

Efeito de Culturas de Cobertura no pH e Teores de Cálcio e Magnésio do Solo sob Plantio Direto Cultivado com Feijoeiro

PEDRO MARQUES DA SILVEIRA⁽¹⁾, LUÍS FERNANDO STONE⁽²⁾, PAULO CESAR RIBEIRO DA CUNHA⁽³⁾ & GLENIO GUIMARÃES DOS SANTOS⁽⁴⁾

RESUMO - O sucesso do sistema plantio direto está na escolha das culturas de cobertura mais adequadas a cada região e sistema de rotação, as quais devem ser capazes de manter ou elevar a fertilidade do solo e melhorar a produtividade das culturas comerciais. Este trabalho objetivou avaliar os efeitos de culturas de cobertura implantadas anualmente no verão, desde 2001, em sistema plantio direto, sobre o pH e os teores de Ca e Mg do solo e, adicionalmente, verificar se elas afetam esses atributos após a aplicação de calcário na superfície do solo. O experimento foi conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO, em Latossolo Vermelho distrófico. Utilizaram-se braquiária, milho consorciado com braquiária, guandu, milheto, capim mombaça, sorgo, estilosantes e crotalária. Sessenta dias após o corte das coberturas implantou-se a cultura do feijoeiro, sob irrigação por aspersão sistema pivô central. Em novembro de 2001, 2005 e 2006 coletaram-se amostras de solo nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Logo após a coleta de 2005, aplicaram-se em toda área experimental 4 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Após quatro anos de cultivo, as culturas de cobertura afetaram o pH e o teor de magnésio do solo na camada superficial, sendo os menores valores desses atributos verificados nas coberturas com menor rendimento de matéria seca. Houve movimentação de Ca e Mg no perfil do solo após um ano da aplicação do calcário na superfície, não havendo diferenças entre as coberturas.

Palavras-Chave: (gramíneas; leguminosas; calagem)

Introdução

Na região do cerrado, a partir do final da década de 80, houve expressivo interesse por parte dos agricultores para a adoção de sistemas de manejo do solo que apresentavam menor custo e mitigavam o processo erosivo. A adoção de sistemas conservacionistas, como o plantio direto, tem se apresentado como alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo, principalmente dos latossolos. O sucesso do sistema está no fato da palhada acumulada pelas culturas de cobertura e restos culturais de lavouras comerciais proporcionar um ambiente favorável à recuperação ou à manutenção da qualidade do solo [1, 2]. O não-

revolvimento do solo, aliado à adição de C orgânico por meio do cultivo de adubos verdes, e a manutenção dos resíduos em superfície favorecem a decomposição lenta e gradual desses resíduos, que contêm macro e micronutrientes em formas orgânicas lábeis, que se podem tornar disponíveis para a cultura subsequente, mediante a mineralização [3].

Segundo Anghinoni & Nicolodi [4], os efeitos proporcionados pelos compostos orgânicos dos resíduos vegetais de plantas de cobertura sobre a química do solo são transientes. No entanto, podem mitigar os efeitos acidificantes causados por grupos carboxílicos e fenólicos gerados durante a decomposição de resíduos vegetais, pela reação dos adubos nitrogenados amídicos e amoniacais (processo de nitrificação) e pela exportação de bases pelas colheitas. A adição de resíduos vegetais pode promover, antes da humificação, a elevação do pH, por promover a complexação de H e Al com compostos do resíduo vegetal, deixando Ca, Mg e K mais livres em solução, o que pode ocasionar aumento na saturação da CTC por esses cátions de reação básica. Esses compostos também aumentam a mobilidade no perfil do solo dos produtos originados da dissolução do calcário aplicado em superfície [5].

É fundamental a utilização de espécies produtoras de palhada que mobilizem os nutrientes na camada agricultável, retendo-os na sua fitomassa e devolvendo-os ao solo durante a decomposição. No entanto, há necessidade de se verificar a real contribuição dessas espécies com a finalidade de manter ou elevar a fertilidade do solo em áreas sob plantio direto e melhorar a produtividade das culturas comerciais. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar, após quatro anos, as alterações no pH e nos teores de cálcio e magnésio do solo cultivado com diferentes culturas de cobertura e, adicionalmente, verificar se elas afetam esses atributos após a aplicação de calcário na superfície do solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO, em Latossolo Vermelho distrófico, com 440 g ha⁻¹ de areia, 140 g ha⁻¹ de silte e 420 g ha⁻¹ de argila.

