

REVISTA CERES

Março e Abril de 1975

VOL. XXII

N.º 120

Viçosa — Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

ADSORÇÃO DE FÓSFORO NO SOLO: I. INFLUÊNCIA DA RELAÇÃO SOLO: SOLUÇÃO, NA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE MÁXIMA DE ADSORÇÃO. *

José Mário Braga
Antônio Carlos Ribeiro **

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno de adsorção de fósforo pelo solo, mais conhecido sob o termo genérico de "fixação de fósforo", foi tema de muitas pesquisas e sempre preocupou, pelas implicações com o desenvolvimento vegetal, bem como pelos aspectos teóricos, os estudiosos desta área (4, 6).

Só recentemente é que o fenômeno está sendo tratado sob o ponto de vista físico-químico e muitas tentativas têm sido feitas para a melhor compreensão da sua ocorrência no solo (1, 11, 12).

Um dos aspectos mais abordados é em relação à determinação da quantidade máxima de fósforo que pode ser adsorvida por uma determinada quantidade de solo. Esta quantidade é determinada pelas isotermas de Langmuir e de Freundlich, as quais são discutidas e muito usadas na literatura (3, 7, 8, 12). Das duas equações, a primeira delas, a isoterma de Langmuir, tem sido mais empregada do que a segunda, porque os parâmetros que ela envolve são mais fáceis de se compreender e também porque permite, quando na forma linear, determinar a capacidade máxima de adsorção do elemento no solo.

Essa determinação é feita, interagindo solo e solução contendo quantidades crescentes de fósforo. Após um tempo pré-estabelecido, as fases são separadas e determina-se, na fase líquida, a concentração de fósforo que não foi adsorvida pelo solo. As quantidades de fósforo que foram adsorvidas por unidade de peso são relacionadas com as concentrações de equilíbrio de fósforo, permitindo que se determine a capacidade máxima de adsorção do solo em estudo (3, 8, 12).

* Projeto QUI 4/74

Aceito para publicação em 18-03-1975

** Respectivamente, Professores Adjunto e Assistente da Universidade Federal de Viçosa, MG.

Revista Ceres 22(120):81-87. 1975.

Na determinação da capacidade máxima de adsorção, são usadas, pelos pesquisadores, diferentes relações entre o solo e a solução. FASSBENDER usa a relação 1:10 (3), e muitos são os trabalhos já realizados usando-se esta mesma relação (1, 11). No trabalho de FASSBENDER (3), ele variou o tempo de contacto entre o solo e as soluções de concentrações variáveis de fósforo, mas não variou a relação solo:solução. VASCONCELOS *et alii*, (11) também relacionaram a capacidade máxima de adsorção de fósforo com o pH do solo, mas conservam a relação 1:10, como uma constante nas determinações feitas.

OLSEN e WATANABE (8) estudaram fatores diversos que influenciaram na capacidade máxima de adsorção de fósforo, chegando a mencionar que, conservando constante a relação solo:solução, o tempo ótimo de agitação é de 24 horas, para os estudos realizados. Entretanto, eles assumem a idéia de que é pequena a variação da capacidade máxima de adsorção, quando se altera a relação solo:solução.

Este trabalho foi planejado e executado com a finalidade de se obter dados que indiquem se a mudança na relação solo:solução tem influência na capacidade máxima de adsorção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi executado com amostras de dois latossolos, um originário de Formiga e outro de Viçosa. As principais características químicas e físicas destes solos, determinadas segundo VETTORI (10), estão no Quadro 1.

QUADRO 1 - Características químicas e físicas das amostras dos solos procedentes de Formiga e Viçosa

| Características | Formiga | Viçosa |
|------------------------------------|---------|--------|
| I. Químicas | | |
| pH em água | 4,80 | 4,80 |
| Ca + Mg (eq.mg/100g) | 0,88 | 2,40 |
| P (ppm) | 0,7 | 3,10 |
| K (ppm) | 19,5 | 85,8 |
| Al trocável (eq. mg/100g) | 1,28 | 2,16 |
| Fe ₂ O ₃ (%) | 8,38 | 10,68 |
| Al ₂ O ₃ (%) | 23,08 | 15,55 |
| I. Físicas | | |
| Argila (%) | 44 | 38 |
| Unidade Equivalente | 20,55 | 27,46 |

