

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO REJEITO MAGNÉTICO DA FRENTE
DE LAVRA PAULO AMÂNCIO, MINA DE BOM FUTURO, RONDÔNIA**

Fábio de Jesus Moreira Júnior

Orientador: Prof. Dr. Washington Barbosa Leite Jr

Rio Claro (SP)

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

Fábio de Jesus Moreira Júnior

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DOS REJEITOS
MAGNÉTICOS DA FRENTE DE LAVRA PAULO AMÂNCIO,
BOM FUTURO, RONDÔNIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Geólogo.

Rio Claro - SP

2021

Fábio de Jesus Moreira júnior

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DOS REJEITOS
MAGNÉTICOS DA FRENTE DE LAVRA PAULO AMÂNCIO,
MINA BOM FUTURO, RONDÔNIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Geólogo.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Washington Barbosa Leite Jr (orientador)

Geólogo Renato Muzzolon

Msc. Bruno Leonelo Payolla

Rio Claro, ____ de _____ de 2021.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

Agradecimentos

Primeiramente quero agradecer aos meus pais, Fábio e Mary, por todo apoio em tudo que eu quis fazer na minha vida. Batalharam pra me dar condições de estudar e conseguir entrar numa faculdade pública que eu tanto sonhava. Não fosse por eles eu jamais teria conseguido chegar onde estou agora. Também gostaria de agradecer a minha irmã, Júlia, que foi um grande presente em minha vida, que me apoiou e que tem tudo para ser uma grande mulher.

Em segundo lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Washington, professor muito comprometido com o que faz e com o ensino, sempre deixando claro de como é importante ter comprometimento com as coisas. Agradeço pelo apoio nesses dias difíceis que o mundo está passando.

Agradeço também ao técnico do MEV, Daniel, por ter ajudado no que foi preciso para elaboração de amostras, abertura do laboratório quase todos os dias de manhã.

Gostaria de agradecer todos meus amigos da Turmalinda 2015, uma turma excepcional, tanto nos estudos, quanto para o convívio e amizade.

Agradeço também a Larissa Carnicel que me ajudou e me apoiou nesses últimos dois anos e que está sempre do meu lado.

Agradeço também a minha segunda família, a República Fossa, e todos os moradores que já passaram e ainda estão comigo nessa casa e todos os agregados que eu tive o prazer de passar os melhores momentos da minha graduação.

Também agradeço a Bateria Porcaria, que foi minha terceira família, agradeço por tudo o que eu aprendi com todos que já passaram por ela e por terem confiado em mim para ser mestre e participar da gestão por tanto tempo. Levarei comigo todos os shows, ensaios, rolês para a vida inteira e podem sempre contar comigo para tudo.

Agradeço a todos os amigos que fiz durante todos esses anos, todas as conversas, rolês, momentos felizes, momentos tristes. Estes 6 anos em Rio Claro mudou a minha vida para sempre e sempre terei um carinho muito grande por todos que fizeram parte da minha vida neste período.

Por último agradeço a COOPERSANTA que cedeu o material para que fosse realizado o trabalho e ao Geólogo Renato Muzzolon.

Resumo – O depósito de estanho Bom Futuro está localizado no município de Ariquemes região centro-norte de Rondônia. O depósito é explotado tendo como a cassiterita, como principal minério. O Estado de Rondônia é considerado um dos principais produtores de estanho do Brasil e do mundo, sendo explotada os depósitos primários dos granitos e pegmatitos da Suíte Últimos de Rondônia e os depósitos secundários (pláceres) no morro Bom Futuro. O beneficiamento do minério gera um grande rejeito que despertou o interesse da mina como uma possível fonte de outros minerais de minério, como a ilmenita, minério de titânio. A partir deste interesse, foi concebida amostra da pilha de rejeitos da frente de lavra Paulo Amâncio, as quais foram classificadas em três amostras: (1) BF-RPA-1-B1 no qual foi passado o imã de mão fraco, (2) BF-RPA-1-B2, amostra retida no Frantz a 0,3 A e (3) BF-RPA-1-B3, amostra passante no Frantz. Foi realizado a caracterização mineralógica com foco em avaliar o teor de ilmenita e cassiterita que está indo para a pilha de rejeitos. Análises mostraram a presença de magnetita, ilmenita e cassiterita, sulfetos como pirita, pirrotita, galena e esfalerita, além de wolframita e zircão. O estudo mostrou que a ilmenita se mostra bastante atraída ao separador magnético Frantz regulado a uma amperagem de 0,3 A, ficando quase que totalmente retida e que o beneficiamento consegue recuperar boa parte da cassiterita, sendo esta encontrada em poucas concentrações no rejeito magnético.

PALAVRAS-CHAVE – Mina Bom Futuro. Caracterização Mineralógica. Rejeito Magnético. Ilmenita. Cassiterita.

Abstract - The tin deposit Bom Futuro is located in the Ariquemes, north-centre state of Rondônia. Since the 80s the deposit is explored having the cassiterite as the main ore. It is considered one of the main tin producers in Brazil and worldwide, being explored the primary deposits of granites and pegmatites of the Últimos de Rondonia suites and secondary deposits (placers) in the Bom Futuro hill. The processing of the ore generates a big tailings that sparked the interest of the mine as a possible source of other ore, such as ilmenite, titanium ore. From this interest, samples from the tailings pile of the Paulo Amancio mining front were designed and separated into three samples: (1) BF-RPA-1-B1 in which the weak hand magnet was passed, (2) BF-RPA-1-B2, sample retained in the Frantz at 0.3 A and (3) BF-RPA-1-B3, sample passing the Frantz. Mineralogical characterization was performed with a focus on evaluating the Ti and Sn content that is going into the tailings pile. Analysis showed the presence of magnetite, ilmenite and cassiterite, sulfides such as pyrite, pyrrhotite, galena and sphalerite, wolframite and zircon. The study showed that ilmenite is very attracted to the Frantz magnetic separator, regulated at an amperage of 0.3 A, and is almost totally retained, and that the processing of the ore is able to recover much of the cassiterite, which is found in low concentrations in the tailing.

KEY-WORDS – Bom Futuro Mine. Mineralogical Characterization. Mine Tailing. Ilmenite. Cassiterite.

LISTA DE ABREVIATURA DOS MINERAIS

Cst - Cassiterita

Gn – Galena

He – Hematita

Ilm – Ilmenita

Mag – Magnetita

Po – Pirrotita

Py – Pirita

Sp – Esfalerita

Usp – Ulvoespinélio

Wol – Wolframita

(WHITNEY & EVANS, 20010)

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização e vias de acesso para a mina de Bom Futuro. Retirado de Foster (2012).	10
Figura 2 - Divisão do Cráton Amazônico em sete províncias e cobertura fanerozóica. Retirado de Santos, 2003.	14
Figura 3 - Mapa da Província Estanífera de Rondônia, onde mostra as suítes intrusivas, granitos e coberturas fanerozóicas, além dos diversos garimpos em operação e desativados.	15
Figura 4 - Mapa geológico do Morro Bom Futuro (extraído de DIAS et al., 2013).	18
Figura 5 - Sacos de 6 kg que foram coletados das pilhas de rejeito do garimpo de Bom futuro. 20	
Figura 6 - Quarteador Jones utilizado para a redução de material.	20
Figura 7 - Jogo de peneiras utilizadas para o corte e separação das frações utilizadas no trabalho.	21
Figura 8 - Organograma do processo para a obtenção das seções B1, B2 e B3.....	21
Figura 9 - Microscópio eletrônico de Varredura com EDS acoplado modelo JEOL JSM-6010 LA.	22
Figura 10 - Fotomicrografias de cassiterita à nicóis descruzados em A e B mostrando cores cinza-médio e baixa refletância. Em (C) é possível observar as cores de reflexão interna marrons escuros e minerais de ganga transparentes. Em (D) é possível observar a cassiterita com cores de reflexão interna marrom-escuro na seção B2 junto com grãos de ilmenita.....	23
Figura 11 - Imagem do MEV mostrando dois grãos de cassiterita. à esquerda o grão está englobado junto a magnetita por limonita. À direita o grão está englobado por uma massa junto a ilmenita.....	24
Figura 12 – Fotomicrografia de ilmenitas: A) Ilmenita à nicóis descruzados com coloração cinza-acastanhado com as bordas um pouco alteradas; B) Ilmenita com um grau de alteração um pouco maior do que em (A); C) Grão de ilmenita à nicóis cruzados mostrando lamelas de intercrescimento em duas direções e C) Ilmenita a nicóis cruzados com lamelas de intercrescimento paralelas.	25
Figura 13 – À esquerda imagem do MEV de ilmenita mostrando grão de alteração. As bandas mais escuras são áreas mais empobrecidas em Fe. À direita é possível observar que o grão de número 5 possui picos de MnO.....	25
Figura 14 – Fotomicrografias de magnetita: As fotos em (A) e (B) mostram o hábito octaédrico da magnetita e é possível observar as lamelas de ilmenitas mostrando coloração marron-rosa e anisotropia à nicóis cruzados. Em (C) é possível observar um grão de magnetita martitzada que desenvolveu cristais de hematita e em (D) é possível observar que o processo de martitização produziu lamelas brancas paralelas.	26
Figura 15 – Imagem do MEV mostrando a diferença composicional evidenciado pela diferença nos tons de cinza e os espectros da composição da paste mais escura (ilmenita) e mais clara (magnetita).	26
Figura 16 - Fotomicrografia de pirrotita mostrando coloração em tons de rosa.	27
Figura 17 - Fotomicrografia de esfalerita. Em (A) mineral à nicóis cruzados mostrando cores de reflexão marrons bem escuros e , por ser isotrópico, extinto; em (B) à nicóis descruzados mostra sua coloração cinza-médio.	28
Figura 18 - Fotomicrografia de Pirita. A pirita aparece com cores amareladas a creme dependendo dos minerais em torno dela. As imagens (A), (B) e (C) são de B1, B2 e B3, respectivamente. .	28
Figura 19 - Imagem do MEV de wolframita na seção B2, de zircão e galena na seção B3.....	29

Sumário

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Justificativa do tema	8
1.2	Localização e acesso	9
1.3	Aspectos socioeconômicos	10
2	OBJETIVO	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	Geologia Regional	13
3.3	Geologia Local	16
4	Materiais e Métodos	19
4.1	Pesquisa Bibliográfica	19
4.2	Coleta e Trabalhos de Laboratório	19
4.3	Trabalhos de laboratório	20
4.4	Estudos Petrográficos	22
5	RESULTADOS	23
5.1	Descrição dos minerais	23
5.1.1	<i>Cassiterita</i>	23
5.1.2	<i>Ilmenita</i>	24
5.1.3	<i>Magnetita</i>	25
5.1.4	<i>Minerais acessórios</i>	27
	Minerais identificados com volume menor que 1% encontrados na amostra B.	27
5.1.4.1	Pirrotita	27
5.1.4.2	Esfalerita	27
5.1.4.3	Pirita	28
5.1.5	<i>Outros minerais</i>	29
5.2	Análises semiquantitativas	29
5.2.1	<i>BR-RPA-1-B1</i>	30
5.2.2	<i>BF-RPA-1-B2</i>	30
5.2.3	<i>BF-RPA-1-B3</i>	31
6	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	32
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

A cassiterita é o principal mineral explorado do Estado de Rondônia. A mina de Bom Futuro foi descoberta em 1987 por toureiros que retiravam madeiras nas proximidades do Rio Santa Cruz, isso atraiu uma grande quantidade de garimpeiros que passaram a explorar o lugar ilegalmente. No ano de 19889, cerca de 90% da produção de cassiterita vinha da Província Estanífera de Rondônia. De lá para cá, foram criados acordos e leis para que o local pudesse ser garimpado de forma legal com a criação de cooperativas e pela instalação de diversos empreendimentos mineiros.

