

Atributos de solo afetados pela aplicação de cinza calcítica® e fosfato natural em ecossistema associado caíva

Ana Lúcia Hanisch¹, Alvadi Antonio Balbinot Junior,² Milton da Veiga³ e José Alfredo da Fonseca⁴

Resumo – Caívas são áreas de remanescentes florestais cujo estrato herbáceo é formado por espécies forrageiras, pastejadas extensivamente, formando um sistema silvipastoril. Em geral, apresentam solo com alta acidez e teores baixos de fósforo, o que limita a produção de pastagem. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação superficial combinada ou não com cinza calcítica® e fosfato natural sobre atributos químicos e físicos do solo. Foi utilizado delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições, sendo testadas quatro doses de cinza calcítica (0, 3, 6 e 9t.ha⁻¹) e duas doses de fosfato natural de Gafsa (0 e 600kg.ha⁻¹). A cinza calcítica® corrigiu o pH na camada de até 5cm, aumentou os teores de Ca e Mg trocáveis e reduziu os teores de Al trocável até 10cm de profundidade. A aplicação superficial de fosfato de Gafsa promoveu aumento do teor de P extraível apenas na camada de até 5cm. Os atributos físicos do solo relacionados à compactação não foram influenciados pela aplicação dos produtos. A fitomassa do pasto aumentou com a aplicação de cinza e de fosfato, mas não pela interação.

Termos para indexação: acidez do solo, adubação fosfatada, silvipastoril.

Soil attributes affected by calcite ash and natural phosphate in associated ecosystem of caiva

Abstract: The “caivas” systems are forest remnants which consists of herbaceous forage species grazed extensively, forming a silvopastoral system. In general, the caivas soil present high acidity and low levels of phosphorus, which restricts the production of forage. The objective of this research was to evaluate the effect of combined superficial application of calcite ash and Gafsa phosphate on soil chemical and physical characteristics. Was used the randomized block design with three replications, with treatments in a factorial with four doses of calcite ash (0, 3, 6 and 9t ha⁻¹) and two doses of Gafsa phosphate (0 and 600kg ha⁻¹). The calcite ash increased soil pH in the 0-5cm layer and the levels of Ca and Mg and decreased the levels of Al into 10cm layer. Surface application of Gafsa phosphate increased levels of extractable P in the 0-5cm layer. The soil physical properties related to compaction were not influenced by the application of calcite ash and natural phosphate. The dry weight of pasture increased with the application of calcite ash and natural phosphate, but was not affected by the interaction between them.

Index terms: soil acidity, phosphate fertilizer, silvopastoral

Introdução

No Sul do Brasil, especialmente nas regiões do Planalto Norte Catarinense e Centro-Sul Paranaense, ainda é comum a existência de áreas com remanescentes florestais utilizados para a extração de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). Parte desses remanescentes possui estrato herbáceo formado por espécies forrageiras, nativas ou naturalizadas, que são pastejadas extensivamente, formando um sistema silvipastoril natural, conhecido regionalmente como

“caívas” (Hanisch et al., 2010).

De forma geral, os solos das caívas possuem alta acidez e teores baixos ou muito baixos de fósforo e apresentam compactação superficial do solo em decorrência do pisoteio contínuo, conferindo baixa produtividade das espécies forrageiras adaptadas a esse ambiente, as quais apresentam produção de massa seca em torno de 2.000kg.ha⁻¹.ano⁻¹ (Hanisch et al., 2009). Em função disso, é necessário identificar técnicas de manejo e uso sustentável que possam melhorar a produtividade

animal nessas áreas. Duas técnicas que podem trazer benefícios significativos são a melhoria da fertilidade do solo, por meio da correção da acidez e dos teores de alguns nutrientes limitantes, como o fósforo, e a introdução de pastagens anuais de inverno por meio da técnica de sobressemeadura. No entanto, é importante considerar que a aplicação de corretivos e fertilizantes nessas áreas deve ser realizada com o mínimo revolvimento do solo, uma vez que a mobilização do solo pode prejudicar a regeneração natural de espécies arbóreas, e a presença de árvores

Recebido em 11/7/2013. Aceito para publicação em 19/12/2013.

