

## Crescimento de *Eucalyptus benthamii* submetido à aplicação de lama de cal e cinza de madeira

Shizuo Maeda<sup>1</sup>  
João Bosco Vasconcelos Gomes<sup>1</sup>  
Itamar Antonio Bognola<sup>2</sup>

A consciência ambiental despertada nos últimos anos e a legislação pertinente levou à necessidade de se dar um destino seguro, em termos ambientais, e viáveis, em termos financeiros, aos resíduos de processos industriais. Nesse contexto, os resíduos gerados no processamento de madeira para produção de celulose, tais como o lodo da estação de tratamento de efluentes, a cinza de madeira, oriunda de caldeira auxiliar de geração de energia e a lama de cal têm sido estudados para a sua disposição em solos florestais.

O plantio de espécies florestais para exploração comercial da madeira ocorre predominantemente em áreas com solos de baixa aptidão agrícola, tanto pelas condições topográficas inadequadas para o cultivo mecanizado quanto pela baixa fertilidade do solo, caracterizado pelos baixos teores, principalmente, de cálcio, magnésio, potássio e fósforo. Com isso, e associado à intensificação das rotações, a produtividade florestal pode ser reduzida, caso medidas de manejo da fertilidade do solo não sejam aplicadas. Conforme Barros et al. (2000), as limitações no crescimento de florestas plantadas

em função de deficiências nutricionais poderiam ser minimizadas pela aplicação de resíduos orgânicos.

Os resíduos oriundos da indústria de celulose e papel vêm sendo utilizados como condicionadores do solo e como fonte de nutrientes, resultando na melhoria das características do solo necessárias para o desenvolvimento econômico de plantios florestais (BELLOTE et al., 1998; GUERRINI; MORO, 1994). Dentre os principais resíduos gerados no processamento da madeira para extração de celulose podem ser citados o lodo do tratamento de efluentes, a cinza de madeira e a lama de cal.

A lama de cal, originada da clarificação do licor de cozimento da madeira para extração da celulose, apresenta teores elevados de Ca, características de um calcário calcítico, sendo seus efeitos na redução da acidez e do teor de Al e na elevação dos de Ca e Na observados por Bognola et al. (1997); Lourenço (1997); Maeda et al. (2010). O reduzido teor de Mg presente na lama de cal é uma limitação desse material. Essa limitação foi constatada por Simonete et al. (2013), em estudo com *Eucalyptus saligna*,

<sup>1</sup>Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

<sup>2</sup>Engenheiro-agrônomo, Doutor em Engenharia Florestal, Pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

onde a aplicação de lama de cal e o tratamento sem aplicação de corretivos resultaram em teores foliares de Mg abaixo do crítico ( $< 1 \text{ g kg}^{-1}$ ) para a espécie, em estudo conduzido em Neossolo quartzarênico órtico com teor de  $\text{Mg} = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Nesse mesmo estudo foram observados teores foliares de Mg, aproximadamente de 4,2; 3,3 e 4,5  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente, na testemunha, com a aplicação de lama de cal e calcário dolomítico, em Nitossolo vermelho eutroférico argiloso, cujo teor de Mg era de  $3,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

Stappe e Balloni (1998), em estudo conduzido para avaliar o efeito de lama de cal, cinza de madeira e casca de eucalipto no crescimento de *E. saligna*, em solo caracterizado como uma associação de um Neossolo com um Latossolo, observaram um incremento na produtividade de madeira, com aumento de 49% com a aplicação de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de lama de cal, em avaliação realizada aos 37 meses de idade. Nesse mesmo estudo, os autores observaram uma tendência de aumento nos teores foliares de Ca e uma tendência de redução dos de K e Mg, com a aplicação de lama de cal, em amostras coletadas aos 24 meses de idade. Os teores de Ca, Mg e K na testemunha foram respectivamente de 5,3; 5,4 e 2,9  $\text{g kg}^{-1}$ , na testemunha e de 8,4; 4,6 e 1,9, com a aplicação de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de lama de cal. O solo utilizado naquele estudo apresentava teores de Ca e Mg, nos camalhões, resultantes do preparo do solo para plantio, respectivamente de 0,31 e 0,21  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , antes da aplicação da lama de cal e de 4,94 e 0,21  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  com a aplicação de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de lama de cal, resultados explicados pelos teores dos elementos presentes na lama de cal.

