

## Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG)

Effect of liming on the mineral nutrition and initial growth of eucalyptus under field conditions planted in humic Latosol (Oxisol) from Zona da Mata, Minas Gerais State, Brazil

Julenice Bonifácio de Oliveira Rocha<sup>1</sup>, Adélia Aziz Alexandre Pozza<sup>2</sup>, Janice Guedes de Carvalho<sup>3</sup>, Carlos Alberto Silva<sup>3</sup> e Nilton Curi<sup>3</sup>

### Resumo

O trabalho teve por objetivo estudar os efeitos de doses de calcário dolomítico incorporado ao solo da cova de plantio, nas propriedades do solo, no crescimento inicial e estado nutricional das plantas de um clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico, textura argilosa, com acidez elevada e rico em matéria orgânica em profundidade. Os tratamentos consistiram na incorporação de calcário nas doses de 0, 100, 300, 400 e 500 g cova<sup>-1</sup>. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Avaliaram-se a altura das plantas, o seu diâmetro a 1,2 m de altura do solo (DAP) e a análise química foliar aos oito meses após o plantio. Realizou-se a análise química do solo antes da aplicação de calcário e aos três meses após o plantio. O presente trabalho permitiu concluir que a calagem é recomendada para a cultura do eucalipto em Latossolo húmico, na dose de 300 g cova<sup>-1</sup>, que resulta no equivalente a 64% de saturação por bases no solo. Valores superiores a esse causam redução no crescimento e desequilíbrio nutricional, diminuindo os teores de N e de Mn e aumentando a relação Ca/Mg nas folhas.

**Palavras-chave:** Correção do solo, matéria orgânica, pH, Ca e Mg

### Abstract

This work was done to study the effects of dolomite lime dosages, incorporated into the soil in the planting pit; upon soil properties, initial growth and nutritional status of plants from a clone of *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. The soil had a clayed texture, called humic Dystrophic Red-Yellow Latosol (Oxisol), and was acid and rich in organic matter in depth. The treatments consisted of liming at 0, 100, 300, 400 and 500 g per pit. The experimental design used was of randomized blocks, with four replications. Measured were: plant height, diameter 1.2 m above soil and the leaf chemical analysis at eight months after planting. Soil chemical analyses were made before lime application and at three months after planting. The present work lead to the conclusion that liming is recommended for eucalyptus planted in humic Latosol, using 300 g per pit, which resulted in the equivalent of 64% of soil base saturation. Values higher than this cause growth reduction and nutrition imbalance, decrease N and Mn amounts and increase Ca/Mg ratio in the leaves.

**Keywords:** Soil correction, Organic matter, pH, Ca and Mg

### INTRODUÇÃO

A expansão da área reflorestada no estado de Minas Gerais ocorre principalmente em solos bastante intemperizados e lixiviados, com baixa fertilidade natural e elevada acidez, porém que apresentam condições físicas favoráveis para o desenvolvimento de raízes e crescimento das plantas (ALVES *et al.*, 2003). Nessas condições, a correção da acidez e a

fertilização adequada são práticas necessárias para o pleno desenvolvimento do eucalipto. A região da Zona da Mata de Minas Gerais apresenta áreas montanhosas com um grande número de pequenas e médias propriedades com terras marginais para cultivos anuais e aptidão para reflorestamento (ASSIS *et al.*, 1986). Ao incorporar essas áreas ao processo produtivo, benefícios sociais e econômicos são gerados nessa região (GOMES, 1988).

<sup>1</sup>Mestranda do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG - 36571-000 - E-mail: [jualga@terra.com.br](mailto:jualga@terra.com.br)

<sup>2</sup>Pós-doutoranda, bolsista da FAPEMIG, do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – Caixa Postal 3037 - Lavras, MG – 37200-000 - E-mail: [alana@ufla.br](mailto:alana@ufla.br)

<sup>3</sup>Professor do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - Caixa Postal 3037 – Lavras, MG – 37200-000 - E-mail: [janicegc@ufla.br](mailto:janicegc@ufla.br); [csilva@ufla.br](mailto:csilva@ufla.br); [niltcuri@ufla.br](mailto:niltcuri@ufla.br)

Nessa região, predominam Latossolos que se caracterizam por apresentarem baixa fertilidade natural, acidez elevada, altos teores de alumínio e de manganês, baixa saturação por bases e fração argila dominada por minerais de baixa capacidade de troca catiônica (RESENDE *et al.*, 2007). Entretanto, grande parte desses solos é profunda e razoavelmente resistente à erosão e apresentam atributos físicos favoráveis à implantação de florestas comerciais. Porém, é necessário o manejo adequado da cultura evitando-se a redução da reserva de nutrientes do solo, que já é baixa, ou o favorecimento do processo erosivo e, em consequência, a degradação dos recursos naturais dessas áreas.

Algumas espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam tolerância a altas concentrações de alumínio na solução do solo, a baixa exigência nutricional e a níveis críticos de cálcio e magnésio inferiores aos estabelecidos para a maioria das culturas (BARROS e NOVAIS, 1999). Entretanto, para se obter maiores produtividades e evitar a exaustão nutricional do solo, principalmente do cálcio, nutriente bastante exportado na madeira por ocasião da colheita e, comprometer a sustentabilidade da cultura nos ciclos futuros, é necessário realizar calagem e fertilização adequada do solo nas áreas de plantio.

