



Caracterização do minério de tântalo do município de Cachoeira do Sapo/RN

¹Cleonilson Mafra Barbosa, ²Gisiliana de Oliveira Barbosa, ³Rita de Cássia Oliveira de Medeiros, ⁴Leandro da Cruz Martins, ⁵Milson Tito Florêncio, ⁶Andreza Miranda de Andrade Barbosa

¹Mestrando em Ciências e Engenharia de Materiais.- UFRN e Professor de Química - IFRN. e-mail: cleonilson.mafra@ifrn.edu.br

²Técnico em agroecologia- IFRN. Bolsista de I.C. e-mail: gigi_hip@hotmail.com

³Técnico em informática – IFRN. Bolsista voluntária de I.C. e-mail: rita.medeiros96@yahoo.com.br

⁴Técnico em informática – IFRN. Bolsista de I.C. e-mail: leandrodacruzmartins1@gmail.com

⁵Técnico em Eletrotécnica – IFRN. e-mail: milsonflorenco@gmail.com

⁶Técnico em Rede de computadores – IFRN. e-mail: andrezinhamiranda@hotmail.com

Resumo: O tântalo possui um importante papel na metalurgia do aço, sendo um insumo de vital importância e ainda sem similar equivalente. Devido aos métodos alternativos vividos pelo setor mineral nos últimos cinco anos, em especial nos anos de 2007 e 2008, a necessidade de descoberta de novas fontes de diversos minerais se tornou o objetivo de muitas empresas mineradoras. Em alguns casos, como para o minério de ferro, foram feitos estudos de viabilidade econômica para rebeneficiamento das pilhas de rejeito em algumas plantas. Com essa nova realidade no horizonte, faz-se necessário o desenvolvimento de metodologia para identificar e quantificar os componentes destas novas fontes e, mesmo nas mineralizações já estudadas, a oferta de metodologia rápida, barata e eficiente se faz necessária. Este trabalho empregou uma amostra de minério da tantalita proveniente do município de Cachoeira do Sapo/RN para o desenvolvimento de uma rotina de análises capaz de identificar os minerais presentes, quantificar os elementos mais importantes e caracterizar suas propriedades mais marcantes, procurando oferecer um roteiro analítico de custo razoável e alta confiabilidade. Foram empregadas as técnicas de difração de raios-X e fluorescência de raios-X. A combinação das técnicas empregadas neste trabalho mostrou-se prática e capaz de produzir resultados confiáveis, uma vez que a correlação entre os resultados obtidos sempre ocorre de forma convergente.

Palavras-chave: caracterização mineral, metalurgia, metodologia, tântalo

1. INTRODUÇÃO

O tântalo é um elemento metálico com características de extraordinária resistência ao calor, alta capacitância elétrica e altíssima resistência à corrosão e à intrusão química. Trata-se de um elemento crítico para a indústria eletrônica. Seu uso principal é sob a forma de pó para a manufatura de capacitores empregados em telefones celulares, computadores, pagers, telas de TV, câmeras digitais e outros equipamentos eletrônicos. Por outro lado, sob a forma de metal, é empregado, por exemplo, na manufatura de lâminas de turbinas à jato, peças de mísseis e reatores nucleares.

As reservas totais brasileiras são estimadas em 88.000t e representam cerca de 68% das reservas mundiais. Aproximadamente, 44% das reservas nacionais estão classificadas na categoria de reservas medidas. No plano nacional, os depósitos mais importantes estão localizados na vizinhança da mina de Pitinga, no Município de Presidente Figueiredo no estado do Amazonas. No que concerne à produção, a participação brasileira representa 14% da produção mundial e está concentrada, basicamente, na operação da mina de estanho de Pitinga, de acordo com o anual da indústria brasileira de ferro.

Existe o predomínio de volatilidade no mercado do tântalo, que não é cotado em bolsa, o que dificulta o conhecimento seguro das cotações. Embora seja um mercado de natureza spot, onde os preços são estabelecidos em cada transação, são comuns as vendas através de contratos de longo prazo, com o preço firmado em US\$(dólar) por tonelada de Ta₂O₅ contido no concentrado com um mínimo de 60% de Ta₂O₅, segundo o balanço mineral brasileiro.

