

# SEÇÃO II - QUÍMICA E MINERALOGIA DO SOLO

## BASALTO MOÍDO COMO FONTE DE NUTRIENTES<sup>(1)</sup>

P. A.V. ESCOSTEGUY<sup>(2)</sup> & E. KLAMT<sup>(3)</sup>

### RESUMO

As rochas basálticas são predominantes, como material de origem, nos solos existentes em grandes áreas do Sul do Brasil, apresentando muitos dos principais nutrientes das plantas na sua composição. O objetivo deste estudo consistiu em avaliar o efeito da adição de doses crescentes de basalto moído sobre a disponibilidade de nutrientes no solo, durante três períodos de incubação. As rochas utilizadas foram um basalto microcristalino e uma olivina-basalto. As doses corresponderam a 0, 5, 10, 25, 50 e 100 t ha<sup>-1</sup> e foram adicionadas em um Latossolo Vermelho-Escuro e em um Podzólico Vermelho-Amarelo. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, na Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Após 30, 150 e 300 dias de incubação, determinaram-se os valores de K, de Ca, de Mg, de pH, de H + Al, de P e da CTC dos solos incubados. Em geral, as doses testadas proporcionaram aumentos nestas variáveis, mas os acréscimos obtidos foram pequenos, com exceção do P, que pode ter sido superestimado pelos extratores utilizados. A liberação desses elementos para o solo variou com o período de incubação, mas não variou com o tipo de rocha, com exceção das concentrações de Ca e de P, que foram maiores para o olivina-basalto. A pequena liberação dos nutrientes das rochas indica que tais materiais não podem ser utilizados como a principal fonte de nutriente às plantas.

**Termos de indexação:** pó de basalto, características de solos, fertilizantes.

### SUMMARY: GROUND BASALT AS NUTRIENT SOURCE

*Basalt rocks are one of the most common parent materials of large areas of soil in southern Brazil. Several major plant nutrients are present in its composition. The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of increased rates of ground basalt rock on the nutrient availability of soil, during three periods of incubation. The rocks tested were a microcrystalline and an olivine-basalt. The rates of basalt rock, corresponding to 0, 5, 10, 25, 50 e 100 t ha<sup>-1</sup>, basalt were incubated in a Dark Red Latosol and a Red Yellow Podzolic soil. The experiment was carried out under greenhouse conditions at the Agronomy School of Federal University of Rio Grande do Sul. After 30, 150 and 300 days of incubation, the contents of K, Ca, Mg, pH, H + Al, P and CEC of the incubated soils were determined. The different rates tested caused an*

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em fevereiro de 1996 e aprovado em janeiro de 1998.

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Solos, Universidade de Passo Fundo. Caixa Postal 611, CEP 99001-970 Passo Fundo (RS). E. mail: paescosteguy@students.wisc.edu.

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. CEP 90001-970 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq.

*increase in these variables. However, the increases observed were small, except for P, the value of which may have been overestimated by the extractor used. The release of these elements to the soil varied with incubation period, but not with rock type, with the exception of the concentrations of Ca and P, which were higher for the olivine-basalt. The small release of nutrients from the rocks indicates that these materials cannot be used as the major source of plant nutrients.*

*Index terms: powdered basalt, soil characteristics, and fertilizers.*

## INTRODUÇÃO

O resíduo da britagem de rochas basálticas, rico em elementos nutritivos às plantas, é um material de baixo custo, existente em diversas cidades da região Sul do Brasil, e tem sido indicado como corretivo da fertilidade de solos muito intemperizados (Gillman, 1980). Testes com esse material proporcionaram aumentos de rendimentos em cana-de-açúcar e efeito residual significativo após oito anos de cultivos (Leake, 1948; 1950; Mauritius, 1954; De Villiers, 1961). Em condições edafoclimáticas diferentes, Albert (1936, 1940), Hilf (1937, 1938) e Schmitt (1949) também constataram a melhoria da fertilidade de solos arenosos, sob floresta, após a adição de basalto moído.

Estudos mais recentes, feitos por Roschnik et al. (1967) e Gillman (1980), indicaram aumento da capacidade de troca de cátions, do pH e dos teores de cálcio, de argila e de silte em solos intemperizados tratados com doses equivalentes até 300 t ha<sup>-1</sup> de pó de basalto. Segundo os resultados obtidos por Gillman (1980), o efeito do pó de basalto sobre essas variáveis aumentou com a quantidade, com a diminuição do tamanho de partícula e com o tempo de incubação desse material no solo. Assim, os maiores efeitos, relatados por esse autor, para a dose de 300 t ha<sup>-1</sup>, com granulometria fina (41,8% < 63 µm, 32,5% entre 63 a 125 µm, 23,5% entre 125 a 250 µm, 2,2% entre 250 e 500 µm e 0,1% entre 500 a 1.000 µm), incubada em um acrohumox, durante um período de 36 meses, mostraram aumento da capacidade de troca de cátions do solo (CTC efetiva) de 90 para 140 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; aumento dos valores de pH de 6,1 para 6,8, e aumento das concentrações de cálcio e de magnésio, respectivamente, de 51,1 para 90,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e de 20,0 para 45,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de basalto moído sobre a concentração de nutrientes do solo, ao longo do tempo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os solos utilizados no experimento foram um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd) e um Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), do estado do Rio Grande do Sul, pertencentes, respectivamente, às unidades de mapeamento Passo Fundo e Itapoã (Brasil, 1973). Tais solos foram coletados em local com

vegetação de campo nativo, à profundidade de 0 a 20 cm, sendo secos ao ar e peneirados através de malha com abertura de 2,0 mm.

As rochas utilizadas foram um basalto microcristalino (BM) e um olivina-basalto (OB), conforme caracterização de Queiroz (1980), tendo sido coletadas, respectivamente, nos municípios de Osório e de Salvador do Sul, no Rio Grande do Sul. As amostras foram obtidas de rochas não alteradas, sendo, após, fragmentadas com martelo pedológico, lavadas com água destilada, moídas em moinho de bola de aço inox e amalgadas em gral de porcelana até que o pó de basalto apresentasse diâmetro de partícula menor do que 0,074 mm. Determinaram-se os teores de K, Na, Ca, Mg, Al, Fe, Cu, Zn, Ti e Mn através da dissolução dos basaltos com HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub> e HF, conforme método descrito por Jackson (1970).

