

Teor foliar de boro e ICF na cultura do eucalipto sob fontes e modos de aplicação de boro⁽¹⁾

Thiago de Souza Celestrino⁽²⁾; Salatiér Buzetti⁽³⁾; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho⁽⁴⁾; Rodolfo de Niro Gazola⁽⁵⁾; Raíssa Pereira Dinalli⁽⁶⁾; Alexandre Costa da Silva⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de bolsa de Mestrado (FAPESP), concedida ao primeiro autor.

⁽²⁾ Pós-graduando (Mestrado) em Sistemas de Produção; Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira; Ilha Solteira, SP; thiagocelestrino@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor Titular Dr. – Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos; Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira; ⁽⁴⁾ Professor Dr. – Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos; Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira; ^(5, 6 e 7) Pós-graduando (a) (Mestrado) em Sistemas de Produção, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

RESUMO: A aplicação de fertilizantes é essencial para o suprimento das exigências do eucalipto, principalmente em solos de cerrado. Além da adubação com NPK, algumas espécies de eucalipto são exigentes em certos micronutrientes como o boro para o seu desenvolvimento. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o teor foliar de boro e o índice de clorofila foliar (ICF) no eucalipto aos 4 e 12 meses de idade, em função de fontes de boro com alta e baixa solubilidade, assim como a aplicação foliar do micronutriente. O experimento foi conduzido na Fazenda Renascença, fundo agrícola administrado pela Cargill Agrícola S/A, localizada no município de Três Lagoas - MS. O delineamento experimental é o de blocos casualizados com seis tratamentos e cinco repetições, dispostos em um esquema fatorial de 3 x 2, sendo: 0 kg ha⁻¹ de boro, 1 kg ha⁻¹ de boro utilizando como fonte o ácido bórico (alta solubilidade, 17% B) e 1 kg ha⁻¹ de boro utilizando como fonte o borogran (baixa solubilidade, 10% B), sendo estes aplicados no sulco de plantio, e aplicação ou não de ácido bórico foliar. Todos os tratamentos tiveram a mesma adubação de plantio com a formulação NPK. No crescimento inicial do eucalipto, levando em consideração apenas aplicação via solo de fontes de boro no plantio, ficou evidente que a fonte com baixa solubilidade (borogran) apresenta um maior teor foliar de boro quando comparado com a fonte de alta solubilidade (ácido bórico).

Termos de indexação: *Eucalyptus* spp., solubilidade, solo de cerrado.

INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* spp. foi introduzido no Brasil no início do século XX e hoje ocupa cerca de 4,5 milhões de hectares. A área de florestas com eucalipto está em franca expansão na maioria dos estados brasileiros com tradição na silvicultura deste grupo de espécies, ou em estados considerados como novas fronteiras da silvicultura,

com crescimento médio no país de 7,1% ao ano entre 2004 a 2009 (Abram, 2010).

No Brasil, com a intensificação da silvicultura clonal e o plantio de materiais genéticos mais produtivos e exigentes nutricionalmente, tem aumentado o aparecimento de sintomas de deficiência de micronutrientes, principalmente de B, sobretudo em áreas de Cerrado (Pinheiro, 1999; Bouchardet, 2002).

A necessidade do uso de adubos contendo boro em essências florestais partiu de observações feitas por Savory (1962) na Rhodesia, onde havia intensa seca de ponteiro em diferentes espécies de pinus e eucalipto. Inicialmente pensava-se que o problema era efeito direto da falta de água, entretanto, após estudos experimentais concluiu-se que a ocorrência de seca de ponteiro era devido à falta de boro (Balloni, 1977). Apesar do papel fisiológico desse nutriente ainda não estar totalmente entendido, sabe-se da sua importância na formação da parede celular, mais especificamente na síntese dos seus componentes, como a pectina, a celulose e a lignina (Marschner, 1995; Moraes et al., 2002).

O objetivo do trabalho foi avaliar o teor foliar de boro e o índice de clorofila foliar (ICF) no eucalipto aos 4 e 12 meses de idade, em função de fontes de boro com alta e baixa solubilidade, assim como a aplicação foliar do micronutriente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda Renascença, fundo agrícola administrado pela Cargill Agrícola S/A, localizada no município de Três Lagoas - MS, com latitude 20° 34' S e longitude 51° 50' O e altitude de aproximadamente 305 m. As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001), sendo as amostragens realizadas nas camadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m (Tabela 1).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com seis tratamentos e cinco

repetições, dispostos em um esquema fatorial de 3 x 2, sendo os 3 tratamentos: 0 kg ha⁻¹ de boro, 1 kg ha⁻¹ de boro utilizando como fonte o ácido bórico (alta solubilidade, 17% de B) e 1 kg ha⁻¹ de boro utilizando como fonte o borogran (baixa solubilidade, 10% de B), aplicados no sulco de plantio, e no fatorial 2 sendo aplicação ou não de ácido bórico via foliar.

