

# BORO EM MATERIAIS DE TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE LAVRAS, MG<sup>1</sup>

JOB CARNEIRO VANDERLEI<sup>2</sup>, VALDEMAR FAQUIN  
GERALDO APARECIDO DE A. GUEDES e NILTON CURTI<sup>3</sup>

**RESUMO** - Foram estudados materiais de Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Latossolo Roxo (LR) e Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), do município de Lavras, MG, objetivando determinar o teor de B total e sua relação com o teor de B disponível e determinar o B disponível através dos métodos biológico do girassol, água quente, ácido clorídrico e ácido acético. Usou-se o arranjo fatorial 3 x 6 (3 solos e 6 doses de B; 0,0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 e 1,6 ppm), que obedeceram ao delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Utilizaram-se recipientes com capacidade para 0,5 kg de solo, onde foram cultivadas cinco plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) por 45 dias. O material de solo que se mostrou mais eficiente em fornecer B para as plantas, foi o LV seguido pelo LR e PV. O teor de B total, pelo menos no caso dos materiais dos solos estudados, parece ser um bom índice de sua disponibilidade. Na avaliação da disponibilidade de B, o método da água quente mostrou-se mais eficiente, seguido pelo HCl. O ácido acético mostrou-se o menos eficiente. A avaliação pelo método biológico, correlacionou-se bem com os teores de B, originalmente, extraídos com água quente.

Termos para indexação: boro total, boro disponível, método biológico, extratores químicos.

## BORON IN MATERIAL OF THREE SOILS FROM LAVRAS, MG, BRAZIL

**ABSTRACT** - Materials of Red-Yellow Latosol (RYL), Purple Latosol (PL) and Red-Yellow Podzol (RYP) located in Lavras, MG, Brazil, were studied to determine the level of total B and its relationship to the level of available B, and to determine the available B, by the following methods: biological of sunflower, hot water, hydrochloric acid and acetic acid. The experiment was performed in a completely randomized design with a factorial scheme of 3 x 6 (three soils and six doses of B: 0,0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 e 1,6 ppm), and four replicates. Containers with a capacity of 0,5 kg of earth were used, and five plants of sunflower (*Helianthus annuus*) were grown in each container for 45 days. The soil material that was shown to be most efficient in providing B for the plants was RYL followed by PL and RYP. The level of total B, at least in the case of the soil materials studied, appears to be a good index of its availability. In the assessment of available B, the hot water method was shown to be most efficient, followed by HCl. The assessment by the biological method reproduced well the levels of B originally extracted by hot water.

Index terms: total Boron, available Boron, biological method, chemical extractants.

## INTRODUÇÃO

O B disponível no solo encontra-se principalmente associado à matéria orgânica, o que evidencia sua maior concentração nos horizontes superficiais. Martens (1968) afirma haver uma correlação positiva entre o B solúvel em água quente (disponível) e o teor de matéria orgânica. Corre-

lações desta natureza foram encontradas por Berger & Truog (1940), Brasil Sobrinho (1965), Miljkovic et al. (1966), Horowitz & Dantas (1973) e Casagrande (1978).

Os solos derivados de rochas ígneas mais ácidas têm concentrações de B levemente superiores aos dos solos derivados de rochas básicas (Hodgson 1963). Pelo fato de os minerais contendo B serem extremamente insolúveis, o seu teor total tem pouco valor para predição da sua disponibilidade para as plantas (Berger & Truog 1940, Brasil Sobrinho 1965).

Vários são os fatores que afetam a disponibilidade de B para as plantas, tais como: pH, nível de cálcio, teor de matéria orgânica, compostos de Fe e Al e textura (Cook & Millar 1939, Berger

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 17 de outubro de 1988. Parte do trabalho apresentado à Escola Superior de Agricultura de Lavras, pelo primeiro autor, para obtenção do título de mestre.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EMGOPA), Caixa Postal 49, CEP 74000 Goiânia, GO.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Dr., Prof. do Dep. de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

& Truog 1940, Jones & Scarseth 1944, Biggar & Fireman 1960, Sing 1964, Brasil Sobrinho 1965, Hatcher et al. 1967, Martens 1968, Rhoades et al. 1970 e Casagrande 1978).

