

ESTUDO DOS PEGMATITOS DA PROVÍNCIA DA BORBOREMA – PARAÍBA: MINERAIS E MINÉRIOS DE INTERESSE TECNOLÓGICO

Belarmino Barbosa Lira ¹

Gicélia Rodrigues ²

Lupercio Luizines Cavalcanti Filho ³

Vivian Stumpf Madeira ⁴

Jackson Emanuel de Luana Comboim ⁵

Resumo

Os pegmatitos da Província Borborema do Nordeste do Brasil são ricos em minerais industriais e metálicos, constituídos basicamente por minerais de columbita-tantalita, caulim, quartzo, feldspato e mica. A área objeto de pesquisa deste trabalho foi o município de Juazeirinho-PB, com destaque para os pegmatitos Facheiro, Mina Velha e Mina do Meio cujos direitos minerais são da Empresa de Mineração Minérios e Granito do Nordeste MINEGRAN. A natureza destes Pegmatitos foi analisada através das observações em campo, levantamentos topográficos, mapeamentos geológicos, excursões de trincheiras e sondagens. Observou-se que os pegmatitos presentes na região seguem uma orientação nordeste o que facilitou a pesquisa mineral. A metodologia da pesquisa mineral constatou a presença de inclusões pegmatíticas com ocorrência dos minerais referenciados. As análises químicas mostraram quantidades significativas de Tântalo e Nióbio nos concentrados. Isto ressalta que as ocorrências minerais presentes nesta região podem fornecer matéria-prima para diversos fins tecnológicos.

Palavras-chave: Columbita-tantalita; Pegmatitos; Pesquisa mineral.

STUDY OF PEGMATITES OF BORBOREMA PROVINCE – PARAÍBA: MINERALS AND MINERAL OF INTEREST TECHNOLOGICAL

Abstract

The Borborema Pegmatite in northeastern Brazil are rich in industrial and metallic minerals, composed primarily of minerals columbite/tantalite, kaolin, quartz, feldspar and mica. The search area object of this study was the municipality Juazeirinho-PB, especially the pegmatites Facheiro, Mina Velha e Mina do Meio whose mineral rights are mineral company Ores and Northeast Granite MINEGRAN. The nature of these pegmatites was analyzed through field observations, topographic survey, geological mapping, executions of trenches and probing. It was observed that the pegmatite presents in the region follow a northeast direction which facilitated minerals search. The minerals search methodology held in this work confirmed the presence of inclusions in the pegmatite with occurrence of the referenced minerals. The chemical analysis showed significant quantity of Tantalum and Niobium in the concentrated. This highlights that this mineral occurrence in this region is of excellent quality and can provide raw material for several technological function.

Keywords: Columbite/Tantalite; Pegmatites; Minerals search.

I INTRODUÇÃO

A Faixa do Seridó, localizada na Província Borborema do Nordeste do Brasil, é bastante conhecida pelas riquezas dos recursos minerais que estão presentes nas rochas

pegmatíticas. Os pegmatitos são rochas com granulometria extremamente grossas geralmente relacionadas com sua gênese e com grandes massas de rochas plutônicas. Estas

¹Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, PB, Brasil.

²Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, PB, Brasil. E-mail: gicelia_2@yahoo.com.br

³Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental – PPGECA, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Caruaru, PE, Brasil.

⁴Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, PB, Brasil.

⁵Minagran Mineração Ltda., Juazeirinho, PE, Brasil.



rochas são encontradas como veios e diques atravessando as rochas existentes como o xisto, como também, podem ocorrer associados aos granitos, os quais são denominados de Pegmatitos Graníticos. Os pegmatitos são ricos em minerais industriais e metálicos, tais como, feldspato, quartzo, mica, caulim, tantalita, columbita e em menores quantidades o espodumênio, as terras raras (Be, Ta-Nb) [1-3], minerais radiativos e monazita. Nos depósitos na Província da Borborema analisados encontram-se proporções de aproximadamente 10%, 35%; 50% e 2% dos minerais industriais mica, quartzo, feldspato, caulim respectivamente, e os restantes compõem dos minerais metálicos. Neste trabalho são abordadas as ocorrências dos minerais columbita-tantalita provenientes de três pegmatitos.

