

**Acidez potencial de solos do Estado do Amapá estimada pelo método potenciométrico SMP**

Daniel Marcos de Freitas Araujo<sup>1</sup>, Gustavo Spadotti Amaral Castro<sup>1</sup>, Leandro Fernandes Damasceno<sup>1</sup>, Ana Elisa Alvin Dias Montagner<sup>1</sup>, Marcelino Carneiro Guedes<sup>1</sup>, Nagib Jorge Melém Jr<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Estado do Amapá

**Resumo:** A solução SMP possui relação significativa entre os valores de pH e H + Al em amostras de solo. Contudo, o padrão de calibração desta relação varia de acordo com o solo, sendo necessários padrões locais para a validação deste experimento. Este trabalho sugere uma equação matemática preparada a partir de análises de pH SMP em 165 amostras de solos de diversas áreas do Estado do Amapá. Os valores de H + Al foram calculados por análise volumétrica ácido-base e seus resultados ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) foram plotados em gráfico em função dos valores de pH SMP, gerando uma equação matemática que melhor estimasse a acidez potencial dos solos do Estado do Amapá. Diversos modelos matemáticos foram analisados. A equação  $H + Al = 62,08 - 14,394 \text{ SMP} + 0,8263 \text{ SMP}^2$  ( $R^2 = 0,9491$ ), com valores de H + Al em  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  pode ser utilizada para estimar a acidez potencial pelo método do pH SMP.

**Palavras-chave:** Avaliação laboratorial, solução SMP, H + Al, correção do solo.

**Abstract:** SMP solution has a significant correlation between pH values and H + Al in soil samples. However, the calibration standard of this ratio varies with soil. Thus, local standards are needed to validate this experiment. This paper suggests a mathematical equation made by analysing pH SMP in 165 soil samples from different areas of the state of Amapá state. The H + Al were calculated by acid-base volumetric analysis and its results ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) were plotted graphically as a function of pH SMP, generating a mathematical equation that best estimated the potential acidity of the soil of the Amapá state. Several mathematical models were analyzed. The equation  $H + Al = 0,8263 \text{ SMP}^2 - 14,394 \text{ SMP} + 62,08$  ( $R^2 = 0,9491$ ), with values of H + Al in  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  can be used to estimate the potential acidity by the pH SMP method.

**Keywords:** Laboratory evaluation, SMP solution, H + Al, soil remediation

## Introdução

Um dos fatores mais limitantes para o desenvolvimento das culturas graníferas em solos tropicais é a acidez do solo (Fageria e Baligar, 2008). O predomínio de Latossolos com elevada acidez na região do bioma cerrado, onde ocorre a expansão agrícola brasileira, engrandece a necessidade de pesquisas voltadas para formas de determinação e correção dos valores de acidez do solo.

No Brasil, o material mais utilizado como corretivo de acidez do solo é o calcário. A estimativa da quantidade deste a se adicionar ao solo pode ser feita com base na acidez potencial, resultante da atividade dos íons  $H^+$  e  $Al^{3+}$ . Sendo assim, o teor de Al trocável, a acidez potencial ( $H + Al$ ), o índice SMP, o pH e as saturações por bases e por Al são características do solo que podem ser utilizadas para estimativa da necessidade de sua calagem (Castro et al., 2013).

No Estado do Amapá, os solos são geralmente ácidos e de baixa fertilidade. As principais solos são o Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Gleissolos (Melém Junior *et al.*, 2008). Tal fato evidencia a necessidade estudos relacionados a acidez do solos neste ambiente amazônico, cujas altas precipitações levaram a lixiviação de suas bases trocáveis.

A quantificação da acidez potencial é realizada por meio da extração com acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  (pH = 7,0), seguida de uma determinação volumétrica ácido-base do extrato empregando solução de concentração conhecida de NaOH (Raij *et al.*, 2001; Silva, 2009). Em diversos laboratórios de análises de solo no Brasil este método é considerado padrão, porém apresenta certas limitações, podendo-se citar a operacionalidade e morosidade da análise, a baixa qualidade dos reagentes no mercado, a imprecisão do indicador na titulação de  $H + Al$  em solos com alta concentração de matéria orgânica e a subestimação dos teores de  $H + Al$  de solos de pH mais alto (acima de 6,0), o que se deve ao tamponamento deficiente da solução em solos com pH em água em torno de pH 7,0 (Silva *et al.*, 2006).

Assim como o método volumétrico, qualquer outro que estime a acidez potencial servirá para uma adequada utilização do calcário. Dentre outros métodos destinados a esta finalidade, o tampão SMP é amplamente difundido em muitos laboratórios no Brasil e outros países devido à simplicidade na preparação, praticidade e boa correlação com os reais valores de  $H + Al$ , o que o torna de extrema conveniência para muitas análises de rotina.