Esses fatores atuam em conjunto, o que dificulta a determinação da contribuição de cada um deles.

Vários métodos têm sido utilizados para avaliar a disponibilidade de boro nos solos, principalmente na tentativa de obtenção de um método mais prático que possa vir a ser usado rotineiramente.

O presente trabalho teve como objetivos:

1. Determinar o teor de B total no solo e sua relação com o teor de B disponível.
2. Determinar o B disponível através dos métodos biológico, água quente e extratores químicos (ácido clorídrico e ácido acético).
3. Correlacionar algumas propriedades ou características do solo com o B disponível, extraído pelos métodos utilizados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados materiais de Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) epiálico textura muito argilosa; Latossolo Roxo (LR) epiálico textura muito argilosa; e Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) epicutrófico textura argilosa, todos do município de Lavras, MG.

De cada perfil foram coletados aproximadamente 50 kg de material de solo da camada superficial (0 a 20 cm), que, após secados ao ar, foram peneirados em malha com 3 mm de abertura. Para cada solo determinou-se a dose de corretivo necessária para elevação do pH a 5,8 - 6,0, através de incubação, conforme Malavolta (1981), utilizando-se uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  p.a., na relação Ca:Mg de 4:1. O período de incubação foi de 30 dias. O PV não recebeu calagem, pelo fato de o seu pH original estar dentro da faixa desejada.

No solo original foram feitas as análises que constam na Tabela 5, a difração de raios-X da fração argila, e a análise de turmalina na fração areia fina, com microscópio petrográfico (Figura 2).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo (DCS), da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), MG, repetindo-se quatro vezes os tratamentos, resultantes de um arranjo fatorial 3 x 6 (três solos e seis doses de B: 0,0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 e 1,6 ppm), que obedeceram ao delineamento inteiramente casualizado.

Foram utilizados recipientes de óleo lubrificante, com capacidade de 600 ml. Cada recipiente recebeu 0,5 kg de

TFSA e adubação básica, conforme a Tabela 1. O B foi aplicado nas doses 0,0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 e 1,6 ppm, de maneira parcelada, para evitar efeito fitotóxico, de acordo com a Tabela 2. A solução de trabalho utilizada foi elaborada de maneira a ter uma concentração de 5 ppm de B.

Um dia antes do plantio, os vasos receberam a adubação básica e foram irrigados. Usou-se como planta-teste, o girassol (*Helianthus annuus* L.) (híbrido Contissoi-112), conservando-se um estande final de cinco plantas/vaso. A umidade nos vasos foi mantida a 60% do volume total de poros (VTP), de acordo com Freire et al. (1980), através de pesagens diárias dos recipientes, completando-se o peso com água desmineralizada.

Foram realizadas medições da altura de todas as plantas aos 15, 25, 35 e 45 dias após a semeadura. Diariamente foram realizadas observações e anotações do número de plantas nos vasos que mostravam sintomas de carência de B.

A colheita foi realizada aos 45 dias após a semeadura, cortando-se as plantas rente ao solo. Após a secagem do material de solo dos vasos, as raízes foram coletadas e lavadas. Todo o material vegetal foi seco em estufa com circulação forçada de ar, a 60 - 65°C, até peso constante, realizando-se, em seguida, a pesagem da matéria seca da parte aérea e das raízes, que posteriormente, foram moídas e analisadas para B e Ca.

Para análise de B, nos materiais de solo após o cultivo, foram utilizados os seguintes extratores: água quente (Jackson 1970), HCl 0,05 N (Ponnamperuma et al. 1981) e  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,05 N (Catani et al. 1970).

A avaliação da disponibilidade de B, pelo método biológico do girassol, descrito por Schuster & Stephenson (1940) e Colwell (1943), foi baseada apenas no valoridade (dias após a semeadura, em que pelo menos uma das plantas, sem adição de B, apresenta sintomas de carência de B).

Foram realizadas análises de variância para as seguintes características: produção de matéria seca total, altura das plantas, quantidade de B absorvida pela planta total, relação Ca/B no tecido da planta e B disponível extraído pelos três extratores; foram também ajustadas equações de regressão na análise de variância de todas as características.

