

# Alterações de atributos químicos do solo em função da calagem superficial em plantio direto

## *Change of soil chemical attributes under superficial liming in no tillage system*

Tiago Roque Benetoli da Silva<sup>1</sup>, Leandro Borges Lemos<sup>2</sup>,  
Carlos Alexandre Costa Crusciol<sup>3</sup>, Tatiane Pauly<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculdade Assis Gurgacz (FAG), Curso de Agronomia, Avenida das Torres, n. 500, CEP: 85.806-095, Bairro Santa Cruz, Cascavel, PR.

E-mail: benetoli@fag.edu.br.

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal/SP, Departamento de Produção Vegetal.

<sup>3</sup> Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP) Dep. de Produção Vegetal, Botucatu, SP. Bolsista do CNPq.

Recebido: 03/06/2008 Aceito: 01/07/2008

**Resumo.** O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações de atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em plantio direto, por meio deste experimento realizado em um Latossolo Vermelho Distrófico, em Botucatu (SP). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, cujos tratamentos, aplicados em outubro de 2002, foram constituídos por doses de calcário dolomítico (D0= zero – sem aplicação de calcário; D = 1,8 t ha<sup>-1</sup>; D2= 3,6 t ha<sup>-1</sup> e D3= 5,4 t ha<sup>-1</sup>, quantidade de calcário para elevar a saturação por bases a 54, 68 e 80% respectivamente), totalizando quatro tratamentos, com quatro repetições. Para avaliação dos atributos foram coletadas amostras em seis pontos por parcela experimental totalmente ao acaso, aos 6, 12, 18 e 24 meses após a aplicação superficial do calcário, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, as quais foram submetidas às análises de pH, Al<sup>3+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e posteriormente calculou-se os valores de V% e de m%. Pode-se concluir que após 12 meses da aplicação superficial do calcário melhorou alguns atributos químicos do solo, como o pH e a saturação por bases, até a profundidade de 10 cm.

**Palavras-chave:** pH do solo; saturação por bases; calagem em superfície.

**Abstract.** The experiment was carried out on a Typic Hapludox in Botucatu, São Paulo State, Brazil, in dry conditions, to evaluate the change on soil chemical attributes under surface lime in no-tillage system. A randomized complete block design was used, with four replications, the treatments were superficial application, realized in October 2002, of different dolomitic limestone rates (R0 = zero – without limestone; R1 = 1.8 t ha<sup>-1</sup>; R2 = 3.6 t ha<sup>-1</sup> and R3 = 5.4 t ha<sup>-1</sup>, limestone to increase the base saturation at 54, 68 and 80%, respectively). For the evaluation of soil chemical attributes, soil samples were collect on six point per portion, in 6, 12, 18 and 24 months after lime superficial

*application, in 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40cm depth, analyzed by pH, Al+3, K+, Ca+2, Mg+2 then, it was estimated the V% and m% values. The results showed that after 12 months, the surface lime applications improve some chemical attributes, like pH and base saturation, to 10 cm depth.*

**Key-words:** Soil pH; bases saturation; surface liming.

## Introdução

O não revolvimento do solo no sistema de plantio direto e, o conseqüente acúmulo de resíduos vegetais e fertilizantes na sua superfície, promove diferentes modificações em atributos químicos do solo em relação ao sistema convencional. Tais modificações ocorrem de forma gradual e progressiva a partir da superfície do solo, afetando tanto a disponibilidade de nutrientes quanto o processo de acidificação do solo (AMARAL & ANGHINONI, 2001). No sistema de plantio direto intensificou-se o interesse por alternativas para correção da acidez do solo, sem efetuar seu revolvimento, visto que as vantagens estão relacionadas com o controle efetivo da erosão, diminuição da compactação, melhoria na infiltração de água, além da economia com tráfego de máquinas e implementos. A solução para que não ocorra quebra do sistema de plantio direto por meio do preparo de solo convencional é a aplicação superficial de calcário, que resulta em correção de acidez e melhoria de alguns atributos químicos do solo, em função do tempo. Tal efeito pode ser explicado pela ação dos fatores químicos, onde a combinação com os fertilizantes nitrogenados, ou seja, as reações do nitrogênio com os elementos oriundos da dissociação do calcário formam sais solúveis, sujeitos à lixiviação pelo movimento descendente da água; com a participação de organismos biológicos capazes de promover a mistura solo/corretivo e a combinação entre ambos (MOREIRA, 1999; VITTI & LUZ, 2004).