Para a determinação da capacidade máxima de adsorção de fósforo, as amostras de solos foram secadas ao ar e passadas em peneiras de 200 malhas. As amostras dos solos foram colocadas em tubos de centrífuga, onde se adicionaram soluções de CaCl₂ 0,01M, contendo concentrações de fósforo de 0 até 100

ppm de P, nas relações solo:solução de 1:2- 1:5- 1:10- 1:25- 1:50. Após 24 horas de agitação contínua, usando-se o agitador tipo Wagner, os tubos foram centrifugados e no sobrenadante determinou-se fósforo, usando-se o método fosfomolibdico, segundo modificação de BRAGA e DEFELIPO (2).

Os dados de capacidade máxima de adsorção foram relacionados com valores da relação solo:solução, segundo os modelos matemáticos:

$$I. Y = AX + B$$

$$II. Y = AX^2 + BX + C$$

$$III. Y = c^X$$

onde Y é a capacidade máxima de adsorção e X é a relação solo:solução.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo teores de fósforo encontrados na solução de equilíbrio, após agitar a solução contendo o solo nas relações pré-estabelecidas, (Quadro 2), nota-se que o solo de Formiga tem capacidade de adsorção de fósforo bem maior do que o solo de Viçosa. Os dois solos diferem nos teores de Fe_2O_3 e Al_2O_3 , sendo o teor de Fe_2O_3 maior e o teor de Al_2O_3 menor no solo de Viçosa do que no solo de Formiga. O fato de o teor de Al_2O_3 ser maior no solo de Formiga do que no solo de Viçosa, talvez seja uma das razões da capacidade de adsorção de fósforo ser maior no primeiro. Aliás, FRANKLIN e REISENAUER (5) relatam que os compostos de alumínio são cerca de 160 vezes mais reativos com o fósforo do que os compostos de ferro.

QUADRO 2 - Isoterma de Langmuir, capacidade máxima de adsorção de fósforo e energia de retenção de fósforo nos solos de Formiga e Viçosa, a diferentes relações solo:solução

| Solo | Relação solo:solução | Equação linear da isoterma | | Coeficiente de correlação | Capacidade máxima de adsorção | Energia de retenção |
|---------|----------------------|----------------------------|-----------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|
| | | Interseção | Regressão | | | |
| | | | | | mg P/g solo | ppm - 1 |
| Formiga | 1:2 | 0,222 | 1,322 | 0,583NS | 0,756 | 5,954 |
| | 1:5 | 0,050 | 1,057 | 0,991** | 0,946 | 21,140 |
| | 1:10 | 0,327 | 1,192 | 0,997** | 0,838 | 3,645 |
| | 1:25 | 3,368 | 1,990 | 0,976** | 0,502 | 0,590 |
| | 1:50 | 5,477 | 4,740 | 0,988** | 0,210 | 0,865 |
| Viçosa | 1:2 | 2,264 | 0,214 | 0,111NS | 4,672 | 0,094 |
| | 1:5 | 2,870 | 1,205 | 0,983** | 0,829 | 0,419 |
| | 1:10 | 5,900 | 2,177 | 0,996** | 0,459 | 0,368 |
| | 1:25 | 19,390 | 4,479 | 0,979** | 0,223 | 0,231 |
| | 1:50 | 76,173 | 22,145 | 0,895** | 0,045 | 0,290 |

Quando a relação solo:solução foi muito estreita, p. ex., 1:2, problemas analíticos na determinação de fósforo surgiram nos dois solos em estudo. Notam-se que os resultados de fósforo são exdrúxulos e erráticos, sugerindo não haver relação entre os dois parâmetros estudados.

Determinando-se a isoterma de Langmuir na sua forma linear, foram estudados os parâmetros da capacidade máxima de adsorção e a energia de retenção, cujos valores dos coeficientes de correlação estão no Quadro 2.

Nota-se, pelos dados do Quadro 2, a influência que exerce a relação solo:solução na determinação da quantidade de fósforo necessária à saturação. Nos dois solos, à medida que a relação torna-se menor, isto é, há maior quantidade de solução para o mesmo peso de solo, a capacidade de adsorção de fósforo diminui. Em relação à energia de retenção, há uma diminuição desse valor, até atingir um valor mínimo, quando a relação é de 1:25, para depois aumentar novamente.

