

CRESCIMENTO DE SOJA EM SOLOS EM RESPOSTA A DOSES DE BORO, CALAGEM E TEXTURA DO SOLO

Soybean growth in response to boron dosages, liming and soil texture

Rodinei Facco Pegoraro¹, José Augusto dos Santos Neto², Ivo Ribeiro da Silva³, Renildes Lúcio Ferreira Fontes³, Arlindo Ferreira de Faria⁴, Frederico Fonseca Moreira⁴

RESUMO

Neste trabalho, objetivou-se quantificar a produção de matéria seca e os conteúdos de B, Ca e Mg na cultura da soja cultivada em solos com diferentes texturas que receberam doses crescentes de B e calagem, e correlacionar o conteúdo de B absorvido pela planta com o teor de B recuperado com água e CaCl₂ ferventes sob influência de doses de boro e a calagem aplicadas em três solos distintos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em esquema fatorial 3 x 2 x 6, consistindo de três solos: textura arenosa (RQ), textura média (LVA₁) e textura argilosa (LVA₂), com e sem calagem, e seis doses de B (0; 1,5; 3; 6; 9 e 15 mg dm⁻³), em blocos casualizados com três repetições. Determinou-se o teor de B no solo extraível com água e CaCl₂ ferventes após 45 dias da adição das doses de B aos solos, massa de matéria seca da parte aérea e os teores de B, Ca e Mg na soja. Os teores de B recuperado, tanto pela água fervente, quanto pelo CaCl₂ fervente foram semelhantes nos três solos estudados e, apresentaram altas correlações com o conteúdo de B e o peso de matéria seca. As doses de B adicionadas aumentaram a sua absorção pelas plantas, mas causaram redução na produção de matéria seca da parte aérea nos solos RQ (textura arenosa), LVA₁ (textura média) e o LVA₂ (textura argilosa) com calagem, neste último solo, o efeito é minimizado na presença de maior teor de argila.

Termos para indexação: *Glycine max* L., teor de B, água fervente, CaCl₂ fervente.

ABSTRACT

This work aimed to quantify the dry matter production and the contents of B, Ca and Mg in soybean plants grown in soils with different textures, which received increasing doses of B, and liming. Additionally, it was correlated the B contents in the plants with the B recovered from the soil with boiling water and CaCl₂. The experiment was carried out in a greenhouse in a factorial 3 x 2 x 6 (three soils: sand texture (RQ), loamy sand (LVA₁) and clayey (LVA₂) textures; with and without liming; and six B doses: 0; 1,5; 3; 6; 9 and 15 mg dm⁻³) arranged in a entirely randomized block design with three replications. It was determined the soil B extracted with boiling water and CaCl₂ 45 days after the addition of the B doses to the soil. The shoots dry matter weight and their B contents in the soybean plants were determined. The mean concentrations of B recovered by both boiling water and boiling CaCl₂ were similar for the three soils and were highly correlated with the B contents in the plants and with the dry matter production. The B doses added increased B concentration in the plants, but they decreased dry matter production in the RQ soil, and in the LVA₁ and LVA₂ soils with liming. The detrimental effect of high B in the dry matter production was lowered in the soils with higher clay and organic matter concentrations.

Index terms: *Glycine max* L., B concentration, boiling water, boiling CaCl₂.

(Recebido em 28 de abril de 2006 e aprovado em 17 de janeiro de 2007)

INTRODUÇÃO

O boro destaca-se por desempenhar importante papel no transporte de açúcares, no metabolismo de carboidratos, na respiração, na síntese e estruturação de células guarda, lignificação e metabolismo de RNA, fenóis e ácido indol acético (AIA) (MARSCHNER, 1995; ROMHELD & MARSCHNER, 1991). A disponibilidade do nutriente (B) às plantas está associada às propriedades físicas e químicas do solo, como: pH, textura, mineralogia e matéria orgânica (GOLDBERG, 1997; NABLE et al., 1997).

Respostas à aplicação de boro em algumas culturas anuais foram observadas por vários pesquisadores (BUZETTI et al., 1990; DELL & HUANG, 1997; FERREIRA et al., 2001a; GALRÃO, 1990; GHANATI et al., 2005; RERKASEM et al., 1997; RERKASEM & JAMJOD, 1997). Entretanto, existem muitas controvérsias entre os resultados, principalmente, pela grande variabilidade das condições físicas e químicas dos solos cultivados e, das necessidades nutricionais das culturas.