Em função dos altos estoques, nos últimos anos os preços do tântalo não acompanharam os grandes aumentos observados nos demais bens minerais. Todavia, os expressivos cortes verificados na produção da tantalita, combinados com a redução progressiva dos estoques, sugerem que mesmo uma modesta recuperação na demanda poderá causar desequilíbrio relevante no suprimento do mercado, com pressões sobre os preços, que, nesse cenário provável, apresentarão forte tendência de alta para os próximos anos.



O tântalo foi descoberto em 1802, pelo cientista sueco Anders G. Ekerbeg, estudando minerais oriundos da região de Ytterby, na Suécia. Trata-se de um metal raro (1,7 ppm na crosta terrestre), cinza, com densidade específica de $16,65\text{g/cm}^3$, maleável, dúctil, muito resistente, bom condutor térmico e resistente à corrosão. Possui Ponto de Ebulição: 5731,0 K, Fusão: 3290,0 K e símbolo químico Ta, de acordo com Skoog (2008).

O tântalo foi identificado em 80 minerais oxidados diferentes, usualmente contendo nióbio, manganês, ferro e estanho. Os de maior importância econômica são: tantalita; microlita; columbita; estruverita e uodignita. A manifestação mais comum é associada à série columbita-tantalita (coltan) e microlita. Tantalita é um termo genérico que representa os minerais onde a relação tântalo/nióbio é pelo menos 1:1 de óxido contido. Na columbita, por outro lado, com predominância do nióbio, a razão nióbio/tântalo varia de 10:1 até 6:1, segundo o anuário da indústria siderúrgica brasileiro.

Segundo o anual mineral brasileiro, a tantalita $[(\text{Fe},\text{Mn})(\text{Ta},\text{Nb})_2\text{O}_6]$ é um mineral composto de ferro, manganês, nióbio e tântalo, com fórmula química $[(\text{Fe},\text{Mn})(\text{Ta},\text{Nb})_2\text{O}_6]$, além disso ocorre fundamentalmente em rochas de pegmatitos, mas pode ser encontrada em zonas graníticas e em aluviões com cassiterita.

O tântalo é um elemento metálico com características de extraordinária resistência ao calor, alta capacitância elétrica e altíssima resistência à corrosão e à intrusão química. É um elemento crítico para a indústria eletrônica no que concerne ao armazenamento e à liberação instantânea de cargas de energia. Seu uso principal é sob a forma de pó para a manufatura de componentes eletrônicos particularmente capacitores. Os capacitores a base de tântalo são empregados em telefones celulares, computadores, pagers, telas de TV, câmeras digitais e outros equipamentos eletrônicos. Sob a forma de metal, é empregado, por exemplo, na manufatura de lâminas de turbinas à jato, peças de mísseis e reatores nucleares, face à sua capacidade de manter sua integridade estrutural quando submetido à altas temperaturas. Em adição, na eletrônica embarcada associada à indústria automobilística, destaque-se o equipamento de segurança airbag em cuja aplicação a importância do tântalo está associada à necessidade de liberação de energia de forma imediata.

Finalmente, sua alta resistência à intrusão química e à adsorção de gases torna-o crucial para a indústria de máquinas ferramentas e de equipamentos para processos químicos, assim como na produção de equipamentos e implantes cirúrgicos em medicina e odontologia.

Em nível de reservas, o total estimado é reduzido para 130.000t e a participação do Brasil aumenta para 68%, seguido da Austrália (30%) e do Canadá (2%). É oportuno mencionar que os Estados Unidos possuem recursos de 1.500t em depósitos identificados que foram considerados não econômicos aos preços vigentes em 2008.

Tabela 1 - Perfil das reservas de tântalo por país, tonelada (t).

Países	Reservas	Reservas Base
Austrália	40.000	84.000
Brasil	88.000	90.000
Canadá	3.000	3.000

Fonte: USGS

As reservas totais brasileiras são estimadas em 88.000t, sendo que 44% estão classificadas como reservas medidas. Os depósitos mais importantes estão localizados na vizinhança da mina de Pitinga, localizada no Município de Presidente Figueiredo no estado do Amazonas. Em nível de ocorrências, ainda no AM, devem-se mencionar os Municípios de Barcelos e de São Gabriel da Cachoeira. Na região norte, os estados com ocorrências identificadas são Roraima, Rondônia e Amapá. Na região



Nordeste, destacam-se as ocorrências associadas à Província Pegmatífera da Borborema que abrange regiões nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. No Estado da Bahia, por sua vez, as ocorrências estão associadas aos xistos e pegmatitos da Faixa de Dobramentos Araçuai. Finalmente, cabe mencionar Minas Gerais e Goiás que apresentam diversas ocorrências e depósitos, porém muitos já exauridos.