A cinza, produzida com a queima de madeira, possui compostos orgânicos e inorgânicos que podem ter efeitos favoráveis para a planta, especialmente naqueles solos com maior deficiência nutricional (JORDAN et al., 2002). A composição da cinza é variável em função da matéria prima utilizada, da adoção ou não da requeima. Osaki e Darolt (1989/1991), mostram diferenças na composição das cinzas obtidas a partir da queima de madeira de eucalipto, bracatinga e araucária. Como a cinza de biomassa de madeira possui cátions como K, Ca e Mg, além de P e uma relação C/N de 30/1, esse resíduo tem potencial para uso em solos com plantios florestais para repor os nutrientes

extraídos pelas árvores (BELLOTE et al., 1998). Stappe e Balloni (1998), em estudo mencionado anteriormente observaram incrementos de 12, 22 e 17%, volume cilíndrico de madeira, com a aplicação de 2, 4 e 6  $\text{t ha}^{-1}$  de cinza, respectivamente. Simonete (2008) avaliando o efeito de cinza de madeira em características químicas do solo e no crescimento do *E. viminalis*, constatou que a cinza elevou os teores de K, P, Ca, Mg, com pequeno efeito sobre o pH do solo e que não houve efeito no crescimento da espécie. Nesse estudo, os teores de Ca, Mg e K no Cambissolo Humico Álico utilizado eram, respectivamente, de 1,1; 1,1 e 0,5  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , enquanto no Nitossolo Háplico os teores de Ca, Mg e K eram, respectivamente, de 0,6; 0,3 e 0,20  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

O uso de cinzas de madeira e de lama de cal vem ganhando importância devido às suas características físicas e químicas, sendo esses resíduos fontes de nutrientes para as árvores, o que possibilita, com sua aplicação, a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo. Além disso, a crescente demanda mundial por fertilizantes vem provocando a elevação dos custos de aquisição e aplicação de fertilizantes minerais, o que leva os silvicultores a procurar meios alternativos para reduzir tais despesas.

Para avaliação da eficiência da lama de cal e da cinza de madeira, um experimento vem sendo conduzido em condições de campo, em Vargem Bonita, SC, em Latossolo Bruno Argiloso com as características químicas apresentadas na Tabela 1. O clima da região do estudo Cfa – mesotérmico úmido com verão quente, segundo a classificação de Koepen temperatura média anual 18 - 19 °C, precipitação média anual de 1700 a 1900 mm (SANTA CATARINA, 2003).

A avaliação consta da aplicação de quatro doses de lama de cal e quatro de cinza de madeira (0; 1500; 3000 e 6000  $\text{kg ha}^{-1}$ ) de forma isolada e combinada (0; 1500 + 1500; 3000 + 3000; 6000 + 6000  $\text{kg ha}^{-1}$  de lama de cal e cinza). As quantidades de resíduos correspondentes a cada tratamento foram aplicadas superficialmente, em área total e incorporadas apenas nas covas, com o uso de uma coveadora motorizada, utilizada para preparo de covas para o plantio de mudas. Após a incorporação foi realizado o plantio das mudas de *Eucalyptus benthamii*, obtidas por propagação vegetativa, em

novembro de 2011. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Foram realizadas avaliações biométricas em novembro de 2012, agosto de 2013 e setembro de 2015. Nessas avaliações foram medidas a altura e a circunferência do tronco a 1,3 m, e com base nessas variáveis foi calculado o volume sólido, considerando 0,40 como fator de forma do tronco

para correção do volume. Em novembro de 2012 foram coletadas amostras foliares para avaliação nutricional. Nessa mesma oportunidade foram coletadas amostras de solo das camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, para análises de fertilidade. Adubação básica foi realizada de forma uniforme, conforme o protocolo da empresa parceira do projeto.