O experimento foi desenvolvido na casa de vegetação da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo, como unidades experimentais, 1,5 kg de solo seco ao ar, mantido em sacos de polietileno, sem drenos. Os solos foram incubados com o pó de basalto com granulometria < 0,074 mm, nas seguintes doses: 0, 2,5, 5, 12,5, 25 e 50 g kg<sup>-1</sup>, o que corresponde a 0, 5, 10, 25, 50 e 100 t ha<sup>-1</sup>. Durante o período de incubação, manteve-se a umidade do solo LEd no teor correspondente à sucção de 33 Kpa, e a umidade do solo PV no teor correspondente à sucção de 10 Kpa, através da pesagem diária das unidades experimentais.

O delineamento experimental foi completamente casualizado, e os tratamentos, com duas repetições cada, constituíram um fatorial (6 doses, 3 períodos de incubação, 2 solos e 2 rochas), classificado como cruzado fixo (Riboldi, 1994).

Após 30, 150 e 300 dias de incubação, coletaram-se amostras de solo das unidades experimentais com uma espátula, à profundidade de 0 a 15 cm. Nessas épocas, fizeram-se as determinações analíticas dos solos incubados, extraíndo-se potássio, cálcio e magnésio, com acetato de amônio 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; hidrogênio mais alumínio, com acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; conforme os procedimentos descritos em EMBRAPA (1979). A extração de fósforo do solo foi realizada através do método Mehlich-1; o teor de matéria orgânica, através da combustão úmida com dicromato de potássio, e a determinação do pH foi realizada na mistura solo:água (1:1), conforme os procedimentos descritos em Tedesco et al. (1985).

Para obter os resultados estatísticos, utilizou-se a análise da variância, sendo o efeito de doses e dos

períodos de incubação analisados através da análise de regressão, ao nível de 1 e de 5%. Os efeitos obtidos com os fatores qualitativos foram comparados através do teste de Tukey, sendo a composição química das rochas comparada através do teste de Duncan, ambos no nível de 5%. Para comparar as médias e efetuar a análise de regressão, utilizou-se o pacote estatístico SANEST.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Composição química das rochas

A análise química das rochas mostrou que o BM apresenta maiores teores de  $K_2O$  e de  $Na_2O$  ( $30,0 \text{ g kg}^{-1}$ , de ambos) do que OB (respectivamente,  $9,5$  e  $10,7 \text{ g kg}^{-1}$ ). Por outro lado, OB apresentou maior teor de  $MgO$  ( $36,0 \text{ g kg}^{-1}$ ) do que o BM ( $22,6 \text{ g kg}^{-1}$ ). Para os demais elementos analisados, não se detectaram diferenças significativas entre a composição química dessas duas rochas (Quadro 1).

O maior teor de K no BM deve estar relacionado com a presença de minerais potássicos, pertencentes a materiais vírios (obsidiana), que representa 30% da composição mineralógica dessa rocha, mas não ocorre no OB (Queiroz, 1980). Esse grupo de minerais inclui a biotita, a muscovita, a hornblenda, a augita, a olivina e a magnetita. Da mesma forma, o maior teor de Na no BM deve estar relacionado com a presença de plagioclásios sódicos, como a albita, que constituem 40% dessa rocha (Queiroz, 1980). Por outro lado, o maior teor de Mg detectado no OB deve estar relacionado com a presença de olivina, augita e clorita e minerais de alteração, que constituem, respectivamente, 20, 15 e 10% dessa rocha e não se fazem presentes no BM (Queiroz, 1980). Segundo esse autor, a pigeonita representa 25% da composição mineralógica do BM, e a augita, 15% do OB. Esses minerais, assim como os plagioclásios, que representam, respectivamente, 40 e 50% do BM e do OB, apresentam Ca na sua composição química, sendo esse o motivo de não se terem detectado diferenças desse elemento entre essas rochas (Quadro 1). Como era esperado, os

teores de Fe e de Al, que constituem a maioria dos minerais formadores das rochas basálticas (Schneider, 1964), não diferiram significativamente entre as duas rochas analisadas.

### Liberação de K, de Ca e de Mg

As concentrações de K e de Ca no solo aumentaram com o acréscimo das doses aplicadas de basalto moído, independentemente do tipo de solo e de rocha utilizados (Figura 1). Enquanto o efeito das doses de basalto moído sobre a concentração de K foi maior com o aumento do período de incubação (Figura 1a), para o Ca não se verificou interação desses dois fatores (Figura 1b). Os resultados apresentados na figura 2, que ilustram o efeito do período de incubação para a média das doses, evidenciam o aumento na concentração desses nutrientes com o tempo de incubação. Percebeu-se maior aumento de K no LED do que no PV (Figura 2a), o que não ocorreu para o Ca, não havendo interação do período de incubação e tipo de solo (Figura 2b). A concentração de K no solo, que era considerada muito baixa ( $0,54\text{-}1,02 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (Comissão..., 1995), nos tratamentos sem a adição de basalto moído, passou a ser considerada baixa ( $1,05\text{-}1,54 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), com as aplicações de  $50$  e de  $100 \text{ t ha}^{-1}$  desse material, após 150 e 300 dias de incubação. No período de 30 dias de incubação, as doses testadas não modificaram a interpretação desse nutriente no solo, o que também ocorreu com as doses menores do que  $50 \text{ t ha}^{-1}$ , nos períodos de 150 e 300 dias de incubação (Figura 1a).

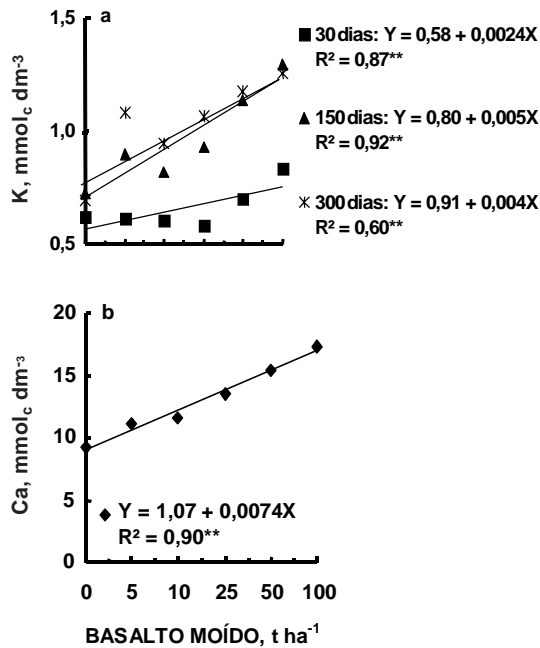
A concentração de Ca, estimada para a média dos períodos de incubação dos solos e rochas utilizados, embora tenha aumentado linearmente com as doses aplicadas, não foi alterada, mantendo-se muito baixa ( $< 20 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (Comissão..., 1995), mesmo com a adição de  $100 \text{ t ha}^{-1}$  de basalto moído (Figura 1b) ou nas avaliações realizadas aos 300 dias de incubação (Figura 2b).

