

Caracterização Química e Mineralógica de Coproduto Proveniente da Separação Magnética de Baixa Intensidade

Talita de Oliveira Fonseca¹; Camila M. F. Duarte²; Luan do Nascimento de Moura²; Sheila S. do Carmo²; Victor T. da S. Aragão²

¹ Bolsista; PD&I nível 3 – EMBRAPPII; talita.fonseca@fbter.org.br

² SENAI CIMATEC; Salvador – BA; victor.aragao@fieb.org.br

RESUMO

Sendo um material de enorme interesse comercial, o titânio, na sua forma de óxido, apresenta-se como matéria-prima na produção de tintas, revestimentos, cerâmicas, indústria cosmética, catalisadores, além de turbinas de aviões supersônicos e próteses dentárias. Dentre os portadores de titânio, a ilmenita é o mineral mais encontrado, sendo suas reservas conhecidas e exploradas por todo Brasil. O presente trabalho buscou a elaboração de nova rota tecnológica, em conjunto com as técnicas de caracterização – fluorescência de raios X (FRX), difração de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) – para beneficiamento de coproduto proveniente do processo de separação de baixo campo magnético numa planta de recuperação no nióbio. As caracterizações iniciais da matéria-prima foram feitas para conduzir as etapas seguintes do projeto e identificar o baixo percentual de TiO_2 e o estado de associação dos seus minerais portadores presente no material, sinalizando o grau de dificuldade na obtenção do resultado esperado de no mínimo 47% quantificado por fluorescência de raios X.

PALAVRAS-CHAVE: Concentração; TiO_2 ; Rota tecnológica; Caracterização.

1. INTRODUÇÃO

Nono elemento mais abundante, ocorrendo na natureza por meio de associações químicas, geralmente com oxigênio e ferro. Os principais minerais portadores de titânio são a ilmenita (FeTiO_3), o rutilo (r-TiO_2), o anatásio (a-TiO_2) e o leucoxênio (partículas finas resultante da alteração da ilmenita), mas somente a ilmenita e o rutilo apresentam vantagens econômicas nas indústrias. Em sua forma de óxido, esse elemento, é amplamente utilizado nos setores de cosméticos, alimentícios, pigmentos, construção civil, além de ser eficiente na produção de catalisadores e baterias.^{1,2} Uma vez que o rutilo se torna cada vez mais escasso, os recursos minerais de titânio são encontrados na forma de ilmenita, tratando-se de um mineral com propriedades físico-químicas estáveis.^{3,4}

A confluência das técnicas de caracterização sinalizam o potencial técnico de uma possível rota tecnológica, em escala de bancada, para o material indicado. Sabe-se que para comercialização do produto final a rota tecnológica escolhida deve atingir recuperação mínima de 47% de TiO_2 , quantificado por fluorescência de raios X, e das impurezas críticas – silício, enxofre e fósforo – teores abaixo de 2%, 0,2% e 0,05%, respectivamente. Através dos métodos de caracterização foram analisadas as fases minerais, os teores, a composição química e a morfologia da matéria-prima.

A avaliação inicial do material de estudo por meio das técnicas de caracterização é fundamental, visto que uma análise prévia de sua formação e composição reduz problemas envolvendo custo e tempo e aumenta a confiança na rota tecnológica desenvolvida.

2. METODOLOGIA

O material estudado, o coproduto proveniente do processo de separação de baixo campo magnético numa planta de recuperação no nióbio. Para análise e ensaios de laboratório foram enviados cerca de 300 kg da matéria-prima. Uma alíquota do minério foi separada após processos de homogeneização e quarteamo, a fim de se atingir uma maior representatividade composicional.

Inicialmente, a análise química do coproduto foi obtida através de fluorescência de raios X (FRX), equipamento S8 Tiger da Bruker localizado no Instituto de Química da UFBA, sendo importante para identificar as composições e possível recuperação do TiO_2 . Posteriormente aos testes em laboratório, as amostras foram lavadas e secas em estufa antes das operações de caracterização. A alíquota enviada para técnica de difração de raios X (DRX), difratômetro Bruker D2 Phaser situado no LABPEMOL da UFRN, foi cominuída em 500 mesh, a fim de reduzir interferências de difração de planos em cristais maiores sobre a quantificação da amostra, a análise foi realizada na faixa de varredura $0,008^\circ$, radiação $\text{CuK}\alpha$, voltagem de 30kV, corrente de 10mA e o ângulo de varredura (2θ) foi de 0° a 80° , para quantificação das fases cristalinas utilizou-se o método Rietveld. Já a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV), microscópio Tescan Mira 4 localizado no LABPEMOL da UFRN e software Aztec da Oxford, utilizou cerca de 3 g do material passante em 200, 270 e 325 mesh, para avaliar a morfologia dos minerais em cada cominuição e as possíveis

