



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbc.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Brasil

dos Santos Neto, José Augusto; Ferreira Fontes, Renildes Lúcio; Alvarez V, Victor Hugo;
Lima Neves, Júlio César; Ferreira Fontes, Maurício Paulo; Ferreira de Faria, Arlindo;
Souza Nascimento Santos, Helena

**TAXAS DE RECUPERAÇÃO DE BORO POR EXTRATORES EM SOLOS DA BAHIA E
DE MINAS GERAIS, NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE CALAGEM**

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 39, núm. 4, 2015, pp. 1121-1126

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180241055019>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

DIVISÃO 3 - USO E MANEJO DO SOLO

Comissão 3.1 - Fertilidade do solo e nutrição de plantas

TAXAS DE RECUPERAÇÃO DE BORO POR EXTRATORES EM SOLOS DA BAHIA E DE MINAS GERAIS, NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE CALAGEM

José Augusto dos Santos Neto^{(1)*}, Renildes Lúcio Ferreira Fontes⁽²⁾, Victor Hugo Alvarez V⁽²⁾,
Júlio César Lima Neves⁽²⁾, Maurício Paulo Ferreira Fontes⁽²⁾, Arlindo Ferreira de Faria⁽³⁾ e
Helena Souza Nascimento Santos⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Universidade Estadual de Montes Claros, Departamento de Ciências Agrárias, Campus de Janaúba, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.

⁽²⁾ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

⁽³⁾ Instituto Estadual de Florestas, Ubá, Minas Gerais, Brasil.

⁽⁴⁾ Universidade Estadual de Montes Claros, Curso de Agronomia, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.

* Autor correspondente.

E-mail: jose.neto@unimontes.br

RESUMO

As informações referentes às taxas de recuperação do boro pelo extrator em razão das doses adicionadas são escassas e necessárias para os sistemas de recomendação de adubação e corretivos. Esta pesquisa teve o objetivo de determinar as taxas de recuperação desse nutriente com água fervente e CaCl_2 fervente em solos dos Estados da Bahia e Minas Gerais, na ausência e na presença de calagem. O experimento foi instalado em casa de vegetação, utilizando tratamentos em esquema fatorial $(6 \times 2 + 9) \times 6$, correspondendo a seis solos com e sem calagem, nove solos sem calagem e seis doses de B. Utilizaram-se blocos casualizados, com três repetições. As unidades experimentais foram constituídas por $0,6 \text{ dm}^3$ de solo. A calagem foi calculada com base na análise de solo, seguindo a recomendação de calagem usada para o Estado de Minas Gerais. Após 15 dias de incubação, os solos receberam doses de B (0,0; 1,5; 3,0; 6,0; 9,0; e 15 mg dm^{-3}), fazendo-se uma nova incubação por um período de 45 dias. Usou-se ácido bórico como fonte de B. Terminada a incubação, o teor de B disponível foi extraído com água fervente e CaCl_2 5 mmol L^{-1} fervente, sendo a dosagem feita com azometina-H. Foram feitas análises de regressão e correlação para as diversas variáveis. O B extraído do solo com água fervente e o CaCl_2 fervente, independentemente da calagem, aumentou linearmente com a elevação das doses aplicadas desse nutriente aos solos. Os extratores água fervente e o CaCl_2 fervente não são sensíveis à calagem. As taxas de recuperação de B dos solos pelos

Recebido para publicação em 15 de outubro de 2014 e aprovado em 12 de março de 2015.

DOI: 10.1590/01000683rbcs20140669

extratores usados variam de acordo com os teores de matéria orgânica, a quantidade e qualidade de argila e pelo equivalente de umidade. Os extractores utilizados foram altamente correlacionados entre si na extração do B do solo.

Palavras-chave: disponibilidade de boro, cloreto de cálcio fervente, água fervente.