De maneira geral, a concentração de Mg no solo aumentou com o acréscimo das doses aplicadas de basalto moído, tendo esse efeito interação com o tipo de solo e de rocha utilizados e o período de incubação (Figura 3). Ao contrário do constatado para o K e Ca, a concentração de Mg no solo apresentou tendência

Quadro 1. Composição química das rochas basalto microcristalino (BM) e olivina-basalto (OB)<sup>(1)</sup>

Rocha	$K_2O$	$Na_2O$	CaO	MgO	$P_2O_5$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	CuO	ZnO	$TiO_2$	MnO	$SiO_2$
	g $kg^{-1}$											
BM	30,0a	30,0a	88,0	22,6b	T - 4,6 <sup>(2)</sup>	191,0	75,0	0,3	0,2	25,0	2,2	557,3 <sup>(3)</sup>
OB	9,5b	10,7b	88,0	36,0a	T - 4,6 <sup>(2)</sup>	140,0	55,0	0,2	0,1	25,0	1,8	622,1 <sup>(3)</sup>
CV(%)	22,9	13,51	8,41	11,55		14,34	7,94	7,37	7,38	4,96	33,3	

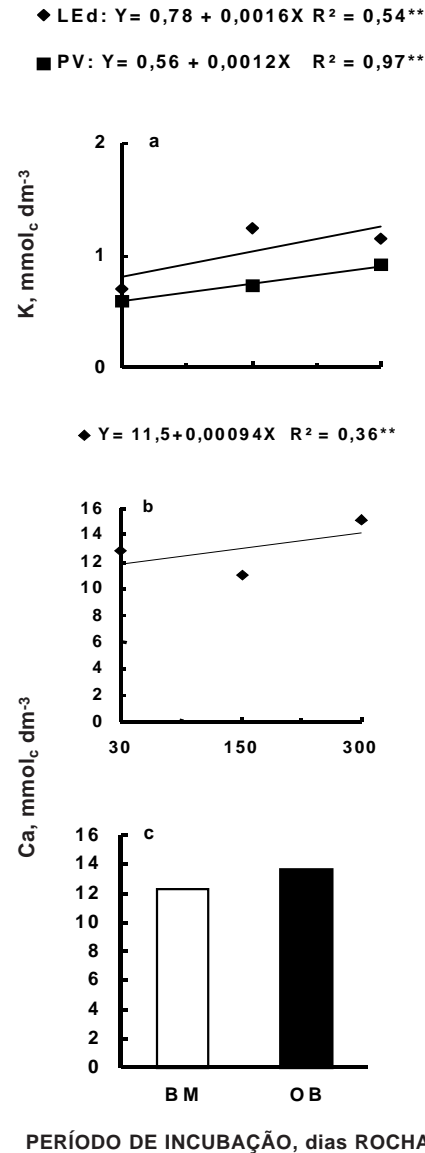
<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5%. Ausência de letra indica que o teste F não foi significativo. <sup>(2)</sup> T: Traços. Valores extremos encontrados em basaltos do RS (Schneider, 1964). <sup>(3)</sup>  $SiO_2 = 100 - (K_2O + Na_2O + CaO + MgO + P_2O_5 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + CuO + ZnO + TiO_2 + MnO)$ .



**Figura 1.** Concentração de K e de Ca trocáveis no solo. a: Média de solos e de rochas, aos 30, 150 e 300 dias de incubação. b: Média de solos, de rochas e de períodos de incubação.

de diminuição a partir do período de 30 dias de incubação, em ambos os solos e rochas utilizados (Figura 3). Além disto, observou-se que o efeito de dose não proporcionou diferenças significativas na concentração desse nutriente, nos períodos de 150 e de 300 dias, respectivamente, para o LEd incubado com a OB (Figura 3b) e o PV incubado com ambas as rochas (Figuras 3c e 3d). A concentração de Mg no solo, tida como baixa (< 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), passou a ser considerada média (6-10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) (Comissão..., 1995) com a aplicação de 100 t ha<sup>-1</sup> de basalto moído, no período de 30 dias de incubação (Figura 3).

Embora se tenha detectado maior teor de K no BM (30 g kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) do que no OB (9,5 g kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) (Quadro 1), a liberação desse nutriente no solo não apresentou diferenças significativas ( $p < 0,81$ ) entre essas duas rochas. Isso também ocorreu para o Mg ( $p < 0,59$ ), cujo teor foi maior no OB 36,0 g kg<sup>-1</sup> de MgO do que no BM (22,6 g kg<sup>-1</sup> de MgO) (Quadro 1). Já para o Ca, houve maior concentração no solo dos tratamentos onde foi adicionada a OB do que naqueles onde foi adicionado o BM (Figura 2c), apesar de não terem sido observadas diferenças no teor deste nutriente entre tais rochas (Quadro 1). É possível que esses efeitos estejam relacionados com a natureza dos minerais que constituem as rochas BM e OB. Segundo Queiroz (1980), o BM apresenta (m m<sup>-1</sup>) 40% de plagioclásio [(Ca, Na) (Al Si<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)], 25% de pigeonita [(Mg, Fe, Ca) (Mg, Fe) Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>], 30% de materiais vítricos (obsidiana) (K, Mg, Ca e Fe) e 5% de minerais opacos; enquanto a rocha OB apresenta (m m<sup>-1</sup>) 50% de plagioclásio, 20% de olivina [(Mg, Fe)<sub>2</sub> SiO<sub>4</sub>], 15% de



**Figura 2.** Concentração de K e de Ca trocáveis no solo. a: Média de doses e de rochas, aos 30, 150 e 300 dias de incubação, no Latossolo Vermelho-Escuro (LEd) e no Podzólico Vermelho-Amarelo (PV). b: Média de doses, de solos e de rochas, aos 30, 150 e 300 dias de incubação. c: Média de doses, solos e períodos de incubação, obtidos com o basalto microcristalino (BM) e com olivina-basalto (OB).

augita [(Fe, Mg, Ca) (Si, Al)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>], 10% de clorita (Mg, Al, Fe) e 5% de minerais opacos. Esses minerais apresentam diferentes tipos de estruturas cristalinas, de arranjo de átomos e de composição química, o que leva a diferentes velocidades de alteração e de liberação de íons no solo. Além disto, certas reações de intemperismo podem reduzir a disponibilidade dos cátions no solo, através da precipitação de polímeros de alumínio e de neoformação de minerais, da adsorção de cátions em óxidos e hidróxidos de Fe e de Al

