

NÍVEL DE SUFICIÊNCIA E ÍNDICE DE EQUIVALÊNCIA ENTRE O FÓSFORO DETERMINADO PELOS MÉTODOS DA RESINA DE TROCA IÔNICA E MEHLICH-1

LEVEL OF SUFFICIENCY AND EQUIVALENCE INDEX BETWEEN PHOSPHORUS DETERMINATED FOR METHODS IONIC RESIN EXCHANG AND MEHLICH-1

Jairo André Schlindwein; Clesio Gianello.

RESUMO

A eficiência do método Mehlich-1 em estimar a disponibilidade de fósforo do solo para as plantas, em alguns casos, é considerada baixa. Por isto, a Comissão de Fertilidade do Solo do RS e SC se baseou em estudos feitos no RS e definiu teores de fertilidade de fósforo determinado pelo método da resina de troca iônica, independentemente do teor de argila, que influi na disponibilidade de fósforo para as plantas. O fósforo determinado pelos métodos Mehlich-1 e resina se correlacionam com parâmetros de plantas e entre si, assim, este trabalho tem por objetivo avaliar o teor crítico estabelecido pela Comissão e correlacionar teores de fósforo disponível no solo pelos métodos resina e Mehlich 1. Para isto, foram selecionadas 100 amostras de solos do RS, enviadas ao laboratório da UFRGS, com diferentes classes texturais e níveis de fertilidade de fósforo. O método da resina extraiu maior quantidade de fósforo nos solos argilosos e menor nos solos arenosos do que o método mehlich-1; o método da resina extraiu proporcionalmente mais fósforo do que o método Mehlich-1 nos solos com teores de fósforo abaixo dos níveis críticos considerados pela COMISSÃO... 1995 quando comparado aos solos com teores de fósforo acima do nível crítico. Os resultados não permitem estabelecer um índice de equivalência de fósforo determinado pelos métodos resina e Mehlich-1, pois a extração depende também da interação entre teores de fósforo e argila.

Palavras chave: correlação de extratores, recomendações de fertilizantes, extratores de fósforo.

ABSTRACT

The efficiency of Mehlich-1 method to evaluate the phosphorus availability to plants, in some cases, is considered low. For this reason, based on studies made in RS the Comissão de Fertilidade do Solo do RS e SC fixed quantities of phosphorus fertility determined by the ionic exchange resin method, independently of the clay content, which influences the phosphorus availability to plants. The phosphorus available for Mehlich-1 and resin methods is correlated with plants parameters and between themselves, so this study sets out to evaluate the critical level established by the Comissão and to correlate the phosphorus available in soil for Mehlich-1 and resin methods. For this purpose, 100 soil samples were selected in RS and sent to laboratory of analysis of UFRGS, with different contents of clay and different ranges of phosphorus fertility. The resin method extracted larger amount of phosphorus in the clay soils and lower in the sandy soils than the Mehlich-1 method; the resin method extracted proportionally more phosphorus than the Mehlich-1 method in soils with phosphorus quantity below the critical levels considered by the COMISSÃO... 1995 when compared to soils with phosphorus quantity above the critical levels. The results didn't permit to establish an equivalence index between phosphorus determined by resin and Mehlich-1 methods because the extraction also depends on the interaction between phosphorus concentration and clay contents of the soil.

Key words: correlation of extractors, fertilizers of recommendation, phosphorus of extractors.