**Tabela 1.** Características químicas do solo sem aplicação dos resíduos.

Camada (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	Al	CO	P	V	m	Ca/Mg
		cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>				g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	%	%	-
0-10	3,85	0,09	0,35	0,10	3,20	19,20	5,05	3,55	85,58	3,50
10-20	4,00	0,08	0,30	0,10	2,85	14,80	3,00	3,42	85,58	3,00
20-40	4,10	0,06	0,25	0,10	2,25	8,70	3,40	3,46	84,80	2,5

**Tabela 2.** Características químicas da cinza de madeira e da lama de cal utilizada no estudo.

Característica	Cinza de madeira	Lama de cal
	Valor/teor	Valor/teor
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – citrato neutro amônio + água (g 100g <sup>-1</sup> )	0,46	-
K <sub>2</sub> O – água - (g 100g <sup>-1</sup> )	0,20	-
Ca - (g 100g <sup>-1</sup> )	2,04	37,64
S - (g 100g <sup>-1</sup> )	0,098	-
B - (g 100g <sup>-1</sup> )	< 0,0005	-
Zn - (g 100g <sup>-1</sup> )	0,012	-
Cu - (g 100g <sup>-1</sup> )	0,0065	-
Mn - (g 100g <sup>-1</sup> )	0,14	-
Fe - (g 100g <sup>-1</sup> )	1,88	-
CO - (g 100g <sup>-1</sup> )	18,02	-
Mg - (g 100g <sup>-1</sup> )	0,60	0,0
pH CaCl <sub>2</sub> 0,01 mol L <sup>-1</sup>	7,24	12,9
Poder relativo de neutralização total - %	18	94,1

A aplicação de lama de cal, de forma isolada, apresentou efeito significativo em todas as variáveis examinadas na primeira avaliação aos 12 meses após a aplicação do resíduo. Nas demais avaliações, aos 22 e 47 meses, não houve efeito da aplicação (Tabela 3). Quanto à cinza, aplicada de forma isolada não se detectou efeito significativo em quaisquer das avaliações realizadas. A aplicação combinada de lama de cal e cinza de madeira apresentou efeito significativo na avaliação aos 12 meses e na última avaliação, com resposta positiva à aplicação dos resíduos nas três variáveis avaliadas (Tabela 3). Na maior dose da aplicação combinada, o volume de madeira foi superior em 40% em relação à média das produtividades obtidas com aplicação de lama de cal.

Embora se tenha observado efeito significativo apenas para a aplicação de lama de cal em 2012, apesar da elevada variabilidade nos elementos analisados no solo em 2012, pode-se observar uma tendência geral de efeitos no aumento dos

teores de Ca com a aplicação de lama de cal; de Ca, Mg e K com a aplicação de cinza isolada e combinada com lama de cal, e efeito na redução do teor de Al trocável, por consequência na redução da saturação de Al, em tratamentos com presença de lama de cal (Tabelas 6, 7 e 8). Na redução do Al e de sua saturação, o efeito da lama de cal se justifica pelo maior poder de neutralização do material. Embora não analisado em 2015, é possível que esses efeitos no solo perdurem e se acentuem principalmente nos tratamentos com cinza, em função da menor solubilidade do mesmo, comparado à lama de cal. Esse efeito possibilitou o maior crescimento das árvores nos tratamentos com lama de cal e cinza, com respostas que acompanharam o aumento das doses na combinação dos materiais em 2015.

Quanto ao estado nutricional das árvores aos 12 meses após a aplicação dos tratamentos, houve aumento na absorção de Na com o aumento da dose de lama de cal e na combinação entre lama de

cal e cinza de madeira. Houve redução nos teores de Mn com a aplicação de lama de cal e cinza de forma isolada e combinada. A aplicação de cinza resultou nos aumentos nos teores de P, K, Se B, e a aplicação combinada de lama de cal e cinza resultou no aumento nos teores de P e B e redução no teor de Cu (Tabela 4).

Os teores de Ca e Mg, antes da aplicação dos tratamentos, são baixos nas três camadas analisadas (Tabela 1), o que está de acordo com Barros e Novais (1999). Para esses autores, os teores de Ca e Mg apresentados na Tabela 1, seriam adequados para incrementos médios anuais de, no máximo  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . O equilíbrio entre o Ca e o Mg e os teores de cada elemento são importantes para o adequado crescimento da plantas, indicando a necessidade da aplicação de materiais que tenham em sua composição ambos os nutrientes em uma relação equilibrada. Ela é importante por haver uma competição entre cálcio e magnésio pelos sítios de adsorção no solo (MOREIRA et al., 1999), o que pode afetar o desenvolvimento das plantas. No caso daquele estudo, os teores foliares de Mg não foram influenciados pela aplicação de qualquer dos materiais estudados, tanto de forma isolada quanto

de forma combinada, apesar da elevação da relação entre Ca/Mg, proporcionada pela presença de lama de cal nos tratamentos, provavelmente em razão dos valores atingidos não serem altos o suficiente para inibir a absorção de Mg (Tabela 4).

