



Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium



ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES

Correlação dos extratores SMP e acetato de cálcio na determinação da acidez potencial em solo de cerrado com diferentes doses de calcário

Doutora Regina Maria Quintão Lana

Professora Titular, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia. Av. Amazonas s/n, *Campus* Umuarama, Bloco 4c112, CEP 38400-000, Uberlândia (MG). E-mail: rmqlana@iciag.ufu.br

Doutor Ângela Maria Quintão Lana

Professora Associada do Departamento de Zootecnia – Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Presidente Antônio Carlos 6627, *Campus* da UFMG, Pampulha, Caixa Postal 567, CEP 31270-901, Belo Horizonte (MG). E-mail: lana@vet.ufmg.br

Doutor Adriane de Andrade Silva

Professora Adjunta, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia. R. Goiás, 2000 – *Campus* Monte Carmelo, CEP 38500.000, Monte Carmelo (MG). E-mail: zoodrika@uol.com.br

Mestrando Bruno Nicchio

Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia; Instituto de Ciências Agrárias; Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Umuarama. E-mail: bruno_nicchio@hotmail.com

Graduando Thiago Prudente Siqueira

Graduando do Curso de Agronomia; Instituto de Ciências Agrárias; Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Umuarama. E-mail: thiagoprudente@agronomo.eng.br

RESUMO

ARTICLE HISTORY

Received: 21 July 2013

Accepted: 20 December 2013

PALAVRAS-CHAVE:

Milho

Calagem e Métodos de extração

A determinação da acidez potencial (H + Al) permite avaliar a fertilidade do solo e as limitações de produção que a acidez pode causar. Objetivou-se estudar os métodos de extração de acidez com solução tampão SMP pH = 7,0 e acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0, através da correlação linear simples entre os extratores e a massa seca das plantas, em função das doses de calcário aplicadas ao solo, identificando a melhor dose, bem como, correlacionar a produção de massa seca com a

absorção de nutrientes pela cultura. O experimento foi conduzido em vasos na casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia, delineamento em blocos casualizados, com 6 tratamentos e 4 repetições. Concluiu-se que houve correlação linear significativa, na dose de 9 t ha⁻¹ de calcário aplicado ao solo. A utilização do método de determinação da acidez com SMP estabeleceu melhor ajuste com a equação de regressão quadrática $y = 0,0744 x^2 - 1,9294 x + 15,132$, com elevado coeficiente de determinação $R^2 = 0,9792$. O acúmulo de nutrientes nas plantas aumentou em função da aplicação de calcário ao solo, até os valores de, 9 t ha⁻¹ para P, Ca e Mg; 6 t ha⁻¹ para S; e 12 t ha⁻¹ para K. A partir destes valores o conteúdo de nutrientes diminuiu com o aumento das doses de calcário.

KEY-WORDS:

Corn

Liming and methods of extraction.

ABSTRACT: CORRELATION OF SMP EXTRACTOR AND CALCIUM ACETATE IN THE DETERMINATION OF THE POTENTIAL ACIDITY (H + AL), IN SOIL WITH DIFFERENT LIMES OF LIME. The determination of potential acidity (H + Al) allows to evaluate soil fertility and production limitations that can cause acidity. Aimed to study the methods of extraction acidity with SMP buffer pH = 7.0 and calcium acetate 0.5 mol L⁻¹ pH 7.0, through a simple linear correlation between the extractors and dry mass of plants in function of lime applied to the soil, identifying the best lime, as well as to correlate the dry mass production with the absorption of nutrients in culture. The experiment was conducted in pots in a greenhouse at the Federal University of Uberlandia, randomized block design, with 6 treatments and 4 replications. It was concluded that there was a significant linear correlation at a lime of 9 t ha⁻¹ of lime applied to the soil. Using the method of determining the acidity established with SMP better fit with the quadratic regression equation $y = x^2 0.0744 - 1.9294 x + 15.132$, with high coefficient of determination $R^2 = 0.9792$. The accumulation of nutrients in plants increased with the application of lime to the soil, to the values of 9 t ha⁻¹ for P, Ca and Mg; 6 t ha⁻¹ to S, and 12 t ha⁻¹ for K. From these values the nutrient content decreased with increasing lime limes.

