



Utilização de índices pedogeoquímicos na avaliação da alteração intempérica em solos de referência do estado de Pernambuco

S.M.B. Bittar, J.G. Costa Lima, S. de B. Barreto & M.R. Ribeiro

UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n., Dois Irmãos, Recife- PE, CEP. 52.171-900, schulze@ufrpe.br, jjuliopopu@hotmail.com, bsandra@ufpe.br, mrosas@ufrpe.br

Abstract This work studies the performance of the pedogeochemical indices Ki, Kr, WPI and PI used to evaluate the stage of chemical weathering and pedogenetical development in soils. Six profiles of benchmark soils of Pernambuco state were selected in different climatic zones. In the “Litoral e Mata” Zone, humid tropical climate, two soil profiles were collected: Red-Yellow Argisol – Profile-4, developed on biotite gneiss, and Argiluvic Chernosol – Profile-5, developed on garnet-biotite migmatite gneiss. In the “Agreste” Zone, transition between the humid and the semi-arid zones, were studied: Red Argisol – Profile-16 and Lithic Neosol – Profile-35, both developed on biotite-hornblende granites. In the semi-arid “Sertão” Zone a Chromic Luvisol – Profile-29, developed on garnet-sillimanite-muscovite gneiss, and a Lithic Neosol – Profile-34, developed on garnet-biotite-muscovite schist. The weathering indices showed that the studied soils are rated as follows according to the weathering intensity: Profile-4 > Profile-5 > Profile-29 > Profile-16 > Profile-35 > Profile-34. This weathering rating can be partially explained by the climatic parameters since the highly weathered soils were developed in the tropical humid climate (profiles 4, 5 and 16) followed by the soils of the semi-arid environment (profiles 29, 35 and 34). The placement of Profile-29 as more weathered than Profile-16 is probably associated with the nature of the parent material. The use of the pedogeochemical indices Ki, Kr, WPI and PI to determine chemical weathering and pedogenetical development in soils, should be carefully evaluated, since chemical and mineralogical composition are dependent on the nature of the parent material.

Palavras-chave: perfil de alteração, intemperismo, índices pedogeoquímicos, solos de referência.

INTRODUÇÃO O grupo de pesquisa em "Gênese, Morfologia e Classificação de Solos - GMCS" do Centro de Pesquisa de Solos, Departamento de Agronomia / UFRPE, vem desenvolvendo desde 1995 o projeto "Solos de Referência do Estado de Pernambuco" (Ribeiro *et al.* 1999), que visa caracterizar por meio de análises físicas, químicas, mineralógicas e morfológicas, os solos de maior expressão geográfica e/ou importância agrícola do estado, criando um banco de dados que, juntamente com a coleção de perfis preservados (macromonólitos) dos solos de referência do estado, serve de base para a transferência de agro-tecnologias e o desenvolvimento de pesquisas.

Nesse contexto, o presente trabalho tece considerações sobre os principais índices de alteração intempérica (Ki, Kr, IPA e IPR) de seis perfis de alteração de solos de referência do estado de Pernambuco, selecionados com base nos critérios de localização em diferentes zonas climáticas, material de origem e relevo.

Os índices pedogeoquímicos Ki, Kr, IPA e IPR têm sido utilizados para avaliar o intemperismo químico e desenvolvimento pedogenético em perfis de alteração (Embrapa 1997, Oliveira & Jiménez-Rueda 1996, 2002, Ohara *et al.* 2003).

O índice Ki relaciona a mobilidade do silício com a do alumínio, enquanto o Kr relaciona a mobilidade

do silício com a soma do alumínio, ferro e titânio, tidos como pouco móveis dentre os elementos maiores. Os valores de Ki e Kr tendem a diminuir com o aumento do intemperismo químico, ou seja, quanto menores os valores de Ki e Kr, maior alteração intempérica e a evolução do solo (Loughnan 1969).

O índice IPA (índice potencial de alteração), expresso em porcentagem, relaciona os metais alcalinos e alcalinos terrosos com a soma de quase todos os elementos maiores. O índice IPR (índice de produto), também expresso em porcentagem, relaciona o silício com a soma desse com o alumínio, ferro e titânio, ou seja, com elementos pouco móveis. Assim, quanto menor os valores IPA e de IPR mais avançado é o estágio de alteração intempérica, sendo que o IPA diminui mais rapidamente com o avanço da alteração intempérica do que o IPR.

