

TRABALHO DE PESQUISA / RESEARCH PAPER

USO DA "CINZA" DE BIOMASSA FLORESTAL COMO FONTE DE NUTRIENTES EM POVOAMENTOS PUROS DE *Eucalyptus grandis*

José Leonardo de Moraes Gonçalves¹
Luiz Moro²

ABSTRACT - With the goals of evaluating the effect of ash application - produced from burnt biomass forest - on physical and chemical features from a soil extensively used for ***Eucalyptus grandis*** plantations, as well as, to evaluate the effect of this industrial residue on mineral nutrition of this species, was established an experiment in the municipal district of Casa Branca - SP. The soil type at the experimental area has been classified as Red Yellowish Latossol, medium texture, dystrophic, under a Cwa climate classification, according to Köppen. Treatments consisted on the following mineral fertilizer and ash application: control, without application of ash and fertilizer; the application of 417 kg ha⁻¹ NPK 10.20.10 in the planting hole; application of increasing amounts of ash 5, 10, 15, 20 and 25 t ha⁻¹, casting distributed and superficially incorporated up to 10 cm with light disking, during planting operation. Physical and chemical soil features were evaluated 72 months after planting time. In the laboratory - under normal conditions environment, average temperature equal 20°C - soil samples from experiment areas were incubated with treatments which received ash doses equivalent to 0, 15, 30 and 45 t ha⁻¹. In the 2nd, 60th and 120th days after incubation, chemical analysis were undertaken to evaluate the effects of ash application on the chemical soil characteristics. After 72 months from ash application in the field, it was observed that, apart from pH and P, there were no differences at statistical level among treatments. On the other hand, the concentration and the content of macro nutrients placed in the various trees components were very influenced by ash application, notoriously for Ca and K. It was attributed to these nutrients the major effects on ***Eucalyptus grandis*** nutrition, which resulted in great increases in productivity. At laboratory level, ash application promoted large changes on the chemical soil features, demonstrating be able to alter radically soil fertility, consequently trees mineral nutrition. The clearly soil fertility increase promoted by the ash was taken as being the main reason for productivity increase obtained from the application of this industrial residue.

RESUMO - Com o objetivo de avaliar o efeito da cinza de biomassa florestal sobre as características físicas e químicas de um solo amplamente utilizado em plantações florestais de ***Eucalyptus grandis***, bem como sobre a nutrição mineral dessa espécie, coletaram-se amostras compostas de solo da camada 0-20 cm de todas as parcelas experimentais descritas por MORO; GONÇALVES (1995), 72 meses após o plantio, sendo as

¹ Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, Caixa Postal 9 - 13400-970 - Piracicaba, SP.

² Gerente de Reflorestamento/Pesquisa de logging da CHAMFLORA AGRÍCOLA L TDA, Caixa Postal 176 - 13840-000 - Mogi-Guaçu, SP.

características físicas e químicas das amostras de solo provenientes do campo avaliadas. Determinou-se também a concentração de macronutrientes nas diversas partes da árvore amostradas por aqueles autores. Sob condições ambientais de laboratório e temperatura média igual a 20°C, amostras de solo oriundas da testemunha da área experimental foram incubadas com doses de cinza equivalentes a 0, 15, 30 e 45t ha⁻¹. Aos 2, 60 e 120 dias de incubação, foram feitas análises químicas para avaliar os reflexos da aplicação de cinza nas características químicas do solo. De acordo com as análises das amostras de solo provenientes do campo, verificou-se que, não havia diferença estatisticamente significativa entre tratamentos, com exceção do pH e do P. Por outro lado, a concentração e o conteúdo de macronutrientes localizados nos diversos componentes das árvores foram bastante influenciados pela aplicação da cinza, destacadamente para os nutrientes Ca e K. Atribuiu-se a estes nutrientes a maior parte dos efeitos positivos sobre a nutrição mineral do **Eucalyptus grandis**, responsáveis pelos grandes ganhos em produtividade. Sob condições de laboratório, observou-se que a aplicação de cinza elevava substancialmente a fertilidade do solo. A sensível elevação da fertilidade do solo promovida pela cinza, foi considerada como sendo a principal razão para os ganhos em produtividade obtidos, mediante a aplicação desse resíduo industrial no campo.

INTRODUÇÃO

A expansão da área florestada com eucaliptos no Brasil tem sido feita, principalmente, em solos sob vegetação de cerrado. Esses solos são caracterizados como de baixa fertilidade natural e possuem alto nível de acidez, sendo encontrados sob condições bioclimáticas bastante diversas mas, de modo geral, com altos índices de deficiência hídrica. Sob tais condições, os índices de produtividade podem ser muito baixos, sendo de fundamental importância a adoção de práticas de manejo florestal que visem elevar os níveis de fertilidade e retenção de umidade, como por exemplo, a aplicação de resíduos industriais.