Em relação à calagem, em condições de campo, níveis ideais de saturação por bases para o eucalipto em diferentes ambientes de cultivo tem sido discutidos ao longo dos anos. Valores de 40% (BARROS e NOVAIS, 1999) e de 50% (FURTINI NETO *et al.*, 2004) foram sugeridos mais recentemente. A polêmica agrava-se quando se trata de solos ricos em matéria orgânica, como o Latossolo húmico, em razão da influência deste componente no poder tampão e no valor da Capacidade de troca catiônica do solo.

Diante desse contexto, o presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos de doses de calcário dolomítico, incorporado ao solo da cova de plantio, nas propriedades do solo, no crescimento inicial e estado nutricional das plantas de um clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico, representativo da Zona da Mata (MG).

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi implantado no município de Mutum, região leste do Estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 24K 0229355 e UTM 7810243, com altitude de 650 m, em plan-

tio comercial, parceria com a Aracruz Celulose S.A., através do programa de fomento florestal. O regime pluviométrico é tipicamente tropical e as estações secas e chuvosas são bem definidas: o inverno corresponde ao período seco e o verão ao período chuvoso, com excesso de água nos meses de novembro a março e deficiência nos meses de abril a agosto. A precipitação média anual é de 1200 mm. O mês mais quente apresenta temperatura média de 29,9 °C, o mais frio de 17,1 °C e a temperatura média anual é de 23,5 °C.

Usou-se o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico, textura argilosa, com estrutura granular, localizado em encosta com declividade média de 13%. Esse apresenta baixa fertilidade natural e acidez elevada, boas propriedades físicas, boa drenagem e teor mais elevado de matéria orgânica até grandes profundidades. A vegetação primitiva é representada pela floresta tropical subperenifólia, com ocorrência expressiva de samambaia (*Pteridium aquilinum* sp.). Os dados relativos aos atributos químicos e físicos do solo, determinados de acordo com a metodologia descrita por Embrapa (1997), em diferentes profundidades de amostragem, antes da aplicação dos tratamentos, podem ser observados na Tabela 1.

No plantio foi usado o clone 11097, resultante do cruzamento entre *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* sp., da Aracruz Celulose S.A.

A área experimental foi de 567 m<sup>2</sup> (141,7 m<sup>2</sup> por unidade experimental com área útil de 45 m<sup>2</sup> por parcela). As mudas foram plantadas em covas de 40 cm x 40 cm x 40 cm, abertas manualmente, no espaçamento de 3 m x 3 m.

Os tratamentos consistiram na adição e incorporação de 0, 100, 300, 400 e 500 g cova<sup>-1</sup> de calcário, equivalentes a 0; 12,5; 37,5; 50 e 62,5 t ha<sup>-1</sup>, quarenta dias antes do plantio. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Em função dos baixos valores de Ca e Mg no solo, usou-se calcário dolomítico, PRNT = 91, com 30% de CaO e 18% de MgO, incorporado de forma homogênea em todo o volume da cova. Deve ser citado que a dose de 100 g cova<sup>-1</sup> foi calculada visando-se atingir 50% da saturação por bases, normalmente recomendada para solos minerais ou com teores adequados de matéria orgânica. Como aqui os teores desse componente são mais elevados e se mantem em profundidade, as doses subsequentes foram gradativamente mais elevadas em função basicamente do maior poder tampão desse solo.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo antes da aplicação dos tratamentos, nas diversas profundidades de amostragem.

**Table 1.** Chemical and physical attributes of soil before treatment, at various sampling depths.

Atributo	Unidade	Profundidade de amostragem (cm)				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
P	mg dm <sup>-3</sup>	4	3	3	2	2
K	mg dm <sup>-3</sup>	19	14	18	13	11
Ca	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,7	0,8	0,7	0,6	0,5
Mg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
S	mg dm <sup>-3</sup>	4	3	3	3	3
Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
H+Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	8,0	7,5	5,8	5,0	4,7
pH água	-	5,2	5,1	4,9	4,9	4,8
M.O.	dag kg <sup>-1</sup>	4,4	3,5	2,4	2,1	2,1
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	27	35	46	18	16
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	22	12	8	3	5
B	mg dm <sup>-3</sup>	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2
Ca/Mg	-	3,5	4,0	3,5	3,0	2,5
Ca/K	-	14,4	22,3	15,2	18,0	17,7
Mg/K	-	4,1	5,6	4,3	6,0	7,1
SB	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,9	1,0	0,7	0,8	0,7
t	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,3	1,5	1,3	1,2	1,1
T	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	8,9	8,5	6,7	5,8	5,4
m	%	30	33	30	32	35
V	%	11	12	14	14	13
Areia total <sup>1/</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	37	43	38	39	37
Silte <sup>1/</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	25	19	24	23	23
Argila <sup>1/</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	38	38	38	38	40
Classificação Textural		Franco-argiloso	Franco-argiloso	Franco-argiloso	Franco-argiloso	Franco-argiloso

pH em água – relação 1:2,5; P – K – Fe – Zn – Mn – Cu - extrator Mehlich I; Ca – Mg – Al - extrator KCl; H+Al acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0; B – extrator BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O; S – fosfato monocálcico em ácido acético; SB = soma de bases trocáveis; t = capacidade de troca catiônica efetiva; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio; M.O. = matéria orgânica = C.Org x 1,724 – Walkley-Black. <sup>1/</sup> Método do densímetro (dag kg<sup>-1</sup> = %)