(Recebido para Publicação em 20/04/2007, Aprovado em 26/06/2008)

INTRODUÇÃO

O método Mehlich-1 é um extrator ácido composto por H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1} + HCl 0,05 mol L^{-1} que extrai o fósforo mais lábil por dissolução seletiva devido ao abaixamento de pH e a presença do SO_4 . No RS o método é utilizado para quantificar o fósforo no programa de Recomendação de Adubação e Calagem no RS e SC. Porém, o método pode apresentar baixa eficiência em estimar a disponibilidade de fósforo para as plantas em solos com grande variação textural, quando adubados com fosfatos naturais e inerentes ao próprio método (RAIJ, 1978; ANGHINONI & VOLKWEISS, 1984; FIXEN & GROVE, 1990). Em estudos feitos no RS, entre o fósforo quantificado pelo método Mehlich-1 e parâmetros de plantas, foram relatados coeficientes de determinação significativos, mas freqüentemente menores do que 0,70 (FOLE & GRIMM, 1973; ANGHINONI & BOHNEN, 1974; MAGALHÃES, 1974; REIN, 1991; MIOLA, 1995; BRAIDA et al., 1996; SILVA, 1996; KROTH, 1998; SIQUEIRA et al., 2000; BORTOLON, 2005).

A inclusão do fator argila melhora os coeficientes de determinação entre o fósforo determinado pelo método Mehlich-1 e o rendimento de grãos das culturas cultivadas, nos estudos de calibração. Porém, a determinação da argila nos laboratórios de rotina encarece a análise, aumenta do tempo necessário para a entrega dos resultados e dificulta a interpretação da real disponibilidade de fósforo, especialmente nos solos argilosos com menores teores de fósforo.

Os coeficientes de determinação menores do que 0,7 podem ser devido ao valor obtido na extração de fósforo de solos adubados com fosfatos naturais, de reação básica, pois o método Mehlich-1, composto por ácidos, reage intensamente extraindo mais fósforo do que realmente está disponível para as plantas, subestimando a quantidade de fertilizante para as culturas (RAIJ, 1991; KROTH, 1998). Outra incerteza é atribuída, em parte, à baixa precisão do método, aos procedimentos laboratoriais (instalações, pessoal e equipamentos) e às variações de temperatura no período de extração. Para contornar esse problema e a baixa eficiência do método Mehlich-1 em estimar a disponibilidade de fósforo para as plantas, sugere-se que a determinação de fósforo seja feita também pelo método da resina de troca iônica em lâminas (WIETHÖLTER, 2002; COMISSÃO..., 2004). O método da resina descrita por Tedesco et al. (1995) extrai fósforo do solo por troca com o íons NaHCO_3 0,5 mol L^{-1} utilizados na recuperação das resinas.

As faixas de teores de fósforo determinadas pelo método da resina para os solos do RS e SC foram estabelecidas com base nos resultados obtidos por SIQUEIRA et al. (2000), que utilizaram resinas em esferas e nos resultados de pesquisas realizadas no RS, utilizando diferentes metodologias (MAGALHÃES, 1974; REIN, 1991; MIOLA, 1995; BRAIDA et al. 1996; SILVA, 1996; KROTH, 1998). O teor crítico de fósforo estabelecido foi 20 mg dm^{-3} , independentemente do teor de argila do solo. No estudo de SILVA & RAIJ (1996) a inclusão do fator argila não melhorou os valores dos coeficientes de determinação para o método da resina de troca iônica, porém estudos realizados no RS mostram ser necessária a inclusão do mesmo (MIOLA, 1995; BRAIDA et al., 1996; KROTH, 1999; SIQUEIRA et al., 2000).

O método da resina extrai proporcionalmente mais fósforo dos solos argilosos em relação aos solos arenosos, quando comparado com o método Mehlich-1. Em 20 solos representativos do RS, o método da resina extraiu 1,6 e 2,6 vezes mais fósforo do que o método Mehlich-1 para os solos com argila respectivamente inferior e superior a 400 g dm^{-3} (Miola, 1995), e de 1,5, 1,9, 2,8, 2,9 e 3,5 vezes mais fósforo do que o método Mehlich-1 para os solo com argila menor do que 110, 110-250, 260-400, 410-550 e maior do que 550 g dm^{-3} , respectivamente (adaptado de KROTH, 1998). Os resultados de ambos os métodos (Mehlich-1 e resina) correlacionam significativamente entre si (MIOLA, 1995; KROTH, 1998; BORTOLON, 2005) e com os parâmetros de plantas (REIN, 1991; MIOLA, 1995; BRAIDA et al. 1996; SILVA, 1996; KROTH, 1998; BORTOLON, 2005).

