

Crescimento e estado nutricional de brotações de *Eucalyptus citriodora* sob doses de boro em solução nutritiva

Development and nutrition of *Eucalyptus citriodora* tree sprouting under boron rates in nutrient solution

Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira
Ernesto Norio Takahashi
Fábio Sgarbi
Marcos Antônio Fabiano de Camargo
Adônis Moreira

RESUMO: O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, tendo como objetivo avaliar a capacidade de rebrota de plantas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em doses de boro. As soluções nutritivas utilizadas continham 0,0; 0,125; 0,25; 0,50; 1,0; 2,0 e 4,0 mg L⁻¹ de B. A brotação das cepas foi avaliada aos 84 dias de idade, sendo coletados os valores de altura, diâmetro, número de brotos e produção de material seco. As brotações foram separadas em folhas e ramos para a análise química, visando as determinações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os resultados indicam que a carência de boro limitou o crescimento das brotações, o diâmetro e produção de material seco. No entanto, a adição de boro não interferiu significativamente no número de brotos. As concentrações de boro nas folhas, na faixa de 37 a 202 mg kg⁻¹ não limitaram o desenvolvimento das plantas. Não foram observados sintomas de toxicidade de boro nas doses mais elevadas do nutriente na solução nutritiva (1,0; 2,0 e 4,0 mg L⁻¹ de B), sugerindo ser o *Eucalyptus citriodora* uma espécie que apresenta uma ampla faixa entre a deficiência e a toxicidade, visto que baixas doses de boro na solução foram suficientes para o crescimento normal das plantas. Observou-se ainda, que a deficiência de boro proporcionou menores concentrações de Ca nas folhas e que havia uma relação positiva entre o Ca nas folhas e a produtividade. Exceto para B e Cu, os teores dos demais micronutrientes não foram afetados pelos tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Boro, *Eucalyptus citriodora*, Solução nutritiva, Composição química

ABSTRACT: This work was carried out under greenhouse conditions with the objective of evaluate the capacity of sprout again on *Eucalyptus citriodora*. Eleven treatments of boron were applied in nutrient solution (0.0, 0.125, 0.5, 1.0, 2.0, and 4.0 mg L⁻¹) with six replicates. The eucalypts tree sprouting was evaluated at 84 days of age. Plant height, diameter of the stem, stem number, and dry matter production of the aerial part. Leaves and stem were separated for chemical analysis (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn). Sprouting growth, diameter, and dry matter was significantly affected by boron absence. The treatments did not affect the shoots number. Plant development was not limited from 37 to 202 mg kg⁻¹ of boron concentration. The B rates effects were not significant during *Eucalyptus citriodora* growth. It was observed that this species of eucalypts is tolerant to the B rates studied. The calcium concentration in leaves was reduced in boron absence, and a positive relation between Ca in leaves with yield was observed. Except for B and Cu, the others micronutrients concentrations were not affected by B rates.

KEYWORDS: Boron, *Eucalyptus citriodora*, Nutrient solution, Chemical composition

INTRODUÇÃO

A condução de povoamentos florestais no sistema de talhadia baseia-se na capacidade de rebrota das plantas após o corte (Graça et al., 1990). A grande vantagem desse método em relação à reforma está na capacidade de crescimento inicial e o baixo custo de implantação. A alta produtividade inicial é resultante, principalmente, da presença de um sistema radicular já estabelecido, que facilita a absorção de água e nutrientes existentes no solo, e também a presença de gemas adventícias e lignotúberes nas bases das árvores (Reis e Reis, 1997).

Vários são os fatores que interferem na capacidade regenerativa, tais como: espécie, época de corte e estado nutricional. O boro tem-se mostrado um elemento essencial para o su-

cesso da brotação de espécies de *Eucalyptus*, conforme verificado por Silveira et al. (1997). Um possível efeito do boro na brotação diz respeito à sua baixa mobilidade na planta, sendo difícil a sua translocação das raízes e cepa para as gemas laterais (Malavolta, 1980).

Os povoamentos florestais brasileiros, encontram-se geralmente, em solos pouco férteis e com déficit hídrico (Silveira et al., 1995). Esses fatores são importantes, uma vez que interferem no teor de boro no solo e na disponibilidade deste elemento para as plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do boro sobre a capacidade de rebrota do *Eucalyptus citriodora*, cultivado em solução nutritiva em condições de casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação. Para tanto, utilizaram-se sementes de *Eucalyptus citriodora* originárias de uma área de produção da procedência Ouriçangas, BA (ex. Zimbábue, origem Queensland, Austrália). As mudas foram formadas em tubetes contendo substrato, à base de vermiculita, terra de subsolo à base de arroz carbonizada. Aos 120 dias de idade e após as raízes terem sido lavadas com água destilada para eliminar os resíduos do substrato, as plantas foram selecionadas e transplantadas, colocando-se uma muda por vaso plástico com 10 litros de capacidade, revestido internamente com saco plástico e contendo sílica moída. Passados 15 dias do transplante, fez-se o replantio das mudas que não sobreviveram. As mudas foram cultivadas durante 13 meses em solução nutritiva completa (Sarruge, 1975). As plantas foram irrigadas uma vez ao dia, no período da manhã. A drenagem das soluções foi feita através de orifícios no fundo de cada vaso ligados com tubos plásticos aos frascos coletores com

capacidade de 1 litro. A renovação da solução foi feita a cada 15 dias, tomando-se o cuidado de verificar diariamente o nível da solução nos frascos coletores, completando-se o volume a um litro, pela adição de água destilada. Em seguida, deu-se início ao experimento, conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com 7 tratamentos e 6 repetições, totalizando 42 parcelas. Os tratamentos continham todos os nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn), exceto o boro, que foi aplicado nas doses 0; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 mg L⁻¹ (Tabela 1). As plantas foram cultivadas mais 15 meses nessas condições, realizando-se então, o corte das plantas a 10 cm de altura em relação à sílica e dando-se início à condução da rebrota.

Para avaliação da brotação, levou-se em consideração a altura e o diâmetro (10 cm de altura em relação à cepa) dos seus dois brotos dominantes, número de brotos por cepa e a produção de material seco total (folhas + ramos).

Tabela 1. Composição química dos tratamentos utilizados (ml L⁻¹) no experimento. (Composition of modified nutritive solution (ml L⁻¹) used in the trial (Sarruge, 1975)).