A adubação de plantio incluiu 300 g cova<sup>-1</sup> do formulado 04-7/30-04 (N- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel/total-K) + 0,3% Zn + 0,1% CuO, que contém fosfato natural reativo, ao passo que a adubação de cobertura, aos 30 dias após o plantio, englobou 200 g cova<sup>-1</sup> de 12-00-20 (N-P-K) + 0,7%B.

Aos três meses após o plantio, foram coletadas amostras compostas de seis amostras simples de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm dos diferentes tratamentos. As amostras simples foram homogeneizadas formando amostras compostas, as quais foram secas ao ar. A seguir foram passadas em peneira de malha de 2 mm e conduzidas ao laboratório para a realização das análises químicas de acordo com a metodologia descrita por Embrapa (1997).

Aos oito meses após o plantio, coletaram-se quatro folhas do terço médio de cada planta, totalizando 16 folhas por tratamento, conforme sugerido por Ribeiro *et al.* (1999), num total de 20 amostras (5 tratamentos com 4 repetições). Essas amostras de folhas foram lavadas em água

destilada e secas em estufa a 65 °C até atingirem massa constante para a determinação da matéria seca das folhas. Em seguida, o material foi moído para determinar os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn e Mn, seguindo-se a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997). Para a determinação de macro e micronutrientes, exceto N e B, as amostras foram submetidas à digestão nitroperclórica. Para N e B, as amostras foram submetidas à digestão via seca. As concentrações de Ca foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica, K por espectrofotometria de chama, P e B por colorimetria, S por turbidimetria e N pelo método Kjeldahl. Nesse mesmo período avaliaram-se também a altura e o diâmetro do tronco a 1,2 m de altura do solo (DAP).

As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas com o uso do programa SISVAR, versão 4.3 (Build 45). As variáveis significativas pelo teste F da análise da variância foram submetidas ao ajuste de modelos de regressão linear e quadráticos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises dos atributos químicos do solo em diversas profundidades (Tabela 1) indicaram a redução, embora pequena, do teor de matéria orgânica com a profundidade e, em consequência, a capacidade de troca catiônica (T) também foi reduzida, indicando que grande parte do valor T deste solo é devida à matéria orgânica do mesmo. O teor de alumínio presente é médio (RIBEIRO *et al.*, 1999), portanto, a acidez deste solo é bastante influenciada pelo hidrogênio presente na matéria orgânica, sendo esta uma característica comum de solos mais ricos neste componente, como o Latossolo húmico deste estudo.

A aplicação das doses crescentes de calcário promoveu aumento gradativo do pH, CTC efetiva (t), saturação por bases (V) e Ca e Mg trocáveis (Tabela 2). A CTC a pH 7,0 (T) também aumentou com a elevação do suprimento de calcário. Observou-se também aumento dos valores de P, K e S, devido à adubação de base realizada por ocasião do enchimento da cova. Com relação aos micronutrientes, houve aumento de

Zn, B e Fe no solo e foram observadas pequenas alterações nos teores disponíveis de Cu (Tabela 2). Os teores de Mn disponíveis tenderam a decrescer como seria de se esperar. A baixa concentração natural desse micronutriente nesse solo, juntamente com a elevação do pH, tenderam a reduzir a sua disponibilidade, concordando com Malavolta *et al.* (1997).

A análise química do solo aos 8 meses após a calagem não revelou alteração substancial do teor de matéria orgânica (Tabela 2).

Com base na análise de regressão, verificou-se que a altura máxima das plantas foi atingida com a dose 302 g de calcário, que correspondeu a 64% da saturação por bases, ocorrendo redução a partir dessa dose (Figura 1A). Da mesma forma, o diâmetro do caule a 1,2 m de altura do solo (DAP) foi máximo na dose 315 g de calcário, decrescendo a partir daí (Figura 1B).

