

Crescimento e produção de biomassa de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em condições de deficiência de macronutrientes, B e Zn

Effects of B, Zn and macronutrients deficiency in the growth and the biomass production of the *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Fábio Sgarbi

Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira

Ernesto Norio Takahashi

Marcos Antônio Fabiano de Camargo

RESUMO: O objetivo deste estudo foi determinar o crescimento do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* cultivado em soluções nutritivas com omissão de nutrientes, em condições de casa de vegetação. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de 10L, contendo sílica moída. Até os 9 meses de idade, as plantas receberam solução nutritiva completa. A partir daí, fez-se uma lavagem rigorosa no substrato com água destilada dando início aos seguintes tratamentos: completo, omissão de N; de P; de K; de Ca; de Mg; de S; de B; de Zn e múltipla de K, B e Zn. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. A partir de 3 meses após a entrada dos tratamentos, foram realizadas medições mensais de altura, diâmetro a 10, 65 e 130 cm de altura em relação à superfície da sílica, que se estenderam até os 17 meses de cultivo em solução com omissão de nutrientes. Aos 26 meses de idade, realizou-se o corte das plantas, separando-as em folhas novas, velhas, caule e ramos. Em seguida, o material vegetal foi seco em estufa a 70°C a fim de obter a biomassa nas diferentes partes da planta. Posteriormente, fez-se a moagem do mesmo para a realização das análises químicas, visando a determinação da concentração dos nutrientes nas folhas novas e nas folhas velhas das plantas. As deficiências que mais limitaram o crescimento do clone híbrido foram N, B e a múltipla de K, B e Zn.

PALAVRAS-CHAVE: *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, Deficiência, Nutrição, Solução nutritiva

ABSTRACT: The objective of this work was determine the growth of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clone in nutrition solutions with omission of nutrients in a greenhouse. The plants were cultivated on pots of ten liters of capacity containing ground silicon. Until the 9 month of age the plants were cultivated in complete mineral nutrition solution. Then, they had the substrate washed with distilled water and cultivated in the following treatments: complete, omission of N; of P; of K; of Ca; of Mg; of S; of B; of Zn and the multiple of K, B and Zn. A randomized experimental design with four replicates was used. Three months after the beginning of the treatments, monthly evaluations of height, diameter at 10, 65 and 130 centimeters of height in relation to the silicon surface that extended until 17th of culture in solution without

nutrients. At the 26th of age, the plants were cutting and separated in new leaves, old leaves, branches and stem. Then, these plant parts were kiln dried at 70°C. The mineral nutrients concentration were determinate for the new and old leaves. The deficiencies that were growth limiting to the hybrid clone were N, B and the multiple of K, B and Zn.

KEYWORDS: *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, Deficiency, Nutrition, Nutrition solution.

INTRODUÇÃO

A cultura do eucalipto concentra-se em solos de baixa fertilidade, como os Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média, onde as adubações com macro e micronutrientes são necessárias para que produtividades econômicas sejam alcançadas. Como consequência, torna-se importante a realização de pesquisas como: seleção de materiais genéticos mais eficientes na absorção e utilização dos nutrientes, formas alternativas de manejo e preparo de solo que visem menores perdas dos nutrientes no ecossistema. Dentro destas linhas, as informações básicas sobre nutrição mineral assumem grande importância, principalmente quando se visa a utilização mais adequada dos fertilizantes em função das exi-

gências nutricionais dos clones ou classes de clones. No entanto, a maioria dos estudos sobre crescimento de *Eucalyptus* em condições de carência nutricional foram realizados para diferentes espécies a partir de mudas propagadas por sementes (Will, 1961; Kaul et al., 1968, 1970; Rocha Filho et al, 1978; Rocha Filho et al, 1979).

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito das omissões de N, de P, de K, de Ca, de Mg, de S, de B, de Zn e a múltipla de K, B e Zn no crescimento, na produção de biomassa e na concentração dos nutrientes nas folhas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

MATERIAL E MÉTODOS

Cultivo das plantas em soluções nutritivas carentes

O experimento foi conduzido no Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, em condições de casa de vegetação, durante o período de maio de 1994 a julho de 1996. As mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com aproximadamente 120 dias de idade, foram plantadas em vasos de alumínio com capacidade para 10 litros, após lavagem total do sistema radicular. Os vasos foram revestidos internamente com saco plástico e posteriormente preenchidos com sílica moída. Inicialmente,

as mudas foram irrigadas com solução nutritiva completa (Sarruge, 1975) e renovada a cada quinze dias. Passados nove meses do plantio, quando as plantas atingiram aproximadamente 2,0 m de altura e 1,5 cm de diâmetro, realizou-se uma lavagem rigorosa do substrato com água destilada, a fim de remover os nutrientes existentes. Em seguida, deu-se início aos tratamentos contidos na Tabela 1. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 10 tratamentos repetidos 4 vezes.

Tabela 1. Composição química das soluções nutritivas (ml L⁻¹) usadas no experimento.

 (Chemical composition of the nutritious solutions (ml L⁻¹) used in the experiment)

Solução Estoque	Tratamentos										
	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B	-Zn	-KBZn	
KH ₂ PO ₄	M	1	1	-	-	1	1	1	1	1	-
KNO ₃	M	5	-	5	-	5	5	5	5	5	-
Ca(NO ₃) ₂	M	5	-	5	5	-	5	5	5	5	5
MgSO ₄	M	2	2	2	2	2	-	-	2	2	2
KCl	M	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-
CaCl ₂	M	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	M	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
NH ₄ NO ₃	M	-	-	-	2	5	-	-	-	-	2
Na ₂ SO ₄	M	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
MgCl ₂	M	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Micro Completo *		1	1	1	1	1	1	1	-	-	-
Micro menos B		-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Micro menos Zn		-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Micro menos B e Zn		-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Fe EDTA**		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

* A solução de micronutrientes teve a seguinte composição (g L⁻¹): H₃BO₃= 2,86; MnCl₂ 4H₂O= 1,81; ZnCl₂= 0,10; CuCl₂= 0,04; H₂MoO₄H₂O= 0,02.

