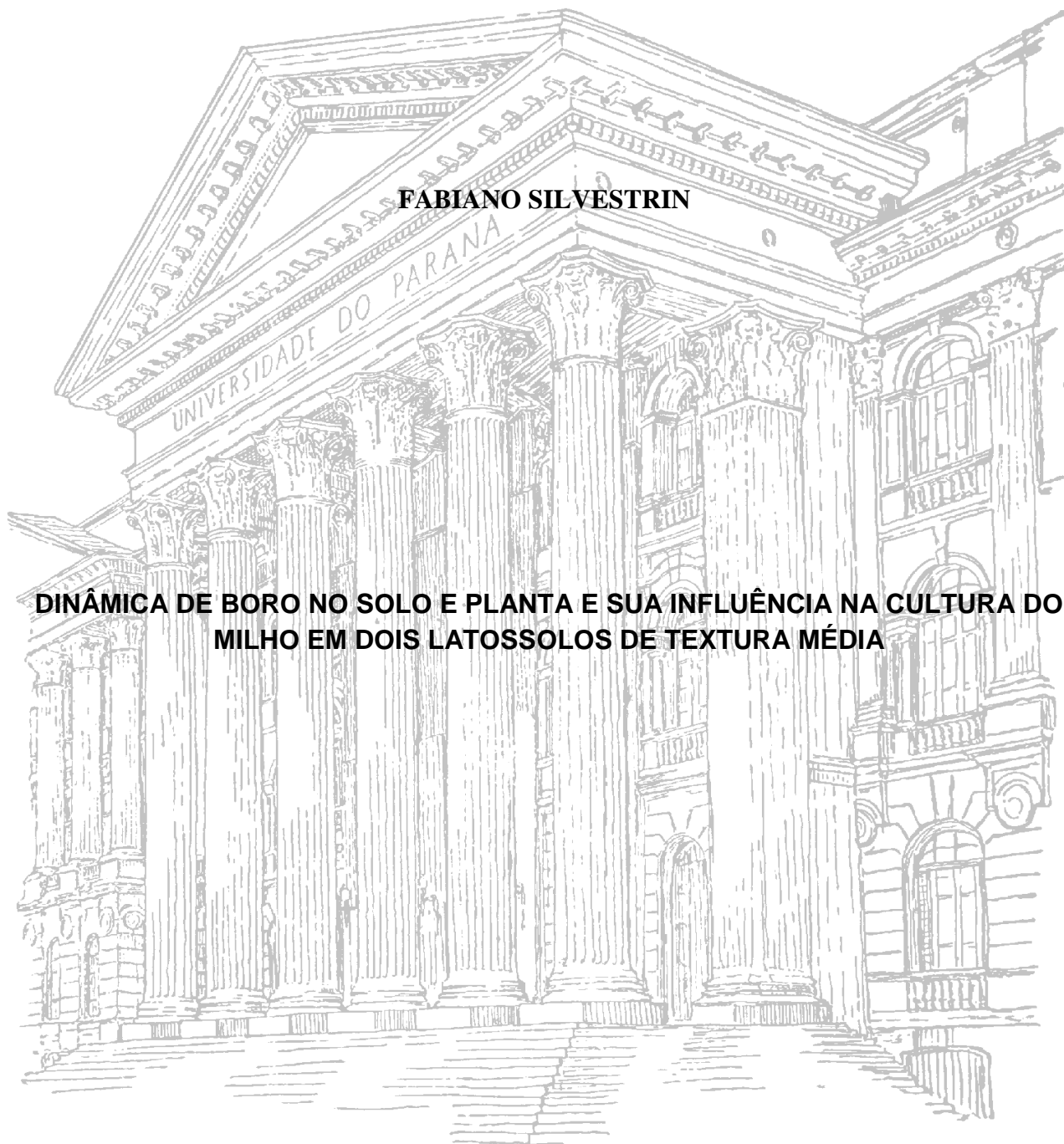


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FABIANO SILVESTRIN

DINÂMICA DE BORO NO SOLO E PLANTA E SUA INFLUÊNCIA NA CULTURA DO MILHO EM DOIS LATOSSOLOS DE TEXTURA MÉDIA



CURITIBA

2011

FABIANO SILVESTRIN

DINÂMICA DE BORO NO SOLO E PLANTA E SUA INFLUÊNCIA NA CULTURA DO MILHO EM DOIS LATOSSOLOS DE TEXTURA MÉDIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

Co-Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Vargas Motta

CURITIBA

2011



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO (MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648
Página: www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/
E-mail: pgcsolo@ufpr.br

PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **FABIANO SILVESTRIN**, sob o título: "**Dinâmica de boro no solo e planta e sua influência na cultura do milho em dois Latossolos de textura média**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 29 de abril de 2011.

Prof. Dr. Volnei Pauletti, Presidente

Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Lana, I^a. Examinadora

Prof^a. Dr^a. Fabiane Machado Vezzani, II^a. Examinador

Prof. Dr. Antonio Carlos Vargas Motta, III^o. Examinador



*Dedico este trabalho aos meus pais
e a todos os meus antepassados que sempre
tiraram da terra o sustento para sobreviverem.*

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a DEUS e NOSSA SENHORA DE FÁTIMA por ter me dado inteligência e oportunidade de realizar este sonho.

Ao meu orientador, professor Volnei Pauletti e ao meu co-orientador Antonio Carlos Vargas Motta, ótimos professores e excelentes pessoas.

A todos os professores do Programa de mestrado em solos da UFPR.

Aos professores que participaram da banca.

A todos os meus colegas e amigos do mestrado.

A todos os meus familiares.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola.

A Universidade Federal do Paraná pela oportunidade oferecida.

A Fundação ABC.

A Daniel Silvestrin e Leonel Silvestrin.

A Verginio Silvestrin.

A Leonel Silvestrin Jr.

A Boutin Fertilizantes.

Colhemos aquilo que plantamos!

(Gálatas 6:7)

DINÂMICA DE BORO NO SOLO E PLANTA E SUA INFLUÊNCIA NA CULTURA DO MILHO EM DOIS LATOSSOLOS DE TEXTURA MÉDIA

Autor: Engenheiro Agrônomo Fabiano Silvestrin

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

Co-Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Vargas Motta

RESUMO

A região dos Campos Gerais do Paraná apresenta clima subtropical e destaca-se por apresentar uma das maiores produtividades de milho do Brasil. Apesar destas altas produtividades, é freqüente a ocorrência de baixos níveis de boro no solo e na planta, indicando disparidade entre os resultados das análises e a resposta da cultura. Em função disto, este trabalho propõe estudar diferentes tecidos da planta de milho como ferramenta de diagnose nutricional para o boro, bem como sua dinâmica no solo, em função de doses (0, 1, 2, 3, 4 e 12 kg ha⁻¹) e épocas de aplicação (semeadura e estágio V6 do milho) deste nutriente. Foram conduzidos dois experimentos a campo, sob plantio direto, sendo um na safra 2008/2009 e outro na safra 2009/2010, em Latossolo Bruno Distrófico típico e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, ambos de textura média, respectivamente. O teor de boro no solo é influenciado pela precipitação pluviométrica, que também influencia na resposta do milho à aplicação deste nutriente. Entre os tecidos avaliados, o boro concentra-se no ápice da folha e na inflorescência feminina do milho, sendo a folha da espiga a mais indicada para a diagnose nutricional.

Palavras- chave: Zea mays, mobilidade na planta, teor foliar, deficiência de boro.

DYNAMIC OF BORON IN SOIL AND PLANT AND THE INFLUENCE ON THE CORN IN TWO SANDY LOAM OXISOLS

Author: Agronomist Fabiano Silvestrin

Advisor: Teach. Doc. Volnei Pauletti

Co-advisor: Teach. Doc. Antonio Carlos Vargas Motta

ABSTRACT

The region of Campos Gerais of Paraná has a subtropical climate and is characterized by presenting one of the highest yield of corn from Brazil. Despite these high yields, is the frequent occurrence of low levels of boron in soil and plant, indicating disparity between test results and crop response. Because of this, this paper proposes the study of different tissues of the maize plant as a tool for nutritional diagnosis for boron, and their dynamics in the soil, depending on doses (0, 1, 2, 3, 4 and 12 kg ha⁻¹) and application times (planting and V6 stage of corn) of this nutrient. We conducted two field experiments, under no-tillage, one in the 2008/2009 season and other in the 2009/2010 season, in two different oxisols, both of medium texture. The boron content in soil is influenced by rainfall, which also influences the response of maize to the application of this nutrient. Among the tissues studied, the boron is concentrated at the apex of the leaf and the female inflorescence of maize, the leaf of the spike being the most suitable for the nutritional diagnosis.

