

FONTES DE POTÁSSIO NÃO TROCÁVEL E POTÁSSIO TOTAL EM QUATRO SOLOS DO ESTADO DO CEARÁ

Simone Ferreira DINIZ ¹, Francisco Ocian Mota BASTOS ²
Raimundo Humberto Cavalcante LIMA ³, Jairo Roberto JIMENEZ-RUEDA ⁴

(1) Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: dinfersim@hotmail.com.

(2) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará (UFC). Campus do PICI, Bloco 807.

CEP 60021-970. Fortaleza, CE. Endereço eletrônico: ocian@ufc.br.

(3) Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: humbertoclima@yahoo.com.br.

(4) Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: jairorjr@rc.unesp.br.

Introdução
Material
Métodos
Amostras de Solos
Análise Granulométrica
Análises Químicas
Complexo Sortivo
Análises Mineralógicas
Frações Areia e Silte
Fração Argila
Análise de Potássio no Solo
Resultados e Discussões
Fontes de Potássio nas Frações Areia, Silte e Argila
Teor de Potássio nos Solos
Conclusões
Referências Bibliográficas

RESUMO – Analisou-se a composição mineralógica da camada arável (0-20 cm), de um Neossolo Quartzarênico, um Argissolo Vermelho-Amarelo, um Cambissolo Háplico e um Latossolo Vermelho-Amarelo de diferentes regiões do Estado do Ceará, com o objetivo de identificar fontes potenciais de potássio total e não trocável para as plantas nas diferentes frações granulométricas. Os teores mais elevados desse macronutriente ocorrem no Cambissolo Háplico, que apresentou uma maior quantidade de potássio total e potássio não trocável. A quantidade de potássio encontrado nas frações areia e silte é derivada do ortoclásio detectado na análise mineralógica e, na fração argila, presumivelmente da illita e de um mineral interestratificado (mica + montmorilonita). Quando comparado com o teor total a quantidade de potássio não trocável é baixa, nos quatro solos, concentrando-se principalmente na fração argila do Cambissolo. A seqüência do teor de potássio nos solos foi a seguinte: Cambissolo Háplico > Argissolo Vermelho-Amarelo > Neossolo Quartzarênico > Latossolo Vermelho-Amarelo. Os resultados mostraram que a distribuição das formas de potássio entre os solos difere em função dos minerais dominantes detectados na análise mineralógica (illita e ortoclásio) e discutidos neste trabalho.

Palavras-chave: mineralogia do solo, fontes de potássio, potássio não trocável e potássio total.

ABSTRACT – *S.F. Diniz, F.O.M. Bastos, R.H.C. Lima, J.R.J. Rueda - Summary: sources of total potassium and non-exchangeable potassium in soils of the State of Ceará, Brazil.* The mineralogical composition of the soil plow layer (0-20 cm) was analyzed for the following soil suborders (according to the Brazilian soil taxonomy): Neossolo Quartzarênico, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico and Latossolo Vermelho-Amarelo which samples were collected from different regions of the Ceará State. The present study had the objectives of identifying potential sources of both total and non-exchangeable potassium forms for plants located at the different soil fractions. Then highest content of K occurred in the Cambissolo Háplico soil, including both the total and non-exchangeable K forms. In the Neossolo Quartzarênico, Argissolo Vermelho-Amarelo and Latossolo Vermelho-Amarelo, the highest contents of both forms of potassium were impregnated at the sand fraction. The amount of potassium found in the both sand and silt fractions has its origin in the orthoclase mineral which was detected in the mineralogical analysis. In the clay fraction, the origin of the potassium is illite and a inter-stratified mineral (mica+montmorillonite). As compared with the total content, the amount of non-exchangeable potassium is low for all the four soils. It was more concentrated at clay fraction of the Cambissolo soil. The potassium content sequence in the soil was the following: Cambissolo Háplico > Argissolo Vermelho-Amarelo > Neossolo Quartzarênico > Latossolo Vermelho-Amarelo. The results showed that the distribution of the forms of potassium among the soils differ as a function of the nature of the dominating minerals detected in the mineralogical analysis (illite and orthoclase) which was discussed above.

