LUCAS FELIPE DOS SANTOS

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE ÓXIDOS METÁLICOS A PARTIR DO REJEITO DE SCHEELITA

Trabalho de Conclusão do Curso (Artigo Científico) apresentado ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do certificado de Especialista em Gestão Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Cleonilson Mafra Barbosa.

NATAL, RN

2019

LUCAS FELIPE DOS SANTOS

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE ÓXIDOS METÁLICOS A PARTIR DO REJEITO DE SCHEELITA

Trabalho de Conclusão do Curso (Artigo Científico) apresentado ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do certificado de Especialista em Gestão Ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 29/11/2019, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Cleonilson Mafra Barbosa

Cleonilson Mafra Barbosa, Dr. - Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Ana Karla Costa de Oliveira

Ana Karla Costa de Oliveira, Dra. - Examinadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Aristides Felipe Santiago Junior, Dr. - Examinador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE ÓXIDOS METÁLICOS A PARTIR DO REJEITO DE SCHEELITA

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF METAL OXES FROM SCHEELITA WASTE

Lucas Felipe dos Santos*
Cleonilson Mafra Barbosa**

RESUMO: Tendo em vista a importância da mineração para economia seridoense, em razão principalmente na Mina Brejuí e do passivo ambiental decorrente das suas pilhas de rejeito, esse trabalho busca analisar a composição química desse rejeito de mineração, afim de compreender as suas diversas implicações e utilidades econômicas. Para a análise laboratorial a amostra foi coletada, moída, peneirada a 200 graus e quarteada. Por fim, passou pelo procedimento de lixiviação ácida e em seguida foi caracterizada pelo processo EDX. Os resultados mostraram valores expressivos de CaO, SiO_2, Fe_2O_3 e Al_2O_3, representaram aproximadamente 90%, a presença de WO_3 (0,3%) e Terras Raras, em destaque, Tm_2O_3 (0,7% aproximadamente). Portanto, fica evidente o grande potencial existente no rejeito de scheelita, podendo ser aproveitado para extração de tungstênio e terras raras (minerais de ampla utilização e valor econômico), como também na indústria de cimento e argamassas, pelos percentuais expressivos de CaO e SiO_2. Porém se fazem necessário estudos mais aprofundados quanto ao potencial econômico em termos práticos, para se viabilizar um aproveitamento viável e estável, bem como os investimentos necessários para tanto.
Palavras-chave: Mina Brejuí. Scheelita. Lixiviação.

ABSTRACT: Given the importance of mining to the seridoense economy, mainly due to the Brejuí Mine and the environmental liability arising from its tailings piles, this paper seeks to analyze the chemical composition of this mining tailing, in order to understand its various implications and economic uses. For laboratory analysis the sample was collected, ground, sieved at 200 degrees and quartered. Finally, it underwent the acid leaching procedure and was then characterized by the EDX process. The results showed significant values of CaO, SiO_2, Fe_2O_3 and Al_2O_3, represented approximately 90%, the presence of WO_3 (0.3%) and Rare Earth, in particular Tm_2O_3 (approximately 0.7%). Therefore, it is evident the great potential existing in scheelite tailings, which can be used for tungsten and rare earth extraction (minerals of wide use and economic value), as well as in the cement and mortar industry, by the significant percentages of CaO and SiO_2. However, further studies are needed on the economic potential in practical terms, to enable viable and stable exploitation, as well as the necessary investments to do so.
Keywords: Brejuí Mine. Scheelite. Leaching.

1 INTRODUÇÃO

A mineração é um setor produtivo da economia em constante ascensão desde a revolução industrial. Os metais, atualmente, não possuem aplicação apenas militar ou industrial, mas sim fazem parte do nosso cotidiano, constituindo como eletrodomésticos ou até mesmo aparelhos e aparatos médicos.

---

* Aluno do curso de Especialização em Gestão Ambiental do Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.
**Professor Doutor do curso de Especialização em Gestão Ambiental do Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

A Mineração Tomaz Salustino, situada no Seridó, região interestadual nordestina que alcança os estados da Paraíba (PB) e do Rio Grande do Norte (RN), mais conhecida como Mina Brejúi, é considerada a maior da América do Sul, operando desde 1943 principalmente com a produção de scheelita, a qual consiste num mineral de gênese metamórfica cujo composto químico é o tungstato de cálcio, $CaWO_4$.