ABSTRACT: RATES OF BORON RECOVERED BY DIFFERENT EXTRACTANTS FROM SOILS OF BAHIA AND MINAS GERAIS, BRAZIL, WITH AND WITHOUT LIMING

Information on rates of nutrient recovery by extractants as a function of added doses of the nutrients is scarce, yet necessary for fertilization and liming recommendation systems. The aim of this study was to determine boron recovery rates by boiling water and boiling CaCl₂, with and without liming, in soils of the States of Bahia and Minas Gerais, Brazil. We set up three experiments under greenhouse conditions using a (6 × 2 + 9) × 6 factorial arrangement, consisting of six soils with and without liming, nine soils without liming, and six application rates of B. A randomized block design was used, with three replicates. Experimental units consisted of 0.6 dm³ of soil. We calculated the liming rate based on soil analysis, following the recommendation for the State of Minas Gerais. After 15 days of incubation, the soils received different application rates of B (0, 1.5, 3, 6, 9, and 15 mg dm⁻³); they then underwent an additional 45-day incubation period. Boric acid (H₃BO₃) was the B source. After incubation, available B contents were extracted by boiling water and boiling 5 mmol L⁻¹ CaCl₂. Azomethine-H reagent was used for B detection. Regression and correlation analyses for the variables were carried out. The B extracted from the soil by boiling water and boiling CaCl₂, regardless of liming, increases in a linear manner with the increase in the application rates of this nutrient in the soils. The boiling water and boiling CaCl₂ extractants proved not to be sensitive to liming. Rather, the rates of B recovered from the soils by the extractants used vary according to organic matter content, clay quantity and quality, and the moisture equivalent. The extractants used had high correlation in extraction of B from the soil.

Keywords: boron availability, boiling calcium chloride, boiling water.

INTRODUÇÃO

Na falta de informações confiáveis e das dificuldades de extrapolações das recomendações de adubações e corretivos, buscam-se modelos mais mecanísticos para oferecer maior embasamento às recomendações. Nesses sistemas, a recomendação de adubação é com base no balanço entre as quantidades do nutriente em que o solo é capaz de suprir e a demanda pela cultura. Para o desenvolvimento desses sistemas, são necessárias várias informações, sendo uma delas as taxas de recuperação de um nutriente pelo extrator, uma vez que esses dados são escassos na literatura.

A taxa de recuperação de um nutriente por um extrator, em razão da sua dose adicionada varia de acordo com a capacidade-tampão do solo para esse nutriente, sendo essa uma propriedade que se busca estimar com determinadas características do solo como teor de argila, P remanescente (P-rem), C orgânico e equivalente de umidade (Alvarez V., 1995; Ferreira et al., 2001).

O B é um micronutriente de grande importância para as plantas, responsável pelo metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares por meio das

membranas, pela síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e de fito-hormônios, pela formação de paredes celulares e pela divisão celular.

A matéria orgânica é considerada o principal reservatório de B disponível em solos ácidos. Em solos brasileiros foram encontradas por Ruy (1986) correlações positivas entre o teor de B extraído com água fervente e o teor de matéria orgânica. Azevedo et al. (2001), trabalhando com solos de várzea do sul de Minas Gerais, constataram que os teores de matéria orgânica dos solos se correlacionaram significativamente ($r = 0,82^{**}$) com a capacidade máxima de adsorção de B, evidenciando que a matéria orgânica, provavelmente, é um dos sítios mais ativos de adsorção de B.

Gupta (1979) e Ferreira et al. (2001) observaram que o B recuperado em água fervente e o B adicionado foi menor em solos argilosos do que nos arenosos, pelo fato de os solos argilosos terem maior capacidade-tampão para o B, diminuindo a eficiência do extrator.

Em solos de Minas Gerais, Ferreira et al. (2001) observaram que os extractores água fervente e CaCl₂ 5 mmol L⁻¹ fervente demonstraram capacidades semelhantes de extração do B do solo; o CaCl₂ 5 mmol L⁻¹ fervente evidenciou maior

capacidade de recuperação do B aplicado do que a água fervente. Além disso, as taxas de recuperação de B com água fervente e CaCl_2 5 mmol L⁻¹ fervente foram significativamente diminuídas em solos com mais argila, matéria orgânica e óxidos livres de Fe.