A columbita-tantalita constitui uma solução-sólida onde ocorre a substituição entre Nb e Ta, e entre Fe e Mn, e a composição química varia entre a columbita pura $[(Fe,Mn)Nb_2O_6]$ e a tantalita pura $[(Fe,Mn)Ta_2O_6]$, possuindo ainda ferro-columbita $(FeNb_2O_6)$, mangano-columbita $(MnNb_2O_6)$, ferro-tantalita $(FeTa_2O_6)$ e mangano-tantalita $(MnTa_2O_6)$ como termos intermediários. No grupo da columbita-tantalita inclui-se também a magnésio-columbita $[(Mg,Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6]$ [4] e pequenas quantidades de Sn, W e U [5,6]. A columbita e a tantalita apresentam propriedades físicas semelhantes, com sistema cristalino ortorrômbico bipiramidal, exibindo cristais com forma prismática curta (tantalita) e tabular delgada (columbita). Esses minerais podem apresentar hábito maciço, granular e tabular. Possuem cor preta, brilho submetálico e traço castanho escuro. São translúcidos a opacos e apresentam clivagem [010] distinta. A densidade relativa da columbita-tantalita oscila entre 5,2 g/cm³ (columbita) e 7,9 g/cm³ (tantalita), variando de acordo com sua composição química, sendo tanto maior quanto maior for o teor de Tântalo presente. Excepcionalmente, a densidade pode ultrapassar esse limite superior com o aumento significativo de Fe (ferro-tantalita, $d = 8,2 \text{ g/cm}^3$) ou Mn (mangano-tantalita, $d = 8,1 \text{ g/cm}^3$) na composição da série columbita-tantalita, ou ficar abaixo do limite inferior com a presença de Mg (magnésio-columbita, $d = 5,04 \text{ g/cm}^3$) [4-6]. Mundialmente as reservas e recursos de Nióbio e Tântalo estimados são suficientes para atender à demanda global, possivelmente os próximos 500 anos. A abundância média de Nióbio e Tântalo na crosta continental em volume é baixo, com 8,0 partes por milhão (ppm) de Nióbio e Tântalo 0,7 ppm [7]. No âmbito mundial, o Brasil ocupa posição de destaque na mineração de tantalita, com reserva de Tântalo de 61% [8]. A produção primária de Nióbio ou Tântalo nos Estados Unidos não tem sido relatada desde o final de 1950; no entanto, este país precisa cumprir com as suas atuais e futuras necessidades esperadas, e isto pode ser feito através da importação de concentrados de minerais primários [7]. O Tântalo (Ta) está presente em rochas graníticas/pegmatito e alcalino, que ocorre principalmente na estrutura dos minerais da série columbita-tantalita. O principal uso do Tântalo é na forma de óxido, porém atualmente uma das maiores aplicações

deste metal são na fabricação de componentes eletrônicos, como também em superligas, no metal carboneto para indústria de ferramentas metálicas, produtos metálicos para as indústrias médicas e químicas [9, 10]. O Nióbio e Tântalo não ocorrem naturalmente como metais puros, mas estão concentrados em óxido e hidróxidos raros e em poucos minerais de silicatos raros [7]. Geralmente o Tântalo é encontrado na natureza associado ao Nióbio e devido às semelhanças entre as suas propriedades físico-químicas a separação desses elementos requer técnicas mais eficaz, tais como, a lixiviação ácida. Assim como o Tântalo o Nióbio tem despertado grande interesse industrial, devido a sua excelente resistência à corrosão. De um modo geral, o preço do Tântalo é estabelecido em contratos de longo prazo cotados em US\$/lb de Ta₂O₅ contido no concentrado com um mínimo de 60% de Ta₂O₅ [7]. Trata-se de um mercado no qual os preços são estabelecidos de acordo com cada transação [8]. Devido ao grande crescimento na produção de celulares, computadores e equipamentos eletrônicos e de comunicação geral o preço do Tântalo aumentou significativamente. As flutuantes condições de mercado causadas pela crise econômica mundial, guerra, mudanças políticas, desastres naturais, questões ambientais e manipulação do mercado, diversas operações foram interrompidas em vários locais de produção, e futura instabilidade econômica tem o potencial de gerar problemas de abastecimento. O Brasil, Canadá e Austrália são os principais produtores mundiais de Nióbio e Tântalo concentrados. O Brasil produz a maior quantidade de concentrados minerais de Nióbio cerca de 90%, enquanto a Austrália e o Brasil juntos possuem a maior produção de Tântalo nos concentrados minerais. Com base neste contexto, o Brasil apresenta-se como um grande produtor para exportar os seus concentrados minerais. Especificamente, neste trabalho são apresentados dados das amostras de três pegmatitos que contêm minerais contendo, Tântalo e Nióbio, coletadas nos pegmatitos que ocorrem no município de Juazeirinho localizados na região central-norte do Estado da Paraíba, Mesorregião da Borborema e Microrregião Seridó Oriental Paraibano.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Registros Gráficos dos Pegmatitos