¹ Engenheira-agrônoma, M.Sc., Epagri/Estação Experimental de Canoinhas, C.P. 216, 89460-000 Canoinhas, SC, fone: (47) 3624-1144, e-mail: analucia@epagri.sc.gov.br.

² Engenheiro-agrônomo, Dr., Embrapa/Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR, balbinot@cnpso.embrapa.br.

³ Engenheiro-agrônomo, Dr. Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, C.P. 116, 89620-000 Campos Novos, e-mail: milveiga@epagri.sc.gov.br.

⁴ Engenheiro-agrônomo, M.Sc. Epagri/Estação Experimental de Canoinhas, e-mail: fonseca@epagri.sc.gov.br.

dificulta e encarece o revolvimento mecânico. Além disso, a maioria das espécies arbóreas, incluindo os ervais nativos, está estabelecida e adaptada a solos ácidos, com teores altos de alumínio trocável e baixos de fósforo disponível (Pandolfo et al., 2003).

Um produto abundante e de baixo custo presente na região do Planalto Norte Catarinense é a cinza calcítica®, um produto registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, como corretivo de acidez, com 47% de óxido de cálcio, com poder de corrigir a acidez excessiva do solo, composto predominantemente por *dregs*, um dos resíduos da indústria de celulose (Fonseca et al., 2012). Com relação ao fósforo, uma alternativa para as áreas de caíva pode ser a aplicação de fosfatos naturais, como o de Gafsa, que apresentam uma taxa de solubilização mais alta em solos ácidos (Soares et al., 2000). Na literatura não há dados sobre o impacto da aplicação de corretivos e fertilizantes fosfatados sobre os atributos químicos e físicos do solo em áreas de caíva.

A hipótese desta pesquisa é de que a aplicação superficial de cinza calcítica® e fosfato de Gafsa em áreas de caíva melhora significativamente a fertilidade do solo, mas não altera atributos relacionados a sua compactação. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação superficial combinada desses dois produtos sobre atributos químicos e físicos do solo e sobre a produção da pastagem.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em Canoinhas, SC, (26°13'22" S, 50°22'01" W, e 786m de altitude), em uma caíva representativa da região, com predominância de erva-mate no componente arbóreo. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Cfb, com temperatura média anual de 17,6°C e precipitação anual em torno de 1.500mm. O solo foi identificado como Latossolo Vermelho Distrófico, que apresentava, na ocasião da implantação do experimento, as seguintes características na camada superficial de até 5cm: 450g.kg⁻¹ de

argila; 4,2 de pH em água; 3,2mg.L⁻¹ de P extraível (Melich); 54mg.L⁻¹ de K trocável; 4% de matéria orgânica (MO); 5,1cmol_c.L⁻¹ de Al trocável; 0,5cmol_c.L⁻¹ de Ca trocável; 0,4cmol_c.L⁻¹ de Mg trocável e 4,3% de saturação de bases.

Foi utilizado delineamento experimental de blocos completos casualizados com três repetições, em parcelas com área total de 160m². Os tratamentos constituíram um fatorial 4 x 2, com quatro doses de cinza calcítica® proveniente de indústria de celulose da região (0, 3, 6 e 9t.ha⁻¹) e duas doses de fosfato natural de Gafsa com 28% de P₂O₅ total (0 e 600kg.ha⁻¹). A composição da cinza calcítica® encontra-se na Tabela 1. Os insumos foram aplicados manualmente a lanço, sem incorporação. O fosfato natural foi aplicado em fevereiro e a cinza calcítica® em março de 2010. Em cada bloco foi mantida uma parcela sem aplicação dos produtos, sem sobressemeadura e sem pastejo.

No mês de abril foram semeados a lanço o azevém e a ervilhaca, que receberam 50kg.ha⁻¹ de N na forma de ureia. O pastejo ocorreu sempre que a pastagem atingia altura média de 20cm. Antes da entrada dos animais, a pastagem foi cortada rente ao solo em três amostras de 1m² por parcela, que foram secas em estufa com ventilação forçada a 65°C, por 72 horas, para

determinar a produção de fitomassa seca.