Assumindo que o fósforo absorvido pelas plantas é o fósforo lábil, e que este pode ser estimado tanto pelo método Mehlich-1 quanto pelo método da resina de troca iônica e que ambos se correlacionam, bastaria apenas ajustar um índice entre esses métodos. Com isso as tabelas de recomendações obtidas com a calibração do método Mehlich-1, poderiam ser utilizadas para interpretar os valores de fósforo obtidos pelo método da resina. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o teor crítico de fósforo determinado pelo método da resina, estabelecido a partir de 2001 (WIETHÖLTER, 2002; Comissão..., 2004) e correlacionar os teores de fósforo disponíveis no solo determinados pelos métodos da resina e do Mehlich-1.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas 100 amostras de solo enviadas ao Laboratório de Análise de Solo da UFRGS, no ano de 2002, provenientes principalmente da região do planalto do RS, onde o plantio direto é o sistema de cultivo predominante. Foram selecionadas 20 amostras de solo em cada classe de teor de argila (classes 1, 2, 3, 4 e 5 para argila >550, 550-410, 400-260, 250-110 e <110 g dm⁻³ de solo, respectivamente), sendo 10 amostras de solo com teores de fósforo acima do teor crítico e 10 abaixo (teor crítico de fósforo: 6, 9, 12, 18 e 24 mg dm⁻³ de solo nas classes de argila 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente) - (COMISSÃO..., 1995). O fósforo dessas amostras de solo foi determinado quatro vezes em datas diferentes, pelos métodos Mehlich-1 e resina de troca iônica em lâminas, descritos por TEDESCO et al. (1995). A temperatura no período de extração para ambos os métodos foi mantida em aproximadamente 20°C.

As análises de regressão foram feitas com auxílio dos programas SIGMAPLOT (1995) e SIGMASTAT (1995), utilizando-se as equações polinomiais de primeiro e segundo grau que melhor se ajustaram aos dados. Foi utilizada a média de fósforo de cada amostra de solo obtidos com os métodos Mehlich-1 e resina de troca iônica em lâminas, que serão denominados daqui para diante de P Mehlich-1 e P resina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de correlação do fósforo do solo foi significativo ($r^2 = 0,53^{**}$) para a relação P Mehlich-1 e P resina (Figura 1a), tal como observado em outros trabalhos feitos no RS (MIOLA, 1995; KROTH, 1998; BORTOLON, 2005), sugerindo a hipótese de que o método da resina pode ser utilizado para substituir os resultados do método Mehlich-1. Entretanto, observa-se que a correlação não foi linear, exceto para solos com teores de argila de >410 g dm⁻³; diferentemente do apresentado por MIOLA (1995), KROTH (1998) e BORTOLON (2005), pois à medida que aumenta o fósforo extraído pelos métodos diminui a relação do fósforo P resina:P Mehlich-1 (Figura 1: a,d,e,f). Isso pode ser devido à menor extração de fósforo pelo método da resina em comparação à extração pelo

método Mehlich-1, à medida que diminui o teor de argila e aumenta o teor de fósforo no solo.