Parte dessa reserva se encontram na PER, província alvo de vários estudos que buscam entender a gênese e organização das rochas que contêm este bem mineral. Ela compreende em área aproximadamente 8.700 km² e nela atuam empresas responsáveis por 44% da participação no valor total das vendas de estanho no Brasil. Uma dessas empresas é a Cooperativa de Garimpeiros de Santa Cruz Ltda. (COOPERSANTA) e a COOPERMETAL, que extraem e realizam o beneficiamento da cassiterita na Mina de Bom Futuro.

A Mina de Bom Futuro está localizada no município de Ariquemes, no norte do Estado de Rondônia e abrange os morros denominado Bom Futuro onde ocorrem as frentes de lavra mecanizadas na porção sul e Palanqueta, na porção norte, onde ocorrem os depósitos secundários de pláceres.

A área já foi estudada por Silva et al. (1995), Villanova & Franke (1995) e Bettencourt et al. (1995), que definiram os compartimentos geológicos e principais litologias. Foram realizados posteriormente estudos de outros diversos autores, com destaque para Souza, 2003; Leite Júnior et al. (2002a; 2002b; 2003; 2004; 2006; 2008), Bettencourt et al. (1999; 2005; 2006; 2010a; 2010b; 2016). Praticamente todos tiveram como foco análises petrológicas e geoquímicas das rochas da região de Bom Futuro, afim de melhor entender a gênese e quadro metalogenético das mineralizações da área.

Sabendo, portanto, da importância do estudo das mineralizações na mina de Bom Futuro, tanto do ponto de vista acadêmico quanto econômico, este trabalho tem por objetivo analisar a composição mineralógica do rejeito magnético da planta de beneficiamento intitulada Paulo Amâncio, e visa o melhor entendimento da assembleia mineralógica do depósito em uma tentativa de descobrir possíveis minerais de interesse que não são atualmente aproveitados (principalmente minerais que contenham Sn, Ti, W, Zn, Nb, Ta e/ou Zr), além de possíveis contaminantes (Fe, Th, U e Mn) e, consequentemente, o aumento da vida útil e rentabilidade da mina.

O beneficiamento tem como único produto um concentrado de cassiterita. Devido a alta densidade do mineral (6,8 a 7,1 g/cm³) e características do depósito que contém minerais magnéticos e para magnéticos, é utilizados métodos simples de gravimetria e separação magnética para concentrar a cassiterita e concentrar os subprodutos que serão descartados no rejeito magnético e no rejeito normal. Abaixo segue um fluxograma (Figura 1) das etapas de beneficiamento da Planta de Beneficiamento Paulo Amâncio.

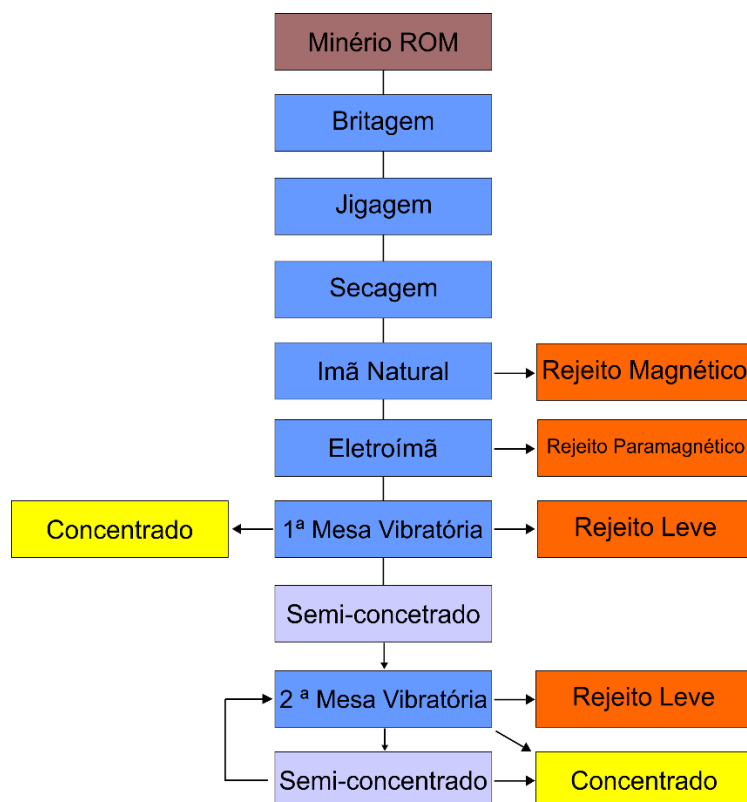


Figura 1 - Fluxograma das etapas de Beneficiamento da Planta de Paulo Amâncio. O material estudo neste trabalho vem os subprodutos do rejeito magnético e paramagnético.

A caracterização mineralógica serve para orientar os processos de beneficiamento com intuito de aproveitar ao máximo os recursos disponíveis identificando de forma qualitativa e quantitativa os minerais de interesse, econômicos ou não e, se houverem, contaminantes que possam atrapalhar a etapa de beneficiamento. Para tanto, são utilizados métodos de identificação de propriedades óticas sob microscopia, além de ensaios laboratoriais para determinação de densidade, susceptibilidade magnética e quaisquer outras características que possam ser diagnósticas.

1.1 Justificativa do tema

No processo de beneficiamento da frente de lavra Paulo Amâncio, vários minerais são descartados para a pilha de rejeito magnético que podem servir para o

empreendimento de algum modo, seja para a venda do rejeito em si, ou reaproveitar algum mineral descartado, beneficiando novamente o rejeito. É sabido pela empresa a presença de óxidos e sulfetos que podem ser de interesse para outras empresas, por isso o interesse em avaliar o rejeito magnético que, a priori, não seria utilizado, para aumentar a vida útil da empresa e também dar um destino melhor para o rejeito. Além disso depósitos semelhantes já são explorados aproveitando outros minerais além da cassiterita (ex: Pitinga – AM).

1.2 Localização e acesso

O local de estudo está situado no município de Ariquemes, na parte centro norte do estado de Rondônia (Figura 2), o qual faz parte da Amazônia Legal Brasileira, Região Norte do país. O município fica a 190 km da capital Porto Velho e a mina fica cerca de 5 km do centro da cidade, o acesso é feito por estrada de terra de tráfego permanente. A Vila Bom futuro é parte do Distrito Bom futuro, onde se encontram a lavra do morro Bom futuro e Palanqueta.

De Porto Velho o acesso é feito pela estrada pavimentada C-80 como demonstra a figura abaixo até Alto Paraíso, onde o restante do caminho é feito em estrada de terra da rodovia RO-459 até a Vila de Bom Futuro, onde fica a mina. De Ariquemes o acesso pode ser feito seguindo a BR-421 sentido Monte Negro até chegar a rodovia RO-457, onde segue-se para norte até a rodovia RO-459, onde segue para Vila Bom Futuro.

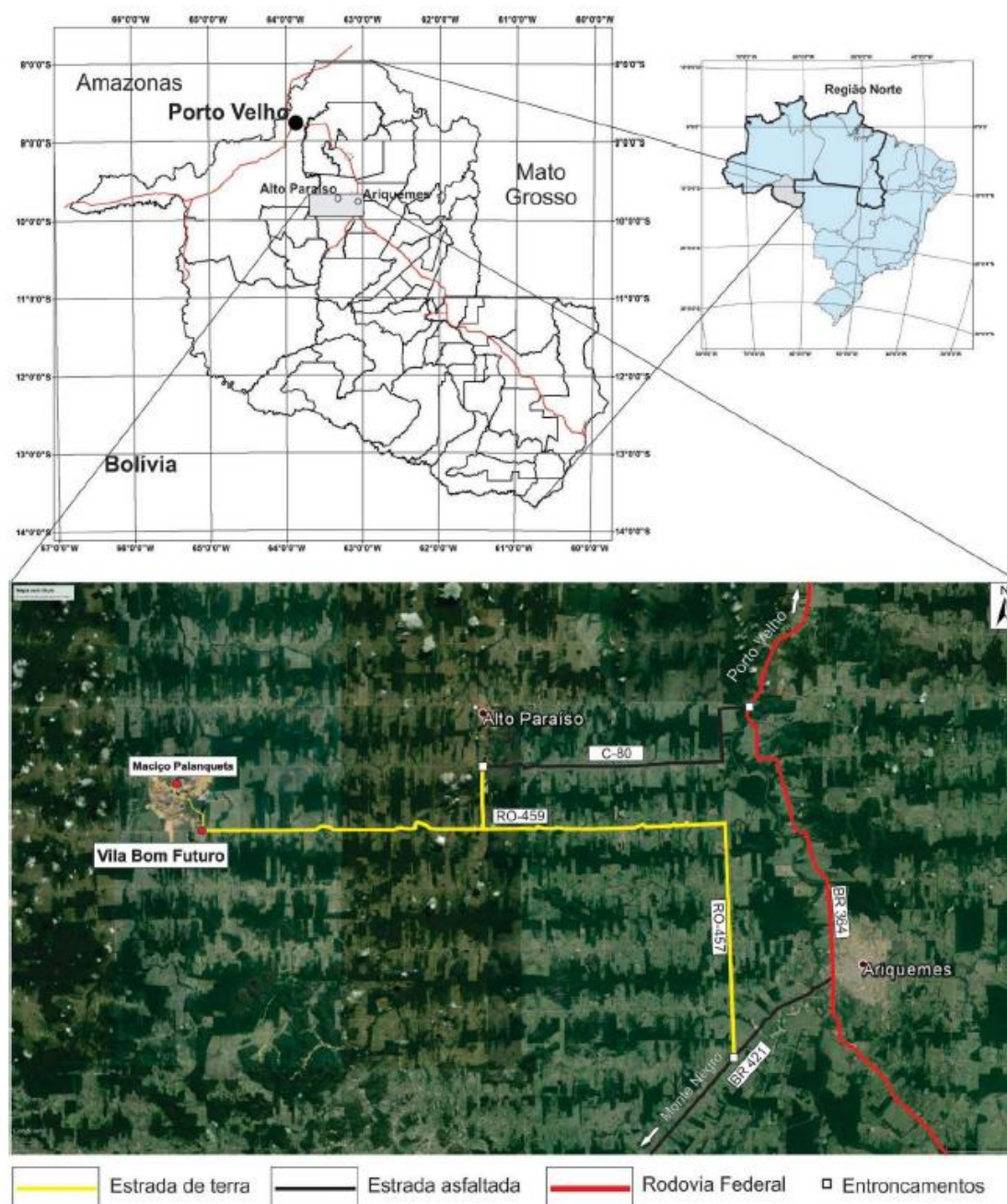


Figura 2 - Localização e vias de acesso para a mina de Bom Futuro. Retirado de Foster (2012).

