

SEÇÃO 7 SOLOS E ADUBAÇÃO

DINÂMICA DA CORREÇÃO DE ACIDEZ DE UM LATOSSOLO ARENOSO SUBMETIDO À APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO, SILICATO EGESSO AGRÍCOLA

Neila Caroline das Dores da Silva Souza¹, Antonio Nolla¹, Glassys Louise de Souza Cortez¹,
Karina Francieli Schmidt¹, Evelyn Aline Arendt Couto¹, LaísaScottiAntonieli¹, Maria Anita
Gonçalves da Siva² e Tiago Roque Benetoli da Silva¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail: neila.souza02@gmail.com, anolla@uem.br, glassyscortez@yahoo.com.br, karikfs@hotmail.com, evelynaline@hotmail.com, lala_scotti@hotmail.com.

²Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Agronomia, Campus Sede. Avenida Colombo 5790, CEP: 87020-900, Bairro Jd. Universitário, Maringá, PR. E-mail: magsilva@uem.br

RESUMO: A acidez do solo é um dos principais fatores de degradação química que reduz a capacidade produtiva das culturas. A correção da acidez é necessária para neutralizar o Al^{+3} e possibilitar que o sistema radicular das plantas seja capaz de explorar maior volume de solo aumentando a capacidade em absorver água e nutrientes. O calcário é o corretivo mais utilizado, porém os silicatos apresentam maior reatividade, além de fornecer silício na solução do solo. O gesso agrícola é um condicionador de solo capaz de fornecer cálcio e enxofre em subsuperfície e promover o aprofundamento de raízes. Objetivou-se comparar doses e combinações de calcário, silicato e gesso quanto à capacidade de corrigir a acidez em lisímetros. Utilizou-se amostras de um Latossolo arenoso, incubados por 40 dias em lisímetros. Posteriormente, incorporou-se nos primeiros 5 cm as doses e combinações dos corretivos com gesso, em um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Avaliou-se pH-H₂O, pH-CaCl₂, Al^{+3} , pH SMP e H+Al. Os corretivos foram eficientes no aumento do pH e redução do Al^{+3} em profundidade, tendo se destacado o silicato quanto à correção em profundidade (0-20 cm). A combinação dos corretivos com o gesso foi mais eficiente que o uso exclusivo na redução da acidez potencial.

PALAVRAS CHAVE: acidez do solo, alumínio trocável, condicionadores do solo, lisímetros.

DYNAMICS OF CORRECTION OF AN ACIDITY SANDY LATOSOL SUBMITTED TO THE APPLICATION SURFACE OF LIMESTONE, SILICATE AND PLASTER AGRICULTURAL

ABSTRAT: Soil acidity is one of the main factors of chemical degradation that reduces culture yield. Correction of soil acidity is required to neutralize the Al^{+3} and allow the plants root system is able to explore greater soil volume by increasing the capacity to absorb water and nutrients. Lime is the corrective more used, however silicates are more reactivities and provide silicon in soil. Gypsum is a soil conditioner that provides calcium and sulfur in subsurface and promotes root depth. The objective of this work was to compare doses and combinations of lime, slag and gypsum for the ability to correct the soil acidity in lysimeters. It was used samples of a sandy Latosol, incubated for 40 days in lysimeters. Afterward, soil was incorporated superficially (5 cm) doses and combinations of lime and slag with gypsum,

in a randomized block design with four replications. It was evaluated pH-H₂O, pH CaCl₂, Al³⁺, H+Al and pH SMP. The correctives were efficient to increase soil pH and to decrease Al³⁺ in depth. Slag silicates were detached to correcting soil acidity in 0-20 cm layer. The combination of lime and slag with gypsum was more effective than the exclusive use of correctives to decrease the potential acidity.

KEYWORDS: soil acidity, aluminum, soil conditioner, lysimeters.

INTRODUÇÃO

O cultivo contínuo do solo geralmente propicia a sua acidificação, independente do sistema de preparo (Cassol e Anghinoni, 1995). A deficiência de cálcio e a toxicidade causada por alumínio e manganês são os fatores que mais limitam a produção, os problemas de acidez têm sido minimizados com uso de corretivos agrícolas (Caires, 2013).