Key words: *Zea mays*; plant mobility, leaf content, boron deficit.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA OCORRIDA ENTRE OS MESES DE OUTUBRO DE 2008 A ABRIL DE 2009 E OUTUBRO DE 2009 A ABRIL DE 2010, ADAPTADO DO IAPAR 2010.....16
- FIGURA 2 – PRODUTIVIDADE DE MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE BORO, SAFRAS 2008/2009 (a) E SAFRA 2009/2010 (b), NOS CAMPOS GERAIS – IPIRANGA – PR.....19
- FIGURA 3 – TAMANHO DE ESPIGAS EM FUNÇÃO DE DOSES DE BORO APLICADO AO SOLO, SAFRA 2009/2010.....19
- FIGURA 4 – ESPIGAS DE MILHO, QUANDO SUBMETIDAS A 12 kg ha^{-1} DE BORO, EM ESTÁDIO V6 DA CULTURA, SAFRA 2009/2010.....20
- FIGURA 5 – TEORES DE BORO PRESENTE NO SOLO EM FUNÇÃO DE DOSES APLICADAS, 0 A 20 cm (a) E 20 A 40 cm (b).....22
- FIGURA 6 – TEORES DE BORO PRESENTES NA FOLHA INTEIRA DA ESPIGA (a), FOLHA INTEIRA ABAIXO E OPOSTA À ESPIGA (b), TERÇO INFERIOR DA PRIMEIRA FOLHA ABAIXO E OPOSTA À ESPIGA (c), TERÇO MÉDIO DA PRIMEIRA FOLHA ABAIXO E OPOSTA À ESPIGA (d), TERÇO SUPERIOR DA PRIMEIRA FOLHA ABAIXO E OPOSTA À ESPIGA (e) E INFLORESCÊNCIA FEMININA (f), EM FUNÇÃO DE DOSES DE BORO APLICADAS NO SOLO, SAFRA 2008/2009.....26
- FIGURA 7 – TEORES DE BORO PRESENTES NA FOLHA INTEIRA DA ESPIGA (a), FOLHA INTEIRA ABAIXO E OPOSTA À ESPIGA (b), TERÇO INFERIOR DA PRIMEIRA FOLHA ABAIXO E OPOSTA À ESPIGA (c), TERÇO MÉDIO DA PRIMEIRA FOLHA ABAIXO E OPOSTA À ESPIGA (d), TERÇO SUPERIOR DA PRIMEIRA FOLHA ABAIXO E OPOSTA À ESPIGA (e) E INFLORESCÊNCIA FEMININA (f), EM FUNÇÃO DE DOSES DE BORO APLICADAS NO SOLO, SAFRA 2009/2010.....27

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1 - TECIDO VEGETAL ANALISADO (TIPOS DE FOLHA E INFLORESCÊNCIA FEMININA)..... | 15 |
| TABELA 2 – EFEITO DE ÉPOCA PARA PRODUTIVIDADE, MASSA DE MIL GRÃOS, NÚMERO DE PLANTAS, NÚMERO DE ESPIGAS, TAMANHO DE ESPIGAS, BORO NO SOLO (0 a 20 cm e 20 – 40 cm)..... | 17 |
| TABELA 3 – EFEITO DE ÉPOCA PARA TEORES DE BORO NA FOLHA DA ESPIGA, PRIMEIRA FOLHA ABAIXO E OPOSTA À ESPIGA, TERÇO MÉDIO DA PRIMEIRA FOLHA ABAIXO E OPOSTA A ESPIGA, TERÇO SUPERIOR DA PRIMEIRA FOLHA E ABAIXO À ESPIGA, TERÇO INFERIOR DA PRIMEIRA FOLHA ABAIXO E OPOSTA À ESPIGA E INFLORESCÊNCIA FEMININA..... | 18 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 14 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 17 |
| 3.1 Produtividade e componentes de rendimento do milho..... | 17 |
| 3.2 Boro no solo | 21 |
| 3.3 Teor de boro no tecido foliar e na inflorescência feminina..... | 22 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 28 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 29 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 30 |
| 7. APÊNDICE..... | 34 |

1. INTRODUÇÃO

O estado do Paraná é o maior produtor brasileiro de milho, apresentando formação geológica muito variada o que implica em uma série de manejos agrícolas diversificados, principalmente relacionados à adição de nutrientes de menor disponibilidade no solo. A região dos Campos Gerais, localizada no Centro Sul paranaense, se destaca pelas altas produtividades de milho, possuindo os arenitos como principais materiais de origem dos solos, que são ácidos e de baixa fertilidade natural.

Nesta região, são freqüentes baixos níveis de boro no solo e na planta de milho, mesmo em lavouras com altas produtividades, concordando com Rehm et al. (2002), que afirmam que o efeito do uso de boro no milho tem resposta variada. Loman (2004), não obteve variação da produtividade aplicando até 4 kg ha⁻¹ de B em um experimento conduzido a campo, em um Latossolo de textura média, na região Centro Sul do estado do Paraná. Ao contrário disso, Fageria (2000), obteve aumento de produtividade do milho utilizando-se de solo de cerrado em experimento conduzido em casa de vegetação, considerando adequada a dose de 9,4 kg ha⁻¹.

Esta variabilidade de desempenho da adubação está relacionada principalmente à rápida lixiviação do boro para camadas mais profundas do solo (Saltali et al., 2005; Communar & Keren, 2007; Favaretto et al., 2007; Oliveira Neto et al., 2009), em função da baixa capacidade de adsorção deste nutriente no solo. Além disso, a disponibilidade imediata do boro aplicado na adubação, aliada à estreita faixa entre deficiência e toxidez na planta, pode facilmente provocar toxidez, influenciando negativamente a produtividade das plantas (Communar & Keren, 2007; Lima et al., 2007).

Uma das formas de relacionar as produtividades das culturas com a deficiência ou toxidez de boro é o uso da análise de tecido da planta. Contudo, os níveis de interpretação podem variar em função do tipo de solo (Lima et al., 2007) e do tecido vegetal utilizado. Para o milho há diversidade nos níveis de interpretação, que variam tanto em valores quanto no tecido que deve ser amostrado para análise. Concentrações entre 15 e 20 mg kg⁻¹ para a folha oposta à espiga (Malavolta et al., 1997) e de 5 a 20 mg kg⁻¹ para o terço central da folha da base da espiga (Embrapa,

2009) são considerados adequadas. Rehm et al. (2002) indica valores menores que 2 mg kg^{-1} de boro como deficientes e de 2 a 5 mg kg^{-1} como baixos, para a folha oposta a espiga, mesmo tecido utilizado por Malavolta et al. (1997).

A escolha da folha como tecido da planta a ser avaliado normalmente esta associada ao metabolismo geral da planta. Todavia, entre as diferentes funções do boro, tem destaque a polinização e a produção de semente (Brown & Hu, 1996; Dell & Huang, 1997). Tal fato levou Dell et al. (2010) a indicar que existem dois níveis de interpretação de análise de tecido, um para folha, comumente utilizado, que determina o crescimento vegetativo, e outro para inflorescências reprodutivas, que influencia o processo de polinização. Isto ocorre uma vez que o boro é imóvel na maioria das plantas (Brown & Shelp, 1997; Bastos & Carvalho, 2004).

Por outro lado, a toxidez em plantas, onde o boro apresenta baixa mobilidade entre os tecidos, é verificada principalmente pelo acúmulo desse nutriente nas extremidades da folhas (Bastos & Carvalho, 2004; Lawson & Roh, 2009), influenciando no resultado da análise.

Portanto, a definição dos níveis críticos de boro para o cultivo do milho, tanto no solo quanto na planta, tem como principais dificuldades a obtenção de ensaios a campo com resposta à aplicação deste nutriente, a mobilidade do boro no solo e a definição de qual tecido deve ser analisado para representar o estado nutricional da planta.

Considerando o exposto, este trabalho propõe estudar diferentes tecidos da planta de milho como ferramenta de diagnose nutricional para o boro, bem como sua dinâmica no solo, em função de doses e épocas de aplicação deste nutriente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos no município de Ipiranga - PR, região dos Campos Gerais, nas safras de 2008/2009 e 2009/2010, sob sistema de plantio direto na palha, em rotação de culturas soja/trigo/milho. O clima predominante é o Cfb de Koppen, subtropical úmido, a formação vegetal original composta pela floresta Ombrófila mista, e a precipitação média anual de 1554 mm (IAPAR, 2010).

O primeiro experimento, safra 2008/2009, foi conduzido em um LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico (Embrapa, 2006), textura média, altitude de 905 m e coordenadas geográficas: 25°59'15,8" S e 50°41'54,9" W. E o segundo experimento, safra 2009/2010, foi conduzido em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (Embrapa, 2006), textura média, altitude de 890 m e coordenadas geográficas: 25°01'43,6" S e 50°42'53,8" W. Os resultados das análises químicas e granulométricas, na camada de 0-20 cm, dos dois locais foram: pH $\text{CaCl}_2 = 4,9$ e $5,1$; P (método de resina) = 11 e 14 mg dm^{-3} ; K = $1,1$ e $1,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca = 24 e $29 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = 12 e $14 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al = $1,9$ e $0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, B = $0,17$ e $0,19 \text{ mg dm}^{-3}$; M.O = $31,63$ e $22,17 \text{ g dm}^{-3}$; argila = 283 e 332 g kg^{-1} ; areia = 587 e 532 g kg^{-1} e silte = 130 e 136 g kg^{-1} , V % = 46 e 53 e m % = $4,9$ e 0 , respectivamente.

