio, Maria Teresinha de Lacerda, Rosária Rosa dos Santos Ramos, Vera Lúcia Santos de Oliveira, Danilo Mendonça Soares, Márcia Adriana de Menezes Temóteo, Conceição de Maria P. Irineu, Carlos Hiroo Saito

INTRODUCAO

A água sempre foi tratada como recurso natural abundante, o que faz com que a maior parte das pessoas não tenham consciência da necessidade da preservação de suas fontes e não possuam a percepção da real importância do papel que cada indivíduo exerce para a conservação deste recurso. Desta forma, a preservação das nascentes dos rios, bem como dos pequenos córregos que desembocam nos rios maiores é de fundamental importância para a conservação do ecossistema e da biodiversidade, além de satisfazer as necessidades humanas, tais como higiene e alimentação. Estes e outros elementos conformam o atual cenário de grande debate e preocupação sobre o futuro das águas (FREITAS, 1999).

Desta forma, os moradores do Loteamento Rural Jardins do Morumbi - Planaltina DF, a Escola Classe Osório Bacchin e a Universidade de Brasília - Departamento de Ecologia, desenvolveram um projeto de Educação Ambiental, financiado pelo Fundo Nacional do Meio Ambiente – FNMA/MMA (1999-2001), com o objetivo de conscientizar pais, alunos e demais moradores da comunidade sobre a necessidade de preservação e conservação de um bem natural que pertence à própria comunidade – cachoeira do Morumbi, localizada no interior do referido loteamento. Dentro da concepção do interesse comum – preservação da cachoeira – a escola desenvolveu o trabalho de Educação Ambiental em que os objetivos e as ações foram discutidos pelos integrantes do projeto buscando a participação de todos durante todo o processo. A proposta pedagógica naquela ocasião foi usar como tema gerador a própria cachoeira, uma vez que esta correspondia ao cerne das preocupações da comunidade, tanto pela poluição das águas e desmatamento das margens em si, como pelo processo de privatização das terras à sua volta, e por conseguinte, do acesso às águas da cachoeira. Como parte das ações do projeto na escola, vários trabalhos foram realizados com as crianças buscando conscientizar os moradores e a si próprios sobre a importância da preservação da cachoeira para a comunidade. Parte desses trabalhos estão contemplados no livro "Educação

Ambiental na Cachoeira do Morumbi – Planaltina DF" (SAITO *et al.*, 2000) que foi confeccionado com o auxílio dos professores, das crianças e membros da comunidade que integraram o projeto. Esse livro foi lançado no final do ano de 2000 e distribuído gratuitamente para todos os moradores da comunidade bem como enviado exemplares para a Secretaria de Estado de Educação.

A partir de 2002, membros dessa comunidade se articulam com comunidades vizinhas para formar a Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto rio Maranhão (DF/GO), evidenciando o aumento no grau de conscientização dos problemas ambientais, a compreensão do conceito de bacia hidrográfica e a necessidade de transcender as ações locais para uma esfera sub-regional.

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados parciais do trabalho de educação ambiental formal junto à Escola Osório Bacchin no ano de 2004, em que se buscou: i) integrar escola e comunidade em torno da temática ambiental, mais particularmente, dos recursos hídricos; ii) desenvolver um trabalho integrado de educação ambiental dentro da escola, envolvendo o conjunto dos professores das diversas disciplinas e séries; iii) demonstrar a viabilidade de execução de trabalhos de educação ambiental em escolas baseado em projeto temático aglutinador que não seja excludente com o cumprimento dos objetivos curriculares da Secretaria de Estado de Educação por meio de um trabalho de planejamento pedagógico coletivo.

Procedimentos Metodológicos

Em 2004, tendo como incentivo a Campanha da Fraternidade que traz como tema central "Água: fonte de Vida"; e tendo conhecimento de que para o desenvolvimento de um projeto de educação ambiental é necessário um tema atual que seja do interesse da comunidade escolar e que promova a interdisciplinaridade (TOMAZELLO, 2001) foi escolhido como tema gerador a água. Este tema foi desenvolvido conjuntamente com o tema fome, que vêm sendo trabalhado na escola desde o ano de 2003.

A educação ambiental é um tema transversal, que deve ser abordado em todas as disciplinas. Ao se debruçar sobre problemas concretos da realidade, a escola tem maiores possibilidades de desenvolver um trabalho pedagógico de forma interdisciplinar, de tal maneira que nessa forma de abordagem, todas as disciplinas se colocam a serviço do tema gerador, promovendo o desenvolvimento do senso crítico, bem como a participação da comunidade escolar na resolução de problemas ambientais e na preservação do meio ambiente (TOMAZELLO, 2001).

No entanto, a grande dificuldade em se desenvolver projetos de educação ambiental nas escolas com base num tema gerador é o receio dos professores de terem que optar entre a execução de trabalhos de educação ambiental com um projeto temático aglutinador e o cumprimento dos objetivos curriculares da Secretaria de Estado de Educação. Na verdade, é preciso fazer com que os professores compreendam a essência e dinâmica de um currículo, que tem como características, a existência de um propósito ou intencionalidade educativa e que este currículo ou propósito deve ser trasladado para uma prática, a prática educativa (ANGULO_RASCO, 1989), sob o controle dos próprios professores, e não de um ente externo e imortalizado (por exemplo, o livro didático). Para tal, o planejamento assume lugar central neste processo pedagógico e constitui um passo para que os docentes avaliem a sua própria prática profissional.

Para se desenvolver o trabalho, buscou-se realizar um planejamento pedagógico no início do ano letivo, em que o tema central foi claramente identificado e buscado sua conexão com as competências e habilidades estabelecidas no currículo da Secretaria de Estado de Educação. Todo o planejamento das atividades em sala de aula no 1º bimestre letivo voltou-se para a realização de uma atividade aberta à comunidade, como culminância de uma fase, que se daria no final do mês de março de 2004, por ocasião das comemorações do Dia Mundial da Água, em 22 de março.

Para melhor visualização das conexões entre as habilidades e competências e o tema gerador, no caso a água, desenvolveu-se uma representação gráfica que incluiu ainda a identificação dos conceitos científicos a serem trabalhados e as atividades pedagógicas, a partir das quais os conceitos seriam desenvolvidos, bem como as habilidades e competências. Esperava-se que fosse possível também evidenciar as conexões entre as diversas disciplinas ao mesmo tempo em que tornava explícita a concorrência entre as diversas disciplinas para abordar os mesmos conceitos científicos de forma complementar e segundo a ótica de cada disciplina (Figura 1).

Durante o planejamento, motivado pela dificuldade dos professores em antecipar-se à execução e preencher o quadro de planejamento, foi combinado com os mesmos que as atividades desenvolvidas deveriam ser objeto de registro, que envolveria a guarda dos trabalhos dos alunos bem como o preenchimento de um relatório. Neste relatório, o professor deve detalhar, por exemplo, os objetivos de sua aula, o tempo disponível, as atividades propostas e o resultado obtido.

A partir das reuniões de planejamento, constataram-se também deficiências na formação dos docentes que dificultavam o avanço dos trabalhos. O debate

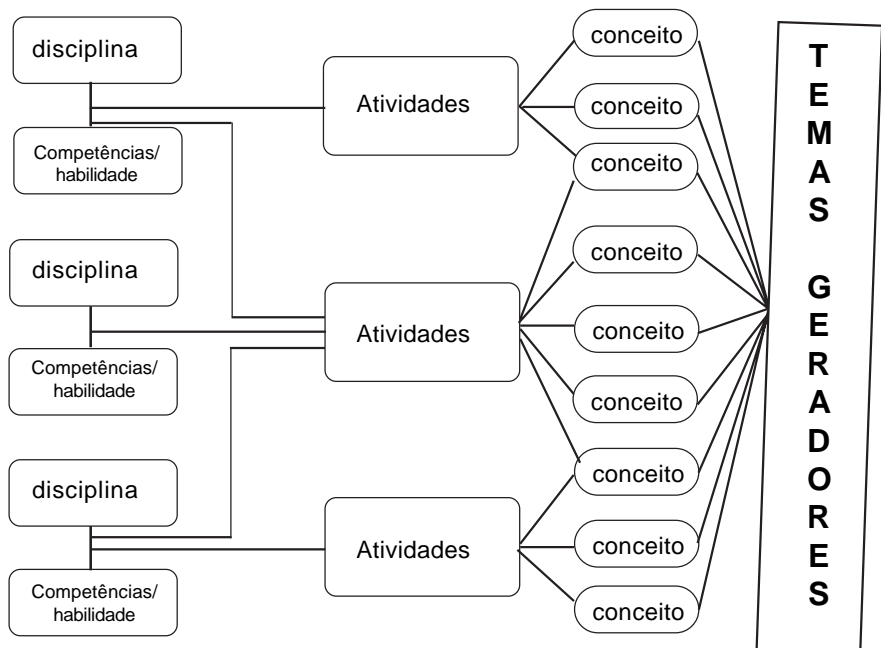


Figura 1. Esquema de integração entre tema gerador, habilidades e competências, procedimentos/atividades e conceitos a serem trabalhados.

coletivo em torno do reconhecimento das limitações, que se constituiu em si uma prática de investigação sobre a prática docente, encaminhou-se para uma ação prática que foi resultado da tomada de consciência e vontade política de aprimorar seu fazer educativo, configurando um processo de investigação-ação educacional (DE_BASTOS, 1995; GRABAUSKA & DE_BASTOS, 1998).

Decidiu-se então realizar um curso de capacitação dos professores da escola na confecção de maquete de bacia hidrográfica, que trabalhou conceitos como mapa topográfico, curvas de nível, escalas de representação cartográfica, divisor de águas, declividade, e outros (SIMIELLI, 1992; BERLINCK, 2003). O curso foi desenvolvido na forma de oficina prática, em que os professores, divididos em grupos, construíram a maquete da área da cachoeira do Morumbi, já conhecida de todos da comunidade e objeto de tematização durante o projeto de educação ambiental desenvolvido na escola há cerca de três anos atrás (1999-2001).

Tendo como base os relatórios enviados pelos professores, foram determinadas nas habilidades e competências desenvolvidas pelos mesmos nas atividades executadas na Escola, de acordo com o Currículo da Secretaria de Estado e Educação, além de se inferir os conceitos propostos para que os alunos trabalhassem. De acordo com as atividades realizadas pelos alunos, foram constatadas a aprendizagem dos alunos e a forma de abordagem dos conceitos pelos professores. A partir das competências e as habilidades trabalhadas e das atividades realizadas em sala de aula, portanto, ao término do processo, foi realizada uma reflexão retrospectiva, tal que se retornasse à representação gráfica do planejamento integrado e se completasse o trabalho iniciado com a montagem do quadro que sintetiza um modelo do projeto pedagógico executado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a confecção do modelo, foram realizados os seguintes agrupamentos: i) turmas de educação infantil; ii) turmas de ensino fundamental de 1ª à 4ª série e iii) turmas de ensino fundamental de 5ª à 8ª série. Os quadros gráficos do projeto pedagógico do ensino fundamental foram separados de acordo com a disciplina, e apresentamos adiante alguns exemplos. Ainda que o engajamento do conjunto dos professores no projeto não tenha sido uniforme, o que é natural, os resultados apresentados a seguir refletem um caráter de atividade conjunta e qualificam o projeto como um projeto do conjunto da escola, e não uma iniciativa isolada de um ou outro professor, como muitas vezes se observa em projetos de educação ambiental desenvolvidos em escolas, conforme triste conclusão apresentada por GUARIM *et al.* (1995).

