

# **ESTIMATIVA DA ACIDEZ POTENCIAL PELO MÉTODO DO pH SMP EM SOLOS DA FORMAÇÃO CAIUÁ - NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ<sup>(1)</sup>**

**J. A. SAMBATTI<sup>(2)</sup>, I. G. SOUZA JUNIOR<sup>(2)</sup>,  
A. C. S. COSTA<sup>(3)</sup> & C. A. TORMENA<sup>(3)</sup>**

## **RESUMO**

A utilização do pH SMP na estimativa da acidez potencial tem vantagens em relação ao método do acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7, mas requer regionalização edafológica prévia para estimar, com segurança, os valores de H + Al. Na região noroeste do Paraná, encontram-se solos originários de uma rocha sedimentar arenosa da Formação Caiuá, denominada Arenito Caiuá, do período Cretáceo. Esses solos são caracterizados pelos baixos teores de argila, matéria orgânica e baixo tamponamento, diferindo da maioria dos solos existentes no estado. Este estudo teve por objetivo comparar os métodos do pH SMP e o do acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7, visando estabelecer uma equação que estime a acidez potencial dos solos dessa área, por meio da obtenção do pH de equilíbrio da suspensão com a solução SMP. Cento e cinquenta amostras de solos daquela área foram submetidas a análises de regressão, utilizando três modelos que foram avaliados, quanto à qualidade das estimativas, pelas estatísticas dos seus coeficientes e pelo comportamento dos seus resíduos (medido-estimado). A equação linear  $H + Al = 20,1925 - 2,6484 \text{ pH SMP}$  ( $R^2 = 0,9051$ ) foi a que melhor estimou a acidez potencial dos solos pertencentes à Formação Caiuá.

**Termos de indexação:** tamponamento, solos arenosos, química do solo, capacidade de troca catiônica, pH do solo.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em abril de 2002 e aprovado em janeiro de 2003.

<sup>(2)</sup> Pós-Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Av. Colombo 5790, CEP 87020-190 Maringá (PR). Bolsista do CNPq. E-mail: jasambatti@brturbo.com.br; igsjunior@uem.br

<sup>(3)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Agronomia, UEM. Bolsista do CNPq. E-mail: acscosta@uem.br; catormena@uem.br

**SUMMARY:** ESTIMATION OF POTENTIAL ACIDITY BY THE pH SMP METHOD IN SOILS OF THE CAIUÁ FORMATION - NORTHWEST OF THE STATE OF PARANÁ

*The use of the pH SMP to estimate the potential acidity has advantages in relation to the 0.5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7, calcium acetate method, but it requires previous edaphic regionalization to estimate the H + Al values with safety. In the northwestern region of the State of Paraná there are soils originally developed from sandy sedimentary rock of the Caiuá Formation, called Caiuá Sandstone, of the Cretaceous period. These soils are characterized by low contents of clay and organic matter, and a low buffer capacity, differing from most of the other soils in the state. The objective of this research was to compare the pH SMP and the 0.5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7 calcium acetate methods, in order to establish an equation to estimate the potential acidity of soils in this area, by determination of the equilibrium pH of the soil suspension with the SMP solution. One hundred and fifty soil samples of this area were submitted to regression analyses, evaluating three regression models according to the estimate quality, by statistics of their coefficients and behavior of their residues (measured-estimated). The linear equation  $H + Al = 20.1925 - 2.6484 \text{ pH SMP}$  ( $R^2 = 0.9051$ ) estimated the potential acidity of Caiuá Formation soils best.*

*Index terms: buffer capacity, sandy soils, soil chemistry, cation exchange capacity, soil pH.*

## INTRODUÇÃO

Uma das propriedades mais importantes do solo é a de reter íons na interface sólido/solução do solo. Esta propriedade, quando se trata da troca de cátions, é denominada capacidade de troca catiônica (CTC). O conhecimento de sua magnitude é de grande relevância tanto do ponto de vista agrícola quanto ambiental. Vários métodos, diretos e indiretos, têm sido utilizados para a determinação da CTC; contudo, o procedimento freqüentemente utilizado nos laboratórios brasileiros de análises de solo para fins de fertilidade é o da soma de bases, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, mais a acidez potencial (H + Al), extraídos por diferentes métodos químicos.

