

## **CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis* EM RESPOSTA A COMPOSTO ORGÂNICO OU ADUBAÇÃO MINERAL<sup>1</sup>**

Aldo Vilar Trindade<sup>2</sup>

Rosa Maria Castro Muchovej<sup>3</sup>

Júlio César Lima Neves<sup>4</sup>

Nairam Félix Barros<sup>4</sup>

### **RESUMO**

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, utilizando composto orgânico produzido com esterco bovino e palha de gramínea (60:40, v/v) misturado a um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Álico, para avaliar o crescimento e a nutrição de mudas de *Eucalyptus grandis*. As doses de composto foram correspondentes a 0%, 5%, 15%, 30% e 60% (em volume). Em adição, montou-se um tratamento com adubação mineral fornecendo 250 mg dm<sup>-3</sup> de P, 133 mg dm<sup>-3</sup> de N, 100 mg dm<sup>-3</sup> de K, 40 mg dm<sup>-3</sup> de S, 0,81 mg dm<sup>-3</sup> de B, 3,6 mg dm<sup>-3</sup> de Mn, 1,32 mg dm<sup>-3</sup> de Cu, 3,9 mg dm<sup>-3</sup> de Zn, 0,15 mg dm<sup>-3</sup> de Mo e 1,56 mg dm<sup>-3</sup> de Fe. O experimento foi concluído aos 100 dias após o transplante. O efeito do composto orgânico refletiu-se num grande incremento no crescimento da planta e nos teores de P e K nas doses mais baixas. A dose que possibilitou a produção máxima de matéria seca da parte aérea foi calculada em 37%. Na maior dose de composto ocorreu redução no crescimento das plantas, coincidindo com elevada condutividade elétrica do substrato (10,3 dS/m). Os teores de K nas plantas foram sempre crescentes com as doses de composto, ocorrendo o mesmo nas relações K/Ca e K/Mg, atingindo na dose de 60% valores bem maiores que aqueles verificados nas plantas do tratamento com adubação mineral. As relações N/P, N/S e P/S referentes à dose para máxima produção de matéria seca foram similares às das plantas que receberam adubação

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado apresentada pelo primeiro autor ao Departamento de Solos, UFV. Aceito para publicação em 15.01.2001.

<sup>2</sup> Embrapa Mandioca e Fruticultura. 44380-000, Cruz das Almas, BA. E-mail: aldo@cnpmf.embrapa.br

<sup>3</sup> University of Florida, SWFREC, P.O. Drawe 5127, USA. E-mail: rmm@icon.imok.ufl.edu

<sup>4</sup> Departamento de Solos, UFV, 36571-000, Viçosa, MG. Bolsista do CNPq.

mineral. Houve menor eficiência de utilização dos nutrientes absorvidos pelas plantas que cresceram com a adubação de composto orgânico.

Palavras-chaves: eucalipto, esterco, nitrogênio, potássio, equilíbrio nutricional.

## ABSTRACT

### GROWTH AND NUTRITION OF *Eucalyptus grandis* SEEDLINGS IN RESPONSE TO ORGANIC COMPOST OR MINERAL FERTILIZERS

Organic manure was mixed with an Oxisol sample at 0%, 5%, 15%, 30%, and 60% levels (v/v) to evaluate the growth and mineral nutrition of *Eucalyptus grandis* plants under greenhouse conditions. There was also a treatment using mineral salts providing 250 mg dm<sup>-3</sup> P, 133 mg dm<sup>-3</sup> N, 100 mg dm<sup>-3</sup> K, 40 mg dm<sup>-3</sup> S, 0,81 mg dm<sup>-3</sup> B, 3,6 mg dm<sup>-3</sup> Mn, 1,32 mg dm<sup>-3</sup> Cu, 3,9 mg dm<sup>-3</sup> Zn, 0,15 mg dm<sup>-3</sup> Mo and 1,56 mg dm<sup>-3</sup> Fe. The experiment was concluded 100 days after transplanting. Organic manure promoted a great increase in plant growth and in P and K contents at lower levels. Maximum growth was reached at 36.9% of organic manure. The application at a level of 60% reduced plant growth and increased substrate electric conductivity to 10.3 dS/m. Plant K/Ca and K/Mg relation increased with the increase of manure levels, reaching, at 60% level, values much higher than that observed on plants that had received mineral fertilizer. Plant N/P, N/S and P/S related to maximum plant growth manure level, were similar to values verified in plants that had received mineral fertilizer. Plants grown with organic manure were less efficient in nutrient utilization.

Key words: eucalypt, manure, nitrogen, potassium, nutritional equilibrium.

## INTRODUÇÃO

Nas diversas espécies de plantas que passam por fase de mudas, a produção destas é feita em substratos diversificados, podendo ser pré-fabricados ou formulados pelo próprio viveirista. Entre os componentes mais freqüentes nesses substratos estão o esterco, a casca de pinus e eucalipto, a vermiculita, a turfa e os produtos resultantes de compostagem, podendo ou não estar associados ao próprio solo. Um bom substrato deve apresentar características físicas e químicas adequadas à espécie em questão; portanto, dificilmente se encontrará um único componente com todas as propriedades ideais. Entretanto, é necessário que o substrato apresente-se com grau avançado de estabilidade química e biológica. A forma mais eficiente de se atingir este grau é por meio da compostagem. O composto resultante do processo apresentará melhores condições químicas, físicas e biológicas, atuando efetivamente na melhoria das propriedades favoráveis ao crescimento das plantas, com efeito nos processos microbianos, na aeração, na estrutura, na capacidade de retenção de água e na regulação da temperatura do solo, além do fornecimento de nutrientes,

que podem estar prontamente disponíveis ou complexados, mas passíveis de serem liberados para a solução do solo. Além da parte aérea, é importante que o sistema radicular também seja favorecido, pois o desenvolvimento subsequente da planta no campo depende diretamente dessa característica.