Na Mina Brejuí, a scheelita está no contato de mármore com metassedimentos, ou rochas intrusivas, no interior dos paragnaisses (FARIAS *et al*, 2016). A partir dele é possível obter o tungstênio, metal de alta densidade e ponto de fusão, bem como boa condutividade elétrica. Possui diversas utilidades, como a composição de lâmpadas incandescentes, tubos de raio-x e até mesmo superligas.

Diante disto, o presente estudo objetiva analisar através de procedimentos experimentais realizados em laboratório, a síntese de óxidos metálicos ocorrida no processo de lixiviação de rejeito de scheelita em reação com solução de ácido clorídrico (HCl) a 10%, proveniente das atividades da mineração Tomaz Salustino – Mina Brejúi. Pelos resultados da análise de Energia Dispersiva de Raios-X (EDX)foi possível caracterizar, a partir dos valores percentuais, os óxidos formados durante todo procedimento de lixiviação ácida.

A análise e compreensão de tal procedimento é de imensa importância econômica e social para região do Seridó, posto que, como será exposto, tem diversas implicações e utilidades econômicas, assim como diversas consequências ambientais relevantes. Afinal, para sustentar o modelo de sociedade atual, consumimos matérias-primas e produzimos rejeitos e uma das principais saídas para preservação do ambiente é reaproveita-los ou torná-los produtivos.

2 MATERIAS E MÉTODOS

Dispõe dos matérias e métodos adotados para elucidação do objeto de estudo.

2.1 Área de coleta do Estudo

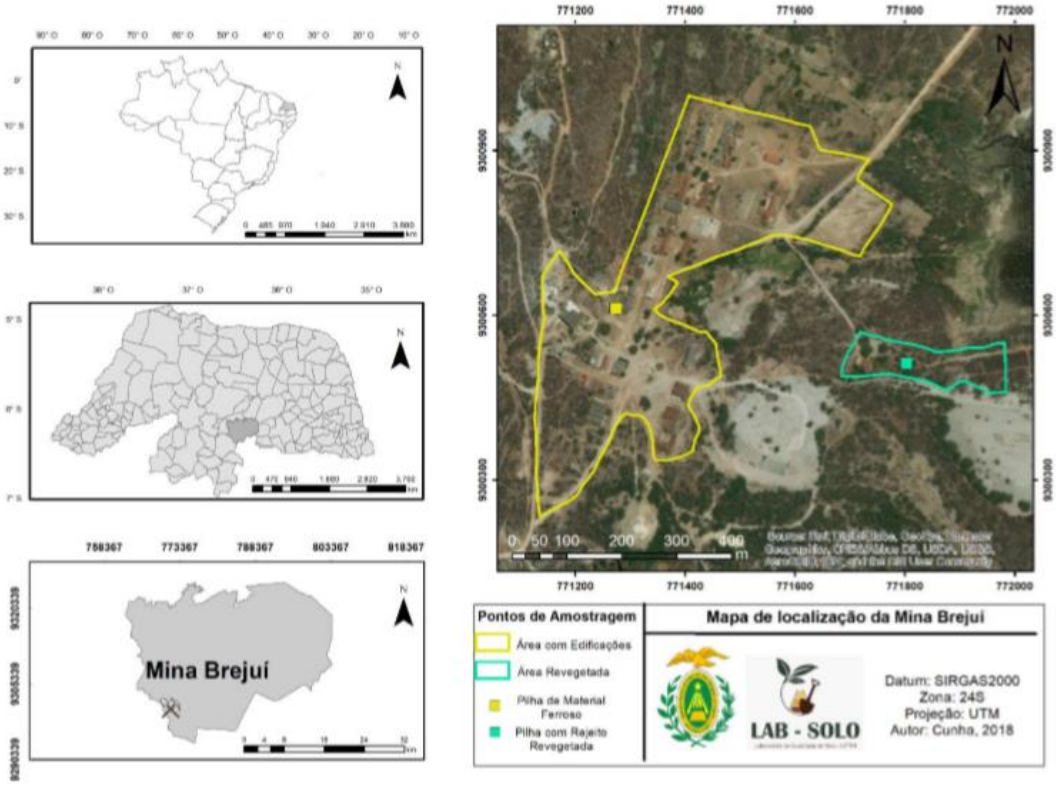
A amostra utilizada para as análises desse estudo foi coletada da pilha de rejeitos (Fotografia 1) oriunda da extração e beneficiamento da Mineração Tomaz Salustino, mais conhecida como Mina Brejúi. A mina pertence à província scheelitífera do Nordeste brasileiro, em especial do Seridó, englobando os estados do Rio grande do Norte e Paraíba (ARAÚJO, 2013), e é considerada uma das maiores minas de scheelita da América do Sul (COSTA FILHO, 2017).