A Figura 1 mostra o aerogamaespectrometria dos corpos pegmatíticos tridimensional, como também as suas imagens. Os tons intensos em vermelhos indicam a ocorrência de altos teores do minério, as fotografias revelam, visualmente, a homogeneidade da composição destas rochas. As pesquisas mostram que as rochas pegmatíticas encontram-se encaixadas no Xisto o que influencia a forma com predominância tabular, conforme se pode observar na Figura 2 o contato do xisto com a rocha mineralizada no pegmatito Facheiro.

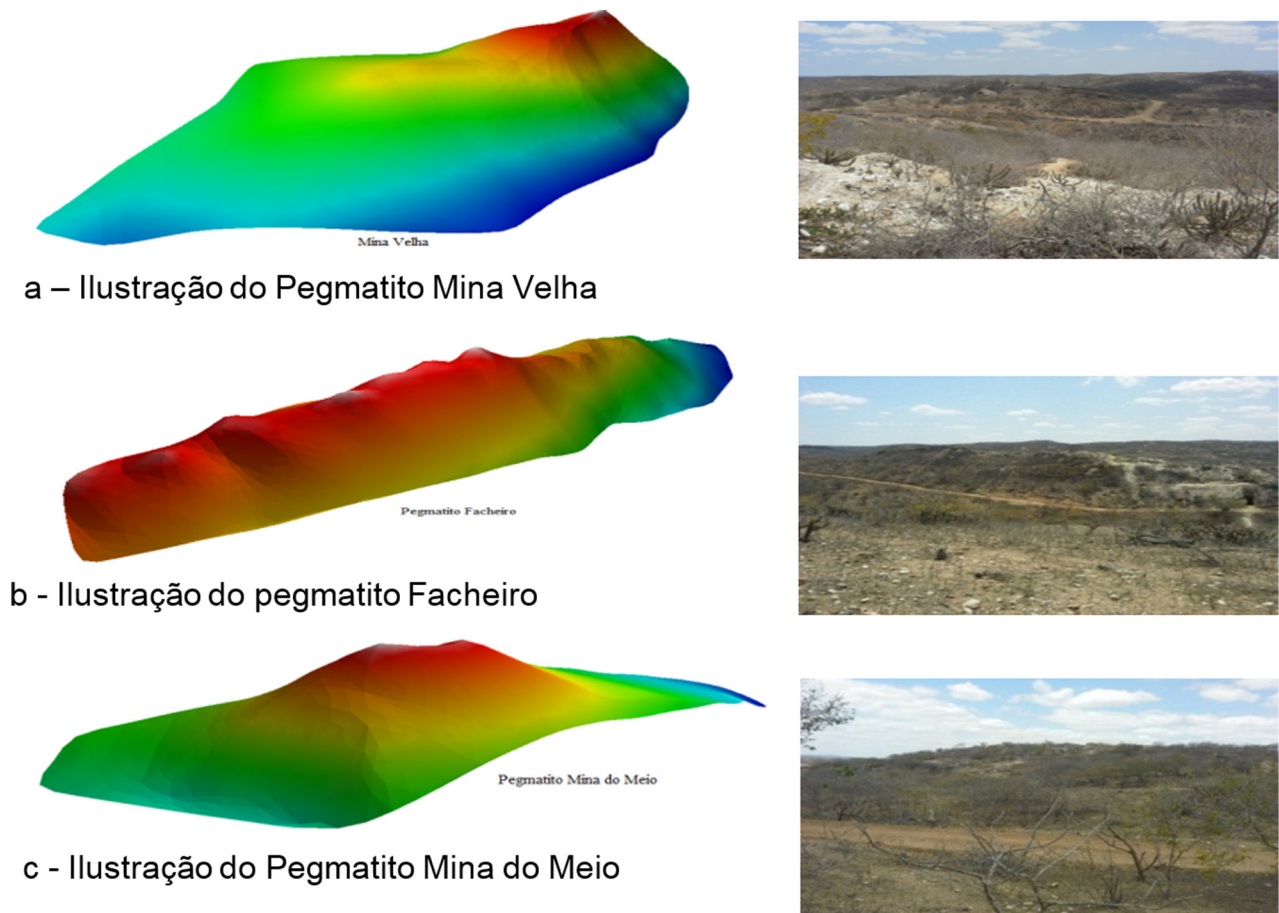


Figura 1. Fotografias e ilustrações dos perfis dos três pegmatitos em referência, denominados Mina Velha (a), Facheiro (b) e Mina do Meio (c).



Figura 2. Contato Xisto/Rocha mineralizada no pegmatito Facheiro.

2.2 Amostragem

Os trabalhos de amostragem foram realizados avaliando a natureza dos Pegmatitos, as observações de campo, os levantamentos geológicos e topográficos. A determinação do teor de minério Tantalita/Columbita na jazida foi realizada a partir do minério coletado, utilizando de três métodos de amostragem:

O primeiro foi amostragem de canal para retirada de materiais potencialmente portadores de minerais metálicos (Feldspatos tantalíferos). Este procedimento foi realizado nas paredes das trincheiras realizadas nos pegmatitos em

referência e ilustrados nas Figura 3a-c, utilizando-se ferramentas manuais de corte para extração de amostras em canais com aproximadamente 20 cm de largura e 10 cm de penetração na rocha conforme ilustra a Figura 3d. Em função do volume reduzido da rocha que representa este modelo de amostragem, todo material foi coletado, identificado, pesado, cominuído abaixo de 2 mm e processado em bateia para obter um concentrado dos minerais metálicos.