Em viveiros de eucalipto tem sido freqüente a aplicação de resíduos orgânicos em mistura com solo ou outros materiais, como substrato para a produção de mudas. Gomes et al. (10) verificaram que mudas de *Eucalyptus grandis* crescidas em substratos com predominância de composto orgânico (esterco bovino + palha de gramíneas, 60:40, v:v) apresentaram-se sadias e com boa agregação do sistema radicular ao substrato. Outros substratos, como casca de eucalipto compostada (9) e resíduo da indústria canavieira (7), também foram testados. A complementação mineral do substrato é geralmente prática rotineira, embora nem sempre necessária, em razão das características apropriadas apresentadas pela mistura original (1, 24). Em outras situações, o uso de resíduo orgânico proporciona resultados superiores àquele obtido apenas com adubação mineral, como verificado por Machado et al. (13) em mudas de *E. citriodora* crescidas em substrato contendo 20% de esterco misturado com solo.

Por outro lado, quando substratos orgânicos originados de excreções animais ou de resíduos urbanos são empregados, alguns nutrientes podem estar presentes em níveis elevados, podendo ocasionar problemas de salinidade para a planta (17).

Apesar de se saber dessas propriedades dos resíduos para as plantas, faltam estudos que tentem relacionar características específicas do substrato contendo o resíduo com a nutrição e o crescimento da planta, para se obter uma relação causa-efeito. Esta carência ocorre devido à complexidade e às particularidades de cada tipo de resíduo. A escassez de pesquisas referentes à fertilidade desses substratos talvez seja a razão principal pela qual as questões relativas à nutrição e ao crescimento das plantas permaneçam sem resposta.

O conhecimento do efeito isolado de cada substrato orgânico dará melhor informação sobre a dose a ser empregada, possível necessidade de complementação mineral e maior segurança quanto à repetitividade dos efeitos do substrato na produção contínua de mudas.

Este trabalho teve como objetivo estudar as alterações no desenvolvimento de mudas de eucalipto crescidas em substrato contendo composto orgânico, em comparação à adubação mineral. Também propôs-se a determinar a dose de composto para o melhor crescimento das plantas no estágio de mudas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, empregando-se diferentes misturas de solo:composto orgânico ou adubação mineral no solo como substrato para o crescimento de plantas de *Eucalyptus grandis*.

Utilizou-se um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Álico, textura argilosa, coletado na camada de 10-30 cm de profundidade, apresentando 37 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; pH 4,1; 0 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 1 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>2+</sup>; 0,5 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 20 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup> dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup>; e 3 mg dm<sup>-3</sup> de P disponível. A amostra foi fumigada com brometo de metila na dose de 100 ml/m<sup>3</sup> de solo. Efetuou-se calagem com CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub> na relação de 4:1 em mmol de Ca e Mg, visando elevar o pH para aproximadamente 5,3.

O composto orgânico foi produzido com esterco bovino e palha de gramínea compostados por 90 dias. Após secagem ao ar até atingir teor de umidade próximo de 25%, o composto foi passado por peneira com malha de 4 mm, para remoção de partículas maiores e uniformização, e submetido à fumigação com brometo de metila na dose usada para o solo. A análise revelou 271 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; pH 6,4; relação C/N 13; 75 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup> dm<sup>-3</sup> Ca<sup>2+</sup>; 114 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup> dm<sup>-3</sup> Mg<sup>2+</sup>; 135 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 110 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup> dm<sup>-3</sup> de Na<sup>+</sup>; 0 mmol<sub>c</sub><sup>(+)</sup> dm<sup>-3</sup> Al<sup>3+</sup>; e 850 mg dm<sup>-3</sup> de P disponível.

Foram testadas cinco doses de composto em mistura com o solo (em volume): 0, 5, 15, 30 e 60% de composto. Após o preparo das misturas houve um período de 15 dias de incubação com água destilada, retirando-se, em seguida, amostras para análise química (Quadro 1).

Características	Doses de composto (%)				
	0	5	15	30	60
pH em água (1:2,5)	5,3	5,4	5,5	5,8	6,2
Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	32,7	41,6	53,9	94,4	184,0
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> <sup>(+)</sup> dm <sup>-3</sup> )	21	26	32	46	68
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> <sup>(+)</sup> dm <sup>-3</sup> )	5	11	16	31	40
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> <sup>(+)</sup> dm <sup>-3</sup> )	0,5	5	9,7	34	78
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> <sup>(+)</sup> dm <sup>-3</sup> )	0,8	5	11	31	70
Al <sup>3+</sup> (mmol <sub>c</sub> <sup>(+)</sup> dm <sup>-3</sup> )	2	1	0,0	0,0	0,0
H <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> <sup>(+)</sup> dm <sup>-3</sup> )	40	41	35	35	31
S (mmol <sub>c</sub> <sup>(+)</sup> dm <sup>-3</sup> )	27	47	69	142	257
CTC (mmol <sub>c</sub> <sup>(+)</sup> dm <sup>-3</sup> )	69	88	104	177	288
P disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	2	21	79	195	476
Condutividade elétrica (dS/m)	0,4	1,2	3,4	8,5	10,5