Pré-escola

Dentro dos conceitos trabalhados pela professora em sala de aula, os alunos compreenderam como é importante o uso racional da água, sem desperdício; demonstraram, em suas atividades, a importância da utilização da água na higiene pessoal e para a saúde do ser humano. Os alunos também reconheceram a relevância da preservação da água para o meio ambiente. Através dessas atividades, a professora trabalhou as sílabas tônicas e a formação de palavras, bem como noções de quantidade. As práticas de leitura desenvolvidas em sala-de-aula, produção de desenhos e a apresentação de música na Semana da Água contribuíram para o desenvolvimento da expressividade nos alunos. Por

meio dessas atividades, segundo o Currículo da Secretaria de Estado de Educação, é possível obter uma valorização de atitudes de manutenção e preservação dos espaços coletivos e do meio ambiente (DISTRITO FEDERAL, 2002a). A professora também desenvolveu de forma satisfatória as habilidades contidas no eixo temático: Linguagem Oral e Escrita, conforme figura 2.

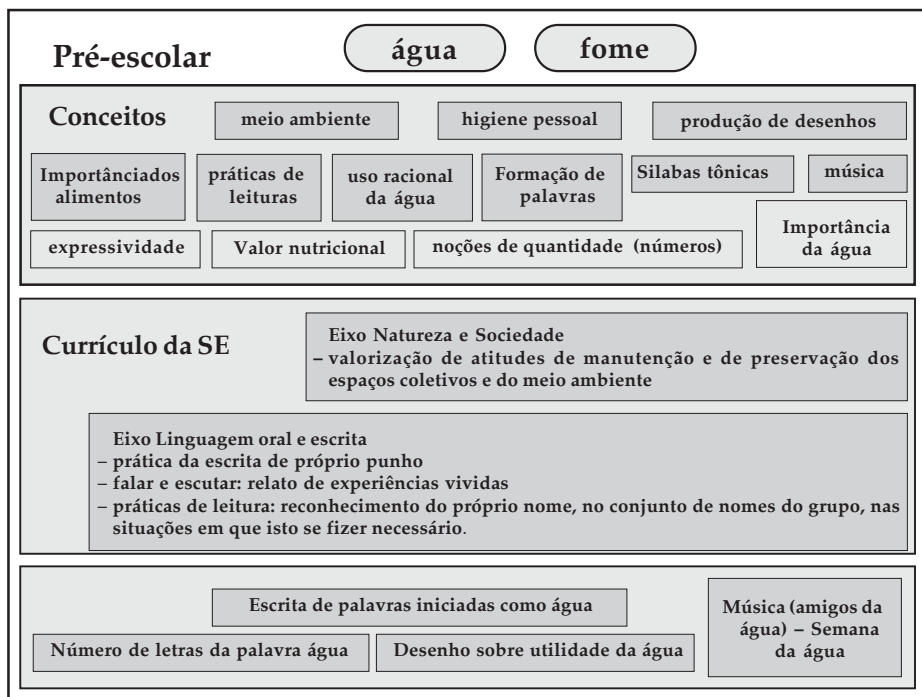


Figura 2. Esquema de integração entre tema gerador, habilidades e competências, procedimentos/atividades e conceitos a serem trabalhados para o pré-escolar.

1ª a 4ª série

As professoras trabalharam o problema do desperdício da água, o qual tem relação direta com a sua escassez. Abordaram também como a poluição do solo pode resultar na poluição dos mananciais, considerando o risco para a saúde dos animais e dos seres humanos. Os alunos demonstraram, inclusive, conhecimento sobre os estados físicos da água e do tratamento que ela recebe até chegar às residências.

Os alunos realizaram atividades variadas, como paródias de música sobre o tema água, desenhos, histórias em quadrinhos, leitura e produção de textos, onde a gramática foi trabalhada. Eles também confeccionaram cartazes sobre o lixo nos rios e no ambiente, e os afixaram nos murais da escola, para que mais alunos pudessem ter conhecimento dessa problemática. À medida em que essas atividades eram realizadas, os professores tiveram a oportunidade de reforçar a importância do trabalho em grupo, da capacidade de observação e análise de resultados. Os alunos também trabalharam com noções básicas de ordens de grandeza.

Segundo as competências presentes no Currículo da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, os alunos desenvolveram noções sobre cidadania, sobre a aplicação de conhecimentos referentes ao meio ambiente para a melhoria da qualidade de vida e também sobre interpretação e análise de informação (DISTRITO FEDERAL, 2002b). Os trabalhos em grupo realizados também têm relação com o Currículo, uma vez que este propõe que os alunos devem desenvolver o diálogo e a cooperação para resolver conflitos. Dessa forma, os professores não só trabalharam com a questão da preservação do meio ambiente, que aparece com bastante frequência no Currículo, mas também com a expressão artística e criatividade, a partir das atividades já citadas (Figura 3).

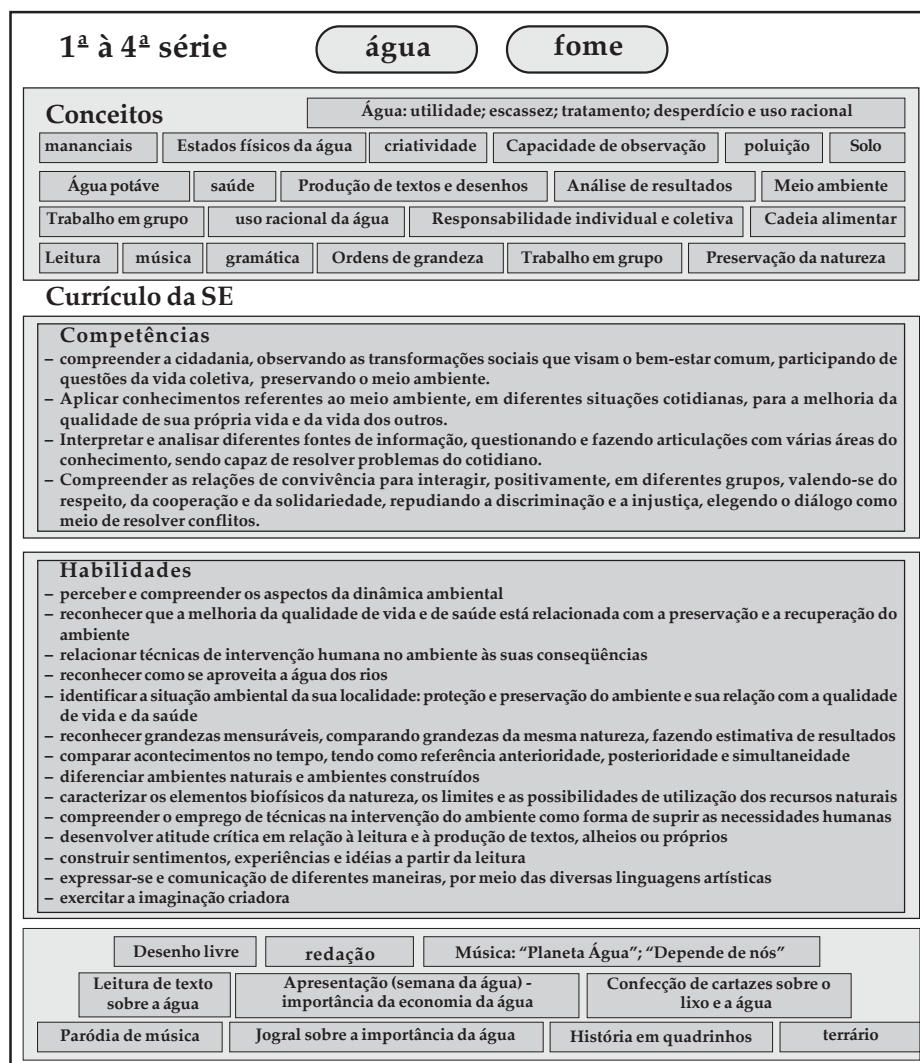


Figura 3. Esquema de integração entre tema gerador, habilidades e competências, procedimentos/atividades e conceitos a serem trabalhados de 1ª a 4ª série.

5ª a 8ª série
Língua Portuguesa

A professora abordou conceitos como estados físicos da água, ciclo da água e meio ambiente, em atividades variadas, como cartazes, redações e poemas. Dentro dessas atividades, foram trabalhados conteúdos relacionados à Língua Portuguesa: estratégias de leitura, ortografia, interpretação de textos, variação lingüística e vocabulário. Além do tema água, a professora também abordou o tema fome, relacionando-o com a situação socioeconômica do país.

Em atendimento ao Currículo estabelecido, foram trabalhadas a leitura e a interpretação de textos da atualidade, como por exemplo, textos referentes a gestão do atual governo federal. Os elementos discursivos, lingüísticos e estilísticos, a contextualização e o desenvolvimento do senso crítico presentes nas atividades propostas pela professora, são habilidades que compõem o Currículo (DISTRITO FEDERAL, 2002c).

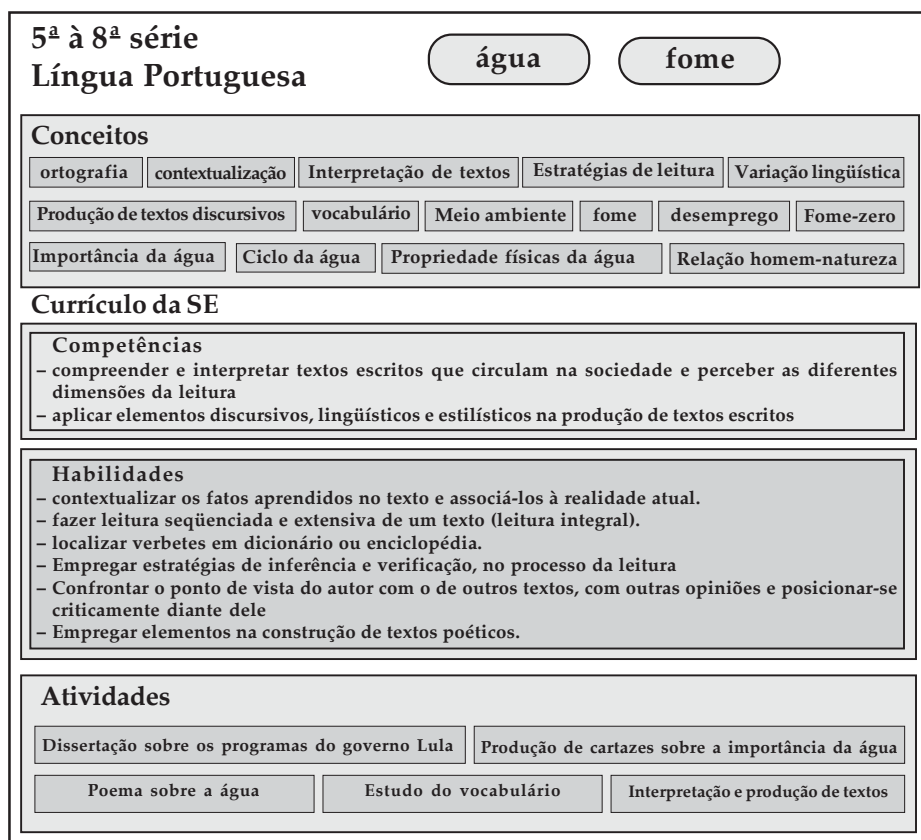


Figura 4. Esquema de integração entre tema gerador, habilidades e competências, procedimentos/atividades e conceitos a serem trabalhados em Língua Portuguesa de 5ª a 8ª série.

