

P-REMANESCENTE EM SUBSTITUIÇÃO AO TEOR DE ARGILA NA SEPARAÇÃO DOS SOLOS DOS ESTADOS DO RS E SC EM CLASSES PARA INTERPRETAÇÃO DO P EXTRAÍDO PELA SOLUÇÃO DE MEHLICH

Douglas Antonio Rogeri¹

Palavras-chave: adsorção de fósforo, adubação fosfatada, óxidos de ferro.

INTRODUÇÃO

A análise do solo é umas das poucas formas que os produtores possuem para acessar informações geradas pela pesquisa em ciência do solo. As recomendações de quantidades de fertilizantes a aplicar dependem, em grande parte, da qualidade da diagnose dos elementos no solo pelos métodos de análise (SILVA; RAIJ, 1999).

O método Mehlich-1 utilizado para predizer a disponibilidade de P em solos do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) possui algumas limitações, como a sensibilidade ao poder tampão de P do solo, com menor extração de P à medida que esse aumenta. Para compensar, em parte, a deficiência do método é feita à separação dos solos em classes de tamponamento, cujo critério utilizado para este fim é o teor de argila (CQFS-RS/SC, 2004). Todavia, esta medida tem sido questionada por ser quantitativa, e por não fornecer qualquer informação sobre a composição desta fração, além de sua determinação em laboratório ser demorada, onerosa e sujeita a muitos erros analíticos (NETO et al., 1996).

Em consequência das limitações da medida textural é pertinente avaliar outros índices do poder tampão dos solos a fim de estabelecer classes de tamponamento. O método do P-remanescente (P-rem) é uma técnica que vem sendo utilizada por alguns Estados brasileiros como medida do poder tampão dos solos, pois além ser mais prático que a determinação da argila, ele avalia diretamente o potencial de imobilização de P. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a técnica do P-remanescente comparativamente à análise textural como medida do poder tampão do solo na recomendação de adubação fosfatada para solos do RS e SC.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram desenvolvidos em laboratório, em Porto Alegre, RS, no ano de 2013. Foram utilizadas 15 tipos de solos representativos do Estado do Rio Grande do Sul

¹ Professor do curso de Agronomia da Faculdade de Itapiranga – FAI.

(Tabela 1), coletados na camada superficial de 0 a 20 cm. Nas amostras de solo foram determinados o teores de argila pelo método da pipeta, a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) pela isoterma de Langmuir, os teores de Fe e Al extraídos por ditionito citrato de sódio (Fe_{dcb}) e oxalato de amônio a pH 3,0 (Fe_{ox}), os teores de P-remanescente e a dose de P_2O_5 necessária para aumentar 1 mg kg^{-1} no solo extraídos pelo método Mehlich-1.

Os solos foram incubados com doses crescentes de fósforo (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5) em que foram avaliados mensalmente os teores de fósforo extraídos por Mehlich. A dose de P_2O_5 necessária de para se aumentar 1 mg kg^{-1} na análise foi quantificada por meio do inverso do coeficiente angular (1/b) da equação linear ajustada entre o P extraído e as doses de fósforo aplicadas.

A determinação do P-rem foi feita com a adição 5 cm^3 de TFSA em erlenmeyer e 50 ml de uma solução de $CaCl_2$ 10 mmol L^{-1} contendo 60 mg L^{-1} de P, de acordo com a metodologia descrita por Alvarez et al. (2000). Além dos solos descritos, também foram determinados os teores de argila e P-rem de 200 amostras de solo provenientes de diferentes locais do RS, obtidas dentre os solos enviados pelos produtores ao laboratório de análises da UFRGS. As determinações de P no extrato tanto do Mehlich como do remanescente foram feitas por espectrometria de emissão ótica por plasma induzido (ICP-OES). Foram feitas análises de correlação linear simples de Pearson entre os atributos dos solos relacionados ao poder tampão de P com as medidas do P-rem e os teores de argila.

Tabela 1-Classificação e unidade de mapeamento das amostras de solos utilizadas no experimento.