Foram feitas correlações entre todos estes parâmetros analisados, bem como entre o B disponível originalmente e as propriedades e características que afetam a sua disponibilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos dados apresentados nas Tabelas 3 e 4 e, Figura 1, verifica-se que as plantas desenvolvidas no LV alcançaram maior produção de matéria seca e absorveram maior quantidade de B, corroborando com a maior quantidade de B disponível,

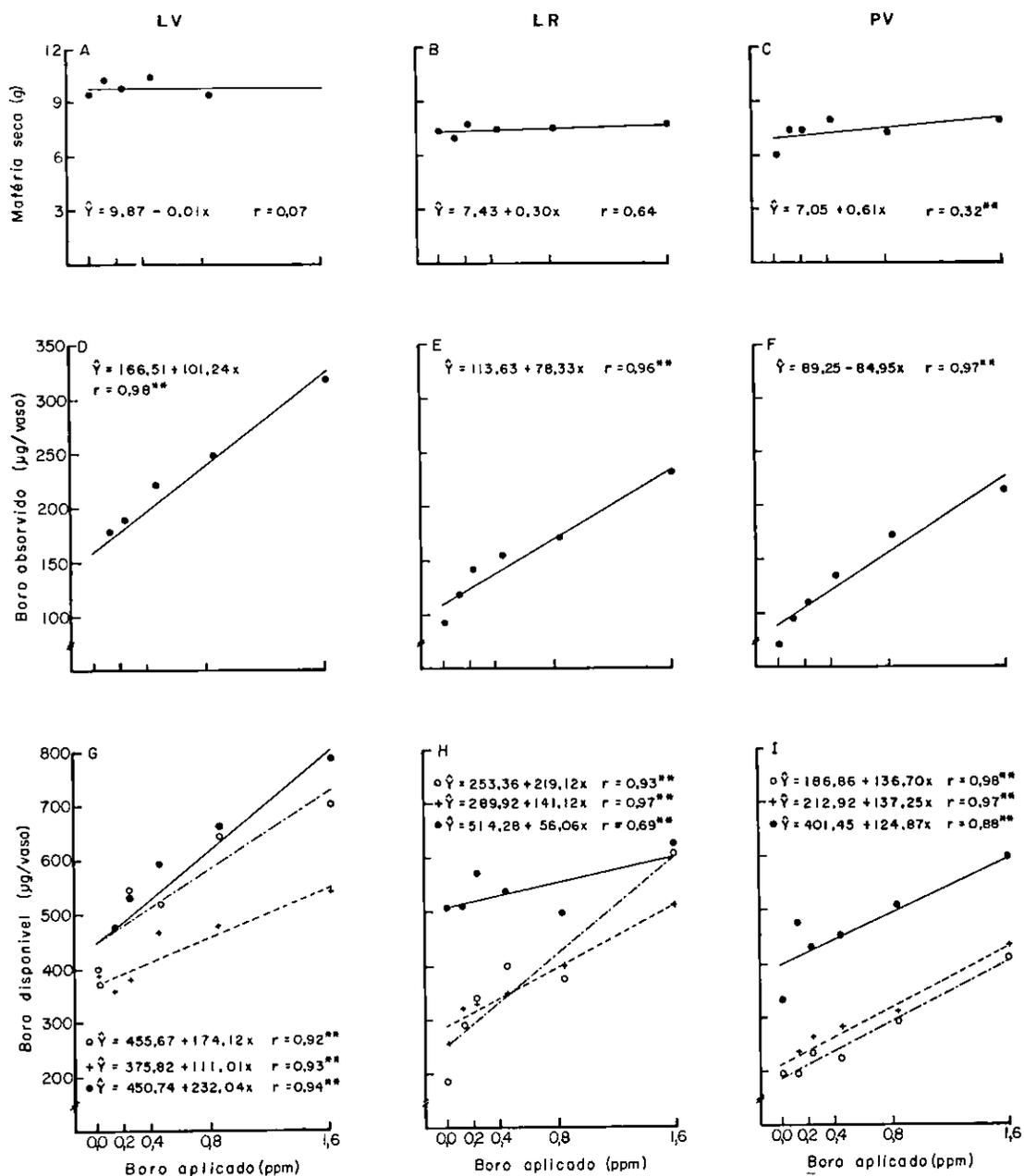


FIG. 1. Efeito de doses de B na produção de matéria seca, B absorvido pelo girassol e B disponível pelos diferentes extratores em três materiais de solos (média de quatro repetições). Lavras, MG. 1984.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

--- Água quente; - - - HCl 0,05 N e — CH<sub>3</sub>COOH 0,05 N.