Os componentes da acidez potencial dos solos, H e Al, são determinados, geralmente, mediante extração com soluções de sais tamponantes ou misturas de sais neutros com solução-tampão. Na maioria dos laboratórios brasileiros de análises de solo, utiliza-se a solução de acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7. No entanto, este método apresenta algumas limitações, tais como: a difícil visualização do ponto de viragem do indicador durante a titulação (Pereira et al., 1998), a elevada quantidade de acetato de cálcio consumida por amostra, o que resulta em aumento do custo da análise (Silva et al., 2000), a elevada demanda de tempo operacional, decorrente das etapas de extração e determinação titulométrica, o que dificulta a automação do processo (Pavan et al., 1996; Escosteguy & Bissani, 1999). Além disso, subestimativas 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 (Raij, 1991).

Em diversos países, a solução-tampão SMP (Shoemaker et al., 1961) é o método mais utilizado na avaliação da acidez potencial. Apesar de ter sido inicialmente desenvolvida para determinar a necessidade de calagem e estar sendo amplamente difundida para este fim (Raij et al., 1979; Sousa et al., 1980; Ernani & Almeida, 1986), o método SMP vem sendo cada vez mais empregado no Brasil para a avaliação da acidez potencial. Isso se deve, principalmente, à simplicidade, rapidez, baixo custo e eficiência desse método.

Com vistas em estimar a acidez potencial de solos de diferentes estados e regiões brasileiras, vários estudos têm sido desenvolvidos por meio do pH SMP. Quaggio et al. (1985) apresentaram o modelo de equação para o estado de São Paulo, Corrêa et al. (1985), para o estado de Minas Gerais; Sousa et al. (1989), para os cerrados; Pavan et al. (1996), para o estado do Paraná; Maeda et al. (1997), para o estado do Mato Grosso do Sul; Escosteguy & Bissani (1999), para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina; Nascimento (2000), para o estado de Pernambuco; Silva et al. (2000), para solos do semi-árido do nordeste brasileiro, e Silva et al. (2002), para os solos da região norte do estado de Minas Gerais.

Nestes trabalhos, observou-se, que dentre os modelos matemáticos utilizados para relacionar os valores de H + Al e o pH SMP, predominam os que usam regressão exponencial e polinomial de segunda ordem. Na maioria dos trabalhos publicados, os autores preocuparam-se muito mais em observar o ajuste dos modelos utilizados em relação aos dados obtidos do que avaliar a sua qualidade para decidir sobre sua adoção ou modificação. Segundo Montgomery & Peck (1992), a avaliação da

qualidade de um modelo envolve não somente a observação do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), mas também a significância estatística de seus coeficientes e a avaliação dos resíduos produzidos pelos modelos.

As diferentes equações de correlação obtidas nesses trabalhos evidenciam a influência de algumas características dos solos na relação entre estas variáveis. Neste contexto, Escosteguy & Bissani (1999) ressaltaram a necessidade de regionalização dos estudos, em virtude da variação do poder-tampão entre solos de diferentes composições, com destaque para o teor e tipo de matéria orgânica, textura, tipo e quantidade de minerais da fração argila e pH. Ainda, de acordo com Pavan et al. (1996) e Quaggio & Raij (2001), o uso deste método deve ser precedido de uma regionalização edafológica prévia, para obter curvas de calibração específicas.