		Tratamentos (mg L ⁻¹ de B)						
Soluções	Estoque	0	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0
K ₂ HPO ₄	M	1	1	1	1	1	1	1
Ca(NO ₃) ₂	M	5	5	5	5	5	5	5
KNO ₃	M	5	5	5	5	5	5	5
MgSO ₄	M	2	2	2	2	2	2	2
Micronutrientes -B ¹	-	1	1	1	1	1	1	1
0,735g H ₃ BO ₃ L ⁻¹	-	-	1	-	-	-	-	-
1,470g H ₃ BO ₃ L ⁻¹	-	-	-	1	-	-	-	-
2,94g H ₃ BO ₃ L ⁻¹	-	-	-	-	1	-	-	-
5,88g H ₃ BO ₃ L ⁻¹	-	-	-	-	-	1	-	-
11,76g H ₃ BO ₃ L ⁻¹	-	-	-	-	-	-	1	-
23,52g H ₃ BO ₃ L ⁻¹	-	-	-	-	-	-	-	1
Fe-EDTA ²	-	1	1	1	1	1	1	1

1. A solução de micronutrientes menos boro teve a seguinte composição (g L⁻¹): MnCl₂=1,81; ZnCl₂=0,10; CuCl₂=0,04; H₂MoO₄ H₂O=0,02.

2. Dissolver 26,1g de EDTA dissódico em 286 ml de NaOH, misturar com 24,9 g de FeSO₄ 7H₂O. Arejar por uma noite e completar um litro.

Os sintomas de deficiência de boro foram descritos e fotografados.

Aos 84 dias após o corte, as brotações foram coletadas e separadas em folhas e ramos. As partes foram lavadas inicialmente em água de torneira e em seguida em água desmineralizada, deixando-se secar à temperatura ambiente. Posteriormente, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa com circulação forçada a uma temperatura entre 70-75°C, até atingir peso constante. Após a determinação do peso do material seco, procedeu-se à moagem do material em moinho de aço inoxidável tipo Willey, com peneira de 20 mesh, de acordo com as

instruções de Bataglia et al. (1978). As amostras secas e moídas foram submetidas às digestões nítrico-perclórica e sulfúrica para a obtenção dos extratos, visando a determinação dos macro e micronutrientes, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). A determinação de nitrogênio foi realizada através do método micro Kjeldahl. A determinação de P foi realizada pelo método da colorimetria de molibdato-vanadato; K por fotometria de chama; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrometria de absorção atômica; S por turbidimetria de suspensão de sulfato de bário; B por colorimetria de azometina-H.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sintomas de deficiência

Os sintomas de deficiência de boro caracterizaram-se pela morte dos meristemas apicais seguida de superbrotamento das gemas late-

rais, folhas novas de tamanho reduzido, mal formadas, encarquilhadas e coriáceas, com leve clorose marginal (Figura 1A). Os sintomas ob-

servados foram semelhantes aos encontrados por Vail et al. (1957), Savory (1962), Tokeshi et al. (1976), Carvalho et al. (1980), Ferreira (1992), Dell e Malajczuk (1994), Dell et al. (1995) e Silveira et al. (1996). Os sintomas de deficiência nas folhas variam de acordo com as espécies de *Eucalyptus*, entretanto, no estágio avançado todas apresentam morte das gemas apicais seguida da seca de ponteiro (Figura 1B).

Crescimento e produção de material seco

Observou-se que as doses de boro influenciaram significativamente a altura das brotações (Figuras 2 e 3). Houve resposta das brotações de *E. citriodora*, quando cultivada na presença de boro. A ausência desse nutriente na solução, resultou em menor altura, quando comparada com as demais doses, as quais não apresentaram diferenças significativas entre si. Verificou-se ainda, que não houve efeito fitotóxico para a dose mais elevada de boro (4,0 mg L⁻¹) até a idade de 84 dias, uma vez que esta não inibiu o crescimento em altura da brotação.

Constatou-se uma superioridade do crescimento em altura na presença de boro, variando de 47% na dose de 4,0 mg L⁻¹ de B a 82% na de 2,0 mg L⁻¹ de B em relação à testemunha. A pequena variação no crescimento em

altura entre as doses de 0,125 mg L⁻¹ e 4,0 mg L⁻¹ mostrou que o *Eucalyptus citriodora* apresenta uma faixa ampla entre a deficiência e a toxicidade, conforme observado por Novelino et al. (1982) e Ferreira (1992). Malavolta et al. (1978), também observaram que o *Eucalyptus citriodora* foi a espécie mais tolerante à aplicação de boro, quando comparada a *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*.

Os resultados de crescimento em diâmetro foram semelhantes aos obtidos para o crescimento em altura. As plantas cultivadas na ausência de boro apresentaram menor diâmetro em relação aos demais tratamentos (Figura 4). A dose 2,0 mg L⁻¹ de B foi a que mais se destacou, apresentando uma produtividade de 78% superior à testemunha (0 mg L⁻¹ de B).

Em conformidade com os resultados obtidos para o crescimento em altura e diâmetro, houve influência da ausência de boro na produção de material seco total (Figura 5). Em relação a material seco total produzido, tendo como base a dose 0,50 mg L⁻¹, observou-se que a carência de boro reduziu a produção em 35%. Novelino et al. (1982) e Malavolta et al. (1978), obtiveram resultados semelhantes. A máxima produção de material seco ocorreu quando o *Eucalyptus citriodora* foi cultivado na dose de 0,5 mg L⁻¹ de B em solução nutritiva.

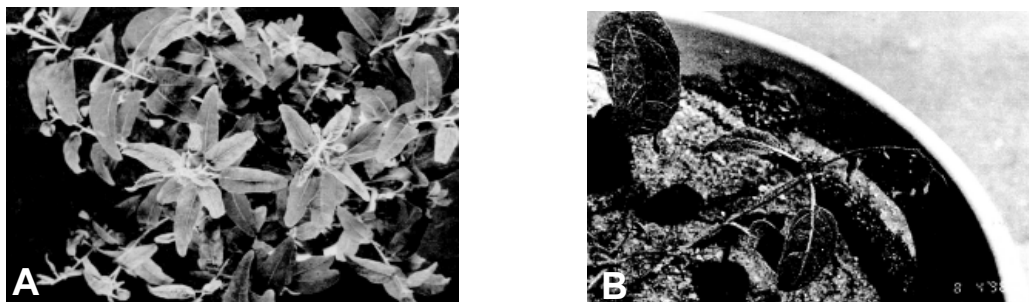


Figura 1. Sintomas de deficiência de boro em *E. citriodora*. A - folhas novas deformadas e cloróticas; B - morte da gema apical com o superbrotamento das gemas laterais ("formação de tufos").