A adubação de semeadura utilizada foi de 320 kg ha^{-1} do formulado 12-25-12 (N, P_2O_5 , K_2O), utilizando-se também 165 kg ha^{-1} de uréia (46%N) em estágio V4 e 180 kg ha^{-1} do formulado 20-00-20 (N, P_2O_5 , K_2O) em estágio V6, para ambas as safras, totalizando 150 kg ha^{-1} de N, 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 75 kg ha^{-1} de K_2O .

O híbrido de milho utilizado nos dois experimentos foi o Pioneer 30P34 (híbrido triplo), num total de 70.000 sementes ha^{-1} . A semeadura da safra 2008/2009 ocorreu dia 15 de outubro de 2008 e da safra 2009/2010 no dia 20 de outubro de 2009.

Foi adotado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições, sendo que os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2×6 , combinando duas épocas de aplicação de boro (imediatamente antes da semeadura e no estágio V6 do milho) com seis doses de boro (0 , 1 , 2 , 3 , 4 e 12 kg ha^{-1}). A fonte de boro utilizada foi o ácido bórico (H_3BO_3), contendo 17% de B, aplicada a lanço sobre o solo. O tamanho das parcelas foi $4,2 \text{ m}$ por $7,0 \text{ m}$, totalizando $29,4 \text{ m}^2$.

O teor de boro foi determinado na folha e na inflorescência feminina do milho. Após digestão das amostras por via seca (calcinação em mufla a $550 \text{ }^\circ\text{C}$), foi feita a extração em $\text{HCl } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (Embrapa, 2009) e determinação por colorimetria pelo

método da Azometina-H (Bingham, 1982). A coleta dos tecidos foi realizada em pleno florescimento, analisando-se o terço médio da primeira folha abaixo e oposta à espiga (Oliveira, 2002), toda a folha abaixo e oposta à espiga (Malavolta et al., 1997, Rehm et al., 2002), o terço superior da primeira folha abaixo e oposta à espiga, o terço inferior da primeira folha abaixo e oposta à espiga, toda a folha da espiga e a inflorescência feminina da planta, conforme descrição na Tabela 1. Em cada parcela, foram coletadas 30 folhas abaixo e oposta à espiga que deram origem as amostras do terço médio, terço inferior e terço superior; 30 folhas abaixo e oposta à espiga, as quais foram analisadas integralmente; 30 folhas inteiras da espiga e 30 inflorescências femininas. Nas folhas, eliminou-se a lígula, enquanto que na inflorescência feminina coletou-se a parte externa à espiga.

TABELA 1. Tecido vegetal utilizado para análise de boro.

| ----- Folha ----- | | | | | Inflorescência |
|-------------------|---|----------------|-------------|----------------|------------------------|
| Espiga | ----- Primeira abaixo e oposta à espiga ----- | | | | Feminina |
| Inteira | Inteira | Terço inferior | Terço médio | Terço superior | Parte externa a espiga |

Para avaliação do teor de boro no solo, foram coletadas amostras nas profundidades de 0-20 cm e 20- 40 cm em maio de 2010, após a colheita do milho. Em cada parcela, coletou-se 20 sub-amostras, que após misturadas deram origem a uma amostra composta para cada profundidade. A coleta foi feita com trado do tipo holandês. O boro no solo foi extraído utilizando-se água quente e determinado segundo Bataglia (1983).

A produtividade de grãos foi obtida pela colheita de todas as espigas em quatro linhas de quatro metros (12,8 m²) no centro da parcela, com posterior trilha, determinação e correção da umidade à 130 g kg⁻¹ e cálculo da produtividade em kg ha⁻¹. Aproveitando a operação de colheita, foram registradas o número de plantas e de espigas colhidas. Antes da trilha, foi determinado o comprimento de vinte espigas por parcela. A massa de mil grãos foi obtida pela pesagem de 250 grãos e posterior multiplicação por quatro e correção de umidade para 130 g kg⁻¹.

Os resultados foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e variância pelo teste F(p<0,05). As épocas de aplicação do boro foram comparadas pelo teste de Tukey. E para as doses de boro foram ajustadas equações de regressão, usando o polinômio significativo de maior grau.

A precipitação pluviométrica média anual para região onde foi instalado o experimento é de 1554 mm ano⁻¹ (IAPAR, 2010). Mas o clima apresentado durante o período em que os experimentos estiveram a campo, foi muito diferente nas safras (2008/2009 e 2009/2010), sendo que no primeiro experimento compreendido entre os meses de outubro de 2008 (semeadura) a março de 2009 (colheita), a precipitação ocorrida no local do experimento foi de 557 mm, 62% abaixo da média histórica registrada para a região neste período, que é de 907 mm (IAPAR, 2010). Nesta safra, houve também um déficit hídrico muito severo no mês de dezembro, chovendo apenas 25 mm no mês, 125 mm abaixo da média histórica (IAPAR, 2010), coincidindo com a época de florescimento do milho e de grande demanda nutricional da planta. Ao contrário, no período em que o segundo experimento esteve a campo, entre os meses de outubro de 2009 (semeadura) a março de 2010 (colheita), a precipitação foi de 1158 mm, 22% acima da média histórica da região e 108% acima da precipitação ocorrida no mesmo período de 2008/2009 (IAPAR, 2010). Os dados de precipitação para as safras 2008/2009 e 2009/2010, são apresentados na Figura 1.

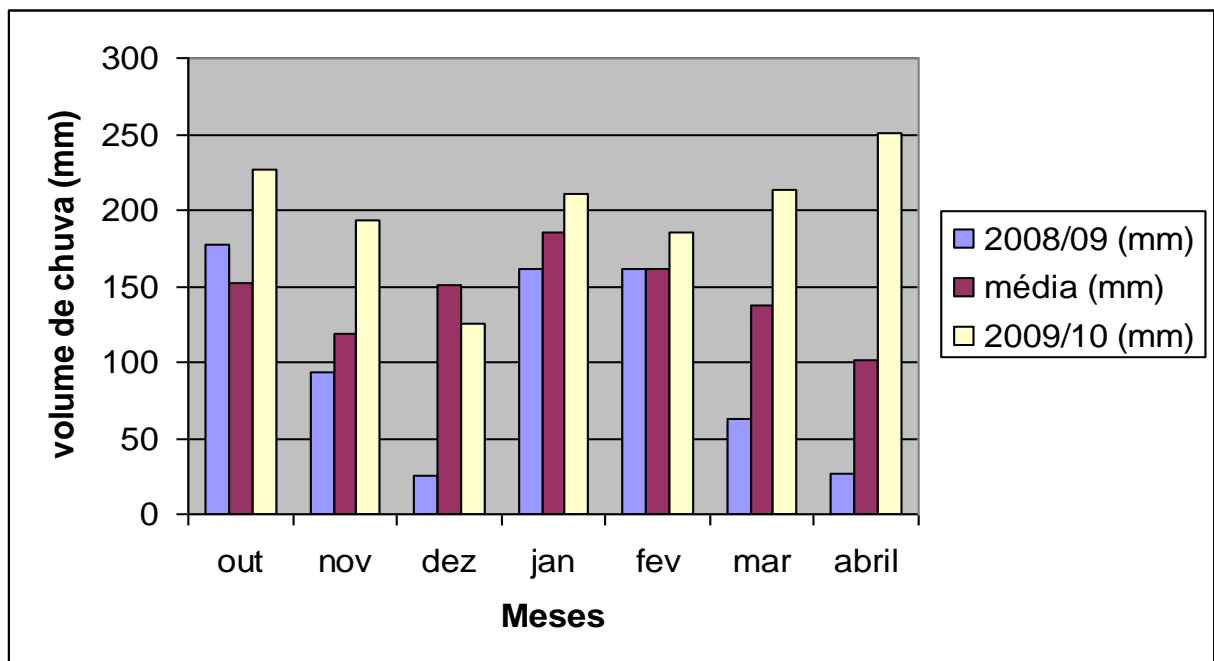


Figura 1. Precipitação pluviométrica ocorrida entre os meses de outubro de 2008 a abril de 2009 e outubro de 2009 a abril de 2010, adaptado do IAPAR 2010.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produtividade e componentes de rendimento do milho

A época de aplicação de boro, não influenciou a produtividade e a massa de mil grãos, população final de plantas e de espigas e o tamanho da espiga na safra 2008/2009 (Tabela 2). Porém na safra 2009/2010, a produtividade, população final de plantas e tamanho da espiga foram maiores quando o boro foi aplicado na semeadura (Tabela 2).