Fotografia 1 - Pilha de rejeito da Mineração Tomaz Salustino.

Fonte: Adaptado Fernandes (2011).

A área da mina tem como coordenadas geográficas 6º19’19” Sul e 36º32’52” Oeste, representada no mapa 1, está localizada no Município de Currais Novos na microrregião Seridó Oriental e mesorregião Central potiguar (ANDRADE, 2017), no Estado do Rio Grande do Norte.

Mapa 1 - Localização da mina Brejúi, no Município de Currais Novos no estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: Adaptado Andrade (2017).

A mina Brejui pertence a propriedade rural Manoel da Paz com uma área de 496,4 ha, dos quais 83,5 ha foram autorizados pelo DNPM para a mineração (ANDRADE, 2017). A Mina, desde do início (meados da década de 1940) das atividades até sua paralização (década de 1980), produziu um montante de rejeito de aproximadamente 3.110.400 toneladas (CARVALHO *et al.*, 2002). A paralização nas atividades foi em razão da competição desvantajosa com o mercado chinês, inviabilizando a continuidade da mineração. Porém nos anos 2000 os valores do minério de tungstênio voltaram a aumentar, permitindo o retorno da atividade de extração mineral no ano de 2005, sendo uma das mais importantes fontes de renda da região, como para o município de Currais Novos (SOUZA; CAMELO, 2008).

2.2 Coleta e Preparação da amostra

A Coleta da amostra de rejeito de scheelita foi realizada em alguns pontos das pilhas de rejeito da mina, com o objetivo de realizar uma amostragem global representativa para as análises deste estudo. O montante do material coletado foi de aproximadamente 500g.

A amostra coletada foi encaminhada ao Centro de Tecnologia Mineral do Rio Grande do Norte (CT Mineral/RN) no municio de Currais Novos, onde foi preparada para as análises laboratoriais. Na preparação a amostra passou por três etapas: inicialmente realizou-se a moagem, para obtenção de um material de menor granulometria. Em seguida, o material moído foi peneirado à malha de #200, aproximadamente 0,075mm, e armazenado para a etapa

final. Posteriormente, o material foi quarteado, obtendo-se um material mais homogêneo (FARIAS *et al*, 2016) e de aproximadamente 115g.Por fim, foi encaminhado para Instituto Federal do Rio Grande do Norte Campos Central, para realizar a lixiviação ácida e análise química por Energia Dispersiva de Raios-X (EDX).

2.3 Lixiviação Ácida

O procedimento de Lixiviação Ácida foi realizado no Laboratório de Pesquisa Ambiental, integrado à Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN) do Instituto Federal do Rio Grande do Norte.

Para a realização do Procedimento foram utilizados: um agitador magnético com aquecimento modelo IKA® C-MAG HS 7 e barra magnética, para que fosse mantido a temperatura do sistema, representados na fotografia 2 , bem como a agitação constante mantendo o solido em suspensão durante a reação; um Becker de 1 litro para conter a solução(rejeito + solução ácida) do procedimento; vidro de relógio para coleta das alíquotas; estufa modelo Nova Ética, para a secagem das alíquotas; pequenos tudo de ensaio de vidro para armazenamento das alíquotas secas; solução de HCl a 10% e a amostra de 115g de rejeito previamente preparado para as análises laboratoriais. Todo o procedimento foi realizado dentro de uma das capelas do laboratório, para maior segurança.

Fotografia 2 - equipamentos utilizados no procedimento de lixiviação.

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Previamente foi retirada uma alíquota de controle do rejeito. Em seguida, se deu o início ao teste de lixiviação. Com o sistema funcionando, houve o cuidado de manter a solução da reação em constante agitação e temperatura (agitação nível 2 e 80ºC), como também a solução reagente em nível de 900 ml (completado com solução de HCl a 10%), sendo o sistema desligado somente para coleta de alíquotas. Quanto às coletas, foram realizadas a cada 12 horas, as quais eram coletadas e acondicionadas em vidro de relógio e

imediatamente colocadas em estufa a 80°C para secagem e por fim armazenadas tubos de ensaio. Foram retiradas mais 6 alíquotas a cada 12 horas de funcionamento do sistema. Ao final, foram 72 horas de experimento e totalizaram-se 7 alíquotas coletadas, como podem ser observadas na fotografia 3, sendo uma de controle e 6 coletadas durante o procedimento de lixiviação, encaminhadas a analise Energia Dispersiva de Raios-X (EDX).