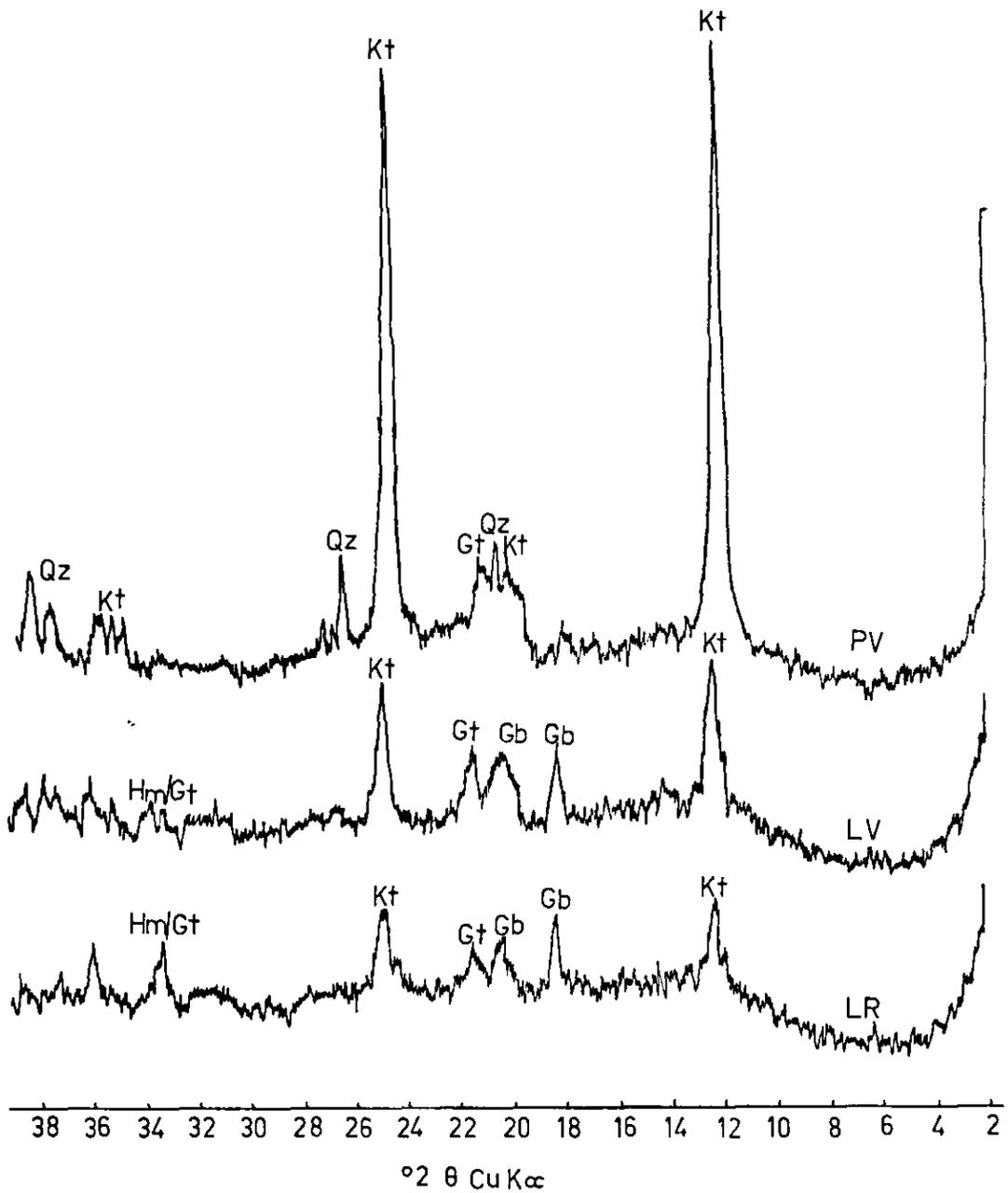


FIG. 2. Difractogramas de raios-X da fração argila dos materiais de solos utilizados. Lavras, MG. 1984.