Classificação Brasileira ¹	Unid. Mapeamento	Teor de argila (%)
Vertissolo Ebânico órtico chernossólico	Aceguá	47,1
Planossolo Háptico eutrófico vértico	Bagé	37,0
Cambissolo Húmico alumínico típico	Bom Jesus	19,8
Argissolo Vermelho distrófico arênico	Bom Retiro	5,9
Chernossolo Argilúvio férrico típico	Ciríaco	35,1
Latossolo Vermelho distrófico típico	Cruz Alta	19,0
Latossolo Vermelho aluminoférrico típico	Erechim	56,0
Nitossolo Vermelho distrófico latossólico	Estação	38,6
Argissolo Vermelho-Amarelo alumínico	Júlio de Castilhos	37,4
Latossolo Vermelho distrófico típico	Passo Fundo	27,3
Planossolo Hidromórfico eutrófico solódico	Pelotas	9,0
Latossolo Vermelho distroférrico típico	Santo Ângelo	57,5
Argissolo Vermelho distrófico Típico	São Jerônimo	18,8
Chernossolo Ebânico carbonático vértico	Urugaiana	19,7
Latossolo Bruno alumínico câmbico	Vacaria	56,5

¹ – Embrapa (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve correlação significativa e negativa entre argila e P-rem, bem como a argila correlacionou-se de forma positiva e os valores de P-rem de forma negativa com os atributos do solo relacionados ao poder tampão de P (Tabela 2). Todas as correlações foram significativas, com exceção daquela entre argila e capacidade máxima de adsorção de P. O P-rem apresentou forte correlação ($>0,70^{**}$) com todos os atributos dos solos avaliados, com destaque para os coeficientes superiores à argila nas relações com a CMAP e com o Fe extraído por oxalato de amônio (Fe_{ox}), os quais são os principais indicadores do poder tampão de P no solo (Novaes et al. 2007).

Os valores de P-rem apresentaram melhores ajustes com os teores de Fe de baixa cristalinidade (Fe_{ox}) comparativamente à argila (Figura 1). Por outro lado, o teor de argila apresentou coeficientes de correlações maiores com o somatório de Fe pedogênicos (Fe_{dcb}) e com o Fe cristalino ($Fe_{ox} - Fe_{dcb}$) (Tabela 1). Isso demonstra que o teor de argila está melhor relacionado com a quantidade de óxidos de ferro, diferentemente do P-rem que é mais sensível aos tipos de óxidos que mais adsorvem fósforo. As formas de ferro de baixa cristalinidade (Fe_{ox}) apresentam maior área superficial específica, o que determina maior reatividade química com os fosfatos, traduzindo-se em maior capacidade de adsorção de fósforo.

A dose de P_2O_5 necessária para aumentar 1 mg kg^{-1} de P nas análise por Mehlich-1 correlacionou-se significativamente com os teores de argila e valores de P-rem (Figura 2). A dose necessária para aumentar 1 mg kg^{-1} é uma medida direta da sensibilidade do extrator Mehlich em relação ao poder tampão do solo. Essa informação é muito importante na definição de doses para se efetuar a adubação de correção, com objetivo de atingir o nível crítico de P nos solos.

A significância da dose para aumentar 1 mg kg^{-1} com P-rem e argila indica que ambas as medidas podem ser usadas como índices do poder tampão do solo. Entretanto, quando usamos os teores de argila podemos incorrer em alguns erros. Os pontos circulados (Figura 2 B) ficaram muito distantes (*outliers*) da curva ajustada entre a dose de P_2O_5 necessária para aumentar 1 mg kg^{-1} e os teores de argila. Estes solos pertencem a três classes diferentes de tamponamento, com base no teor de argila (CQFS-RS/SC, 2004), e fazem parte das unidades de mapeamento Bom Jesus (19 % de argila – classe 4); Ciríaco (38% de argila – classe 3) e

Vacaria (53 % de argila – classe 2). Estes solos apresentam atributos comuns entre si, como a elevada capacidade de adsorção de P ($> 3500 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5), altos teores de Fe_{ox} (4,5, 8,3 e $5,6 \text{ g kg}^{-1}$ para o solo Vacaria, Ciríaco e Bom Jesus, respectivamente) e elevadas doses para aumentar 1 mg kg^{-1} ($> 55 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5). Nos atributos avaliados relacionados ao poder tampão do solo, as três unidades citadas sempre figuraram entre os que apresentaram os maiores valores, sendo, portanto, os mais tamponados dentre os solos estudados. Porém, os mesmos são classificados em três classes diferentes de tamponamento quando é utilizado o teor de argila para classificá-los. Esta incongruência seria desfeita se fossem utilizados os valores de P-rem para separação dos solos, pois os três apresentaram baixos valores de P-rem, e com isso seriam enquadrados à classe de maior tamponamento. Deste modo, a utilização do teor de argila pode levar a erros de classificação, por não ser sensível a fatores qualitativos da fração argila.