** Dissolver 26,1 g de EDTA dissódico em 286 ml de NaOH 1N, misturar com 24,9 g de FeSO₄ 7H₂O. Arejar por uma noite e completar com água destilada.

(* The micronutrients solution had the following composition (g L⁻¹): H₃BO₃= 2,86; MnCl₂ 4H₂O= 1,81; ZnCl₂= 0,10; CuCl₂= 0,04; H₂MoO₄H₂O= 0,02.

** To dissolve 26,1g of EDTA dissodic in 286 ml de NaOH 1N, to mix with 24,9 g de FeSO₄ 7H₂O. To air for one night and to complete with distilled water).

Avaliação do diâmetro, altura e produção de biomassa

A partir de 3 meses após o início dos tratamentos, foram realizadas avaliações mensais de diâmetro a 10, 65 e 130 cm de altura em relação à superfície da sílica contida nos vasos, assim como a altura das plantas. No 17º mês de cultivo em soluções deficientes, as plantas foram colhidas e separadas em folhas novas, folhas velhas, caule e ramos. As folhas novas corresponderam à metade do número total de folhas, localizadas na parte superior dos ramos a partir do ápice, enquanto que as folhas velhas corresponderam aos outros 50%

que se estendiam da região mediana até a base dos ramos. As amostras do material vegetal foram secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 70°C, até atingir peso constante, quando se determinou a biomassa de cada parte da planta.

Análise química do material vegetal

Foi realizada a moagem das folhas novas e velhas, após secagem em estufa, em moinho

de aço inoxidável do tipo Wiley. Em seguida, as amostras foliares foram submetidas às digestões nítrico-perclórica e sulfúrica de acordo com Sarruge e Haag (1974), para a determinação das concentrações dos nutrientes nos extratos obtidos. A determinação de P foi realizada pelo método da colorimetria de molibdato de

vanadato; K por fotometria de chama; Ca, Mg, Zn por espectrofotometria de absorção atômica; S por turbidimetria de suspensão do sulfato de bário; B por colorimetria de azometina. As determinações de N foram realizadas através do método micro Kjeldahl.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento (Diâmetro, Altura e Biomassa)

A omissão de N e a múltipla de K, B e Zn reduziram significativamente o crescimento em diâmetro a 10 cm em 29% e 21%, respectivamente, quando comparadas com o tratamento completo. O mesmo efeito não foi verificado quando as plantas foram cultivadas na ausência de P, de K, de Ca, de Mg, de S, de Zn e de B (Figura 1). Em relação ao diâmetro a 65 cm, verificou-se que a ausência de N, de K, B e Zn

e a de B proporcionaram quedas significativas no crescimento, respectivamente de 35%, 24% e 21% em relação ao tratamento completo (Figura 2). As plantas cultivadas sob carência de K, B e Zn, N e B também apresentaram decréscimos estatisticamente significativos no diâmetro a 130 cm de 43%, 39% e 31%, respectivamente, quando comparadas as do tratamento completo (Figura 3).

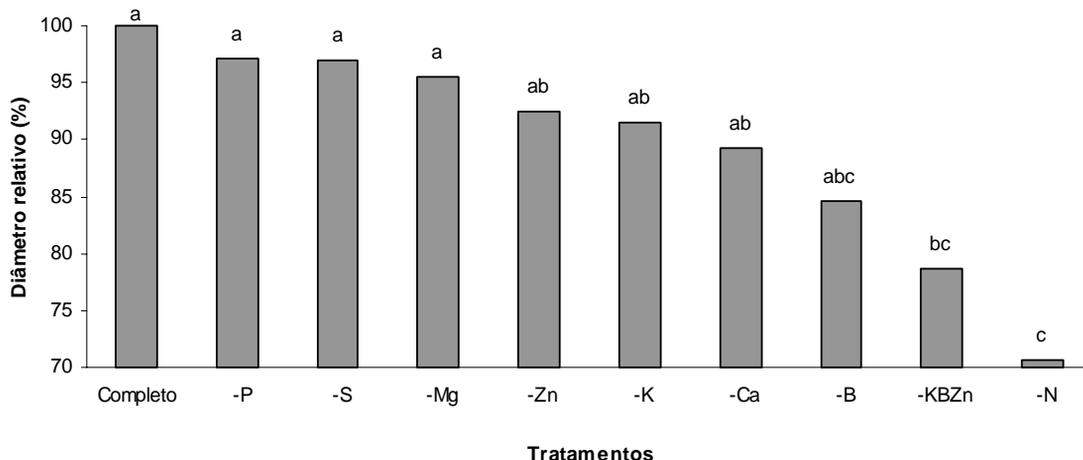


Figura 1. Diâmetro relativo do clone híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* a 10 cm de altura em relação à superfície da sílica contida nos vasos, em função dos tratamentos, aos 26 meses de idade (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade).

(Relative diameter of the clone hybrid of *E. grandis* x *E. urophylla* at 10 cm of height in relation to surface of the silicon contained in the vases in function of the treatments, in the 26 months of age (averages followed by the same letter don't differ to each other for the test Tukey to 5% of probability).