Usou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram das culturas de cobertura: braquiária em cultivo solteiro (*Brachiaria brizantha* cv.

⁽¹⁾Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão. Rodovia GO 462, km 12, Caixa Postal 179, Santo Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000. E-mail: pmarques@cnpaf.embrapa.br

⁽²⁾Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão. Rodovia GO 462, km 12, Caixa Postal 179, Santo Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000.

⁽³⁾Mestrando em Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Caixa Postal 131, Goiânia, GO, CEP 74001-970.

⁽⁴⁾Doutorando em Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Caixa Postal 131, Goiânia, GO, CEP 74001-970.

Marandu); milho (*Zea mays* L.) - híbrido HT BRS 3150 consorciado com braquiária; guandu anão (*Cajanus cajan* L. Millsp); milheto (*Pennisetum glaucum* L. R. Br.) - cv. BN-2; capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça); sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) - cv. BR 304; estilosantes (*Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão) e crotalária (*Crotalaria juncea* L.).

O estudo iniciou-se com o plantio direto, em novembro de 2001, das coberturas, que foram adubadas com 400 kg ha⁻¹ da fórmula 5-30-5 (N-P₂O₅-K₂O). Esse procedimento foi repetido anualmente até novembro de 2006. As parcelas tinham 10 m de largura por 20 m de comprimento. Os consumos de sementes no plantio foram de: braquiária, mombaça e milho - 20 kg ha⁻¹; guandu - 25 kg ha⁻¹; milheto e crotalária - 40 kg ha⁻¹; sorgo - 10 kg ha⁻¹ e estilosantes - 1,4 kg ha⁻¹. O estilosantes, devido ao seu pouco crescimento, e o milho consorciado com braquiária receberam adubação nitrogenada em cobertura de 30 kg ha⁻¹, utilizando-se o sulfato de amônio.

Todas as culturas de cobertura foram cortadas no mesmo dia, no mês de abril de cada ano, utilizando-se um triturador de palhada e deixadas na superfície do solo. Antes do corte foram colhidos os grãos de milho e sorgo, o mesmo não acontecendo com as outras culturas. Os rendimentos médios anuais de massa de matéria seca da parte aérea das coberturas foram 11,0; 4,3; 3,6; 6,6; 8,2; 4,6; 2,6 e 6,9 t, respectivamente para braquiária, milho consorciado com braquiária, guandu, milheto, mombaça, sorgo, estilosantes e crotalária.

Sessenta dias após o corte das culturas, em todos os anos, foi realizada semeadura do feijão, conduzido de junho a setembro, sob irrigação por aspersão. Antes da semeadura aplicou-se em toda a área o herbicida glifosate na dose de 2,4 kg i.a. ha⁻¹. A adubação de base do feijoeiro foi de 400 kg ha⁻¹, utilizando-se a fórmula 4-25-15 + Zn (N-P₂O₅-K₂O). Utilizou-se uréia como fonte de N em uma única adubação de cobertura, na quantidade de 60 kg de N ha⁻¹, no início do florescimento do feijoeiro.

Foram realizadas três amostragens de solo para análise química, sendo a primeira antes da instalação dos experimentos (controle), em novembro de 2001, caracterizando a área em estudo, e as demais em novembro de 2005 e 2006, nas profundidades de 0-5; 5-10 e 10-20 cm. De cada parcela coletaram-se amostras compostas de cinco subamostras de cada tratamento e, após homogeneização, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e levadas ao laboratório para análise. Logo após a coleta de 2005, aplicou-se em toda área experimental, 4 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Foram realizadas determinações do pH, Ca e Mg. O pH foi determinado em água e o Ca e o Mg foram extraídos em KCl a 1N. As análises laboratoriais foram realizadas de acordo com Embrapa [6].

