

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UM RESÍDUO DE MINERAÇÃO NA LIBERAÇÃO DE POTÁSSIO E OUTROS NUTRIENTES EM DOIS SOLOS DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Davi José Silva¹, Alessandra Monteiro Salviano Mendes¹,

Danillo Olegário Matos da Silva², Marlon Alves Lins² e Elder Rodrigues Silva³

¹Pesquisador; ²Bolsista ITI/CNPq; ³Estagiário. Embrapa Semi-Árido, BR 428, km 152, Caixa Postal 23, Petrolina, PE, CEP 56302-970. davi@cpatsa.embrapa.br

1. Introdução

O potássio (K) é um dos nutrientes requeridos em maiores quantidades pelas culturas. O Brasil tem importado a maior parte do fertilizante potássico utilizado na agricultura (Lopes, 2005), sendo o cloreto de potássio (KCl) a principal fonte disponível no mercado nacional. No ano de 2004, cerca de 91 % do K consumido na agricultura brasileira foi importado, na forma de KCl, evidenciando a grande dependência de fontes externas para a adubação potássica. Essa dependência externa implica em considerável valor das importações brasileiras (Lopes, 2005), desfavorecendo a balança comercial e reduzindo a competitividade dos produtos agrícolas no mercado internacional, o que exige uma ação coordenada no sentido de buscar fontes alternativas de K para atender a demanda.

Existem rochas silicáticas ricas em flogopita ou biotita, abundantes no Brasil e com possibilidade de uso como fonte de nutrientes, principalmente K, em sua forma moída. Os feldspatos alcalinos e os feldspatóides (silicatos anidros, similares aos feldspatos, porém com menor quantidade de silicato) são considerados fontes potenciais desse nutriente para a fabricação de fertilizantes, tanto na forma de sais, como na forma de termofosfatos ou para aplicação direta ao solo. Vários estudos foram desenvolvidos no Brasil visando avaliar rochas para o fornecimento de K às plantas ou como rotas alternativas a produção de fertilizantes potássicos. Recentemente, por meio de uma parceria entre Embrapa Cerrados e Universidade de Brasília, foram estudadas e identificadas algumas rochas para utilização “in natura”, como fontes de K e outros nutrientes

para uso agrícola. Das rochas preliminarmente estudadas, cinco apresentaram maior potencial: biotita xisto, brecha alcalina, carbonatito, flogopitito e ultramáfica alcalina (Resende et al., 2006a). Algumas rochas mostraram significativa liberação de K em testes de laboratório, solos incubados e em cultivos controlados (casa de vegetação), apresentando potencial promissor para uso como fontes de K quando moídas e utilizadas de maneira análoga ao calcário (Resende et al., 2005). Em alguns casos, além do potássio, as rochas podem fornecer outros nutrientes e apresentam efeito alcalinizante, atuando como condicionadores de solo (Resende et al., 2005). Contudo, a aplicação de altas quantidades pode provocar um desequilíbrio nutricional, com acúmulo de grandes quantidades de metais pesados (Amaral Sobrinho, 1992) e de outros elementos.

Além das rochas “in natura”, resíduos do processamento de rochas com fins de extração de algum princípio mineral podem constituir importantes fontes de nutrientes e sua utilização pode ser interessante tanto econômica quanto ambientalmente, uma vez que estes rejeitos, normalmente, constituem passivos ambientais. No Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido - Embrapa Semiárido, estão sendo conduzidos ensaios em casa de vegetação e a campo, avaliando um resíduo de mineração, procedente de Pindobaçu, na região de Campo Formoso (BA).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o potencial de um resíduo de mineração em liberar potássio e outros nutrientes para o solo em sistema de cultivos sucessivos.