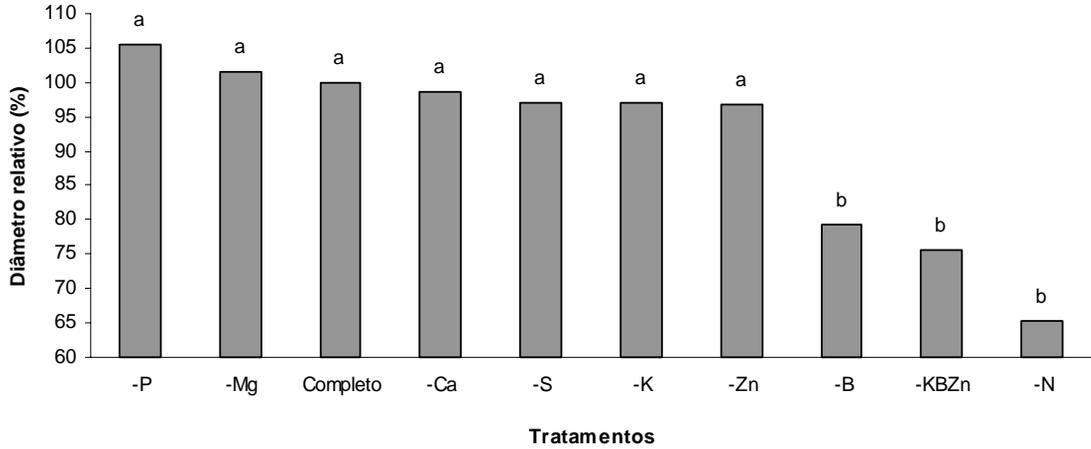


Figura 2. Diâmetro relativo do clone híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* a 65 cm de altura em relação à superfície da sílica contida nos vasos, em função dos tratamentos, aos 26 meses de idade (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade).

(Relative diameter of the clone hybrid of *E. grandis* x *E. urophylla* at 65 cm of height in relation to surface of the silicon contained in the vases in function of the treatments, in the 26 months of age (averages followed by the same letter don't differ to each other for the test Tukey to 5% of probability)).

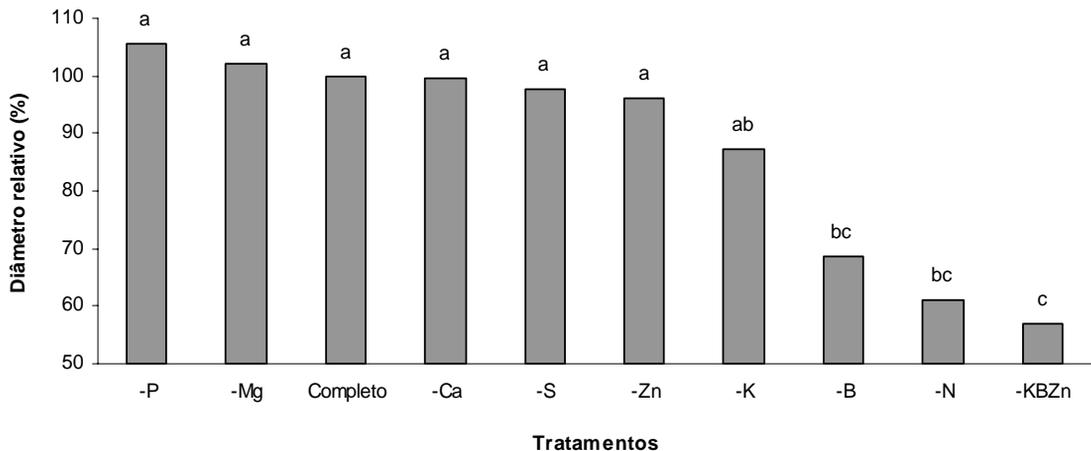


Figura 3. Diâmetro relativo do clone híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* a 130 cm de altura em relação à superfície da sílica contida nos vasos, em função dos tratamentos, aos 26 meses de idade (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade).

(Relative diameter of the clone hybrid of *E. grandis* x *E. urophylla* at 130 cm of height in relation to surface of the silicon contained in the vases in function of the treatments, in the 26 months of age (averages followed by the same letter don't differ to each other for the test Tukey to 5% of probability)).

Em relação ao N, resultados semelhantes foram obtidos por Kaul et al. (1970), cultivando *Eucalyptus globulus* em solução nutritiva. Estes autores observaram uma redução de 55% no diâmetro das plantas carentes em N, em relação às plantas do tratamento completo. Simões e Couto (1973) também verificaram uma diminuição de 50% no diâmetro de mudas

de *Araucária angustifolia* cultivadas em solução nutritiva carente em N.

Os efeitos da idade sobre o crescimento em altura das plantas cultivadas nas diferentes soluções nutritivas, mostraram que na ausência múltipla de K, B e Zn houve uma estagnação total do crescimento a partir dos 7,9 meses (Figura 4B). A diminuição da altura das plantas nos

