EFEITO DE DOSES DE BORO E DE ZINCO, EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE ACIDEZ DE UM SOLO DE CERRADO,
NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) MERRILL)

SALATIÉR BUZETTI
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. TAKASHI MURAOKA

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1988

EFEITO DE DOSES DE BORO E DE ZINCO, EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE ACIDEZ DE UM SOLO DE CERRADO,
NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) MERRILL)

SALATIÉR BUZETTI

Aprovada em 23.03.88

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Toshiaki Kinjo	ESALQ/USP
Prof. Dr. Antonio Enedi Boaretto	CENA/USP
Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá	FEIS/UNESP
Prof. Dr. Carlos Roberto Espíndola	FEIS/UNESP
Prof. Dr. Júlio Nakagawa	FCA/UNESP

Prof. Dr. TOSHIAKI KINJO
Orientador - Substituto

Ao meu pai (*in memoriam*)

À minha mãe, irmãos, cunhados, sobrinhos e sogra

OFEREÇO

À

WILMA e BRUNO

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Takashi Muraoka, pela orientação e amizade.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, pela oportunidade de realização do Curso de Pós-Graduação.

À CAPES/PICD pela concessão da Bolsa de Estudos.

À Marileuza A. Bassi Elias, Sandra T.P. dos Santos, José Roberto Martins, Wlamir A.P. de Godoy, Iolanda Ruffini e Fátima Patreze; pelo auxílio nas Análises Químicas.

Ao Mário L.T. de Moraes, Marco E. de Sá, Ademir Ruiz Pelai e Francisco F. Penha; pela contribuição na parte estatística.

À Heidi Epiphaniopelo auxílio nas referências bibliográficas e ao pessoal das bibliotecas do CENA e da ESALQ, pela eficiência de trabalho.

Aos colegas: Roberto T. Tanaka, José F. Centurion, Maria A. Callegaro, João O. Salvador, Raffaella Rossetto, Sandra G. Nicoleti, Cleuza P. Cabral, Dacir Bortoletto e Rivaldo V. dos Santos; pelo convívio e amizade.

Finalmente: a todos que de alguma forma contribuíram para o bom andamento deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO	xiii
SUMMARY	xv
 1. INTRODUÇÃO	 1
 2. REVISÃO DE LITERATURA	 3
2.1. Planta: resposta da cultura a aplica- ção de B e/ou Zn e sua concentração in- terna	 4
2.2. Solo	19
2.2.1. Concentração e nível crítico	19
2.2.2. Fatores que afetam a disponibili- dade	 25
2.2.2.1. Boro	25
2.2.2.2. Zinco	29
2.3. Estabelecimento de níveis críticos	30
2.4. Interação	32
2.4.1. Boro versus cálcio e/ou magnésio.	32
2.4.2. Zinco versus cálcio e/ou magné- sio	 35

3. MATERIAL E MÉTODOS	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1. Experimento de boro	42
4.1.1. Matéria seca da parte aérea e grãos	42
4.1.2. Concentração de B na matéria seca da parte aérea e nos grãos	49
4.1.3. Boro no solo	51
4.1.4. Níveis críticos e adequados de B no solo	55
4.1.5. Níveis críticos e adequados de B na planta	59
4.2. Experimento de zinco	62
4.2.1. Matéria seca da parte aérea e grãos	62
4.2.2. Concentração de Zn na matéria se- ca da parte aérea e nos grãos ...	71
4.2.3. Zn no solo	75
4.2.4. Níveis críticos e adequados de Zn no solo	77
4.2.5. Níveis críticos e adequados de Zn na planta	81
5. CONCLUSÕES	85
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Efeito das doses de B na produção de matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).....	43
2	Efeito das doses de B na produção de grãos , nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).....	45
3	Efeito das doses de B na concentração do elemento na matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C)	50
4	Efeito das doses de B na concentração do elemento nos grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).....	52

FIGURA

PÁGINA

5	Efeito das doses de B na concentração do elemento no solo, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).....	54
6	Relação entre a concentração de B no solo e a produção de matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C)	56
7	Relação entre a concentração de B no solo e a produção de grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).....	58
8	Relação entre a concentração de B na matéria seca da parte aérea e sua produção, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).....	60

FIGURA

PÁGINA

- 9 Relação entre a concentração de B nos grãos e sua produção, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C)..... 61
- 10 Efeito das doses de Zn na produção de matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C)..... 63
- 11 Efeito das doses de Zn na produção de grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C)..... 65
- 12 Efeito das doses de Zn na concentração do elemento na matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C) 72

FIGURA

PÁGINA

- 13 Efeito das doses de Zn na concentração do elemento nos grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C)..... 74
- 14 Efeito das doses de Zn na concentração do elemento no solo, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).. 76
- 15 Relação entre a concentração de Zn no solo e a produção de matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C)..... 78
- 16 Relação entre a concentração de Zn no solo e a produção de grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C)..... 79

FIGURA

PÁGINA

- 17 Relação entre a concentração de Zn na matéria
seca da parte aérea e sua produção, nos trata-
mentos que não receberam corretivo (A), que
receberam a dose 1 (B) e que receberam a do-
se 2 (C)..... 82
- 18 Relação entre a concentração de Zn nos grãos
e sua produção, nos tratamentos que não rece-
beram corretivo (A), que receberam a dose 1
(B) e que receberam a dose 2 (C)..... 83

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Características químicas das amostras de solo utilizadas no experimento.....	38
2	Análise de variância da quantidade de B na matéria seca da parte aérea (μg), nas três condições de acidez.....	46
3	Análise de variância para a concentração de B no solo (ppm), nas três condições de acidez.....	47
4	Análise de variância da quantidade de <u>ma</u> téria seca produzida (g/vaso), nas três condições de acidez.....	67
5	Análise de variância da quantidade de Zn existente na matéria seca da parte aérea (μg), nas três condições de acidez.....	68

EFEITO DE DOSES DE BORO E DE ZINCO, EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE ACIDEZ DE UM SOLO DE CERRADO NA
CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) MERRILL)

AUTOR: SALATIÉR BUZETTI

ORIENTADOR: DR. TAKASHI MURAOKA

RESUMO

No presente trabalho procurou-se verificar o efeito de doses de boro e de zinco, em diferentes condições de acidez do solo, sobre alguns parâmetros da cultura da soja, tentando estabelecer os níveis críticos e adequados, internos e externos.

Para tal conduziu-se dois experimentos em que foram testadas cinco doses de boro (0; 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 ppm B) ou cinco doses de zinco (0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 ppm Zn), em três níveis de correção de acidez correspondente a 0; 2,0 e 3,2 t de calcário/ha (PRNT = 100%), em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, originalmente recoberto por vegetação de cerrado, e em condições de casa-de-vegetação.

Dentre outros resultados verificou-se que as doses de boro influenciaram a produção de matéria seca da parte aérea e de grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo e nos que receberam a dose correspondente a 2,0 t de calcário/ha. Para o zinco houve efeito das doses, nos tratamentos que receberam corretivo. As doses aplicadas que propiciaram a máxima produção de matéria seca da parte aérea e de grãos estiveram entre 0,33 a 0,42 ppm de B e de 1,9 a 2,3 ppm de Zn. Os níveis críticos internos estiveram entre 34 a 56 ppm de B e 36 a 53 ppm de Zn e os níveis críticos externos entre 0,11 a 0,23 ppm de B e 0,27 a 0,37 ppm de Zn; nos níveis de corretivo em que houve efeito das doses de B ou de Zn.

EFFECT OF RATES OF BORON AND OF ZINC, IN DIFFERENT
ACIDITY CONDITION OF CERRADO SOIL, ON SOYBEAN CROP
(*Glycine max* (L.) MERRILL)

AUTHOR: SALATIÉR BUZETTI

ADVISER: DR. TAKASHI MURAOKA

SUMMARY

The objective of this research was to investigate the effect of rate of boron and zinc, under different soil acidity condition, on some parameters of soybean crop in order to establish the critical and adequate levels (internal and external) of these nutrients.

Two experiments were conducted in green-house, with five rates of boron (0, 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8 ppm B) and of zinc (0, 1.0, 2.0, 3.0 and 4.0 ppm Zn), in three levels of soil acidity amendment corresponding of the 0, 2.0 and 3.2 t lime/ha, using a clay textured Dark- Red-latosol, originally under cerrado vegetation.

The rate of boron affected the dry matter and grain yields, in the treatments without liming and in the rate

corresponding of the 2.0 t/ha. For the zinc, there was effect of rates in the treatments with addition of lime. The rates of boron affected the dry matter and grain yields in the treatments without lime and with lime equivalent to 2.0 t/ha. As for the zinc, its rate effect was observed in the treatments with addition of lime. The rates of B and Zn, which promoted maximum aboveground dry matter and grain yield, ranged from 0.33 to 0.42 ppm and from 1.9 to 2.3 ppm, respectively. The internal critical levels of B and of Zn varied from 34 to 56 ppm and from 36 to 53 ppm, respectively, and the external critical levels of B and of Zn varied from 0.11 to 0.23 ppm and from 0.27 to 0.37 ppm, respectively; in the treatments with soil acidity amendment in which there was rate effect of B or Zn.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja encontra-se hoje disseminada por quase todos os Estados do País, embora mais de 70% da área cultivada se encontre nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul. No Brasil a área cultivada nos anos de 1976 a 1985 passou de 6,4 milhões para 10,2 milhões de ha, ou seja, um aumento de aproximadamente 60%.

No contexto mundial ocupamos a segunda posição na produção, sendo os EUA responsáveis por mais da metade desta produção mundial e com uma produtividade de 2292 Kg/ha no ano de 1985. O Brasil, obteve neste mesmo ano, uma produtividade de 1800 Kg/ha, ou seja, um rendimento médio que praticamente não variou nos últimos dez anos.

Segundo vários autores, o rendimento da cultura depende da interrelação de vários fatores, entre eles está a nutrição mineral, cujo conhecimento ainda deixa a desejar. Na nutrição os micronutrientes têm uma importância relevante, já que são menos estudados que os macronutrientes, entretanto, do ponto de vista qualitativo estes têm a mesma

importância que aqueles.

Com relação aos micronutrientes, o boro e o zinco parecem ser os elementos que mais tem limitado a nossa produtividade, principalmente quando os cultivos são feitos em solos de "cerrado", uma vez que estes apresentam baixos teores de matéria orgânica, que é a principal fonte desses elementos.

Com relação à disponibilidade, o pH parece ser um dos fatores preponderantes a afetar tal disponibilidade, sendo considerado, por muito tempo, o único fator a afetar a disponibilidade do boro. Para o zinco, o pH exerce um efeito também marcante. Em assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito de doses de B e doses de Zn, em diferentes condições de acidez, na cultura da soja, tentando estabelecer os níveis críticos e adequados, internos e externos, desses elementos em estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Procurou-se dividir a presente revisão de literatura em quatro partes, sendo que no primeiro enfoque foi dada ênfase à planta, no que concerne à resposta da cultura a um maior desenvolvimento ou produção, devido à aplicação de B e/ou Zn e a concentração desses elementos em seus tecidos. O segundo enfoque foi dado ao solo, no que se refere ao aumento da concentração desses elementos mediante a sua aplicação, percentagem de recuperação, níveis críticos e fatores que afetam a disponibilidade desses elementos. Além desses dois aspectos, procurou-se também citar alguns trabalhos em que se trabalhou ou apenas mencionou os níveis críticos nas plantas envolvendo outros elementos e culturas, uma vez que este trabalho teve como um de seus objetivos o estabelecimento do nível crítico interno e externo para os dois elementos em estudo, na cultura da soja. Também foram relacionados alguns trabalhos envolvendo a interação entre os elementos estudados com o Ca ou Mg, já que se usou da interação para explicar certos resultados obtidos no presente trabalho.

2.1. PLANTA RESPOSTA DA CULTURA À APLICAÇÃO DE B E/OU Zn E SUA CONCENTRAÇÃO INTERNA

COOK & MILLAR (1939), testando quatro doses de bórax (0; 3,6; 7,2 e 10,8 Kg/ha), verificaram menores produções de matéria seca da soja com a utilização da dose superior, no primeiro cultivo, realizado em Miami (EUA) e nos dois cultivos realizados em Hillsdale (EUA). Para o segundo cultivo em Miami a menor produção foi obtida com o tratamento que recebeu 3,6 Kg/ha de bórax. As maiores produções foram obtidas nos tratamentos que não receberam o elemento, exceto no primeiro cultivo em Miami, onde a maior média foi obtida com o tratamento que recebeu 3,6 Kg/ha. Também PILAND *et alii* (1944), testando a aplicação de aproximadamente 23 Kg/ha de bórax e a sua não aplicação, em solo com uma concentração de 0,25 ppm de B, verificaram que o bórax causou queimadura nas folhas das plantas jovens, embora a produção tenha sido praticamente igual para os tratamentos que receberam ou não a aplicação do elemento.

Para o Zn, VIETS JR. *et alii* (1954) relatam que os teores tidos como normais, nas folhas recém-maduras com pecíolos, apresentaram teores de 19,1 e 24,3 ppm, respectivamente, para a área que não recebeu a aplicação do elemento e para a que recebeu 26 Kg/ha de Zn (sulfato de zin

co). Para as áreas deficientes estes teores estiveram em 16,4 e 16,3 ppm, respectivamente, para a área que recebeu e para a que não recebeu o elemento. O teor nas sementes foi de 57,8 e 45,0 ppm na planta. THORNE (1957) relata que em plantas com teores foliares de Zn abaixo de 15 ppm pode-se suspeitar que haja deficiência do elemento.

Em dois experimentos conduzidos em solos de campo cerrado, FREITAS *et alii* (1960) verificaram respostas da cultura à aplicação de Zn em um dos experimentos, conduzidos em Anápolis (GO). Os teores do elemento nas folhas foram de 43ppm, nos tratamentos que receberam a aplicação de Zn e 23 ppm nos outros tratamentos. A produtividade de grãos foi de 1077 Kg/ha e 446 Kg/ha, respectivamente para os tratamentos completo e completo-Zn. Por outro lado, no experimento conduzido em São Joaquim da Barra (SP), não foi verificada resposta à aplicação do elemento, sendo obtidas produtividades de 1976 Kg/ha e 2138 Kg/ha nos tratamentos completo e completo-Zn, e com um teor foliar de 57 ppm de Zn no tratamento completo.

OHLROGGE (1963) cita como teor normal na planta de 20 a 100 ppm de B, sendo a zona de transição, entre a deficiente e adequada, de 16 a 20 ppm. Também OHLROGGE & KAMPRATH (1968) para folhas trifoliadas recém-maduras no final do florescimento, citam como níveis baixos os de 11 a

20 ppm, tanto para B como para o Zn, adequado de 21 a 55 e 21 a 50, alto de 56 a 80 e 51 a 75, para B e Zn, respectivamente.

MASCARENHAS et alii (1967), testando isoladamente os micronutrientes B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, em Latossolo Roxo com vegetação de cerrado situado no município de Itapua (SP), não verificaram efeito desses micronutrientes, utilizando a variedade Pelicano.

FREITAS (1970) cita teor foliar de 67 ppm de Zn em solo com pH 5,0 e 44 ppm em solo com pH 6,0, para folhas colhidas no início do florescimento, em parcelas adubadas com macro e micronutrientes. O autor cita o não efeito do tratamento tido como completo em relação ao completo -Zn ou completo-B, em presença de 2,5 ou 10,0 t/ha de calcário.

GOEPFERT & KUSSOW (1971), trabalhando com oito solos do RS, em casa-de-vegetação, verificaram que apenas um solo estudado houve efeito depressivo com a omissão de B e Zn, sendo verificado teores de 10,3 e 38 ppm de B e Zn, respectivamente, para a parte aérea de plantas colhidas aos 60 dias. Em outro solo a omissão de Zn propiciou aumentos na produção de matéria seca, com um teor de 55 ppm do elemento, no tecido vegetal, nos tratamentos que receberam NPK + calcário.