A tendência de diminuição da correlação é devida aos diferentes mecanismos de extração entre os métodos. O método Mehlich-1 extrai o fósforo por dissolução seletiva das frações mais lábeis, a partir do abaixamento do pH e da presença de SO₄. Em solos mais argilosos, com alto poder tampão, ocorre perda da capacidade de extração do método e o tempo de decantação de 16 horas utilizado na metodologia de extração (TEDESCO et al., 1995) pode promover a readsorção de fósforo já dissolvido, resultando em valores de fósforo extraído menores nos solos argilosos em comparação aos solos arenosos (KAMPRATH & WATSON, 1980). Isso não ocorre com o método da resina que extrai o fósforo da solução do solo por mecanismo de troca iônica. Neste, o fósforo da solução passa para a resina por troca de íons, originários da própria resina, que vão para a solução a fim de manter o equilíbrio químico. Com a diminuição do fósforo da solução do solo, há a reposição por fósforo oriundo de formas adsorvidas até a exaustão das fontes consideradas disponíveis (lábeis) que podem passar para a solução durante o período de extração favorecido pela saturação com água e a agitação de 16 horas.

A agitação favorece a extração do fósforo do solo devido à presença do dreno que é a resina. Com esse método não há possibilidade de re-adsorção porque o fósforo retirado da solução não retorna à mesma. O fósforo ligado à resina não está em equilíbrio com a solução como ocorre no processo de extração do método Mehlich-1. Assim, solos com maior poder tampão de fósforo, como os argilosos, a extração de fósforo é maior no método da resina do que no método Mehlich-1. Isso não necessariamente ocorre em solos arenosos. Quando os solos foram separados por classes texturais, a função da relação do fósforo extraído pelos métodos resina e Mehlich-1, que melhor se ajustou à distribuição dos pontos foi linear para os solos argilosos e curvilínea para os solos mais arenosos (Figura 1).

