

IPEF n.29, p.47-54, abr.1985

## EFEITO DO FÓSFORO E CÁLCIO NO DESENVOLVIMENTO E NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DE *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN EM CASA DE VEGETAÇÃO

SÉRGIO VALIENGO VALERI

FCAV/UNESP - Depto. de Fitotecnia -14.870 -Jaboticabal-SP

IVOR BERGEMANN DE AGUIAR

FCAV/UNESP - Depto. de Fitotecnia - 14.870 - Jaboticabal-SP

LENINE CORRADINI

Guatapar Florestal S/A Plan. e Refl. - C.P. - 524 - 14.100 - Ribeirão Preto, SP

EUCLIDES CAXAMBU ALEXANDRINO DE SOUZA

FCAV/UNESP - Depto. de Solos e Adubos - 14.870 - Jaboticabal-SP

DAVID ARIOVALDO BANZATTO

FCAV/UNESP - Depto. de Ciências Exatas - 14.870 - Jaboticabal-SP

**ABSTRACT** - The objective of this experiment was to study the effects of P and Ca in the development and the foliar chemical composition of ***Eucalyptus grandis*** in greenhouse conditions, using a regosol soil type in a clay pot containing 27 kg of dried air soil. The basic fertilization consisted of N, K, Mg, S, Zn, B, Cu, Fe, Mn, Mo, and the following levels of  $P_2O_5$ : 0; 1.19; 2.38; 3.57 g/pot and  $CaCO_3$ : 0; 4.5; 9.0; 13.5 g/pot, respectively. The plant height and diameter were evaluated periodically up to the 98th day, when the dry matter of roots and tops and the levels of the elements in the leaves were determined. According to results it was concluded that: a) the basic fertilization favored the plant development and increased the K, Mg, Fe, and Cu levels in the leaves; b) the P application increased the plant height and diameter and decreased and decreased Cu content of the leaves; c) the Ca application decreased the plant height and diameter and also the k content in the leaves.

**RESUMO**- O presente experimento, conduzido em casa de vegetao, objetivou estudar os efeitos do P e Ca no desenvolvimento e composio química foliar de ***Eucalyptus grandis***. Como vasos, utilizaram-se manilhas de barro. Cada vaso recebeu 27 kg de um Regossolo mais o respectivo tratamento. Com exceo do tratamento testemunha absoluta (solo sem adio de nutrientes),os demais receberam uma adubao básica com doses constantes de N, K, Mg, S, Zn, B, Cu, Fe, Mn e Mo e diferentes doses de superfosfato triplo com 42% de  $P_2O_5$  (0; 1.19; 2.38 e 3.57 g/vaso) e de  $CaCO_3$  (0; 4.5; 9.0 e 13.5 g/vaso) Em seguida, plantou-se uma muda de ***E. grandis*** por vaso. Foram feitas medioes periódicas de altura e diâmetro das plantas até os 98 dias. Nessa idade determinou-se o peso de matéria seca das partes do vegetal, e os teores de elementos nas folhas e no solo. Pelos resultados obtidos, verificou-se que: a) a adubao básica aumentou os teores de K, Mg , Fe e Cu nas folhas; b)

a aplicação de P aumentou o crescimento em altura e diâmetro das plantas e reduziu o teor de Cu nas folhas; c) a aplicação de Ca reduziu o crescimento em altura e diâmetro das plantas e o teor de K nas folhas.

## 1. INTRODUÇÃO

Tem-se constatado em várias regiões do Estado de São Paulo, onde ocorrem solos arenosos anteriormente ocupados por vegetação de cerrado, um baixo desenvolvimento dos eucaliptais, causado principalmente pela baixa fertilidade original do solo.

A realização de experimentos de fertilização em casa de vegetação é recomendada para detectar, em curto prazo e de maneira preliminar, os elementos do solo limitantes ao crescimento das plantas na fase juvenil e estabelecer indicações de doses adequadas de fertilizantes a serem aplicados no campo.

Nesse sentido, através de experimento conduzido em casa de vegetação com **E. gumifera** e **E. maculata**, MCCOLL & HUMPHREYS (1967) constataram diferenças quanto à capacidade de absorção e quanto às exigências de N, P, Ca e possivelmente Mn do solo entre as espécies estudadas. Os autores consideraram que esses aspectos podem estar correlacionados com a distribuição natural das espécies na Austrália.

Também em condições de casa de vegetação, ROCHA FILHO et alii (1978) comprovaram que a omissão dos elementos N, P, K, Ca, Mg, B e Fe afetaram negativamente a produção de matéria seca de **E. urophylla**. Ainda, ROCHA FILHO et alii (1979) observaram que a calagem e a aplicação de P em um Latossol Vermelho Amarelo, distrófico, álico e de textura arenosa, influenciaram a altura e o peso de matéria seca produzida pelas plantas de **E. grandis**. Resultados de pesquisas com espécies de eucalipto apresentados por ROY (1976) e CROMER (1972) mostraram a necessidade da adubação equilibrada com P em vários tipos de solos para aumentar o crescimento em altura do eucalipto.

Com relação ao Ca, sabe-se que o eucalipto é bastante exigente, tendo sido comprovado por METRO & BEAUCORPS (1958), citados por MALAVOLTA et alii (1974); HAAG et alii (1963) e BELLOTE (1979), que o Ca foi, entre os macronutrientes, o elemento extraído em maior quantidade pelo **E. camaldulensis**, **gomocephala**, **alba** e **grandis**.

