

## POTÁSSIO EM SOLO DE CERRADO. II. BALANÇO NO SOLO<sup>(1)</sup>

D.M.G. DE SOUZA<sup>(2)</sup>; K.D. RITCHIEY<sup>(3)</sup>; E. LOBATO<sup>(2)</sup> & W.J. GOEDERT<sup>(2)</sup>

### RESUMO

Resultados de experimento feito em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, originalmente sob vegetação de cerrado, mostraram resposta à adubação potássica desde o primeiro ano de cultivo. As relações Q/I confirmaram as previsões de baixa atividade de potássio na solução do solo. Mostraram ainda que esse solo tem baixa capacidade de reposição do potássio absorvido pela planta (baixo poder tampão). Consequentemente, esse elemento será exaurido desse solo após as primeiras culturas, se não for feita a adubação potássica. Um balanço do equilíbrio do potássio no solo pela equação: K adicionado + K trocável = K absorvido + K trocável remanescente, mostra que apesar da boa capacidade de retenção de potássio na camada arável, esse elemento é lixiviado quando é adicionado em doses relativamente elevadas.

### SUMMARY: POTASSIUM IN A CERRADO SOIL. II. EQUILIBRIUM IN THE SOIL

*Results of an experiment in a Dark Red Latosol showed a response to potassium fertilization beginning with the first year of cultivation. The Q/I relationships confirmed the premonition of a low activity of potassium in the soil solution. It also showed that this soil has a low replacement capacity for potassium absorbed by plants (low buffer capacity). Consequently, without potassium fertilization, this element will be depleted from the soil. A balance of the potassium equilibrium in the soil using the equation: K-added + K-exchangeable = K-absorbed + K-exchangeable (remaining), showed that this element is leached when applied in relatively high levels, despite the good potassium retention capacity in the plow layer.*

### INTRODUÇÃO

Uma área de aproximadamente 180 milhões de hectares é ocupada por vegetação de cerrado, perfazendo aproximadamente 22% do território nacional. Os latossolos abrangem 52% da área sob vegetação de cerrado, destacando-se o Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) e o Latossolo Vermelho-Escuro (LE). São solos profundos, altamente intemperizados, de baixa fertilidade natural, resultantes de sua intensa lixiviação (Freitas & Silveira, 1976; Sanchez *et alii*, 1974).

Estudos sobre a composição mineralógica desses latossolos apresentam a caulinita, e a gibbsita + materiais amorfos, como minerais dominantes na fração argila sendo que nas frações areia e silte a dominância é do quartzo, ocorrendo em todas as frações uma escassez de minerais que contenham potássio (Rodrigues, 1977).

Lopes (1975) em levantamento de solos sob vegetação natural de cerrados sugeriu 58 µg/ml como nível crítico para o potássio extraível pelo extrator de Carolina do Norte (Mehlich)

sendo que das 518 amostras coletadas, 85% estavam abaixo do nível crítico sugerido. Em média, a C.T.C. efetiva desses solos foi considerada extremamente baixa, sendo que 97% das amostras estavam abaixo do nível crítico sugerido de 4,00 e.mg/100 ml. Lopes (1977) trabalhando com 44 amostras, selecionadas das 518, de acordo com a cor e textura, encontrou que a carga negativa é muito baixa e sua faixa de variação foi de 0,31 a 4,48 e.mg/100 g, sendo que para os solos com teor de argila entre 35 e 60% e cor vermelho-escura a média da carga negativa foi de 1,69 e.mg/100 ml. Como a C.T.C. efetiva e as cargas negativas desses solos são baixas, é de esperar que se não for feito um manejo adequado da adubação potássica, poderá haver perdas de K por lixiviação.

Procurou-se neste trabalho caracterizar melhor o equilíbrio do potássio no sistema solo-planta, em condições de campo. Ênfase foi dada à avaliação do potencial de retenção de K pelo solo e à ocorrência de lixiviação de K no perfil.

### MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se um experimento conduzido no ano agrícola 75/76 com a cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, argiloso, relevo plano e suave ondulado, localizado na sede do CPAC, Planaltina-DF (Brasil, 1968). Dados de análise física de um perfil próximo ao experimento mostram que não há uma variação muito grande nos teores de areia, silte e argila até à profundidade de 145 cm, sendo o intervalo de variação de 58 a 62% para a argila de 27 a 30% para a areia e de 10 a 13% para o silte (Rodrigues, 1977).

<sup>(1)</sup> Trabalho apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 11 a 16 de julho, São Luís, MA. Contribuição do programa de pesquisa de fertilidade de solo, Universidades da Carolina do Norte e de Cornell, em colaboração com o CPAC/EMBRAPA, e USAID-Brasil sob os Contratos AID/Csd-2806 e AID/Csd-2490. Este trabalho foi executado com o auxílio de recursos adicionais do Potash Institute (Atlanta) e Institut International de la Potasse (Bern). Recebido para publicação em dezembro de 1977 e aprovado em novembro de 1978.

<sup>(2)</sup> Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Caixa Postal 70-0023, CEP 73300, Planaltina-DF.

<sup>(3)</sup> Pesquisador do Convênio Cornell/NCSU/EMBRAPA/USAID/Brasília-DF.

No quadro 1 são apresentados os dados da análise química de amostras do solo a diferentes profundidades antes da instalação do experimento.

**Quadro 1. Análise química de amostras do solo no estado natural a diferentes profundidades.**

Profundidade	pH (1:1) H <sub>2</sub> O	Al <sup>+++</sup>	Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup>	P	K <sup>+ 1/</sup>	K <sup>+ 2/</sup>
e.mg/100 ml						
0-15	4,5	0,9	0,4	0,5	25	29
15-30	4,5	0,8	0,3	0,5	18	25
30-45	4,4	0,7	0,2	traços	9	14
45-60	4,4	0,5	0,3	traços	6	11

(1) Extrator de Mehlich (0,05N HCl + 0,025N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

(2) Extraído com acetato de amônio 1N.

Os tratamentos e o delineamento experimental estão descritos por Ritchey *et alii* (1977), sendo que para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os tratamentos nos quais foram aplicadas, a lanço, as seguintes doses de potássio: 0,75, 150, 300 e 600 kg/ha de K<sub>2</sub>O.

As amostragens do solo foram feitas antes (solo natural) e após o plantio em diferentes profundidades, sendo que as amostras de 0 a 15 cm foram compostas de 20 subamostras por parcela, e nas demais profundidades foram compostas de 3 subamostras. Estas amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm. As análises químicas foram feitas pelos métodos de Vettori (1969) e o potássio trocável foi extraído em acetato de amônio 1N, relação solo-solução 1:10, com tempo de agitação de dez minutos e determinado por fotometria de chama.

Na determinação das relações Q/I do solo foram tomadas amostras após a calagem e antes do plantio na profundidade de 0-15 cm. Foram pesadas (2,5 g) e transferidas para tubos de centrifuga de 50 ml (com duas repetições), e adicionados 25 ml de cloreto de cálcio 0,002 M, contendo diferentes quantidades de cloreto de potássio (0 a 1,4 mMoles). Foi ainda adicionada, a menores quantidades de amostras, (2,5 a 1,0 g) a solução de referência, com objetivo de obter os pontos de menor valor de intensidade. As amostras foram agitadas por uma hora e centrifugadas. Na solução sobrenadante foi determinado Ca<sup>++</sup> e Mg<sup>++</sup> por espectrofotometria de absorção atómica, e o potássio, por fotometria de chama. A análise do potássio na palha e no grão de milho foi feita por digestão nítrico-perclórica e a determinação por fotometria de chama.

Na determinação da soma de cargas negativas do solo utilizou-se o método descrito por Smyth (1976), cujo princípio é a saturação do solo com KCl 1N, equilíbrio com KCl 0,1 N, extração do K com Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,1 N, e determinação do K por fotometria de chama.

Na avaliação da capacidade de retenção e ocorrência de lixiviação de K no solo, utilizou-se a equação:

$$K_0 + K_1 = K_2 + K_3 \quad (1)$$

onde:  $K_0$  = K trocável;  $K_1$  = K aplicado;  $K_2$  = K absorvido pela cultura e  $K_3$  = K trocável após a cultura.