A aplicação superficial de calcário tem mostrado resultados positivos ao longo dos anos principalmente em trabalhos com as culturas da soja (CAIRES et al., 1998; CAIRES & FONSECA, 2000 e CAIRES et al., 2003), do milho (CAIRES et al., 2002, 2004) e da cevada (CAIRES et al., 2001). De acordo com Martins et al. (1998), existem vários benefícios ocasionados pela correção da acidez na camada arável e no subsolo com aplicação superficial de calcário, salientando-se, principalmente, o aumento da capacidade de exploração de água e de nutrientes do subsolo.

Costa (2000), verificando doses e modos de aplicação de calcário na implantação da sucessão soja e trigo em sistema plantio direto, em um Latossolo Vermelho Escuro Álico, no município de Ponta Grossa-PR, concluíram que a soja, mesmo cultivada logo após a aplicação superficial de 2,25 t ha<sup>-1</sup> de calcário, teve incremento de 23% na produtividade quando comparado com a não aplicação. Quanto aos atributos químicos do solo, somente houve efeito pronun-

ciado na camada de 0-5 cm no aumento do pH e de cálcio e magnésio.

Amaral & Anghinoni (2001), estudando as alterações de atributos químicos do solo pela aplicação do calcário no sistema de plantio direto, em Argissolo Vermelho Distrófico, cultivado há oito anos, no município de Eldorado-RS, observaram que com aplicação de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário, as análises de solo em camadas de 1 cm de espessura, em curtos espaços de tempo, permitiram verificar efeitos da aplicação de calcário na superfície do solo. O maior efeito da dissolução do calcário ocorreu aos 90 dias de sua aplicação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar alterações nos atributos químicos do solo, em diferentes profundidades, em função da aplicação superficial de calcário, em plantio direto.

## Material e Métodos

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu. As coordenadas geográficas de referência do local do experimento são: latitude sul 22°49'31'' e longitude oeste 48°25'37'', com altitude de 765 metros e 3% de declividade. O clima de acordo com a classificação de Köpen é do tipo Cfa, subtropical, com verões quentes e úmidos, invernos frios e secos.

O solo do local foi classificado de acordo com Embrapa (1999), como sendo Latossolo Vermelho Distrófico, o qual ficou dois anos em pousio, sendo que em fevereiro de 2001 foi semeada soja (safrinha) por meio de preparo de solo convencional (uma aração e duas gradagens). Em agosto de 2001 a área experimental foi subsolada e semeou-se guandu, o qual foi manejado com triton e herbicida em 3 de novembro de 2001, permanecendo em pousio até setembro de 2002, onde foi realizado o controle químico de plantas daninhas. Em outubro de 2002 foram realizadas as aplicações de calcário superficialmente, a semeadura do milheto em novembro, iniciando-se o experimento.

Ao longo dos anos de 2002, 2003 e 2004, utilizou-se a seguinte sucessão de culturas: milheto (primavera) – feijão (verão) – aveia preta (outono-inverno), sempre em condições de sequeiro.

A semeadura de milheto (cultivo de primavera) foi realizada no dia 06 de novembro de 2002 e em 18 de outubro de 2003, pelo sistema de plantio direto, no espaçamento de 0,22 metros entrelinhas, com 35 kg de sementes ha<sup>-1</sup>. Nos dois anos de experimentação foi utilizado como adubação de semeadura 100 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-20-10.