TABELA 2. Produtividade, massa de mil grãos, número de plantas, número de espigas, tamanho de espigas, boro no solo (0 a 20 e 20 a 40 cm), em função da época de aplicação da adubação boratada em duas safras.

| Época | Produtividade | Massa de mil grãos | | Número de plantas | | Número de espigas | | Tamanho de espigas | Boro no solo | | | | | |
|----------------|---------------|--------------------|--------|-------------------|-------|-------------------|-------|--------------------|--------------|---|---------------------|-----|-------|---|
| | | g | | | | | | | cm | | mg kg ⁻¹ | | | |
| 2008_09 | | | | | | | | | | | | | | |
| Semeadura | 8228 | a ⁽¹⁾ | 289,72 | a | 63672 | a | 59636 | a | 15,38 | a | n.d ⁽²⁾ | n.d | | |
| V6 | 7769 | a | 286,12 | a | 63695 | a | 58916 | a | 15,34 | a | n.d | n.d | | |
| CV (%) | 9,11 | | 3,37 | | 3,05 | | 4,69 | | 3,65 | | n.d | n.d | | |
| 2009_10 | | | | | | | | | | | | | | |
| Semeadura | 8548 | a | 347,17 | a | 65928 | a | 65061 | a | 15,24 | a | 0,22 | b | 0,23 | b |
| V6 | 7576 | b | 345,39 | a | 62118 | b | 62066 | a | 14,76 | b | 0,44 | a | 0,39 | a |
| CV(%) | 12,21 | | 6,7 | | 9,44 | | 8,61 | | 3,3 | | 42,65 | | 41,89 | |

⁽¹⁾Valores na coluna, dentro da mesma safra e camada, seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente de acordo com o Teste de Tukey (P<0,05). ⁽²⁾n.d (não determinado).

TABELA 3. Teor de boro na folha da espiga, primeira folha abaixo e oposta à espiga, terço médio da primeira folha e abaixo e oposta à espiga, terço superior da primeira folha abaixo e oposta à espiga, terço inferior da primeira folha e abaixo à espiga e inflorescência feminina.

| Época | Folha da espiga | 1ª Folha abaixo e oposta à espiga | | | | Inflorescência feminina | | | | | | |
|---------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------|----------------|----------------|-------------------------|-------|---|-------|---|-------|---|
| | | Inteira | Terço médio | Terço superior | Terço inferior | | | | | | | |
| mg kg ⁻¹ | | | | | | | | | | | | |
| 2008_09 | | | | | | | | | | | | |
| Semead. | 11,33 | a ⁽¹⁾ | 12,75 | a | 8,76 | a | 20,48 | b | 11,02 | b | 17,99 | a |
| V6 | 11,73 | a | 12,15 | a | 10,18 | a | 22,66 | a | 11,53 | a | 16,81 | a |
| CV(%) | 28,33 | | 51,21 | | 35,6 | | 13,29 | | 11,83 | | 21,94 | |
| 2009_10 | | | | | | | | | | | | |
| Semead. | 7,74b | b | 10,12 | a | 8,40 | b | 10,83 | b | 7,99 | b | 23,31 | a |
| V6 | 9,65 | a | 11,35 | a | 10,49 | a | 13,86 | a | 9,69 | a | 26,58 | a |
| CV(%) | 28,4 | | 31,73 | | 20,52 | | 23,15 | | 22,04 | | 21,58 | |

⁽¹⁾ Valores na coluna, para a mesma safra e tecido, seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente de acordo com o Teste de Tukey (P<0,05).

A produtividade na safra 2008/2009, não foi influenciada pelas doses de B fornecidas tanto em semeadura quanto em estágio V6 da cultura do milho (Figura 2). A produtividade obtida foi de aproximadamente 8.000 kg ha⁻¹, maiores se comparadas à média paranaense no mesmo ano que foi de 3.072 kg ha⁻¹ e a brasileira que foi de 2.899 kg ha⁻¹ (CONAB, 2010).

Esta produtividade é ainda mais expressiva considerando-se que na safra 2008/2009, ocorreu uma forte estiagem, principalmente no mês de dezembro, coincidindo com a fase de florescimento do milho. Neste mês choveu apenas 25 mm, muito abaixo da média histórica, que é de 125 mm para o mês (IAPAR, 2010).

Esta ausência de resposta a boro em período de seca contradiz Cabrera (2006) e McCulley et al. (2004), que afirmam que o boro tem papel importante no crescimento radicular e aumentando a tolerância das plantas a seca.

Na safra 2009/2010 foi observado efeito quadrático das doses de boro sobre a produtividade de grãos, independente da época que este nutriente foi aplicado

(semeadura ou estágio V6), sendo que a máxima produtividade foi obtida com a dose de 4,9 kg ha⁻¹ de B (Figura 2).

Além do efeito positivo da aplicação de boro sobre a produtividade, confirma-se a elevada capacidade deste nutriente em proporcionar toxidez na cultura do milho, quando aplicado em alta quantidade (Figura 2). Houve diminuição do tamanho (Figura 3) e deformação da espiga com falha na granação (Figura 4), principalmente pelo uso da maior dose na fase V6 (Figura 3).

Estes efeitos indicam que tanto a falta quanto o excesso de boro são fatores que afetam o processo de polinização.

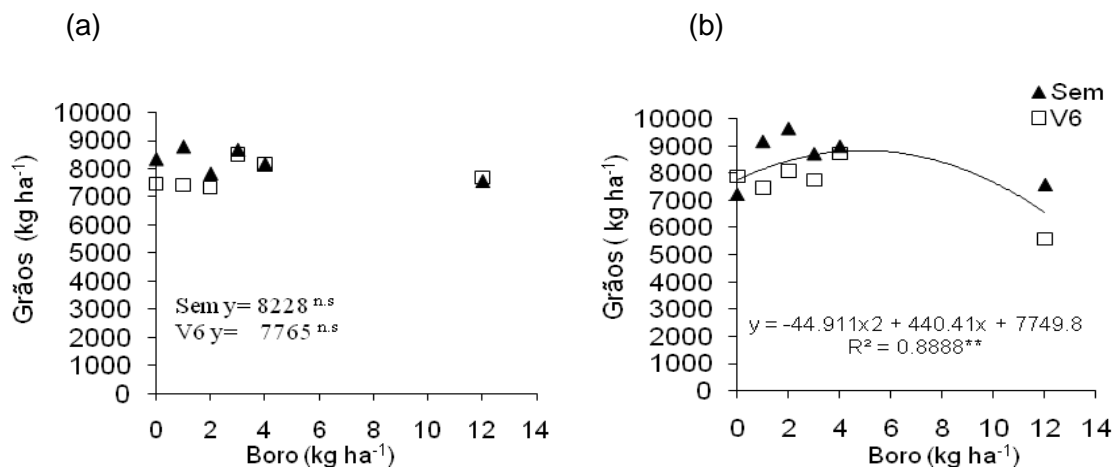


Figura 2. Produtividade de milho em função de doses de boro aplicadas na semeadura (Sem) e no estágio V6 do milho, nas safras 2008/2009 (a) e 2009/2010 (b) – nos Campos Gerais, Ipiranga- Pr. ^{n.s} não significativo.

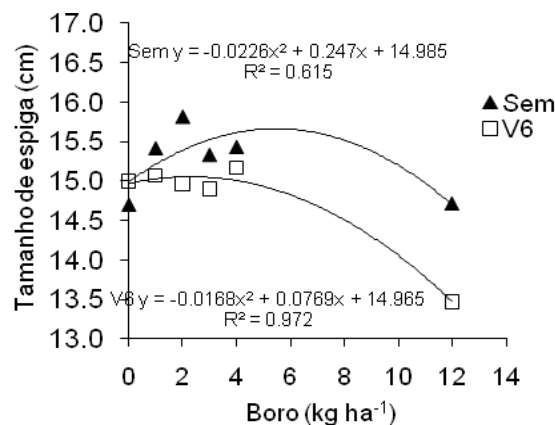


Figura 3. Tamanho de espigas de milho em função de doses de boro aplicadas na semeadura (Sem) e no estágio V6 do milho, na safra 2009/2010 nos Campos Gerais, Ipiranga- Pr. ^{n.s} não significativo. em função de doses de boro aplicadas no solo, safra 2009/2010.



Figura 4. Espigas de milho, quando submetidas a 12 kg ha^{-1} de boro, em estágio V6 da cultura, safra 2009/2010.

A dose para máxima produtividade foi inferior à obtida por Fageria et. al. (2000), que considerou como dose adequada $4,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de boro ($9,4 \text{ kg ha}^{-1}$) aplicado a um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa e como dose tóxica $8,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ($17,4 \text{ kg ha}^{-1}$), em casa de vegetação. Porém estes autores fizeram a mistura do boro ao solo, o que pode justificar estes maiores valores.

A dose de $4,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de boro para obtenção da máxima produtividade está acima do normalmente recomendado para cultura do milho, que é de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (Dadalto & Fulin, 2001), embora seja rara a recomendação de boro para a cultura do milho na literatura brasileira.