A aplicação de corretivos é fundamental porque a acidez é o principal fator de degradação química do solo e abrange extensas áreas nas zonas temperadas e nos trópicos. Cerca de 70% dos solos brasileiros são considerados ácidos o que reduz a produtividade das culturas em até 40% (Quaggio, 2000). Entre as causas químicas capazes de ocasionar a acidez destacam-se a água da chuva (dissociação do ácido carbônico – H₂CO₃), a decomposição de materiais orgânicos (dissociação de prótons de grupamentos carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica e de restos culturais), a adição de fertilizantes nitrogenados (uréia, sulfato de amônio), a lixiviação de cátions como cálcio, potássio e magnésio (Sá, 1993; Santos, 1997; Pöttker, 2002; Wiethölter, 2000; 2002 a e b) e o cultivo do solo tanto manejado no sistema convencional e sistema plantio direto (Pavan, 1983; Sá, 1993; Salet, 1998; Salet et al. 1999; Pöttker e Ben, 1998; Amaral, 2002 e Wiethölter, 2002 a e b). De modo geral, esses solos apresentam pH baixo, concentração de alumínio em níveis tóxicos (> 1,0 cmol_c kg⁻¹), alta capacidade de adsorção de ânions, especialmente fosfatos (Goedert et al., 1997; Ernani et al., 1998; Bohnen, 2000), resultando em reduzida absorção dos nutrientes e água devido ao menor volume de solo explorado. A disponibilidade de nutrientes é relacionada ao pH do solo. Em solos ácidos com pH baixo (<5,5), há menor disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo, o que prejudica o desenvolvimento normal das plantas e sua capacidade produtiva.

O controle da acidez é efetuada com a aplicação de substâncias que liberam oxidrilas (OH⁻) capazes de neutralizar os prótons (H⁺) da solução do solo. Os materiais empregados como corretivo de acidez são basicamente os óxidos, hidróxidos, escórias e carbonatos de Ca e Mg (Malavolta, 1980). O calcário tem sido o material mais utilizado para neutralizar o efeito tóxico do alumínio no solo, entretanto para ser efetivo, necessita dissolver-se em água. Este

produto fornece nutrientes como Ca e Mg e neutraliza a acidez, mas sua eficiência é predominante na camada de 20 cm de profundidade (Amaral et al., 2004).

O gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tem sido utilizado para promover o aprofundamento do sistema radicular, pois é considerado condicionador de solo e possui elevada mobilidade no perfil. Isto gera maior disponibilização de Ca^{+2} e SO_4^{-2} em solução, o que aumenta a disponibilidade de nutrientes em subsuperfície e reduz a saturação por Al^{+3} (Alcarde e Rodella, 2003).

Da mesma maneira como o calcário, têm sido utilizadas escórias para a correção da acidez do solo. As escórias utilizadas na agricultura liberam cálcio e/ou magnésio em solução, além de liberar ânions (SiO_3^{-2}) os quais apresentam a mesma valência do ânion carbonato (CO_3^{-2}) proveniente da dissolução do calcário (Nolla, 2004). Estes ânions reduzem a toxidez do ferro, manganês e alumínio fitotóxico – Al^{+3} (Korndörfer et al., 2003). Segundo Alcarde e Rodella (2003) o silicato de cálcio é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio ($\text{CaCO}_3=0,014 \text{ g dm}^{-3}$ e $\text{CaSiO}_3=0,095 \text{ g dm}^{-3}$), apresentando, portanto, maior potencial para a correção da acidez do solo em profundidade que o calcário. Além do efeito corretivo, as escórias são fontes de cálcio, magnésio (fertilizante cálcico e magnesiano) e silício, micronutriente considerado benéfico para o desenvolvimento das plantas (Brasil, 2004). A adubação com fontes de silício resulta em aumentos significativos no crescimento e na produtividade de muitas gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, aveia, trigo, milho, grama kikuyu, grama bermuda) e em algumas espécies não gramíneas (feijão, alface, tomate, alface, pepino e repolho), verificando-se aumento de produtividade devido ao acréscimo da disponibilidade de Si no solo (Elawad et al., 1979). Isto ocorre porque o uso de produtos contendo silício em sua composição são capazes de aumentar a resistência a pragas e doenças através da barreira física (camada de sílica abaixo da cutícula) em gramíneas e bioquímica (produção de fitoalexinas – fungicidas naturais) em espécies não gramíneas como a soja (Korndörfer et al., 2003; Nolla et al., 2006).