Em vista do exposto e na tentativa de detectar as causas da baixa produtividade de povoamentos do eucalipto em solos do tipo Regossolo da Guatapará Florestal SA. Planejamento e Reflorestamento, objetivou-se estudar, preliminarmente, em casa de vegetação, os efeitos da aplicação do fósforo e do cálcio no desenvolvimento e na composição química foliar de **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden cultivado em um Regossolo, bem como os seus efeitos na composição química do solo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se uma amostra de solo coletada a 0-40 cm de profundidade em uma área experimental da Guatapará Florestal SA. Planejamento e Reflorestamento, localizada no Município de Santa Rita do Passa Quatro, SP. O solo, classificado como Regossolo (Areia Quartzosa), foi analisado quimicamente segundo metodologia descrita por VETTORI (1969), apresentando os seguintes resultados: C= 0.8%; pH= 5.0; p= 2.7 ppm ; K= 8.0 ppm;  $Al^3 + = 0$ ;  $Ca^2 + = 1.2$  e  $Mg^2 + = 0.8$ , expressos em e.mg/100 ml de solo.

Foram utilizadas mudas de **Eucayptus grandis** Hill ex Maiden de origem Coffs Harbour - Austrália e de procedência do Horto Gigante, de Mogi Guaçu, SP (Champion Papel e Celulose SA.), com altura média de 28 cm por ocasião do plantio.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias "Campus" de Jaboticabal - UNESP. Como vasos foram utilizadas 51 manilhas de barro, apresentando cada uma cerca de 20 cm de diâmetro interno e 65 cm de altura. Cada manilha recebeu 27 kg de solo seco ao ar, sendo que apenas o terço superior do solo (9Kg) colocado na manilha foi adubado.

Em 20 de junho de 1979, foi feita uma adubação básica de N, K, S, Mg e micronutrientes e as variáveis estudadas foram o P e o Ca. As doses de nutrientes empregadas, por 9 kg de solo, foram as seguintes: 1.8 g de N aplicados na forma de sulfato de amônio com 20% de N e 24% de S ; 4.5 g de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio com 60% de K<sub>2</sub>O; 4.5 g de Mg CO<sub>3</sub> p.a. e 0.27 g de uma mistura de micronutrientes ("fritas") na forma de óxido silicatos, com nome comercial de FTE-BR-9 (5.2% de Zn; 2.2% de B; 0.8% de Cu; 6.6% de Fe; 3.4% de Mn e 0.1% de Mo).

Os níveis de fósforo e cálcio, bem como suas equivalências em superfosfato triplo e carbonato de cálcio são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Níveis e doses de superfosfato triplo e CaCO<sub>3</sub> aplicadas por 9 kg de solo e seus equivalentes em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e calcário dolomítico,**

NUTRIENTE	FONTE	NÍVEIS	EQUIVALENTE EM kg/ha <sup>(1)</sup>	DOSES DA FONTE (g/g kg de SOLO)
P	Superfosfato triplo (42% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0	0 <sup>(2)</sup>	0,00
		1	100	1,19
		2	200	2,38
		3	300	3,57
Ca	Ca CO <sub>3</sub> (56% de CaO)	0	0 <sup>(3)</sup>	0,00
		1	2000	4,50
		2	4000	9,00
		3	6000	13,50

(1) - Considerou-se 1 ha de 0-15 cm com densidade igual a 1,2 dando uma massa de 1,800,000 Kg/ha.

(2) - Como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

(3) - Equivalente a um calcário dolomítico com 25% de CaO,

Logo após a adubação, foi efetuado o plantio de uma muda em cada vaso. A umidade do solo foi mantida acerca de 70% da capacidade de campo durante o período de permanência das mudas nos vasos.

O experimento seguiu ao delineamento estatístico inteiramente casualizado, tipo fatorial 42 x 3 (quatro níveis de superfosfato triplo CaO<sub>3</sub>) com três repetições. Além da testemunha relativa representada pelos níveis 0 (zero) de P e Ca e que recebeu apenas adubação básica, utilizou-se a testemunha absoluta que representou o solo com uma fertilidade natural.

Os efeitos dos tratamentos sobre o **E. grandis** foram avaliados através das medições de altura e diâmetro das plantas aos 28, 42, 56, 70, 84 e 98 dias após o plantio, peso de matéria seca das folhas, caules, ramos e raízes e teores de elementos nas folhas aos 98 dias. As alturas foram obtidas com o uso de uma régua graduada em centímetro. Os diâmetros dos caules foram medidos a 15 cm de altura do solo, com a utilização de um paquímetro Mitutoyo.

A fim de estudar os efeitos do P e do Ca no crescimento em altura e diâmetro do caule durante a fase de desenvolvimento das plantas, foram feitas análises conjuntas pelos totais de altura e diâmetro em função dos tratamentos, agrupando-se as épocas de avaliação, de maneira que os quadrados médios residuais das análises individuais das épocas estivessem numa relação de até 4.65. Para a altura foi feita uma análise conjunta dos dados obtidos no período de 28 a 56 dias e outra no período de 70 a 98 dias, pois os quadrados médios residuais das análises de variância individuais das épocas diferiram muito entre si. Para o diâmetro fez-se uma análise conjunta dos dados obtidos no período de 28 a 98 dias após o plantio.

Para a determinação do peso de matéria seca, as partes das plantas foram lavadas separadamente e posteriormente submetidas a secagem em estufa de circulação de ar à temperatura de 70 a 80°C até o peso constante. O material foi pesado em balança Mettler P1000 com precisão de décimos de gramas.