(Deficiency symptoms of boron in *E. citriodora*. A - deformed young leaves and chlorosis; B - Tip death and multiple shooting from axillary buds)

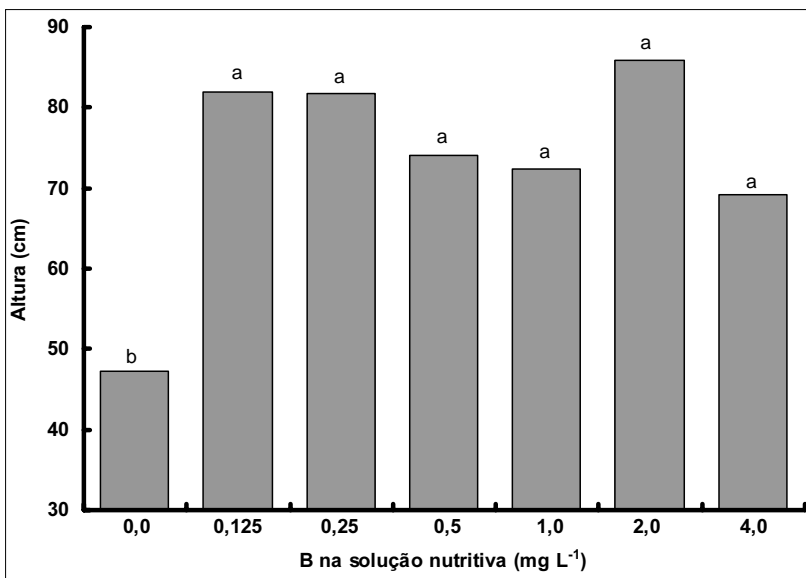


Figura 2. Altura média da brotação de *E. citriodora* aos 84 dias após o corte em função das doses de boro na solução nutritiva (médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%).

(Sprouting average height of *E. citriodora* with 84 days after harvesting dosage of boron in nutritive solution (means followed by the same letter are not different by 5 % level Tukey Test)).



Figura 3. Comparação entre a brotação de *E. citriodora* cultivada na dose de 0 mg L⁻¹ de B (à direita) e 0,5 mg L⁻¹ de B (à esquerda) 84 dias após o corte.

(Comparing sprouting of *E. citriodora* with 0 mg of B L⁻¹ (right) to 0.5 mg of B L⁻¹ (left) with 84 days after harvesting).

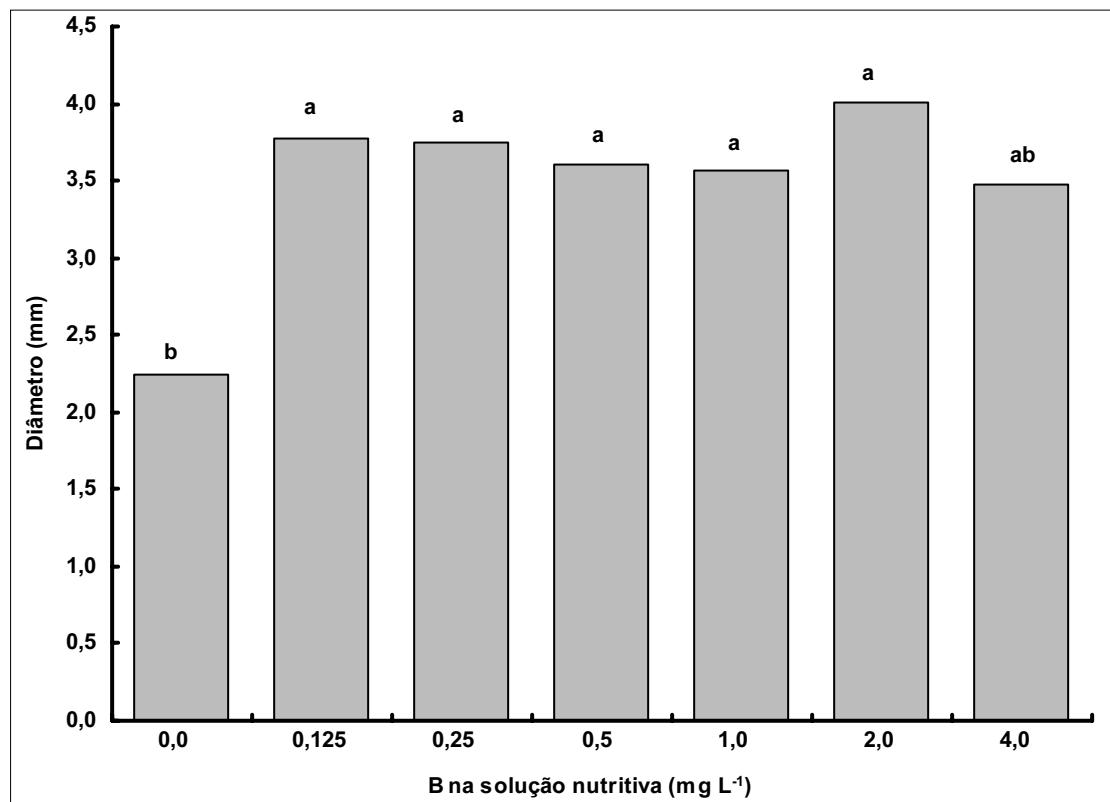


Figura 4. Diâmetro médio da brotação de *E. citriodora* aos 84 dias após o corte em função das doses de boro na solução nutritiva (média seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%).

(Sprouting average diameter of *E. citriodora* with 84 days after harvesting dosage of boron in nutritive solution (means followed by the same letter are not different by 5% level Tukey Test)

No entanto, Rocha Filho et al. (1979) e Novelino et al. (1982), observaram que doses acima de 1,0 mg de B L⁻¹ na solução nutritiva proporcionavam decréscimos na produção de material seco de *Eucalyptus grandis*, contrário ao verificado no presente estudo. Silveira et al. (1996) observaram que as omissões de boro e de nitrogênio foram as que mais limitaram o crescimento de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, quando comparadas com as omissões de outros macronutrientes. Cannon (1981) relata que a aplicação de NPK + B quando comparada a somente NPK, promovia consideráveis ganhos de produtividade em *Eucalyptus grandis* aos 4 anos de idade. Esses resultados, juntamente

com os obtidos neste estudo, mostram que a aplicação de boro é essencial para o desenvolvimento de espécies de *Eucalyptus*, principalmente quando se deseja manejar os plantios para uma 2ª rotação.

