

ESTIMATIVA DA ACIDEZ POTENCIAL PELO pH SMP EM SOLOS DO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO⁽¹⁾

C. A. SILVA⁽²⁾, M. L. AVELLAR⁽³⁾ & A. C. C. BERNARDI⁽²⁾

RESUMO

Neste estudo avaliou-se a relação entre o teor de H + Al e o pH SMP, visando estabelecer uma equação para estimar a acidez potencial de solos do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro. As análises dos teores de H + Al e dos valores de pH SMP foram realizadas em 81 amostras de solo, variando os teores de carbono de 1,8 a 35,6 g kg⁻¹ e os de argila de 60 a 590 g kg⁻¹. Os resultados demonstraram que a acidez potencial dessas amostras de solo, expressa em mmol_c dm⁻³, pode ser estimada pelo valor do pH em solução tampão SMP, por meio da equação de regressão: $H + Al = 31,521 (\text{pH SMP})^2 - 451,61 \text{ pH SMP} + 1625,3$ ($R^2 = 0,87^{**}$).

Termos de Indexação: pH do solo, solução tampão, hidrogênio, alumínio trocável.

SUMMARY: *ESTIMATION OF POTENTIAL ACIDITY BY pH SMP IN SOILS FROM NORTHEASTERN BRAZIL*

*In this study the relationship between the pH SMP and H + Al concentrations was evaluated, in order to establish an equation for estimating the potential acidity of soils from Northeastern Brazil. The H + Al concentration (calcium acetate 0.5 mol L⁻¹, pH 7.0) and pH SMP were analyzed in 81 soil samples. Soil carbon content ranged from 1.8 to 35.6 g kg⁻¹, and clay content varied from 60 to 590 g kg⁻¹. The equation $H + Al = 31.521(\text{pH SMP})^2 - 451.61 \text{ pH SMP} + 1625.3$ ($R^2 = 0.87^{**}$), with H + Al in mmol_c dm⁻³, provides a good estimation of potential acidity by using the pH SMP.*

Index Terms: soil pH, buffer solution, hydrogen, exchangeable aluminum.

⁽¹⁾ Trabalho financiado pela Embrapa. Recebido para publicação em setembro de 1999 e aprovado em maio de 2000.

⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-000 Rio de Janeiro (RJ). E-mail: csilva@cnpes.embrapa.br

⁽³⁾ Química, B.Sc., Embrapa Solos.

INTRODUÇÃO

Os componentes da acidez potencial são os íons H^+ e Al^{3+} presentes nas fases sólida e líquida do solo. Na maioria dos laboratórios brasileiros de análise de solo, um dos extratores mais usados para avaliar os teores de $H + Al$ no solo é o acetato de cálcio 1 mol L^{-1} ($pH = 7,0$). Esse método de determinação da acidez potencial tem, porém, algumas limitações, a saber: o ponto de viragem do indicador (fenolftaleína) é de difícil visualização (Pereira et al., 1998); a quantidade de acetato de cálcio gasta por amostra analisada é elevada, sendo bastante alto o preço desse sal de boa qualidade; a adoção desse método implica maior custo e tempo operacional, por envolver as etapas de extração e determinação titulométrica do $H + Al$ (Escosteguy & Bissani, 1999); a subestimação dos teores de $H + Al$ em solos com pH na faixa de 6,5 a 7,0, decorrente do tamponamento deficiente do acetato de cálcio em solos com esse grau de acidez (Raij, 1991).

Pela sua simplicidade e eficiência (Shoemaker et al., 1961), a solução tampão SMP tem sido, ultimamente, bastante utilizada nos laboratórios brasileiros na determinação da acidez potencial. Os estudos desenvolvidos por Quaggio et al. (1985), Corrêa et al. (1985), Sousa et al. (1989), Pavan et al. (1996), Maeda et al. (1997), Pereira et al. (1998), Gama et al. (1998) e Escosteguy & Bissani (1999) comprovam a eficiência do método SMP para estimar a acidez potencial de solos oriundos de diferentes regiões e estados brasileiros. Todos esses estudos enfatizam o fato de ser o ajuste entre os teores de $H + Al$ e os valores de pH SMP influenciado por diferentes atributos dos solos, como textura e mineralogia, havendo uma variação bastante ampla nos diferentes componentes e modelos de equação para os diferentes estados e regiões brasileiras (Maeda et al., 1997). Portanto, torna-se necessário o estabelecimento de curvas de calibração específicas às diversas regiões, sobretudo para os solos de maior predominância na região.