Dois anos após a aplicação dos produtos foram coletadas amostras de solo nas camadas de até 5 e de 5 a 10cm de profundidade, que foram encaminhadas para análise dos teores de pH em água, P, Ca, Mg e Al trocável (Tedesco et al., 1995). Na mesma ocasião, foi realizada a coleta de amostras indeformadas de solo em dois pontos por parcela, nas camadas de até 5, 5 a 10 e 12 a 17cm de profundidade para determinação de densidade, resistência à penetração, macro-, micro- e total porosidade). Na camada de até 5cm foram avaliadas, também, condutividade hidráulica saturada e atributos relacionados com a agregação e a estabilidade dos agregados do solo (Veiga, 2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F (p < 0,05). Quando constatadas diferenças entre os tratamentos, foi realizada análise de regressão para as doses, utilizando-se os modelos que melhor se ajustaram aos dados e ao fenômeno investigado, e teste de comparação de médias para a aplicação de fosfato. Para os atributos físicos do solo, consideraram-se como fatores experimentais as doses de cinza calcítica®, as doses de fosfato e as camadas de solo. ▶

Tabela 1. Atributos químicos e físicos da cinza calcítica® utilizada no experimento

Atributos	Unidade	Valor
Umidade a 105°C	%	28
pH em água	-	12,1
Análise granulométrica	%	-
Fração > 2mm	-	4,3
Fração 2 a 0,84mm	-	3,2
Fração 0,84 a 0,3mm	-	7,2
Fração < 0,3mm	-	85,3
Eficiência relativa (ER)	%	90,2
Valor de neutralização (VN)	%	98,6
PRNT	%	89,0
CaO total ⁽¹⁾	%	49,8
MgO total ⁽¹⁾	%	0,36
K ₂ O total ⁽¹⁾	%	0,04
P ₂ O ₅ total ⁽¹⁾	%	0,34

⁽¹⁾ Metodologia: Digestão úmida nítrico-perclórica/ICP-OES/0,01%.

Resultados e discussão

O aumento das doses de cinza calcítica® proporcionou incremento linear no pH do solo na camada de até 5cm de profundidade, mas não afetou o pH na camada de 5 a 10cm (Figura 1). Houve aumento dos teores de Ca e Mg trocáveis e, na saturação da CTC por bases, redução linear do Al trocável com a aplicação da cinza calcítica® nas duas camadas avaliadas (Figuras 2 e 3). Por outro lado, esses atributos não foram influenciados pela aplicação de fosfato natural de Gafsa e não houve interação entre doses de cinza e de fosfato.

A elevação do pH do solo na camada mais superficial, de 4,1 para 5,6, confirma a alta reatividade e a rápida ação na neutralização da acidez do solo da cinza calcítica® mesmo com a aplicação superficial, sem incorporação. Medeiros et al. (2009) também verificaram incremento no pH do solo na camada de até 5cm com a aplicação de *dregs* em superfície, mas, ao contrário deste trabalho, para aqueles autores o pH aumentou até a camada de 15cm de profundidade. A ausência de efeito sobre o pH na camada de 5 a 10cm, mesmo com o aumento dos teores de Ca e Mg e da saturação de bases observados nessa camada, pode estar relacionada aos teores iniciais extremamente baixos desses nutrientes. Mesmo nas doses mais altas de cinza calcítica®, a saturação de bases não foi superior a 9%, e os teores de Al se mantiveram acima de $6,5\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ na camada subsuperficial.

