



XIII

Ciclo de Seminários da Agronomia

14 a 16 de dez. de 2021, Uberlândia-MG



MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ POTENCIAL DO SOLO

PINTO, Larissa Carmelina Alves; GONÇALVES, Jéssica Vieira; BELOTI, Igor Forigo; SANTOS, Wedisson Oliveira; BATISTA, Araína Hulmann

RESUMO

A acidez potencial do solo (H+Al) é um importante parâmetro para conhecimento da magnitude de tamponamento de acidez do solo. Adicionalmente, o teor de H+Al é necessário para o cálculo da CTC potencial do solo { $CTC = SB + (H+Al)$ } e da saturação por bases, portanto repercutindo na dose de corretivos quando se considera o método da saturação por bases ($NC = \frac{(V2-V1)T}{100}$). Esse parâmetro é utilizado como referenciador máximo das doses de corretivos, já que não se deseja que necessidades de calagem se aproximem ou superem os teores de H+Al do solo. Portanto, inexatidões na quantificação deste parâmetro podem afetar negativamente as recomendações de calcário, promovendo sub ou supercalagens. A mensuração da acidez potencial pode ser realizada por metodologias distintas dentre as quais se destaca o amplo uso da solução tampão SMP e o acetato de cálcio a pH 7,0, contudo, pesquisas têm identificado problemas de exatidão dos teores de H+Al por esses métodos, o que revela a necessidade de mais estudos com o intuito elucidar a problemática e sinalizar alternativas. Desta forma, este trabalho teve por objetivo discorrer sobre conceitos fundamentais para o pleno entendimento da acidez potencial dos solos e por conseguinte discutir sobre a acurácia, vantagens e desvantagens dos principais métodos utilizados para sua determinação. Foram encontradas diversas equações SMP para estimar teores de H+Al dos solos, entretanto ainda há necessidade de calibrações regionais, enquanto que o do acetato de cálcio apresenta baixa exatidão em solos com elevado tamponamento de acidez.

Palavras-Chave: Acidez do solo, Acetato de cálcio, Capacidade de troca catiônica, Método SMP.

1. INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros, em sua maioria, são naturalmente ácidos, com elevada disponibilidade de Al^{3+} , baixa fertilidade, necessitando de recorrentes correções nesses atributos para viabilizar produtividades compensatórias das culturas (MASCARENHAS et al., 2007), sendo este aspecto, particularmente relevante na região do cerrado. Existem diversos métodos de estimativa da necessidade de calcário, destacando-se o método da saturação de bases ($V = SB/CTC$), que necessita do valor da CTC potencial do solo para que se possa, por meio da calagem, elevar V para valores desejáveis para diferentes culturas. Assim, como a CTC é obtida a partir de $SB + (H+Al)$, portanto equívocos na estimativa da acidez potencial incorrerão em inexatidões no valor da CTC, o que afetará diretamente na estimativa da necessidade de calagem [$NC = (V1-V2) \times CTC/100$] (KAMINSKI et al., 2002).

Segundo Silva (2005), a acidez potencial caracteriza o poder tampão de acidez do solo, abrangendo a acidez trocável (Al^{3+}) e a acidez não trocável. Esta última corresponde ao H dissociável de ligações covalentes dos compostos orgânicos e dos minerais de argilas. O hidrogênio ionizável é o seu principal componente e sua quantificação depende do potencial de ionização. Já a acidez trocável trata-se de cátions de hidrólise ácida, especialmente Al^{3+} e H_3O^+ , mas também quantidades variáveis de Mn^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} e Ni^{2+} , que encontram-se adsorvidos fisicamente (eletrostaticamente) à cargas negativas do solo.

