

Crescimento de mudas de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes dosagens de cinza de biomassa florestal⁽¹⁾.

Tatiele Anete Bergamo Fenilli⁽²⁾; Angélica Tormen⁽³⁾; Gabriel Corso Pellens⁽⁴⁾; Lauri Amândio Schorn⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de projeto de Iniciação Científica.

⁽²⁾ Professora Dra.; Universidade de Blumenau; Blumenau, Santa Catarina; tfenilli@furb.br; ⁽³⁾ Engenheira Florestal; Trombini Embalagens S.A.; ⁽⁴⁾ Engenheiro Florestal; Agroflorestal Paequerê Ltda; ⁽⁵⁾ Professor Dr.; Universidade de Blumenau.

RESUMO: O plantio de espécies florestais para exploração comercial da madeira ocorre principalmente em solos com baixa fertilidade, o que requer o seu manejo. Além disso, a geração de cinza na combustão de biomassa florestal para produção energética, o problema do seu descarte e suas qualidades físico-químicas, torna-o fonte de nutrientes para as árvores, além de melhoria nas propriedades físico-químicas do solo. Com o intuito de avaliar o efeito da cinza de biomassa florestal sobre o crescimento e desenvolvimento de mudas florestais de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*, foi instalado um experimento em vasos com Latossolo onde foram avaliados seis tratamentos com diferentes dosagens de cinza de caldeira (testemunha, 5; 10; 15; 20 e 25 toneladas por hectare). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Após seis meses do plantio foram avaliados o solo e as plantas. No solo foram avaliadas as alterações nas características químicas provocadas pela incorporação de cinza de caldeira e nas plantas os parâmetros determinados foram: diâmetro do colo, altura total da planta, biomassa aérea, radicular e total. Através desta pesquisa observou-se que o uso de cinza de biomassa vegetal em plantios de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* é uma boa alternativa, tanto para o crescimento das mudas, quanto para o problema de descarte desse resíduo. Nas duas espécies a massa seca da parte aérea foi maior conforme o aumento da dose da cinza de biomassa florestal.

Termos de indexação: resíduo, espécies florestais, nutrientes.

INTRODUÇÃO

O Brasil situa-se entre os 10 maiores países em florestas plantadas do mundo, contando com 6,4 milhões de hectares. A maior parte da área reflorestada existente no País formou-se nas décadas de 1970 e 1980, quando foi possível às empresas a execução de plantios de florestas em larga escala, contando com incentivos financeiros. Atualmente, cerca de 80% (4,8 milhões de hectares)

das florestas plantadas brasileiras são de pinus e eucalipto (Juvenal & Mattos, 2002).

Além do plantio de espécies florestais ser predominantemente em solos de baixa fertilidade, a intensificação das rotações pode reduzir a produtividade florestal, caso medidas de manejo da fertilidade do solo não sejam aplicadas (Maeda et al., 2008).

O crescente consumo mundial de fertilizantes vem provocando a elevação dos custos de aquisição e de aplicação, o que tem incentivado os silvicultores a procurar meios alternativos de manejo da fertilidade do solo florestal, com intuito de reduzir os custos de produção (Maeda et al., 2008).

A cinza gerada pela combustão de biomassa florestal para produção energética vem ganhando importância devido às suas características físicas e químicas, que possibilitam a sua utilização como fonte de nutrientes para as árvores, com melhorias em propriedades físicas e químicas do solo (Moro & Gonçalves, 1995).

O uso de recursos naturais de forma sustentável é uma preocupação cada vez mais presente no meio de produção florestal. A utilização criteriosa de resíduos industriais como insumo no processo de produção florestal, além de contribuir para a manutenção da produtividade madeireira, repondo nutrientes retirados com a colheita da madeira, resolve-se o problema de descarte desses resíduos, eliminando um passivo ambiental oneroso financeiramente, pela necessidade de dispor de estruturas adequadas para seu armazenamento. Pelas suas características químicas, a cinza de biomassa vegetal gerada em caldeira tem despertado interesse no meio florestal, podendo constituir-se numa importante fonte de nutrientes de baixo custo (Maeda et al, 2008)

Até o momento, as pesquisas realizadas com resíduos, gerados pela indústria de papel e celulose, mostram grande potencial de uso ao aumento da produtividade, em consequência da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Faltam, ainda, estudos sobre dosagens economicamente viáveis e sobre o possível efeito desses resíduos no perfil do solo e no lençol freático (Vaz & Gonçalves, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da cinza de biomassa florestal nas características químicas do solo e no crescimento de mudas de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em estufa com irrigação controlada localizada na empresa Imaribo S.A., em Monte Carlo, SC. A instalação do experimento foi realizada no mês setembro de 2011 utilizando mudas de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis* com alturas médias respectivamente de 20 e 25 cm, fornecidas pelas empresas Imaribo S.A., e Trombini Embalagens S.A.

