

# Métodos químicos para extração de boro no solo

AMARAL, J. <sup>1</sup>; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de<sup>2</sup>; OLIVEIRA, F.A. de<sup>2</sup>; CASTRO, C. de<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Norte do Paraná - UNOPAR, Avenida Paris, 675 - Jardim Piza - CEP 86041-120, Londrina - PR. <sup>2</sup> Pesquisador, Embrapa Soja; e-mail: josiane@cnpso.embrapa.br

## Introdução

O boro (B) é um micronutriente sem o qual as culturas não produzem ou tem a produtividade severamente reduzida. Dentre os principais fatores que interferem na disponibilidade de B no solo, três exercem grande importância: o pH, a textura e o teor de matéria orgânica do solo. No caso do pH, em valores superiores a 6,5-7,0, ocorre o aumento da adsorção de B no solo na forma dissociada (boratos -  $B(OH_4^-)$ ), principalmente, em solos intemperizados (PAVAN; CORREA, 1988). Em relação à matéria orgânica, a maior parte do B disponível às plantas é encontrada nos compostos orgânicos e o equilíbrio químico das reações do B com os tais compostos resulta na maior ou menor liberação do nutriente para a solução do solo. Quanto a textura, Ferreira (1998) relata que a adsorção do B aplicado ao solo aumenta com o teor de argila e com os teores de óxidos de ferro livres dessas argilas. Isto confirma o fato de que a correção da deficiência de B, em solos argilosos, requer maiores quantidades de fertilizante do que em solos arenosos (DANTAS, 1991).

Dentre os micronutrientes, o boro é o nutriente que apresenta maior dificuldade de interpretação e isso se deve em parte à própria dinâmica do B no solo, bem como à baixa capacidade dos métodos predizerem ou avaliarem a disponibilidade deste nutriente. Isso porque, frequentemente, têm-se observado baixas correlações entre a quantidade de B acumulada nas culturas e o teor predito pelos métodos de análise, inclusive com o método oficialmente recomendado e adotado como padrão no Brasil.

O principal problema tem sido a baixa precisão e a estreita faixa de interpretação (<0,3, de 0,3 a 0,5 e > 0,5 para teores baixo, médio e alto, respectivamente, para a cultura da soja), não sendo capaz de separar adequadamente dentro do grupo de solos com diferentes teores de B, aqueles que realmente apresentam baixa disponibilidade, que resultam em baixos teores foliares e baixas produtividade, como atualmente visto em áreas de Cerrado, com plantas indicadoras, como por exemplo, o girassol (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

Por isso, é importante a busca de alternativas que conciliem a necessidade de extrair maiores proporções de B lábil, sem, porém, dissolver as formas não-lábeis. Uma das alternativas é a utilização de compostos complexantes em processos de extração, de forma análoga ao que foi realizado para os micronutrientes catiônicos Cu, Fe, Mn e Zn nos métodos DTPA-TEA (LINDSAY; NORVELL, 1978) e Mehlich-3 (MEHLICH, 1984). No caso do B, existe a possibilidade de adicionar sorbitol ou manitol às soluções extratoras, visto que esses açúcares alcoólicos são capazes de formar complexos estáveis com o boro na solução do solo (GOLDBERG et al., 2002) podendo aumentar a capacidade de extração de alguns métodos, sem, porém, resultar em valores superestimados.

Além disso, freqüentemente têm-se observado baixas correlações entre a quantidade de B absorvida e acumulada nas culturas e o teor disponível no solo pelos métodos de análise, inclusive, para o método oficialmente recomendado e adotado como padrão no Brasil ( $\text{BaCl}_2$  com aquecimento assistido em forno de microondas) (RAIJ et al., 2001). Portanto, o objetivo foi avaliar a eficiência das soluções extratoras: DTPA-TEA + Sorbitol; Fosfato de Cálcio - Ca ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) e Mehlich-3 em comparação ao método da Água Quente ( $\text{BaCl}_2$ ).

## Material e Métodos

A capacidade das soluções extratoras em recuperar o B aplicado foi avaliada em experimento de incubação em condições distintas de pH, teor de argila e de boro.

