

# CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DE CROMITA EM MINÉRIOS DE NÍQUEL E COBALTO LATERÍTICOS, VISANDO SUA RECUPERAÇÃO COMO SUBPRODUTO.

## MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF CHROMITE IN LATERITIC NICKEL AND COBALT ORE, AIMING AT ITS RECOVERY AS BY-PRODUCT.

**Marcelle Tostes Manhães**

Aluna de Graduação em geologia, 7º período, UFRJ  
Período PIBIC: outubro de 2020 a julho de 2022  
marcelletostesm@gmail.com

**Reiner Neumann**

Orientador, geólogo, D.Sc.  
rneumann@cetem.gov.br

**Matheus Machado**

Coorientador, geólogo  
mattlamachado@gmail.com

### RESUMO

A cromita é considerada um dos minerais industriais mais importantes em todo o mundo, por ser amplamente utilizada por diversas indústrias, e por viabilizar a produção do cromo (Cr). Este trabalho tem como objetivo, portanto, a caracterização tecnológica da cromita em minérios de níquel e cobalto lateríticos, visando à recuperação do mineral como um subproduto na mina de Barro Alto e no depósito de Jacaré. Após classificadas e separadas em frações granulométricas, as amostras foram caracterizadas por DRX e as frações com maiores teores de cromita foram selecionadas. Em seguida, a fim de obter concentrados deste mineral, essas frações foram separadas por susceptibilidade magnética, para posterior análise por MEV/EDS. Entre as amostras estudadas, observou-se uma maior concentração de cromita nas amostras BC-2, BS-2 e JF no intervalo 0.063-0.35 mm. As frações mais grossas (0.35x0.25, 0.25x0.18 e 0.18x0.125 mm) de cada amostra foram escolhidas para detalhamento, por serem as que apresentaram os maiores teores. A análise química por FRX das amostras selecionadas indica que a amostra BS-2 é a que apresenta o maior teor de Cr (49,0% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Por isso, grãos de cromita presentes nos três intervalos granulométricos desta amostra foram selecionados para preparação de seções polidas que foram utilizadas em análises por MEV/EDS. Essas análises mostraram a predominância de grãos com composição química homogênea e faces externas muitas vezes preservadas. No entanto, também foi identificada a presença de um grupo de grãos que apresenta composição intermediária, associada principalmente com intrusões, zonamentos e feições de perfuração ou dissolução dos grãos, por vezes preenchidos por óxidos de ferro.

**Palavras-chave:** Cromita, níquel laterítico, cobalto.

### ABSTRACT

Chromite is considered one of the most important industrial minerals worldwide because it is widely used by several industries and because it enables the production of chromium (Cr). This work aims at the technological characterization of chromite grains in nickel and cobalt laterite ores, focusing on the recovery of the mineral as a by-product from samples from the Barro Alto mine and the Jacaré deposit. After sieving and classification by particle size fractions, these samples were characterized by XRD, and the fractions with higher chromite content were selected. Then, in order to obtain concentrates of this mineral, magnetic separation was used for further analysis by SEM/EDS of the grains. Among the samples studied, a higher concentration of chromite was observed on samples BC-2, BS-2 and JF in the interval 0.063-

0.35 mm. The coarser fractions (0.35x0.25, 0.25x0.18 and 0.18x0.125 mm) of each sample were chosen for detailing, as they presented the highest contents. Chemical analysis by XRF of the selected samples indicates that the BS-2 sample has the highest Cr content (average Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content equal to 49.0%). Therefore, chromite grains present in the three granulometric intervals of this sample were selected for the preparation of polished sections that were used in SEM/EDS analysis. These analyses showed the predominance of grains with homogeneous chemical composition and external faces often preserved. However, the presence of a group of grains with intermediate composition was also identified, mainly, associated with intrusions, zoning and fissures or grain dissolution, sometimes filled by iron oxides, can be observed

**Keywords:** Chromite, laterite nickel, cobalt.

## 1. INTRODUÇÃO

A cromita, mineral do grupo do espinélio, apresenta uma grande variação na sua composição química. Substituições isomórficas de Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup> e Ti<sup>4+</sup> nos sítios octaédricos e Mg<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> e Mn<sup>2+</sup> nos sítios tetraédricos são comuns (Sack e Ghiorso, 1991; Burkhard, 1993). A cromita é um mineral de alta relevância devido sua utilização nas indústrias químicas, de refratários e principalmente na metalúrgica que desponta como sua principal consumidora (Sampaio *et al.*, 2005). Cerca de 90% do minério de cromita produzido é convertido em diferentes tipos de liga de ferrocromo, na qual a produção de aço inoxidável é responsável por 80% do consumo (Murthy *et al.*, 2011).