Para facilitar a análise dos dados obtidos pela equação (1) utilizou-se uma segunda equação:

$$\% \text{ K detect.} = (K_2 + K_3) \cdot 100 / (K_0 + K_1) \quad (2)$$

que denominou-se de percentagem de K detectado.

A determinação do K total no solo foi feita por espectroscopia de massa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Rodrigues (1977), o solo estudado é de baixa fertilidade natural, e sua análise mineralógica apresenta pequenas reservas de minerais intemperizáveis. No horizonte Al a mi-

ca é encontrada em pequenas quantidades nas frações silte e areia, sendo o mineral dominante o quartzo (95% na fração areia e 63% na fração silte), enquanto na fração argila não é encontrada a mica, ocorrendo predominância da caulinita (65%) seguida de materiais amorfos (19%) e gibbsita (12%). Pela composição mineralógica é de esperar que este solo tenha baixo teor de K total. Castro *et alii* (1972), analisando amostras de horizontes superficiais de alguns solos brasileiros, encontraram uma amplitude de variação para K total de 0,09 a 0,20% em Latossolo Vermelho-Escuro, sob vegetação de cerrado.

Lopes (1975) encontrou que a média do K extraível (Mehlich) para as 518 amostras de solos sob vegetação de cerrado foi de 31 µg/ml, e que 85% das amostras estavam abaixo do nível crítico sugerido de 58 µg/ml. No entanto, a resposta à aplicação de potássio nestes solos não é tão pronunciada quanto a aplicação de calcário e fósforo, tendo em vista que esses fatores são mais limitantes no primeiro ano de cultivo.

Ritchey *et alii* (1977) obtiveram resposta à adubação potássica já no primeiro cultivo, não encontrando resposta no segundo cultivo, em tratamento que tinha teores de potássio acima de 47 µg/ml, extraído pelo método Mehlich.

**Quadro 2. Análise do K<sup>+</sup> extraível, com extrator Mehlich, de amostras de solo a diferentes profundidades, após o cultivo.**

Tratamentos K <sub>2</sub> O kg/ha	Profundidades (cm)					
	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90
0	23	14	11	8	5	4
75	36	16	10	7	6	4
150	47	18	13	9	6	4
300	76	31	13	12	6	4
600	106	69	43	36	17	6

No quadro 2 são apresentados os dados do K extraível (Mehlich) no solo a diferentes profundidades após o cultivo, e na figura 1(a) observa-se a alta correlação obtida entre o K extraível e o trocável na profundidade de 0-15 cm do solo, sendo o K extraído por Mehlich, considerado como parâmetro de disponibilidade, praticamente igual ao K trocável, conclui-se que a quantidade de K sujeita ao equilíbrio com a solução do solo é igual à do K trocável. Isto é confirmado pela curva das relações Q/I apresentada na figura 1(b), onde se verifica que a capacidade tampão PTK = 0,29 e.mg/100 g (mM/L) é muito baixa, e a quantidade total do K sujeita ao equilíbrio (KL = 0,08 e.mg/100 g) é praticamente igual ao K trocável (0,073 e.mg/100 g).

Como a C.T.C. efetiva (2,29 e.mg/100 g), a soma de cargas negativas (2,66 e.mg/100 g), e o poder tampão do potássio (Figura 1b) desse solo são muito baixos é de esperar baixa capacidade de retenção de cátions. Como perdas por lixiviação são função também da concentração dos cátions, tratamentos que receberam altas doses de potássio apresentaram perdas acentuadas.