associações e reações no estado sólido ainda presentes na matéria-prima. As alíquotas de cada amostra cominuída foram embutidas em resina e posteriormente lixadas e polidas com o intuito de revelar os grãos referentes a cada mineral.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de FRX da matéria-prima constataram um teor de 3,72% para o TiO_2 , além disso, o coproduto utilizado apresenta em sua maioria Fe_2O_3 representando 81,35% da composição total, outros elementos também foram identificados e são considerados impureza crítica para o produto final como o Si, S e o P. Analisando a composição química da Tabela 1 já é possível pressupor algum grau de dificuldade para se alcançar o teor mínimo de 47% de TiO_2 .

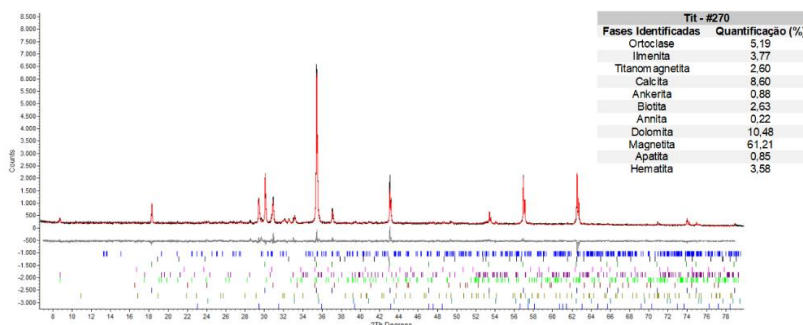
Tabela 1. Análise química obtida do material de alimentação passante em 270 mesh

Fórmula	Fe_2O_3	CaO	SiO_2	TiO_2	SO_3	P_2O_5	Outros
Teor (%)	81,35	4,46	4,24	3,72	0,46	0,38	5,39

Fonte: SENAI CIMATEC (2023)

A difração de raios X evidenciou a presença de titânio na forma de ilmenita e titanomagnetita, com uma estimativa em percentual de 3,77% e 2,60%, respectivamente. Os minerais portadores de ferro foram identificados na forma de ankerita ($CaFe^{2+}_{0.6}Mg_{0.3}Mn^{2+}_{0.1}(CO_3)_2$), annita ($KFe^{2+}_3AlSi_3O_{10}(OH)_{1.5}F_{0.5}$), titanomagnetita ($TiFe^{2+}_2O_4$), biotita ($KMg_{2.5}Fe^{2+}_{0.5}AlSi_3O_{10}(OH)_{1.75}F_{0.25}$), magnetita ($Fe^{3+}_2Fe^{2+}O_4$) e hematita ($Fe^{3+}_2O_3$), sendo este penúltimo o componente em maior quantidade percentual, 61,21%. A Figura 1 representa o difratograma da matéria-prima utilizada nos procedimentos experimentais com suas respectivas fases cristalinas. O resultado apresentado converge com os obtidos através da análise de FRX para a mesma faixa granulométrica.

Figura 1. Difratograma de raios X ($2\theta=0^\circ$ a 80°) e quantificação de fases cristalinas

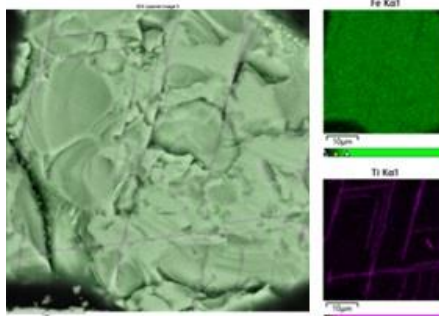


Fonte: SENAI CIMATEC (2023)

As fases portadoras de ferro, principalmente a magnetita, encontram-se em maior parte liberadas. Em alguns casos, pode estar associada ou na presença de exsoluções compreendendo fases portadoras de titânio, presumivelmente ulvöspinelio ($TiFe^{2+}_2O_4$). A

Figura 2 revela com detalhes a ocorrência deste efeito, resultado do intercrescimento de uma fase portadora de titânio e de outra, rica em ferro. Como consequência, tem-se a crescimento de lamelas alternadas nas partículas de magnetita.⁵