Esta dificuldade de se encontrar recomendação de boro para o milho, provavelmente está relacionada ao fato de que a aplicação de boro nem sempre resulta em aumento de produtividade. Loman (2004) trabalhando na mesma região deste estudo e com produtividades de grãos de milho em torno de $10.430 \text{ kg ha}^{-1}$, não constatou efeito da aplicação de boro. Mesmo tendo baixos teores de boro no solo, que variavam entre $0,13$ e $0,24 \text{ mg kg}^{-1}$, e na folha variando entre $7,9$ e $10,8 \text{ mg kg}^{-1}$. Segundo o autor, o clima apresentou-se de maneira satisfatória para desenvolvimento da cultura.

A ocorrência de resposta ao boro em condição de elevada umidade como ocorreu no segundo ano de cultivo, poderia estar relacionada a presença de Al tóxico abaixo da camada de 0 a 20 cm . Neste caso a ação do boro aplicado poderia ter atuado na amenização da toxidez do Al (Favaretto et al., 2007).

3.2 Boro no solo

O teor de boro no solo foi avaliado na safra 2009/2010, período em que ocorreu precipitação pluviométrica acima da média histórica para a região (IAPAR, 2010). A aplicação de boro na semeadura não influenciou o teor disponível deste nutriente no solo. Porém quando aplicado no estágio V6 proporcionou grande aumento no teor disponível no solo. Este aumento foi similar em magnitude nas duas camadas avaliadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm (Figura 4 a e b), variando de aproximadamente 0,2 até 0,9 mg dm⁻³.

O volume de 638 mm (IAPAR, 2010) de chuva ocorrida a mais entre a aplicação de boro na semeadura e a coleta do solo após a colheita do milho em relação à aplicação em V6, pode justificar a diferença observada nas épocas de aplicação quanto ao teor de boro no solo. Este volume de chuva pode ter proporcionado a lixiviação do nutriente para profundidades superiores aos 40 cm avaliados.

Esta mobilidade de boro no solo também foi observada por Rosolem & Biscaro (2007) e Oliveira Neto et al. (2009) e se justifica pela elevada pluviosidade ocorrida, solo de textura média e com pH baixo, similarmente ao observado em nosso trabalho.

Os maiores valores de boro observados no solo, estão acima do considerado muito alto (Raij et al., 1996; Dadalto & Fullin, 2001; Costa & Oliveira, 1998), dando suporte ao decréscimo de produtividade observado na Figura 1, quando da aplicação de 12 kg ha⁻¹ de B.

Ausência de efeito da aplicação de boro na semeadura sobre o teor disponível deste nutriente no solo também foi observada por Bull et al. (2006), que aplicou até 2 kg ha⁻¹ de B em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, textura arenosa. Segundo os autores, pode ter ocorrido lixiviação do nutriente para camadas mais profundas.

A ausência de efeito sobre o teor no solo quando da aplicação na semeadura, contrasta com aumento na produtividade observado na Figura 1. Isso indica que, mesmo com o deslocamento do boro para profundidades maiores que 40 cm no solo, raízes mais profundas podem absorver este nutriente e atender a demanda da planta. Ainda, que a ação do boro no crescimento radicular possa ter ocorrido na fase inicial de estabelecimento das raízes, como fora observado por Roveda et al. (2006).

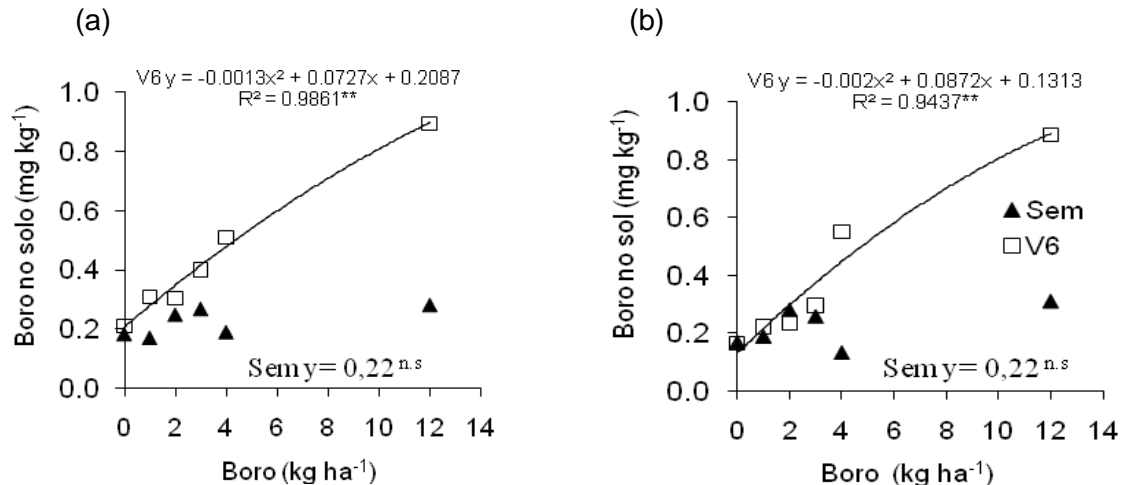


Figura 5. Teores de boro presente no solo, em função de doses aplicadas, 0 a 20 cm (a) e 20 a 40 cm (b), aplicado em semeadura (Sem) e estágio V6 da cultura do milho, safra 2009/2010. n.s não significativo.

3.3 Teor de boro no tecido foliar e inflorescência feminina

O aumento dos teores de boro na folha e na inflorescência feminina na safra 2008/2009 (Figura 6), não proporcionou incremento na produtividade de grãos (Figura 2). O aumento da produtividade no ano 2009/2010 (Figura 2), quando do uso de boro na semeadura, não pode ser associado às variações nos tecidos foliares ou da inflorescência feminina (Figura 7).

De maneira geral, o teor de boro na folha foi maior quando este nutriente foi aplicado no estágio V6 da cultura, ou seja, mais próximo da época de coleta dos tecidos (Tabela 2). No entanto, em alguns tecidos foliares na safra 2008/09 e na inflorescência feminina nas duas safras, a época de aplicação de boro não alterou o teor deste nutriente.

Na safra 2008/2009, com exceção da inflorescência feminina, houve aumento do teor de boro no tecido em função da aplicação do mesmo tanto na semeadura quanto em V6 (Figura 6). Na safra 2009/2010, no entanto, este aumento somente foi observado com a aplicação no estágio V6 (Figura 7).

A diferença entre os anos de cultivo quanto ao efeito do uso de boro sobre o seu teor foliar pode estar associada ao clima. A primeira safra foi caracterizada por uma menor disponibilidade hídrica, fazendo com que não houvesse provavelmente grandes perdas de boro por lixiviação. O que justifica as variações similares entre as

épocas de aplicação de boro quanto ao teor deste nos tecidos das plantas, com o aumento da dose aplicada. Entretanto, a ausência de resposta de boro na inflorescência feminina, pode estar relacionada à coincidência de florescimento da cultura do milho a um período de estiagem que ocorreu no mês de dezembro, quando choveu apenas 17% do volume médio histórico para o mês (IAPAR, 2010).

Acompanhando o que foi observado na análise química do solo na safra 2009/10, o teor de boro nos tecidos das plantas somente foi influenciado pela aplicação no estágio V6 do milho. O elevado volume de chuva de 638 mm (IAPAR, 2010) ocorrido entre a semeadura e o estágio V6 pode ter ocasionado a lixiviação do boro para camadas mais profundas que 40 cm no solo, o que justifica a ausência de efeito do boro aplicado na semeadura sobre o teor deste nutriente na planta (figura 7b, c, d, e, f).

Nas duas safras, os teores de boro foram maiores na inflorescência feminina que nos demais tecidos foliares (Figuras 6 e 7). No entanto, na safra 2009/10 observa-se aproximadamente o dobro de concentração deste nutriente quando aplicado no estágio V6 do milho, em relação à aplicação em semeadura (Figura 7f), ou mesmo em relação à safra 2008/09 (Figura 6f), neste caso, independente da época de aplicação. Este resultado evidencia a contribuição da toxidez de boro sobre os resultados de produtividade observados na safra 2009/10 (Figura 2).

Os teores de boro observados no terço superior da primeira folha abaixo e oposta à espiga no milho cultivado na safra 2008/09, estão muito acima daqueles encontrados em outras partes da folha (Figura 6e). Segundo Bastos e Carvalho (2004), o boro é transportado via fluxo de transpiração, concentrando-se no ápice e margens em maior quantidade que em outras partes da folha, em espécies onde é imóvel, o boro tende a permanecer nestes locais, o que justifica este maior teor no terço superior da folha. Este resultado confirma que o boro apresenta baixa mobilidade nas plantas de milho, assim como na grande maioria das culturas agrícolas (Brown & Shelp, 1997; Salgado et al., 2003; Brown & Hu, 1998).

Com os resultados obtidos, nas duas safras, observa-se que em geral a aplicação de boro aumenta o teor deste nutriente nos tecidos do milho, porém com dificuldade de se relacionar este teor com a produtividade de grãos. A toxidez de boro parece ser melhor explicada pelos teores deste nutriente no terço superior da folha abaixo e oposta à espiga, quando em ano de pouca chuva no florescimento ou, pelo

teor na inflorescência feminina quando não falta chuva durante o florescimento do milho.

