

NOTA

ESTIMATIVA DE H + Al PELO pH SMP EM SOLOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA⁽¹⁾

P. A. V. ESCOSTEGUY⁽²⁾ & C. A. BISSANI⁽³⁾

RESUMO

A capacidade de troca de cátions (CTC) e a proporção dos principais cátions retidos nas cargas negativas do solo são de grande importância para a caracterização química e para o diagnóstico da fertilidade do solo. Essas características, juntamente com o Al, o Ca e o Mg trocáveis, foram incluídas na análise de solo realizada pelos laboratórios oficiais do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, a partir de 1994. Este trabalho avaliou a relação entre o valor de H + Al e o pH SMP, visando estabelecer uma equação para a estimativa do valor de H + Al (acidez potencial), o qual pode ser utilizado no cálculo da CTC (método da soma de cátions trocáveis). O trabalho foi realizado nos laboratórios de solos da Universidade de Passo Fundo (UPF) e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 1995, constando da determinação do teor de H + Al, extraído com acetato de cálcio 1,0 mol L⁻¹, pH 7,0, e do pH SMP em um grupo de 113 amostras de solo. Os resultados obtidos foram reunidos com os de outros pesquisadores, procedendo-se à análise de regressão para um conjunto de 250 amostras representativas de solos dos dois estados. Observou-se relação significativa entre o valor de H + Al e o pH SMP. Concluiu-se que as equações $\log(H + Al) = 3,9014 - 0,391 \text{ SMP}$ ($R^2 = 0,90$) ou $\ln(H + Al) = 8,9832 - 0,9004 \text{ SMP}$ ($R^2 = 0,90$), com os valores de H + Al expressos em mmol_c dm⁻³, podem ser utilizadas para a estimativa do teor de H + Al pelo uso do pH SMP.

Termos de indexação: acidez potencial, hidrogênio, alumínio, capacidade de troca de cátions.

⁽¹⁾ Trabalho apresentado na XXVII Reunião Anual da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, Chapecó (SC), em 12 de dezembro de 1995. Recebido para publicação em junho e aprovado em outubro de 1998.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo. Em curso de Doutorado, Department of Soil Science, University of Wisconsin-Madison, 53706-1299 Madison (WI), EUA. E-mail: paescosteguy@students.wisc.edu. Bolsista da CAPES.

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Em curso de Doutorado, Department of Soil Science, University of Wisconsin-Madison, 53706-1299 Madison (WI), EUA. E-mail: cbissani@students.wisc.edu. Bolsista da CAPES.

SUMMARY: *ESTIMATION OF H + Al BY pH SMP METHOD IN SOILS OF RIO GRANDE DO SUL AND SANTA CATARINA, BRAZIL*

The determination of the cation exchange capacity (CEC) and the relative fractions occupied by the most common cations is crucial for soil chemical characterization and soil fertility diagnostic. These variables and the exchangeable Al^{3+} , Ca^{2+} and Mg^{2+} concentrations have been determined in the routine soil analysis by official laboratories in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina since 1994. The relationship between the SMP index and the H + Al value (potential acidity) was studied in order to establish a mathematical equation for determination of the H + Al value which can be used on CEC calculation in a routine soil analysis. The study was carried out at the soil laboratories of the Universidade de Passo Fundo (UPF) and Universidade do Rio Grande do Sul (UFRGS) in 1995. The H + Al was extracted by a solution of calcium acetate 1.0 mole L^{-1} , pH 7.0. Both this and the pH SMP determination were performed in 113 soil samples. These and other data previously obtained by other researchers composed a 250 sample group, formed by representative soils of both states, submitted to a correlation analysis. Significant correlation was observed between the pH SMP and the H + Al extracted with calcium acetate. The equations $\log(H + Al) = 3.9014 - 0.391 \text{ SMP}$ ($R^2 = 0.90$) or $\ln(H + Al) = 8.9832 - 0.9004 \text{ SMP}$ ($R^2 = 0.90$), whose values of H + Al are expressed in $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, can provide the estimation for H + Al value by using the pH SMP.