O segundo procedimento foi amostragens nos pisos das trincheiras. Este método foi realizado com auxílio de uma escavadeira modelo 230 da Hyundai, sendo extraído o minério a uma profundidade de aproximadamente 40 cm na rocha alterada. Quando necessário utilizou-se uma perfuratriz tipo Rh 658 acoplada a um compressor, seguida de pequena detonação para fragmentação e retirada das amostras. O terceiro procedimento está relacionado ao desmonte com explosivo, o transporte, e o manuseio. As amostras dos materiais foram coletadas com auxílio de uma retro escavadeira e caminhões com 5m³ de volume.

Os materiais amostrados foram conduzidos ao pátio das instalações da Planta Piloto da Empresa MINEGRAN, localizada na Fazenda Maria Gouveia nas proximidades à área da pesquisa, a uma distancia de 5,5 km e depositado em pilhas individuais preservando a identidade de suas origens. Para obtenção do concentrado metálico, todas as amostras dos

pegmatitos foram processadas separadamente na usina piloto. O material após ser fragmentado utilizando um moinho de martelo na granulometria inferior a 2 mm foi processado na usina piloto e concentrado utilizando jigs e mesas vibratórias. Os concentrados gravimétricos ainda passaram por uma separação magnética para retirar impurezas como os óxidos de ferro. O concentrado final foi enviado para as análises químicas por fluorescência de raios-X.

A Tabela 1 mostra as coordenadas geográficas e dimensões de uma das trincheiras executadas nos pegmatitos Mina Velha (a), Mina do Meio (b) e Facheiro (c). A largura e altura média foram mantidas em todas as trincheiras de aproximadamente 1,2 m e 1,5 m respectivamente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 mostra a localização da área com o levantamento altimétrico objeto da pesquisa situada no Município de Juazeirinho – PB. Este município é o maior do

estado da Paraíba, possui uma população de 17.737 habitantes, área territorial de 467,526 Km² e densidade demográfica 35,88 hab / Km² IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) [11]. Os trabalhos da pesquisa, direcionados para as ocorrências pegmatíticas em referência são baseadas no levantamento topográfico e geológico e tiveram como resultados uma redução da área inicial requerida conforme mostra a Figura 5.