A relação entre P-rem e argila foi descrita por uma curva exponencial decrescente, tanto para os solos usados no experimento como para aqueles selecionados do laboratório de rotina, com coeficientes de determinação (R^2) significativos de 0,79 e 0,73, respectivamente (Figura 3). Com base nessa curva poderia ser proposta uma tabela entre P-rem e argila para interpretação dos teores de P extraídos pela solução de Mehlich em função dos valores de P-rem. Entretanto, a curva exponencial ajustada pode ser inadequada para este propósito. Mesmo com um alto coeficiente de correlação, verifica-se elevada dispersão de pontos na faixa de 10 a 60% de argila, em que se tem um intervalo de 50 % de argila e menos de 15 mg L^{-1} de P-rem. Portanto, o raciocínio estatístico não se aplica neste caso (Figura 3 B). Ou seja, o P-rem para os solos aqui estudados não se relaciona adequadamente à classe textural, não obstante a significância dos coeficientes de determinação. Dessa forma, a tabela a ser proposta pela equação não seria adequada. Por outro lado, se o P-rem fosse estreitamente relacionado à classe textural, a única vantagem que se teria em substituir um pelo outro seria a operacionalidade, menos laboriosa que a determinação da argila.

O uso de P-rem como índice do poder tampão de P do solo também pode solucionar um problema recorrente, que tem sido observado nos laboratórios de rotina, que é a subestimação dos teores de argila nas análises. Com a evolução do sistema plantio direto, tem-se constatado aumento do teor de matéria orgânica com concomitante diminuição da capacidade de adsorção de fósforo dos solos (Donagema et al., 2008). Por outro lado, o acréscimo do teor de matéria orgânica em associação com a fração argila do solo proporciona a formação de microagregados muito estáveis, que não são dispersos pelo método usual de determinação

(bouyoucos). A medida do P-rem pode contornar este problema, uma vez que a mesma é sensível tanto ao aumento como a diminuição do potencial de adsorção de fósforo no solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que o enquadramento dos solos do RS e SC em classes de argila para fins de estimar seu tamponamento pode não ser adequado e que poderia ser usado o P-rem para separar os solos, se há a intenção de se continuar utilizando o Mehlich-1 para estimar a disponibilidade de P do solo para as plantas no RS e SC. Neste trabalho, foi verificado que o P-rem é um índice mais fidedigno do poder tampão de P dos solos do que o teor de argila.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. **Determinação e uso do fósforo remanescente**. Boletim Informativo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 25:27-32, 2000.

CQFS-RS/SC. Comissão química e de fertilidade do solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 400 p., 2004.

DONAGEMMA, G. K. et al. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de latossolos após pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1785-1791, 2008.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro; Embrapa, 2006.306p.

NETTO, A.R. **Influência da mineralogia nas propriedades físico-químicas de solos brasileiros**. 1996, 144p. Dissertação (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1017p., 2007.

SILVA, F. C. & RAIJ, B. V. **Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, V.34, p.267-288, 1999.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação linear simples entre argila e P remanescente contra atributos do solo relacionados ao poder tampão de fósforo de 15 solos do Rio Grande do Sul.

	P-rem ⁽¹⁾	Fe _{dcb} ⁽²⁾	Fe _{ox} ⁽³⁾	(Fe _{dcb} -Fe _{ox}) ⁽⁴⁾	Nec-M1 ⁽⁵⁾	CMAP ⁽⁷⁾
Argila	-0,72**	0,91**	0,50*	0,90**	0,79**	0,49 ^{ns}
P-rem		-0,72**	-0,72**	-0,68**	-0,73**	-0,88**

¹Fósforo remanescente; ²Fe extraído por ditionito citrato de sódio; ³Fe extraído por oxalato de amônio; ⁴Conteúdo de Fe de alta cristalinidade; ⁵Dose de P₂O₅ para aumentar 1 mg kg⁻¹ na análise por Mehlich-1 e ⁶ Mehlich-3; ⁷Capacidade máxima de adsorção de P; *, ** e ^{ns} significativos a 5 e 1% e não-significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