O objetivo deste trabalho foi determinar as taxas de recuperação de B com água fervente e cloreto de cálcio fervente em amostras de solos dos Estados da Bahia e Minas Gerais na presença e ausência da calagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa, com os tratamentos em esquema fatorial ($6 \times 2 + 9 \times 6$, correspondendo a seis solos com e sem calagem, nove solos sem calagem e seis doses de B. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições.

As amostras dos solos foram de diferentes procedências, seis da Bahia e nove de Minas Gerais (Quadro 1); após coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade, foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de diâmetro. Na terra fina seca ao ar (TFSA), fez-se a caracterização química, física (Quadro 2) e mineralógica (Figura 1).

As unidades experimentais foram constituídas por 0,6 dm³ de solo; para seis classes de solos, metade das unidades experimentais não recebeu corretivo e a outra metade adicionou-se corretivo composto da mistura CaCO_3 e MgCO_3 na relação molar de 4:1, em quantidades calculadas com base na análise de solo, seguindo a recomendação de calagem pelo método Al e Ca+Mg para a cultura do milho (Alvarez V. e Ribeiro, 1999). Os solos com os corretivos ficaram incubados em sacos plásticos durante 15 dias, mantendo-se a umidade em 80 % da capacidade de campo, inclusive para os solos que não receberam calagem, utilizando água deionizada.

Depois da incubação com o corretivo, os solos receberam as doses de B (0; 1,5; 3; 6; 9; e 15 mg dm⁻³), seguindo-se nova incubação durante 45 dias, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo. A fonte de B utilizada foi ácido bórico.

Após esse período, as amostras foram secas à sombra, destorroadas e peneiradas. Realizou-se o quarteamento das amostras e foram coletadas sub-amostras para determinar os teores de B disponível. Na extração do B disponível, foi utilizado água fervente e CaCl_2 5 mmol L⁻¹ fervente, sendo a dosagem feita com azometina-H (Bataglia e Raij, 1990).

Os teores do B recuperado pelos extratores estudados foram submetidos à análise de variância. Para cada solo, com e sem calagem, foram ajustadas equações de regressão relacionando os teores de B recuperados pelos extratores com as doses

Quadro 1. Classificação e procedência dos solos utilizados

Solo	Procedência
Latossolo Vermelho distroférrego - LVdf	São Sebastião do Paraíso, MG
Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA1	Viçosa, MG
Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA2	João Pinheiro, MG
Cambissolo Háplico - C1	Viçosa, MG
Cambissolo Háplico - C2	Sete Lagoas, MG
Neossolo Quartzarênico - RQ	Ilhéus, BA
Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA3	Arataca, BA
Latossolo Vermelho - LV1	Sete Lagoas, MG
Latossolo Vermelho - LV2	Sete Lagoas, MG
Argissolo Vermelho-Amarelo - PVA1	Mascote, BA
Argissolo Vermelho-Amarelo - PVA2	Ponte Nova, MG
Nitossolo Vermelho - NV	Viçosa, MG
Chernossolo Háplico - M	Itaju do Colônia, BA
Planossolo Háplico - S	Itaju do Colônia, BA
Vertissolo Háplico - V	Itaju do Colônia, BA

adicionadas aos solos, determinado-se as taxas de recuperação dos extratores pelos coeficientes angulares das equações ajustadas.

Foram ajustadas regressões múltiplas das taxas de recuperação de B com algumas características do solo, na presença e ausência da calagem. Como suporte na execução das análises estatísticas, utilizou-se o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG 5.0).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de B extraídos por água fervente e CaCl_2 fervente na ausência e na presença da calagem variaram de 2,34 a 5,47 mg dm⁻³ para a água fervente e de 2,22 a 4,39 mg dm⁻³ para o CaCl_2 fervente.

