

Influência dos aspectos mineralógicos na distribuição de Ni e Fe dos solos esmectíticos de Niquelândia - Goiás

Eliana Satiko Mano⁽²⁾; Laurent Caner⁽³⁾; Arthur Pinto Chaves⁽⁴⁾; André Sampaio Mexias⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

⁽²⁾ Bolsista FAPESP e aluna de doutorado do Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo da Escola Politécnica, USP; São Paulo, S.P.; elimano@usp.br; ⁽³⁾ Professor da Université de Poitiers, IC2MP-HydrASA UMR 7285 – France, laurent.caner@univ-poitiers.fr; ⁽⁴⁾ Professor Titular da Escola Politécnica, Dep. Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica, USP, apchaves@usp.br; ⁽⁵⁾ Professor doutor do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, andre.mexias@ufrgs.br.

RESUMO: A distribuição dos elementos químicos nos solos ou ao longo dos perfis de alteração é resultado de heranças geológicas e de processos intempéricos, aos quais as rochas originais são submetidas. A partir de análises químicas por plasma e espectrometria de emissão atômica (ICP/AES) verificou-se a distribuição dos elementos ferro e níquel em perfis lateríticos de Niquelândia, Goiás. As observações de feições de campo, como presença de veios, estruturas tectônicas, grau de intemperismo e morfologia, juntamente com a mineralogia das amostras, auxiliaram nas interpretações da distribuição dos elementos ao longo do perfil de alteração.

O ferro por ser um elemento de menor mobilidade, se distribui no topo dos perfis lateríticos, na forma de óxidos e hidróxidos de ferro. O níquel remobilizado dos dunitos e peridotitos, por aporte lateral, se associa aos argilominerais, especialmente às esmectitas, resultantes dos processos intempéricos em piroxenitos. O níquel se distribui por todo o perfil, mas se concentra principalmente na base, junto às rochas parcialmente alteradas.

Termos de indexação: difração de raios-X, perfil laterítico e argilominerais.

INTRODUÇÃO

A composição dos solos não reflete somente a mineralogia, mas também aspectos estruturais, morfológicos e climáticos da região estudada.

Um bom exemplo são os solos predominantemente esmectíticos de Niquelândia – Goiás, Brasil, decorrentes dum processo de laterização.

A rocha fonte destes solos trata-se, em termos geológicos, de um complexo máfico/ultramáfico, composto essencialmente por peridotitos e piroxenitos, por vezes intercalados com gabros. Com relação à composição mineralógica, estas rochas são constituídas predominantemente por

olivinas, clino e ortopiroxênios, ou seja, basicamente silicatos de magnésio, ferro e cálcio, além de óxidos de ferro, como acessórios.

De acordo com Oliveira (1990), o conteúdo em níquel varia de 3.000-4.000 ppm para olivinas, 500-1.000 ppm para ortopiroxênios, 150-600 ppm para clinopiroxênios e 2.500-3.500 ppm para serpentinas (na rocha mãe).

Processos intempéricos elevam o teor inicial de 3.000-4.000 ppm à cerca de até 23% de níquel, localmente.

Aportes laterais e estruturas em trapas são também responsáveis pela distribuição de níquel e ferro nos solos lateríticos.

O objetivo deste trabalho é o entendimento de como os aspectos geológicos (mineralogia, geomorfologia e geologia estrutural) podem influenciar na distribuição e concentração de elementos como ferro e níquel nos solos esmectíticos da região de Niquelândia, Goiás.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

A cidade de Niquelândia está localizada na região central do estado de Goiás, Brasil, a cerca de 330 km da capital Goiânia e 300 km de Brasília.

Cerca de dez (10) amostras foram coletadas ao longo de todo o depósito de Niquelândia (**Figura 1**), representando os vários horizontes lateríticos. As amostras foram classificadas como silicatadas e oxidadas.

O critério de amostragem considerou áreas que pudessem fornecer uma visão geral, tanto do horizonte silicatado quanto do oxidado, além do gabro.

As amostras tal qual foram agrupadas a partir da semelhança dos difratogramas de raios-X, baseada na metodologia chamada de *Cluster Analysis*, estas análises auxiliaram a denificar a tipologia das

amostras.

Por *cluster analysis*, as amostras foram classificadas em cinco grupos: oxidados e gabros; esmectitas; rochas; mica e outros, conforme **figuras 2 e 3**.