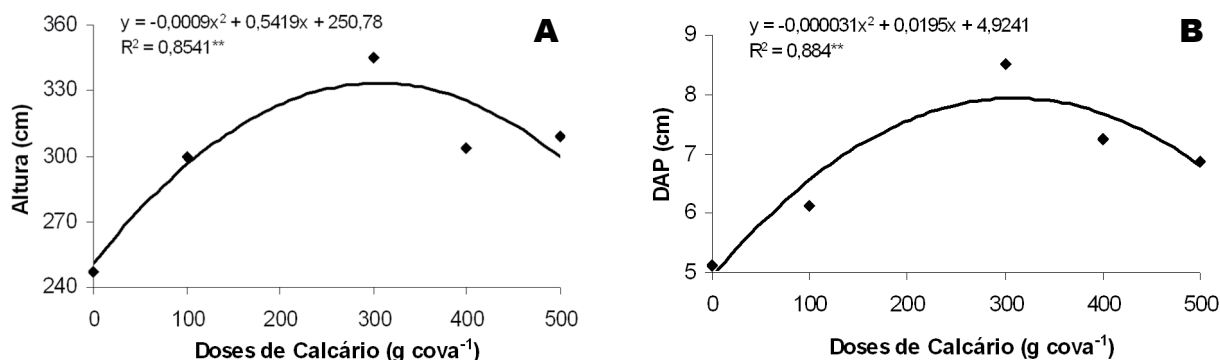
Essa resposta positiva à aplicação de aproximadamente 300 g cova<sup>-1</sup> de calcário pode ser devida ao melhor condicionamento do solo, um efeito indireto da calagem e não apenas ao fornecimento de Ca e Mg propriamente dito.

**Tabela 2.** Principais atributos químicos do solo nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20-40 cm em função das doses de calcário (PRNT = 91).

**Table 2.** Main chemical soil properties at 0-20 cm and 20-40 cm depths; with different amounts of liming.

Atributo	Unidades	Dose de calcário g cova <sup>-1</sup>									
		0		100		300		400		500	
		Profundidade de amostragem do solo (cm)									
		0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40
P	mg dm <sup>-3</sup>	4	3	73	468	14	405	137	75	239	265
K	mg dm <sup>-3</sup>	19	14	25	52	69	120	31	31	30	33
S	mg dm <sup>-3</sup>	4	3	4	7	7	9	8	11	4	5
Ca	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,7	0,8	1,9	2,1	3,8	3,9	4,9	4,2	4,6	0,9
Mg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,2	0,2	0,8	0,5	2	2,4	3,0	0,6	2,8	2,4
Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,5	0,5	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H+Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	8,0	7,5	6,4	8,0	3,4	3,8	4,2	3,8	2,9	3,8
pH H <sub>2</sub> O	-	5,2	5,1	5,6	5,3	6,4	6,3	6,4	6,4	6,8	6,4
M. O.	dag kg <sup>-1</sup>	4,4	3,5	4,4	4,6	4,7	4,6	4,4	4,1	4,4	4,4
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	27	35	86	88	77	80	67	68	66	78
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	0,5	0,2	1,8	8,2	1,2	7,1	3,4	6,2	2,1	7,3
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	0,1	0,1	0,1	0,6	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	22	12	13	12	15	15	15	18	11	13
B	mg dm <sup>-3</sup>	0,3	0,2	5,5	2,2	5,2	4,6	0,1	2,2	0,9	0,6
Ca/Mg	-	3,5	4,0	2,4	4,2	1,9	1,6	1,6	7,0	1,6	0,4
Ca/K	-	14,4	22,3	29,6	15,8	21,5	12,7	61,6	52,8	59,8	10,6
Mg/K	-	4,1	5,6	12,5	3,8	11,3	7,8	37,7	7,5	36,4	28,4
SB	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,9	1,0	2,8	2,7	6,0	6,6	8,0	4,9	7,5	3,4
t	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,3	1,5	2,9	3	6,0	6,6	8,0	4,9	7,5	3,4
T	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	8,9	8,5	9,2	10,7	9,4	10,4	12,2	8,7	10,4	7,2
m	%	30	33	3	10	0	0	0	0	0	0
V	%	11	12	30	26	64	64	66	56	72	47

pH em água – relação 1:2,5; P – K – Fe – Zn – Mn – Cu – extrator Mehlich 1; Ca – Mg – Al – extrator KCl; H+Al acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0; B – extrator BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O; S – fosfato monocálcico 0,01 mol/L em ácido acético; SB = soma de bases trocáveis; t = capacidade de troca catiônica efetiva; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio; M.O. = matéria orgânica = C.Org x 1,724 – Walkley-Black.



**Figura 1.** Variação da (A) Altura e do (B) DAP das plantas de eucalipto com oito meses após o plantio, em função das doses de calcário.

**Figure 1.** Variation of (A) height and (B) DBH of eucalyptus plants (mean diameter of eucalyptus plants at 1.20 m above soil surface), at 8 months after planting, treated with different liming levels.

Embora o solo estudado seja distrófico, isto é, bastante pobre em bases, este apresenta teores de Ca e Mg (Tabela 1) superiores ao nível crítico de implantação (0,20 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de Ca e 0,05 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de Mg) para a cultura do eucalipto, de acordo com Barros e Novais (1999). Em adição, também foi usado, no plantio, o fosfato natural reativo cuja fórmula contém cálcio em sua constituição. Dantas (1992) observou que a maior massa de matéria seca da parte aérea e a maior absorção de nutrientes em mudas de eucalipto ocorreram com o aumento da participação do cálcio no valor T total do solo.

