



Grupo de Pesquisa em Manejo de
Culturas de Coxilha



Fixação biológica de Nitrogênio na cultura do Milho



Prof. Dr. Thomas N. Martin
Universidade Federal de Santa Maria
Dep. Fitotecnia – Setor de Agricultura

martin.ufsm@gmail.com

+55 55 8111 3833

Quanto você **QUER** produzir?

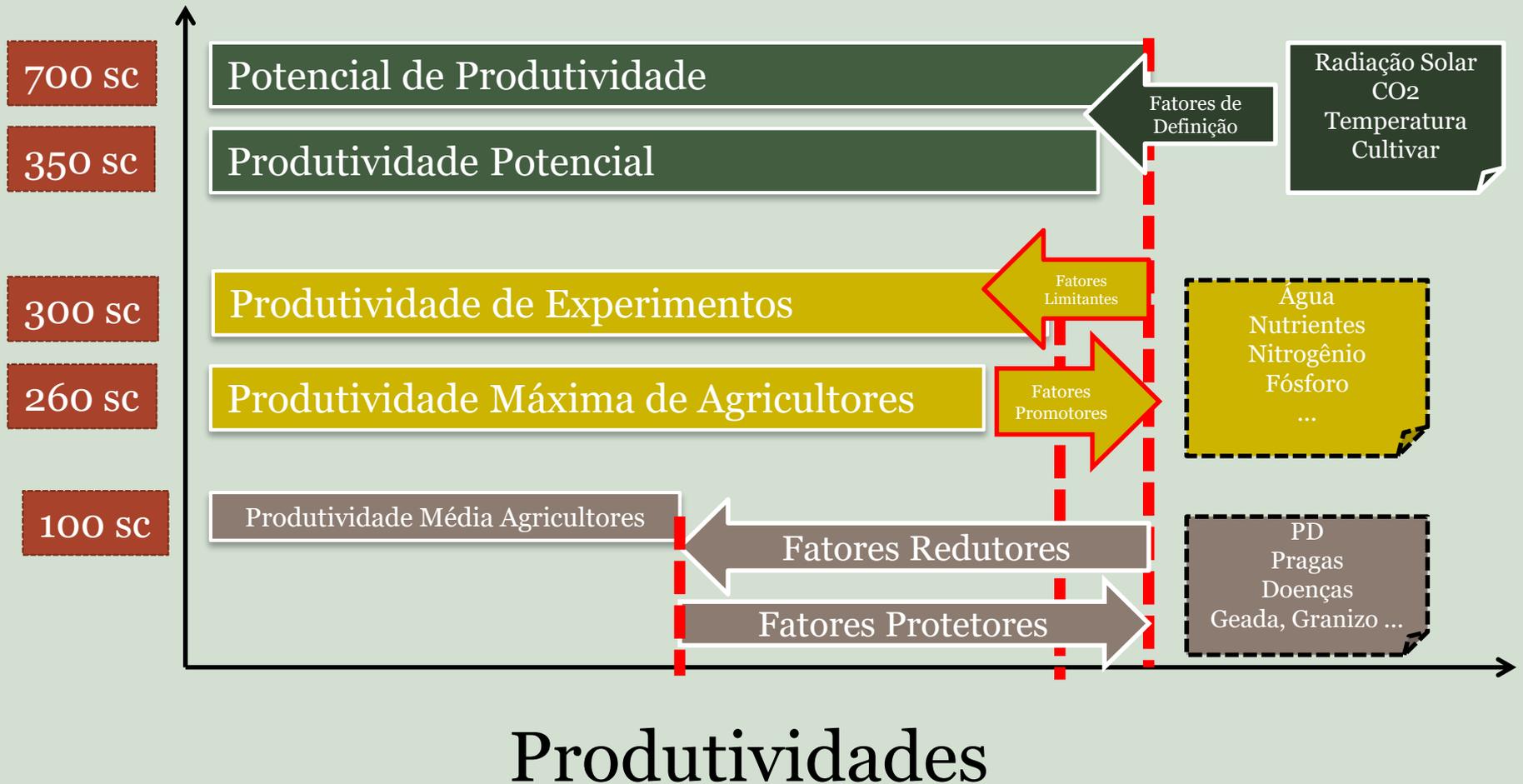
O quê você **FAZ PARA ATINGIR** essa produção?

Quanto você **PODE** produzir?

Qual a **rentabilidade (R\$)** da sua lavoura?

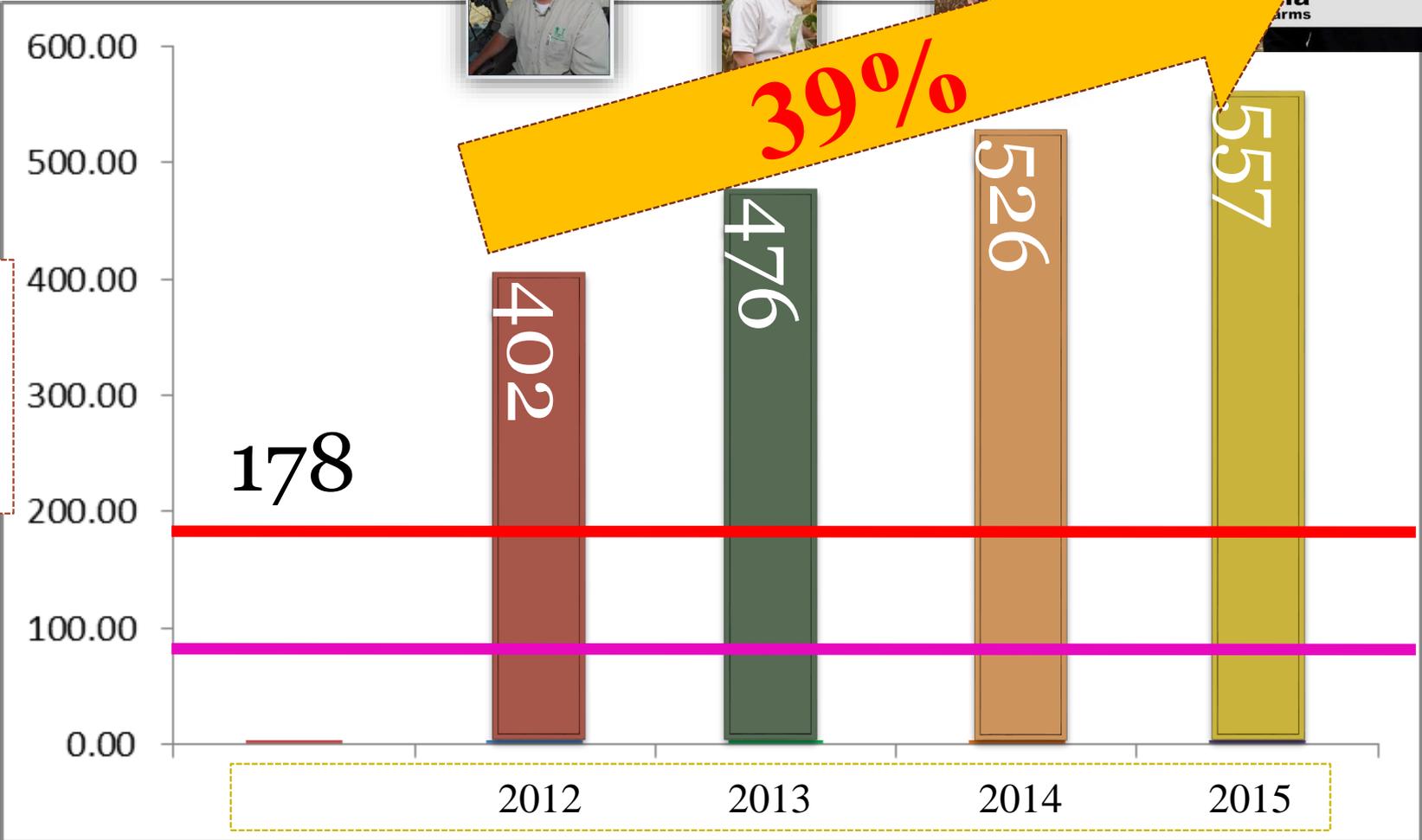
Fatores determinantes da Produtividade

3





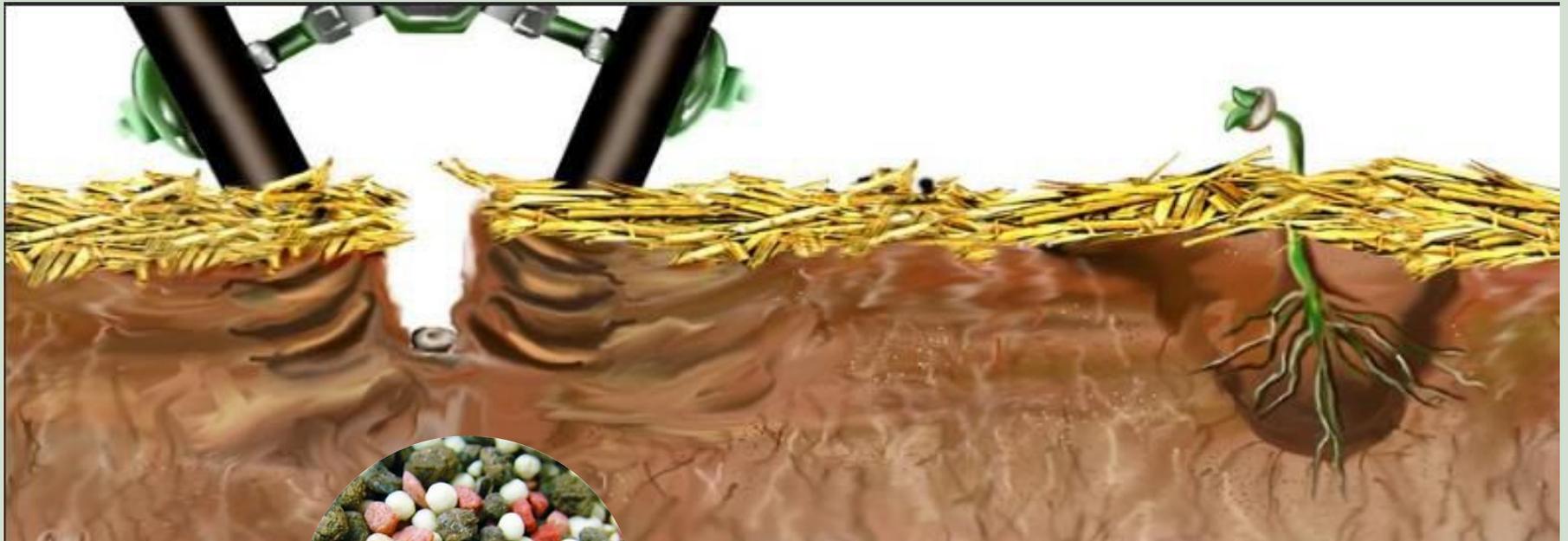
Sc ha⁻¹

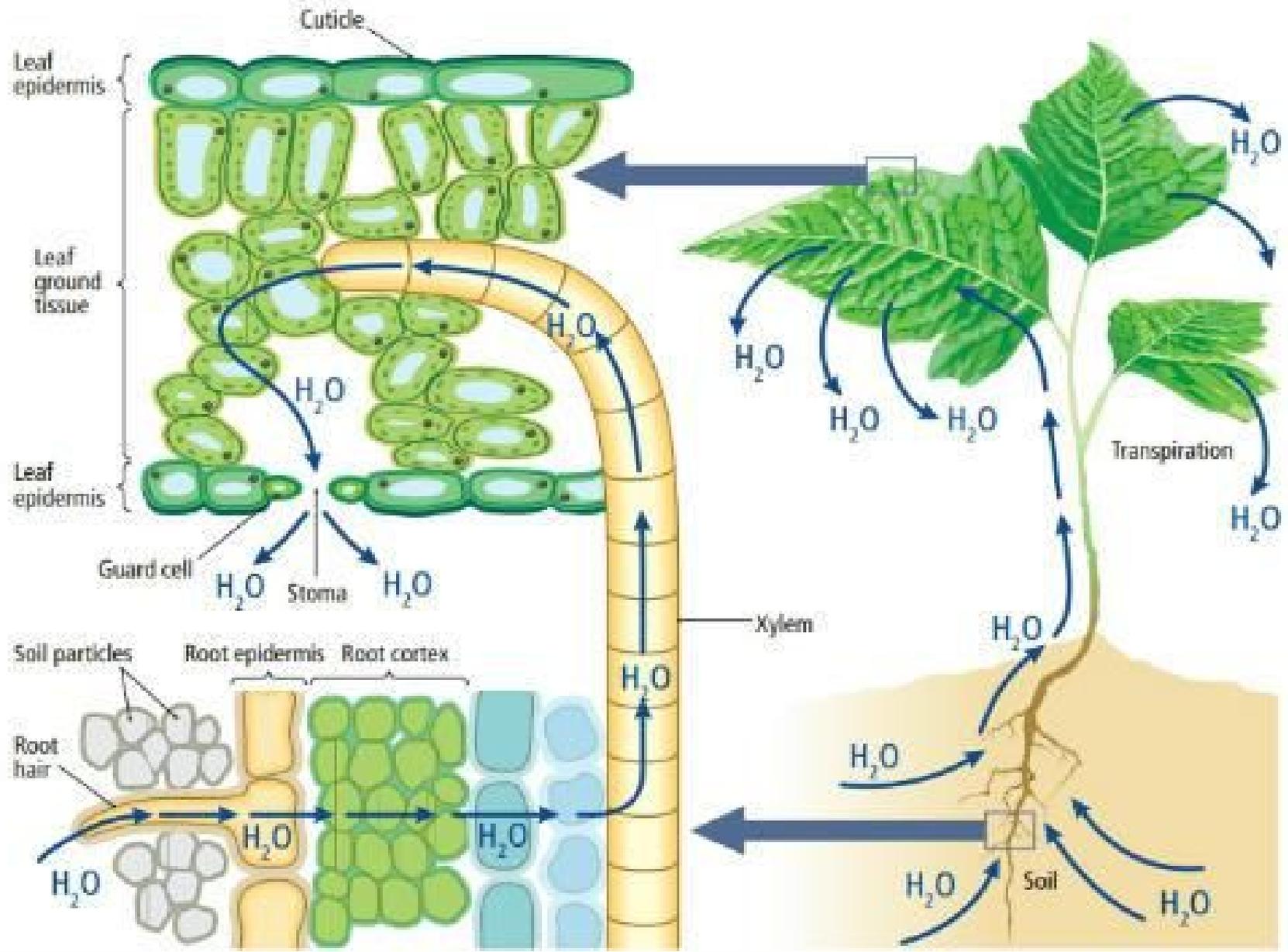


www.ncga.com/for-farmers/national-corn-yield-contest

Os nutrientes vem de onde?