As fases de preparação das folhas (Lavagem, secagem e moagem) e de digestão pelo método nítrico-perclórico para análise química foram executadas segundo metodologia descrita por SARRUGE & HAAG (1974). Foi feita a determinação dos teores de P por colorimetria, através do método do vanado-molibdato de amônio. Os teores de K, Ca, Mg, Fe, Cu e Mn foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica.

Retirou-se, após a colheita, uma amostra de solo de cada manilha, a qual foi analisada quimicamente para pH, P e Ca, segundo metodologia preconizada por VETTORI (1969).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - Altura e diâmetro do caule

Os valores médios de altura e diâmetro do caule das plantas de **E. grandis** em função de cada nível de P e Ca e os resultados das análises estatísticas estão contidos, respectivamente, nas Tabelas 2 e 4. Os valores de F mostram diferenças significativas tanto para altura como para diâmetro entre as plantas não adubadas (testemunhas absolutas) e adubadas, nas 6 épocas de avaliação. Observa-se que houve um aumento contínuo na altura e diâmetro entre as plantas não adubadas e adubadas em função da idade, sendo que aos 98 dias após o plantio, os valores médios de altura e diâmetro das plantas adubadas foram de aproximadamente 1.7 vezes maiores do que os valores médios das não adubadas.

Com relação às variáveis estudadas, o Ca diminuiu significativamente a altura das plantas aos 28 e 42 dias após o plantio (Tabela 2). Constatou-se também o efeito da interação P x Ca aos 70 e 84 dias após o plantio para a altura. Pelo desdobramento dos graus de liberdade da interação P x Ca, verificou-se apenas efeito de P dentro do nível de Ca. Os valores de altura média aos 70 e 84 dias em função dos níveis de P dentro do nível 1 de Ca, com a aplicação do teste de Tukey, são apresentados na Tabela 3. Observa-se que a altura das plantas nessas idades foi inversamente proporcional às doses de P aplicadas na

presença do nível 1 de Ca. Entretanto, pelo teste de Tukey, observa-se que apenas o tratamento P<sub>3</sub>Ca<sub>1</sub> diferiu significativamente do tratamento P<sub>0</sub>Ca<sub>1</sub> com relação à altura das plantas aos 70 dias após o plantio.

**Tabela 2 - Altura média de *E. grandis* aos 28, 42, 56, 84 e 98 dias após o plantio, para cada nível de fósforo (P) e cálcio (Ca).**

Níveis de P Ca	Altura (cm) <sup>(1)</sup>					
	Dias após o plantio					
	28	42	56	70	84	98
Testemunha <sup>(2)</sup>	33,77	39,90	48,17	62,17	85,76	92,00
Adubados	37,46	48,32	64,93	90,79	133,83	156,59
P <sub>0</sub>	36,78	46,46	63,63	90,54	135,83	160,17
P <sub>1</sub>	36,92	47,28	63,54	89,06	128,92	149,72
P <sub>2</sub>	37,75	49,72	66,15	92,39	135,54	158,88
P <sub>3</sub>	38,41	49,81	66,42	91,18	135,04	157,58
Ca <sub>0</sub>	40,38a	52,62a	68,63	93,43	135,17	156,71
Ca <sub>1</sub>	36,77 b	47,50 b	63,03	89,73	130,42	152,88
Ca <sub>2</sub>	36,71 b	46,63 b	66,15	89,99	134,13	156,96
Ca <sub>3</sub>	36,01 b	46,53 b	66,42	90,02	135,63	159,79
D.M.S. a 5% (cm)	3,28	4,55	-	-	-	-
F p/ Test. Vs Ad <sup>(3)</sup>	4,37**	11,80**	6,70*	19,96**	23,25**	23,56**
F p/ P	0,79ns	2,05ns	0,71ns	0,20ns	0,46ns	0,53ns
F p/ Ca	5,28**	5,95**	1,84ns	0,32ns	0,24ns	0,19ns
F p/ P x Ca	1,56ns	1,93ns	2,13ns	2,34ns	2,37ns	2,12ns
C.V. (%)	7,98	8,61	8,61	12,08	12,81	14,63

(1) Médias acompanhadas de mesma letra, dentro de níveis de P e CD, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

(2 e 3) Concernente aos diâmetros do caule, medidos a 50 e 130cm de altura do solo, respectivamente.

(4) Testemunha absoluta

(5) Perda do tratamento testemunha absoluta devido à geada.

(6) Testemunha absoluta versus adubados.

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade; e

\* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 3. Altura média de *E. grandis* aos 70 e 84 dias após o plantio, para cada nível de fósforo (P) dentro do nível 1 de cálcio (Ca).**

CAUSAS DE VARIAÇÃO	Altura (cm) (1) Dias após o plantio	
	70	84
P <sub>0</sub> d Ca <sub>1</sub>	100,67 a	149,33 a
P <sub>1</sub> d Ca <sub>1</sub>	94,83 ab	137,17 a
P <sub>2</sub> d Ca <sub>1</sub>	87,83 ab	121,00 a
P <sub>3</sub> d Ca <sub>1</sub>	75,57 b	114,17 a
D.M.S. a 5% (cm)	23,81	37,12

(1) - Média, acompanhadas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Os resultados da análise de variância apresentados na Tabela 4 revelam que houve efeito do P sobre o diâmetro apenas aos 43 dias após o plantio pelo teste de Tukey, nessa idade, somente o nível 3 de p proporcionou às plantas maior crescimento em diâmetro.

