

Crescimento de *Eucalyptus benthamii* em resposta a aplicação de doses de cinza de biomassa florestal

Shizuo Maeda⁽¹⁾; Itamar Antonio Bognola⁽²⁾; Anne Luise Sass⁽³⁾

⁽¹⁾ Pesquisador da Embrapa Florestas; Colombo, PR; shizuo.maeda@embrapa.br; ⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Florestas; Colombo, PR; ⁽³⁾ Acadêmica do curso de Eng. Agrônoma da Universidade Federal do Paraná.

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi estudar os efeitos da cinza de biomassa florestal em propriedades químicas do solo e no crescimento de plantas de *Eucalyptus benthamii* em um Nitossolo háplico distroférrico típico. Os tratamentos consistiram da aplicação de doses de cinza correspondentes a zero; 1/8; 1/4 e 1/2 da dose estimar para elevar o pH a 5,5 pelo método do pH SMP. Aos 12 meses após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas altura e o diâmetro a altura do peito – DAP das árvores e estimado o volume cilíndrico do tronco - VC e realizaram-se a análise de propriedades químicas das camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm e dos teores foliares de nutrientes. A aplicação das doses de cinza resultou em maior crescimento das árvores em DAP e VC. Houve melhoria em características químicas do solo relacionadas à fertilidade e do estado nutricional das árvores da espécie estudada.

Termos de indexação: nutrição, eucalipto, fertilidade do solo.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor florestal apresenta grande importância econômica e social pela geração de emprego e renda. Conforme ABRAF (2012), o valor bruto da produção em 2011 foi de R\$ 53,91 bilhões, com geração de 4,73 milhões de empregos diretos e indiretos, correspondendo a 5% da população economicamente ativa brasileira envolvida no setor. A área total de florestas plantadas em 2011 correspondeu a 6,52 milhões de hectares sendo 4,87 milhões de hectares com eucalipto e 1,65 milhões de hectares com pinus.

Em geral, o plantio de espécies florestais é realizado em solos de baixa fertilidade natural. Como a cinza de biomassa possui cátions como K, Ca e Mg, além de P, esse resíduo tem potencial para uso em solos com plantios florestais para repor os nutrientes exportados pela colheita das árvores (Bellote et al., 1998).

Os elevados preços praticados para a aquisição dos insumos têm incentivado o uso de resíduos industriais resultantes do processamento de madeira para a produção de celulose e papel como insumo florestal. Essa forma de disposição resolve o problema de descarte do resíduo ao mesmo tempo em que contribui para a melhoria e/ou manutenção da capacidade produtiva do sítio florestal repondo

nutrientes exportados com a colheita florestal. Resultados de pesquisa com a cinza resultante da queima de biomassa florestal em caldeira auxiliar para geração de energia indicam potencial importante da mesma como fonte de nutrientes e como corretivo da acidez do solo. Aumentos na produtividade florestal com o estudo com cinza de madeira têm sido obtidos (Moro & Gonçalves, 1995; Gómez-Rey et al., 2010; Cabral et al., 2008; Jordan & Rodriguez, 2004) como resultado da melhoria da fertilidade do solo.

A cinza de biomassa florestal é um resíduo sólido resultante da combustão da madeira para atendimento das demandas energéticas das fábricas em seu funcionamento. Suas características químicas dependem, dentre outros fatores, da matéria prima utilizada (espécie de planta e compartimento da planta), do uso de aditivos, a aplicação de pré-tratamentos, da tecnologia e da temperatura de combustão e do tempo e das condições de armazenamento (Etiegni & Campbell, 1991; Demeyer et al., 2001). Embora de composição química variável, em geral, a cinza de biomassa florestal possui elevados teores de Ca, K e Mg, teores menores de P (Demeyer et al., 2001) e Zn, Cu e B (Saarsalmi et al., 2006) e caráter alcalino (Clapman & Zibilke, 1992).

Esse trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da cinza de biomassa florestal gerada em caldeira auxiliar de geração de energia no crescimento de *Eucalyptus benthamii* e no teor foliar de nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em novembro/2013 em Vargem Bonita, SC, em um LATOSSOLO bruno Distrófico, textura argilosa, anteriormente cultivado com eucalipto o qual apresentava as seguintes características químicas nas camadas 0 a 10 e 10 a 20 cm, respectivamente: pH CaCl₂ 3,93 e 3,97; K⁺ 0,13 e 0,06 cmol_c dm⁻³; Ca⁺² 0,6 e 0,2 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² 0,01 cmol_c dm⁻³; Al⁺³ 2,7 e 2,3 cmol_c dm⁻³; P 2,5 e 0,8 mg dm⁻³. O clima da região de estudo segundo classificação de Koepen é Cfa - clima subtropical; temperaturas médias no mês mais frio inferior a 18° C (mesotérmico) e do mês mais quente acima de 22° C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida (Pandolfo et al., 2002).