Fotografia 3 - alíquotas coletadas do procedimento de lixiviação.

Fonte: Elaboração própria em 2019.

2.4 Analise de Energia Dispersiva de Raios-X(EDX)

As alíquotas7 (controle + coletadas) referentes ao procedimento de lixiviação foram encaminhadas ao Laboratório de Caracterização Mineral e Materiais (LACAMM), equipamento demonstrado na fotografia 4, para que fosse realizada a caracterização química do rejeito de scheelita pós lixiviação acida. A análise foi realizada em todas as amostras individualmente.

Fotografia 4 - Espectrômetro de fluorescência de raios-x da análise EDX

Fonte: Adaptado Fernandes (2011).

Esse equipamento permite determinar quantitativamente a composição da amostra que está sendo analisada. Isso é em razão da emissão de Raios-X na superfície da amostra, que emitem fluorescência de raios-X que são lidos e codificados pelo aparelho. Os resultados são apresentados em forma de uma tabela de percentual de óxidos (FERNANDES, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição química de todas as alíquotas de rejeito de scheelita coletadas durante o procedimento de lixiviação, determinadas pela análise de Energia Dispersiva de Raios-X (EDX) estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Composição química das alíquotas de rejeito de scheelita.

Óxidos	**Alíquotas Coletadas**						
	Control	12h	24h	36h	48h	60h	72h
				%			
CaO	**46.746**	**28.860**	**26.958**	**29.269**	**27.804**	**26.881**	**22.729**
SiO_2	**25.754**	**36.846**	**38.200**	**35.521**	**35.953**	**40.035**	**49.598**
Fe_2O_3	**16.054**	**17.808**	**16.225**	**17.259**	**19.093**	**18.637**	**16.881**
Al_2O_3	**7.593**	**5.761**	**8.168**	**6.204**	**5.318**	**7.087**	**4.107**
K_2O	1.323	1.735	1.535	1.435	1.709	1.708	1.681
MnO	0.917	0.857	0.799	0.941	0.929	0.950	0.767
TiO_2	0.826	1.038	0.969	1.026	0.883	1.039	0.930
SO_3	0.2389	0.358	0.390	0.389	0.404	0.690	0.376
SrO	0.166	0.128	0.123	0.155	0.157	0.152	0.104
MgO	...	0.965	1.217	1.180	...	1.376	1.374
WO_3	**...**	**0.301**	**0.272**	**0.382**	**0.357**	**0.367**	**0.290**
Y_2O_3	**...**	**0.008**	**...**	**...**	**...**	**...**	**0.009**
Tm_2O_3	**...**	**...**	**0.639**	**...**	**0.776**	**0.828**	**0.701**
NbO	**...**	**...**	**...**	**...**	**...**	**0.015**	**...**
Outros	0.332	5.336	4.504	6.24	6,617	0.223	0.454

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Como principais óxidos presentes nas alíquotas de rejeito de scheelita têm-se CaO (Óxido de Calcio), SiO_2 (Dióxido de Silício), Fe_2O_3 (Óxido de Ferro III) e Al_2O_3(Óxido de Alumínio), representam aproximadamente a 90% do total de cada uma das alíquotas analisadas.

Segundo Fernandes (2011), o elevado percentual de Óxido de Calcio é devido à rocha de calcário cristalino presente na região da Mineração Tomaz Salustino – Mina Brejui, na qual o mineral calcita corresponde a um volume 95% do total da rocha. Outro ponto a se observar é a redução considerável após 12h de lixiviação em comparação ao rejeito de controle, devido ao minério de calcita reagir com a solução acida de HCl a 10%, mas que se mantém sem grandes alterações até a penúltima coleta. Contudo na última alíquota, correspondente à 72h horas de lixiviação, ocorre uma queda 4% em relação a coleta anterior, e se comparada com a de 12h há uma diferente que chega aos 6%.

