

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDOS DE MINERAIS RAROS DO MACIÇO
ESTANÍFERO MANGABEIRA NA REGIÃO DE
MONTE ALEGRE/GO**

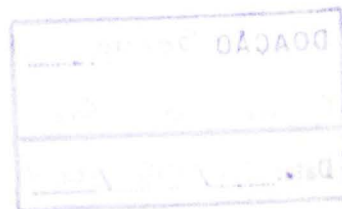
Delano Menecucci Ibanez

Orientador: Prof. Dr. Daniel Atencio

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2003/19)

SÃO PAULO
2003

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**



**Estudos de Minerais Raros do Maciço Estanífero
Mangabeira em Monte Alegre de Goiás/GO**

Monografia



Delano Menecucci Ibanez

Orientador: Daniel Atencio

TF19/2003

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

DEDALUS - Acervo - IGC



30900014557

**ESTUDOS DE MINERAIS RAROS DO MACIÇO
ESTANÍFERO MANGABEIRA NA REGIÃO DE
MONTE ALEGRE DE GOIÁS, GO**

DELANO MENECUCCI IBAÑEZ



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Daniel Atencio

Prof. Dr. Rainer Aloys Schultz-Güttler

Prof. Dr. Ian McReath

São Paulo

2003

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, por ser mãe no sentido mais amplo desta palavra, obrigado por seu carinho.

A meu pai, pela dedicação e confiança em mim creditados, e pelo constante exemplo de vida.

A minha irmã, pela unicidade.

Ao professor orientador Daniel Atencio, pela disponibilidade constante e por ter insistido constatemente comigo na execução de mais e melhor trabalho.

Aos amigos moradores da panapia, pelo companheirismo nos bares tornando minha estada em São Paulo mais fácil e agradável: Chá, Jonas, Cofrinho, Vagina, Sagui, Sabu, Bisteka, Falcon, Zé Buceta, Baleia, TG, Charles Brown, Guaxupé, Chupança.

Outros amigos de botecos: Horácio, Ceará, Hommer, Manolo, Feiticheira, Prepúcio, Keiti, Mexinha, Zeca Urubu, Diego, Traveco, Sfinter, Lalás, Samar, Melado, Karla Perez, Dentão, 2D, 101, Thais, Transformer, Guga, Morde Fronha, Frotinha, Escroto, Placenta, aos funcionários Henrique, Zé Carlos, Maurão.

Finalmente, mais uma vez, agradeço à TUDO e à TODOS que de alguma forma me ajudaram neste anos de graduação. Muito Obrigado.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1.RESUMO DO PROJETO | 5 |
| 2.ABSTRACT | 6 |
| 3.INTRODUÇÃO | 7 |
| 3.1.Apresentação | 7 |
| 3.2.Localização | 7 |
| 3.3.Metas e Objetivos | 7 |
| 3.4.Trabalhos Prévios | 8 |
| 3.4.1. Geologia Regional | 8 |
| 3.4.1.1.Complexo Granito-Gnaissico | 8 |
| 3.4.1.2.Formação Ticunzal | 9 |
| 3.4.1.3.Províncias Estaníferas | 9 |
| 3.4.1.3.1.Subprovíncia do Rio Tocantins | 9 |
| 3.4.1.3.2.Subprovíncia do Rio Paraná | 10 |
| 3.4.1.3.3.Subprovíncia Pirenópolis-Goianésia | 12 |
| 3.4.1.3.4.Subprovíncia Ipameri | 12 |
| 3.4.2.Associações Mineralógicas | 13 |
| 3.4.2.1.Hidrotermalismo | 13 |
| 3.4.2.2.Greisenização | 13 |

| | |
|---|----|
| 3.4.2.3.Albitização | 14 |
| 4.METODOLOGIA | 15 |
| 4.1.Preparação das Amostras | 15 |
| 4.2.Difração de Raios X | 16 |
| 4.3.Microscopia Eletrônica de Varredura | 17 |
| 5.DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS | 19 |
| 6.RESULTADOS OBTIDOS | 22 |
| 7.CONCLUSÃO | 47 |
| 8.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA | 48 |

1.RESUMO DO PROJETO

O maciço granítico da Mangabeira, de idade proterozóica média e situado na Sub-Província Paraná da Província Estanífera de Goiás em Monte Alegre de Goiás, é constituído por um biotita granito de granulação média a grossa, textura granular, com feldspato potássico róseo (microclínio), plagioclásio, quartzo azulado e biotita. Tem como acessórios fluorita, epidoto-zoisita, zircão, apatita, monazita e torita.

