



EXTRAÇÃO QUÍMICA SELETIVA SEQÜENCIAL NO ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DO COBALTO, CRÔMIO, ZINCO E NÍQUEL EM AMOSTRAS DA JAZIDA DE PUNTA GORDA – CUBA

E.F. da Silva¹, S.M.B. de Oliveira², C. Patinha¹, E.C. Fonseca¹

¹Departamento de Geociências – Universidade de Aveiro, 3800, Aveiro, Portugal

²Instituto de Geociências – USP, Rua do Lago, 562, CEP 05508-900, São Paulo, SP

Recebido em 04/00; aprovado para publicação em 06/01

ABSTRACT

This paper aims the application of selective extraction technique on Co, Cr, Ni and Zn bearing-phases identification in samples collected in the Punta Gorda Nickel Deposit (Cuba). In order to identify the metal-bearing phases, samples were submitted to sequential extractions using the following reagents: NH₄ acetate, hydroxylamine hydrochloride, oxalate in darkness, H₂O₂, oxalate under UV radiation and finally mixed acids (HCl, HNO₃, HF). The study of Al repartition allows to distinguish two groups of samples: in the first one (Profile 31), Al is bound to goethite (Profile 31), and in the second one, Al is present as gibbsite (Profile 96). Goethite is the most important Ni-, Cr, Co-, and Zn-bearing phase in the P-96 samples. Mn oxides, Fe-amorphous phases and iron oxides (goethite) are the most important Ni-, Co-, Cr-, and Zn-bearing phases in the P-31 samples.

RESUMO

Pretende-se neste trabalho estudar a repartição do Al e caracterizar os suportes mineralógicos do Co, Cr, Ni e Zn em amostras colhidas em dois perfis de alteração da jazida de Ni laterítico de Punta Gorda (Cuba). Para identificar as fases – suporte dos metais e estudar a repartição do Al nas amostras, utilizou-se a Extração Química Seletiva Seqüencial (EQSS). A seqüência de extração, utilizada neste estudo, empregou os seguintes reagentes: acetato de amônio, cloridrato de hidroxilamina, Tamm no escuro, peróxido de hidrogênio 35%, Tamm sob radiação UV e mistura de ácidos (HCl, HNO₃, HF). O estudo da repartição do Al conduziu à separação das amostras em dois grupos: o primeiro (Perfil 31), no qual o Al está essencialmente ligado à goethita (Al na rede cristalina da goethita), e o segundo (Perfil 96), onde o Al aparece sob a forma de gibbsite. A goethita é a principal fase suporte dos elementos Ni, Cr, Co e Zn nas amostras do perfil 96. No perfil 31, os óxidos de Mn, os amorfos de ferro e o ferro cristalino (goethita) comportam-se como fases de suporte do Ni, Cr, Co e Zn.

INTRODUÇÃO

Durante o processo de alteração intempérica, os minerais primários são atacados pelas soluções percolantes, liberando seus elementos constituintes. A partir deste momento, a mobilidade dos elementos é determinada pela estabilidade química das espécies dissolvidas, que vai controlar a precipitação das fases secundárias.

Os elementos traço, uma vez liberados das suas fases primárias portadoras, vão associar-se, nos produtos de alteração, a minerais secundários neoformados ou transformados, seja integrando seus retículos cristalinos, seja sob a forma adsorvida às argilas, aos óxidos de ferro e manganês e à matéria orgânica. Na vizinhança de depósitos minerais, uma proporção importante desses elementos pode, também, estar presente na forma de seus próprios minerais, como consequência de fenômenos de precipitação a partir de soluções.

A extração seletiva seqüencial é utilizada para estudar a repartição dos metais nas diferentes fases do material amostrado (Rose & Shur, 1971; Gatehouse *et al.*, 1977; Hoffman & Fletcher, 1979; Cardoso Fonseca, 1982). Em prospecção geoquímica em regiões de clima temperado e mediterrâneo, a utilização da extração parcial foi aplicada com sucesso na melhoria das imagens anômalas em meios amostrais diferenciados (Martin *et al.*, 1984; Cardoso Fonseca & Martin, 1986; Bolle *et al.*, 1988; Cardoso Fonseca *et al.*, 1992).

Estudos recentes, efetuados em amostras de solos e sedimentos, apontam para a existência de diversos problemas associados às técnicas de dissolução (Hall *et al.*, 1996; Hall, 1998;

Cardoso Fonseca *et al.*, 1999). O problema mais importante está ligado à simulação em laboratório dos processos naturais (reagentes fortes e reações rápidas *versus* reagentes fracos e reações lentas). Saliente-se, contudo, que a aproximação das condições laboratoriais às naturais minimiza os erros e cria resultados considerados fiáveis (Fletcher, 1981).

Idealmente, a extração parcial utiliza um reagente que é sensível somente a uma das várias fases suporte existentes na amostra. Na extração seqüencial, os reagentes químicos ou as misturas são aplicados seqüencialmente (cada passo da seqüência é quimicamente mais agressivo que o anterior) e são capazes de dissolver seletivamente os constituintes mineralógicos das amostras. Na prática, vários fatores podem influenciar o sucesso de uma seqüência de extração: as propriedades químicas dos reagentes e a sua seletividade; os parâmetros experimentais (tempo e natureza do contato, peso de amostra *versus* volume da solução), a escolha e a posição do reagente na seqüência, e os efeitos específicos da matriz (Kersten & Forstner, 1989). Este último fator é uma das causas da não concordância entre autores no sentido da uniformização do esquema de extração.