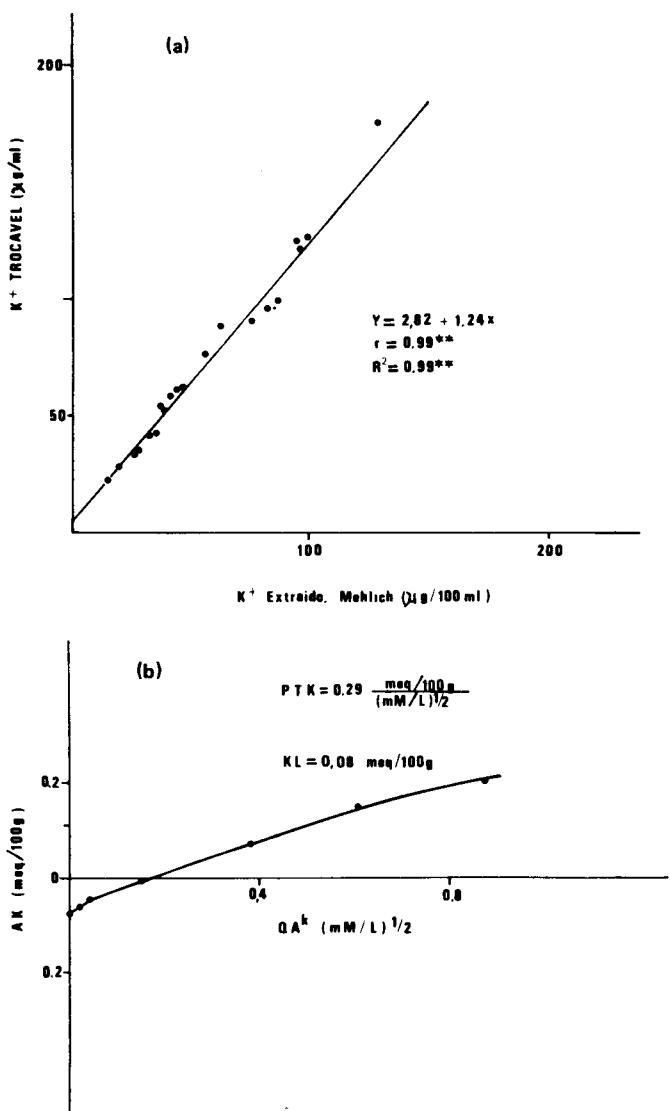


Figura 1(a). Relação entre  $K^+$  trocável e  $K^+$  extraído com o extrator Mehlich em amostra de solo da camada de 0 a 15 cm de profundidade após o cultivo e (b) Curvas das relações Q/I do solo antes do cultivo.

Com o intuito de avaliar a capacidade de retenção e a ocorrência de lixiviação de K no solo utilizou-se a equação (1). A validade dessa equação depende do equilíbrio K-estrutural, K-trocável e K-solução, isto é, a contribuição do K-estrutural no equilíbrio tem que ser mínima ou nula. Sabe-se que em solos com predominância de caulinita ou gibbsita, a presença de minerais primários e secundários com K é baixa, o que é confirmado pela análise do perfil próximo ao experimento (perfil n.º 1, Rodrigues, 1977). O teor de K total desse solo também é muito baixo; na profundidade de 0-15 cm do solo o teor é de 0,03%  $K_2O$  e na profundidade de 15-30 cm do solo o teor é de 0,02%  $K_2O$ .

Portanto, espera-se que nesse solo a contribuição do K-estrutural no equilíbrio de K seja mínima, ou mesmo nula, sendo válida a equação (1) com o intuito proposto.

Quadro 3. Teores de potássio aplicado ( $K_1$ ), trocável antes do cultivo ( $K_0$ ), trocável após o cultivo ( $K_2$ ), absorvido pela cultura ( $K_3$ ) e o potássio detectado ( $(K_2 + K_3) \times 100 / (K_0 + K_1)$ ).

$K_1$	$K_0$ (0-90cm)	$K_2$	$K_3$ (0-90cm)	K Detectado
kg/ha( $K_2O$ )				
0	169 ± 9	19 ± 9a	153 ± 17a	102 ± 13a
75	159 ± 14	35 ± 5a	187 ± 19ab	95 ± 7ab
150	164 ± 8	48 ± 8b	226 ± 29b	87 ± 9b
300	166 ± 27	91 ± 18c	331 ± 34c	91 ± 4b
600	182 ± 44	104 ± 33d	600 ± 113d	90 ± 9b
CV (%)	7,7	19,5	11,1	5,7
F (0,05)	NS	40,19	119,29	4,98