Foi observado efeito quadrático no aumento do Ca na camada superficial, que passou de 2 para $12\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Na camada de 5 a 10cm o efeito foi linear e menos pronunciado que na camada superficial. O aumento dos teores de Ca em diferentes profundidades no solo tem sido observado por diversos autores que trabalham com resíduos da indústria de celulose (Albuquerque et al., 2002; Medeiros et al., 2009; Fonseca et al., 2012) e está de acordo com os altos teores de óxidos de Ca presentes nesses

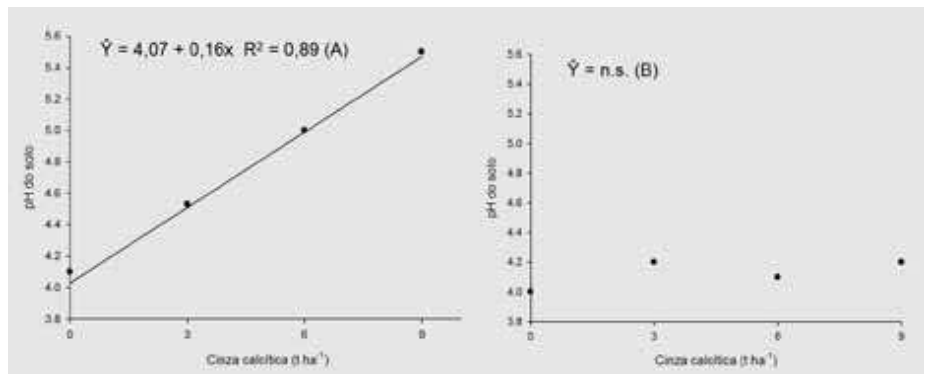


Figura 1. Valores estimados de pH em água do solo na camada de (A) até 5cm e (B) 5 a 10cm de profundidade em área de caíva, em resposta à aplicação de cinza calcítica®. Médias com e sem aplicação de fosfato natural de Gafsa

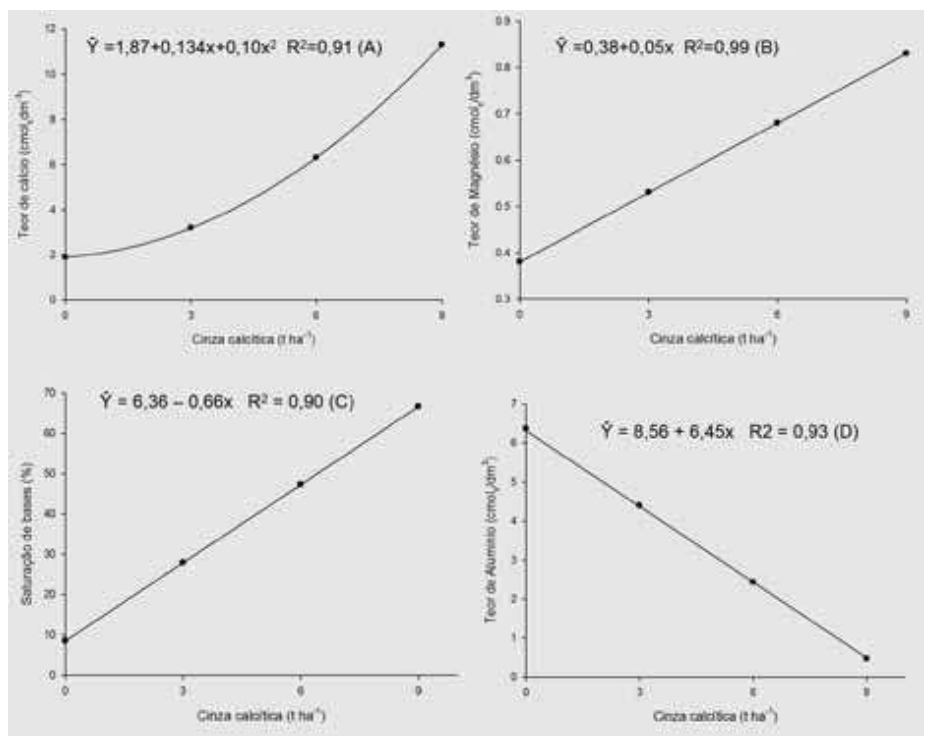


Figura 2. Valores estimados de (A) cálcio, (B) magnésio e (D) alumínio trocáveis e (C) saturação de bases do solo na camada de até 5cm em área de caíva, em resposta à aplicação de cinza calcítica®. Médias com e sem aplicação de fosfato natural de Gafsa