Os dados relativos à amostragem realizada em 2005 foram analisados efetuando-se a análise de variância por profundidade, utilizando-se o procedimento GLM do programa estatístico SAS, sendo as médias

comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos foram comparadas com os valores iniciais dos atributos químicos, considerados como controle, pelo teste de Dunnett a 5%. Adicionalmente, foi feita a análise do efeito da profundidade de amostragem. Foi realizada também a análise de variância por profundidade dos dados relativos ao pH e teores de cálcio e magnésio obtidos em 2006. Para esses atributos também foi analisado o efeito dos anos de amostragem (2005 e 2006).

Resultados

Os valores iniciais de pH foram 6,15; 6,10 e 5,98 respectivamente para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Para essas mesmas camadas, os teores iniciais de cálcio e magnésio foram respectivamente 2,47 e 1,00; 2,17 e 0,80 e 1,77 e 0,61 cmol_c dm⁻³.

As culturas de cobertura diferiram significativamente quanto ao seu efeito no pH do solo na camada de 0-5 cm de profundidade (Tabela 1). O valor do pH no solo do tratamento em que o estilosantes foi usado como cultura de cobertura foi menor que no solo dos tratamentos com crotalária, sorgo, braquiária e milheto. Nessa camada, além do estilosantes, as coberturas de milho consorciado com braquiária e guandu propiciaram valores de pH do solo significativamente menores do que os valores iniciais. As duas primeiras coberturas também apresentaram esse desempenho na camada de 5-10 cm.

O teor de magnésio no solo do tratamento em que a mombaça foi usada como cultura de cobertura foi maior que no solo dos tratamentos com estilosantes, milho consorciado com braquiária e guandu, na camada de 0-5 cm de profundidade (Tabela 1).

O valor do pH e o teor de magnésio do solo nas camadas de 5-10 e 10-20 cm e o teor de cálcio, nas três camadas avaliadas, não foram afetados significativamente pelas culturas de cobertura. Esses atributos apresentaram maiores valores na camada superficial (Tabela 1).

Na Tabela 2 são apresentados os valores de pH e os teores de cálcio e magnésio um ano após a aplicação de calcário na superfície do solo. Observa-se que as culturas de cobertura não diferiram significativamente quanto a esses atributos químicos. Entretanto, ao comparar-se com os valores obtidos antes da aplicação do calcário, no ano de 2005 (Tabela 1), verifica-se que em 2006 os teores de cálcio e magnésio aumentaram tanto na camada de 0-5 cm como na de 5-10 cm (Tabela 3) o que mostra que houve movimentação desses cátions no perfil do solo.

Discussão

A adubação nitrogenada feita com sulfato de amônio no estilosantes e no milho consorciado com braquiária deve ter contribuído para redução no pH. Adubos amídicos e amoniacais têm a propriedade acidificante do solo, pois no processo de nitrificação há liberação de íons H⁺ [7]. Ademais, a extração de bases pela colheita do milho também deve ter contribuído, como observaram Almeida et al. [8]. No caso do guandu, pode ser devido à exudações ácidas das raízes que atuam diretamente no pH do solo. Essa cobertura e o estilosantes foram as que apresentaram menor rendimento médio de massa de matéria seca. De acordo com Paul et al. [9], o efeito dos resíduos vegetais no

aumento do pH do solo depende da quantidade de resíduos com cinzas de alta alcalinidade. A acidificação ou alcalinização do solo depende do balanço entre a mineralização e subsequente nitrificação do N orgânico adicionado e a associação, e particularmente oxidação, dos ânions orgânicos adicionados.

A ausência de efeito significativo da crotalária e do milheto sobre o pH do solo ao longo do tempo também foi observada por Almeida et al. [8], após três anos de plantio direto.

A adição de resíduos vegetais pode promover, antes da humificação, a elevação do pH, por promover a complexação de H e Al com compostos do resíduo vegetal, deixando Ca, Mg e K mais livres em solução, o que pode ocasionar aumento na saturação da CTC por esses cátions de reação básica [5]. Como discutido anteriormente, o estilosantes e o guandu foram as coberturas que apresentaram menor rendimento médio de massa de matéria seca e foram seguidas pelo milho consorciado com braquiária.