Os solos comumente utilizados para os plantios florestais, como alguns tipos de Latossolos, Podzólicos, Áreas Quartzosas e Cambissolos, principalmente, não podem ser aceitos como um reservatório permanente de nutrientes pois, além de serem submetidos a amplas extrações de nutrientes pela exploração das florestas, estão sujeitos à erosão e lixiviação, o que pode determinar quedas drásticas na qualidade do sítio. Essa tendência pode ser minimizada pela combinação da aplicação de fertilizantes químicos e práticas de manejo florestal, que incluem a aplicação de resíduos industriais e urbanos (PRITCHET, 1979 e COLE, 1981).

A diminuição do teor de matéria orgânica nos solos sob vegetação de cerrado é tida como uma das principais causas do decréscimo de seus níveis de fertilidade, pela redução da capacidade de reter nutrientes e água, com sérios reflexos sobre a produtividade do sítio. Discorrendo sobre o manejo da CTC de solos tropicais, BUOL et al. (1975) e SANCHEZ (1981), afirmam ser necessário pelo menos 4 meq de disponibilidade de carga por 100g solo para que haja suficiente retenção de cátions, capaz de minorar os efeitos indesejáveis da lixiviação. Citam que o aumento da CTC é um objetivo importante do manejo do solo, podendo ser conseguido com melhores resultados através da prática da calagem e pela adição de insumos ricos em matéria orgânica. DATALTO (1982), afirma que a redução no teor de matéria orgânica dos Latossolos de textura média e Areias Quartzosas, solos típicos da região dos cerrados, é conseqüência de uma rápida mineralização da matéria orgânica,

provocada, basicamente, pelas melhores condições para a atividade dos microrganismos, conseguidas pelo revolvimento da camada arável e pela prática das fertilizações.

A composição das cinzas pode produzir importantes mudanças nas propriedades químicas e físicas do solo como, por exemplo, elevação dos níveis de pH, Ca trocável, P extraível, CTC, redução dos teores de Al trocável e melhoria substancial da capacidade de agregação das partículas do solo, entre outros (VALENZUELA, 1960; NYE; GREENLAND, 1964; SILVA, 1981; BARROS et al., 1982; CADIMA et al., 1982; LOKEN et al., 1983; HERNANI, 1986; NAYLOR; SCHMIDT, 1989; EDEN et al., 1991; e TOMKINS et al., 1991). De modo geral esses pesquisadores verificaram que as melhorias físicas e químicas do solo, conseguidas com cinza, resultavam em significativos ganhos de produtividade.

Poucos são os estudos conduzidos no Brasil que utilizaram a cinza de biomassa florestal como insumo de produção em plantações florestais. Contudo, alguns pesquisadores (BARROS et al., 1982; PEREIRA et al., 1982; STAPE; BALLONI, 1988 e MORO; GONÇALVES; 1995) têm verificado ganhos significativos de produtividade, graças à aplicação desse resíduo. Fundamentalmente, a maioria dos estudos teve um enfoque de pesquisa aplicada, oferecendo poucas explicações científicas para as razões que levam as árvores a responder positivamente à adição de cinza.

Nesse contexto, freqüentemente se pergunta nos meios científicos e técnicos do setor florestal:

- Quais são os reflexos a curto, médio e longo prazos da aplicação de cinza sobre as características físicas e químicas do solo? Quais são os efeitos na nutrição mineral das árvores?

- Enfim, como se explicam os ganhos de produtividade florestal promovidos pela aplicação da cinza proveniente de biomassa florestal?

O presente trabalho teve como objetivos, estudar os efeitos da cinza de biomassa florestal sobre as características físicas e químicas de um solo de textura média e avaliar os reflexos desse resíduo sobre a nutrição mineral das árvores.

MATERIAL E MÉTODOS

Na área experimental descrita por MORO; GONÇALVES (1995), aos 72 meses após a instalação do experimento, coletaram-se amostras compostas de solo da camada 0-20 cm, de todas as parcelas experimentais, para a sua caracterização física e química. Para as determinações de pH, C orgânico, P disponível, K, Ca, Mg e Al trocável, H titulável, CTC e saturação de bases, seguiu-se a metodologia proposta por RAIJ et al. (1987). A determinação da densidade global e granulometria, foi feita segundo EMBRAPA (1979), sendo a densidade global obtida pela secagem a 105°C e pesagem de amostras de solo natural, coletadas no campo com anéis de Kopeck (Método do Anel Volumétrico) e a análise granulométrica determinada por sedimentação em cilindro de Koettgen, sendo usado calgon (hexametáfosfato de sódio 4,4%) como agente de dispersão e agitação de alta rotação durante quinze minutos. As frações areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina foram separadas por tamisação em peneiras de malha 1; 0,5; 0,25; 0,10 e 0,05 mm de diâmetro, respectivamente. A fração argila foi determinada pelo hidrômetro de Boyoucos (VETTORI; PIERANTONI, 1968). A fração silte foi determinada pela diferença entre o peso de terra fina seca ao ar menos o peso de areia total mais argila.