Com respeito ao Ca, a análise de variância acusou efeito significativo sobre o diâmetro do caule aos 28, 42 e 98 dias após o plantio. A comparação das médias pelo teste de Tukey mostrou que, na primeira avaliação, o nível 2 de Ca diminuiu o diâmetro do caule; na segunda avaliação, tanto o nível 2 como o nível 3 de Ca diminuiram igualmente o diâmetro do caule e na última avaliação, não houve diferença entre as médias.

**Tabela 4 - Diâmetro médio de *E. grandis* aos 28, 42, 56, 70, 84 e 96 dias após o plantio, para cada nível de fósforo (P) e cálcio (Ca). Diâmetro do caule a 15cm de altura do solo.**

Níveis de P Ca	Altura (cm) (1) Dias após o plantio					
	28	42	56	70	84	98
Testemunha (2)	0,248	0,344	0,421	0,507	0,603	0,666
Adubados	0,277	0,430	0,608	0,791	1,012	1,124
P <sub>0</sub>	0,262	0,390b	0,570	0,764	0,981	1,088
P <sub>1</sub>	0,271	0,423ab	0,604	0,790	1,013	1,126
P <sub>2</sub>	0,295	0,447ab	0,617	0,797	1,036	1,148
P <sub>3</sub>	0,279	0,461a	0,642	0,813	1,019	1,135
Ca <sub>0</sub>	0,305a	0,477a	0,636	0,809	1,017	1,127a
Ca <sub>1</sub>	0,269ab	0,427ab	0,580	0,758	0,974	1,094a
Ca <sub>2</sub>	0,260b	0,400b	0,592	0,769	0,997	1,096a
Ca <sub>3</sub>	0,273ab	0,418b	0,625	0,828	1,062	1,180a
D.M.S. a 5% (cm)	0,043	0,057	-	-	-	-
F p/ Test. Vs Ad (3)	1,53ns	8,08**	23,12**	49,37**	74,03**	91,15**
F p/ P	1,53ns	4,42**	2,51ns	1,09ns	0,97ns	1,23ns
F p/ Ca	3,00*	5,00**	1,95ns	2,85ns	2,62ns	2,95*
F p/ P x Ca	0,68ns	1,27ns	1,35ns	0,61ns	0,66ns	0,78ns
C.V. (%)	14,13	12,08	10,98	8,81	8,12	7,39

- (1) Médias acompanhadas de mesma letra, dentro de níveis de P e Ca, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.
  - (2) Testemunha absoluta.
  - (3) Testemunha absoluta versus adubados.
- ns - Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A tabela 5 contém os resultados das análises conjuntas feitas pelos totais de altura e diâmetro, resultantes do agrupamento dos dados obtidos nos diferentes dias de avaliação. Na mesma Tabela são apresentados os valores médios de altura e diâmetro obtidos durante o período de desenvolvimento das plantas, bem como os resultados do teste de Tukey. Verifica-se que os níveis 2 e 3 de P aumentaram a altura das plantas durante o período de 28 a 56 dias após o plantio. No período de 70 a 98 dias houve um efeito menos evidente do P sobre altura, sendo que o nível 1 do elemento reduziu a altura das plantas. Para o diâmetro do caule, os tratamentos P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub> foram superiores ao tratamento P<sub>0</sub> durante o período de desenvolvimento das plantas (28 a 98 dias após o plantio).

ROCHA FILHO et alii (1979), cultivando **E. grandis** em vasos contendo solo arenoso sob vegetação de cerrado, verificaram que a aplicação de P aumentou o crescimento em altura das plantas aos 122 dias após o plantio.

Através da análise conjunta, confirmou-se que a aplicação de Ca, na forma de carbonato de cálcio, provocou, de modo geral, uma redução no crescimento das plantas. Verifica-se que os níveis 1, 2 e 3 do elemento reduziram a altura das plantas apenas no período de 28 a 56 dias após plantio. No entanto, para o diâmetro, os níveis 1 e 2 de Ca foram prejudiciais durante todo o período de desenvolvimento das plantas.

Esse efeito depressivo do Ca deve-se provavelmente ao fato do solo ter apresentado originalmente um teor de 1,2 e.mg de Ca<sup>2+</sup>/100 ml do solo, considerado relativamente alto, uma vez que o nível crítico para mudas de **E. grandis** pode estar próximo a 0.25 e.mg/100 ml de solo, Como sugerem NOVAIS et alii (1979). O solo também apresentou inicialmente pH igual a 5.0, considerado satisfatório para o eucalipto e ausência de Al trocável. NOVAIS et alii (1980) verificaram ainda que para mudas de **E. grandis** de Ca do solo era de 0.10 e.mg/100 ml de solo ou quando o Al trocável era igual ou superior a 0.65- 0.70 e.mg/100 ml de solo.