As doses adicionadas de B promoveram aumento linear e significativo nos teores desse nutriente extraídos pelos extratores utilizados (Quadro 3). As taxas de recuperação de B, considerando todos os solos, em média, foram de 0,48 mg dm⁻³ para o extrator água fervente e 0,41 mg dm⁻³ para solução CaCl_2 fervente, resultados semelhantes aos encontrados por Ribeiro e Tucanango (1984) e Buzetti et al. (1990).

As equações para B recuperado em função do adicionado na presença e na ausência de calagem não diferiram entre si, tanto para a água fervente como para o CaCl_2 fervente, ou seja, não foram sensíveis à calagem.

As declividades das equações entre B recuperado e B adicionado aos solos LV1, LVA3 e LV2

Quadro 2. Caracterização química e física das amostras de TFSA dos solos utilizados

Característica	LVdf	LVA1	LVA2	C1	C2	RQ	LVA3 ⁽¹⁾	LV1 ⁽¹⁾	LV2 ⁽¹⁾	PVA1 ⁽¹⁾	PVA2 ⁽¹⁾	NW ⁽¹⁾	M ⁽¹⁾	S ⁽¹⁾	V ⁽¹⁾	
pH(H ₂ O) 1:2,5	5,3	4,2	4,5	4,3	4,8	4,6	6,5	5,8	5,5	5,6	5,6	5,8	6,7	6,8	5,9	5,7
pH(H ₂ O) 1:2,5 (após calagem)	6,0	5,5	6,0	5,5	5,6	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mat. orgânica (dag kg ⁻¹) ⁽²⁾	2,5	7,1	1,0	5,8	5,8	1,6	6,6	4,9	6,6	5,7	2,5	4,1	2,2	2,0	2,2	
P (mg dm ⁻³) ⁽³⁾	0,9	1,0	1,5	1,7	1,5	2,3	34,7	3,7	15,1	5,3	7,4	2,2	51,8	4,9	4,4	
K (mg dm ⁻³) ⁽³⁾	62,0	33,0	125,0	56,5	190	22,0	197	95,5	275	113	294	128	445	56,0	47,0	
P-rem (mg L ⁻¹) ⁽⁴⁾	3,9	11,5	13,7	18,7	11,8	26,4	16,7	7,2	9,1	20,8	19,9	19,0	39,8	29,8	35,8	
P-rem (mg L ⁻¹) ⁽⁴⁾ (após calagem)	4,0	9,9	16,4	17,6	15,0	24,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁽⁵⁾	0,6	0,1	0,2	0,3	1,2	0,3	7,8	2,8	3,9	4,4	2,4	5,1	2,2	4,2	3,4	
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁽⁵⁾	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	2,2	0,5	0,8	2,9	1,6	2,4	2,5	4,0	2,7	
Zn (mg dm ⁻³) ⁽³⁾	0,5	0,9	0,4	1,6	0,8	0,8	6,2	0,8	3,2	4,5	4,2	6,3	2,1	2,7	1,1	
Cu (mg dm ⁻³) ⁽³⁾	7,0	0,5	1,3	2,0	2,1	0,8	1,5	1,3	1,1	1,3	6,3	2,3	0,9	1,0	1,2	
B (mg dm ⁻³) ⁽⁶⁾	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,9	0,6	0,6	0,2	0,5	0,3	0,3	0,5	0,7	0,4	
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁽⁵⁾	0,1	2,7	1,7	2,1	2,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
H+Al (cmol _c dm ⁻³) ⁽⁷⁾	5,4	13,9	4,2	8,5	6,9	5,1	2,8	9,5	5,4	5,0	3,4	0,9	0,0	1,3	1,9	
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,9	0,3	0,8	0,6	1,8	0,6	10,5	3,6	5,3	7,6	4,7	7,9	5,8	8,3	6,2	
CTC pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	6,2	14,2	5,0	9,1	8,7	5,7	13,3	13,1	10,7	12,6	8,1	8,8	5,8	9,6	8,1	
CTC _{efetiva} (cmol _c dm ⁻³)	1,0	3,0	2,5	2,7	3,9	1,4	10,5	3,9	5,3	7,8	4,7	7,9	5,8	8,3	6,2	
V (%)	14,2	2,1	16,6	6,2	20,9	9,9	79,2	27,3	50,0	60,5	76,5	90,7	100	86,4	76,5	
m (%)	10,3	90,2	67,1	79,1	53,4	60,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Fe ditionito (dag kg ⁻¹) ⁽⁸⁾	8,0	4,9	2,8	2,6	3,5	1,7	4,7	4,0	3,9	1,6	3,7	4,7	1,1	1,4	0,9	
Fe oxalato (dag kg ⁻¹) ⁽⁸⁾	0,4	0,4	0,4	1,1	0,5	0,6	0,7	0,3	0,2	0,9	0,6	1,3	0,7	1,7	0,3	
Areia (%) ⁽⁸⁾	28,0	25,0	62,0	52,0	5,0	88,0	41,0	17,0	14,0	45,0	49,0	51,0	75,0	64,0	39,0	
Silte (%) ⁽⁸⁾	27,0	11,0	8,0	12,0	42,0	3,0	18,0	21,0	22,0	34,0	17,0	19,0	14,0	19,0	19,0	
Argila (%) ⁽⁸⁾	45,0	64,0	30,0	36,0	53,0	9,0	41,0	62,0	64,0	21,0	34,0	30,0	11,0	17,0	42,0	
Equiv. Umidade (dag kg ⁻¹) ⁽⁸⁾	22,0	32,0	13,0	25,0	39,0	4,9	32,0	34,0	34,0	37,0	23,0	23,0	11,0	15,0	32,0	