Nas amostras utilizadas por MORO; GONÇALVES (1995) para o peso de material seco de folha, galho, casca e madeira, determinaram-se as concentrações de macronutrientes nesses componentes. O material coletado foi moído em moinho tipo Wiley e mineralizado por via úmida, através de digestão nitroperclórica, para a determinação da concentração de P, K, Ca, Mg e Se, através de digestão sulfúrica, para a determinação de N. Os procedimentos laboratoriais seguiram a metodologia descrita por SARRUGE; HAAG (1974).

Com o objetivo de se conhecer os efeitos da cinza sobre as características químicas do solo e, conseqüentemente, conseguir subsídios para se explicar as respostas de crescimento das árvores no campo, porções de 2 kg de solo provenientes da camada 0-20 de profundidade do tratamento testemunha, foram incubadas com diferentes doses de cinza (coletadas diretamente da caldeira de biomassa) sob condições controladas de temperatura e umidade (20°C e cerca de 80% da capacidade de campo, respectivamente). Antes de serem pesadas, as amostras de cinza foram homogeneizadas e secas à temperatura de 65°C até peso constante (72 h). Doses de cinza correspondentes a 0, 15, 30 e 45 t ha⁻¹ foram uniformemente homogeneizadas com as amostras de solo e incubadas por 2, 60 e 120 dias, quando então foram analisadas quimicamente para a determinação de pH em CaCl₂ 0,01 M, P disponível pelo extrato r resina, teores trocáveis de K, Ca, Mg e Al, teor de matéria orgânica e Capacidade de Troca Catiônica. Para a realização das análises químicas, utilizaram-se também os métodos propostos por RAIJ et al. (1987) .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito da Cinza Sobre Alguns Atributos Químicos e Físicos do Solo em Condições de Campo

As análises químicas e físicas de amostras do solo da camada 0-20 cm de profundidade, 72 meses após a aplicação do adubo e da cinza, evidenciaram que não houve diferenças significativas entre tratamentos, com exceção do pH e do teor de P (TABELA 1). Essas constatações, à primeira vista, contrariam as grandes respostas em crescimento obtidas por MORO; GONÇALVES (1995), e em absorção de nutrientes observadas nas TABELAS 2 e 3 e promovidas pelas aplicações desses insumos. Também não estão de acordo com o grande efeito provocado pela aplicação de cinza na composição química de amostras de solo incubadas (FIGURAS 1 e 2), em que o pH e os teores de P, K, Ca, e Mg foram substancialmente elevados.

Neste ponto surgem as perguntas:

. Porque não foram verificadas diferenças significativas na composição química e física das amostras de solo que receberam grandes doses de adubo e cinza?

. Diante dessa constatação, como é que se explica a grande resposta em crescimento, obtida pelos tratamentos aplicados, sendo que os atributos químicos e físicos do solo, no presente caso, deveriam ser a causa primária dessas respostas?

TABELA 1. Análises químicas e físicas de amostras de solo dos diferentes tratamentos, 72 meses após o plantio (profundidade 0-20 cm).

Tratamentos	Ph em CaCl ² 0,01M	MO %	P μ cm ⁻³	H ⁺ +Al ³⁺ K ⁺ Ca ⁺² Mg ⁺²				S	CTC	V %
				meq 100 cm ⁻³ de terra						
Testemunha	4,2	2,2	2	4,20	0,04	0,10	0,03	0,17	4,37	4
417 kg ha ⁻¹ de 10:20:10	4,1	2,2	3	4,07	0,04	0,10	0,03	0,17	4,24	4
5 t ha ⁻¹ de cinza	4,1	2,2	3	4,30	0,04	0,10	0,03	0,17	4,47	4
10 t ha ⁻¹ de cinza	4,1	2,3	3	4,43	0,04	0,13	0,03	0,20	4,63	4
15 t ha ⁻¹ de cinza	4,1	2,2	3	4,27	0,04	0,10	0,03	0,17	4,44	4
20 t ha ⁻¹ de cinza	4,1	2,2	3	4,33	0,04	0,10	0,03	0,17	4,50	4
25 t ha ⁻¹ de cinza	4,1	2,1	3	4,10	0,03	0,10	0,03	0,20	4,30	5
Média	4,1	2,2	2,8	4,24	0,04	0,10	0,04	0,18	4,42	4
CV experimental (%)	0,92	6,78	7,51	5,20	30,84	20,82	15,55	15,43	4,91	16,88
DMS (P=0,05)	0,10	0,41	0,60	0,61	0,03	0,06	0,01	0,08	0,61	2,01

Tratamentos	Densidade global g cm ⁻³	Areia total		Silte		Argila	
		%		%		%	
Testemunha	1,3	67		9		24	
417kg ha ⁻¹ de 10:20:10	1,2	67		8		25	
5 t ha ⁻¹ de cinza	1,3	67		7		26	
10 t ha ⁻¹ de cinza	1,2	68		9		23	
15 t ha ⁻¹ de cinza	1,3	67		8		25	
20 t ha ⁻¹ de cinza	1,2	69		9		22	
25 t ha ⁻¹ de cinza	1,3	69		9		22	
Média	1,3	68		8		24	
CV experimental (%)	2,20	2,32		37,60		13,71	
DMS (P=0,05)	0,08	4,39		8,65		9,08	