Apesar dos estudos envolvendo corretivos de acidez do solo ainda são necessárias pesquisas para elucidar questionamentos a respeito de critérios e dosagens de aplicação destes produtos, especialmente em solos arenosos. Isto porque a necessidade de calagem é significativamente inferior a solos com maior teor de argila em função de sua baixa capacidade de troca de cátions. Assim, é desejável o estudo de produtos corretivos distintos, uma vez que a utilização de materiais mais reativos pode promover maior aprofundamento no perfil de solo e uma melhoria na capacidade de absorção de nutrientes, aumentando assim a resistência das culturas à seca.

O objetivo do trabalho foi avaliar a reatividade de calcário e silicato de cálcio e magnésio combinado com o gesso agrícola, quanto à capacidade de corrigir a acidez de um Latossolo arenoso em lisímetros.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em abril de 2013 na Universidade Estadual de Maringá (UEM) no Campus Regional de Umuarama. Utilizou-se como base experimental um Latossolo Vermelho distrófico típico arenoso, originalmente sob campo natural, cujo atributos químicos (0-20cm) estão descritos na Tabela 1. O clima da região é caracterizado segundo Deffune (1994) conforme classificação estabelecida por Köppen como tropical mesotérmico úmido com chuvas de verão e de outono.

Tabela 1 - Caracterização química da camada de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho distrófico típico arenoso, de textura superficial arenosa sob mata natural

pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	V	T	%Al	M.O.	Argila
1: 2,5	-----cmol _c dm ⁻³ -----			---mg dm ⁻³ ---		-----%-----			-----g kg ⁻¹ -----		
4,3	1,00	0,88	0,3	5,76	1,80	31,28	8,01	7,74	13,27	5,38	156,5

Ca, Mg, Al = extrator KCl 1 mol L⁻¹; P, K = extrator Mehlich (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); H+Al = acidez potencial (SMP); T= CTC pH 7,0; V= Saturação da CTC pH7,0 por bases; M.O.= matéria orgânica (Walkley-Black).

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com 8 tratamentos e 4 repetições. Para o desenvolvimento do experimento, foram utilizados lisímetros (Tubos de PVC) de 10 cm (diâmetro) x 50 cm (altura) divididos em anéis de 0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-30; 30-40 e 40-50 cm de profundidade. Os lisímetros foram preenchidos pelo solo, incorporou-se na camada de 0-5 cm os seguintes tratamentos: T1 (Testemunha: dose 0); T2 (Calcário: 4,65 t ha⁻¹); T3 (Calcário + Gesso: 4,65 t ha⁻¹ + 792,5 Kg ha⁻¹); T4 (Silicato: 5,15 t ha⁻¹); T5 (Silicato + Gesso: 5,15 t ha⁻¹ + 792,5 Kg ha⁻¹); T6 (Gesso: 792,5 Kg ha⁻¹); T7 (½ Calcário - 2,33 t ha⁻¹ + ½ Silicato: - 2,58 t ha⁻¹) e T8 (½ Calcário - 2,33 t ha⁻¹ + ½ Silicato: - 2,58 t ha⁻¹ Gesso: 792,5 Kg ha⁻¹). Na parte inferior dos lisímetros foi inserida uma tela para evitar perda de solo. As doses inteiras de calcário e silicato foram calculados de acordo com o seu PRNT 75,2 e 68%, respectivamente, para elevar a saturação por bases a 70% indicada para a região noroeste do Paraná em áreas cultivadas com milho (Raij, 1997).

Após a aplicação dos tratamentos, os lisímetros foram submetidos a um período de incubação de 40 dias em ambiente protegido e permaneceram com umidade próxima da

capacidade de campo (Reichardt, 1985). Finalizado o período de incubação, desmontou-se e separou o solo de cada anel. As amostras de solo foram secas ao ar, moídas e passadas em peneiras com malha de 2 mm de diâmetro. Determinou-se nas amostras de solo dos anéis de cada lisímetro o pH em água (relação 1:2,5), o pH em CaCl_2 (relação 1:2,5 – CaCl_2 0,01 mol L^{-1}) e o pH SMP (relação 1:2,5 + 2,5 da solução SMP – pH 7,5) com eletrodo de vidro, todos conforme Tedesco et al. (1995). O alumínio trocável foi extraído com KCl 1 mol L^{-1} , determinado por titulação com NaOH 0,0125 mol L^{-1} e indicador a fenolftaleína, seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). A acidez potencial foi estimada através do índice SMP ($\text{H}+\text{Al} = 20,1925 - 2,6484 \times \text{pH SMP}$) (Sambatti et al., 2003).