A intensa diferenciação do maciço faz-se de maneira assimétrica em virtude do desenvolvimento de processos de alteração pós-magmáticos que culminaram com a formação de greisenização, albitização fraca, transformação da biotita primária em siderofilita litínifera + fengita e recristalização do quartzo. Todo este conjunto litológico foi deformado e recristalizado durante o evento tectono-metamórfico do Ciclo Brasileiro.

Arseniatos, fosfatos e sulfetos estão hospedados em veios de quartzo-topázio greisens associados ao albita-topázio-zinnwaldita-granito. Nestes greisens são distinguindo três tipos de hidrotermalismo. O primeiro possui como paragênese topázio, quartzo, zinnwaldita, wolframita, löllingita, arsenopirita com inclusões de esfalerita rica em In e pequenas quantidades de cassiterita. No segundo estágio a paragênese é representada principalmente por minério de cassiterita e arseniatos ricos em In, como a yanomamita. Os minerais do terceiro estágio hidrotermal são arsenopirita, esfalerita pobre em In, estanita, roquesita, calcopirita, pirita, enargita, galena, digenita e cosalita.

Diversos minerais raros e não completamente caracterizados foram encontrados. Este são os casos da agardita-(Y), da farmacossiderita, arseniatos e fosfatos não identificados, e da bário-farmacossiderita, agora descrita pela primeira vez sua ocorrência.

2.ABSTRACT

The Mangabeira pluton, of medium Proterozoic age is situated in the Paraná sub-province of the Tin Province of Goiás, it is composed by biotite-granite of average-thick granulation, granular texture, with pinkish alkali feldspar (microcline), plagioclase, bluish quartz and biotite. It has as accessory fluorite, epidote-zoizite, zircon, apatite, monazite and thorite.

The intense differentiation of the massif makes itself on an asymmetrical manner due to the development of post-magmatic alteration processes that culminated with the formation of massive greisens, low albitization, transformation of the primary biotite in lithinifere siderofilite + fengite and recrystallization of the quartz. All rocks of the pluton have been deformed and largely recrystallized during the Brasiliano tectono-metamorphic event.

Arsenates, phosphates and sulfides are hosted in quartz-topaz greisen veins associated with the zinnwaldite-topaz-albite granite. Three hydrothermal stage were distinguished. In these greisens veins. The first one has paragenesis topaz, quartz, zinnwaldite, wolframite, llöngite, arsenopyrite with In-rich sphalerite inclusions, and minor cassiterite. In the second stage, the paragenesis is mainly represented by cassiterite ore and In-rich arsenates, as the yanomamite. Minerals from the third hydrothermal stage are arsenopyrite, In-poor sphalerite, stannite, roquesite, chalcopyrite, pyrite, enargite, galena, digenite and cosalite.

Many rare minerals and not completely characterized have been found. These are the cases of the agardite-(Y), the pharmacosiderite, the arsenates and phosphates not identified, and the barium-pharmacosiderite, which has its occurrence, been described for the first time.

3.INTRODUÇÃO

3.1.Apresentação

No Brasil existem muitos minerais raros e não completamente caracterizados. Este é o caso, por exemplo, das amostras provenientes do Maciço Mangabeira, em Monte Alegre de Goiás, Goiás. Neste trabalho, foi identificada, através de difratometria de raios X, análises químicas por microscópio eletrônica de varredura e propriedades ópticas, a grande variedade mineralógica contida nestas amostras.

As amostras foram coletadas nos arredores de Monte Alegre de Goiás, Goiás, no Maciço Estanífero Mangabeira. Foi notada a presença de arseniatos raros, como a agardita-(Y) e a bário-farmacossiderita, fosfatos, molibdatos, além de outros minerais. Alguns desses minerais não são facilmente encontrados e não estão completamente caracterizados, necessitando de estudos adicionais.

3.2.Localização

O Maciço Estanífero Mangabeira está localizado a 40 Km a sudoeste de Monte Alegre de Goiás no Estado de Goiás, 350 km a norte de Brasília (figura 1), na parte sul da Bacia Amazônica. O afloramento está situado na borda da rodovia GO-118, e s próximo do vilarejo "Passa-e-fica".

3.3.Metas e Objetivo

O objetivo deste trabalho foi o estudo de amostras do Maciço Mangabeira para identificação de minerais novos e estudos adicionais de minerais raros que necessitem caracterização mais detalhada, fornecendo novos dados para catalogação.

Os minerais contidos nas amostras coletadas são espécies raras e de difícil caracterização devido à sua granulação muito fina. Os trabalhos relacionados a esses minerais são poucos e com informações insuficientes, razão pela qual o projeto em questão foi proposto. A pesquisa proporcionou um novo aprendizado ao formando e contato com instrumentação específica. Os resultados obtidos serão de grande utilidade à comunidade mineralógica, podendo ser futuramente divulgados em publicações.