Tudo leva a crer que as análises químicas e físicas das amostras de solo provenientes do campo, não detectaram efeitos dos tratamentos aplicados devido ao longo tempo decorrido entre a época de aplicação dos tratamentos e da análise das amostras de solo, que foi de 72 meses. Nesse tempo, dada a natureza permeável e abaixo CTC do solo, grande parte dos nutrientes teria sido lixiviada e outra parte considerável teria sido absorvida pelas árvores, como foi detectado pelas análises nas amostras vegetais (TABELA 2 e 3). Como isso, as características do solo voltaram aos níveis equivalentes aos da testemunha. Como subsídio para esta colocação, cita-se o trabalho de BARROS et al. (1982), que observaram 5 anos após a queima de resíduos culturais de **Eucalyptus grandis**, valores de P, K, Ca e Mg cerca de 19; 2,5; 1,6 e 5 vezes menores que aqueles observados imediatamente após a queima.

Se um monitoramento das características do solo tivesse sido realizado, desde a aplicação dos tratamentos, provavelmente seriam detectados os efeitos do adubo e da cinza sobre as características químicas e físicas do solo, nos períodos iniciais. Tal afirmação fica muito reforçada pelos efeitos das diferentes doses de cinza sobre as características químicas e físicas das amostras de solo incubadas (FIGURAS 1 e 2).

TABELA 2. Conteúdo de nutrientes (kg ha⁻¹) nas folhas, galhos, casca e lenho, 79 meses após o plantio.

Tratamentos	Folha						Galho					
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg ha⁻¹											
Testemunha	43,80	1,37	8,84	6,15	3,23	0,86	14,60	8,89	6,89	6,44	2,24	0,44
417 kg ha ⁻¹ de 10:20:10	71,90	2,54	12,37	7,39	4,89	1,63	21,90	1,85	8,90	7,85	3,02	0,71
10 t ha ⁻¹ de cinza	76,30	2,49	11,90	9,60	4,04	1,82	28,50	1,76	12,32	12,72	4,26	1,26
20 t ha ⁻¹ de cinza	64,20	2,30	9,50	9,00	3,87	1,51	21,90	1,51	11,13	12,06	3,80	0,72
Média	64,05	2,17	10,65	8,03	4,00	1,45	21,72	1,50	9,81	9,76	3,33	0,78
CV experimental (%)	5,80	7,93	13,29	12,38	9,57	8,41	21,42	20,66	26,22	22,90	24,53	36,17
DMS (P=0,05)	10,50	0,48	4,00	2,82	1,08	0,34	13,17	0,88	7,27	6,32	2,31	0,80

Tratamentos	Folha						Galho					
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg ha⁻¹											
Testemunha	26,10	1,97	14,98	35,16	6,42	1,00	63,30	7,63	23,88	21,34	7,63	7,63
417 kg ha ⁻¹ de 10:20:10	41,80	4,95	22,52	40,45	9,15	1,44	95,50	9,84	23,71	22,37	12,74	10,70
10 t ha ⁻¹ de cinza	42,60	3,60	25,82	92,11	11,05	2,57	98,10	10,96	29,07	38,45	10,96	10,90
20 t ha ⁻¹ de cinza	39,50	4,40	26,91	89,66	13,74	1,48	114,60	11,05	26,82	46,15	11,05	11,00
Média	37,50	3,73	22,55	64,34	10,09	1,62	92,87	9,87	25,87	32,07	10,59	10,05
CV experimental (%)	18,11	22,57	21,01	32,38	21,31	55,01	12,97	10,98	23,82	16,33	31,12	17,77
DMS (P=0,05)	19,20	2,38	13,40	58,89	6,08	2,50	34,08	3,00	17,42	14,81	9,32	5,07

TABELA 3. Conteúdo de nutrientes da parte aérea total (folhas, galhos, casca e lenho), aos 79 meses de idade.

Tratamentos	Parte área total					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg ha⁻¹					
Testemunha	147,9	11,9	54,6	69,1	19,5	9,99
417 kg ha ⁻¹ de 10:20:10	240,4	19,2	67,5	78,1	29,8	14,5
10 t ha ⁻¹ de cinza	245,5	18,8	79,1	152,9	30,3	16,6
20 t ha ⁻¹ de cinza	240,4	18,3	74,3	157,0	32,4	14,7
Média	218,5	17,0	68,9	114,3	28,0	13,9
CV experimental (%)	4,6	9,3	12,8	21,4	15,6	16,6
DMS (P=0,05)	28,4	4,5	24,9	69,2	12,3	6,5