Geografia

Conceitos variados foram abordados nessa disciplina, tais como: a inter-relação da questão do desmatamento e poluição com os mananciais; a valorização da água e o problema do desperdício, e o problema da água no Nordeste. A professora também abordou o tema desenvolvimento sustentável e sua relação com o meio ambiente, cidadania, desenvolvimento e preservação da natureza. Tais conceitos foram demonstrados através de desenhos feitos pelos alunos. Outras atividades produzidas pelos alunos foram acrósticos, poemas, paródias de músicas, ou seja, houve também o desenvolvimento da criatividade. Os alunos produziram histórias em quadrinhos, mostrando a importância do trabalho em comunidade, frente ao problema do desperdício. Avaliando o trabalho sob o ponto de vista do Currículo da Secretaria de Estado de Educação, a professora trabalhou a importância da geografia na ação de políticas para a preservação do ambiente, a construção da cidadania, bem como a relação entre sociedade e natureza e suas implicações (DISTRITO FEDERAL, 2002c), conforme Figura 5.

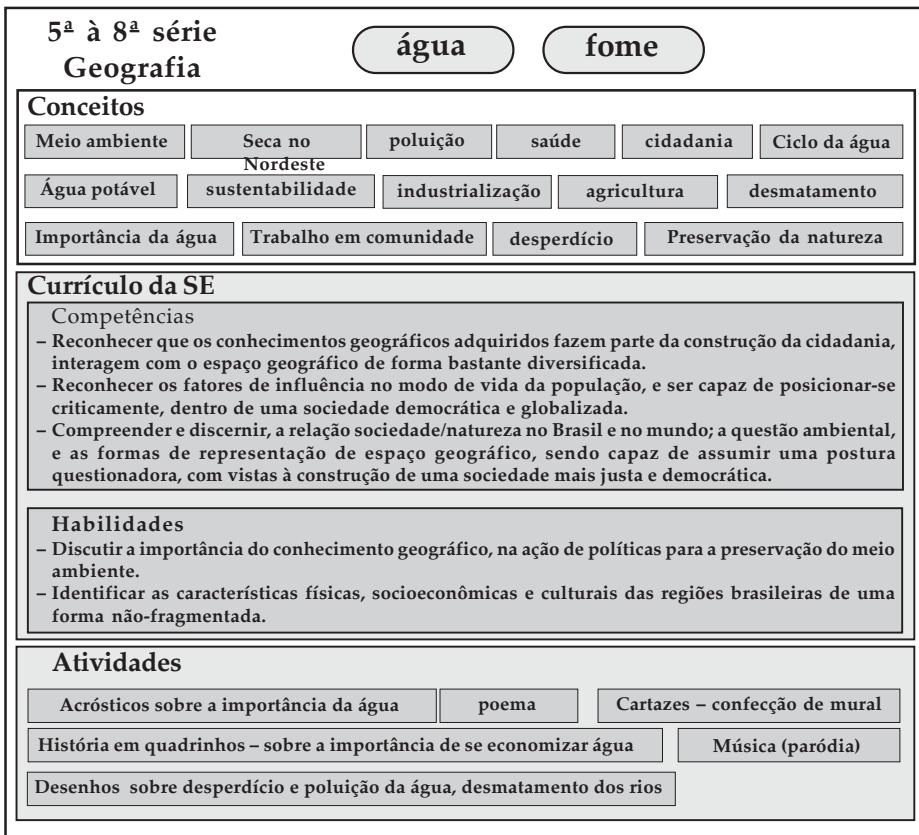


Figura 5. Esquema de integração entre tema gerador, habilidades e competências, procedimentos/atividades e conceitos a serem trabalhados em Geografia de 5ª a 8ª série.

Ensino Religioso

A professora trabalhou a criatividade dos alunos, por meio de atividades como peças teatrais, produção de gibis, caça-palavras e acrósticos, dentre outras. Nessas atividades, a professora pôde abordar conceitos de cidadania, comunidade, solidariedade e família. Abordou também questões atuais e que estão relacionadas com o meio ambiente, como desenvolvimento econômico, políticas públicas, desigualdade social e desemprego. Dessa forma, a relação homem-natureza foi discutida amplamente em sala-de-aula (Figura 6). Esse assunto está presente no Currículo estabelecido, que sugere a abordagem onde o homem deve atuar de forma participativa na defesa do meio ambiente, a fim de contribuir para a melhoria da qualidade de vida da sociedade (DISTRITO FEDERAL, 2002c).

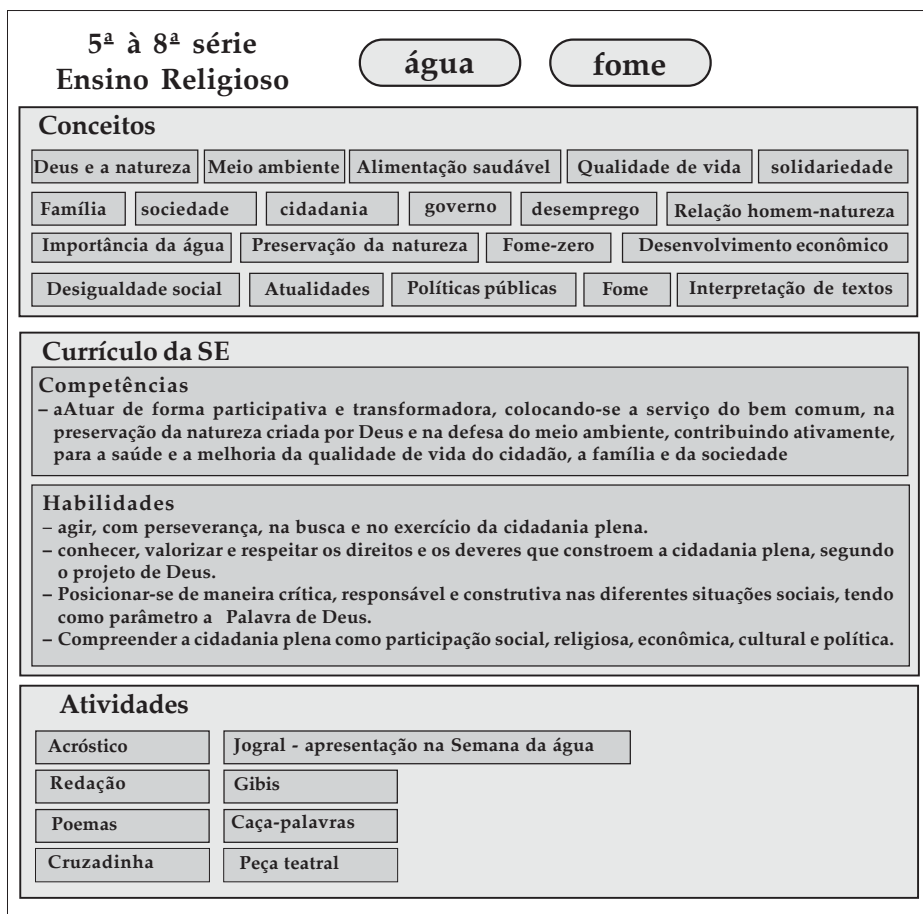


Figura 6. Esquema de integração entre tema gerador, habilidades e competências, procedimentos/atividades e conceitos a serem trabalhados em Ensino Religioso de 5ª a 8ª série.

Aos professores dessa escola foi lançado o desafio de desenvolver um plano de aula envolvendo diversos conceitos englobados pelo tema gerador. O professor, ao trabalhar os conceitos referentes ao tema, não deixou de seguir o Currículo estabelecido, já que este possui caráter abrangente e não-restritivo, permitindo ao professor abordar um tema geral de várias formas. Além disso, o professor não deve se restringir ao livro didático, pois segundo as diretrizes curriculares da Secretaria de Estado de Educação, os temas transversais devem ser trabalhados de acordo com a realidade da sociedade, da comunidade, da família, do aluno e dos educadores em seu cotidiano.

O modelo do quadro gráfico do projeto pedagógico, tal como foi consolidado, de forma retrospectiva, foi capaz de mostrar aos próprios professores que é possível problematizar temas atuais, que fazem parte da realidade da comunidade, relacionando-os às competências e habilidades propostas pelo Currículo. Esse quadro gráfico pode enfatizar também como temas geradores, como a água, podem e devem ser trabalhados de forma interdisciplinar. O fato de alguns conceitos científicos aparecerem recorrente e repetidamente em diversas atividades e disciplinas demonstra o seu vínculo interdisciplinar (Figura 7).

Do ponto de vista da integração escola-comunidade, o conjunto das atividades desenvolvidas foi apresentada à comunidade no dia 24 de março de 2004, num evento programado conjuntamente com a Comissão Pró-comitê de Bacia Hidrográfica do Alto rio Maranhão (DF/GO).

A escola apresentou uma mostra dos trabalhos escolares, na forma de painéis afixado nas paredes dos corredores e salas de aula, além de apresentar, em público, diversas atividades desenvolvidas em sala de aula como adaptações musicais, redações, criação de peças teatrais, incluindo teatro de bonecos. O público presente no pátio lotado da escola (na grande maioria pais e responsáveis pelos alunos) teve a oportunidade de conhecer a qualidade e dinamismo do trabalho desenvolvido em sala de aula com as crianças da comunidade, além de poderem vivenciar uma integração entre escola e fóruns organizativos da comunidade, no caso, a Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica, que lançou, naquele evento, o livreto educativo produzido por aquele movimento, com apoio da equipe de pesquisadores do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília (Figuras 8 e 9).