Freqüentemente, o tempo de contato é escolhido arbitrariamente, podendo conduzir a resultados incorretos. A escolha correta do tempo de contato reagente/amostra deve ser efetuada a partir da utilização de curvas cumulativas de dissolução. Estas curvas permitem determinar o tempo ótimo de extração ou patamar de extração. Este pode ser definido como o período mínimo de duração da reação, a partir do qual a disso-

lução de um dado componente terminou. Por exemplo, no caso da hidroxilamina, o patamar de extração do Ni no reagente (amostra CHC 3108 – Fig. 2) é de cerca de 15 horas.

O modelo conceitual que está na base de uma seqüência de extração tem subjacente o princípio da crescente agressividade química dos reagentes. Este princípio, aplicado em contexto normal (amostras com concentração de elementos traço da ordem do *clarke*), pode sofrer distorções quando em presença de amostras atípicas (contaminação mineira ou antrópica). Com efeito, o princípio da crescente agressividade química deve ser substituído pela noção de “seletividade operacional”. Esta depende de vários fatores, entre os quais o tipo de reagente e sua posição na seqüência, e o patamar de extração. Cardoso Fonseca *et al.* (1999), num trabalho recente, discutiram os principais problemas inerentes à extração química seletiva, enfatizando os cuidados que se deve ter com a utilização desta técnica.

Preende-se, com o presente trabalho, utilizando a extração química seqüencial, caracterizar os suportes mineralógicos do Co, Cr, Ni e Zn e estimar a repartição do Al entre as fases em amostras típicas do minério oxidado do depósito de Ni laterítico de Punta-Gorda (Cuba).

GEOLOGIA E MINERALOGIA

O depósito de Punta Gorda situa-se no Distrito de Moa, Província Oriente (extremo oriental da ilha de Cuba). O minério é derivado de uma associação ofiolítica (rochas ultramáficas serpentinizadas, gabros olivínicos e plagiogranitos),

fortemente afetada pela laterização. A geologia da área Moa – Baracoa, onde se localiza o depósito de Punta Gorda, foi descrita, recentemente, por Proenza *et al.* (1998).

O manto intempérico sobre as ultramáficas, com espessuras variando entre 5 e 50 m, é composto, essencialmente, de minério oxidado, denominado “laterita ocre” (Lichenat & Shirokova, 1964).

Dados de difração de raios X e de análise termo-diferencial permitiram a identificação dos principais minerais presentes nas amostras. Assim, na série 3106 a 3114, encontraram-se, como minerais principais, a goethita e a cromita e, como acessórios, a trevorita e cromatos de Ni, Co e Zn. Na série 9603 a 9609, foram detectadas, como minerais principais, a goethita e gibbsita e, como acessórios, a donatita e a caulinita.

AMOSTRAGEM E TÉCNICAS

Amostragem

As amostras foram colhidas de dois perfis, P31 e P96, desenvolvidos sobre peridotitos serpentinizados. O perfil 31 (P31) tem 18m de espessura e compõe-se, do topo para a base, dos seguintes horizontes:

Horizonte superior (0-6m) – laterita vermelha escura, argilosa, contendo concreções ferruginosas de 0,1 a 0,5 cm de diâmetro. Os teores de Ni são inferiores a 1%. Com a profundidade, a cor da laterita torna-se mais clara e as concreções tornam-se cada vez menos abundantes;

Horizonte intermediário (6-16m) – é um minério oxidado, vermelho amarelado, argi-

loso e sem concreções. Os teores de Ni são maiores que 1,5%. Concreções de asbolano encontram-se distribuídas irregularmente nesse horizonte;

Horizonte inferior (16-?m) – peridotito parcialmente decomposto, empobrecido em Ni.

Para este trabalho, foram tomadas as amostras 3106, 3107, 3108, 3110, 3112 e 3114 do horizonte mineralizado a profundidades de 6, 7, 8, 10, 12 e 14m, respectivamente.

O perfil 96 (P96) compreende um horizonte superior (0-3m), composto de laterita vermelho escura, que grada em profundidade para uma laterita vermelho amarelada, ligeiramente silicificada (3-?m). Nesse perfil, os teores de Ni são sempre inferiores a 1%. As profundidades de amostragem foram 3, 5, 7 e 9m, correspondentes às amostras 9603, 9605, 9607 e 9609.

As diferenças entre a composição mineralógica e química das séries 3106 a 3114 e 9603 a 9609 são provavelmente devidas a diferenças na rocha parental. A série 3106 a 3114 deve derivar de um peridotito com olivina e ortopiroxênio, ambos com teores significativos de Ni. Na série 9603 a 9609, por outro lado, o piroxênio predominante deve ser um Al-piroxênio, mais pobre em Ni.

Decomposição das amostras

Analísaram-se nas amostras o Fe, Mn, Co, Cr, Ni, Zn e Al, após decomposição ácida (HCl + HNO₃ + HF – Lecomte & Sondag, 1980) por espectrofotometria de absorção atômica. Os valores utilizados no presente estudo são o resultado de uma média de três decomposições.