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Ao estabelecer a igualdade pela equação (1) observa-se (Quadro 3) que ( $K_0 + K_1$ ) foi sempre maior que ( $K_2 + K_3$ ), nos tratamentos que receberam K, sugerindo falhas na metodologia. Uma das falhas supõe-se ter sido originada na distribuição irregular do adubo ou nas perdas de K através de lavagens (pela chuva) das folhas no final do ciclo, enriquecendo o solo na profundidade 0-15 cm em determinados locais. Outra possível fonte de erro foi a não determinação do K absorvido pelo sabugo, sendo que os tratamentos 0, 75, 150, 300 e 600 kg  $K_2O$ /ha produziram 567, 928, 1.077 e 1.064 kg/ha de sabugo, respectivamente. Malavolta *et alii* (1974) citam que a porcentagem de K no sabugo é de 0,4, portanto a quantidade de K absorvido por hectare variou de 2,7 a 5,2 kg/ha.

Analizando os dados do quadro 3, verifica-se que a equação (1) e a metodologia utilizada na determinação dos termos da equação são satisfatórios, apresentando um coeficiente de variação e um limite percentual de K detectado, aceitáveis.

Na avaliação da capacidade de retenção de K desse solo os termos da equação (1)  $K_0$  e  $K_3$  foram calculados na profundidade de 0-15 e 15-30 cm. Nos tratamentos que receberam 75, 150, 300 e 600 kg  $K_2O$ /ha as percentagens do K detectado foram de 93, 84, 84 e 79, respectivamente. Comparando estas percentagens com as obtidas no quadro 3, pode-se concluir que nos tratamentos de 75 e 150 kg/ha de  $K_2O$  houve a retenção do K na profundidade de 0-30 cm; o mesmo não ocorrendo para os tratamentos de 300 a 600 kg/ha de  $K_2O$ , sendo que a não retenção do K nesta profundidade foi mais acentuada no tratamento de 600 kg/ha de  $K_2O$ . Isso pode ser confirmado facilmente pela análise da figura 2 onde visualiza-se a maior retenção do K nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm para todos os tratamentos, exceto para o tratamento de 600 kg/ha de  $K_2O$ .

No tratamento que não recebeu K, o K absorvido pela cultura foi extraído da profundidade de 15-30 cm do solo, permanecendo inalterado o teor de K trocável na profundidade 0-15 cm. A manutenção do teor de K na parte superficial do solo pode ser explicada pela lavagem de K das folhas, que ocorre no final do ciclo da cultura do milho.

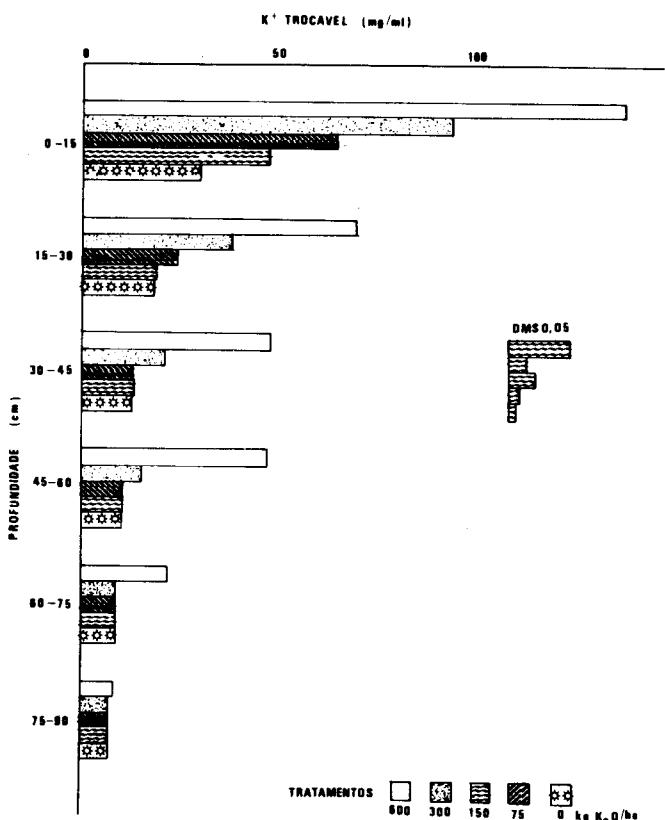


Figura 2. Valores de K<sup>+</sup> trocável em amostras de diferentes profundidades do solo, após o cultivo.