A solução SMP consiste em uma mistura de quatro espécies químicas que atuam como bases fracas tamponando o pH (trietanolamina, *p*-nitrofenol, cromato de potássio e acetato de cálcio), além disso contém cloreto de cálcio para controlar a força iônica do meio. Esta

solução foi determinada inicialmente com objetivo de ser utilizada como um método rápido para determinação da calagem (Shoemaker *et al.*, 1961). O índice SMP baseia-se na aceleração da hidrólise do alumínio presente no solo pela mistura aquosa das bases fracas presentes na solução SMP. Como consequência da reação das bases fracas com o alumínio, ocorre uma diminuição do valor de pH da amostra e, este pH medido possui correlação com a quantidade de H + Al, quanto maior for a quantidade de H + Al na amostra menor será o valor pH SMP. De posse de ambos os valores, pH SMP e H + Al, estes podem ser relacionados em uma planilha de dados e gerar um gráfico e, conseqüentemente, uma equação que descreva o comportamento dos dados. Por estas razões, diversos centros de pesquisa no Brasil empregam o método ou suas adaptações como um parâmetro da quantidade de H + Al em amostras de solos regionais, sendo inicialmente aplicado para solos do Estados da Região Sul e Sudeste do Brasil (Pereira *et al.*, 1998; Escosteguy *et al.*, 1999).

O Laboratório de Análises de Solos da unidade da Embrapa Amapá é o único do Estado a receber amostras de pesquisadores e agricultores regionais interessados. O conhecimento da fertilidade do solo para recomendações da calagem e adubação é realizado por meio de metodologias padronizadas e rotineiras. Devido a uma alta demanda nas análises, sentiu-se a necessidade de desenvolvimento de uma metodologia paralela àquela antes realizada para que se pudesse maximizar o tempo do analista em um número maior de amostras. Por esta razão, neste trabalho temos como objetivo determinar a equação que descreve a relação entre a acidez potencial e o pH SMP de solos do Estado do Amapá.

Há a necessidade em se estabelecer uma calibração para cada diferente região do Brasil. O motivo pode ser explicado pelo fato de haver uma complexidade de tipos de solos dentro da extensa área que o Brasil possui. Além disso, cada grupo de investigação utiliza a sua própria composição solo:água:tampão gerando equações diferenciadas as quais respondem satisfatoriamente dentro do conjunto de solos com a qual foi elaborada, mas apresenta divergências quando da análise de amostras de outras regiões. Uma segunda possível causa para esta variação pode estar relacionada com a metodologia empregada para obtenção dos valores de H + Al.

Diante do exposto, este trabalho objetivou determinar a equação que descreve a relação entre o valor de H + Al e o pH SMP dos solos predominantes do estado do Amapá.

### **Material e Métodos**

Este trabalho foi desenvolvido na unidade descentralizada da Embrapa no Estado do Amapá empregando solos coletados nos campos experimentais de Mazagão e Cerrado. As

amostras foram selecionadas a partir de um banco de dados gerados pelo sistema, com amostras com valores de H + Al variando de 0,2 a 14,9  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  totalizando 165 amostras das três principais classes de solo do Estado, sendo 25 amostras de Neossolos, 97 de Latossolos e 43 de Argissolos.

As amostras coletadas foram secas lentamente ao ar, peneiradas em malha de 2 mm de abertura e, submetidas à extração com solução de acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  para posterior titulação com solução NaOH  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  usando como indicador, fenolftaleína. Dessa maneira, obteve-se os valores de H + Al das amostras pelo método volumétrico. Posteriormente, estas amostras da mesma coleta foram submetidas à medição potenciométrica do pH SMP empregando a solução composta de p-nitrofenol, trietanolamina, cromato de potássio, acetato de cálcio e cloreto de cálcio.

Para o preparo de quatro litros da solução tampão SMP, foram pesadas 14,58 g de p-nitrofenol para dissolução em aproximadamente 400 mL de água destilada e quente (50 a 60 °C) em béquer de 1000 mL. Foram colocados aproximadamente 500 mL de água destilada em béquer de 4000 mL e, sob agitação, adicionados 20 mL de trietanolamina, 24 g de cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ), 8 g de acetato de cálcio ( $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ ) e 424 g de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Essa solução foi adicionada à solução de p-nitrofenol preparada previamente, completando-se o volume de 3000 mL com água destilada. Verificou-se o pH da solução e ajustando-a para 7,5 com solução NaOH  $1 \text{ mol L}^{-1}$ . Completou-se o volume para 4000 mL, homogeneizando e armazenando em recipiente plástico.