Existem diversos métodos para estimar ou determinar a acidez potencial de um solo, destacando-se o acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 como extrator (VETTORI, 1969) e o SMP (SHOEMAKER et al., 1961). O acetato de cálcio, após elevação do pH da suspensão solo-extrator e deslocamento dos cátions ácidos para a solução, a acidez é quantificada por titulometria de neutralização ácido-base; já por SMP, diversas equações são utilizadas para se estimar o teor de H+Al a partir do pH de equilíbrio que se estabelece após interação da amostras de solo com a solução tampão. Por essa razão, o método SMP necessita de calibração regional prévia, para a obtenção das equações ($H+Al = f. pH_{SMP}$).

A determinação da necessidade de calagem por meio da saturação por bases ($NC = \frac{(V_2-V_1)T}{100}$) (RAIJ, 1981) é influenciada pelo cálculo da saturação de bases do solo [$V = SB/CTC$] que por sua vez é influenciada pelo valor da CTC potencial [$CTC = SB + (H + Al)$] (JORDÃO, 2000) que é obtida pela quantificação da acidez potencial ($H + Al$).

A utilização do método da saturação por bases com o objetivo de determinar doses de corretivos de acidez tem como limitação a dificuldade de se estimar a acidez potencial do solo ($H + Al$), utilizada na determinação da CTC a pH 7,0, especialmente em solos de maior capacidade tampão, sendo um método mais eficaz em solos menos tamponados (KAMINSKI et al., 2002; LEBLANC et al., 2016).

Em trabalho de Pedrebon et al. (2018) para solos do oeste de Santa Catarina, em média, o H+Al foi subestimado entre 6 e 40% pelos métodos SMP e acetato de cálcio, respectivamente, sendo mais problemático nos solos de maior tamponamento. O índice SMP estimou melhor a NC que o método de saturação por bases, principalmente em solos de maior tamponamento.

A solução tampão SMP é largamente utilizada devido a sua praticidade de execução e aplicação para o cálculo de calagem. Há, porém, necessidade de estabelecer curvas de calibrações próprias para as diferentes regiões do Brasil contemplando a diversidade de solos (KAMINSKI et al., 2002; PEREIRA et al., 2020).

2. DESENVOLVIMENTO

CTC do solo- A capacidade de troca de catiônica do solo (CTC) é uma característica físico-química dos solos que representa a quantidade de cargas negativas das superfícies coloidais da matéria orgânica e minerais do solo. Indica a capacidade máxima potencial de adsorção física de cátions. Trata-se, portanto de um atributo de grande interesse teórico e prático, muito útil no manejo e pesquisas em fertilidade do solo (RAIJ, 1969).

A CTC do solo pode ser determinada diretamente utilizando-se um cátion-índice, em geral um íon indiferente, de modo que sature as cargas negativas dos colóides, sendo posteriormente deslocado por outro cátion (troca iônica), com igual perfil de adsorção. Já indiretamente, como é feito nas rotinas de análise de solo para fins de fertilidade, a CTC é obtida da soma de bases do solo ($SB = \sum Ca, Mg, K, Na \text{ e } NH_4^+$) com a acidez potencial ($H+Al$). Para condições tropicais úmidas, assume-se $SB = \sum Ca, Mg \text{ e } K$.

Métodos de quantificação da acidez potencial do solo- como na rotina de análise de solo prefere-se determinar a CTC indiretamente, a exatidão dos métodos de determinação da acidez potencial torna-se essencial para a mensuração satisfatória da CTC dos solos.

A acidez potencial do solo ($H + Al$) é constituída da acidez trocável, representada principalmente por Al^{3+} , porém tem participação de H_3O^+ adsorvido fisicamente e outros cátions de hidrólise ácida. Também compõe a acidez potencial do solo, sendo em muitos casos seu principal componente, a acidez não trocável, que é a quantidade de acidez neutralizada na faixa do pH do solo até um valor de pH previamente selecionado, geralmente 7 (KAMINSKI et al., 1974; THOMAS e HARGROVE et al., 1984) e é apresentada como $H + Al$.