A soja é uma das culturas anuais mais exigentes em B, sendo comum a deficiência nessa cultura (FURLANI et

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor – Departamento de Ciências Agrárias – Universidade Estadual de Montes Claros – Avenida Reinaldo Viana, 2630, Bico da Pedra – Cx.P. 91 – 39440-000 – Janaúba, MG – rodinei_pegoraro@yahoo.com.br

²Engenheiro Agrônomo, Mestre – Departamento de Ciências Agrárias – Universidade Estadual de Montes Claros – Avenida Reinaldo Viana, 2630, Bico da Pedra – Cx. P. 91 – 39440-000 – Janaúba, MG – augustojn@ig.com.br

³Doutores – Universidade Federal de Viçosa/UFV – Avenida Ph Holfs s/n – 36570-000 – Viçosa, MG – ivosilva@ufv.com.br; renildes@ufv.br

⁴Engenheiros Agrônomos – Universidade Federal de Viçosa/UFV – Avenida Ph Holfs s/n – 36570-000 – Viçosa, MG – arlindofaria@vicosa.ufv.br; frediffm@bol.com.br

al., 2001), bem como, é também bastante sensível a sua toxidez (ROSOLEM, 1980). A deficiência é constatada quando o teor foliar é inferior a 25 a 30 mg kg⁻¹, e a toxidez aparece para teor acima de 83 mg kg⁻¹, dependendo da cultivar e das condições do ambiente (FURLANI et al., 2001).

O método de rotina para determinação do teor de B disponível nos solos dos Estados de Minas Gerais e Bahia é o da extração com água fervente (ALVAREZ et al., 1999). Entretanto, por se tratar de um procedimento demorado e de alto custo, têm sido realizados estudos com outros extratores, como, por exemplo, CaCl₂, por ser facilmente executado e apresentar resultados semelhantes aos obtidos com água fervente (BATAGLIA & RAIJ, 1990; FERREIRA et al., 2001a).

A disponibilidade de B para as plantas é afetada por vários fatores como o teor de argila, minerais da fração argila e pH. Ferreira et al. (2001a), em estudo com milho, verificaram que o B aplicado ao solo foi retido em maior quantidade nos solos com altos teores de argila, e que o aumento dos teores de óxidos livres de Fe afetou a capacidade de recuperação de B pelos extratores (água fervente e CaCl₂), comprometendo a avaliação do teor disponível de B.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a produção de matéria seca, a concentração de B, Ca e Mg e a correlação entre os nutrientes absorvidos com o teor de B por meio dos extratores água e CaCl₂ ferventes, em relação da textura do solo na ausência ou presença da calagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação em esquema fatorial 3 x 2 x 6, constituído por três solos: em relação a textura (arenosa, média e argilosa), com e sem calagem e seis doses de B (0; 1,5; 3; 6; 9 e 15 mg dm⁻³). Os solos adotados foram classificados como Neossolo Quartzarênico (RQ), textura arenosa, e Latossolos Vermelho Amarelo (LVA₁, textura média, e LVA₂, textura argilosa). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com três repetições. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm, secadas e peneiradas em peneira com malha de 2 mm para a análise dos atributos químicos e físicos (Tabela 1).

Determinação do B disponível por água e CaCl₂ ferventes

As unidades experimentais foram constituídas de sacos plásticos contendo 0,6 dm³ de solo. Inicialmente, o pH dos tratamentos com calagem foi elevado a aproximadamente 6,0, utilizando-se CaCO₃ e MgCO₃ na proporção de 4:1. A dose do corretivo foi calculada conforme a recomendação de Alvarez & Ribeiro (1999). Os solos, com e sem calagem, foram incubados em sacos plásticos por 15 dias mantendo a umidade em 80 % da capacidade de campo. Posteriormente, os solos receberam as doses de B (0; 1,5; 3; 6; 9 e 15 mg dm⁻³) na forma de H₃BO₃ e foram, novamente, incubados por um período de 45 dias. Após esse período, coletaram-se sub-amostras para análises de pH e determinação dos teores de B no

Tabela 1 – Atributos químicos e físicos do Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo (LVA₁) e do Latossolo Vermelho Amarelo (LVA₂)^(*).