A correção da acidez do solo em profundidade, em latossolos de textura média e muito argilosa, também foi observada por Caires et al. [10] e Tissi et al. [11]. Segundo Franchini et al. [12], um dos principais mecanismos responsáveis pela eficiência da correção da acidez do solo com a aplicação superficial de calcário em plantio direto é a liberação de compostos hidrossolúveis de baixa massa molar pelos materiais vegetais presentes na superfície do solo. A presença de certos materiais vegetais é capaz de potencializar o efeito da calagem mobilizando a chamada frente alcalina. Esses compostos orgânicos apresentam capacidade de complexar cálcio e magnésio, elevar o pH e neutralizar o alumínio em profundidade [13].

De acordo com Moraes [14], se houver acidez, o calcário aplicado na superfície do solo se dissolve produzindo Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis que se movimentam no solo se houver ânions livres; caso contrário, o calcário permanece na superfície. Assim, a aplicação superficial de calcário tem sido o gargalo do sistema plantio direto em várias partes do mundo. Ainda, segundo o autor, existem muitas pesquisas sobre o assunto, entretanto, os resultados muitas vezes são contraditórios, ora a aplicação é eficiente na correção da acidez tanto de superfície como de subsuperfície, já em outras ocasiões os efeitos são limitados aos primeiros 0 a 5 cm de profundidade.

Conclusões

Após quatro anos de cultivo, as culturas de cobertura afetaram o pH e o teor de magnésio do solo na camada superficial, sendo os menores valores desses atributos verificados nas coberturas com menor rendimento de matéria seca. Houve movimentação de Ca e Mg no

perfil do solo após um ano da aplicação do calcário na superfície, não havendo diferenças entre as coberturas.

Referências

- [1] SILVA, V. R.; REINERT, D. J. & REICHERT, J. M. 2000. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho sob plantio direto afetados pelo pastejo e manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:191-199.
- [2] MENEZES, L. A. S. 2002. *Alteração de propriedades químicas e físicas do solo em função da fitomassa de plantas de cobertura*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- [3] CALEGARI, A. 2004. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. *Revista Plantio Direto*, 80:62-70.
- [4] ANGHINONI, I. & NICOLINI, M. 2004. Estratégias de calagem no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., 2004, Lages. *Anais*. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1 CD-ROM.
- [5] PAVINATO, P. S. & ROSOLEM, C. A. 2008. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:911-920.
- [6] EMBRAPA. 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 212p.
- [7] TAIZ, L. & ZEIGER, E. 2004. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre, Artmed. 719p.
- [8] ALMEIDA, V.P. de; ALVES, M.C.; SILVA, E.C. da & OLIVEIRA, S.A. de. 2008. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1227-1237.
- [9] PAUL, K. I.; BLACK, A. S. & CONYERS, M. K. 2001. Effect of plant residue return on the development of surface soil pH gradients. *Biology and Fertility of Soils*, 33:75-82.
- [10] CAIRES, E. F.; BANZATO, D. A. & FONSECA, A. F. 2000. Calagem na superfície em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 161-169.
- [11] TISSI, J. A.; CAIRES, E. F. & PAULETTI, V. 2004. Efeitos da calagem em semeadura direta de milho. *Bragantia*, 63:405-413.
- [12] FRANCHINI, J. C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M. A. 1999. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:533-542.
- [13] ARAÚJO, A.R. 2003. *Calagem e extrato vegetais hidrossolúveis na movimentação de íons em solo*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- [14] MORAES, M. F. de. 2005. *Mobilidade de íons em solo ácido com aplicação de calcário e material vegetal em superfície*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomico, Campinas.

Tabela 1. Valores de pH e teores de Ca e Mg, considerando culturas de cobertura e profundidades de amostragem. Santo Antônio de Goiás, GO, 2005.