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa SISVAR (Ferreira, 2000) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de corretivos de acidez foi eficaz na diminuição do Al trocável demonstrando a importância da correção na redução dos elementos tóxicos (Figura 1a). A combinação de 1/2 calcário + 1/2 silicato de cálcio e magnésio com gesso foi mais eficiente em reduzir o Al^{3+} em profundidade (0-20 cm). O silicato foi eficiente também na diminuição do Al^{3+} sendo uma opção viável na substituição do calcário por outro corretivo alternativo conforme observado por Artigiani (2008).

O gesso contribuiu para a diminuição do Al^{3+} na camada de 0-10 cm apesar de não ser considerado corretivo de solo. Segundo Alva (1996) o gesso pode reduzir a atividade do Al em solução pelo aumento da concentração iônica, ocasionada pela elevação na concentração de íons em solução como Ca^{+2} e SO_4^{-2} . O calcário foi o corretivo que mais se destacou na neutralização do alumínio até a camada de 0-20 em decorrência do poder de neutralização do calcário (PN = 100%) ser superior ao do silicato (PN = 86%) (Louzada, 1987) corroborando com os dados obtidos por Corrêa et al. (2009).

Quanto a correção do pH- H_2O (Figura 1b) todos os corretivos demonstraram-se eficientes no aumento do pH até as camadas de 0-15 cm de profundidade. O silicato de cálcio e magnésio foi mais eficiente na correção da acidez do solo em profundidade até 15 cm, visto que o silicato é 6,78 vezes mais solúvel que o calcário (Alcarde e Rodela, 2003). Este resultado discorda de Santana (2010) que observou maior eficiência no aumento do pH com a utilização de calcário (5,2) do que com o silicato (5,0). Felipe (2012) observou aumento nos

valores de pH ao trabalhar com silicato de cálcio e magnésio em consórcio milho com braquiária.