1.3 Aspectos socioeconômicos

O Estado de Rondônia possui uma área de 237.590,00 km² e possui em seu território 52 municípios, sendo um deles Ariquemes, que corresponde a 4.426,571 km² (IBGE, 2020) e população de 109.523 pessoas, possuindo densidade demográfica de 20,41 hab/km². As principais atividades geradoras de renda na região é a economia do estanho seguida por agricultura (produção de grãos) e pecuária (bovinos).

O município possui um PIB per capita de R\$ 23.206,36 e a principal atividade local o setor de serviços, seguido da indústria e da agropecuária. As principais atividades são cultivo de café, cacau, frutas cítricas e cupuaçu. A principal indústria é a indústria de transformação (madeira, moveleiro e metalúrgico). O setor de serviços é resumido por atividades de comércio, hoteleiro, imobiliário e de alugueis, bem como serviços de informação prestado às empresas.

2 OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo a caracterização mineralógica do rejeito magnético da Planta de Beneficiamento Paulo Amâncio, com foco nos minerais opacos e translúcidos, ilmenita e cassiterita, que foram descartados após o processo de beneficiamento da cassiterita com intuito de avaliar os recursos que podem ser reutilizados e/ou vendidos pela empresa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Geologia Regional

A região denominada de Cráton Amazônico é dada como uma das regiões mais antigas da América do Sul e uma das maiores áreas crônicas do mundo. Bettencourt (1999) afirma que trabalhos geológicos na região se iniciaram na década de 1960, na borda SW do Cráton, onde estudos foram patrocinados pelo governo e por companhias de mineração particulares, visando pesquisar o potencial, já conhecido, dos granitos anorogênicos estaníferos. De acordo com o mesmo autor, nessa época foi produzido uma malha geológica abrangente, sendo completada com estudos mais detalhados complementares ao longo dos anos, contribuindo para conhecimentos geológicos, geofísicos e geocronológicos (RbSr e K-Ar). Cordani & Brito Neves (1982) a descrevem como uma grande unidade arqueana estável. Em trabalhos de Cordani et al. (1979) e Cordani (1981) o cráton é descrito como sendo um núcleo antigo circundado por faixas móveis de idades paleo a mesoproterozoicas.

O Cráton Amazônico possui uma área de 4,4 milhões km² resultando em um dos maiores crátons do mundo limitado a leste pelo Sistema Orogênico Tocantins e a nordeste pela Província Margem Continental Equatorial. Demais trabalhos como Tassinari & Macambira (2004), Cordani & Teixeira (2007) juntamente com os trabalhos de Cordani et al., (1979) e Teixeira et al., (1989) subdividiram o Cráton Amazônico em dois núcleos Arqueanos e cinco Províncias Geotectônicas Proterozoicas através de análises geocronológicas utilizando-se de métodos de Rb-Sr, K-Ar, U-Pb (SHRIMP), Pb-Pb (evaporação de zircão), Sm-Nd e ⁴⁰Ar/³⁹Ar. Este trabalho terá como base os dados geocronológicos e contexto regional apresentados por Cordani & Teixeira (2007), Cordani et al. (2009), Bettencourt et al. (2010) e Teixeira et al. (2010) devido aos dados mais recentes.

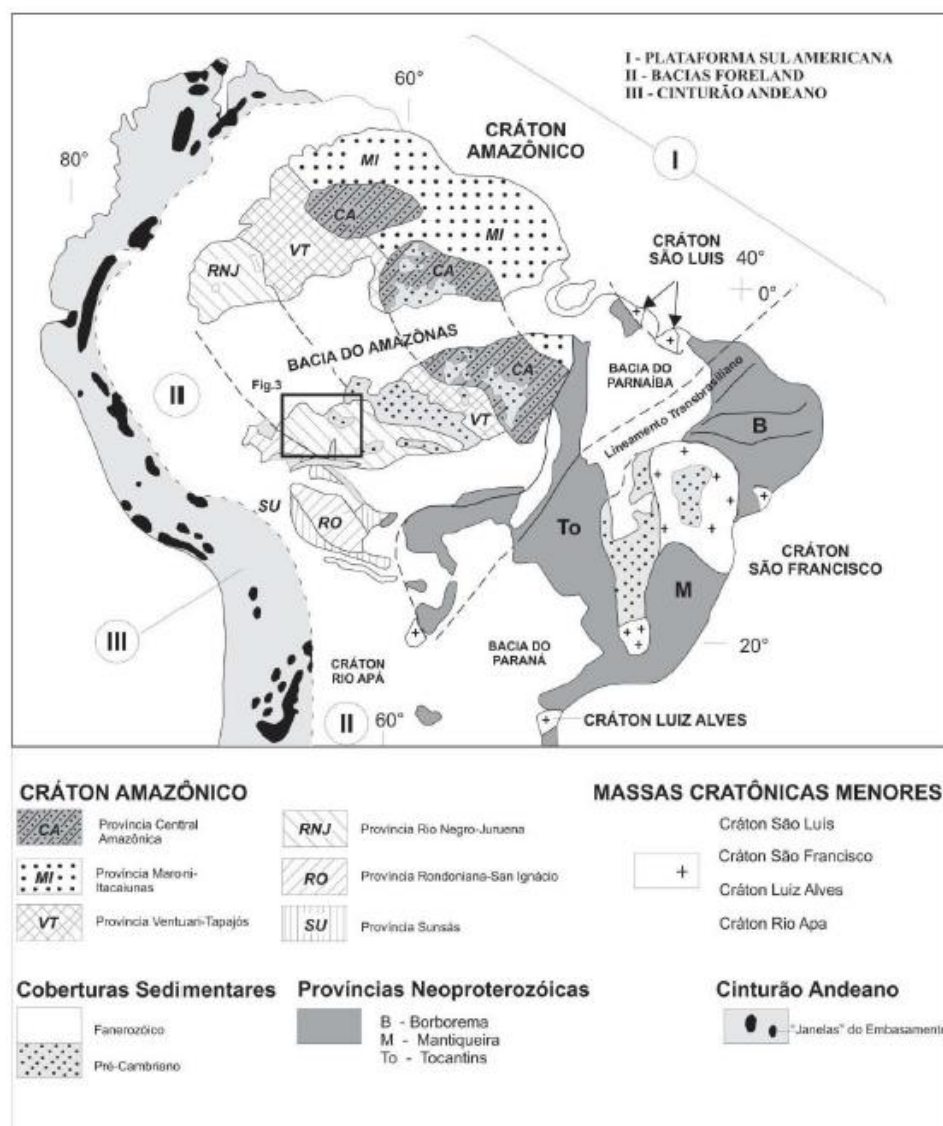


Figura 3 - Divisão do Cráton Amazônico em províncias geocronológicas, com destaque para a Província Estanífera de Rondônia. Retirado de Foster, 2016. Modificado de Cordani *et al.* (2009).

A Província Estanífera de Rondônia (PER) está localizada na região sudoeste do Cráton Amazônico (Figura 4) e abrange parte da porção setentrional do estado de Rondônia e o extremo noroeste do estado de Mato Grosso. A província possui rochas relacionada com as províncias geocronológicas Rio Negro-Juruena, Rondoniana-San Ignácio e Sunsás-Aguapeí (TASSINARI & MACAMBIRA, 1994). As suítes de granitos estaníferos estão associadas com o desenvolvimento das províncias Rondoniana-San Ignácio (1,56-1,30 Ga) e Sunsás-Aguapeí (1,20-0,95 Ga) (BETTENCOURT *et al.*, 2010a; TEIXEIRA *et al.*, 2010). As rochas portadoras das mineralizações de cassiterita são descritas como granitos *rapakivi*, granitos do tipo-A altamente evoluídos, classificados

como álcali-feldspato granitos ricos em flúor contendo topázio, muscovita ou zinnwaldita (BETTENCOURT et al., 2016).

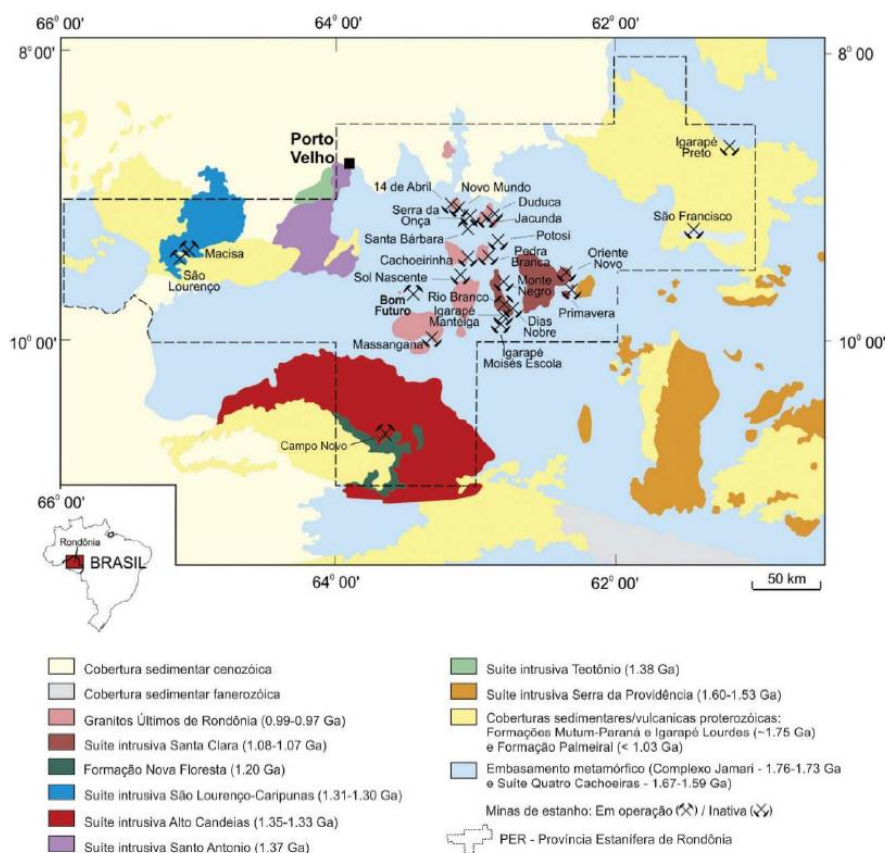


Figura 4 – Mapa simplificado da Província Estanífera de Rondônia, onde mostra as suítes intrusivas, granitos e coberturas fanerozóicas, além dos diversos garimpos em operação e desativados. Retirado de Bettencourt, (2016).