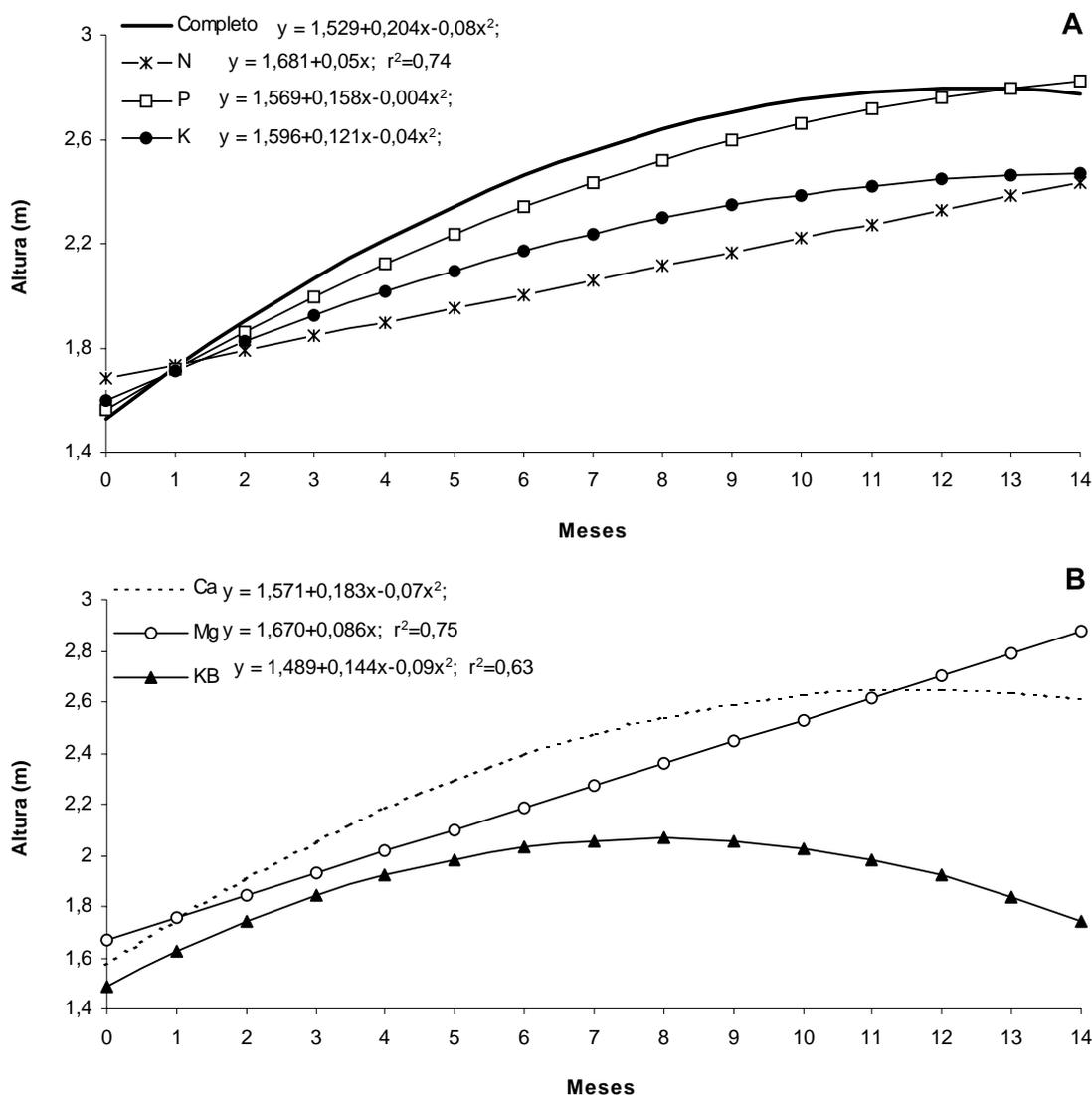


Figura 4. Crescimento em altura do clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* em função do período de cultivo nos diferentes tratamentos.

(Height growth of the clone hybrid of *E. grandis* x *E. urophylla* in function of the cultivation period in the different treatments).

tratamentos em que o B foi omitido da solução, deve-se à ocorrência da seca de ponteiro decorrente desta deficiência, como constatado por Tokeshi et al. (1976), Balloni (1977), Rocha Filho et al. (1978), Carvalho et al. (1980) e Dell et al. (1995). Verificou-se ainda que os demais tratamentos, com exceção da omissão de Mg e de N, apresentaram pequenos incrementos entre as idades de 10 e 14 meses, com uma forte tendência à paralisação do crescimento em altura (Figuras 4A e 4B).

A Figura 5 mostra que houve uma redução na altura de 36% e 31%, quando as plantas foram cultivadas em solução nutritiva com omissão múltipla de K, B e Zn e de B, respectivamente, em relação ao tratamento completo. O efeito da deficiência de B sobre o crescimento em altura pode ser explicado pela seqüência de eventos que se inicia com a morte das gemas apicais, seguida da seca do ponteiro e posterior brotação das gemas laterais ao longo do tronco.

Fato semelhante foi constatado por Tokeshi et al. (1976) e Carvalho et al. (1980), os quais

observaram sintomas de deficiência de B em *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus citriodora*, respectivamente, em condições de campo. Verificaram também que em plantas jovens, ocorreu a morte generalizada dos ponteiros, ramificações excessivas e menor porte das plantas. Dell et al. (1995) descreveram e ilustraram sintomas de deficiências nutricionais em várias espécies de *Eucalyptus*. Em relação ao B, estes autores mostraram que a deficiência severa danifica os brotos terminais.

Uma redução significativa na produção de matéria seca total e do caule foi verificada nos tratamentos com omissão de N, de B e a múltipla de K, B e Zn (Figura 6). A redução da produção de biomassa pelo *E. grandis* x *E. urophylla* na carência de N, deve-se ao fato deste macronutriente exercer um importante papel fisiológico na planta. Segundo Malavolta et al. (1997), o N faz parte da estrutura de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas e ácidos nucléicos, enzimas e coenzimas, glico e lipoproteínas. Participa nos processos de absorção iônica, da fotossíntese, da respiração e

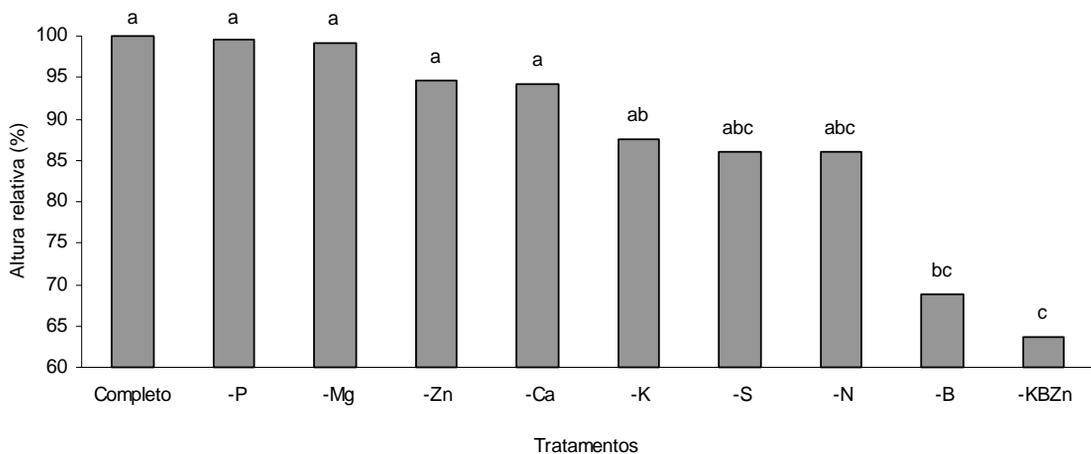


Figura 5. Altura relativa do clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* em função dos tratamentos, no final do experimento (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade).