BRITTO et alii (1971), conduzindo experimen

to em solos sob vegetação de cerrado, utilizando a técnica da diagnose por subtração, verificaram que o tratamento que tinha o Cu substituindo o Zn foi o de menor produção. Por outro lado, *MASCARENHAS et alii* (1973), utilizando o sulfato de zinco no primeiro ano e o acetato de zinco no segundo ano, em Latossolo Vermelho-Amarelo, fase arenosa de cerrado, em Botucatu (SP), não verificaram resposta da cultura à aplicação do elemento. Como conclusão os autores relatam que a não resposta se devia ao fato de que os fertilizantes, calcário ou mesmo o solo, continham quantidades suficientes desses elementos, para repor o que a cultura retirava.

SMALL JR. & OHLROGGE (1973) relatam que a faixa de suficiência de Zn para a soja situa-se entre 21 e 50 ppm, para as folhas trifoliadas totalmente desenvolvidas e sem o pecíolo e, de 21 a 55 ppm para o B. Citam ainda teores que variaram de 29 a 50 ppm de B e 47 a 78 ppm de Zn, para quatro Estados dos EUA.

Com relação à produção, *SHIVASHANKAR et alii* (1974) verificaram aumento em tal parâmetro, com o uso de 15 ou 30 Kg/ha de sulfato de zinco, em relação à não aplicação do elemento, no primeiro ano. No segundo ano do experimento, não foi verificada diferença entre os tratamentos. Para o B e o Mo, utilizando o cv. 'Santa Rosa', *BAUMGARTNER et alii* (1974) não detectaram efeito desses elementos

na produção de matéria seca e no teor de N total da parte aérea, em experimento conduzido em Pindamonhangaba (SP), onde também foram testadas quatro doses de calcário, três de fósforo e duas de potássio, num solo de várzea, rico em matéria orgânica. Também *ANGHINONI et alii* (1976), cultivando a soja em um Latossolo Vermelho-Escuro em Passo Fundo (RS), verificaram efeito negativo da aplicação de B na produção da cultura, testando as doses de 0; 4; 8; 12 e 16 Kg/ha de B. Também não obtiveram efeito do Zn.

Com o Zn, *MARTINS & BRAGA* (1977) não obtiveram resposta da cultura à sua aplicação, testando a cultura em cinco solos do Triângulo Mineiro, quanto à altura da planta, peso da parte aérea, peso das raízes e peso total das plantas, além dos teores do elemento na parte aérea. Para o B houve diferenças significativas no teor do elemento na parte aérea em quatro solos estudados.

BATAGLIA & MASCARENHAS (1977) verificaram que em uma tonelada de sementes haviam 24,2 g de B e 42,5 g de Zn, ou seja, a concentração nas sementes era de 24,2 ppm de B e 42,5 ppm de Zn, com o cv. 'Santa Rosa'. *OHKI* (1977), usando doses de 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 e 1,0 ppm de Zn, verificou que o nível de deficiência (concentração associada com uma redução de 10% da máxima produção) foi determinado como 12 ppm de Zn na matéria seca de folhas re

cêm-amadurecidas, e o máximo de produção sendo obtido com aproximadamente 15 ppm de Zn nas folhas também recém-amadurecidas.

MALAVOLTA (1978) cita que a análise do tecido vegetal da soja, cultivada em oito solos do RS, mostrou teores considerados deficientes, como da ordem de 4 ppm e baixos os dentro da faixa de 10 e 13 ppm de B. O autor cita como deficiente os teores abaixo de 10 ppm, baixo: 11 a 20, suficiente: 21 a 55, alto: 56 a 80 e excessivo: superior a 80 ppm. Para o Zn, o teor deficiente se situa abaixo de 10 ppm, baixo: 11 a 20 ppm, suficiente: 21 a 50 ppm, alto: 50-75 ppm e excessivo: superior a 75 ppm. As amostras se referem a folhas recém-amadurecidas colhidas no final do florescimento e sem o pecíolo.

MASCARENHAS *et alii* (1978), em três localidades, ou seja, Guaíra, Bento Quirino e São Simão, todas no Estado de São Paulo, em Latossolo Roxo distrófico, Latossolo Roxo de textura média e Latossolo Vermelho-Escuro de textura média, testaram vários tipos de fosfatos, na presença e ausência de calagem, utilizando o cultivar 'Santa Rosa'. Verificaram teores de Zn nas folhas de 30,87 a 40,83 ppm, em Guaíra, 31,0 a 46,67 ppm em Bento Quirino e 37,33 a 65,56 ppm em São Simão, para o primeiro ano agrícola. No segundo ano os teores variaram de 29,50 a 53,60 ppm e no terceiro ano de 15,70 a 51,80 ppm de Zn, considerando os três locais conjun

tamente.

WHITE et alii (1978b) estudaram o efeito de três doses de Zn (1,31; 131 e 262 ppm) em dois níveis de pH do solo (5,5 e 6,5) e em vinte cultivares de soja. Verificaram que houve diminuição no peso seco da parte aérea, com o aumento da concentração de Zn aplicada e, que a concentração do elemento nas folhas trifoliadas estiveram em 54; 557 e 820 ppm, para as doses crescentes. Também *WHITE et alii* (1978a) em um experimento testando a aplicação de doses de Zn no solo, verificaram que em relação à concentração do elemento nas folhas trifoliadas, houve aumento nestas à medida que se aumentou a dose aplicada, com os coeficientes lineares variando de 4,6 a 6,4, para quatro cultivares de soja.

KUMAR & SINGH (1979), tentando estudar o efeito de diferentes doses (0; 5 e 10 ppm) e fontes de Zn (cloreto, EDTA e Zn-'Rayplex'), verificaram que as doses 5 e 10 ppm aumentaram a concentração de Zn em todas as partes das plantas. Os teores de Zn nos grãos foram de 65 ppm para o tratamento que não recebeu o elemento, 107 ppm para os tratamentos que receberam 5 ppm e 117 ppm para os tratamentos que receberam 10 ppm.

FREIRE & SARRUGE (1979), com o cultivar 'UFV-1', testaram a interação fósforo x zinco na cultura, conduzida em casa-de-vegetação. Foram usados três solos re

presentativos do Triângulo Mineiro e do Alto Paranaíba (MG), ou seja, dois Latossolos Vermelho-Escuro e um Latossolo Vermelho-Amarelo. Os resultados indicaram um aumento na produção de matéria seca e nodulação, com a adubação fosfatada, o mesmo não ocorrendo com o uso da fertilização com zinco, onde foram utilizadas doses de 0; 15 e 30 Kg/ha de sulfato de zinco.

HAQUE et alii (1980), em solo com 0,42 ppm de Zn (DTPA pH 7,3) e 0,63 ppm de Zn (HCl 0,05M), testaram as doses de 0; 2; 4 e 8 Kg/ha de Zn e 0; 30; 60 e 90 Kg/ha de P_2O_5 . As doses de Zn não influenciaram o peso da matéria seca, no estágio de 50% de florescimento e, nem a produção de sementes.

MALAVOLTA et alii (1980), cultivando em solução nutritiva plantas de soja, cv. 'Santa Rosa' e cv. 'UFV-1', verificaram teores de B no cv. 'Santa Rosa' e 14; 9; 38 e 27 ppm no cv. 'UFV-1', respectivamente para as seguintes partes das plantas: raiz, caule + ramos, folhas e vagens; enquanto que para o Zn foram observados teores de 52; 10; 30 e 10 ppm, para o cv. 'Santa Rosa' e 79; 13; 34 e 52 ppm para o cv. 'UFV-1', respectivamente, para as partes acima citadas.

TOUCHTON et alii (1980), conduzindo experimento em quatro locais com a cultura da soja e quatro doses de B (0; 0,56; 1,12 e 2,24 Kg/ha), verificaram aumento na con

centração de B no solo, com a aplicação das doses. A concentração do elemento nas folhas também aumentou, passando de 30 para mais de 60 ppm, de 40 para aproximadamente 55 ppm, de 40 para aproximadamente 65 ppm e de 50 para 70 ppm, em quatro locais distintos, quando se comparam as doses zero e 2,24 ppm de B aplicadas. Entretanto, a aplicação do elemento praticamente não surtiu efeito nos quatro experimentos, no que tange à produção de grãos. Com relação à concentração do elemento nos grãos houve variação de 35 para 40 ppm, de 30 para 44 ppm, de 30 para 37 ppm e de 24 para 45 ppm de B, nos quatro experimentos e nas doses de zero e 2,24 Kg/ha de B aplicadas.

MASCARENHAS *et alii* (1980) verificaram que a extração média por tonelada de grãos para o Zn foi de 80 g, ou seja, havia uma concentração de Zn nas sementes de 80 ppm, variando de 71 a 96 ppm entre vários cultivares e linhagens de soja, sendo que para o cv. 'Paraná' foi verificado 78 ppm.

MALAVOLTA (1980) relata para os teores de B e Zn nas folhas mais novas recém-amadurecidas, colhidas no final do florescimento (sem os pecíolos) como: abaixo de 10 ppm = deficiente, 11 a 20 ppm = baixo; para os dois elementos, 21 a 55 ppm de B e 21 a 50 ppm de Zn, como suficiente; 56 a 80 ppm de B e 50 a 75 ppm de Zn, como alto e, acima de 80 ppm de B e acima de 75 ppm de Zn, como excessivo. TRA

NI et alii (1983) citam teor mínimo de B e Zn = 20 ppm para a cultura (terceira folha com pecíolo coletadas no florescimento), para o Estado de São Paulo.

BORKERT et alii (1981), tentando dimensionar o teto de produção de três cultivares de soja, 'Lancer', 'União' e 'FT-2', verificaram que teores de 56 a 60 ppm de Zn em folhas, no início do florescimento, estavam associados a produções de grãos superiores a 4 t/ha.

LANTMANN et alii (1981), em um Latossolo Roxo distrófico de Londrina (PR), conduziram um experimento utilizando os cultivares 'Paraná' e 'Santa Rosa', e as doses de 0; 8; 16 e 24 Kg/ha de Zn. Não verificaram resposta, embora para o cultivar 'Santa Rosa' houve um incremento na produção de 421 Kg/ha, quando se utilizou a dose de 8 Kg/ha. Outro experimento foi conduzido utilizando três solos, ou seja, um Latossolo Roxo álico, um Latossolo Roxo distrófico e um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico e tratamentos de 0; 3 e 6 ppm de Zn, dentre outros. Foi utilizado o cultivar 'Paraná', não tendo havido efeito desses tratamentos na massa seca produzida. *BUZETTI et alii* (1982), obtiveram respostas da cultura da soja à aplicação de Zn e Mo e não ao B, em experimento conduzido em Latossolo Vermelho-Escuro, sob vegetação de cerrado, localizado em Selvíria (MS).

VITTI (1982), conduzindo experimento em casa -

de-vegetação, testou doses de Zn (0; 1,2; 2,4 e 4,8 ppm) , em dois Latossolos Vermelho-Escuro de cerrado e com dois cultivares de soja: 'Santa Rosa' e 'IAC-2'. Verificou, dentre outros aspectos, respostas da cultura à aplicação de Zn, aumento linear na concentração do elemento no solo com a sua aplicação, com coeficientes de 0,205 a 0,28 ppm recuperado para cada ppm aplicado; houve também aumento na concentração do elemento nas folhas em dois estágios de desenvolvimento e concentração crítica (10% de redução da produção máxima) de 25 a 39 ppm na matéria seca e 27 a 39 ppm para os grãos. A concentração que proporcionou o máximo de produção variou de 28 a 44 ppm para a matéria seca e 31 a 44 ppm para os grãos, quando se levou em consideração as folhas recém-maduras, sem pecíolo, colhidas no florescimento. Para as folhas coletadas no final do ciclo da cultura a concentração crítica esteve entre 20 a 28 ppm para a matéria seca e 24 a 28 ppm para os grãos. A concentração de 24 a 32 ppm para a matéria seca e 28 a 32 ppm para os grãos, proporcionou a máxima produção; para os dois tipos de solos e os dois cultivares.

BUZETTI & NAKAGAWA (1983) verificaram apenas uma tendência de diminuição na produção nos tratamentos completo (S + Zn + Mo + Mn + Fe + B + Cu), C-S e no C-Zn, em experimento conduzido em casa-de-vegetação. Em microparcelas, no campo, não houve diferença significativa entre os

tratamentos adubados, quanto à produção de grãos.

GALRÃO (1984) conduziu experimento de campo em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, originalmente recoberto por vegetação de cerrado. Foram realizados seis cultivos, sendo o quarto com a cultura da soja e os anteriores sendo dois com a cultura do arroz e outro com o milho. Os tratamentos utilizados foram do tipo diagnose por subtração, sendo o completo constituído por B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. O solo que continha 0,4 ppm de Zn (duplo ácido) recebeu 6,0 Kg/ha do elemento (sulfato de zinco) e 1,2 Kg/ha de B (ácido bórico), dentre outros, antes do primeiro cultivo. Com relação à cultura da soja, foi verificada diminuição na produção de grãos no tratamento menos o Zn. A concentração de Zn no solo também continuou inferior no tratamento que não recebeu o elemento em relação aos outros tratamentos, até o cultivo da soja, e a sua concentração na planta foi de 15,7 ppm no tratamento menos Zn e variou de 26,8 a 30,4 nos outros tratamentos. *GALRÃO et alii (1984)* estudaram o efeito do calcário, S, B, Cu, Mo e Zn, na produção de matéria seca, número e peso de nódulos da soja 'Doko', em solos de cerrado. Verificaram que dos dez solos estudados, em cinco houve aumento na produção de matéria seca com a aplicação de B, o peso dos nódulos só aumentou em um solo e o número de nódulos aumentou em dois solos e diminuiu em outro. Para o Zn, não houve resposta na produção

da matéria seca, com a sua aplicação.

BUZETTI et alii (1984 a, b, c) não verificaram efeito na produção de grãos, em cultivos realizados em solos de "cerrado" recuperados, em condições de campo. Foram testadas doses de sulfato de zinco e de F.T.E., no solo e, aplicação de Zn via foliar, como sulfato de zinco.

RABOY & DICKINSON (1984), testando três níveis de P (2; 10 e 50 mg/litro) e três de Zn (0,05; 5,0 e 50,0 mg/litro), verificaram diminuição no peso da matéria seca da parte aérea com a aplicação da dose mais elevada de Zn, quando em presença de 2,0 ou 10,0 mg/litro de P, o mesmo não ocorrendo quando foi utilizado o nível de 50,0 mg/litro de P. A concentração de Zn na terceira ou quarta folha trifoliada, colhida aos 35 dias após o florescimento, foi aumentada com o uso das doses, variando de 156 a 640 ppm do elemento.

GUPTA & GUPTA (1984), testando três doses de zinco (0; 5 e 10 ppm) como sulfato e Zn-EDTA, além de três níveis de salinidade, verificaram aumento na concentração do elemento nos tecidos da soja, com o aumento na dose de Zn aplicada, independente da fonte ou do nível de salinidade. Para o tratamento controle a concentração de Zn foi de 15,40; e de 30,10 e 32,44ppm para as doses de 5 e 10 ppm de Zn, aplicadas como sulfato de zinco.