As suítes graníticas portadoras de estanho se associam com o desenvolvimento das províncias Rondoniana-San Ignácio (composta por gnaisses charnockíticos e granulitos graníticos da Suíte intrusiva Rio Crespo, granitos tipo A e rochas relacionadas às suítes intrusivas Teotônio, Santo Antônio, Alto das Candeias e São Lourenço-Caripunas) (BETTENCOURT et al., 2006; BETTENCOURT et al., 1999; BETTENCOURT et al., 2010a) e Sunsás-Aguapeí (Formação Nova Floresta, Suíte Intrusiva Santa Clara, Formação Palmeiral e Suíte Intrusiva Granitos Últimos de Rondônia) (BETTENCOURT et al., 1999; QUADROS & RIZZOTTO, 2007; TEIXEIRA et al., 2010). As suítes intrusivas Santa Clara e Granitos Últimos de Rondônia possuem os principais depósitos primário e secundários da PER.

3.3 Geologia Local

A mina Bom Futuro é constituída pelo Morro Palanqueta (ao Norte) e Morro Bom Futuro (ao Sul) e seus depósitos sedimentares adjacentes. Os primeiros trabalhos de Villanova & Franke (1995) reconheceram no morro de Bom Futuro, gnaisses, anfibolitos, riólitos, granitos pórfiros e dois centros vulcânicos brechados, assim como veios e vênulas de quartzo mineralizados em estanho dispostos em padrões anelares e entrelaçados (*stockwork*).

Souza e Botelho (2002) apresentam a geologia da Mina de Bom Futuro (Figura 5) com foco nos depósitos de estanho e a composição dos fluidos dos sistemas de veios e *greisen*. É descrito pelos autores paragnaisses, ortognaisses, anfibolitos e xistos do Complexo Jamari, brechas polimíticas, diques de albita granito, riólitos, traquidacitos, pegmatitos e um sistema de veios anelares de quartzo-topázio com cassiterita associada ao Sistema Vulcânico Bom Futuro.

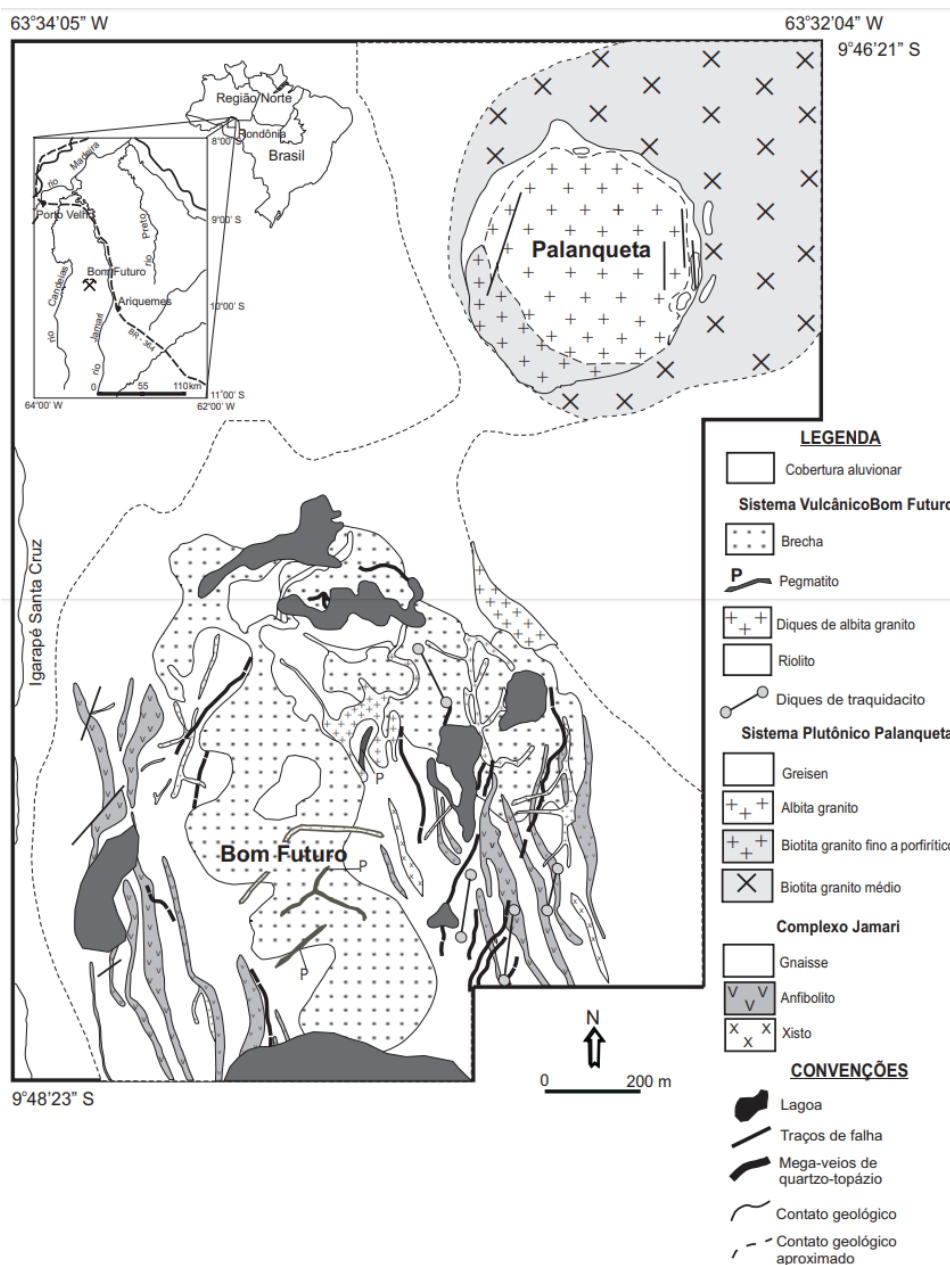


Figura 5 - Mapa geológico da mina Bom Futuro, com destaque para o Morro Bom Futuro ao Sul e Palanqueta, ao norte. (Modificado por Bettencourt et al. (1995). Extraído de Souza & Botelho (2002).

As mineralizações que ocorrem na mina Bom Futuro se relacionam com lentes, diques, veios e vênulas de pegmatito e/ou quartzo (LEITE JUNIOR et al., 2003, 2004; BETTENCOURT et al., 2005). A cassiterita aparece com maior frequência associada a zona do quartzo e topázio ou formando leitos maciços com menos de 10 cm de espessura nas paredes de corpos maiores (BARRETO et al., 2010; DIAS, 2012).

Dias et al. (2013) foca, na geologia e mineralogia dos depósitos primários dos corpos pegmatíticos mineralizados em estanho presentes na mina (Figura 6). De acordo com o autor, a mineralogia deste pegmatito é de quartzo, feldspato alcalino, topázio e Li-

mica, tendo como minerais acessórios, cassiterita, esfarelita, calcopirita, galena, estanita, zircão, wolframita, monazita, columbita-tantalita e uraninita.

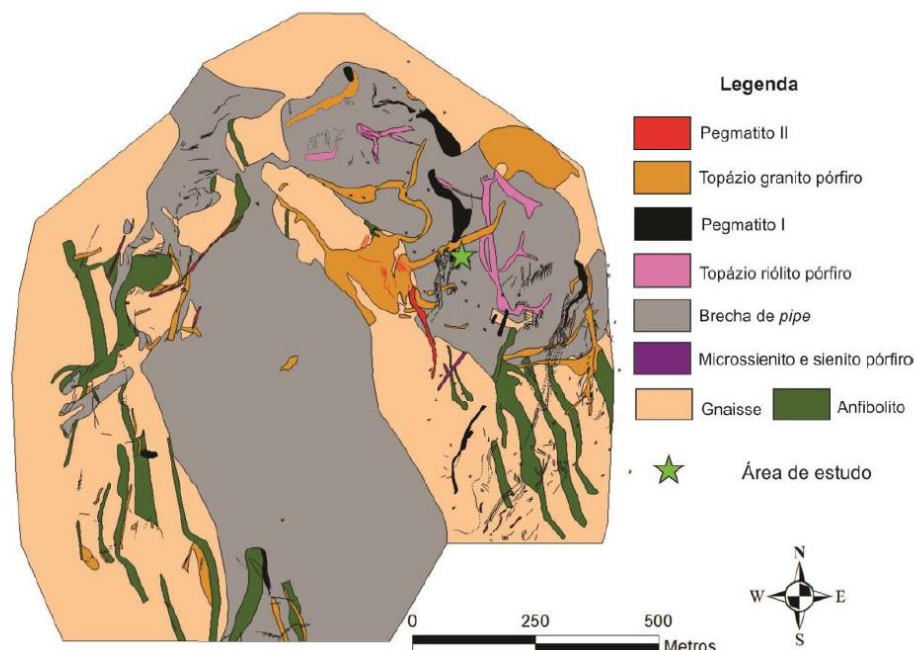


Figura 6 - Mapa do morro Bom Futuro com destaque para os pegmatitos mineralizados com cassiterita. (extraído de DIAS et al., 2013).

A decomposição química e desagregação mecânicas das rochas no morro bom futuro deu origem a diversos tipos de depósito, inclusive àqueles do tipo *placer*, ou seja, depósitos secundários nas áreas que circundam os morros. Por ser um mineral resistente, a cassiterita depositou-se junto com colúvios e aluviões.

4 Materiais e Métodos

A partir dos objetivos anteriormente propostos, elaborou-se a seguinte metodologia: (1) Pesquisa Bibliográfica; (2) Organização e seleção do material de estudo; (3) estudos petrográfico por luz refletida e MEV; (4) confecção do relatório final.

4.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica vem sendo feita desde agosto de 2019 tendo como base todo material proveniente de estudos das mineralizações primárias e secundárias de cassiterita da Mina Bom Futuro. Tanto a parte teórica quanto os materiais disponíveis sobre caracterização mineralógica disponibilizadas pelo Centro de Tecnologia Mineral - CETEM foram consultados.

4.2 Coleta e Trabalhos de Laboratório

As amostras foram coletadas nos dias 23 e 24 de julho de 2019 pelos alunos da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Matheus Ciotta e Renan Ferraz com auxílio dos funcionários da COOPERSANTA. As amostras foram coletadas em vários pontos da pilha de rejeito magnético 1 da planta de Paulo Amâncio, que é formada por material misto advindo de fontes primárias (lentes, diques, veios e vênulas de pegmatito e/ou de quartzo nos quais a cassiterita está contida) e secundárias (elúvios, colúvios e aluviões) sem informações sobre o despejo, com as quais se produziu uma única amostra composta e representativa da pilha, com aproximadamente de 6 a 8 kg (Figura 7). Em seguida, essas amostras foram encaminhadas ao laboratório da COOPERSANTA, onde foram quarteadas com um quarteador Jones (Figura 8) e reduzidas a cerca de 500g. Depois as amostras foram enviadas ao Departamento de Geologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, *Campus* de Rio Claro – SP.



Figura 7 - Sacos de 6 kg que foram coletados das pilhas de rejeito do garimpo de Bom futuro.



Figura 8 - Quarteador Jones utilizado para a redução de material.