(Relative height of the clone hybrid of *E. grandis* x *E. urophylla* in function of the treatments, in the end of the experiment (averages followed by the same letter don't differ to each other for the test Tukey to 5% of probability)).

da multiplicação e diferenciação celular. Outros estudos realizados em condições de solução nutritiva também mostraram reduções drásticas na produção de matéria seca devido à omissão de N conforme verificados em *E. globulus* por Kaul et al. (1970) e em *E. urophylla* por Rocha Filho et al. (1978).

No entanto, são raras as respostas à aplicação de N em condições de campo. Isso se deve ao fato de que a maioria dos solos florestais ainda apresentam um estoque elevado de N na forma orgânica (Serrano, 1997), tornando outros nutrientes, cujos teores no solo são extremamente baixos, como o fósforo (Novais et al., 1982) e o potássio (Gava, 1997 e Valeri et al., 1991) mais limitantes e conseqüentemente mais responsivos ao crescimento do *Eucalyptus*.

A redução na produção de matéria seca do *E. grandis* x *E. urophylla* nos tratamentos onde o B foi omitido da solução nutritiva, deve-se ao fato de que este micronutriente participa dos processos de absorção iônica, transporte de carboidratos, síntese de lignina e celulose, síntese de ácidos nucléicos e de proteínas. Entretanto, ainda não se conhece compostos ou reações metabólicas em que o B esteja presen-

te, mas o que se sabe é que na sua ausência a planta não é capaz de completar o ciclo (Malavolta et al. 1997). Ainda em relação ao B, resultados semelhantes foram obtidos por Rocha Filho et al. (1978) em *E. urophylla*, onde encontraram na omissão de B uma redução de 61 % da produção de matéria seca quando comparada ao tratamento completo. Ainda Rocha Filho et al. (1979) e Silveira et al. (1996) observaram respectivamente uma redução de 29% na produção de matéria seca em *E. grandis* e 45% em *E. citriodora* quando se omitiu o B em relação à dose de 0,5 mg de B L⁻¹. Em conformidade com os resultados obtidos no presente trabalho, vários autores têm verificado que a deficiência de B é muito comum em condições de campo e que aplicações deste micronutriente são essenciais para o desenvolvimento das espécies de *Eucalyptus* (Cannon, 1981; Stape, 1992; Barros et al., 1992; Fonseca et al., 1993; Silveira et al., 1995).

A omissão de S não apresentou redução na produção de matéria seca em relação ao tratamento completo (Figura 6). Rocha Filho et al. (1978) também observaram que esse macronutriente não limitou a produção de biomassa do *E. urophylla*, pelo contrário, sua

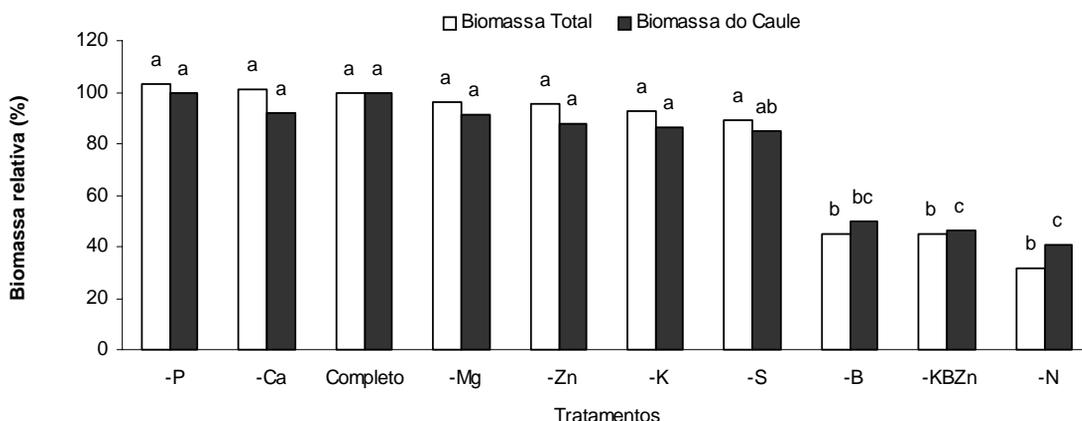


Figura 6. Produção relativa de matéria seca do clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, em função dos tratamentos, no final do experimento (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade).

(Relative production of dry matter of the clone hybrid of *E. grandis* x *E. urophylla* in function of the treatments, in the end of the experiment (averages followed by the same letter don't differ to each other for the test Tukey to 5% of probability)).

ausência proporcionou maior produção em relação ao tratamento completo.

As plantas cultivadas na ausência de K e de Mg não apresentaram redução significativa na produção de matéria seca quando comparadas com as do tratamento completo (Figura 6). Admite-se que o clone de *E. grandis* x *E. urophylla*, utilizado no presente estudo, é pouco exigente em K, haja vista os baixos teores foliares encontrados no tratamento com omissão deste macronutriente e a elevada produção de matéria seca. O *E. grandis* x *E. urophylla* apresentou teores foliares adequados de Mg, segundo Dell et al. (1995), mesmo quando cultivado na ausência deste macronutriente. Desse modo, pode-se dizer que a quantidade de Mg fornecida até os 9 meses de idade foi suficiente para garantir o crescimento normal das plantas até a idade de 26 meses.

Esses resultados, entretanto, discordam daqueles obtidos por Kaul et al. (1970) para *E. globulus* e por Rocha Filho et al. (1978) para *E. urophylla*. A ausência de K e de Mg na solução nutritiva resultou numa queda de 39% e 70%, respectivamente, na produção de matéria seca de *E. urophylla* em relação ao tratamento completo (Rocha Filho et al., 1978).