Neste trabalho foi avaliado o desenvolvimento de dois gêneros de espécies florestais de maior representatividade em plantios comerciais para o Estado de Santa Catarina, *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*, realizando incorporação de cinza de biomassa florestal ao solo.

O solo utilizado para incorporação da cinza de caldeira foi um Latossolo coletado em área de plantio comercial com *P. taeda*, com profundidade de 0-20 cm, e a cinza de biomassa florestal foi fornecida pela empresa Imaribo S.A, coletada de caldeira para geração de energia utilizada nas estufas, alimentadas com biomassa de pinus.

Foram realizadas análises químicas do solo e da cinza de caldeira, determinando-se os teores de P disponível, K, Ca, Mg, Na, Al trocável, H+Al, matéria orgânica, bem como a soma de bases, saturação por bases e alumínio, CTC total e efetiva, além dos valores do pH (EMBRAPA, 1999).

As amostras apresentaram a seguinte composição química: cinza: textura 8% de argila; pH 9,70; matéria orgânica 1,50 %; fósforo > 50,00 ppm; potássio 899,00 ppm; alumínio 0,0 cmolc/l; cálcio 1,9 cmolc/l; magnésio 0,40 cmolc/l; sódio 446,00 cmolc/l; H + Al 0,25 cmolc/l; CTC 6,86 cmolc/l e saturação por bases 96,36 %. Solo: textura 65% de argila; pH 3,80; matéria orgânica 6,20 %; fósforo 3,10 ppm; potássio 48,00 ppm; alumínio 6,00 cmolc/l; cálcio 1,00 cmolc/l; magnésio 0,30 cmolc/l; sódio 28,00 cmolc/l; H + Al 48,62 cmolc/l; CTC 50,17 cmolc/l e saturação por bases 3,09 %.

O delineamento experimental utilizado no presente estudo foi inteiramente ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições por tratamento, correspondendo cada unidade experimental um vaso de PVC com capacidade de 10 litros. Para homogeneizar o solo e distribuir em quantidades iguais nos vasos, o solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado em malha de 8 mm, posteriormente pesados 8,5 kg de solo por vaso, adicionando assim a quantidade de cinza de caldeira também peneirada, nas seguintes proporções:

T1 – Testemunha, sem incorporação de cinza de caldeira.
T2 – 5,0 Toneladas de cinza de caldeira por hectare.
T3 – 10,0 Toneladas de cinza de caldeira por hectare.
T4 – 15,0 Toneladas de cinza de caldeira por hectare.
T5 – 20,0 Toneladas de cinza de caldeira por hectare.
T6 – 25,0 Toneladas de cinza de caldeira por hectare.

As mudas foram avaliadas por um período de seis meses após o plantio. As variáveis mensuradas foram: altura (h), diâmetro do colo (D), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR).

A determinação de massa seca tanto da parte aérea quanto das raízes foi determinada após secagem do material em estufa de ventilação forçada com temperatura de $\pm 70^{\circ}\text{C}$ até estabilização do peso, pesando as amostra em balança de precisão (0,01g).

Ao final do período de análise, foi realizada nova coleta do solo em cada um dos tratamentos e repetições, a fim de determinar a influência da cinza de biomassa florestal sobre as propriedades químicas do solo e as respostas dessa sobre o crescimento das espécies analisadas.