4.3 Trabalhos de laboratório

No laboratório do Departamento de Geologia (DG) as amostras foram novamente quarteadas sucessivamente com um quarteador Jones, até atingirem um peso entre 130 e 150g. Depois essas amostras foram peneiradas nas malhas #30 ASTM (0,595 mm) e #200 (0,074 mm) (Figura 9) gerando três frações granulométricas e denominadas de A, B e C, + #30 ASTM ($>0,595$ mm) - 30# - #200 ASTM ($<0,595$ mm e $>0,074$ mm) e - #200 ASTM ($<0,0074$ mm), respectivamente. As frações (A) e (C) foram pesadas e armazenadas como mostra o fluxograma (Figura 10), com (A) pesando 8,59 g e (C) 27,76 g, enquanto a fração B foi submetida, após pesagem de 115,68 g, à separação magnética manual, com

uso de imã de mão fraco. O restante foi pesado e submetido a separação eletromagnética sob corrente elétrica de 0,3 A, com o uso do separador magnético tipo Frantz da marca Isodynamic. Modelo L – 1. Deste modo os subprodutos foram produzidos e pesadas na fração B: 1) BF-RPA-1- B1 – material separado com imã fraco de mão (1,88 g); 2) BF-RPA-1-B2 – material retido em separador eletromagnético a 0,3 A (100,15 g) e 3) BF-RPA-1-B3 – material passante em separador eletromagnético a 0,3 A (13,65 g). Ao total a amostra inicial (A+B+C) possui 152,03 g.



Figura 9 - Jogo de peneiras utilizadas para o corte e separação das frações utilizadas no trabalho.

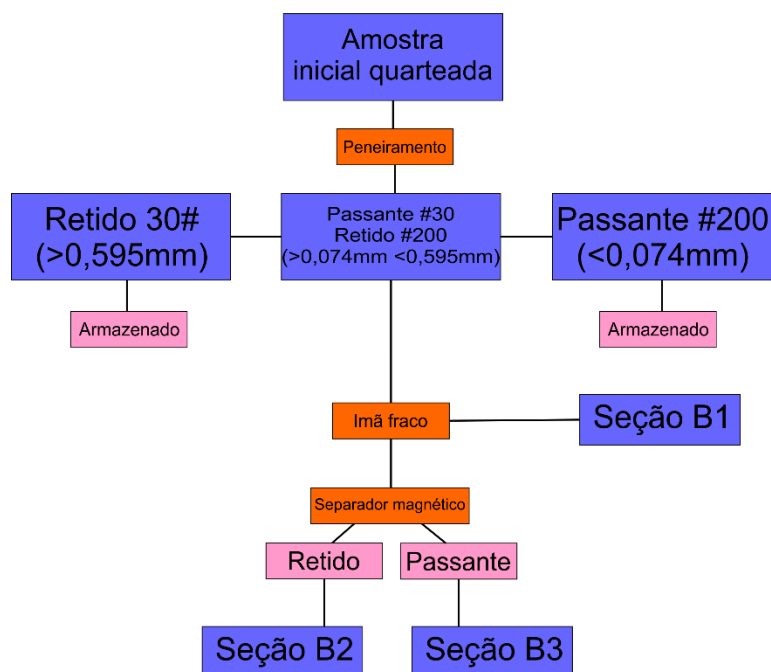


Figura 10 - Fluxograma do processo para a obtenção das seções B1, B2 e B3.

O valor de 0,3 A foi definido de acordo com a tabela apresentada em Rosenblum & Brownfield (2000) em associação com as assembleias mineralógicas descritas principalmente em Figueiredo (2002) Dias (2013) e LCT (2012). Essa separação permite

uma análise mais minuciosa das amostras, além de uma noção prévia de quais minerais esperar em cada amperagem num possível beneficiamento. Foram confeccionadas seções polidas com os subprodutos B1, B2 e B3.

4.4 Estudos Petrográficos

A descrição das seções polidas foi realizada com o auxílio de um microscópio óptico de luz refletida Carl Zeiss Axioskop 40 no laboratório de fotomicrografia e as análises químicas foram realizadas utilizando o MEV-EDS modelo JEOL JSM-6010 LA (Figura 11). O método de contagem de grãos e cálculo da porcentagem de cada mineral seguiu modelo apresentado no Capítulo 3 do livro Tratamento de Minérios do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM).



Figura 11 - Microscópio eletrônico de Varredura com EDS acoplado modelo JEOL JSM-6010 LA.

5 RESULTADOS

Os minerais encontrados nas seções BF-RPA-1-B1, BF-RPA-1-B2 e BF-RPA-1-B3 foram cassiterita, ilmenita, magnetita, esfalerita, pirrotita, pirita, galena, wolframita, zircão e outros minerais transparentes. Os minerais foram descritos com o auxílio do microscópio óptico e os minerais em menores concentrações foram analisados com auxílio do microscópio eletrônico de Varredura (MEV).

5.1 Descrição dos minerais

5.1.1 Cassiterita

A cassiterita (Figura 12) se apresenta em grãos subeudrais com cor cinza médio e refletância baixa variando de 10,86 a 12%, não apresentando birrefletância nem pleocroísmo. A nicóis cruzados apresenta fortes cores de reflexão internas generalizadas em marrom e amarelo, sendo a principal característica diagnóstica do mineral em microscópio de luz refletiva. Aparece em pequenas porções na amostra B1 e B2, geralmente em agregados minerais juntos à magnetita e ilmenita (Figura 13) e por vezes isolados. Já na seção B3 aparece em bastante quantidade se comparado com as outras seções. É possível ver grãos maiores apresentando reflexões internas marrons escuras.

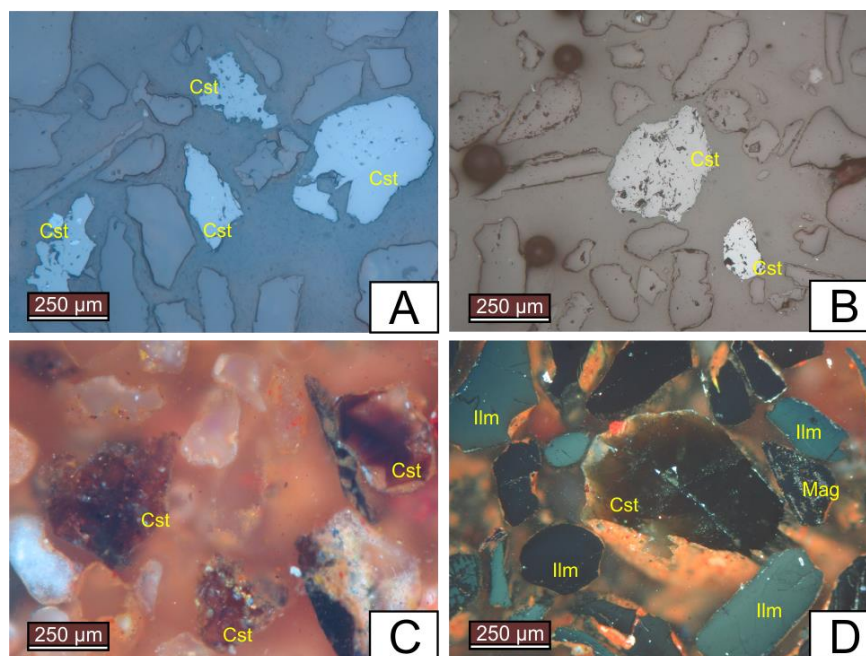


Figura 12 - Fotomicrografias de cassiterita à nicóis descruzados em A e B mostrando cores cinza-médio e baixa refletância. Em (C) é possível observar as cores de reflexão interna marrons escuros e minerais transparentes. Em (D) é possível observar a cassiterita com cores de reflexão interna marrom-escura na seção B2 junto com grãos de ilmenita.

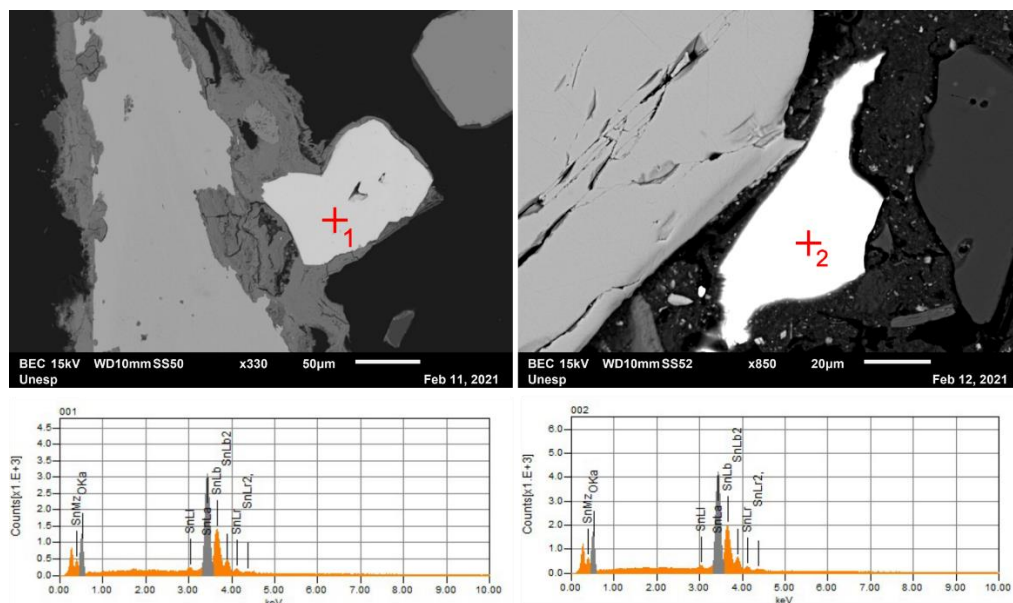


Figura 13 - Imagem do MEV mostrando dois grãos de cassiterita. à esquerda o grão está englobado junto a magnetita por limonita. À direita o grão está englobado por minerais junto a ilmenita.

5.1.2 Ilmenita

A ilmenita (Figura 14) apresenta uma coloração cinza-acastanhado e possui um bom polimento nas maiorias dos grãos da seção, com refletância entre 18 e 19% é muito parecida com a magnetita, porém esta tem a refletância um pouco maior. A grande diferença está quando se cruza os nicóis, as ilmenitas apresentam uma anisotropia distinta a forte, principal característica diagnóstica do mineral. Alguma ilmenitas apresentam geminações mostrando diferentes cores de anisotropia e outras apresentam lamelas de cristais geminados com duas direções. Ao MEV foi possível identificar minerais apresentando diferença composicional dentro de um mesmo grão, na diferença de coloração e foi possível identificar alguns grãos com picos de manganês (Figura 15). O mineral foi encontrado em todas as seções, mas como se esperava, apresenta maior concentração na seção B2, que foi passado no separador magnético Frantz à 0,3 A.