Em um béquer de 100 mL foram colocados  $10 \text{ cm}^3$  da amostra de terra seca ao ar e adicionados 25 mL de solução  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  para posterior agitação da solução por 15 minutos. Após um período de repouso de 30 minutos, mediu-se o pH com o peagâmetro previamente calibrado com as soluções de pH 4,00 e 7,00. A esta solução, foram adicionados 5 mL da solução tampão SMP preparada e, em agitador circular, esta foi mantida por 15 minutos a 220 rpm e posteriormente, por uma hora em repouso. Em seguida, foi verificado o pH desta nova solução para estabelecimento de uma correlação entre o valor de pH SMP obtido e o valor de H + Al já conhecido conforme relata Raij *et al.* (2001).

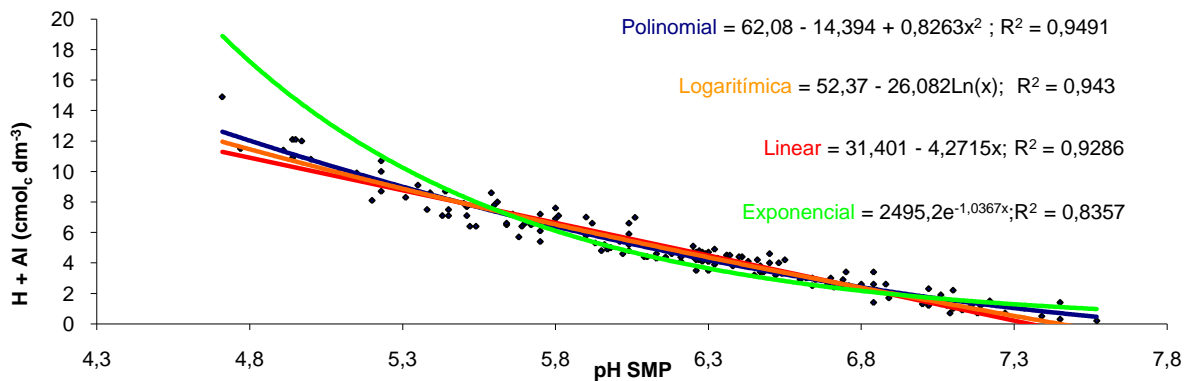
Foram realizadas análises de regressão entre valores de H + Al e pH SMP das 165 amostras de solo. A equação selecionada foi a que melhor descrevia a relação entre as duas variáveis, empregando-se o software Microsoft Excel 2010. O critério de escolha da equação foi o maior coeficiente de determinação ajustado.

**Resultados e Discussão**

O melhor ajuste da equação de regressão foi obtido empregando o método dos mínimos quadrados que é uma das possíveis equações para representação de um conjunto de dados correlacionados. Este modelo foi o escolhido por Nascimento (2000); Silva *et al.* (2000); Gama *et al.* (2002) e Moline *et al.* (2011) como a que melhor representou a relação entre os dados. Contudo, outros grupos de investigação apresentaram como equações, a exponencial (Silva *et al.*, 2006), logarítmica (Escosteguy e Bissani, 1999) e ainda, a linear (Pereira *et al.*, 1998; Moreira *et al.*, 2004) como forma de equação de correlação entre H + Al e pH SMP. Esses resultados são similares aos obtidos por Pereira et al. (1998), que também verificaram a possibilidade de estimar a acidez potencial pelo método SMP. As diferentes equações obtidas entre o presente trabalho e os demais citados anteriormente confirmam a importância do ajuste desse método para cada grupo de solos de diferentes regiões.

Ao empregar o conjunto de dados obtivemos como melhor equação a polinomial com  $R^2 = 0,9491$ . A equação menos adequada que representou o conjunto de dados em nosso caso foi a exponencial com  $R^2 = 0,8021$ , dentro deste intervalo temos ainda, a equação linear com  $R^2 = 0,9286$  e a logarítmica com  $R^2 = 0,9430$ . A equação gerada com  $H + Al \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 62,08 - 14,394 \text{ SMP} + 0,8263 \text{ SMP}^2$  com  $R^2 = 0,9491$  apresenta boa relação entre o valor de H + Al e o pH SMP entre os valores de pH SMP 4,8 e 7,5 pois, a maior parte das amostras de solo empregadas neste trabalho estão compreendidas neste intervalo (Figura 1).

Ainda pode ser ressaltado que, dentro do intervalo de pH SMP 4,8 a 5,8, os valores possuem maior imprecisão enquanto que entre 6,0 e 7,0 há uma concentração maior de dados em torno da curva gerada implicando em maior precisão dos dados (Figura 1). Isso porque quanto maior for a concentração de H + Al na amostra, há uma maior dificuldade do



tamponamento da amostra, causando dispersão dos dados.