Esquema da extração seqüencial

O esquema da extração seqüencial, usado nas nossas experiências, inclui uma série de seis extrações, sendo cada reagente ou mistura usado para dissolver de um modo seletivo as fases portadoras dos metais na amostra.

A seguinte lista apresenta os reagentes utilizados, na seqüência, e as fases extraídas na maioria dos solos (Schwertmann, 1973; Chao, 1984; Cardoso Fonseca & Martin, 1986):

1 – Acetato de Amônio (1M NH₄Ac, pH 4,5): íons de troca; carbonatos.

2 – Cloridrato de Hidroxilamina (0,1M NH₂OH.HCl, em 0,01M HNO₃ a pH 2,0): óxidos de manganês.

3 – Tamm no escuro (0,175M (NH₄)₂C₂O₄ – 0,1M H₂C₂O₄, pH 3,3): óxidos de ferro amorfos.

4 – Peróxido de hidrogênio 35%: matéria orgânica; sulfetos.

5 – Tamm sob radiação UV (0,175M (NH₄)₂C₂O₄ – 0,1M H₂C₂O₄, pH 3,3): óxidos de ferro cristalinos.

6 – Mistura de ácidos (ataque a quente HCl – HNO₃ – HF): resíduo.

Quando do estudo das amostras 3107, 3108, 9607 e 9608, para evitar a escolha arbitrária do tempo de extração, construíram-se curvas cinéticas cumulativas de dissolução. Estas curvas permitem determinar o tempo ótimo de extração (patamar de extração). Este pode ser definido como o período mínimo de duração da reação, a partir do qual a dissolução de um dado componente terminou.

A razão peso da amostra/volume da solução (g/ml), utilizada em cada etapa da seqüência,

foi de 0,5/20 para o acetato de amônio, cloridrato de hidroxilamina e peróxido de hidrogênio, de 0,5/40 para o reagente Tamm no escuro e UV e de 0,5/6 para a mistura ácida.

Quando do estudo do comportamento do Al nas amostras das duas séries (3106 a 3114; 9603 a 9609), as percentagens de extração nas diferentes etapas da seqüência correspondem a tempos de contato fixos (acetato de amônio, cloridrato de hidroxilamina, Tamm no escuro, peróxido de hidrogênio, Tamm sob radiação UV – tempo de contato sólido/solução: 10 horas).

O índice de fiabilidade da EQSS (definido como a razão entre o somatório dos teores obtidos nos reagentes e o teor total do elemento na amostra,

multiplicado por 100) variou entre 85 e 90% para o Fe, 80 e 110% para o Mn, 88 e 114% para o Ni e 86 e 109% para o Co.

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta o comportamento do Al nas diferentes amostras após extração deste elemento, empregando o esquema de análise seqüencial adotado para este estudo.

Constata-se a separação nítida de dois grupos de amostras. No primeiro (3106 a 3114 – Perfil 31), o Al é extraído, essencialmente, pelo reagente Tamm sob radiação UV, implicando a ligação do Al aos óxi-hidróxidos cristalinos de ferro (Al na rede da goethita). No

segundo (9603 a 9609 – Perfil 96), a Al reparte-se pelo resíduo (gibbsita e cromita) e pelo reagente Tamm sob radiação UV (Al na rede da goethita). O enriquecimento da goethita em Al foi, também, detectado por Trolard *et al.* (1995) ao estudarem, por extração em modo cinético, as concentrações dos elementos traço nos óxidos de ferro de lateritas niquelíferas.

Dada a uniformidade dos resultados nos dois grupos de amostras, selecionaram-se quatro amostras (3107, 3108, 9607 e 9609) para o estudo dos diferentes suportes mineralógicos do Cr, do Ni, do Co e do Zn.

Este estudo foi efetuado empregando a seqüência de extração utilizada nas experiências com o Al, com a particularidade da utilização, em cada etapa