SILVA et alii (1986) verificaram o efeito residual de micronutrientes no teor foliar e na produção da soja 'IAC-7', cultivada em solo de cerrado e concluíram que o Zn foi o único micronutriente a aumentar o rendimento em dois anos subsequentes. Quando foram comparados os teores médios de micronutrientes e os teores críticos em São Paulo e nos Estados Unidos, verificou-se que o teor de Zn nas folhas, nos tratamentos que não receberam o elemento, esteve abaixo do nível mínimo e, nos tratamentos onde o elemento foi aplicado, o teor nas folhas esteve próximo ou superior a este nível. Tanto nas folhas como no solo, o teor aumentou, à medida em que as doses foram incrementadas, passando de 1,8 para 6,2 ppm com as doses zero e 20,5 Kg/ha de Zn, na profundidade de 0 a 20 cm e 1,9 para 3,6 ppm de Zn, na profundidade de 20-40 cm. O nível crítico nas folhas que propiciaram o máximo rendimento esteve ao redor de 23 ppm, e o crítico no solo, que correlacionou com o das folhas, foi de 2,35 ppm.

Em experimento conduzido com o cv. 'Doko', *SAMARÃO et alii (1986)*, testando 4 doses de calcário dolomítico (0; 2; 4 e 6 t/ha), nas parcelas principais e, micronutrientes nas subparcelas, além de um tratamento com mais Mg, verificaram um menor peso seco dos nódulos no tratamento em que não foi incluído o Zn, quando comparado ao tratamento-B, em amostragem feita aos 85 dias, o mesmo não sendo ve

rificado em amostragens realizadas aos 30 e 60 dias após a germinação. No nível de 6 t/ha de calcário os tratamentos menos Zn e a testemunha foram os de menores produções de grãos. Não houve efeito do B nos diferentes níveis de calcário.

RITCHEY et alii (1986) conduziram um experimento de campo tentando avaliar doses de Zn na cultura de milho, sorgo e soja. Foram usadas doses de 0; 1; 3; 9 e 27 Kg/ha de Zn, aplicadas no primeiro ano. No quarto ano foi cultivada a cultura da soja, sendo que a produção máxima foi obtida nos tratamentos que receberam 9 Kg/ha de Zn. A quantidade de Zn extraída pelo DTPA pH 7,3, aumentou com a dose aplicada, na razão de 0,067 Kg/ha de Zn a cada Kg de Zn aplicado. O nível crítico de Zn no solo, para os três cultivos de milho, esteve em 0,7 ppm.

Outra maneira de se aplicar os micronutrientes pode ser diretamente nas sementes. Deste modo, *SANTOS et alii (1980)*, trabalhando em um Podzólico Vermelho-Amarelo em Santa Maria (RS) com fertilidade natural e corrigida, verificaram aumentos na produção de grãos de soja 'Prata', com o uso de Zn, apenas no solo com fertilidade natural, sendo a dose ótima estimada em 18,6 g/ha. Para o B houve resposta quadrática, sendo a dose ótima de 6,2 e 4,4 g/ha de B, para o solo com fertilidade natural e corrigida, respectiva

mente. Também *SANTOS et alii* (1981) obtiveram incremento na produção de grãos estimando a dose de 21,27 g/ha de Zn como sendo a dose a proporcionar o máximo de produção. Em outro experimento, *SANTOS et alii* (1982), testando o Zn e o Mo, além de calcário e gesso, verificaram que não houve resposta da cultura a aplicação de Zn no solo com fertilidade natural, houve efeito negativo onde foi aplicado nos tratamentos que também receberam 200 Kg/ha de calcário e 400 Kg/ha de gesso, porém foi verificada resposta da cultura à aplicação de Zn onde também foram aplicados 4 t/ha de calcário.

LANTMANN et alii (1985a) não verificaram efeito dos elementos B, Co, Mo e Zn aplicados às sementes, em solos de Campo Mourão (PR), porém verificaram diminuição na produção com a aplicação de B ou Co, em solos de Londrina (PR). Também *LANTMANN et alii* (1985b) não verificaram efeito das doses de Zn (0; 20; 40 e 60 g/80 Kg de sementes) na produção de grãos da cultura, em Latossolo Vermelho-Escuro em Ponta Grossa (PR), que recebeu três doses de calcário (0; 2,6 e 8,5 t/ha).

2.2. SOLO

2.2.1. CONCENTRAÇÃO E NÍVEL CRÍTICO

BROWN & KRANTZ (1960), trabalhando com 55 tipos distintos de solos e usando como extrator a ditizona e

o acetato de amônio, estabeleceram como nível crítico para o Zn = 0,55 ppm, para a cultura do milho. Também *BROWN et alii* (1962), usando 53 solos verificaram que o nível crítico para o milho doce foi de 0,55 ppm de Zn (extrator = ditizona) e que a concentração média de Zn nos solos após o cultivo foi de 0,38; 1,20 e 4,60 ppm de Zn, para os solos com baixo teor de Zn e, 0,96; 1,91 e 6,32 ppm de Zn para os solos com alta concentração de Zn, respectivamente, para os tratamentos que receberam as doses 0; 5,7 e 28,4 Kg/ha de Zn (sulfato de zinco). Relatam que aproximadamente 35% do Zn aplicado foi extraído dos solos pela ditizona, após o cultivo.

MITCHELL (1965) cita que o nível de deficiência em B, extraído com água quente, é próximo de 0,5 ppm. Este nível também é citado por *BRADFORD* (1966), para várias culturas e vários solos.

GOEPFERT (1970) relata que os pontos críticos no solo, abaixo do qual podem ocorrer deficiências nutricionais na soja, são de 5 Kg/ha de Zn (extraído com HCl 0,1N) e 0,72 Kg/ha de B (extraído com água quente).

BROWN et alii (1971) trabalhando com 92 solos da Califórnia e usando quatro extratores para Zn, ou seja, DTPA, ditizona, HCl 0,1N e Na₂EDTA, verificaram que o DTPA foi preferível em relação aos outros extratores e o nível crítico foi de aproximadamente 0,5 ppm, para a cultura do milho.

COX & KAMPRATH (1972) citam que o nível crítico de B, quando se usa a água quente como extrator, está entre 0,1 a 0,7 ppm. Para o Zn varia com o extrator, sendo de 0,5 a 1,0 ppm, quando se usa o DTPA pH 7,3; 1,4 a 3,0 ppm para o EDTA + $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$; 0,3 a 2,3 ppm para a ditizona + $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ e 1,0 a 7,5 ppm quando se usa o HCl 0,1 N.

VIETS & LINDSAY (1973) citam como deficiente o solo com teor abaixo de 0,5 ppm de Zn, marginal: 0,5 a 1,0 ppm e adequado acima de 1,0 ppm, sendo estes níveis usados no Estado do Colorado (EUA).

BARTLETT & PICARELLI (1973) verificaram aumento na concentração de B no solo com a aplicação de 0; 3 e 12 ppm do elemento, em quatro níveis de calagem.

EVANS *et alii* (1974) testaram duas doses de Zn (0 e 5 ppm) em 11 solos diferentes e com as culturas de milho e sorgo. Para os três extratores utilizados (DTPA, HCl 0,1 N e duplo ácido), houve aumento na concentração de Zn do solo com a aplicação do elemento, com apenas uma exceção.

GUPTA & STEWART (1975) citam o nível crítico de 0,35 μg de B/g de solo, utilizando-se o acetato de amônio 1 N pH 4,8, como extrator. LOPEZ RITAS & LOPEZ MELIDA (1978) citam que solos contendo menos que 1,0 ppm de B solú

vel em CaCl_2 0,1 %, usando refluxo, podem responder a aplicação de B ao solo. Consideram satisfatórios os teores de 1,0 a 5,0 ppm, para a maioria das culturas, podendo haver toxidez quando os teores estiverem acima de 5,0 ppm. Para o Zn, usando o DTPA pH 7,3, teores no solo abaixo de 0,5 ppm podem dar problema de deficiência, sendo os solos considerados bem supridos aqueles com teores acima de 1,0 ppm.

LINDSAY & NORVELL (1978) citam 0,8 ppm de Zn como o nível crítico, utilizando o DTPA e 42 solos com a cultura do milho e 0,6 ppm em 35 solos com a cultura do sorgo.

PONNAMPERUMA et alii (1981) avaliaram a extração de B usando a água quente ou o HCl 0,05 M, como extratores, em 53 solos. Os autores estimaram como 4 ppm de B o limite acima do qual será considerado com um nível tóxico, quando usado o HCl 0,05 M como extrator. Para o Zn, utilizaram 33 solos cultivados com arroz e quatro extratores. Em 14 dos 16 solos onde foi verificado deficiência de Zn, apresentavam menos que 1,0 ppm no elemento, usando o HCl 0,05 M e, com teores acima do limite crítico quando foram utilizados outros extratores. Os respectivos coeficientes de correlação para Zn disponível e concentração de Zn nas plantas foram de: 0,88** para o HCl 0,05 M; 0,55** para o HCl 0,1 M; 0,43** para o EDTA e 0,31^{n.s.} para o DTPA.

GALRÃO & MESQUITA FILHO (1981) verificaram aumento na concentração de Zn no solo com as doses aplicadas de 0; 1,25; 2,50; 5,0 e 10,0 ppm, em Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa. A concentração do elemento no solo aumentou com o aumento das doses aplicadas, independente do nível de calcário utilizado (1,0 e 2,6 t/ha), das fontes de Zn (sulfato, óxido e FTE) e do cultivo de milho (19, 29 e 39). CAMARGO *et alii* (1982) citam teores baixos de Zn como os inferiores a 1,0 ppm, quando foi utilizado o DPTA pH 7,3, em trabalho em que se objetivou estudar os efeitos do pH e da incubação dos solos e a extração do Cu, Fe, Mn e Zn.

LANTMANN & MEURER (1982) em trabalho conduzido com dez solos do Rio Grande do Sul, e utilizando quatro doses de Zn (0; 5; 10 e 15 ppm) na presença e ausência de calagem, verificaram aumento de Zn extraído por três extratores químicos (HCl 0,1N; HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N; Na₂ EDTA 0,1 N), com o aumento das doses de Zn aplicadas, sendo este aumento mais pronunciado nos tratamentos que não receberam calagem.

CARTWRIGHT *et alii* (1983) citam como níveis críticos de B, em 18 solos diferentes, como sendo de 0,7 ppm (água quente), 0,25 ppm (manitol 0,05 M - CaCl₂ 0,01 M) e 0,35 ppm (acetato de amônio 1 M pH 4,8), utilizando a cultura do trigo.

RIBEIRO & TUCUNANGO SARABIA (1984) realizaram experimentos em cinco Latossolos do Triângulo Mineiro, com três cultivos sucessivos de sorgo. Os tratamentos consistiram de seis doses de Zn (0; 0,8; 1,6; 2,4; 3,2 e 4,0 ppm) ou de B (0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2 e 1,5 ppm). Verificaram antes do terceiro cultivo que com o aumento das doses de Zn aplicadas houve aumento na concentração do elemento no solo, da ordem de 0,19 ppm a cada ppm aplicado, quando se usou o extrator Na_2 -EDTA e 0,24 ppm quando se usou o duplo ácido como extrator. Com relação ao B, houve aumento de 0,5 ppm em sua concentração no solo a cada ppm adicionado, quando se usou a água quente como extrator e 0,57 ppm quando se utilizou o duplo ácido como extrator.

SINGH & MÖLLER (1984) em revisão feita, concluíram que podem ser usados os níveis críticos de 0,7 ppm de Zn (DTPA pH 7,3); 2 ppm (HCl 0,1 N ou HCl 0,05 N + H_2SO_4 0,025N); 1,4 ppm (EDTA 0,05 M pH 7,0) e 0,45 ppm (NH_4 OAC N), como diagnóstico de deficiência ou suficiência dos solos.

MALAVOLTA (1986) cita que os teores de micronutrientes encontrados em solos brasileiros em forma disponível estão entre 0,1 a 3,0 ppm para o B e 0,2 a 4,0 ppm para o Zn, sendo que a faixa tida como adequada varia de 0,5 a 1,0 ppm de B e 0,8 a 1,0 ppm de Zn, sem entretanto, citar para qual extrator. Também *MALAVOLTA (1987)* cita que a con

centração abaixo de 0,10 ppm em B é tida como baixa, de 0,10 a 0,30 ppm como média e acima de 0,30 ppm como adequada. Para o Zn, concentrações abaixo de 0,5 ppm são tidas como baixas, 0,5 a 1,0 ppm como médias e acima de 1,0 ppm como adequadas, tendo o duplo ácido como extrator de Zn e a água quente para o B.

2.2.2. FATORES QUE AFETAM A DISPONIBILIDADE

2.2.2.1. BORO

a) pH

Segundo vários autores, o pH foi tido como o único fator a influenciar na disponibilidade do boro, sendo que à medida que este aumentava, diminuía a absorção do B pelas plantas (NAFTEL, 1937; COOK & MILLAR, 1939; WOLF, 1940; GUPTA, 1972; GUPTA & CUTCLIFFE, 1972; BARTLETTE & PICARELLI, 1973), entretanto, BRASIL SOBRINHO (1965) não verificou correlação significativa entre o boro solúvel e o pH do solo, em solos pertencentes aos Grandes Grupos do Estado de São Paulo e obteve correlação significativa e positiva entre esses dois parâmetros quando se testou solos pertencentes a algumas séries do município de Piracicaba (SP).

BINGHAM *et alii* (1971) relatam que a adsorção de B varia relativamente pouco quando o pH varia de 5,0

a 7,0, o mesmo sendo relatado por *SCHALSCHA et alii* (1973). *WOLF* (1940) observou que no pH acima de 7,0 a cultura do rabanete apresentava deficiência do elemento, sendo esta deficiência acentuada quando o pH aumentava. *OLSON & BERGER* (1946) explicam que o processo de fixação e liberação do B é reversível pois ocorria fixação quando havia aplicação de hidróxido de cálcio e liberação com a aplicação de ácido clorídrico. *KUBOTA et alii* (1948) relatam que essa adsorção ajuda a conservar o boro no solo contra a lixiviação, sendo portanto, um fator benéfico. *OKAZAKI & CHAO* (1968), constataram que a adsorção do B aumentava com a elevação do pH, sendo este aumento mais pronunciado quando se usou hidróxido de Ca ao invés de hidróxido de Na, sugerindo que não apenas o pH estava influenciando esta adsorção.

b) Matéria Orgânica

Segundo *BERGER & TRUOG* (1945), solos com alto teor de matéria orgânica são normalmente ricos em B disponível, enquanto solos com baixo teor de matéria orgânica são relativamente pobres em B disponível. O teor crítico de matéria orgânica parece estar em torno de 2%, sendo que o teor de carbonato de cálcio também influencia a disponibilidade do elemento, diminuindo-a.