resíduos. De acordo com Medeiros et al. (2009), seu deslocamento para as camadas subsuperficiais pode estar relacionado com a movimentação física de partículas finas do corretivo bem como com a formação de pares iônicos com ânions que carregam esse elemento no perfil (Kaminski et al., 2005). Houve também aumento linear de Mg nas duas camadas, com aumento pouco expressivo na camada de 5 a 10cm, passando de 0,22 para $0,44\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. O efeito mais expressivo na camada superficial pode ser justificado

pela aplicação de doses relativamente altas do resíduo, com acúmulo desse elemento nessa camada.

A aplicação da cinza calcítica® em superfície demonstrou ser uma estratégia eficaz de melhoria das características químicas do solo na camada superficial, de forma semelhante à aplicação de calcário na mesma condição. Caires et al. (2006), avaliando efeitos da aplicação superficial de calcário dolomítico em plantio direto, observaram que o calcário aplicado em superfície aumentou o pH do solo, os

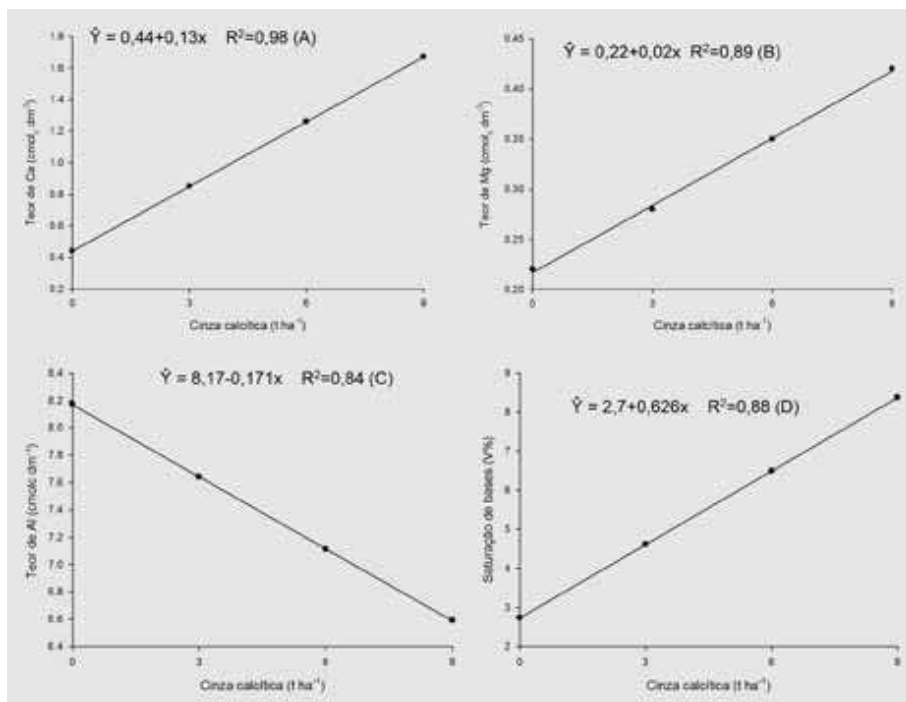


Figura 3. Valores estimados de (A) cálcio, (B) magnésio e (C) alumínio trocáveis e (D) saturação de bases do solo na camada de 5 a 10cm em área de caíva, em resposta à aplicação de cinza calcítica®. Médias com e sem aplicação de fosfato natural de Gafsa

valores de Ca e Mg e reduziu o Al do solo até a profundidade de 10cm. Para esses autores, o corretivo aplicado em superfície cria uma frente de correção do solo, a qual é proporcional à dose aplicada e ao tempo de aplicação. Essa hipótese pode justificar o efeito relativamente baixo da ação da cinza

calcítica® na camada de 5 a 10cm 24 meses após a aplicação dos tratamentos. É provável que dentro de um período maior possam ser observados efeitos mais consistentes de melhoria das características químicas na camada mais profunda.