Foram realizados testes de médias ao nível de significância de 5 %, com intuito de avaliar se existe diferença significativa entre os tratamentos, bem como, analisar os parâmetros químicos encontrados no solo e correlacioná-los favorecendo ou não a incorporação das cinzas ao solo em implantação de reflorestamento das espécies avaliadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito da cinza de biomassa vegetal no solo:

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados das análises químicas do solo com as diferentes proporções de cinza de biomassa florestal ao final do experimento. Foi observado efeito da cinza aplicada na maioria dos parâmetros avaliados. No experimento com eucalipto os parâmetros do solo que sofreram alterações foram: textura, pH, P, K, Al, Ca, Na, SB e V%, os demais M.O., Mg, H+Al e CTC não tiveram diferença estatística entre os tratamentos analisados. Os melhores resultados de pH, K, Na e Al ocorreram com o aumento da adição de cinza, ou seja, os valores de pH, K e Na aumentaram no solo e o Al diminuiu com a adição de cinza. Isso ocorre devido a cinza de caldeira apresentar pH alto e teores elevados de K e Na na sua concentração. Com relação a V% os tratamentos T2, T5 e T6 foram os melhores, o que comprova o benefício do uso da cinza nas características químicas do solo.

No plantio de *Pinus* os parâmetros do solo que não sofreram alterações com a adição de cinzas

foram: pH, P, M.O., H+Al e CTC. Os demais, textura, K, Al, Ca, Mg, Na, SB e V% sofreram alterações conforme a adição das cinzas. Os teores de K e Na aumentaram com a adição de cinzas, e os demais tiveram diferenças estatísticas com a adição de cinzas, ou mostraram-se iguais à testemunha (sem adição de cinzas), demonstrando uma alternativa de descarte desse material no solo.

Tabela 1 – Análise química do solo nas diferentes dosagens de cinza de biomassa vegetal.

DETERMINAÇÃO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	UNIDADE
EUCALIPTO							
Textura	55,75 a	43,75 b	56,00 a	59,50 a	61,75 a	60,5 a	% Argila
pH	4,70 ab	4,70 ab	4,55 b	4,73 ab	4,70 ab	4,95 a	
Fósforo	2,15 abc	1,35 c	2,05 abc	1,80 bc	2,60 ab	2,78 a	ppm
Potássio	15,75 b	26,00 b	27,50 b	32,25 b	49,25 a	52,50 a	ppm
Mat. orgânica	6,53 a	6,53 a	6,18 a	6,25 a	6,15 a	5,63 a	%(m/v)
Alumínio	5,00 a	4,03 c	4,78 ab	4,78 ab	4,53 abc	4,23 bc	cmolc/l
Cálcio	0,55 b	1,00 a	0,48 b	0,53 b	0,65 ab	0,65 ab	cmolc/l
Magnésio	0,30 a	0,40 a	0,23 a	0,30 a	0,33 a	0,33a	cmolc/l
Sódio	9,00 c	10,25 c	11,25 c	13,00 bc	17,50 ab	19,00 a	ppm
H + Al	29,98 a	23,75 a	25,90 a	30,08 a	27,38 a	29,43 a	cmolc/l
Soma bases-S	0,93 ab	1,51 a	0,82 b	0,97 ab	1,18 ab	1,20 ab	cmolc/l
CTC	30,91 a	25,26 a	26,72 a	31,04 a	28,56 a	30,63 a	cmolc/l
V%	3,07 b	5,98 a	3,08 b	3,22 b	4,13 ab	3,93 ab	%
PINUS							
Textura	37,50 c	52,50 b	59,75 ab	57,75 ab	59,75 ab	62,00 a	% Argila
pH	4,68 a	4,63 a	4,53 a	4,55 a	4,68 a	4,60 a	
Fósforo	2,15 a	1,70 a	2,33 a	2,33 a	6,60 a	2,88 a	ppm
Potássio	21,00 c	25,75 bc	24,25 bc	31,25 bc	46,25 a	35,5 ab	ppm
Mat. orgânica	6,15 a	6,28 a	6,25 a	5,85 a	6,18 a	6,00 a	%(m/v)
Alumínio	4,43 a	3,68 b	4,63 a	4,73 a	4,35 a	4,55 a	cmolc/l
Cálcio	1,00 ab	1,18 a	0,70 ab	0,55 b	0,78 ab	0,60 b	cmolc/l
Magnésio	0,50 a	0,50 a	0,25 b	0,28 b	0,40 ab	0,28 b	cmolc/l
Sódio	9,50 c	10,75 bc	10,75 bc	12,75 bc	16,75 a	14,25 ab	ppm
H + Al	27,38 a	23,75 a	25,23 a	27,57 a	26,07 a	25,15 a	cmolc/l
Soma bases-S	1,60 ab	1,80 a	1,06 b	0,96 b	1,37 ab	1,03 b	cmolc/l
CTC	29,22 a	25,54 a	26,29 a	28,28 a	27,43 a	26,19 a	cmolc/l
V%	5,51 ab	6,99 a	4,16 ab	3,43 b	5,07 ab	3,96 b	%