A semeadura do feijão foi realizada em 19 de dezembro de 2002 e 17 de dezembro de 2003, utilizando-se 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-20-10 no primeiro ano e 280 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-14-8 no segundo, como adubação de base, nos dois anos, com posterior aplicação de 70 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura, utilizando-se a uréia como fonte. A colheita do primeiro ano foi realizada em 24 de

março de 2003 e, no segundo ano, em 12 e 17 de março de 2004.

Posteriormente ao feijão foram realizadas as sementeiras da cultura da aveia preta, cultivar Comum, em 8 de abril de 2003 e, no segundo ano em 26 de abril de 2004, com espaçamento entrelinhas de 0,17 metros, utilizando-se 45 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Foi utilizado como adubação de sementeira 150 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 10-20-10 em 2003 e no segundo ano de experimentação 200 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-20-10.

Amostras de solo antes da aplicação de calcário foram coletadas nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm submetidas às análises químicas de rotina, acrescidas do teor de Al (Tabela 1), visando caracterizar o solo da área experimental. Utilizou-se como média a saturação por bases (V) de 41% e capacidade de troca catiônica (CTC) = 98,5 mmolC dm<sup>-3</sup>, para o cálculo da necessidade de calcário.

**Tabela 1.** Análise química preliminar do solo, obtida em diferentes profundidades. Botucatu-SP.

Profun- didade cm	pH	M.O.	P resina	H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----mmol c dm <sup>-3</sup> -----							
0-5	4,8	24,7	28,1	52,4	3,6	1,2	27,0	11,4	39,6	92,0	43,1
5-10	4,8	25,1	24,2	56,4	4,2	0,8	31,5	14,9	47,2	103,6	45,6
10-20	4,6	24,2	17,0	65,1	7,4	0,5	24,5	9,8	34,7	99,8	35,5
20-40	4,2	21,1	10,8	84,5	14,6	0,4	18,7	5,6	24,8	109,2	23,2

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, cujos tratamentos foram constituídos pelas doses de calcário dolomítico (D0= zero – sem aplicação de calcário; D1= 1,8 t ha<sup>-1</sup> – quantidade de calcário para elevar a saturação por bases a 54%; D2= 3,6 t ha<sup>-1</sup> – quantidade de calcário para elevar a saturação por bases a 68% e D3= 5,4 t ha<sup>-1</sup> – quantidade de calcário para elevar a saturação por bases a 80%), totalizando 4 tratamentos, com quatro repetições.

O calcário apresentando 72% de poder relativo de neutralização total (PRNT), com 84,3% de poder de neutralização (PN), 84,5% de reatividade (RE), 23,3% de CaO e 17,5% de MgO foi aplicado manualmente.

Foram coletadas amostras de solo em seis pontos por parcela experimental (área útil) totalmente ao acaso, aos 6, 12, 18 e 24 meses após a aplicação superficial do calcário, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, as quais foram submetidas à análise de pH, Al<sup>+3</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e cálculos do V% e m%, conforme metodologia proposta por Raij & Quaggio (1983). Realizou-se análise estatística comparando-se as doses de calcário dentro de cada profundidade avaliada, por meio de regressão polinomial, considerando os níveis de 1 e 5% de significância.

## Resultados e Discussão

Aos seis meses após a aplicação do calcário em superfície, os modelos pesquisados utilizados em análise de regressão, não se ajustaram aos valores de pH em todas as camadas avaliadas (Tabela 2), o que indica que as doses aplicadas ainda não influenciaram no pH, porém ao se considerar apenas a aplicação do corretivo, observa-se que houve aumento até a camada de 5-10 cm. Ernani et al. (2002) observaram que em pouco tempo o calcário aplicado superficialmente não foi capaz de reduzir o alumínio trocável e tampouco aumentar o pH. Moreira (1999) não observou aumento no pH de um Latossolo Vermelho, 7 meses após a aplicação superficial de calcário. Porém, Lima (2004) verificou que após 5 meses da aplicação superficial de calcário “filler” houve aumento no pH até a profundidade de 40 cm, num Nitossolo Vermelho Distrófico.