Keywords: soil mineralogy, potassium sources, total potassium and non-exchangeable potassium.

INTRODUÇÃO

Em ordem crescente de disponibilidade para as plantas, o potássio (K) no solo pode ser classificado em quatro categorias: estrutural (mineral), não-trocável ou dificilmente disponível, trocável, e em solução. Estas

formas, quando somadas, fornecem o K total (Tisdale et al., 1993). Essas frações encontram-se em equilíbrio dinâmico (Sparks, 1980), e extratores químicos específicos têm sido utilizados na sua quantificação, tendo como vantagem permitir a comparação das formas de K em estudos conduzidos sob diferentes condições.

Como a capacidade de suprimento de K para as plantas pode variar de acordo com as formas deste nutriente nos solos (Mengel & Rahmatullah, 1994), e

como estas formas são influenciadas pelo material de origem (Nachtigal & Vahl, 1989), faz-se necessário avaliar a capacidade de suprimento de K dos solos, os quais podem apresentar distintos potenciais de fornecimento desse nutriente para as plantas. Informações neste sentido permitirão estabelecer não apenas a capacidade atual dos solos em suprir K para as plantas, mas também conhecer sua dinâmica no solo a médio e longo prazo.

MATERIAL

Foram estudados quatro solos representativos do Estado do Ceará, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Os solos estão localizados em diferentes municípios e microrregiões homogêneas do Estado do Ceará: Planalto da Ibiapaba (Neossolo Quartzarênico), Tabuleiro Costeiro (Argissolo Vermelho Amarelo), Chapada do Apodi (Cambissolo Háplico) e Chapada do Araripe (Latosolo Vermelho Amarelo) (Tabela 1).

Para análise do potássio não trocável e total,

foram separadas frações conforme método descrito por Reichardt (1996). As amostras separadas (frações areia e argila) foram cuidadosamente maceradas em cápsula de porcelana, para desfazer possíveis agregados, ficando as mesmas em forma de pó. Essas amostras foram utilizadas para extração do potássio total pelo método da fusão alcalina (Hesse, 1971). O potássio não trocável foi extraído com HNO_3 1 mol L^{-1} fervente (Pratt, 1973). Os teores de potássio nos extratos foram determinados por fotometria de chama.

TABELA 1. Classificação, localização, formação geológica, material originário e clima dos quatro solos estudados.

Solo	Classificação	Localização	Formação Geológica	Material Originário	Clima
1	Neossolo Quartzarênico (RQ)	Planalto da Ibiapaba	Siluriano-Devoniano Inferior Formação Serra Grande	Arenito	Amw'(Koppen) 4 bth(Gaussen)
2	Argissolo Vermelho Amarelo (PVA)	Tabuleiro Costeiro	Capeamento sobre o Pré-Cambriano Indiviso Grupo Barreiras	Capeamento argilo-arenoso com influência de rochas do Pré-Cambriano	Aw'(Koppen) 4cTh(Gaussen)
3	Cambissolo Háplico (CX)	Chapada do Apodi	Cretáceo Superior Formação Jandaira	Material proveniente da decomposição do calcário e do arenito calcífero	BSw'h'(Koppen) 4 aTh (Gaussen)
4	Latosolo Vermelho Amarelo (LVA)	Chapada do Araripe	Cretáceo Inferior	Arenito	Aw'(Koppen) 4 bTh (Gaussen)

MÉTODOS

AMOSTRAS DE SOLOS

As amostras foram coletadas da camada arável (20 cm), cerca de 4 kg de cada solo estudado e em seguida as amostras foram secas ao ar, antes de serem analisadas. Após a secagem foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha (TFSA), e a seguir acondicionadas em sacos de tecido e etiquetadas, conservadas e usadas na pesquisa.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica foi realizada de acordo com a metodologia usada pela EMBRAPA (1997), empregando-se o método da pipeta, baseado na lei de Stokes, utilizando-se NaOH 1 mol L^{-1} como dispersante. A fração areia foi separada por peneiramento, já a fração argila por sedimentação, sendo a fração silte calculado por diferença. As frações granulométricas

dos solos foram classificadas de acordo com a escala da Sociedade Internacional de Ciência do Solo (ATTERBERG) como: areia grossa (2,0 mm - 0,2 mm), areia fina (0,2 mm-0,02 mm), silte (0,02 mm-0,002 mm) e argila (<0,002 mm).