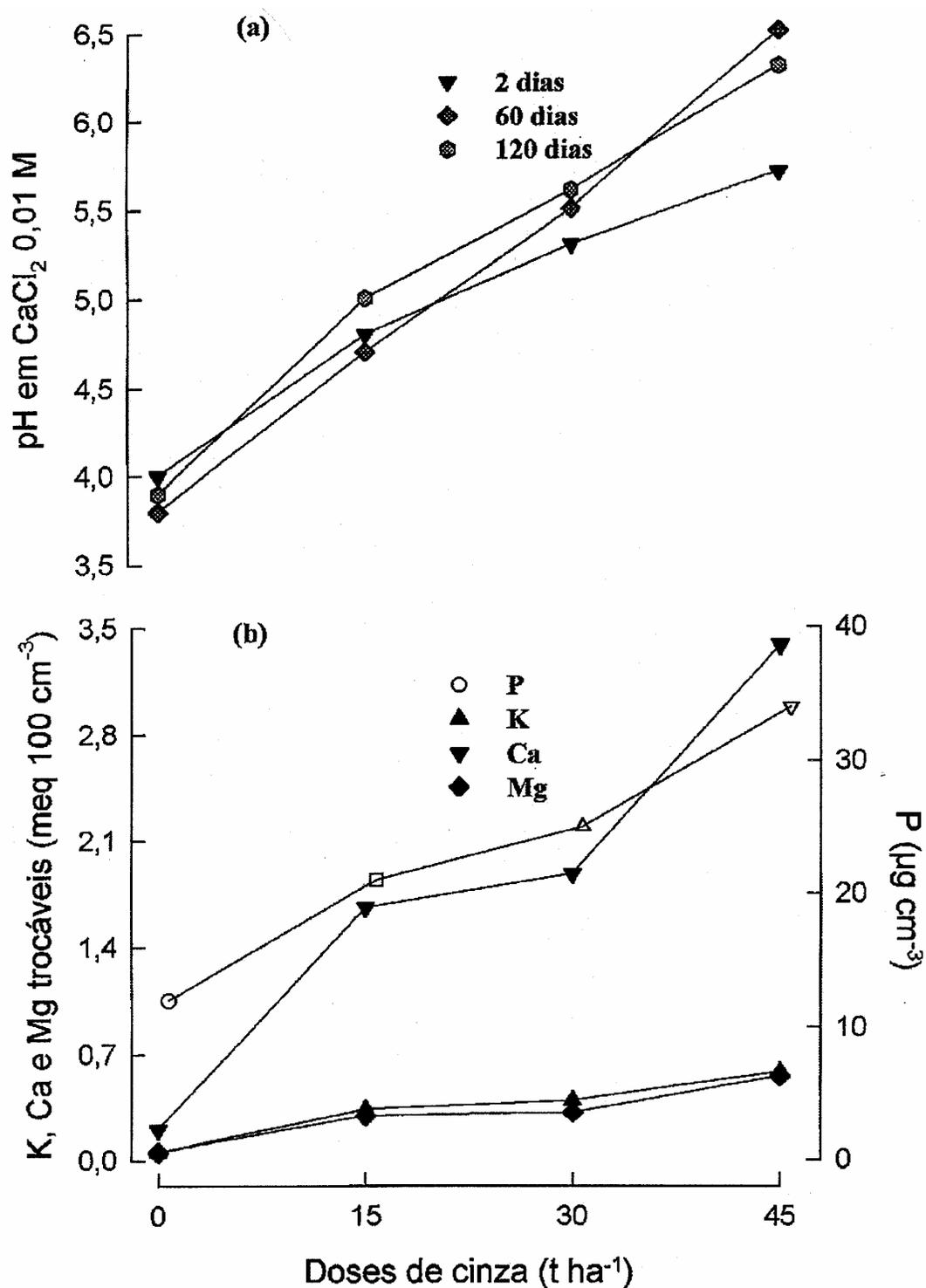


FIGURA 1. (a) Efeito de diferentes doses de cinza sobre o pH, após 2, 60 e 120 dias de incubação; (b) Valores de P, K, Ca e Mg após 120 dias de incubação, em função das doses aplicadas de cinza.