5





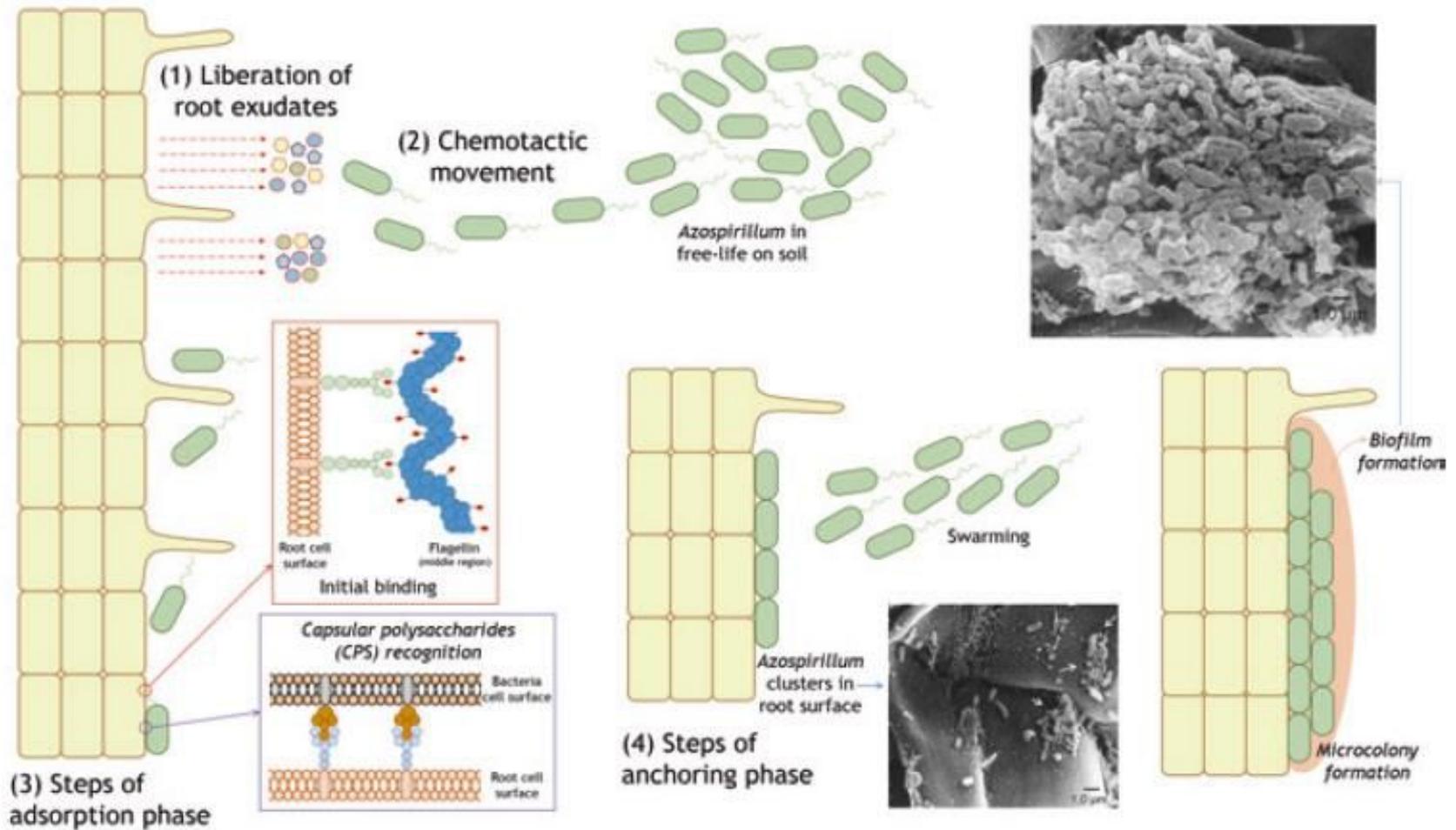


Fig. 1 The steps of attachment of *Azospirillum* sp. to plant roots (the scanning electron micrographs (SEM) are roots colonized by *A. brasilense* and arrows indicate zones with granular-like material; SEM from Guerrero-Molina et al. (2012))

Rodrigues et al., 2015

Será que não estamos esquecendo do **básico**?????

Fatores promotores

Escolha da época de semeadura

Arranjo de plantas (população e esp. adequado)

Conhecer as limitações regionais

Escolha da(s) cultivar(es) mais adaptada(s) para cada realidade de produção (incluindo qualidade de sementes)

Histórico da área-cultivos anteriores e manejo associado

Estratégias de calagem e de adubação (**Inoculação**) de semeadura de cobertura

Plano de rotação/sucessão de culturas

Fatores protetores

Controle integrado de plantas daninhas, insetos-praga e doenças

Você **CONHECE** a sua lavoura?





**INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE DE MILHO
COM *Azospirillum brasilense* APLICADA VIA
SEMENTE E FOLIAR
Tânia Müller**

30F53 Pioneer + Inoculante

Azospirillum brasiliense + Enraizador



Azospirillum brasiliense



Enraizador



Somente TS (ins. + Fung.)



Material e Métodos

- Área Experimental do Departamento de Fitotecnia (UFSM) – **semeadura direta**.
- Safras: 2013/14 – 2014/15
- **Cultura antecessora**: cultura do trigo (*Triticum aestivum*).
- 250 kg ha⁻¹ – 0-23-30

Material e Métodos

12 Experimentos

Safra 2013/14:

AG 9045, AG 8025 - HS

AG 2040, AG 1051 - HD

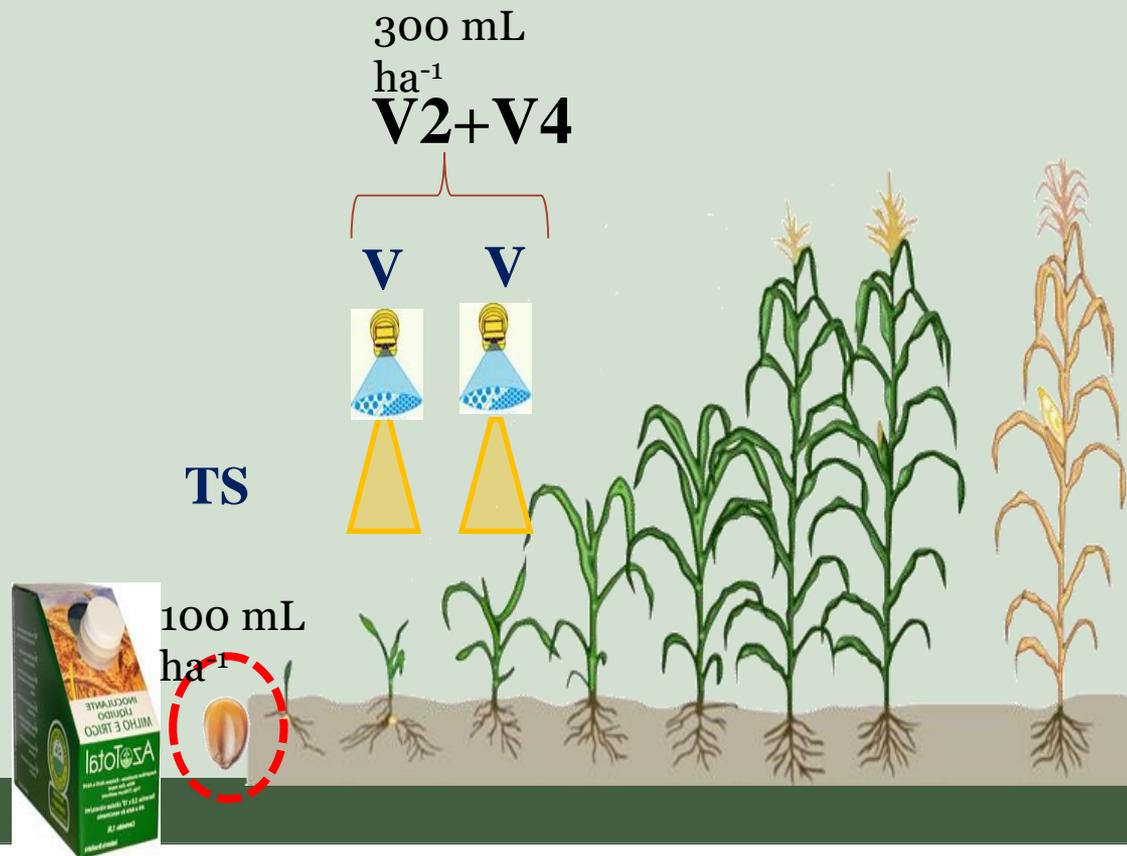
AG 5011, AG 8011 - HT

Safra 2014/15:

AG 9045, AG 8025 - HS

AG 2040, Feroz - HD

BG 7051, BG 7060 - HT



Avaliações

14

R1:

- ✦ Teor relativo de clorofila
- ✦ IAF
- ✦ Altura de planta
- ✦ Altura de inserção de espiga
- ✦ Diâmetro de colmo

R6:

- ✦ Número de espigas por planta
- ✦ Grãos por fileira
- ✦ Fileiras por espiga
- ✦ Diâmetro de espiga
- ✦ Comprimento de espiga
- ✦ Umidade
- ✦ MMG
- ✦ Kg ha^{-1}



Müller, 2014



Müller, 2014



Fipke, 2014

A photograph of a cornfield with vibrant green leaves. A semi-transparent, light-colored banner with a wavy top and bottom edge is positioned horizontally across the middle of the image. The word "Resultados" is written in a bold, black, serif font with a white outline, centered on the banner.

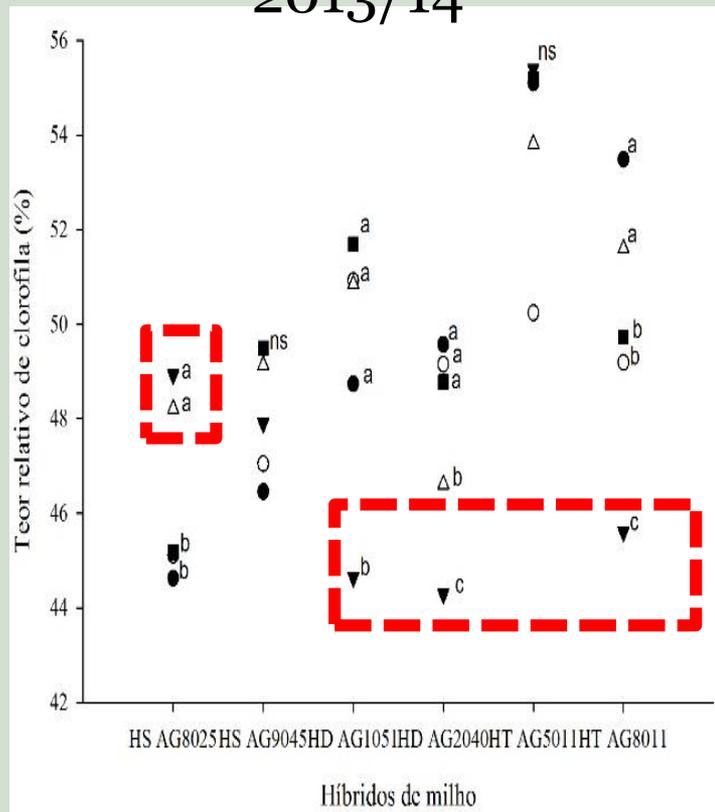
Resultados

Figura 1. Teor relativo de clorofila obtido pelos híbridos inoculados com *A. brasilense*.