A omissão de P não proporcionou redução de biomassa quando comparado ao tratamento completo (Figura 6). Esse resultado difere daqueles obtidos por Rocha Filho et al. (1978), os quais encontraram quedas de 69% na produção de biomassa de mudas de *E. urophylla*, quando cultivadas sob carência de P em relação à solução completa. No campo, as espécies de *Eucalyptus* têm respondido positivamente às aplicações de P tanto no sulco como na cova de plantio (Barros et al., 1981; Valeri et al., 1985). Entretanto, a não limitação do crescimento na ausência de P, no presente estudo, pode estar relacionada ao fato de que as plantas receberam este nutriente até a idade de 9 meses, ou seja, durante a sua fase de maior exigência. Para a maioria das espécies do gênero

Eucalyptus, a exigência de P diminui com a idade da planta (Novais et al., 1982).

A omissão de Ca não apresentou redução significativa na produção de biomassa quando comparada ao tratamento completo. Tal fato também foi observado por Rocha Filho et al. (1978), onde plantas de *E. urophylla* cultivadas na omissão de Ca não apresentaram reduções significativas na produção de matéria seca quando comparadas às plantas do tratamento completo.

Ainda em relação ao Ca, Kaul et al. (1968) observaram que a omissão deste nutriente na solução não reduziu a produção de biomassa do *E. grandis*. Esses resultados indicam que a exigência nutricional do *Eucalyptus* em relação ao Ca é baixa quando comparada a outras culturas, conforme relatado por Barros et al. (1990). O mesmo autor comenta que são raras as respostas de *Eucalyptus* à aplicação de calcário em condições de campo.

A ausência de Zn na solução nutritiva não limitou a produção de biomassa (Figura 6), mostrando que a exigência desse micronutriente pelo clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* foi menor quando comparada ao B. Couto et al. (1985), também verificaram que o *Eucalyptus grandis* não respondeu às aplicações crescentes de Zn, mesmo quando o teor desse micronutriente no solo era próximo a zero. Estes autores sugerem que o eucalipto tem uma elevada capacidade de absorção e/ou baixa exigência metabólica para o Zn, comparativamente a outras plantas. Wallace et al. (1986), também observaram pequena resposta de *Eucalyptus marginata* às aplicações crescentes de Zn em condições de solução nutritiva.

Concentração dos nutrientes

As concentrações dos nutrientes nas folhas novas e velhas estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Concentração de macro e micronutrientes em folhas novas de clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* em função dos tratamentos.

(Concentration of the macro and micronutrients in young leaves of clone hybrid of *E. grandis* x *E. urophylla* in function of the treatments).

Tratamentos	Nutrientes							
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹				
Completo	13,7a	0,8b	11,8a	5,6ab	3,3a	0,9bc	25bcd	45a
Omissão de N	8,7b	1,3 ^a	12,5a	6,5ab	4,0a	0,8bc	63a	45a
Omissão de P	12,6ab	0,3c	10,3ab	5,3bc	3,5a	0,6c	23cd	17b
Omissão de K	12,1ab	0,7bc	3,0b	6,1ab	4,0a	1,4a	30bc	32ab
Omissão de Ca	12,3ab	0,7bc	10,1ab	2,4c	3,3a	1,0bc	27bcd	15b
Omissão de Mg	12,5ab	0,7bc	13,5a	3,7bc	1,8b	0,9bc	26bcd	30ab
Omissão de S	11,7ab	0,8b	14,0a	5,0bc	3,2a	0,6c	38b	30ab
Omissão de B	15,1a	1,3a	13,7a	6,2ab	3,0ab	1,0b	18cd	15b
Omissão de Zn	11,0ab	0,8b	12,0a	5,4b	3,7a	1,0b	24bcd	25ab
Omissão de K,B,Zn	13,6a	1,4a	6,9ab	8,3a	4,0a	1,0b	14d	42a
F	3,17**	14,12**	4,73**	7,18**	5,66**	9,30**	22,50**	5,30**
CV (%)***	14,92	22,00	29,67	21,68	16,71	15,34	19,76	34,30
D.M.S ****	4,5	0,4	7,7	2,8	1,4	0,3	14,0	24,6

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (significant at 5% of probability for the test F);

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (significant at 1% of probability for the test F);

*** coeficiente de variação (coefficient of variation);

**** diferença mínima significativa (minimum significant difference);

Os resultados mostraram que a concentração de um elemento em particular nas folhas foi significativamente menor nos tratamentos onde o mesmo foi omitido da solução nutritiva, com exceção do Zn.

As plantas cultivadas na ausência de N apresentaram concentrações deste macronutriente abaixo da faixa considerada normal, segundo Dell et al. (1995). Estes autores sugerem que as concentrações foliares de N para o *E. grandis* x *E. urophylla* devem estar na faixa de 18 a 29 g kg⁻¹. A concentração do N nas folhas velhas foi menor que nas folhas novas em função da elevada mobilidade deste nutriente na planta. Ainda em relação ao N, verificou-se que a omissão de K, B e Zn proporcionou maiores concentrações desse nutriente nas folhas velhas. O aumento do teor de N nas folhas, neste caso, deve-se a um efeito de con-

centração, resultado do menor crescimento das plantas cultivadas na ausência múltipla de K, B e Zn.

As plantas cultivadas na omissão de P apresentaram uma concentração considerada deficiente para o *E. grandis* x *E. urophylla*, de acordo com Dell et al. (1995), a qual varia de 2 a 6 g de P kg⁻¹. Verifica-se ainda que a omissão de N, de B e a múltipla de K, B e Zn resultaram maiores concentrações de P em relação ao tratamento completo, também devido ao menor crescimento das plantas nestes tratamentos.

A concentração de K obtida nas folhas velhas dos tratamentos com omissão de K e omissão múltipla de K, B e Zn situam-se dentro da faixa considerada deficiente para o *E. grandis* x *E. urophylla* (2 a 6 g de K kg⁻¹) segundo Dell et al. (1995).

Tabela 3. Concentração de macro e micronutrientes em folhas velhas de clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* em função dos tratamentos.