RESÚMEN:

Cerrado

Influencia altitudinal

Sabana boscosa

Estacionalidad

RESÚMEN. Fenología reproductiva de comunidad de Sabana través de colección de herbario. Este estudio examinó la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de sabana, que se encuentra en Corumbataí, estado de São Paulo, a partir de especímenes de herbario preparadas a partir de material botánico recolectado en esa zona desde hace 41 años, y se deposita en un herbario. Se utilizaron información, presente en 376 especímenes de herbario, relacionadas a 142 especies, agrupadas según los síndromes de dispersión y el hábito. El análisis estadístico sugiere la

influencia de los componentes climáticas en la definición de phenophases reproductivos. Máxima floración y fructificación ocurrieron en febrero y agosto. Los resultados de este estudio confirman la importancia de colecciones de herbarios para estudios fenológicos. Es necesario que los vales consideren análisis fenológica, resultante de esfuerzo de muestreo continuo, también cubre los meses del período de tiempo deseado.

Introdução

Os componentes da acidez potencial do solo, são determinados, geralmente, mediante extração com soluções de sais tamponantes ou misturas de sais neutros com solução-tampão, como o método de determinação com a solução de acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ajustada para pH 7,0.

No entanto, esse método é trabalhoso e apresenta algumas desvantagens como: maior tempo para execução, presença no mercado de acetato de cálcio de baixa qualidade, preparo diário de soluções de acetato e problemas de nitidez no ponto de viragem do indicador durante a titulação, quando os solos são ricos em massa orgânica (GAMA; PROCHNOW; GAMA, 2002).

Segundo Kaminsk et al, (2002), a correlação entre os métodos, SMP e acetato de cálcio, é muito alta. O método SMP vem sendo cada vez mais empregado para a avaliação da acidez potencial, o que se deve principalmente à simplicidade, rapidez, baixo custo e eficiência desse método (SAMBATTI et al., 2003).

A solução tampão SMP, apesar de ter sido inicialmente desenvolvida para determinar a necessidade de calagem e estar sendo amplamente difundida para este fim, a acidez potencial vem sendo estimada no Brasil por este método, em função também das limitações do método do acetato de Ca (SILVA et al., 2008).

Segundo Silva; Costa; Farnezi (2006), a acidez potencial estimada pelo uso do pH SMP, que apresenta boa correlação com o teor de H + Al extraído com acetato de cálcio. Esses mesmos autores concluíram que os teores de H + Al dos solos da região do Vale do Jequitinhonha do Estado de Minas Gerais podem ser estimados por meio da equação: $\text{Ln}(\text{H} + \text{Al}) = 8,26 - 1,124312 \text{ pH SMP}$ ($R^2 = 0,97$), para o pH SMP medido na suspensão solo:solução associado à rotina de determinação do pH em água.

Raij (1991), afirma que sub-estimativas dos valores de H + Al em solos com pH acima de 6,0 podem ser devidas ao deficiente tamponamento da solução de acetato de cálcio em valores de pH próximos de 7,0.

Segundo Gama; Prochnow; Gama (2002), a utilização do método SMP exige o estabelecimento de equações de regressão para cada região. Também concluíram que esse método mostrou-se viável para estimar a acidez potencial de solos do nordeste paraense, através de ajuste de equação de segundo grau, relacionando os teores de H + Al, determinados pelo método do acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, e as leituras de pH SMP.

Sambattiet al, (2003), estudando acidez potencial pelo método SMP pH 7,0 em solos da formação Caiuá Noroeste do estado do Paraná, concluíram que a acidez

potencial (H+Al) pode ser determinada indiretamente pela utilização da solução tampão SMP pH = 7,0. Empregando-se a equação de regressão linear $H + Al = 20,1925 - 2,6484 \text{ pH SMP}$, que apresentou elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9051$) e ausência de erros sistemáticos de predição.

Também, Nachtigallet al, (1989) encontraram correlação significativa ($r = 0,94^{**}$) entre acidez potencial (H + Al) e o potencial SMP de quarenta e quatro solos da região Sul do Rio Grande do Sul mostrando que a acidez potencial dos solos (H + Al extraíveis em pH 7,0) pode ser determinada facilmente através do pH SMP, que é muito mais simples e operacional do que o método convencional.

Kaminsk et al, (2002), concluíram que, embora exista correlação entre a acidez potencial real do solo e a estimada pelo acetato de cálcio, a calibração do método SMP para estimativa da acidez potencial deve ser feita a partir da incubação do solo com carbonato de cálcio. Além disso, os autores sugeriram a equação $\log (H + Al) = 3,020 - 0,371 \text{ SMP}$ para estimar a acidez potencial para solos ácidos com alto poder tampão.