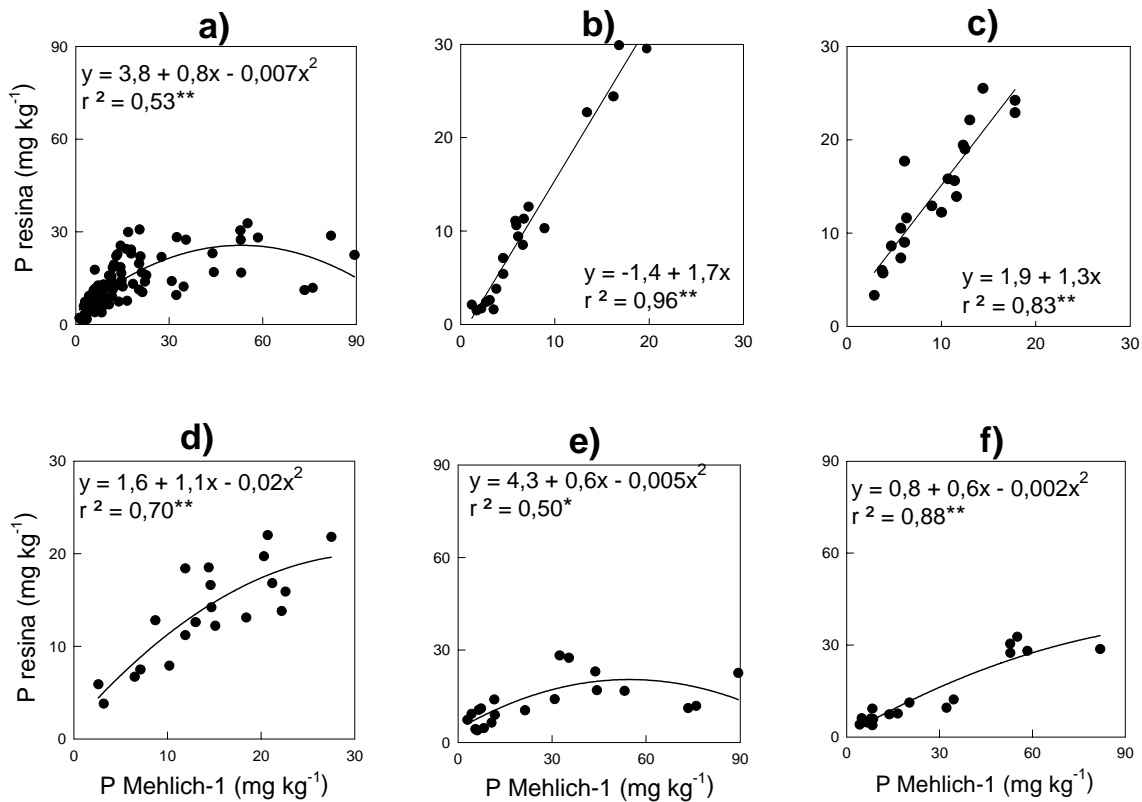


Figura 1. Correlação entre fósforo determinado pelos métodos resina de troca iônica e Mehlich-1; a) todas as classes de argila; b) argila >550 g dm³; c) argila 550-410 g dm³; d) argila 400-260 g dm³; e) argila 250-110 g dm³; f) argila <110 g dm³. ** significativo: P<0,01; * significativo: P<0,05.

O fósforo extraído pelo método da resina, na média, diminuiu de 1,7 a 0,5 em relação ao Mehlich-1, à medida que diminuiu o teor de argila do solo (Tabela 1), concordando com os resultados obtidos por MIOLA (1995), KROTH (1998) e SIQUEIRA et al. (2000) que variaram entre 3,5 e 1,5. A menor relação encontrada neste trabalho ocorreu, provavelmente, devido aos menores teores de fósforo nos solos argilosos (maior poder tampão), onde a resina mantém a capacidade de extração e, aos maiores teores de fósforo nos solos arenosos, onde o Mehlich-1 mantém boa capacidade de extração de fósforo.

A relação do P resina:P Mehlich-1 foi maior, em média, para os solos com teores de fósforo abaixo do teor crítico nas classes texturais 2, 3, 4 e 5, ou seja com menos de 550 g kg⁻¹ de argila, se comparada aos solos com teor de fósforo acima do teor crítico (Tabela 1). O teor crítico de fósforo determinado pela Comissão... (1995) é 6, 9, 12, 18 e 24 mg kg⁻¹ de solo para as classes texturais 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Quando os teores de fósforo no solo

foram abaixo do teor crítico, a resina mantém a capacidade de extração, devido ao processo de agitação que propicia a troca iônica em solução ao contrário do método Mehlich-1, onde o poder de acidificação da solução extratora pode ser reduzido nos solos argilosos, diminuindo a dissolução do fósforo, resultando em reabsorção e menor extração.

A média dos teores de fósforo determinados por Mehlich-1 nos solos da classe textural 1 foi 3,3 mg kg⁻¹ de solo (Tabela 1), porém alguns solos deste grupo tinham teores muito baixos e provavelmente não receberam adubação fosfatada, ou as doses aplicadas foram muito baixas, mantendo o fósforo pouco lábil, e assim, a magnitude dos valores extraídos pelos métodos, somada à imprecisão inerente aos próprios métodos, pode influenciar significativamente na relação P resina:P Mehlich-1 para cada solo e, na média dos solos, observado também pelo alto coeficiente de variação.

Tabela 1. Médias dos teores de argila, fósforo determinado pelos métodos resina e Mehlich-1 e amplitude, média e coeficiente de variação da relação fósforo determinado por resina e Mehlich-1 em solos com diferentes classes de argila (média de quatro repetições em 10 solos).

Classe Textural ⁽¹⁾	Argila g dm ³ de solo	Fósforo		Relação P resina:P Mehlich-1 ⁽²⁾		
		Resina ----- mg dm ³ de solo -----	Mehlich-1	Amplitude	Média	CV ⁽³⁾ -- % --
1	606	3,9	3,3	0,5-1,9	1,1	41,9
1	605	17,0	10,8	1,2-1,8	1,6	13,6
2	509	9,3	5,4	1,1-2,9	1,7	29,0
2	499	19,1	13,1	1,2-1,8	1,4	13,5
3	357	10,1	9,2	0,8-2,3	1,2	37,8
3	348	17,1	19,5	0,6-1,3	0,9	23,7
4	205	8,0	7,5	0,6-2,4	1,2	54,8
4	186	18,2	50,3	0,2-0,9	0,5	52,0
5	66	6,8	9,9	0,5-1,3	0,8	33,4
5	57	32,9	66,3	0,3-0,6	0,5	22,3