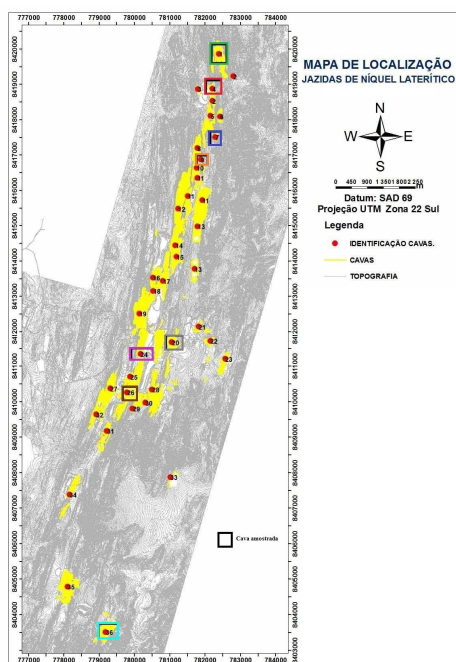


Figura 1 – Mapa de localização das áreas amostradas.

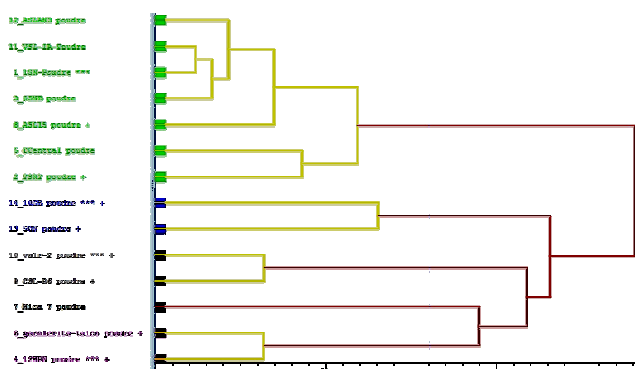


Figura 2 – Dendrograma de agrupamento das amostras por difratometria de raios-X.

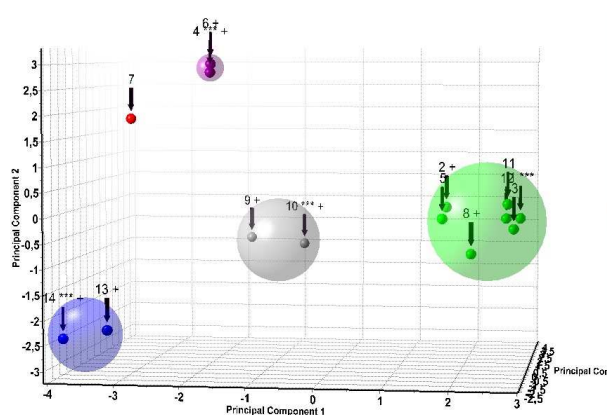


Figura 3 – Diagrama PCA (análise dos principais componentes) de agrupamento das amostras por difratometria de raios-X.

Também foram realizadas análises químicas por ICP/AES, a fim de verificar a distribuição dos elementos ao longo do perfil de alteração.

Análise química

As análises químicas foram obtidas por ICP-AES. Os resultados das análises assim como a identificação das amostras estudadas são sumarizados na **tabela 1**. As análises químicas são coerentes com a mineralogia determinada através da difratometria de raios-X. Em amostras onde os teores de Fe_2O_3 são da ordem de 60-70% (oxidados e gabros), predominam minerais como goethita, cromita/magnetita e hematita, com teores baixos de silício e alumínio, que devem se relacionar com a presença minoritária de caulinita (localmente). As amostras silicatadas, por sua vez, apresentam maiores teores de silício e magnésio. Por outro lado, a somatória da porcentagem dos óxidos em conjunto com a perda ao fogo, não totaliza 100%, isto se deve ao fato de que alguns elementos, como o cálcio e cromo não foram dosados e provavelmente estas amostras apresentam piroxênios cálcicos, por esta razão as perdas são significativas. Com relação à perda ao fogo, as amostras relativas aos óxidos e aquelas com teor mais elevado em argilominerais, apresentam valores mais significativos, sugerindo maior presença de água ou hidroxila, tanto nos argilominerais quanto na goethita.

O gráfico da **figura 4** mostra a variação da razão dos elementos em função de sua posição no perfil laterítico. Adotou-se o ferro como elemento de referência pela sua abundância e por ser o menos móvel (Oliveira e Trescases, 1985). Foram calculadas as razões Si/Fe, Al/Fe, Mg/Fe, Ni/Fe e Ni/Mg Os valores foram plotados na **figura 4**, onde

verificou-se que as maiores razões de Si/Fe se concentram nas amostras silicatadas ou seja, na base do perfil laterítico, isto também se manifesta nas razões Mg/Fe e reflete a perda gradual de Si e Mg do topo para a base do perfil. Em contrapartida, as razões Al/Fe se mantêm relativamente constantes em todo o perfil, até o horizonte alterado, apresentando um ligeiro acréscimo no horizonte silicatado, associado à presença de argilominerais. Com relação à razão Ni/Fe, nota-se um aumento significativo em direção à base do perfil laterítico, no entanto, nas rochas referentes aos gabros estas razões decrescem, provavelmente em razão da mineralogia, que não é propícia à retenção de níquel. O comportamento dos elementos é condizente com a formação dos perfis lateríticos.