Para os solos desta região, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, torna-se necessário estabelecer quais métodos apresentam melhor correlação, bem como, a equação que permita melhor ajuste.

Portanto, objetivou-se estudar os métodos de extração de acidez com solução tampão SMP pH = 7,0 e acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0, através da correlação linear simples entre os extratores e a massa seca das plantas, em função das doses de calcário aplicadas ao solo, identificando a melhor dose, bem como, correlacionar a produção de massa seca com a absorção de nutrientes pela cultura.

Material e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia, no ano de 2006, em solo de cerrado coletado numa floresta de Pinus na fazenda Mandaguari, município de Iraí de Minas.

O solo apresentou as seguintes características químicas: pH em água = 4,3; P e K, 1,7 e 10,9 mg dm⁻³, respectivamente e A1, Ca e Mg, 0,9, 0,1 e 0,2 cmolc dm⁻³, respectivamente. O H+Al determinado por SMP pH = 7,0 e acetato de cálcio foi de 8,1 e 9,7 cmolc dm⁻³, respectivamente. A saturação por bases e saturação de alumínio foi de 4% e 74%, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constaram da aplicação de 5 doses de calcário dolomítico (PRNT = 87%), 3,0, 6,0, 9,0, 12,0 e 15,0 t ha⁻¹, e a testemunha (sem aplicação de calcário). O solo foi incubado com calcário dolomítico durante o período de 30/05/06 a 13/06/06, em vasos de 3 kg de solo.

Realizou-se a semeadura do híbrido de milho AG1051 e adubação com aplicação de 600 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, 133,3 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 150 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. A adubação de cobertura foi parcelada em 2 épocas com sulfato de amônio na dose de 225 kg ha⁻¹.

Após a colheita foi retirada a parte aérea do milho e levada para estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas. Em seguida, elas foram moídas para análise química foliar dos teores de P, K, Ca, Mg e S.

Posteriormente, o solo foi retirado dos vasos, homogeneizado, seco e determinou-se o pH em H₂O e Al⁺³, Ca⁺² e Mg⁺². O H+Al foi determinado pelo método do pH SMP e pelo acetato de cálcio.

Os resultados foram submetidos à análise estatística e estudou-se a correlação dos métodos de extração de acidez com solução tampão SMP pH = 7,0 e acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0.

Os dados de H + Al para os extratores SMP e acetato de cálcio, produção de massa seca nas plantas e teores foram submetidos à análise de correlação linear simples, a 5% de probabilidade, e à análise de regressão em função das doses de calcário aplicadas ao solo.

Resultados

Para a massa seca de milho e teores de H + Al pelos extratores obteve-se coeficientes de correlação significativos. Observa-se que a massa seca apresentou uma relação inversa com os teores de H + Al extraídos pelo método SMP, bem como, pelo método acetato de cálcio, com coeficientes de correlação significativos de - 0,8538 e - 0,7525, respectivamente (Tabela 1).

Obteve-se coeficientes de correlação significativos também entre os extratores, quanto aos teores de H + Al extraídos. Isto significa que, teores de H + Al extraídos pelo método SMP apresentaram uma relação direta com teores de H + Al extraídos pelo método acetato de cálcio, com coeficiente de correlação significativo de 0,9295.

Massa Seca	H + Al	
	SMP	Acetato de Ca
–		
Massa Seca	- 0,8538*	- 0,7525*
H + Al SMP	–	0,9295*
H + Al Acetato de Ca	–	–

*Significativo a 5 % de probabilidade.

Tabela 1: Coeficientes de correlação linear entre massa seca das plantas de milho e teores de H+Al, extraídos pelos métodos SMP e acetato de cálcio, em solo tratado com diferentes doses de calcário. Uberlândia, MG.

Segundo Silva; Costa; Farnezi (2006), o uso do SMP para estimar a acidez potencial (H+Al), apresenta boa correlação com o teor de H+Al extraído com acetato de cálcio. Também Silva et al, (2008) comparando métodos para estimar a acidez potencial em organossolo da Serra do Espinhaço Meridional a acidez potencial pode ser estimada satisfatoriamente por meio da determinação do pH SMP.