Características	RQ	LVA ₁	LVA ₂
pH água 1:2,5 (antes da calagem)	4,6	4,5	4,2
pH água 1:2,5 (após calagem)	5,8	6,0	5,5
Mat. orgânica dag kg ^{-1#}	1,6	1,0	7,1
Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³ (§)	0,3	0,2	0,1
Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³ (§)	0,2	0,3	0,1
B, mg dm ⁻³ (¶)	0,9	0,5	0,5
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³ (§)	0,9	1,7	2,7
Areia, dag kg ⁻¹ (§)	88,0	62,0	25,0
Silte, dag kg ⁻¹ (§)	3,0	8,0	11,0
Argila, dag kg ⁻¹ (§)	9,0	30,0	64,0
Densidade aparente, kg dm ⁻³ (¶)	1,4	1,3	1,1

* Walkley-Black; (§)KCl 1 mol L⁻¹; (¶)(ABREU et al., 1994); (§)Embrapa (1997); (¶)Método da proveta; (¶)Exceto para os valores de pH, todos as demais características se referem aos solos antes da calagem.

solo extraído com água fervente e CaCl_2 fervente (5 mmol L^{-1}), cuja análise foi feita pelo método da azometina-H. Para extração com água e CaCl_2 fervente foram utilizados sacos de polietileno ($29,2 \times 14,7 \text{ cm}$). A relação solo:solução foi de 1:2, adicionando-se $0,5 \text{ cm}^3$ de carvão ativado. Os sacos perfurados a $\pm 1 \text{ cm}$ à direita da extremidade superior foram fechados e obtida a massa. Depois, foram aquecidos por meio de forno microondas durante 4 min (700 W) e 5 min (490 W). A massa dos sacos foi corrigida para a inicial, procedendo-se em seguida a filtragem do sobrenadante (FERREIRA et al., 2001b).

Absorção do B pela soja

Numa segunda etapa, foi cultivada a soja em vasos durante trinta dias, em que as unidades experimentais foram adaptadas da técnica de Neubauer. Nos vasos de plástico foram adicionados 100 cm^3 de areia, previamente lavada com ditionito e ácido clorídrico e, sobre esta, adicionaram-se 200 cm^3 de solo, seguida da adição de mais 200 cm^3 de areia. Todos os solos foram adubados com quantidade de nutrientes necessária para cultivo de soja em vaso em casa de vegetação (NOVAIS et al., 1991), exceto para o B. Em cada vaso E cada vaso colocou-se seis sementes de soja, as quais foram desbastadas após a germinação, deixando-se quatro plantas por vaso. Objetivou-se com esta técnica cultivar o maior número possível de plantas num pequeno volume de solo, visando extrair uma maior quantidade de B adicionado ao solo. Com 30 dias de cultivo, as plantas foram colhidas e secadas em estufa com circulação de ar a $72 \text{ }^\circ\text{C}$ por 48 horas para determinação da massa de matéria seca e os teores de B, Ca e Mg na parte aérea, após a digestão nitroperclórica. As quantidades de nutrientes foi calculada a partir da matéria seca das plantas e dos teores dos nutrientes.

Os resultados foram submetidos à análise de variância para modelos fatoriais, testando-se as interações entre solos x calagem x doses de boro e o desdobramento das interações, utilizando o programa estatístico SAEG 6.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) e, quando pertinente, foi realizada análise de regressão com teste de identidade de modelos para as equações de B recuperado por água e CaCl_2 ferventes (SANTOS NETO, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de B extraídos com água e CaCl_2 fervente, com e sem a calagem, variaram de $2,74$ a $5,47 \text{ mg dm}^{-3}$ para a água fervente e de $2,39$ a $4,39 \text{ mg dm}^{-3}$ para o CaCl_2 . As doses adicionadas de B aumentaram linearmente os teores do nutriente extraído pela água e CaCl_2 fervente, entretanto, não se obteve efeito significativo ($P > 5\%$) da

calagem no teor de B recuperado com água e CaCl_2 ferventes nos três solos, ajustando-se equações lineares entre as medias de teor de B no solo com e sem calagem (Figura 1). Estes resultados indicaram que a água e o CaCl_2 ferventes não foram sensíveis à calagem, confirmado pelo teste de identidade de modelos. Já, Alleoni & Camargo (2000) verificou que a capacidade de adsorção de B em solos corrigidos pela calagem foi maior, o que poderia reduzir a sua capacidade de extração com água e CaCl_2 ferventes.