Os tratamentos constaram de quatro doses (0; 1,5; 3 e 6 Mg ha⁻¹) de cinza de biomassa de madeira (**Tabela 1**) com predominância de *Pinus taeda*, aplicados superficialmente em toda a parcela e sem incorporação. As doses aplicadas (0; 1,5; 3 e 6 Mg ha⁻¹) foram calculadas tendo-se como referência a dose necessária para elevar o pH em água pelo método do pH SMP: 1/8; 1/4 e 1/2 do valor necessário para elevar o pH em água a 5,5 (12 Mg ha⁻¹). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 4 repetições. Após a aplicação dos tratamentos mudas de *Eucalyptus benthamii*, obtidas por estaquia, foram plantadas em covas abertas por coveadoras motorizadas. A adubação de base foi realizada conforme protocolo para a cultura. As parcelas foram constituídas por 4 linhas com 5 plantas espaçadas em 2,5 m x 2,0 m. Um ano após a instalação do ensaio, avaliações biométricas foram realizadas para estudar o efeito dos tratamentos no desenvolvimento das mudas da espécie indicadora. Nessa idade, foram coletadas amostras de folhas recém maduras em ramos inferiores do terço superior da copa para análise do teor de nutrientes e amostras de solo das camadas 0 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm. As amostras coletadas foram analisadas conforme Silva et al. (2007). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativos à análise de regressão e correlação.

Tabela 1 Características químicas da cinza de biomassa florestal utilizada no estudo.

Características da cinza	Teor/valor – g kg ⁻¹
P ₂ O ₅ – CNA + água	4,6
K ₂ O – água	2,0
Ca	20,4
S	0,98
B	< 0,005
Zn	0,12
Cu	0,065
Mn	1,4
Fe	18,8
Carbono Orgânico	180,2
Mg	6,0
Poder de Neutralização	18%

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de doses da cinza alterou o crescimento das árvores da espécie indicadora estudada em diâmetro a altura do peito - DAP e volume cilíndrico do tronco - VC (**Figuras 1 e 2**) e não alterou o crescimento das árvores em altura. Os efeitos observados no DAP e VC foram quadráticos, com a máxima eficiência técnica observada com a aplicação de 3,9 Mg ha⁻¹ da cinza estudada.

Em função do poder de neutralização da acidez e dos teores de nutrientes apresentado pela cinza utilizada, modificações em características químicas do solo foram observadas (Tabela 2), as quais resultaram em aumento na absorção de fósforo, potássio, enxofre e boro e redução na absorção de manganês. Nos casos do fósforo e do potássio, os efeitos foram quadráticos ($P = -0,023x^2 + 0,2008x + 1,1572$, $r^2 = 0,81^{**}$ e $K = -0,341x^2 + 2,107x + 5,453$; $r^2 = 0,85^{**}$) e lineares para S, Mn e B ($S = 0,1123x + 0,9093$; $r^2 = 0,81^{**}$; $Mn = -215,14x + 2587,7$; $r^2 = 0,94^{**}$ e $B = 1,622x + 12,963$; $r^2 = 0,81^{**}$).

Correlações estabelecidas entre as doses de cinza e teores foliares de nutrientes e entre esses e o DAP e VC, mostram efeitos positivos e significativos para doses de cinza e N, Mg, S e B (**Tabela 3**) indicando que o aumento nas doses da cinza proporcionou melhoria nos teores foliares desses nutrientes e no crescimento das árvores. Nos casos em que os coeficientes de correlação foram negativos esse resultado pode ser uma indicação do efeito de diluição dos teores dos nutrientes em que esse fato ocorreu.