Lateritas, niquelíferas e cobaltíferas são depósitos subsuperficiais e residuais que se originam pelo acúmulo de constituintes resistentes ao intemperismo em rochas máficas e ultramáficas. Por ser um mineral comum nesses tipos de rocha, a cromita residual pode estar presente nos minérios de níquel e cobalto lateríticos em teores elevados.

A cromita pode representar um potencial subproduto de minérios de Ni e Co lateríticos, levando em consideração a sua elevada densidade (aproximadamente 4,6 kg/L) e susceptibilidade magnética, que poderiam permitir a sua recuperação por métodos gravíticos ou magnéticos simples. Considerando que a qualidade deste mineral como fonte de Cr está associada com suas características químicas e texturais, a sua caracterização tecnológica utilizando métodos laboratoriais e análise por DRX, FRX e MEV-EDS pode dar uma importante contribuição inicial na avaliação da viabilidade da sua recuperação como subproduto dos minérios de níquel lateríticos de Barro Alto (GO) e Jacaré (PA).

## 2. OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo a caracterização tecnológica de grãos de cromita das amostras de minério de níquel laterítico da Mina de Barro Alto (GO) e do depósito de Jacaré (PA), por meio de MEV/EDS e DRX, visando a recuperação deste mineral como um subproduto.

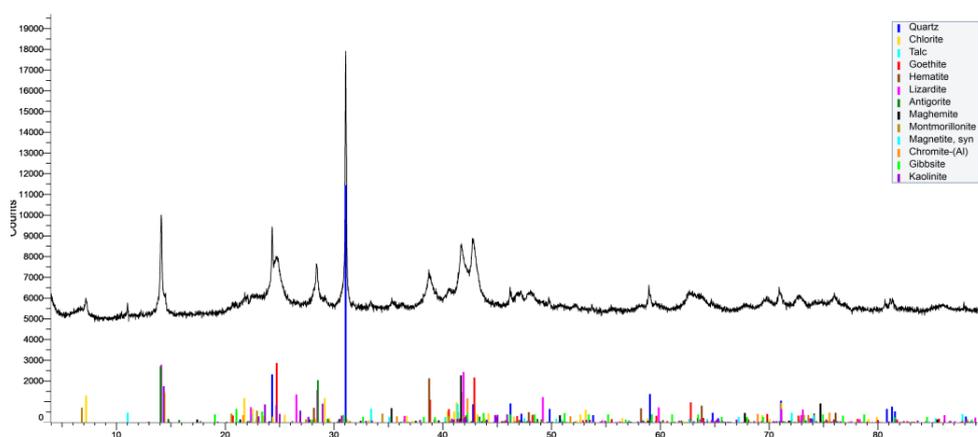
## 3. METODOLOGIA

Foram selecionadas amostras representativas de minério laterítico da mina de Barro Alto (amostras BC-2 e BS-2), e do depósito de Jacaré (amostras JC e JF). Estas correspondem a diferentes litotipos: JC corresponde a um horizonte mais superficial, enquanto JF e BC-2 correspondem a um horizonte em maior profundidade e BS-2 corresponde ao *stockpile*. As amostras foram classificadas em frações granulométricas por meio de peneiramento em via úmida e a seco, em equipamento ROTAP. As amostras cabeça e as frações foram caracterizadas por difratometria de raios X (DRX). Nas frações, os teores de cromita foram quantificados pelo método Rietveld (*software* TOPAS 5.0). Frações com maiores concentrações de cromita foram selecionadas para análises por DRX e microscopia eletrônica de varredura (MEV) com espectroscopia de energia dispersiva (EDS). A fim de obter concentrados de cromita, essas frações granulométricas foram em seguida, separadas por susceptibilidade magnética, primeiro

utilizando o ímã de ferrite, para retirar os minerais ferromagnéticos e, em seguida, utilizando o separador isodinâmico magnético Frantz. Cada fração obtida no Frantz foi analisada em estereomicroscópio binocular Zeiss com o objetivo de avaliar qualitativamente a sua mineralogia predominante e foi feita uma catação manual dos grãos de cromita, pois a susceptibilidade magnética da cromita é similar à de outros minerais predominantes na amostra. Os concentrados de cromita, de diferentes frações da amostra BS-2, foram embutidos em resina epóxi para confecção de seções polidas, para análises por MEV/EDS.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

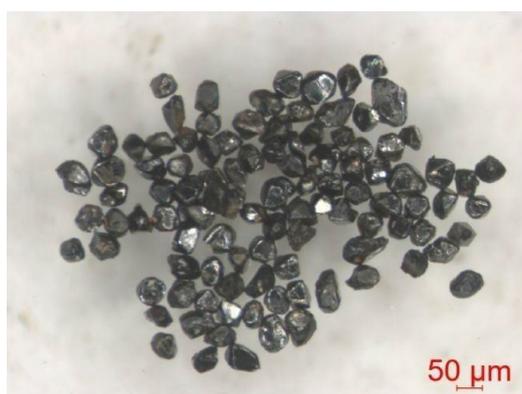
Os resultados obtidos nas análises por DRX feitas nas amostras cabeça da BC-2, BS-2, JF e JC mostraram o predomínio de quartzo, clorita, talco, cromita, goethita, hematita, magnetita e maghemita. Além desses, também foram identificados os minerais gibbsita, talco, lizardita, antigorita, montmorilonita e caolinita (Figura 1).