Index terms: potential acidity, hydrogen, aluminum, cation exchange capacity.

INTRODUÇÃO

As partículas coloidais do solo podem apresentar cargas negativas que atraem cátions dissociados, os quais podem ser substituídos por outros, adicionados por soluções salinas ou ácidas (Chapman, 1965). A propriedade do solo de trocar cátions com a solução é conhecida como capacidade de troca de cátions (CTC), a qual é de grande importância agrícola e ambiental (Marshall, 1935; Black, 1968). Diversos métodos têm sido propostos para a avaliação da CTC, os quais são discutidos detalhadamente em recente revisão realizada por Sumner & Miller (1996). Nos laboratórios de rotina, o método da soma de cátions trocáveis é o mais utilizado para a estimativa dessa variável (Raij et al., 1987; Tedesco et al., 1995; Sumner & Miller, 1996).

A determinação dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} e as estimativas da soma de bases ($K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$), da CTC, da saturação por bases (valor V) e da saturação por Al^{3+} foram incluídas na análise de solo, realizada pelos laboratórios integrantes da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS), a partir de 1994 (Reunião..., 1994). A inclusão dessas variáveis na análise de rotina foi favorecida pelo fato de os laboratórios já realizarem a determinação de K^+ e pela extração simultânea de Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} com a solução de KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$. Entretanto, a estimativa da CTC pela soma dos cátions trocáveis ($K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + H + Al$) passou a exigir, ainda, a determinação do teor de H + Al (acidez potencial).

A acidez potencial é constituída pelos íons H^+ e Al^{3+} presentes nos colóides do solo, sendo, geralmente, avaliada pela extração com soluções de sais tamponantes ou misturas de sais neutros com soluções tampão (Peech, 1965). Um dos extratores mais utilizados para essa finalidade é o acetato de cálcio $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ (pH 7,0). Esse sal, graças ao ânion acetato e ao pH ajustado a 7,0, pode extrair grande parte da acidez potencial (Vettori, 1969). A adoção desse método na análise de rotina apresenta os inconvenientes de exigir a extração e a determinação titulométrica de H + Al nos extratos, resultando em maior custo e tempo operacional. Entretanto, a acidez potencial pode ser estimada pelo uso do pH SMP, o qual apresenta boa correlação com a quantidade de H + Al extraída com acetato de cálcio (pH 7,0) (Raij et al., 1987; Ciprandi, 1993). O pH SMP corresponde ao valor do pH de equilíbrio obtido na suspensão do solo com a solução tampão SMP (Shoemaker et al., 1961) e é utilizado para a quantificação da necessidade de calagem pelos laboratórios vinculados à ROLAS, sendo obtido por um método rápido, preciso e de baixo custo (Tedesco et al., 1995). Esse índice tem sido utilizado para estimar o valor de H + Al em diferentes estados do Brasil, sendo esta variável utilizada no cálculo da soma de cátions para a estimativa da CTC (valor T) (Wiethölter, 1997).

Este trabalho teve como objetivo determinar a equação que descreve a relação entre o valor de H + Al e o pH SMP dos solos predominantes nos estados do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos laboratórios de solos da UPF e da UFRGS, em 1995. Inicialmente, foram determinados os valores de H + Al e do pH SMP em 120 amostras de solos, escolhidas aleatoriamente entre as amostras analisadas no laboratório de rotina da UPF, durante os meses de janeiro e fevereiro de 1995. Nessa época, essas determinações também foram realizadas no laboratório de rotina da UFRGS em 20 amostras de solos (Miola, 1995). As amostras foram secas em estufa, a 40°C, e peneiradas em malha com 2 mm de abertura. A determinação de H + Al foi efetuada pela extração com acetato de cálcio 1,0 mol L⁻¹, com pH ajustado a 7,0, sendo os extratos titulados com hidróxido de sódio 0,1 mol L⁻¹, conforme descrito em Vettori (1969). O pH SMP foi determinado em suspensão com 10 mL de solo, 10 mL de água deionizada e 5 mL da solução tampão SMP, conforme descrito em Tedesco et al. (1995).