⁽¹⁾ Solos testados apenas na ausência de calagem; ⁽²⁾ Walkley-Black; ⁽³⁾ Mehlich-1; ⁽⁴⁾ Alvarez V. et al. (2000); ⁽⁵⁾ KCl 1 mol L⁻¹; ⁽⁶⁾ (Abreu et al., 1994); ⁽⁷⁾ CaOAc 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0 (Defelipo e Ribeiro, 1997); e ⁽⁸⁾ Embrapa (1997).

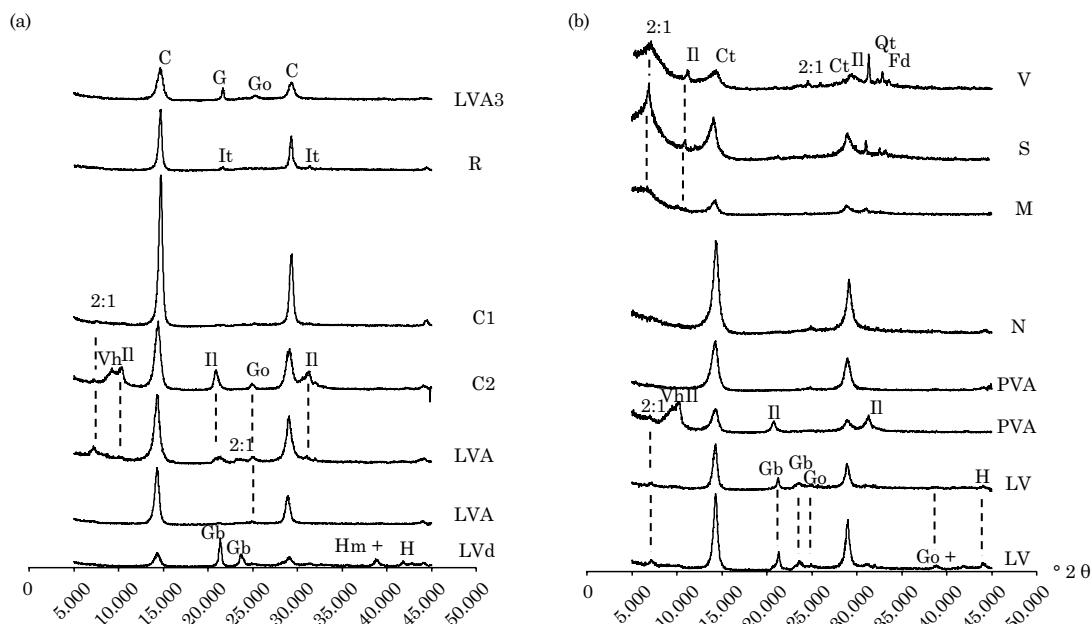


Figura 1. Difratogramas de raios-X da fração argila nas amostras naturais dos solos estudados, irradiados com tubos de cátodo-oco de Co, usando K_α e filtro de Ni. Ct: caolinita; Gb: gibbsita; Go: goethita; Il: ilita; Vh: vermiculita com hidróxido; Hm: hematita; e Qtz: quartzo; e Fd: feldspato.

Quadro 3. Equações ajustadas para a relação entre os teores de B recuperado (\hat{y} , mg dm⁻³), pelos extratores água fervente e CaCl₂ fervente, e as doses de B adicionadas (x, mg dm⁻³), na ausência e presença de calagem

Solo	Equação	R ²	Equação	R ²
Ausência de calagem				
Água fervente		CaCl₂ fervente		
LVdf	$\hat{y} = -0,026 + 0,458^{***} x$	0,983	$\hat{y} = 0,212 + 0,498^{***} x$	0,954
LVA1	$\hat{y} = 0,465 + 0,411^{***} x$	0,977	$\hat{y} = 0,082 + 0,429^{***} x$	0,974
LVA2	$\hat{y} = 0,119 + 0,595^{***} x$	0,994	$\hat{y} = 0,295 + 0,455^{***} x$	0,959
C1	$\hat{y} = 0,433 + 0,384^{***} x$	0,995	$\hat{y} = -0,014 + 0,456^{***} x$	0,986
C2	$\hat{y} = 0,484 + 0,398^{***} x$	0,994	$\hat{y} = 0,074 + 0,386^{***} x$	0,970