Este estudo objetivou avaliar o grau de associação entre os teores de $H + Al$, determinados por titulometria, e os valores de pH SMP, com vistas em estabelecer para laboratórios do Nordeste uma equação para estimar, de forma rápida e correta, a acidez potencial.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado nos laboratórios da Embrapa Solos. Foram escolhidas 81 amostras de solo (0-20 cm) oriundas dos estados nordestinos de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Nas amostras de solos provenientes da coleção de solos da Embrapa Solos e de outros

Centros da Embrapa no Nordeste, os teores de carbono variaram de 1,8 a $35,6 \text{ g kg}^{-1}$ e os de argila de 60 a 590 g kg^{-1} . Os valores de pH em água situaram-se na faixa de 4,39 a 7,30.

O $H + Al$ foi extraído com acetato de cálcio a $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, $pH 7,0$, e determinado por titulação com $NaOH 0,025 \text{ mol L}^{-1}$. O procedimento analítico usado nas etapas de extração e quantificação do $H + Al$ é descrito em Silva et al. (1998). O pH SMP foi determinado segundo Raij & Quaggio (1983). Para obter o pH SMP das amostras de solo, foram colocados 10 cm^3 de TFSA (2 mm) em frasco plástico de 50 mL, 25 mL de água destilada e 5 mL de solução tampão SMP, agitando por 15 min, a 220 rpm. Após repouso por uma hora, procedeu-se à leitura do pH de equilíbrio da suspensão de solo com a solução tampão.

O grau de associação entre os valores médios de pH SMP e $H + Al$, obtidos de três repetições, foi determinado com o uso de "software" Microsoft Excel 97, sendo escolhida a equação de melhor ajuste de acordo com o maior coeficiente de determinação.

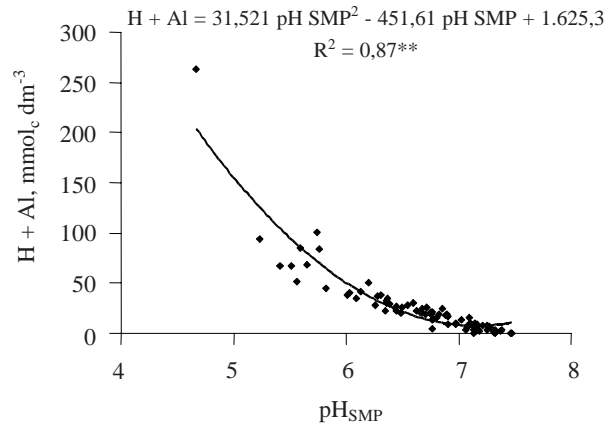
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH SMP variaram de 4,67 a 7,45, enquanto os de acidez potencial ($H + Al$), de 0 a $263,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Os valores de pH SMP e os teores de $H + Al$ no solo associaram-se inversamente, ou seja, a diminuição nos valores de pH SMP foi acompanhada por um aumento na concentração de $H + Al$. O modelo de equação que melhor se ajustou aos dados obtidos foi o quadrático (Figura 1), chegando-se à seguinte equação: $H + Al (\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 31,521(pH \text{ SMP})^2 - 451,61pH \text{ SMP} + 1625,3$ ($R^2 = 0,87^{**}$). Essa equação permitiu estimar os valores de $H + Al$ a partir dos índices de pH SMP, para solos do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro (Quadro 1).

O quadro 2, com a estimativa da acidez potencial de solos de diferentes estados e regiões brasileiras, usando seis valores fixos de pH SMP, variando de 4,5 a 7,3, e equações relacionando $H + Al$ com pH SMP, permitiu comparar os teores de $H + Al$ estimados para os solos do Nordeste com os dos demais locais. No intervalo de pH SMP escolhido, os valores de acidez potencial estimados para os solos do Nordeste apresentaram tendência similar àqueles obtidos para os solos do Rio de Janeiro (Pereira et al., 1998), São Paulo (Quaggio et al., 1985), Minas Gerais (Corrêa et al., 1985) e Mato Grosso do Sul (Maeda et al., 1997). No geral, os dados apresentados revelam que não houve, para um mesmo valor de pH SMP, similaridade nos valores obtidos para os solos analisados de diversos estados e regiões, demonstrando a influência dos atributos dos solos no seu tamponamento (Quadro 2).