A seguir, estudou-se a relação entre o valor de H + Al e o pH SMP, procedendo-se à análise de regressão em conjunto com os resultados de outros trabalhos, realizados com solos do RS e de SC. O conjunto de dados foi composto pelos resultados obtidos pelo laboratório da UPF, em 93 amostras; por Kaminski (1974), em 31 amostras; por Bissani (1985), em 52 amostras; por Ciprandi (1993), em 22 amostras, e por Miola (1995), em 20 amostras, todas de solos do RS, e por Ernani & Almeida (1986), em 32 amostras de solos de SC. Em todos esses trabalhos, as determinações de H + Al e do pH SMP foram realizadas conforme o método supramencionado. O total de amostras incluídas no estudo foi de 250, representativas das classes Latossolo, Podzólico, Cambissolo, Planossolo, Litossolo, Vertissolo, Brunizém e Areia Quartzosa, predominantes nos estados do RS e SC.

A equação de regressão dos resultados foi determinada com o sistema operacional Microsoft Excel 97. Nessa etapa, foram excluídos os resultados referentes a 27, 3 e 16 amostras obtidas pelo laboratório da UPF, por Kaminski (1974) e por Ernani & Almeida (1986), respectivamente. Esses resultados apresentaram maior desvio em relação à tendência central dos dados e foram excluídos por representarem amostras com alto teor de matéria orgânica, atípicas para os solos minerais predominantes neste estudo e para as quais o método utilizado não é adequado (Shoemaker et al., 1961).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação verificada entre os valores de H + Al e o pH SMP (SMP) é descrita de forma significativa ($R^2 = 0,90$) pela equação exponencial $H + Al = 7968,4e^{-0,9004SMP}$ (Figura 1a). Essa relação também

foi determinada com os valores de H + Al plotados na forma de logaritmo decimal e natural (Figura 1b). As equações $\log(H + Al) = 3,9014 - 0,391SMP$ ou $\ln(H + Al) = 8,9832 - 0,90SMP$, apresentadas nessa figura, mostram relação linear significativa ($R^2 = 0,90$) entre as variáveis estudadas. Essas equações possibilitam a estimativa de H + Al com boa exatidão no intervalo de pH SPM entre 4,0 e 7,0, pois a maior parte das amostras de solo analisadas neste trabalho apresenta valores de SMP nesta faixa (Figura 2).

As equações obtidas neste trabalho assemelham-se àquelas utilizadas nos estados de São Paulo e Paraná e na região do cerrado do Brasil, expressas com base no logaritmo natural, sendo o teor de H + Al apresentado em $cmol_c dm^{-3}$. Nesses locais, as equações desenvolvidas para estimar o teor de H + Al correspondem, respectivamente, a $H + Al = e^{7,76 - 1,053SMP}$, $H + Al = e^{6,0687 - 0,7444SMP}$ e $H + Al = e^{7,719 - 1,068SMP}$ enquanto, em outros estados brasileiros, a forma de estimar os valores H + Al varia entre laboratórios (Wiethölter, 1997).