RQ	$\hat{y} = 0,402 + 0,882^{***} x$	0,990	$\hat{y} = 0,090 + 0,749^{***} x$	0,991
LVA3	$\hat{y} = 0,757 + 0,350^{***} x$	0,983	$\hat{y} = 0,179 + 0,402^{***} x$	0,967
LV1	$\hat{y} = 0,812 + 0,300^{***} x$	0,997	$\hat{y} = 0,180 + 0,357^{***} x$	0,965
LV2	$\hat{y} = 0,183 + 0,374^{***} x$	0,993	$\hat{y} = 0,028 + 0,382^{***} x$	0,980
PVA1	$\hat{y} = 0,291 + 0,427^{***} x$	0,984	$\hat{y} = 0,051 + 0,443^{***} x$	0,993
PVA2	$\hat{y} = 0,179 + 0,406^{***} x$	0,979	$\hat{y} = 0,132 + 0,451^{***} x$	0,980
NV	$\hat{y} = 0,140 + 0,412^{***} x$	0,996	$\hat{y} = -0,070 + 0,443^{***} x$	0,985
M	$\hat{y} = 0,296 + 0,639^{***} x$	0,993	$\hat{y} = 0,172 + 0,575^{***} x$	0,984
S	$\hat{y} = 0,363 + 0,559^{***} x$	0,962	$\hat{y} = 0,011 + 0,595^{***} x$	0,988
V	$\hat{y} = 0,100 + 0,624^{***} x$	0,993	$\hat{y} = 0,167 + 0,606^{***} x$	0,990
CV (%) ⁽¹⁾	31,50		22,02	
Presença de calagem				
LVdf	$\hat{y} = 0,447 + 0,437^{***} x$	0,971	$\hat{y} = 0,087 + 0,472^{***} x$	0,985
LVA1	$\hat{y} = 0,558 + 0,380^{***} x$	0,990	$\hat{y} = 0,292 + 0,365^{***} x$	0,941
LVA2	$\hat{y} = 0,073 + 0,538^{***} x$	0,993	$\hat{y} = 0,146 + 0,447^{***} x$	0,979
C1	$\hat{y} = 0,761 + 0,315^{***} x$	0,966	$\hat{y} = 0,350 + 0,351^{***} x$	0,922
C2	$\hat{y} = 0,395 + 0,391^{***} x$	0,977	$\hat{y} = 0,156 + 0,374^{***} x$	0,954
RQ	$\hat{y} = 0,333 + 0,820^{***} x$	0,995	$\hat{y} = 0,054 + 0,710^{***} x$	0,991
CV (%) ⁽¹⁾	37,92		29,75	