**Tabela 5 - Altura e diâmetro de *E. grandis* em função dos níveis de fósforo (P) e cálcio (Ca). Alturas médias durante o período de 28 a 56 e 70 a 98 dias e diâmetros médios obtidos durante o período de 28 a 91 dias após o plantio.**

Níveis de P e Ca	Altura (cm) <sup>(1)</sup> Período (dias)		Diâmetro (cm) <sup>(1)</sup> Período (dias)
	1º Período (28, 42 e 56)	2º Período (70, 84 e 98)	(28, 42, 70, 84 e 98)
P <sub>0</sub>	48,96 b	128,85 a	0,676 b
P <sub>1</sub>	49,25 b	122,56 b	0,705 ab
P <sub>2</sub>	51,21 a	128,94 a	0,723 a
P <sub>3</sub>	51,54 a	127,94 a	0,725 <sup>a</sup>
D.M.S. a 5% (cm)	1,62	5,35	0,032
F p/ Épocas (E)	2338,99**	1246,98**	4030,08**
F p/ P	16,10**	7,73*	28,76**
F p/ E x P	0,18ns	0,14ns	0,30ns
Ca <sub>0</sub>	53,87 a	128,44 a	0,728 a
Ca <sub>1</sub>	49,10 b	124,34 a	0,684 b
Ca <sub>2</sub>	49,17 b	127,03 a	0,685 b
Ca <sub>3</sub>	48,82 b	128,48 a	0,731 a
D.M.S. a 5% (cm)	1,91	4,67	0,035
F p/ Épocas (E)	1676,64**	1635,55**	1007,52**
F p/ Ca	38,71**	4,14ns	9,44**
F p/ E x Ca	0,25ns	0,11ns	1,21ns

(1) Médias acompanhadas de mesma letra, dentro de níveis de P e Ca, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ns - Não significativo ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

(\* e \*\*) = Significativos ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

### 3.2 - Peso de Matéria Seca

Os pesos médios de matéria seca das folhas, caules, ramos e raízes de *E. grandis* aos 98 dias após o plantio, em função dos níveis de P e Ca e os resultados das análises estatísticas encontram-se na Tabela 6. Observa-se que houve diferença significativa entre as plantas não adubadas e adubadas, para todas as partes do vegetal, salientando-se que a maior diferença foi determinada para os ramos.

Com relação às variáveis estudadas, os valores de F acusaram efeito de P no peso de matéria seca dos ramos, o qual aumentou com a aplicação do nível 3 de P em relação ao tratamento P<sub>0</sub>.

**Tabela 6 - Peso de matéria seca total da parte aérea das folhas, caules, ramos e das raízes de *E. grandis* aos 98 dias após o plantio. Valores médios obtidos em função de cada nível de fósforo (P) e cálcio (Ca).**

Níveis de P e Ca	Peso seco (g) <sup>(1)</sup>				
	Parte aérea	Folhas	Caules	Ramos	Raízes
Testemunha <sup>(2)</sup>	26,90	12,43	11,03	3,43	4,80
Adubados	85,36	38,78	26,36	20,21	17,32
P <sub>0</sub>	76,71	34,28	25,33	17,10b	14,66
P <sub>1</sub>	87,69	42,15	24,83	20,65ab	17,53
P <sub>2</sub>	87,08	38,60	27,67	20,81ab	17,89
P <sub>3</sub>	89,97	40,07	27,62	22,28a	19,20
Ca <sub>0</sub>	85,82	37,96	26,93	20,94	18,33
Ca <sub>1</sub>	82,39	37,59	25,28	19,44	16,31
Ca <sub>2</sub>	81,06	36,51	25,63	18,92	16,84
Ca <sub>3</sub>	92,18	43,04	27,59	21,54	17,80
D.M.S. a 5% (cm)	17,56	23,28	17,88	21,98	33,35
F p/ Test. vs Ad. <sup>(3)</sup>	48,15**	26,08**	32,02**	44,53**	14,30**
F p/ P	2,08ns	1,77ns	1,30ns	3,26*	1,42ns
F p/ Ca	1,48ns	1,35ns	0,69ns	0,99ns	0,32ns
F p/ P x Ca	0,66ns	1,39ns	1,30ns	0,54ns	0,44ns
C.V. (%)	17,56	23,28	17,88	21,98	33,55

(1) Médias acompanhadas de mesma letra, dentro de níveis de P e Ca, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

(2) Testemunha absoluta.

(3) Testemunha absoluta versus adubados.

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(\* e \*\*) Significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

### 3.3 - Análise Química foliar

Juntamente com os resultados das análises estatísticas, a Tabela 7 apresenta os teores médios de P, K, Ca e Mg e a Tabela 8 apresenta os teores médios de Fe, Mn e Cu, todos em função dos níveis de P e Ca aplicados. Observa-se que a adubação básica, de modo geral, aumentou os teores de K, Mg, Fe e Cu nas folhas. Os valores são considerados adequados para as plantas de ***E. grandis***, quando comparados com os teores observados em plantas normais de eucalipto por WILL(1961), HAAG et alii (1963), MALAVOLTA et alii (1974), HAAG et alii (1976), BELLOTE (1979), SCHONAU (1981) e SCHONAU & HERBERT(1982). Os resultados sugerem que as baixas concentrações de K e Fe limitaram o crescimento das testemunhas absolutas.

Comparando as médias pelo teste de Tukey (Tabela 7), verifica-se que foi necessária a aplicação dos níveis 2 e 3 de p para aumentar o teor desse elemento nas folhas. A aplicação dos níveis 2 e 3 de p elevou o teor médio de p para 0.15% nas folhas aos 98 dias, o qual está próximo do teor de 0.18%, considerado adequado para o desenvolvimento de ***E. grandis*** à idade de 6 meses (SCHONAU & HERBERT (1982). O maior teor de P nas

plantas com 6 meses em relação às plantas com 98 dias provavelmente não se deve à idade, pois BELLOTE (1979) observou que o teor de p nas folhas de **E. grandis** caiu de 0.13% para 0.09% com o aumento da idade de 1 para 7 anos.