A região noroeste do estado do Paraná ocupa 18 % da área total do estado, abrange 100 municípios e totaliza 3.510.800 hectares (Emater-Paraná, 1998), dos quais, aproximadamente, 2.640.000 hectares são formados a partir de rochas sedimentares arenosas da Formação Caiuá, do Cretáceo, resultado de um processo de sedimentação eólica posterior aos últimos derrames de lava da Formação Serra Geral (EMBRAPA, 1984). Os solos presentes nesta formação são o Latossolo Vermelho-Escuro, Podzólico Vermelho-Escuro, Podzólico Vermelho-Amarelo e Areias Quartzosas, de textura média e arenosa (EMATER-Paraná, 1998), classificados, no atual sistema brasileiro de classificação de solos, como: Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Quartzarênicos, respectivamente (EMBRAPA, 1999). A textura arenosa e os baixos teores de matéria orgânica conferem a estes solos um baixo poder-tampão, diferenciando-os da maioria dos solos do restante do estado. Configura-se, portanto, a necessidade de estabelecer as relações entre os teores de H + Al e o pH SMP para os solos desta formação, para que a estimativa indireta da acidez potencial, via leitura do pH SMP, seja obtida com alto grau de confiabilidade.

Este trabalho teve por objetivos: (a) avaliar a relação entre os teores de H + Al, determinados por meio de procedimento titulométrico, após extração com acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , e os valores de pH SMP; (b) avaliar diferentes modelos matemáticos que estimem H + Al a partir da medida do pH SMP, para os solos do arenito Caiuá no noroeste do estado do Paraná, com base nas suas propriedades estatísticas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Maringá, utilizando

150 amostras de solos selecionadas, de acordo com sua procedência, do total enviado por produtores para análise química de rotina durante o ano de 2000. As amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm, realizando-se a leitura do pH em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , pH SMP, determinação de H + Al,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e C orgânico.

O pH em  $\text{CaCl}_2$  foi determinado em uma relação solo/solução de 1/2,5, após 10 min de agitação e 30 min de repouso. Para medir o pH SMP,  $10 \text{ cm}^3$  de TFSA foram colocados em copos plásticos, adicionando-se 25 mL de solução de  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  e 5 mL de solução-tampão SMP. A solução SMP foi preparada de acordo com Raij & Quaggio (1983). O conjunto foi agitado por 15 min a 160 rpm e, após repouso de uma hora, procedeu-se à leitura do pH da suspensão de solo com a solução SMP pH 7,5.

A acidez potencial (H + Al) foi extraída com acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , pH 7,0 e determinada por titulação com  $\text{NaOH}$   $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ . Em copos plásticos foram adicionados  $5 \text{ cm}^3$  de TFSA e 75 mL de solução extratora. Após 15 min de agitação e repouso por uma noite, alíquotas de 25 mL foram retiradas, procedendo-se à titulação com  $\text{NaOH}$   $0,025 \text{ mol L}^{-1}$  na presença de fenolftaleína alcoólica. Todos os procedimentos adotados para a extração da acidez potencial (H + Al) nas amostras foram efetuados também nas provas em branco, com vistas em quantificar a acidez proveniente de outras fontes, de modo que a acidez potencial foi determinada subtraindo-se do volume consumido na titulação de cada amostra o volume médio consumido nas provas em branco, acrescido do fator de correção de 1,1, resultando em incrementos de 10 % para a concentração de H + Al.

Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica após extração com  $\text{KCl}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$ . O  $\text{K}^+$  foi extraído por meio do extrator Mehlich-1 e sua determinação foi feita em fotômetro de chama. O carbono orgânico foi determinado pelo método Walkley - Black (EMBRAPA, 1997).

Os dados obtidos, concentração de H + Al e pH SMP, foram submetidos à análise de regressão, utilizando os procedimentos estatísticos com as rotinas PROG REG e PROG GLM (SAS, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de solo apresentaram ampla variação de pH, em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , de reação fortemente ácida até neutra (Quadro 1). No entanto, esta variação de acidez ativa não acarretou igual variação nos valores de mesma magnitude de pH SMP, considerando a baixa capacidade tampante das frações (inorgânica e orgânica)

destes solos. Normalmente, os solos da região noroeste do Paraná apresentam a mineralogia de sua fração argila dominada por minerais do grupo da caulinita e sesquióxidos de ferro e alumínio, que apresentam baixa CTC e teores baixos de matéria orgânica (EMBRAPA, 1984; Costa et al., 1999).