Para *BERGER & TRUOG* (1945); *BERGER* (1949) ;

PAGE & PADEN (1954), BRASIL SOBRINHO (1965); GUPTA (1968) e HOROWITZ & DANTAS (1973), foi obtida estreita correlação entre o teor de matéria orgânica e teor de B disponível, entre tanto, ZYRIN & ZBORISHCHUK (1975), observaram correlações não consistentes de B total e solúvel com o conteúdo de húmus do solo.

c) Textura e Lixiviação

OLSON & BERGER (1946) relatam que o teor de B disponível é maior nas frações argila, que no limo e este maior que na areia, ou seja, há muito menos B na fração areia, sendo que a fixação ocorre em maior intensidade na fração limo. Para KUBOTA *et alii* (1948) e WILSON *et alii* (1951) a lixiviação é bastante rápida em solos arenosos. WEAR & PATTERSON (1962) verificaram que a textura do solo e o pH influenciam na disponibilidade do B e MILJKNOVIC *et alii* (1966) relatam que a correlação existente entre o teor de B e a textura pode ser função do teor de matéria orgânica. Para GUPTA (1968), o teor de B total e B solúvel em água quente foi menor em solos de textura grossa e maior em solos de textura fina. Sugere que as partículas de argila adsorvem o B, o mesmo não ocorrendo com a areia, ficando o B suscetível à lixiviação.

d) Compostos de Fe e Al

SIMS & BINGHAM (1967) relatam que o Fe e Al são responsáveis pela retenção de B, pois a montmorilonita livre de Fe e Al teve baixa retenção e a caulinita e vermiculita com Fe e Al apresentaram alta retenção. Para *HATCHER et alii (1967)*, o $Al(OH)_3$ adsorve quantidades relativamente grandes de B e, segundo *SIMS & BINGHAM (1968)*, os óxidos de Fe e Al, são os principais constituintes do solo que adsorvem B, embora esta quantidade adsorvida diminua com o envelhecimento desses compostos. *RHOADES et alii (1970)* citam que os três principais sítios de adsorção no solo são: hidróxido de Fe ou Al recobrindo ou associado com minerais de argila; óxido de Fe ou Al no solo; minerais de argila tipo micáceo, embora todos os minerais de argila apresentem alguma capacidade de retenção.

e) Clima

A umidade do solo afeta a disponibilidade de B mais que qualquer elemento (*GUPTA, 1979b*). Para *MORTVEDT & OSBORN (1965)* a movimentação do boro a partir dos grânulos

los de fertilizantes aumentou com o gradiente de concentração e com o conteúdo de água do solo. A umidade do solo em excesso pode provocar deficiência do elemento devido à lixiviação, principalmente em solos de textura grosseira. Para *TISDALE et alii* (1985), em condições de seca há redução no teor de boro disponível, devido à não liberação do elemento da matéria orgânica, ocorrendo também com pouca umidade uma diminuição do transporte de boro para a superfície de absorção radicular.

2.2.2.2. ZINCO

BOAWN et alii (1960) citam o efeito do pH na disponibilidade do Zn, onde o sulfato de amônio tem relação oposta à do nitrato de cálcio, que diminui a disponibilidade devido ao aumento de pH. *BRASIL SOBRINHO* (1966) relata que a retenção do elemento varia com o tipo de solo, e que na maioria dos solos estudados o Zn permaneceu nos primeiros 5 cm. *MALAVOLTA et alii* (1974) citam que os fatores que controlam a disponibilidade do Zn são: pH, fixação pelos minerais de argila e precipitação pelo fosfato. Com relação ao pH, a disponibilidade é maior em pH abaixo de 5,5, sendo mínima na faixa entre 5,5 a 7,0, a partir da qual se verifica a for-

mação de zinco de cálcio insolúvel. Na fixação pelos minerais de argila o Zn pode deslocar o Mg ocupando o seu lugar, tornando-se neste caso, de difícil aproveitamento pelas plantas. Na precipitação pelo íon fosfato ocorre a formação de fosfato de zinco insolúvel, o que faz com que haja diminuição na disponibilidade do elemento. *BRASIL SOBRINHO et alii (1979)* citam a reação do solo e percentagem de matéria orgânica, atividade microrgânica, percentagem de fosfatos e capacidade de troca catiônica, como os principais fatores que controlam a disponibilidade do elemento. Outros fatores tais como: baixas temperaturas associadas a excesso de umidade e sistematização do solo para irrigação por inundação podem levar a problemas de deficiência de zinco (*LOPES, 1984*).

2.3. ESTABELECIMENTO DE NÍVEIS CRÍTICOS

Segundo *MACY (1936)* a suficiência de um nutriente é função da sua concentração na planta, sendo que o conceito central é a percentagem crítica de cada nutriente em cada espécie, acima da qual vem a ser o consumo de luxo e abaixo da qual vem a ser uma adaptação à pobreza, que é proporcional à deficiência até que o mínimo seja alcançado.

do; este é o conceito usado no estabelecimento da percentagem crítica. Deste modo, *ANDREW (1960)* estimou o nível crítico como aquela percentagem do elemento na planta que proporcionou a máxima produção de matéria seca. Também *ANDREW & ROBINS (1969a)* descrevem como valor crítico aquele correspondente ao ponto de máxima curvatura, ou podendo ser escolhido um ponto arbitrário, ou seja, aquele que proporcione 90 ou 95% da produção máxima. Entretanto, esses autores verificaram que para o caso do fósforo a diferença para cada espécie não diferiu de mais de 0,02%. Também *ANDREW & ROBINS (1969b)* e *ANDREW & ROBINS (1971)* utilizaram este conceito de nível crítico em seus trabalhos.

JONES Jr. (1967), como teores deficientes, aqueles obtidos em plantas produzindo menos que 80% da produção máxima, teores baixos aqueles para produções de 80 a 90% do máximo e teores suficientes para 90 a 100% do máximo. Este é o critério utilizado para %N em folha de milho pelo Programa de Análises de Plantas do Estado de Ohio (EUA).

MARTIN & MATOCHA (1973) citam a percentagem crítica como aquela que permite 90% da produção máxima. *FAGERIA (1976)* cita como teores deficientes aqueles obtidos em plantas que produziram menos que 80% da produção máxima, sendo os teores críticos e adequados os mesmos citados por *JONES Jr. (1967)*.

2.4. INTERAÇÃO

2.4.1. BORO VERSUS CÁLCIO E/OU MAGNÉSIO

Na maioria dos trabalhos são relatados que o Ca ou Mg exercem um efeito antagônico em relação ao B, ou seja, à medida que se aumenta a concentração do macronutriente, há decréscimo na concentração do B. Deste modo, *WOLF (1940)* verificou que o Mg exerceu um maior efeito na redução do B em plantas de rabanete, quando comparado ao efeito do Ca, K ou Na, embora tenha havido pouca diferença quando se comparou o efeito do Mg com o efeito do Ca.

JONES & SCARSETH (1944) relatam que as plantas têm um comportamento diferente quanto a absorção do Ca e B, dependendo da disponibilidade no solo. Citam que as plantas só terão um desenvolvimento normal se existir um equilíbrio na absorção desses elementos. Desta maneira, em solos ácidos, onde normalmente há pouca quantidade de Ca, as plantas terão uma maior tolerância à deficiência de B, podendo ocasionar injúrias às plantas, mesmo com a adição de pequenas quantidades de B. Por outro lado, em solos onde há apreciáveis quantidades de Ca, as plantas passam a necessitar de uma maior quantidade do micronutriente, podendo este ser administrado em maiores proporções, quando comparado aos solos ácidos, sem que haja problemas de toxidez nas plantas.

REEVE & SHIVE (1944) testaram 5 doses de B (0,001; 0,01; 0,5; 5,0 e 10,0 ppm) e 6 doses de Ca (5,0; 10,0; 50,0; 100,0; 250,0 e 500 ppm), verificando que o Ca e o K são muito similares em sua capacidade de acentuar os sintomas de deficiência de B com o aumento da concentração desses macronutrientes, no substrato. A toxidez de B, em altos níveis do elemento, diminui drasticamente com o aumento da concentração de Ca. A concentração deste macronutriente nos tecidos da planta é determinado pela sua concentração no substrato e parece ser independente da concentração de B. BRENNAN & SHIVE (1948) também testaram doses de B (0,001; 0,10; 0,25 e 0,5 ppm) e de Ca (50,0; 100,0; 250,0 e 500,0 ppm). Observaram que o tecido foliar das plantas de tomate deficientes em B tinham uma relação extremamente alta de Ca/B, ou seja, da ordem de 1.000 a 2.380. Por outro lado, em relações entre 30 a 114 as plantas mostravam sintomas de toxidez de B. Em qualquer nível de B a relação Ca/B nos tecidos aumentou abruptamente com o aumento da concentração de Ca no substrato.

ECK & CAMPBELL (1962) verificaram que a calagem diminuía a absorção de B quando a reserva de B no solo era alta. Os autores atribuem este efeito ao alto conteúdo de Ca existente nestas condições. TANAKA (1967) reporta que a absorção de B por plantas de rabanete foi reduzida quando o conteúdo de Ca no meio foi aumentado. FOX (1968) ob

servou, em trabalho com o algodoeiro e alfafa, que em pH elevado e em altas concentrações de Ca a absorção de B pelas plantas foi reduzida a 50%. GUPTA (1972) cita a relação Ca/B igual a 180, no tecido foliar, como a relacionada com a máxima produção de grãos de cevada. Relações Ca/B de 10 a 45 estão associadas a problemas de toxidez de B e relação de 540 associada a deficiência. BEAUCHAMP & HUSSAIN (1974) relatam que o aumento da concentração de Ca nos tecidos de plantas de nabo aumentava a incidência da pinta preta, estando esta associada a problemas de deficiência de B.

GUPTA & MacLEOD (1977) testaram fontes de Ca e Mg para verificar o efeito na absorção de B em plantas de nabo. Observaram que na ausência de aplicação de B, nas raízes e parte aérea das plantas, dos tratamentos que receberam Ca e Mg como carbonato, houve maior incidência da pinta preta, quando comparado as raízes dos tratamentos que receberam Ca e Mg como sulfato. A concentração de B no tecido foliar variou com a fonte, sendo maior onde se usou o sulfato, quando em comparação com o carbonato. Neste caso, parece que o Ca ou Mg não surtiram efeito na absorção do micronutriente, sendo esta função do pH do solo. GUPTA (1979b) citando vários autores, relata que a relação Ca/B no tecido foliar tem sido considerada como indicadora do estado nutricional do B, sendo que relação superior a 1370 em cevada e superior a 3300 em nabo pode ser considerado como pro

blema de deficiência em B. Para a cultura do fumo a relação entre deficiência e ótima estava dentro do intervalo de 1200 a 1500. Uma alta relação indica deficiência de B, provavelmente relacionada com altas concentrações de Ca no tecido foliar.

Por outro lado, *BOWEN (1981)* relata existir uma interação sinérgica entre o Ca e B e uma interação antagônica entre o Mg e o B, na absorção pela cana-de-açúcar.

2.4.2. ZINCO VERSUS CÁLCIO E/OU MAGNÉSIO

CHAUDHRY & LONERAGAN (1972), trabalhando com plantas de trigo, verificaram que a absorção de Zn foi bem maior quando se comparou o tratamento que recebeu 5 μM de Zn^{2+} , e sem a adição de Ca ou Mg, com os tratamentos que receberam 250 μM Ca^{2+} ou de Mg. Ficou evidente que a presença de Ca ou Mg diminuía a absorção do micronutriente. *RASHID et alii (1976)*, com a cultura do arroz, verificaram que a absorção de Zn diminuía quando se aumentava a concentração de Ca de 0,5 mM para 5 mM, em ambos os mecanismos, ou seja, quando a concentração de Zn no solo era baixa ou quando alta. Com o aumento

na concentração de Mg houve inibição na absorção de Zn pela cultura, sendo esta inibição não competitiva para baixas concentrações de Zn e competitiva para altas concentrações de Zn no solo. PRIMAVESI (1981) cita que para não haver prejuízo na interação Ca-Zn, quando se aumenta a concentração de Ca há a necessidade de se aumentar também a concentração do micronutriente.

Por outro lado, SMITH *et alii* (1954) verificaram que com o aumento das doses de Mg, o transporte do Zn das raízes para a parte aérea era favorecido, em plantas cítricas. BOWEN (1981) relata existir uma interação sinérgica na absorção de Ca e Zn pela cultura da cana-de-açúcar, o mesmo valendo para a interação Mg-Zn.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em um Latos solo Vermelho-Escuro, textura argilosa (Acrustox) original mente recoberto por vegetação de cerrado e localizado no município de Selvíria (MS). As suas características químicas constam na Tabela 1. A cultura utilizada foi a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cv. 'Paraná', cultivada em vasos de plástico que receberam 4 litros de solo.

O solo foi retirado a uma profundidade de 0 a 50 cm, perfazendo uma quantidade de aproximadamente 1 tonelada, levado para secar ao ar, homogeneizado e passado em peneira com abertura de 5 mm. Após nova homogeneização foram feitas três sub-divisões, em porções mais ou menos iguais. A primeira porção não recebeu corretivo. As segunda e terceira porções foram divididas em sub-porções de 4 litros, sendo que para o solo referente à segunda porção cada sub-porção (4 litros) recebeu 1,72 g de CaO e 0,41 g de MgO (equivalente a 2,0 t/ha de calcário PRNT=100%) e a denominação de dose 1 (um). Para a terceira porção de solo cada sub-porção (4 litros) recebeu 2,76 g de CaO e 0,66 g de MgO (equivalente a

TABELA 1. Características químicas das amostras de solo utilizadas no experimento

Amostras	pH	%	emg/100 ml de TFSA					ppm		
			K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	P	B	Zn
1	5,4	0,30	0,06	0,55	0,20	0,60	3,2	4,0	0,200	0,41
2	5,0	0,31	0,20	0,58	0,26	0,50	3,1	101,0	0,208	0,37
3	5,7	0,32	0,21	1,47	0,50	0,00	2,0	109,0	0,228	0,26
4	6,1	0,31	0,20	2,10	0,75	0,00	1,0	119,0	0,242	0,27

Obs. Metodologia descrita em RAIJ & ZULLO (1977) exceto para o B (GUPTA, 1967 e GUPTA (1979a) e para o Zn (LINDSAY & NORVELL, 1978).

1. Análise realizada imediatamente antes da aplicação de corretivo.

2-3-4. Análises realizadas após a adubação básica e antes da semeadura, respectivamente para o solo que não recebeu corretivo, que recebeu a dose correspondente a 2,0t de corretivo/ha e que recebeu a dose correspondente a 3,2 t de corretivo/ha (médias de 40 repetições). Para o B e Zn as análises se referem aos tratamentos que não receberam os elementos (médias de 4 repetições).

3,2 t/ha de calcário PRNT= 100%) e a denominação de dose 2 (dois). Estas doses foram calculadas para se atingir 70% de saturação em bases (dose 1) e 100% de saturação em bases (dose 2). Cada sub-porção foi novamente homogeneizada em sacos plásticos e colocadas nos vasos, os quais foram pesados e adicionado água destilada suficiente para se chegar próximo à capacidade de campo e novamente pesados. A cada dois dias a água evaporada foi repostada, permanecendo assim durante 30 dias.

Após esse período de incubação, o solo de cada vaso foi deixado secar ao ar, sendo novamente peneirado em peneira de 5 mm de abertura, após o que foram adicionados os nutrientes em quantidades conforme descrito em MALA VOLTA (1980), exceto para o B e Zn. O N foi aplicado em três parcelamentos, sendo um terço do total aplicado na semeadura (sulfato de amônio), um terço aos 25 dias (uréia) e o restante aos 50 dias (uréia) após a emergência. Para o K (cloreto de potássio) fez-se também três parcelamentos aplicando-se 50 ppm na semeadura e mais duas coberturas de 50 ppm cada, como para o N. Para os outros elementos utilizou-se das seguintes fontes: P (fosfato monocálcico), Cu e Mn (sulfato), Fe (Fe-EDTA) e Mo (molibdato). Para o B aplicou-se doses de 0; 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 ppm do elemento (H_3BO_3) e para o Zn doses de 0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 ppm do elemento ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), em solução. Todos os reagentes foram do tipo p.a.

As doses de B e de Zn constituíram dois experimentos, sendo que cada um constou de cinco doses de B ou de Zn, em três doses de corretivo. Cada tratamento foi repetido quatro vezes e distribuídos ao acaso, perfazendo, deste modo, 60 vasos por experimento.

Após a aplicação das soluções, em cada vaso, foi feita a homogeneização do solo e adicionou-se água destilada suficiente para se chegar a 70% da capacidade de campo. Semeou-se seis sementes de soja em cada vaso a uma profundidade de aproximadamente 2 cm e os vasos foram levados para pesagem. Após doze dias da semeadura foi feito o desbaste, deixando-se três plântulas por vaso.