TABELA 1. Doses e fontes dos nutrientes aplicados na adubação básica. Lavras, MG. 1984.

Elemento	Doses (ppm)		Fonte
	Semeadura	Cobertura	
N	100	100	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>
P	200	—	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O
K	75	75	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Ca <sup>1</sup>	129	—	—
Mg	15	—	MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O
S <sup>1</sup>	59	31	—
Cu	1,5	—	CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O
Fe	5,0	—	Fe - EDTA
Mn	3,0	—	Mn SO <sub>4</sub> . H <sub>2</sub> O
Zn	5,0	—	Zn SO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O
Mo	0,1	—	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub>

<sup>1</sup> No preparo das soluções não houve preocupação com os teores de Ca e S; o Ca foi fornecido pela mesma fonte de P e o S pelas fontes de K, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn.

TABELA 2. Parcelamento do B fornecido nos diferentes tratamentos.

Tratamentos (ppm de B)	Dia do desbaste	Dias após o desbaste			
		4	8	12	16
		ml de solução/vaso <sup>1</sup>			
0,0	—	10	—	—	—
0,1	10	—	—	—	—
0,2	10	10	—	—	—
0,4	10	10	20	—	—
0,8	10	20	20	30	—
1,6	10	20	30	40	60

<sup>1</sup> Solução contendo 5 ppm de B.

extraída deste solo. Por outro lado, foi o PV o que menos se destacou em todos os parâmetros analisados. O LR teve comportamento intermediário, a despeito do seu maior conteúdo de matéria orgânica (Tabela 5), que deveria correlacionar-se positivamente com o teor de B disponível, conforme mostram os trabalhos de vários pesquisadores (Berger & Truog 1940, Brasil Sobrinho 1965, Miljkovic et al. 1966, Martens 1968, Horowitz & Dantas 1973 e Casagrande 1978). Assim, esperar-se-ia que o LR apresentasse o maior teor em B disponível. É possível que essa menor dispo-

nibilidade (Tabela 5), quando comparada com o LV, seja função da maior retenção de B no LR, em face dos seus mais altos teores totais de óxido de ferro livre e de argila (Tabela 5), bem como sua dominância relativa de gibbsita, mostrada pelos difratogramas de raios-X (Figura 2), quando comparado com LV e PV.

Segundo Biggar & Fireman (1960) e Singh (1964), a capacidade de retenção de B aumenta dos solos de textura grosseira para os de textura mais fina. Os dois primeiros autores afirmam, ainda, que os solos não apenas variam em sua capacidade de reter o B, mas também quanto à energia de sua retenção.

Quanto ao B total (Tabela 5), observou-se que o maior teor foi encontrado no LV, seguido do PV e LR. O menor teor de B total encontrado no LR pode ser explicado pelo fato de este solo ter sua origem em rochas básicas, o que não ocorre com o LV e PV, os quais são formados a partir de rochas ácidas. Hodgson (1963) comenta que as rochas mais ácidas têm concentrações levemente superiores, o que está de acordo com os resultados obtidos. Pela análise da fração areia fina ao microscópio petrográfico para identificação da turmalina, principal mineral contendo B no solo, segundo Bear (1953), Mortvedt & Cunningham (1971) e Brasil Sobrinho & Freire (1980), esta não foi detectada no LR, tendo sido a maior percentagem encontrada no PV (0,70% da fração areia fina) seguido pelo LV (0,20%).

Os autores Berger & Truog (1940), Brasil Sobrinho (1965) e Wear (1965) relatam que o teor de B total é de baixo valor para predição de sua disponibilidade. No entanto, pelas relações B total/B disponível (Tabela 5), pode-se ter uma idéia da maior ou menor capacidade do solo em transformar o B total em disponível. Na Tabela 5, observa-se que a menor relação foi obtida no LV, solo em que se verificou o maior suprimento de B para as plantas, proporcionando um melhor desenvolvimento vegetativo. Por outro lado, a maior relação ficou com o PV, onde a carência de B foi bem acentuada. Pelo menos no caso dos materiais de solos estudados, o teor de B total parece ser um bom índice de sua disponibilidade.