ANÁLISES QUÍMICAS

Complexo Sortivo

O pH foi determinado potenciométricamente na relação solo: água e solo: KCl 1 mol L⁻¹ na relação 1:1. A condutividade elétrica foi determinada no extrato aquoso, empregando-se a relação água: solo também na relação 1:1. Para os cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺) foi utilizado o acetato de amônio 1 mol L⁻¹ em pH 7,0 determinando-se o cálcio e o magnésio por titulação com EDTA e o sódio e potássio por fotometria de chama. O hidrogênio e alumínio trocáveis foi extraído com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0, titulando-se a acidez resultante com hidróxido de sódio 0,1 mol L⁻¹ e usando a fenolftaleína como indicador. O carbono orgânico foi determinado por oxidação da matéria orgânica do solo, com solução de dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico. A concentração de matéria orgânica foi obtida, multiplicando-se o teor de carbono orgânico pelo fator 1,724, sendo este fator utilizado em virtude de se admitir que na composição média do húmus, o carbono participa com 58%. O fósforo assimilável foi extraído com solução de Mehlich e determinado por fotocolorimetria. O valor T (capacidade de troca de cátions) foi obtido pela soma de bases (S) mais a acidez potencial (H⁺ + Al³⁺). O valor V (saturação por bases) foi determinado pela relação entre a soma de bases e a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 expresso pela fórmula: $V = S/T \times 100$ (EMBRAPA, 1997).

ANÁLISES MINERALÓGICAS

Frações Areia e Silte

A mineralogia das frações areia e silte foi determinada por difratometria de raios X, com base em preparados destas duas frações, em amostras sem orientação preferencial na forma de pó, utilizando aparelho de raios X tipo Philips com tubo de cobre e filtro de níquel com faixa de irradiação no intervalo de 0 a 60° 2θ.

As eliminações da matéria orgânica, manganês e sais solúveis das amostras de solos foram feitas de acordo com a metodologia descrita por Jackson (1969), tomando-se aproximadamente 20 g de TFSA e adicionando-se uma solução tamponada a pH 5,0 de acetato de sódio 1 mol L⁻¹ e água oxigenada.

Para a remoção dos óxidos de ferro livre foi utilizado o ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, confor-

me o método descrito por Mehra & Jackson (1969). Após a remoção dos óxidos de ferro livre as amostras foram lavadas tantas vezes quanto necessário com NaCl 0,5 mol L⁻¹, visando a floculação da argila e sifonação do sobrenadante contendo o ferro complexado.

Fração Argila

Estando as amostras isentas de matéria orgânica, manganês e óxidos de ferro livre, foi procedida a separação do silte + argila das frações mais grosseiras, utilizando-se uma peneira com malha de 0,053 mm. A suspensão contendo silte mais argila foi levada para tubos de centrífuga e a fração argila (< 2µm), foi separada do silte a 750 r.p.m durante 3 minutos em centrífuga marca internacional número 2.

Obtidos os preparados de argila, alíquotas dos mesmos foram tratadas com MgCl₂ 0,5 mol L⁻¹, para eliminação dos acetados, segundo recomendações de Jackson (1969). Foram feitas cinco saturações com íons magnésio em centrífuga a 1800 r.p.m durante 5 minutos. O excesso de sal foi eliminado através de lavagens com água destilada, álcool etílico + água destilada e álcool etílico, também sob centrifugação. A eliminação completa dos cloretos foi verificada com AgNO₃ a 1%.