Finalmente, em termos de reservas brasileiras, cabe destacar o registro do prospecto denominado Caiçara (Cachoeira do Sapo/RN) situado no Rio Grande do Norte. Trata-se de uma propriedade com aproximadamente 6 km² de área e vinte e sete corpos pegmatíticos. Trabalhos exploratórios realizados em três desses corpos pela empresa First Choice, no período 2001/2002, estimou reservas provadas e prováveis de 167 mil toneladas com um teor médio de 432 g/t Ta₂O₅. Por volta de 2006, a empresa St Andrews Mining detinha a opção para exploração desse prospecto e desenvolvia estudos de viabilidade objetivando a produção inicial de 35.000 toneladas de Ta₂O₅ por um período de 3 anos, de acordo com o sumário mineral brasileiro.

Com toda essa análise da conjuntura e importância do minério de tântalo, esse presente trabalho serve como passo inicial para caracterizar o presente minério extraído no município de Cachoeira do Sapo/RN, a fim de possibilitar futuras análises e sínteses químicas como meio alternativo na produção de novos materiais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A amostra de tantalita foi homogeneizada por meio de sucessivos quarteamentos empregando-se o método do cone, até se chegar uma massa aproximada de 2.000 g.

Em seguida foi empregado um quarteador do tipo Jones para realizar a redução da quantidade de amostra a ser pulverizada. O quarteamento, nesta etapa, foi efetuado até se obter cerca de 200 g de material a ser trabalhado.

Em seguida a fração separada da amostra original foi passada em um britador de mandíbulas para redução de tamanho das partículas. Na redução promovida em seguida foi empregado um moinho de rolos. A moagem no moinho de rolos foi considerada satisfatória quando cerca de mais de 95% da alíquota estava constituída de partículas passante em peneira 400 mesh. Esta granulometria é a recomendada para a maior parte das análises efetuadas com maior eficiência de caracterização devida uma maior superfície de contato do mineral.

Empregou-se para esta análise o espectrômetro de fluorescência de raios-X sequencial PANALYTICAL (PHILIPS) PW-2400, pertencente ao Laboratório de Raios-X do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – Câmpus Natal Central (IFRN – NATAL CENTRAL) e os respectivos acessórios de preparação de amostras para análise. Os dados obtidos foram interpretados com o software SemIO PW2452 versão 2.10 fornecido pelo fabricante do equipamento. A amostra foi prensada em matriz de ácido bórico na forma de pastilha e levadas ao aparelho para análise. A análise forneceu a composição química do material, de maneira qualitativa, indicando todos os elementos presentes na amostra. Este resultado serviu de orientação para se proceder a análise quantitativa dos elementos químicos presentes na amostra.

Empregou-se para esta análise o difratômetro de raios-X para amostras em pó, marca Philips (Panalytical), sistema X'Pert-APD, controlador PW 3710/31, gerador PW1830/40, goniômetro PW 3020/00, pertencente ao Laboratório de Raios-X do IFRN – NATAL CENTRAL, e os respectivos acessórios de preparação de amostras para análise.

As amostras foram prensadas para a confecção de pastilhas e levadas ao aparelho para análise. Os dados gerados foram interpretados empregando-se o software X'Pert High Score versão 2.1 fornecido pelo fabricante do aparelho. O emprego desta técnica possibilitou a identificação das fases minerais presentes nas amostras em conjunto com os demais resultados obtidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Enzweiker (2010) o reconhecimento da composição elementar dos minerais é de grande interesse para estudos de caráter da Ciência e Engenharia de Materiais, na medida em que possibilita o estabelecimento de nexos entre a procedência, a tecnologia dos materiais e as técnicas de



fabricação dos manufatos. A avaliação qualitativa dos materiais compõe um objeto, propiciada pelas análises elementares, permite, por exemplo, que se distingam as partes não pertencentes a uma determinada estrutura original (os refazimentos) e, em alguns casos, auxiliam também na identificação de falsificações. A análise por Fluorescência de Raio-X (FRX) foi importante nesse trabalho, pois ter um conhecimento prévio do material que seria analisado, pode selecionar com mais exatidão as suas possíveis substâncias constituintes, a tabela 2 demonstra a análise feita do material recolhido para análise em Cachoeira do Sapo/RN.

Tabela 2 - Percentual dos elementos constituintes da amostra avaliada por FRX.