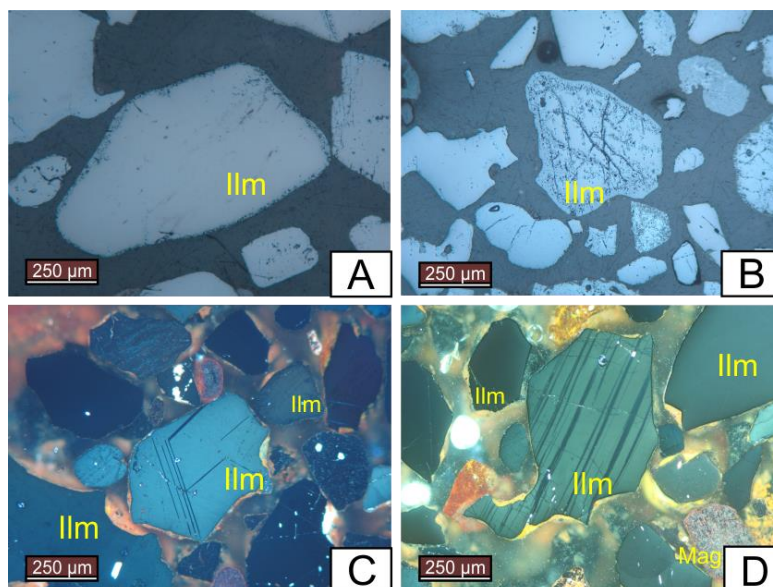


Figura 14 – Fotomicrografia de ilmenita: A) Ilmenita à nicóis descruzados com coloração cinza-acastanhado com as bordas alteradas; B) Ilmenita com um grau de alteração um pouco maior do que em (A); C) Grão de ilmenita à nicóis cruzados mostrando lamelas de intercrescimento em duas direções e C) Ilmenita a nicóis cruzados com lamelas de intercrescimento paralelas.

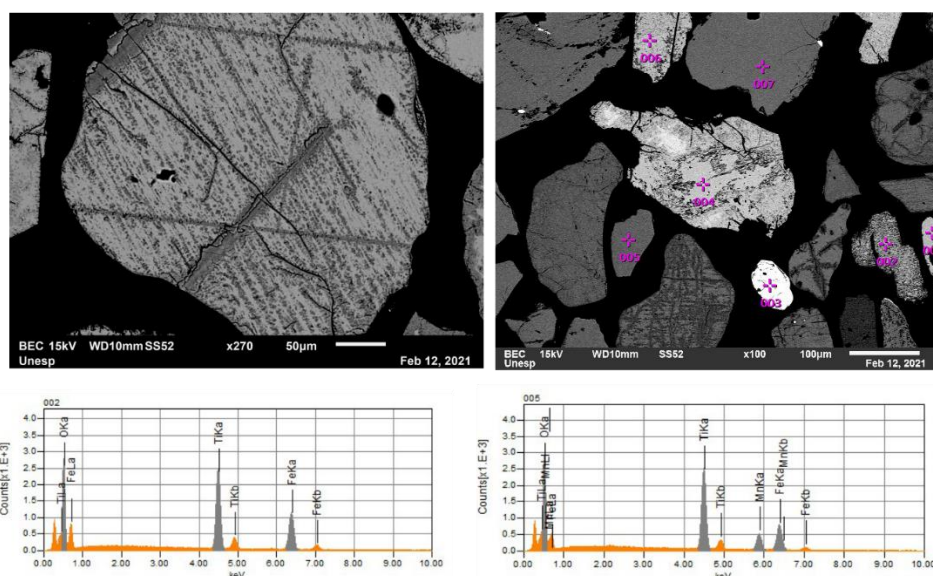


Figura 15 – À esquerda imagem do MEV de ilmenita mostrando grau de alteração. As bandas mais escuras são áreas mais empobrecidas em Fe. À direita é possível observar que o grão de número 5 possui picos de MnO.

5.1.3 Magnetita

A magnetita (Figura 16) é um óxido de ferro magnético que, em seções polidas de rocha, são geralmente cinza róseo, mas nesta seção em grãos isolados apresentam tom de cinza suavemente amarronzados com refletância de aproximadamente 20%. A nicóis cruzados são isotrópicas, ou seja, estão sempre extintas. Na seção B1 foi possível observar alguns grãos mostrando a partição octaédrica característica deste mineral. Magnetita martitizada são comuns em alguns grãos da seção, aparecem como uma série de lamelas

brancas formando uma fina rede cobrindo todo o grão e também desenvolvendo cristais de hematita, também foi encontrado minerais de ulvoespinélio formando lamelas de exsolução. No MEV foi possível analisar melhor a lamela de ilmenita na magnetita (Figura 17). Na seção B2 também foi encontrada magnetita, porém em menor quantidade e apresentando um grau de alteração maior do que aquelas vistas na seção B1, porém com as mesmas características.

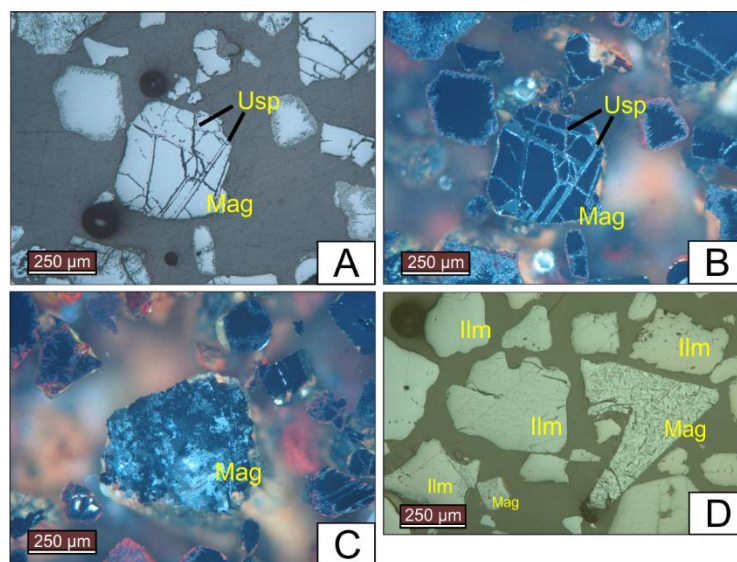


Figura 16 – Fotomicrografias de magnetita: As fotos em (A) e (B) mostram o hábito octaédrico da magnetita e é possível observar as lamelas de ulvoespinélio mostrando coloração marron-rosa e anisotropia à nicóis cruzados. Em (C) é possível observar um mineral de magnetita martitizada que desenvolveu cristais de hematita em (D) é possível observar que o processo de martitização produziu lamelas brancas paralelas.

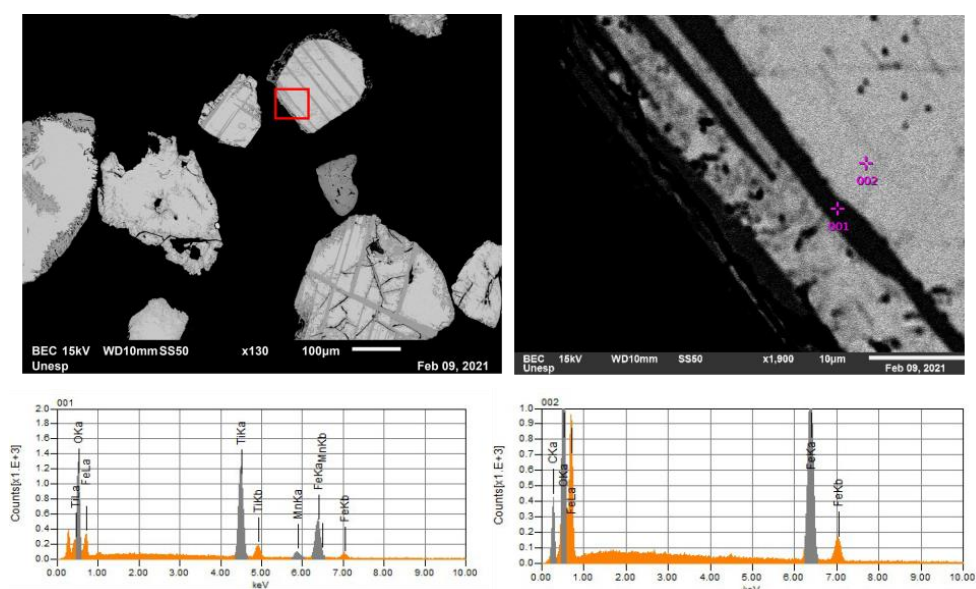


Figura 17 – Imagem do MEV mostrando a diferença composicional evidenciado pela diferença nos tons de cinza e os espectros da composição da pasta mais escura (ulvoespinélio - $TiFe_2TiO_4$) e mais clara (magnetita).

5.1.4 Minerais acessórios

Minerais identificados com volume menor que 1% encontrados na amostra B.

5.1.4.1 Pirrotita

A pirrotita (Figura 18) em rocha apresenta com coloração em tons amarelos a marrom rosa, porém em grãos isolados possui um tom róseo com refletância de 36 a 41%. Os grãos são anédricos e a nicóis cruzados possui uma intensa anisotropia variando de cores cinzas-azulado a tons de marrom bem escuro, característica comum em minerais de pirrotita. Por ser um mineral com dureza de 3,5 a 4,5 não apresentam sulcos ou figuras de arranque, porém apresentam alguns buracos que podem ser dissoluções de inclusões que o mineral adquiriu durante o transporte do material secundário ou na cominuição do material primário. O mineral é fortemente magnético como a magnetita e foi encontrado apenas no concentrado B1.

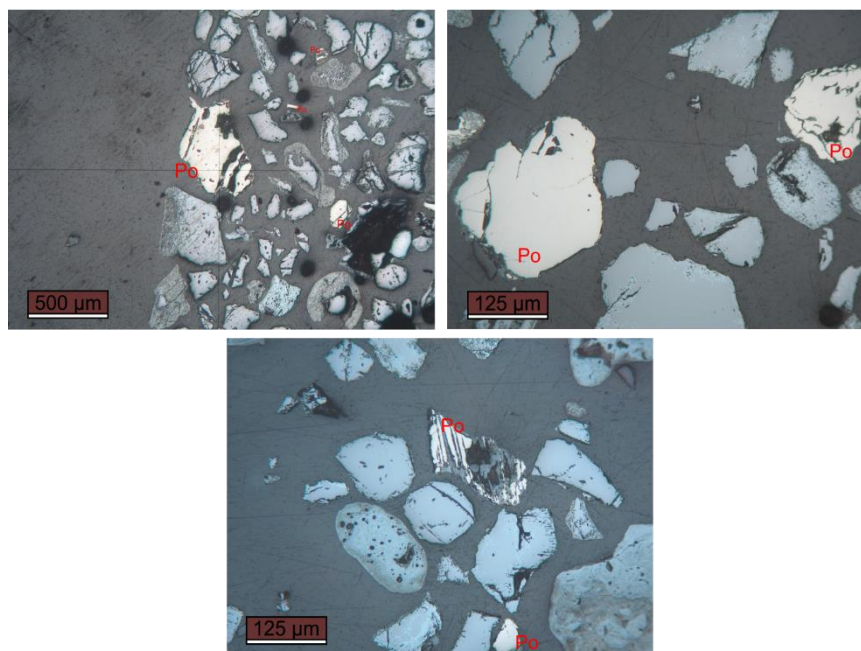


Figura 18 - Fotomicrografia de pirrotita mostrando coloração em tons de rosa.