Um tratamento adicional foi montado usando-se o solo após a calagem e adubação mineral com  $250 \text{ mg dm}^{-3}$  de P,  $43 \text{ mg dm}^{-3}$  de N,  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de K e  $40 \text{ mg dm}^{-3}$  de S, tendo como fontes  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , aplicados em forma de solução antes do transplante. A análise do solo após a adubação revelou pH 5,5;  $19 \text{ mmol}_c^{(+)} \text{ dm}^{-3} \text{ Ca}^{+2}$ ;  $6 \text{ mmol}_c^{(+)} \text{ dm}^{-3} \text{ Mg}^{+2}$ ;  $3,2 \text{ mmol}_c^{(+)} \text{ dm}^{-3} \text{ K}^{+}$ ;  $4,6 \text{ mmol}_c^{(+)} \text{ dm}^{-3} \text{ Na}^{+}$ ;  $1,0 \text{ mmol}_c^{(+)} \text{ dm}^{-3} \text{ Al}^{+3}$ ;  $66 \text{ mg dm}^{-3}$  de P disponível; e condutividade elétrica de 1,2 dS/m.

Plântulas de eucalipto foram obtidas após germinação em areia lavada e esterilizada. Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, sendo a unidade experimental composta por três recipientes. Sacos plásticos com  $600 \text{ cm}^3$  do substrato foram usados como recipientes de cultivo. No tratamento com adubação mineral foi feita adubação de cobertura com micronutrientes aos 40, 60 e 77 dias de cultivo, totalizando  $0,81 \text{ mg dm}^{-3}$  de B,  $3,6 \text{ mg dm}^{-3}$  de Mn,  $1,32 \text{ mg dm}^{-3}$  de Cu,  $3,9 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn,  $0,15 \text{ mg dm}^{-3}$  de Mo e  $1,56 \text{ mg dm}^{-3}$  de Fe, modificada por Alvarez (2), tendo como fontes  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Realizaram-se três aplicações de  $30 \text{ mg dm}^{-3}$  de N na forma de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , aos 43, 62 e 77 dias do transplante, totalizando  $90 \text{ mg dm}^{-3}$  em cobertura. Decorridos 100 dias do transplante, as plantas foram seccionadas na base do caule para obtenção de peso de matéria seca da parte aérea. As raízes foram lavadas em água corrente e acondicionadas em sacos de papel, também para obtenção do peso de matéria seca. Na parte aérea fez-se a análise de N, P, K, S, Ca, Mg e Na. O N foi quantificado após digestão sulfúrica, seguindo-se determinação do N- $\text{NH}_4$  por colorimetria, utilizando o reagente de Nessler (12). Os demais elementos foram quantificados após digestão nítrico-perclórica. Calcularam-se as relações N/P, N/S, P/S, K/Mg, K/Ca e Ca/Mg na parte aérea.

Foram realizadas análises de variância (ANOVA), desdobrando-se os graus de liberdade de doses de composto, para efetuar análise de regressão. A escolha do modelo foi baseada na significância dos coeficientes, determinada com base no quadrado médio do resíduo da ANOVA. Quando mais de um modelo foi significativo, escolheu-se aquele que apresentou o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) ajustado. Também foram feitas análises de correlação linear simples entre características do substrato, matéria seca da parte aérea, teores e relações de nutrientes na planta.

Calcularam-se as doses para máxima produção de matéria seca da parte aérea e, com estas doses, calcularam-se os teores, as relações entre nutrientes e a eficiência de utilização de nutrientes (EUN), que, neste caso, foi calculada usando-se a fórmula  $\text{EUN} = \text{MSPA}^2 / \text{conteúdo do nutriente na parte aérea da planta}$ , conforme Siddiqi e Glass (21). Considerando os resultados de nutrição da planta crescida com adubação mineral como os

adequados (atribuiu-se valor 1), calculou-se a proporção entre esses valores e aqueles obtidos com a dose de composto de máxima produção de parte aérea das plantas.

## RESULTADOS

A aplicação de composto orgânico causou grande impulso no crescimento das plantas (parte aérea e raiz) nas doses mais baixas, tendendo a redução nas doses maiores (Figura 1). A dose para máxima produção de matéria seca da parte aérea foi de 36,9%, correspondendo a 7,24 g, inferior a 8,14 g de matéria seca nas plantas que receberam adubação mineral.