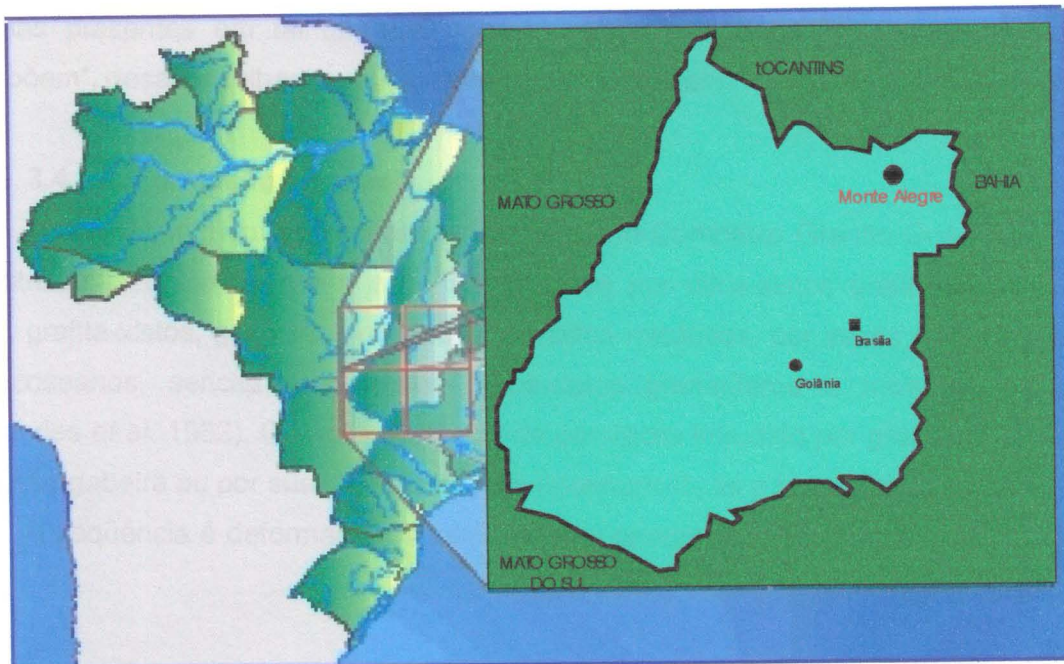


Figura 1: Localização da cidade de Monte Alegre de Goiás no Estado de Goiás (em vermelho).

3.4.Trabalhos Prévios

3.4.1.Geologia Regional

No domínio da área em estudo, ocorrem terrenos do Complexo Granito-Gnáissico (Marini *et al.* 1984), as unidades proterozóicas, constituídas pela Formação Ticunzal e granitos tipo Serra Mangabeira, relacionados à orogênese brasileira.

3.4.1.1.Complexo Granito-Gnáissico

Almeida (1968) individualizou, no centro-oeste do Brasil, uma ampla faixa entre os crátons Amazônico e do São Francisco afetada por episódios orogênicos durante o Neoproterozóico. As rochas mais antigas aflorantes nesta faixa são conhecidas por Complexo Basal. Incluem vários tipos de gnaisses e migmatitos, leptinitos, biotita-xistos, mármore, quartzitos, metaconglomerados, para-anfibolitos e rochas graníticas cataclasadas, todos mais antigos que 1.100 Ma e remobilizados durante os ciclos orogênicos mais novos (Sparrenbeger 1998).

Cunha *et al.* (1981) atribuíram a esta unidade a denominação Complexo Goiano, sob a alegação de grande complexidade litológica e estrutural, “de que as seqüências tipicamente parametamórficas são aparentemente concordantes com as rochas granito-gnáissicas e granulíticas mais antigas” e de que “nem todas as

litologias presentes em tal unidade poderão ser consideradas basais às que as superpõem”, desaconselhando a utilização do termo “basal”.

3.4.1.2. Formação Ticunzal

A Formação Ticunzal recobre os gnaisses do Complexo Granito-Gnáissico. É de distribuição muito restrita e está representada por mica-xistos grafitosos, mica-xistos, grafita-xistos, gnaisses grafitosos, quartzitos micáceos, por vezes turmalínicos ou arcoseanos, sericita-clorita xistos, mica-xistos granatíferos e tremolita xistos (Fernandes *et al.* 1982). O pacote encontra-se por vezes intrudido por granitos do tipo Serra Mangabeira ou por suas manifestações pneumatolíticas e hidrotermais.