Quadro 1. Conversão de valores de pH SMP para acidez potencial (H + Al) para solos do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro

pH SMP	H + Al	pH SMP	H + Al	pH SMP	H + Al
	mmol _c dm ⁻³		mmol _c dm ⁻³		mmol _c dm ⁻³
4,65	206,9	5,55	89,8	6,45	23,8
4,70	199,0	5,60	84,8	6,50	21,6
4,75	191,3	5,65	79,9	6,55	19,6
4,80	183,8	5,70	75,2	6,60	17,7
4,85	176,4	5,75	70,7	6,65	16,0
4,90	169,2	5,80	66,3	6,70	14,5
4,95	162,2	5,85	62,1	6,75	13,1
5,00	155,3	5,90	58,0	6,80	11,9
5,05	148,5	5,95	54,1	6,85	10,8
5,10	141,9	6,00	50,4	6,90	9,9
5,15	135,5	6,05	46,8	6,95	9,2
5,20	129,2	6,10	43,4	7,00	8,6
5,25	123,1	6,15	40,1	7,05	8,1
5,30	117,2	6,20	37,0	7,10	7,8
5,35	111,4	6,25	34,0	7,15	7,7
5,40	105,8	6,30	31,2	7,20	7,7
5,45	100,3	6,35	28,6		
5,50	95,0	6,40	26,1		

**Figura 1. Relação entre a acidez potencial (H + Al) e o pH SMP, em solos do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro.**

A relação entre os valores médios de H + Al (mmol_c dm⁻³), apresentados no quadro 2, e o pH SMP foi descrita pela seguinte equação: $H + Al = 28,05 (\text{pH SMP})^2 - 394,37 \text{ pH SMP} + 1400,4$ ($R^2 = 0,99^{**}$). Essa equação possibilitou estimar a acidez potencial para solos de diversas regiões e estados brasileiros. Contudo, alguns pontos deveriam ser ainda ressaltados: (a) os valores de H + Al estimados nos ramos extremos dessa curva mostraram-se bastante

Quadro 2. Estimativa dos teores de H + Al no solo, para valores de pH SMP na faixa de 4,5 a 7,3, por meio de equações ajustadas para diferentes estados e regiões brasileiros

Região ou estado	Referência ⁽¹⁾	pH SMP					
		4,5	5,0	5,7	6,0	6,8	7,3
————— H + Al (mmol _c dm ⁻³) —————							
Rio de Janeiro	Pereira et al. (1998)	235,1	141,2	69,1	50,9	22,5	13,5
Rio G. do Sul e Santa Catarina	Escosteguy & Bissani (1999)	138,6	88,3	47,0	35,9	17,5	11,1
São Paulo	Quaggio et al. (1985)	205,2	121,2	58,0	42,3	18,2	10,8
Paraná	Pavan et al. (1996)	151,8	104,6	62,2	49,7	27,4	18,9
Nordeste Paraense	Gama et al. (1998)	147,7	110,0	68,4	54,5	29,2	22,1
Minas Gerais	Correa et al. (1985)	213,4	122,4	56,2	40,3	16,6	9,5
Mato Grosso do Sul	Maeda et al. (1997)	273,0	160,5	76,3	55,5	23,7	14,0
Cerrados	Sousa et al. (1989)	184,1	107,9	51,1	37,1	15,8	9,2
Nordeste	Presente trabalho	231,5	155,3	75,2	50,4	11,9	8,3
Média		197,8	123,5	62,6	46,3	20,3	13,0
Desvio-padrão		43,2	22,9	9,8	7,0	5,4	4,4
Coefficiente de variação		21,8	18,5	15,6	15,2	26,7	33,9

⁽¹⁾ As equações utilizadas para estimar os teores de H + Al no solo foram: RJ: $\text{Ln}(H + Al) = 10,05 - 1,02 \text{ pH SMP}$; RS e SC: $H + Al = 7968,4(2,71828)^{-0,9004 \text{ pH SMP}}$; SP: $\text{Ln}(H + Al) = 7,76 - 1,053 \text{ pH SMP}$; PR: $\text{Ln}(H + Al) = 6,068 - 0,744 \text{ pH SMP}$; Nordeste Paraense: $H + Al = 13,294 (\text{pH SMP})^2 - 201,73 \text{ pH SMP} + 786,3$; MG: $\text{Ln}(H + Al) = 8,06 - 1,111 \text{ pH SMP}$; MS: $\text{Ln}(H + Al) = 8,086 - 1,062 \text{ pH SMP}$; Cerrados: $\text{Ln}(H + Al) = 7,719 - 1,068 \text{ pH SMP}$; Nordeste: $H + Al = 31,521 (\text{pH SMP})^2 - 451,61 \text{ pH SMP} + 1.625,3$.