Nos solos utilizados, foi observada uma significativa e positiva correlação (Figura 1) entre a capacidade de troca catiônica (CTC) e os teores de C orgânico ( $F = 154,5$ ;  $P > F = 0,0001$ ) que confirmam que estes solos apresentam CTC dependente do teor de C orgânico e baixo valor de CTC dependente da fração inorgânica. No ajuste dos valores de CTC versus teor de C, o coeficiente angular da equação de regressão linear obtido, multiplicado por 1.000, pode ser atribuído à CTC dos colóides orgânicos. O valor obtido ( $435,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) é bastante próximo dos  $445,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , obtido por Costa et al. (1999), para os Latossolos do estado do Paraná, e dos  $450 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  utilizados pela EMBRAPA (Camargo et al., 1987), para calcular a CTC da argila livre da matéria orgânica. Já o coeficiente linear da equação de regressão ( $2,1164 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) pode ser atribuído à CTC da fração inorgânica destes solos.

Os teores encontrados para o C orgânico, neste conjunto de solos, são baixos (Quadro 1), apresentando como valor médio  $5,84 \text{ g dm}^{-3}$  e baixa CTC proveniente dos colóides orgânicos, que, somada à contribuição da fração inorgânica, confirmam o baixo tamponamento destes solos, cujo valor médio de CTC obtido pela soma das bases trocáveis e da acidez potencial é de  $4,66 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Apesar de estar presente em pequenas quantidades, a fração orgânica é responsável, na média, pela maior parte da CTC desses solos. Isto é, utilizando o valor médio de C orgânico de  $5,84 \text{ g dm}^{-3}$  e  $435,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para a CTC da fração orgânica, obtém-se o valor de  $2,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para a fração orgânica, o que corresponde a 54,6 % da CTC do solo.

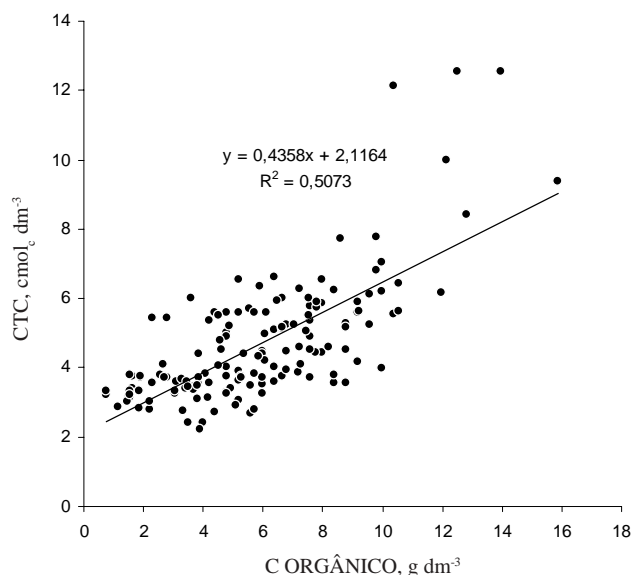
A elevada correlação positiva entre a acidez potencial e os teores de carbono orgânico, também verificada por Pavan (1983), foi atribuída à capacidade da solução de acetato de cálcio em extrair

não somente a acidez trocável, mas também aquela dependente de pH, associada aos grupos funcionais carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica.

Os valores de pH SMP e a concentração de H + Al extraídos com solução de acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  relacionaram-se inversamente, sendo três modelos de regressão ajustados aos dados: (a) linear, (b) quadrático e (c) exponencial (Figura 2 e Quadro 2).

Os resultados indicam que os três modelos são estatisticamente significativos a 0,01 % de probabilidade pelo teste F e que tanto a função linear como a quadrática apresentaram elevado coeficiente de determinação ( $R^2 > 0,90$ ).