Alíquotas dos preparados de argila foram também tratadas com KCl 1 mol L⁻¹ em vez de MgCl₂, (Jackson, 1969). As amostras saturadas com KCl 1 mol L⁻¹ foram ainda aquecidas a 350 e 550°C. O procedimento de saturação e eliminação do excesso de cloretos foi idêntico ao descrito para MgCl₂.

As amostras saturadas com magnésio, ainda úmidas, foram tratadas com etileno glicol e orientadas preferencialmente em lâminas de vidro tipo microscópicas. As saturadas com potássio também foram orientadas preferencialmente.

Após os tratamentos, as lâminas contendo argila orientada, foram irradiadas com raios X no intervalo de 0 a 60° 2θ, em aparelho Philips micro 1130, com tubo de cobre e filtro de níquel.

Após a obtenção dos difratogramas com lâminas irradiadas, a identificação dos minerais foi feita baseada nos trabalhos de Brindley (1955) e Jackson (1969), de acordo com os espaçamentos basais de cada mineral, ao serem submetidos aos tratamentos antes mencionados. A avaliação semiquantitativa dos minerais integrantes da fração argila, foram obtidas por meio do cálculo da área de picos dos difratogramas, segundo o método proposto por Johns et al. (1954).

ANÁLISE DE POTÁSSIO NO SOLO

As frações de solo foram separadas conforme método descrito por Reichardt (1996). As amostras separadas (frações areia e argila) foram cuidado-

samente maceradas em cápsula de porcelana, para desfazer possíveis agregados, ficando a mesma em forma de pó. Essas amostras foram utilizadas para extração do potássio total pelo método da fusão alcalina (Hesse, 1971), onde 0,5 g de solo foi fundido com 2,5 g de Na_2CO_3 em cadinho de platina a 900°C . O material fundido foi dissolvido com uma solução de HCl 1 mol L^{-1} ,

completando o volume a 50 ml o mesmo foi filtrado. O potássio não trocável foi extraído com HNO_3 1 mol L^{-1} fervente (K-HNO_3), utilizando 1,25 g de solo digerido com 13 ml de HNO_3 1 mol L^{-1} e, após completado o volume (100 ml), filtrou-se (Pratt, 1973). Os teores de potássio nos extratos foram determinados por fotometria de chama.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados analíticos dos principais atributos químicos e da análise granulométrica dos quatro solos estudados estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 2. Características químicas dos quatro solos estudados.

Características Químicas	RQ	PVA	CX	LVA
C.E. (dS/m)	0,45	0,47	0,32	0,26
pH (água)	4,48	6,05	7,09	4,50
pH (KCl) . kg^{-1}	3,89	5,28	6,12	3,87
Ca^{2+} (cmol _c /kg)	0,10	1,75	4,73	0,20
Mg^{2+} (cmol _c /kg)	0,10	0,75	1,45	0,08
Na^+ (cmol _c /kg)	0,04	0,06	0,16	0,04
K^+ (cmol _c /kg)	0,07	0,14	0,55	0,05
$\text{H}^+ + \text{Al}^+$ (cmol _c /kg)	4,83	1,15	0,67	3,46
Al^{3+} (cmol _c /kg)	1,06	0,05	0,00	0,79
C (g . kg^{-1})	6,81	5,84	8,92	6,75
M.O (g . kg^{-1})	11,73	10,06	15,37	11,64
P (mg . kg^{-1})	1,17	12,18	2,06	2,20
S ⁽¹⁾ (cmol _c /kg)	0,31	2,67	6,88	0,37
T ⁽²⁾ (cmol _c /kg)	5,14	3,82	7,55	3,83
V ⁽³⁾ (%)	6,09	69,90	91,11	9,53

⁽¹⁾S = soma de bases. ⁽²⁾T = capacidade de troca de cátions ⁽³⁾V = saturação por bases

TABELA 3. Resultado da análise granulométrica dos quatro solos estudados.