Não foi verificado efeito da cinza

calcítica® ou da interação da cinza com o fosfato de Gafsa para os teores de P em nenhuma das duas profundidades avaliadas (Tabela 2). Houve apenas aumento do teor de P na camada de até 5cm com a aplicação do fosfato natural, que passou de 4,1 para 14mg.dm⁻³ nessa camada, o que era esperado considerando-se o baixo teor inicial desse nutriente no solo e a aplicação de 600kg.ha⁻¹ do produto. No entanto, o valor observado pode estar superestimado em função do método de avaliação (Mehlich 1), que, por ser um extrator ácido, tende a extrair o fósforo ainda não solubilizado (Santos & Kliemann, 2005).

Os tratamentos não afetaram a condutividade hidráulica saturada e nenhum dos atributos relacionados com a agregação e estabilidade dos agregados do solo na camada superficial, e em todos os tratamentos foram observados valores adequados ao desenvolvimento do sistema radicular de várias espécies cultivadas (Tabela 3). Nos atributos físicos de solo relativos à densidade e resistência à penetração, avaliados em três camadas, também não foram observadas diferenças entre os tratamentos nem interações entre tratamentos e camadas amostradas, mas houve diferenças entre as camadas (Tabela 4). Essas diferenças, no entanto, não indicaram problemas de compactação do solo, uma vez que a resistência do solo à penetração foi inferior a 2,0 MPa em todos os tratamentos, situando-se abaixo da resistência crítica à penetração para o adequado crescimento de raízes, como observado por Neiro et al. (2003).

A produção de fitomassa seca de pastagem foi afetada pela interação entre as doses de cinza calcítica® e fosfato de Gafsa (Figura 4). Na ausência de fosfato, a cinza calcítica® promoveu aumento linear na produção da pastagem, de acordo com o aumento das doses. Por outro lado, o fosfato natural de Gafsa só contribuiu para o aumento da pastagem na ausência da aplicação de cinza calcítica®. Macedo ▶

Tabela 2. Teores de fósforo extraível no solo nas camadas de até 5cm e de 5 a 10cm em área de caíva, em resposta à aplicação de cinza calcítica® com e sem a aplicação de fosfato natural

Camada do solo	Até 5cm	5 a 10 cm
Cinza calcítica® (t.ha ⁻¹)	P (mg.dm ⁻³)	
0	7,2 ^{ns}	3,6 ^{ns}
3	7,7	2,5
6	9,6	3,3
9	13,0	2,9
Fosfato natural de Gafsa (kg.ha ⁻¹)		
0	4,7 b	3,0 a
600	14,1 a	3,3 a
C.V. %	46,51	39,57

C.V. = coeficiente de variação.
ns = não significativo.

Tabela 3. Atributos físicos do solo na camada de até 5cm em área de caíva, em resposta à aplicação de cinza calcítica® e de fosfato natural de Gafsa

Tratamento		Atributos físicos			
		CHS	DMA _{sa}	DMA _{ea}	IEA
CC	FN	cm.h ⁻¹ mm		
0	0	24,6 ^{ns}	2,68 ^{ns}	2,62 ^{ns}	0,97 ^{ns}
0	600	4,3	3,11	3,07	0,99
3	0	11,7	2,92	2,70	0,92
3	600	32,3	2,76	2,69	0,97
6	0	7,5	3,12	2,94	0,95
6	600	5,5	2,93	2,82	0,96
9	0	3,1	3,12	2,91	0,93
9	600	47,4	2,92	2,95	1,02
Sem pastejo		34,4	3,31	3,06	0,92
CV%		138	11	11	7

Nota: CC = doses de cinza calcítica® (t.ha⁻¹); FN = doses de fosfato natural (kg.ha⁻¹); CHS = condutividade hidráulica saturada; DMA_{sa} = diâmetro médio de agregados; DMA_{ea} = diâmetro médio de agregados estáveis em água; IEA = índice de estabilidade de agregados; ns = diferenças não significativas a 5% de probabilidade do erro.