O quadro 3 apresenta a avaliação estatística dos coeficientes dos modelos utilizados neste estudo. Tanto o coeficiente de intercepção como o angular,



**Figura 1. Relação entre a capacidade de troca catiônica e o teor de C orgânico das amostras de solo.**

**Quadro 1. Valores (mínimo, médio e máximo), desvio-padrão e coeficiente de variação das características químicas avaliadas das 150 amostras de solo**

	pH CaCl <sub>2</sub>	pH SMP	H + Al	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	T	C
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							g dm <sup>-3</sup>
Mínimo	3,84	5,80	0,58	0,27	0,29	0,02	2,23	0,77
Médio	5,14	6,82	2,14	1,58	0,81	0,14	4,66	5,84
Máximo	6,56	7,44	5,03	7,19	3,30	0,50	12,55	15,88
Desvio-padrão	0,54	0,33	0,79	1,03	0,41	0,08	1,76	2,88
C.V. (%)	10	5	37	65	50	59	38	49

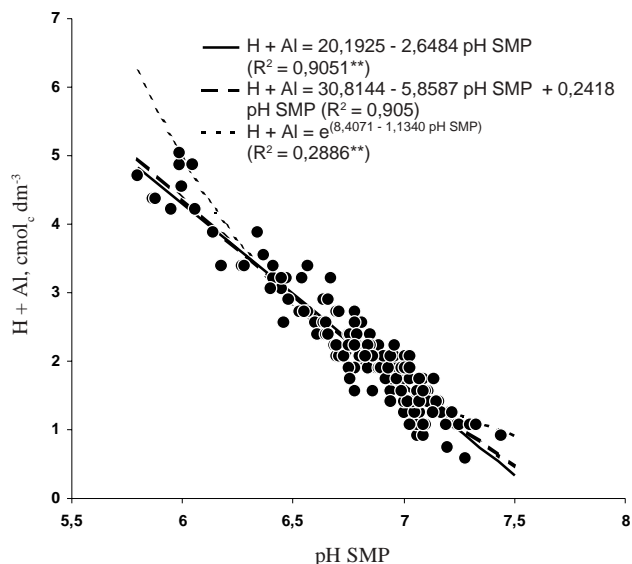


Figura 2. Relação entre teores de H + Al extraídos com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> e pH SMP.

do modelo linear, são significativos ( $P < 0,0001$ ), além de apresentarem valores baixos dos erros-padrão. O modelo quadrático, com  $R^2$  ligeiramente superior ao do modelo linear, apresentou valores mais altos dos erros-padrão, além de componente quadrático não-significativo ( $P > 0,05$ ), o que não contribuiu para melhor explicar a relação entre as variáveis. O modelo exponencial conta com seus dois coeficientes significativos ( $P < 0,0001$ ) e também apresentou valores reduzidos dos erros-padrão.

As figuras 3a e 4a ilustram a relação entre os valores estimados de H + Al pelo modelo e os medidos de H + Al por extração com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, para os modelos: linear e quadrático, respectivamente. As figuras 3b e 4b mostram a relação entre os erros (H + Al medido - H + Al estimado) e os valores estimados de H + Al para estes dois modelos. Observam-se, em ambos os modelos, poucos desvios da reta entre os valores estimados e os valores medidos e que a distribuição dos erros se dá de forma aleatória, o que, segundo Neter et al.

Quadro 2. Análise de variância e coeficiente de determinação ajustado para os três modelos de regressão avaliados

Modelo	FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F	R <sup>2</sup> ajustado
Linear H + Al = a + b pH SMP	Modelo	1	112,5754	112,5754	1421,92	0,0001	0,9051
	Resíduo	148	11,7174	0,0792			
	Total	149	124,2928				
Quadrático H + Al = a + b pH SMP + c (pH SMP) <sup>2</sup>	Modelo	2	112,7547	56,3774	718,27	0,0001	0,9059
	Resíduo	147	11,5381	0,0785			
	Total	149	124,2928				
Exponencial <sup>(1)</sup> H + Al = e <sup>(a + b pH SMP)</sup>	Modelo	1	20,6388	20,6388	721,48	0,0001	0,8286
	Resíduo	148	4,2337	0,0286			
	Total	149	24,8725				

<sup>(1)</sup> R<sup>2</sup> ≅ 1 - (SQM/SQ resíduo).