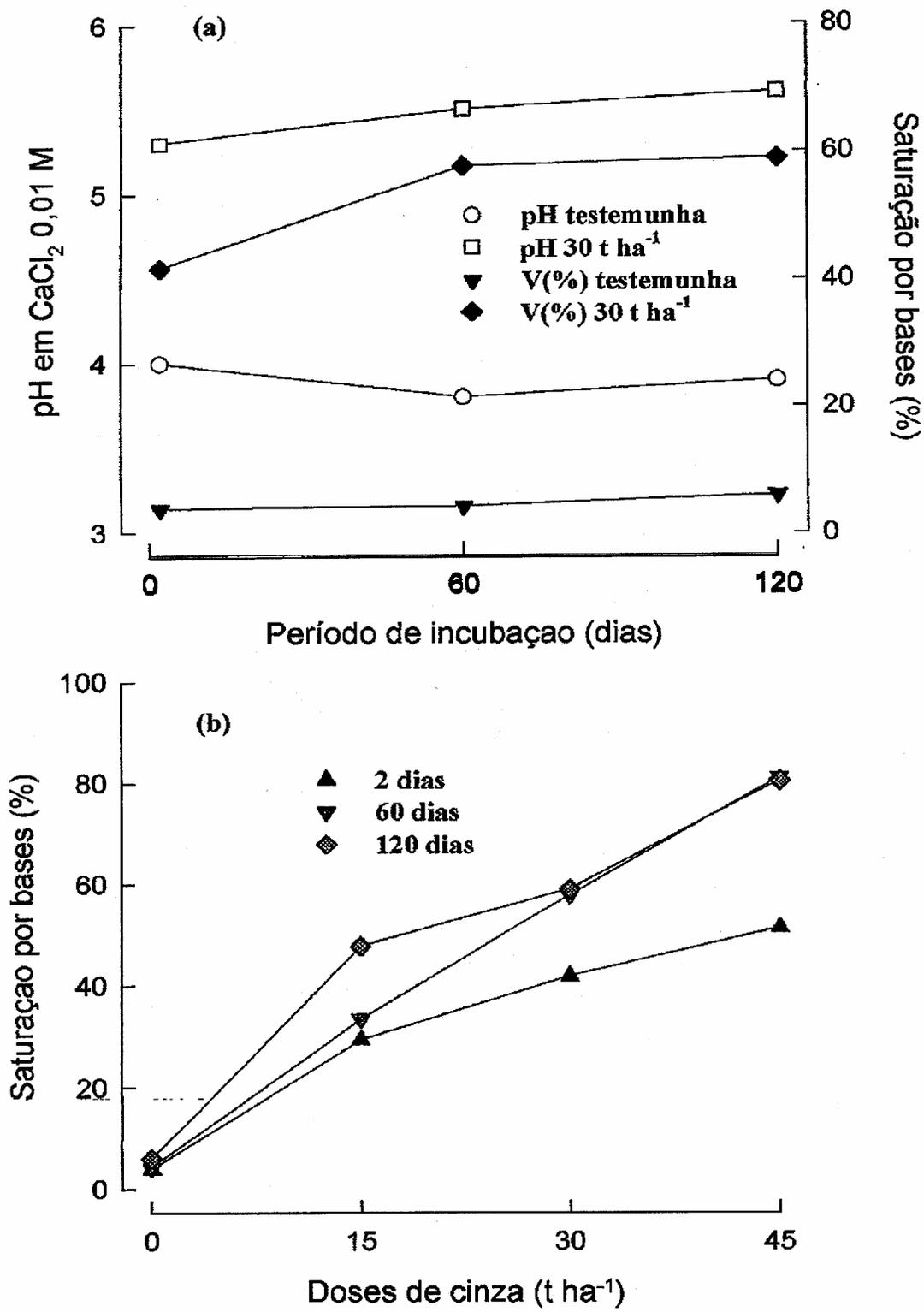


FIGURA 2. (a) Valores de pH e V (%) da testemunha e da dose 30 t ha⁻¹, após 2, 60 e 120 dias de incubação; (b) Valores de V (%) após 2, 60 e 120 dias de incubação, em função das doses de cinza.

Efeito da Cinza Sobre Alguns Atributos Químicos e Físicos do Solo em Condições de Laboratório

Os efeitos da cinza sobre as características físicas e químicas do solo e, conseqüentemente, sobre o aumento da produção de madeira, podem encontrar grande sustentação científica através da interpretação dos resultados obtidos nos experimentos conduzidos sob condições controladas de laboratório. No presente estudo, verificou-se isso através da interpretação dos efeitos da cinza sobre as características químicas das amostras de solo que foram incubadas no laboratório (FIGURAS 1 e 2).

As doses aplicadas de cinza, bem como os diferentes tempos de incubação utilizados, promoveram mudanças expressivas sobre o pH, os teores trocáveis de K, Ca, Mg, P e Al e a V% (FIGURAS 1 e 2). Só não foram encontradas variações com o tempo de incubação para os teores de Mg e matéria orgânica. Para a CTC observou-se que a aplicação de cinza, de modo geral, não teve nenhum efeito sobre a mesma. O índice de pH, para a maior dose aplicada de cinza, elevou-se de 4,00 para 5,70 e 6,30, com 2 e 120 dias de incubação, respectivamente. Nesse mesmo período, também para a maior dose aplicada de cinza, o teor de Ca elevou-se de 0,17 para 2,46 e 3,38 meq 100cm⁻³; o teor de Mg de 0,07 para 0,50 e 0,55 meq 100cm⁻³; o teor de Al decresceu de 1,40 para níveis equivalentes a 0,20 meq 100 cm⁻³ e a Saturação por Bases (V%) elevou-se de 4 para 51 e 80%, respectivamente. Este comportamento evidencia o grande efeito desse insumo como corretivo da acidez do solo. Com relação ao K e P, a aplicação de doses equivalentes a 45t ha⁻¹ de cinza chegou a elevar o K de 0,04 para 0,29 e 0,58 meq 100 cm⁻³ e o P de 5 para 17 e 34 µg cm⁻³, após 2 e 120 dias de incubação, respectivamente.

Pelo exposto, constata-se também que, com o passar do tempo de incubação, houve liberação para o complexo de troca iônica do solo de grandes quantidades de P, K e Ca. As fontes mais prováveis desses nutrientes devem estar ligadas às formas minerais prontamente solúveis contidas na cinza (MORO; GONÇALVES, 1995) e com menor contribuição pelos nutrientes provenientes da mineralização da matéria orgânica.