De acordo com a análise de regressão para os valores de H+Al extraídos pelos métodos do pH SMP e do acetato de cálcio, em solo com diferentes doses de

calcário, observa-se que os valores de H+Al para ambos os extratores foram inversamente proporcionais às doses de calcário (Figura 1). À medida que aumenta a dose de calcário aplicada ao solo, observa-se que diminui o teor de H + Al, para os extratores SMP e acetato de cálcio.

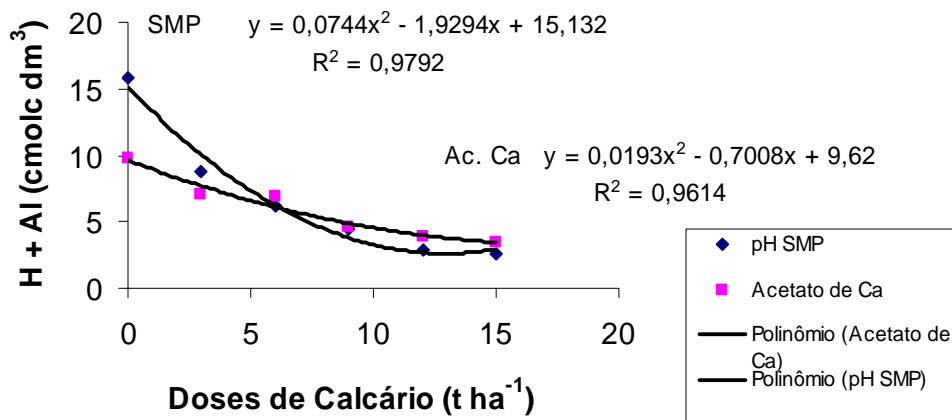


Figura 1: Curvas de regressão quadrática para os teores de H + Al em função das doses de calcário aplicadas ao solo e métodos de extração da acidez (SMP e acetato de cálcio). Uberlândia, MG.

Pelo método do SMP pH = 7,0 o modelo estatístico quadrático estabeleceu melhor ajuste com a equação $y = 0,0739x^2 - 1,9248x + 15,13$ com $R^2 = 0,9793$. O extrator acetato de cálcio também obteve melhor ajuste estatístico com uma equação quadrática, $y = 0,0193x^2 - 0,7007x + 9,6182$, com $R^2 = 0,9617$ (Figura 1). De acordo com o coeficiente de determinação do extrator SMP, 97,93% da variação de H+Al é devido à variação das doses de calcário.

A análise de regressão para a produção de massa seca das plantas de milho em solo com diferentes doses de calcário (Figura 2), mostrou que a massa seca foi crescente com o aumento das doses de calcário até a dose de 9 t ha⁻¹ de calcário e após este valor a produção de massa seca sofreu um decréscimo. Isso indica que a aplicação de calcário em excesso pode estar precipitando alguns micronutrientes e/ou causando inibição competitiva com outros nutrientes.

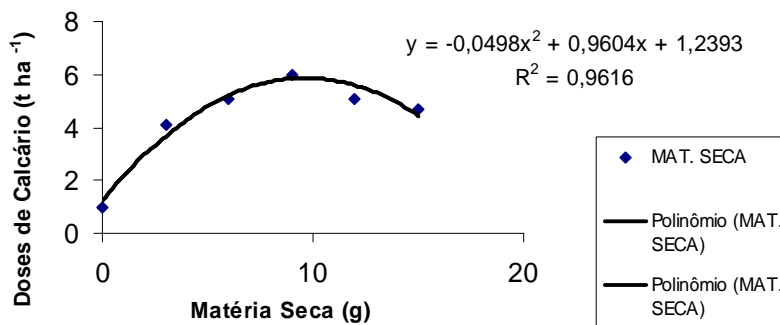


Figura 2: Curva de regressão para a produção de massa seca das plantas de milho em função das doses de calcário aplicadas ao solo. Uberlândia, MG.

Verificou-se coeficientes de correlação significativos entre a massa seca das plantas e os teores de nutrientes nas folhas (P, K, Ca, Mg e S) (Tabela 2). Observa-se que a massa seca apresentou uma relação inversa com os teores de fósforo, potássio e enxofre, com coeficientes de correlação significativos de - 0,8396, - 0,9526 e - 0,7802, respectivamente.