Quanto aos extratores utilizados, observou-se que os métodos da água quente e do HCl, tiveram

TABELA 3. Efeito das doses de B na produção total de matéria seca, altura e quantidade de B absorvida pelo girassol, cultivado em três materiais de solos de Lavras, Lavras, MG. 1984.

Doses B (ppm)	Produção matéria seca			Altura			Quantidade absorvida		
	LV	LR	PV	LV	LR	PV	LV	LR	PV
	g/vaso			cm			mg/vaso		
0,0	9,46 a	7,43 a	6,12 b	51,95 a	47,45 a	41,75 b	147,04 e	94,05 e	70,25 e
0,1	10,16 a	7,13 a	7,43 a	56,00 a	47,40 a	45,75 b	179,32 d	119,50 d	96,71 d
0,2	9,80 a	7,84 a	7,39 a	54,65 a	51,35 a	51,05 a	189,22 d	145,38 c	110,45 d
0,4	10,37 a	7,53 a	8,00 a	55,35 a	50,05 a	51,00 a	224,57 c	156,46 bc	134,69 c
0,8	9,51 a	7,65 a	7,33 a	54,70 a	49,90 a	51,75 a	250,77 b	173,74 b	172,58 b
1,6	9,89 a	7,88 a	7,90 a	55,10 a	49,80 a	52,10 a	322,01 a	235,47 a	214,16 a
Médias	9,86 A	7,58 B	7,36 B	54,62 A	49,32 B	48,90 B	218,82 A	154,10 B	133,14 C

Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma coluna e maiúscula na linha, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 4. Efeito das doses de B na quantidade de B disponível pelos extratores<sup>1</sup>; água quente, ácido colorídrico 0,05 N e ácido acético 0,05 N em três materiais de solos de Lavras, Lavras, MG. 1984.

Doses B (ppm)	Água quente			HCl 0,05 N			CH <sub>3</sub> COOH 0,05 N		
	Amostras			Amostras			Amostras		
	LV	LR	PV	LV	LR	PV	LV	LR	PV
	mg/vaso								
0,0	393,47 d	183,30 d	193,99 c	387,52 c	255,82 d	182,79 e	372,33 f	509,66 c	335,18 c
0,1	465,18 d	287,99 c	192,97 c	356,97 c	320,01 c	235,89 d	472,82 e	511,48 c	476,87 bc
0,2	545,12 c	345,26 b	234,04 c	375,93 c	338,99 c	260,88 cd	528,51 d	572,81 b	432,50 c
0,4	521,46 c	399,13 b	220,74 c	462,69 b	347,80 c	282,85 bc	592,91 c	536,62 bc	450,83 c
0,8	644,39 b	373,64 b	292,59 b	472,35 b	402,41 b	307,20 b	666,38 b	501,45 c	506,08 b
1,6	704,19 a	610,14 a	410,58 a	543,59 a	511,95 a	433,38 a	790,80 a	627,45 a	592,31 a
Médias	545,63 A	366,58 B	257,48 C	433,18 A	362,83 B	283,83 C	570,62 A	543,25 B	465,96 C

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na mesma coluna e maiúscula na linha, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> A quantidade de B disponível em cada extrator é a somatória da quantidade extraída pela planta, com a extraída pelos extratores.

comportamento semelhantes e mais definidos que o do CH<sub>3</sub>COOH, (Figura 1 G, H e I e Tabela 4). Entre as correlações feitas com o B disponível por estes extratores, o maior coeficiente foi obtido entre a água quente e o HCl. Estes extratores foram também os que melhor se correlacionaram com o B total absorvido, produção de matéria seca e altura do girassol (Tabela 6). Estes resultados são promissores, considerando-se a possibilidade de substituição do método da água quente, visto ser um método moroso e com possibilidades

de perdas de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> na forma de vapor, durante a fervura, apesar de ser até hoje o método mais utilizado e aceito como o melhor índice de disponibilidade de B para as plantas (Berger & Truog 1940, Wear 1965 e Martens 1968).

Para as correlações feitas entre o B disponível pelos extratores e os teores de matéria orgânica, B total, argila e óxidos de ferro livres totais não foram encontradas significâncias, possivelmente por causa da influência de outros fatores, como, por exemplo, a superfície específica, ou por causa

TABELA 5. Características químicas e físicas de camada de 0 – 20 cm, dos materiais de solos estudados. Lavras, MG, 1984.