No entanto, alguns autores sugerem níveis adequados de boro para o milho cultivado no Brasil. Fageria et. al. (2000), considerou como adequados os teores foliares variando entre 7 a 25 mg kg⁻¹.

Malavolta et al. (1997), considera como adequados teores de boro entre 15 a 20 mg kg⁻¹ quando analisada toda a folha abaixo e oposta à espiga no momento do florescimento. Embrapa (2009) considera adequados teores de boro variando entre 5 a 20 mg kg⁻¹, analisando o terço central da folha da base da espiga na época do pendoamento. Para Trani et al. (1983), teores adequados de boro variam entre 10 a 25 mg kg⁻¹ para o terço médio da primeira folha abaixo e oposta à espiga, no momento do aparecimento da inflorescência feminina.

Observa-se que há grande amplitude entre os menores valores sugeridos como adequados pelos autores, entre 5 e 15 mg kg⁻¹. Entretanto, os teores superiores considerados adequados possuem menor variação, entre 20 e 25 mg kg⁻¹, o que sugere maior consistência em relação aos níveis acima dos quais pode haver toxidez de boro. Neste trabalho não se observa consistência quanto aos níveis críticos inferiores nos tecidos, porém teores de boro acima de 40 mg kg⁻¹ na inflorescência feminina relacionam-se com acentuado efeito tóxico nas plantas.

Considerando que a produtividade de milho não variou com a aplicação de boro na safra 2008/2009, os menores teores nos tecido foram suficientes para obtenção da máxima produtividade. Estes teores foram de 9,1, 8,2, 8,6, 7,9, 11,4 e 17,5 mg kg⁻¹, para a folha da espiga, folha inteira abaixo e oposta à espiga, terço inferior, terço médio e terço superior da primeira folha abaixo e oposta à espiga e inflorescência feminina, respectivamente (Figura 6). Na safra 2009/2010, utilizou-se as equações da Figura 7 para calcular o teor de boro no tecido correspondente à máxima produtividade. Estes valores foram de 8,9, 11,2, 9,7, 10,2, 13,8 e 25,1 mg kg⁻¹, para a folha da espiga, folha inteira abaixo e oposta à espiga, terço inferior, terço médio e terço superior da primeira folha abaixo e oposta à espiga e inflorescência feminina, respectivamente. Com exceção da folha da espiga, os demais valores correspondem aos tratamentos com a aplicação de boro em estágio V6.

Estes valores sugerem que a folha da espiga, em função da menor variação dos teores entre os anos, é a mais adequada para diagnose do teor adequado de boro no milho, com valor médio de 9,0 mg dm⁻³. Os demais tecidos apresentaram maior

variação no teor de boro entre as safras, o que sugere maior interferência das condições climáticas, justificando a grande amplitude de teores foliares considerados adequados para a cultura do milho Malavolta et al. (1997), Embrapa (2009) e Trani et al.(1983).

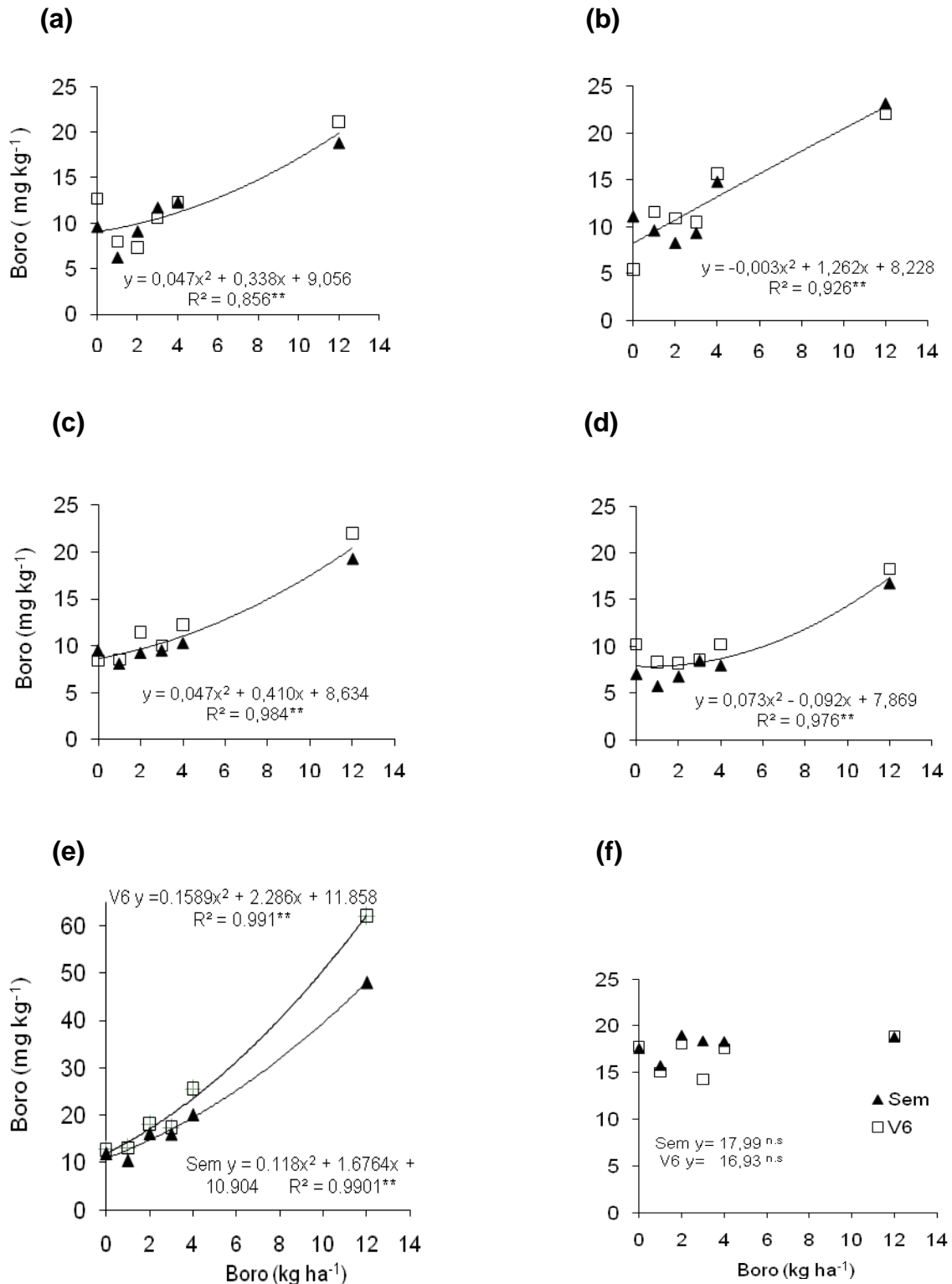


Figura 6. Teores de boro presentes na folha inteira da espiga (a), folha inteira abaixo e oposta à espiga (b), terço inferior da primeira folha abaixo e oposta à espiga (c), terço médio da primeira folha abaixo e oposta à espiga (d), terço superior da primeira folha abaixo e oposta à espiga (e) e inflorescência feminina (f), em função de doses de boro aplicadas no solo em semeadura (SEM) e estágio V6 da cultura do milho, safra 2008/2009. ^{n.s} não significativo.