A quantificação dos teores de H+Al do solo se dá por meio de equilíbrio entre o

tamponamento de acidez do solo com uma solução receptora de prótons, derivada de um sal de ácido fraco (JACKSON et al., 1960). Portanto, estabelecer-se-á equilíbrios entre os tampões de acidez presentes nos colóides do solo e a solução extratora tamponada, possibilitando o deslocamento de H^+ do solo para a solução extratora em determinado pH resultante de equilíbrio (JACKSON et al., 1960; RAIJ e KUPPER et al., 1966)

Método do acetato de cálcio- O método do acetato de cálcio ($C_4H_6CaO_4$), referenciado como padrão (RAIJ et al., 1987) propõe que o ânion acetato atue como receptor de prótons adsorvidos química (acidez não trocável) e fisicamente (parte da acidez trocável), formando ácido acético e tamponando a acidez do meio. A elevação do pH do meio pela solução tamponada pH 7,0 possibilita a ionização dos H covalentemente ligados aos grupamentos funcionais. Adicionalmente, a Ca^{2+} promove o deslocamento de cátions de hidrólise ácida para a solução, por ação em massa, a acidez trocável (JACKSON, 1960; PATRÍCIO, 1996). Na titulação ácido-base, o pH do meio é elevado a 7,0 com solução de NaOH, possibilitando a completa hidrólise da acidez trocável, agora em solução, gerando H^+ ($Al^{3+} + 3H_2O \leftrightarrow Al(OH)_3 + 3H^+$) que por sua vez é neutralizado e quantificado na titulação ($3H^+ + 3OH^- \leftrightarrow 3H_2O$), assim como também a hidrólise dos H ionizados das ligações covalentes ($H^+ + 3OH^- \leftrightarrow H_2O$) (ALCARDE, 1992).

O método do acetato de cálcio não necessita de uma calibração prévia para determinar a acidez potencial já que mede diretamente a acidez (KAMINSKI, 1974), sendo esta uma vantagem. Entretanto, conforme destacado por Raij e Kupper (1966), o tamponamento das soluções extratoras idealmente deve ser elevado para que o equilíbrio se estabeleça o mais próximo possível do pH desejado e neste sentido, o método do acetato tem se mostrado pouco tamponado em pH equilíbrio próximo a 7,0 (RAIJ e KUPPER 1966; VETTORI et al., 1969; RAIJ et al., 1991; KAMINSKI et al., 2002; SILVA, 2005; GATIBONI et al., 2018). De fato, quanto maior o tamponamento do solo em termos de acidez (maior teor de matéria orgânica, menor valor de P-remanescente ou maior teor de argila) maior tem sido o deslocamento do pH da solução de equilíbrio do acetato (SILVA et al., 2005; STEINER et al., 2009; GATIBONI et al., 2018). A acidez potencial determinada pelo acetato de cálcio, supostamente à pH 7,0, em média é determinada a pH 5,7, sugerindo correção do método pelo teor de matéria orgânica do solo ou pelo P remanescente. De fato, em solos mais tamponados, com maiores teores de matéria orgânica ou com elevados teores de argila a sensibilidade é considerada menor, visto que o equilíbrio entre a solução do solo e o extrator tenderá para o solo devido ao maior tamponamento deste último, assim sua acidez potencial é subestimada (NOLLA et al., 2009).

Além de problemas no tamponamento apresentado pelo método do acetato de cálcio, outras desvantagens têm sido apontadas, tais como: maior custo (SILVA et al., 2000), dificuldade de percepção do ponto de viragem para solos com maiores teores de matéria orgânica (PEREIRA et al., 1998), baixa qualidade do acetato de cálcio comercial e necessidade de preparo diário da solução (QUAGGIO et al., 1985; RAIJ et al., 1987; PAVAN et al., 1996). Diante desses inconvenientes operacionais, Quaggio et al. (1985) propuseram o uso do método SMP em substituição ao acetato de cálcio.