MATERIAL E MÉTODOS Os solos selecionados para o presente trabalho foram descritos e classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 1999) e coletados segundo as recomendações propostas por Lemos & Santos (1996). Foram analisados, nas Zonas do Litoral e Mata, região de clima tropical úmido, os solos: o ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico A moderado textura média/muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo forte ondulado -



Perfil 4, e o CHERNOSSOLO ARGILÚVICO Órtico típico textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifólia relevo ondulado - Perfil 5. Na Zona Fisiográfica do Agreste, região de transição entre o clima tropical úmido da zona da mata e o clima semi-árido do sertão pernambucano, foram estudados o ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico câmbico A moderado textura média com cascalhos/argilosa cascalhenta fase floresta tropical caducifólia relevo forte ondulado - Perfil 16, e o NEOSSOLO LITÓLICO Ta Eutrófico típico A fraco textura média fase caatinga hiperxerófila relevo ondulado - Perfil 35. No Sertão, onde prevalece o clima semi-árido, foram analisados o LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico A moderado textura média cascalhenta/argilosa fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado - Perfil 29, e o NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico A moderado textura média fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado substrato xisto - Perfil 34 (Tabela 1).

As amostras dos solos (TFSA) e dos materiais de origem foram analisadas por fluorescência de raios-X no Laboratório de Fluorescência de Raios-X do

Instituto de Geociências da USP de acordo com o método pastilha fundida (FGD) proposto por Mori *et al* (1999).

Perfil	Classificação	Material de Origem	Local
P-4	Argissolo	Biotita gnaiss	Mata
P-5	Chernossolo	Granada biotita gnaiss migmatizado	Mata
P-16	Argissolo	Biotita hornblenda granito	Agreste
P-35	Neossolo	Biotita hornblenda granito	Agreste
P-29	Luvissolo	Granada sillimanita moscovita gnaiss	Sertão
P-34	Neossolo	Granada biotita moscovita xisto	Sertão

Tabela 1. Perfis dos solos estudados com a classificação, localização e material de origem

RESULTADOS E DISCUSSÃO Utilizando os dados de análise química total de elementos maiores dos solos e seus materiais de origem foram calculados os índices Ki, Kr, IPA e IPR (Tabela 2).

P-4	Profund.	Ki	Kr	IPA	IPR	P-16	Profund.	Ki	Kr	IPA	IPR
A	0-13	7,93	6,83	-22,92	87,23	Ap	0-16	10,32	8,49	-10,07	89,46
AB	13-24	7,83	6,71	-19,93	87,02	BA	16-35	9,63	7,74	-11,55	88,56
BA	24-46	5,85	5,03	-25,39	83,40	Bt1	35-68	7,81	6,30	-16,03	86,30
Bt1	46-88	3,79	3,29	-38,22	76,68	Bt2	68-92	6,59	5,33	-18,45	84,20
Bt2	88-113	3,68	3,25	-35,50	76,46	BC	92-130	6,79	5,53	-18,16	84,69
BC	113-150	4,50	4,03	-29,03	80,11	C	130-165	6,63	5,51	-12,38	84,64
C/B	150-202	4,93	4,46	-26,41	81,69	C/Cr	165-204	8,49	7,17	-5,80	87,76
C	202+	4,63	4,20	-24,47	80,78	Rocha		8,92	7,37	9,15	88,05
Rocha		7,47	6,31	3,33	86,32						
P-5	Profund.	Ki	Kr	IPA	IPR	P-35	Profund.	Ki	Kr	IPA	IPR
Ap	0-30	9,28	7,10	-18,35	87,66	A1	0-8	8,36	6,74	-3,15	87,08
A2	30-57	7,24	5,42	-19,60	84,42	A2	8-16	8,06	6,65	4,34	86,93
Bt	57-80	4,50	3,31	-29,29	76,78	Cr	16-30	8,25	6,96	3,67	87,44
C	80-140	5,39	3,71	-2,72	78,76	Rocha		7,66	5,97	13,75	85,65
Cr	140-160+	5,97	4,04	5,34	80,16						
Rocha		7,41	5,78	7,84	85,25						
P-29	Profund.	Ki	Kr	IPA	IPR	$PSi=SiO_2/60$ $PFe=Fe_2O_3/160$ $PCa=CaO/56$ $PK_2=K_2O/94$ $PH_2=H_2O/18$ $PAI=Al_2O_3/102$ $PTi=TiO_2/80$ $PMg=MgO/40$ $PNa=Na_2O/62$ $Ki = PSi/PAI$ $Kr = PSi / (PTi+PFe+PAI)$ $IPA = (PCa+PMg+PK_2+PNa-PH_2) / (PCa+PMg+PK_2+PNa+PSi+PTi+PAI+PFe) * 100$ $IPR = PSi / (PSi+PTi+PAL+PFe) * 100$					
A	0-23	12,76	9,34	-13,18	90,32						
2Bt	23-46	5,79	4,17	-24,78	80,64						
2BC	46-60	5,85	4,17	-21,53	80,67						
2Cr	60-130	7,69	5,45	-9,38	84,50						
Rocha		8,46	8,09	-1,25	89,00						
P-34	Profund.	Ki	Kr	IPA	IPR						
A1	0-8	10,04	7,12	-16,55	87,69						
AC	8-23	9,77	6,97	-12,27	87,45						
Cr	23-39	8,10	5,87	-13,92	85,44						
Rocha		6,43	4,72	-2,77	82,51						