**Tabela 2.** Equações de regressão para pH em  $\text{CaCl}_2$ , em função de doses de calcário após 6, 12, 18 e 24 meses de sua aplicação na superfície do solo. Botucatu-SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----			-----12 meses-----	
	Original	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5	4,8	$Y = \bar{y} = 5,6$	-	$Y = 0,161x + 5,4$	0,93**
5-10	4,8	$Y = \bar{y} = 5,5$	-	$Y = 0,133x + 5,3$	0,80**
10-20	4,6	$Y = \bar{y} = 4,9$	-	$Y = \bar{y} = 5,2$	-
20-40	4,2	$Y = \bar{y} = 4,3$	-	$Y = \bar{y} = 4,8$	-
	-----18 meses-----		-----24 meses-----		
	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>	
0-5	$Y = 0,41x + 4,4$	0,97**	$Y = 0,25x + 4,75$	0,97**	
5-10	$Y = 0,2x + 4,9$	0,98**	$Y = 0,1056x + 4,79$	0,80**	
10-20	$Y = \bar{y} = 5,4$	-	$Y = \bar{y} = 5,0$	-	
20-40	$Y = \bar{y} = 4,5$	-	$Y = \bar{y} = 4,3$	-	

\*\* = significativo a 1% de probabilidade.

Para os períodos de 12, 18 e 24 meses após a aplicação forma ajustadas equações lineares para pH em  $\text{CaCl}_2$  em função das doses de calcário até a profundidade de 10 cm, o que comprova a ocorrência de movimento descendente de uma frente alcalinizante. Caires & Fonseca (2000) após 40 meses da aplicação de calcário superficialmente, também observaram aumento no pH somente nas camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm).

Petrere & Anghinoni (2001) notaram que o pH foi aumentado até a camada de 15 cm, após 42 meses da aplicação de calcário em campo nativo, sob sistema de plantio direto. Caires et al. (2002) observaram que o pH aumentou até a profundidade de 60 cm após 92 meses da aplicação do calcário superficialmente. Após 42 meses da aplicação da dose total de calcário em superfície Caires et al. (2004) notaram aumentos significativos no pH somente na camada de 0-10 cm.

Ciota et al. (2004) concluíram que após 4 anos da reaplicação superficial de calcário, o pH foi elevado até a profundidade de 15 cm.

Mesmo após 24 meses da aplicação, observa-se certa regularidade dos valores de pH até as camadas mais profundas, o que evidencia o efeito residual do calcário após dois anos, atuando no aumento do pH.

Conforme se observa no Quadro 3, as doses de calcário aplicadas superficialmente diminuíram o alumínio trocável, após 24 meses da aplicação, até a camada de 10-20 cm. Caires et al. (1998) obtiveram diminuição no Al até 10 cm após 12 meses da aplicação de calcário superficialmente em um Latossolo Vermelho Escuro. Já Oliveira & Pavan (1996) observaram redução no alumínio tóxico até a camada de 40 cm após 4 anos da aplicação superficial de calcário. Moreira (1999) após 7 meses da aplicação superficial não verificou efeito nos teores de alumínio trocável. Ernani et al. (2002) salientaram que somente ocorre redução de alumínio em função da calagem superficial após um período mais longo. Petreter & Anghinoni (2001) observaram diminuição do teor de alumínio trocável até a camada de 17,5 cm somente após 42 meses da aplicação de doses de calcário, Caires et al. (2002) até a camada de 60 cm após 92 meses e Ciota et al. (2004) somente após 48 meses até a profundidade de 20 cm.