Ta ₂ O ₅	34.730 %	(0.068)	Quan-FP	TaLa	131.5508
Fe ₂ O ₃	25.693 %	(0.041)	Quan-FP	FeKa	191.6746
TiO ₂	23.124 %	(0.064)	Quan-FP	TiKa	63.5167
NbO	8.574 %	(0.014)	Quan-FP	NbKa	178.7739
MnO	3.057 %	(0.016)	Quan-FP	MnKa	19.6116
I	0.084 %	(0.011)	Quan-FP	I Ka	0.2362

A presente tabela demonstra valores em porcentagem dos óxidos presentes na amostra do mineral, com uma quantidade expressiva de óxidos de tântalo, ferro e titânio em seguida com o de nióbio. Uma pequena e inexpressiva quantidade de iodo.

Segundo Osabor (Vol. 3 (5), pp. 079-085, 2009) desde a descoberta da estrutura cristalina por Max von Laue em 1912, a técnica de difração de raios-X evoluiu rapidamente como um método eficiente e preciso para uso em pesquisa científica e tecnológica, e para ensaios não destrutivos em aplicações industriais. Na atualidade, é a única técnica para a determinação precisa de estruturas cristalinas simples (como é o caso de materiais inorgânicos), e estruturas complexas, tais como, proteínas e vírus (p. ex., a estrutura do vírus da AIDS), e também para diversas outras aplicações, como a visualização direta de defeitos cristalinos e quantificação em tempo real da dinâmica de fenômenos ultrarrápidos.

A Difractometria de Pó ou Difractometria θ - 2θ utiliza amostras policristalinas ou em forma de pó. O fenômeno da difração é regido pela lei de Bragg: $2 d_{hkl} \sin \theta = n\lambda$, (1) onde, d_{hkl} é o espaçamento interplanar dos planos difratantes com índices de Miller (hkl), θ é o ângulo de Bragg, λ é o comprimento de onda da radiação, e n pode assumir números inteiros 1, 2, 3,

Por outro lado, o espaçamento interplanar d_{hkl} para o caso de uma estrutura cúbica está relacionado com o parâmetro de rede (a_0) e com os índices de Miller (hkl) da seguinte forma: $d_{hkl}^2 = a_0^2 / (h^2 + k^2 + l^2)$ (2).

O diagrama obtido com difratometria de raios-X revela a intensidade e a posição angular dos perfis que correspondem cada qual à família de planos (hkl). A partir da posição angular (2θ) do pico de cada perfil, podemos obter o espaçamento d_{hkl} usando a Lei de Bragg, de acordo com Skoog (2008).

Da mesma forma que a não coincidência da impressão digital de uma pessoa para outra, sabe-se que a relação das distâncias interplanares e das intensidades de difração não se repetem para as centenas de milhares de estruturas cristalinas, ou seja, de um material para outro (ou das diferentes fases cristalinas). O método de caracterização por difração de Raios-X, permite a identificação das fases cristalinas “desconhecidas”. Considerando as intensidades I_1 , I_2 , e I_3 dos três perfis mais intensos, e as respectivas distâncias interplanares d_1 , d_2 , e d_3 , o software instalado no equipamento de difração permite a busca e a identificação deste “desconhecido”. No entanto, se faz necessário o prévio conhecimento dos constituintes da amostra que será caracterizada por difração, afim de que seja feito o refinamento mais preciso das fases cristalinas, evitando assim erros de interpretação.