Observou-se também o declínio no crescimento das plantas tanto em altura, quanto em DAP, com a aplicação de doses maiores do que 315 g cova<sup>-1</sup> de calcário. Isto pode estar ocorrendo devido ao antagonismo entre os cátions no processo de absorção pelas raízes das plantas de eucalipto, ocasionado por excesso de calagem, causando um desequilíbrio entre os mesmos. Com o aumento do pH em função das doses crescentes de calcário, a disponibilidade da maioria dos micronutrientes é reduzida (MALAVOLTA, 2006), e esse pode ter sido uma das causas que comprometeu o crescimento das plantas de eucalipto.

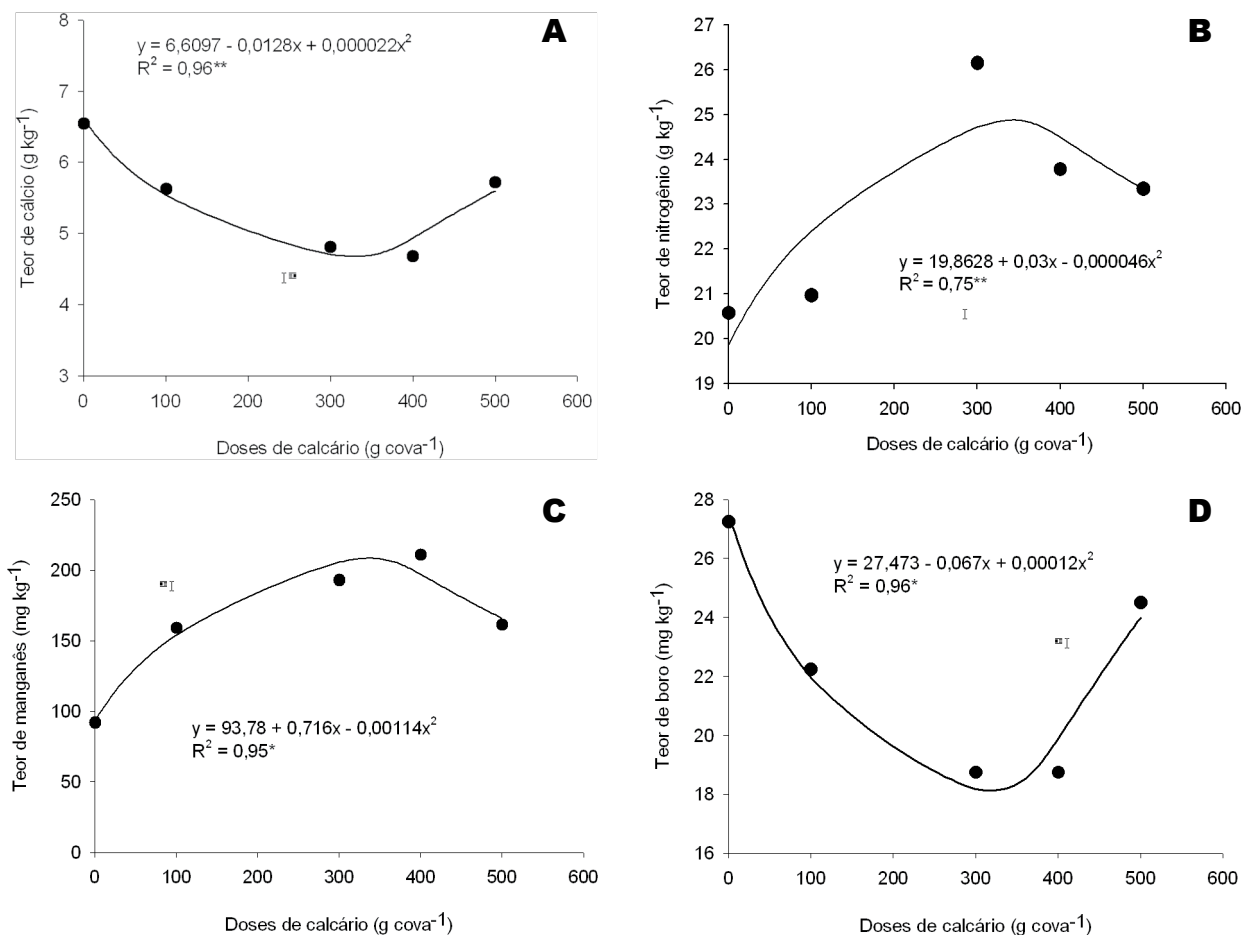
Os teores de P, K, Mg, S, Fe, Cu e Zn nas folhas das plantas não foram alterados em função das doses de calcário. Porém, observaram-se diferenças significativas para os nutrientes Ca, N, Mn e B. Foram observados decréscimos nos teores de Ca (Figura 2A) e de B (Figura 2D), e acréscimos nos de N (Figura 2B) e de Mn (Figura 2C) com a elevação das doses de calcário até os valores máximos de 291 g, 280 g, 326 g e 325 g cova<sup>-1</sup> de calcário, respectivamente.