Chama a atenção os teores foliares de Mn observados na ausência de lama de cal e cinza e com a aplicação das doses dos materiais estudados, os quais são elevados se comparados aos citados por Guerrini e Moro (1994) e Silveira et al. (2001), apesar de serem espécies distintas e, possivelmente, com diferenças na folha índice analisada. Embora não analisado, é possível que pequenas alterações na acidez do solo, promovidas pelos resíduos aplicados, tenham reduzido a disponibilidade do Mn no solo.

Considerando as médias das doses aplicadas para cada resíduo e combinação entre eles, os teores de P, K, Mg, Mn, Zn e B foram mais elevados com a aplicação de cinza isoladamente; para o Ca o teor mais elevado foi observado com a aplicação de lama de cal + cinza e para o Cu o teor mais elevado foi observado com a aplicação de lama de cal (Tabela 5).

**Tabela 3.** Médias de altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e volume sólido (VS) de árvores de *Eucalyptus benthamii* aos 12, 22 e 47 meses de idade, submetidas à aplicação de doses de lama de cal (LC), cinza de madeira (CI) e aplicação combinada LC + CI. Avaliações realizadas em novembro de 2012, agosto de 2013 e setembro de 2015.

Tratamentos kg ha <sup>-1</sup>	----- Altura (m) -----			----- DAP (cm) -----			----- VS (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) -----		
	12	22	47	12	22	47	12	22	47
<b>LC</b>									
0	3,37 b	8,23	13,1	2,53 b	7,51	11,0	1,12 b	24,40	89,1
1500	3,25 b	7,82	12,8	2,46 b	6,98	10,9	1,03 b	20,64	83,6
3000	3,91 a	8,64	13,1	3,26 a	7,72	12,0	2,17 a	28,19	103,4
6000	3,14 b	8,22	12,8	2,54 b	7,29	11,7	1,06 b	24,19	100,4
<b>P</b>	0	ns	ns	0,02	ns	ns	0,01	ns	ns
<b>CV - %</b>	6,51	8,65	6,5	11,76	12,70	12,1	31,40	30,52	27,2
<b>CI</b>									
0	3,37	8,23	13,1	2,53	7,51	11,0	1,12	24,40	89,1
1500	3,52	8,67	13,2	2,91	7,72	12,3	1,61	27,01	97,4
3000	3,51	8,44	13,7	2,84	7,73	12,5	1,49	26,67	103,8
6000	3,63	8,84	13,9	2,91	8,41	12,1	1,59	33,01	111,0
<b>P</b>	ns	0,40	0,38	ns	ns	0,31	ns	0,38	ns
<b>CV - %</b>	9,64	5,97	5,3	14,60	10,21	9,1	35,23	24,75	19,0
<b>LC+CI</b>									
0	3,37 bc	8,23	13,1 b	2,53 b	7,51	11,0 c	1,12 b	24,40	89,1 b
1500+1500	3,12 c	7,99	13,7 ab	2,44 b	7,33	12,0 bc	0,96 b	22,78	103,8 b
3000+3000	3,64 b	8,39	14,1 ab	3,18 a	7,70	13,3 ab	1,92 a	26,72	128,4 ab
6000+6000	3,84 a	8,82	14,2 a	3,58 a	8,75	13,6 a	2,51 a	36,88	135,5 a
<b>P</b>	0,01	0,39	0,05	0,00	0,36	0,00	0,00	0,26	0,00
<b>CV - %</b>	6,90	7,85	4,4	8,04	14,80	7,1	22,70	36,50	17,1

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, para os mesmos resíduos, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey (10%)

**Tabela 4.** Médias de teores foliares de nutrientes de árvores de *Eucalyptus benthamii* com 12 meses de idade, submetidas à aplicação de lama de cal – LC, cinza de madeira – CI e a combinação de LC + CI. Avaliação realizada em novembro de 2012.