Possivelmente, a diminuição da capacidade de adsorção de fósforo com a diminuição da relação solo:solução, seja por causa da ocorrência, nas soluções de relações mais estreitas, de adsorção plurimolecular, fenômeno observado em outros trabalhos (9). Relacionando a relação solo:solução com a capacidade máxima de adsorção de fósforo, segundo modelos matemáticos linear, quadrático e logarítmico, foram obtidos os resultados indicados no Quadro 3.

QUADRO 3 - Equações matemáticas dos ajustamentos dos dados de capacidade máxima de adsorção (Y) e relação solo:solução.

A. Solo de Formiga

| Modelo matemático | Equação | Coefficiente de determinação $R^2 \times 100$ |
|-------------------|--------------------------------------|---|
| Linear | $Y = 3,706X + 0,290$ | 80 |
| Quadrático | $Y = -38,025 X^2 + 12,226 X + 0,017$ | 97 |
| Logarítmico | $Y = 0,751 \log X + 1,524$ | 98 |

B. Solo de Viçosa

| Modelo matemático | Equação | Coefficiente de determinação $R^2 \times 100$ |
|-------------------|-----------------------------------|---|
| Linear | $Y = 4,150X + 0,014$ | 98 |
| Quadrático | $Y = -8,490 X^2 + 6,06 X - 0,046$ | 99 |
| Logarítmico | $Y = 0,757 \log X + 1,297$ | |

Pelo Quadro 3, nota-se que o melhor ajustamento foi obtido quando se considerou o modelo quadrático. Calculando o máximo para o solo de Formiga, obtém-se uma relação solo:solução de 0,16 ou 1:6,25 que, no caso presente, situa-se entre as relações 1:5 e 1:10, dentro da amplitude considerada.

Para o solo de Viçosa, os dados se ajustaram bem a todos os três modelos matemáticos e os coeficientes de determinação não têm diferença significativa.

Considerando o modelo matemático quadrático, conclui-se que, na relação 1:3, ocorre o máximo de adsorção. À medida que a relação aumenta, a capacidade diminui.

Trabalhando com os dados da energia de retenção dos solos estudados, obteve-se melhor ajustamento ao modelo quadrático, que foi melhor do que os demais (Quadro 4).

QUADRO 4 - Energia da retenção de P, em função da relação solo:solução

A. Solo de Formiga

| Modelo matemático | Equação | Coefficiente de determinação $R^2 \times 100$ |
|-------------------|--------------------------------------|--|
| Linear | $Y = 115,908 X - 3,871$ | 91 |
| Quadrático | $Y = 779,060 X^2 - 58,660 X + 1,710$ | 99 |
| Logaritmico | $Y = 18,550 \log X + 28,80$ | 68 |

B. Solo de Viçosa

| Modelo matemático | Equação | Coefficiente de determinação $R^2 \times 100$ |
|-------------------|---------------------------------|--|
| Linear | $Y = 0,914 X + 0,244$ | 79 |
| Quadrático | $Y = -2,21 X^2 + 1,41 X + 0,22$ | 80 |
| Logaritmico | $Y = 0,158 \log X + 0,0517$ | 70 |

Utilizando o modelo quadrático, foi calculado o valor da relação que conduz ao máximo da energia de retenção. Para o solo de Formiga, encontrou-se a relação 1:33 e para o de Viçosa, 1:3.

Em trabalhos normais, usa-se uma única relação para calcular tanto a capacidade máxima de adsorção quanto a energia de retenção dos solos. Esta prática é válida principalmente quan-

do se trabalha com grande número de solos. Entretanto, os dados aqui obtidos sugerem que o uso de uma relação pré-determinada pode indicar que se obteve, para um solo particular, a capacidade máxima de adsorção, fato que havia sido sugerido por OLSEN E WATANABE (8). Fato semelhante foi observado com relação à energia de retenção.

Em face dos resultados que foram obtidos, é lógico supor que os estudos de adsorção de fósforo sejam precedidos por estudos destinados a determinar a melhor relação solo:solução que se deve usar.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Nos trabalhos onde se calcula a capacidade máxima de adsorção de fósforo e a energia de retenção, tem sido usada uma única relação solo:solução. Entretanto, há evidências de que tanto o valor da capacidade máxima de adsorção quanto a energia de retenção variam com a relação usada.