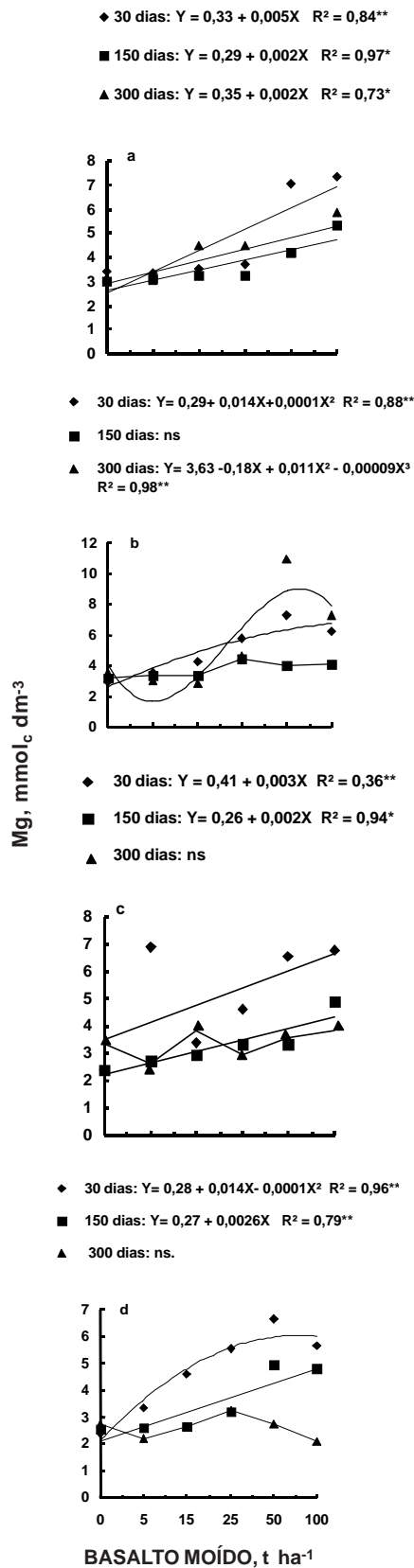


Figura 3. Concentração de Mg trocável em um Latossolo Vermelho-Escuro e em um Podzólico Vermelho-Amarelo, incubados com doses crescentes de basalto microcristalino (respectivamente, figura 3a, c) e de olivina-basalto (respectivamente, figura 3b, d), após 30, 150 e 300 dias de incubação.

(complexos de superfície e adsorção específica) e da fixação de cátions em minerais cloritizados, montmorilonitas e vermiculitas (Carstea, 1967; Sawhney, 1972). O maior teor de MgO obtido para a OB (Quadro 1) pode não estar relacionado com a maior liberação de Mg dessa rocha para o solo, considerando a presença de clorita e de minerais cloritizados no OB (Queiroz, 1980), que apresentam maior resistência ao intemperismo do que as olivinas e, portanto, não liberam prontamente esse elemento. Por outro lado, a formação de polímeros de Mg (OH)<sub>2</sub>, entre camadas de argilominerais interestratificados ou vermiculitas, e a adsorção seletiva de Mg por essas argilas não devem estar relacionadas com a ausência de liberação de Mg entre essas rochas, visto que esses minerais ocorrem em quantidades traços nos solos utilizados neste trabalho, além de apresentarem energia de hidratação tal que produz intercâmbios expandidas não fixando esse elemento (Sawhney, 1972).

A pouca alteração nas concentrações de K, de Ca e de Mg, nos solos incubados com as doses menores do que 50 e 100 t ha<sup>-1</sup>, indica que esses elementos devem estar presentes em minerais de baixa solubilidade e de lenta alteração. Isso fica evidente quando se compararam as quantidades recuperadas pela análise do solo com as quantidades aplicadas através do basalto moído. Para as doses de 50 t ha<sup>-1</sup> de BM, por exemplo, as quantidades aplicadas de K, de Ca e de Mg, expressas em totais, foram, respectivamente, 15,92, 78,62 e 31,36 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, sendo esses valores bem maiores do que os obtidos na análise dos solos (Figuras 1, 2 e 3). A baixa liberação desses elementos foi, também, constatada por Motta & Feiden (1992), em solos tratados com doses de até 50 t ha<sup>-1</sup> de basalto moído. Da mesma forma, os resultados obtidos por Gillman (1980) indicam que quantidades significativas de Ca e de Mg podem ser liberadas de basalto moído a partir da aplicação de doses maiores do que 100 t ha<sup>-1</sup>.

**Correção do pH e liberação de fósforo**

De maneira geral, os valores de pH do solo aumentaram com o acréscimo das doses aplicadas de basalto moído, estando esse efeito relacionado com o tipo de solo utilizado (Figura 4). Da mesma forma que o constatado para o Mg, os valores de pH do solo apresentaram tendência de diminuição a partir do período de 30 dias de incubação, em ambos os solos utilizados (Figuras 4a e 4b). Possivelmente, parte desse efeito pode ser explicada pela redução do pH observada também no tratamento sem adição de basalto moído (testemunha), o que indica um processo de acidificação do solo durante o período de incubação, provocado por outro (s) fator (es) que não a adição de basalto moído. É possível que a acidificação no solo-testemunha possa ter sido provocada pela hidrólise, resultante da adição de água no solo, pelo consumo das bases, além da decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, pode ter havido a formação de compostos acidificantes durante o processo de solubilização do basalto moído, o que explicaria a acidificação observada nos solos incubados com esse material. Como era esperado, essa redução do pH do

solo foi acompanhada de um aumento dos teores de H + Al (Figura 5), não apresentando esse efeito interação com as doses testadas, mas pequena variação entre as rochas (Figura 5a) e foi significativo somente no solo LED (Figura 5b).