Tratamentos	N P K Na Ca Mg S							Fe Mn Cu Zn B					
	(g kg <sup>-1</sup> )							(mg kg <sup>-1</sup> )					
<b>LC</b>													
0	23,74	1,11	5,13	0,63 b	8,02	1,87	0,99	72,00	2726,66 a	11,33	26,67	14,33	
1500	25,47	1,21	5,07	0,83 a	8,03	1,77	1,33	68,67	898,33 c	12,00	28,67	12,83	
3000	26,50	1,23	5,07	0,87 a	8,17	1,63	1,44	67,67	1061,66 bc	11,67	30,00	13,17	
6000	26,00	1,49	6,67	0,93 a	7,90	1,62	1,37	67,00	1176,66 b	11,00	28,33	13,60	
P	ns	0,15	0,15	0	ns	0,10	0,30	ns	0,00	ns	ns	ns	
CV - %	12	13,02	15,75	7,9	14,57	6,59	21,87	8,18	5,67	7,80	11,57	11,54	
<b>CI</b>													
0	23,74	1,11 b	5,13 b	0,63	8,02	1,87	0,99 b	72,00	2726,66 a	11,33	26,67	14,33 b	
1500	26,39	1,52 a	8,70 a	0,67	7,83	1,93	0,89 b	71,33	2076,66 b	10,33	31,33	12,60 b	
3000	26,82	1,46 a	8,07 a	0,67	7,12	1,92	1,37 a	66,67	1946,66 b	10,33	29,33	19,30 ab	
6000	27,53	1,55 a	5,93 a	0,83	7,08	2,17	1,57 a	72,00	1341,66 c	9,33	29,00	22,66 a	
P	0,15	0,01	0,00	0,38	ns	0,42	0,00	ns	0,00	ns	0,41	0,04	
CV - %	6,96	8,11	5,47	20,43	11,25	11,32	8,62	9,00	6,77	18,74	10,81	20,01	
<b>LC + CI</b>													
0	23,74	1,11 c	5,13	0,63 b	8,02	1,87	0,99 b	72,00	2726,66 a	11,33 a	26,67	14,33	
1500 + 1500	26,43	1,28 b	5,87	1,06 a	8,80	1,85	1,09 ab	72,00	1351,66 b	11,00 ab	27,00	18,13	
3000 + 3000	28,29	1,55 a	6,70	0,87 ab	7,98	1,85	1,26 a	67,33	1315,00 b	9,33 ab	26,33	14,03	
6000 + 6000	27,28	1,50 a	6,40	0,93 a	8,08	1,85	1,09 ab	74,00	976,66 b	8,33 b	25,33	15,77	
P	0,24	0,00	0,18	0,02	0,22	ns	0,03	ns	0,00	0,06	ns	0,22	
CV - %	9,48	4,87	13,99	13,33	5,87	8,20	7,05	14,11	10,94	11,90	13,98	15,04	

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, para cada resíduo, não diferem significativamente entre si (Tukey 10%)

**Tabela 5.** Médias dos teores foliares para as doses de lama de cal - LC, cinza - Ci e aplicação combinada LC + Ci.

Resíduos	N P K Na Ca Mg S							Fe Mn Cu Zn B				
	(g kg <sup>-1</sup> )							(mg kg <sup>-1</sup> )				
LC	25,99	1,31 b	5,60 b	0,87 ab	8,03 ab	1,67 b	1,38	67,78	1045,55 b	11,55 a	29,0 ab	13,20 b
Ci	26,91	1,51 a	7,56 a	0,72 b	7,34 b	2,00 a	1,28	70,00	1788,33 a	10,00 b	29,88 a	18,18 a
LC + Ci	27,33	1,45 ab	6,32 ab	0,95 a	8,28 a	1,85 ab	1,15	71,11	1214,44 b	9,55 b	26,22 ab	15,97 ab
P	0,66	0,05	0,02	0,02	0,05	0,01	0,16	ns	0,00	0,02	0,05	0,04
CV - %	9,4	11,6	20,40	18,70	9,80	11,10	18,70	9,70	21,80	13,20	10,45	24,00

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, para cada resíduo, não diferem significativamente entre si (Tukey 10%)

**Tabela 6.** Características química do solo cultivado com *Eucalyptus benthamii* submetido à aplicação de doses de lama de cal - LC, cinza de caldeira - CI e combinações de LC + CI. Avaliação realizada 12 meses após o início do ensaio. Dados da camada 0 a 10 cm.