⁽¹⁾ Classe 1: argila >550 g dm³ de solo; Classe 2: argila 410-550 g dm³ de solo; Classe 3: argila 260-400 g dm³ de solo; Classe 4: argila 110-250 g dm³ de solo e Classe 5: argila <110 g dm³ de solo. ⁽²⁾ Relação P resina:P Mehlich-1 de 10 solos em cada classe textural acima e abaixo do teor crítico conforme COMISSÃO... (1995). ⁽³⁾ CV: coeficiente de variação.

Os dados obtidos (Tabela 1 e Figura 1) não permitem estabelecer um índice comum para todas as classes texturais, pois nesse estudo os teores de fósforo também influenciaram a relação. Entretanto, se forem estabelecidos índices para cada classe textural e para teores de fósforo abaixo e acima do teor crítico determinado pelo método da resina, a partir do teor crítico do método Mehlich-1 (COMISSÃO..., 1995) com o índice médio da relação P resina:P Mehlich-1, da Tabela 1, obtêm-se teores críticos de fósforo determinado pela resina para cada classe textural (Tabela 2). Os valores dos índices são variáveis, mas na média, observa-se uma tendência de aumento à medida que diminui o teor de argila. O valor médio para todas as classes texturais é 12,9 mg dm³, muito abaixo do teor crítico (20 mg dm³) estabelecido por WIETHÖLTER (2002) e pela COMISSÃO... (2004) para os solos do RS e SC, independentemente da classe textural, e muito abaixo do teor crítico (40 mg dm³) utilizado nas recomendações para as culturas anuais no estado de SP (RAIJ et al., 1997).

Os valores dos teores críticos encontrados na Tabela 2, embora variáveis, sugerem que o teor crítico (20 mg dm³) estabelecido por WIETHÖLTER (2002) e pela COMISSÃO...

(2004) para o método da resina pode estar superestimado e/ou os teores críticos para o método Mehlich-1 (6 a 24 mg dm³), estabelecidos pela COMISSÃO... (1995, 2004), estão subestimados. A diferença entre os teores críticos sugeridos para ambos os métodos é muito elevada para uma diferença de extração média de fósforo entre os métodos de 1,1 vez maior no método da resina em relação ao Mehlich-1.

A relação média 1,1 para o P resina:P Mehlich-1 é menor do que as relações encontradas por MIOLA (1995) e KROTH (1998) que variaram entre 1,5 e 3,5 para um menor número de solos (20 solos nas diferentes classes texturais, porém com 4 níveis de fertilidade de fósforo em cada solo).

Este trabalho foi realizado em 2003, fazendo-se uma correlação dos teores de fósforo determinados pelos métodos resina e Mehlich-1 para solos com diferentes classes texturais e teores de fósforo, baseados nas recomendações da Comissão... (1995). Em 2004 a Comissão... (2004) editou novas tabelas de recomendações e modificou as classes texturais. Estudando as relações dos teores de fósforo das análises de solos, determinados pelos métodos resina e Mehlich-1 e, classificando-os conforme as

SCHLINDWEIN et al. Nível de suficiência e índice de equivalência entre o fósforo determinado pelos métodos da resina de troca iônica...

novas classes texturais, com seus respectivos teores críticos estabelecidos pela Comissão... (2004), verificou-se que os resultados (não apresentados) são semelhantes aos apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 2. Teor crítico de fósforo Mehlich-1 conforme COMISSÃO... (1995), relação fósforo resina:fósforo Mehlich-1 média, teor crítico de fósforo resina e sua média para solos em classes texturais