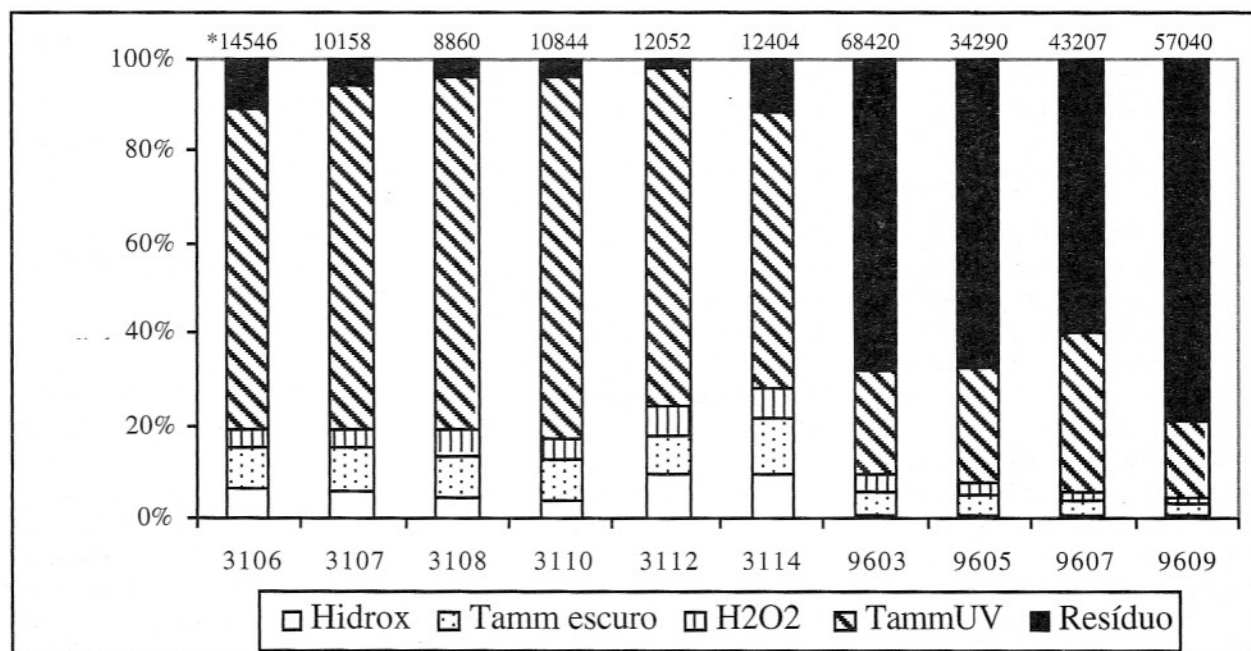


Figura 1 - Comportamento do Al nas diferentes amostras, utilizando EQSS (os valores assinalados com * correspondem aos teores totais em Al determinados nas amostras – valores em ppm).

da seqüência (exceto para a mistura ácida), de curvas cinéticas cumulativas de dissolução. Os patamares de extração para os elementos analisados variam nas diferentes etapas da seqüência, podendo considerar-se, por exemplo, para o crômio (amostra CHC 3108 – Fig. 2) os se-

guintes valores: cloridrato de hidroxilamina – 5 horas; Tamm no escuro – 10 horas; peróxido de hidrogênio – 10 horas; Tamm sob radiação UV – 80 horas)

A Figura 2 apresenta as curvas cumulativas de dissolução do Fe, do Mn, do Cr, do Ni, do

Co e do Zn nas amostras 3107 e 3108. A Tabela 1 resume os teores e as percentagens de extração.

Da observação da Tabela 1 e da Figura 2 verifica-se, para as amostras 3107 e 3108, o papel dos óxidos de Mn como suportes mineralógicos do Co, Cr