Maiores taxas de recuperação de B foram obtidas no solo de textura arenosa (Figura 1), onde as doses adicionadas de B promoveram aumento significativo nos teores do nutriente extraído por água e CaCl_2 fervente e, a sua absorção pela soja em todos os solos (Figura 2).

Na relação entre B recuperado pelos extratores com as doses adicionadas, no solo arenoso (RQ), foi observada uma declividade maior da reta, comparativamente aos outros solos (LAV_1 e LVA_2) (Figura 1). Esta observação deve-se a textura mais argilosa dos solos LVA_1 (30 dag kg^{-1}) e LVA_2 (64 dag kg^{-1}) e, possivelmente, pela maior presença de minerais de caulinita e óxidos (SANTOS NETO, 2003), aumentando a capacidade de adsorção do B adicionado (ALLEONI & CAMARGO, 2000; GOLDBERG & GLAUBIG, 1985; KEREN & GAST, 1983). Em decorrência destes fatores, obteve-se menor absorção de B pela soja nos solos com maior teor de argila (Figura 2).

A taxa de recuperação de B na extração feita com água fervente foi superior à da extração com CaCl_2 , confirmando os resultados de Ferreira et al. (2001a). Estes autores atribuíram a superioridade do CaCl_2 fervente à mudança da força iônica da solução extratora que promove um equilíbrio químico entre os íons em solução, elevando o teor de B da mesma.

Mesmo não obtendo-se efeito significativo ($P > 5\%$) no teor de B extraído do solo com água e CaCl_2 ferventes, a calagem favoreceu o crescimento das plantas e aumentou os teores de B, Ca e Mg (Figura 1). Já com a elevação das doses de B ocorreu redução na produção de matéria seca da parte aérea da soja nos três solos avaliados, na presença da calagem. Este efeito foi menos pronunciado em comparação à determinação feita no solo arenoso. A redução da produção de matéria seca na presença da calagem pode ser justificada pelo efeito tóxico do B às plantas, uma vez que os teores de B extraídos com água quente e CaCl_2 fervente (Figura 1), nas maiores doses foram superiores ao nível crítico que é, de aproximadamente, $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$ (solo) (ALVAREZ et al., 1999), ou 20 a 55 mg kg^{-1} (PAULETTI, 1998). As correlações negativas entre o teor de B na planta e produção de matéria seca, especialmente nos solos mais arenosos (Tabela 2) justificam esta afirmação.