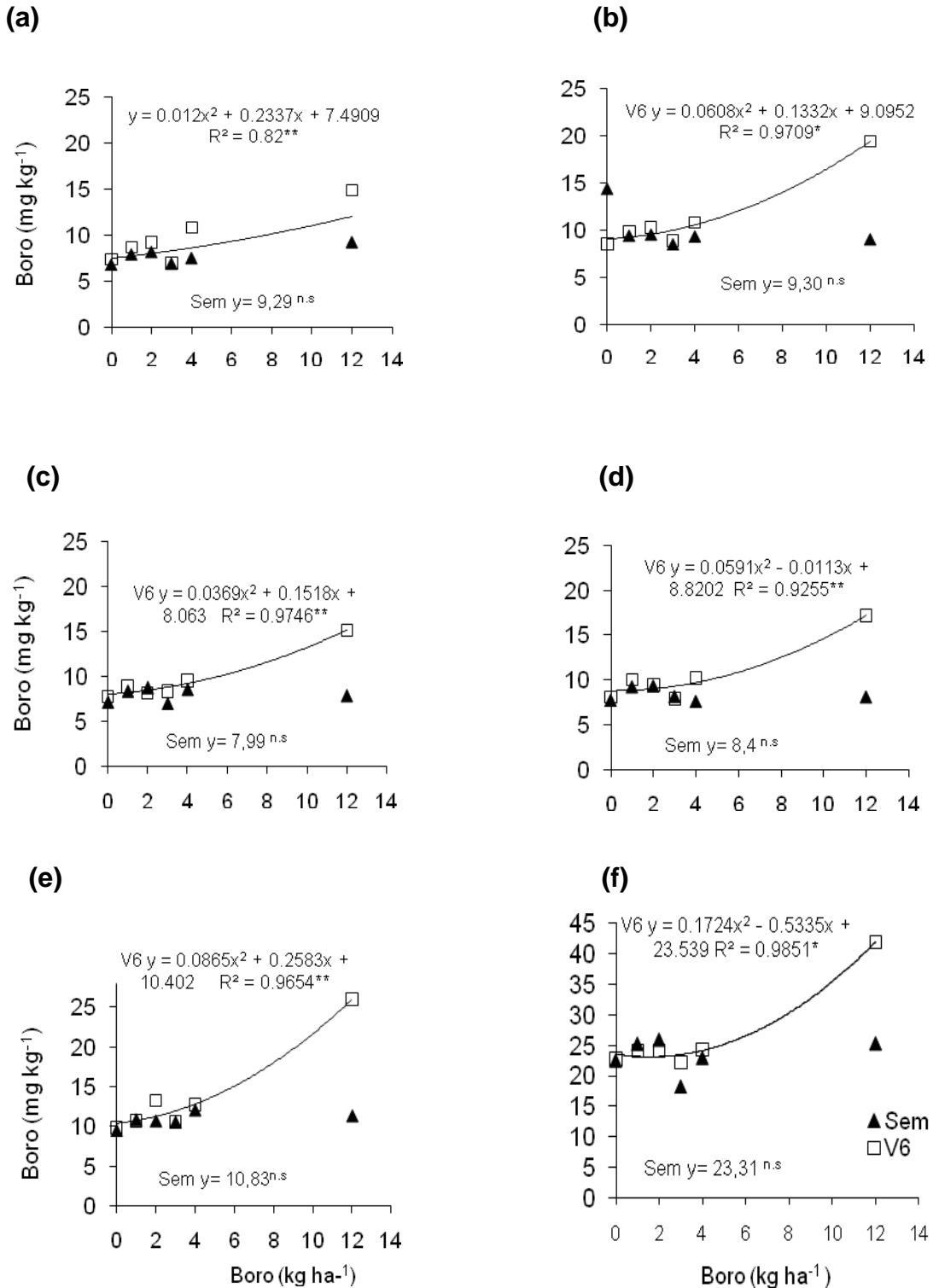


Figura 7. Teores de boro presentes na folha inteira da espiga (a), folha inteira abaixo e oposta à espiga (b), terço inferior da primeira folha abaixo e oposta à espiga (c), terço superior da primeira folha abaixo e oposta à espiga (d), terço médio da primeira folha abaixo e oposta à espiga (e) e inflorescência feminina (f), em função de doses de boro aplicadas no solo em semeadura (SEM) e estágio V6 da cultura do milho, safra 2009/2010. ^{n.s} não significativo.

4. CONCLUSÕES

1. O teor de boro no solo é influenciado pela precipitação pluviométrica ocorrida entre a aplicação e a coleta do solo.
2. Quando ocorre efeito da aplicação de boro, a dose deste nutriente que proporciona a maior produtividade de milho é de $4,9 \text{ kg ha}^{-1}$.
3. A toxidez de boro reduz a produtividade de grãos e a qualidade de espigas de milho, sendo que doses maiores que 5 kg ha^{-1} implicam em efeito tóxico para a cultura.
4. Entre os tecidos avaliados, o boro concentra-se no ápice da folha e na inflorescência feminina do milho, sendo a folha da espiga a mais estável para a diagnose nutricional, com nível crítico inferior a 9 mg kg^{-1} .

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região dos Campos Gerais, localizada no segundo planalto paranaense, destaca-se pelas altas produtividades obtidas em diversas culturas agrícolas, principalmente na cultura do milho. Apesar de altas produtividades de milho serem obtidas na região, é comum resultado de análises de B no tecido foliar e de solo, apresentarem baixos valores na região.

Na literatura disponível, existe uma grande variância entre valores de boro considerados adequados no solo e na planta para a cultura do milho, tornando difícil uma recomendação de adubação exata deste nutriente

O boro é um nutriente de difícil manejo, devido sua grande mobilidade no solo e seu comportamento bastante heterogêneo na planta, possuindo comportamento diferenciado entre as espécies de plantas. O limite entre deficiência e toxidez para o boro na maioria das culturas agrícolas é muito próximo, devendo haver grande cuidado no momento da adubação. A deficiência de boro poderá acarretar perdas de produtividades na cultura no milho, mas o excesso de boro aplicado poderá trazer prejuízos ainda maiores.

Informações referentes a clima (precipitação pluviométrica) são muito importantes na hora da decisão de aplicação de boro na cultura do milho, principalmente em solos mais suscetíveis a lixiviação deste nutriente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J. G. Absorção radicular e redistribuição do boro pelas plantas, e seu papel na parede celular. *Revista Universidade Rural, Seropédica*, 24:47-66, 2004.
- BATAGLIA, O. C. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 48p.
- BINGHAM, F.T. Boron. In: PAGE, A.L., ed. *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties*. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.431-447.
- BROWN, P. H.; HU, H. Phloem mobility of boron in species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitolrich species. *Annals of Botanic, Madison*, 77:497-505, 1996.
- BROWN, P. H.; HU, H. Manejo de boro de acordo com sua mobilidade nas diferentes culturas. *Informações Agrônomicas Potafós, Piracicaba*, 84:1-4, 1998.
- BROWN, P. H.; SHELP, B. J. Boron mobility in plants. *The Hague, Plant and soil*, 93: 85-101, 1997.
- BULL, T. L.; JAMAMI, N.; CORULLI, J. C.; RODRIGUES, J. D. Resposta da cultura do milho a aplicação de boro e zinco no solo. *Acta Scientiarum Agronomy, Maringá*, 28:99-105, 2006.
- CABRERA, R. A. D. Manejo sustentável na citricultura. In: *WORKSHOP SOBRE: MANEJO SUSTENTÁVEL NA AGRICULTURA. ANAIS: PIRACICABA: International Plant nutrition institute*, 2006.
- COMMUNAR, G.; KEREN, R. Effect of transient irrigation on boron transport in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 71:306-313, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB . Janeiro de 2011.
Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos>, acesso em: 10/01/2011.

COSTA, J. M. OLIVEIRA, E. F. Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Cascavel, COAMO/COODETEC, 1998. 89p.

DADALTO, G. C.; FULIN, E. A. Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – Vitória, SEEA / INCAPER, 2001. 266p.

DELL, B.; JAMJOD, S.; LORDKAEW, S., RERKASEM, B. Boron deficiency in maize. *Plant Soil*, 342:207-220, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Manual de análises químicas do solo, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília: 2009. 627p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, 4:57-62, 2000.

FAVARETTO, N.; MOTTA, A. C. V.; BARCK, C.; LUSTOSA, S.B.; COMIN, J.J. Shoot and Root Response of *Trifolium vesiculosum* to Boron Fertilization in an Acidic Brazilian Soil. In: BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY. Curitiba, 2007. p. 597-604.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo> , acesso em: 07/12/2010.

- LAWSON, R.; ROH, M. S. Source of Boron in Curcuma for Burn Symptoms at Leaf Margins. *Journal of Plant Nutrition*, U.S. Department of Agriculture, Research Service, National Arboretum, Floral and Nursery Plants Research Unit, Beltsville, 32:798–808, 2009.
- LIMA, J. C. P. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; LIMA, J. G. C. & LIRA JUNIOR, M. A. Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 31:73-79, 2007.
- LOMAN, E. F. Fertilização de Boro na Cultura do Milho associada a Nitrogênio e Potássio em Plantio Direto na Palha. 48 f. Tese (Mestrado em Ciência do solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas : princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- McCULLEY, R. L.; JOBBÁGY, E. G.; POCKMAN, W.T.; JACKSON, R. B. Nutrient uptake as a contributing explanation for deep rooting in arid and semi-arid ecosystems. *Oecologia*, 141:620-628, 2004.
- OLIVEIRA, N. W.; MUNIZ, S. A.; SILVA, G. A. M.; CASTRO, C.; BORKERT, M. C. Boron extraction and vertical mobility in Paraná State Oxisol, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do solo*. Viçosa, 33:1259 – 1267, 2009.
- OLIVEIRA, S.A. Análise foliar. In: SOUZA, D.M.G. de; LOBATO, L. Cerrado – correção do solo e adubação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 245-256.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285p.
- REHM, G. W.; FENSTER, W. E.; OVERDAHL, C. J. Boron for Minnesota Soils. Extension Soil Specialists, College of Agriculture, Food and Environmental Sciences, Minneapolis, 2002.