Nas alíquotas observou-se também que no rejeito há a presença do óxido de tungstênio (WO_3) em percentuais que chegam a aproximadamente 0,3% e também a presença de terras raras pelos óxidos de Ítrio (Y_2O_3), óxido de Nióbio (NbO) e em destaque o Óxido de Tulio (Tm_2O_3), recorrente em 4 das alíquotas testadas. Considerando o montante da pilha de rejeitos mais antiga que chega algo em torno de 3,1 milhões de toneladas e se consideramos o valor médio de oxido de tungstênio a 0,3% teremos aproximadamente 9.300 toneladas. Já se considerarmos somente o percentual de terras Raras do óxido de Tulio chega a aproximadamente a 0,8%, tem-se um total de 24.800 toneladas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos procedimentos realizados nesse trabalho, foi possível demonstrar como o rejeito de scheelita presente na Mineração Tomaz Salustino – Mina Brejui, dispõe de um

grande potencial, dado o quantitativo disponível de óxido de tungstênio WO_3, na ordem de 0,3%, como também quanto aos teores de terras Raras encontradas, em destaque ao óxido de Tulio, que chegou ao valor máximo de 0,82%. Esses tipos de substancias químicas são bastante utilizadas pelas indústrias por suas propriedades elétricas, magnéticas, macies, maleabilidade, ductilidade, ópticas e catalíticas (BRASIL, 2013), sendo o tungstênio e as terras raras substancias viáveis economicamente a serem extraídas desses rejeitos.

Outro aspecto a se destacar é decorrente dos valores percentuais dos óxidos de cálcio e óxidos silício que juntos em todas as alíquotas, chegaram a aproximadamente 65%, destaque-se a última alíquota coletada (referente a 72h do processo de lixiviação acida) por apresentar 49,59% de SiO_2 e 22,73% de CaO. Sendo esses óxidos e seu montante percentual bastante interessante para a indústria de cimento e argamassa, por serem elementos químicos amplamente utilizados pelo setor.

Apesar dos resultados satisfatórios obtidos pelas análises realizadas no trabalho, faz se necessário um estudo mais aprofundado quanto a viabilidade econômica, em termos práticos do reprocessamento das pilhas de rejeito para extração tanto do óxido de tungstênio, quanto das terras raras, como também pesquisar, de forma mais detalhada, a utilização do rejeito pós processo de lixiviação ácida no aproveitamento para cimento e argamassas. Isto porque para criar um aproveitamento econômico viável e estável que propulsione economicamente a economia local, se farão necessários investimentos em larga escala no quesito extração, produção e comércio.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, João Manuel Dantas de. **Perdas de qualidade e contaminação do solo em mina de Scheelita no Semiárido Tropical.** 2017. 35 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária - PPGES) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

ARAÚJO, José Eleidson de**. Estudo de Caso: Uso de resíduo de Scheelita em Argamassa e concreto.** 2013. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação no Curso de Ciências e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, 2013.

BRASIL. Senado Federal. **Terras raras: o minério da vez.** Brasília, Distrito Federal, 2013. Disponível em: http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/terras-raras/contexto/terras-raras-o-minerio-da-vez.aspx. Acesso em: 04 nov. 2019.

CARVALHO, E. B.; Lima, R. F. S.; Petta, R. A., Paulo, J. B. A., Souza, L. C. Caracterização de Rejeitos Provenientes da Usina de Beneficiamento do Minério da Mina Brejuí/RN. ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 19, 2002, Recife. **Anais...** Recife, 2002, v. 1, p. 75.

COSTA FILHO, Francisco das Chagas da. **Estudo de viabilidade técnica do uso de resíduos oriundos do beneficiamento de Scheelita na composição de concretos asfálticos.** 2017. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

FARIAS, D. S. U.; Souza, M. M.; Almeida, A. B. D.; Lima, T. C.; Mendes, L. B.; Nóbrega, L. F. P. Análise da incorporação de mármore da mina Brejuí – Currais Novos/RN na massa Cerâmica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 22, 2016, Natal. **Anais...** Natal, 2016, p. 1160 – 1167.

FERNANDES, Bruno Rodrigo Borges. **Aproveitamento dos finos de Scheelita utilizando concentração centrífuga e lixiviação ácida**. 2011. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SOUSA, R. R. A. B. F; CAMELO, G. L. P. Influência da gestão de uma empresa na alavancagem das exportações: estudo de caso na Mina Brejuí. **Observatório de Monografias em Comércio Exterior**, v. 1, p. 135-142, 2008.