Tabela 1 – Resultados de análises químicas por ICP-AES (% massa).

Amostras	NiO	Fe ₂ O ₃	CoO	CuO	MnO	Al ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	P. Fogo	Total
AO-ANi2	0,86	67,5	0,02	0,09	0,38	6,13	1,10	5,78	10,8	92,6
AG-ANi1	0,11	61,6	0,01	0,07	0,75	9,05	0,42	18,2	7,34	97,6
AKI5	0,24	0,62	0,01	0,07	0,01	27,8	0,35	54,3	11,5	94,9
AM 07 - ASBL -4	2,09	15,6	0,07	0,21	0,35	7,79	6,33	49,7	ND	82,2
AS-BNi2	2,11	17,7	0,08	0,24	0,52	3,95	4,87	51,0	8,45	88,9
AM 09 - ASL AN -3	7,75	13,4	0,02	0,23	0,30	5,07	12,4	40,1	5,53	84,8
AM 06 - VSL -1A	9,43	14,3	0,05	0,21	0,30	8,52	7,55	44,1	7,91	92,3
AS-NIN1	12,1	12,7	0,17	0,51	0,32	4,65	5,05	48,0	8,04	91,6
AS-ANI3	23,4	5,23	0,45	0,80	0,12	2,45	7,44	39,9	6,82	86,6
AM 01 - CSR -R6	1,86	10,8	0,01	0,03	0,22	3,93	17,0	43,3	6,28	83,4

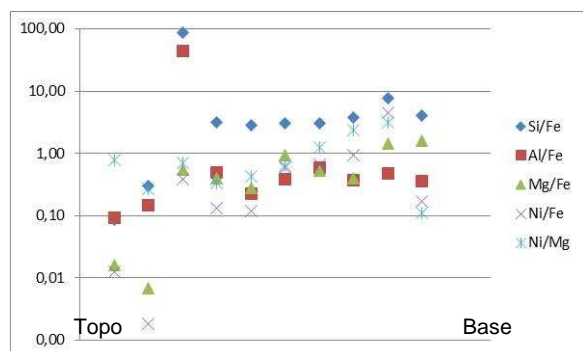


Figura 4 – Gráfico de dispersão dos principais elementos ao longo do perfil, baseado na relação íons/Fe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises químicas são coerentes com as observações de campo.

Os horizontes oxidados, ou seja, compostos de óxidos/hidróxidos de ferro, que se localizam no topo dos perfis de alteração apresentam maiores conteúdos em ferro (acima de 60% Fe₂O₃).

As amostras silicatadas, compostas por argilominerais, apresentam maiores conteúdos em níquel, alumínio, sílica e magnésio, estes teores se intensificam em direção à base do perfil, em direção às rochas parcialmente alteradas.

As amostras silicatadas são compostas predominantemente por esmectitas de ferro e níquel, os conteúdos de ferro e níquel se alternam de acordo com a mineralogia das rochas encaixantes, isto é, se o corpo silicatado está em contato com gabros, os conteúdos em ferro são maiores com relação ao níquel e se o corpo silicatado está encaixado entre peridotitos ou piroxenitos alterados, os teores de níquel se sobressaem. Ainda, estes teores podem ser controlados pela incidência de veios de quartzo remobilizados (crisoprásio), estes veios impedem aportes laterais de níquel, diminuindo os teores associados, como no caso da amostra AS-BNi2 (**Figura 5**).

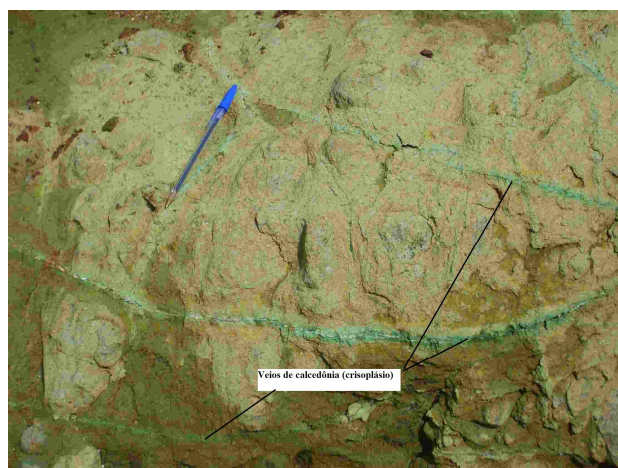


Figura 5 – Amostra silicatada com veios de crisoprásio, amostra AS-BNi2.