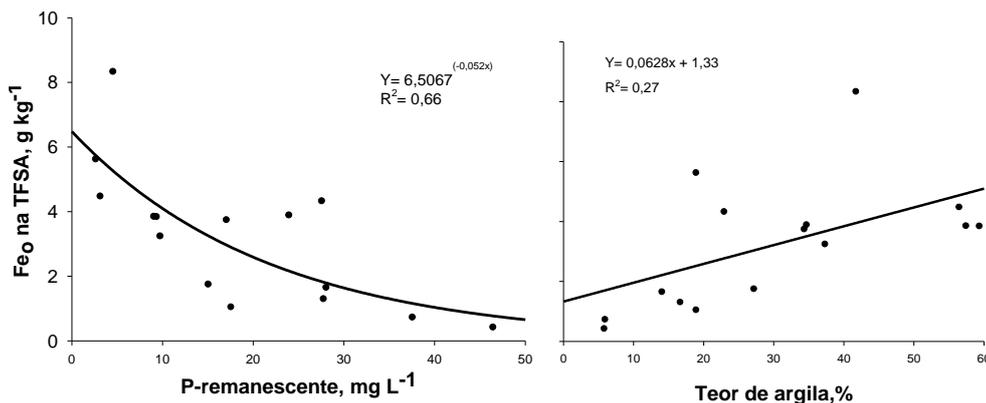


Figura 1 - Ferro extraído por oxalato de amônio na terra fina seca ao ar (TFSA) em função dos teores de argila e P-remanescente.

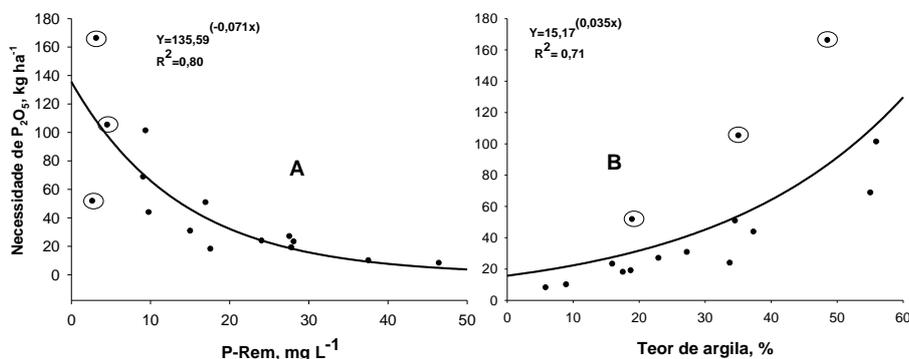


Figura 2 - Dose de P₂O₅ necessária para aumentar 1 mg kg⁻¹ de P na análise utilizando-se o método Mehlich-1 em função dos valores de P-rem (a) e do teor de argila (b).

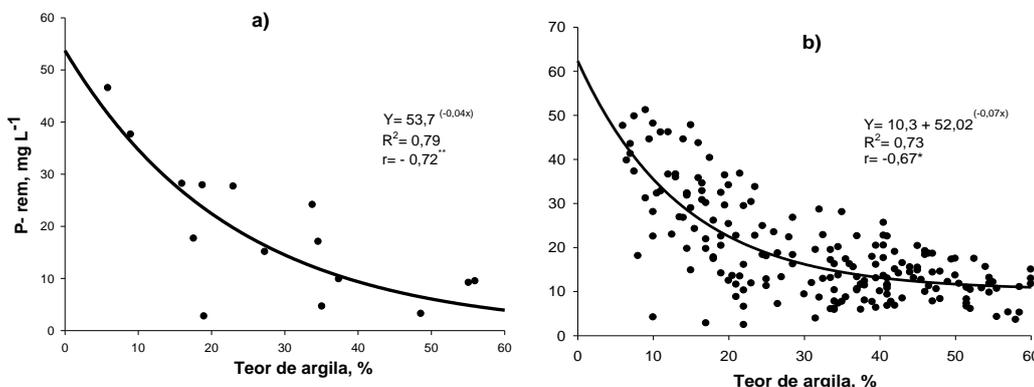


Figura 3 - Valor de P-remanescente (P-rem) de acordo com o teor de argila em diferentes amostras de solo. a) Solos utilizados no experimento; b) amostras de produtores enviadas ao laboratório de rotina.