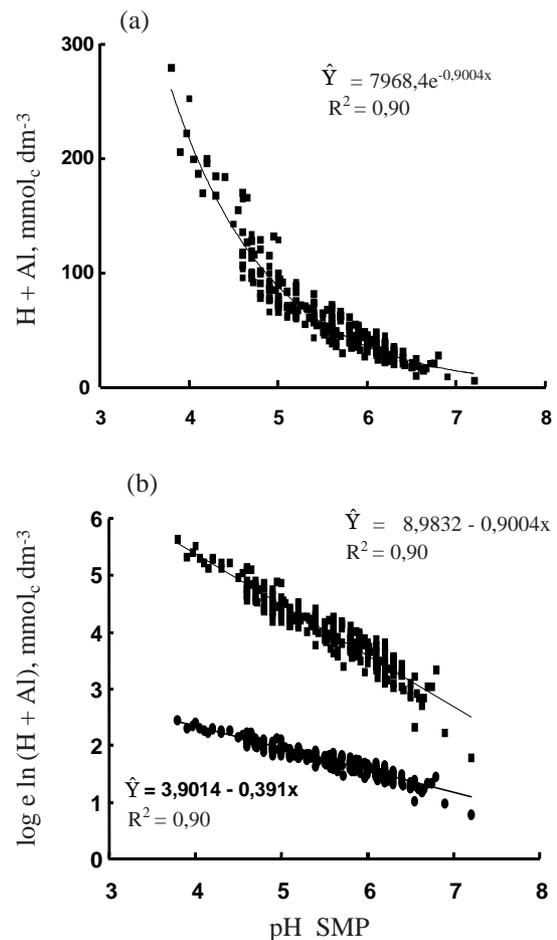


Figura 1. Relação entre a concentração (a) e entre o logaritmo decimal (●) e natural (■) (b) de H + Al e o pH SMP, em solos do RS e de SC.

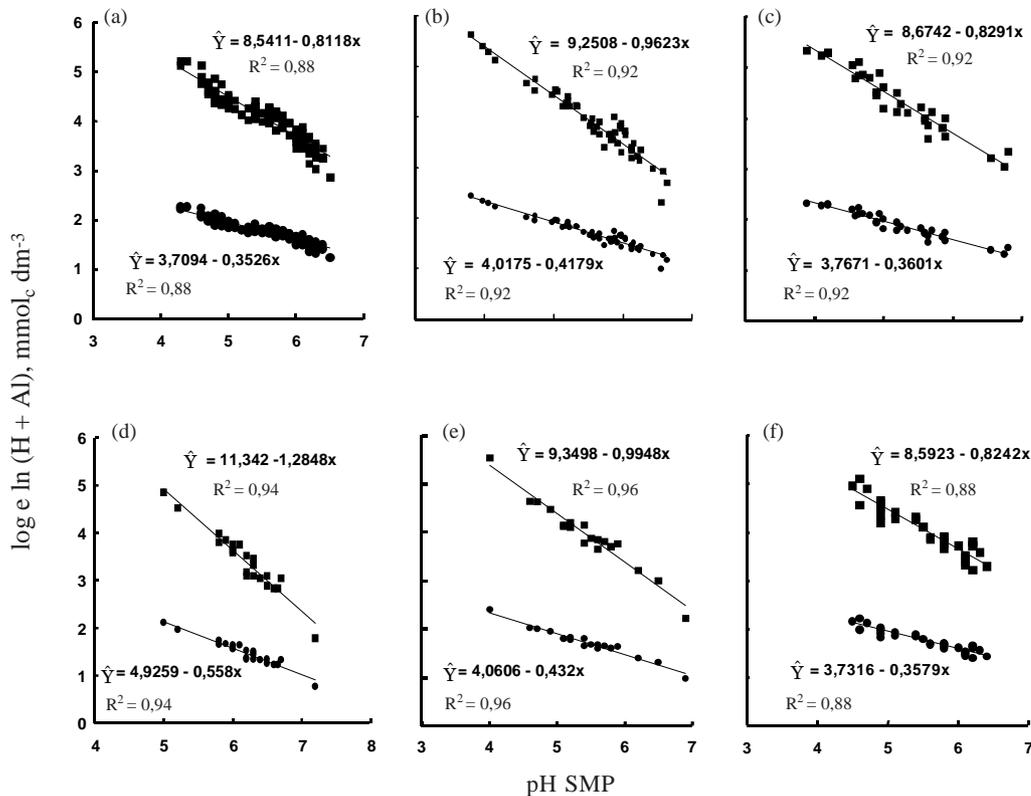


Figura 2. Relação entre o logaritmo decimal (●) e natural (■) de H + Al e o pH SMP em solos do RS e de SC. Resultados obtidos pelo laboratório de solos da UPF (a), por Bissani (1985) (b), Ernani & Almeida (1986) (c), Ciprandi (1993) (d), Miola (1995) (e) e Kaminski (1974) (f).