Cultura de cobertura	Profundidade (cm)								
	0-5			5-10			10-20		
	pH			Ca			Mg		
	-----água (1:2,5)-----			-----cmol _c dm ⁻³ -----					
Braquiária	6,02 a	5,88 a	5,72 a	2,32 a	2,07 a	1,42 a	1,13 ab	0,86 a	0,52 a
Milho e braquiária	5,78 ab*	5,52 a*	5,50 a	2,07 a	1,69 a	1,48 a	0,67 b	0,48 a	0,41 a
Guandu	5,72 ab*	5,72 a	5,62 a	2,38 a	2,14 a	1,60 a	0,70 b	0,64 a	0,41 a
Milheto	6,10 a	5,80 a	5,78 a	2,68 a	1,80 a	1,78 a	1,13 ab	0,59 a	0,56 a
Mombaça	5,98 ab	5,82 a	5,62 a	2,52 a	2,00 a	1,46 a	1,34 a	0,87 a	0,59 a
Sorgo	6,02 a	5,75 a	5,70 a	2,38 a	2,00 a	1,78 a	0,82 ab	0,52 a	0,45 a
Estilosantes	5,55 b*	5,55 a*	5,50 a	2,09 a	1,73 a	1,44 a	0,58 b	0,44 a	0,37 a
Crotalária	6,00 a	5,95 a	5,70 a	2,90 a	2,36 a	1,73 a	1,01 ab	0,74 a	0,52 a
Média	5,89 A	5,75 B	5,64 B	2,42 A	1,97 B	1,59 C	0,93 A	0,65 B	0,48 C
CV (%)	3,19	4,20	4,62	18,50	28,08	37,38	26,41	35,52	34,66
Controle	6,15	6,10	5,98	2,47	2,17	1,77	1,00	0,80	0,61

Médias nas colunas e na linha seguidas, respectivamente, das mesmas letras minúscula e maiúscula, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%, e as seguidas de um asterisco diferem significativamente do controle, pelo teste de Dunnett a 5%.

Tabela 2. Valores de pH e teores de Ca e Mg, considerando culturas de cobertura e profundidades de amostragem. Santo Antônio de Goiás, GO, 2006.

Cultura de cobertura	Profundidade (cm)								
	0-5			5-10			10-20		
	pH			Ca			Mg		
	-----água (1:2,5)-----			-----cmol _c dm ⁻³ -----					
Braquiária	6,52 a	5,85 a	5,32 a	4,05 a	2,52 a	1,53 a	1,76 a	1,00 a	0,51 a
Milho e braquiária	6,52 a	5,75 a	5,28 a	3,69 a	2,25 a	1,55 a	1,54 a	0,81 a	0,50 a
Guandu	6,70 a	5,95 a	5,38 a	4,34 a	2,42 a	1,44 a	1,59 a	0,88 a	0,45 a
Milheto	6,60 a	6,00 a	5,40 a	3,92 a	2,59 a	1,55 a	1,65 a	0,92 a	0,53 a
Mombaça	6,45 a	5,78 a	5,28 a	3,89 a	2,25 a	1,24 a	1,90 a	1,12 a	0,62 a
Sorgo	6,72 a	6,32 a	5,48 a	4,25 a	3,08 a	1,66 a	1,68 a	1,20 a	0,52 a
Estilosantes	6,40 a	6,00 a	5,20 a	3,87 a	2,95 a	1,55 a	1,40 a	1,04 a	0,53 a
Crotalária	6,35 a	5,95 a	5,62 a	3,78 a	2,56 a	1,94 a	1,57 a	0,91 a	0,64 a
DMS	0,57	1,17	1,14	1,67	1,98	1,58	0,52	0,99	0,66
CV (%)	3,72	8,43	9,04	17,93	32,84	43,21	13,58	43,03	52,22

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 3. Teores de Ca e Mg, considerando anos e profundidades de amostragem. Santo Antônio de Goiás, GO.

Ano	Profundidade (cm)					
	0-5		5-10		10-20	
	Ca		Mg			
	-----cmol _c dm ⁻³ -----					
2005	2,42	1,97	1,59	0,93	0,65	0,48
2006	3,98	2,58	1,56	1,64	0,99	0,54
Significância ¹	**	**	ns	**	**	ns

Contraste ano por profundidade: ** (P < 0,01); ns = não significativo.