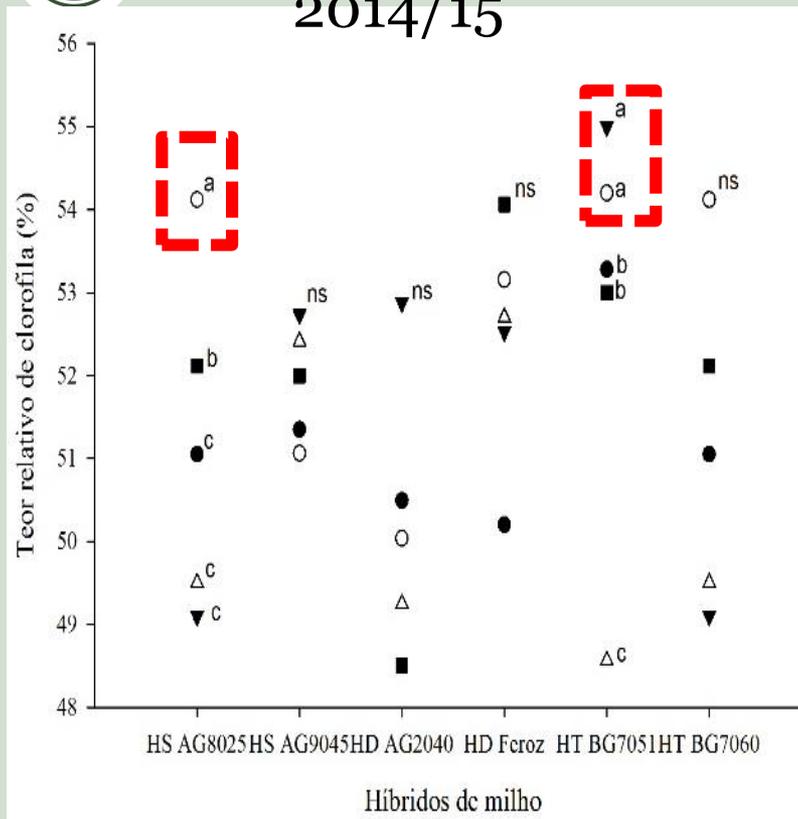


16

Safra
2013/14

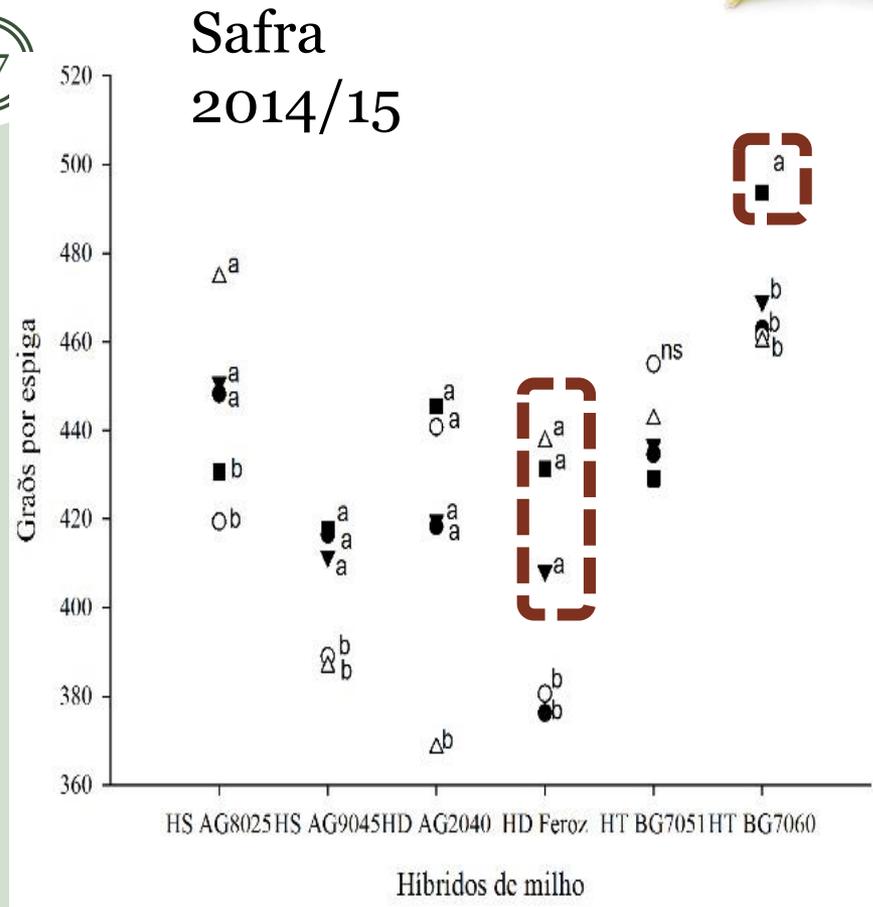
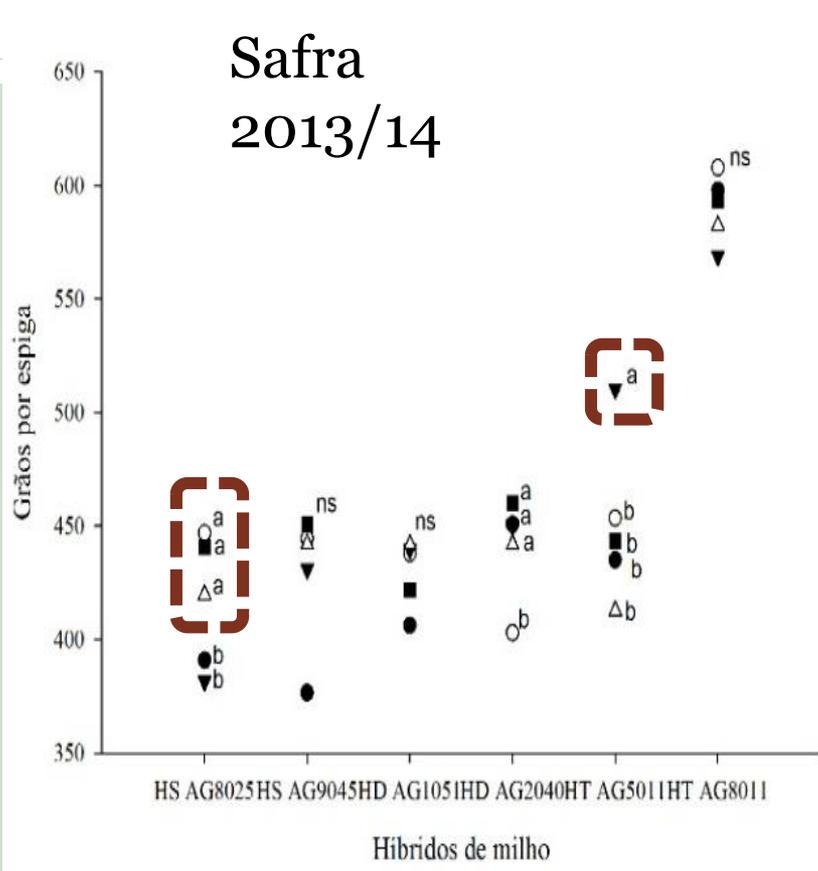


Safra
2014/15



● Controle ○ TS ▼ V2 △ V2+V4 ■ V4

Figura 2. Grãos por espiga.



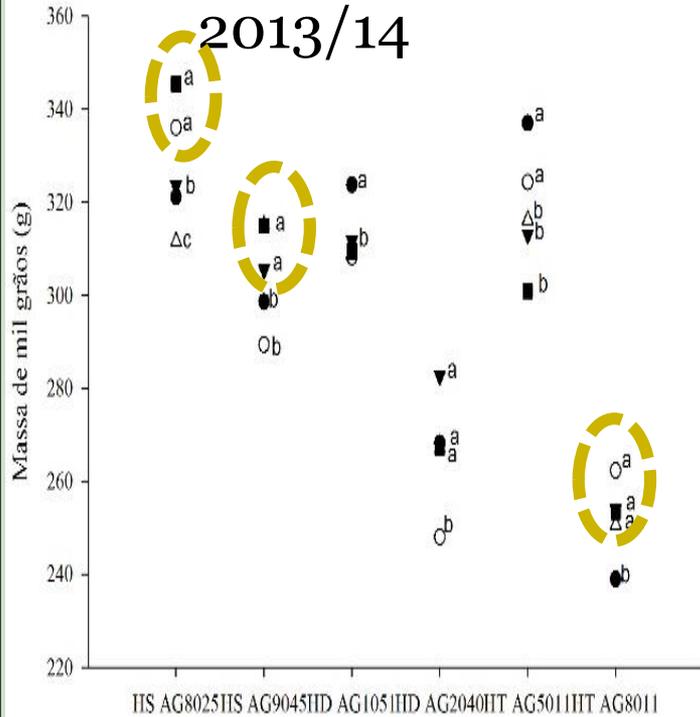
● Controle ○ TS ▼ V2 △ V2+V4 ■ V4

Figura 3. Massa de mil grãos (g).

18

Safrá

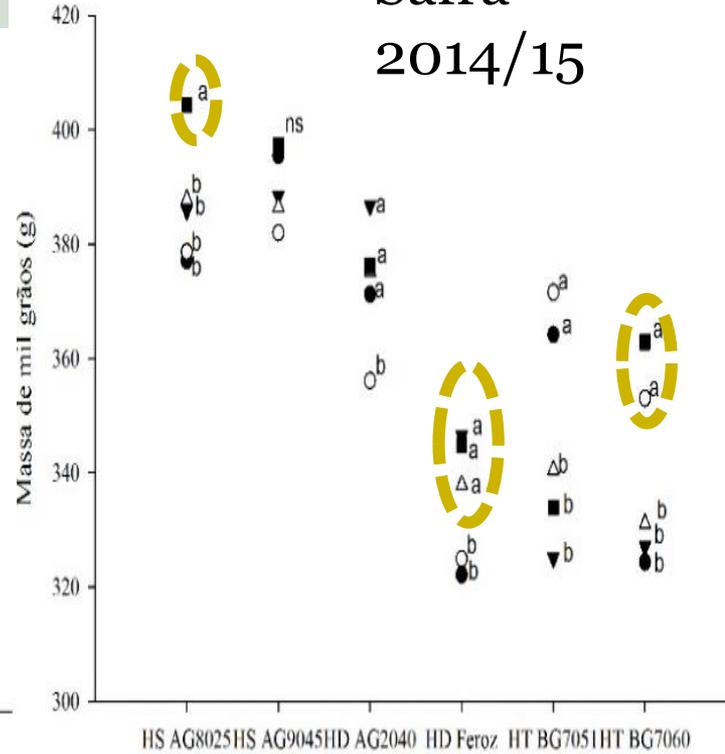
2013/14



Híbridos de milho

Safrá

2014/15

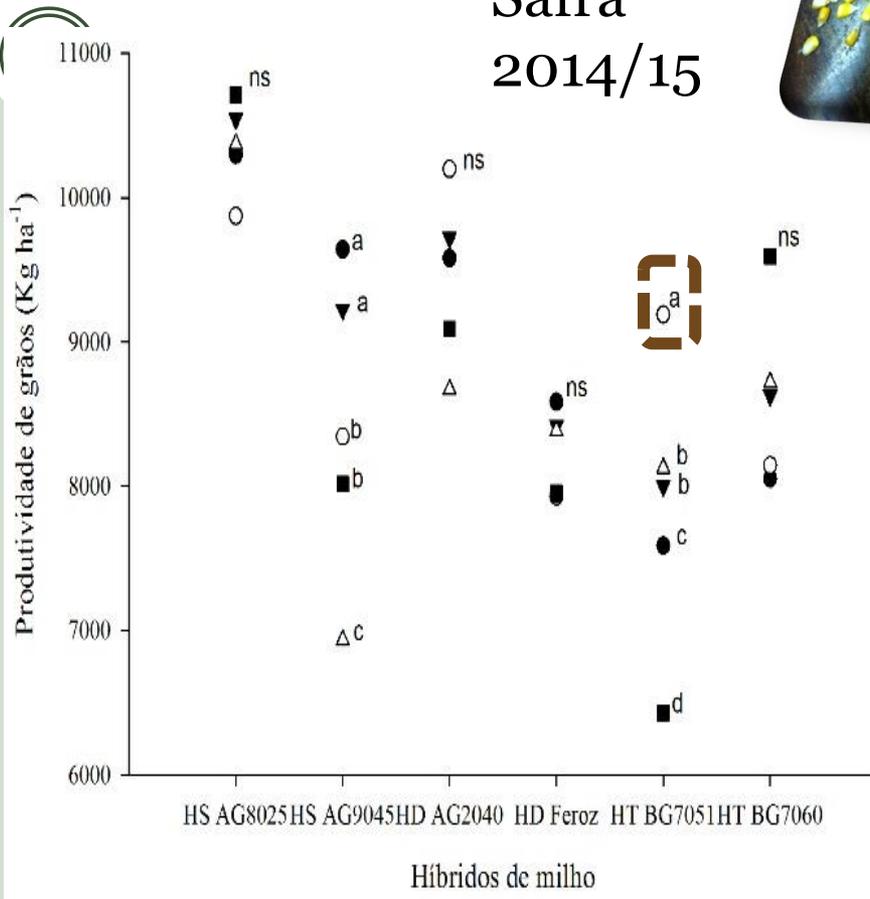
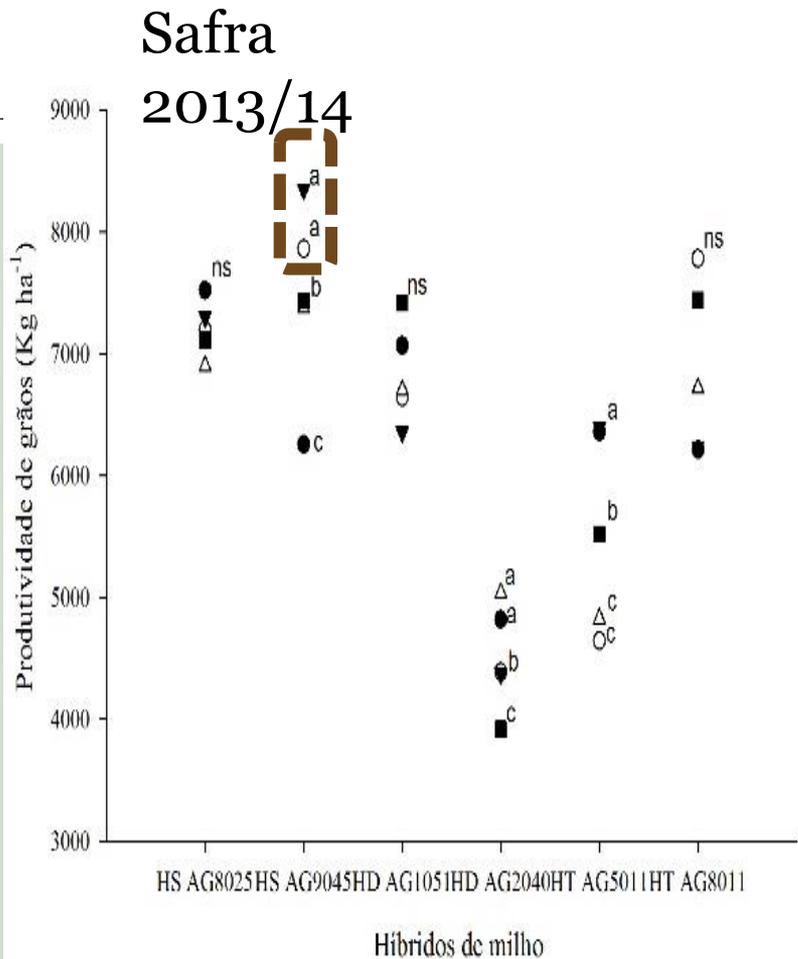