Método SMP-o método do foi desenvolvido por Shoemaker et al. (1961), utiliza-se uma solução p-nitrofenol, trietanolamina, acetato de cálcio, cromato de potássio e cloreto de cálcio tamponada a pH 7,5 (PATRÍCIO, 1996). A metodologia se baseia na interação entre a solução tampão SMP às amostras de solo que estabelecem determinados valores de pH de equilíbrio da suspensão solo-solução (QUAGGIO, 1985). Portanto, a diminuição do pH do tampão reflete o tamponamento de acidez do solo. Esses valores de pH são úteis para a recomendação de calagem visando atingir pH de solo 5,5, 6,0 ou 6,5, calibrados regionalmente, especialmente na região sul do Brasil (RS e SC), por meio de estudos de incubação de solos com $CaCO_3$ (WIETHÖLTER, 2004)

Estimativas da acidez do solo pelo método SMP foram fortemente incentivadas devido aos problemas já apresentados para o método do acetato de cálcio, com vantagens por ser de

simples execução e de menor custo (RAIJ et al., 2001; SAMBATTI et al., 2003). Entretanto, como o método não mede diretamente a acidez do solo, apesar de ser sensível ao poder tampão, há necessidade do estabelecimento de equações de regressão regionais que se estimar satisfatoriamente (elevada exatidão) o teor de H+Al do solo a partir do pH SMP da solução de equilíbrio (SHOEMAKER et al., 1961; QUAGGIO et al., 1985).

Com a expansão do uso do método SMP, há grande número de equações de regressão disponíveis na literatura (Quadro 1), tais como, para a região do vale do Jequitinhonha (BARROS, 2006), para o nordeste paraense (GAMA, 2002), para o estado do Amazonas (MOREIRA et al., 2004), Mato Grosso (RIBEIRO, 2018), para solos do Cerrado (SOUZA et al., 1989), entre outras. Entretanto, mais importante que as regiões são as propriedades de tamponamento dos solos, que podem variar muito entre e dentro das macroregiões. Por exemplo, no cerrado do triângulo mineiro há grande diversidade de solos, o que certamente exigirá o ajuste de mais de uma equação. Muitos laboratórios utilizam essas equações sem respaldo de calibrações locais, o que em última instância afetará negativamente no diagnóstico da fertilidade do solo e na correção da sua acidez (BARROS et al., 2006; BARROS et al., 2009). Das equações apresentadas no Quadro 1 aquelas ajustadas com Kamiski et al. (2002), Silva (2005), Pereira (2020), Almeida (2015) dentre outras foram estabelecidas para estimar a acidez potencial do solo. Por outro lado, trata-se de um método comprovadamente eficiente para se estimar a acidez potencial do solo quando se utiliza as equações corretas para diferentes regiões (BEZERRA, 2014), incluindo o cerrado (PATRICIO, 1996).

Quadro 1- Equações para estimar H+Al através do pH_{SMP} para diferentes localidades do Brasil