Os maiores acréscimos de pH proporcionados pela adição do basalto moído no solo LED, observados no período de 30 dias de incubação (Figura 4a), não foram suficientes para atingir os valores de pH 5,0, 5,5 ou 6,0, os quais são considerados adequados para o cultivo da maioria das culturas agrícolas (Comissão..., 1995). Possivelmente, isto se deve ao baixo teor de carbonatos (Queiroz, 1980) e à pouca liberação de K, Ca e Mg pelo basalto (Figuras 1, 2 e 3). No solo PV, ocorreu inexpressivo acréscimo no pH do solo, nos períodos de 150 e 300 dias, mas, no período de 30 dias de incubação, as doses de 50 e de 100 t ha<sup>-1</sup> favoreceram a elevação do pH desse solo a valores situados entre 6 a 6,5 (Figura 4b). É possível que a elevação do pH esteja relacionada com o menor poder-tampão do solo PV, o que concorda com os resultados relatados por Motta & Feiden (1992), observados em solos arenosos, e com os constatados por Gillman (1980), que observou aumento do pH do solo em solos incubados durante 12 meses, com doses maiores 100 t ha<sup>-1</sup> de basalto moído.

De maneira geral, a concentração de P no solo aumentou com o acréscimo das doses aplicadas de basalto moído; esse efeito teve interação com o período de incubação e o tipo de rocha utilizada (Figuras 6a e 6b). Da mesma forma que o constatado para o Mg e para os valores de pH, a concentração de P nos solos incubados com OB diminuiu a partir do período de 30 dias de incubação, principalmente nas doses maiores do que 25 t ha<sup>-1</sup> (Figura 6b).

Os maiores acréscimos de P, observados nas doses de 50 e de 100 t ha<sup>-1</sup> no LED e no PV (Figura 6c), foram suficientes para modificar a interpretação desse nutriente nesses solos. Assim, a concentração de P, que era considerada baixa (4,1-9,0 mg dm<sup>-3</sup>) e limitante (< 3,0 mg dm<sup>-3</sup>) (Comissão..., 1995), respectivamente, no LED e no PV, sem a adição de basalto moído (testemunha), passou a ser considerada média (9,1-14,0 mg dm<sup>-3</sup>), no LED, e suficiente (> 20,0 mg dm<sup>-3</sup>), no PV, incubados com as doses de 50 e 100 t ha<sup>-1</sup> (Figura 6c). Esse aumento da concentração de P, no entanto, deve ser interpretado com cautela, pois os extratores ácidos, utilizados no método Mehlich-1, podem dissolver certos minerais presentes em baixas quantidades (traços) no basalto, mas ricos em P, como a apatita (Queiroz, 1980),

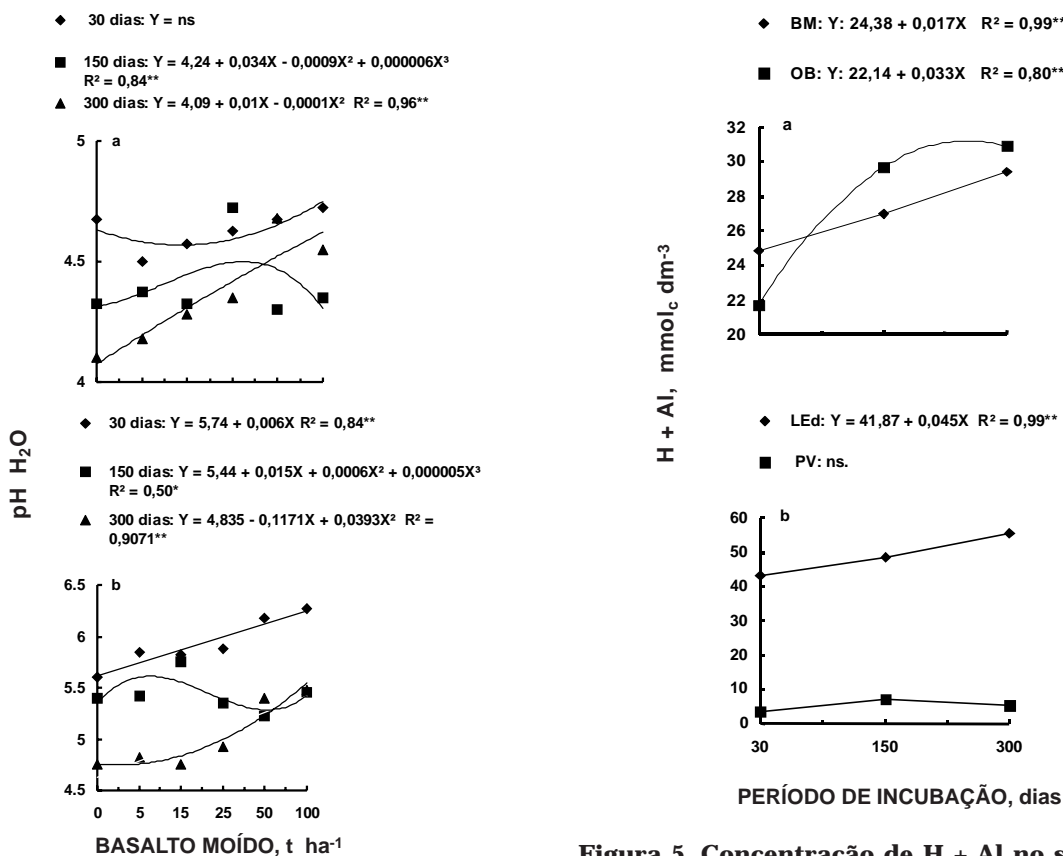
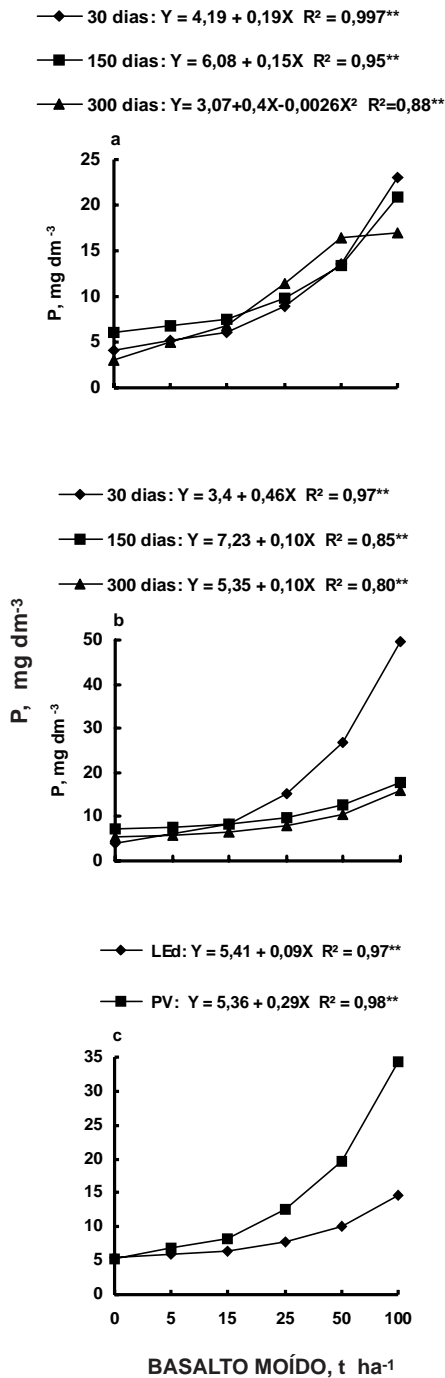


Figura 4. Valores de pH em um Latossolo Vermelho-Escuro (a) e em um Podzólico Vermelho-Amarelo (b), tratados com doses crescentes de basalto moído, após 30, 150 e 300 dias de incubação. Média de rocha.