Tabela 2. Valores dos índices pedogeométricos dos perfis de solos estudados

Nos solos estudados que apresentam horizonte Bt, Perfil 4, Perfil 5, Perfil 16 e Perfil 29, os menores valores de Ki e Kr são encontrados nesse horizonte. Esses valores mais baixos ocorrem devido ao aumento da porcentagem da fração argila (acúmulo de argila) constituída, predominantemente, por argilominerais,

que são filossilicatos de alumínio hidratados. Nesses solos maiores valores de Ki e Kr são observados nos horizontes mais superficiais (horizonte A) e, possivelmente, refletem a maior quantidade de quartzo (SiO₂) que ocorre na fração areia desses horizontes sempre em porcentagens superiores a 95%

(Cunha *et al.* 2004, Costa Lima 2005, Bittar *et al.* 2005).

No Perfil 34 e no Perfil 35 os comportamentos dos índices Ki e Kr são incompatíveis com a sequência normal de intemperismo (Krauskopf 1972, Oliveira & Jiménez-Rueda 2002), na qual menores valores de Ki e Kr indicam maior alteração intempérica. Esse comportamento anômalo deve estar associado ao incipiente processo de intemperismo e conseqüente grande quantidade de minerais primários alteráveis (Costa Lima 2005).

Em função dos valores obtidos para os índices Ki e Kr dos solos estudados no presente trabalho, pode-se organizar a seguinte sequência, do solo mais intemperizado para o solo menos intemperizado: Perfil 4 > Perfil 5 > Perfil 29 > Perfil 16 > Perfil 35 > Perfil 34.

Na Fig. 1 estão representados os dados de IPA x IPR dos perfis de alteração estudados. Para os solos com horizontes Bt, observa-se que as variações de IPR e IPA do material de origem a esse horizonte indicam a mesma sequência de evolução intempérica (Perfil 4 > Perfil 5 > Perfil 29 > Perfil 16).

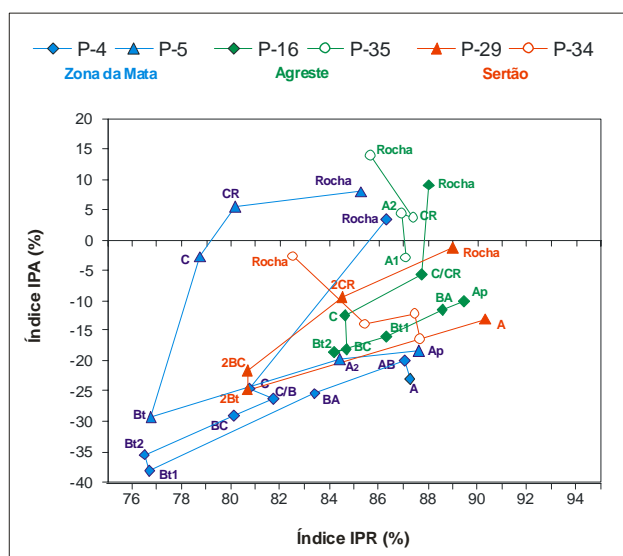


Figura 1. Gráfico dos índices pedogeoquímicos IPR x IPA dos perfis estudados

Os Perfil 35 e Perfil 34 mostram variações das porcentagens de IPR e IPA pouco significativas, condizentes com a classificação desses como NEOSSOLO LITÓLICO (solos pouco evoluídos).

O Perfil 4 e o Perfil 5 estão localizados na zona da mata de Pernambuco, onde predomina o clima tropical úmido, que por si só já contribui para a maior evolução desses solos.

O Perfil 16 está localizado no agreste pernambucano, porém sob vegetação de fase floresta tropical, o que indica o predomínio de clima relativamente úmido, enquanto que o Perfil 35 está localizado em região de clima semi-árido (caatinga hiperxerófila), o que explica a discrepância entre esses na ordem de evolução intempérica proposta por meio dos índices pedogeoquímicos.

O Perfil 29 e o Perfil 35, apesar de estarem localizados sob mesmas condições climáticas (clima semi-árido), mostram evoluções distintas, o que, pelo menos em parte, deve estar associada à composição química e mineralógica e/ou a estrutura e/ou textura do material de origem desses solos, respectivamente, granada sillimanita moscovita gnaiss e biotita hornblenda granito.