Equações	R ²	Local	Referência
$\ln(H+Al) = 7,76 - 1,053 \text{ pH}_{SMP}$	0,96	SP	Quaggio et al. (1985)
$\ln(H+Al) = 8,06 - 1,111 \text{ pH}_{SMP}$	0,99	MG	Corrêa et al (1985)
$\ln(H+Al) = 7,719 - 1,068 \text{ pH}_{SMP}$	0,96	Cerrado	Sousa et al (1989)
$\ln(H+Al) = 6,0687 - 0,744 \text{ pH}_{SMP}$	0,95	PR	Pavan et al (1989)
$\ln(H+Al) = 8,086 - 1,062 \text{ pH}_{SMP}$	0,96	MS	Maeda et al (1997)
$\ln(H+Al) = 10,05 - 1,020 \text{ pH}_{SMP}$	0,90	RJ	Pereira et al (1998)
$H+Al = 786,3 - 201,73 \text{ pH}_{SMP} + 13,294 \text{ pH}_{SMP}^2$	0,90	PA/Nordeste	Gama et al. (1998)
$\text{Log}(H+Al) = 3,914 - 0,391 \text{ pH}_{SMP}$	0,90	RS/SC	Escosteguy & Bissani (1999)
$H+Al = 1.625,3 - 451,61 \text{ pH}_{SMP} + 31,521 \text{ pH}_{SMP}^2$	0,87	NE/Semi-árido	Silva et al. (2000)
$H+Al = 38,448 - 8,4855 \text{ pH}_{SMP} + 0,4837 \text{ pH}_{SMP}^2$	0,90	PE	Nascimento (2000)
$H+Al = 0,00359 + 1,556,5806 e^{-\text{pH}_{SMP}}$	0,96	MG/Norte	Silva et al (2002)
$H+Al = 20,195 - 2,6484 \text{ pH}_{SMP}$	0,91	PR/Noroeste	Sambatti et al. (2003)
$\text{Log}(H+Al) = 3,020 - 0,371 \text{ pH}_{SMP}$	1/	BR/Sul	Kaminski et al (2002)
$H+Al = 30,646 - 3,848 \text{ pH}_{SMP}$ (em água)	0,89	AM	Moreira et al (2004)
$H+Al = 30,155 - 3,834 \text{ pH}_{SMP}$ (em CaCl ₂)	0,91	AM	Moreira et. Al (2004)
$H+Al = 35,57 - 4,81 \text{ pH}_{SMP}$	0,93	AM/região central	Silva et al (2005)
$\ln(H+Al) = 8,08 - 0,95391 \text{ pH}_{SMP}$	0,92	Serra do espinhaço/MG	Silva et al (2008)
$H+Al = 0,0744 x^2 - 1,9294 x + 15,132$	0,9792	Triângulo mineiro/alto paranaíba	Lana et al (2013)
$\hat{y} = 57,108 - 13,338 \text{ pH}_{SMP} + 0,7637 \text{ pH}_{SMP}^2$	0,87	PB	Almeida (2015)
$H+Al = 53,105 - 26,54 \ln(\text{pH}_{SMP})$	0,91	MT	Ribeiro et al (2018)
$H+Al = 62,48 e^{-0,416 \text{ pH}_{SMP}}$	0,8658	Solos de altitude/SC	Pereira (2020)
$\ln(H+Al) = 8,0629 - 1,110 \text{ pH}_{SMP}$	1/	PROFERT MG	PROFERT (2005)

1/ O valor de R² não foi apresentado na publicação

3. CONCLUSÕES



XIII

Ciclo de Seminários da Agronomia

14 a 16 de dez. de 2021, Uberlândia-MG



O método do acetato de cálcio apresenta elevada sensibilidade ao fator capacidade dos solos, afetando negativamente sua exatidão em determinar a acidez potencial do solo, especialmente quando maior for o teor de argila ou matéria orgânica dos solos.

O método SMP, por ser menos sensível ao poder tampão de acidez solo, é em geral mais eficaz que o método do acetato, porém são necessários estudos locais considerando a variabilidade de domínios de solos para o ajuste das equações.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.C.. **Corretivos de acidez dos solos: Características e Interpretações técnicas**. Disponível em: <http://files.leandrogodoy.webnode.com/200000047-002c2021ea/Corretivos%20-%20Alcarde%20Anda%2004.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021.

ALMEIDA JÚNIOR, Agenor Bezerra de; NASCIMENTO, Clístenes Williams Araújo do; BARROS, Felipe Martins do Rêgo. **Acidez Potencial Estimada pelo Método do pH SMP em Solos do Estado da Paraíba**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [S.L.], v. 39, n. 3, p. 767-773, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140307>.

JORDÃO, Cláudio Pereira. **Adsorção de íons Cu^{2+} em Latossolo Vermelho-Amarelo húmico**. Química Nova, Viçosa, v. 1, n. 23, p. 5-11, jul 1999. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/LjxmzrpwtGXR5hjnDfWLKzf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 out. 2021.