Resíduos	pH	K	Ca	Mg	Al	T	CO	P	V	m	Ca/Mg
	CaCl <sub>2</sub>	----- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----				(g kg <sup>-1</sup> )		(mg dm <sup>-3</sup> )	(%)	(%)	-
<b>LC</b>											
0	3,87	0,10	0,43	0,10	3,17	15,69	18,53	5,07	5,36	79,51 a	2,73
1500	4,10	0,11	2,50	0,10	2,10	15,60	16,60	5,10	22,8	40,58 ab	25,60
3000	4,10	0,10	3,30	0,20	2,70	13,50	18,90	5,10	36,3	41,85 ab	16,70
6000	4,40	0,10	4,40	0,30	1,30	16,10	19,20	5,80	33,6	21,50 b	15,10
<b>P</b>	0,2	0,4	0,2	ns	0,2	ns	ns	ns	0,2	0,0	0,3
<b>CV - %</b>	5,7	65,0	70,5	83,2	41,9	24,7	13,9	35,1	62,1	40,0	69,0
<b>CI</b>											
0	3,87	0,10	0,43	0,10	3,17	15,69	18,53	5,07	5,36	79,52	2,73
1500	3,83	0,19	1,23	0,23	3,07	12,15	21,20	4,30	28,39	68,87	4,33
3000	3,80	0,19	0,67	0,27	3,43	16,69	21,90	6,30	6,72	75,52	2,67
6000	3,93	0,27	2,17	0,33	2,77	16,94	18,23	3,41	15,21	60,14	5,24
<b>P</b>	0,45	ns	0,41	ns	ns	0,44	0,31	0,18	ns	0,42	0,38
<b>CV - %</b>	2,55	39,90	113,70	35,90	16,19	24,38	13,24	29,56	132,33	29,62	52,66
<b>LC + CI</b>											
0	3,87	0,10	0,43	0,23	3,16 a	15,69	18,53	5,07	5,36	79,52	2,73
1500	4,07	0,12	3,43	0,47	1,93 b	16,55	15,97	3,52	24,24	37,65	15,08
3000	4,97	0,21	7,47	0,27	0,73 b	15,48	15,90	4,16	49,30	17,94	25,31
6000	4,70	0,25	4,83	0,33	1,30 ab	14,92	15,93	4,28	35,31	31,59	20,72
<b>P</b>	0,26	ns	0,19	ns	0,07	0,31	ns	ns	0,18	0,04	0,30
<b>CV - %</b>	15,67	80,25	85,47	71,79	51,32	6,17	15,20	32,70	74,00	48,59	86,03

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, para cada resíduo, não diferem significativamente entre si (Tukey 10%)

**Tabela 7.** Características químicas de camadas do solo cultivado com *Eucalyptus benthamii* submetido à aplicação de doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de lama de cal - LC, cinza de caldeira - CI e combinações de LC + CI. Avaliação realizada 12 meses após o início do ensaio. Dados da camada 10 a 20 cm.