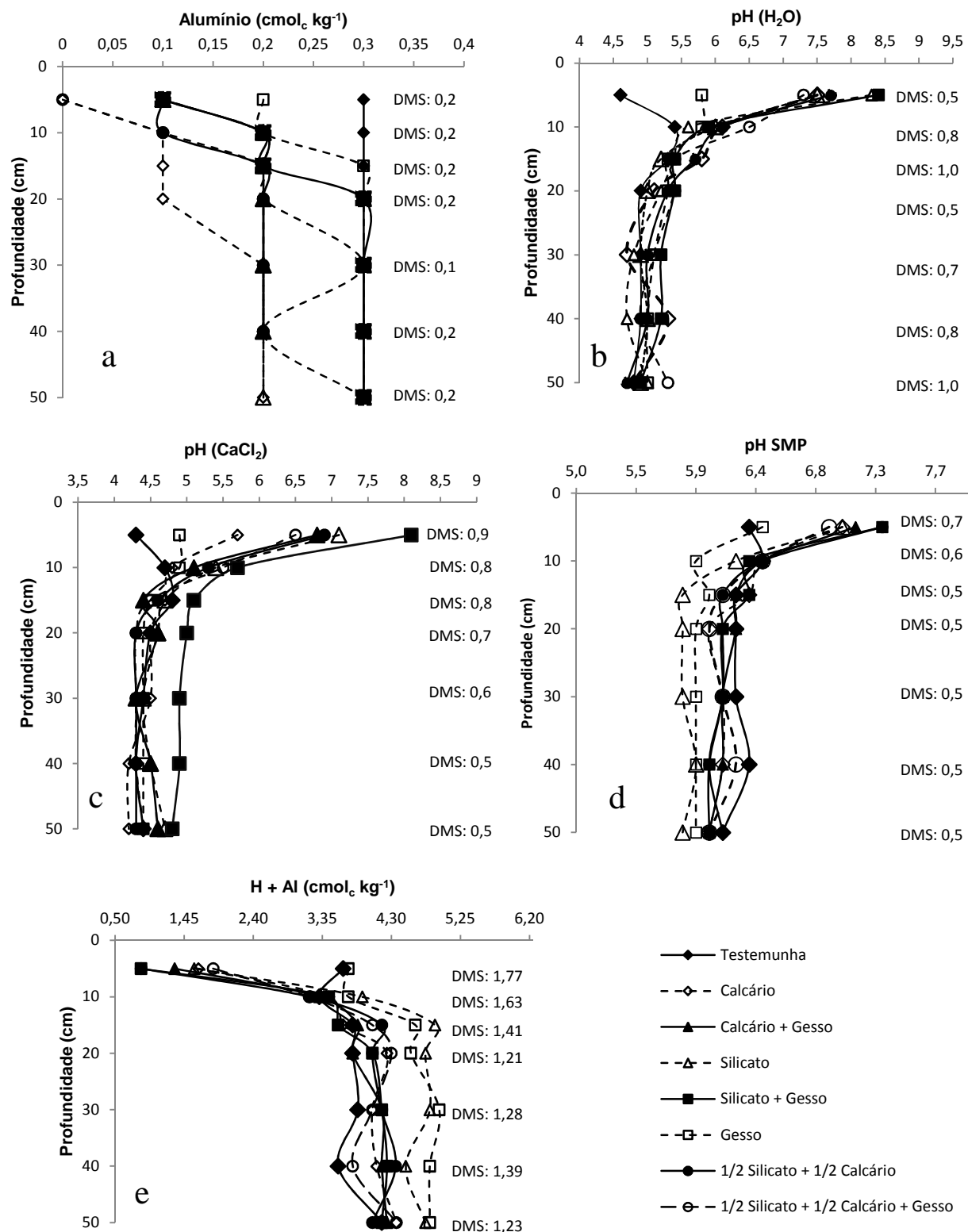


Figura 1: Dinâmica do Alumínio (a), pH – H_2O (b), pH – CaCl_2 (c), pH SMP (d) e H + Al – acidez potencial (e) em profundidade, em função da aplicação de corretivos e condicionador de solo

Estudo realizado por Ramos (2003) verificou que os silicatos de cálcio e magnésio, além do corrigirem o pH nas camadas mais superficiais, apresentaram a característica de percolar no perfil do solo e ainda de diminuir a acidez em maiores profundidades sendo superiores ao calcário.

A aplicação de silicato gerou aumento nos valores de pH-H₂O (camada de 0-5 cm), atingindo valores de 8,5. Valores de pH acima de 7,0 podem desencadear um desequilíbrio nutricional, principalmente em relação a deficiência de micronutrientes (Novais, 2007). Nolla et al. (2009) observou maior eficiência no aumento do pH- H₂O com a utilização do calcário (6,3), sendo que o silicato de Ca e Mg foi inferior (6,1) na correção da acidez, discordando com os dados obtidos neste trabalho.

Houve incremento nos valores de pH na camada de 0-5 cm com o uso do gesso. Porém este incremento não era esperado, tendo em vista que o gesso não é corretivo de acidez (Alcarde, 1992). Raij (2007) atribui esse efeito, devido à reação dos ligantes na superfície das partículas do solo envolvendo óxidos hidratados de ferro e alumínio com o SO₄²⁻ ao deslocar a OH⁻ para a solução do solo e assim promover a redução parcial da acidez. Estudo realizado por Caires et al. (2003) com diferentes doses de calcário e gesso na cultura da soja observaram que o gesso não aumentou o pH, mas melhorou o ambiente radicular em subsolo. Segundo Lopes e Guilherme (2000) o gesso possui alta mobilidade no perfil do solo; aumenta os teores de nutrientes em subsuperfície e favorece o desenvolvimento radicular com consequente absorção dos nutrientes lixiviados para as camadas mais profundas.

Os corretivos apresentaram melhores resultados no aumento do pH-CaCl₂ em relação à testemunha (Figura 1c). O silicato de cálcio e magnésio foi mais eficiente no aumento do pH até 20 cm de profundidade concordando com os dados obtidos por Ramos et al. (2006) que atribui essa eficácia superior em decorrência da sua maior superfície específica (área de contato) em relação ao calcário. Chaves e Faria (2008) observaram melhor desempenho do silicato em relação ao calcário e carbonato de cálcio.

O calcário corrigiu o solo apenas superficialmente, devido à sua baixa solubilidade (0,014 g dm⁻³ – Alcarde e Rodela, 2003). Apesar do calcário ser considerado eficiente na correção da acidez sua ação foi inferior à do silicato na camada de 0-5 cm de profundidade, provavelmente devido sua base (CO₃²⁻ - Kb = 2,2 x 10⁻⁴) ser mais fraca que a do silicato (SiO₃²⁻ - Kb = 1,6 x 10⁻³), ou seja, o calcário apresenta uma liberação mais lenta de hidroxilas para o meio (Alcarde, 1992).