**Tabela 3.** Equações de regressão para Al (mmolc dm<sup>3</sup>), em função de doses do calcário após 6, 12, 18 e 24 meses de sua aplicação na superfície do solo. Botucatu-SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----			-----12 meses-----	
	Original	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5	3,6	Y = $\bar{y}$ = 1,9	-	Y = $\bar{y}$ = 1,5	-
5-10	4,2	Y = $\bar{y}$ = 2,1	-	Y = $\bar{y}$ = 1,4	-
10-20	7,4	Y = $\bar{y}$ = 3,2	-	Y = $\bar{y}$ = 2,1	-
20-40	14,6	Y = $\bar{y}$ = 8,5	-	Y = $\bar{y}$ = 4,7	-
	-----18 meses-----		-----24 meses-----		
		Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5		Y = $\bar{y}$ = 1,3	-	Y = -1,8278x + 8,26	0,75**
5-10		Y = $\bar{y}$ = 2,3	-	Y = -1,1839x + 6,604	0,96*
10-20		Y = $\bar{y}$ = 5,8	-	Y = -1,4056x + 12,67	0,81*
20-40		Y = $\bar{y}$ = 10,8	-	Y = $\bar{y}$ = 12,3	-

\* = significativo a 5% de probabilidade. \*\* = significativo a 1% de probabilidade.

Observa-se que a calagem superficial, independente das doses utilizadas promoveu diminuição do alumínio em relação aos teores iniciais, já aos seis meses após a aplicação dos tratamentos (Tabela 3), evidenciando o efeito do corretivo na insolubilização do alumínio tóxico (VITTI & LUZ, 2004).

Independente da forma como ocorre a translocação dos íons oriundos da dissociação do calcário, o Ca dos complexos é deslocado pelo Al trocável do solo, porque os íons Al<sup>+3</sup> formam complexos mais estáveis que o Ca<sup>+2</sup>, diminu-

indo a acidez trocável e aumentando Ca trocável. Reações semelhantes ocorrem com o  $Mg^{+2}$  (OLIVEIRA et al., 2002).

Aos 18 meses o teor de potássio na camada de 0-5 cm sofreu redução em função da aplicação de calcário (Quadro 4). Isso pode ocorrer devido ao deslocamento do K para a solução do solo, decorrente do incremento de cálcio e magnésio, havendo necessidade da reposição deste nutriente (VITTI & LUZ, 2004). Aos 24 meses, porém, esse efeito não foi verificado. Quaggio (2000) mencionou que a calagem reduz as perdas deste nutriente devido à elevação do pH, liberando cargas negativas dependentes de pH, aumentando sítios de retenção de íons  $K^+$  e introduzindo ainda outros íons, como Ca e Mg para serem também lixiviados. Caires & Fonseca (2000), Caires et al. (2002), Amaral et al. (2004), Caires et al. (2004) e Ciota et al. (2004) também não observaram efeito da aplicação superficial de calcário no teor de potássio em todo o perfil do solo.

**Tabela 4.** Equações de regressão para potássio ( $mmolc\ dm^{-3}$ ), em função de doses do calcário após 6, 12, 18 e 24 meses de sua aplicação na superfície do solo. Botucatu-SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----			-----12 meses-----	
	Original	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5	1,2	$Y = \bar{y} = 3,2$	-	$Y = \bar{y} = 2,6$	-
5-10	0,8	$Y = \bar{y} = 2,9$	-	$Y = \bar{y} = 1,8$	-
10-20	0,5	$Y = \bar{y} = 2,6$	-	$Y = \bar{y} = 1,9$	-
20-40	0,4	$Y = \bar{y} = 2,2$	-	$Y = \bar{y} = 1,4$	-
	-----18 meses-----		-----24 meses-----		
		Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5		$Y = -0,38x + 2,45$	0,80**	$Y = \bar{y} = 1,6$	-
5-10		$Y = \bar{y} = 0,97$	-	$Y = \bar{y} = 0,7$	-
10-20		$Y = \bar{y} = 0,93$	-	$Y = \bar{y} = 0,3$	-
20-40		$Y = \bar{y} = 0,92$	-	$Y = \bar{y} = 0,3$	-

\*\* = significativo a 1% de probabilidade.