Quanto ao número de brotos não foram observadas diferenças significativas em relação às diferentes doses de boro em solução nutritiva.

Estado nutricional

Ao comparar as concentrações dos macronutrientes nas folhas e nos ramos, observou-se que a concentração de nitrogênio,

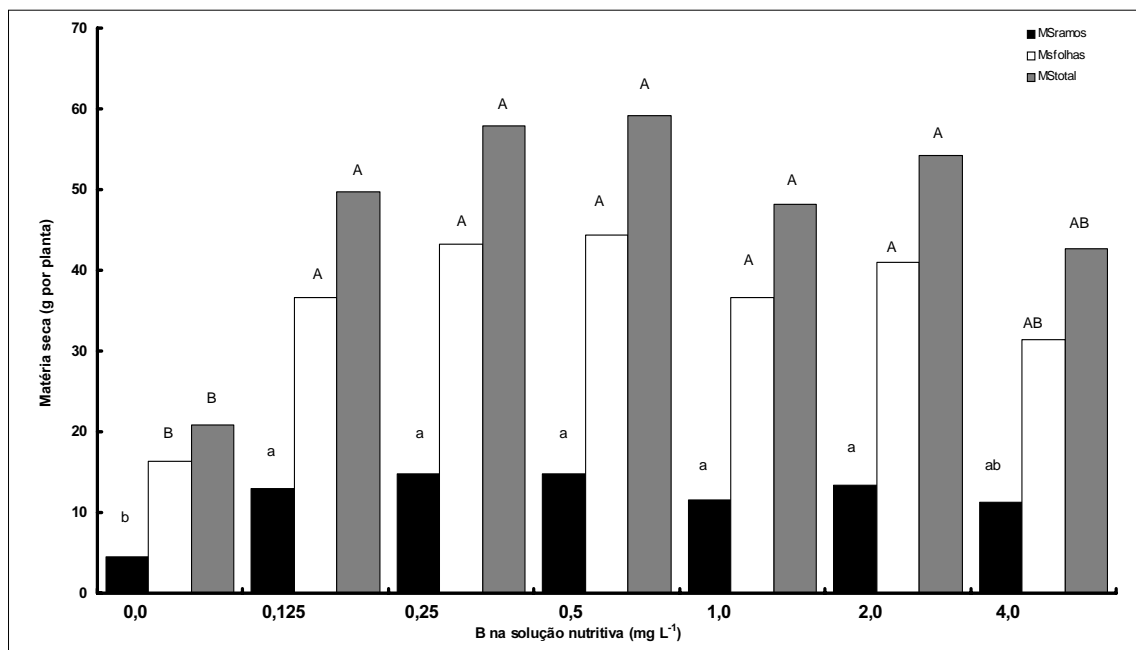


Figura 5. Material seco das folhas, ramos e total de plantas de *E. citriodora* aos 84 dias após o corte em função das doses de boro na solução nutritiva (médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível 5%).

(Dry matter of leaves, branches and total plant of *E. citriodora* with 84 days after harvesting dosage of boron in nutritive solution (means followed by the same letter are not different by 5% level Tukey Test)

potássio e magnésio foram superiores nas folhas em todas as doses. O mesmo ocorreu com o enxofre, entretanto, na dose de 4,0 mg L⁻¹ de B, a concentração desse nutriente foi maior nos ramos. Já no caso do cálcio, há uma pequena diferença da concentração do nutriente nas diferentes partes das plantas (Tabelas 2 e 4).

As concentrações de nitrogênio e fósforo nas folhas, em todas as doses de boro, encontram-se acima da faixa considerada adequada por Malavolta (1987), entretanto, estão de acordo com a faixa considerada adequada por Dell et al. (1995). Conforme observa-se na Tabela 2, a concentração de potássio encontrada nas folhas está acima da considerada adequada por Malavolta (1987) e Dell et al. (1995). As concentrações de cálcio, magnésio e enxofre situaram-se na faixa considerada adequada por Malavolta (1987) e Dell et al. (1995).

Observando-se as Tabelas 3 e 5, verifica-se que as concentrações dos micronutrientes ferro, manganês e zinco, foram superiores nas folhas em relação aos ramos para todas as doses. No entanto, o cobre seguiu um padrão diferenciado, sendo a sua concentração maior nos ramos até a dose 1,0 mg L⁻¹ de B e nas doses acima desta, a concentração deste nutriente foi superior nas folhas.

Os valores da concentração de ferro encontrados nas folhas, chegam a ser duas vezes maior que a faixa considerada adequada por Dell et al. (1995), que variava de 41 a 98 mg kg⁻¹.

Para o manganês, as concentrações obtidas em todas as doses são bem inferiores à faixa considerada adequada por Malavolta (1987) e Dell et al. (1995), os quais propõem a

Tabela 2. Concentração dos macronutrientes nas folhas de *E. citriodora* em função das doses de boro na solução.

(Effect of boron rates in concentration of macronutrients in *E. citriodora* leaves)

Dose de boro mg L ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
0,0	23,1 a	2,3 a	21,5 a	5,5 c	3,0 b	1,7 a
0,125	19,5 a	2,3 a	19,9 a	8,7 ab	3,5 ab	1,4 a
0,25	19,4 a	2,0 a	17,7 a	8,0 abc	3,4 ab	1,3 a
0,5	19,6 a	2,0 a	17,7 a	9,9 a	3,6 ab	1,5 a
1,0	20,1 a	2,5 a	19,8 a	7,2 bc	3,5 ab	1,4 a
2,0	21,6 a	2,4 a	20,3 a	8,2 abc	3,6 ab	1,4 a
4,0	23,0 a	2,7 a	22,1 a	8,7 ab	4,2 a	1,5 a
F	1,4 ns.	1,5 ns.	2,6 *	5,4 **	2,8 *	1,0 ns.
D.M.S.	6,2	0,9	5,0	2,6	1,0	0,5
C.V. (%)	16,2	20,2	13,7	18,0	15,5	19,9

n.s - não significativo; * significativa ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%;

médias seguintes por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 3. Concentração dos micronutrientes nas folhas de *E. citriodora* em função das doses de boro na solução.