Dado que a exploração efetiva das raízes é mais intensa na profundidade do solo de 0-30 cm, considera-se que o K detetado abaixo dessa profundidade é lixiviado. Verifica-se que a lixiviação ocorreu com pequena intensidade no tratamento de 300 kg/ha de K<sub>2</sub>O, e com maior intensidade no tratamento de 600 kg/ha de K<sub>2</sub>O, não sendo observada lixiviação nos demais tratamentos. Numa tentativa de quantificar o K lixiviado, calculou-se K<sub>3</sub> menos K<sub>0</sub> na profundidade de 30-90 cm em todos os tratamentos, sendo observado para os tratamentos 300 e 500 kg/ha de K<sub>2</sub>O um saldo positivo de 20 e 150 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Isso significa que no primeiro cultivo, para o tratamento que recebeu 600 kg/ha de K<sub>2</sub>O, houve uma perda de aproximadamente 25% do potássio aplicado.

## CONCLUSÕES

1. A capacidade tampão de potássio do solo (PTK) é muito baixa e, se não for feita adubação potássica, este solo tenderá a exaurir-se após as primeiras culturas.
2. As propriedades químicas (baixas C.T.C. e soma de cargas negativas) são desfavoráveis a uma elevada retenção do K.
3. Na aplicação de potássio em doses elevadas (acima de 300 kg/ha de K<sub>2</sub>O) há lixiviação.

## LITERATURA CITADA

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo - Levantamento semidetalhado dos Solos de áreas do Ministério da Agricultura no Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1968. 135p. (Boletim 8).
- CASTRO, A.F. de; ANASTÁCIO, M. de L.A. & BARRETO, W. de O. - Potássio disponível em horizontes superficiais de alguns solos brasileiros. Pesq. agropec. bras., Série Agron., 7:57-80, 1972.
- GOEDERT, W.J.; SYERS, J.K. & COREY, R.B. - Relações quantidade-intensidade de potássio em solos do Rio Grande do Sul. Pesq. agropec. bras., série Agron., 10: 31-35, 1975.
- FREITAS, F.G. de & SILVEIRA, C.O. da - Principais solos sob vegetação de cerrado e sua aptidão agrícola. In: Ferri, M.G., ed. IV Simpósio sobre o cerrado. Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p.155-194.
- LOPES, A.S. - A survey of the fertility status of soils under «cerrado» vegetation in Brazil. Tese MS, North Carolina State University, Raleigh, U.S.A., 1975. 138p.
- LOPES, E.S. - Available water, phosphorus fixation, and zinc levels in brazilian cerrado soils in relation to their physical, chemical and mineralogical properties. Tese Ph.D., North Carolina State University, Raleigh, U.S.A., 1977. 189p.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBR.º, M.O.C. - Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 752p.
- RITCHIEY, K.D.; SOUSA, D.M.G. de & LOBATO, E. - Potássio em solo de cerrado. I. Resposta à adubação potássica. R. bras. Ci. Solo, 3: 29-32, 1979.
- RODRIGUES, T.E. - Minerologia e gênese de uma sequência de solos de cerrado, no Distrito Federal. Tese Mestrado, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1977. 101p.
- SANCHEZ, P.A.; LOPES, A.S. & BUOL, S.W. - Centro de Pesquisa dos Cerrados. Projeto Preliminar Sugestão. Documento submetido à EMBRAPA, 1974. 64p.
- SMYTH, T.J. - Comparison of the effects of phosphorus, lime and silicate applications on phosphorus sorption, ion exchange and rice growth in oxisol from the cerrado of Brazil. Tese MS, North Carolina State University, Raleigh, U.S.A., 1976. 138p.
- VETTORI, L. - Método de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Bol. 7).