Embora os teores foliares críticos para os nutrientes sejam específicos para espécie, idade da planta, folha coletada entre outras (Malavolta et al, 1997), e, portanto, divergentes entre fontes (Santos, 2010, Stipp & Casarin, 2010) apenas os teores observados para N, P, Ca, Mn e Zn foram adequados em todos os tratamentos (Santos, 2010) (dados não apresentados). Os teores de Mg e Fe não atingiram a faixa crítica e nos casos do S e B os teores foram adequados apenas na maior dose estudada. Quanto ao K, no tratamento com ausência de aplicação de cinza o teor do nutriente ficou abaixo da faixa crítica e com a aplicação das doses 1,5 e 3 Mg ha⁻¹ de cinza o teor foliar do nutriente se ajustou à faixa crítica, indicando a importância do resíduo estudado como fonte do nutriente.

Em função das doses aplicadas serem baixas em relação à dose estimada para elevar o pH em água a 5,5 o efeito sobre o pH, embora significativo, foi reduzido.

CONCLUSÕES

A aplicação de doses de cinza de biomassa florestal promove aumentos no diâmetro a altura do peito e no volume cilíndrico de tronco com máximos valores com aplicação de 3,9 Mg ha⁻¹ da cinza.

A aplicação de doses de cinza de biomassa florestal promove melhorias na fertilidade do solo e no estado nutricional de *Eucalyptus benthamii*.

REFERÊNCIAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. ABRAF. – Brasília, 2012. 150p.

BELLOTE, A. F. J. et al. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 37, p. 99-106, 1998.

CABRAL, F.; RIBEIRO, H.M.; HILÁRIO, L.; MACHADO, L.; VASCONCELOS, E. Use of pulp mill inorganic wastes as alternative liming materials. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8294 – 8298, 2008.

CLAPMAN, W. M.; ZIBILSKÉ, L.M. Wood-ash as a lime amendment. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 23, p. 1209-1227. 1992.

DEMEYER, A.; VOUNDI NKANA, J.C.; VERLOO, M.G. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. **Bioresource Technology**, v.77, p. 287-295, 2001.

ETIÉGNI, L.; CAMPBELL, A.G. Physical and chemical characteristics of wood ash. **Bioresource Technology**, v. 37, p. 173-178. 1991.

GOMEZ-REY, M.X.; MADEIRA, M.; COUTINHO, J.; VASCONCELOS, E. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 33, n. 2, p. 134-146. 2010.

JORDAN, M.; RODRIGUEZ, E. Effect of solid residues from the cellulose industry on plant growth. **Journal of Plant Nutrition**, v. 167, p. 351-356, 2004.

LUDWIG, B.; RUMPF, S.; MINRUP, M.; MEIWES, K-J.; KHANNA, P.K. Effects of lime and wood ash on soil-solution chemistry, soil chemistry and nutritional status of a pine stand in Northern Germany. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 17, p. 225-237. 2002.

MORO, L.; GONÇALVES, J. L. de M. Efeitos da “cinza” de biomassa florestal sobre a produtividade povoamentos puros de *Eucalyptus grandis* e avaliação financeira. **IPEF**, n. 48/49, p. 18-27, jan./dez. 1995.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. Desordens nutricionais no Cerrado. Piracicaba, **POTAFOS**, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR, V. P. da; MASSIGNAM, A. M., PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom.

SAARSALMI, A.; KUKKOLA, M. MOILANEN, M.; AROLA, M. Long-term effects of ash and N fertilization on stand growth, tree nutrient status and soil chemistry in a scots

pine stand. **Forest Ecology and Management**, v.235, p. 116-128, 2006.

SANTOS, P. E. T. dos. **Sistemas de produção: cultivo de eucalipto**. 2. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto_2ed/Expediente.htm. Acesso em: 27 abr. 2013.

SILVA, F. C. da (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 627 p.

STIPP, S. R.; CASARIN, W. A importância do enxofre na agricultura brasileira. **IPNI 2010**. Informações Agrônomicas, 129 março de 2010. 20p.

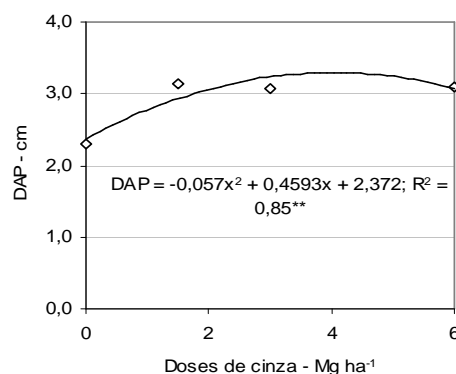


Figura 1 – Relação entre doses de cinza e diâmetro a altura do peito – DAP em árvores de *Eucalyptus benthammi* avaliadas um ano após aplicação dos tratamentos