As regas foram feitas regularmente duas vezes ao dia, para que a água evaporada e/ou transpirada fosse repostada, procurando-se manter a umidade a 70% da capacidade de campo. No primeiro mês após a emergência os vasos foram retirados da casa-de-vegetação, durante o dia, e recolocados à noite, para evitar o estiolamento verificado em experimentos anteriores. Não houve necessidade de se fazer controle fitossanitário.

O experimento foi iniciado em agosto de 1985, tendo a cultura um ciclo de cem dias, no final do qual coletou-se a parte aérea, separando-se as partes das plantas em caules + ramos, folhas e vagens, sendo estas sepa

radas posteriormente em cascas e grãos. As folhas senescentes foram coletadas ao longo do experimento e acondicionadas em sacos de papel, previamente identificadas, assim como foram acondicionadas todas as partes das plantas, separadamente. Após secas em estufa a $60-70^{\circ}\text{C}$, até peso constante, as diversas partes foram pesadas e misturadas, de tal forma a ficarem apenas os grãos e a parte aérea menos os grãos. O preparo das amostras e as análises químicas do material vegetal foram feitos conforme descrito em *BATAGLIA et alii* (1983). Para as análises estatísticas fez-se uso do delineamento inteiramente casualizado, para se verificar o efeito das doses de B ou de Zn, seguido da análise de regressão. Quando se fez necessário verificar o efeito das doses do corretivo, utilizou-se do esquema em parcela subdividida; conforme descritos em *GOMES* (1985).

O estabelecimento dos níveis adequados foram obtidos através da derivada primeira da equação quadrática e os níveis críticos obtidos para uma produção de 90% da produção máxima.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. EXPERIMENTO DE BORO

4.1.1. MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA E GRÃOS

Na Figura 1 estão ilustrados os efeitos das doses de B sobre a produção de matéria seca da parte aérea da soja, cultivada em três condições de acidez. Verificou-se, nos tratamentos que não receberam corretivo e nos que receberam a dose 1, um efeito quadrático das doses de B sobre o parâmetro analisado, com o ponto de máximo sendo atingido mediante a aplicação de 0,37 e 0,33 ppm de B, respectivamente para os tratamentos que não receberam corretivo e os que receberam a dose 1. Entretanto, para os tratamentos que receberam a dose 2 do corretivo, os dados sobre a produção de matéria seca da parte aérea não se ajustaram a nenhuma função matemática, em relação às doses de B.

Para a produção de grãos verificou-se a mesma tendência, ou seja, os dados se ajustaram a uma função quadrática em relação às doses de B, nos tratamentos que não receberam corretivo e nos que receberam a dose 1. A pro

FIGURA 1. Efeito das doses de B na produção de matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

dução máxima foi obtida com a aplicação de 0,42 e 0,36 ppm de B, onde o cultivo se fez sem a aplicação de corretivo e com a dose 1, respectivamente. Para os tratamentos que receberam a dose 2 do corretivo os dados de produção de grãos não se ajustaram a nenhuma função matemática. Na Figura 2 estão ilustrados os efeitos das doses de B sobre a produção de grãos, nas três condições de acidez.

A resposta da cultura à aplicação de B se deve provavelmente à baixa disponibilidade do elemento no solo, ou seja, 0,20 ppm do elemento no solo, quando ainda com a fertilidade natural, nível este próximo ou abaixo do considerado crítico (0,1-0,7 ppm), estipulado por vários autores, tais como: MITCHELL (1965); BRADFORD (1966); COX & KAMPRATH (1972); CARTWRIGHT (1983) e MALAVOLTA (1987).

Por outro lado, a não resposta da cultura a aplicação de B, nos tratamentos que receberam a dose 2 de corretivo, deve-se talvez, a um maior desenvolvimento do sistema radicular, já que nesses tratamentos houve maior quantidade de B na matéria seca da parte aérea (Tabela 2), sem, entretanto, ter havido aumento na disponibilidade do elemento com a aplicação do corretivo (Tabela 3). Pode também ter ocorrido uma maior absorção e/ou transporte de B do sistema radicular para a parte aérea, influenciados direta ou indiretamente pela aplicação da maior dose do corretivo. Deste modo, JONES & SCARSETH (1944) relatam que as

FIGURA 2. Efeito das doses de B na produção de grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

TABELA 2. Análise de variância da quantidade de boro na matéria seca da parte aérea (μg), nas três condições de acidez.

Causas de variação	G.L.	Q.M.	Médias
Corretivo	2	1.211.778,9500	
Resíduo	9	30.932,3667	
B dentro da dose 0 ¹	4		1494,25 b
B dentro da dose 1	4		1630,60 b
B dentro da dose 2	4		1972,10 a
D.M.S. (%)			155,34
C.V. (%)			10,35

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

¹ doses do corretivo

TABELA 3. Análise de variância para a concentração de B no solo (ppm), nas três condições de acidez.

Causas de variação	G.L.	Q.M.	Médias
Corretivo	2	0,0018 ^{n.s.}	
Resíduo	9	0,0019	
Boro dentro da dose 0 ¹	4		0,38a
Boro dentro da dose 1	4		0,40a
Boro dentro da dose 2	4		0,38a
D.M.S. (%)			0,04
C.V. (%)			5,10

n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ doses do corretivo

plantas só se desenvolvem normalmente quando há um equilí
brio na entrada de Ca e B na planta, sendo que a relaçã
o ideal de Ca e B para a soja era de 500/1. BOWEN (1981) ve
rificou existir um efeito sinérgico na absorção entre o
Ca e o B, e antagônico entre o Mg e o B. Entretanto, há
trabalhos que mostram que o Ca acentua os sintomas de defi
ciência de B, como os de REEVE & SHIVE (1944) BEAUCHAMP &
HUSSAIN (1974).

Na literatura são encontrados trabalhos que
mostram efeito positivo das doses de B sobre o desenvolvi
mento da cultura, tais como os de: GOEPFERT & KUSSOW
(1971), embora tais autores tenham verificado efeito depres
sivo na produção com a omissão do elemento, em apenas um
dos oito solos estudados; GALRÃO et alii (1984) verificaram
efeito do elemento na produção de matéria seca, em cinco so
los dos dez estudados e SANTOS et alii (1980) observaram
resposta ao B, com os dados de produção se ajustando a uma
função quadrática, tanto quando o cultivo se fez em solo
com fertilidade natural, como em fertilidade corrigida, apli
cando o elemento diretamente na semente. Por outro lado, há
trabalhos em que não foi verificado efeito do elemento, tais
como os de: MASCARENHAS et alii (1967), em Latossolo Roxo
com vegetação de cerrado, GOEPFERT & KUSSOW (1971), em se
te dos oito solos estudados, BRITTO et alii (1971) em expe
rimento usando a técnica de diagnose por subtração, BAUMGART

NER *et alii* (1974), em solos de Pindamonhangaba (SP), BUZETTI *et alii* (1982) e BUZETTI & NAKAGAWA (1983), em experimento testando uma mistura de micronutrientes e a omissão individual de cada um. Também LANTMANN *et alii* (1985a) não verificaram efeito do B aplicado às sementes, quando o cultivo foi realizado em solos de Campo Mourão (PR) e diminuição na produção em solos de Londrina (PR), e ANGHINONI *et alii* (1976) verificaram efeito negativo com a aplicação das doses de B, na produção da cultura. Isto sugere que a resposta da cultura a aplicação do elemento deve-se a sua disponibilidade no solo e a produtividade da cultura, dentre outros fatores.

4.1.2. CONCENTRAÇÃO DE B NA MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA E NOS GRÃOS

Na Figura 3 estão apresentados os efeitos das doses de B sobre a concentração do elemento na matéria seca da parte aérea, nas três condições de acidez. Verifica-se que os dados se ajustaram a uma função linear, com coeficientes lineares de 21,625; 28,0 e 32,125, respectivamente para os tratamentos que não receberam corretivo e para os que receberam as doses 1 e 2 do corretivo.

Para a concentração de B nos grãos os dados também se ajustaram a uma função linear, sendo os coeficientes lineares de 10,5; 4,625 e 6,25 para os tratamentos que não

FIGURA 3. Efeito das doses de B na concentração do elemento na matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

receberam corretivo e para os que receberam as doses 1 e 2 do corretivo (Figura 4). O fato de os coeficientes lineares serem maiores na matéria seca da parte aérea, indica que houve menor acúmulo nos grãos, quando comparado às outras partes da planta, como um todo.

No presente trabalho os teores de B variaram de 47,5 a 84,5 ppm na matéria seca da parte aérea, e de 34 a 44 ppm nos grãos, independentemente dos níveis de correção. Com o cv. 'Santa Rosa', BATAGLIA & MASCARENHAS (1977) observaram uma concentração de 24,2 ppm de B nos grãos. MALAVOLTA *et alii* (1980), utilizando os cultivares 'Santa Rosa' e 'UFV-1', em solução nutritiva, verificaram concentrações de 13; 59 e 15 ppm de B para 'Santa Rosa' e 9; 38 e 27 ppm para 'UFV-1', respectivamente para caule + ramos, folhas e vagens. TOUCHTON *et alii* (1980) também observaram pouca variação na concentração do elemento nos grãos, em três locais dos quatro testados, variando de 35 a 40, 30 a 44 e 30 a 37 ppm, nos três locais e 24 a 45 ppm no outro; concordando com os dados aqui obtidos.

4.1.3. BORO NO SOLO

Os efeitos das doses de B sobre a concentra

FIGURA 4. Efeito das doses de B na concentração do elemento nos grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

ção do elemento no solo (amostras retiradas após a adubação e antes da semeadura), estão ilustrados na Figura 5, para os três níveis de correção. Verifica-se um efeito linear crescente da ordem de 0,42 ppm de B no solo a cada ppm aplicado, nos tratamentos que não receberam calagem e de 0,49 e 0,41 ppm, para os tratamentos que receberam as doses 1 e 2 do corretivo. *BARTLETT & PICARELLI (1973)* também verificaram aumento na concentração do elemento no solo com a aplicação de 0; 3 e 12 ppm e em quatro níveis de calagem; *RI*
BEIRO & TUCUNANGO SARABIA (1984), em cinco Latossolos do Triângulo Mineiro após três cultivos consecutivos com sorgo, verificaram aumento de 0,50 ppm na concentração do elemento no solo a cada ppm adicionado, quando se usou a água quente como extrator. Neste caso, a recuperação do elemento do solo pelo extrator foi maior que a encontrada no presente trabalho, além do que a extração foi feita após os três cultivos. Isto provavelmente seja devido aos fatores ligados ao solo, tal como o pH, o qual influencia na disponibilidade do elemento, como citam *NAFTEL (1937)*; *COOK & MIL*
LAR (1939); *WOLE (1940)*; *GUPTA & CUTCLIFFE (1972)*; *GUPTA (1972)* e *BARTLETTE & PICARELLI (1973)*. A textura do solo também influencia na fixação do B, sendo que na fração limo ocorre muito maior fixação que na fração areia (*OLSON & BERGER* ,
1946). Também *WEAR & PATERSON (1962)* verificaram que a textura do solo e o pH influenciam na disponibilidade do elemento. *GUPTA (1968)* sugere que as partículas de argila

FIGURA 5. Efeito das doses de B na concentração do elemento no solo, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

adsorvem o B, o mesmo nao ocorrendo com a areia. Para SIMS & BINGHAM (1967) o Fe e Al sao os responsáveis pela retenção de B. HATCHER *et alii* (1967) relatam que o $Al(OH)_3$ adsorve quantidades relativamente grandes de B. RHOADES *et alii* (1970) citam que os três principais sítios de adsorção no solo são: hidróxido de Fe ou Al recobrindo ou associado com minerais de argila, óxido de Fe ou Al livres no solo, minerais de argila tipo micáceo, embora todos os minerais de argila apresentem alguma capacidade de retenção. Deste modo, sugere-se que um ou mais desses fatores estão participando mais ativamente do processo de fixação do B no solo do presente trabalho, que no solo estudado por RIBEIRO & TUCUNANGO SARABIA (1984).

4.1.4. NÍVEIS CRÍTICOS E ADEQUADOS DE B NO SOLO

Na Figura 6 estão representados os efeitos da concentração de B no solo sobre a produção de matéria seca da parte aérea. Relacionando-se estes dois parâmetros verifica-se que o nível crítico do elemento no solo, ou seja, a concentração de B no solo relacionada com 90% da produção máxima de matéria seca da parte aérea foi de 0,18 ppm e 0,11 ppm, respectivamente para os tratamentos que não receberam corretivo, ou que receberam a dose 1. As concentra

FIGURA 6. Relação entre a concentração de B no solo e a produção de matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

ções relacionadas com a máxima produção de matéria seca da parte aérea foram de 0,37 e 0,38 ppm de B. Não se determinou os níveis críticos e adequados para os tratamentos que receberam a dose 2 do corretivo, pois nestas condições não se detectou efeito do B.

Para a produção de grãos (Figura 7) os níveis críticos observados foram de 0,23 e 0,19 ppm de B nos tratamentos que não receberam o corretivo e os que receberam a dose 1, respectivamente. A concentração que proporcionou as máximas produções de grãos foi de 0,39 ppm de B, tanto para a dose 0 como para a dose 1 do corretivo. Como para a produção de matéria seca da parte aérea, a produção de grãos não foi afetada pelo B, quando se fez uso da dose 2 do corretivo.

Os níveis críticos para os dois parâmetros analisados e nas duas doses do corretivo (0 e 1) variaram de 0,11 a 0,23 ppm de B, níveis estes abaixo do citado por MITCHELL (1965), o qual cita como nível crítico aproximadamente 0,5 ppm de B (água quente), também citado por BRADFORD (1966). GOEPFERT (1970) cita que o ponto crítico no solo abaixo do qual pode ocorrer deficiência de B é de 0,72 Kg/ha do elemento (água quente). COX & KAMPRATH (1972) citam que o nível crítico de B está na faixa de 0,1 a 0,7 ppm, quando extraído com água quente. GUPTA & STEWART (1975) ci

FIGURA 7. Relação entre a concentração de B no solo e a produção de grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

tan 0,35 ppm como nível crítico, utilizando o acetato de amônio como extrator. *CARTWRIGHT et alii* (1983) citam 0,7 ppm de B, solúvel em água quente, como nível crítico. Tais níveis citados na literatura estão um pouco acima do verificado no trabalho em estudo, o que se deve provavelmente ao tipo de cultura e às condições de clima e solo. Por outro lado, *MALAVOLTA* (1987) relata que a concentração de B inferior a 0,1 ppm (água quente) é tida como baixa.

4.1.5. NÍVEIS CRÍTICOS E ADEQUADOS DE B NA PLANTA

Na Figura 8 procurou-se relacionar a concentração de B na planta com a produção de matéria seca da parte aérea. Confrontando-se estes dois parâmetros verifica-se que o nível crítico encontrado na matéria seca da parte aérea foi de 56 e 42 ppm de B, para os tratamentos que não receberam corretivo e que receberam a dose 1 do corretivo. A máxima produção de matéria seca foi obtida quando a concentração interna do elemento estava em 66 e 58 ppm, para as doses 0 e 1 do corretivo, respectivamente.

Para a produção de grãos (Figura 9) os níveis críticos foram de 36 e 34 ppm e os níveis adequados de 40 e 37 ppm de B, respectivamente para os tratamentos que não receberam e que receberam a dose 1 do corretivo. Não se estimou os níveis críticos e adequados para os tratamentos que receberam a dose 2 do corretivo, já que nesta condi

FIGURA 8. Relação entre a concentração de B na matéria se_ ca da parte aérea e sua produção, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

FIGURA 9. Relação entre a concentração de B nos grãos e sua produção, nos tratamentos que não receberam corretivo (A) que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

ção não houve efeito do B nestes parâmetros analisados.