5.1.4.2 Esfalerita

A esfalerita (Figura 19) ocorre em grãos anédricos com cores cinza-médio com leves tons de azul. Possui refletância baixa (16,4%), sendo a mais baixa entre os sulfetos, não possui pleocroísmo e birrefletância. Por ser um mineral do sistema cúbico é isotrópico e está sempre extinto, apresenta fortes reflexões internas marrons escuras. O mineral não possui magnetismo a 0,3 A e foi encontrado apenas na seção B3.

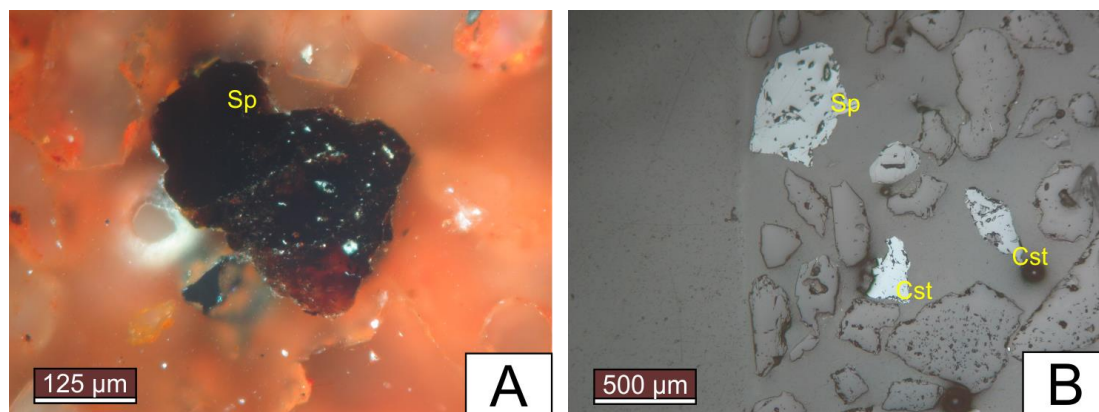


Figura 19 - Fotomicrografia de esfalerita. Em (A) mineral à nicóis cruzados mostrando cores de reflexão interna marrons bem escuros e, por ser isotrópico; em (B) à nicóis descruzados mostra sua coloração cinza-médio.

5.1.4.3 Pirita

A pirita (Figura 20) apresenta cor creme e alto relevo que, em cristais isolados, não são tão aparentes. Como se trata de um mineral muito duro o polimento tende a ser bom sem formação de sulcos. O mineral possui birrefletância bem fraca e não apresenta pleocroísmo. A nicóis cruzados é isotrópico. Foi encontrado em pequenas quantidades nas três seções.

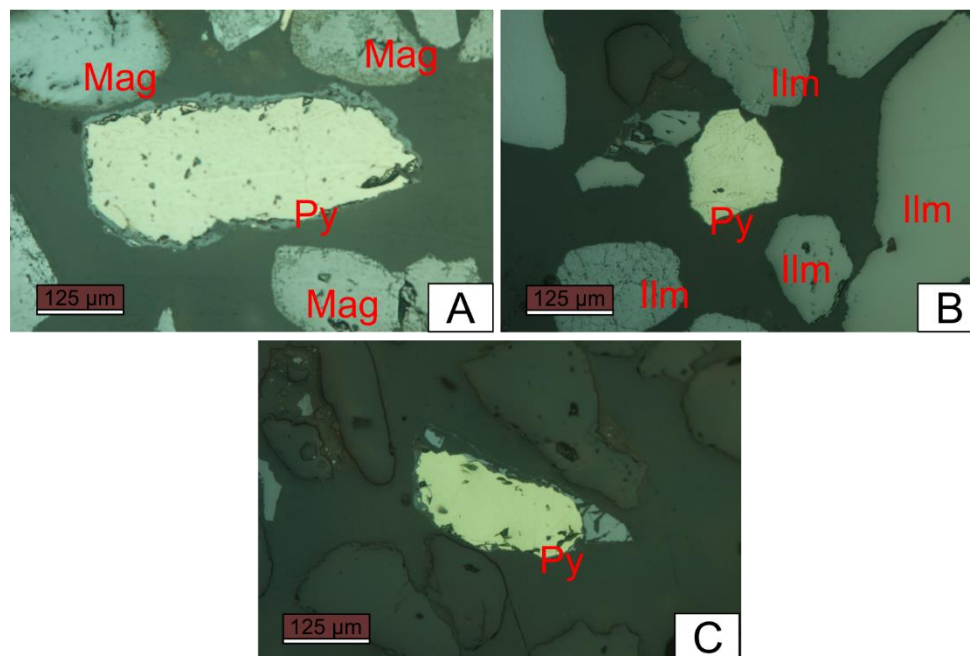


Figura 20 - Fotomicrografia de Pirita. A pirita aparece com cores amareladas a creme dependendo dos minerais em torno dela. As imagens (A), (B) e (C) são de B1, B2 e B3, respectivamente.

5.1.5 Outros minerais

Apenas com a utilização do Microscópio Eletrônico de Varredura foi possível identificar alguns minerais em proporções menores que 0,5% (Figura 21). A wolframita, mineral de minério de tungstênio foi encontrado na seção B2, porém este mineral não apresenta magnetismo. Já galena e zircão foram encontrados na seção B3 junto a cassiteritas e esfalerita.

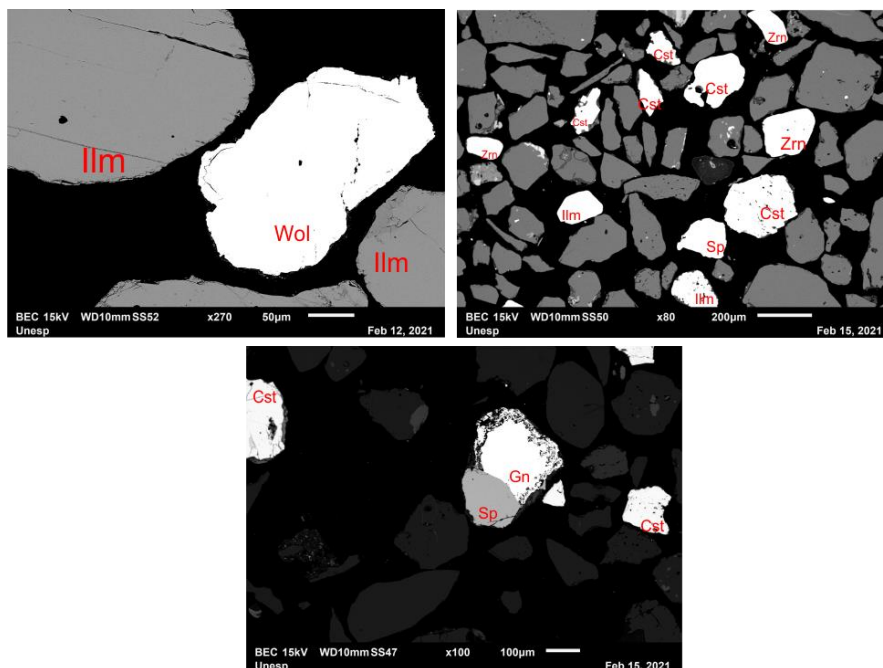


Figura 21 - Imagem do MEV de wolframita na seção B2, de zircão e galena na seção B3.

5.2 Análises semiquantitativas

Através da contagem dos grãos de cada mineral em cada seção foi possível fazer o cálculo da porcentagem de cada mineral em cada seção, adquirindo a porcentagem em massa e o peso de cada mineral em cada amostra e o peso total de cada mineral. As tabelas 1, 3 e 5 mostram a contagem e porcentagem de cada mineral encontrado nas seções e as tabelas 2, 4 e 6 mostram a porcentagem em massa e o peso de cada mineral.

5.2.1 BR-RPA-1-B1

Tabela 1 - Tabela com a contagem e porcentagem de cada mineral na seção B1

BF-RPA-1-B1	Contagem	%
Magnetita	2054	95,85%
Pirrotita	48	2,24%
Pirita	12	0,56%
Ilmenita	11	0,51%
Cassiterita	9	0,42%
Ganga	8	0,37%
Galena	1	0,05%
Total	2143	100,00%

Tabela 2 - Tabela com a normalização dos resultados para se obter a porcentagem em massa na amostra e a massa de cada mineral em B1

BF-RPA-1-B1	Volume	Dens. (g/cm³)	Peso	% na fração	% na amostra	Massa na fração (g)
Magnetita	95,85	5,17	495,529	96,13	1,56	1,807
Pirrotita	2,24	4,69	10,5049	2,04	0,03	0,038
Pirita	0,56	4,9	2,74382	0,53	0,01	0,010
Ilmenita	0,51	4,72	2,42277	0,47	0,01	0,009
Cassiterita	0,42	7	2,9398	0,57	0,01	0,011
Ganga	0,37	2,65	0,98927	0,19	0,00	0,004
Galena	0,05	7,55	0,35231	0,07	0,00	0,001
Total	100		515,482	100,00	1,63	1,88

5.2.2 BF-RPA-1-B2

Tabela 3 – Tabela com a contagem dos grãos e porcentagem de cada mineral na seção B2

BF-RPA-1-B2	Contagem	%
Ilmenita	2105	89,96%
Magnetita	210	8,97%
Ganga	16	0,68%
Cassiterita	5	0,21%
Wolframita	2	0,09%
Pirita	2	0,09%
Total	2340	100,00%

Tabela 4 - Tabela com a normalização dos resultados para se obter a porcentagem em massa na amostra e a massa de cada mineral em B2.

BF-RPA-1-B2						
	Volume	Dens. (g/cm³)	Peso	% na fração	% na amostra	Massa na fração (g)
Ilmenita	89,96	4,72	424,611	89,33	77,33	89,46
Magnetita	8,97	5,17	46,3749	9,76	8,45	9,77
Ganga	0,68	2,65	1,802	0,38	0,33	0,38
Cassiterita	0,21	7	1,47	0,31	0,27	0,31
Wolframita	0,09	7,25	0,6525	0,14	0,12	0,14
Pirita	0,09	4,9	0,441	0,09	0,08	0,09
Total	100		475,352	100,00	86,58	100,15

5.2.3 BF-RPA-1-B3

Tabela 5 - Tabela com a contagem dos grãos e porcentagem de cada mineral na seção B2

BF-RPA-1-B3	Contagem	%
Ganga	2701	91,78%
Cassiterita	189	6,42%
Esfalerita	35	1,19%
Ilmenita	9	0,31%
Zircão	5	0,17%
Pirita	4	0,14%
Total	2943	100,00%

Tabela 6 - Tabela com a normalização dos resultados para se obter a porcentagem em massa na amostra e a massa de cada mineral em B2.