Tudo leva a crer, que um dos fatores importantes para os ganhos de produção dos tratamentos que receberam cinza, comparativamente ao que recebeu adubo, está relacionado com a pronta disponibilidade dos nutrientes nesse insumo. No fertilizante, a maior parte dos nutrientes encontra-se na forma solúvel e portanto, mais sujeitos às perdas por lixiviação.

Por outro lado, parte dos nutrientes presentes na cinza está na forma solúvel e parte é liberada com o passar do tempo, através da decomposição da matéria orgânica contida na cinza ou pela solubilização gradativa dos compostos químicos, o que torna os nutrientes menos sujeitos à lixiviação e favorece o melhor aproveitamento dos mesmos pelas árvores. Além disso, o método de aplicação daquele insumo deve ter contribuído de forma expressiva para os resultados obtidos. A aplicação localizada do adubo químico na cova de plantio, disponibiliza os nutrientes num pequeno volume de solo, tornando-os mais susceptíveis à lixiviação e promovendo um menor aproveitamento pelas árvores, tendo em vista o rápido crescimento radicular tanto lateralmente como em profundidade. STAPE (1990), observou que já aos cinco meses de idade, o sistema radicular de *E. grandis* podia estar distribuído numa área equivalente a três metros de diâmetro. Dessa forma, grande parte do volume radicular fica distante do local da aplicação do fertilizante, o que não ocorre com a cinza, que é aplicada a lanço e incorporada ao solo.

Nesta fase experimental ficou evidente o papel da cinza como agente melhorador das características químicas do solo e como fonte de nutrientes para as árvores, principalmente P, K, Ca e Mg. Essas afirmações são mais reforçadas, quando se considera a grande influência da cinza sobre a quantidade de nutrientes acumulados pelas árvores, o que será discutido a seguir.

Provavelmente, tendo por base o comportamento químico da cinza no solo, os efeitos positivos da cinza sobre o crescimento das árvores, também poderiam ser constatados para culturas agrícolas, principalmente para aquelas muito exigentes em nutrientes e que foram plantadas em solos de baixa fertilidade.

Efeito da Cinza Sobre a Quantidade de Nutrientes Acumulados Pelos Componentes das Árvores

De modo geral, as quantidades de macronutrientes encontradas nos componentes aéreos das árvores decrescem na seguinte ordem: lenho, casca, folhas e galhos, independentemente de tratamentos aplicados (TABELA 2). A aplicação de adubo ou cinza influenciou significativamente o conteúdo de macronutrientes nos diversos componentes das árvores (TABELAS 2 e 3). Numa análise global dessas tabelas, verifica-se que a aplicação de cinza, em relação à aplicação de adubo, proporcionou absorções bem maiores de K e Ca, principalmente. Essas constatações são particularmente evidentes quando se analisam os componentes casca, galho e lenho. Conjuntamente com as observações verificadas na composição química de amostras de solo incubadas sob condições de laboratório, em que aplicação de cinza teve grande efeito sobre as concentrações desses nutrientes, pode-se concluir que a grande resposta em crescimento devido à aplicação de cinza, muito superior àquela observada com a aplicação de adubo químico, se deve às maiores absorções de K e Ca, principalmente; nutrientes contidos em maior abundância na cinza. Estes nutrientes mostraram grande efeito sinérgico sobre a absorção de nutrientes contidos em pequena quantidade na cinza, por exemplo, o nitrogênio (TABELA 2). Naturalmente, este efeito resultou num melhor balanço nutricional das árvores, com grandes implicações sobre o crescimento das mesmas.

CONCLUSÕES

As análises de solo da camada 0-20 cm, realizadas 72 meses após a aplicação de cinza, mostraram que, não havia diferenças estatisticamente significantes entre tratamentos, com exceção do pH e P. Nesse período, dada a natureza permeável e abaixo CTC do solo, grande parte dos nutrientes foi lixiviada e, outra considerável parte foi absorvida pelas árvores, como foi detectado pelas análises de amostras vegetais. Com isso, os atributos do solo voltaram aos níveis equivalentes aos da testemunha.

A cinza promoveu grande elevação dos níveis de pH, dos elementos trocáveis K, Ca, Mg, do P extraível e a redução do AI trocável, em amostras de solo incubadas sob condições controladas de laboratório. Nesta fase experimental ficou evidente o papel da cinza como agente melhorador dos atributos químicos do solo, e conseqüentemente, como fonte de nutrientes para as árvores.

A aplicação de cinza influiu significativamente na concentração e no conteúdo de macronutrientes nos diversos componentes das árvores. As absorções de K e Ca foram muito maiores do que aquelas observadas na testemunha e no tratamento que recebeu

adubo. Atribuiu-se a esses nutrientes, a maior parte dos efeitos sobre a nutrição mineral do **Eucalyptus grandis**, responsáveis pelas grandes respostas obtidas em produtividade.