2. Material e Métodos

O trabalho foi realizado utilizando-se dois solos do Submédio São Francisco, sendo um Argissolo Acinzentado, de textura arenosa (60 g kg⁻¹ de argila e 920 g kg⁻¹ de areia) e um Vertissolo, de textura argilosa (410 g kg⁻¹ de argila e 360 g kg⁻¹ de areia). O Argissolo apresenta as seguintes características químicas: M.O. = 4,24 g kg⁻¹, pH = 5,7, P = 2 mg dm⁻³, K = 0,1 cmol_c dm⁻³, Ca = 1,0 cmol_c dm⁻³, Mg = 0,5 cmol_c dm⁻³, Al = 0,05 cmol_c dm⁻³, CTC = 2,93 cmol_c dm⁻³, V = 55 %; e o Vertissolo apresenta: M.O. = 35,69 g kg⁻¹, pH = 7,5, P = 4 mg dm⁻³, K = 0,64 cmol_c dm⁻³, Ca = 26,1 cmol_c dm⁻³, Mg = 3,1 cmol_c dm⁻³, Al = 0,0 cmol_c dm⁻³, CTC = 29,97 cmol_c dm⁻³, V = 100 %. Utilizou-se amostra de solo coletada na camada de 0-20 cm e cada solo constituiu um ensaio.

O material avaliado foi proveniente de um flogopitito, encontrado em rejeitos de mineração de esmeralda, em Pindobaçu, região de Campo Formoso (BA). Este rejeito foi submetido a flotação para extração de minério de molibdênio (Mo), gerando um resíduo secundário. Este resíduo, utilizado nos experimentos, apresenta 4,9 % de K₂O total (Tabela 1) e granulometria fina, com 3,1 % das partículas do tamanho de 2,00 a 0,84 mm, 21,45 % de 0,84 a 0,297 mm e 74,97 % menor que 0,297 mm. O KCl p.a. foi utilizado como tratamento de referência. Estas fontes foram combinadas com três doses de K₂O (60, 120 e 240 mg dm⁻³), calagem e outros nutrientes, mais dois tratamentos adicionais (testemunha absoluta, testemunha mais outros nutrientes), totalizando 11 tratamentos (Tabela 2), que foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por um vaso de plástico com 3,2 dm³ de solo.

Tabela 1. Caracterização química do resíduo de mineração

Elemento	Concentração ppm	Elemento	Concentração ppm	Elemento	Concentração %
B	559700	Zn	295	Al ₂ O ₃	16,1
Ba	221	Al	85370	CaO	3,1
Cd	51	Ca	22365	Fe ₂ O ₃	4,7
Cr	899	Fe	32940	K ₂ O	4,9
Cu	-	K	40870	MgO	9
Mo	1093	Mg	54460	MnO	0,1
Ni	369	Mn	979	Na ₂ O	11,3
Pb	-	Na	83770	P ₂ O ₅	0,9
S	16665	P	3737	SiO ₂	47,7
Sr	242	Si	222750	TiO ₂	0,1
V	419	Ti	898		

Foram aplicadas e incorporadas ao solo de cada vaso, o resíduo de mineração de flogopitito, objeto do estudo, o KCl, o fósforo (P) (200 mg dm⁻³ no Argissolo e 300 mg dm⁻³ no Vertissolo, na forma de Ca(HPO₄)), assim como o corretivo de acidez (CaCO₃ + MgCO₃ p.a., na relação Ca:Mg de 3:1, para V=70 %), aplicado apenas no Argissolo, deixando-os em incubação por um período de 30 dias, com a umidade em torno de 80 % da capacidade de campo. Depois da incubação, todas as unidades experimentais, com exceção dos tratamentos testemunha absoluta e tratamentos com resíduo de mineração menos demais nutrientes, receberam uma adubação básica e uniforme com enxofre (S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo), fornecidos, respectivamente, nas dosagens de 30,0; 0,81; 1,39; 1,55; 3,66; 4,0 e 0,25 mg dm⁻³. Estas doses foram parceladas em três aplicações durante o primeiro cultivo, na forma de solução nutritiva.

Tabela 2. Quantidades de resíduo de mineração (RM) e cloreto de potássio (KCl) aplicadas com calcário e outros nutrientes que constituíram os tratamentos

Tratamento	Dose de K ----- mg dm ⁻³ -----	Dose de K ₂ O	Calagem ²	Outros nutrientes
Testemunha ¹	0	0	-	-
Testemunha	0	0	+	+
60 RM ¹	50	60	-	-
120 RM ¹	100	120	-	-
240 RM ¹	200	240	-	-
60 RM	50	60	+	+
120 RM	100	120	+	+
240 RM	200	240	+	+
60 KCl	50	60	+	+
120 KCl	100	120	+	+
240 KCl	200	240	+	+

¹ Estes tratamentos não receberam calagem nem adubação de nivelamento.² A calagem foi realizada apenas no Argissolo Acinzentado.