**Tabela 7. Teores médios de fósforo, potássio, cálcio e magnésio na matéria seca de E. grandis aos 98 dias após o plantio, para cada nível de fósforo e cálcio.**

Níveis de P e Ca	% dos nutrientes na matéria seca foliar <sup>(1)</sup>			
	P	K	Ca	Mg
Testemunha <sup>(2)</sup>	0,114	0,443	0,633	0,247
Adubados	0,137	1,093	0,667	0,324
P <sub>0</sub>	0,118c	1,081	0,684	0,323
P <sub>1</sub>	0,123bc	0,998	0,696	0,331
P <sub>2</sub>	0,151ab	1,167	0,627	0,327
P <sub>3</sub>	0,155a	1,128	0,662	0,315
Ca <sub>0</sub>	0,131	1,246a	0,365b	0,312
Ca <sub>1</sub>	0,138	1,035	0,557b	0,342
Ca <sub>2</sub>	0,145	1,037b	0,809a	0,340
Ca <sub>3</sub>	0,133	1,056ab	0,938a	0,302
D.M.S. a 5% (cm)	0,030	0,204	0,218	-
F p/ Test. vs Ad. <sup>(3)</sup>	2,00ns	35,09**	0,08ns	4,33**
F p/ P	6,29**	1,88ns	0,29ns	0,13ns
F p/ Ca	2,14ns	3,68*	20,28**	1,23ns
F p/ P x Ca	0,71ns	0,67ns	0,55ns	0,95ns
C.V. (%)	19,94	17,40	29,62	19,56

(1) Médias acompanhadas de mesma letra, dentro de níveis de P e Ca, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

(2) Testemunha absoluta.

(3) Testemunha absoluta versus adubados.

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(\* e \*\*) = Significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Analisando-se a Tabela 8, verifica-se que houve uma interação P x Ca para o elemento Cu e os resultados da análise estatística, com o desdobramento dessa interação, são apresentados na Tabela 9. Nota-se que a aplicação de P na ausência ou presença de Ca, reduziu o teor de Cu nas folhas. Essa observação é clássica na literatura (MALAVOLTA, 1976), cabendo destacar o trabalho de CARVALHO (1981), no qual foi verificado efeito semelhante para **E. grandis** aos 6 meses de idade.

**Tabela 8 - Teores médios de ferro, manganês e cobre na matéria seca foliar de *E. grandis* aos 98 dias após o plantio. para cada nível de fósforo (P) e cálcio (Ca).**

Níveis de P e Ca	Ppm dos nutrientes na matéria seca foliar <sup>(1)</sup>		
	Fe	Mn	Cu
Testemunha <sup>(2)</sup>	112	344	5,0
Adubados	220	424	6,9
P <sub>0</sub>	204	437	8,2a
P <sub>1</sub>	213	413	7,3ab
P <sub>2</sub>	221	403	6,6bc
P <sub>3</sub>	243	443	5,5c
Ca <sub>0</sub>	230	446	6,3
Ca <sub>1</sub>	238	408	6,8
Ca <sub>2</sub>	212	427	7,6
Ca <sub>3</sub>	199	414	6,9
D.M.S. a 5% (cm)	-	-	1,53
F p/ Test. vs Ad. <sup>(3)</sup>	5,11*	1,94ns	5,28*
F p/ P	0,64ns	0,47ns	8,02**
F p/ Ca	0,70ns	0,36ns	1,86ns
F p/ P x Ca	1,30ns	1,16ns	2,90**
C.V. (%)	34,10	23,01	20,45

(1) Médias seguidas de mesma letra, dentro dos níveis de P e para os teores de Cu, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

(2) Testemunha absoluta.

(3) Testemunha absoluta versus adubados.

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

(\* e \*\*) = Significativos ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Com relação aos efeitos da aplicação de Ca na composição química foliar, observou-se que o cálcio reduziu o teor de K nas folhas, enquanto que os níveis 2 e 3 de Ca aumentaram o teor do mesmo elemento nas folhas.

### 3.4 - Análise química final do solo

Na Tabela 10 são encontrados os volumes médios de pH e os teores médios de P e Ca presentes no solo aos 98 dias após o plantio, em função dos níveis de P e Ca, bem como os resultados das análises estatísticas. Observa-se que o pH do solo foi elevado significativamente com a aplicação dos níveis 2 e 3 de Ca e os teores de P e Ca do solo aumentaram respectivamente com as aplicações de P e Ca.

**Tabela 9 - Teores médios de cobre na matéria seca foliar de *E. grandis* aos 98 dias após o plantio, para cada nível de fósforo (P) / dentro dos níveis de cálcio (Ca).**