(Concentration of the macro and micronutrients in old leaves of clone hybrid of *E. grandis* x *E. urophylla* in function of the treatments).

Tratamentos	Nutrientes							
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹				
Completo	12,1b	1,0abcd	12,5abc	4,5bcd	2,9c	0,9cd	31ab	63,7abc
Omissão de N	6,2c	1,3ab	12,1bc	6,6bc	2,7c	0,9cd	50a	72,2ab
Omissão de P	12,5b	0,3e	11,0c	4,1bcd	2,5c	0,7de	32ab	59,7bc
Omissão de K	11,7b	0,7cde	2,8d	5,7bc	3,9ab	1,3a	29ab	63,0abc
Omissão de Ca	12,0b	0,6de	11,0c	2,7d	3,0bc	1,1b	26ab	59,7bc
Omissão de Mg	11,6b	0,6de	13,7ab	3,9cd	1,5d	1,0bc	34ab	97,7a
Omissão de S	11,5b	0,7bcde	14,0ab	4,8bcd	2,5c	0,6e	32ab	61,2bc
Omissão de B	14,2ab	1,2abc	14,7a	6,7b	2,7c	1,0bc	18b	55,5bc
Omissão de Zn	14,0ab	0,7bcde	12,0bc	4,2bcd	2,7c	0,9cd	29ab	43,3bc
Omissão de K,B,Zn	15,6a	1,4 ^a	4,0d	10,3a	4,5a	1,1b	18b	34,2c
F	18,00**	9,60**	64,00**	14,20**	17,70**	25,79**	3,31**	5,47**
CV (%)***	9,60	25,87	9,50	21,00	13,20	8,58	24,35	23,00
D.M.S ****	2,8	0,5	2,5	2,8	0,9	0,2	21,6	33,0

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (significant at 5% of probability for the test F);

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (significant at 1% of probability for the test F);

*** coeficiente de variação (coefficient of variation);

**** diferença mínima significativa (minimum significant difference);

No tratamento com omissão de Ca, a concentração foliar deste macronutriente estava dentro da faixa considerada adequada segundo Dell et al. (1995). Estes autores sugerem que a concentração deste macronutriente deve estar entre 2,1 a 7,5 g kg⁻¹. As concentrações de cálcio nas folhas mais novas foram maiores que nas folhas mais velhas devido à baixa mobilidade deste nutriente na planta. No tratamento com omissão múltipla de K, B e Zn, constatou-se um aumento na concentração de Ca nas folhas velhas em relação ao tratamento completo.

As concentrações de Mg observadas nas folhas novas e velhas, quando o mesmo elemento foi omitido da solução nutritiva, situaram-se dentro da faixa adequada para o *E. grandis* x *E. urophylla* (1,1 a 3,6 g de Mg kg⁻¹) proposta por Dell et al. (1995). A menor concentração do

Mg nas folhas velhas e maior nas folhas novas deve-se ao fato deste nutriente apresentar uma elevada mobilidade na planta. Na omissão de K e na múltipla de K, B e Zn, foi observado um acréscimo na concentração de Mg nas folhas velhas em relação ao tratamento completo. Normalmente, a ausência de K na solução nutritiva aumenta a absorção de Mg pelas plantas, devido a uma inibição competitiva entre estes macronutrientes, os quais competem pelo mesmo sítio do carregador na absorção (Malavolta et al., 1997).

Em relação ao S, houve diferença significativa na concentração deste nutriente entre o tratamento completo e a omissão de S, apenas para as folhas velhas, estando estes valores abaixo da faixa considerada adequada para o *E. grandis* x *E. urophylla*, de acordo com Dell et al. (1995). Quando o K foi omitido da solução,

observou-se um aumento na concentração de S tanto nas folhas novas como nas velhas, em relação ao tratamento completo. Para as folhas velhas, o mesmo efeito foi constatado na omissão de Ca e na múltipla de K, B e Zn.

Nos tratamentos com omissão de B e omissão de K, B e Zn, nota-se que as concentrações de B obtidas nas folhas novas e velhas estavam dentro da faixa considerada deficiente para o gênero *Eucalyptus* (15 a 20 mg de B kg⁻¹), conforme relatado por Malavolta et al. (1987). Com a omissão de N, as plantas apresentaram maiores concentrações de B nas folhas novas em relação às do tratamento completo.

A omissão de Zn na solução nutritiva não proporcionou menores concentrações desse micronutriente nas folhas novas e velhas quan-

do comparada ao tratamento completo. Embora o Zn apresente baixa mobilidade na planta, a quantidade fornecida até os 9 meses de idade foi suficiente para manter a concentração deste micronutriente nas folhas em níveis adequados.

Para o tratamento completo, os níveis de K, de Ca e de Mg nas folhas novas estavam dentro da faixa considerada adequada por Dell et al. (1995) e Malavolta et al. (1997), enquanto que os níveis de N, de P, de S e de B estavam abaixo desta faixa.

Ainda em relação ao tratamento completo, os níveis de P, de K, de Ca e de Mg nas folhas velhas estavam dentro da faixa considerada adequada por Dell et al. (1995) e Malavolta et al. (1997), enquanto que os níveis de N, de S e de B estavam abaixo desta faixa.

CONCLUSÕES

- As omissões de N, B e a múltipla de K, B e Zn limitaram o crescimento em diâmetro, altura e a produção de matéria seca do clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*.

- O *E. grandis* x *E. urophylla* não sofreu restrições de crescimento em altura, diâmetro e produção de matéria seca quando cultivado na ausência de P, de K e de S, mesmo apresentando concentrações foliares consideradas deficientes desses macronutrientes, conforme sugerido na literatura.

- O *E. grandis* x *E. urophylla* com concentração de Ca nas folhas novas e velhas de 2,4 g kg⁻¹ e 2,7 g kg⁻¹, respectivamente, não apresentou redução no crescimento e na produção de matéria seca.

- O crescimento e a produção de matéria seca do clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* não foram limitados quando a concentração de Mg nas folhas novas e velhas foi respectivamente de 1,8 g kg⁻¹ e 1,5 g kg⁻¹.