Figura 5. Concentração de H + Al no solo, após 30, 150 e 300 dias de incubação. a: Média de dose e solo para o basalto microcristalino (BM) e para olivina-basalto (OB). b: Média de dose e rocha para o Latossolo Vermelho-Escuro (LEd) e para o Podzólico Vermelho-Amarelo (PV).



**Figura 6. Concentração de P no solo. Média de solo para o basalto microcristalino (a) e para olivina-basalto (b), após 30, 150 e 300 dias de incubação de doses crescentes desses materiais. c: Média de período de incubação e rocha em um Latossolo Vermelho-Escuro (LEd) e em um Podzólico Vermelho-Amarelo (PV).**

liberando P que se encontra em formas não-disponíveis às plantas. A superestimativa desse elemento, através do método Mehlich-1, também foi constatada por Motta & Feiden (1992), em solos tratados com basalto moído.

Embora a composição química das rochas não indique diferenças significativas de P entre o BM e OB (Quadro 1), em geral, detectaram-se maiores concentrações desse nutriente nos solos tratados com OB (Figura 6c). Esse efeito pode ser devido à presença do mineral apatita, encontrado ao longo das fraturas de olivina, como demonstram os exames microscópicos dessas rochas, realizados por Queiroz (1980).

A maior recuperação de P, obtida na análise de solo realizada no PV (Figura 6c), está de acordo com os resultados obtidos por Motta & Feiden (1992); já a menor recuperação de P, obtida na análise de solo realizada no LEd, está relacionada com a exaustão dos extratores ácidos, resultante da maior capacidade de troca ou readsorção do P extraído nesse solo, pois os solos de textura argilosa apresentam maior capacidade de tamponamento do que os arenosos (Woodruff & Kamrath, 1965).

**Complexo de troca do solo**

Em geral, a soma dos cátions K, Ca e Mg (valor S) aumentou com o acréscimo das doses de basalto moído, evidenciando ter esse efeito interação com o período de incubação e o tipo de solo e rocha utilizados (Figura 7). Com exceção do solo LEd, incubado com OB (Figura 7b), as doses testadas não proporcionaram acréscimo significativo no valor S, no período de 300 dias de incubação (Figuras 7a, 7c e 7d). Esse efeito está de acordo com as variações observadas para as concentrações de Mg, de H + Al e para os valores de pH (Figuras 3, 4 e 5).

Roschnik et al. (1975) e Gillman (1980) constataram, respectivamente, um aumento do valor S, em solos tratados com doses maiores do que 50 e 100 t ha<sup>-1</sup> de basalto moído. A redução do valor S, observada no período de 300 dias de incubação, e o aumento da acidez nesse período foram suficientes para influenciar os valores da saturação desses cátions na CTC (valor V) do solo LEd, pois essa variável também não apresentou aumentos significativas com o acréscimo das doses testadas, aos 300 e 150 dias de incubação, respectivamente, para o BM e OB (Figuras 8a e 8b).

Por outro lado, a redução do valor S, observada no período de 300 dias de incubação, não foi suficiente para influenciar o valor V do solo PV, que apresentou aumento dessa variável com o acréscimo das doses testadas, nos três períodos de incubação (Figuras 8c e 8d). Os maiores valores obtidos para o valor V nas doses de 50 e 100 t ha<sup>-1</sup>, no solo LEd, não foram suficientes para atingir valores considerados adequados para a maioria das culturas agrícolas (V > 70%) (Comissão..., 1995) (Figuras 8a e 8b). Já no solo PV, obtiveram-se valores adequados para esta variável, nos períodos de 30 e de 300 dias de incubação, em todas as doses testadas. Isso se deve aos altos valores V (> 60%) previamente existentes nesse solo, conforme indicam os valores obtidos nos tratamentos sem adição de basalto moído (Figuras 8c e 8d). Além disso, os maiores valores de pH e a menor acidez obtidos nesse solo, juntamente com o seu baixo poder-tampão, também devem ter influenciado tais resultados.

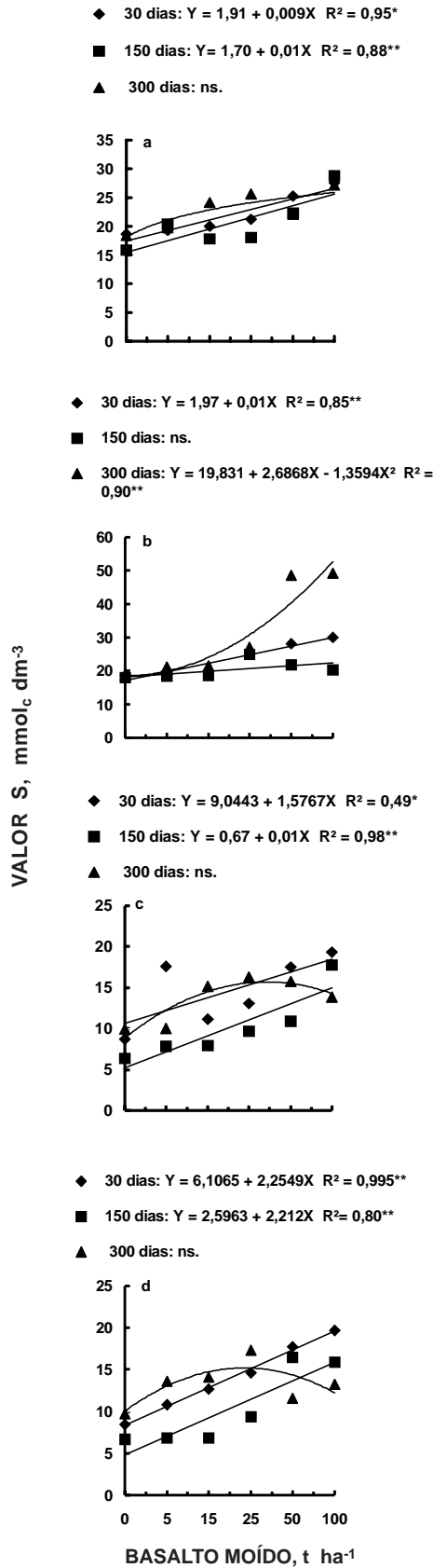


Figura 7. Soma de K, Ca e Mg trocáveis (Valor S) em um Latossolo Vermelho-Escuro e em um Podzólico Vermelho-Amarelo tratados com doses crescentes de basalto microcristalino (respectivamente, figura 7a, c) e de olivina-basalto (respectivamente, figura 7b, d), após 30, 150 e 300 dias de incubação.