O evento conjunto permitiu mostrar aos membros da comunidade a importância e a necessidade dessa integração escola-comunidade, integração esta que não se dá apenas no plano cronológico das festas, mas no projeto político de fortalecimento das instâncias de organização ou fóruns de representação da comunidade, que pode ser traduzido pelo conceito de *empowerment* (FRIEDMAN, 1992). Essa integração e a escolha da escola como local de realização dessas atividades remete também para a valorização da escola como *locus* de acesso ao conhecimento pelos setores populares, representando uma caminhada na consolidação dessa conquista histórica, em que a comunidade vê, de forma concreta, a articulação entre o conhecimento científico sistematizado e os interesses de ação prática da comunidade em defesa da qualidade de vida e sustentabilidade sócio-ambiental (SAITO, 1999).

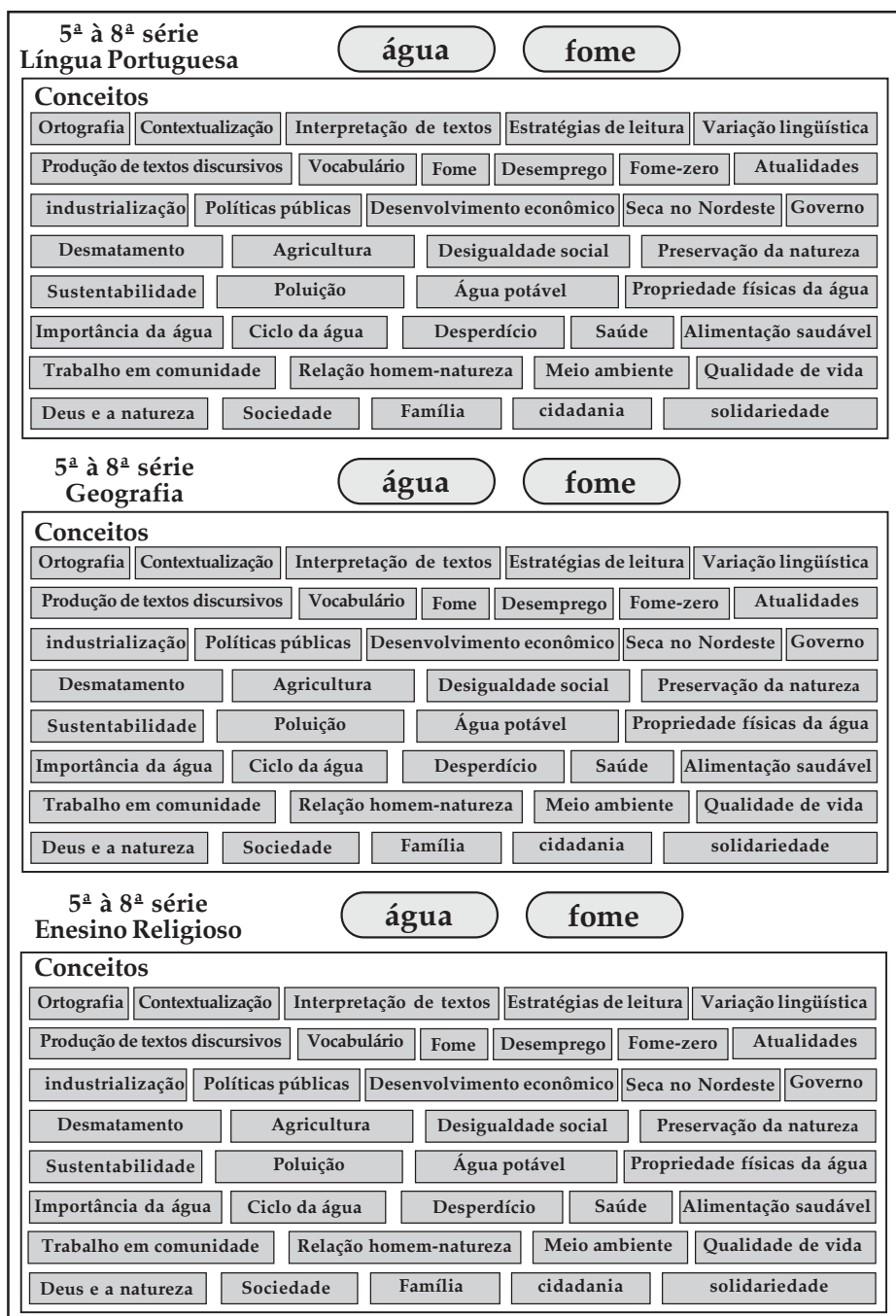


Figura 7. Visualização da comparação dos conceitos trabalhados nas disciplinas de Língua Portuguesa, Geografia e Ensino Religioso de 5ª a 8ª série, para identificar os conceitos que passaram mais de uma disciplina.



Figura 8 (a). Fotos do ato conjunto Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão e Escola-classe Osório Bacchin para lançamento e distribuição do livreto educativo na comunidade (dia 24/03/2004), aproveitando as comemorações do Dia da Água em 22 de março.



Figura 8 (b). Fotos do ato conjunto Comissão Pró-Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Rio Maranhão e Escola-classe Osório Bacchin para lançamento e distribuição do livreto educativo na comunidade (dia 24/03/2004), aproveitando as comemorações do Dia da Água em 22 de março.

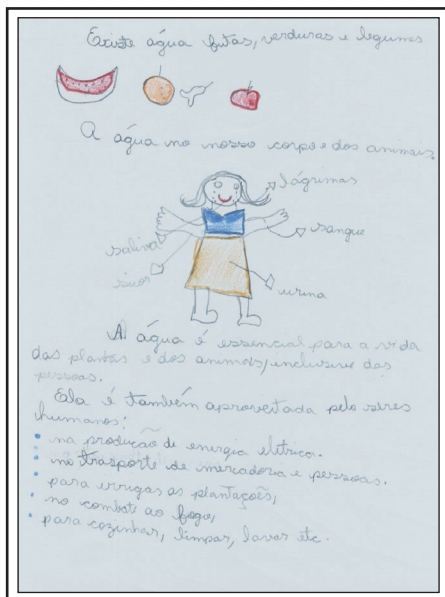
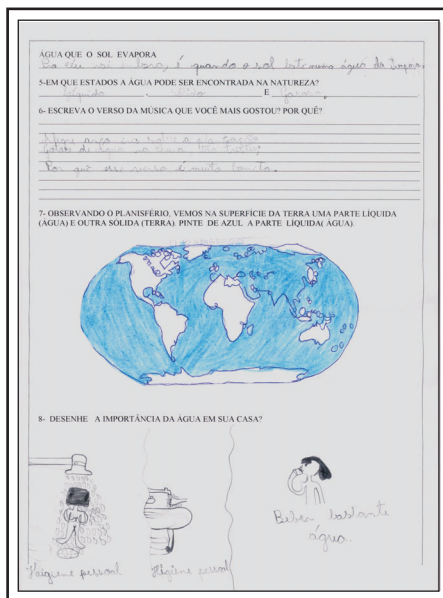
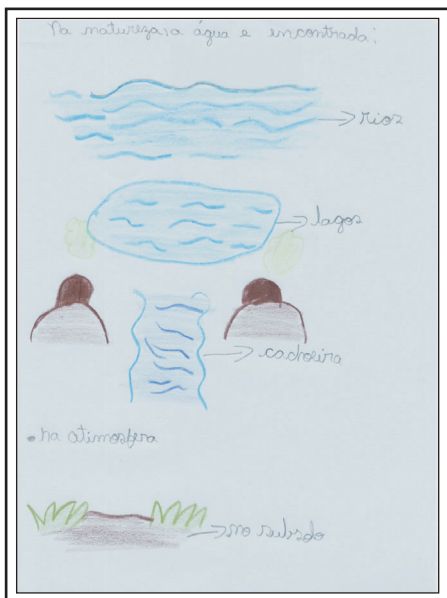


Figura 9. Trabalhos produzidos pelos alunos e professores da Escola Classe Osório Bacchin, Planaltina/DF no primeiro bimestre do ano de 2004

CONCLUSÃO

A partir da análise das atividades realizadas pelos alunos, houve uma conscientização da problemática da água, uma maior valorização do meio ambiente, acompanhada do desenvolvimento da capacidade crítica dos alunos, sobre as questões referentes à realidade.

O trabalho realizado mostrou também que é possível desenvolvido o conteúdo do Currículo da Secretaria de Estado de Educação tendo como base um tema gerador, de caráter interdisciplinar. A utilização do quadro gráfico para o planejamento pedagógico facilita a percepção dessa inter-relação dos conceitos trabalhados, das competências e habilidades em diversas disciplinas.

Quando o planejamento pedagógico assume claramente a busca da integração escola-comunidade, os resultados são potencializados, despertando maior interesse e envolvimento dos alunos, bem como a satisfação dos pais e comunidade de modo geral. A escola, dentro de um planejamento pedagógico politicamente comprometido com o fortalecimento das instâncias organizativas da comunidade, tem condições de desenvolver projetos de educação ambiental multi e interdisciplinares que envolvam o conjunto da escola, e não apenas um ou outro professor de forma isolada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGULO_RASCO, J. F. Hacia una perspectiva deliberativa en la construcción del currículum. **Investigación en la escuela**. N. 8, p.15-26, 1989.
- BERLINCK, C. N. **Comitê de Bacia Hidrográfica: Educação ambiental e InvestigaçãO-Ação**. Brasília, 2003. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília.
- DE BASTOS, F. P. **InvestigaçãO-Ação Emancipatória e Prática Educacional Dialógica em Ciências Naturais**. São Paulo, 1995. Tese (Doutorado em Educação), FEUSP/IFUSP.
- DISTRITO FEDERAL (BRASIL). SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO. **Currículo da educação básica das escolas públicas do Distrito Federal: educação infantil 4 a 6 anos**. Brasília, Secretaria de Estado de Educação/SubSecretaria de Estado de Educação Pública. 2002a, 64p.
- DISTRITO FEDERAL (BRASIL). SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO. **Currículo da educação básica das escolas públicas do Distrito Federal: ensino fundamental 1ª a 4ª série**. Brasília, Secretaria de Estado de Educação/SubSecretaria de Estado de Educação Pública, 2002b, 182p.
- DISTRITO FEDERAL (BRASIL). SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO. **Currículo da educação básica das escolas públicas do Distrito Federal: ensino fundamental 5ª a 8ª série**. Brasília, Secretaria de Estado de Educação/SubSecretaria de Estado de Educação Pública, 2002c, 402 p.
- FREITAS, M. A. V. (Eds.). **O estado das águas no Brasil – 1999: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL/MME/MMA, 1999.
- GRABAUSKA, C. J.; DE BASTOS, F. P. InvestigaçãO-ação educacional: possibilidades críticas e emancipatórias na prática educativa. **Heuresis – Revista**

Electrónica de Investigación Curricular y Educativa, v.1, n.2., 1998.
<http://www2.uca.es/HEURESIS>.

GUARIM, V. L. M.; FERREIRA, M. S. F. D.; BOAVENTURA, Y. I. R.; ARAÚJO, S. K.; AGUIAR, J. B.; OLIVEIRA, A. C.; GUARIM_NETO, G; DE_LAMONICA_FREIRE, E.; BORDEST, S. M. L. A prática pedagógica da educação ambiental em escolas cuiabanas. **Revista de Educação Pública**, Cuiabá, v.4, n.5, p. 152-173, 1995.