(Effect of boron rates in concentration of micronutrients in *E. citriodora* leaves).

Dose de boro mg L ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹				
0,0	22,5 e	2,0 c	191,0 a	49,2 a	29,0 a
0,125	34,8 de	2,3 bc	219,7 a	73,5 a	31,0 a
0,25	41,8 cde	3,0 bc	199,8 a	59,8 a	33,7 a
0,5	61,5 cd	3,5 abc	198,0 a	62,0 a	37,0 a
1,0	67,2 c	3,5 abc	182,3 a	58,3 a	41,0 a
2,0	131,4 b	5,6 a	247,0 a	78,8 a	40,4 a
4,0	188,8 a	4,5 ab	193,3 a	58,3 a	36,5 a
F	73,2 **	5,9 **	1,3 ns	2,0 ns	2,4 ns
D.M.S.	31,3	2,2	82,8	30,7	13,0
C.V. (%)	22,1	34,9	22,2	26,8	20,1

ns - não significativo; * significativa ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%;

médias seguintes pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 4. Concentração dos macronutrientes nos ramos de *E. citriodora* em função das doses de boro na solução.

(Effect of boron rates in concentration of macronutrients in *E. citriodora* stems)

Dose de boro mg L ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
0,0	14,38 a	4,63 a	18,60 a	7,22 a	2,60 a	0,87 b
0,125	8,10 b	3,43 a	14,87 ab	7,75 a	2,25 a	0,48 c
0,25	8,32 b	3,45 a	13,92 ab	8,83 a	2,55 a	0,55 bc
0,5	7,32 b	3,37 a	12,43 b	9,07 a	2,25 a	0,43 c
1,0	7,47 b	3,8 a	13,95 ab	8,42 a	3,00 a	0,48 c
2,0	6,98 b	3,28 a	14,12 ab	8,30 a	2,5 a	0,44 c
4,0	7,47 b	3,67 a	16,58 ab	7,18 a	2,73 a	1,95 a
F	12,14**	2,26 ^{ns}	2,85 *	1,84 ^{ns}	1,14 ^{ns}	42,72 **
D.M.S.	3,33	1,37	5,43	2,50	1,11	0,38
C.V. (%)	21,12	20,41	19,82	16,80	23,79	27,45

n.s. - não significativo; * significativa ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%;

médias seguintes pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 5. Concentração dos micronutrientes nos ramos de *E. citriodora* em função das doses de boro na solução.

(Effect of boron rates in concentration of micronutrients in *E. citriodora* stems)

Dose de boro mg L ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹				
0,0	13,17 d	2,33 a	53,17 a	23,33 a	15,67 a
0,125	11,33 d	2,50 a	69,50 a	23,50 a	12,67 a
0,25	15,83 cd	3,67 a	74,50 a	19,83 a	14,00 a
0,5	19,33 bcd	3,50 a	62,00 a	17,67 a	12,83 a
1,0	30,33 a	4,67 a	45,17 a	21,67 a	16,00 a
2,0	24,00 abc	3,83 a	49,50 a	31,50 a	13,83 a
4,0	29,17 ab	3,67 a	45,00 a	17,50 a	12,83 a
F	11,54 **	2,74 *	1,97 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,93 ^{ns}
D.M.S.	9,99	1,85	37,36	18,02	6,29
C.V. (%)	26,77	30,27	36,33	45,09	24,94

n.s. - não significativo; * significativa ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%;

médias seguintes pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

faixa adequada para o manganês de 100 a 600 mg kg⁻¹ e 134 a 2316 mg kg⁻¹, respectivamente.

Em relação ao zinco, as concentrações obtidas em todas as doses encontram-se dentro da faixa considerada adequada proposta por Malavolta (1987) e Dell et al. (1995), as quais variaram de 40 a 60 mg kg⁻¹ e 13 a 29 mg kg⁻¹, respectivamente.

Analisando a Figura 6, nota-se que houve uma relação linear positiva entre a concentração de boro nas folhas e a dose do nutriente na solução. As concentrações de boro nas folhas e ramos foram menores, quando esse nutriente não foi adicionado à solução nutritiva, estando um pouco acima da faixa considerada deficiente para *Eucalyptus sp* (Malavolta, 1987) e híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* (Dell et al., 1995), as quais estão compreendidas entre 15 a 20 mg kg⁻¹ e 8 a 12 mg kg⁻¹, respectivamente.

Em relação às doses mais elevadas de boro, a concentração obtida nas folhas foi de 202,7 mg kg⁻¹ (Figura 6). Esse valor foi menor do que os obtidos por Rocha Filho et al. (1979) para *Eucalyptus grandis* cultivado nas mesmas doses (314 mg kg⁻¹ para folhas novas e 374 mg kg⁻¹ para folhas velhas).

As doses de boro na solução nutritiva de 0,0 (testemunha) até 0,25 mg L⁻¹ (Tabelas 3 e 5) não resultaram em diferenças significativas na concentração desse micronutriente nas folhas e nos ramos. Entretanto, para as demais doses, observaram-se diferenças significativas ($P > 0,01$).

Em relação à concentração de boro nos ramos, observou-se um aumento até a dose de 2,73 mg L⁻¹ de B na solução nutritiva (Figura 7). Nas doses acima desta, houve uma estabilização da concentração de boro nos ramos, com