A avaliação da eficiência dos tratamentos na disponibilização de K e outros nutrientes foi realizada por meio de cultivos sequenciais. Foram cultivadas, por períodos médios de 30 dias, plantas de soja (*Glycine max*), variedade Sambaíba, milheto (*Pennisetum glaucum*), cultivar IPA BULK 1, e melão (*Cucumis melo*), variedade Tropical. Antes e depois de cada cultivo o solo de cada vaso foi peneirado, submetido a secagem e amostragem para realização das análises químicas. A fim de avaliar o efeito residual das rochas silicáticas utilizadas no primeiro cultivo, foi realizada apenas adubação nitrogenada com 200 e 120 mg dm⁻³ de N, respectivamente, nos cultivos de milheto e melão, aplicados na forma de nitrato de amônio. A soja, não recebeu adubação nitrogenada porque foram utilizadas sementes inoculadas com rizóbio.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e comparação de médias pelo teste Tukey.

3. Resultados e Discussão

3.1. Ensaio em Argissolo Acinzentado

Após a incubação, os valores de pH aumentaram, assim como os teores de Ca e Mg, a CTC e a saturação por bases (V), nos tratamentos que receberam calagem (Tabela 3). A aplicação de P também promoveu aumentos nos teores de P disponível no solo. Os teores de K não foram alterados pelos tratamentos com o resíduo de mineração, tanto na presença quanto na ausência de calagem e demais nutrientes, mas aumentaram com as doses crescentes de KCl aplicadas.

Após o terceiro cultivo os valores de pH foram menores que aqueles encontrados após a incubação (antes da fase com plantas), sem uma relação direta com as diferentes doses do resíduo ou do KCl. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza Filho et al., (2006) no cultivo do mamoeiro. Os teores de Ca e Mg e a CTC aumentaram devido a adubação complementar, mas o valor V diminuiu, em consequência de maior acidez potencial (dados não apresentados). Souza Filho et al., (2006) observaram que nas doses maiores do KCl houve deslocamento de H+Al para a solução do solo, com redução nos valores de V.

As concentrações de P obtidas após o terceiro cultivo foram inferiores àquelas obtidas após a incubação, devido a extração deste nutriente pelos cultivos. No entanto, nos tratamentos em que foi aplicado exclusivamente o resíduo (RM -todos) e praticamente não houve crescimento de plantas (dados não apresentados), estes teores apresentaram tendência de aumento, que foi significativo para a maior dose aplicada (240 mg dm⁻³).

Estas alterações podem estar relacionadas tanto com a liberação dos nutrientes pelo resíduo em condições de acidez, quanto pela mineralização da matéria orgânica, aumentando os teores desses nutrientes.

Tabela 3. Valores de pH, concentrações de fósforo (P), concentrações de potássio (K) obtidas pelos extratores Mehlich-1 e Acetato de Amônio, concentrações de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), valores de CTC e saturação por bases (V) obtidas em amostras de um Argissolo Acinzentado coletadas após um período de 30 dias de incubação e após cultivos sucessivos de soja, milho e melão em função de doses do resíduo de mineração (RM) e cloreto de potássio (KCl).