	RQ	PVA	CX	LVA
	g kg^{-1}			
Areia grossa	428	578	455	577
Areia fina	362	268	243	119
Silte	77	67	147	52
Argila	132	86	155	251
Classe textural	Franco Arenoso	Areia Franca	Franco Arenoso	Franco Argiloso Arenoso

O Neossolo Quartzarênico, enquadra-se na classe textural franco arenoso. Oliveira et al. (1992), definem tais solos como sendo minerais, hidromórficos ou não, com textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 m a partir da superfície. Quimicamente, esse solo apresenta baixos teores de bases trocáveis e baixo teor de potássio. É considerado um solo de baixa fertilidade natural, concordando com sua constituição essencialmente quartzosa, não dispendo, portanto, de reservas nutricionais que podem ser liberadas pela ação do intemperismo. Apresenta pH ácido com teor de alumínio superior aos outros solos estudados, com implicações na sua capacidade de uso.

O Argissolo Vermelho Amarelo pertence à classe textural areia franca. Quimicamente possui maior valor de soma de bases superior ao Neossolo e ao Latossolo. Apresenta pH em torno de 6,0 e baixo teor de Al^{3+} , possui um bom potencial agrícola e um maior teor de potássio.

O Cambissolo Háplico apresenta textura franco arenosa e uma boa reserva de nutrientes, por ser originado de material proveniente de fontes ricas em Ca^{2+} e Mg^{2+} . O pH encontra-se em torno de 7,0 e apresenta ausência de Al^{3+} e teor elevado de matéria orgânica. Esse solo apresentou o maior teor de potássio dentre os solos analisados. Pode ser considerado relativamente, como um solo de elevado potencial agrícola.

O Latossolo Vermelho-Amarelo, possui textura média com um maior teor de argila sendo franco argilo arenoso, comparativamente com as outras classes de solos. As análises químicas indicaram que esse solo tem uma baixa fertilidade natural, representada por reduzidos teores de soma de bases e baixo teor de potássio. O pH é também baixo e a presença de Al^{3+} se constitui em uma limitação ao seu uso agrícola, necessitando, portanto de correção.

FONTES DE POTÁSSIO NAS FRAÇÕES AREIA, SILTE E ARGILA

Na fração areia do neossolo quartzarênico o mineral predominante é o quartzo, com pequenas quantidades de outros minerais como: ortoclásio,

oligoclasita e ilmenita, gibbsita, presente como recobrimento dos grãos de areia, e caulinita, como pseudomorfo. A composição predominante da fração silte também é o quartzo, mas em quantidades inferiores, foram identificados outros minerais: ortoclásio, anatósio e magnetita. Pequenas concentrações de caulinita e goetita também foram detectadas. A análise semiquantitativa da fração argila, foram identificados os argilominerais caulinita e ilita e estimados em aproximadamente 95% e 5% respectivamente.

A amostra da fração areia do argissolo vermelho amarelo é constituída em quase sua totalidade por grãos de quartzo e menores quantidades de feldspato potássico (ortoclásio). Foi detectado também a caulinita como pseudomorfo, e hematita e goetita como recobrimento dos grãos de quartzo. A fração silte apresentou uma elevada concentração de quartzo e uma menor ocorrência de ilmenita, ortoclásio, caulinita e goetita, estando a caulinita e goetita, provavelmente, na fração silte fino, como pseudomorfo e recobrimento dos grãos. Crisóstomo (1991) verificou na fração areia dessa classe de solo (horizonte A), a presença de quartzo hialino e leitoso, por vezes com aderência ferruginosa, algum feldspato potássico, traços de ilmenita e de turmalina. Foi verificado na fração argila, mediante a análise semiquantitativa dos argilominerais, a ocorrência de aproximadamente 85% de caulinita e 15% de ilita. Na fração argila foi constatada a presença de quartzo coloidal e de um mineral interstratificado regular de 2,7 nm (mica + montmorilonita), em pequenas quantidades.