SAITO, C. H. Política Nacional de Educação e Construção da Cidadania: Desafios Contemporâneos. In: RUSCHEINSKY, A. (Org.) **Educação Ambiental: Abordagens Múltiplas**. Porto Alegre: Artmed, p.47-60, 2002.

SAITO, C. H. "Cocô na praia, não! Educação ambiental e lutas populares. **Revista Ambiente & Educação**, FURG, n.4, p.45 - 57, 1999.

SAITO, C. H.; FRANCO, E. M.; VASCONCELOS, I.; GRAEBNER, I. T.; DUSI, R. L. **M. Educação Ambiental na Cachoeira do Morumbi, Planaltina-DF**. Brasília: Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília, 2000. 119p.

SIMIELLI, M. E. R.; GIRARDI, G.; BROMBERG, P.; MORONE, R.; RAIMUNDO, S. L. Do Plano ao Tridimensional: a Maquete como Recurso Didático. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 70, p. 5-21, 1992.

TOMAZELLO, M. G. C. Educação Ambiental: Abordagem pedagógica de trabalho por projeto. **Revista Eletrônica Mestrado em Educação Ambiental**, Porto Alegre: FURG, n.5, p.1-6, 2001.

CAPITULO VII

Gestão Participativa de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Itapicuru, Microrregião de Jacobina–BA: Análise de Processos Formadores de Comissões de Usuários de Água (COMUA)

Ione Oliveira Jatobá Leal e Carlos Hiroo Saito

INTRODUÇÃO

A problemática referente aos recursos hídricos vem sendo muito debatida nos últimos anos, quando os poderes públicos, entidades de classe, organizações locais, nacionais e internacionais passaram a preocupar-se cada vez mais com a busca de alternativas para o uso racional desse recurso.

A maior importância pode ser atribuída à poluição hídrica e escassez da água, principalmente em áreas do semi-árido brasileiro. Apesar dos graves problemas, boa parte da população ainda acha que este é um recurso inesgotável, por isto deve ser usada de forma ilimitada. Segundo DELAMARO E BARTHOLO (2002) o planeta é rico em recursos hídricos, porém, três quartos desse líquido estão nos oceanos, ficando a menor parcela de água doce distribuída em rios, lagos, calotas polares e subterrâneas. Vale lembrar que entre a parcela de água doce, o maior potencial hídricos é subterrâneo, necessitando de tecnologia avançada e altos investimentos para captá-la.

A importância da água está relacionada aos seus múltiplos usos, sendo elemento essencial para a manutenção da vida. Neste sentido, a preocupação não deve ser somente com conservação e preservação, mas lutar também pela recuperação das áreas degradadas. Esse deverá ser um desafio e ao mesmo tempo uma preocupação de todos, uma vez que os resultados irão contribuir para a manutenção da boa qualidade e quantidade das águas para as gerações atuais e futuras.

Neste trabalho, que resume a dissertação de mestrado em Desenvolvimento Sustentável junto à Universidade de Brasília (Leal, 2004), busca-se a refletir sobre as estratégias desenvolvidas pelo governo do estado da Bahia via Superintendência de Recursos Hídricos para implementar uma gestão participativa dos recursos hídricos na bacia do rio Itapicuru através da criação de Comissões de Usuários de Água – COMUA e avaliar sua eficácia na mobilização da comunidade para elaboração de ações voltadas para a gestão dos recursos hídricos.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Itapicuru (Figura 1) está situada na porção nordeste do estado da Bahia, entre as coordenadas 10° 00' e 12° 00' de latitude sul e 37° 30' e 40° 45' de longitude oeste, com seu centro geográfico distante cerca de 240 km a noroeste da capital do estado.

A bacia possui uma forma alongada no sentido oeste-leste, com cerca de 350 km de extensão e 130 km de largura, estreitando-se continuamente para leste a partir do meridiano de 38° 30', até a desembocadura, ocupando uma área de cerca de 36.440 km². Está totalmente inserida dentro dos limites do estado da Bahia, sendo, por isso, um patrimônio do estado, que é responsável pelo gerenciamento de suas águas.



Figura 1. Localização da Bacia. Fonte: Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia.

A área da bacia do rio Itapicuru constitui um total de 43 municípios, total ou parcialmente incluídos na bacia, com população segundo o censo de 2000, do IBGE, cerca de 1.400.000 habitantes. Cerca de 90% do seu território localiza-se no Polígono da Seca. A microrregião de Jacobina, correspondente à área de estudo do presente trabalho, está localizada a sudoeste da bacia do rio Itapicuru. Além de Jacobina, compreende os seguintes municípios circunvizinhos que fazem parte da bacia do rio Itapicuru: Miguel Calmon, Mirangaba, Caem, Serrolândia, Quixabeira, Saúde, Caldeirão Grande, Capim Grosso (Figura. 2).

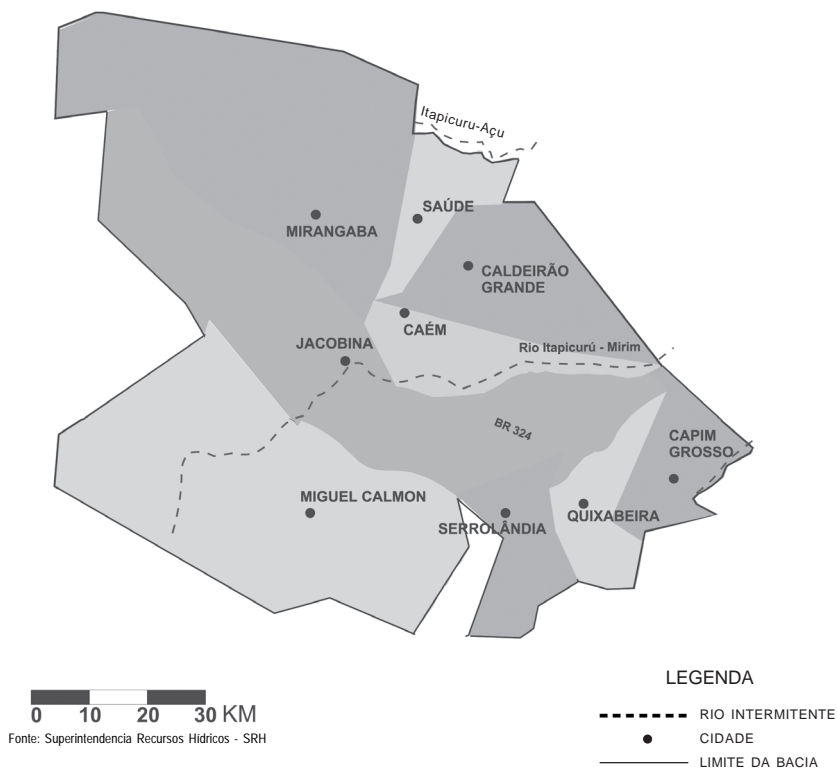


Figura 2. Microrregião de Jacobina-BA

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa segue os caminhos propostos como um estudo de caso numa perspectiva do enfoque qualitativo por considerarmos que a complexidade da reflexão não é suscetível de quantificação. O método de investigação elaborado irá contribuir diretamente para a consistência dos resultados apresentados. Neste caso, a investigação será realizada com representantes das COMUA de nove municípios da microrregião de Jacobina.

Para a realização da pesquisa foram utilizados os seguintes procedimentos metodológicos: inicialmente a revisão bibliográfica referente aos conceitos da problemática proposta, contribuindo como suporte teórico-metodológico para realização do trabalho.

Para conseguir mais informações referentes ao tema foram utilizadas fontes de pesquisas secundárias provenientes da Superintendência de Recursos Hídricos – SRH, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, do Consórcio Intermunicipal de Usuários de Água do Alto e Médio Itapicuru e da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, e os seguintes documentos: Projetos de organização e capacitação de usuários de água do rio Itapicuru; planos de trabalho e relatórios sínteses das reuniões para implantação das COMUA dos municípios de Jacobina, Quixabeira, Serrolândia, Miguel Calmon e Caem.

Além da observação participante, foi realizado entrevistas com representantes das COMUA, no período de abril e maio de 2004 com duração de 35 a 40 minutos. O número total de entrevistados na Bacia Hidrográfica do Itapicuru foi de 33 pessoas. O maior número de entrevistados foi no município de Jacobina totalizando 9 (nove) pessoas escolhidas por setores assim distribuídos: Setor Público – dois representantes dos municípios (Diretor de Turismo e Meio Ambiente e Secretário de Agricultura) e dois representantes do Estado (Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola – EBDA e Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional – CAR); um representante do setor usuário (Empresa Baiana de Água e Saneamento) e quatro representantes da sociedade civil (um representante da ONG Serra Verde, um representante de produtores rurais, um representante dos professores do ensino fundamental e médio e um aluno do ensino superior). Levou-se em conta na escolha destes representantes, a participação nas reuniões desde o início da implantação da COMUA e o envolvimento em questões ambientais do município.

Quanto aos outros oito municípios decidiu-se por entrevistar três representantes em cada localidade, uma vez que foi percebido através de relatos de pessoas residentes nos mesmos que a maioria das COMUA estavam praticamente desativadas. Os representantes escolhidos foram: um representante do setor público que participou do processo de implantação; um representante que ficou responsável pela coordenação dos trabalhos e outra pessoa indicada pelo coordenador e que prioritariamente tenha participado do maior número de reuniões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A iniciativa para implantar um modelo de organização de usuários de água na área da bacia do rio Itapicuru deveu-se ao convênio entre a Superintendência de Recursos Hídricos – SRH e Banco Mundial, que escolheu esta área como uma das áreas-piloto devido aos graves problemas de oferta hídrica tanto na qualidade quanto na quantidade, além da pobreza e baixos níveis de mobilização e organização social. O acordo entre o governo da Bahia e o Banco Mundial teve como “objetivo geral revisar as estratégias do governo do estado, do ponto de vista do desenvolvimento econômico, social e ambiental através do estabelecimento de um novo modelo para o segmento de recursos hídricos”.

Para a realização dos trabalhos foram contratadas através da SRH, três instituições para realizar o desenvolvimento das atividades visando a mobilização e capacitação das comunidades locais para criação das Comissões de Usuários de Água – COMUA em cada município da bacia sendo: Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Consórcio Intermunicipal de Usuários de Água do Alto e Médio Itapicuru e Centro de Estudos Sociambientais – PANGEA. Os trabalhos aconteceram de forma gradativa devido à extensão territorial da bacia (36.440 km²), tendo sido iniciados em 1998 e concluídos em 2003. Os trabalhos pretenderam discutir no seio de cada município os problemas relativos aos recursos hídricos sem perder a contextualização de bacia hidrográfica, já que os

representantes locais agrupados formariam Consórcios. Pelo menos era esta, a proposta inicial.