A comparação com outros trabalhos fica dificultada, já que na quase totalidade dos trabalhos examinados as folhas é que são avaliadas, e não a matéria seca da parte aérea ou os grãos. Deste modo, *OHLROGGE (1963)* cita como teor normal na planta o intervalo de 20 a 100 ppm e de 16 a 20 como a zona de transição entre a deficiente e adequada. *OHLROGGE & KAMPRATH (1968)* citam como nível baixo de 11 a 20 ppm, 21 a 55 ppm como adequado e 56 a 80 ppm como alto, sendo neste caso avaliadas as folhas trifoliadas, recém maduras e no estágio final do florescimento. Também *SMALL JR. & OHLROGGE (1973)* citam teores de 21 a 55 ppm de B como a faixa de suficiência, para as folhas trifoliadas totalmente desenvolvidas e sem o pecíolo. *MALAVOLTA (1978)* cita como nível baixo o intervalo que vai de 11 a 20 ppm, suficiente de 21 a 55, alto de 56 a 80 ppm e excessivo o superior a 80 ppm de B. *TRANI et alii (1983)* citam o teor mínimo de B como 20 ppm, para a terceira folha com pecíolo na época do florescimento.

4.2. EXPERIMENTO DE ZINCO

4.2.1. MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA E GRÃOS

Na Figura 10 estão ilustrados os efeitos das

FIGURA 10. Efeito das doses de Zn na produção de matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

doses de Zn na produção de matéria seca da parte aérea, nas três condições de acidez. Verifica-se que as doses de Zn surtiram efeito apenas nos tratamentos que receberam corretivo. Para esses tratamentos os dados do parâmetro analisado se ajustaram a uma função quadrática, em relação às doses de Zn, sendo o ponto de máxima produção obtido com a aplicação de 2,0 e 2,2 ppm de Zn, respectivamente para os tratamentos que receberam as doses 1 e 2 do corretivo. Entretanto, nos tratamentos em que a correção não foi realizada os dados não se ajustaram a nenhuma função matemática.

Com relação à produção de grãos, observou-se o mesmo comportamento, com os dados se ajustando a uma função quadrática, nos tratamentos que receberam corretivo, não se ajustando a nenhuma função nos tratamentos em que não se fez uso do corretivo. Os pontos de máxima produção de grãos foram obtidos com a aplicação de 1,9 e 2,3 ppm de Zn, para os tratamentos que receberam as doses 1 e 2 de corretivo, respectivamente. A Figura 11 ilustra tais efeitos.

O fato de a cultura responder à aplicação de Zn deve-se provavelmente à baixa disponibilidade do elemento no solo, ou seja, 0,41 ppm de Zn, antes do solo receber os tratamentos. Entretanto, para o tratamento que não recebeu o corretivo e nem a aplicação de Zn a concentração do elemento no solo permaneceu praticamente constante (0,37 ppm). Para os tratamentos que receberam as doses 1 e 2 do

FIGURA 11. Efeito das doses de Zn na produção de grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

corretivo e não aplicação de Zn a concentração do elemento diminuiu sensivelmente, passando respectivamente para 0,26 e 0,27 ppm. Esta concentração está abaixo do nível crítico citado por vários autores, como COX & KAMPRATH (1972), os quais citam de 0,5 a 1,0 ppm como intervalo para tal nível. LINDSAY & NORVELL (1978) citam o nível crítico para a cultura do milho como 0,8 ppm e 0,6 ppm para a cultura do sorgo. LOPEZ RITAS & LOPEZ MELIDAS (1978) relatam que solos com teores abaixo de 0,5 ppm podem apresentar problemas de deficiência, sendo bem supridos aqueles que possuem mais de 1,0 ppm do elemento. RITCHEY *et alii* (1986) verificaram um nível crítico de 0,7 ppm de Zn para três cultivos sucessivos com a cultura do milho; em todos esses trabalhos foi usado o DTPA pH 7,3 como extrator, o mesmo utilizado no presente trabalho. Isso sugere que a não resposta ao elemento, embora ainda abaixo do nível crítico citado por vários autores, deve-se provavelmente a sua maior disponibilidade nesses tratamentos que não receberam o corretivo, sendo tal disponibilidade suficiente para atender as exigências da cultura. Ressalte-se também que neste caso houve menor desenvolvimento das plantas quando comparado aos tratamentos que receberam o corretivo, conforme se verifica pela Tabela 4; entretanto a quantidade de Zn existente na matéria seca da parte aérea não diferiu estatisticamente entre os tratamentos que receberam as diferentes doses do corretivo (Tabela 5).

TABELA 4. Análise de variância da quantidade de matéria seca produzida (g/vaso), nas três condições de acidez.

Causas de Variação	G.L.	Q.M.	Médias
Corretivo	2	197,6432**	
Resíduo	9	2,0288	
Zn dentro da dose 0 ¹			22,89 b
Zn dentro da dose 1			28,42a
Zn dentro da dose 2			28,24a
D.M.S. (5%)			1,49
C.V. (%)			2,40

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

¹ doses do corretivo.

TABELA 5. Análise de variância da quantidade de Zn existente na matéria seca da parte aérea (μg), nas três condições de acidez.

Causas de variação	G.L.	Q.M.	Médias
Corretivo	2	184947,3167 ^{n.s.}	
Resíduo	9	45399,9500	
Zn dentro da dose 0 ¹			1716,95a
Zn dentro da dose 1			1745,80a
Zn dentro da dose 2			1566,70a
D.M.S. (5%)			188,20
C.V. (%)			5,68

n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

¹ doses do corretivo.

Outro fator que deve ser considerado vem a ser a possibilidade de ter ocorrido um menor aproveitamento do elemento nesses tratamentos que receberam o corretivo, pois como citam *RASHID et alii* (1976), a absorção de Zn diminui quando se aumenta a concentração de Ca ou Mg no substrato. Também *BOWEN* (1981) cita efeito semelhante nesta interação em relação ao Ca e também ao Mg. *PRIMAVESI* (1981), comentando a relação entre o Ca e o Zn, cita que quando se aumenta a concentração de Ca há necessidade de se aumentar a de Zn, para que não haja prejuízo nesta interação. *CHAUDHRY & LONERAGAN* (1972) também verificaram redução na absorção de Zn, com o aumento na concentração de Ca e Mg.

Na literatura há vários trabalhos citando a resposta da cultura à aplicação do elemento, tais como os de: *FREITAS et alii* (1960), os quais verificaram efeito do Zn em um dos dois experimentos conduzidos em solos de campo cerrado. *GOEPFERT & KUSSOW* (1971) verificaram que apenas em um solo houve efeito depressivo na produção de matéria seca com a omissão de Zn, sendo que em outro o efeito foi contrário, sem entretanto ser detectado efeito nos outros 6 solos estudados. *BRITTO et alii* (1971), utilizando a técnica da diagnose por subtração, verificaram que o tratamento que tinha o Cu substituindo o Zn foi o de menor produção, trabalhando em solos sob vegetação de cerrado. *BUZETTI et alii*

(1982), em um experimento usando também a diagnose por subtração, em Latossolo Vermelho - escuro sob vegetação de cerrado, observaram uma diminuição na produção de grãos, com a omissão do Zn ou do Mo. Também BUZETTI & NAKAGAWA (1983) verificaram apenas uma tendência de diminuição na produção de grãos no tratamento faltante em Zn, em experimento conduzido em casa de vegetação, o mesmo não ocorrendo no experimento conduzido em condições de campo. SILVA et alii (1986), testando o efeito residual de micronutrientes no teor foliar e na produção de grãos, concluíram que o Zn foi o único micronutriente a aumentar o rendimento em dois anos consecutivos. SAMARÃO et alii (1986), utilizando a variedade 'Doko', verificaram que os tratamentos que proporcionaram menores produções de grãos foram a testemunha e os tratamentos menos o Zn, quando na ausência de calagem ou com a aplicação de 6 t/ha de calcário.

Entretanto, MASCARENHAS et alii (1967) testando isoladamente os micronutrientes B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, em Latossolo Roxo com vegetação de cerrado; ANGHINONI et alii (1976) cultivando a soja em Latossolo Vermelho-Escuro em Passo Fundo (RS), MARTINS & BRAGA (1977) em cinco solos do Triângulo Mineiro quanto à altura de plantas, peso das raízes, peso da parte aérea e peso total das plantas, FREIRE & SARRUGE (1979) testando a interação fósforo x zinco em três tipos de solos; LANTMANN et alii (1981) em dois

experimentos, utilizando os cv. 'Paraná' e 'Santa Rosa', e quatro doses de Zn (0; 8; 16 e 24 Kg/ha) em relação à produção de grãos, e em outro experimento utilizando o cv. 'Paraná' e doses de 0; 3; 6 e 9 ppm do elemento, sobre o teor de matéria seca produzida por vaso, GALRÃO *et alii* (1984), estudando o efeito do calcário, S, B, Cu, Mo e Zn, na produção de matéria seca; BUZETTI *et alii* (1984a,b,c) testando doses de sulfato de zinco e de F.T.E. Br-9 em solo recuperado, de cerrado; não verificaram resposta da cultura à aplicação do elemento.

4.2.2. CONCENTRAÇÃO DE Zn NA MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA E NOS GRÃOS

Na Figura 12 estão ilustrados os efeitos das doses de Zn sobre a concentração do elemento na matéria seca da parte aérea. Observa-se que os dados se ajustaram a uma função linear, com coeficientes lineares de 10,525; 9,375 e 7,375, para os tratamentos que receberam as doses 0; 1 e 2 do corretivo, respectivamente.

Para a concentração do elemento nos grãos foi verificada a mesma tendência, ou seja, os dados se ajustaram a uma função linear, com os coeficientes lineares de 4,475; 3,85 e 4,20, respectivamente para os tratamentos

FIGURA 12. Efeito das doses de Zn na concentração do elemento na matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

que receberam as doses 0; 1 e 2 do corretivo (Figura 13). O fato de se obter coeficientes mais elevados para a concentração do elemento na matéria seca da parte aérea indica que houve menor acúmulo de Zn nos grãos que nas outras partes da planta.

Também *WHITE et alii* (1978b) verificaram aumento na concentração de Zn, embora nas folhas, com o aumento das doses aplicadas e, *WHITE et alii* (1978a) obtiveram coeficientes lineares de 4,6 a 6,4 para quatro cultivares, com o aumento da dose de Zn aplicada. *KUMAR & SINGH* (1979) também verificaram aumentos na concentração de Zn em todas as partes das plantas, com o aumento da dose, *VITTI* (1982) observou aumento na concentração do elemento nas folhas, no florescimento e no final do ciclo, com o aumento das doses. *RABOY & DICKINSON* (1984) encontraram teores variando de 156 a 640 ppm na terceira ou quarta folha trifoliada a medida que as doses de Zn foram incrementadas, o mesmo ocorrendo no trabalho de *GUPTA & GUPTA* (1984), de *GALRÃO* (1984) e de *SILVA et alii* (1986) em análises feitas nas folhas.

FIGURA 13. Efeito das doses de Zn na concentração do elemento nos grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

4.2.3. Zn NO SOLO

As doses de Zn aplicadas e o teor do elemento no solo (amostras retiradas após a adubação e antes da semeadura) estão ilustrados na Figura 14. Verifica-se um efeito linear crescente das doses sobre tal parâmetro, da ordem de 0,50; 0,40 e 0,39 ppm de Zn recuperado, para cada ppm adicionado, respectivamente para os tratamentos que receberam as doses 0; 1 e 2 do corretivo. *EVANS et alii* (1974) também verificaram aumento na concentração de Zn no solo quando foi aplicado o elemento. *LANTMANN & MEURER* (1982) verificaram aumento na quantidade de Zn extraída, com as doses aplicadas, sendo este aumento mais pronunciado nos tratamentos que não receberam calcário. *VITTI* (1982) observou um aumento linear na concentração de Zn no solo, mediante a aplicação de doses crescentes, obtendo coeficientes lineares que variaram de 0,205 a 0,28, utilizando o H_2SO_4 0,05 N como extrator. *RIBEIRO & TUCUNANGO SARABIA* (1984), também verificaram aumento na concentração de Zn no solo com a aplicação do elemento, mesmo antes do terceiro cultivo, obtendo coeficientes lineares de 0,19 e 0,24 ppm de Zn a cada ppm aplicado, quando foi usado o Na_2 -EDTA e o duplo ácido, como extratores. *RITCHEY et alii* (1986) após quatro cultivos consecutivos com a cultura do milho, verificaram aumentos de 0,067 Kg/ha a cada Kg/ha adicionado. O fato de os coeficientes lineares do presente trabalho serem mais

FIGURA 14. Efeito das doses de Zn na concentração do elemento no solo, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

elevados que os de outros trabalhos aqui citados, se deve provavelmente ao menor tempo de contato Zn-solo, o que fez com que o processo de fixação fosse menos intenso, ou mesmo devido à não absorção do elemento pelas plantas, já que a análise do solo foi feita antes da semeadura. Outros fatores também podem ter influenciado nesta maior recuperação do elemento, tais como: pH, minerais de argila, fosfato, matéria orgânica, atividade microrgânica, capacidade de troca catiônica (MALAVOLTA *et alii*, 1974 e BRASIL SOBRINHO *et alii*, 1979).

4.2.4. NÍVEIS CRÍTICOS E ADEQUADOS DE Zn NO SOLO

Na Figura 15 estão ilustrados os efeitos da concentração de Zn no solo e a produção de matéria seca da parte aérea. Para os tratamentos que receberam corretivo, os níveis críticos (nível que relaciona com 90% da produção máxima) foram de 0,32 e 0,27, respectivamente para as doses 1 e 2 do corretivo e o nível adequado (níveis relacionados com a máxima produção) de 1,1 ppm de Zn, para os dois níveis do corretivo.

Para a produção de grãos (Figura 16) os níveis críticos foram de 0,30 e 0,37 ppm de Zn para os níveis

FIGURA 15. Relação entre a concentração de Zn no solo e a produção de matéria seca da parte aérea, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

FIGURA 16. Relação entre a concentração de Zn no solo e a produção de grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

1 e 2 do corretivo e 1,1 ppm como nível adequado para os dois níveis do corretivo. Não foram estabelecidos os níveis críticos e adequados nos tratamentos que não receberam corretivo, já que nestas condições não houve efeito do Zn sobre esses dois parâmetros analisados.

No presente trabalho os níveis críticos variaram de 0,27 a 0,37 ppm de Zn no solo, níveis estes um pouco abaixo dos encontrados na literatura, embora nesta haja várias citações sobre nível crítico, mas muitas delas não definem tal termo, além de muitas serem trabalhos com outras culturas e outros extratores. Deste modo, *GOEPFERT* (1970) cita como 5 Kg/ha de Zn o ponto abaixo do qual pode ocorrer deficiência nutricional na cultura; *BROWN et alii* (1971) relatam 0,55 ppm como nível crítico para 92 solos, usando a cultura do milho; *COX & KAMPRATH* (1972) citam o intervalo de 0,1 a 0,7 ppm como nível crítico; *VIETS & LINDSAY* (1973) citam os níveis usados no Estado do Colorado (EUA), tendo como teor baixo o aquém de 0,5 ppm; *LOPEZ RITAS & LOPEZ MELIDA* (1978) comentam que em solos com teores abaixo de 0,5 ppm pode haver problema de deficiência; *LINDSAY & NORVELL* (1978) citam 0,8 ppm para a cultura do milho e 0,6 ppm para a cultura do sorgo; *SINGH & MOLLER* (1984) baseado em revisão de literatura, relatam que 0,7 ppm pode ser usado como nível crítico, e *RITCHEY et alii* (1986) relatam que o nível crítico para três cultivos de milho esteve em 0,7 ppm; todos utilizando o DTPA pH 7,3 como extrator.