Características	Amostras <sup>1</sup>				
	LV		LR		PV
	A	D	A	D	A
<b>Químicas</b>					
Al <sup>3+</sup> (meq/100 g)	1,30	0,10	1,40	0,10	0,10
Ca <sup>2+</sup> (meq/100 g)	0,37	2,62	0,18	2,58	1,68
Mg <sup>2+</sup> (meq/100 g)	0,22	1,45	0,14	1,23	0,79
K <sup>+</sup> (meq/100 g)	0,14	0,14	0,11	0,11	0,21
Na <sup>+</sup> (meq/100 g)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08
P (ppm)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
pH em H <sub>2</sub> O	4,70	5,80	4,90	5,80	5,90
pH em KCl N	3,90	5,00	4,00	5,00	4,80
B total (ppm)	37,97		28,74		29,00
B disponível em água quente (ppm)	0,52		0,27		0,13
Relação B total/B disponível	73,02		106,44		223,08
Matéria orgânica (%)	3,87		4,85		2,17
Óxidos de Fe livre totais (%)	8,56		20,63		5,02
Acidez extraível (meq/100g)	11,71		13,03		4,29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ataque sulfúrico (%))	9,37		23,15		5,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ataque sulfúrico (%))	22,06		26,77		17,50
<b>Físicas</b>					
Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	1,03		0,97		1,08
Densidade de partículas (g/cm <sup>3</sup> )	2,43		2,70		2,66
Argila (%)	61,00		81,00		51,00
Silte (%)	2,00		7,00		11,00
Areia grossa (%)	29,00		7,00		27,00
Areia fina (%)	8,00		5,00		11,00
Superfície específica (m <sup>2</sup> /g)	111,12		122,82		91,27

<sup>1</sup> A – Análise realizada antes da incubação com calcário

D – Análise realizada após a incubação com calcário.

TABELA 6. Coeficientes de correlação entre as combinações variáveis analisadas. Lavras, MG, 1984.

Combinações de variáveis		Coeficientes de correlação (r)	
B (H <sub>2</sub> O quente)	x	Produção matéria seca	0,74 **
B (H <sub>2</sub> O quente)	x	Altura	0,72 **
B (H <sub>2</sub> O quente)	x	B total absorvido	0,93 **
B (H <sub>2</sub> O quente)	x	B (HCl 0,05 N)	0,93 **
B (H <sub>2</sub> O quente)	x	B (CH <sub>3</sub> COOH 0,05 N)	0,77 **
B (HCl 0,05 N)	x	Produção matéria seca	0,66 **
B (HCl 0,05 N)	x	Altura	0,69 **
B (HCl 0,05 N)	x	B total absorvido	0,94 **
B (HCl 0,05 N)	x	(CH <sub>3</sub> COOH 0,05 N)	0,80 **
B (CH <sub>3</sub> COOH 0,05 N)	x	Produção matéria seca	0,44 **
B (CH <sub>3</sub> COOH 0,05 N)	x	Altura	0,54 **

TABELA 6. Continuação

Combinações de variáveis		Coeficiente de correlação (r)	
B (CH <sub>3</sub> COOH 0,05 N)	x	B total absorvido	0,86 **
B total absorvido	x	Produção matéria seca	0,68 **
B total absorvido	x	Altura	0,74 **

\* \*Significativos ao nível de 1% de probabilidade.

do pequeno número de pontos utilizados nas correlações (apenas três).

Utilizando-se o método biológico do girassol, os materiais de solos, de acordo com o valor-idade foram classificados em: ligeiramente ou não deficientes – LV e LR (Classe III); e acentuadamente deficiente – PV (Classe I). Esta classificação refletiu bem os outros resultados obtidos, pelo fato de os dois primeiros materiais de solo não terem respondido à aplicação de doses crescentes de B, o mesmo não ocorrendo com o PV, onde a produção de matéria seca e a altura das plantas foram afetadas, quando não recebeu adubação boratada (Tabela 3).