Resíduos	pH	K	Ca	Mg	Al	T	CO	P	V	m	Ca/Mg
	CaCl <sub>2</sub>	----- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----				(g kg <sup>-1</sup> )		(mg dm <sup>-3</sup> )	(%)	(%)	-
<b>LC</b>											
0	4,00	0,30	0,53 b	0,33	2,67	14,60	15,27	3,51 ab	7,70 b	72,86	2,42
1500	4,03	0,39	1,30 ab	0,57	2,73	15,03	13,73	2,89 b	13,17 ab	64,44	3,98
3000	3,90	0,39	1,23 ab	0,47	3,17	16,65	18,23	4,39 ab	11,90 b	63,96	4,44
6000	4,03	0,47	1,60 a	0,53	2,40	15,47	15,63	4,81 a	15,97 a	50,30	11,05
<b>P</b>	ns	ns	0,09	ns	ns	0,44	0,39	0,09	0,04	0,11	0,22
<b>CV - %</b>	2,84	38,78	41,61	41,38	20,69	10,72	24,65	20,59	22,84	14,02	81,09
<b>CI</b>											
0	4,00	0,10	0,53	0,33	2,67	14,60	15,27	3,51	7,71	72,86	2,42
1500	3,90	0,12	0,57	0,37	3,17	15,41	14,30	3,62	7,65	75,13	2,70
3000	3,97	0,23	0,37	0,40	2,87	15,13	14,03	2,64	6,60	75,64	0,97
6000	4,00	0,26	1,20	0,30	2,80	14,53	15,33	2,22	11,30	68,41	4,00
<b>P</b>	ns	ns	0,37	ns	ns	ns	ns	0,21	0,45	ns	0,05
<b>CV - %</b>	1,51	21,11	85,98	40,21	11,78	5,64	27,74	23,62	44,32	8,87	35,87
<b>LC + CI</b>											
0	4,00	0,10	0,53	0,33	2,67	14,60	15,27	3,51	7,71	72,86	2,42
1500	4,05	0,08	1,00	0,10	2,50	13,88	13,85	3,60	8,72	66,42	10,00
3000	4,13	0,40	2,30	0,43	2,00	14,50	13,37	8,53	21,57	38,91	10,12
6000	4,20	0,44	2,50	0,53	1,60	14,27	11,80	3,93	23,13	36,53	12,87
<b>P</b>	0,44	ns	0,11	ns	0,33	ns	ns	ns	0,14	ns	ns
<b>CV - %</b>	3,78	68,24	53,35	61,62	31,69	8,35	26,69	136,47	47,53	36,56	121,63

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, para cada resíduo, não diferem significativamente entre si (Tukey 10%)

**Tabela 8.** Características químicas de camadas do solo cultivadas com *Eucalyptus benthamii* submetido à aplicação de doses de lama de cal - LC, cinza de caldeira - CI e combinações de LC + CI. Avaliação realizada 12 meses após o início do ensaio. Dados da camada 20 a 40 cm.

Resíduos	pH	K	Ca	Mg	Al	T	CO	P	V	m	Ca/Mg
	CaCl <sub>2</sub>	----- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----					(g kg <sup>-1</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )	(%)	(%)	-
<b>LC</b>											
0	4,03	0,08	0,43	0,27	2,40	12,80 b	10,23 b	3,97	6,53	76,10	2,11
1500	3,97	0,09	0,67	0,27	2,67	14,33 ab	14,00 ab	2,91	7,52	72,06	4,17
3000	3,93	0,07	1,03	0,63	2,97	16,40 a	18,30 a	2,34	12,18	65,51	2,65
6000	4,03	0,08	1,17	0,33	2,33	14,67 ab	14,60 ab	3,16	11,87	57,48	4,61
<b>P</b>	ns	0,42	0,34	0,41	ns	0,02	0,09	0,42	ns	0,38	0,14
<b>CV - %</b>	2,05	97,00	61,00	76,00	22,50	6,20	21,60	36,00	58,50	18,90	37,60
<b>CI</b>											
0	4,03	0,08	0,43	0,27	2,40	12,80	10,23 b	3,97	6,53	76,10	2,11
1500	3,97	0,37	1,07	0,43	2,73	15,34	15,30 ab	3,76	10,52	67,58	2,67
3000	4,03	0,36	1,73	0,53	2,43	15,73	16,80 a	4,97	15,27	57,35	2,75
6000	4,00	0,36	1,00	0,40	2,77	14,60	12,86 ab	2,74	11,93	64,17	2,62
<b>P</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>CV - %</b>	3,42	72,00	129,80	83,00	26,85	16,22	44,90	51,70	88,60	33,26	41,00
<b>LC + CI</b>											
0	4,03	0,20	0,43	0,27	2,40	12,80	10,23	3,97	6,53	76,10	2,11
1500	4,53	0,18	4,87	0,27	1,60	14,98	14,10	4,35	33,18	38,21	16,47
3000	4,33	0,34	3,57	0,50	1,60	15,14	16,37	3,63	28,98	31,00	7,13
6000	4,17	0,36	2,60	0,47	1,83	14,46	13,20	4,27	22,78	37,53	8,88
<b>P</b>	ns	ns	ns	0,33	ns	0,38	ns	ns	0,28	0,12	0,37
<b>CV - %</b>	9,85	67,28	91,44	49,30	47,09	11,71	31,20	43,73	70,10	44,80	106,80

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, para cada resíduo, não diferem significativamente entre si (Tukey 10%)

## Conclusões

A aplicação de lama de cal de forma isolada não apresentou efeito significativo sobre as variáveis examinadas.