O esquema experimental foi o fatorial  $2 \times 3 \times 4$ , sendo dois solos, três saturações por bases (V%) e quatro doses de B, totalizando 24 tratamentos. Cada unidade experimental foi composta por 3 kg de terra e cada tratamento foi repetido três vezes, em delineamento inteiramente casualizado. O fator "Solo" foi composto por amostras das seguintes classes: a) Latossolo Vermelho distroférico - LVdf, com  $800 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, localizado na fazenda experimental da Embrapa Soja e b) Latossolo Vermelho distrófico - LVd, com  $350 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, localizado no município de Ponta Grossa, PR. A acidez foi corrigida com a aplicação de calcário, procurando-se alcançar 50 e 70 % de saturação por bases, além da condição original sem a aplicação do corretivo. As doses de B aplicadas foram: 0; 0,25; 0,5 e  $1 \text{ mg kg}^{-1}$ , utilizando o ácido bórico como fonte ( $\text{H}_3\text{BO}_3$  - 17 % de B).

Para avaliar as variações na disponibilidade de B no solo, foram realizadas amostragens no tempo e, no presente trabalho, utilizou-se a amostragem realizada após 270 dias após a aplicação das doses de B.

As soluções extratoras testadas foram:

1. **Água Quente:**  $\text{BaCl}_2$   $1,25 \text{ g L}^{-1}$ , na relação solo solução 1:2, com aquecimento em microondas por 4 minutos na potência máxima e 5 minutos em 70% da potência máxima do aparelho (RAIJ et al., 2001);
2. **DTPA-TEA + Sorbitol:** DTPA  $0,005 \text{ mol L}^{-1}$  + Trietanolamina  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  + Sorbitol  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ , ajustando-se o pH para 7,3. Foi utilizada a relação solo: solução 1:2, agitando-se as amostras por 2 h a  $22^\circ \text{ RPM}$ , seguido de filtragem lenta (MILLER et al., 2000);
3.  **$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$  + Sorbitol:**  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}]$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  + Sorbitol  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ . Foi utilizada a relação solo: solução 1:2, 5, agitando-se por 30 minutos, seguido de filtragem lenta;
4. **Mehlich-3:**  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$   $0,25 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{NH}_4\text{F}$   $0,015 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{HNO}_3$   $0,013 \text{ mol L}^{-1}$  + EDTA  $0,001 \text{ mol L}^{-1}$ , na relação solo:solução 1:10. As amostras foram agitadas por 10 minutos a  $220 \text{ rpm}$ , seguida de filtragem lenta (EMBRAPA, 1999).

Para todos os métodos, a determinação dos teores de B nos extratos foi realizada com Azometina-H, procedendo-se a leitura em espectrofotômetro de absorção molecular, a  $420 \text{ nm}$ .

A análise dos dados foi realizada por meio do cálculo da taxa de recuperação (TR) de B pelos extratores, para cada condição de solo e pH, a partir do coeficiente angular da equação de regressão que relaciona o teor de B (Y) e a dose aplicada (X):

$$TR (\%) = \beta_1 \times 100$$

## Resultados e Discussão

O ajuste dos modelos para cada método de extração, em cada solo, foi realizado com as médias dos níveis de V%, pois não houve diferença entre os teores de B com a calagem (Figura 1, Tabela 1).

Os valores das taxas de recuperação (TR) foram baixos para todos os métodos de extração (máximo de 28,4%). Ainda assim, o método da água quente resultou na maior recuperação de B, em ambos os solos (entre 26,2% e 28,4%). Os demais extratores apresentaram valores de recuperação baixos e inconsistentes entre os tipos de solo. Por exemplo, o Mehlich-3 recuperou 14,6% no LVdf e somente 1,3% no LVAd (Tabela 1). O DTPA superestimou os teores de B no LVAd, provavelmente por interferência de coloração no extrato. A TR obtida com o método do fosfato de cálcio  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$  também foi baixa, variando entre 8,2% e 12,7%, respectivamente para o LVdf e para o LVAd.