Híbridos de milho

● Controle ○ TS ▼ V2 △ V2+V4 ■ V4

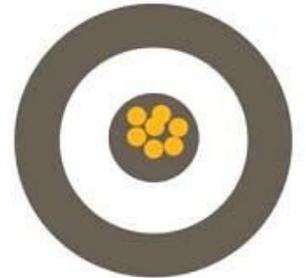
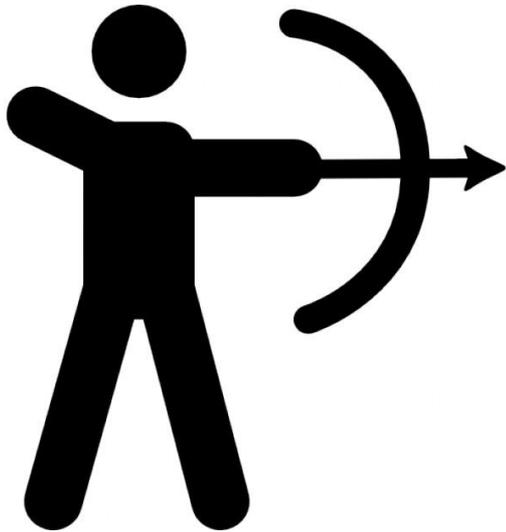


Figura 4. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)



● Controle ○ TS ▼ V2 △ V2+V4 ■ V4

Estamos consiguiendo repetibilidad de resultados **positivos???**



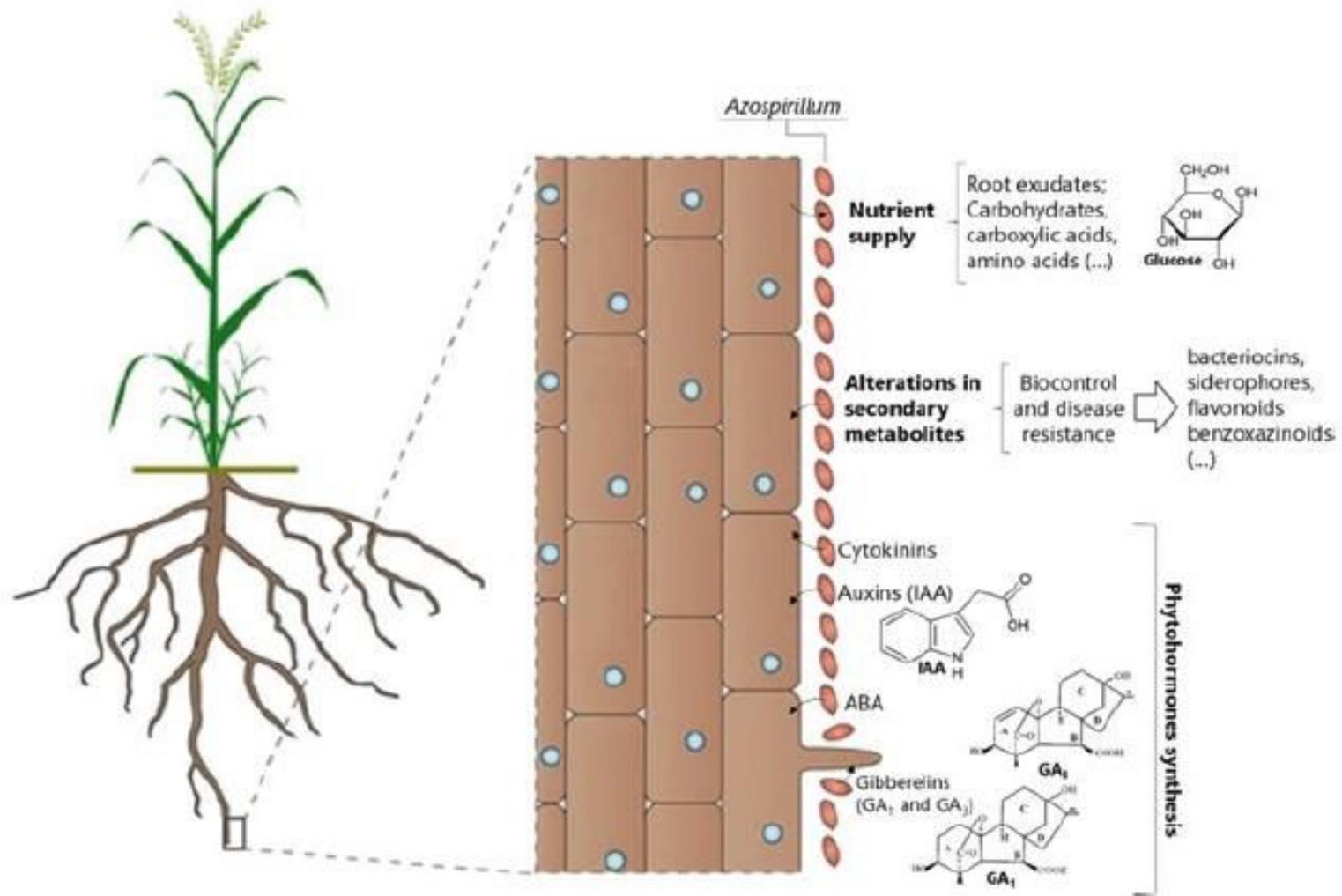


Fig. 4 The positive effects of *Azospirillum* in plant roots. The plants provide nutrients while *Azospirillum* can promote phytohormone synthesis and positive alterations in secondary metabolites. IAA Indole-3-acetic acid. ABA Abscisic acid

Rodrigues et al., 2015

Aplicação de *Azospirillum brasilense*



5011 – HT

Test / V₂ / TS



8690 – HD

V₂ / TES / TS



9045 – HS

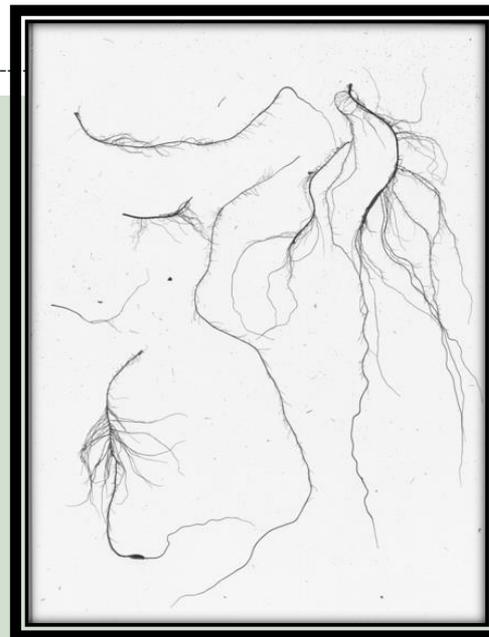
TS / TES / V₂



Controle



TS



Trat	Comp CM	AreaSuperf (cm ²)	Dia mm	Vol. rad. (cm ³)	Pontas	Ramificações
Controle	497	91	0,583	1,326	551	1031
TS	1631	282	0,550	4,024	1690	4121
V2	532	108	0,644	1,731	424	915



Produtividade de Grãos

Híbridos

<i>A. brasilense</i>	9045	8025	8690	2040	5011	8011
Controle	6039 b	7169	6653 ab	4847 a	5486 b	6045 b
TS	7651 a	7319	6759 ab	4905 a	6516 a	7561 a
V2	7750 a	7033	6110 b	4236 ab	6689 a	7317 a
V4	7592 a	6528	7153 a	4045 b	5656 b	6076 b
V2+V4	7793 a	6720	6746 ab	5016 a	4909 b	6432 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

$$7.696,5 - 6.039 \text{ kg ha}^{-1} = 1.657,5 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$QN = \frac{PE}{IC.EF} [TPG.TNP.IC + (1 - IC).TNOP].(1 - NS)$$

Onde:

PE: produtividade esperada.

IC: Índice de colheita – 0,50 (Doorembos & Kassam, 1994).

TPG: teor de proteína no grão – 0,12 (Oliveira et al.,2004).

TNP: teor de N na proteína - 0,17 (Dourado Neto & Detomini, 2005)

TNOP : teor de N em outras partes – 0,01 (Dourado Neto & Detomini, 2005).

NS: N proveniente de outras partes - 0,60 (Urquiaga, 2000)

EF: eficiência de utilização de N pelas plantas – 0,42 (Urquiaga, 2000)

$$7.696,5 - 6.039 \text{ kg ha}^{-1} = \mathbf{1.657,5 \text{ kg ha}^{-1}}$$

$$QN = \frac{1.657,5 [0,12 \cdot 0,17 \cdot 0,5 + (1-0,5) \cdot 0,01] \cdot (1-0,60)}{0,5 \cdot 0,42}$$

$$QN = 49,21 \text{ Kg de N} = 106 \text{ kg de ureia} \cdot 1,42 = \text{R\$ } 134,62$$

Conclusão



1. A inoculação com *A. brasilense* apresenta maior tendência de resposta para híbridos simples.
2. A aplicação via foliar no estágio V2 é uma alternativa eficiente no incremento da produtividade de grãos.
3. A inoculação com *A. brasilense* influencia no efeito direto da massa de mil grãos sobre a produtividade de grãos.
4. A aplicação de *A. brasilense* via semente e foliar incrementa a contribuição relativa de N.



Resultados Experimentais



MILHO – PAULO SCHAEFER

Efeito da massa residual em sistema ILP sobre características agronômicas e produtividade da cultura do milho sob inoculação e diferentes doses de N.

Local  Mata -RS

Argissolo Vermelho distrófico arenoso



Cultivar: Dekalb 240

Safras 14/15 e 15/16

Espaçamento: 0,45 m

Escala fenológica: Ritchie *et al.* (1993)

Tratamentos

→ Fatorial 5 x 2 x 5 → DBC → 3 repetições

A → Massas de forragem pós-pastejo (período hibernar)

- 100 kg ha⁻¹ – *Avena sativa*
- 25 kg ha⁻¹ - *Lolium multiflorum*

- M-10
- M-20
- M-30
- SP
- PC

D → Inoculação de sementes
Azospirillum brasilense

→ 3 x dose
recomendada

- Com
- Sem

C → Doses de nitrogênio

- ❖ 20% Semeadura
- ❖ 40% V3-V4
- ❖ 40% V7-V8

- 0 kg ha⁻¹
- 75 kg ha⁻¹
- 150 kg ha⁻¹
- 225 kg ha⁻¹
- 300 kg ha⁻¹

150 unidades experimentais

Tabela 1 - Massa seca remanescente de forragem (MSRF) no momento da dessecação em sistema ILP em um Argissolo vermelho.

Massa residual	Massa seca remanescente de forragem (Mg ha ⁻¹)	
	Safra 2014/15	Safra 2015/16
PC	1,50 e	1,55 e
M10	2,10 d	1,74 d
M20	3,03 c	2,35 c
M30	3,63 b	3,06 b
SP	4,07 a	3,20 a
CV %	7,50	0,72

Letras diferentes na coluna diferem a 5% de probabilidade pelo teste de scott-knott. CV = coeficiente de variação. PC: pastejo contínuo; M10: massa residual 0,10m; M20: massa residual 0,20m; M30: massa residual 0,30m; SP: sem pastejo.