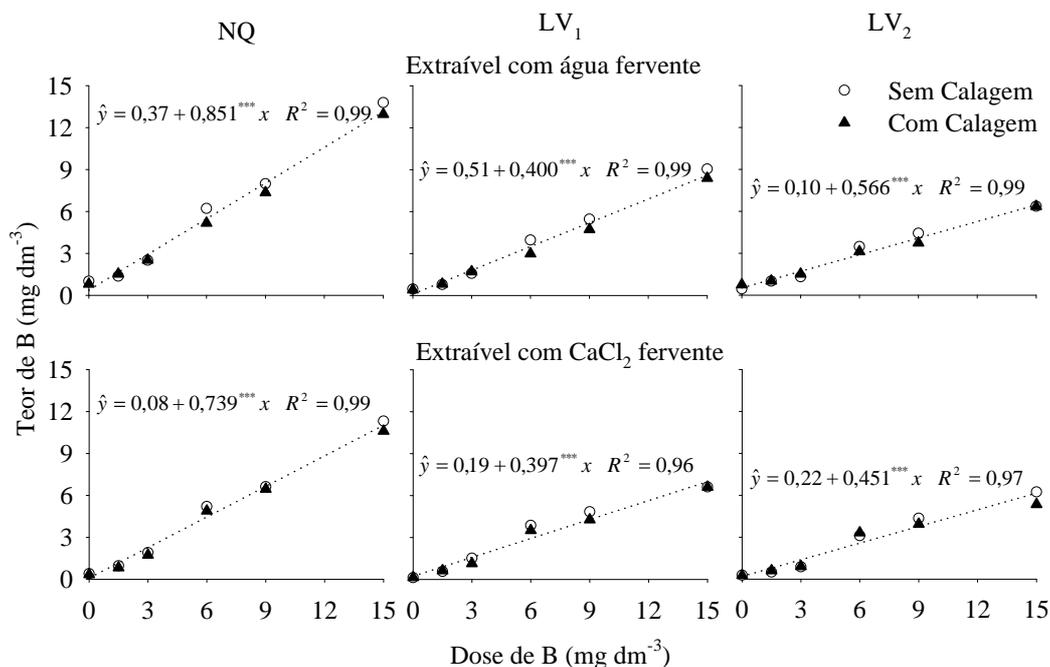


Figura 1 – Teores de B recuperado pelos extratores água fervente e CaCl₂ fervente após a adição de doses de B em Neossolo Quartzarênico (RQ, textura arenosa), no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA₁, textura média) e no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA₂, textura argilosa), na ausência e na presença da calagem. ***: 0,1 % de significância (P < 5%).

A maior toxidez de B na presença da calagem pode estar associada à excessiva disponibilidade para as plantas. De acordo com Furlani et al. (2001), as cultivares de soja começam a sofrer problemas de toxidez, quando possuem teores da ordem de 83 mg kg⁻¹, como observado no presente estudo, principalmente, nas maiores aplicações de B nos solos de textura arenosa e média.

Nos tratamentos sem calagem nos solos LVA₁ e LVA₂ (Figura 2) verificou-se que a produção de matéria seca foi semelhante em todas as doses de B aplicadas ao solo. Possivelmente, os menores valores de pH reduziram a disponibilidade de B no solo às plantas. Os principais fatores limitantes do crescimento da soja e da absorção de B nesta condição, provavelmente, sejam os baixos teores de Ca e Mg, e os teores tóxicos de Al³⁺ (Tabela 1), pois os teores recuperados de B, com e sem calagem, foram semelhantes. Assim, pode-se afirmar que o fornecimento de B só deve ser realizado em solos corrigidos, para eliminar os efeitos tóxicos de Al e ter um suprimento adequado de Ca e Mg.

A absorção de B pelas plantas de soja esteve associada às taxas de recuperação obtidas para cada solo, ou seja, no solo arenoso as taxas de recuperação pelos

extratores foram maiores e a planta apresentou maior teor desse nutriente, seguido do solo de textura média e textura argilosa. Esta afirmação fundamenta-se nos altas correlações positivas entre as taxas de recuperação dos extratores e os teores de B nas plantas (Tabela 2).

As menores taxas de recuperação de B do solo e dos teores de B absorvidos pelas plantas foram encontrados no solo argiloso, fato que pode ser explicado pelo maior teor de matéria orgânica (7,1 dag kg⁻¹) e formação de compostos menos solúveis com os ligantes orgânicos (MALAVOLTA, 1980), bem como, por causa da mineralogia caulínica e presença de óxidos (SANTOS NETO, 2003).

Os teores de B extraídos do solo pelos extratores (água e CaCl₂ fervente) estudados apresentaram correlações altamente significativas e positivas com os teores de B absorvidos pelas plantas, com ou sem calagem (Tabela 2). As correlações negativas observadas para o crescimento da parte aérea, possivelmente, resultou de toxidez de B. Essas correlações foram menores nos solos de texturas argilosa e média, justamente onde o decréscimo de crescimento foi menor, devido ao aumento das doses de B aplicadas no solo.