Quadro 3. Resultados da avaliação estatística dos três modelos de regressão utilizados para o ajuste dos dados

Modelo	Coefficiente	Estimativa	Erro-padrão	t	Pr > [t]
Linear	a	20,1925	0,4793	42,13	< 0,0001
	b	-2,6484	0,0702	-37,71	< 0,0001
Quadrático	a	30,8144	7,0441	4,37	< 0,0001
	b	-5,8587	2,1252	-2,76	0,0066
	c	0,2418	0,16	1,51	0,1328
Exponencial	a	8,4071	0,2881	29,18	< 0,0001
	b	-1,1340	0,0422	-26,86	< 0,0001

Linear: H + Al = a + b pH SMP  
 Quadrático: H + Al = a + b pH SMP + c (pH SMP)<sup>2</sup>  
 Exponencial: H + Al = e<sup>(a + b pH SMP)</sup>



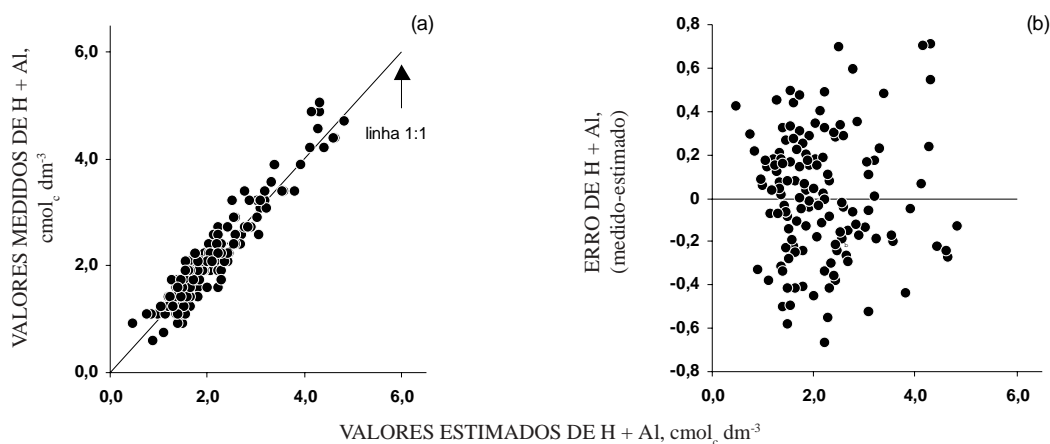
(1989) e Montgomery & Peck (1992), indica uma adequada descrição dos dados por estes modelos.

A relação entre os valores estimados de H + Al pelo modelo exponencial e os medidos de H + Al por meio da extração com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> (Figura 5a) e a observação da distribuição dos erros para este modelo (Figura 5b) evidenciam o caráter não-aleatório da distribuição, o que poderia implicar estimativas bastante afastadas dos valores reais de H + Al, que, para estes solos arenosos e com reduzidos teores de matéria orgânica, corresponderiam a uma parcela considerável de seu complexo de troca catiônica, com possibilidade de calcular erroneamente, por exemplo, a necessidade de calagem.