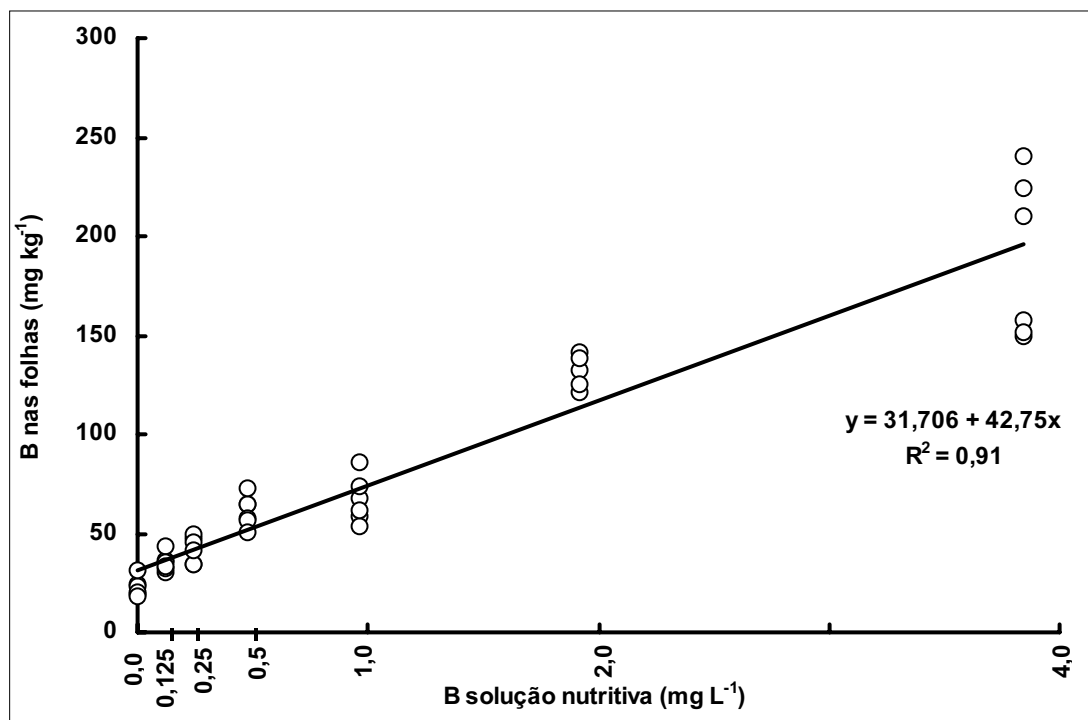


Figura 6. Concentração de boro nas folhas de *E. citriodora* em função das doses de boro na solução nutritiva.

(Boron concentration in leaves of *E. citriodora* sprouting based on dosage of boron in nutritive solution).

o aumento de B na solução. Este fato é uma indicação de que o boro em excesso é translocado em sua maior parte para as folhas.

Nas doses de 0,0 a 0,5 mg L⁻¹ na solução não foram observadas diferenças significativas na concentração de boro nos ramos. No entanto, houve diferenças significativas nas doses mais elevadas (Tabela 5).

A Tabela 6 mostra as correlações significativas encontradas entre a concentração dos nutrientes nas folhas e ramos com a concentração de boro nesses órgãos e na solução nutritiva. Verificou-se que quando se aumentava a concentração de boro na solução, maior eram as concentrações de Mg e Cu nas folhas; o mesmo foi constatado entre a concentração desses nutrientes e a de boro nas folhas. Foram também observadas correlações positivas

entre a concentração de Ca e B nas folhas, B na solução e P e K nas folhas. Constatou-se que aumentos da dose de B na solução proporcionaram maiores concentrações de enxofre e menores concentrações de N nos ramos.

Conforme a Tabela 2, as brotações cultivadas na ausência de boro apresentaram baixa concentração de Ca nas folhas (5,5 g kg⁻¹). Com base nessa informação, elaborou-se a Figura 8, que apresenta a relação entre a produção de material seco e a concentração de Ca nas folhas. Verifica-se que ocorreram aumentos de produtividade até a concentração de 11,6 g kg⁻¹ de Ca. Esses resultados sugerem que a deficiência de boro diminui a concentração de Ca nas folhas, estando de acordo com os obtidos por Chatterjee et al. (1987), num experimento de trocas metabólicas associadas às interações

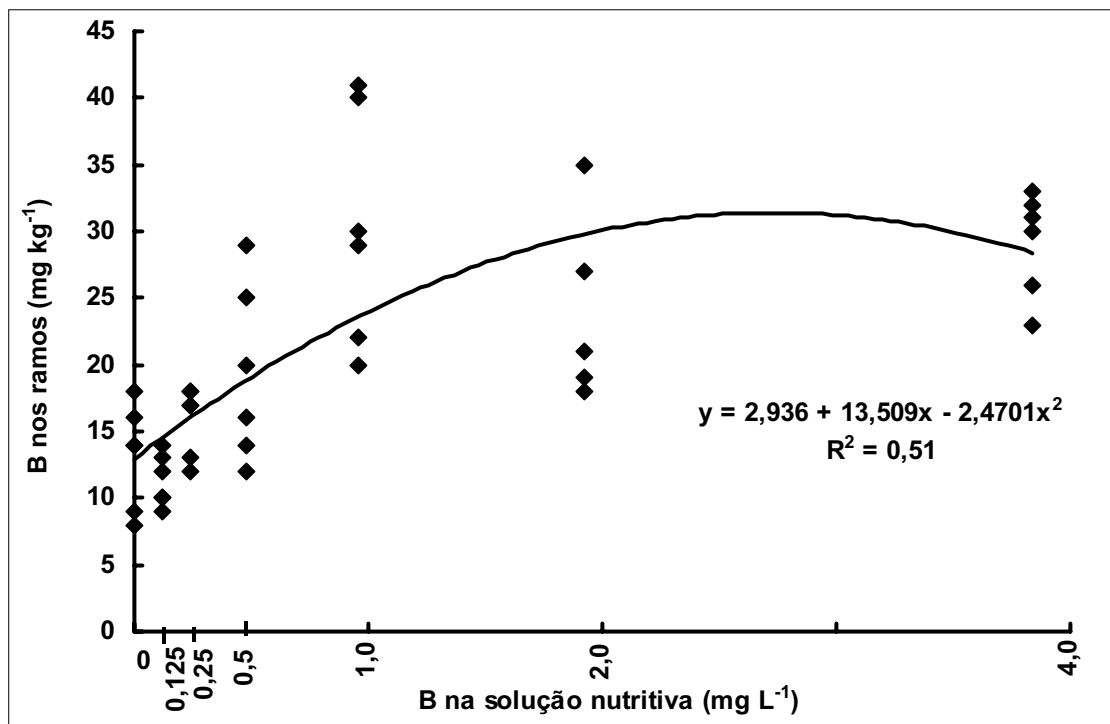


Figura 7. Concentração de boro nos ramos da brotação de *E. citriodora* em função das doses de boro na solução nutritiva.

(Boron concentration in branches of *E. citriodora* sprouting based on dosage of boron in nutritive solution).