- ROSOLEM, C. A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:1473-1478, 2007.
- ROVEDA, L. F.; BLOOD, Y. R. R.; MOTTA, A. C. V.; SERRAT, B. M. Qualidade e produtividade em pessegueiro e estabelecimento do trevo branco como cobertura, influenciados pela aplicação de boro. *Scientia Agrária*, Curitiba, 7:75-82, 2006.
- SALGADO, G.S.; BUCIO, A.L.; Riestra, D.D.; LAGUNES, E.L.C. Caña de azúcar: hacia un manejo sustentable. Villahermosa. Tabasco. Campus Tabasco. *Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco*, 2003. 384p.
- SALTALI, K.; BILGILI, A. V.; TARAKCIOGLU, C.; DURAK, A. Boron adsorption in soils with different characteristics. *Asian Journal of Chemistry*, v.17, p.2487-2494, 2005.
- TRANI, P. E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. Análise foliar, amostragem e interpretação. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18p.

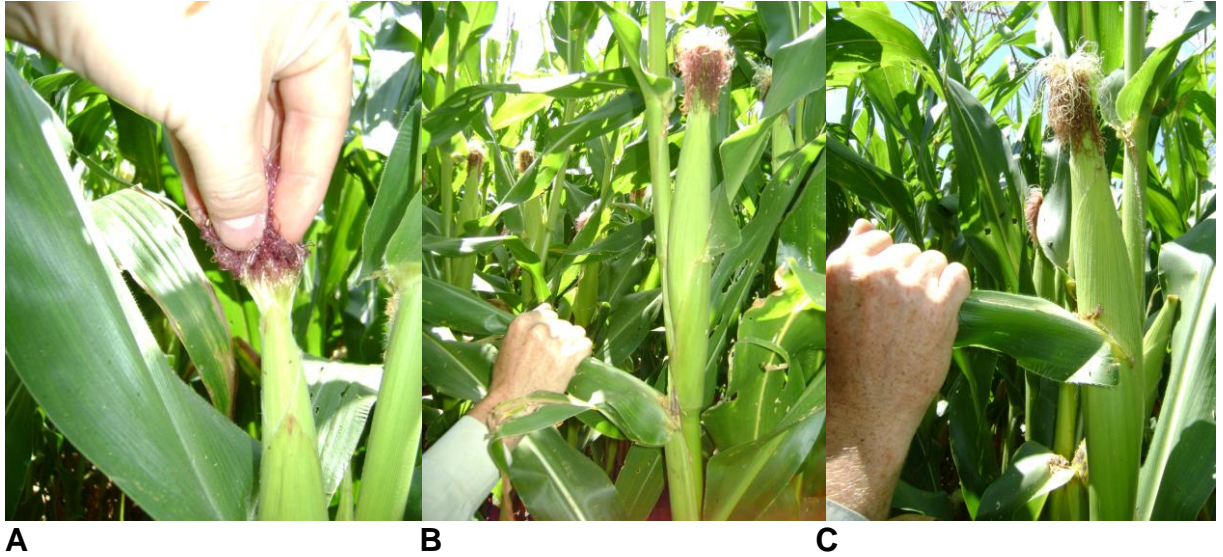
7. APÊNDICE



7.1 Fotos 1 e 2, vista geral do experimento no Latossolo Bruno distrófico, textura média, safra 2008/2009.



7.2 Fotos 3 e 4, vista geral do experimento no Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, textura média, safra 2009/2010.



7.3 Fotos A, B, C. Coleta da inflorescência feminina (A), primeira folha abaixo e oposta à espiga (B) e folha da espiga (C), safra 2008/2009.



7.4 Fotos A, B, C. Eliminação das bases foliares, tendo como objetivo evitar possíveis contaminantes. Amostras de tecidos foliares (A), Corte de tecidos da base da folha(B), tecidos da base da folha eliminados (C), safra 2008/2009.

7.5 ANOVA. P- VALORES

| Causa variação | Prod | MMG | Plantas | Espigas | B esp | Babai | Bmedio | Bsuper | Birfer | Cabelo | Tamesp | B20cm | B40cm |
|----------------|--------|-------|---------|---------|---------|-------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 2008/09 | | | | | | | | | | | | | |
| Dose | 0.259 | 0.716 | 0.064 | 0.457 | <0,0001 | 0.013 | 0.0007 | <0,0001 | <0,0001 | 0.587 | 0.008 | x | x |
| Epoca | 0.103 | 0.348 | 0.86 | 0.458 | 0.533 | 0.977 | 0.114 | 0.0002 | 0.024 | 0.474 | 0.911 | x | x |
| D*E | 0.431 | 0.269 | 0.054 | 0.458 | 0.779 | 0.887 | 0.979 | 0.0089 | 0.19 | 0.917 | 0.049 | x | x |
| | | | | | | | | | | | | x | x |
| CV | 9.11 | 3.37 | 3.05 | 4.69 | 28.33 | 51.21 | 35.6 | 13.29 | 11.83 | 21.94 | 3.65 | x | x |
| DMS | | | | | | | | | | | | x | x |
| Dose | 1338 | 17.87 | 3568 | 5107 | 6.11 | 11.72 | 6.18 | 5.26 | 2.45 | 7.02 | 1.03 | x | x |
| Epoca | 512.7 | 6.84 | 1367 | 1956 | 2.34 | 4.49 | 2.37 | 2.01 | 0.94 | 2.69 | 0.39 | x | x |
| 2009/10 | | | | | | | | | | | | | |
| Dose | 0.0044 | 0.41 | 0.687 | 0.662 | 0.0205 | 0.122 | 0.004 | 0.0002 | 0.021 | 0.065 | 0.0016 | 0.0015 | 0.0001 |
| Epoca | 0.0043 | 0.659 | 0.038 | 0.067 | 0.0246 | 0.253 | 0.004 | 0.0034 | 0.017 | 0.132 | 0.004 | 0.0005 | 0.0026 |
| D*E | 0.393 | 0.161 | 0.241 | 0.106 | 0.398 | 0.029 | 0.003 | 0.0012 | 0.028 | 0.05 | 0.378 | 0.0066 | 0.0005 |
| CV | 12.21 | 6.698 | 9.44 | 8.61 | 28.4 | 31.73 | 20.52 | 23.15 | 22.04 | 21.58 | 3.3 | 42.65 | 41.89 |
| DMS | | | | | | | | | | | | | |
| Dose | 1770.5 | 41.7 | 10875 | 9841.8 | 4.44 | 6.13 | 3.49 | 5.14 | 3.51 | 9.68 | 0.89 | 0.254 | 0.233 |
| Epoca | 680.5 | 16.03 | 4180.1 | 3782.8 | 1.71 | 2.35 | 1.34 | 1.98 | 1.35 | 3.72 | 0.34 | 0.0976 | 0.0895 |

7.6 Regressão 1. Por safra e somente dose.

| Causa variação | Prod | MMG | Plantas | Espigas | Besp | Babai | Bmedio | Bsuper | Binfer | Cabelo | Tamesp | B20cm | B40cm |
|----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 2008/09 | | | | | | | | | | | | | |
| Prob>F | | | | | | | | | | | | | |
| Linear | 0.4661 | <0,0001 | 0.156 | 0.402 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | 0.318 | 0.783 | x | x |
| Quadrática | 0.377 | 0.288 | 0.371 | 0.66 | <0,0001 | 0.0002 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | 0.609 | 0.0021 | x | x |
| 2009/10 | | | | | | | | | | | | | |
| Prob>F | | | | | | | | | | | | | |
| Linear | 0.024 | 0.238 | 0.253 | 0.326 | 0.0011 | 0.05 | 0.0036 | 0.0001 | 0.0027 | 0.0023 | 0.0034 | 0.0007 | 0.0001 |
| Quadrática | 0.0033 | 0.232 | 0.511 | 0.614 | 0.0052 | 0.045 | 0.0106 | 0.0007 | 0.0113 | 0.0039 | 0.0014 | 0.0033 | 0.0008 |

7.7 Regressão 2. Por safra e dose em cada época de aplicação do boro.

| Causa variação | Plantas | Babai | Bmedio | Bsuper | Binfer | Cabelo | Tamesp | B20cm | B40cm |
|----------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|
| 2008/09 | | | | | | | | | |
| Semeadura | | | | | | | | | |
| Prob>F | | | | | | | | | |
| Linear | 0.0448 | x | x | <0,0001 | x | x | 0.186 | x | x |
| Quadratica | 0.086 | x | x | <0,0001 | x | x | 0.079 | x | x |
| V6 | | | | | | | | | |
| Prob>F | | | | | | | | | |
| Linear | 0.695 | x | x | <0,0001 | x | x | 0.178 | x | x |
| Quadratica | 0.642 | x | x | <0,0001 | x | x | 0.0013 | x | x |
| 2009/10 | | | | | | | | | |
| Semeadura | | | | | | | | | |
| Prob>F | | | | | | | | | |
| Linear | x | 0.375 | 0.709 | 0.408 | 0.946 | 0.72 | x | 0.274 | 0.19 |
| Quadratica | x | 0.267 | 0.928 | 0.438 | 0.82 | 0.783 | x | 0.538 | 0.42 |
| V6 | | | | | | | | | |
| Prob>F | | | | | | | | | |
| Linear | x | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | 0.0001 | <0,0001 | x | <0,0001 | <0,0001 |
| Quadratica | x | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | 0.0006 | <0,0001 | x | 0.0003 | 0.0001 |