Os teores observados de N nas folhas (20,6 a 25,0 g kg<sup>-1</sup>) encontram-se acima dos valores considerados adequados para o eucalipto (14 a 16 g kg<sup>-1</sup>) por Martinez *et al.* (1999), porém,

dentro das faixas adequadas de 18 a 34 g kg<sup>-1</sup> por Dell *et al.* (1995) e de 22 a 27 g kg<sup>-1</sup> por Silveira *et al.* (2004). Silveira *et al.* (2004) alcançaram a máxima produtividade de *E. grandis*, com dois anos de idade, com o teor de 24,8 g kg<sup>-1</sup> de N nas folhas, valor semelhante ao encontrado neste trabalho. Portanto, a elevação do teor desse nutriente pode estar contribuindo para o aumento do crescimento e do diâmetro do caule do eucalipto. O aumento observado no teor de N nas folhas pode ter sido devido à mineralização da matéria orgânica favorecida pela calagem (Pierzynski *et al.*, 1994), pois a adubação nitrogenada foi a mesma em todos os tratamentos. A calagem no solo estudado, rico em matéria orgânica, foi benéfica, pois além de fornecer Ca e Mg às plantas, deve ter favorecido a atuação dos microrganismos na mineralização da matéria orgânica, notada pelos aumentos dos teores de N e Mn nas folhas.

Segundo Siqueira e Moreira (2002) e Alvarenga e Guimarães (1998), a matéria orgânica é uma importante fonte de nutrientes para o solo, principalmente de N, P, S e micronutrientes, particularmente em solos tão empobrecidos como o deste estudo. Segundo Barros e Novais (1990), a maior porção do N do solo encontra-se na forma orgânica, e apenas uma pequena parte (5 a 10%) está na forma inorgânica. Assim, o potencial de suprimento de N de um solo para as plantas tende a ser maior se o teor de matéria orgânica do mesmo for mais elevado.

Os valores dos teores de Mn nas folhas (119,5 a 147,3 mg kg<sup>-1</sup>) encontram-se dentro da faixa adequada (100 a 600 mg kg<sup>-1</sup>) citada por Martinez *et al.* (1999) e abaixo da faixa crítica (200 a 840 mg kg<sup>-1</sup>) apontada por Silveira *et al.* (2004), encontrando-se, porém, acima da faixa de deficiência desse micronutriente (> 100 mg kg<sup>-1</sup>) mencionada pelos mesmos autores para o eucalipto.



**Figura 2.** Teores de Ca (A), N (B), Mn (C) e B (D) nas folhas de eucalipto com oito meses após o plantio em função das doses de calcário.

**Figure 2.** Leaf Ca (A), N (B), Mn (C) and B (D) contents in eucalyptus leaves at 8 months after planting, with different liming levels.

Os teores de Ca nas folhas (4,6 a 6,5 g kg<sup>-1</sup>) encontram-se abaixo dos valores considerados adequados por Martinez *et al.* (1999), entre 8 a 12 g kg<sup>-1</sup>, e por Silveira *et al.* (2004), na faixa de 7,1 a 11 g kg<sup>-1</sup>. Segundo Malavolta *et al.* (1997), o cálcio em concentrações não muito elevadas aumenta a absorção de cátions e de ânions por seu papel na manutenção da integridade funcional da plasma- lema, e o magnésio aumenta a absorção de fósforo. De acordo com experimento realizado por Schmidt (1995), os menores valores referentes ao conteúdo dos nutrientes em mudas de eucalipto ocorreram na ausência de calagem. Num levantamento nutricional de povoamentos de *E. grandis*, com 2 anos de idade, Silveira *et al.* (2004) verificaram uma relação inversa entre a concentração foliar de Ca e a produtividade de madeira. Esse efeito depressivo do Ca sobre a produtividade foi associado ao excesso desse nutriente devido à aplicação de 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de “lama de cal” (sub-produto rico em Ca) em solos de textura arenosa (90 a 96% de areia). Os autores também observaram o desequilíbrio nutricional do excesso de Ca competindo com a absorção de Mg e de K.

O B depende muito da umidade do solo, do tipo de solo, do material genético, entre outros. Devido a esses fatores é arriscado delimitar faixa crítica desse micronutriente, nesse trabalho, o teor de B variou de 19 a 32 mg kg<sup>-1</sup>, encontrando-se abaixo dos teores considerados adequados por Martinez *et al.* (1999), de 40 a 50 mg kg<sup>-1</sup>, e por Silveira *et al.* (2004), de 34 a 44 mg kg<sup>-1</sup>. A faixa adequada de B nas folhas, obtida em povoamentos de *E. saligna* de alta produtividade, foi de 27 a 50 mg kg<sup>-1</sup>. Nessas condições, o máximo volume de madeira ocorreu quando a concentração foliar de B era de 43 mg kg<sup>-1</sup> (Silveira *et al.*, 2004). Esses valores encontram-se acima dos obtidos nesse estudo, entretanto, 90% da produção máxima alcançada por esses autores ocorreu com o teor de 25 mg kg<sup>-1</sup> desse micronutriente.