Na área mobilizada pela UNEB notou-se nos projetos que além do processo de mobilização houve programas de capacitação cujos preceitos foram amplamente defendidos na gestão compartilhada de recursos hídricos, na ótica do desenvolvimento sustentável e Agenda 21. Foram realizadas palestras temáticas, produção de cartilhas e discussão dos problemas ambientais envolvendo representantes dos poderes públicos, produtores rurais, ONGs, e professores do ensino fundamental e médio. Procurou-se promover, desta forma, uma interlocução entre a SRH e os usuários na gestão compartilhada dos recursos hídricos. Houve a integração de equipe interdisciplinar para realização das atividades por ser uma Universidade multicampi e contar com participação de docentes e discentes. Houve além disto, o favorecimento em relação ao tempo estabelecido para as atividades desenvolvidas, que foi de doze meses.

O Consórcio de Usuários de Água do Alto e Médio Itapicuru foi criado em março de 2000 e a primeira atividade realizada pelo mesmo foi o contrato com a SRH para realizar as atividades para criação de COMUA em seis municípios: Andorinha, Cansção, Jaguarari, Caem e Santa Luz. Destes, somente Caem pertence à microrregião de Jacobina. Devido ao curto período estipulado para as atividades, quatro meses, percebe-se que não houve tempo suficiente para a capacitação da comunidade. Portanto, ocorreu apenas troca de informações sobre a problemática dos recursos hídricos, mobilização e criação da COMUA que seria integrada ao mesmo, tendo como base o conceito de gestão participativa de recursos hídricos.

Para a etapa final, foi contratada a PANGEA. Conforme informação do plano de trabalho, a metodologia utilizada para o desenvolvimento das atividades de capacitação, inspirou-se no método ZOPP¹ planejamento por objetivos, justificado por eles como sendo um método flexível, ágil e passível de ser adaptado às finalidades do projeto Organização de Usuários de Água do Itapicuru – OUSA-ITAPICURU, de acordo com a metodologia solicitada pelo PGRH. Os trabalhos estavam embasados no conceito de gestão participativa de recursos hídricos de acordo com a Lei 9.433/97. Nas reuniões eram apresentados temas referentes às questões ambientais para informação e sensibilização dos participantes que em grande maioria foi da sociedade civil. Apesar da instituição considerar como um processo de capacitação desenvolvido na área, as análises apontam que devido ao curto tempo e a forma superficial como foram trabalhados os temas, conclui-se que ao invés de mobilização/capacitação houve somente o processo de mobilização da sociedade para criação das COMUA na área trabalhada pela PANGEA. Essa forma de trabalho deixa subentendido que o objetivo não era intervir diretamente sobre os problemas levantados nos municípios, uma vez que nenhuma iniciativa foi tomada visando a solução dos mesmos, ficando na contemplação dos fatos.

¹ O método ZOPP, de origem alemão – Ziel Orientiert Projekt Planung – foi criado na década de 70, testado em fase piloto no início da década de 1980, e definitivamente, implantado nos projetos de Cooperação da Alemanha a partir de 1987. Fonte: Projeto PANGEA (2003)

O processo comparativo conduzido pelas três instituições é apresentado no quadro 1, onde estão sistematizados as principais informações sobre a criação das COMUA pelas instituições contratadas pela SRH.

Quadro 1. Processo comparativo na área da microrregião de Jacobina

Atividades	UNEB	Consórcio	PANGEA
Municípios	Caldeirão Grande, Saúde e Mirangaba	Caem	Jacobina, Capim Grosso, Serrolândia, Miguel Calmon e Quixabeira.
Objetivo	Criar bases municipais para criação de Consórcio de Usuários de Água	Complementar a área do Consórcio	Criar bases municipais capazes de dar legitimação às ações do futuro comitê
Levantamento de informação e mobilização	Através do Diagnóstico Rápido Participativo - DRP	Através do Diagnóstico Rápido Participativo - DRP	Através do Diagnóstico Rápido Participativo - DRP
Implantação	Através do processo de mobilização, sensibilização e capacitação com reuniões temáticas e equipe interdisciplinar.	Através do processo de mobilização e sensibilização.	Através do processo de mobilização e sensibilização, com reuniões temáticas.
Atuação durante e após criação das COMUA	Elaboração do plano de prioridade em cada município. Principal atuação foi através do programa PEACS através de atividades práticas envolvendo a participação da população da zona rural, urbana e diversos setores locais. Ex: feiras ambientais, limpeza de rios, reflorestamento matas ciliares, criação do NEAM, entre outras.	Elaboração do plano de prioridade em cada município. Principal atuação foi através do programa PEACS através de atividades práticas envolvendo a participação da população da zona rural, urbana e diversos setores locais.	Elaboração do Plano de Prioridade, não sendo concluído em todos os municípios. Atividades pontuais nos municípios de Jacobina e Serrolândia como palestras, confecção de cartilhas a ser explorada nas escolas e comunidades, ofício solicitando programa de educação ambiental para ser desenvolvido em todos os municípios.
Concepção teórica de gestão	Trabalhou com concepção teórica de gestão compartilhada como uma nova forma de relação entre Estado e população na solução de problemas ambientais. Para investigação e intervenções optou-se pelo conceito de desenvolvimento sustentável e Agenda 21.	Usou concepção teórica de gestão participativa de recursos hídricos, objetivando a criação de uma estrutura organizacional voltada para as questões da água.	O projeto esteve embasado no conceito de gestão participativa dos recursos hídricos vinculados à implementação de um programa de gerenciamento dos recursos hídricos em conformidade com a Lei 9.433/97.

Continua...

Atividades	UNEB	Consórcio	PANGEA
Concepção teórica de participação social	Participação social de forma compartilhada envolvendo não só o Estado como também as estruturas de representação formal da população (poder público) e as demais formas de organização dos moradores ligados à temática. Privilegiou a participação em todas as etapas, do diagnóstico a criação da COMUA.	Conceito de participação social esteve atrelado ao de mobilização da sociedade.	Utilizou princípio de planejamento participativo, reunindo no mesmo espaço representantes do setor público, usuário e sociedade civil organizada, visando ainda estimular a parceria entre os três setores.
Concepção teórica de inclusão social	Uniformização da linguagem e do conhecimento acerca das temáticas ligadas ao manejo dos recursos hídricos e no treinamento em manejo do solo e irrigação. As informações para gestor de território foram para preparar os participantes para a tomada de atitudes de forma organizada, coletiva e consensuadas.	Uniformização da linguagem e do conhecimento acerca das temáticas ligadas ao manejo dos recursos hídricos	Democratização da informação acerca das temáticas ligadas ao manejo dos recursos hídricos, estabelecimento de proposta de ação voltada para os problemas locais.
Níveis de participação social	Colaboração Decisão Parcial Não houve a construção	Colaboração Decisão Parcial Não houve a construção	Colaboração Decisão Parcial Não houve a construção
Avaliação das atividades de mobilização pelos participantes	Boa para a maioria dos entrevistados (66,67%)	Boa (100%)	Em Jacobina a maioria considerou regular (55,56%) e os demais municípios a maioria considerou bom (75%).
Situação atual	Todas as COMUA estão com atividades paradas desde 2003.	Está com as atividades paradas desde 2003.	Continua reunindo somente a COMUA de Jacobina e Serrolândia.

O desenvolvimento dessas atividades, em todos os municípios, independentemente da instituição encarregada de conduzir o processo, constou das seguintes etapas: Diagnóstico institucional, encontros municipais, programa de capacitação, levantamento dos problemas ambientais e hídricos, elaboração de plano de prioridade em cada município e encontro regional.

Vale ressaltar que na última etapa da criação das COMUA processou-se uma significativa mudança conceitual no âmbito do órgão responsável pela gestão dos recursos hídricos no estado da Bahia. Do ponto de vista da legislação estadual,

pode-se identificar a opção pela constituição de comitês de bacia hidrográfica, representando uma grande mudança em relação ao conceito até então dominante, que privilegiava a formação de consórcios de usuários, em detrimento do modelo, nacionalmente adotado, de constituição de comitês de bacia. Apesar disso, optou-se por implantar as COMUA e aguardar a alteração da Lei Estadual que deverá contemplar os comitês de bacia hidrográfica, ou seja, deverá seguir um modelo mais moderno de gerenciamento das águas, que incorpora novos elementos em sua gestão, de acordo com o modelo sistêmico participativo. A minuta da nova Política Estadual de Recursos Hídricos disponibilizada para consulta pública (em: <http://www.seia.ba.gov.br>), sinaliza para esse momento de transição.

Os métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos para a área da microrregião de Jacobina estavam correlacionados com as atividades desenvolvidas nos planos, porém, os resultados finais, por sua vez, não permitiram o sucesso esperado, principalmente pelo curto período para as atividades em alguns municípios e a falta de programas para dar continuidade às ações e ou afastamento dos órgãos gestores, no caso, o Consórcio e a SRH. Percebe-se assim, que os processos não foram fundamentados no conceito de fortalecimento organizacional da comunidade (*empowerment*), apresentado por FRIEDMAN (1992).

No geral, as instituições proporcionaram a mobilização e capacitação em alguns dos municípios com a proposta de fortalecer as COMUA como fóruns de discussão local, estimulando o desenvolvimento da cidadania desses grupos, uniformizando a linguagem e o conhecimento dos participantes acerca das temáticas ligadas ao manejo dos recursos hídricos. Acreditamos que somente com adoção de metodologias com foco na educação ambiental embasada teoricamente no conceito de *empowerment* é possível desenvolver projetos locais com envolvimento da comunidade, que levem a discussão dos problemas ambientais pelos mesmos, incentivando dessa forma a participação da coletividade, conforme SAITO (2001a e 2001b). A participação da sociedade na discussão ou solução dos problemas locais exige mudanças institucionais e comportamentais a fim de estimular e assegurar a participação cidadã em fóruns locais e na tomada de decisões e em conformidade com a Lei 9.433/97 e Agenda 21.

Quanto às discussões locais, consideramos essenciais os preceitos da Agenda 21 ao incentivar o emprego de uma metodologia participativa visando o desenvolvimento sustentável.

A conclusão das entrevistas mostrou que a participação foi efetiva enquanto estava acontecendo a intervenção das instituições e, apesar disso, o processo incentivou em alguns a vontade de participar e se envolver em outros programas. Fica evidente a necessidade de programas de educação ambiental em cada municípios, de forma que a própria população exponha suas reais dificuldades e necessidade proporcionando assim, o que afirma LOUREIRO (2003) a aproximação entre os diversos segmentos, inicialmente a nível local e depois promover a interrelação entre os demais para se chegar à compreensão da interdependência e articulação com a região.

Quanto aos níveis em que a participação pode ser exercida, nos reportamos a GANDIN (2002) que aponta caminhos para promover esse acontecimento.