**Figura 1.** Relações entre o pH SMP e os tores de H + Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) de amostras de solos coletadas no Estado do Amapá

Empregando a equação obtida, foi possível estimar com boa precisão os valores de H + Al através do pH SMP entre 4,70 e 7,40 para solos de ocorrência no Estado do Amapá (Tabela 1). Os valores correlacionando-se de forma inversamente proporcionais, isto é, o aumento do pH SMP foi acompanhado por uma diminuição nos teores de H + Al.

**Tabela 1.** Estimativa da acidez potencial a partir do pH SMP para solos do Estado do Amapá empregando a equação com  $H + Al = 0,8263 \text{ SMP}^2 - 14,394 \text{ SMP} + 62,08$

pH SMP	(H + Al) cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	pH SMP	(H + Al) cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	pH SMP	(H + Al) cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
4,70	12,68	5,60	7,39	6,50	3,43
4,75	12,35	5,65	7,13	6,55	3,25
4,80	12,03	5,70	6,88	6,60	3,07
4,85	11,71	5,75	6,63	6,65	2,90
4,90	11,39	5,80	6,39	6,70	2,73
4,95	11,08	5,85	6,15	6,75	2,57
5,00	10,77	5,90	5,92	6,80	2,41
5,05	10,46	5,95	5,69	6,85	2,25
5,10	10,16	6,00	5,46	6,90	2,10
5,15	9,87	6,05	5,24	6,95	1,95
5,20	9,57	6,10	5,02	7,00	1,81
5,25	9,29	6,15	4,81	7,05	1,67
5,30	9,00	6,20	5,46	7,10	1,54
5,35	8,72	6,25	4,39	7,15	1,41
5,40	8,45	6,30	4,19	7,20	1,28
5,45	8,18	6,35	4,00	7,25	1,16
5,50	7,91	6,40	3,80	7,30	1,04
5,55	7,65	6,45	3,61	7,40	0,81

### Conclusão

A equação  $H + Al \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 62,08 - 14,394 \text{ SMP} + 0,8263 \text{ SMP}^2$  pode ser empregada para estimar a acidez potencial dos solos do Estado do Amapá por meio da leitura do pH SMP, uma vez que foram empregadas amostras representativas do Estado com diferentes tipos de solos e uma ampla faixa de valores de H + Al.

### Referências

- CASTRO, G. S. A., CRUSCIOL, C. A. C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation, **Geoderma**, v. 195-196, p. 234-242, 2013.
- 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**, v. 23, p. 175-179, 1999.
- FAGERIA, N. K., BALIGAR, V.C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. In: SPARKS, D.L. (Ed.). **Advances in Agronomy**, v. 99, p. 345-399, 2008.
- 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, **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 1093-1097, 2002.
- MELÉM JÚNIOR, N. J. FONSECA, I. C. B., BRITO, O. R., DECAENS, T., CARNEIRO, M. M., MATOS, M. F. A., GUEDES, M. C., QUEIROZ, J. A. L., BARROSO, K. O. Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade de solos do Amapá, **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, p. 499-506, 2008.
- MOLINE, E. F. V., BARBOZA, E., FERREIRA FILHO, G. S., FIORELLI-PEREIRA, E. C., SCHLINWEIN, J. A. Estimativa do valor de H + Al por correlação com o pH SMP em solos de Rondônia, **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, v.7, p. 1-6, 2011.

MOREIRA, A., ALMEIDA, M. P., COSTA, D. G., SANTOS, L. S. Acidez potencial pelo método do pH SM no Estado do Amazonas, **Pesq. agropec. bras.**, v. 39, p. 89-92, 2004.

NASCIMENTO, C. W. A. Acidez potencial estimada pelo pH SMP em solos do estado de Pernambuco, **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 679-682, 2000.

PEREIRA, M. G., VALLADARES, G. S., SOUZA, J. M. P. F., PEREZ, 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**, v. 22, p. 159-162, 1998.

RAIJ, B. VAN, ANDRADE, J. C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**, Instituto Agronômico, Campinas (SP), 2001.

RIBEIRO, A. C., GUIMARÃES, P. T. G., ALVAREZ, V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5<sup>a</sup> aproximação, Viçosa, MG, CFSEMG, 1999.

SHOEMAKER, H. E. , MCLEAN, E. O., PRATT, P. F. Buffer methods for determining the lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum, **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v. 25, p. 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**, v. 24, p. 689-692, 2000.

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, **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, p. 751-757, 2006.

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**, v. 26, p. 561-565, 2002.



SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**, 2<sup>a</sup> ed., Brasília, DF, 2009.

WEBBER, M. D., HOYT, P. B. NYBORG, M., CORNEAU, D. A. comparison of lime requirements methods for acid canadian soils, **Can. J. Soil Sci.**, v. 57, p. 361-370, 1977.

---

**Recebido para publicação em:** 12/05/2014

**Aceito para publicação em:** 06/10/2014