Tratamento ¹ mg dm ⁻³ de K ₂ O	P	K-Mehlich	K-Acetato de Amônio	Ca	Mg	CTC	V	
	pH	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³				%	
Após Incubação								
Testemunha	5,70 d	2,75 b	0,09 d	0,08 e	0,95 b	0,55 c	2,92 cd	54,95 c
-K +todos	6,40 a	147,50 a	0,10 d	0,08 e	1,53 a	0,98 a	3,55 ab	73,36 ab
RM (60) -todos	5,73 d	5,50 b	0,10 d	0,09 de	0,98 b	0,65 bc	2,97 cd	58,46 c
RM (120) -todos	5,63 d	7,50 b	0,10 d	0,08 de	0,90 b	0,50 c	2,74 d	55,02 c
RM (240) -todos	5,63 d	12,25 b	0,11 d	0,09 d	0,90 b	0,55 c	2,77 d	56,89 c
RM (60) +todos	6,40 a	131,00 a	0,09 d	0,07 e	1,50 a	0,75 ac	3,26 bd	72,35 b
RM (120) +todos	6,43 a	120,00 a	0,09 d	0,07 e	1,60 a	0,63 bc	3,31 bc	70,25 b
RM (240) +todos	6,38 a	144,75 a	0,10 d	0,08 e	1,53 a	0,75 ac	3,37 ac	70,73 b
KCl (60) +todos	6,38 ab	138,75 a	0,21 c	0,17 c	1,63 a	0,88 ab	3,75 ab	72,67 b
KCl (120) +todos	6,25 c	124,50 a	0,32 b	0,25 b	1,53 a	0,85 ab	3,77 ab	71,64 b
KCl (240) +todos	6,28 bc	144,75 a	0,50 a	0,39 a	1,55 a	0,98 a	3,87 a	78,78 a
Após Cultivos Sucessivos								
Testemunha	4,73 d	3,00 d	0,07 bc	0,07 b	1,25 b	0,80 ab	3,97 bc	54,32 c
-K +todos	5,25 ab	94,00 a	0,07 bc	0,04 d	1,88 a	0,73 ab	4,43 ac	60,93 a
RM (60) -todos	4,93 bd	6,00 cd	0,07 bc	0,06 bc	1,33 b	0,88 ab	4,20 ac	54,74 bc
RM (120) -todos	4,93 bd	7,50 cd	0,08 b	0,07 b	1,33 b	0,75 ab	4,05 ac	54,21 c
RM (240) -todos	4,88 cd	13,50 c	0,08 b	0,07 b	1,28 b	0,73 ab	3,92 c	53,84 c
RM (60) +todos	5,30 a	84,00 b	0,03 f	0,05 cd	1,85 a	0,83 ab	4,43 ac	61,86 a
RM (120) +todos	5,28 a	91,25 ab	0,04 ef	0,05 cd	1,80 a	0,70 b	4,26 ac	60,12 ab
RM (240) +todos	5,08 ac	95,25 a	0,04 ef	0,04 d	1,90 a	0,75 ab	4,50 ab	60,62 a
KCl (60) +todos	5,20 ac	90,00 ab	0,05 de	0,05 cd	1,78 a	0,93 a	4,52 a	61,77 a
KCl (120) +todos	5,25 ab	88,00 ab	0,06 cd	0,06 bc	1,80 a	0,90 ab	4,45 ac	63,14 a
KCl (240) +todos	5,35 d	94,50 a	0,11 a	0,11 a	1,78 a	0,83 ab	4,47 ab	61,42 a

¹Testemunha=solo natural; -K=sem fornecimento de K; +todos=fornecimento dos demais nutrientes além do K (200,0; 30,0; 0,81; 1,39; 1,55; 3,66; 4,0 e 0,25 mg dm⁻³ de P, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo respectivamente) e correção da acidez (mistura de CaCO₃ e MgCO₃ p.a. para V=70 %); -todos=sem fornecimento dos demais nutrientes; KCl (60), (120) e (240)=cloreto de potássio nas dosagens equivalentes a 60, 120 e 240 mg dm⁻³ de K₂O, respectivamente; RM (60), (120) e (240)=resíduo de mineração nas dosagens equivalentes a 60, 120 e 240 mg dm⁻³ de K₂O, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Os teores de K, obtidos por ambos os extratores, mantiveram-se baixos após os três cultivos sucessivos, em todos os tratamentos que não receberam os demais nutrientes. Contudo, estes valores foram ainda mais baixos, menores que os da testemunha absoluta, nos tratamentos que receberam os demais nutrientes, tanto com resíduo mineral quanto com KCl, com exceção do tratamento com a maior dose de KCl (240 mg dm⁻³), que apresentou os maiores teores de K. Isto demonstra que, além do K liberado pelas fontes externas, houve extração do K disponível do solo para satisfazer a demanda de produção dos cultivos sucessivos (dados não apresentados). No caso do KCl, a maior dose (240 mg dm⁻³) foi a única capaz de manter um teor de K₂O acima do teor natural após três cultivos neste solo. Quanto ao resíduo mineral do flogopitito, não houve liberação de K para repor o nutriente absorvido pelas plantas cultivadas. Resultados semelhantes foram obtidos na aplicação de um flogopitito no cultivo do mamoeiro (Souza Filho et al., 2006). Por outro lado, Sobral et al., (2006) obtiveram liberação de K das rochas brecha alcalina, biotita xisto e ultramáfica alcalina, de forma a atender a demanda de dois cultivos sucessivos.