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A maior preocupação em relação à aplicação de cinzas no solo refere-se aos desequilíbrios que a mesma pode provocar nas relações entre os nutrientes do solo, reduzindo a disponibilidade dos mesmos para as plantas, uma vez que os elementos essenciais às plantas podem encontrar-se presentes nas cinzas, em quantidades não adequadas às necessidades das plantas.

Maeda et al. (2008) também estudaram o efeito das cinzas nas características químicas do solo e encontraram alterações maiores no valores de pH e Al. Segundo os autores, os valores de pH com a adição de cinzas tendem a aumentar, podendo chegar a neutralidade, o que pode vir a prejudicar na absorção de Cu, Mn e Zn. Já para o Al, a adição de cinzas diminui a acidez potencial, beneficiando a maioria das espécies que são pouco tolerantes a esse nutriente. Silva et al. (2009) não observaram alteração do pH com a adição de cinzas, devido a cinza utilizada no experimento apresentar baixo poder de neutralização por ser cinza requemada.

Efeito da cinza de biomassa vegetal na planta:

Na Tabela 2 estão apresentados os valores dos parâmetros biométricos avaliados no final do experimento. Pode-se verificar que os parâmetros avaliados: altura (h), diâmetro (D), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) no eucalipto não diferiram significativamente com a adição de cinza de biomassa florestal. Para o parâmetro massa seca da parte aérea (MSPA), houve um aumento com a adição da cinza. Já avaliando os mesmos parâmetros no pinus, a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) também aumentaram com a adição de cinza.

Tabela 2 - Resultados dos parâmetros biométricos avaliados em mudas de Eucalipto e Pinus produzidas em vasos com diferentes proporções de cinza de caldeira.

Tratamentos	Parâmetros Biométricos				
	h ¹ (cm)	D ² (mm)	MSPA ³ (g planta ⁻¹)	MSR ⁴ (g planta ⁻¹)	MST ⁵ (g planta ⁻¹)
Eucalipto					
T1	93,00 a	8,80 a	23,81 ab	17,45 a	41,26 a
T2	82,75 a	8,18 a	22,23 b	17,22 a	39,45 a
T3	91,50 a	8,33 a	25,28 ab	18,60 a	43,87 a
T4	85,00 a	7,61 a	24,82 ab	17,71 a	42,53 a
T5	91,25 a	8,03 a	23,11 ab	14,07 a	37,18 a
T6	96,75 a	8,64 a	26,64 a	17,12 a	43,76 a
Pinus					
T1	56,50 a	9,99 a	20,92 ab	8,71 b	29,63 b
T2	67,50 a	9,99 a	23,22 ab	9,62 ab	32,84 ab
T3	61,25 a	9,77 a	21,07 ab	8,96 ab	30,04 b
T4	64,25 a	9,37 a	20,43 ab	11,94 ab	32,37 ab
T5	60,75 a	9,18 a	17,95 b	10,91 ab	28,86 b
T6	65,00 a	10,63 a	25,41 a	12,92 a	38,33 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

¹h = altura das mudas; ²D = diâmetro do coleto; ³MSPA = massa seca da parte aérea; ⁴MSR = massa seca da raiz; ⁵MST = massa seca total.

Segundo Carneiro (1995) o resultado da divisão da altura da parte aérea pelo diâmetro do coleto é considerado um dos índices de qualidade de mudas mais preciso, pois fornece informações de quanto delgada está a muda. E o mesmo autor relata que esse índice exprime a qualidade da muda em qualquer fase do período de produção, devendo-se se situar entre os limites 5,4 a 8,1.