Ainda na Tabela 4, quando se analisa os teores de potássio após 6 meses da aplicação do corretivo, em comparação com os teores originais existentes no solo, observa-se aumento já aos 6 meses, isso mostrar que conforme o pH se aproxima da neutralidade aumenta-se a disponibilidade de alguns elementos, sendo o potássio um deles (MALAVOLTA et al., 1997).

Os teores de cálcio trocável na camada de 0-5 cm aos 6, 12 e 24 meses foram ampliados após a aplicação de calcário (Tabela 5), concordando com Moreira (1999). Aos 18 meses a disponibilidade do cálcio trocável foi aumentada também na camada de 5-10 cm. Esses resultados corroboram os encontrados

por Caires et al. (1998), Petrerre & Anghinoni (2001), Caires et al. (2002), Caires et al. (2004) e Ciota et al. (2004) que observaram efeito da calagem superficial em camadas mais superficiais e discordam de Lima (2004) que verificou efeito até a profundidade de 40 cm somente após 5 meses da aplicação superficial de calcário “filler”.

**Tabela 5.** Equações de regressão para cálcio ( $\text{mmolc dm}^{-3}$ ), em função de doses do calcário após 6, 12, 18 e 24 meses de sua aplicação na superfície do solo. Botucatu-SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----			-----12 meses-----	
	Original	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5	27,0	$Y = 2,49x + 27,6$	0,91*	$Y = 4,88x + 29,3$	0,79*
5-10	31,5	$Y = \bar{y} = 34,5$	-	$Y = \bar{y} = 32,8$	-
10-20	24,5	$Y = \bar{y} = 18,1$	-	$Y = \bar{y} = 22,9$	-
20-40	18,7	$Y = \bar{y} = 11,4$	-	$Y = \bar{y} = 21,8$	-
		-----18 meses-----		-----24 meses-----	
		Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5		$Y = 23,11x - 4,2$	0,91**	$Y = 5,1278x + 13,63$	0,93**
5-10		$Y = 6,1x + 16,6$	0,71 *	$Y = \bar{y} = 17,5$	-
10-20		$Y = \bar{y} = 22,3$	-	$Y = \bar{y} = 12,4$	-
20-40		$Y = \bar{y} = 10,9$	-	$Y = \bar{y} = 9,4$	-

\* = significativo a 5% de probabilidade. \*\* = significativo a 1% de probabilidade.

O magnésio trocável aumentou em todas as camadas após 12 meses da aplicação do calcário, mostrando maior movimentação deste nutriente ao longo do perfil do solo (Tabela 6) do que do cálcio (Tabela 5). Resultado similar foi observado por Petrerre & Anghinoni (2001), em que, após 42 meses da aplicação de calcário superficialmente, o cálcio aumentou até a profundidade de 15,5 cm e o magnésio até aos 22,5 cm. Já após sete meses da aplicação superficial de calcário, Moreira (1999) observou aumento no teor de Mg na camada de 0-5 cm. Quaggio et al. (1993) estudando a movimentação de íons em decorrência da incorporação do calcário, verificaram que esta prática proporcionou aumentos nos teores de Mg em camadas profundas do solo. Porém Ciota et al. (2004) somente observaram incremento no teor de magnésio até a profundidade de 20 cm, após quatro anos da aplicação. Lima (2004) verificou aumento no teor de magnésio até a camada de 20-40 cm, após cinco meses da aplicação superficial.

**Tabela 6.** Equações de regressão para magnésio (mmolc dm<sup>3</sup>), em função de doses do calcário após 6, 12, 18 e 24 meses de sua aplicação na superfície do solo. Botucatu-SP.