3.2. Ensaio em Vertissolo

Como não foi realizada calagem neste solo, os valores de pH praticamente não sofreram alterações, assim como os teores de Ca, Mg e a CTC. Ao contrário do que aconteceu no Argissolo, após a incubação houve uma tendência de redução destes valores, contudo sem qualquer relação com as doses de resíduo ou de KCl. A incubação foi realizada apenas com fosfato de cálcio, que promoveu aumentos nos teores de P naqueles tratamentos que receberam o fosfato (Tabela 4). Os teores de K não foram alterados pelos tratamentos com o resíduo de mineração, mas aumentaram com as doses crescentes de KCl aplicadas. Bolland & Baker (2000) também avaliaram a eficiência de um pó de granito como fonte de potássio, evidenciando que o mesmo não apresentou nenhum efeito na produção de grãos em ensaios de campo e casa de vegetação.

Tabela 4. Valores de pH, concentrações de fósforo (P), concentrações de potássio (K) obtidas pelos extratores Mehlich-1 e Acetato de Amônio, concentrações de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e valores de CTC obtidos em amostras de um Vertissolo coletadas após um período de 30 dias de incubação e após cultivos sucessivos de soja, milho e melão em função de doses do resíduo de mineração (RM) e cloreto de potássio (KCl).

Tratamento ¹	P		K-Mehlich	K-Acetato de Amônio	Ca	Mg	CTC
	mg dm ⁻³ de K ₂ O	pH	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³			
Após Incubação							
Testemunha	7,90 a	11,00 e	0,49 de	0,60 c	24,48 ab	2,85 a	27,92 a
#NAME?	7,90 a	103,65 cd	0,46 e	0,64 c	24,90 ab	3,25 a	28,71 ab
RM (60) -todos	7,90 a	5,00 e	0,57 bd	0,64 c	24,60 ab	2,82 a	28,12 ab
RM (120) -todos	7,90 a	5,50 e	0,54 ce	0,64 c	24,30 ab	3,05 a	28,00 ab
RM (240) -todos	7,90 a	6,50 e	0,56 be	0,68 c	24,80 ab	3,12 a	28,60 ab
RM (60) +todos	7,73 cd	120,25 bd	0,53 ce	0,64 c	24,20 ab	2,85 a	27,69 b
RM (120) +todos	7,83 ac	143,00 ac	0,52 ce	0,64 c	23,90 b	2,88 a	27,41 b
RM (240) +todos	7,88 ab		0,53 ce	0,64 c	25,00 ab	2,90 a	28,54 ab
KCl (60) +todos	7,80 ac	154,65 ab	0,62 bc	0,84 b	25,72 ab	3,02 a	29,48 ab
KCl (120) +todos	7,78 bd	94,50 d	0,65 b	0,87 b	25,25 ab	3,02 a	29,03 ab
KCl (240) +todos	7,68 d	151,00 ab	0,80 a	1,17 a	26,00 a	3,15 a	30,06 a
Após Cultivos Sucessivos							
Testemunha	7,38 ad	4,75 d	0,50 a	0,59 a	26,23 a	2,83 ab	30,66 ac
#NAME?	7,40 ac	64,00 a	0,29 e	0,38 ce	26,33 a	2,78 ab	30,80 ab
RM (60) -todos	7,53 a	5,50 d	0,48 ab	0,60 a	25,88 a	2,80 ab	29,74 bc
RM (120) -todos	7,45 ab	5,25 d	0,47 ab	0,60 a	25,88 a	2,65 b	29,97 ac
RM (240) -todos	7,53 a	6,00 d	0,46 b	0,60 a	25,58 a	2,78 ab	29,59 c
RM (60) +todos	7,15 cd	45,00 c	0,35 d	0,40 c	25,43 a	2,63 b	30,37 ac
RM (120) +todos	7,23 bd	57,75 ab	0,30 e	0,36 df	26,28 a	2,90 ab	30,92 a
RM (240) +todos	7,23 bd	45,00 c	0,29 e	0,35 ef	26,05 a	2,93 ab	30,79 ab
KCl (60) +todos	7,13 d	51,00 bc	0,28 e	0,34 f	25,85 a	3,10 a	30,79 ab
KCl (120) +todos	7,48 ab	47,25 bc	0,30 e	0,39 cd	26,20 a	2,90 ab	30,31 ac
KCl (240) +todos	7,38 ad	48,50 bc	0,38 c	0,46 b	26,25 a	2,95 ab	30,82 ab