AGRADECIMENTOS

Ao Diretor de Recursos Naturais da Champion Papel e Celulose Ltda. , Manoel de Freitas, ao Eng^o Florestal Antonio Sérgio Diniz e à equipe de pesquisa florestal da Chamflora Agrícola Ltda. pelo incentivo, sugestões e apoio recebido para a conclusão deste trabalho. Ao Prof. Iraê Amaral Guerrini da UNESP - Botucatu e ao Eng^o Florestal Robinson Cannaval Jr. pelas numerosas sugestões na condução desta pesquisa e pelo auxílio prestado nas análises estatísticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, N.F.; PEREIRA, A.R.; BORBA, A.M. Liberação de nutrientes minerais mediante a queima de leiras. **Revista árvore**, Viçosa, 6(1): 84-9, jan./jun.1992.
- BUOL, S.W. Soil fertility capability classification: a technical soil classification for fertility management. In: BORNEMISZA, E. & ALVARO, A. **Soil management in tropical America**. Raleigh, NCSU, 1975. p.126-41.
- CAOIMA,A.Z; SILVA, L.F., LOBÃO, D.E.P Alterações edáficas provocadas por um sistema de agricultura itinerante em solos de tabuleiro do sul da Bahia. **Revista theobroma**, Ilhéus 12(4): 267-72, 1982.
- COLE, D.W. Nutrient cycling in world forest. In: IUFRO WORLO CONGRESS, 17., Kyoto, 1981. **Proceedings**. Ibaraki, IUFRO, 1981. v .1, p.139-60.
- DATALTO, G.G. **Alterações em características físicas e químicas de solos cultivados com pastagens em áreas de caatinga hipererófilas de Sebastião Laranjeira-BA**. Viçosa, 1982. 89p (Tese-Mestrado-UFV)
- EDEN, M.J., FURLEY, P.A.; McGREGOR, D.F.M.; MILLIKEN, W.; RATTER, J.A Effect of forest clearance and burning on soil properties in northern Roraima, Brasil. **Forest ecology and management**, Amsterdam, 38: 283-90, 1991.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979.
- HERNANI, L.C. **Métodos de limpeza de terreno sob floresta e a dinâmica de atributos físicos e químicos de um latossolo amarelo do vale do Rio Ribeira de Iguape - SP**. Piracicaba, 1986. 242p. (Tese -Doutorado-ESALQ).
- LOKEN, H.; KEMPERB.; GRONEBERG, F.; LENTHE, H.R. Investigations on the development potential of oxisols of the Chapada Grande, Piauí, Brasil. **Geologisches jahrbuch**, Hannover (F15): 1-54, 1986.

- MORO, L.; GONÇALVES, J.L. de M. Efeitos da "cinza" de biomassa florestal sobre a produtividade de povoamentos puros de **Eucalyptus grandis** e avaliação financeira. **IPEF**, Piracicaba (48/49): 18-27, 1995.
- NAYLOR, L.M.; SCHMIDT, E. Paper mill wood ash as a fertilizer and liming material: field trials. **Tappi journal**, Atlanta, 72(6): 199-206, 1989.
- NYE, P.H.; GREENLAND, D.J. Changes in the soil after clearing a tropical forest. **Plant & soil**, The Hague, 21: 101-12, 1964.
- PEREIRA, A.R.; BARROS, N.F.; FLORES, A.C. Uso da moínha de carvão vegetal como fonte de nutrientes em povoamentos de eucaliptos. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., Belo Horizonte, 1982. **Anais**. Belo Horizonte, SBS, 1982. p. 416-7.
- PRITCHET, W.L. **Properties and management of forest soils**. New York, John Wiley, 1979. 500p.
- RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópico: características y manejo**. San José, IICA, 1981. 660p.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análise química em plantas**. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SILVA, L.F. Alterações edáficas em "solos de tabuleiro" ("Haplorthoxs") por influência do desmatamento, queima e sistemas de manejo. **Revista theobroma**, Ilhéus, 11(1): 5-19, 1981.
- STAPE, J.L. Definição do período e localização de cobertura de **Eucalyptus grandis** em funções da dinâmica de crescimento radicular. **Circular técnica. IPEF**, Piracicaba (174): 1-6, 1990.
- STAPE, J.L.; BALLONI, E.A. O uso de resíduos da indústria de celulose como insumos de produção florestal. **IPEF**, Piracicaba (40): 33- 7, 1988.
- TOMKINS, I.B.; KELLAS, J.D.; TOLHURST, K.G.; OSWIN, D.A. Effects of fire intensity on soil chemistry in a eucalypt forest. **Australian journal of soil research**, Melbourne, 29: 25-47, 1991.
- VALENZUELA, J.L. Efectos de las quemas sobre el suelo. **Agronomía y veterinária**, Buenos Aires, 10: 19-29, 1960.

VETTORI, L.; PIERANTONI, H. **Análise granulométrica**: método para determinar a fração da argila. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1968. 8p. (Boletim Técnico, 3).

Trabalho recebido = 08/09/1994

Trabalho aceito = 19/12/1994