Profundidades (cm)	Original	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
		Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5	11,4	Y = $\bar{y}$ = 21,6	-	Y = 1,85x + 17,7	0,93**
5-10	14,9	Y = $\bar{y}$ = 20,6	-	Y = 1,61x + 14,4	0,71**
10-20	9,8	Y = $\bar{y}$ = 13,2	-	Y = 1,611x + 9,7	0,78**
20-40	5,6	Y = $\bar{y}$ = 5,9	-	Y = 1,338x + 7,7	0,98**
		-----18 meses-----		-----24 meses-----	
		Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5		Y = 2,96x + 9,3	0,90**	Y = 3x + 9,55	0,99**
5-10		Y = 2,51x + 8,5	0,79**	Y = 1,6x + 8,53	0,82**
10-20		Y = 0,75x + 10,0	0,60*	Y = 0,2222x + 8,75	0,67*
20-40		Y = 0,71x + 4,25	0,89*	Y = 0,7944x + 4,48	0,94*

\* = significativo a 5% de probabilidade. \*\* = significativo a 1% de probabilidade.

Observa-se que após 18 meses da aplicação do calcário, aplicação do calcário proporcionou aumentos nos teores de magnésio, em todas as camadas, com resultados similares aos encontrados por Oliveira & Pavan (1996), que observaram incrementos nos teores de magnésio na profundidade de 40 cm, após quatro anos da aplicação superficial de calcário.

Acredita-se que o efeito da calagem em profundidade seja devido à movimentação de íons e não de partículas, pelo menos em grande parte. É provável que ânions, como nitratos, sulfatos e cloretos, presentes no solo e oriundos da decomposição dos resíduos vegetais ou da adição de fertilizantes, contribuam para a movimentação de Ca e Mg e outros cátions (RHEINHEIMER et al., 2000; MIYAZAWA et al., 2000). Alguns compostos orgânicos hidrossolúveis e de baixo peso molecular, liberados pela decomposição de resíduos vegetais, complexam o Ca trocável do solo, formando complexos de cálcio com estes ligantes orgânicos do tipo: CaLo e CaL<sup>-</sup> (AMARAL et al., 2004).

A saturação por bases (V%) começou a ser influenciada pela aplicação do calcário a partir dos 12 meses, somente na camada de 0-5 cm, porém aos 18 e 24 meses essa influência já alcançava a camada de 5-10 cm (Tabela 7). Moreira (1999) somente observou aumento na saturação por bases até a profundidade de 5 cm após 7 meses da aplicação superficial de calcário, em uma área que estava há 9 anos sob plantio direto. Caires et al. (2002) verificaram aumento na saturação por bases até a profundidade de 60 cm após 92 meses da aplicação superficial de doses de calcário. Com 84 meses da aplicação superficial de calcário Gatiboni et al. (2003) verificaram aumento na saturação por bases até a profundidade de 40 cm. Ciota et al. (2004) constataram aumento do V% até a profundidade de 15 cm após 4 anos da aplicação superficial de calcário.

**Tabela 7.** Equações de regressão para saturação por bases (%), em função de doses do calcário após 6, 12, 18 e 24 meses de sua aplicação na superfície do solo. Botucatu-SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----			-----12 meses-----	
	Original	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5	43,1	$Y = \bar{y} = 64,4$	-	$Y = 4,22x + 58,6$	0,95**
5-10	45,6	$Y = \bar{y} = 64,3$	-	$Y = \bar{y} = 62,9$	-
10-20	35,5	$Y = \bar{y} = 42,4$	-	$Y = \bar{y} = 47,6$	-
20-40	23,2	$Y = \bar{y} = 19,9$	-	$Y = \bar{y} = 35,7$	-
-----18 meses-----					
	Equação		R <sup>2</sup>	-----24 meses-----	
	Equação		R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5	$Y = 12,6x + 37,9$	0,98**	$Y = 7,5111x + 38,12$	0,93**	
5-10	$Y = 4,93x + 47,8$	0,74**	$Y = 3,3778x + 39,03$	0,74*	
10-20	$Y = \bar{y} = 49,1$	-	$Y = \bar{y} = 35,1$	-	
20-40	$Y = \bar{y} = 22,6$	-	$Y = \bar{y} = 24,6$	-	

\* = significativo a 5% de probabilidade. \*\* = significativo a 1% de probabilidade.