Tabela 4. Atributos físicos do solo em área de caíva em resposta à aplicação de cinza calcítica® (CC) e de fosfato natural de Gafsa (FN). Média das camadas até 5, 5 a 10 e 12 a 17cm

Tratamento		Atributos físicos				
		DS	RP	PT	Mac	Mes+Mic
CC	FN	Mg.m ⁻³	MPa m ³ m ⁻³		
0	0	0,839 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,635 ^{ns}	0,162 ^{ns}	0,473 ^{ns}
0	600	0,873	1,20	0,646	0,118	0,528
3	0	0,942	1,42	0,623	0,136	0,488
3	600	0,841	1,25	0,633	0,169	0,464
6	0	0,888	1,12	0,645	0,118	0,527
6	600	0,943	1,50	0,641	0,114	0,527
9	0	0,894	1,35	0,636	0,131	0,505
9	600	0,916	1,24	0,617	0,127	0,491
Sem pastejo		0,936	1,14	0,611	0,131	0,480
CV%		12,8	22,4	7,0	27,1	8,7
Camadas						
Até 5cm		0,850 ^c	1,34 ^a	0,675 ^a	0,127 ^a	0,548 ^a
5 a 10cm		0,948 ^a	1,27 ^{ab}	0,608 ^b	0,129 ^a	0,479 ^b
12 a 17cm		0,893 ^b	1,19 ^b	0,612 ^b	0,145 ^a	0,467 ^b
CV%		6,9	12,9	4,6	19,7	5,2

DS = densidade do solo; RP = resistência à penetração; PT = porosidade total; Mac = macroporos do solo; mes+mic = somatória de meso- e microporos do solo.

et al. (1985) obtiveram resultados semelhantes avaliando o efeito de calcário e de fontes de P aplicados a lanço na superfície de campo natural de solo ácido sobre o rendimento de massa seca de azevém e trevo-branco. Eles verificaram que os fosfatos naturais foram tão eficientes quanto o fosfato solúvel apenas nas áreas onde não foi aplicado calcário. De acordo com esses autores, tais resultados permitem inferir que os fosfatos naturais reativos são fontes adequadas de P em solos ácidos com baixa fertilidade natural, quando o efeito deletério da acidez do solo é compensado pela aplicação de P. Esse resultado também pode estar relacionado à forma de aplicação dos insumos, uma vez que Soares et al. (2000), avaliando efeito do fosfato natural de Gafsa na recuperação de pastagens, observaram que a incorporação ao solo com grade foi essencial para aumentar a eficiência desse produto.

Conclusões

A aplicação superficial de cinza calcítica® aumenta os teores de Ca e Mg trocáveis e reduz o Al até 10cm de profundidade do solo e aumenta o pH na camada de até 5cm até dois anos após sua aplicação.

A aplicação superficial de fosfato natural contribui para o aumento do teor de P apenas na camada de até 5cm dois anos após sua aplicação.

Os atributos físicos do solo não são afetados pela aplicação superficial da cinza calcítica® com ou sem o fosfato de Gafsa em área de caíva, com pastejo rotacionado.

A produção da pastagem aumentou com a aplicação de fosfato natural de Gafsa e com a aplicação de cinza calcítica®, mas não foi observada interação positiva entre os dois insumos sobre a pastagem.