imprecisos, pois os desvios-padrões acarretaram coeficientes de variação maiores que 20% (Quadro 2); (b) as incorreções foram maiores no ramo da curva onde os valores de pH SMP situaram-se em torno de 7,0. A utilização dessa curva para estimar a acidez potencial, principalmente ao usar os ramos extremos, suscitou uma série de preocupações, tais como: (1) a possibilidade de sub ou superestimar a CTC potencial; (2) a possibilidade de calcular, de forma errônea, a necessidade de calagem. A análise da figura 2 evidencia a necessidade de se obter, de forma regionalizada, a relação entre a acidez potencial e o pH SMP, visando minimizar os erros intrínsecos à determinação incorreta dos teores de H + Al do solo, considerando a importância desse atributo no cálculo de outras características que permitem a recomendação adequada de adubos e corretivos e, por conseguinte, influem no crescimento e desenvolvimento das plantas.

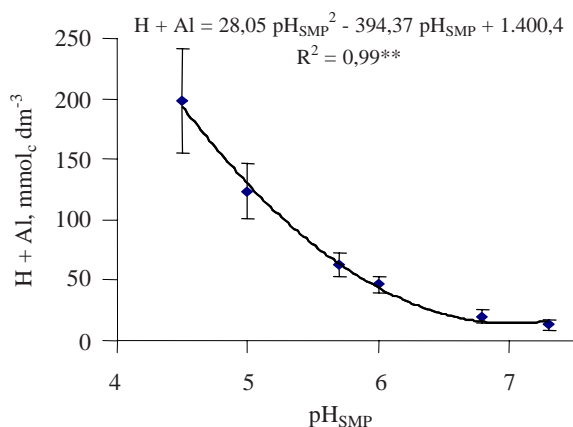


Figura 2. Relação entre os teores médios de H + Al, (Quadro 2) e o pH SMP, para solos de diversas regiões e estados brasileiros.

CONCLUSÕES

1. A equação $H + Al \text{ (mmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 31,521 (\text{pH SMP})^2 - 451,61 \text{ pH SMP} + 1.625,3$ pode ser utilizada para estimar a acidez potencial de amostras de solos do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro por meio de uma simples medição de pH SMP.

2. Comparações realizadas demonstraram a necessidade de se ajustar, regionalmente, a relação entre os teores de H + Al e os índices de pH SMP, visto que a equação obtida com a média de dados de

diferentes regiões e estados do Brasil estima a acidez potencial de modo incorreto nos extremos da curva apresentada.

LITERATURA CITADA

- CORRÊA, J.B.; COSTA, P.C.; LOPES, A.S. & CARVALHO, J.G. Avaliação de H+Al pelo método SMP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12., Caxambu, 1985. Anais. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1985. p.111-112.
- ESCOSTEGUY, P.A. & BISSANI, C.A. Estimativa de H + Al pelo pH SMP em solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. R. Bras. Ci. Solo, 23:175-179, 1999.
- GAMA, M.A.P.; PROCHNOW, L.I. & GAMA, J.R.N.F. Avaliação da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos do Nordeste Paraense. In: RESUMOS DA FERTBIO, Caxambu, 1998. Anais. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1998. p.544
- MAEDA, S.; KURIHRA, C.H.; HERNANI, L.C.; FABRICIO, A.C. & SILVA, W.M. Estimativa da acidez potencial, pelo método do pH SMP, em solos do Mato Grosso do Sul. Dourados, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecária, 1997. 25p. (Boletim de Pesquisa, 3)
- PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L. & MIYAZAWA, M. Determinação indireta da acidez extraível do solo (H+Al) por potenciometria com a solução tampão SMP. Arq. Biol. Tecnol., 39:307-312, 1996.
- PEREIRA, M.G.; VALLADARES, G.S.; SOUZA, J.M.P.F.; PÉREZ, D.V. & DOS ANJOS, L.H.C. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos do estado do Rio de Janeiro. R. Bras. Ci. Solo, 22:159-162, 1998.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van & MALAVOLTA, E. Alternative use of the SMP-buffer solution to determine lime requirement of soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 16:245-260, 1985.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres/Potafos, 1991. 343p.
- SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, W.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 25:274-277, 1961.
- SILVA, F.C.; EIRA, P.A.; BARRETO, W.O.; PÉREZ, D.V. & SILVA, C.A. Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecária, 1998. 56p.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. & CASTRO, L.H.R. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. R. Bras. Ci. Solo, 13:193-198, 1989.