Independente da dose, a aplicação do corretivo aumentou a saturação por bases aos 6 meses quando comparado com a análise química do solo antes do início do experimento, evidenciando o efeito benéfico e esperado do calcário quando aplicado ao solo (VITTI & LUZ, 2004).

A saturação por alumínio só diminuiu em função das doses de calcário a partir de 18 meses e somente na camada de 0-5 cm (Tabela 8). Gatiboni et al. (2003) verificaram diminuição na saturação por alumínio até a profundidade de 60 cm após 84 meses da aplicação superficial de calcário.

**Tabela 8.** Equações de regressão para saturação por alumínio (%), em função de doses do calcário após 6, 12, 18 e 24 meses de sua aplicação na superfície do solo. Botucatu-SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----		
	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>	
0-5	$Y = \bar{y} = 3,2$	-	$Y = \bar{y} = 2,3$	-	
5-10	$Y = \bar{y} = 3,8$	-	$Y = \bar{y} = 2,7$	-	
10-20	$Y = \bar{y} = 8,6$	-	$Y = \bar{y} = 5,8$	-	
20-40	$Y = \bar{y} = 31$	-	$Y = \bar{y} = 15$	-	
-----18 meses-----					
	Equação		R <sup>2</sup>	-----24 meses-----	
	Equação		R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0-5	$Y = -5,0321x + 5,5$	0,81**	$Y = -6,0222x + 26,61$	0,73**	
5-10	$Y = \bar{y} = 7,0$	-	$Y = \bar{y} = 10,9$	-	
10-20	$Y = \bar{y} = 16,3$	-	$Y = \bar{y} = 27,1$	-	
20-40	$Y = \bar{y} = 37,8$	-	$Y = \bar{y} = 42,1$	-	

\*\* = significativo a 1% de probabilidade.

## Conclusões

Após 12 meses da aplicação superficial do calcário, houve melhora de alguns atributos químicos do solo, como o pH e a saturação por bases, até a profundidade de 10 cm. Independente da dose, a aplicação de calcário superficialmente, comparativamente com os atributos químicos do solo antes do início do experimento, aumentou o pH do solo, diminuiu o alumínio tóxico e aumentou a saturação por bases.

## Referências

- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.4, p.936-941, 2001.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos na dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p.115-123, 2004.
- CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.1011-1022, 2002.
- CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.275-286, 2003.
- CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.27-34, 1998.
- CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, v.60, p.213-223, 2001.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função de calagem na superfície. **Bragantia**, v.59, n.2, p.213-220, 2000.
- CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p.125-136, 2004.
- CIOTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.317-326, 2004.
- COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja-trigo em sistema plantio direto**. 2000. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSo, 1999. 41p.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; MAESTRI, L. Corn yield as affected by liming and tillage system on an acid Brazilian oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, p.305-309, 2002.

GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J.P.C.; RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J. Alterações dos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.283-290, 2003.

LIMA, E.V. **Plantas de cobertura e calagem superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco**. 2004. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MARTINS, O.C.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; RIBEIRO, A.C. Respostas à aplicação de diferentes misturas de calcário e gesso em solos. II-Crescimento de raízes, absorção de nutrientes e produtividade da soja. **Ceres**, v.34, p.451-466, 1998.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agronômicas**, n.92, 2000. 8p. (Encarte técnico).

MOREIRA, S.G. **Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produção da soja**. 1999. 87p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, v.38, p.47-57, 1996.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2002. v.2, p.393-486.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alterações De atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.885-895, 2001.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: IAC, 2000. 111p.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. Van, GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.3, p.375-383, 1993.

RAIJ, B. Van.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; XAVIER, F.M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.263-268, 2000.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. **Utilização agronômica de corretivos agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 120p.