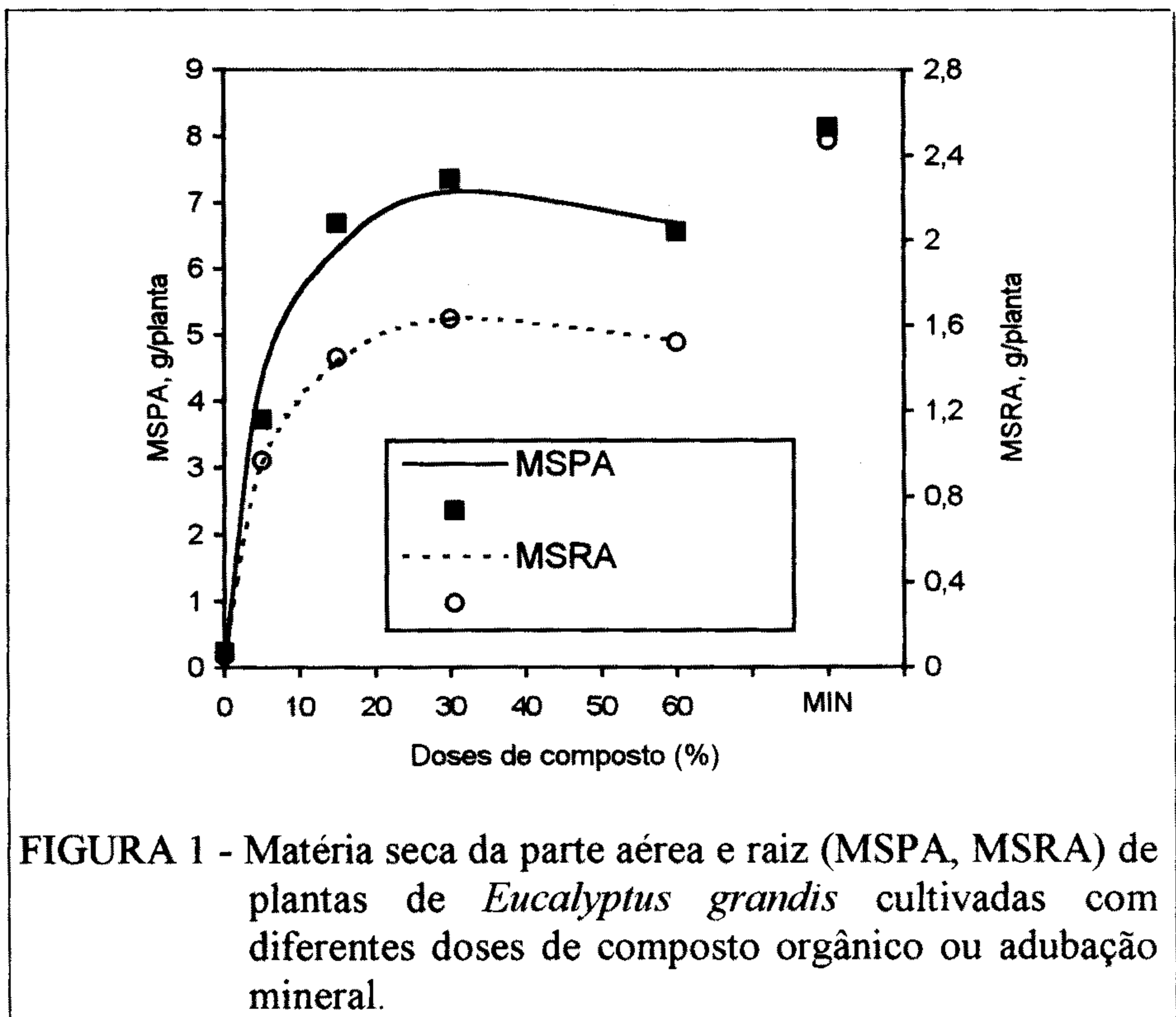


FIGURA 1 - Matéria seca da parte aérea e raiz (MSPA, MSRA) de plantas de *Eucalyptus grandis* cultivadas com diferentes doses de composto orgânico ou adubação mineral.

A absorção de P e K foi sempre crescente em função das doses de composto, tendo ocorrido maior aumento entre as doses de 0 e 5% (Quadro 2). Esta última tendência também ocorreu com Ca, Mg e S. No caso do N só ocorreu aumento na concentração a partir da dose de 15%. Comparando os teores correspondentes à dose para máxima produção de matéria seca da parte aérea com os teores das plantas que receberam

adubação mineral, observa-se uma grande diferença em N e K (Quadro 2). Com P, S e Mg as diferenças foram menores.

**QUADRO 2 - Teores de N, P, S, K, Ca, Mg e Na na parte aérea de plantas de *Eucalyptus grandis* em função de doses de composto orgânico ou adubação mineral**

S	0,9	1,0	1,0	1,3	1,4	$\hat{U}=0,9 + 0,0009124^{**}X$	0,92	0,9
K	7,9	14,3	15,6	19,2	24,9	$\hat{U}=8,3 + 2,01^{**}X^{0,5} + 0,01036^{**}X$	0,98	6,4
Ca	6,1	7,6	7,1	6,7	5,2	$\hat{U}=6,2 + 0,7^{**}X^{0,5} - 0,1083^{**}X$	0,93	6,9
Mg	2,3	3,0	3,0	3,0	2,9	$\hat{U}=2,3 + 0,301^{**}X^{0,5} - 0,0308^{**}X$	0,89	2,2
Na	0,4	0,8	1,2	1,8	2,5	$\hat{U}=0,46 + 0,0578^{**}X - 0,000407^{**}X^2$	0,99	2,9

\* Coeficiente significativo a 5% de probabilidade.

\*\* Coeficiente significativo a 1% de probabilidade.

Analisando as relações entre nutrientes, destaca-se o aumento dos valores de K/Ca e K/Mg com o aumento das doses de composto (Quadro 3). As relações N/P e N/S, inicialmente elevadas na ausência de composto, sofreram redução acentuada com as primeiras doses.