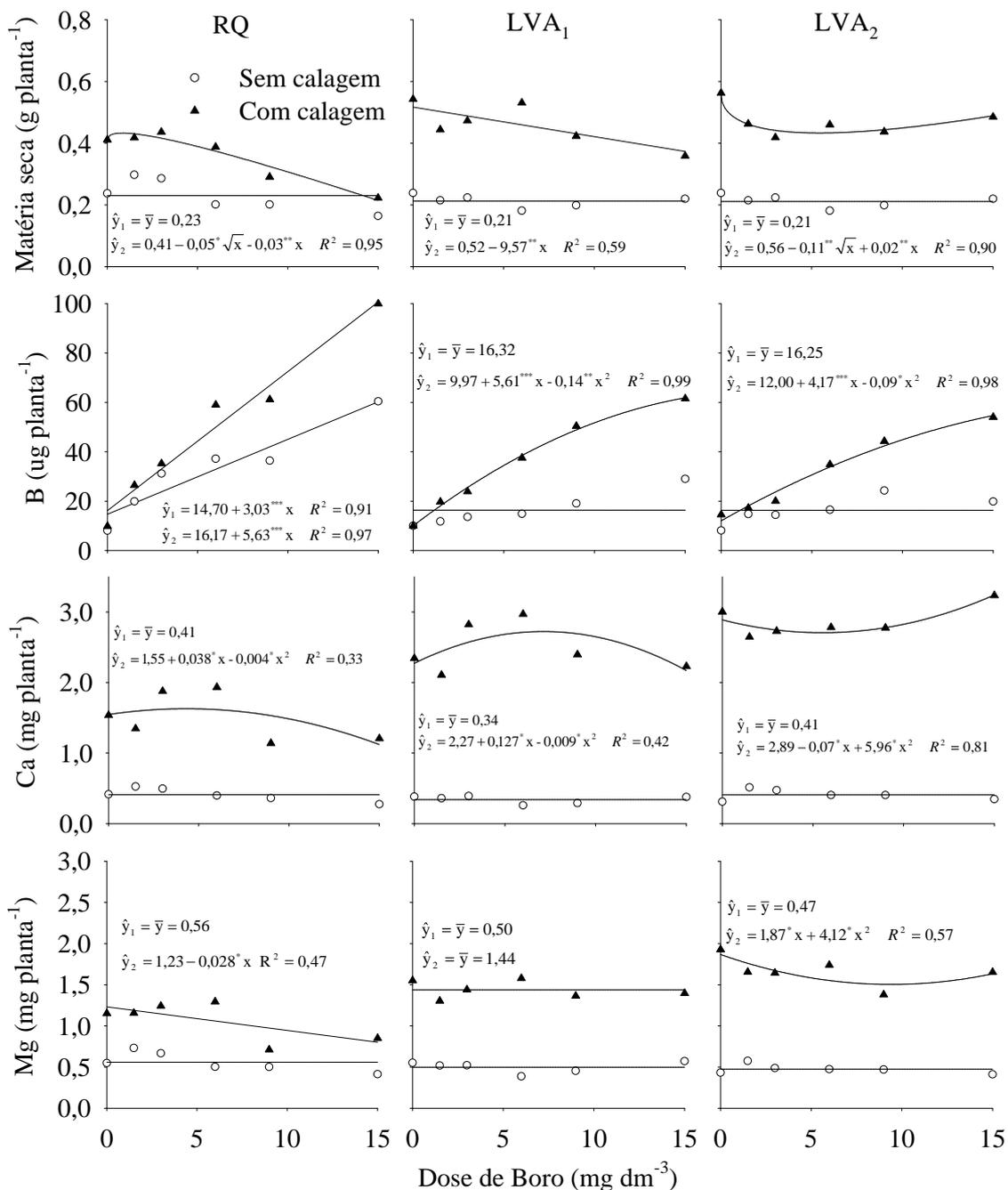


Figura 2 – Matéria seca da parte aérea de soja (g planta⁻¹), teores de B (µg planta⁻¹), Ca e Mg (mg planta⁻¹) influenciados pela adição de doses crescentes de B em Neossolo Quartzarênico (RQ, textura arenosa), no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA₁, textura média) e no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA₂, textura argilosa), na ausência e na presença da calagem. ***: 0,1 % de significância (P < 5%).

Tabela 2 – Coeficientes de correlação linear (Pearson) entre a matéria seca (MS) e o teor de B na planta comparados aos teores de B dos solos extraídos com água e CaCl₂ ferventes, na ausência e presença da calagem.

	Sem calagem								
	NQ			LVA ₁			LVA ₂		
	B	MS	Água	B	MS	Água	B	MS	Água
MS	-0,68 ^{ns}			-0,15 ^{ns}			-0,25 ^{ns}		
Água	0,94 ^{**}	-0,87 [*]		0,98 ^{***}	-0,33 ^{ns}		0,80 [*]	-0,62 ^{ns}	
CaCl ₂	0,94 ^{**}	-0,86 [*]	1,00 ^{***}	0,93 ^{**}	-0,48 ^{ns}	0,98 ^{***}	0,79 [*]	-0,66 ^{ns}	1,00 ^{***}
	Com calagem								
	NQ			LVA ₁			LVA ₂		
	B	MS	Água	B	MS	Água	B	MS	Água
MS	-0,80 [*]			-0,74 [*]			-0,24 ^{ns}		
Água	0,98 ^{***}	-0,87 [*]		0,96 ^{***}	-0,78 [*]		0,98 ^{***}	-0,17 ^{ns}	
CaCl ₂	0,98 ^{***}	-0,88 [*]	0,99 ^{***}	0,98 ^{***}	-0,68 ^{ns}	0,98 ^{***}	0,99 ^{***}	-0,23 ^{ns}	0,98 ^{***}

^{ns}, *, ** e ***: não significativo (P >5%), significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente. RQ-textura arenosa, LVA₁-textura média e LVA₂-textura argilosa.