A Figura 5 mostra o mapa de localização das ocorrências dos pegmatitos pesquisados com destaque para os pegmatitos Facheiro, Mina Velha e Mina do Meio. Levando em consideração este mapa foi possível observar que os pegmatitos presentes nesta região seguem uma orientação Nordeste, o que facilita a pesquisa mineral e a lavra. A Tabela 2 mostra as dimensões destas reservas, áreas e volume de cada pegmatito analisado com a densidade do minério de aproximadamente de 26 t/m³. Verifica-se na Tabela 2 que o volume total, levando-se em consideração os três pegmatitos, corresponde à reserva medida de



Figura 3. Trincheiras executadas transversalmente aos pegmatitos: Mina Velha (a), Mina do Meio (b) Facheiro (c) e ilustração da amostragem em canal (d).

Tabela 1. Coordenadas geográficas e dimensões das trincheiras indicadas: Mina Velha (A), Mina do Meio (B) e Facheiro (C)

Pegmatito	Latitude das Trincheiras		Comprimento	Dimensões (metros)	
	Sul	Oeste		Largura	Altura
Facheiro	06° 54' 40,49"	36° 34' 31,94"	38,40	1,2	1,5
	06° 54' 39,09"	36° 34' 30,49"			
Mina do Meio	06° 54' 49,65"	36° 34' 21,87"	54,90	1,2	1,5
	06° 54' 51,82"	36° 34' 21,65"			
Mina Velha	06° 54' 35,09"	36° 33' 34,47"	91,4	1,2	1,5
	06° 54' 34,89"	36° 33' 36,37"			

Tabela 2. Dimensões das reservas medidas

Descrição	Área (m ²)	Profundidade média (m)	Volume (m ³)
Facheiro I	36.798,77	12,86	473.110,00
Mina do Meio	37.563,93	8,54	320.650,00
Mina Velha	41.110,37	13,91	571.710,00
Reserva Medida			1.365.470,00