- O Zn foi o único nutriente cuja concentração foliar não foi reduzida quando o mesmo foi omitido da solução nutritiva.

AUTORES

FÁBIO SGARBI é Engenheiro Florestal, Mestrando em Recursos Florestais pela ESALQ/USP. Avenida Pádua Dias, 11 – Caixa Postal 530 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: fsgarbi@carpa.ciagri.usp.br

RONALDO LUIZ VAZ DE ARRUDA SILVEIRA é Doutor em Solos e Nutrição de Plantas e Consultor do IPEF. Avenida Pádua Dias, 11 – Caixa Postal 530 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: rlvasilv@carpa.ciagri.usp.br

ERNESTO NORIO TAKAHASHI é Engenheiro Florestal da ESALQ/USP. Votorantim Celulose e Papel. Rod. SP 255, Km 41,2 – Luiz Antônio, SP – 14210-000.

MARCOS ANTÔNIO FABIANO DE CAMARGO é Engenheiro Florestal Msc. ESALQ/USP - Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. Avenida Pádua Dias, 11 – Piracicaba, SP – 13400-970.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLONI, E.A. Deficiência de boro em povoamentos florestais implantados. **Boletim Informativo IPEF**, v.5, n.14, p.49-65, 1977.
- BARROS, N.F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R.M.; DEFELIPO, B.V. Produção de eucalipto em solos de cerrados em resposta a aplicação de NPK e de B e Zn. **Revista árvore**, v.5, n.1, p.90-103, 1981.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F., ed. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 27-186.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; LEAL, P.G.L. Fertilising eucalypt plantations on the brazilian savannah soils. **South African forestry journal**, v.160, p.7-12, 1992.
- CANNON, P.G. Fourth results of forest fertilization with NPK, calfos and bórax on an Andept soil. **Research report investigation forestal**, v.68, p.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 B em plantações de *Eucalyptus*. In: SYMPOSIUM AND WORKSHOP ON GENETIC, IMPROVEMENT AND PRODUCTIVITY OF FAST GROWING TREE SPECIES. **Anais**. Águas de São Pedro, 1980. p.8. (mimeografado).
- COUTO, C.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Resposta do eucalipto a aplicação de zinco em amostras de solos de cerrado. **Revista árvore**, v.9, n.2, p.134-48, 1985.
- DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Reserch, 1995. 104p.
- FONSECA, S.; MALUF, J.L.P.; OLIVEIRA, A.C. Adução com B e Zn de *Eucalyptus camaudulensis* em solos de cerrado na região de Brasilândia. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1993. **Resumos**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p.69.
- GAVA, J.L. Efeito da adubação potássica em plantios de *E. grandis* conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. **Série técnica IPEF**, v.11, n.30, p.89-94, 1997.
- KAUL, O.N.; SRIVASTAVA, P.B.L.; TANDON, V.N. Nutrition studies on *Eucalyptus*: 3- diagnosis of mineral deficiencies in *Eucalyptus grandis* seedlings. **Indian forester**, v.94, n.11, p.831-834, 1968.
- KAUL, O.N.; SRIVASTAVA, P.B.L.; TANDON, V.N. Nutrition studies on *Eucalyptus*: 4- diagnosis of mineral deficiencies in *Eucalyptus globulus* seedlings. **Indian forester**, v.96, n.16, p.453-456, 1970.
- MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas agrícolas**. São Paulo: Editora Ceres, 1987. 496p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Funções, princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A., ed. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **Revista árvore**, v.6, n.1, p.29-37, 1982.
- ROCHA FILHO, J.V.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; SARRUGE, J.R. Deficiência de macronutrientes, B e Fe em *Eucalyptus urophylla*. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.36, n.1, p.139-151, 1978.
- ROCHA FILHO, J.V.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; SARRUGE, J.R. Influência do B no crescimento e na composição química do *Eucalyptus grandis*. **Brasil florestal**, v.39, p.29-33, 1979.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Summa phytopatologica**, v.1, p.231-233, 1975.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, P.H. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.

- SERRANO, M.I.P. **Mineralização, absorção e lixiviação de nitrogênio em povoamentos de *Eucalyptus grandis* sob cultivo mínimo e intensivo do solo.** Piracicaba, 1997. 86p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- SILVEIRA, R.L.V.A. **Crescimento e estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* sob doses de B e sua relação com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*.** Piracicaba, 1996. 100p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- 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: SBCS, 1995. p.896-898.
- SIMÕES, J.W.; COUTO, H.T.Z. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná cultivado em vaso. **IPEF**, n.7, p.3-40, 1973.
- STAPE, J.L. Potencial de crescimento de *Eucalyptus grandis* numa Areia Quartzosa do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, Piracicaba, 1992. **Anais.** Piracicaba: SBCS, 1992. p.172-173.
- TOKESHI, F.; GUIMARÃES, R.F.; TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de B em *Eucalyptus* em São Paulo. **Summa phytopathologica**, n.2, p.122-126, 1976.
- VALERI, S.V.; CORRADINI, L.; AGUIAR, I.B. Efeitos de níveis de NPK e calcário dolomítico na produção volumétrica de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Científica**, v.19, n.1, p.63-70, 1991.
- VALERI, S.V.; CORRADINI, L.; AGUIAR, I.B.; SOUZA, E.A.; BANZATTO, D.A. Efeitos do fósforo e calcário dolomítico no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden plantado em um Regossolo. **IPEF**, v.29, p.55-60, 1985.
- WALLACE, I.M.; DELL, B.; LONERAGAN, J.F. Zinc nutrition of jarrah (*Eucalyptus marginata* Donn ex Smith) seedlings. **Australian journal of botany**, v. 34, p.41-51, 1986.
- WILL, G.M. Some notes on nutrient deficiency in *Eucalyptus spp.* In: Conferência mundial do eucalipto, 2, São Paulo, 1961. **Relatório e documentos.** São Paulo: FAO, 1961. p.938-41