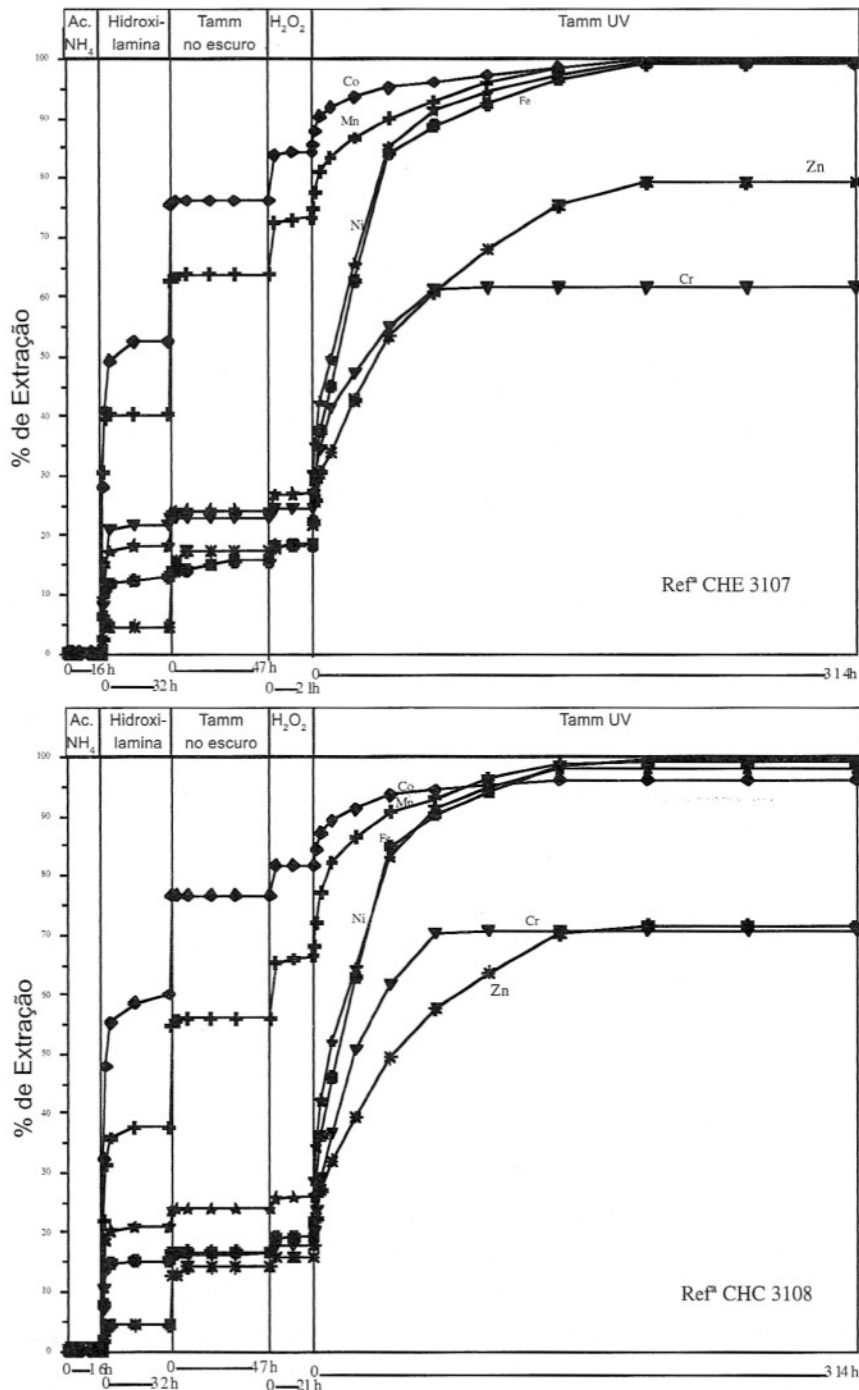


Figura 2 – Curvas cumulativas de dissolução de Fe, Mn, Co, Ni, Cr e Zn nas amostras 3107 e 3108.

Tabela 1 – Teores e percentagem de extração do Fe, Mn, Ni, Cr, Zn e Co nas amostras 3107 e 3108.

Amostra 3107	Fe		Mn		Ni		Co		Cr		Zn	
	%	% Ext	ppm	% Ext	%	% Ext	ppm	% Ext	%	% Ext	ppm	% Ext
Acetato de NH ₄	0,00	0,01	12	0,20	0,00	0,00	3	0,28	0,00	0,00	0	0,00
Hidroxilamina	4,29	13,00	2426	40,01	0,22	18,3	561	52,33	0,11	22,00	20	4,62
Tamm escuro	0,89	2,70	1426	23,51	0,07	5,83	253	23,60	0,01	2,00	55	12,71
H ₂ O ₂	0,88	2,66	585	9,65	0,03	2,5	88	8,21	0,01	2,00	5	1,15
Tamm UV	26,68	80,84	1616	26,64	0,87	72,50	167	15,58	0,18	36,00	263	60,74
Resíduo	0,26	0,79	0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,19	38,00	90	20,78

Amostra 3108	Fe		Mn		Ni		Co		Cr		Zn	
	%	% Ext	ppm	% Ext	%	% Ext	ppm	% Ext	%	% Ext	ppm	% Ext
Acetato NH ₄	0,00	0,00	21	0,59	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Hidroxilamina	5,36	15,28	1312	37,06	0,23	20,92	234	60,10	0,06	15,00	16	4,37
Tamm escuro	0,50	1,44	652	18,41	0,03	3,05	65	16,55	0,01	2,50	36	9,84
H ₂ O ₂	0,89	2,55	370	10,46	0,02	2,02	20	5,09	0,00	0,00	6	1,63
Tamm UV	28,17	80,25	1160	32,77	0,79	72,17	57	14,47	0,21	52,50	204	55,76
Resíduo	0,17	0,5	28	0,7	0,02	1,84	15	3,79	0,12	30,00	104	28,40

% extr – percentagem de extração: Teor fase x 100/ΣTeores fase

Tabela 2 – Teores e percentagem de extração do Fe, Mn, Ni, Cr, Zn e Co nas amostras 9607 e 9609.

Amostra 9607	Fe		Mn		Ni		Co		Cr		Zn	
	%	% Ext	ppm	% Ext	%	% Ext	ppm	% Ext	%	% Ext	ppm	% Ext
Acetato de NH ₄	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	1	0,14
Hidroxilamina	0,12	0,34	43	7,03	0,00	0,00	10	3,82	0,01	0,52	3	0,42
Tamm escuro	0,39	1,14	42	6,85	0,00	0,00	8	3,04	0,01	0,52	16	2,26
H ₂ O ₂	0,22	0,65	18	2,95	0,01	1,14	6	2,29	0,07	3,62	18	2,55
Tamm UV	26,44	77,31	309	50,49	0,59	67,05	138	52,67	0,55	28,50	144	20,36
Resíduo	7,03	20,56	200	32,68	0,28	31,81	100	38,31	1,29	66,84	525	74,26

Amostra 9609	Fe		Mn		Ni		Co		Cr		Zn	
	%	% Ext	ppm	% Ext	%	% Ext	ppm	% Ext	%	% Ext	ppm	% Ext
Acetato NH ₄	0,01	0,02	5	0,47	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Hidroxilamina	0,08	0,26	360	34,08	0,01	1,27	58	18,47	0,00	0,00	7	1,67
Tamm escuro	0,14	0,49	104	9,81	0,00	0,00	37	11,79	0,00	0,00	15	3,58
H ₂ O ₂	1,19	4,02	105	9,96	0,01	1,27	31	9,88	0,02	1,11	19	4,53
Tamm UV	25,96	87,99	327	31,00	0,53	67,09	128	40,78	0,45	25,14	114	27,21
Resíduo	2,13	7,22	155	14,69	0,24	30,38	60	19,10	1,32	73,74	264	63,01