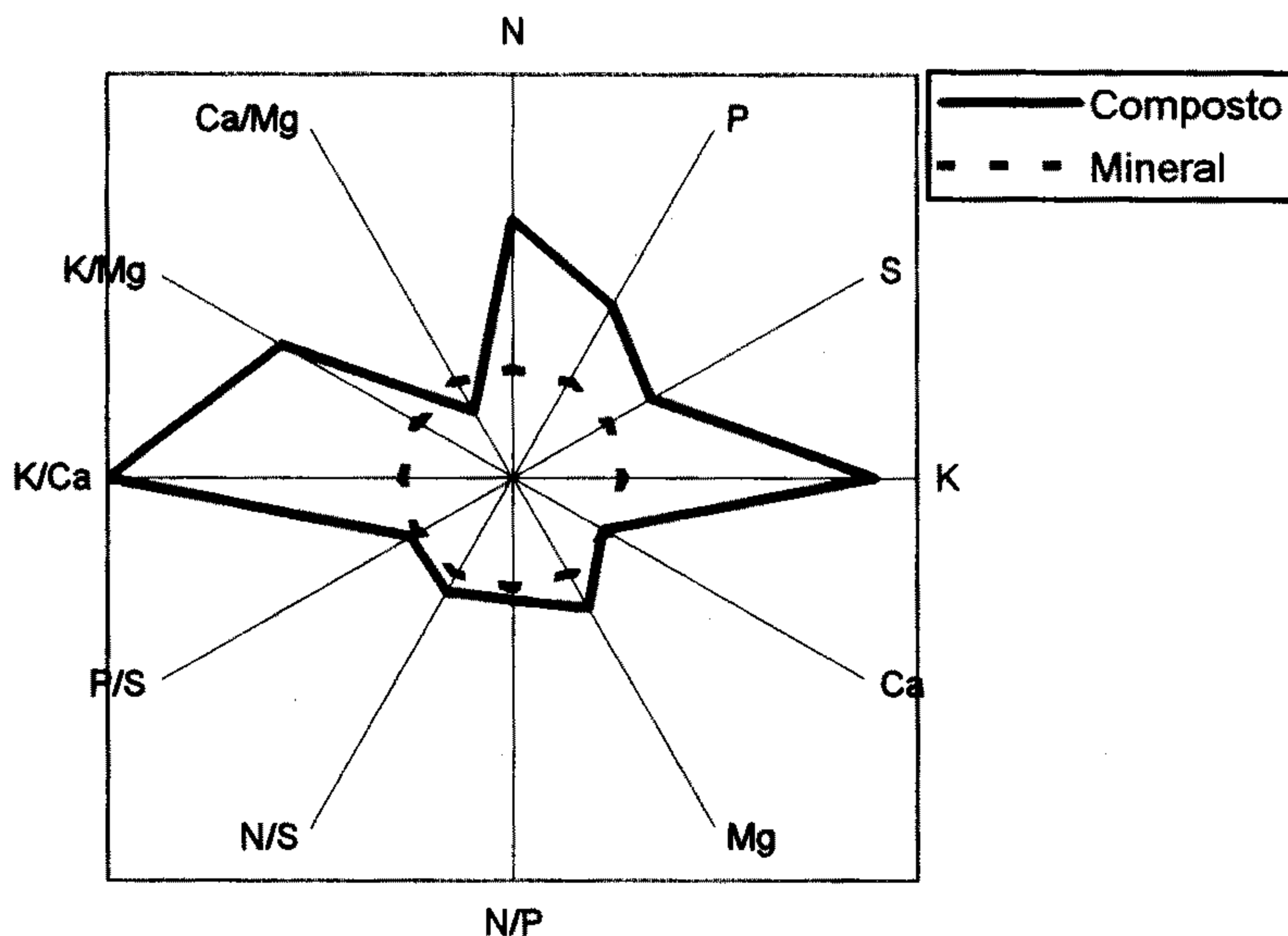
**QUADRO 3 - Relações entre nutrientes na parte aérea de plantas de *Eucalyptus grandis* em função de composto orgânico ou adubação mineral**

Relação	Doses de composto (%)					Equação estimada	R <sup>2</sup>	Adubação mineral
	0	5	15	30	60			
N/P	47,9	17,6	10,1	10,7	9,9	$\hat{U}=50,2 - 23,1^{**}X^{0,5} + 4,2^{**}X - 0,25^{**}X^{1,5}$	0,99	9,6
N/S	21,8	15,2	13,6	15,3	17,7	$\hat{U}=21,59 - 3,295^{**}X^{0,5} + 0,356^{**}X$	0,94	12,3
P/S	0,5	0,9	1,4	1,4	1,8	$\hat{U}=0,4 + 0,1^{**}X - 0,003^{**}X^2 + 0,00003^{**}X^3$	0,99	1,32
K/Ca	1,3	1,9	2,2	2,9	4,8	$\hat{U}=1,4 + 0,0546^{**}X$	0,99	0,93
K/Mg	3,4	4,8	5,2	6,4	8,6	$\hat{U}=4,0 + 0,082^{**}X$	0,97	2,9
Ca/Mg	2,7	2,5	2,4	2,2	1,8	$\hat{U}=2,6 - 0,0136^{**}X$	0,98	3,2

\* Coeficiente significativo a 5% de probabilidade.

\*\* Coeficiente significativo a 1% de probabilidade.

Partindo do princípio de que as plantas crescidas com adubação mineral estariam com a nutrição mais equilibrada, verifica-se que com a aplicação do composto ocorreram grandes desbalanços nutricionais nos teores de K na parte aérea e suas relações com Ca e Mg (Figura 2).