Tabela 6. Correlações significativas entre a concentração dos nutrientes nas folhas e ramos com a concentração de boro nas folhas, ramos e na solução nutritiva.

(Correlation between concentration of nutrients leaves and stem with concentration of boron in leaves, stems, and nutritive solution).

	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	N	S
	Folhas				Ramos			
B nas folhas	-	-	0,32*	0,52**	0,62**	0,36*		
B nos ramos	-	-	-	-	-	-	-0,35*	0,32*
B solução	0,32*	0,31*		0,50**	0,53**	-	-0,34*	0,75**

* - significativos à 5 % de probabilidade

** - significativos a 1 % de probabilidade.

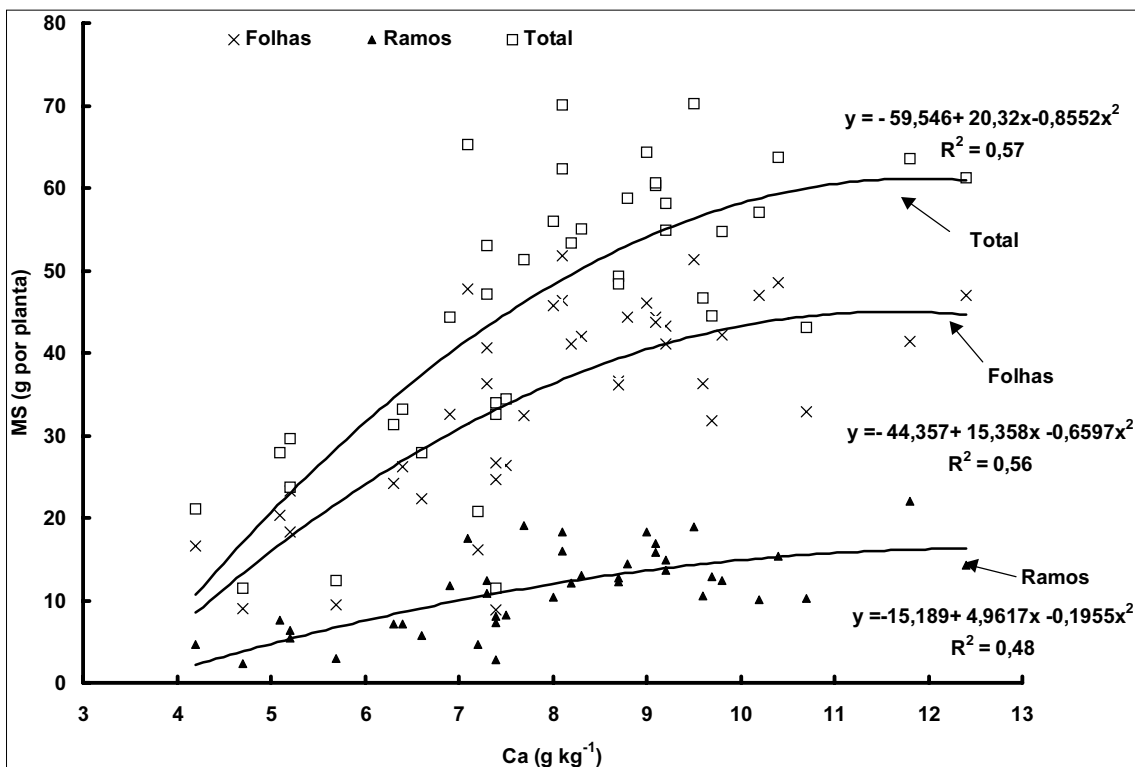


Figura 8. Relação entre a concentração de Ca nas folhas e o material seco da brotação de *E. citriodora* aos 84 dias após o corte.

(Relation between the calcium concentration in leaves and the dry matter of *E. citriodora* with 84 days harvesting)

entre o cálcio e boro em milho. No tratamento 0,5 mg L⁻¹ de B, o conteúdo total de boro nas brotações, foram de 2347,61 mg por planta, sendo que 91% estava nas folhas e 9%

alocados nos ramos. Para os demais tratamentos, a distribuição de boro manteve proporções semelhantes (Figura 9).

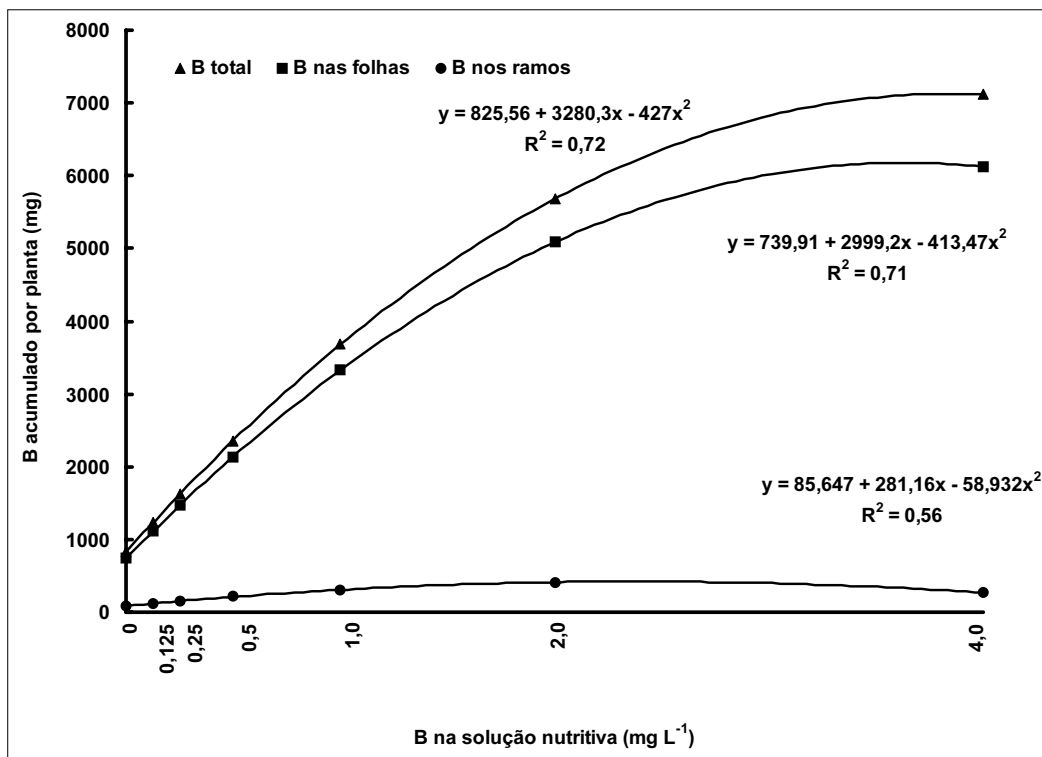


Figura 9. Conteúdo de boro nas folhas, ramos e total da brotação de *E. citriodora* em função da dose de boro na solução nutritiva.