% extr – percentagem de extração: Teor fase x 100/ΣTeores fase

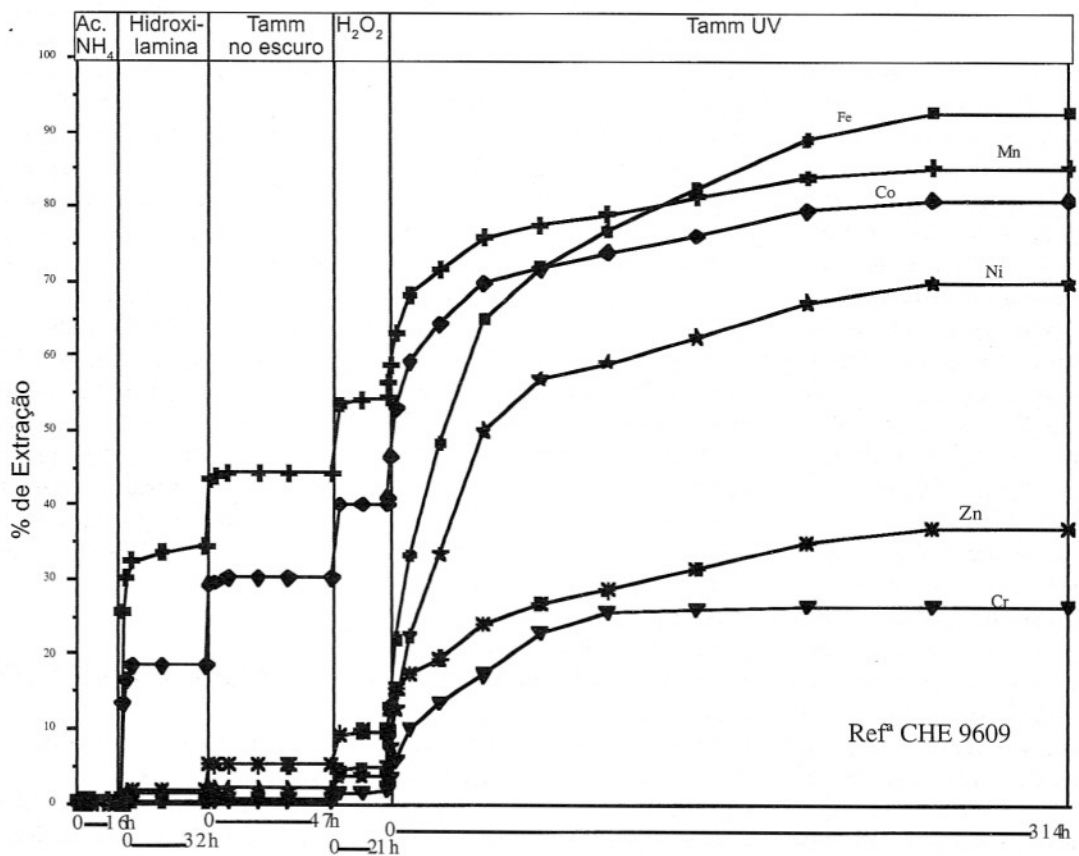
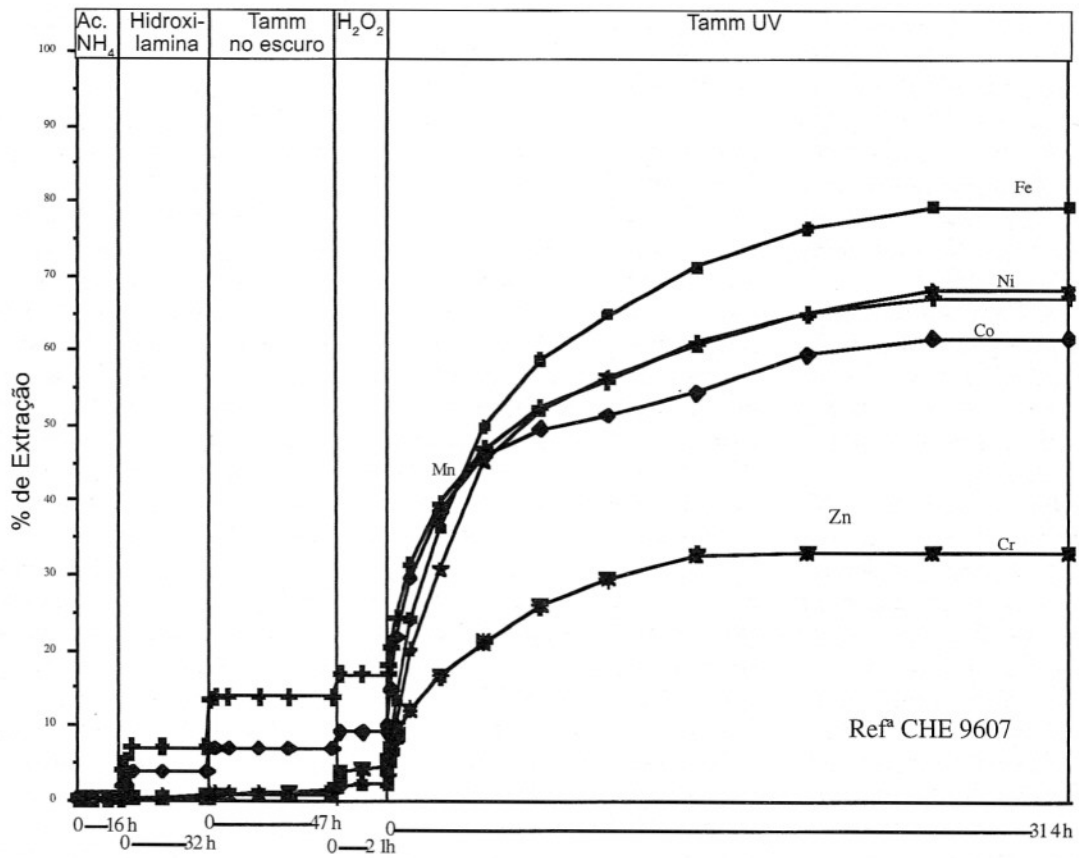