**FIGURA 2** - Diagrama de comparação entre dados de nutrição de plantas de *Eucalyptus grandis* crescidas com composto orgânico ou fertilizante mineral (valores adimensionais: aqueles relativos à adubação mineral valem 1 e os demais são proporcionais).

Quando foi calculada a EUN utilizando os teores referentes à dose de máxima produção de matéria seca da parte aérea, observou-se, com todos os nutrientes, valores inferiores àqueles das plantas que receberam adubação mineral (Quadro 4).

**QUADRO 4** - Eficiência de utilização de nutrientes (EUN) em plantas cultivadas com composto orgânico ou adubação mineral

Nutriente	Composto orgânico <sup>1</sup>	Adubação mineral <sup>1</sup>
	$g^2/g$	
N	31	81
P	360	754
S	557	947
K	35	127
Ca	111	118
Mg	241	370

<sup>1</sup> Valores calculados com os dados obtidos para produção máxima de matéria seca da parte aérea.



Os teores de K, Ca e Mg nas plantas correlacionaram-se melhor com os percentuais desses elementos na CTC do que com os teores absolutos no substrato (Quadro 5). A correlação entre características das plantas (Quadro 6) demonstrou que a MSPA correlacionou-se positiva e significativamente com os teores de P, K e S; já com o N não houve correlação significativa, enquanto as relações N/P e N/S foram altamente significativas, porém negativas.

QUADRO 5 - Coeficientes de correlação linear entre K, Ca e Mg no substrato e K, Ca e Mg na planta						
Planta	Substrato					
	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	%K CTC	% Ca CTC	% Mg CTC
K	0,91**	0,94**	0,95**	0,95**	-0,81**	0,69**
Ca	-0,66**	-0,59*	-0,50*	-0,48*	0,70**	ns
Mg	ns	0,46*	0,54*	0,49*	ns	0,83**

ns não-significativo  
 \* Significativo a 5% de probabilidade.  
 \*\* Significativo a 1% de probabilidade.

QUADRO 6 - Coeficientes de correlação linear entre teores, relações entre nutrientes e massa da parte aérea seca das plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> , crescidas em substrato com diferentes doses de composto orgânico						
	N	P	S	K	Ca	Mg
MSPA	ns	0,74**	0,58**	0,77**	ns	0,72**
	N/P	N/S	P/S			
MSPA	-0,87**	-0,69**	0,79**			

## DISCUSSÃO

O efeito do composto orgânico nas mudas de eucalipto refletiu-se num grande aumento no crescimento da planta com doses mais baixas, atingindo um máximo com doses intermediárias e, em seguida, ocorrendo redução com doses mais elevadas desse composto. A dose que promoveu a produção máxima de matéria seca da parte aérea é menor do que a obtida por Gomes et al. (10) na produção de mudas de *E. grandis* cultivadas em tubetes por 90 dias. Esse autor verificou que o substrato formado pela mistura de 80% de composto orgânico (esterco de gado + palha de

gramínea) + 20% de moinha de carvão foi o melhor para o crescimento das mudas.

A redução no crescimento das plantas com o uso das maiores doses de composto também tem sido detectada em outros trabalhos, em que se utilizaram resíduos orgânicos em doses consideradas elevadas (4, 20, 24). De acordo com Pratt (16), a queda normalmente verificada na produção de uma cultura, com níveis mais elevados de esterco animal, ocorre, geralmente, em virtude do aumento da concentração de sais solúveis no solo, podendo também ser efeito direto de toxidez de um íon específico, como o  $\text{Cl}^-$ , nos arbustos ou nas árvores, que são particularmente sensíveis a esse íon. A concentração de sais reflete-se na condutividade elétrica (C.E.), sendo esta maior quanto mais alta for a composição iônica do meio. Os níveis de C.E. prejudiciais dependem muito da cultura. No presente trabalho, a alta C.E. atingida com 60% de composto (10,3 dS/m) pode ter sido uma das causas da redução do crescimento das plantas.

Observações visuais feitas durante a condução do experimento demonstraram que, em torno dos 40 dias de transplante, algumas das plantas que cresciam com 60% de composto apresentavam queima das pontas das folhas mais velhas, sintoma que desapareceu com o avanço na idade da planta. Apesar de, aparentemente, as plantas desse tratamento apresentarem maior biomassa, elas eram de menor altura (dados não apresentados); as folhas destas plantas também apresentavam-se menores, com cor verde-escura. Por ocasião da coleta observou-se claramente redução no crescimento do sistema radicular, não havendo a expansão das raízes que se "enovelam", normalmente, no fundo do recipiente, expansão verificada com as demais doses de composto e nas raízes das plantas que receberam adubação mineral. Essas observações estão de acordo com a descrição dos sintomas de estresse salino em plantas, feita por Hoffman (11). Entretanto, os teores de Na na parte aérea das plantas cultivadas com 60% de composto foram semelhantes aos obtidos nas plantas cultivadas em solo com adubação mineral, o qual apresentou C.E. dentro de uma faixa considerada baixa, de acordo com Richards (18). Isto indica que os teores desse elemento nas plantas não atingiram valores considerados prejudiciais ao seu crescimento. Por outro lado, os altos teores de K, aumentando também as relações K/Ca e K/Mg na planta, indicam a possibilidade de que esse efeito e a condutividade elétrica do substrato teriam sido as principais causas da redução de crescimento com doses elevadas de composto. Efeitos de redução no crescimento em razão de altas relações K/Ca e K/(Ca+Mg) na planta foram verificados por Bataglia et al. (4) e Bull (6).