CONCLUSÕES

Os teores de B recuperados pelos extratores água e CaCl₂ fervente são semelhantes, independentemente das texturas dos solos, com boa eficiência para a estimativa do teor de B disponível à soja, nestas condições de cultivo. A adição de doses de B, a partir de 1,5 mg dm⁻³, aumenta a sua absorção pelas plantas, mas causa redução na produção de matéria seca da parte aérea nos solos RQ (textura arenosa), LVA₁ (textura média) e o LVA₂ (textura argilosa) com a calagem, cujo efeito é minimizado na presença de maior teor de argila.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; ABREU, M. F.; RAIJ, B. van; BATAGLIA, O. C. Extraction of boron from soil by microwave heating for ICP-AES determination. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25, n. 18/20, p. 3321-3333, 1994.

ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A. Boron adsorption in soils from the state of São Paulo, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 413-421, 2000.

ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 25-32.

ALVAREZ, V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 43-60.

BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. van. Eficiência de extratores na determinação de boro em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 25-31, 1990.

BUZETTI, S.; MURAOKA, T.; SÁ, M. E. 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 157-161, 1990.

DELL, B.; HUANG, L. B. Physiological response of plants to low boron. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 1/2, p. 103-120, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

FERREIRA, G. B.; FONTES, R. L. F.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. H. Influência de algumas características do solo nos teores de boro disponível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 91-101, 2001a.

- FERREIRA, G. B.; FONTES, R. L. F.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. H. Comparing calcium chloride, barium chloride, and hot waters extractions and testing activated charcoal plus azomethine-H dosage for boron determination in Brazilian soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 19/20, p. 3153-3167, 2001b.
- FURLANI, A. M. C.; TANAKA, R. T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M. F.; MASCARENHAS, H. A. A. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 929-937, 2001.
- GALRÃO, E. Z. Effect of micronutrients and liming on the yield of soybeans grown in a lowland meadow soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 381-384, 1990.
- GHANATI, F.; MORITA, A.; YOKOTA, H. Deposition of suberin in roots of soybean induced by excess boron. **Plant Science**, Shannon, v. 168, p. 397-405, 2005.
- GOLDBERG, S.; GLAUBIG, R. A. Boron adsorption on aluminum and iron oxide minerals. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, n. 6, p. 1374-1379, 1985.
- GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 1/2, p. 35-48, 1997.
- KEREN, R.; GAST, R. G. Ph-dependent boron adsorption by montmorillonite hydroxi-aluminum complexes. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, n. 6, p. 1116-1121, 1983.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic, 1995. 889 p.
- NABLE, R. O.; BAÑUELOS, G. S.; PAULL, J. G. Boron toxicity. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 1/2, p. 181-198, 1997.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. N.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, DF, 1991. p. 189-253.
- PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. Campinas: Fundação ABC/Fundação Cargil, 1998. 59 p.
- RERKASEM, B.; BELL, R. W.; LODKAEW, S.; LONERAGAN, J. F. Relationship of seed boron concentration to germination and growth of soybean (Glycine max). **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [S.l.], v. 48, n. 3, p. 217-223, 1997.
- RERKASEM, B.; JAMJOD, S. Genotypic variation in plant response to low boron and implications for plant breeding. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 1/2, p. 169-180, 1997.
- ROMHELD, V.; MARSCHNER, H. Function of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: SSSA, 1991. p. 297-328.
- ROSOLEM, C. A. **Nutrição mineral e adubação de soja**. Piracicaba: Instituto da Potassa, 1980. 80 p. (Boletim técnico, 6).
- SANTOS NETO, J. A. **Taxas de recuperação de zinco, cobre e boro por diferentes extratores em solos da Bahia e de Minas Gerais**. 2003. 51 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.