Classe Textural ⁽¹⁾	Teor crítico de P Mehlich-1 ⁽²⁾ ----- mg dm ³ -----	Relação média P resina:P Mehlich-1 ⁽³⁾	Teor crítico de P resina ⁽⁴⁾ ----- mg dm ³ -----	Média do teor crítico P resina
1	6,0	1,1	6,6	
1	6,0	1,6	9,6	8,1
2	9,0	1,7	15,3	
2	9,0	1,4	12,6	14,0
3	12,0	1,2	14,4	
3	12,0	0,9	10,8	12,6
4	18,0	1,2	21,6	
4	18,0	0,5	7,2	14,4
5	24,0	0,8	19,2	
5	24,0	0,5	12,0	15,6
	Média	1,1	12,9	12,9

⁽¹⁾ Classe 1: argila >550 g dm³ de solo; Classe 2: argila 410-550 g dm³ de solo; Classe 3: argila 260-400 g dm³ de solo; Classe 4: argila 110-250 g dm³ de solo e Classe 5: argila <110 g dm³ de solo. ⁽²⁾ COMISSÃO... (1995). ⁽³⁾ Relação estabelecida na Tabela 1. ⁽⁴⁾ Obtido pela multiplicação entre o teor crítico Mehlich-1 e a relação P resina:P Mehlich-1.

Na Figura 2, observa-se um aumento linear significativo na relação P resina:P Mehlich-1, à medida que aumentou o teor de argila do solo, apenas para valores de fósforo acima do teor crítico. Abaixo do teor crítico, essa relação não é significativa, demonstrando não ser possível estabelecer um índice que permita analisar o solo pelo método da resina e recomendar doses de

fertilizantes, com base nas tabelas de recomendações calibradas para o método Mehlich-1. Isto pode estar relacionado à magnitude dos teores de fósforo extraídos pelos métodos em solos com teores muito baixos, somado aos mecanismos de extração associado à imprecisão inerente aos próprios métodos.

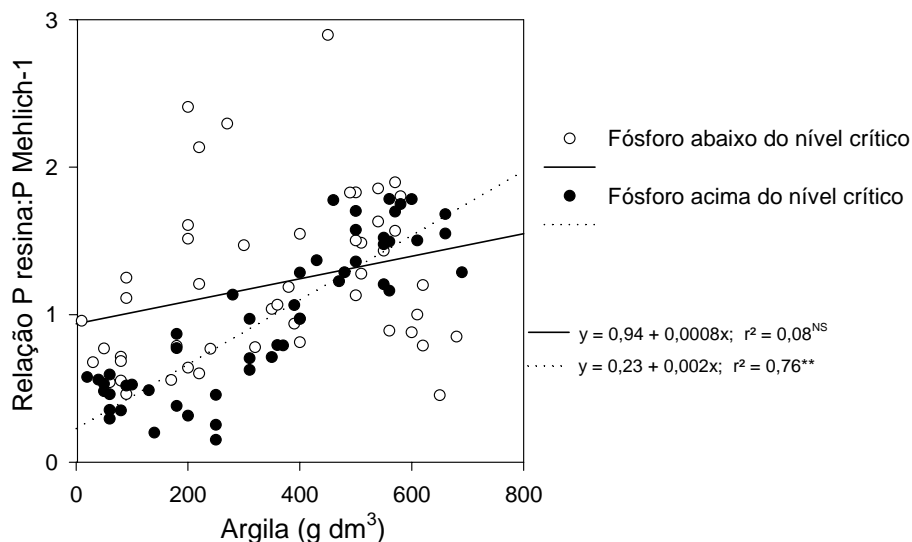


Figura 2. Regressão linear entre a relação fósforo resina:fósforo Mehlich-1 (abaixo e acima do teor crítico) e os teores de argila. ** significativo: $P < 0,01$, ^{NS} não significativo: $P > 0,05$.