Na dose de 30% de composto, apesar de a C.E. ser ainda considerada restritiva para a produção da maioria das culturas, de acordo com Richards (18), as plantas não apresentaram sintomas que indicassem

excesso de sais. Singh e Yadav (23) testaram valores de C.E. variando de 0,7 a 16,3 dS/m em *Eucalyptus "hybrid"* em cultivo de vaso e sugeriram que essa planta pode tolerar um amplo grau de salinidade.

Embora os teores de N e S relativos à produção máxima de MSPA nas plantas que cresceram com a adição de composto orgânico tenham diferido das plantas que cresceram com adubação mineral, a relação N/S entre essas foi similar. Segundo Furtini Neto (8), é de se esperar que existam relações ideais entre nutrientes, principalmente no que diz respeito a N/S, em razão da estreita associação entre o metabolismo desses nutrientes. As relações N/P e P/S também foram bastante similares entre as plantas de maior crescimento com composto orgânico e aquelas com adubação mineral. Essas relações foram altamente correlacionadas com a MSPA das plantas que cresceram com composto, apresentando coeficientes maiores que aqueles apresentados pelos teores individuais. Entretanto, os valores negativos para as correlações de MSPA com N/S e N/P indicam que as menores produções ocorreram quando havia excesso de N em relação a S e P. Isso parece indicar que o N talvez não tenha sido tão limitante ao crescimento das plantas como o P e S. Os valores das relações N/P, principalmente, N/S e P/S apresentaram tendência à estabilização em torno das doses para produção máxima de MSPA, dando suporte à idéia de que existe um intervalo de valores para essas relações que seria o ideal para a planta. Bould (5) concluiu que o balanço de nutrientes torna-se mais crítico à medida que a produção ótima é atingida. Neste experimento é provável que, com doses acima de 5%, as relações tenham sido mais importantes para determinar o melhor crescimento da planta.

Os teores de P e K apresentaram aumentos proporcionalmente maiores que os outros nutrientes entre as doses de 0 e 5% de composto, indicando que, pelo menos nas doses mais baixas, esses nutrientes foram mais importantes para o crescimento da planta, ou seja, mais limitantes no solo, sem adição de composto. Barros et al. (3) relataram nível crítico de  $60 \text{ mg dm}^{-3}$  de P em solo argiloso para produção de mudas de eucalipto em 70 dias. Segundo esses autores, quando a soma dos teores de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  é igual ou maior que  $8,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de solo, o nível crítico para K fica em torno de  $30 \text{ mg dm}^{-3}$ . Os maiores coeficientes de correlação dos teores de P e K na planta com a matéria seca da parte aérea evidenciaram relação mais estreita desses nutrientes com o crescimento da planta.

Os teores de Ca e Mg no solo após a calagem eram suficientes para o crescimento da planta, com base em trabalhos que mostram pouca probabilidade de resposta de mudas de eucalipto à calagem, quando os níveis dos dois nutrientes somarem cerca de  $0,25 \text{ mmol}_c^{(+)} \text{ dm}^{-3}$  de solo (15, 22). É possível, portanto, que a maior absorção de Ca e Mg com doses

baixas de composto tenha ocorrido para balancear as relações K/Ca, K/Mg e Ca/Mg.

Com o aumento das doses de composto, um efeito de competição/antagonismo entre K e Ca aparentemente passou a existir, com decréscimos no teor de Ca, à medida que o de K aumentou. As correlações negativas e significativas entre o percentual de K na CTC e o teor de Ca na parte aérea confirmam o efeito de competição entre esses cátions, tendo favorecido, entretanto, a absorção de K. A correlação entre Ca trocável no solo e Ca na parte aérea das plantas indicou que o aumento no teor absoluto de Ca no substrato não resultou em aumento no teor de nutriente na planta. Por outro lado, o percentual de Ca na CTC correlacionou-se positiva e significativamente com a concentração de Ca na parte aérea das plantas. Rosolem et al. (19) verificaram que a resposta a um dos cátions do complexo de troca do solo depende não somente de seu teor absoluto no solo, mas também da sua relação com os demais.

Assim como para o caso do Ca, aparentemente, o percentual de K e Mg na CTC foi muito importante na absorção dos respectivos elementos, como demonstram os coeficientes de correlação entre tais características (Quadro 5). Isso indica que, em trabalhos com aplicações de resíduos orgânicos, o percentual do cátion na CTC pode ser a melhor característica do substrato para estimar a sua disponibilidade para a planta, critério que eventualmente é utilizado para o solo (14).

O aumento das relações K/Ca e K/Mg na planta, com doses crescentes de composto, também foi verificado por Pratt (16), que relatou que, em razão da alta concentração de K de alguns, se não de todos os esterco animais, existe uma tendência para que a relação  $K/(Ca+Mg)$  na planta aumente com a aplicação desses esterco.

As produções máximas obtidas com o uso do composto foram inferiores àquelas obtidas nas plantas que receberam adubação mineral. Paralelamente, os teores de nutrientes relativos à produção máxima de matéria seca da parte aérea das plantas que cresceram com composto foram, em geral, mais elevados do que os das plantas que receberam adubação mineral, gerando menores eficiências de utilização dos nutrientes absorvidos.