4.2.5. NÍVEIS CRÍTICOS E ADEQUADOS DE Zn NA PLANTA

Para a concentração de Zn na matéria seca da parte aérea versus a quantidade produzida (Figura 17), verifica-se que tais dados se ajustaram a uma função quadrática, para os tratamentos que receberam o corretivo. Através desta função verifica-se que os níveis críticos de Zn foram de 46 e 36 ppm e os níveis adequados de 65 e 55 ppm, respectivamente para os tratamentos que receberam as doses 1 e 2 do corretivo.

Para a produção de grãos os níveis críticos foram de 53 e 52 ppm para os tratamentos que receberam as doses 1 e 2 do corretivo, e o nível adequado de 61 ppm para esses tratamentos. Para os tratamentos que não receberam o corretivo não foram estimados tais níveis, uma vez que o elemento não afetou tais parâmetros, nesta condição (Figura 18). A comparação com a literatura fica dificultada, uma vez que na quase totalidade dos trabalhos as análises se referem às folhas. Deste modo, *OHLROGGE & KAMPRATH (1968)* citam como níveis baixos: 11 a 20 ppm, adequado: 21 a 50 e alto: 51 a 77 ppm, para as folhas trifoliadas recém-maduras coletadas no final do florescimento. *OKKI (1971)* verificou que o nível de deficiência (concen-

FIGURA 17. Relação entre a concentração de Zn na matéria seca da parte aérea e sua produção, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

FIGURA 18. Relação entre a concentração de Zn nos grãos e sua produção, nos tratamentos que não receberam corretivo (A), que receberam a dose 1 (B) e que receberam a dose 2 (C).

tração associada com uma redução de 10% da produção máxima) era de 12 ppm de Zn, e 15 ppm para a produção máxima, nas folhas recém-amadurecidas; *MASCARENHAS et alii* (1980) verificaram um teor de 78 ppm, para o cv. 'Paraná', embora não se objetivou neste trabalho determinar níveis de concentração. *VITTI* (1982) verificou nas folhas (recém-maduras, sem pecíolo, colhidas no florescimento) uma concentração crítica (90% da produção máxima) da ordem de 25 a 39 ppm na matéria seca e 27 a 39 ppm para os grãos e, uma concentração que proporcionou a máxima produção variando de 28 a 44 ppm para a matéria seca e 31 a 44 ppm para os grãos, para dois tipos de solos e dois cultivares. Para folhas coletadas no final do ciclo da cultura a concentração crítica esteve entre 20 a 28 ppm para a matéria seca e 24 a 28 ppm para os grãos e, uma concentração para proporcionar a máxima produção variando de 24 a 32 ppm para a matéria seca e 28 a 32 ppm para os grãos, nos diferentes tipos de solos e cultivares estudados. Estes níveis são inferiores aos encontrados no presente trabalho, devido provavelmente às diferenças de solo e cultivares utilizados.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que os experimentos foram realizados, concluiu-se que:

EXPERIMENTO DE BORO

- a) O boro influenciou a produção de matéria seca da parte aérea e de grãos, nos tratamentos que não receberam corretivo e nos que receberam a dose 1. Para os tratamentos que receberam a dose 2 do corretivo, as doses de boro não influenciaram tais parâmetros.
- b) As doses de boro que propiciaram a máxima produção de matéria seca e de grãos estiveram entre 0,33 e 0,42 ppm, para os tratamentos em que o elemento surtiu efeito.
- c) A concentração de boro na planta e no solo aumentou linearmente com a aplicação das doses do elemento.
- d) Os níveis adequados externos estiveram entre 0,37 e 0,38

ppm de boro para a matéria seca da parte aérea e 0,39ppm de boro para os grãos. Os níveis adequados internos estiveram entre 58 e 66 ppm de boro para a matéria seca da parte aérea e 37 e 40 ppm de boro para os grãos.

- e) Os níveis críticos externos estiveram entre 0,11 e 0,18 ppm de boro para a matéria seca da parte aérea e 0,19 e 0,23 ppm de boro para os grãos. Os níveis críticos internos foram de 42 e 56 ppm de boro na matéria seca da parte aérea e 34 e 36 ppm de boro para os grãos.

EXPERIMENTO DE ZINCO

- a) O zinco influenciou a produção de matéria seca da parte aérea e de grãos nos tratamentos que receberam corretivo. As doses de zinco não afetaram esses dois parâmetros nos tratamentos que não receberam corretivo.
- b) As doses de zinco que proporcionaram a máxima produção de matéria seca da parte aérea e de grãos estiveram entre 1,9 e 2,3 ppm de zinco, nos tratamentos que receberam corretivo.

- c) A concentração de zinco na planta e no solo aumentou linearmente com a aplicação das doses do elemento.
- d) O nível adequado externo foi de 1,1 ppm de zinco, para a matéria seca da parte aérea e também para os grãos e os níveis adequados internos estiveram entre 55 e 65 ppm de zinco na matéria seca da parte aérea e 61 ppm de zinco para os grãos.
- e) Os níveis críticos externos estiveram entre 0,27 e 0,32 ppm de zinco para a matéria seca da parte aérea e 0,30 e 0,37 ppm de zinco, para os grãos. Os níveis críticos internos foram de 36 e 46 ppm de zinco para a matéria seca da parte aérea e 52 e 53 ppm de zinco para os grãos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREW, C.S. The effect of phosphorus, potassium, and calcium on the growth, chemical composition, and symptoms of deficiency of white clover in a subtropical environment. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 11:149-161, 1960.

ANDREW, C.S. & ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentages of phosphorus. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 20:665-674, 1969a.

ANDREW, C.S. & ROBINS, M.F. The effect of potassium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. I. Growth and critical percentages of potassium. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 20:999-1007, 1969b.

- ANDREW, C.S. & ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition, and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 22:693-706, 1971.
- ANGHINONI, I.; FIORESE, I.; MORAES, A.P. Resposta da cultura da soja à aplicação de boro, zinco e enxofre. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, 12(2):189-199, 1976.
- BARTLETT, R.J. & PICARELLI, C.J. Availability of boron and phosphorus as affected by liming an acid potato soil. *Soil Sci.*, Baltimore, 116(2):77-83, 1973.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. *Métodos de Análise Química de Plantas*. Instituto Agronômico, Campinas, 1983. 48p. (Boletim Técnico nº 78).
- BATAGLIA, O.C. & MASCARENHAS, H.A.A. *Absorção de Nutrientes pela Soja*. Instituto Agronômico, Campinas, 1977. 36p. (Boletim Técnico nº 41).
- BAUMGARTNER, J.G.; LOPES, E.S.; DEMATTE, J.D. ; MIYASAKA, S. Calagem e adubação mineral da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) variedade Santa Maria, em solo de várzea. *Bragantia*, Campinas, 33:1-10, 1974.

- BEAUCHAMP, E.G. & HUSSAIN, I. Brown heart in rutabagas grown on southern Ontario soils. *Can. J. of Soil Sci.*, Ottawa, 54(2):171-178, 1974.
- BERGER, K.C. Boron in soils and crops. *Advances in Agronomy*, London, 1:321-351, 1949.
- BERGER, K.C. & TRUOG, E. Boron availability in relation and organic matter content. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Morgantown, 10:113-116, 1945.
- BINGHAM, F.T.; PAGE, A.L.; COLEMAN, N.T.; FLACH, K. Boron adsorption characteristics of selected amorphous soils from México and Hawaii. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Morgantown, 35(3):546-550, 1971.
- BOAWN, L.C.; VIETS JR., F.G.; CRAWFORD, C.L.; NELSON, J.L. Effect of nitrogen carrier, nitrogen rate, zinc rate and soil pH on zinc uptake by sorghum, potatoes and sugar beets. *Soil Sci.*, Baltimore, 90(6):329-337, 1960.
- BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J. Fatores limitantes da manifestação do potencial genético de produtividade da soja. In: EMBRAPA - Resultados de Pesquisa de Soja. 1980/1981. Londrina, CNPSO, 1981. p.185-188.

- BOWEN, J.E. Micro element nutrition of sugar-cane. II. Interactions in micro-element accumulation. *Tropical Agriculture*, Saint Augustine, 58(3):215-220, 1981.
- BRADFORD, G.R. Boron. In: CHAPMAN, H.D. (ed.). *Diagnostic Criteria for Plants and Soils*. Riverside, University of California, division of agricultural sciences, 1966. p. 33-61.
- BRENNAN, E.G. & SHIVE, J.W. Effect of calcium and boron nutrition of the tomato on the relation between these elements in the tissues. *Soil Sci.*, Baltimore, 66:65-75, 1948.
- BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do. Levantamento do teor de boro em alguns solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1965. 135p. (Tese de Livre-Docência-ESALQ/USP).
- BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do. Levantamento do teor de zinco em alguns solos do município de Piracicaba. Piracicaba, 1966. 96p. (Tese de Cátedra-ESALQ/USP).
- BRASIL SOBRINHO, M.de O.C. do; FREIRE, O.; ABRAHÃO, I.O. ; MARCONI, A. Zinco no solo e na planta. *Rev. de Agric.*, Piracicaba, 54(3):139-148, 1979.

- BRITTO, D.P.P. de S.; CASTRO, A.F. de; MENDES, W.; JACCOUD, A.; RAMOS, D.P.; COSTA, F.A. Estudos das reações a mi cronutrientes em Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado. *Pesq. agrop. bras.*, Sér. Agron., Rio de Janeiro, 6:17-22, 1971.
- BROWN, A.L. & KRANTZ, B.A. Zinc deficiency diagnosis through soil analysis. *Calif. Agric.*, Berkeley, 14(6):8-9 , 1960.
- BROWN, A.L.; KRANTZ, B.A.; MARTIN, P.E. Plant uptake and fate of soil-applied zinc. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* , Morgantown, 26(4):167-170, 1962.
- BROWN, A.L.; QUICK, J.; EDDINGS, J.L. A comparison of ana lytical methods for soil zinc. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* Madison, 35(1):105-107, 1971.
- BUZETTI, S.; FERNANDES, F.M.; NASCIMENTO, V.M.; MAURO, A.O.; PEREIRA, G.T. Efeito comparativo da aplicação de zinco via radicular e foliar na cultura de soja (*Glycine max* L. Merril¹) em um solo recuperado, anteriormente recober to por vegetação de cerrado. In: JORNADA CIENTÍFICA DE ILHA SOLTEIRA, 1., Ilha Solteira, 1984. Anais. Ilha Solteira, UNESP, 1984c. p.197.

BUZETTI, S.; FERNANDES, F.M.; NASCIMENTO, V.M.; MAURO, A.O.; VALÉRIO FILHO, W.V. Efeito de micronutrientes na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) em um solo de quarto cultivo, anteriormente ocupado por vegetação de cerrado. In: JORNADA CIENTÍFICA DE ILHA SOLTEIRA, 1, Ilha Solteira, 1984. *Anais. Ilha Solteira*, UNESP, 1984b. p.197.

BUZETTI, S.; MAURO, A.O.; VARGAS, J.T.D. Efeito de vários micronutrientes na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) cv. 'UFV-1', num solo sob vegetação de cerrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, Brasília, 1981. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1982. p.624-628.

BUZETTI, S. & NAKAGAWA, J. Avaliação das necessidades de enxofre e de micronutrientes na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em um solo sob vegetação de cerrado. I. *Científica*, São Paulo, 11(2):169-175, 1983.

BUZETTI, S.; NAKAGAWA, J.; FERNANDES, F.M.; NASCIMENTO, V.M.; MAURO, A.O. Efeito de doses de zinco na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) em dois cultivos consecutivos, num solo recuperado, anteriormente ocupado por vegetação de cerrado. In: JORNADA CIENTÍFICA DE ILHA SOLTEIRA, 1, Ilha Solteira, 1984. *Anais. Ilha Solteira*, UNESP, 1984c. p.197.

CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S.; DECHEN, A.R. Efeitos do pH e da incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. *Rev. bras. Ci. Solo* , Campinas, 6(1):83-88, 1982.

CARTWRIGHT, B.; TILLER, K.G.; ZARCINAS, B.A.; SBOUNCER, L.R. The chemical assessment of the boron status of soils . *Aust. J. Soil Res.* ,Melbourne, 21:321-332, 1983.

CHAUDHRY, F.M. & LONERAGAN, J.F. Zinc absorption by wheat seedlings and the nature of its inhibition by alkaline earth cations. *J. Exp. Bot.*,Oxford, 23:552-560, 1972.

COOK, R.L. & MILLAR, C.E. Some soil factors affecting boron availability. *Soil Sci. Soc. of Amer.Proc.*,Morgantown , 4:297-301, 1939.

COX, F.R. & KAMPRATH, E.J. Micronutrient soil tests. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (ed.) . *Micronutrients in Agriculture*. Soil Sci. Soc. of America. Madison, 1972, p.289-317.

ECK, P. & CAMPBELL, F.J. Effect of high calcium application on boron tolerance of carnation, *Dianthus caryophyllus* . *Am. Soc. Hort. Sci. Proc.*, Maryland, 81:510-517, 1962.

- EVANS, C.E.; WEAR, J.I.; HAJEK, B.F.; COPE JR., J.T. The relationship of soil zinc removed by three extractants to zinc uptake by corn and sorghum in medium-to fine-textured soils. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.*, New York, 5(2):105-113, 1974.
- FAGERIA, N.K. Critical P, K, Ca and Mg contents in the tops of rice and peanut plants. *Plant and Soil*, The Hague, 45:421-431, 1976.
- FOX, R.H. The effect of calcium and pH on boron uptake from high concentrations of boron by cotton and alfalfa *Soil Sci.*, Baltimore, 106(6):435-439, 1968.
- FREIRE, F.M. & SARRUGE, J.R. Produção de matéria seca, no dulação e absorção de nutrientes pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em função de níveis de fósforo e zinco, em solos de Minas Gerais. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 36:509-537, 1979.
- FREITAS, L.M.M. de. Calagem e adubação da soja em solos de campo cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOJA, 1., Campinas, 1970. Campinas, CATI, 1970. p.1-44.

FREITAS, L.M.M. de; McCLUNG, A.C.; LOTT, W.L. Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. New York , IBEC-Research Institute, 1960, 32p. (Boletim nº 21).

GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solo de cerrado. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas, 8:111 - 116, 1984.

GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. de. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas, 5:167-170 , 1981.

GALRÃO, E.Z.; SOUSA, D.M.G. de; PERES , J.R.R. Caracterização de deficiências nutricionais em solos de várzeas , da região dos cerrados. *Pesq. agrop. bras.* Brasília , 19(9):1091-1101, 1984.

GOEPFERT, C.F. Influência da calagem na produção de soja , milho e na disponibilidade de enxofre e elementos menores. *Rev. Fac. Agron. & Vet.* , Porto Alegre, 10:49-50 , 1970.

GOEPFERT, C.F. & KUSSOW, W.F. A necessidade de aplicar en xofre e microelementos em oito solos do Rio Grande do Sul. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, 7(2):149-156, 1971.

GOMES, F.P. *Curso de Estatística Experimental*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1985. 466p.

GUPTA, U.C. A simplified method for determining hot-water-soluble boron in podzol soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 103(6):424-428, 1967.

GUPTA, U.C. Relationship of total and hot-water-soluble bo ron, and fixation of added boron, to properties of pod zol soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 32(1) : 45-48, 1968.

GUPTA, U.C. Interaction effects of boron and lime of barley. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 36(2):332-334, 1972.

GUPTA, U.C. Some factors affecting the determination of hot-water-soluble boron from podzol soils using azomethine-H. *Can. J. Soil Sci.*, Ottawa, 59(3):241-247, 1979a.

GUPTA, U.C. Boron nutrition of crops. *Advances in Agronomy*, New York, 31:273-307, 1979b.

GUPTA, U.C. & CUTCLIFFE, J.A. Effect of lime and boron on brown-heart, leaf tissue calcium/boron ratios, and boron concentrations of rutabaga. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 36:936-939, 1972.