CONCLUSÕES

A distribuição dos elementos níquel e ferro nos perfis lateríticos de Niquelândia resultam da conjugação de fatores geológicos, climáticos e geomorfológicos da região.

A composição química dos solos é decorrente da mineralogia original, composta predominantemente por silicatos de ferro e magnésio (olivinas, clino e ortopiroxênios, óxidos de ferro entre outros). A geomorfologia da região também contribuiu para a concentração de níquel nestes perfis. Observam-se colinas tabulares e montanhas onde, frequentemente os topos de colinas e platôs são compostos por uma camada de silcrete, que protegem os dunitos do intemperismo (fonte constante de níquel). Planícies, vales ou encostas são normalmente formados por piroxenito, nestes locais, materiais detríticos ferruginosos são depositados (**Figura 6**).

Períodos secos bem definidos, intercalados com períodos de maior pluviosidade em clima tropical,

favorece a formação de um perfil de alteração com um horizonte saprolítico silicatado e um horizonte de saprolito oxidado subordinado. Condições climáticas agressivas, como as observadas na região Amazônica, favorecem o desenvolvimento de grandes horizontes oxidados (Nascimento, 1992).

Deste modo, têm-se as condições favoráveis para a concentração e remobilização de níquel, a partir de dunitos (fonte) em direção, por aporte lateral, aos piroxenitos alterados (esmectitas). O ferro, como é menos móvel se concentra nos horizontes oxidados, na forma de óxidos e hidróxidos de ferro. Ainda, piroxenitos cortados por veios de quartzo, apresentam baixas concentrações de níquel, pois as remobilizações são dificultadas por estes veios. Isto explica corpos silicatados, aparentemente idênticos, lado a lado, mas com teores diferentes de níquel.

Com isto, a avaliação da distribuição dos elementos nos perfis de alteração devem considerar todos estes fatores em conjunto.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à FAPESP pelo apoio através do Processo 10/50849-4, referente à bolsa de doutorado e também à CAPES através do Projeto CAPES/COFECUB (processo BEX 9075/12-7). Também somos, imensamente gratos à Votorantim Metais Níquel pelo apoio e suporte com as amostragens.

REFERÊNCIAS

- NASCIMENTO, M.A.S. do. Geomorfologia do Estado de Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*. 12 (1): jan/dez 1992, 1-22p.
- OLIVEIRA, S.M.B. de; TRESCASES, J.J.. O depósito de níquel de Jacupiranga (SP): evolução mineralógica e geoquímica. *Revista Brasileira de Geociências*. 15 (3): setembro 1985, 249-254 p..
- OLIVEIRA, S. M. B. de. *Os depósitos de Níquel Lateríticos do Brasil*. Tese (Livre docência). Universidade de São Paulo - Instituto de Geociências. São Paulo, 1990.
- TRESCASES, J.J. et al.. Nickeliferous Laterites of Brazil. In: *Lateritisation Processes – International Seminar on Lateritisation Processes*. Anais. 1981. 170-183 p.

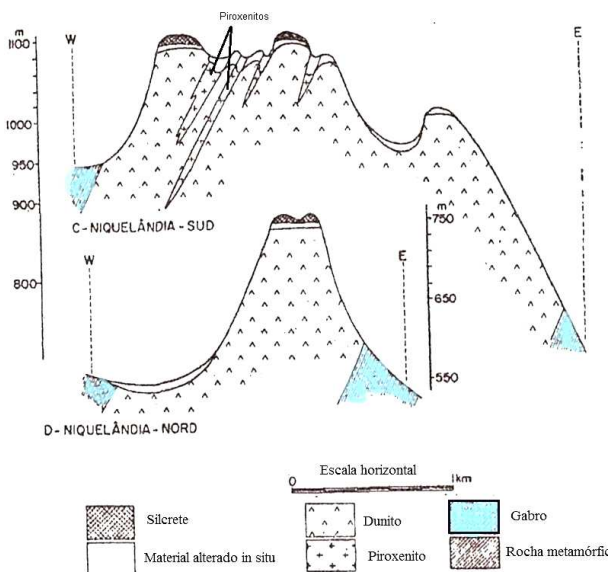


Figura 6 – Perfil esquemático da área estudada em Niquelândia, adaptado de Trescases et al. (1981).