Observou-se redução gradual do pH SMP em profundidade para todos os tratamentos em relação a testemunha (Figura 1d), apresentando diferença significativa até a camada de 0-

10 cm, com valores médios de 6,6 entre os tratamentos. Os valores de H+Al (acidez potencial) foram alterados de acordo com a aplicação dos corretivos (Figura 1e). Houve a redução da acidez potencial do solo na camada de 0-5 concordando com os dados obtidos por Caires et al. (2004) que avaliaram diminuição na acidez potencial com uso do calcário e gesso na mesma profundidade.

A aplicação dos produtos isolados ou em misturas reduziu significativamente a acidez potencial em relação à testemunha. As combinações de silicato + gesso e 1/2 silicato + 1/2 calcário foram mais eficiente em reduzir a acidez potencial que a aplicação exclusiva dos corretivos testados (Figura 1e). Assim como foi constatado neste trabalho, Artigiani (2008) demonstrou que o silicato combinado com o gesso reduziu a acidez potencial aos 6 meses de avaliação.

CONCLUSÕES

Os dois corretivos testados foram igualmente eficientes em reduzir o Al^{+3} até a camada de 20 cm. O calcário aumentou o pH do solo até 15 cm de profundidade, e o silicato de Ca e Mg foi mais eficiente, por ter corrigido a acidez do solo na camada de 0-20 cm.

O calcário e o silicato de cálcio e magnésio combinados com o gesso agrícola foram mais eficientes que o uso exclusivo dos corretivos na redução da acidez potencial (0-15 cm).

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.C. **Corretivos de acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, São Paulo, v. 6, p. 2-3, 1992.

ALCARDE, J. C. **Corretivos de acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, São Paulo, Boletim técnico, 6, 24 p. 2005.

ALCARDE, J.A.; RODELLA, A.A. **Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos**. In: CURI, N. et al.. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 291-334, 2003.

ALVA, A.K.; BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G. & ASHER, C.J. An evolution of aluminum indices to predict aluminum toxicity to plants grown in nutrient solutions. **Communication Soil Science Plant Analyse**, New York, v.17, p.1271-1280, 1986.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 115-123, 2004.

AMARAL, A.S. **Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície.** 2002. 106 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ARTIGIANI, A.C.C.A. **Combinações de gesso, silicato e calcário aplicados superficialmente no sistema plantio direto de arroz e feijão irrigados por aspersão.** 2008. 128p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

BOHNEN, H. Acidez do solo: Origem e correção. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto.** Pelotas: Núcleo Regional Sul, 2000, p.9-19. (Boletim Técnico, 4).

BRASIL DECRETO N° 2954. Aprova o regulamento da lei n° 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Normas jurídicas – DEC 004954, 14 jan., 2004, 27 p.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; BARBUIO, 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.; 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 Ciências do Solo**, v. 28, p. 125-136, 2004.

CAIRES, E.F. **Correção da acidez do solo em Sistema Plantio Direto.** Informações agronômicas, n. 141, 2013.

CASSOL, L.C., ANGHINONI, I. Alterações nas características de um solo podzólico vermelho-escuro após quatro anos de cultivo nos sistemas de plantio direto e convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995. **Anais.** Viçosa: SBCS, 2429p.

CHAVES, L.H.G.; FARIA, C.H.A. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo e na disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5 (Número Especial), p. 72-82, 2008.

COELHO, P.E. Da escória ao vidro. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v.49, p.36-45, 1998.

CORRÊA, J.C.; FREITAG, E.E.; BÜL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; FERNANDES, D.M.; MARCELINO, R. Aplicação superficial de calcário e diferentes resíduos em soja cultivado no sistema plantio direto. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 5, p. 1059-1068, 2009.

DEFFUNE, G. 1994. **Clima e uso da terra no norte e noroeste do Paraná-1975/1986: subsídios ao planejamento regional.** 1994. 118p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

ELAWAD, S.H.; GREEN Jr., V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent

research. **Revista IL RISO**, v. 28, p.235-253, 1979.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L.; OLIVEIRA, L.C. Increase of grain and green matter of corn by liming. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 275-280, 1998.