Figura 3 – Curvas cumulativas de dissolução de Fe, Mn, Co, Ni, Cr e Zn nas amostras 9607 e 9609.

e Ni (especial incidência para o Co) e dos óxidos de ferro cristalinos como suportes mineralógicos do Ni, Zn, Cr, Mn e Co (especial incidência para o Ni, Zn e Cr). Os amorfos de ferro têm também uma função importante como suportes mineralógicos do Co, do Mn e do Zn.

A Figura 3 apresenta as curvas cumulativas de dissolução do Fe, Mn, Cr, Ni, Co e Zn nas amostras 9607 e 9609. A Tabela 2 resume os teores e as porcentagens de extração.

Da análise da Tabela 2 e Figura 3, podemos observar que os óxidos de ferro cristalino representam a fase suporte mais importante do Ni, do Co, do Mn, do Cr e do Zn, nas amostras 9607 e 9609, sendo também, o resíduo, uma fase acumuladora destes elementos. O Co, na amostra 9609, além de aparecer associado ao ferro cristalino, liga-se também ao ferro amorfo e aos óxidos de manganês.

Constata-se, nas amostras estudadas (Tabelas 1 e 2 e Figs. 2 e 3), as baixas porcentagens de Fe, Mn, Ni, Co, Cr e Zn extraídas pelo acetato de amônio, apontando para a não existência de fases facilmente extratáveis (por exemplo, Fe, Mn, Ni, Co, Cr e Zn de troca) ou de outros minerais originados pelo processo de alteração superficial, que podem ser dissolvidos pelo acetato de amônio (Cardoso Fonseca & Martin, 1986).

A utilização da EQSS revelou afinidades entre os componentes mineralógicos das amostras (fases-suporte) e os metais estudados. O fato de trabalharmos com curvas cinéticas cumulativas de dissolução, com a finalidade de obtermos, em cada etapa da seqüência, os patamares de extração dos diferentes elementos, permite-nos controlar, com exatidão, a ex-

tração devida a cada um dos reagentes. Assim, constatou-se, nas duas séries (P31 e P96), a importância dos óxidos de ferro (goethita – αFeOOH) como fases-suporte do Ni, Co, Cr e Zn. Na medida em que as porcentagens de extração nas diferentes etapas da seqüência foram obtidas utilizando curvas cumulativas de dissolução, podemos considerar que os teores de Ni, de Co, de Cr, de Zn e de Mn, extraídos pelo reagente Tamm sob radiação UV, provêm da dissolução da goethita. Apesar do grau de amorfização ser baixo (variando entre 0,45 e 2%), verifica-se também a importância dos amorfos de ferro na fixação do Co, do Mn e do Zn (amostras 3107 e 3108) e do Co (amostra 9609).

Por outro lado, estimou-se, também, o papel dos óxidos de manganês na fixação dos metais, nas amostras 3107 e 3108. O Mn é extraído por três reagentes da seqüência (cloridrato de hidroxilamina, Tamm no escuro e Tamm UV), o que implica a sua presença sob a forma de óxidos de manganês e associado com óxidos de ferro amorfos e cristalinos. Entretanto, sua presença nas amostras é, predominantemente, sob a forma de óxidos de manganês, aos quais estão associados o Ni, o Co e o Cr. A presença de asbolano ($m(\text{Co}, \text{Ni})\text{O} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) no perfil 31 explicaria esta ligação.

A existência de donatita ($(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{Cr}, \text{Fe})_2\text{O}_4$), trevorita (NiFe_2O_4), magnesiocromita (MgCr_2O_4) e cromita (Cr_2O_4), bem como de minerais residuais oriundos do contexto geológico (rochas ultramáficas e gabros olivínicos), explicam os elevados teores de Cr, Ni, Co e Zn, detectados no resíduo do conjunto das amostras nos perfis P31 e P96.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem-nos recolher as seguintes informações:

1 – O estudo da repartição do Al conduz à separação das amostras em dois grupos: o primeiro (3106-3114 – Perfil 31), no qual o Al encontra-se essencialmente ligado à goethita (Al na rede cristalina da goethita) e o segundo (9603-9609 – Perfil 96), onde o Al aparece nas amostras, essencialmente, sob a forma de gibbsita.

2 – Dada a fraca percentagem de extração pelo acetato de amônio, conclui-se pela não existência nas amostras de Co, Cr, Ni e Zn de troca.

3 – Os óxidos de Mn têm papel importante como fases-suporte do Ni, Co e Cr nas amostras do perfil 31.

4 – A goethita é a mais importante fase-suporte dos elementos Ni, Cr, Co e Zn nas duas séries de amostras estudadas (P31 e P96 - Cr, Co, Ni e Zn na rede da goethita). As fases amorfas de ferro comportam-se como fases-suporte do Co e Zn nas amostras do perfil 31.