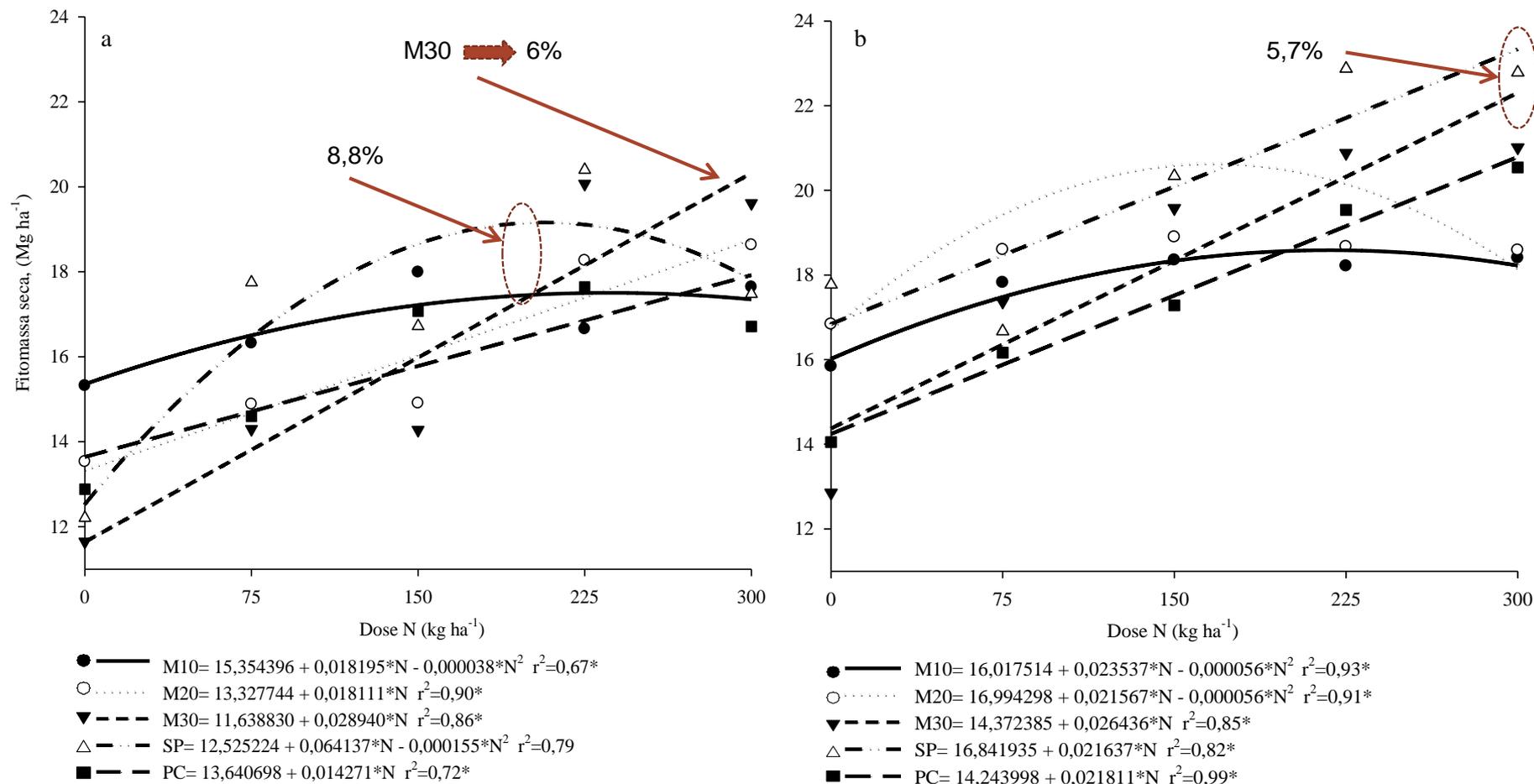


Figura 1 - Produção de fitomassa aérea da cultura do milho para a safra 2014/15 sem (a) e com inoculação de *Azospirillum brasilense* (b), em sistema ILP com semeadura direta. M10, massa residual pós pastejo 0,10m; M20, massa residual de 0,2m; M30, massa residual de 0,3m; SP, sem pastejo; PC, pastejo contínuo; C/AZ, com inoculação de sementes; S/AZ, sem tratamento de sementes com inoculante. *Letras distintas (minúsculas para fator massa residual e maiúscula para inoculação de sementes) apresentam significância a 5% de probabilidade.

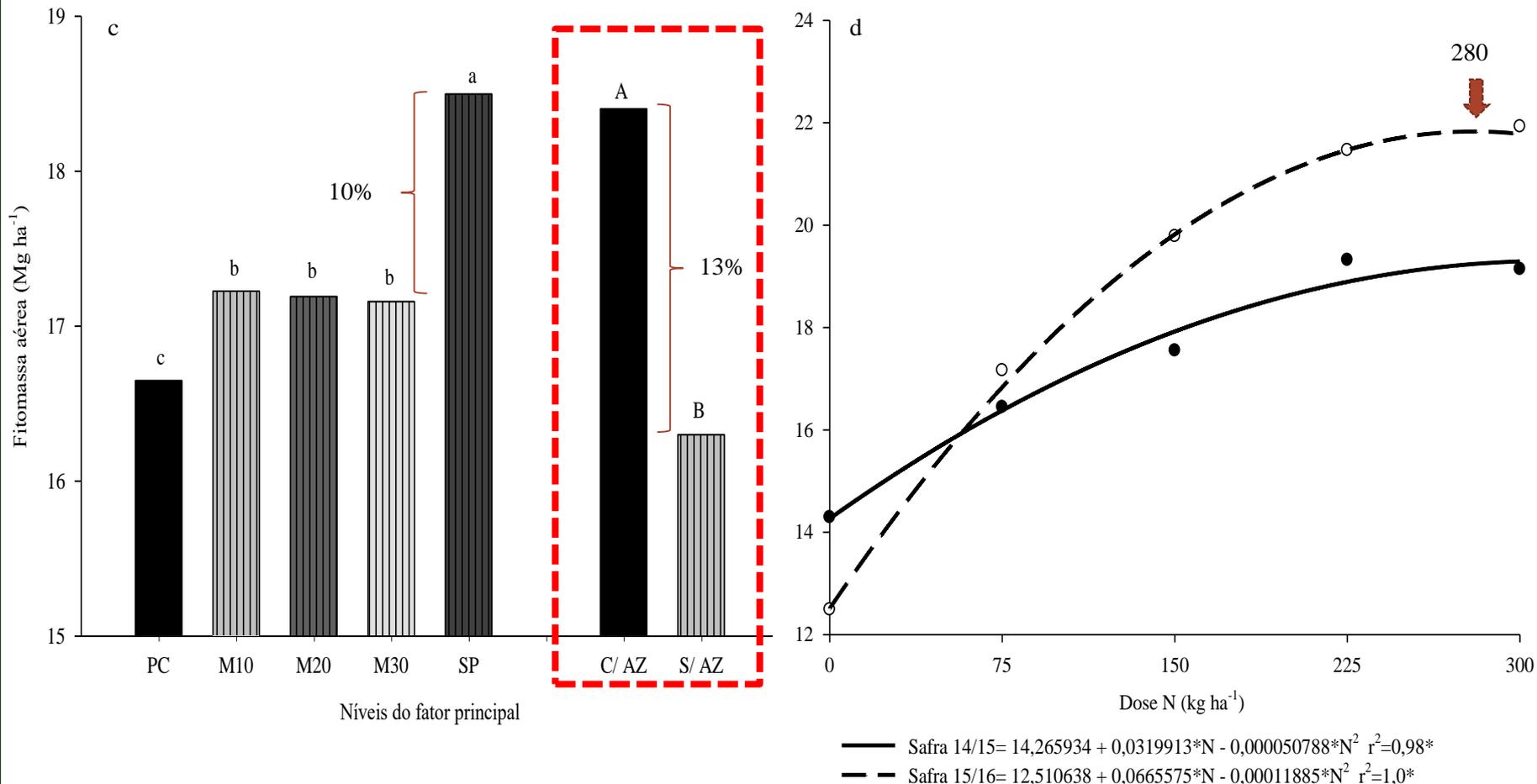
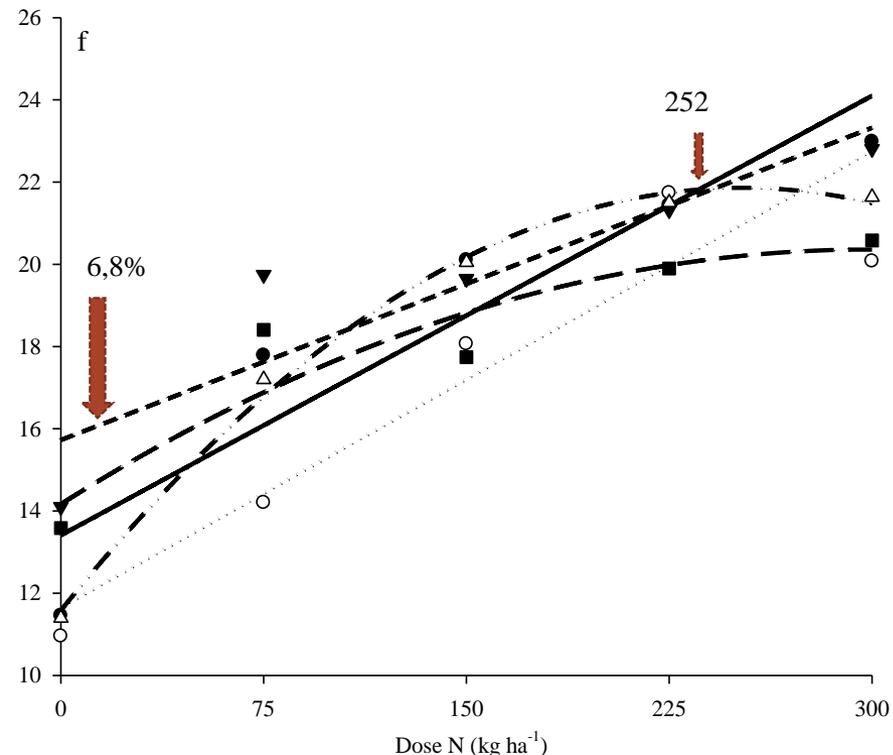
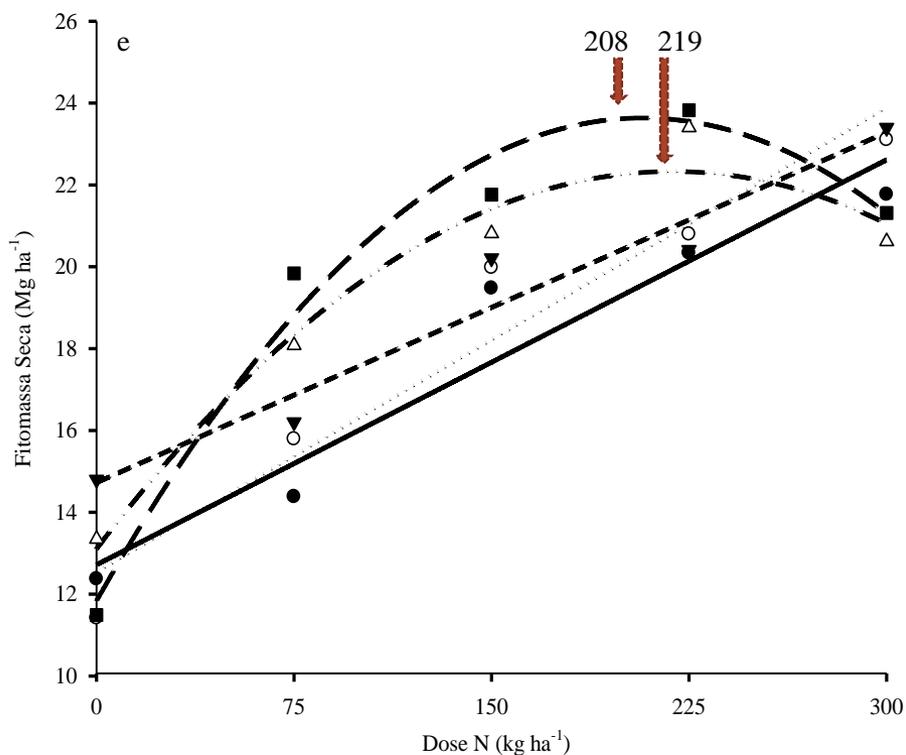


Figura 1 - Fatores principais isolados (massa residual e inoculação de sementes [c], doses de nitrogênio [d]), e na safra 2015/16 sem (e) e com inoculação (f) em sistema ILP com semeadura direta. M10, massa residual pós pastejo 0,10m; M20, massa residual de 0,2m; M30, massa residual de 0,3m; SP, sem pastejo; PC, pastejo contínuo; C/AZ, com inoculação de sementes; S/AZ, sem tratamento de sementes com inoculante. *Letras distintas (minúsculas para fator massa residual e maiúscula para inoculação de sementes) apresentam significância a 5% de probabilidade.