## CONCLUSÕES

1) As plantas atingem maior produção de matéria seca na dose de 37% de composto, com grande incremento nas doses baixas; o P e K do substrato são, provavelmente, os principais responsáveis pelo efeito do composto.

2) As plantas são menos eficientes na utilização dos nutrientes do composto em relação àqueles fornecidos com o fertilizante solúvel.

3) As relações N/P, N/S e P/S na planta mostram-se importantes para a expressão do crescimento máximo das plantas, independentemente da fonte do nutriente.

4) Nas mudas de *Eucalyptus grandis*, o uso de 60% de composto resulta em redução do crescimento das plantas.

5) A elevada concentração de sais do composto e o desbalanço de cátions na planta podem resultar em redução de crescimento em doses mais elevadas.

6) As saturações de K, Ca e Mg na CTC do substrato são as características principais para estimar a disponibilidade desses nutrientes nas plantas.

## REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, F. P. de ; TRINDADE, A. V. & FARIA, N. G. Adequação do uso de esterco para desenvolvimento de mudas de mamoeiro inoculadas com fungos micorrízicos. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26<sup>o</sup>, Rio de Janeiro, 1997. Anais, SBCS, 1997, CD-ROM
2. ALVAREZ V., V.H. Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1974. 125p. (Tese de mestrado).
3. BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. & NEVES, J.C.L. Níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto. Informe Agropecuário, 12(141):15-19, 1986.
4. BATAGLIA, O.C.; BERTON, R.S.; CAMARGO, O.A. & VALADARES, J.M.A.S. Resíduos orgânicos como fonte de nitrogênio para capim-braquiária. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 7:277-84, 1983.
5. BOULD, C. Leaf analysis in relation to raspberry nutrition. In: Bould, C.; Prevote, P. & Magnes, J.R. (eds.). Plant analyses and fertilizer problems. New York, American Society of Horticultural Science, 1964. p. 54-67.
6. BULL, L.T. Influência da relação K/(Ca+Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras. Piracicaba, USP/ESALQ, 1986. 107p. (Tese de doutorado).
7. CASARIN, V.; AGUIAR, I.B. & VITTI, B.C. Uso de resíduos da indústria canavieira na composição do substrato destinado à produção de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook. Científica, 17:63-72, 1989.
8. FURTINI NETO, A.E. Efeito do enxofre no crescimento e assimilação de nitrogênio por diferentes espécies de eucalipto. Lavras, ESAL, 1988. 95p. (Dissertação de mestrado).
9. GALLI, M.A.; KRUGNER, T.L.; GONCALVES, J.L. de M. & VIEIRA, J.D. Effect of *Eucalyptus* bark compost and phosphorus on the ectomycorrhizal development of *Eucalyptus* plantlets inoculated in vitro with *Pisolithus tinctorius*. Scientia Forestalis, 51:7-14, 1997
10. GOMES, J.M.; COUTO, L.; BORGES, R. de C.G. & FONSECA, E. de P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "win-strip". Revista Árvore, 15:35-42, 1991.
11. HOFFMAN, G.J. Alleviating salinity stress. In: Arkin, G.G. & Taylor, H.M. (eds.). Modifying the root environment to reduce crop stress. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1981, p. 305-46.
12. JACKSON, M.L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M.L. (ed.). Soil chemical analysis. New Jersey, Prentice-Hall, 1958. p. 183-204.
13. MACHADO, J.O.; AGUIAR, I.B.; BANZATTO, D.A.; VALERI, S.V.; MIRANDA, R. & SILVA, E.F. Efeito de inóculos de fungos endomicorrízicos sobre o

- desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook em diferentes substratos. Brasil Florestal, 63:25-30, 1988.
14. McLEAN, E.O. Interpretação de análise de solo. Campinas, Fundação Cargill, 1984. 40p.
  15. 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 ex Maiden). I- Efeito da calagem e dos nutrientes N, P e K. Revista Árvore, 3:121-34, 1979.
  16. PRATT, P.F. Management restrictions in soil application of manure. Journal of Animal Science, 48: 134-43, 1979.
  17. RAVIV, M.; CHEN, Y. & INBAR, Y. Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants. In: Chen, Y. & Avnimelech, Y. (eds.). The role of organic matter in modern agriculture. Dordrecht, Martinus Nijhoff Publishers, 1986. p.257-87.
  18. RICHARDS, L.A. (ed.) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, U.S. Dep. Agric. U.S. Government Printing Office, 1954. 160 p. (Handbook 60)
  19. ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. & BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 19:1443-8, 1984.
  20. SHORTHALL, J.G. & LIEBHARDT, W.C. Yield and growth of corn as affected by poultry manure. Journal of Environmental Quality, 4:186-91, 1975.
  21. SIDDIQI, M.Y. & GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. Journal of Plant Nutrition, 4:289-302, 1981.
  22. SILVA, D. J. Necessidade de calagem e diferentes relações Ca:Mg para a produção de mudas de eucalipto. Viçosa, UFV, 1986. 53p. (Tese de mestrado).
  23. SINGH, K. & YADAV, J.S.P. Growth response and cationic uptake of *Eucalyptus* hybrid at varying levels of soil salinity and sodicity. Indian Forest, 111: 1123-35, 1985.
  24. VALENTE, C.F. Efeitos do biofertilizante em diferentes níveis de adubação química sobre o solo e sobre a produção de feijão cultivado em casa-de-vegetação. Viçosa, UFV, 1985. 48p (Tese de mestrado).