***: 0,1 % de significância. ⁽¹⁾ CV: coeficiente de variação.

(Quadro 3), independentemente da calagem, foram as menores para os dois extractores. Esses solos são argilosos com predominância de caulinita, gibsita, goetita e hematita para o LV1 e LV2. Segundo Sims e Bingham (1968), esses óxidos são os principais responsáveis pela adsorção do B.

A água fervente foi mais sensível à capacidade-tampão de B no solo do que o CaCl₂ fervente teve uma correlação estreita e significativa com o P-rem. Para os dois extractores, na presença de calagem, houve aumento dos coeficientes de correlação (Quadro 4) para as declividades do B recuperado em função do B adicionado, indicando que houve aumento da sensibilidade dos dois extractores à capacidade-tampão de B dos solos.

Os coeficientes de correlação entre os teores de argila e as taxas de recuperação de B com água fervente e CaCl₂ fervente foram negativos e significativos, indicando que os extractores extraem

maiores quantidades de B de solos com menores teores de argila (Quadro 4).

No solo V, as taxas de recuperação de B foram relativamente altas considerando sua textura argilosa. Possivelmente isso ocorreu por causa da presença de argila de alta atividade, com predominância de esmectita, com a presença ainda de mica e caulinita na sua constituição mineralógica (Figura 1).

As correlações entre matéria orgânica e as declividades das retas do B recuperado em função do adicionado foram significativas para água fervente, na ausência e presença de calagem, enquanto para o CaCl₂ fervente apenas foi significativa na presença de calagem.

Foram ajustadas equações de regressão múltipla entre as taxas do B recuperado em função da sua dose adicionada aos solos e algumas características dos solos que influenciam na capacidade-tampão de B (Quadro 5).

Quadro 4. Coeficientes de correlação linear simples (r) entre características de solo e as declividades da reta do B recuperado pela água fervente e pelo CaCl₂ fervente e as doses de B adicionadas ao solo, na ausência e presença da calagem

Característica	Calagem	Água	CaCl ₂
Matéria orgânica	Ausência	-0,79***	-0,77***
	Presença	-0,70°	-0,58 ^{ns}
P-rem	Ausência	0,67**	0,69°
	Presença	0,73***	0,56 ^{ns}
H + Al	Ausência	-0,46*	-0,56*
	Presença	-0,49 ^{ns}	-0,37 ^{ns}
CTC	Ausência	-0,66**	-0,58*
	Presença	-0,55 ^{ns}	-0,46 ^{ns}
Argila	Ausência	-0,68**	-0,73**
	Presença	-0,86*	-0,83*
Equivalente de umidade	Ausência	-0,74***	-0,70**
	Presença	-0,87*	-0,83*
Silte + Argila	Ausência	-0,71**	-0,72**
	Presença	-0,84*	-0,82*

^{ns}, °, *, ** e ***: não significativo e significativo a 10, 5, 1 e 0,1 %, respectivamente. Foram utilizados 15 pares de dados na ausência e seis na presença de calagem.