KAMINSKI, J.. **Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Santa Maria, p. 1108-1114, abr. 2002. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/qC98hQCX7tHttvdnKqRdFZc/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 26 out. 2021.

KAMINSKI, J.; GATIBONI, L. C.; RHEINHEIMER, D. S.; MARTINS, J. R.; SANTOS, E. J. S.; TISSOT, C. A. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:1107-1113, 2002.

LEBLANC, Michael.; PARENT, Elizabeth .; PARENT, Leon. **Lime requirement using Mehlich-III extraction and infrared-inferred cation exchange capacity**. Soil Science Society of America Journal, v. 80, p. 490-501, 2016.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; AMBROSANO G.M.B.; CARMELLO, Q.A.C. **Efeito da calagem sobre a produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoces de soja**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1475-1485, 2007.

MOREIRA, Adônis. **Acidez potencial pelo método do pH SMP no Estado do Amazonas**. Pesquisa Agropecuária, Brasília, v. 39, n. 1, p. 89-92, jan. 2004. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/VKb65NWdLcwTGSMDDdtnhypz/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

NOLLA, Antonio. **Acidez potencial determinada pelo acetato de cálcio e pelo índice SMP em solos com diferentes condições de acidez no sistema plantio direto**. Cultivando O



XIII

Ciclo de Seminários da Agronomia

14 a 16 de dez. de 2021, Uberlândia-MG



Saber, Cascavel, v. 2, n. 3, p. 164-173 jul 2020 01. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/192/113>. Acesso em: 22 out. 2021.

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, Marcos Gervario., ARAÚJO, André Lucas Simões., DORTZBACH, Denilson., TAVARES, Orlando Carlos Huertas.; SILVA NETO, Eduardo Carvalho. **Estimativa da acidez potencial através do método do pH SMP em solos de altitude de Santa Catarina**. Agropecuária Catarinense, v.33, n.1, p.50-55, 2020.

PEREIRA, Marcos Gervasio. **Estimativa da acidez potencial através do método do pH SMP em solos de altitude de Santa Catarina**. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 50-55, jun 2020. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/view/531>. Acesso em: 15 out. 2021.

PREDEBON, Rodrigo.; GATIBONI, Luciano Colpo.; MUMBACH, Gilmar Luiz.; SCHMITT, Djalma Eugênio.; DALL'ORSOLETTA, Daniel João.; BRUNETTO, Gustavo. **Requirement in soils of west region of Santa Catarina**, Ciência Rural, Santa Maria, v.48:04, e20160935, 2018.

PROFERT. **Manual PROFERT**. Disponível em: <http://www.profertmg.com.br/secao.htm?idSecao=47>. Acesso em: 21 out. 2021.

QUAGGIO, José Antônio.; RAIJ, Bernardo Van & MALAVOLTA , Eurípedes. **Alternative use of SMP-buffer solution to determine lime requirement of soil**. Comm. Soil. Sci. Plant. Anal. 16:245-260, 1985.

RAIJ, Bernardo van & KUPPER, Alfredo. **Capacidade de troca de cátions em solos. Estudo comparativo para alguns métodos**. Bragantia, Campinas, 25:327-336, 1966.

RAIJ, Bernardo.van.; QUAGGIO, José Antônio.; CANTARELLA, Heitor.; FERREIRA, Manuel Evaristo; BATAGLIA, Ondino Cleante. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

SHOEMAKER, H. E.; MCLEAN, E. O.; PRATT, P. F. **Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum**. Soil Science Society Proceedings, v. 25, n. 4, 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**. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 24: 689-692, 2000.

SILVA, M. Z. **A acidez potencial do solo não é determinada a pH 7,0**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa (Dissertação de mestrado), 34 p, 2005.

VETTORI, Leandro. **Métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 24p. (Boletim técnico, 7), 1969.