**Figura 1:** Difratograma de raios X da amostra cabeça da BS-2.

A quantificação mineralógica mostra que os maiores teores de cromita ocorrem nas amostras BC-2, BS-2 e JF e que esse mineral encontra-se preferencialmente concentrado no intervalo granulométrico entre 0.063 e 0.35 mm.

Os concentrados de cromita apresentaram hábito octaédrico, brilho metálico e coloração preta acinzentada, aspectos típicos da cromita (Figura 2).



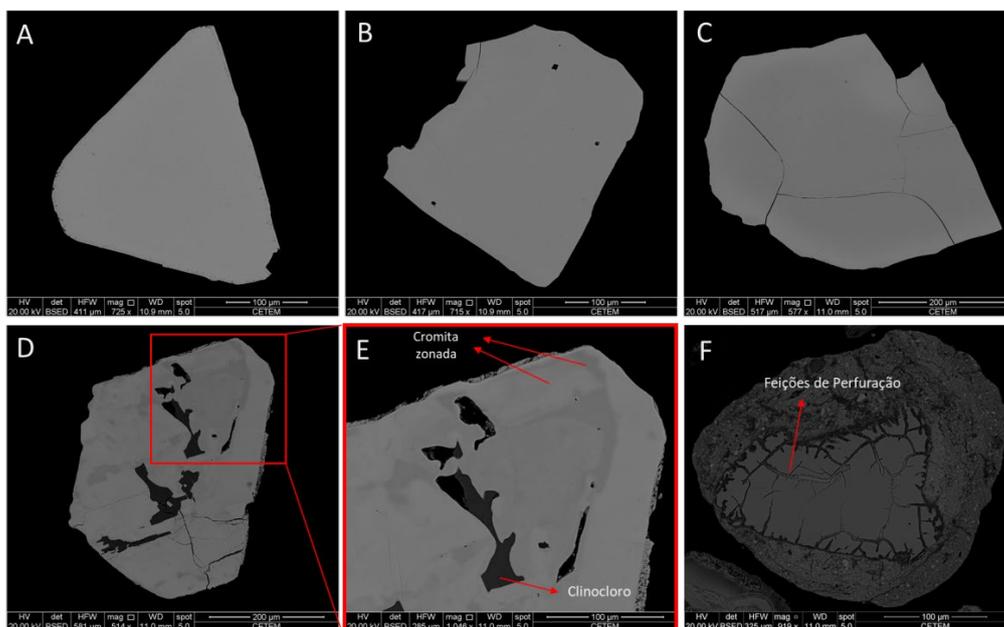
**Figura 2:** Concentrado de grãos de cromita da amostra BS-2 (0.25x0.180 mm).

A Tabela 1 apresenta a composição química média dos grãos de cromita nas amostras BC-2, BS-2 e JF, calculada a partir de análises pontuais por EDS. A amostra BS-2 apresentou o maior teor médio de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 49,0%. As amostras em geral, e a BC-2 em especial, apresentam elevado teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MgO, podendo corresponder a uma fase intermediária entre espinélio e cromita.

**Tabela 1:** Composição química média dos grãos de cromita analisados por MEV/EDS (% em massa de óxidos normalizada; n= número de análises pontuais).