Analisando os resultados chegamos à conclusão que na maioria dos casos induz a pensarmos que no trabalho realizado na bacia houve o que o autor chama de primeira fase que é a **colaboração**, ou seja, foram colhidas informações, em todos os municípios. O segundo nível, o da **decisão**, em que todos decidem juntos, aconteceu na maioria dos municípios apenas no que se refere à concordância na constituição da COMUA, e o último nível, que é **construção em conjunto**, não chegou a ser contemplado nos trabalhos, uma vez que o produto final que foi o plano de prioridade para a bacia como um todo não teve a participação e discussão de representantes de todos os municípios.

É intrigante e ao mesmo tempo compreensível que devido a carência de trabalhos referente às questões ambientais, falta de organização da sociedade e de informações da comunidade, a maioria dos entrevistados correspondente a área da PANGEA considerou boa as atividades desenvolvidas. Percebe-se que não há para a maioria uma distinção entre capacitação e mobilização. O processo de capacitação demanda um processo de conscientização e não acontece de uma hora para outra necessitando ser desenvolvido em longo prazo, e com metodologias específicas, ou seja, para acontecer a participação propriamente dita demanda diálogo, aumento do poder de intervenção, autonomia e organização da comunidade (*empowerment*, segundo FRIEDMAN, 1992). No município de Jacobina foi considerado razoável o desenvolvimento das atividades justamente devido ao pouco tempo para discussão dos problemas que foram tratados de forma superficial e a falta de programas para dar continuidade ao projeto.

No decorrer deste estudo, constatou-se a importância da criação das COMUA devido à mobilização, conscientização e principalmente as discussões dos problemas em nível local que ao serem internalizados os problemas, começam-se as reivindicações de ações que irão contribuir para o desenvolvimento sustentável, a gestão participativa dos recursos hídricos e para a melhoria da qualidade de vida. No entanto, notou-se dificuldades para dar continuidade aos projetos e para mobilizar a comunidade a participar de forma efetiva dos mesmos, principalmente o setor público e usuários da água. Percebe-se que as pessoas estão abertas à participação, porém como afirma Danilo GANDIN (2002), esse processo tem que ir além da colaboração. É necessário que entendam que deve participar também das decisões e da construção em conjunto de ações visando solucionar os problemas ambientais locais.

No que se refere à mobilização para a participação social, considera-se elucidativo o argumento de LOUREIRO (2003) que cita premissas que levam a caminhos metodológicos para a participação cidadã: despertar a disposição para mudanças, facilitar para que a participação aconteça e aceitar as diferenças. A nosso ver o segredo do êxito das COMUA está na continuidade através de ações a serem trabalhadas a curto, médio e longo prazos.

Após criação das COMUA, foi percebido que na área correspondente ao Consórcio, houve continuação dos projetos através da capacitação da sociedade com o Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social – PEACS envolvendo vários segmentos da sociedade em todos os municípios agrupados pelo mesmo. Apesar dos problemas atuais a área do Consórcio pode ser considerada privilegiada em relação às outras COMUA sobretudo as atividades promovidas pelo Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos - PGRH.

Quanto à área do Itapicuru-Mirim, nenhuma atividade visando capacitar a comunidade foi realizada após criação da COMUA, apesar de ser de fundamental importância para adquirir autonomia decisória, com a finalidade principalmente de desvincular-se do “paternalismo” ainda existente no cotidiano da população do interior baiano, principalmente na questão de escassez de água.

Percebe-se que na área correspondente ao Consórcio, o processo foi embasado no conceito de capacitação técnica e do diálogo, o que não aconteceu no último processo em que só houve o diálogo e construção do conhecimento, porém os dois processos não obtiveram o sucesso esperado. O que faltou ao processo foi justamente a falta do fortalecimento organizacional das comunidades, ou seja as pessoas ainda sentem-se dependentes dos técnicos envolvidos, por falta da autonomia para transformar a realidade.

De modo geral, as propostas metodológicas adotadas no decorrer da criação das COMUA, em relação as decisões, interlocução entre a comunidade, setor público e SRH não se desenvolveram depois de concluído o programa. Isto indica que todos os processos de constituição de COMUA desconsideraram o conceito teórico de *empowerment*. Lembrando que, de acordo com NOGUEIRA (2003), uma política participativa não faz somente transferir responsabilidades, mas capacitar as pessoas para decidirem sobre questões que afetam suas vidas de uma forma mais geral. Além do que, o sucesso do *empowerment* citado por autores como SAITO (2001a) e NOGUEIRA (2001), dependerão da compreensão das funções e metas de trabalho e pela informação e capacitação dos decisores. De modo geral a bibliografia existente sobre o processo de participação, exalta como fatores essenciais a divulgação de informações, educação e conscientização, e inclusão citada por autores como SETTI *et al* (2001); BUSTOS (2003) e ROCHA (2003).

Quanto ao fator inclusão social mesmo que inconscientemente foi incorporado em parte pelas instituições através do diálogo, da informação e construção coletiva do conhecimento visando a motivação e sensibilização para agir nas questões locais.

Em alguns poucos municípios, o empenho vinculado ao setor público municipal, representado por Secretários de Agricultura, onde não havia Secretário de Meio Ambiente foi expressivo. Nos demais, de forma majoritária, a sociedade civil sempre foi em número maior. Se por um lado isto sinaliza para o desejo de participação e mudanças por parte da sociedade, isto é preocupante para uma área que está em fase de mobilização para implantação do comitê de bacia hidrográfica no que diz respeito ao fator representatividade. Neste ponto, NEDER (2002) e MAGALHÃES JUNIOR (2003) concluem que as pessoas que irão decidir devem ser capazes de tomar decisões.

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Constatamos, assim, que o governo do Estado da Bahia foi o principal motivador e indutor para desencadear o processo de gestão participativa, apesar de certas limitações e restrições. Portanto, mesmo com ressalvas, este modelo de gestão incentivou o início da mobilização da sociedade local de forma a possibilitar o levantamento dos problemas de cada município com objetivo de elaborar um plano de prioridade com a participação dos diversos segmentos. O modelo também

buscava promover a interlocução entre a sociedade e o órgão gestor, no caso da Bahia a SRH.

Ao inserirmos a referida área no contexto da bacia como um todo, constatamos que apesar da metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto ser semelhante, a estrutura para realização das atividades foi diferenciada em relação às instituições e ao objetivo final. Inicialmente o objetivo era formar Consórcios de Usuários de Água e nas últimas etapas pensou-se em implementação do comitê da bacia. Quanto às instituições percebe-se que a Universidade do Estado da Bahia, por ser multicampi, envolveu em seus trabalhos diversos profissionais e alunos dos diferentes Departamentos, proporcionando maior integração, mobilização e capacitação nas comunidades por ela trabalhada. As outras instituições, além de não dispor de um quadro igual para desenvolvimento das atividades, a quantidade de municípios e a distância entre os mesmos dificultou as atividades.

O modelo de gerenciamento integrado e participativo ainda é um desafio nos estados brasileiros, porém essencial, principalmente nesta área com altos índices de pobreza e problemas de degradação de seus mananciais. Para que o mesmo funcione deverá ser adaptado à realidade socioambiental da área e através da elaboração de projetos de desenvolvimento econômico e social ou integrar a comissão a programas em andamento como o Faz Cidadão e Pró-Renda do governo do estado, que sejam capazes de minimizar os graves problemas de desigualdades sociais e carências regionais.

Apesar dos entrevistados confirmarem a importância da criação das COMUA, no geral constatamos que o sucesso não foi totalmente alcançado, devido principalmente:

1. Às características da mobilização/capacitação que não foram adaptadas à dinâmica ambiental e social de cada município;
2. A forma como prosseguiu após a criação das COMUA, que não proporcionou metodologias visando a emancipação dos representantes através do fortalecimento organizacional das comunidades;
3. Ausência de aplicação de ações efetivas em curto prazo e localizadas.

Tão importante quanto a elaboração de leis ou alterações das mesmas, o processo de mobilização e capacitação da sociedade é a execução de ações que devem ser eficientes e visando as reais necessidades da população. O próprio resultado da pesquisa indica a necessidade de se rever os resultados e propor novas formas de ação que promovam a integração e articulação de pessoal. Uma falha evidente é a falta de continuidade dos programas aplicados. Em áreas com projetos como o PEACS já deveria ter havido um processo de avaliação para conhecer os avanços, dificuldades e sugerir novas propostas. Por outro lado, nas áreas que não foram contempladas com nenhum programa, deve-se promovê-los de maneira que viabilize a inclusão social, para que todos sejam informados e sintam a necessidade de participar, desde escolas, grupos religiosos, universidade, ou seja, a comunidade como um todo. Só através da gestão integrada e participação social plena e representativa de todos os setores envolvidos é possível o desenvolvimento da proteção da bacia hidrográfica do Itapicuru seguindo a

perspectiva do desenvolvimento sustentável. Portanto, os trabalhos só serão válidos se ocorrer mudanças significativas no modo como vem sendo implantado esse modelo, ou seja, tanto na escolha da instituição para o desenvolvimento das atividades para criação das COMUA, quanto no processo após criação das mesmas.

Espera-se que o funcionamento das ferramentas governamentais de gestão dos recursos hídricos possibilite que as ações levantadas, discutidas e priorizadas pelos municípios possam ser implementadas através de convênios e ações governamentais. Assim, a sociedade civil organizada, poderá assumir o compromisso de tentar resolver os problemas locais através de projetos articulados. Para tanto se faz necessário um trabalho efetivo de educação ambiental embasado no conceito de *empowerment* envolvendo os aspectos formais e não-formais como um elemento a mais para auxiliar na gestão participativa dos recursos hídricos, visando a melhoria das condições de vida e para que os recursos hídricos sejam utilizados de forma racional e com bom senso.

Espera-se que as COMUA possam adquirir autonomia e independência para desenvolver projetos com uma metodologia específica, que viabilize a inclusão social, visando a capacitação e treinamento da comunidade que se identifica com os problemas ambientais e formar agentes multiplicadores do conhecimento. Para isso, é necessário que os representantes sejam capacitados para elaborar projetos e para buscar caminhos para efetivá-los.

Conclui-se também pela importância da realização de outras pesquisas como continuidade desta, uma vez que o processo de gestão integrada e participativa terá continuidade com a implementação do comitê de bacia na área da bacia do Itapicuru prevista para este ano de 2004, conforme afirmação da Comissão Pró-Comitê que se formou ao longo deste processo.

Em virtude da análise do modelo desenvolvido pelo estado da Bahia para gestão participativa dos recursos hídricos na microrregião de Jacobina com a implantação de Comissões de Usuários de Água – COMUA, surgem perspectivas de continuidade dos trabalhos na referida área e em outras bacias do estado uma vez que a bacia do Itapicuru está como área piloto. Neste sentido, são enumeradas algumas recomendações visando à participação plena da sociedade. Vale ressaltar que algumas destas recomendações foram citadas pelos entrevistados e outras adaptadas de experiências em outros estados.