FELIPE, R. S. **Alterações nos atributos químicos do solo com aplicação de agrosilício no consórcio milho e braquiária**. 2012. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais**. São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; LOURENÇO, S. Nutrient use efficiency in Brazilian acid soils: Nutrient management and plant efficiency. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; SCHAFFERT, R.E. et al. Plant-soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production. **Brazilian Soil Science Society**, Campinas, p. 97-104, 1997.

LOUZADA, P.T.C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo**. 1987. 52 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos**. ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, São Paulo, Boletim técnico, 4, 72 p. 2000.

MARTINS, C. E. **Práticas agrícolas relacionadas á calagem do solo**. Comunicado Técnico, 47: Juiz de Fora - MG, 2005.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **Revista de Ciências Exatas e Naturais**, Porto Alegre, v. 6, n.1, 2004.

NOLLA, A.; PALMA, I.P; SANDER, G.; VOLK, L.B.S.; SILVA, T.R.B. Desenvolvimento de milho submetido à aplicação de calcário e silicato de cálcio em um Argissolo arenoso do noroeste paranaense. **Revista Cultivando o saber**, v. 2, p. 154-162, 2009.

NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; COELHO, L. Efficiency of calcium silicate and carbonate on soybean disease control. **Journal of Plant Nutrition**, USA - Philadelphia, v. 29, n.11, p. 2049-2062, 2006.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F, CANTARUTTI NEVES JCL. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UFV, 2007, 1017 p.

PAVAN, M.A. Alumínio em solos ácidos do Paraná: Relação entre o alumínio não trocável, trocável e solúvel com o pH, CTC, porcentagem de saturação de Al e matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 39-46, 1983.

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem em solos sob plantio direto e em campos nativos do Rio Grande do Sul. In: NUERNBERG, N.J. **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: SBCS/NRS, 1998. p. 77-92.

PÖTTKER, D. Correção da acidez do solo no sistema plantio direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5, 2002, Guarapuava. **Anais**. Guarapuava: Cooperativa Agrária, 2002, p. 54-62.

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

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; ZULLO, M.A.T. O método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 38, p. 57-69, 1979.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285 p.

RAIJ, B. van. **Uso do gesso agrícola na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 2007. p.14-15 (Informações Agrônomicas, 117).

RAMOS, L. A. **Corretivos e condicionadores na correção do solo através de colunas de lixiviação**. 2003. 44p. Monografia (graduação) – Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia, 2003.

RAMOS, L. A. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 849-857, 2006.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985

SÁ, J.C.M. **Manejo da Fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, Fundação ABC, 1993. 94p.

SALET, R.L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. 1998. 109 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

SALET, R.L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R.A. Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto. **Revista Científica Unicruz**, Cruz Alta, v.1, n. 1, p.9-13, 1999.

SANTOS, E.J.S. **Aplicação de calcário em solos arenosos sob sistema plantio direto e campo nativo**. 1997. 67 f. Dissertação (Mestrado em Biodinâmica do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

SAMBATTI, J.A.; SOUZA JUNIOR, I.G.; COSTA, A.C.S.;TORMENA, C.A. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos em formação cauiá – noroeste do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.257-264, 2003.

SANTANA, G.S.; MORITA, I.M.; BIANCHI, P.P.M.; FERNANDES, F.M.; ISEPON, O.J. Atributos químicos, produção e qualidade do capim braquiária em solos corrigidos com calcário e escória silicatada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, p. 377-382, 2010.

SAVANT, N. K.; KORNDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E. et al. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 12, p. 1853-1903, 1999.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. **Uso de gesso agrícola nos solos do cerrado**. Planaltina, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005. 7-8p. (Circular, 32).

TEDESCO, M.J; GIANELLO, C; BISSANI, C. A; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TOLEDO, J.A.; KAMINKI, J. SANTANNA, M.A.; SANTOS, D.R. Tampão Santa Maria (TSM) como alternativa ao tampão SMP para medição da acidez potencial de solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 427-435, 2012.

WIETHÖLTER, S. **Calagem no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2000a. 104p.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5, Guarapuava, 2002. **Anais**. Guarapuava: Cooperativa Agrária, 2002a. p. 14-53.

WIETHÖLTER, S. Revisão das recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. IN: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4, Porto Alegre, 2002. **Anais**. Porto Alegre: UFRGS 2002b. (CD-ROM).

Recebido para publicação em: 10/05/2014

Aceito para publicação em: 30/06/2014