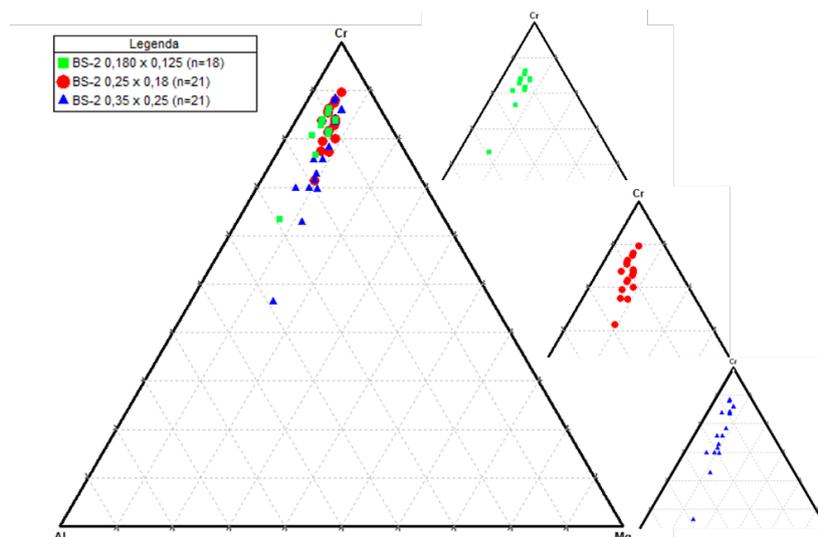
Amostra	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	NiO	ZnO	Som a
BC-2 Média (n = 15)	9,1	31,4	0,1	0,0	0,1	37,9	21,2	0,0	0,1	100,0
BS-2 Média (n = 18)	8,1	19,3	0,1	0,0	0,2	49,0	23,1	0,0	0,1	100,0
JF Média (n = 40)	5,6	17,2	3,7	0,1	0,1	47,6	25,3	0,1	0,3	100,0

As imagens de elétrons retroespalhados dos grãos de cromita da amostra BS-2 mostram que a maior parte dos grãos de cromita são homogêneos e apresentam faces externas dos cristais preservadas, e, eventualmente, com algumas fraturas. Um conjunto minoritário de grãos, que, apesar de serem compostos majoritariamente por cromita, apresentam zonamentos, intrusões e feições de perfuração ou dissolução dos grãos, por vezes preenchidos por óxidos de ferro. Em geral, a cromita apresenta boa liberação (raramente ocorrem associados a outros minerais).



**Figura 3:** Imagens de elétrons retroespalhados de grãos de cromita da amostra BS-2. **A)** homogêneo com forma externa preservada e **B)** grão homogêneo **C)** homogêneo com fraturas. **D)** grão zonado composicionalmente com inclusões de clinocloro. **E)** área da imagem 3D ampliada. **F)** grão com feições de perfuração.

O diagrama ternário mostra a variação da ocupação dos sítios dos grãos de cromita da amostra BS-2 (Figura 4). É observado uma possível tendência da concentração dessas análises com relação aos três intervalos granulométricos. A fração de maior granulometria (0.35 x 0.25 mm) apresenta-se mais dispersa ao longo do eixo Cr-Al, enquanto a mais fina (0.180 x 0.125) encontra-se mais concentrada próximo ao Cr.



**Figura 4:** Diagrama ternário de análises pontuais (EDS) da amostra BS-2.

## 5. CONCLUSÕES

Os maiores teores de cromita estão concentrados no intervalo 0.063-0.35mm das amostras BC-2, BS-2 e JF, destaca-se o teor de 49,0% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> da BS-2. As amostras, no geral, apresentam elevados teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MgO, indicando substituições isomórficas nos sítios tetraédricos e octaédricos. A partir das análises pontuais da BS-2, foram observados dois grupos principais: (1) grãos mais homogêneos, que podem apresentar faces externas dos cristais preservadas e; (2) um grupo minoritário que apresenta composição intermediária, zonamentos, intrusões e feições de perfuração por vezes preenchidas por óxidos de ferro. Por fim, a partir do diagrama ternário depreende-se que a fração de maior granulometria (0.35 x 0.25 mm) apresenta-se mais dispersa ao longo do eixo Cr-Al enquanto a fração mais fina (0.180 x 0.125) encontra-se mais concentrada próximo ao Cr. A boa liberação dos grãos de cromita e o grau limitado de substituições isomórficas (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> é o componente principal) são fatores que contribuem para a viabilidade de recuperação de cromita como um subproduto na mina de Barro alto e no depósito de Jacaré.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa de iniciação científica e aos meus orientadores Reiner Neumann e Matheus Machado, pelos conhecimentos compartilhados. Aos colegas do SCT por todo o auxílio e ao CETEM, pela infraestrutura e suporte.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURKHARD, Dorothee JM. Accessory chromium spinels: Their coexistence and alteration in serpentinites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 57, n. 6, p. 1297-1306, 1993.
- SACK, Richard O.; GHIORSO, Mark S. Chromian spinels as petrogenetic indicators: Thermodynamics and petrological applications. *American Mineralogist*, v. 76, n. 5-6, p. 827-847, 1991.
- SAMPAIO, J, A; ANDRADE, M, C; PAIVA, P, R, P. Cromita. In: LUZ, A, B; LINS, F, F (Editor). *Rochas e minerais industriais*. Rio de Janeiro, 2005, p. 351-371.
- MURTHY Y.R., TRIPATHY S.K., KUMAR C.R. 2011. Chrome ore beneficiation challenges & opportunities – *Minerals Engineering*, v. 24, n.5, p:375-380. doi:10.1016/j.mineng.2010.12.001