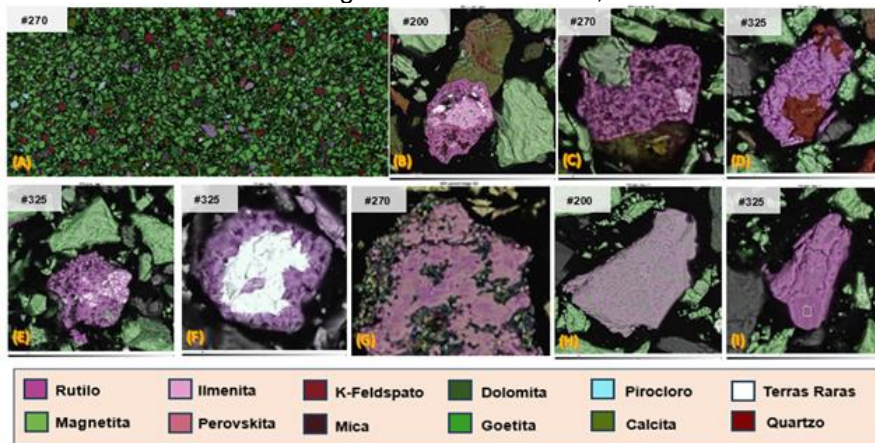
Figura 2. Mapa composicional de partícula com presença de exsolução de fase portadora de titânio



Fonte: SENAI CIMATEC (2023)

Conjuntamente com as análises descritas, a microscopia agrega novas informações aos resultados através do detalhamento da morfologia do material, sendo constatado através das micrografias a dificuldade em se alcançar o teor requerido de TiO_2 visto as numerosas associações, oclusões e reações entre esse elemento presente na composição do rutilo, ilmenita e da titanomagnetita em comparação às poucas liberações desses minerais. As associações, como listado na Figura 3, sucederam-se em maior frequência, principalmente, com o rutilo (TiO_2), dificultando a recuperação total sugerida no início do projeto. Em algumas partículas de rutilo foram observadas associações com elementos terras raras, carbonatos e portadores de ferro. Com relação à ilmenita, sua principal ligação ocorre com os óxidos de ferro.

Figura 3. Região de menor magnificação em #270 e mapas compositionais de partículas portadoras de titânio nas faixas granulométricas #200, #270 e #325



Fonte: SENAI CIMATEC (2023)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os resultados apresentados, verificou-se que o material, decorrente do processo de separação de baixo campo magnético numa planta de recuperação no nióbio, exibe um baixo percentual de minerais portadores de titânio em comparação ao elevado teor de ferro. Além do mais, através das técnicas de caracterização executadas foi possível inferir certo grau de dificuldade em se recuperar TiO_2 , apontando, como uma das principais influências dessa complexidade, a presença de associações, oclusões e exsoluções na maioria das partículas. Mediante micrografias do material passante em 270 mesh, foi observado o início da liberação das partículas portadoras de titânio nessa faixa granulométrica. Portanto, interpretar como as partículas estão dispostas e reconhecer a presença de exsoluções distribuídas por todo material é de fundamental importância para o direcionamento da elaboração de uma rota de processo que consiga ser seletiva para o elemento de interesse.

5. REFERÊNCIAS

1. Zhao X, Meng Q, Yuan Z, Zhang Y, Li L. **Effect of sodium silicate on the magnetic separation of ilmenite from titanite by magnetite selective coating.** *Powder Technol.* 2019;344:233-241. doi:10.1016/j.powtec.2018.12.026
2. Wang X, Li C, Yue H, et al. **Effects of mechanical activation on the digestion of ilmenite in dilute H_2SO_4 .** *Chin J Chem Eng.* 2019;27(3):575-586. doi:10.1016/j.cjche.2018.06.020
3. Parapari PS, Irannajad M, Mehdilo A. **Modification of ilmenite surface properties by superficial dissolution method.** *Miner Eng.* 2016;92:160-167. doi:10.1016/j.mineng.2016.03.016
4. Du Y, Meng Q, Yuan Z, Ma L, Zhao X, Xu Y. **Study on the flotation behavior and mechanism of ilmenite and titanite with sodium oleate.** *Miner Eng.* 2020;152(January):106366. doi:10.1016/j.mineng.2020.106366
5. Huang XW, Beaudoin G. **Nano-inclusions in zoned magnetite from the Sossego IOCG deposit, Carajás, Brazil: Implication for mineral zoning and magnetite origin discrimination.** *Ore Geol Rev.* 2021;139(PA):104453. doi:10.1016/j.oregeorev.2021.104453