A aplicação de cinza de madeira de forma isolada apresentou efeito significativo para a variável DAP, enquanto para as variáveis altura das árvores e volume sólido houve uma tendência de aumento com o aumento das doses de cinza.

Para a aplicação combinada de lama de cal e cinza de madeira houve efeito significativo em todas as variáveis analisadas aos 47 meses, sendo que os maiores valores, para todas as variáveis, foram observados nas maiores quantidades aplicadas.

## Referências

- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GOLÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 269-286.
- BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de. Eucalipto. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 303-305.
- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. de C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 37, p. 99-106, jul./dez. 1998.



BOGNOLA, I. A.; MAIA, C. M. B. F.; ANDRADE, G. de C. Avaliação da lama de cal como material corretivo do solo. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997, Curitiba. **Anais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1997. p. 125-128.

GUERRINI, I. A.; MORO, L. Influência da aplicação de resíduos industriais de fábrica de celulose e papel em plantios de eucalipto: efeito no solo e na planta. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1994, Botucatu. [Anais]. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1994. p. 189-215.

JORDAN, M.; SÁNCHEZ, M. A.; PADILLA, L.; CÉSPEDES, R.; OSSES, M.; GONZÁLEZ, B. Kraft mill residues effects on Monterey Pine growth and soil microbial activity. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 31, n. 3, p. 1004-1009, May 2002.

LOURENÇO, R. S. Curvas de neutralização de solo com lama de cal, comparada com CaCO<sub>3</sub> p.a. e calcário. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997, Curitiba. **Anais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1997. p. 131-135.

MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A.; SILVA, H. D. Efeito de resíduos da indústria de celulose e papel em características químicas relativas à fertilidade de um Cambissolo Húmico distrófico típico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS - FERTBIO. 29., Guarapari, 2010. **Anais...** Guarapari: Cedagro, 2010. CD-ROM.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999.

OSAKI, F.; DAROLT, M. R. Estudo da qualidade de cinzas vegetais para uso como adubos na região metropolitana de Curitiba. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 11, n. 1-2, 1989/1991.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional. **Concórdia**: caracterização regional. Concórdia, 2003. 51 p. Disponível em: <[http://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cep/publicacoes/diagnostico/CONCORDIA.pdf](http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cep/publicacoes/diagnostico/CONCORDIA.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2015.

SILVEIRA, R. L. V. da; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor de seu eucalipto. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 93, p. 1023, mar. 2001. (Potafos. Arquivo do Agrônomo, 12).

SIMONETE, M. A.; CHAVES, D. M.; TEIXIERA, C. F. A.; MORO, L.; NEVES, C. U. Fornecimento de cálcio para plantas de *Eucalyptus saligna* por meio de aplicação de resíduo industrial lama de cal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1343-1351, 2013.

STAPE, J. L.; BALLONI, E. A. O uso de resíduos da indústria de celulose como insumos na produção florestal IPEF, Piracicaba, n. 40, p. 33-37, dez. 1988.

### Comunicado Técnico, 373



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

**Embrapa Florestas**  
**Endereço:** Estrada da Ribeira Km 111, CP 319  
Colombo, PR, CEP 83411-000  
**Fone / Fax:** (0\*\*) 41 3675-5600  
[www.embrapa.br/florestas](http://www.embrapa.br/florestas)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac/](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/)

1ª edição  
Versão eletrônica (2015)

### Comitê de Publicações

**Presidente:** *Patrícia Póvoa de Mattos*  
**Secretária-Executiva:** *Elisabete Marques Oaida*  
**Membros:** *Elenice Fritzsos, Giselda Maia Rego, Ivar Wendling, Jorge Ribaski, Luis Cláudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski, Susete do Rocio Chiarello Pentead, Valderes Aparecida de Sousa*

### Expediente

**Supervisão editorial:** *Patrícia Póvoa de Mattos*  
**Revisão de texto:** *Patrícia Póvoa de Mattos*  
**Normalização bibliográfica:** *Francisca Rasche*  
**Editoração eletrônica:** *Luciane Cristine Jaques*