—	Massa Seca	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Massa Seca	—	-0,8396*	-0,9526*	0,6618*	0,8597*	-0,7802*
Fósforo	—	—	0,9032*	-0,8538*	-0,9022*	0,6641*
Potássio	—	—	—	-0,7079*	-0,8857*	0,7705*
Cálcio	—	—	—	—	0,8923*	-0,5106*
Magnésio	—	—	—	—	—	-0,7431*
Enxofre	—	—	—	—	—	—

*Correlação linear simples, significativo a 5 % de probabilidade.

Tabela 2: Coeficientes de correlação linear entre massa seca das plantas de milho e teores de nutrientes nas folhas, em solo tratado com diferentes doses de calcário. Uberlândia, MG.

Entretanto, houve uma relação direta da massa seca com o cálcio e o magnésio, com coeficientes de correlação significativos de 0,6618 e 0,8597, respectivamente, ou seja, à medida que aumentou a quantidade de cálcio e magnésio nas folhas, houve incremento também na massa seca das plantas (Tabela 2).

Também foi observado por Forestieri; De-Polli (1990) incremento na produção de massa seca de milho, em Argissolo Vermelho-Amarelo, após a calagem, enquanto Nwachuku; Loganathan (1991) verificaram aumento significativo dos teores de Ca e Mg nas folhas e colmos de milho.

Houve uma correlação significativa entre os teores de H + Al extraídos pelos métodos SMP e acetato de cálcio e com o acúmulo de P, K, Ca, Mg e S (Tabela 3).

—	H+Al		Acúmulo de Nutrientes				
	SMP	Acetato	P	K	Ca	Mg	S
H+Al SMP	—	0,9295*	-0,8018*	-0,8621*	-0,8166*	-0,8723*	-0,7176*
H+Al acetato	—	—	-0,7466*	-0,7740*	-0,7387*	-0,7956*	-0,5874*
P	—	—	—	0,8582*	0,6929*	0,7758*	0,7696*
K	—	—	—	—	0,8648*	0,8692*	0,8735*
Ca	—	—	—	—	—	0,9656*	0,9115*
Mg	—	—	—	—	—	—	0,8801*
S	—	—	—	—	—	—	—

Tabela 3: Coeficientes de correlação linear entre teores de H+Al extraídos pelos métodos SMP e acetato de cálcio e conteúdo de nutrientes nas folhas de milho, em solo tratado com diferentes doses de calcário. Uberlândia, MG.

Observa-se que houve uma relação inversa entre os extratores e o conteúdo de nutrientes, ou seja, à medida que aumentam os teores de H + Al no solo, extraídos pelos métodos SMP e acetato de cálcio, diminuem o conteúdo de nutrientes nas folhas. Diante disso justifica-se a importância da determinação da acidez potencial (H + Al) para avaliar a fertilidade do solo (GAMA; PROCHNOW; GAMA, 2002).

O conteúdo de nutrientes na planta (massa seca x teor de nutriente) aumentou em função da aplicação de calcário (Figura 3). Para os teores de P, Ca e Mg, estes aumentaram até a aplicação de 9 t ha⁻¹ de calcário. O teor de S aumentou até 6 t ha⁻¹ de calcário; e o teor de K aumentou até 12 t ha⁻¹ de calcário.

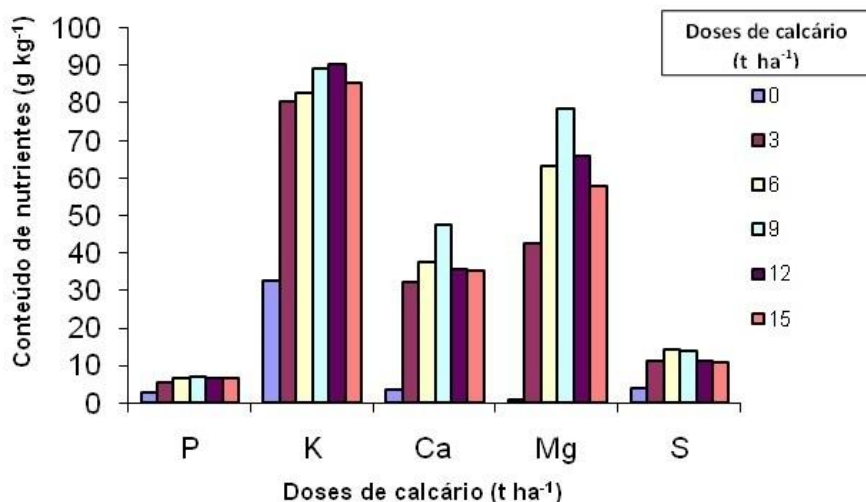


Figura 3: Conteúdo de nutrientes nas plantas de milho em função das doses de calcário aplicadas ao solo. Uberlândia, MG.