Ocorreu aumento expressivo do diâmetro e da altura das plantas com o suprimento de calcário e mesmo com a adubação de plantio que forneceu cálcio advindo de outras fontes, a calagem promoveu ganhos para a cultura. Esses resultados contrariam vários resultados de pesquisa que mostram que a resposta dessa essência

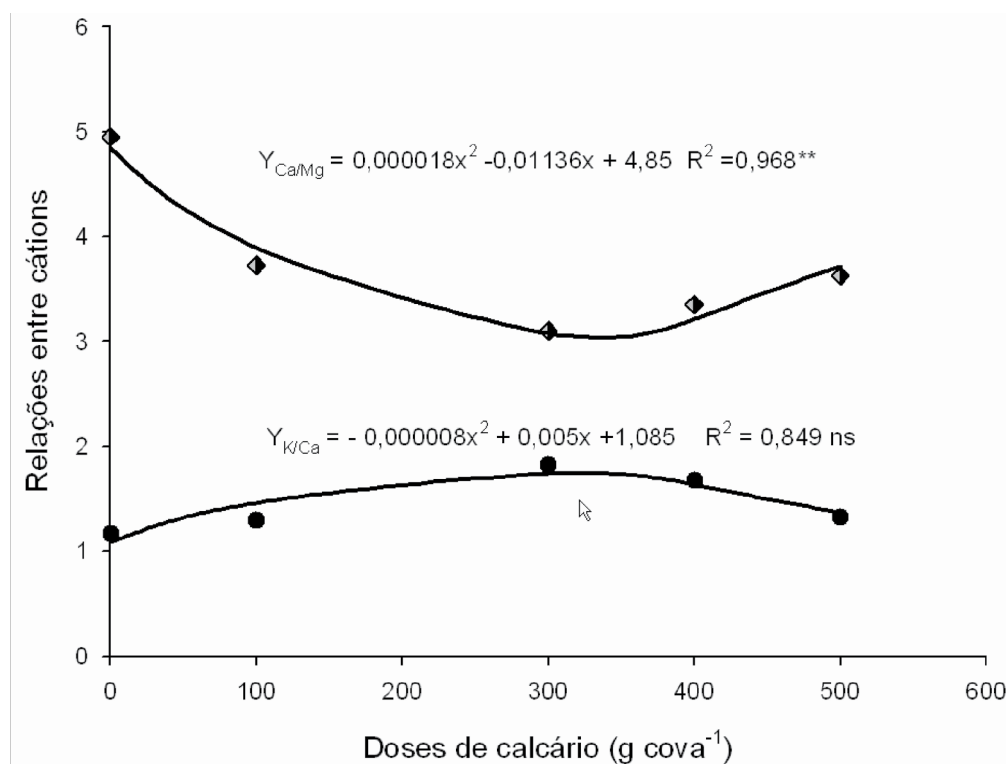
florestal à prática da calagem é rara, apesar dos solos cultivados com eucalipto no Brasil apresentarem elevada acidez (SILVA, 1986).

O baixo requerimento de Ca e Mg associado à elevada tolerância do eucalipto ao Al (NEVES, 1982) indicou que a aplicação de calcário nessa cultura, quando necessária, visará suprir nutricionalmente as plantas com Ca e Mg e não somente a correção de acidez do solo. Conforme resultados experimentais obtidos por Novais *et al.* (1979) e Barros *et al.* (1986), o nível crítico estabelecido de  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$  no solo para mudas de eucalipto é baixo,  $5 \text{ mmolc dm}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$  (Barros *et al.*, 1986). Porém, Novais (1986) alerta para o aumento do nível crítico em função da maior produtividade do sítio, podendo atingir cerca de  $10 \text{ mmolc dm}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$  para uma produtividade de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Barros *et al.* (1985) realizaram experimento na região do Jequitinhonha (MG), aplicando três doses de calcário dolomítico a lanço, no sulco e na cova de plantio de *Eucalyptus grandis* sp. A aplicação do calcário no sulco e na cova de plantio reduziu a produção de madeira de modo significativo, quando doses elevadas foram aplicadas. Segundo os autores, essa redução deveu-se, possivelmente, à interferência do Ca e do Mg na absorção de nutrientes, tais como K, Zn e B. Foi obtido melhor crescimento com  $4 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário aplicado a lanço, devido, possivelmente,

à maior taxa de decomposição da matéria orgânica do solo, liberando, de maneira mais uniforme, os vários nutrientes para absorção pelas plantas de eucalipto.

Observou-se redução na relação Ca/Mg (Figura 3) com o aumento da calagem até a dose de  $316 \text{ g cova}^{-1}$ . Altos teores de potássio podem inibir a absorção de Ca e/ou Mg, estes por sua vez, podem reduzir a absorção de K pelas plantas (MARSCHNER, 1995). Esse fato está relacionado com a ação antagônica entre estes cátions confirmada pelo aumento na relação K/Ca, embora não significativo estatisticamente.

As espécies de *Eucalyptus* cultivadas no Brasil são tolerantes ao Al (SILVEIRA *et al.*, 2001), contudo a disponibilidade de Ca no solo deve ser alta, pois, esse é o nutriente que mais se acumula em folhas, ramos e no caule desta essência florestal (BELLOTE, 1979). Daí, a necessidade de se realizar a calagem visando suprir de modo adequado esse nutriente à cultura (BARROS e NOVAIS, 1990). O uso de calcário visando suprir Ca deve ser feito de modo criterioso, uma vez que, em alguns solos, uma mudança nos níveis de saturação por bases para valores acima ou abaixo do nível tecnicamente recomendado para o eucalipto, normalmente saturação por bases em torno de 50%, pode afetar a disponibilidade de outros nutrientes e restringir o crescimento do eucalipto (GONÇALVES e BENEDETTI, 2004).