GUPTA, V.K. & GUPTA, S.P. Effect of zinc sources and levels on the growth and Zn nutrition of soybean (*Glycine max* L.) in the presence of chloride and sulphate salinity. *Plant and Soil*, Netherlands, 81:299-304, 1984.

GUPTA, U.C. & MacLEOD, J.A. Influence of calcium and magnesium sources on boron uptake and yield of alfalfa and rutabagas as related to soil pH. *Soil Sci.*, Baltimore, 124(5):279-284, 1977.

GUPTA, S.K. & STEWART, J.W.B. The extraction and determination of plant-available boron in soils. *Schweiz Landw. For. Monatshefte*, Berne, 14(213):153-169, 1975.

HAQUE, I.; WALKER, W.M.; FUNNAH, S.M. Effects of phosphorus and zinc on soyabean in Sierra Leone. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis*, New York, 11(11):1029-1040, 1980.

HATCHER, J.T.; BOWER, C.A.; CLARK, M. Adsorption of boron by soils as influenced by hydroxy aluminum and surface area. *Soil Sci.*, Baltimore, 104(6):422-426, 1967.

HOROWITZ, A. & DANTAS, H. da S. Boro disponível nos solos da zona litoral-mata de Pernambuco. *Pesq. agrop.bras.*, Rio de Janeiro. Sér. Agron., 8(7):163-168, 1973.

JONES, H.B. & SCARSETH, G.D. The calcium boron balance in plant as related to boron needs. *Soil Sci.*, Baltimore, 57:15-24, 1944.

JONES, JR., J.B. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In: SOIL TESTING AND PLANT ANALYSIS Part II. Madison, Soil Sci.Soc. Amer. , 1967. p.49-58 . (SSSA Special Publ. Series nº 2).

KUBOTA, J.; BERGER, K.C.; TRUOG, E. Boron movement in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 13:130-134, 1948.

KUMAR, V. & SINGH, M. Sulfur and zinc relationship on uptake and utilization of zinc in soybean. *Soil Sci.*, Baltimore, 128(6):343-347, 1979.

LANTMANN, A.F.; CAMPO, R.J.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.

Efeito da aplicação de micronutrientes na produção de soja em Campo Mourão e Londrina, PR. *In: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de Pesquisas de Soja 1984/1985*, Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1985a. p.302-304.

LANTMANN, A.F.; CAMPO, R.J.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.

Efeito da aplicação de micronutrientes na produção de soja em Ponta Grossa, PR. *In: EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de Pesquisas de Soja 1984/1985*. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1985b.p.306.

LANTMANN, A.F. & MEURER, E.J. Estudo da eficiência de extratores para avaliação do zinco disponível do solo para o milho. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas, 6(2) : 131-135, 1982.

LANTMANN, A.F.; PALHANO, J.B.; CAMPO, R.J.; SFREDO, G.J.

Dinâmica de micronutrientes e sua absorção pela planta. *In: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de Pesquisas de Soja 1980/1981*. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1981. p.200-203.

- LINDSAY, W.L. & NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, Madison, 42(3):421-428, 1978.
- LOPES, A.S. Uso eficiente de fertilizantes com micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. *Anais*, Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984. p.347-382.
- LOPEZ RITAS, J. & LOPEZ MELIDA, J. *El diagnostico de suelos y plantas. Métodos de Campo y Laboratorio*. 3 ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1978. 337p.
- MACY, P. The quantitative mineral nutrient requirements of plants. *Plant Physiol.*, Maryland, 11:749-764, 1936.
- MALAVOLTA, E. *Nutrição Mineral e Adubação da Soja*. São Paulo, Ultrafertil. Departamento de Serviços Técnicos Agrônômicos, 1978. 40p. (Série Divulgação Técnica).
- MALAVOLTA, E. *Elementos de Nutrição Mineral de Plantas*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. *Micronutrientes na Adubação*. São Paulo, Nutriplant Indústria e Comércio, 1986. 70p.

- MALAVOLTA, E. Nutrição Mineral de Plantas. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO, Ilha Solteira, 1987. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.31-101.
- MALAVOLTA, E.; FERNANDES, F.M.; CABRINI, H.M.; ZANINI, J.R.; SÁ, M.E.de; BARRETO, M.; NASCIMENTO, V.M. do; KAMINSKI, J.; URQUIAGA CABALLERO, S.; GRACIOLLI, L.A.; PEREZ, A.L.; CAVICHIOILLI, C.; JACCOUD, A.; MELETTI, M.C. Exigências minerais comparadas de sois cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill): Santa Rosa e UFV-1. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 37:463-471, 1980.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. do. *Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas*. São Paulo, Pioneira, 1974. 752p.
- MARTIN, W.E. & MATOCHA, J.E. Plant analysis as an aid in the fertilization of forage crops. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D., eds. *Soil Testing of Plant Analysis*. Madison, Soil Sci. Soc. Amer., 1973. p.393-426.
- MARTINS, O. & BRAGA, J.M. Caracterização da fertilidade de cinco latossolos sob vegetação de cerrado. *Revista Ceres*, Viçosa, 24(136):596-605, 1977.

MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C.; FEITOSA, C.T.; NAGAI, V.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R. *Adubação da Soja em Solos de Cerrado*. Campinas, Instituto Agronômico, 1978. 28 p. (Boletim Técnico nº 54).

MASCARENHAS, H.A.A.; KIIHL, R.A. de S.; NAGAI, V.; BATAGLIA, O.C. Aplicação de micronutrientes em soja cultivada em solos de cerrado. *O Agrônomo*, Campinas, 25:71 - 77, 1973.

MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T. Adubação da Soja. VI. Efeitos do enxofre e de vários micronutrientes (Zn, Cu, B, Mn, Fe e Mo) em solo Latossolo Roxo, com vegetação de cerrado. *Bragantia*, Campinas, 26: 373-379, 1967.

MASCARENHAS, H.A.A.; NEPTUNE, A.M.L.; MURAOKA, T.; BULISANI, E.A.; HIROCE, R. Absorção de nutrientes por cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas, 4:92-96, 1980.

MILJKNOVIC, N.S.; MATTHEWS, B.C.; MILLER, M.H. The available boron content of the genetic horizons of some Ontario soils. I. The relationship between water-soluble boron and other soil properties. *Can. J. of Soil Sci.*, Ottawa, 46:133-138, 1966.

- MITCHELL, R.L. Trace elements in soils. In: BEAR, F.E. ed. *Chemistry of the Soil*. New York, Reinhold, 1965. p.320-368.
- MORTVEDT, J.J. & OSBORN, G. Boron concentration adjacent to fertilizer granules in soil, and its effect on root growth. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 29(2) : 187-191, 1965.
- NAFTEL, J.A. The influence of excessive liming on boron deficiency in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Gainesville, 2:383-384, 1937.
- OHKI, K. Zinc concentration in soybean as related to growth, photosynthesis ,and carbonic anydrase activity. *Crop Sci.*, Madison, 18(1):79-82, 1977.
- OHLROGGE, A.J. Mineral nutrition of soybeans. In: NORMAN, A.G. (ed.). *The Soybean*. New York, 1963. p.125-160.
- OHLROGGE, A.J. & KAMPRATH, E.J. Fertilizer use on soybeans. In: NELSON, L.B. (ed.). *Changing Patterns in Fertilizer Use*. Madison, Soil Sci. Soc. of America, 1968. p.273-295.

OKAZAKI, E. & CHAO, T.T. Boron fixation and desorption by some hawaiian soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 105(4):255 - 259, 1968.

OLSON, R.V. & BERGER, K.C. Boron fixation as influenced by pH, organic matter content and other factors. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Morgantown, 11:216-220, 1946.

PAGE, N.R. & PADEN, W.R. Boron supplying power of several South Carolina soils. *Soil Science*, Baltimore, 77(6): 427-434, 1954.

PILAND, J.R.; IRELAND, C.F.; REISENAUER, H.M. The importance of borax in legume seed production in the South. *Soil Science*, Baltimore, 57:75-84, 1944.

PONNAMPERUMA, F.N.; CLAYTON, M.T.; LANTIN, R.S. Dilute hydrochloric acid as an extractant for available zinc, copper and boron in rice soils. *Plant and Soil*, Netherlands, 61:297-310, 1981.

PRIMAVESI, A.M. *Manejo Ecológico do Solo: A Agricultura em Regiões Tropicais*. São Paulo, 1981. 541p.

- RABOY, V. & DICKINSON, D.B. Effect of phosphorus and zinc nutrition on soybean seed phytic acid and zinc. *Plant Physiol.*, Maryland, 75:1094-1098, 1984.
- RAIJ, B. van. & ZULLO, M.A.T. *Métodos de Análise de Solo Para Fins de Fertilidade*. Campinas, Instituto Agrônômico, 1977. 16p. (Circular nº 63).
- RASHID, A.; CHAUDHRY, F.M.; SHARIF, M. Micronutrient availability to cereals from calcareous soils. III. Zinc absorption by rice and its inhibition by important ions of submerged soils. *Plant and Soil*, Netherlands, 45(3): 613-623, 1976.
- REEVE, E. & SHIVE, J.W. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. *Soil Science*, Baltimore, 57:1-14, 1944.
- RHOADES, J.D.; INGVALSON, R.D.; HATCHER, J.T. Adsorption of boron by ferromagnesian minerals and magnesium hydroxide. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 34(6):938-941, 1970.
- RIBEIRO, A.C. & TUCUNANGO SARABIA, W.A. Avaliação de extractores para zinco e boro disponíveis em latossolos do Triângulo Mineiro. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas, 8(1):85-89, 1984.

- RITCHEY, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z.; YOST, R.S. Disponi-
bilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e so-
ja em Latossolo Vermelho-escuro argiloso. . *Pesq. agrop.*
bras., Brasília, 21(3):215-225, 1986.
- SAMARÃO, S.S.; DIDONETE, A.D.; NEIVA, L.C.S.; DUQUE, F.F.;
GOI, S.R.; JACOB NETO, J.; MONTEIRO, P.M.F.O.; ROLIM ,
R.B. Influência da calagem e micronutrientes na nodula
ção da soja por *Rhizobium japonicum* em solos ácidos. *Pesq.*
agrop. bras., Brasília , 21(3):237-244, 1986.
- SANTOS, O.S.; CERETTA, C.A.; PITOL, C. Efeitos de dosagens
de molibdênio, cobalto, zinco e boro aplicados em semen-
tes sobre características agronômicas da soja. In: REU-
NIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 8, Cruz Alta ,
1980. *Contribuição do Centro de Ciências Rurais*. Santa
Maria, Universidade Federal de Santa Maria., 1980. 5p.
- SANTOS, O.S.; CERETTA, C.A.; PITOL, C. Efeitos de dosagens
de molibdênio, cobalto, zinco e boro, aplicados nas se
mentes sobre características agronômicas da soja. In: REU-
NIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 9, Passo Fundo ,
1981. *Contribuição do Centro de Ciências Rurais*. Santa
Maria , Universidade Federal de Santa Maria , 1981. p.1-4.

SANTOS, O.S.; ESTEFANEL, V.; SANTOS, V.L.O. Molibdênio e zinco e sua interação com outros nutrientes, aplicados nas sementes de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 10, Porto Alegre, 1982. *Contribuição do Centro de Ciências Rurais*. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1982. p.40-43.

SCHALSCHA, E.B.; BINGHAM, F.T.; GALINDO, G.G.; GALVAN, H. P. Boron adsorption by vulcanic ash soils in southern Chile. *Soil Science*, Baltimore, 116:70-76, 1973.

SHIVASHANKAR, K.; VEERANNA, V.S.; KRISHNAMURTHY, K. Response of soybeans to phosphate and zinc application . *Mysore J. Agric. Sci.*, Bangalore, 8:370-375, 1974.

SILVA, A.R. da; ANDRADE, J.M.V. de; PERES, J.R.R. Efeito residual de micronutrientes no teor foliar e na produção de soja no cerrado. *Pesq. agrop. bras.*, Brasília, 21(6):597-613, 1986.

SIMS, J.R. & BINGHAM, F.T. Retention boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials. I. Layer silicates. *Soil Science Soc. Amer. Proc.*, Madison, 31(6) : 728-732, 1967.

- SIMS, J.R. & BINGHAM, F.T. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials. II. Sesquioxides. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 32(3): 364-369, 1968.
- SINGH, R. & MÖLLER, M.R.F. Disponibilidade de micronutrientes em classes dominantes de solos do trópico úmido brasileiro. I. Zinco. Belém, EMBRAPA- CPATU (Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido), 1984. 43p. (Boletim de Pesquisa nº 55).
- SMALL JR., H.G. & OHLROGGE, A.J. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D., (ed.). *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Sci. Soc. of America., Madison, 1973. p.315-327.
- SMITH, P.F.; REUTHER, W.; SPECHT, A.W.; HANCIAR, G. Effect of differential nitrogen, potassium, and magnesium supply to young Valencia orange trees in sand culture on mineral composition especially of leaves and fibrous roots. *Plant Physiol.*, Maryland, 29(4):349-355, 1954.
- TANAKA, H. Boron absorption by crop grass as affected by other nutrient of the medium. *Soil Sci. and Plant Nutr.*, Tokyo, 13(2):41-44, 1967.

THORNE, W. Zinc deficiency and its control. *Adv. in Agron.*, Ann Arbor., 9:31-65, 1957.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. *Soil Fertility and Fertilizers*. 4th Ed. New York., MacMillan, 1985. 754p.

TOUCHTON, J.T.; BOSWELL, F.C.; MARCHANT, W.H. Boron for soybeans grown in Georgia. *Commun. in Soil Sci. and Plant Anal.*, New York, 11(4):369-378, 1980.

TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. *Análise Foliar: Amostragem e Interpretação*. Campinas, Fundação Cargill., 1983. 18p.

VIETS JR., F.G.; BOAWN, L.C.; CRAWFORD, C.L. Zinc contents and deficiency symptoms of 26 crops grown on a zinc-deficient soil. *Soil Science*, Baltimore, 78:305-317, 1954.

VIETS, JR.F.G. & LINDSAY, W.L. Testing soil for zinc, copper, manganese, and iron. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D. eds. *Soil Testing and Plant Analysis*. Madison, Soil Sci. Soc. of America, 1973. p.153-172.

- VITTI, G.C. Efeitos de doses de enxofre e de zinco na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivada em condições de casa-de-vegetação. Piracicaba, 1982, 175p. (Tese de Doutorado - ESALQ/USP).
- WEAR, J.I. & PATTERSON, R.M. Effect of soil pH and texture on the availability of water-soluble boron in the soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 26(4):344-346, 1962.
- WHITE, M.C.; CHANEY, R.L.; DECKER, A.M. Differential cultivar tolerance in soybean to phytotoxic levels of soil Zn. II. Range of zinc additions and the uptake and translocation of Zn, Mn, Fe and P. *Agr. J.*, Madison, 71(1):126 - 131, 1978a.
- WHITE, M.C.; DECKER, A.M.; CHANEY, R.L. Differential cultivar tolerance in soybean to phytotoxic levels of soil Zn. I. Range of cultivar response. *Agr. J.*, Madison, 71(1): 121-126, 1978b.
- WILSON, C.M.; LOVVORN, R.L.; WOODHOUSE JR., W.W. Movement and accumulation of water-soluble boron within the soil profile. *Agr. J.*, Madison, 43(8):363-367, 1951.

WOLF, B. Factors influencing availability of boron in soil and its distribution in plants. *Soil Sci.*, Baltimore , 50:209-217, 1940.

ZYRIN, N.C. & ZBORISHCHUK, YU, N., Boron in the plow layer of soils in the european USSR. *Soviet. Soil Sci.*, Washington, D.C., 7(3):330-338, 1975.