(Boron content in leaves, branches and total of *E. citriodora* sprouting based on dosage of boron in nutritive solution).

CONCLUSÕES

Foram estas as conclusões obtidas:

- a ausência de boro na solução reduziu drasticamente o crescimento das plantas, quando comparada aos demais tratamentos;

- nas doses entre 0,125 a 4,0 mg L⁻¹ não se registraram diferenças significativas no desenvolvimento, mostrando ser o *E. citriodora* uma espécie com ampla faixa entre a deficiência e a toxicidade;

- a deficiência de boro proporcionou menor concentração de Ca nas folhas;

- as plantas apresentaram crescimento reduzido quando a concentração desse micronutriente estava abaixo de 31 mg kg⁻¹ de boro nas folhas;

- as plantas com concentrações foliares de até 202 mg kg⁻¹ de B não apresentaram sintomas visuais de toxicidade e restrições de crescimento;

- como era de se esperar, a maior parte do boro nas plantas acumulou-se nas folhas.

AUTORES

RONALDO LUIZ VAZ DE ARRUDA SILVEIRA é Consultor do IPEF - Caixa Postal 9, Piracicaba - SP 13418-900. Email: rlvasilv@carpa.ciagri.usp.br;

ERNESTO NORIO TAKAHASHI - Departamento de Ciências Florestais/ESALQ - USP. E-mail: ernestont@vcp.com.br

FÁBIO SGARBI - Departamento de Ciências Florestais/ESALQ - USP. E-mail: fsgarbi@carpa.ciagri.usp.br

MARCOS ANTÔNIO FABIANO DE CAMARGO - Departamento de Ciência do Solo/ESALQ - USP. E-mail: mafcamar@carpa.ciagri.usp.br

ADÔNIS MOREIRA - Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas/CENA - USP. Caixa Postal 96, CEP 13400-970 Piracicaba - SP. Bolsista da FAPESP. E-mail: amoreira@carpa.ciagri.usp.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R. **Análise química das plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1978. 31p. (Circular, 87).
- CANNON, P.G. Fourth results of forest fertilization with NPK, calfos and borax on na Andept soil. **Research report investigacion forestal**, p.1-10, 1981.
- CARVALHO, C.M.; CORSO, G.M.; VEIGA, R.A.A.; COUTINHO, C.J.; BAENA, E.S. Aspectos sintomatológicos, morfológicos e anatômicos da deficiência de boro em plantações de *Eucalyptus*. In: SYMPOSIUM AND WORKSHOP ON GENETIC, IMPROVEMENT AND PRODUCTIVITY OF FAST GROWING TREE SPECIES, 1, Águas de São Pedro, 1980. **Anais**. Águas de São Pedro: IUFRO, 1980. 8p.
- CHATTERJEE, C.; SINHA, P.; NAUTIYAL, N.; AGARWALA, S.C.; SHARMA, C.P. Metabolic changes associated with boron-calcium interaction in maize. **Soil science and plant nutrition**, v.33, p.607-615, 1987.
- DELL, B.; MALAJACZUK, N. Boron deficiency eucalypt in China. **Canadian journal of forest research**, v.24, p.2409-2416, 1994.
- DELL, B.; MALAJACZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: Australian Centre For Internacional Agricultural Research, 1995. 104 p.
- FERREIRA, R.M.A. **Crescimento de *Eucalyptus citriodora* em dois latossolos sob influência de níveis boro e umidade**. Lavras, 1992. 113p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura de Lavras).
- GRAÇA, M.E.C. et al. Rebrotas de *Eucalyptus dunnii*: a influência da altura, diâmetro e procedência no vigor das brotações. **Boletim de pesquisa florestal**, v.20, n.1, p.49-57, 1990.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: 1987. 495p.
- MALAVOLTA, E.; TRANI, P.E.; ATHAYDE, M.F.; BRAGA, N.R.; NOGUEIRA, S.S.S.; MORAES, S.A. Nota sobre deficiência e toxidez de boro em espécies cultivadas do gênero *Eucalyptus*. **Revista da agricultura**, v.53, n.4, p.243-246. 1978.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- NOVELINO, J.O.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; MUNIZ, A.S. Efeito dos níveis de boro no crescimento de *Eucalyptus* sp. **Revista árvore**, v.6, n.1, p.45-51, 1982.
- REIS, G.G.; REIS, M.G.F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série técnica IPEF**, v.11, n.30, p.9-22, 1997.
- ROCHA FILHO, J.V.C.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; SARRUGE, J.R. Influência do boro no crescimento e na composição química de *Eucalyptus grandis*. **Anais da ESALQ**, v.36, n.1, p.139-151, 1979.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Summa phytopathologica**, v.1, n.3, p.231-233, 1975.

- SAVORY, B.M. Boron deficiency in *Eucalyptus* in Northern Rhodesia. **Empire forestry review**, v.41, n.1, p.118-125, 1962.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; CAMARGO, M.A.F.; TAKAHASHI, E.N.; SGARBI, F. Efeito da omissão de macronutrientes, boro e zinco na rebrota de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, Rio de Janeiro, 1997. **Anais**. Rio de Janeiro, 1997. (CD ROM).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N.; SILVEIRA, R.I.; BRANCO, E.F. Levantamento nutricional de florestas de *Eucalyptus grandis* da região de Itatinga, SP: 1- macronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Anais**. Viçosa, 1995. p.896-898.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; TAKAHASHI, E.N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e boro em híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, 1996. **Anais**. Águas de Lindóia, 1996. (CD ROM).
- TOKESHI, F.; GUIMARÃES, R.F.; TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. **Summa phytopathologica**, v.2, n.2, p.122-126, 1976.
- VAIL, J.W.; CALTON, W.E.; STRANG, R.M. Dieback of wattle: boron deficiency. **Empire African agriculture journal**, v.23, n.2, p.100-103, 1957.