BF-RPA-1-B3						
	Volume	Desn. (g/cm³)	Peso	% na fração	% na amostra	Massa na fração (g)
Ganga	91,78	2,65	243,217	82,21	9,70	11,22
Cassiterita	6,42	7	44,94	15,19	1,79	2,07
Esfalerita	1,19	4	4,76	1,61	0,19	0,22
Ilmenita	0,31	4,72	1,4632	0,49	0,06	0,07
Zircão	0,17	4,65	0,7905	0,27	0,03	0,04
Pirita	0,14	4,9	0,686	0,23	0,03	0,03
Total	100		295,857	100,00	11,80	13,65

6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os minerais encontrados estão todos de acordo com a bibliografia consultada, Souza e Botelho (2002) descreve a ocorrência de ilmenita como minerais acessórios nas rochas encaixantes, ou seja, nos orto e paragneisses, xistos e nos anfibolitos que compõe o depósito. Assim como ocorrem nessas rochas a pirita, pirrotita, esfalerita e zircão. A galena pode estar associada ao sistema de veios anelares como mineral acessório destes. A wolframita é um mineral que é descrito por Dias et al. (2013) no pegmatito Cascavel e descrita por Foster (2012) no sistema de veios anelares e nos *greisens*.

A cassiterita, mineral explorado na Mina de Bom Futuro, ocorre em vários litotipos sendo o principal o sistema de veios anelares seguido pelos pegmatitos (SOUZA & BOTELHO, 2002).

Somando as massas e as porcentagem nas duas últimas colunas das tabelas 6, 4 e 2, obtemos a massa total dos minerais em B e suas respectivas porcentagens em peso (Tabela 7). É possível observar que a ilmenita é o mineral com maior porcentagem em peso da amostra com 77,40%, consequentemente, considerando que a amostra inicial representa a pilha de rejeito, este é o valor aproximado que se pode esperar de ilmenita na pilha. Também é possível observar que 2,07% é a porcentagem não recuperada no beneficiamento da cassiterita que está indo para o rejeito.

Tabela 7 - Tabela com o peso e a porcentagem em massa dos minerais encontrados em B.

	Massa total (g)	%peso em B
Ilmenita	89,536	77,40%
Cassiterita	2,394	2,07%
Magnetita	11,578	10,01%
Esfalerita	0,220	0,19%
Pirrotita	0,038	0,03%
Pirita	0,135	0,12%
Galena	0,001	0,001%
Wolframita	0,137	0,12%
Zircão	0,036	0,03%
Ganga	11,605	10,03%
Total	115,680	100,00%

Para se concluir a caracterização semiquantitativa dos minerais é necessário calcular as porcentagens em massa (wt%) dos minerais de acordo com CETEM. Como é de interesse deste trabalho será calculada a porcentagem em massa dos minerais de

ilmenita e cassiterita utilizando dados das análises químicas realizadas pelo EDS dos dois minerais.

Foram feitas 16 análises químicas pontuais em grãos de ilmenita (Tabela 8). As análises de EDS revelam que os cristais de ilmenita mostram picos de Ti, Fe e O, com quantidades de Ti variando entre 30,27 e 40,19 wt%, Fe de 26,86 a 37,24 wt%, O entre 28,99 e 37,17 wt% e ocorreu Mn subordinada em pequenas concentrações. Tendo, portanto, uma média de Ti de 34,64 wt%.

Tabela 8 - Tabela com as análises químicas feitas pelo EDS de 16 grãos ilmenitas.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Ti	35,16	33,20	35,36	33,14	35,96	35,44	33,66	30,27
Fe	31,99	37,12	27,47	37,09	26,86	33,50	36,62	35,43
O	30,36	29,68	37,17	29,77	37,18	31,06	29,72	34,30
Mn	2,50	-	-	-	-	-	-	-
	9	10	11	12	13	14	15	16
Ti	33,21	40,19	36,73	35,91	34,52	35,36	32,78	33,50
Fe	36,11	30,82	34,09	31,67	37,24	24,47	25,12	33,44
O	30,68	28,99	29,18	32,42	28,24	31,17	29,42	31,06
Mn	-	-	-	-	-	-	12,68	-

Na cassiterita foram feitas 7 análises pontuais em grãos de cassiterita (Tabela 9). As análises do EDS mostraram picos de Sn e O, com Sn variando de 76,63 a 81,89 wt% e O de 18,87 a 23,37 wt%. Tendo, então, uma média de Sn de 79,77 wt%.

Tabela 9 - Tabela com análises químicas feitas pelo EDS de 7 grãos de cassiterita

	1	2	3	4	5	6	7
Sn	80,53	81,13	76,63	80,25	81,89	79,26	78,70
O	19,47	18,87	23,37	19,75	18,11	20,74	21,30

Portanto, sabendo a massa de ilmenita e cassiterita da amostra, é possível obter o teor de Ti e Sn. Na tabela abaixo foi feito o cálculo do teor multiplicando a massa total de cada mineral e sua respectiva porcentagem em massa adquirida pelo EDS e em seguida o teor foi calculado dividindo o peso encontrado de cada elemento, vide tabela 7, pelo peso da amostra inicial (A+B+C). Observa-se um teor de 20,40% de Ti e de 1,26% de Sn em B.

Tabela 10 - Tabela contendo a massa dos minerais encontrados e o teor de cada mineral relativa à amostra inicial (A+B+C).

	Massa total	Ti wt%	Massa de Ti	Teor Ti (%)
Ilmenita	89,54	34,64%	31,01528574	20,40%

	Massa total	Sn wt%	Massa de Sn	Teor Sn (%)
Cassiterita	2,394	79,77%	1,909563088	1,26%

Com todos estes dados é possível observar que o rejeito da planta de Paulo Amâncio recupera grande parte do Sn da cassiterita que é beneficiada, ou seja, a planta mostra-se bastante eficiente no processo. Apesar de parecer pouco, 1,26% quando comparado a várias pilhas de rejeito com muitas toneladas, este valor torna-se bastante atrativo para o beneficiamento, já que o valor da cassiterita gira em torno de R\$ 34,00/kg.

Como foi observado, alguns minerais de cassiterita se encontram em agregados minerais e podem ser carregados junto com minerais magnéticos como a magnetita e ilmenita, sendo descartadas no rejeito.

O método utilizado neste trabalho para conseguir recuperar a ilmenita mostrou-se eficaz, como pôde ser observado, quase 100% da ilmenita presente na amostra foi retida no Frantz à 0,3 A. A venda deste minério pode trazer um bom retorno para a empresa também, visto que no final do ano de 2010 a o preço da tonelada de ilmenita estava à patamares de US\$ 220/T.

É importante ressaltar que para um melhor entendimento das pilhas de rejeito, outros métodos analíticos devem ser aplicados para avaliar o grau de liberação dos minerais, se há a ocorrência de radioatividade e estudar o material (A) e (C), obtidos no peneiramento da amostra inicial quarteada.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, G. **Geologia pré-cambriana da região amazônica**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 1974.

BARRETO, J. et al. **Geologia do alvo Zé Gordo, mina Bom Futuro, Rondônia: considerações preliminares**. Congresso Brasileiro de Geologia. **Anais...**Sociedade Brasileira de Geologia, 2010

BETTENCOURT, J. S. et al. Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rondonia Tin Province, southwestern border of the Amazonian craton, Brazil-I. Reconnaissance U-Pb geochronology and regional implications. **Precambrian Research**, v. 95, n. 1–2, p. 41–67, 1999.

BETTENCOURT, J. S. et al. **$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Step heating laser system dating of zinnwaldite and muscovite from tin deposits of the Rondônia tin province, Brazil: evidence for multiple mineralization episodes**. Simpósio Brasileiro de Metalogenia. **Anais...**2005

BETTENCOURT, J. S. et al. **SHRIMP-RG U-Pb zircon geochronology of gneiss from the Rio Crespo intrusive suite, SW Amazonian craton, Rondonia, Brazil: new insight about protolith crystallization and metamorphic ages**. South American Symposium on Isotope Geology. **Anais...**Idea Gráfica, 2006

BETTENCOURT, J. S. et al. Metallogenetic systems associated with granitoid magmatism in the Amazonian Craton: An overview of the present level of understanding and exploration significance. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 68, p. 22–49, 2016.

CORDANI, U.; BRITO NEVES, B. The geologic evolution of south america during the archaean and early proterozoic. **Revista brasileira de geociencias**, v. 12, n. 1–3, p. 78–88, 1982.

CORDANI, U. G. et al. **Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos**. Congreso Geologico Chileno. **Anais...**Instituto de Investigaciones Geologicas, 1979

CORDANI, U. G.; TEIXEIRA, W. Proterozoic accretionary belts in the. v. 1200, n. January 2017, 2007.

DIAS, C. Geologia e mineralogia de pegmatito mineralizado em estanho e metais associados (Nb, Ta, Zn, Cu, Pb), Mina Bom Futuro, Rondônia. **Aleph**, 2012.

DIAS, C.A.T., LEITE JÚNIOR, W. B.; MUZZOLON, R.; OLIVEIRA, L. R.; BETTENCOURT, J.S., Geologia E Mineralogia Do Pegmatito Estanífero Cascavel, Mina Bom Futuro, Rondônia; Geociências, UNESP, v. 32, n. 4, p. 731-745, 2013.

FIGUEIREDO, P. C. de. Caracterização mineralógica dos diversos litotipos da mineralização estanífera primária da jazida de Bom Futuro – RO. Tese de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, 123p, 2002

FOSTER, P. L. L. **Caracterização petrográfica das zonas de alteração hidrotermal associadas aos pegmatitos da mina Bom Futuro, Rondônia**. Rio Claro, 2012. 80p.

Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

QUADROS, M. L. DO E. S.; RIZZOTTO, G. J. **Geologia e recursos minerais do estado de Rondônia: Sistema de informações geográficas – SIG**. [s.l: s.n.].

ROSENBLUM, S., & BROWNFIELD, I. Magnetic susceptibilities of minerals. 2000.

SANTOS, J. O. S. et al. THREE DISTINCTIVE COLLISIONAL OROGENIES IN THE SOUTHWESTERN AMAZON CRATON: CONSTRAINTS FROM U-Pb GEOCHRONOLOGY. **IV South American Symposium on Isotope Geology**, v. 4, p. 282–285, 2003.

SANTOSL, S. et al. Schneider Santos et al., 2000. A new understanding of provinces of the amazon craton based on integration of filed mapping and U-Pb geochronology.pdf. n. 4, 2000.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. **A evolução tectônica do Craton Amazônico**. Congresso Brasileiro de Geologia. **Anais...SBG**, 2004

TEIXEIRA, W. et al. A review of the geochronology of the Amazonian Craton: Tectonic implications. **Precambrian Research**, v. 42, n. 3–4, p. 213–227, 1989.

TEIXEIRA, W. et al. A review of the tectonic evolution of the Sunsás belt, SW Amazonian Craton. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, n. 1, p. 47–60, 2010.

VEIGA, M.M., PORPHÍRIO, N.H. Caracterização tecnológica de minérios. Rio de Janeiro, 1986. 21p.

VILLANOVA, M. T. .; FRANKE, N. D. **Serra do Bom Futuro–Rondônia: a volcanic-breccia pipe-hosted tin mineralization**. Symp. on Rapakivi Granites and Related Rocks, IGCP-Project. **Anais...1995**

WHITNEY, D & EVANS, B. Abbreviations for Names of Rock-Forming Minerals. *American Mineralogist*. 95. 185-187. 10.2138/am.2010.3371. 2010.