A aplicação de ácido bórico via foliar foi realizada aos nove e onze meses após o plantio, sendo utilizada a dose recomendada por Gonçalves et al. (1997) que consiste na aplicação de 1 kg ha⁻¹ de boro. As aplicações foram realizadas no período da manhã, com o auxílio de uma bomba costal e na calda foi adicionado óleo mineral com a finalidade de aumentar a absorção, reduzir deriva e retardar a evaporação da gota.

Antes da implantação do experimento foi realizado um conjunto de operações necessárias para implantação da cultura do eucalipto, como: a) Controle de formigas: foram aplicados 3 kg ha⁻¹ isca formicida granulada Dinagro-S (0,9 g do i.a. sulfuramida); b) Capina química em área total: foram aplicados 6 L ha⁻¹ do herbicida Glifosato TROP (2880 g do i.a. glifosato); c) Calagem: foram aplicados 1500 kg ha⁻¹ de calcário de PRNT 80%; d) Gessagem: foram aplicados 500 kg ha⁻¹ de gesso; e) Subsolação; f) Sulcação.

A adubação de plantio foi feita com a fertilização de NPK, através da utilização de 150 kg ha⁻¹ da fórmula 10-27-10 adicionado 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proveniente do Superfosfato triplo (45% P₂O₅), sendo aplicados em todos tratamentos. Cada parcela útil é composta por 56 plantas, distribuídas em sete linhas de oito plantas cada, totalizando 420 m² de área.

No plantio das mudas do clone I-144 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) foi utilizado o espaçamento de 3,0 x 2,5 m, seguido de fornecimento de água para melhor pegamento das mudas. Duas semanas após o plantio foi realizada a aplicação de 150 g ha⁻¹ do herbicida pré-emergente Fordor 750 WG (112,5 g do i.a. isoxafluto) para controle das plantas daninhas.

A adubação nitrogenada e potássica em cobertura foram realizadas aos 2 e 9 meses após o plantio. Na adubação nitrogenada de cobertura foi utilizado o nitrato de amônio na dose de 40 kg ha⁻¹ de N. Na potássica foi utilizado o cloreto de potássio na dose de 50 kg ha⁻¹ de K₂O.

Após 4 e 12 meses do plantio foram amostradas 15 árvores por parcela, dessas foram coletadas amostras representativas de folhas maduras,

provenientes de ramos situados no terço superior das copas, dirigidas aos quatro pontos cardeais, conforme recomendações de Haag et al. (1976). Depois da estufa, as amostras foram levadas ao laboratório para realizar análise foliar do teor de boro. b) Índice de clorofila foliar, utilizando o aparelho Falker, sendo a avaliação realizada na mesma folha coletada para fazer análise foliar.

Os resultados foram analisados através de análise de variância e teste de Tukey 5% de probabilidade para comparação de médias das fontes e modos de aplicação, utilizando-se do programa SISVAR (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após quatro meses do plantio, período ainda em que não foi realizada a aplicação de boro via foliar, observou-se que houve diferença significativa nos teores foliares de boro com relação às diferentes solubilidades das fontes de boro aplicadas no plantio (Tabela 2). As plantas que receberam aplicações de boro utilizando o fertilizante borogran, que é considerado de baixa solubilidade, apresenta um maior teor de boro nas folhas quando comparado com o teor foliar de boro nas plantas que receberam aplicações de ácido bórico. Possivelmente o ácido bórico, por ser um fertilizante de alta solubilidade e na presença de solo arenoso, pode ter sido lixiviado e assim ficando menos disponível para as plantas. Já o borogran, em função de sua baixa solubilidade, tem uma liberação mais gradual do micronutriente, ficando mais tempo disponível para as plantas. Ferrando (2012) relatou em um trabalho realizado no Uruguai, que as diferentes solubilidades das fontes de boro não influenciaram os teores foliares de boro, ou seja, tanto a fonte de média solubilidade como a de alta solubilidade apresentaram uma boa disponibilidade para as plantas de eucalipto, já que os teores foliares se encontravam dentro da faixa considerada adequada para a espécie estudada. Já Andrade et al. (2009) acreditam que o ácido bórico cause um efeito positivo que está relacionado à maior solubilidade do produto quando comparado com um produto de média solubilidade, pois supre rapidamente a demanda das plantas no período de intenso crescimento vegetativo.

Aos 12 meses após o plantio, tanto as diferentes fontes de boro aplicadas no plantio assim como a aplicação de boro via foliar, não influenciaram significativamente o teor foliar de boro e índice de clorofila foliar (Tabela 3).

Fávaro et al. (2011) trabalhando sob condições controladas, verificaram que doses de boro afetam



os teores de clorofila foliar em mudas de *Corymbia citriodora*. Goldbach et al. (2007) argumentaram que a função do boro no processo fotossintético é desconhecida, mas sua deficiência pode afetar o funcionamento das membranas do cloroplasto. Indiretamente a deficiência de boro, pode afetar tanto a fotossíntese como a transpiração devido à diminuição da área foliar e alteração dos compostos presentes na folha.