<b>Causa de Variação</b>	<b>Cu (ppm) <sup>(1)</sup></b>	<b>Causas de Variação</b>	<b>Cu (ppm) <sup>(1)</sup></b>
P <sub>0</sub> d Ca <sub>0</sub>	6,3 a	P <sub>0</sub> d Ca <sub>0</sub>	7,5 ab
P <sub>1</sub> d Ca <sub>1</sub>	6,3 a	P <sub>1</sub> d Ca <sub>1</sub>	10,0 a
P <sub>2</sub> d Ca <sub>2</sub>	6,0 a	P <sub>2</sub> d Ca <sub>2</sub>	6,3 b
P <sub>3</sub> d Ca <sub>3</sub>	4,3 a	P <sub>3</sub> d Ca <sub>3</sub>	6,7 b
P <sub>0</sub> d Ca <sub>0</sub>	8,0 a	P <sub>0</sub> d Ca <sub>0</sub>	9,0 a
P <sub>1</sub> d Ca <sub>1</sub>	8,0 a	P <sub>1</sub> d Ca <sub>1</sub>	5,0 b
P <sub>2</sub> d Ca <sub>2</sub>	6,3 a	P <sub>2</sub> d Ca <sub>2</sub>	7,7 ab
P <sub>3</sub> d Ca <sub>3</sub>	5,0 a	P <sub>3</sub> d Ca <sub>3</sub>	6,0 ab
D.M.S. a 5% (ppm) 3,1			

(1) - Médias seguidas de mesma letra, para os níveis de P dentro do nível 0, 1, 2 ou 3, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na tentativa de associar teores de elementos do solo com o desenvolvimento das plantas, verifica-se que o solo estudado apresentou originalmente teor de 2.7 ppm de P, considerado baixo, quando comparado com o nível em vasos, à idade de 133 dias, como sugerem NOVAIS et alii (1982). Com a aplicação dos níveis 2 e 3 de p houve um aumento no crescimento em altura no período de 28 a 56 dias após o plantio e em diâmetro do caule no período de 28 a 98 dias, considerando-se os resultados das análises conjuntas (Tabela 5). Esses mesmos níveis de P determinaram, respectivamente, os teores médios de 14.88 e 19.88 ppm de p no solo. Os resultados obtidos no presente trabalho vêm colaborar com a hipótese de que o nível crítico de p no solo para as plantas de **E. grandis**, nos primeiros dois meses de idade, seja superior a 10 ppm.

Os efeitos negativos do Ca no crescimento em altura e diâmetro das plantas podem ser melhor explicados quando se observam os resultados das análises químicas do solo. Assim sendo, como o teor de Ca no solo aumentou após a aplicação de carbonato de cálcio (Tabela 10), provavelmente houve um excesso de Ca no solo que veio acarretar uma diminuição na quantidade de K absorvido pelos colóides e conseqüentemente aumentar a lixiviação de K, como também provocar um antagonismo com relação à absorção desse elemento (MALAVOLTA, 1976). Esse processo deve ter ocorrido no presente experimento, ao se constatar que o teor de K nas folhas foi reduzido com a aplicação de Ca (Tabela 7).

A elevação do pH do solo causada pela aplicação de Ca (Tabela 10) provavelmente diminuiu a disponibilidade de alguns micronutrientes, como o B, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA, 1976). Nesse sentido, verifica-se na Tabela 8 que os níveis mais altos de Ca diminuíram os teores de Fe e Mn nas folhas. ROCHA FILHO et alii (1980), cultivando **E. grandis** em vasos, constataram, aos 98 dias após o plantio, que a calagem, na ausência ou presença de P, diminuiu os teores de Zn e, quando na ausência de P, os teores de B nas folhas.

**Tabela 10 - Valores de pH e teores de fósforo e cálcio presentes no solo aos 98 dias após o plantio de *E. grandis*.**

Níveis de P e Ca	pH <sup>(1)</sup> (H <sub>2</sub> O)	P <sup>(1)</sup> ppm	Ca <sup>++(1)</sup> e.mg/100 ml TFSA
Testemunha <sup>(2)</sup>	5,30	6,67	0,73
Adubados	5,19	12,77	1,30
P <sub>0</sub>	5,21	5,67 d	1,25
P <sub>1</sub>	5,18	10,67 c	1,37
P <sub>2</sub>	5,16	14,88 b	1,31
P <sub>3</sub>	5,21	19,88 a	1,29
Ca <sub>0</sub>	4,85 c	13,75	1,07 c
Ca <sub>1</sub>	5,12 bc	12,63	1,20 bc
Ca <sub>2</sub>	5,33 ab	12,04	1,31 b
Ca <sub>3</sub>	5,45 a	12,67	1,64 a
D.M.S. a 5% (cm)	0,32	2,95	0,24
F p/ Test. vs Ad. <sup>(3)</sup>	0,43ns	14,80**	19,25**
F p/ P	0,10ns	61,79**	0,64ns
F p/ Ca	9,92**	0,86ns	14,86**
F p/ P x Ca	1,13ns	1,94ns	1,89ns
C.V. (%)	5,62	21,48	17,21

(1) Médias acompanhadas de mesma letra, dentro de níveis de P e C não diferem entre si o nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

(2) Testemunha absoluta.

(3) Testemunha absoluta versus adubado.

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(\* e \*\*) = significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

a) a adubação básica foi indispensável para o bom desenvolvimento do *E. grandis*, elevando os teores de K, Mg, Fe e Cu nas folhas a valores considerados adequados;

b) a aplicação de p promoveu, de modo geral, aumentos significativos no crescimento em altura e diâmetro do caule, respectivamente, durante os períodos de 28 a 56 dias e 28 a 98 dias após o plantio;

c) os ramos foram os órgãos das plantas que mais responderam à aplicação de P;

d) a aplicação de P na presença do nível 1 de Ca diminuiu a altura das plantas aos 70 e 84 dias após o plantio;

e) a aplicação de p aumentou os teores deste elemento nas folhas a níveis considerados adequados para o desenvolvimento das plantas e, na presença dos níveis 0 e 1 de Ca, abaixou os teores de CU;