Quadros (2009)  N + *Azospirillum brasilense*



Incremento de 53%



● — M10= 12,71696 + 0,032992386*N r²=0,92*

○ ····· M20= 12,54110 + 0,037842697*N r²=0,94*

▼ - - - M30= 14,72442 + 0,028537064*N r²=0,95*

△ - · - SP= 13,10724 + 0,084334809*N - 0,000192823*N² r²=0,97*

■ - - - PC= 11,83583 + 0,113728526*N - 0,000274055*N² r²=0,98*

● — M10= 13,409175431 + 0,035630934*N r²=0,88*

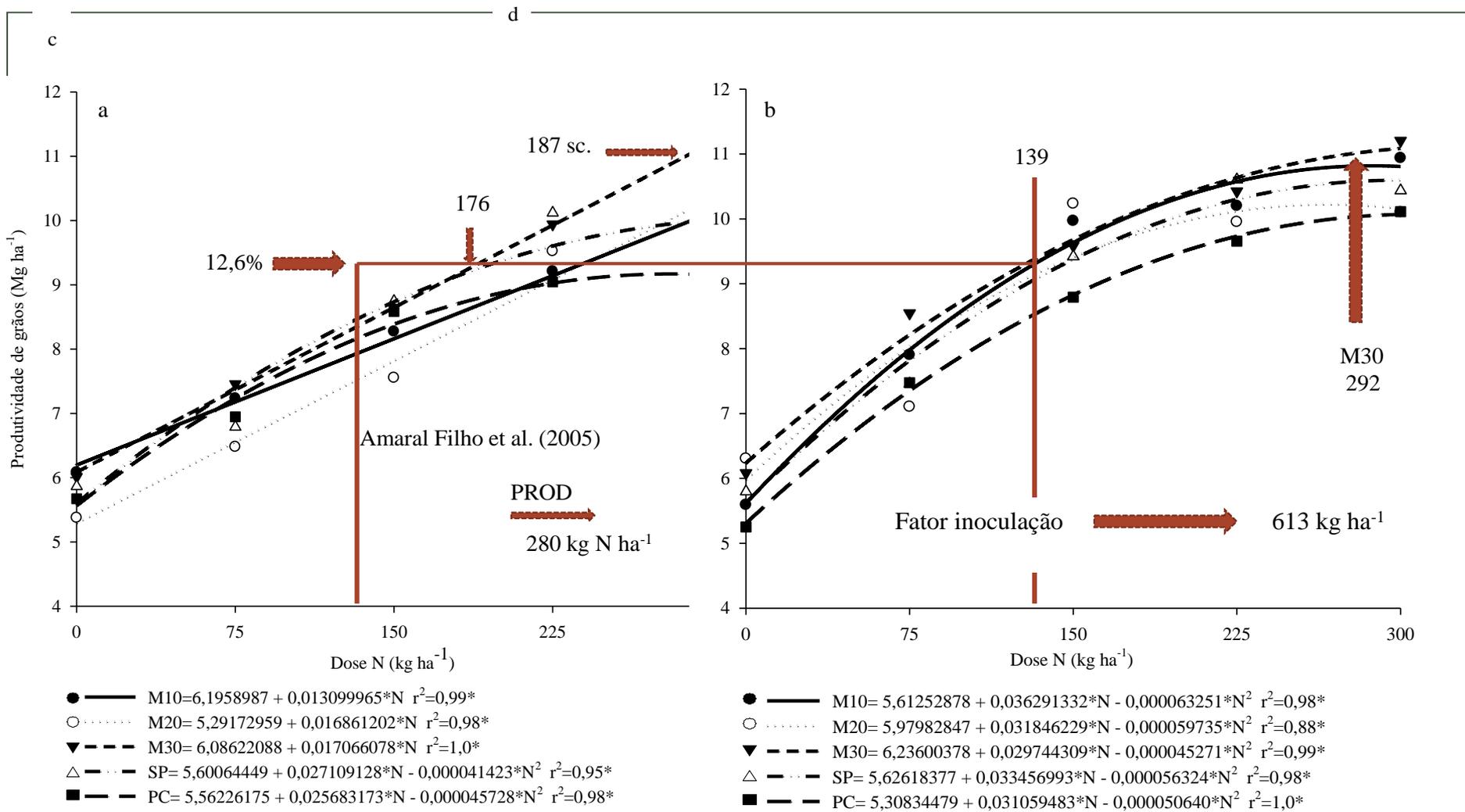
○ ····· M20= 11,65095391 + 0,037035497*N r²=0,91*

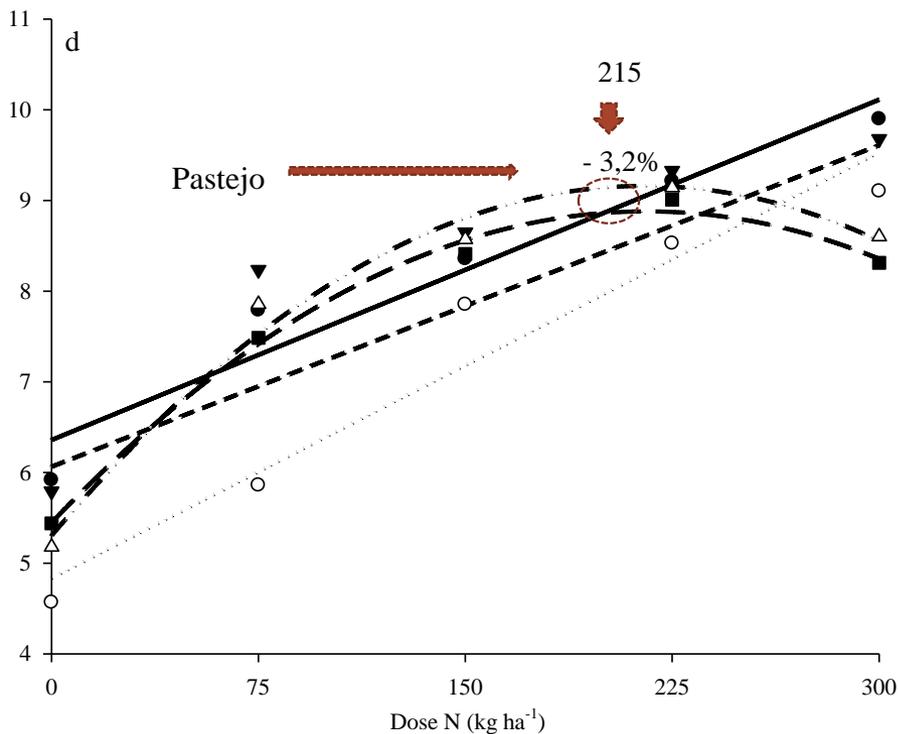
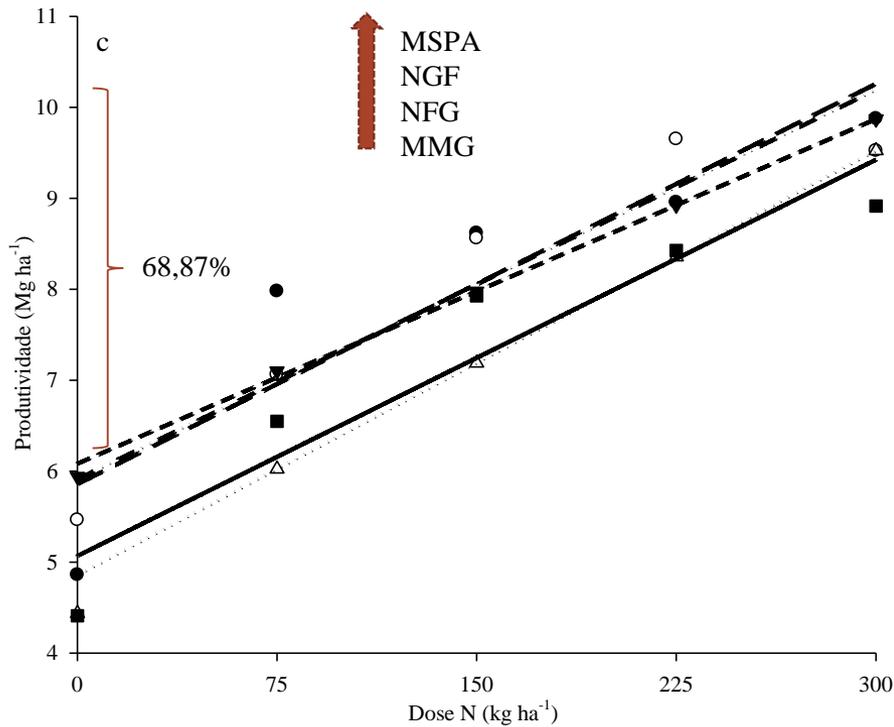
▼ - - - M30= 15,725738133 + 0,025314511*N r²=0,83*

△ - · - SP= 11,579474 + 0,0815665*N - 0,0001617*N² r²=0,99*

■ - - - PC= 14,166937 + 0,0413944*N - 0,00006917*N² r²=0,87*

Figura 1 - Produção de fitomassa aérea da cultura do milho na safra 2015/16 sem (e) e com inoculação (f) em sistema ILP com semeadura direta. M10, massa residual pós pastejo 0,10m; M20, massa residual de 0,2m; M30, massa residual de 0,3m; SP, sem pastejo; PC, pastejo contínuo; C/AZ, com inoculação de sementes; S/AZ, sem tratamento de sementes com inoculante. *Letras distintas (minúsculas para fator massa residual e maiúscula para inoculação de sementes) apresentam significância a 5% de probabilidade.





● — M10= 5,066924101 + 0,014520826*N $r^2=0,90^*$
 ○ ····· M20= 4,853974112 + 0,015563907*N $r^2=0,95^*$
 ▼ - - - M30= 6,081630535 + 0,012629342*N $r^2=0,99^*$
 △ - · - SP= 5,909670024 + 0,014276201*N $r^2=0,91^*$
 ■ - - - PC= 5,855991744 + 0,014674323*N $r^2=0,83^*$

● — M10= 6,357523793 + 0,012511346*N $r^2=0,95^*$
 ○ ····· M20= 4,833640139 + 0,015650576*N $r^2=0,94^*$
 ▼ - - - M30= 6,562938906 + 0,011816478*N $r^2=0,84^*$
 △ - · - SP= 5,302289 + 0,0358932*N - 0,0000835*N² $r^2=0,98^*$
 ■ - - - PC= 5,445296 + 0,031833*N - 0,00007378*N² $r^2=0,99^*$

Figura 2 - Produtividade da cultura do milho em sistema ILP com a ausência e presença de inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* respectivamente para a safra 2014/15 (a, b) e safra 2015/16 (c, d) sob um Argissolo vermelho.

Sem N
 4,5% de incremento *Azospirillum brasilense*

Lana et al. (2012) 7 a 14%

CONCLUSÕES

3- A inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* favorece ao crescimento das plantas, NFG, NGF, MMG e produtividade de grãos em anos de cultivo com **menor precipitação pluviométrica** durante a fase de crescimento das plantas

Desenvolvimento inicial do milho sob diferentes pH's, umidades e presença de *Azospirillum brasilense*

EXPERIMENTO 1 – pH

DIC – Fatorial 5x2

pH's

4,5

5,0

5,5

6,0

6,5

Az. brasilense

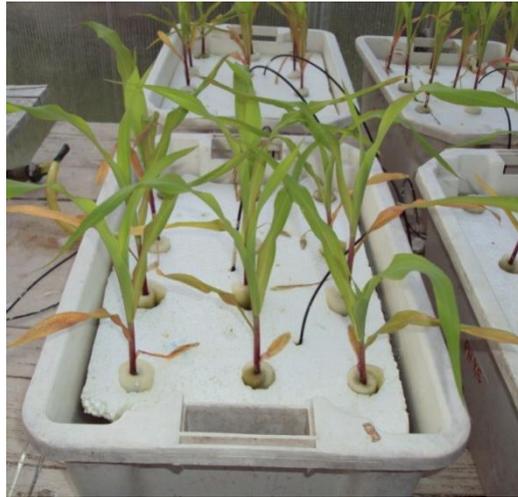
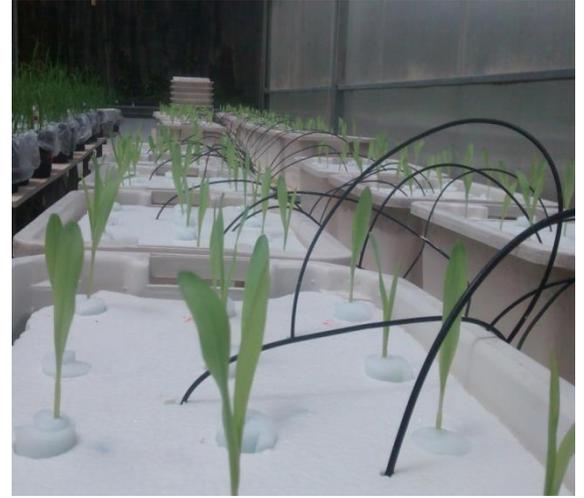
Com