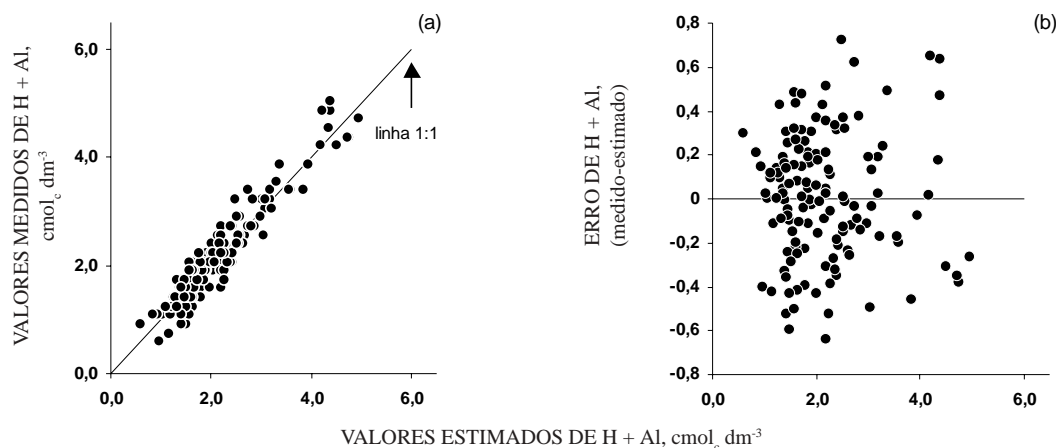
Considerando ser o método SMP para avaliação da acidez potencial indireto, necessitando, portanto, de uma equação de regressão que possibilite obter resultados muito próximos dos obtidos via determinação direta, o modelo linear foi o que apresentou melhor qualidade estatística, além de ser mais simples que os outros modelos avaliados. O

**Quadro 4. Tabela para conversão de valores de pH SMP para acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) nos solos do noroeste do estado do Paraná, utilizando a equação linear H + Al = 20,1925-2,6484 pH SMP**

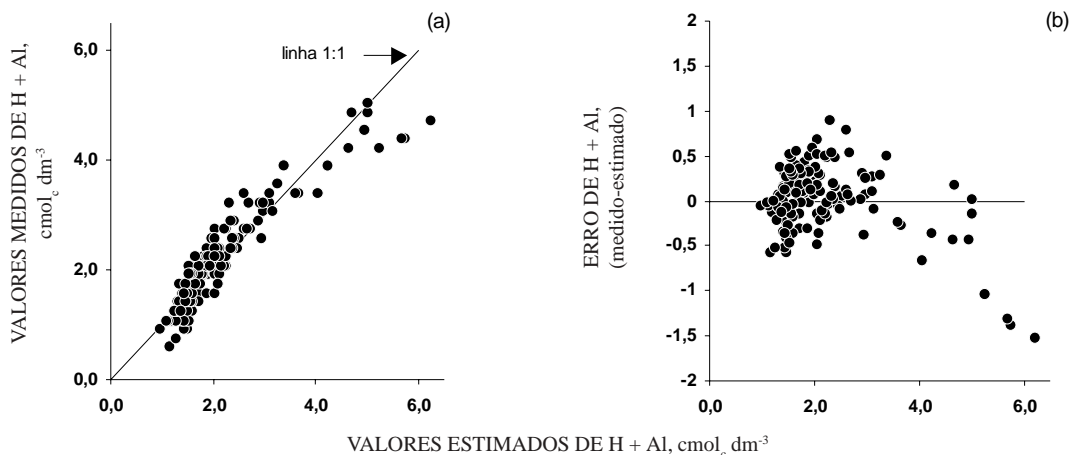
pH SMP	H + Al	pH SMP	H + Al
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
5,80	4,83	6,65	2,58
5,85	4,70	6,70	2,45
5,90	4,57	6,75	2,32
5,95	4,43	6,80	2,18
6,00	4,30	6,85	2,05
6,05	4,17	6,90	1,92
6,10	4,04	6,95	1,79
6,15	3,90	7,00	1,65
6,20	3,77	7,05	1,52
6,25	3,64	7,10	1,39
6,30	3,51	7,15	1,26
6,35	3,38	7,20	1,12
6,40	3,24	7,25	0,99
6,45	3,11	7,30	0,86
6,50	2,98	7,35	0,73
6,55	2,85	7,40	0,59
6,60	2,71	7,45	0,46