Este trabalho teve a finalidade de obter dados que mostrem se há variação da capacidade máxima de adsorção de fósforo e sua energia de retenção, conforme a relação solo:solução.

Foram tomadas amostras de dois solos: um procedente de Formiga e outro de Viçosa, MG, e determinada a capacidade máxima de adsorção, usando-se as relações solo:solução de fósforo de 1:2, 1:5, 1:10, 1:25 e 1:50.

A concentração de fósforo na solução variou de 0 até 100 ppm. A capacidade máxima de adsorção e a energia de retenção de fósforo foram calculadas, usando-se a isoterma de Langmuir, na sua forma linear.

Os dados de capacidade máxima de adsorção e energia de retenção, obtidos em cada relação solo:solução, foram ajustados a modelos matemáticos, dos quais o modelo quadrático mostrou maior valor de coeficiente de determinação, permitindo calcular o valor de relação que provoca o máximo da capacidade de adsorção e energia de retenção.

Os dados obtidos sugerem que:

1) A capacidade máxima de adsorção varia conforme os solos; para um solo em particular, conforme a relação solo:solução, dentro dos dados obtidos neste ensaio, as relações de 1:6 e 1:3 foram consideradas as que deram os maiores valores de capacidade de adsorção de fósforo.

2) A energia de retenção de fósforo variou nos dois solos e também, conforme a relação usada. Dentro das condições usadas, as relações 1:33 e 1:3 foram as que deram os valores máximos para os solos de Formiga e de Viçosa, respectivamente.

3) Estudos complementares devem ser feitos, objetivando relacionar a variação da capacidade máxima e a energia de retenção com outras características do solo.

5. SUMMARY

This paper deals with investigations about the effect of soil/solution ratio on phosphorus adsorption phenomena.

On the basis of the results it was concluded that:

1. The maximum phosphorus adsorption capacity varies with soil samples and with the soil/solution ratio. For the two soils studied, 1:6, 25 and 1:3 were the ratios that showed the

larger values as adsorption capacity.

2. Similar results were found for phosphorus retention energy. The 1:33 and 1:3 were the soil/solution ratios that showed the larger values on retention energy.

3. Studies to evaluate the relation between the maximum adsorption capacity as well retention energy and another characteristics have to be carried.

6. LITERATURA CITADA

1. BAHIA FILHO, A.F.C. & BRAGA, J.M. Fósforo em Latossolos do Estado de Minas Gerais: I. Intensidade e capacidade tampão. *Experientiae*, Viçosa, 19(2):17-32. 1975.
2. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solos e plantas. *R. Ceres*, Viçosa, 21(113):73-85. 1974.
3. FASSBENDER, H.W. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. *Fitotecnia Latino Americana*, Turrialba, 3(1-2):203-16. 1966.
4. _____. Phosphorus fixation in tropical soils. *Agric. Digest*. Bruxelles, (18):20-7, 1969.
5. FRANKLIN, W. & REINSENAUER, H.M. Chemical characteristics of soil related to phosphorus fixation and availability, *Soil Sci.*, Baltimore, 90(3):192-200. 1960.
6. LARSEN, S. Soil Phosphorus. *Adv. in Agronomy*. Academic Press, New York, 19:151-211. 1967.
7. LEAL, J.R. *Adsorção de fosfato em Latossolos sob cerrado*. Rio de Janeiro, 1971. 96 p. (Tese de MS).
8. OLSEN, S.R. & WATANABE, F.S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 21(2): 144-9. 1957.
9. PRATT, P.F. *Química do Solo*. Rio de Janeiro, Convênio USAID /BRASIL. 1966. 88 p.
10. VETTORI, L. *Métodos de Análise de Solo*. EPE. Rio de Janeiro 1969. 24 p. (Bol. Tec. 7).
11. VASCONCELOS, C.A.; BRAGA, J.M.; NOVAIS, R.F.; PINTO, O. C. Fósforo em dois Latossolos do Estado do Mato Grosso: I-Sorção de fosfatos. *Experientiae*, Viçosa, 18(12): 267-285. 1975.
12. WOODRUFF, J.R. & KAMPRATH, E.J. Phosphorus adsorption maximum as measured by Langmuir isotherm and its relationship to phosphorus availability. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 29(2):148-150. 1965.