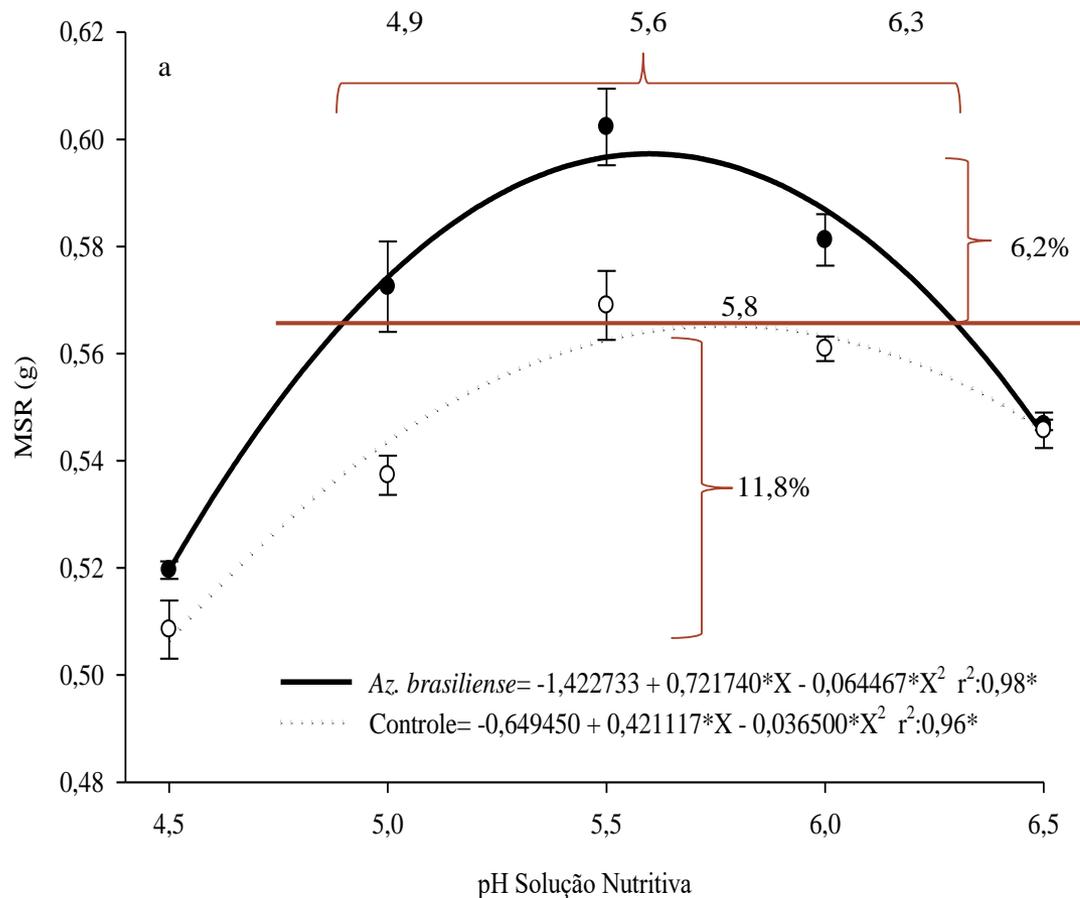
Sem

DEKALB 240

Instalado em 27/11/2015

Plântulas de 10 cm





Inagaki et al. (2015)
 Incremento de 3,5 %

Figura 3 - Massa seca de raiz (MSR, a) de milho submetido a diferentes potenciais hidrogênicos de solução nutritiva e inoculação com *Azospirillum brasilense* em casa de vegetação. Santa Maria, RS, 2015.



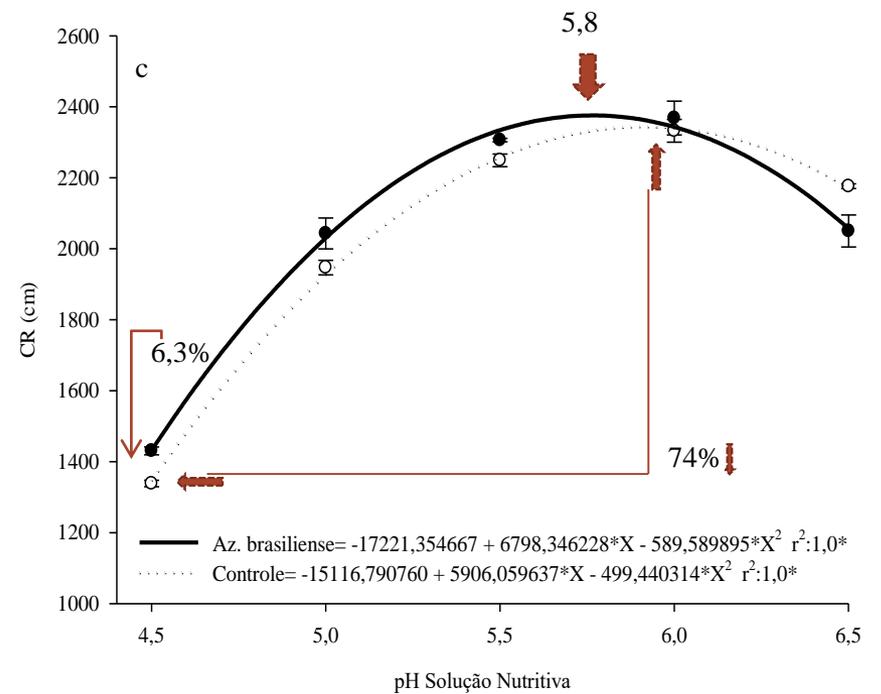
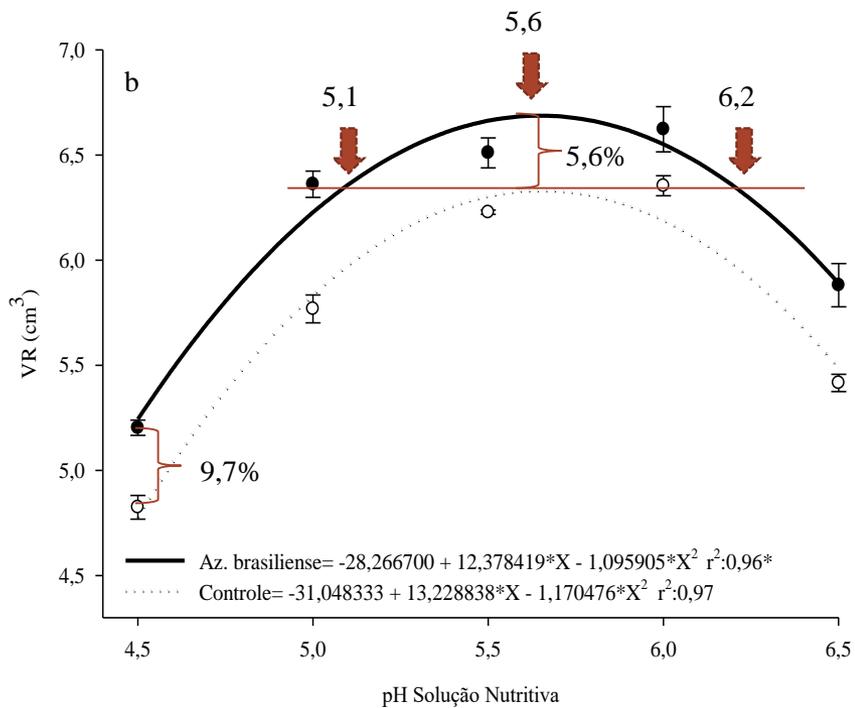
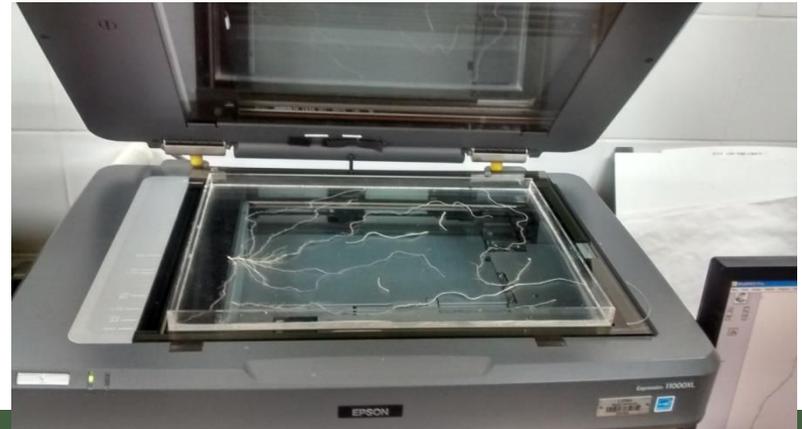
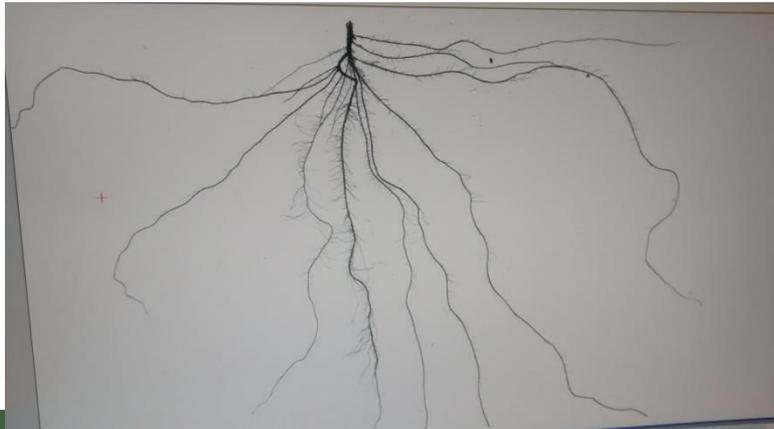
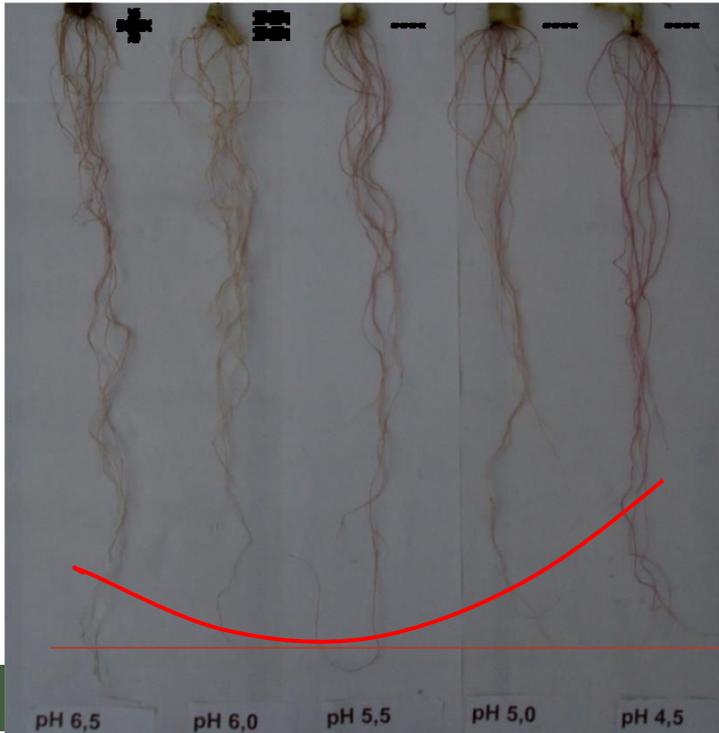


Figura 3 - Volume radicular (VR, b) e comprimento radicular (CR, c) de milho submetido a diferentes potenciais hidrogênicos de solução nutritiva e inoculação com *Azospirillum brasilense* em casa de vegetação. Santa Maria, RS, 2015.