Agradecimentos

Os autores agradem à família de

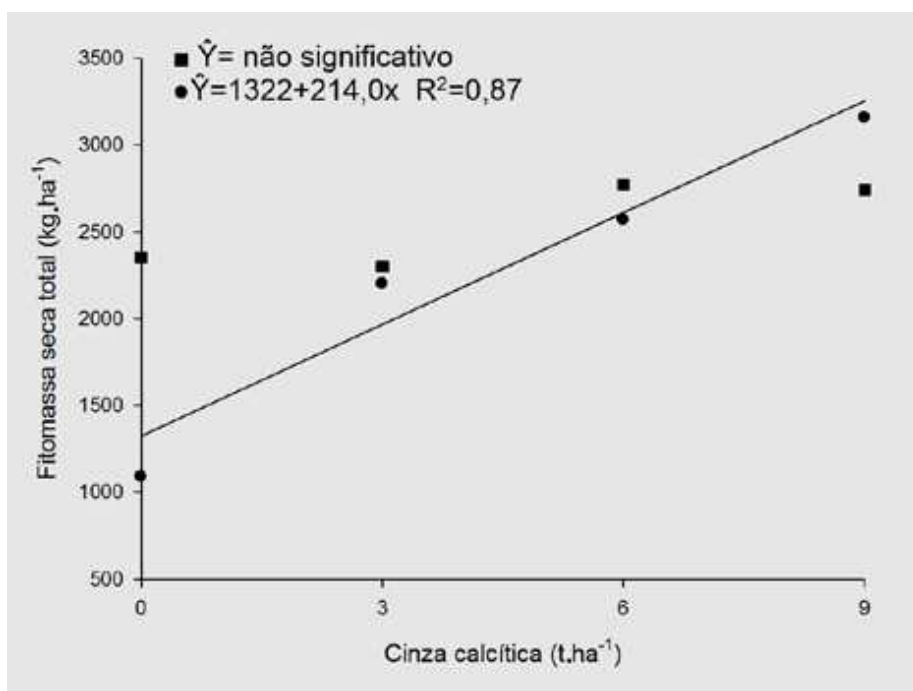


Figura 4. Produção de fitomassa seca da pastagem (kg.ha⁻¹) durante o período de outubro de 2011 a abril de 2012, após aplicação de cinza calcítica® em área de caíva (■) com e (●) sem a aplicação de fosfato natural de Gafsa

Miguel e Raquel Gurdzinski pela efetiva participação na pesquisa e à Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (Fapesc) pelo apoio financeiro para seu desenvolvimento.

Referências

- ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTON, J.; FONTANA, E.C. et al. Propriedades físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p. 1065-1073, 2002.
- CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, L.R.F. et al. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.1, p.87-98, 2006.
- FONSECA, J.A.; HANISCH, A.L.; BACCKES, R. Evolução de características químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico típico até o quinto ano após aplicação de resíduos da indústria de celulose. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.25, n.3, p. 73-79, 2012.
- HANISCH, A.L.; MARQUES, A.C.; BONA, L.C. Resposta de pastagens nativas à adubação com insumos agroecológicos em áreas de caíva no Planalto Norte Catarinense. **Revista de Estudos do Vale Iguaçu**, União da Vitória, v. 14, p. 139-148, 2009.
- HANISCH, A.L.; VOGT, G.A.; MARQUES, A.C. et al. Estrutura e composição florística de cinco áreas de caíva no Planalto Norte de Santa Catarina. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Curitiba, v.30, p.303-310, 2010.
- KAMINSKI, J. et al. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.4, p. 573-580, 2005.
- MACEDO, W. Efeito de fontes e níveis de fósforo e cálcio na adubação de forrageiras em solos do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.6, p.643-657, jun. 1985.
- MEDEIROS, João Carlos et al. Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p. 1657-1665, 2009.
- NEIRO, E.S.; MATA, J.D.V.; TORMENA, A.C.A.G. et al. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distroférrico, com rotação e sucessão de culturas, sob plantio direto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.25, n.1, p.19-25, 2003.
- PANDOLFO, C.M.; FLOSS, P.A.; DA CROCE, D. et al. Resposta da erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. hil.) à adubação mineral e orgânica em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico. **Ciência Floresta**, Santa Maria, v.13, n.2, p.37-45, 2003.
- SANTOS, E.A.; KLIEMANN, H.J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.3, p.139-146, 2005.
- SOARES, W.V.; LOBATO, E.; SOUZA, D.M.G. et al. Avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p.819-825, 2000.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- VEIGA, M. **Metodologia para coleta de amostras e análises físicas do solo**. Florianópolis: Epagri, 2011. 52p. (Epagri. Boletim Técnico, 156).■