CONCLUSÕES

No crescimento inicial do eucalipto, levando em consideração apenas aplicação via solo de fontes de boro no plantio, ficou evidente que fontes com baixa solubilidade (borogran) apresentam um maior teor foliar de boro quando comparado com fontes de alta solubilidade (ácido bórico).

Aos 12 meses após o plantio, tanto as diferentes solubilidades das fontes de boro aplicadas no plantio assim como as duas aplicações de boro via foliar nos meses nove e onze após o plantio, não influenciaram significativamente o teor foliar de boro e o índice de clorofila foliar.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de mestrado do primeiro autor e pelo apoio financeiro da pesquisa. (Processo: 2012/05593-7)

REFERÊNCIAS

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário Estatístico da ABRAF - ano base 2009. Brasília: 2010

ANDRADE, P. T. Doses, fontes e formas de aplicação de boro em floresta de eucalipto. 2009. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

BALLONI, E.A. Deficiência de boro em povoamentos florestais implantados. Boletim Informativo IPEF,5:49-65, 1977.

BOUCHARDET, J.A. Crescimento características físicas e anatômicas da madeira juvenil de dois clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em resposta à aplicação de boro. Piracicaba, ESALQ, 2002. 69p. (Tese de Mestrado)

FÁVARO, E.A.; VITORINO, A.C.T.; DANIEL, O.; NOVELINO, J.O. Boro e magnésio na produção de óleo essencial de *corymbia citriodora* e teor de clorofila. Floresta, Curitiba, PR, 41:39-46, 2011.

FERRANDO, M.G; ZAMALVIDE, J.P. Aplicación de boro en eucalipto: comparación de fuentes. Revista Árvore. v.36, n.6, Viçosa. 2012

FERREIRA, D. F. Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. Software.

GOLDBACH, H. E.; HUANG, L.; WIMMER, M. A. Boron functions in plants and animals: recent advances in boron research and open questions. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ALL ASPECTS OF PLANT AND ANIMAL BORON NUTRITION, 3, 2007, Wuhan. Proceedings...Wuhan, Springer, p. 3-25, 2007.

GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B. van.; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. p.247-260.

HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. D.; et al. Análise foliar em cinco espécies de eucaliptos. IPEF, 13:99-115, 1976.

MARSCHNER, H. Mineral nutritional of higher plants. London: Academic, 1995. 889p.

MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. de F.; MOREIRA, A. Relação entre flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília,37:1431-1436,2002.

PINHEIRO, A.L. Reflexos da fertilização mineral de boro na estrutura anatômica, no crescimento e na seca-deponteiro de *Eucalyptus citriodora* Hook e *Eucalyptus camaldulensis* Dehn no Cerrado de Minas Gerais. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1999. 191p. (Tese de Doutorado)

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

SAVORY, B.M. Boron deficiency in *Eucalyptus* in Norther Rhodesia. Empire Forest Review,41:118-125, 1962.

Tabela 1 - Caracterização química inicial da área experimental, Três Lagoas/MS, 2011

Profundidades	P resina	M. O.	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
m	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		----- mmol _c dm ⁻³ -----							%
0,00-0,20	1	7,4	4,2	0,2	4,2	1,9	17	4,3	6,3	23,3	27
0,20-0,40	1	6,8	4,2	0,3	1,6	1,1	18	4,5	3,0	21,0	14
	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn					
m	-----mg dm ⁻³ -----										
0,00-0,20	4,7	0,27	0,36	12,6	1,5	0,27					
0,20-0,40	-	-	-	-	-	-					

O método usado para os micronutrientes catiônicos foi o DTPA, para o boro foi a água quente.

Tabela 2 - Valores médios de teor foliar de boro (B) e índice de clorofila na folha (ICF) de eucalipto em função dos tratamentos com boro, aos 4 meses após o plantio. Três Lagoas/MS, 2012.

Fontes de B (F)	B mg kg ⁻¹	ICF
Testemunha	9,0 b	30,5 a
Ácido bórico	17,5 b	30,3 a
Borogran	50,2 a	31,6 a
D.M.S. (5%)	10,65	6,58
Teste F		
F	105,726**	0,278 ^{ns}
C.V. (%)	14,33	7,35
Média Geral	25,6	30,7

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. ** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3 - Valores médios de teor foliar de boro (B) e índice de clorofila na folha (ICF) de eucalipto em função dos tratamentos com boro, aos 12 meses após o plantio. Três Lagoas/MS, 2013.

Fontes de B (F)	B mg kg ⁻¹	ICF
Testemunha	31,67 a	43,5 a
Ácido bórico	40,67 a	43,3 a
Borogran	38,00 a	44,1 a
D.M.S. (5%)	19,29	10,1
Modo de Aplicação (M)		
Com foliar	42,56 a	42,6 a
Sem foliar	31,00 a	44,7 a
D.M.S. (5%)	12,79	6,7
Teste F		
F	0,864 ^{ns}	0,024 ^{ns}
M	4,049 ^{ns}	0,498 ^{ns}
F x M	0,954 ^{ns}	0,664 ^{ns}
C.V. (%)	33,12	14,62
Média Geral	36,7	43,6

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.