Neste trabalho, o intercepto e a declividade apresentados pela equação linear obtida com os valores de H + Al expressos na forma de logaritmo natural, e em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ correspondem, respectivamente, a 6,6807 e a -0,9004SMP, ao passo que, para os solos de São Paulo, Paraná e da região do cerrado do Brasil, tais coeficientes correspondem, respectivamente, a 7,76, 6,0687 e 7,719 e a -1,053 SMP, -0,7444 SMP e -1,068 SMP. As diferenças observadas nessas equações, assim como as constatadas nos diversos trabalhos realizados nos solos do RS e SC (Figura 2), evidenciam que a equação de regressão que expressa a relação entre estas duas variáveis deve ser ajustada regionalmente, em virtude da variação da acidez potencial ou do poder tampão verificado para solos de diferentes composições (teor e tipo de matéria orgânica, textura, tipo e quantidade de argilomineral, pH, etc). Além disso, o número de amostras envolvidas em cada estudo de regressão pode influenciar o grau de ajuste, como revela a variação observada na figura 2.

Embora haja certa variação entre as equações determinadas para os diversos grupos de dados (Figura 2), o intercepto e a declividade obtidos nas equações de regressão situam-se na mesma faixa de magnitude. Constituem exceção os resultados

apresentados na figura 2d, cuja equação apresenta coeficientes com valores mais altos. Tal diferença está relacionada com o fato de serem os solos deste último grupo predominantemente arenosos (fração argila menor do que 330 g kg^{-1}) e apresentarem baixo poder tampante (Ciprandi, 1993), enquanto os demais grupos incluem solos com ampla variação de textura e de poder tampão.

Considerando que os boletins de resultados analíticos emitidos pelos laboratórios de rotina, nos estados do RS e SC, expressam os resultados de H + Al na forma de $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, as equações $\log (H + Al) = 2,9014 - 0,391 \text{ SMP}$ ($H + Al = 10^{(2,9014 - 0,391 \text{ SMP})}$) ou $\ln (H + Al) = 6,6807 - 0,9004 \text{ SMP}$ ($H + Al = e^{(6,6807 - 0,9004 \text{ SMP})}$) podem ser utilizadas para estimar o valor de H + Al nas análises de rotina realizadas nesses estados.

CONCLUSÃO

1. A equação $\log (H + Al) = 3,9014 - 0,391 \text{ SMP}$ pode ser utilizada para estimar os valores de H + Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) dos solos predominantes nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

LITERATURA CITADA

- BISSANI, C.A. Disponibilidade de enxofre para as plantas em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 198p. (Tese de Mestrado)
- BLACK, C.A. Soil-plant relationships. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1968. 332p.
- CHAPMAN, H.D. Cation-exchange capacity. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.891-904.
- CIPRANDI, M.A.O. Avaliação da metodologia de determinação da acidez ativa e potencial em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. 90p. (Tese de Mestrado)
- ERNANI, P.R. & ALMEIDA, J.A. Avaliação de métodos de recomendação quantitativa de calcário para os solos do Estado de Santa Catarina. Lages, UDESC, 1986. 53p. (Boletim técnico de solos, 1)
- KAMINSKI, J. Fatores de acidez e necessidade de calcário em solos no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1974. 96p. (Tese de Mestrado)
- MARSHALL, C.E. Colloids in agriculture. London, Edward Arnold, 1935. 184p.
- MIOLA, G.R. Extração de P, K, Ca e Mg do solo por diferentes métodos de avaliação da disponibilidade de P para as plantas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 127p. (Tese de Mestrado)
- PEECH, M. Exchange acidity. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.905-913.
- RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- REUNIÃO ANUAL DA REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL DOS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA, 25., Ijuí. 1993, Ata...Ijuí, Universidade de Ijuí, 1994. 19p.
- SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining the lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 25:274-277, 1961.
- SUMNER, M.E. & MILLER, W.P. Cation exchange capacity and exchange coefficients. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H. SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T. & SUMMER, M.E. , eds. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1996. p.1201-1229. (SSSA Book Series, 5)
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim técnico, 5)
- VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7)
- WIETHÖLTER, S. Histórico e perspectivas da prática de calagem no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p 1-28. (CD).