f) a aplicação de Ca na forma de carbonato de cálcio reduziu o crescimento em altura das plantas, durante o período de 28 a 56 dias após o plantio;

g) a aplicação de Ca elevou os teores de Ca e diminuiu os teores de K nas folhas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLOTE, A.F.J. - Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden em função da idade. Piracicaba, 1979. 129. (Tese-Mestrado-ESALQ)
- CARVALHO, C.M. - Efeitos da adubação com macronutrientes e boro no desenvolvimento e no equilíbrio nutricional do **Eucalyptus saligna** Smith. Piracicaba, 1981. 161p. (Tese:Doutoramento-ESALQ)
- CROMER, R.N. - A review of the role of nutrients in natural distribution, growth and establishment of eucalypts. In: ANZAAS CONGRESS,44, Sydney, 14 a 18 de agosto, 1972. 10p. (mimeografado)
- HAAG, H.P. et alii - Análise foliar em cinco espécies de eucaliptos. **IPEF**, Piracicaba, (13): 99-116, 1976.
- HAAG, H.P. et alii - Composição química de **Eucalyptus alba** Reinw e **Eucalyptus grandis** (Hill) Maiden. **Fertilité**, (18): 9-14, 1963.
- MALAVOLTA, E. - **Manual de química agrícola**: Nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MALAVOLTA, E. et alii - **Nutrição Mineral e adubação das plantas cultivadas**. São Paulo, Pioneira, 1974. 752p.
- MCCOLL, J.G. & HUMPHREYS, F.R. - Relationships between some nutritional factors and the distributions of **Eucalyptus gummifera** and **Eucalyptus maculata**. **Ecology**, Durhan, 46(5): 766-771, 1967.
- NOVAIS, R.F. et alii - Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (**Eucalyptus grandis** W. Hill ex Maiden): 1 - efeitos da calagem e dos nutrientes N, P e K. **Revista árvore**, Viçosa, 3(2) 121-34, 1979.
- NOVAIS, R.F. et alii - Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (**Eucalyptus grandis** W. Hill ex Maiden): 2 - efeitos de calagem, do N e do superfosfato simples. **Revista árvore** Viçosa, 4(1):1-13, 1980.
- NOVAIS, R.F. et alii - Níveis críticos de fósforo para o eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4º Belo Horizonte, 10 a 15 de maio, 1982). 11p. (mimeografado)
- ROCHA FILHO, J.V.C. et alii - Deficiência de macronutriente, boro e ferro em **Eucalyptus urophylla**. Anais da ESALQ. Piracicaba, 35: 19-34, 1978.

- ROCHA FILHO, J.V.C. et alii - Efeitos da aplicação de fósforo, boro, zinco e calagem na altura na produção de matéria seca em mudas de **Eucalyptus grandis** W. Hill ex Maiden cultivadas em um solo de cerrado. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, **36**: 483-92, 1979.
- ROCHA FILHO, J.C.V. et alii - Efeitos da aplicação de P, B, Zn e calagem no teor de boro e zinco das folhas de mudas de **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden cultivadas em solo de cerrado. In SIMPOSIO IUFRO EM MELHORAMENTO GENÉTICO E PRODUTIVIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS DE RÁPIDO CRESCIMENTO, 1º, Aguas de São Pedro, 25 a 30 de agosto, 1980. 11p (mimeografado)
- ROY, B.K.B. - Experiences of fertilizer treatment in Eucalyptus: a discussion. **Indian forester**, Dera Dun, **102**(3): 168-73, 1976.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P.- Métodos de análise química de plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SCHONAU, A.P.G. - Seasonal changes in foliar nutrient content of **E. grandis**. **South African forestry journal**, Johannesburg, (119): 1-4, 1981.
- SCHONAU, A.P.G. & HERBERT, M.A. - Relationship between growth rate and foliar concentration of nitrogen, phosphorus and potassium for **Eucalyptus grandis**. **South African forestry journal** , Johannesburg, (120): 19-23, 1982.
- VETTORI, L. - Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim, 7).
- WILL, G.M. - Some notes on nutrient deficiency in **Eucalyptus** spp. In: CONFERENCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2º, São Paulo, 13 a 28 de agosto, 1961. p.338-41.

## CAF – O DESENVOLVIMENTO DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS A PARTIR DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

A CAF, Cia Agrícola e Florestal Santa Bárbara, é a empresa do grupo Belgo-Mineira responsável pelo reflorestamento e a produção de carvão.

A madeira para a produção de carvão é proveniente das florestas homogêneas de eucalipto de alta produtividade, abrangendo uma extensão superior a 150.000 ha.

O seu modelo de expansão é apoiado na implantação de carvoarias de grande porte, com a recuperação dos combustíveis líquidos da madeira, especialmente o alcatrão e o metano<sup>1</sup>. Faz parte deste modelo a implantação de fornos contínuos de carbonização.

Este ano, 9.000 t de alcatrão serão recuperadas, em parte da produção de 310.000 t de carvão vegetal, segundo tecnologia e equipamentos desenvolvidos pela própria empresa.

A CAF integra o homem ao ambiente onde realiza suas atividades, dando-lhe condições adequadas de saúde, educação, habitação e trabalho.

Assim, é uma empresa que reúne o homem, a técnica e a terra para produzir energia de fonte brasileira, renovável e com tecnologia inteiramente nossa contribuindo de maneira significativa para o esforço nacional de desenvolvimento de alternativas energéticas.



Recuperador de alcatrão em fornos de alvenaria