### CONCLUSÕES

1. Valores mais baixos para a relação B total/B disponível no material de solo original indicaram maior disponibilidade desse micronutriente.
2. O teor de B total parece ser um bom índice de sua disponibilidade, pelo menos no caso dos materiais de solos estudados.
3. Dos métodos utilizados para extrair o B disponível, o da água quente foi o que se apresentou mais eficiente, seguido do HCl 0.05 N. O ácido acético foi o menos eficiente.
4. A classificação dos solos através do valor-idade, obtida pelo método biológico de girassol refletiu bem os teores de B, originalmente extraído com água quente.

### REFERÊNCIAS

- BEAR, F.E. Microelementos. In: ———. Suelos y fertilizantes. 2. ed. Barcelona, Omega, 1953. p.352-71.
- BERGER, K.C. & TRUOG, E. Boron deficiencies as revealed by plant and soil tests. *J. Am. Soc. Agron.*, Madison, 32(4):297-301, 1940.
- BIGGAR, J.W. & FIREMAN, M. Boron adsorption and release by soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 24(2):115-20, Mar/Apr. 1960.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Levantamento do teor de boro em alguns solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP, 1965.135p. Tese Mestrado.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. & FREIRE, J.C. Boro em alguns solos do Estado de São Paulo; avaliação por métodos químicos. *Rev. Agric. Piracicaba*, 55 (1/2): 83-105, 1980.
- CASAGRANDE, J.C. O boro em alguns solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 1978. 122p. Tese Mestrado.
- CATANI, R.A.; ALCARDE, J.C., KROLL, F.M. Extração e determinação do boro solúvel dos solos. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba*, 27:287-94, 1970.
- COLWELL, W.E. A biological method for determining the relative boron contents of soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 56:81-94, 1943.
- COOK, R.L. & MILLAR, C.E. Some soil factors affecting boron availability. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 4(3):297-301, 1939.
- FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S., AQUINO, L.H. de. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras, MG. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas, 4(1):5-8, 1980.
- HATCHER, J.T.; BOWER, C.A., CLARK, M. Adsorption of boron by soils as influenced by hydrox, ideof aluminum and surface area. *Soil Sci.*, Baltimore, 104(6):422-6, 1967.
- HODGSON, J.F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. *Adv. Agron.*, New York, 15:119-59, 1963.
- HOROWITZ, A. & DANTAS, H. da S. Boro disponível nos ciclos da zona litoral – Mata de Pernambuco. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 8(7):163-8, 1973.
- JACKSON, M.L. Análisis químico de suelos. 2.ed., Barcelona, Omega, 1970. 662p.
- JONES, H.E. & SCARSETH, G.D. The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. *Soil Sci.*, Baltimore, 57 15-24, 1944.

- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola; adubos e adubação*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 596p.
- MARTENS, D.C. Plant availability of extractable boron, copper and zinc as related to selected soil properties. *Soil Sci.*, Baltimore, 106(1):23-8, 1968.
- MILJKOVIC, N.S.; MATTHEWS, B.C.; MILLER, M.H. The available boron content of the genetic horizons of some ontaric soils. 1. The relationship between water-soluble boron and other soil properties. *Can. J. Soil Sci.*; Ottawa, 46(2):133-8, 1966.
- MORTVEDT, J.J. & CUNNINGHAM, H.C. Production marketing and use of other secondary and micro-nutrient fertilizers. In: OLSON, R.A. *Fertilizer technology & use*. Madison, Soil Science Society of America, 1971. p.413-54.
- PONNAMPERUMA, F.N.; CAYTON, M.T.; LANTIN, R.S. Dilute hydrochloric acid as an extractant for available zinc, copper and boron in rice soils. *Plant Soil*, Netherlands, 61:297-310, 1981.
- RHOADES, J.D.; IGVALSON, R.D.; HATCHER, J.T. Adsorption of boron by ferromagnesian minerals and magnesium hydroxide. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 34(6):938-41, 1970.
- SCHUSTER, C.E. & STEPHENSON, R.E. Sunflower as an indicator plant of boron deficiency in soils. *J. Am. Soc. Agron.* 32(8):607-21, 1940.
- SINGH, S.S. Boron adsorption equilibrium in soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 98:383-7, 1964.
- WEAR, J.I. Boron. In: BLACK, C.A. *Methods of soil analysis chemical and microbiological properties*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. cap. 75, p.1.059-63.