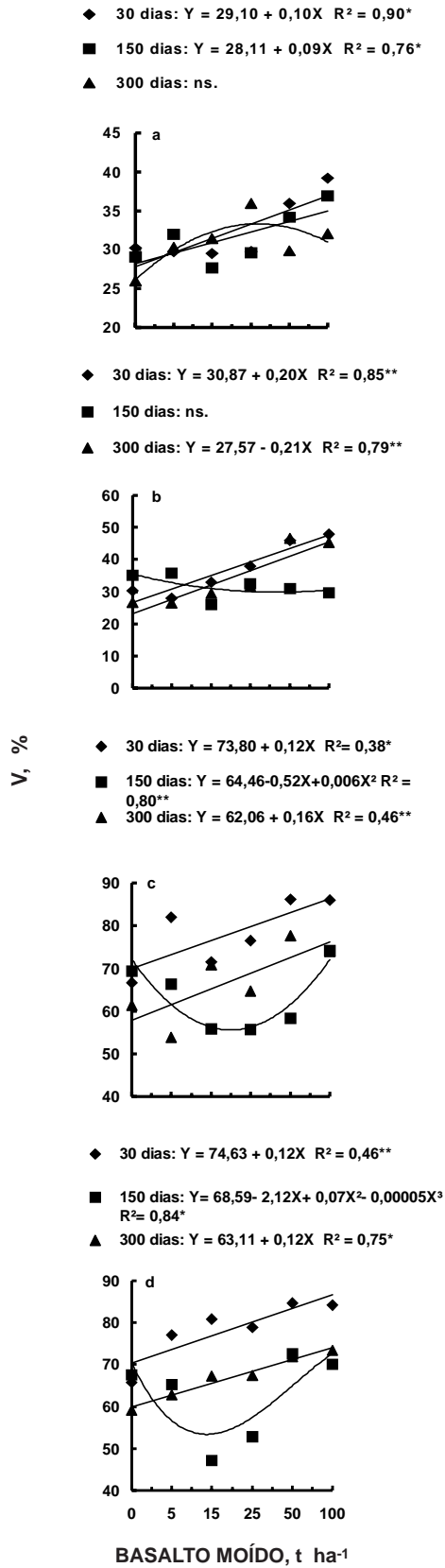


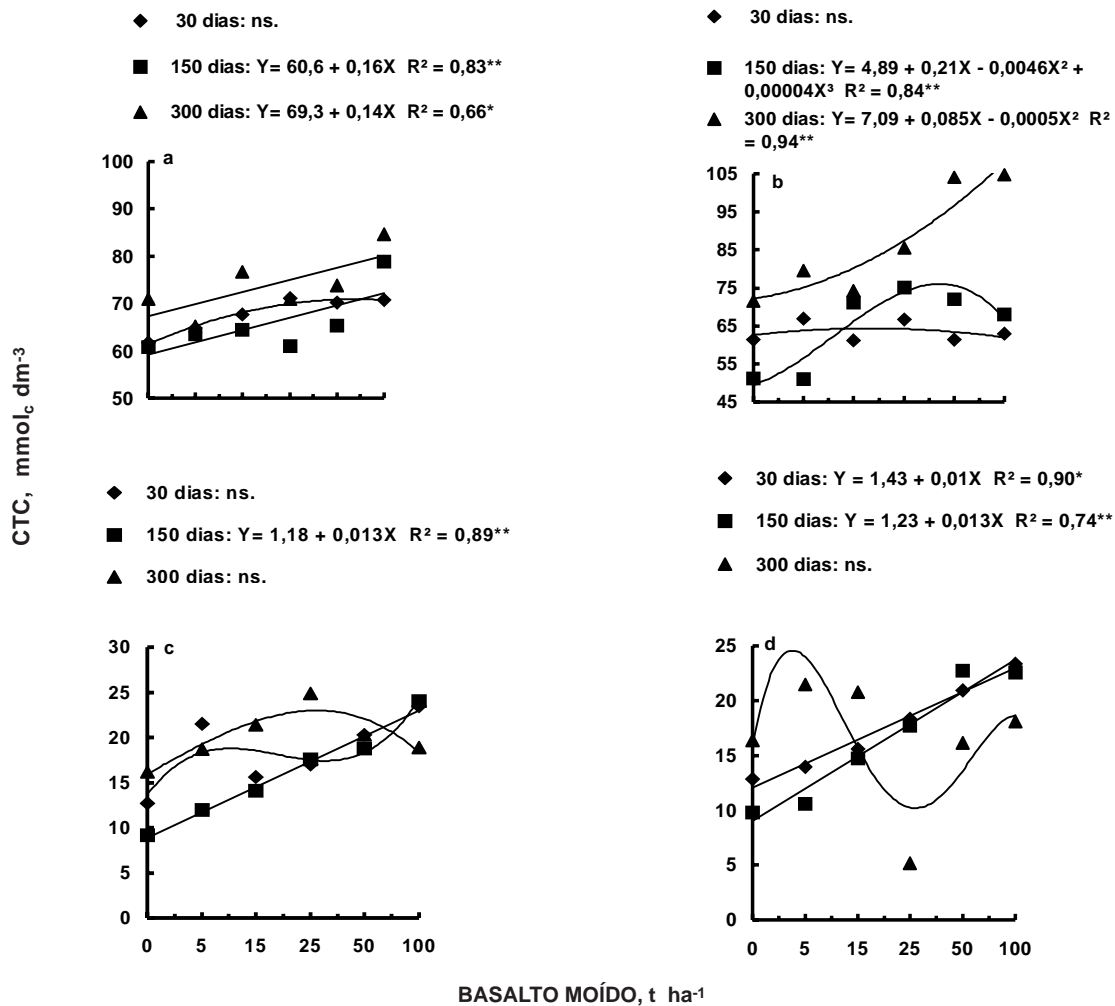
Figura 8. Saturação de K + Ca + Mg na CTC (Valor V) de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo incubados com doses crescentes de basalto microcristalino (respectivamente, figura 8a, c) e de olivina-basalto (respectivamente, figura 8b, d), após 30, 150 e 300 dias de incubação.