Diante das necessidades percebidas recomenda-se algumas atividades que poderão ser desenvolvidas a curto, médio e longo prazos.

Propostas para curto prazo:

- Rever os planos de prioridades ou elaborar onde não foi feito, para discussão nas COMUA e identificar possíveis parceiros para viabilizar projetos;
- Diante da minuta de projeto, disponibilizada para consulta pública, assegurar o reconhecimento das COMUA como unidades locais de implantação dos comitês de Bacia Hidrográfica, com representação garantida nestes comitês.
- Avaliar os programas de educação ambiental que foram implantados, ver os acertos, os erros e buscar propostas para continuação das atividades;

- Efetivar atividades com ações definidas e específicas como campanhas direcionadas ao uso racional da água, combate à dengue e limpeza dos rios.
- Elaborar jornal informativo e programa de rádio para o conhecimento da comunidade sobre a COMUA em seu município e inclusão de novos integrantes, visando a melhoria da qualidade de vida;
- Diante da reabertura da Jacobina Mineração e Comércio, os representantes das COMUA deverão ter autonomia através de capacitação técnica, visando acompanhar as questões referente às atividades desenvolvidas pela mesma, para opinar, informar e quando necessário denunciar e buscar soluções para os problemas vindouros.

Propostas para médio prazo:

- Implementar apoio às COMUA através da preparação para elaborarem projetos e concorrerem a financiamentos ou para busca de parcerias a nível local, estadual ou federal;
- Desenvolver atividades práticas de sensibilização e capacitação envolvendo as questões ambientais referente aos municípios através de parcerias entre instituições governamentais e privadas, com suporte da SRH;

Proposta para longo prazo:

- Desenvolver metodologia específica para programas de educação ambiental, a serem desenvolvidos de acordo com as dificuldades e necessidades de cada município, ou seja, construído com e a partir da comunidade visando assim, ampliar e fortalecer a parceria do cidadão na proteção do meio ambiente;

Recomenda-se ainda que, tanto para as propostas de curto, médio e longo prazo, as ações sejam guiadas por uma concepção teórica voltada para o *empowerment* das comunidades, em todos os sentidos (quer organizacional, cultural, educacional ou econômico), e comprometida com a minimização das desigualdades sociais.

Este trabalho de pesquisa não é considerado concluído, muito ainda precisa ser pesquisado e implementado na área da bacia do rio Itapicuru, e espera-se que este sirva de incentivo para outros trabalhos que virão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIA. **Minuta da Lei da Política Estadual de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.seia.ba.gov.br>>. Acesso em junho de 2004.

BAHIA. **Projeto de Organização dos Usuários da Água do Rio Itapicuru**. PANGEA: Salvador – Bahia, maio 2003.

BAHIA. **Proposta técnica para realização de projeto de organização e capacitação de usuários da água em municípios da bacia do rio Itapicuru**. UNEB: Salvador – Bahia, janeiro 2001.

BAHIA. **Relatório Síntese para implantação da Organização de Usuários de Água**. Consórcio Intermunicipal de Usuários de Água: Salvador – Bahia. 2002.

- BUSTOS, Myriam Ruth Lagos. **A Educação sob a ótica da gestão de recursos hídricos**. São Paulo, 2003. 194 f. Tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.
- DELAMARO, Maurício C. BARTHOLO, Roberto. Água e qualidade de vida: Pequena contribuição a um necessário debate. In: BARTHOLO, R. (Org). **Ética e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Papers, 2002.
- FRIEDMAN, J. **Empowerment: the Politics of the Alternative Development**. Cambridge: Blackwell Publishers, 1992. 196 p.
- GANDIN, D. **A prática do Planejamento participativo**. 11ª ed. Petrópolis: Vozes, 2002.
- LEAL, I. O. J. **Avaliação do processo de gestão participativa de recursos hídricos na bacia do rio Itapicuru: O caso da microrregião de Jacobina-BA**. Dissertação de Mestrado. Brasília, 2004. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília.
- LOUREIRO, C. F. B. Agenda 21 e a participação da sociedade. IN: LOUREIRO, C. F. B. (Org.) **Cidadania e Meio Ambiente**. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2003.
- MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Os indicadores como instrumento de apoio à consolidação da gestão participativa da água no Brasil: Realidade e perspectivas no contexto dos comitês de bacia hidrográficas** Brasília, 2003. Tese (Doutorado) Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília.
- NEDER, R. T. **Crise Socioambiental e Estado & sociedade civil no Brasil (1982-1998)**. São Paulo: Annablume/Fapesp, 2002.
- NOGUEIRA, D. **A representação da sociedade civil na gestão de recursos hídricos: um estudo de caso do comitê do rio das Velhas**. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br>>. Acesso em abril 2003
- ROCHA, J. M. da. **A gestão dos recursos naturais: uma perspectiva de sustentabilidade baseada nas aspirações do "lugar"**. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br>>. Acesso em abril 2003
- SAITO, C. H. "Gestão de Bacias e Participação". In: BRASIL, Ministério do Meio Ambiente/Diretoria de Educação Ambiental. **Educação Ambiental: curso básico a distância vol.5: Gestão de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas sob a Ótica da Educação Ambiental**. Brasília: MMA, 2001a, p.29-46, 2ª edição ampliada.
- SAITO, C. H. "Por que a Investigação-Ação, *Empowerment* e as Idéias de Paulo Freire se Integram?" In: MION, R. A. & SAITO, C. H. (orgs). **Investigação-Ação: Mudando o Trabalho de Formar Professores**. Ponta Grossa: Gráfica Planeta, 2001b. p . 126-135.
- SAITO, C. H. "A Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos". In: BRASIL, Ministério do Meio Ambiente/Diretoria de Educação Ambiental. **Educação Ambiental: curso básico a distância vol. 5: Gestão de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas sob a Ótica da Educação Ambiental**. Brasília: MMA, 2001c, p.13-28, 2ª edição ampliada.
- SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M. E PEREIRA, I. C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília: ANEEL/ANA, 2001.

SOBRE OS AUTORES

Organizador da obra e Coordenador do Projeto.

Carlos Hiroo Saito: Biólogo e Analista de Sistemas, Mestre em Educação (UFF) e Doutor em Geografia (UFRJ). Professor do Departamento de Ecologia da UnB e Pesquisador com Bolsa de Produtividade do CNPq. E-mail: saito@unb.br

Co-autores:

Christian Niel Berlinck: Biólogo, Mestre em Ecologia (UnB), Doutorando em Ecologia (UnB). Foi bolsista do CNPq no âmbito do projeto de pesquisa CNPq/CT-Hidro e atualmente é consultor do Centro de Sensoriamento Remoto-IBAMA. E-mail: berlinck@unb.br

Ercília Torres Steinke: Geógrafa, Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UnB), Doutoranda em Ecologia (UnB). Professora do Departamento de Geografia da UnB. E-mail: ercilia@unb.br

Ione Oliveira Jatobá Leal: Geógrafa, Mestre em Desenvolvimento Sustentável (UnB). Professora do Departamento de Ciências Humanas da UNEB-Campus IV Jacobina-BA. E-mail: ione@newnet.com.br

Irenilda Ângela dos Santos: Assistente Social, Mestre em Serviço Social (PUC/RJ), Doutoranda em Desenvolvimento Sustentável (UnB). Professora do Departamento de Serviço Social da UFMT. E-mail: irepanta@unb.br

Ivete Teresinha Graebner: Bióloga, Mestre em Nutrição Humana (UnB), Doutoranda em Ciências da Saúde (UnB). Foi bolsista do CNPq no âmbito do projeto de pesquisa CNPq/CT-Hidro. E-mail: graebner@unb.br

Luanne Helena Augusto Lima: Bióloga Mestre em Biotecnologia (FAENQUIL), Doutoranda em Biologia Molecular (UnB).

Luiz Henrique Fonseca Ribeiro: Biólogo, foi bolsista do CNPq no âmbito do projeto de pesquisa CNPq/CT-Hidro. E-mail: luizhfribeiro@bol.com.br

Mardocheu Pereira da Rocha: Técnico de Ensino e Pesquisa do Departamento de Ecologia da UnB.

Paulo Sergio Bretas de Almeida Salles: Biólogo, Mestre em Ecologia (UnB) e Doutor em Ecologia (Edinburgh, Escócia). Professor do Núcleo de Educação Científica do Instituto de Ciências Biológicas da UnB. E-mail: psalles@unb.br

Rodrigo Stolze Pacheco: Biólogo, mestrando em Ecologia (UnB). E-mail: rodrigostolze@unb.br

Symone Christine de Santana Araújo: Engenheira Química, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFS), Doutoranda em Ecologia (UnB). E-mail: symone@unb.br

ISBN 85-98720-01-1



9 788598 720012



<http://www.unb.br/ib/ecl/CT-Hidro/CT-Hidro.htm>

Valdir Adilson Steinke: Geógrafo, Mestre em Geologia (UnB), Técnico em Geoprocessamento do Centro de Sensoriamento Remoto-IBAMA. Professor de Geomorfologia do curso de Geografia da Faculdade Projeção. E-mail: valdir.steinke@ibama.gov.br.

Adriana Medeiros Fustinoni: Estudante de graduação do curso de Ciências Biológicas (UnB).

Luciana Silva Machado: Estudante de graduação do curso de Ciências Biológicas (UnB).

Luciana Arutim Adamo: Estudante de graduação do curso de Ciências Biológicas (UnB).

Thayssa Izetti Luna: Estudante de graduação do curso de Ciências Biológicas (UnB).

Carolina Montijo da Silva: Estudante de graduação do curso de Ciências Biológicas (UnB).

Alexandre Benso de Lima Tivolucci: Estudante de graduação do curso de Ciências Biológicas (UnB).

Vânia Maria Braga, Miriam Alves Ribeiro, Tânia Regina Magalhães Sousa Fernandes, Elda Maria Lopes Ribeiro, Marília Barreto Gomes, Marileide Dias de Alecrim Rocha, Eliã da Silva Ambrósio, Maria Teresinha de Lacerda, Rosária Rosa dos Santos Ramos, Vera Lúcia Santos de Oliveira: professoras de ensino fundamental da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, lotadas na Escola Classe Osório Bacchin, Planaltina/DF.

Danilo Mendonça Soares: professor de ensino fundamental da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, coordenador pedagógico da Escola Classe Osório Bacchin, Planaltina/DF.

Márcia Adriana de Menezes Temóteo: professora de ensino fundamental da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, diretora da Escola Classe Osório Bacchin, Planaltina/DF.

Vitória Régia Martins Melo, Fernando José de Almeida, Maria Irenilza da Costa e Silva, Slawomir Mauricio Golebiowsk, Conceição de Maria Pires Irineu: membros da Comissão Pró-comitê de Bacia Hidrográfica do Alto rio Maranhão (DF/GO).

Contato

Prof. Dr. Carlos Hiroo Saito
Departamento de Ecologia
Universidade de Brasília
Cx Postal 04457
CEP 70 919-970 – Brasília-DF