No cambissolo háptico a fração areia indicou predominância de quartzo seguido de ortoclásio, piroxênio e ilmenita. Foram detectadas pequenas quantidades de caulinita provavelmente como pseudomorfo e hematita e goetita, como recobrimento dos grãos de quartzo. A fração silte apresentou também a predominância de quartzo em comparação com outros minerais. Verificou-se também a ocorrência de ortoclásio, calcita e pequena quantidade de um mineral interstratificado (mica + montmorilonita). Caulinita e goetita também foram detectadas, provavelmente como pseudomorfo e recobrimento dos grãos respectivamente e em quantidades mais significativas do que na fração areia. Foi verificada, argila mediante análise semiquantitativa dos argilominerais, a presença de aproximadamente 90% de caulinita e 10% de ilita. A fração argila também indicou a presença de quartzo coloidal e de um mineral interstratificado regular de 2,7 nm (mica + montmorilonita) em quantidades reduzidas.

O mineral predominante detectado na fração areia do latossolo vermelho amarelo foi o quartzo. A ilmenita e ortoclásio aparecem em pequenas quantidades, além

da caulinita, hematita e goetita que devem estar presentes nas frações areia fina e/ou muito fina, estes últimos, provavelmente como recobrimento das frações granulométricas mencionadas. A predominância do quartzo também foi detectada na fração silte, seguida de diminutas quantidades de ortoclásio, oligoclasita, piroxênio e ilmenita. Também estão presentes a caulinita e a goetita, provavelmente na fração silte fino, como pseudomorfo e recobrimento, respectivamente. Foi detectada, através da análise semiquantitativa dos argilominerais na fração argila, aproximadamente 95% de caulinita e 5% de ilita. Oliveira (1992) verificou ser a fração argila, de alguns Latossolos, constituída de sesquióxidos, argilas silicatadas do tipo 1:1, quartzo e outros minerais silicatados altamente resistentes ao intemperismo.

TEOR DE POTÁSSIO NOS SOLOS

O teor de potássio em cada fração foi calculado a partir dos resultados da análise granulométrica. O potássio está presente nas três frações granulométricas dos solos (Tabela 3).

No neossolo quartzarênico o maior teor de potássio total foi detectado na fração argila (36%), apresentando menores valores de potássio nas frações areia e silte. A argila é a principal fração do solo fonte de potássio para as plantas (Smith & Matheus, 1957; Al-Kanani et al., 1984; Simard et al., 1989).

Por outro lado, alguns trabalhos têm mostrado a importância das frações mais grosseiras como reserva desse nutriente. Prezotti & Defelipo (1987), encontraram teores de potássio em neossolos quartzarênicos de Minas gerais que variaram de 450 a 850 mg kg⁻¹ para o potássio total. A quantidade de potássio não trocável é baixa quando comparada com o teor total de cada fração, concentrando-se principalmente na fração argila do cambissolo. O argissolo vermelho amarelo apresentou uma quantidade maior de potássio total do que o neossolo quartzarênico. A presença mais significativa de ortoclásio, como fonte de potássio, pode justificar esse maior teor. A fração areia apresentou 84,3% de potássio total, a fração silte 4,5% e a fração argila 11,1% (Tabela 3). O potássio não trocável por outro lado apresentou maiores teores de potássio na fração silte. O cambissolo háptico em relação às outras classes de solos estudadas, apresentou maiores teores de potássio total e de potássio não trocável. O K total foi maior na fração areia e o potássio não trocável na fração argila.

A Tabela 4 mostra a razão K não trocável/K total, dados que podem ser usados para interpretar algumas características das fontes de potássio, tais como o tipo de mineral, e o seu grau de intemperismo. Assim o aumento dessa razão na fração areia na seqüência

CAMBISSOLO > NEOSSOLO > LATOSSOLO > ARGISSOLO, resulta de um grau mais avançado de intemperização do ortoclásio nos últimos dois solos.

Na fração argila, a razão K não trocável/K total depende diretamente dos teores de illita e do mineral interestratificado resultante de sua alteração, com maior teor de potássio no cambissolo e pouco potássio no neossolo (Tabela 5).

O latossolo vermelho-amarelo foi o solo que mostrou menores valores de potássio (total e potássio

não trocável), quando comparado aos outros solos pesquisados (Tabela 6). Tal fato pode ser explicado pelo elevado grau de intemperização desse solo. O seu elevado teor de caulinita é uma decorrência do processo de caulinitização do feldspato potássico (ortoclásio), explicando provavelmente um mais baixo teor desse mineral primário nas frações mais grosseiras (areia e silte).