Em geral, a CTC do solo aumentou com o acréscimo das doses de basalto moído, evidenciando a interação desse efeito com o período de incubação e com o tipo de solo e rocha utilizados (Figura 9). No solo LEd, as doses testadas proporcionaram acréscimo significativo na CTC, a partir do período de 30 dias de incubação, o que ocorreu com ambas as rochas (Figuras 9a e 9b). No solo PV, percebeu-se tal acréscimo somente no período de 150 dias de incubação do BM e aos 30 e 150 dias de incubação do OB (Figuras 9c e 9d). Embora os aumentos de CTC obtidos nos solos LEd e PV tenham sido, respectivamente, de até 30 e 150%, em geral, os acréscimos observados para essa variável não foram suficientes para modificar a interpretação dos valores previamente existentes nestes solos, que se mantiveram médios (60 a 100 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), no LEd, e baixos (< 60 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), no PV (Brasil, 1973) (Figura 9). Esses resultados estão de acordo com as variações obtidas para os cátions analisados neste trabalho e com os resultados obtidos por Roschnik et al. (1967) e Gillman (1980).

**CONCLUSÕES**

1. As doses de 50 e de 100 t ha<sup>-1</sup> de basalto moído proporcionaram maiores aumentos nas concentrações de K, de Ca e de Mg dos solos estudados, mas os acréscimos observados não foram suficientes para atingir valores considerados adequados. As concentrações de K e de Ca aumentaram com o período de incubação, ocorrendo o contrário para o Mg.
2. Os maiores aumentos obtidos nos valores de pH do solo LEd foram insuficientes para elevar o valor dessa variável a 5,0; no solo PV, as doses de 50 e 100 t ha<sup>-1</sup> elevaram o pH entre 6,0 e 6,5. Em geral, percebeu-se acidificação dos solos estudados com o período de incubação.
3. Os acréscimos observados nas concentrações de P dos solos estudados podem ter sido superestimados pelos extratores ácidos utilizados na determinação desse nutriente.



**Figura 9.** Capacidade de troca de cátions (CTC) em um Latossolo Vermelho-Escuro e em um Podzólico Vermelho-Amarelo incubados com doses crescentes de basalto microcristalino (respectivamente, figura 9a, c) e de olivina-basalto (respectivamente, figura 9b, d), após 30, 150 e 300 dias de incubação.

4. As doses de 50 e de 100 t ha<sup>-1</sup> de basalto moído proporcionaram os maiores aumentos nos valores S e V dos solos estudados, mas esses aumentos não foram suficientes para atingir valores considerados adequados no LED. Em geral, houve diminuição dessas variáveis com o período de incubação.

5. As rochas basálticas testadas não se diferenciaram na liberação de K, de Mg e de H + Al, nem no efeito sobre os valores S e V e sobre a CTC e o pH dos solos estudados. Em geral, OB proporcionou maior liberação de Ca e de P do que o BM.

6. A pequena liberação dos nutrientes das rochas basálticas indica que esses materiais não podem ser utilizados como a principal fonte de nutriente às plantas.

### LITERATURA CITADA

- ALBERT, V.R. Ein nachhaltig wirksamer forstdüngungsversuch. Forstarchiv, 13:158-162, 1936.
- ALBERT, V.R. Untersuchungen über die tiefewirkung des vollumbruches und der basaltdüngung. Forstarchiv, 16:231-232, 1940.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Departamento de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p. ( Boletim Técnico, 30)
- CARSTEA, D.D. Formation and stability of Al, Fe and Mg interlayers in montmorillonite and vermiculite. Corvallis, Oregon State University, 1967. 117p. (Tese de Doutorado)
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 3 ed. Passo Fundo, SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.
- DE VILLIERS, O.D.H. Soil rejuvenation with crushed basalt in Mauritius. Part I - consistent results of world-wide interests. Int. Sug. J., 363-364, 1961.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro, 1979. 247p.
- GILLMAN, G.P. The effect of crushed basalt scoria on the cation exchange properties of a highly weathered soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:465-468, 1980.
- HILF, H.H. Basaltgrus-der nachhaltsdünger armer sandboden. Forstarchiv, 13:113-116, 1937.
- HILF, H.H. Die düngung mit basalt-abfallen. Forstarchiv, 14:93-101, 1938.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. First course. 6 ed. Madison, University of Wisconsin, 1970. p.272-325.
- LEAKE, H.M. Soil rejuvenation in Mauritius. Int. Sug. J., 50:90-91, 1948.
- LEAKE, H.M. Soil rejuvenation in Mauritius. Int. Sug. J., 52:117-118, 1950.
- MAURITIUS. Sugar Cane Research Station. Sugar cane research in Mauritius. R. Agric. 33:28-43, 1954.
- MOTTA, A.C.V. & FEIDEN, A. Avaliação do P em LE submetido a diferentes doses de basalto. Agrárias, 12:47-54, 1992.
- QUEIROZ, S.B. Características e gênese de uma seqüência de solos nas encostas do nordeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980. 121p. (Dissertação de Mestrado)
- RIBOLDI, J. Planejamento e análise de experimentos. Porto Alegre, Instituto de Matemática, Departamento de Estatística. UFRGS, 1994. part.3. 72p. (Publicação avulsa)
- ROSCHNIK, R.K.; GRANT, P.M. & NDUKU, W.K. The effect of incorporating crushed basalt rock into an infertile acid sand. Rhod. Zamb. Mal. J. Agric. Res., 5:133-138, 1967.
- SAWHNEY, B.L. Selective sorption and fixation of cations by clay minerals: a review. Clays Clay Miner., 20:93-100, 1972.
- SCHNEIDER, A.W. Contribuição à petrologia dos derrames basálticos da Bacia do Paraná. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1964. 76p. (Publicação avulsa)
- SCHMITT, V.L. Die frage der düngung mit steinmehlen. Landw. Forsh., 1:14-28, 1949.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEM, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p. ( Boletim Técnico, 5)
- WOODRUFF, J.R. & KAMPRATH, E.J. Phosphorus absorption maximum as measured by the langmuir isotherm and its relationship to phosphorus availability. Soil Soc. Am. Proc., 29:148-150, 1965.