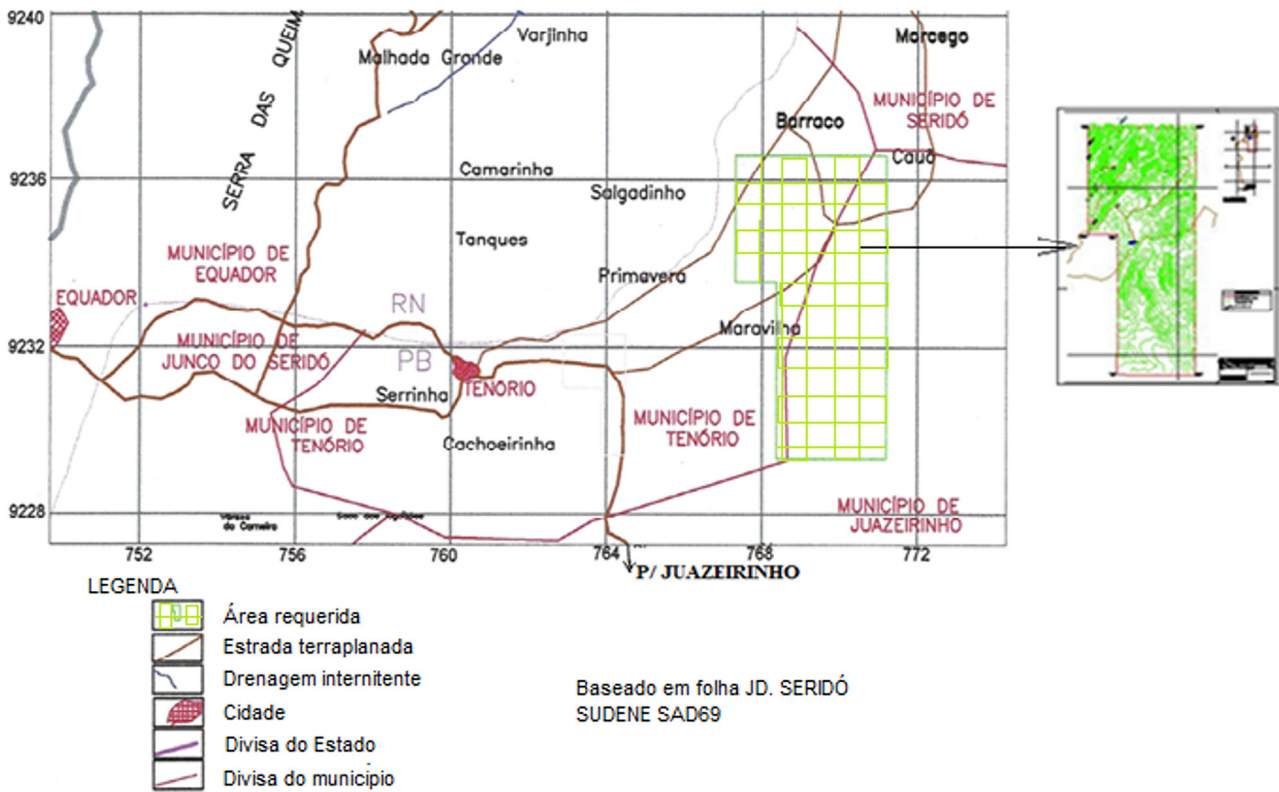


Figura 4. Localização da poligonal inicial da pesquisa mineral na Fazenda Primavera situada no Município de Juazeirinho.

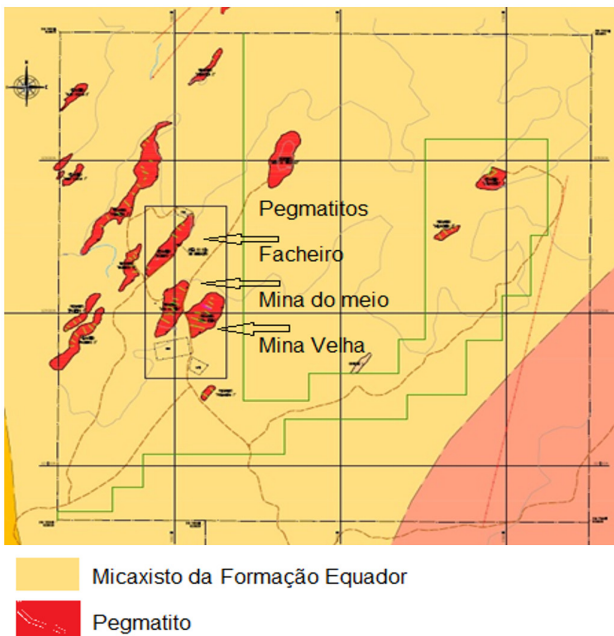


Figura 5. Mapa de localização da ocorrência dos pegmatitos pesquisados com destaque para os pegmatitos Facheiro, Mina Velha e Mina do Meio.

aproximadamente 1.365×10^3 metros cúbicos o que ilustra o potencial mineral dos pegmatitos pesquisados.

As análises químicas de fluorescência de raios-X foram realizadas no Laboratório de Ensaios e Materiais de Estruturas (LABEME), localizado na Universidade Federal a da Paraíba

(UFPB). A Figura 6 mostra graficamente os resultados da análise de fluorescência de raios-X (FRX) das amostras de ocorrências na Mina Velha, Facheiro e Mina do Meio. Através destes resultados observa-se que as composições presentes nas amostras são semelhantes, com quantidade significativa de Tântalo e Nióbio. Isto ressalta que as reservas minerais presentes nos pegmatitos da região apresentam um aporte mineral com possibilidade de se instalar uma lavra com viabilidade econômica.

Observa-se que os pegmatitos apresentam os teores de Ta e Nb diferenciados, porém um compensa o outro, uma vez que, a Mina do Meio destaca-se pelo teor próximo a 47% de Ta_2O_5 , porém o volume de rocha é inferior ao do Facheiro e Mina Velha. Estas características ressaltam que os três pegmatitos apresentam potencial dos minerais constituintes quando o volume da rocha compensa o teor. Com relação a concentração destes minerais metálicos verifica-se que o “mog” de moagem apresenta-se em torno de dois milímetros, que pode ser atingido com britadores semi-autógenos de eixo vertical operando a seco, com a vantagem da redução do consumo de água na usina em uma região do semiárido. Os rejeitos dos minerais metálicos gerados na etapa de concentração gravimétrica são compostos basicamente de mica, feldspato e quartzo. Estes minerais podem ser separados, utilizando técnicas de classificação concentrar a mica e flotação reversa para separar o quartzo do feldspato, uma vez que, o quartzo apresenta maior facilidade de flotação em relação ao feldspato. Desta forma