Quadro 5. Equações de regressão para as taxas de recuperação (TR) de B recuperado com água fervente e por CaCl₂ fervente em função das doses adicionadas na ausência e presença de calagem

Calagem	Equação	R ²
Água fervente		
Ausência	TR = 0,81 - 0,0153° ARG + 0,0001° ARG ²	0,540
	TR = 0,66 - 0,0860*** MO	0,620
	TR = 0,53 - 0,0658** MO + 0,0046° PR	0,696
	TR = 0,97 - 3,7955** EU + 6,1679° EU ²	0,713
Presença	TR = 1,11 - 0,0264° ARG + 0,0002° ARG ²	0,936
CaCl ₂		
Ausência	TR = 0,75 - 0,0110° ARG + 0,0001° ARG ²	0,590
	TR = 0,61 - 0,0634*** MO	0,593
	TR = 0,48 - 0,0432** MO + 0,0046° PR	0,726
	TR = 0,89 - 0,0179° ARG + 0,0002° ARG ²	0,892
Presença	TR = 0,67 - 0,0479** PR + 0,0021** PR ²	0,962

°, *, ** e ***: significativo a 10, 5, 1 e 0,1 %, respectivamente. ARG: argila (%); MO: matéria orgânica (dag kg⁻¹); EU: equivalente de umidade (dag kg⁻¹); e PR: fósforo remanescente (mg L⁻¹).

Nos solos que receberam doses crescentes de B, as taxas de recuperação, na ausência da calagem, foram explicadas pelo equivalente de umidade (71,3 %), para água fervente, e pela matéria orgânica e o P-rem (71,8 %), para o CaCl₂ fervente (Quadro 5). Com a calagem, verificou-se que as taxas de recuperação de B nos solos com água fervente e CaCl₂ fervente dependeram, principalmente, da quantidade e qualidade da argila.

CONCLUSÕES

O B extraído com água fervente e o CaCl₂ fervente, independentemente da calagem, aumentou linearmente com a elevação das doses aplicadas aos solos.

A água fervente foi mais sensível à capacidade-tampão de B do solo do que o CaCl₂ fervente; esses dois extratores não foram sensíveis à calagem.

As taxas de recuperação de B pela extração com água ou CaCl₂ ferventes variaram de acordo com os teores de matéria orgânica, a quantidade e qualidade da argila e o equivalente de umidade do solo.

REFERÊNCIAS

Abreu CA, Abreu MF, Raij Bvan, Bataglia OC, Andrade JC. Extraction of boron from soil by microwave heating for ICP-AES determination. Commun Soil Sci Plant Anal. 1994;25:3311-33.

Alvarez V, VH Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: Alvarez V, VH, Fontes LEF, Fontes MPF, editores. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 1995. p.615-46.

Alvarez V VH, Novais RF, Dias LE, Oliveira JA. Determinação e uso do fósforo remanescente. Bol Inf Soc Bras Ci Solo. 2000;25:27-33.

Alvarez V VH, Ribeiro, AC. Calagem. In: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5^a aproximação. Viçosa, MG: 1999. p.43-60.

Azevedo WR, Faquin V, Fernandes LA. Adsorção de boro em solos de várzea do Sul de Minas Gerais. Pesq Agropec Bras. 2001;37:957-64.

Bataglia OC, Raij Bvan. Eficiência de extractores na determinação de boro em solos. R Bras Ci Solo. 1990;14:25-31.

Buzetti S, Muraoka T, Sá ME. Doses de boro na soja, em diferentes condições de acidez do solo: I Produção de matéria seca e de grãos e nível crítico no solo. R Bras Ci Solo. 1990;14:157-61.

Defelipo BV, Ribeiro AC. Análise química do solo; metodologia. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 1997. (Boletim de Extensão, 29).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de métodos de análises de solo. 2^a.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 1997.

Ferreira GB, Fontes RLF, Fontes MPF, Alvarez V VH. Influência de algumas características do solo nos teores de boro disponível. R Bras Ci Solo. 2001;25:91-101.

Gupta UC. Boron nutrition of crops. Adv Agron. 1979;31:273-307.

Ribeiro AC, Tucunango SWA. Avaliação de extractores para zinco e boro disponíveis em Latossolos do Triângulo Mineiro. R Bras Ci Solo. 1984;8:85-9.

Ruy VM. Contribuição para o estudo do B disponível em solos [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 1986.

Sims JR, Bingham FT. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides and soil materials. III - Iron and aluminum coated layer silicates and soil materials. Soil Sci Soc Am J. 1986;32:369-73.