Devido ao elevado grau de intemperização dos latossolos tem-se considerado pouco significativa a

TABELA 4. Principais constituintes mineralógicos dos quatro solos estudados.

Solos	Fração Granulométrica	Minerais
Neossolo Quatzarênico (RQ)	areia	quartzo, ortoclásio, anatásio, ilmenita, gibbsita, caulinita
	silte	quartzo, ortoclásio, anatásio, magnetita, goethita, caulinita
	argila	caulinita, illita, quartzo coloidal
Argissolo Vermelho Amarelo (PVA)	areia	quartzo, ortoclásio, caulinita, hematita, goetita
	silte	quartzo, ortoclásio, ilmenita, goethita, caulinita
	argila	caulinita, illita, quartzo coloidal, mineral interestratificado.
Cambissolo Háptico (CX)	areia	quartzo, ortoclásio, piroxênio, ilmenita, hematita, goethita, caulinita
	silte	quartzo, ortoclásio, calcita, goethita, caulinita, mineral interestratificado
	argila	caulinita, illita, quartzo coloidal, mineral interestratificado
Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)	areia	quartzo, ortoclásio, ilmenita, hematita, goethita, caulinita
	silte	quartzo, ortoclásio, oligoclasita, piroxênio, ilmenita, goethita, caulinita
	argila	caulinita, illita

TABELA 5. Teores de potássio total e de potássio não trocável de acordo com a proporção percentual nas frações areia, silte e argila da camada arável (0-20 cm) dos solos.

Solos	Areia	Silte	Argila	Total
mg kg⁻¹				
Potássio total				
Neossolo	138 (32,0)	137 (31,6)	155 (36,0)	430 (100)
Argissolo	1096 (84,3)	59 (4,5)	145 (11,1)	1300 (100)
Cambissolo	910 (32,3)	305 (46,3)	600 (21,3)	2815 (100)
Latossolo	135 (57,4)	2 (0,8)	98 (41,7)	235 (100)
Potássio não trocável				
Neossolo	16 (13,2)	70 (57,8)	35 (28,9)	121 (100)
Argissolo	20 (8,8)	152 (66,9)	55 (24,2)	227 (100)
Cambissolo	148 (15,4)	175 (18,2)	635 (66,2)	958 (100)
Latossolo	8 (11,4)	27 (38,5)	35 (50,0)	70 (100)

Solos	Areia	Silte	Argila
mg kg ⁻¹			
Potássio total			
Neossolo	174	1779	1174
Argissolo	1289	880	1674
Cambissolo	1300	8877	3870
Latossolo	192	38	390
Potássio não trocável			
Neossolo	20	909	265
Argissolo	23	2268	639
Cambissolo	211	1190	4096
Latossolo	11	519	139
(Razão potássio não trocável / potássio total) x 100			
Neossolo	11,5	51,0	22,6
Argissolo	1,8	257,7	38,2
Cambissolo	16,2	13,4	105,8
Latossolo	5,7	1,4	35,6

TABELA 6. Teores de potássio total e de potássio não trocável e razão potássio não trocável/potássio total nas frações areia, silte e argila da camada arável (0-20 cm) de alguns solos do Estado do Ceará.

ocorrência de minerais fontes de potássio nesses solos (Raij, 1981).

A fonte de potássio total nas frações areia e silte, como deduzida, é o feldspato potássico (ortoclásio). Por outro lado, na fração argila, a ilita é o mineral fonte potencial de potássio total, visto que não foi detectado através dos difratogramas de raios X a presença de ortoclásio nessa fração.

Nos solos mais intemperizados, minerais resistentes que contêm potássio, como mica dioctaedral (muscovita) e vermiculita com hidroxil entrecamadas (VHE) podem resistir ao intemperismo (Malavolta, 1985; Rebertus et al., 1986) e serem responsáveis pelos baixos teores de potássio totais normalmente encontrados nas frações areia e silte.