CONCLUSÕES

O teor crítico médio de fósforo para o método da resina ($12,9 \text{ mg kg}^{-1}$), obtidos pela correlação P resina: P Mehlich-1 foi menor do que o teor crítico (20 mg kg^{-1}) sugerido pela Comissão de Fertilidade RS/SC.

Não foi possível estabelecer um índice de equivalência de fósforo entre os métodos da resina de troca iônica e Mehlich-1, para solos com diferentes classes texturais e teores de fósforo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHINONI, I.; BOHNEN, H. Avaliação da disponibilidade de fósforo para os solos do Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.1, p.127-136, 1974.

ANGHINONI, I.; VOLKWEIS, J.S. Recomendações de uso de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais...**Brasília: EMBRAPA/DEP, 1984. p.179-204.

BORTOLON, L. **Métodos de avaliação da disponibilidade de nutrientes para as plantas em solos do Rio Grande do sul**. 2005. 111f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BRAIDA, J.A.; CAMARGO, F.A. de O.; ROSSO, I.J. et al. Comparação de métodos de determinação da disponibilidade de fósforo do solo para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.345-347, 1996.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBRS - Núcleo Regional Sul: UFRGS, 2004. 394p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBRS - Núcleo Regional Sul: EMBRAPA/CNPT, 1995. 223p.

FIXEN, P.E.; GROVE, J.H. Testing Soil for phosphorus. In: WESTWERMANN, R.L. (Ed.). **Soil Testing and Plant Analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p.141-180.

FOLE, D.A.; GRIMM, S.S. Avaliação do efeito residual do fósforo por meio de métodos de extração e modelos matemáticos no Oxissolo Passo Fundo. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.2, p.205-221, 1973.

KAMPRATH, E.J.; WATSON, M.E. Conventional soil and tissue test for assessing the phosphorus status of soil. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J. (Eds.)

- The role of phosphorus in agriculture.** Madison: ASA, 1980. p.433-469.
- KROTH, P.L. **Disponibilidade de fósforo no solo para as plantas e fatores que afetam a extração por resina de troca em membranas.** 1998. 167f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- MAGALHÃES, A.F. Uso de resina de troca aniônica na avaliação do fósforo "disponível" para as plantas. II – estudo comparativo com a solução de Mehlich (Carolina do Norte). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.1, p. 171-176, 1974.
- MIOLA, G.R. **Extração de P, K, Ca e Mg do solo por diferentes métodos e avaliação da disponibilidade de P para as plantas.** 1995. 127f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ceres: Potafos, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, p.1-9, 1978.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100).
- REIN, T.A. **Estimativa do fluxo difusivo de fósforo nos solos e avaliação de sua disponibilidade às plantas.** 1991. 170f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.
- SILVA, F.C. da; RAIJ, B. van. Avaliação da disponibilidade de fósforo, por diversos extratores, em amostras de solo cultivados com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.83-90, 1996.
- SILVA, R.J.S. **Metodologia de avaliação da disponibilidade de fósforo em solos alagados.** 1996. 57f. Dissertação (Mestrado - Solos) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1996.
- SIGMAPLAOT for Windows. Version 3.02. San Rafael, CA, Jandel Corporeition, 1995. (CD-ROM).
- SIGMASTAT for Windows. Version 2.0. San Rafael, CA, Jandel Corporeition, 1995. (CD-ROM)
- SIQUEIRA, O.J.W. de; PERUZZO, G.; KOCHHANN, R.A. et al. Comparação de métodos analíticos para fósforo extraível do solo e desdobramentos para avaliação da sua disponibilidade – RS/SC. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria, RS. **Resumos...** Santa Maria: Fertibio, 2000. 5p. CD-ROM.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).
- WIETHÖLTER, S. Revisão das recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2002., Porto Alegre, RS. **Resumos Expandidos.** Porto Alegre: SBCS/NRS, 2002. 28p. CD-ROM.