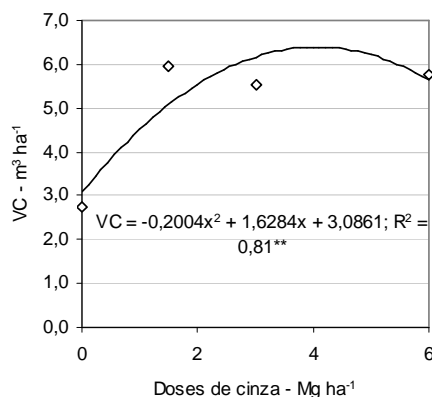


Figura 2 – Relação entre doses de cinza e volume cilíndrico do tronco - VC em árvores de *Eucalyptus benthammi* avaliadas um ano após aplicação dos tratamentos

Tabela 2 - Características químicas de três camadas de solo submetidas a doses de cinza de caldeira.

Doses Mg ha ⁻¹	pH CaCl ₂	Al ⁺³	Ca ⁺²	K ⁺	MO	P	B	Fe	Mn	Cu	Zn	S
		----- cmol _c dm ⁻³ -----	-----	-----	g kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----						
----- 0 a 10 cm -----												
0,0	3,80	3,15	0,15	0,02	45,5	6,00	0,90	124,80	27,80	10,40	1,50	29,50
1,5	3,70	2,97	0,23	0,08	54,8	4,80	0,50	84,50	13,70	23,30	2,20	37,80
3,0	3,80	2,86	0,23	0,07	54,7	3,70	0,50	137,30	31,10	10,40	2,20	38,30
6,0	3,60	2,95	0,40	0,03	54,0	5,80	0,60	111,00	31,00	10,70	2,00	55,50
P	*	ns	*	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV - %	2,60	9,00	27,80	55,60	11,90	25,40	24,20	32,40	38,40	107,50	49,60	37,00
----- 10 a 20 cm -----												
0,0	3,85	2,44	0,17	0,08	36,25	3,25	0,66	69,00	18,18	9,10	1,03	28,00
1,5	3,63	2,59	0,17	0,03	43,25	4,50	0,41	122,00	17,23	9,33	2,28	42,00
3,0	3,90	2,29	0,20	0,06	38,33	2,67	0,41	66,33	22,70	8,87	1,37	27,00
6,0	3,70	2,73	0,20	0,09	42,75	4,25	0,40	76,50	22,00	9,28	1,40	28,25
P	*	ns	ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns
CV - %	3,37	14,55	32,05	39,78	15,01	29,48	18,39	22,92	45,69	18,83	46,42	36,21
----- 20 a 40 cm -----												
0,0	3,85	2,18	0,12	0,10	30,25	3,25	0,73	48,75	14,90	7,78	2,45	18,00
1,5	3,80	2,21	0,12	0,06	36,00	2,25	0,38	77,75	12,28	9,33	1,18	36,75
3,0	3,87	2,05	0,27	0,03	35,33	2,33	0,40	61,00	17,33	8,30	2,20	17,33
6,0	3,73	2,36	0,20	0,09	35,50	3,25	0,45	89,00	21,38	10,20	1,45	18,00
P	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV - %	2,93	18,88	34,71	33,98	9,12	34,16	16,89	41,99	85,90	14,12	104,82	76,44

significativo a 5%; ns – não significativo

Tabela3 - Coeficientes de correlação linear teores foliares de nutrientes e doses de cinza, diâmetro a altura do peito – DAP e volume cilíndrico de tronco de árvores de *Eucalyptus benthamii*

Teor foliar	dose		DAP		VC	
	r ²	significância	r ²	significância	r ²	significância
N	0,86	0,07	0,95	0,03	0,94	0,03
P	0,73	0,13	0,99	0,00	0,99	0,00
K	-0,02	ns	-0,02	ns	0,73	ns
Ca	-0,88	0,03	-0,66	ns	-0,62	ns
Mg	0,93	0,06	0,93	0,03	0,51	ns
S	0,90	0,05	0,40	ns	0,38	ns
B	0,90	0,05	0,38	ns	0,35	ns
Cu	-0,96	0,02	-0,81	ns	-0,82	ns
Fe	-0,06	ns	-0,35	ns	-0,53	ns
Mn	-0,97	0,02	-0,81	ns	-0,81	ns
Zn	0,25	ns	0,87	0,07	0,88	0,06