¹ Testemunha=solo natural; -K=sem fornecimento de K; +todos=fornecimento dos demais nutrientes além do K (300,0; 30,0; 0,81; 1,39; 1,55; 3,66; 4,0 e 0,25 mg dm⁻³ de P, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo respectivamente); -todos=sem fornecimento dos demais nutrientes; KCl (60), (120) e (240)=cloreto de potássio nas dosagens equivalentes a 60, 120 e 240 mg dm⁻³ de K₂O, respectivamente; RM (60), (120) e (240)=resíduo de mineração nas dosagens equivalentes a 60, 120 e 240 mg dm⁻³ de K₂O, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Os valores de pH obtidos após os três cultivos sucessivos apresentam-se relativamente menores que aqueles do solo natural, embora sem qualquer relação com as doses de resíduo ou de KCl aplicadas. Estas alterações são confirmadas pelo aumento das concentrações de H+Al (dados não apresentados), sendo ainda refletidas no aumento da CTC, contudo sem uma relação direta com os diferentes tratamentos.

A mineralização da matéria orgânica que ocorreu durante os processos de preparo do solo para os cultivos sucessivos também influenciou nas alterações químicas do solo. Contudo, devido ao alto grau de tamponamento deste solo, estas mudanças são muito pequenas. Neste solo, deveriam ser realizados mais de três cultivos para que as alterações se tornassem evidentes.

Os maiores teores de potássio obtidos pelos dois extratores foram encontrados nos tratamentos testemunha e resíduo mineral sem adição de outros nutrientes (RM -todos), nos quais houve menor produção de matéria seca (dados não apresentados). Nos demais tratamentos, as baixas concentrações de K no solo corresponderam a maiores produções de matéria seca, devido a uma maior extração desse nutriente pelos cultivos. Resende et al., (2005) observaram que nos tratamentos em que as rochas brecha alcalina, ultramáfica alcalina e biotita xisto foram aplicadas sem a correção da acidez do solo e adição de outros nutrientes, o crescimento das culturas foi tão limitado quanto no tratamento testemunha.

4. Conclusões

O resíduo de mineração mostrou baixa eficiência na liberação de potássio;

Os teores de fósforo aumentaram no Argissolo Acinzentado nos tratamentos que receberam exclusivamente o resíduo de mineração; e

A acidez do solo aumentou após os cultivos sucessivos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao pesquisador Carlos Alberto Tuão Gava pelo planejamento e realização das análises estatísticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, C.; VELLOSO, A.C.X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.16, p. 271-276. 1992.

BOLLAND, M.D.A.; BAKER, M.J. Powdered granite is not an effective fertilizer for clover and wheat in sandy soils from Western Australia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* v.56, p.59-68, 2000.

LOPES, A.S.. Reservas de minerais de potássio e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L. (Eds.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, p.21-32, 2005.

RESENDE, A.V.; MACHADO, C.T.T.; MARTINS, E.S.; NASCIMENTO, M.T.; SOBRINHO, D.A.S.; FALEIRO, A.S.G.; LINHARES, N.W. ; SOUZA, A.L.; CORAZZA, E.J. Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: I. Respostas da soja e do milho. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30. Recife, 2005. Anais... Recife: UFRPE/SBCS, 2005. (CD-rom).

RESENDE, A.V.; MACHADO, C.T.T.; MARTINS, E.S.; SENA, M.C.; NASCIMENTO, M.T.; SILVA, L.C.R. & LINHARES, N.W. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. *Espaço & Geografia*, 9:135-161, 2006a.

SOBRAL, L.F.; FONTES JUNIOR, R.C.; VIANA, R.D. & MARTINS, E.S. Liberação de K pelo flogopitito, ultramáfica e brecha em um Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros *Espaço & Geografia*, 9:117-133, 2006.

SOUZA FILHO, L.F.S; CRUZ, J.L.; SOUZA, L.F.S.; CALDAS, R.C.; MAGALHÃES, A.F.J.; CONCEIÇÃO, H. & SOUSA, J.S. Eficiência de um flogopitito como fonte de potássio para o desenvolvimento inicial do mamoeiro. *Espaço & Geografia*, 9:215-229, 2006.