CONCLUSÕES

Com base na interpretação e discussão dos resultados obtidos, de acordo com os métodos empregados, concluímos que, dos solos estudados, o que apresentou maior teor de potássio não trocável e potássio total foi o cambissolo háplico, sendo que a quantidade de potássio não trocável foi baixa, nos quatro solos, quando comparada com o potássio total.

O aumento de potássio total e potássio não

trocável nos quatro solos seguiu a seguinte ordem: CAMBISSOLO > ARGISSOLO > NEOSSOLO > LATOSSOLO.

Os minerais que constituem fontes potenciais de potássio nos quatro solos estudados foram respectivamente: (a) ortoclásio nas frações areia e silte; (b) ilita e um mineral interestratificado (mica + montmorilonita) na fração argila.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRINDLEY, G.W. Identification of clay minerals by x-ray diffraction analysis. In: NATIONAL CONFERENCE ON CLAYS AND CLAY TECHNOLOGY, 1th, 1995, San Francisco, USA. **Proceedings...** San Francisco, Department of Natural Resources, 1995, p. 119-129.
- CRISÓSTOMO, L.A. **Avaliação da fertilidade em dez unidades de solos cultivados com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte.** Fortaleza, 1991. 200 p. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal do Ceará.
- DINIZ, S.F. **Fontes de potássio não trocável e potássio total em solos do Estado do Ceará.** Fortaleza, 2001, 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Ceará.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** Rio de Janeiro, revisão atual, (Documento 1), 2a. ed., 212 p., 1997.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, Serviço de Produção de Informação - SPI, 412 p., 1999.
- HESSE, P.R. **A Textbook of soil chemical analysis.** London, John Muray (Publishers) Ltda., 520 p., 1971.
- JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis. Advanced course.** Madison: University of Wisconsin, 2. ed., 895 p., 1969.
- JOHNS, W.D.; GRIM, R.E.; BRADLEY, W.F. Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods. **Journal of Sedimentary Petrology**, n. 24, p. 242-251, 1954.
- MALAVOLTA, E. Potassium status of tropical and sub tropical region soils. In: MUNSON, R.D. (ed.) **Potassium in agriculture.** Madison, Soil Science Society of America, p. 163-200, 1985.
- MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. Removal of free iron from soils of clay by sodium dithionite-citrate-bicarbonate method. In: JACKSON, M.L., **Soil chemical analysis. Advanced course.** Madison: University of Wisconsin, 2nd. ed., 895 p., 1969.
- MENGEL, K. & RAHMATULLAH, R. Exploitation of potassium by various crop species from primary minerals in soils rich in micas. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 17, p. 75-79, 1994.

12. NACHTIGAL, G.R.; & VAHL, L.C. Formas de potássio em solos da região sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 7-12, 1989.
13. OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes Gerais de Solos do Brasil: Guia Auxiliar para seu Reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 201 p., 1992.
14. PRATT, P.F. Potassium. In: BLACK, C.A, **Methods of soil analysis**. Madison, 2 ed., Part. 3, American Society of Agronomy. (Agronomy Series, 9), p. 1022-1032, 1973.
15. RAIJ, B.V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato – Instituto Internacional da Potassa, 343 p., 1981.
16. REBERTUS, R.A.; WEED, S.B.; BUOL, S.W. Transformations of biotite to kaolinite during saprolite-soil weathering. **Soil Science Society of America Journal**, n. 50, p. 810-819, 1986.
17. REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: USP/ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia, 2. ed., 505 p., 1996.
18. RITCHEY, K.D. **O Potássio nos Oxissolos e Utissolos dos Trópicos Úmidos**. Boletim Técnico 7, Instituto Potassa & Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (Suíça). Piracicaba, 69 p., 1982.
19. SPARKS, D.L. Chemistry of soil potassium in Atlantic coastal plain soils: a review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 11, p. 435-449, 1980.
20. TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers**. New York, Macmillan Publishing, 694 p., 1993.

*Manuscrito Recebido em: 5 de novembro de 2007
Revisado e Aceito em: 18 de fevereiro de 2008*