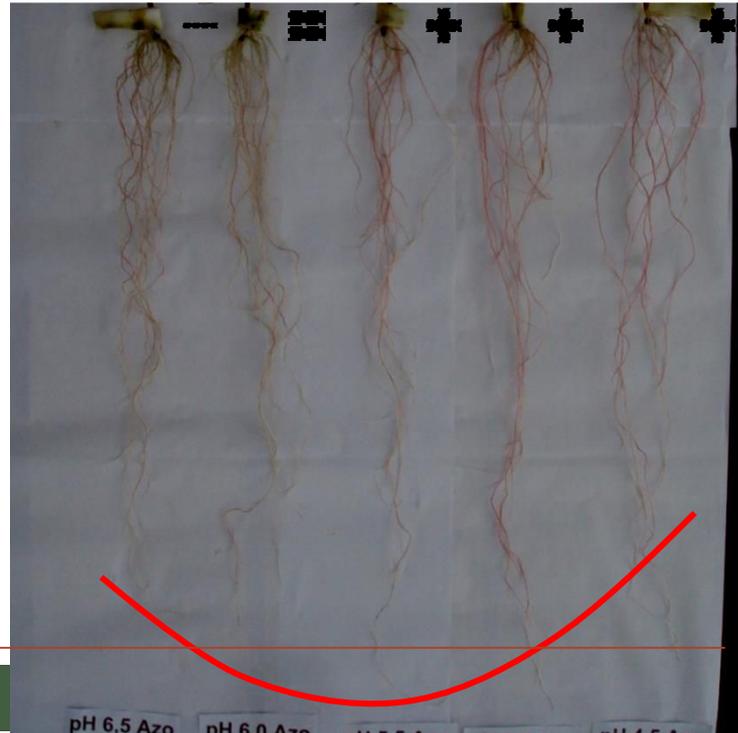




CR →



MSR →



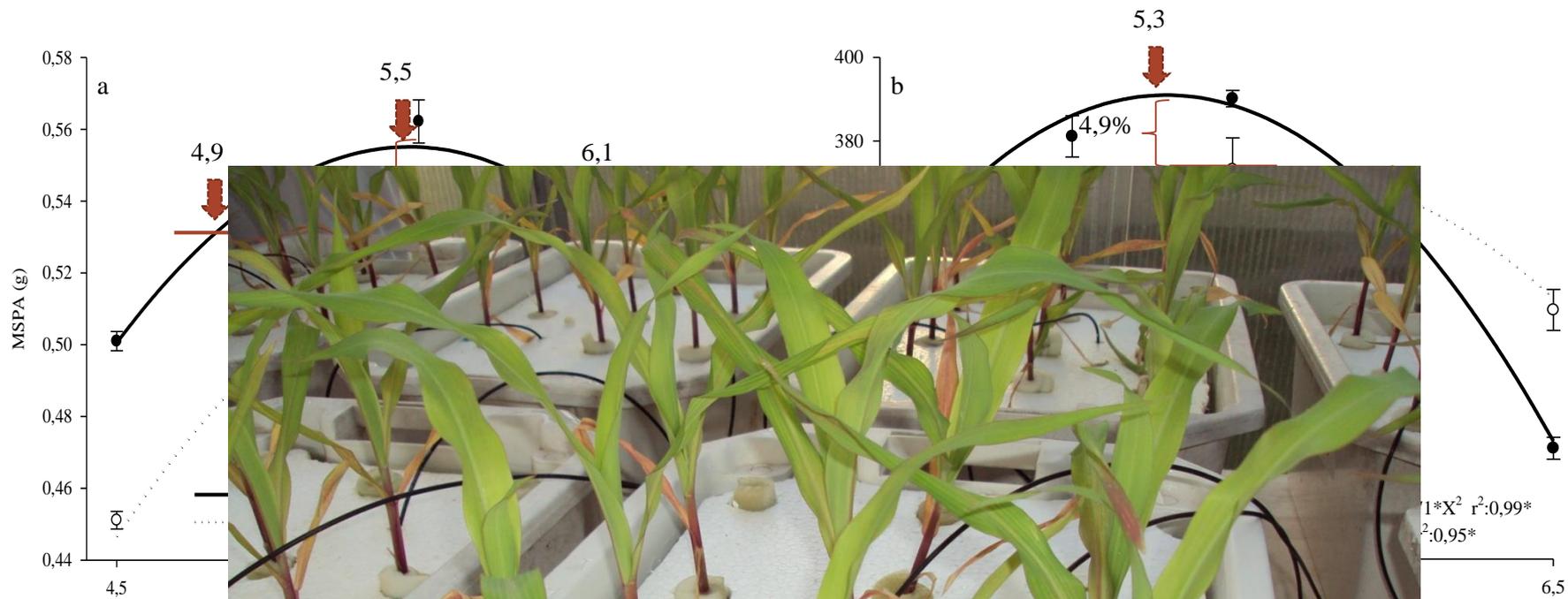


Figura 4 - Massa s em casa de vegetaç

Caires et al. (20
pH 5,6

Redução de MS d

nutritiva

70

pH 5,5

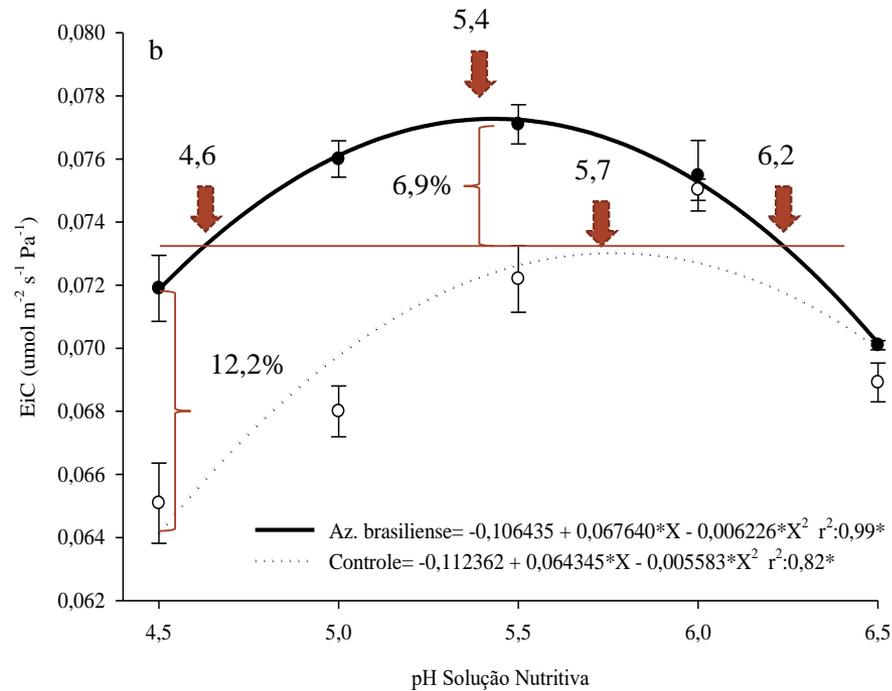


Figura 4 - Índice de carboxilação da rubisco (EiC, b) em milho no estádio v4 submetido a diferentes pH's de solução e inoculação de sementes de milho. Santa Maria, RS, 2015.

Desenvolvimento inicial do milho sob diferentes pH's, umidades e presença de *Azospirillum brasilense*

EXPERIMENTO 2 – Umidade do solo

DIC – Fatorial 4x2

Umidade do solo (Ucc)

25%

50%

75%

100%

Az. brasilense

Com

Sem

DEKALB 240

Instalado em 29/03/2016

Kiehl (1979) e Casaroli; Van Lier (2008)



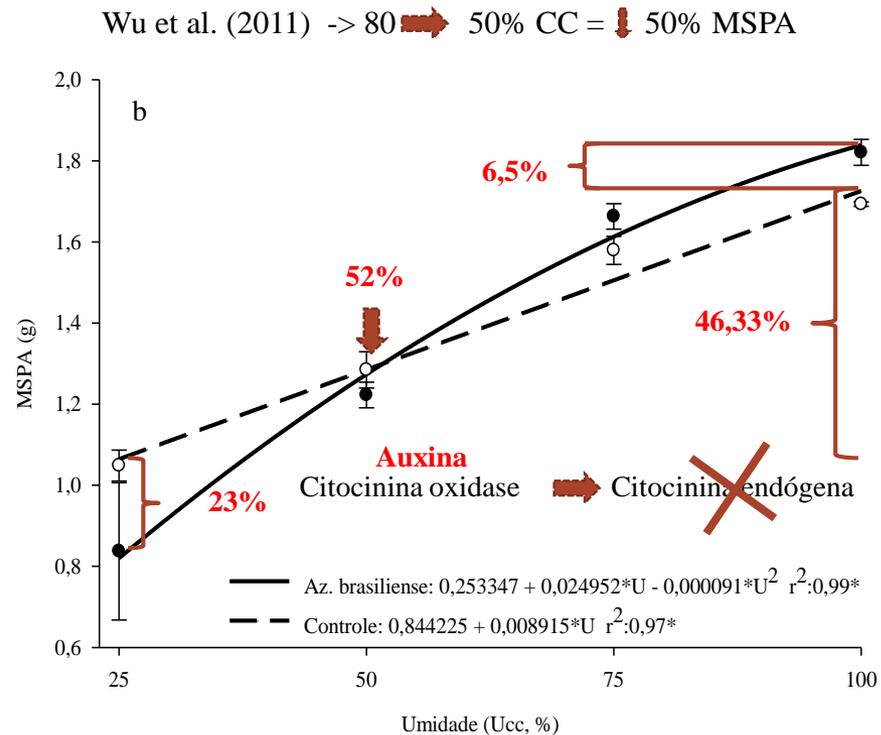
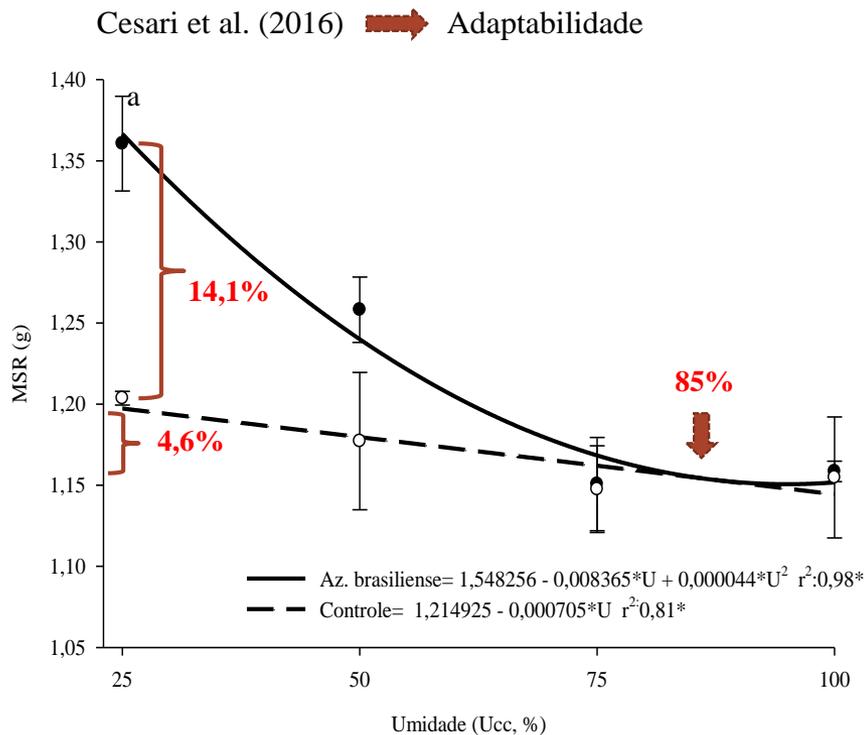


Figura 5 - Matéria seca da raiz (MSR, a) e parte aérea (MSPA, b) de milho no estágio fenológico V3 submetido a diferentes níveis de umidade do solo. Santa Maria, RS. 2016.



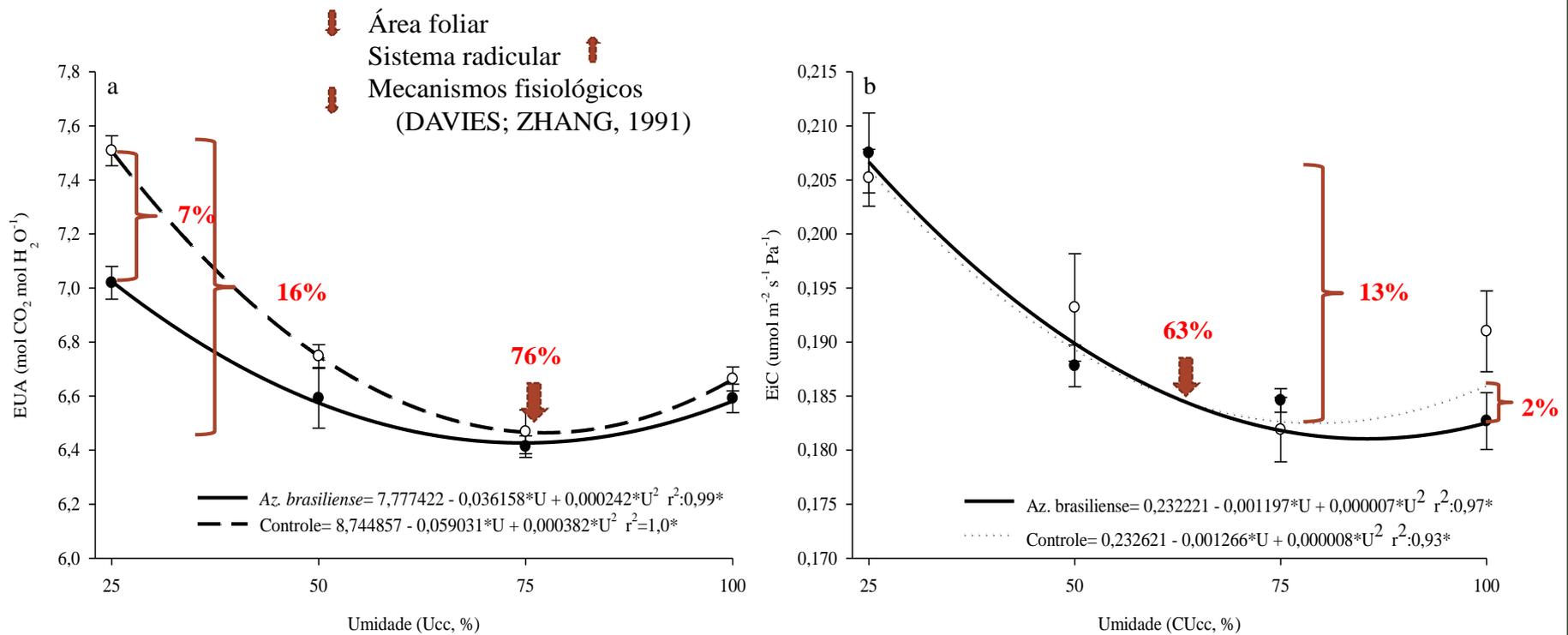


Figura 6 - Eficiência do uso da água (EUA, a) e eficiência instantânea de carboxilação da rubisco (EiC, b) na folha do milho no estágio fenológico V3 submetido a diferentes níveis de umidade do solo. Santa Maria, RS. 2016.



CONCLUSÕES

1- O *Azospirillum brasilense* aumenta o desenvolvimento radicular conforme aumenta a deficiência hídrica abaixo de 88% da Ucc.

2- O pH 5,9 de solução favorece o desenvolvimento da área foliar e massa seca aliado a um bom desenvolvimento do sistema radicular de plantas de milho.

3- A utilização do *Azospirillum brasilense* amplia a magnitude de pH's com possibilidade de cultivo para milho sem prejudicar seu desenvolvimento, entre 5,1 a 5,9. Sua utilização associada à cultura em solos mais ácidos minimiza perdas no desenvolvimento inicial.

Produtividade

Quantidade

Qualidade

Manejo

Análise do solo

Saturação luminosa / nublado

El Nino e La Nina

Chuva
Irrigação

DS

Pragas,
doenças e
plantas
daninhas

C

U

L

T

I

V

A

R

A

M

B

I

E

N

T

E

Solo

Luz

Temp.

Água

Plantabilidade





O Deserto é um lugar maravilhoso...

Pena que nada cresce lá...



Obrigado pela Atenção!

Prof. Dr. Thomas N. Martin

55-81113833 / martin.ufsm@gmail.com