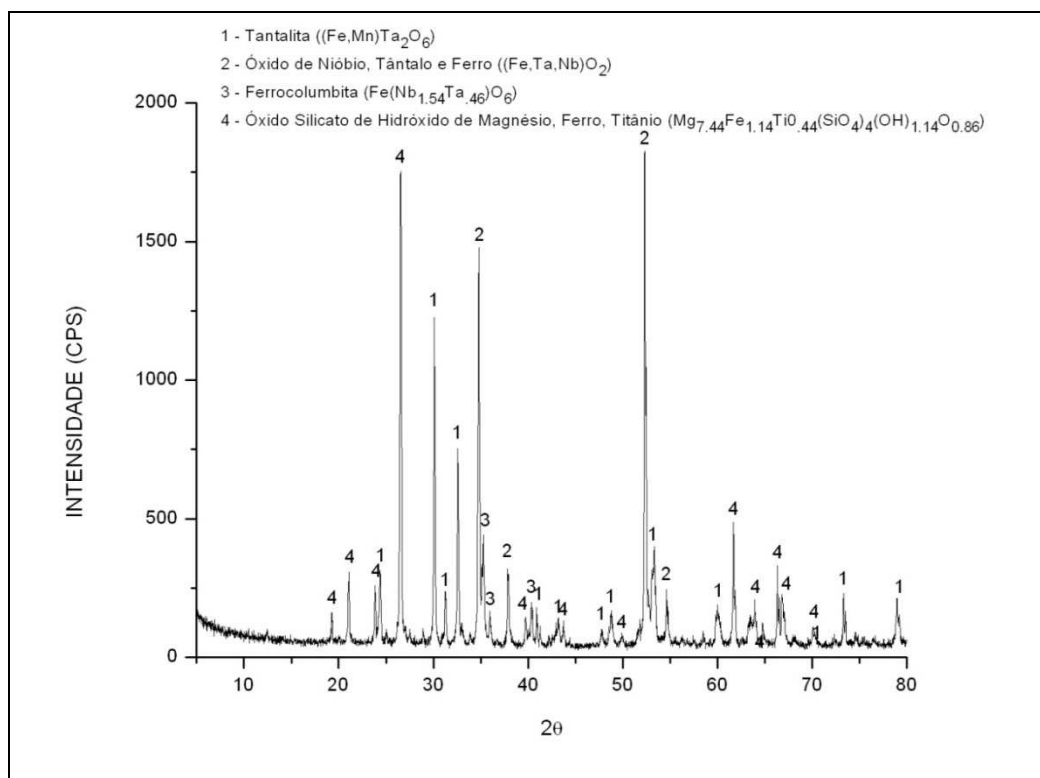


Figura 1 - Difratoograma da amostra do minério de tântalo

Fazendo a interpretação do difratograma, podemos fazer a seguinte análise: Há uma maior presença de óxidos na amostra, assim como a tantalita e a ferrocolumbita estão em menores proporções seguidos na comprovação pelos picos de intensidade (CPS).

6. CONCLUSÕES

As análises de fluorescência de raios-X aliada à difração de raios-X fornecem como resultados as fases presentes na amostra e a relação dos elementos constituintes da mesma com a sua proporção na forma de óxidos. Através da combinação da análise química, qualitativa e quantitativa, têm-se informações suficientes para determinar a composição das fases presentes nas amostras, o que foi observado durante a realização dessa análise.

Os resultados de caracterização física e mineralógica da amostra de tantalita estudada permitiram extrair as seguintes conclusões.

O espectro do difratograma de raios-x permitiu verificar que a tantalita apresentou características mineralógicas típicas de uma mistura de minerais onde não se encontra uma classificação na literatura definida, mas podemos nomeá-la de ferro-tantalita.

Os resultados de análise por Fluorescência de raios-X mostraram que os teores dos elementos principais da composição são o óxido de tântalo, ferro, titânio e nióbio.

Logo, a amostra analisada não se encontra em coerente definição de tantalita e sim uma mistura de óxidos predominando o tântalo, ferro e titânio.

REFERÊNCIAS

Anuário Mineral Brasileiro. Brasília: DNPM - 1971 a 2006.



Anuário da Indústria Brasileira de Ferro – Ligas. São Paulo, ABRAFE, Ano 2008.

Anuário da Indústria Siderúrgica Brasileira. Rio de Janeiro: IBS. 1985 – 2008.

Balanco Mineral Brasileiro. Brasília: DNPM – 1988/ 2001.

Sumário Mineral Brasileiro. Brasília: DNPM – 1997/2008.

USGS. U.S. **Geological Survey, Mineral Commodity Summaries.** January, 2009 U.S. Geological Survey Minerals Yearbook, 2006.

ENZWEILER, J. **Espectrometria de Fluorescência de Raios X. UFPR,2010.** Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/nunesgg/CQ027/CQ027>. Acesso em 26/06/2012.

FRANÇA, Júnia Lessa. **Manual para normalização de publicações técnico científicas.** 3º ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996. ISBN 85-7041-153-7.

Osabor, V. N.; Okafor, P. C.; Ibe, K. A. and Ayi, A. A.; **Characterization of clays in Odukpani, south eastern Nigerai.** Afr. J. Pure Appl. Chem., Vol. 3 (5), pp. 079-085, 2009.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, J.; CROUCH, S.R. **Fundamentos de química analítica.** 8.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. pag. 782-793.