5 – A mineralogia dos perfis de alteração (destacando-se, pela sua importância, a cromita, goethita, donatita, asbolano, trevorita, gibbsita e cromatos de Ni, Co e Zn) explica as porcentagens de extração obtidas nos diferentes reagentes da seqüência, para os elementos estudados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Doutora Nancy Garcia Lamadrid, Directora Geral da Oficina Nacional de Recursos Minerais do Ministério de la

Industria Básica de Cuba, por ceder as amostras para a realização deste trabalho, e a um revisor anônimo, pelas sugestões que melhoraram significativamente o texto final. A autora C. Patinha agradece, à PRAXIS XXI, a bolsa concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLLE, J.N.; MARTIN, H.; SONDAG, F.; CARDOSO FONSECA, E. (1988) Selective chemical extraction of uranium from mineral, soil and stream sediment samples at Horta da Vilariça, northeastern Portugal. *Uranium*, **4**:327-340.
- CARDOSO FONSECA, E. (1982) Emploi de l'extraction chimique sélective séquentielle et détermination des phases-support du Pb et du Zn en milieux silico-alumineux lors de l'altération supèrgene du prospect de Sanguinheiro (SE Aveiro – Portugal). *Com. Serv. Geol. Portugal*, **68** (2):267-283.
- CARDOSO FONSECA, E. & MARTIN, H. (1986) The selective extraction of Pb and Zn in selected mineral and soil samples. Application in geochemical exploration (Portugal). *J. Geochem. Explor.*, **26**(3):231-248.
- CARDOSO FONSECA, E.; CARDOSO, J.C.; MARTINS, M.E.; VAIRINHO, M.M. (1992) Selective extraction of Cu from selected mineral and soil samples: enhancement of Cu geochemical anomalies in southern Portugal. *J. Geochem. Explor.*, **43**:249-263.
- CARDOSO FONSECA, E.; FERREIRA DA SILVA, E.; MARTINS, M.E.; PATINHA, C.; REIS, A.P. (1999) Extração Química selectiva: princípios e problemas. *Geociências, Universidade de Aveiro*, **13**(1/2):45-57.
- CHAO, T.T. (1984) Use of partial dissolution techniques in geochemical exploration. *J. Geochem. Explor.*, **20**:101-135.
- FLETCHER, W.K. (1981) Analytical methods in geochemical prospecting. *Handbook of Exploration Geochemistry*, Elsevier, **1**:255p.
- GATEHOUSE, S.; RUSSEL, D.W.; VAN MOORT, J.C. (1977) Sequential soil analysis in exploration geochemistry. *J. Geochem. Explor.*, **8**:483-494.
- HALL, G.E.M.; VAIVE, J.E.; BEER, R.; HOASHI, M. (1996) Selective leaches revisited with emphasis on the amorphous Fe oxyhydroxide phase extraction. *J. Geochem. Explor.*, **56**:59-78.
- HALL, G.E.M. (1998) Analytical perspective on trace element species of interest in exploration. *J. Geochem. Explor.*, **61**:1-19.
- HOFFMAN, S.J. & FLETCHER, W.K. (1981) Organic matter scavenging of copper, zinc, molybdenum, iron and manganese, estimated by a sodium hypochlorite extraction, pH 9.5. *J. Geochem. Explor.*, **15**(1/3):549-562.
- KERSTEN, M. & FORSTNER, U. (1989) Speciation of trace elements in sediments. *In: G.E. BATLEY (Ed.) Trace elements speciation: analytical methods and problems*, CRC Press, Boca Raton, Florida, p.245-317.
- LECOMTE, P. & SONDAG, F. (1980) Regional geochemical reconnaissance in Belgian Ardennes, secondary dispersion patterns in stream sediments. *Mineralium Deposita*, **15**(1):47-60.
- LICHENAT, A. & SHIROKOVA, I. (1964) Individual characteristics of the nickeliferous iron (laterite) deposits of the Northeastern part of Cuba (Pinares de Mayari, Nicaro and Moa). *In: Intern. Geol. Congr., 22, India. Proceedings, Sect. 14*:169-187.
- MARTIN, H.; WILHELM, E.; LAVILLE-TIMSIT, L.; LECOMTE, P.; SONDAG, F.; WARNANT, P. (1984) Enhancement of stream-sediment geochemical anomalies in Belgium and France by selective extractions and mineral separations. *J. Geochem. Explor.*, **20**:179-203.
- PROENZA, J.A.; MELGAREJO, J.C.; GERVILLA, F.; LAVANT, W.; REVÉ, D.; RODRIGUES, G. (1998) Cromititas podiformes en la Faja Ofiolítica Mayarí – Baracoa (Cuba). *In: J.C. MELGAREJO & J.A. PROENZA (Eds) Geología y Metalogenia de Cuba: una introducción*, p.153-177.
- ROSE, A.W. & SHUR, N.H. (1971) Major element content as a means of allowing for background variation in stream-sediment geochemical exploration. *Can. Inst. Min. Metall., Spec.* **11**:587-593.

- SCHWERTMANN, U. (1973) Use of oxalate for Fe extraction from soils. *Can. J. Soil Sci.*, **53**:244-246.
- TROLARD, F.; BOURRIE, G.; GEANROY, E.; HERBILLON, A.; MARTIN, H. (1995) Trace metals in natural iron oxides from laterites: A study using selective kinetic extraction. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **59**(7):1285 – 1297.