A partir destes valores, o conteúdo de nutrientes diminuiu com o aumento das doses de calcário. As mesmas quantidades de nutrientes foram fornecidas para todos os tratamentos em decorrência da necessidade das plantas. Porém, é notável que na ausência de aplicação de calcário, os nutrientes do solo foram absorvidos pelas plantas em baixas quantidades.

Por isso a prática da calagem torna-se imprescindível, devido à melhoria das condições do solo, tais como elevação do pH, redução do teor de Al trocável, elevação dos teores de Ca e Mg disponíveis e aumento da disponibilidade de P para as plantas (MELLO et al., 2011). Portanto esse aumento do pH do solo altera a disponibilidade de nutrientes conforme demonstrado na figura 3, causando não só aumentada disponibilidade como também na absorção de P, K e S (ADETUNJI; BAMIRO 1994; CAIRES et al., 2002) pelo milho.

Conclusões

Entre os extratores de determinação da acidez potencial, SMP e acetato de cálcio, houve correlação linear significativa, verificada na dose de 9 t ha⁻¹ de calcário aplicado ao solo, sendo esta dose a de maior influência sobre a determinação da acidez potencial.

A utilização do método de determinação da acidez com SMP estabeleceu melhor ajuste com a equação de regressão quadrática $y = 0,0744 x^2 - 1,9294 x + 15,132$, com elevado coeficiente de determinação $R^2 = 0,9792$.

O acúmulo de nutrientes nas plantas aumentou em função da aplicação de calcário ao solo, até os valores de, 9 t ha⁻¹ para P, Ca e Mg; 6 t ha⁻¹ para S; e 12 t ha⁻¹ para K. A partir destes valores o conteúdo de nutrientes diminuiu com o aumento das doses de calcário.

Referências

- ADETUNJI, M. T.; BAMIRO, F. O. Effect of lime on soil properties, N nutrition and nutrient uptake of maize in some Nigerian soils. *AfricanCrop Science Journal*, Kampala, v. 2, n. 2, p. 183-187, 1994.
- CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUJO, 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*, Viçosa, v. 26, p. 1011-1022, 2002.
- FORESTIERI, E. F.; DE-POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna preta num Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 14, n. 2, p. 167-172, 1990.
- GAMA, M.A.P.; PROCHNOW, L.I.; GAMA, J.R.N.F. Estimativa da acidez potencial pelo método SMP em solos ocorrentes no nordeste Paraense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n.4, p.1093-1097, 2002.
- KAMINSKI, J.; GATIBONI, L.C.; RHEINHEIMER, D.S.; MARTINS, J.R.; SANTOS, E.J.S.; TISSOT, C.A. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n.4, p.1107-1113, 2002.
- MELO, L. C.; AVANZI, J. C.; CARVALHO, R.; SOUZA, F. S.; PEREIRA, J. L. A. R.; MENDES, A. D. R.; MACÊDO, G. B. Nutrição e produção de matéria seca de milho submetido a calagem e adubação sulfatada. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 193-199, 2011.
- NACHTIGALL, G. R. & YAHL, L. C. Parâmetros relacionados à acidez em solos da região do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 13, p.139-143, 1989.
- NWACHUKU, D. A.; LOGANATHAN, P. The effect of liming on maize yield and soil properties in Southern Nigeria. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, London, v. 22, n. 7, p. 623-639, 1991.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres-Potafós, 343p. 1991.
- SAMBATTI, J.A.; SOUZA JUNIOR, I.G.; COSTA, C. S. & TORMENA, C.A. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos de formação Caiuá - noroeste do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, p.257-264, 2003.
- SILVA, E.B.; COSTA, H.A.O. & FARNEZI, M.M.M. Acidez potencial estimada pelo método do pH SMP em solos da região do Vale do Jequitinhonha no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.30, p.751-757, 2006.
- SILVA, E.B.; SILVA, A. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; FARNEZI, M. M. M.; FERREIRA, C. A.; COSTA, H.A.O. & HORAK, I. Comparação de métodos para estimar a acidez potencial mediante determinação do pH SMP em solos da serra do espinhaço meridional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.38, p. 2007-2013, 2008.