Na sequência de evolução intempérica apresentada com base nos índices pedogeoquímicos, observa-se que o Perfil 16, ARGISSOLO, desenvolvido sob clima úmido, constituído por mais horizontes diferenciados e com maior profundidade, encontra-se posicionado como o solo menos maturo do que o Perfil 29, LUVISSOLO, desenvolvido sob clima semi-árido, com menos horizontes e menor profundidade. Essa inversão na sequência intempérica pode estar refletindo a distinta composição química decorrente da mineralogia do material de origem e/ou a presença de camadas (bandamento) no material de origem do Perfil 29.

CONCLUSÕES Os índices pedogeoquímicos Ki, Kr, IPA e IPR apontam para a seguinte ordem de intemperização para os solos estudados: Perfil 4 (ARGISSOLO) > Perfil 5 (CHERNOSSOLO) > Perfil 29 (LUVISSOLO) > Perfil 16 (ARGISSOLO câmbico) > Perfil 35 (NEOSSOLO) > Perfil 34 (NEOSSOLO).

O clima é um fator preponderante nos processos de intemperismo e pedogênese, como podemos observar pela ordenação proposta, onde os mais intemperizados são os solos que se desenvolveram sob condições de clima tropical úmido (perfis 4, 5 e 16), os quais são seguidos pelos de clima semi-árido (perfis 29, 35 e 34). O posicionamento do Perfil 29 como um perfil mais intemperizado do que o Perfil 16, possivelmente, está associado às diferenças composicionais e estruturais dos materiais de origem desses solos.

A utilização dos índices pedogeoquímicos Ki, Kr, IPA e IPR para a avaliação do intemperismo químico e desenvolvimento pedogenético em perfis de alteração, deve ser feita com cautela, uma vez que a composição química e mineralógica do solo depende fundamentalmente do material de origem do mesmo.



Referências

- BITTAR S.M.B., BARRETO S. de B., COSTA LIMA J.G. da & RIBEIRO M.R.. 2003. *Caracterização mineralógica da fração areia de um luvisolo do sertão de Pernambuco e sua relação com a rocha matriz*. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Recife, Pernambuco, *Anais*: CD-ROM.
- COSTA LIMA J.G.da. 2005. *Evolução mineralógica de solos de referência de Pernambuco em diferentes regiões fisiográficas*. Dissertação de Mestrado, Centro de Pesquisa em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 150p.
- CUNHA K.P.V. da, BITTAR S.M.B., JACOMINE P.K.T., COSTA LIMA J.G.da C. & SILVA JUNIOR R.V.da. 2004. *Caracterização Mineralógica das Frações Cascalho e Areia de Dois Solos do Agreste Pernambucano*. In: SBG, XLII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Araxá. Belo Horizonte. *Anais*: CD-ROM.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 1999. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: EMBRAPA/SPI, 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 1997. *Manual de métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 212p.
- KRAUSKOPF, K. B. *Introdução à geoquímica*. São Paulo: Polígono, 1972.
- LEMOES R.C. & SANTOS R.D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 3ª ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.
- LOUGHNAN F.C. *Chemical weathering of the silicate minerals*. New York: Elsevier, 1969. 154p.
- MASON B. 1971. *Princípios da geoquímica*. São Paulo: Polígono e Ed da USP, 403p.
- MOORE D.M. & REYNOLDS R. C. *X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals*. Oxford: Oxford University Press, 1989. 332p.
- OHARA T., JIMÉNEZ-RUEDA J.R. & MATTOS J.T. de. 2003. *Características espectrais e geoquímicas de perfil de alteração intemperizada em granitóides da Região Leste do Estado de São Paulo*, Brasil. Belo Horizonte: IMPE, *Anais XI Simp. Brasil. de Sensoriamento Remoto*, p.903-911.
- OLIVEIRA V.A. de & JIMENEZ-RUEDA J.R.. 1996. Avaliação comparativa do grau de intemperismo de latossolos de três compartimentos distintos do Planalto Central Goiano. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, 58(¼):111-120, jan./dez.
- OLIVEIRA V.A. de & JIMENEZ-RUEDA J.R.. 2002. Relação solo/material litológico subjacente em latossolos de dois compartimentos do Planalto Central Goiano. São Paulo, UNESP, *Geociências*, 21(½):85-96.
- RIBEIRO M.R. (Coord.). 1999. *Caracterização de solos de referência do Estado de Pernambuco*. Recife: UFRPE, 104p. (Relatório)
- WHITTIG & ALLARDICE L.D. 1976. *X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition*. In: Black, C. A. *Methods of soil analysis*, Part 1. 4ª ed. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc., p.671-698.