**Figura 3.** Variação das relações Ca/Mg e K/Ca em folhas de eucalipto com 8 meses após o plantio em função das doses de calcário.

**Figure 3.** Variation of Ca/Mg and K/Ca relationships in eucalyptus leaves at 8 months after planting, with different liming levels.

Maiores proporções de Ca absorvido pelas plantas de eucalipto são imobilizadas na casca (RESENDE *et al.*, 1983; PEREIRA *et al.*, 1984). No caso dos métodos de exploração florestal que ainda retiram da área toda a porção utilizável do tronco (madeira mais casca), a exportação deste nutriente do sistema é bastante elevada. Isso causa preocupação quanto à capacidade do solo em suprir Ca ao longo dos vários ciclos (Barros *et al.*, 1986), demonstrando a importância da reposição constante desse nutriente no solo via calagem.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho permite concluir que a calagem é recomendada para a cultura do eucalipto em Latossolo húmico na dose de 300 g cova<sup>-1</sup>, que resulta o equivalente a 64% de saturação por bases no solo. Valores superiores a esses causam redução no crescimento e desequilíbrio nutricional, diminuindo a relação Ca/Mg nas folhas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, P.T.G. **Arborização como componente da sustentabilidade da lavoura cafeeira**. Lavras: EPAMIG-CTSM, 1998. 4p. (Circular Técnica EPAMIG-CTSM, 80).

ALVES, H.M.R.; ANDRADE, H.; ESTEVES, T.G.C. Avaliação das terras e sua importância para o planejamento racional do uso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.24, n.220, p.82-93, 2003.

ASSIS, J.B.; SILVA, E.; ARAÚJO, J.C.A. Desempenho do reflorestamento em pequenos e médios imóveis rurais na Zona da Mata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.141, p.90-94, 1986.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalipto. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. p.303-305.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. 330p.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES J.C.L. Níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.141, p.15-19, 1986.

BARROS, N.F.; RESENDE, G.C.; SUITER FILHO, W.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Efeito de doses e modo de aplicação de calcário a plantios de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 20, Belém, 1985. **Programa e resumos**. Belém: SBCS, 1985. p.110.

BELLOTE, A.F.J. **Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) em função da idade**. 1979. 129p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1979.

DANTAS, C.E.S. **Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto produzidas em composto orgânico em função da aplicação de fertilizantes minerais**. 1992. 61p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

DELL, B. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: Aciar, 1995. 110p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1997. 212 p.

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURTI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilization in native species reforestation. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p.347-378.

GOMES, L.C.L.; ALVARENGA, S.C.; REZENDE, J.L.P.; PAULA NETO, F. Absorção de mão de obra em reflorestamento de pequenas e médias propriedades rurais da Zona da Mata Mineira. **Revista Árvore**, Viçosa, v.12, n.1, p.72-86, 1988.

GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. 421p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estudo nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. New York: Academic, 1995. 889p.



- MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARES V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. p.143-167.
- NEVES, J.C.L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp. tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo**. 1982. 88p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp: níveis críticos de implantação e de manutenção. **Revista Árvore**, Viçosa, v.10, p.105-111, 1986.
- NOVAIS, R.F.; GOMES, J.M.; ROCHA, D.; BORGES, E.E.L. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill x Maiden): efeitos da calagem e dos nutrientes N, P e K. **Revista Árvore**, Viçosa, v.3, p.121-129, 1979.
- PEREIRA, A.R.; BARROS, N.F.; ANDRADE, D.C.; CAMPOS, P.T.A. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis*, em função da idade, cultivado na região do cerrado. **Brasil Florestal**, Brasília, v.8, p.27-37, 1984.
- PIERZYNSKI, G.M.; SIMS, J.T.; VANCE, G.F. **Soils and environmental quality**. Boca Raton: Lewis, 1994. 313p.
- RESENDE, G.C.; BARROS, N.F.; MORAES, T.S.A.; MENDES, C.J. Produção e macronutrientes em florestas de eucalipto sob duas densidades de plantio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.7, p.165-176, 1983.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras: Editora UFLA, 2007. 330p.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARES V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. 359 p.
- SCHMIDT, D.V.C. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus grandis* em resposta à fertilização potássica e a calagem**. 1995. 57p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- SILVA, D.J. **Necessidade de calagem e diferentes relações Ca:Mg para a produção de mudas de eucalipto**. 1986. 53p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N.; MOREIRA, A. Evaluation of the nutritional status of eucalypts: visual and foliar diagnoses and their interpretation. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p.79-104.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M.R.A. Seja doutor do seu eucalipto. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n.93, p.1-31, 2001.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.M. **Biologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 291p. (Curso de pós-graduação *Lato Sensu* à distância: Solo e Meio Ambiente).

Recebido em 16/06/2007

Aceito para publicação em 05/01/2009