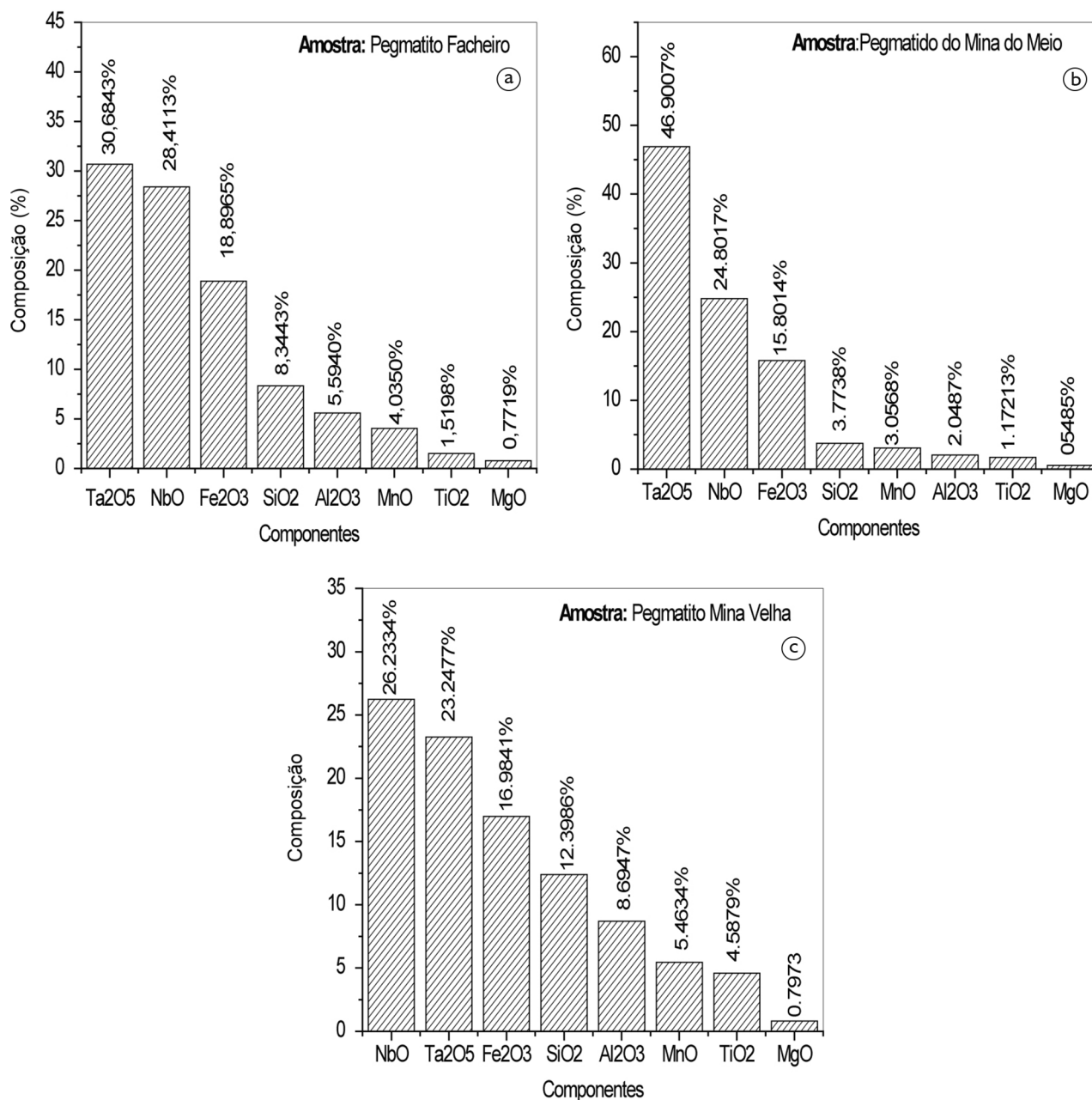


Figura 6. Composição das amostras de minério presentes na região Facheiro (a), e Mina do Meio (b) Mina Velha (c).

não há praticamente rejeito na unidade de processamento e grande parte da água utilizada nesta etapa de concentração física pode ser reutilizada através da reciclagem e barragem de rejeito. A polpa final não afeta o meio ambiente, visto que, a concentração física dos minerais utiliza técnicas que não agridem o meio ambiente, com exceção da flotação, a qual não apresenta grande impacto ambiental devido à baixa quantidade de reagentes utilizados na ordem de gramas por toneladas. Com relação ao impacto ambiental na topografia da área os pegmatitos em referencia são aflorantes, ou seja, na superfície e a extração do mesmo praticamente irá nivelar o terreno, entretanto, no desenvolvimento da lavra deve-se identificar depósitos estendidos em maiores profundidades.