Nas figuras 1 e 2 são demonstrados os índice de qualidade h/D das mudas de eucalipto e pinus avaliadas após a adição de proporções diferentes da cinza de biomassa florestal. Pode-se observar nas figuras 1 e 2 que o eucalipto apresentou valores superiores ao limite do índice h/D de qualidade de mudas, e que o pinus

apresentou índices de qualidade dentro dos limites. Entre os tratamentos analisados não houve diferença estatística para as duas espécies.

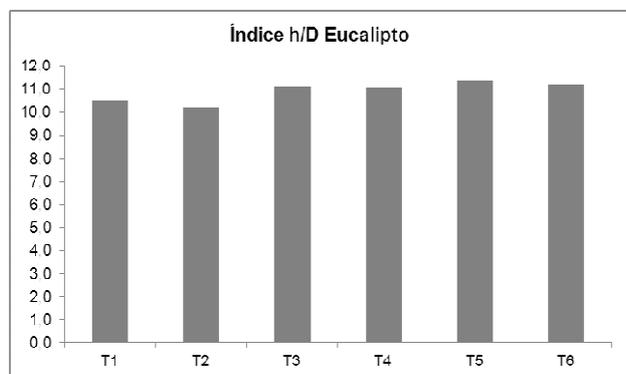


Figura 1 - Índice de qualidade h/D de mudas de eucalipto com adição de cinza de biomassa florestal no solo.

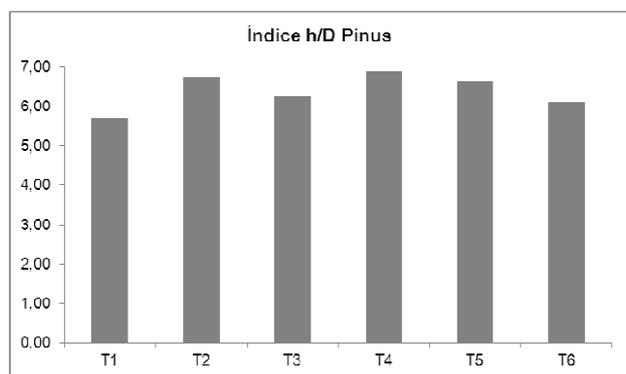


Figura 2 - Índice de qualidade h/D de mudas de pinus com adição de cinza de biomassa florestal no solo.

CONCLUSÕES

O uso de cinza de biomassa vegetal em plantios de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* é uma boa alternativa, tanto para o crescimento das mudas, quanto para o problema de descarte desse resíduo.

A adição de cinzas no solo aumentou K e Na tanto no experimento com eucalipto quanto no pinus, e diminuiu a saturação por Al no solo cultivado com o eucalipto.

Nas duas espécies a massa seca da parte aérea (MSPA) foi maior conforme o aumento das doses de cinza de biomassa florestal.

O índice de qualidade de mudas h/D não diferiu entre os tratamentos tanto no experimento com eucalipto, quanto no pinus, mas se situou no limite considerado ideal no experimento com pinus.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as empresas Imaribo S.A. e Trombini Embalagens S.A. pelo apoio e infraestrutura para realização do trabalho, à FURB pela bolsa de Iniciação Científica e ao PPGF/DEF/FURB pela ajuda financeira.

REFERÊNCIAS

CARNEIRO, J.G.A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF/UENF, 1995. 451p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 212 p.

GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V. (Org.) Nutrição e fertilização Florestal. 1. ed. Piracicaba: IPEF. 2000, p. 385-414.

JUVENAL, T.L. & MATTOS, R.L.G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. BNDES Setorial, n.16, p.3-30, 2002.

MAEDA, S.; SILVA, H. D. da; CARDOSO, C. Resposta de Pinus à aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Húmico, em vaso. Pesquisa Florestal Brasileira, p.43-52, 2008.

MORO, L. & GONÇALVEZ, J.L. de M. Efeitos da "cinza" de biomassa florestal sobre a produtividade de povoamentos puros de *Eucalyptus grandis* e avaliação financeira. IPEF, 48/49: 18-27, 1995.

SILVA, R. et al. Cinza de biomassa florestal: Alterações nos atributos de solos ácidos do planalto Catarinense e em plantas de eucalipto. Scientia Agraria, 6: 475-482, 2009.

VAZ, L. M. & GONCALVES, J. L. M. Crescimento inicial e fertilidade do solo em um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. Sitientibus, 26: 151-174, 2002.