**Figura 3. Relação entre os valores estimados e os medidos de H + Al (a) e relação entre os erros e os valores estimados de H + Al (b) para o modelo linear.**



**Figura 4. Relação entre os valores estimados e os medidos de H + Al (a) e relação entre os erros e os valores estimados de H + Al (b) para o modelo quadrático.**



**Figura 5. Relação entre os valores estimados e os medidos de H + Al (a) e relação entre os erros e os valores estimados de H + Al (b) para o modelo exponencial.**

quadro 4, construído a partir da equação linear, obtida entre os teores de H + Al e os valores de pH SMP, permite estimar a acidez potencial (H + Al) a partir dos valores do pH SMP para os solos do noroeste do estado do Paraná.

## CONCLUSÕES

A acidez potencial (H + Al) dos solos do noroeste do estado do Paraná pode ser determinada indiretamente pela utilização da solução-tampão SMP, 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.

## LITERATURA CITADA

- CAMARGO, N.M.; KLAMT, E. & KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos em levantamentos pedológicos no Brasil. *B. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo*, 12:11-33, 1987.
- 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.
- COSTA, A.C.S.; TORINO, C.A. & RAK, J.G. Capacidade de troca catiônica dos colóides orgânicos e inorgânicos de Latossolos do estado do Paraná. *Acta Sci.*, 21:491-496, 1999.
- EMPRESA PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - EMATER-PR. Vinculada à Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Arenito Caiuá, Integração Agricultura e Pecuária. Curitiba, 1998. 52p. (Informação Técnica, 41)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. Levantamento de Reconhecimento dos solos do estado do Paraná. Londrina, 1984. 791p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análises do solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- ERNANI, P.R. & ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do estado de Santa Catarina. *R. Bras. Ci. Solo*, 10:143-150, 1986.
- ESCOSTEGUY, P.A.V. & 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.
- MAEDA, S.; KURIHRA, C.H.; HERNANI, L.C.; FABRICIO, A.C. & SILVA, W.N. Estimativa da acidez potencial, pelo método do pH SMP, em solos do Mato Grosso do Sul. Dourados, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. 25p. (Boletim de Pesquisa, 3)
- MONTGOMERY, D. & PECK, E.A. Introduction to linear regression analysis. New York, John Wiley & Sons, 1992. 527p.
- NASCIMENTO, C.W.A. Acidez potencial estimada pelo pH SMP em solos do estado de Pernambuco. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:679-682, 2000.
- NETER, J.; WASSERMAN, W. & KUTNER, M.H. Applied linear models. Boston, Irwin, 1989. 667p.
- PAVAN, M.A. Alumínio em alguns solos ácidos do Paraná. Relação entre o alumínio não trocável e solúvel com o pH, CTC, percentagem de saturação de Al e matéria orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:39-46, 1983.

- 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. & 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.
- QUAGGIO, J.A. & RAIJ, B. van. Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A., eds. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba, Ceres-Potafos, 1991. 343p.
- 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*, 38:57-69, 1979.
- RAIJ, B. van. & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- SAS INSTITUTE. *Statistical Analysis System. Procedure guide for personal computers. Version 5*. Cary, 1999.
- SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 25:274-277, 1961.
- SILVA, C.A.; AVELLAR, M.L. & BERNARDI, A.C.C. Estimativa da acidez potencial pelo pH SMP em solos do semi-árido do nordeste brasileiro. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:689-692, 2000.
- SILVA, E.B.; DIAS, M.S.C.; GONZAGA, E.I.C. & SANTOS, N.M. Estimativa da acidez potencial pelo pH SMP em solos da região norte do estado de Minas Gerais. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:561-565, 2002.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. & KLIEMAN, H.J. Avaliação de métodos para determinar as necessidades de calcário em solos de cerrado de Goiás e do Distrito Federal. *R. Bras. Ci. Solo*, 4:144-148, 1980.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. & CASTRO, L.H.R. Métodos para estimar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:193-198, 1989.