Neste caso, a lavra a céu aberto pode promover uma depressão que pode ser recompensada pelo preenchimento com o xisto reduzindo o impacto ambiental.

4 CONCLUSÕES

A região do Seridó apresenta formação geológica com grande potencial para extração de recursos minerais. Os dados apresentados destacaram que os pegmatitos presentes nesta região possibilitam uma atividade mineral com viabilidade econômica, que certamente esta atividade deve focar nos minerais metálicos e industriais com maior valor

agregado. Levando-se em consideração o mapa de localização das ocorrências dos pegmatitos é possível observar que os pegmatitos presentes nesta região seguem uma orientação nordeste, o que facilita a pesquisa mineral e a lavra. O volume dos três pegmatitos em análise soma 1.365.470 (um milhão trezentos e sessenta mil e quatrocentos e setenta) metros cúbicos o que corresponde a 3.550.222 (três milhões quinhentos e cinquenta mil e duzentos e vinte dois) toneladas. Salienta-se que esta tonelagem corresponde à reserva medida, o que demonstra o potencial mineral da região. Considerando que o teor de tantalita-columbita na ordem de 2% implica em uma reserva medida de aproximadamente 27.000 (vinte

sete mil) toneladas de minerais metálicos tantalita-columbita. Logo, ressalta-se que o desmonte integral destes pegmatitos aponta para uma lavra integral do pegmatito com viabilidade econômica, devido à ocorrência de teores consideráveis de tantalita-columbita associado aos minerais indústrias que correspondem mais de 90% da massa da rocha pegmatítica. Diante destes dados, acredita-se que a região do Seridó, especificamente o município de Juazeirinho – PB apresenta-se como promissora para produzir concentrados minerais de óxido de tântalo e nióbio (em proporções modestas) e os feldspatos, quartzo e mica em quantidades consideráveis.

REFERÊNCIAS

- 1 Silva AMP, Costa AP, Ferreira FJF, Beurlen H, Silva AM, Santos LF. Espectrometria de raios gama de granitos pegmatíticos da Província pegmatítica da Borborema (PPB), nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*. 2010;28(4):673-690.
- 2 Trumbull RB, Beurlen H, Wiedenbeck M, Soares DR. The diversity of B-isotope variations in tourmaline from rare-element pegmatites in the Borborema Province of Brazil. *Chemical Geology*. 2013;352:47-62.
- 3 Lima TM, Neves CAR. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário mineral. Brasília: DNPM; 2013.
- 4 Foucault A, Raoult JF. *Dictionnaire de géologie*. 4. ed. Paris: Masson; 1995.
- 5 Dana JD, Hurlbut CS Jr. *Manual de mineralogia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos; 1976. v. 1.
- 6 Gaines RV, Skinner HCW, Foord EE, Rosenzweig A. *Dana's new mineralogy*. 8. ed. New York: John Wiley & Sons; 1997.
- 7 Schulz K, Papp J. Niobium and tantalum – indispensable twins [online]. U.S. Geological Survey Fact Sheet; 2014 [acesso em 19 jun. 2015]. Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/fs/2014/3054/pdf/fs2014-3054.pdf>
- 8 Lima JMG. Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010-2030) de geologia, mineração e transformação mineral. Brasília: Ministério de Minas e Energia; Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral; 2009.
- 9 Sousa RMF, Silva TAR, Almeida JC, Guerra W. Tântalo: breve histórico, propriedades e aplicações. *Educación en la Química*. 2013;24(3):343-346.
- 10 Melcher F, Graupner T, Gäbler HE, Sitnikova M, Henjes-Kunst F, Oberthür T, et al. Tantalum-(niobium-tin) mineralisation in African pegmatites and rare metal granites: constraints from Ta-Nb oxide mineralogy, geochemistry and U-Pb geochronology. *Ore Geology Reviews*. 2015;64:667-719.
- 11 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. NOTA 1: Estimativas da população residente com data de referência 01 de julho de 2014 [online]. Brasília: Diário Oficial da União; 2014 [acesso em 28 jul. 2015]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2014>

Recebido em: 27 Jul. 2015

Aceito em: 25 Nov. 2015