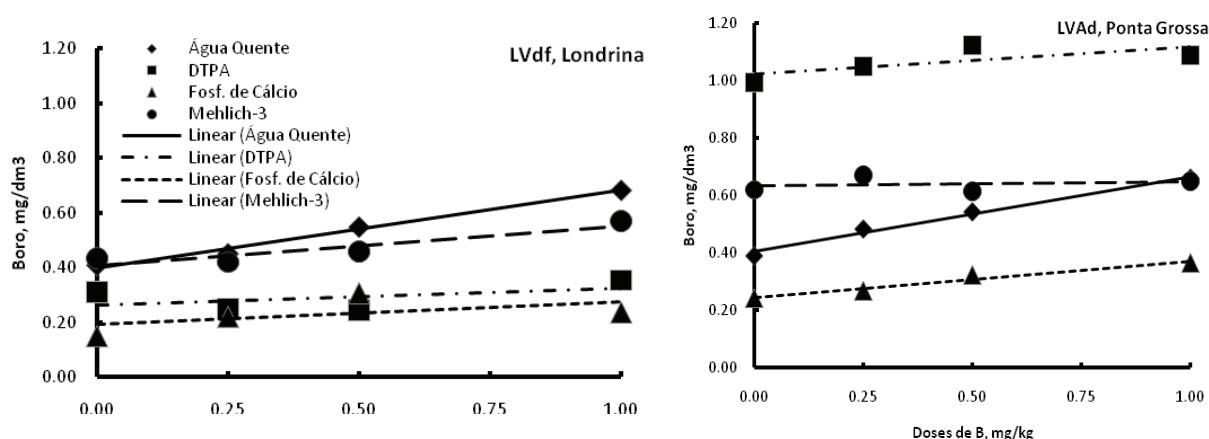


Figura 1. Teores de B no solo em função das doses de B aplicadas. LVdf, Latossolo Vermelho distroférrico, com 800 g  $\text{kg}^{-1}$  de argila, Londrina, PR. LVAd, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com 350 g  $\text{kg}^{-1}$  de argila, Ponta Grossa, PR.

Tabela 1. Equações de regressão ajustados para os teores de B no solo (Y) em função das doses de B (X), e os respectivos valores da taxa de recuperação (TR) dos métodos de extração, para cada tipo de solo.

Método de Extração	Latossolo Vermelho distroférrico - LVdf, Londrina			Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico - LVAd, Ponta Grossa		
	Equação	R <sup>2</sup>	TR (%)	Equação	R <sup>2</sup>	TR (%)
Água Quente	$Y = 0,40 + 0,284x$	0,98	28,4	$Y = 0,40 + 0,262x$	0,99	26,2
Mehlich-3	$Y = 0,40 + 0,146x$	0,85	14,6	$Y = 0,63 + 0,013x$	0,04	1,3
DTPA	$Y = 0,27 + 0,060x$	0,24	6,0	$Y = 1,02 + 0,095x$	0,52	9,5
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$	$Y = 0,19 + 0,082x$	0,30	8,2	$Y = 0,25 + 0,127x$	0,96	12,7

Dessa forma, os métodos de extração de B avaliados, que utilizam as soluções de DTPA-TEA + Sorbitol; Fosfato de Cálcio -  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$  e Mehlich-3, não apresentam resultados satisfatórios em comparação ao método da Água Quente ( $\text{BaCl}_2$ ). Outros métodos devem ser testados para melhorar a predição da disponibilidade do nutriente no solo.

## Referências

- CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: CNPSO, 2005. p.317-374.
- DANTAS, J.P. Boro. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. P.113-130
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 1º ed. Brasília, 1999. 370p.
- FERREIRA, G.B. **Interferências de matéria orgânica e ferro na dosagem de boro com azometina-H e comparação de extratores para boro disponível no solo**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 97p. (Dissertação de Mestrado)
- GOLDBERG, S.; SHOUSE, P.J.; LESCH, S.M.; GRIEVE, C.M.; POSS, J.A.; FORSTER, H.S.; SUAREZ, D.L. Soil boron extractions as indicators of boron content of field-grown crops.. **Soil Science**, v.167, n.11, p.720-728, 2002.
- LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science Society of American Journal**, v.42, p.421-428, 1978.
- MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.15, p.1409-1416, 1984.
- MILLER, R.O.; VAUGHAN, B.; KUTOBY-AMACHER, J. Extraction of soil boron with DTPA-sorbitol. **Soil-Plant Analysis**, 4-5: 10, 2000.
- PAVAN, M.A.; CORREA, E.A. Reações de equilíbrio solo-boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, p.261-269, 1988.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 284 p.