A seqüência é deformada por cisalhamento orientado segundo a direção NS a N10.

3.4.1.3. Província Estanífera de Goiás

A Província Estanífera de Goiás é constituída por cerca de duas dezenas de granitos de idade proterozóica média, apresentando características, quase na totalidade, compatíveis com a dos granitos tipo A (anômalos, anorogênicos e alcalinos), em parte compatíveis com tipo S, e na grande maioria incompatíveis com os tipos I e M (Marini & Botelho 1986).

As características comuns a ambos os tipos A e S, referidos para os granitos em discussão são: razão Na/K <1; alto teor em SiO₂; maciços compostos de biotita granitos e/ou biotita-muscovita granitos; ricos em Sn. Ademais, os granitos da província apresentam as seguintes características típicas de granitos tipo A: razão Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ extremamente variável; granitos da Série Ilmenita; presença de quartzo; enriquecimento em Nb, Zn, F, Li, Ga, U, Th; "ausência" de xenólitos.

Os granitos estão agrupados em quatro subprovíncias no Estado de Goiás: Rio Tocantins, Rio Parana, Pirenópolis-Goianésia e Ipameri (figura 1).

3.4.1.3.1. Subprovíncia do Rio Tocantins

A Subprovíncia do Rio Tocantins situa-se na bacia do rio que lhe empresta o nome, sendo razoavelmente conhecida. Seus granitos mais característicos ("Tipo Serra da Mesa") afloram a oeste do Rio Tocantins. Os corpos situados a leste do rio apresentam características híbridas entre os "tipo Serra da Mesa" e os da Subprovíncia do Rio Parana. Na região da Serra da Cangalha (município de Cavalcante) ocorrem turmalina granitos.

Os granitos da Subprovíncia Tocantins ocupam as porções internas da Faixa Uruaçu (Marini *et al.* 1984) e formam corpos ovalados e estirados segundo a

estruturação regional. Estes corpos constituem serras e ocupam núcleos de domos ou branquianticlinais, apresentando-se circunscritos por metassedimentos do Grupo Serra da Mesa (Granitos Serra do Encosto, Serra Dourada e Serra da Mesa) ou do Grupo Arai (Granitos Serra Branca, Florêncio e Chapada de São Roque). Os maciços graníticos exibem estrutura gnáissica acentuada nas bordas e contêm mineralizações em albititos (Serra Dourada), greisens (Serra Branca) e pegmatitos (Serra da Mesa).

Os granitos desta Subprovíncia apresentam foliação conspícua e são constituídos de grandes cristais de ortoclásio microclinizados, quartzo, biotita e, mais raramente, anfibólio. Os minerais acessórios mais comuns são ilmenita, zircão, apatita, titanita e allanita.

A maioria dos corpos apresenta sinais de alterações tardi e pós-magmáticas microclinização, albitização e greisenização. Entretanto, zonas greisenizadas importantes são conhecidas apenas no Granito Serra Branca.

3.4.1.3.2.Subprovíncia do Rio Paraná

A Subprovíncia do Rio Paraná vem se tornando cada vez mais importante no contexto da Província Estanífera de Goiás, à medida que seus corpos graníticos se tornam mais conhecidos e novas mineralizações são identificadas. Os granitos desta subprovíncia (Serra da Pedra Branca, Mocambo, Mangabeira, Mendes e Sucuri), situados geotectonicamente na porção externa da Faixa Uruaçu, são intrusivos em rochas do Complexo Granito-gnáissico e/ou da Formação Ticunzal. Constituem altos topográficos circulares ou elípticos que se destacam do relevo mais suave das encaixantes. Essas intrusões datam do Proterozóico médio, com idade aproximada de 1,7 a 1,5 Ga (Marini & Botelho 1986). Já o Complexo data do Arqueano, com idade aproximada de 3,2 - 2,5 Ga (Reis Neto 1983). Alguns maciços apresentam contato tectônico com metassedimentos do Grupo Arai, não formando, porém, estruturas dômicas como as que ocorrem a oeste, na região do Rio Tocantins. As rochas graníticas constituem corpos circulares com orientação mineral difusa, predominantemente porfiríticas, com destaque para megacristais de feldspato potássico e cristais de quartzo azulado. A biotita é o único máfico presente.

Granitos greisenizados e greisens mineralizados com cassiterita ocorrem nos maciços da Serra do Mendes, Mangabeira, Mocambo, Pedra Branca e Sucuri. Resultam de intensos fenômenos tardi a pós-magmáticos, representados por greisenização, albitização e microclinização (Botelho & Marini 1984). O Granito Pedra Branca é entre eles o melhor conhecido e detém as mineralizações mais importantes da região.

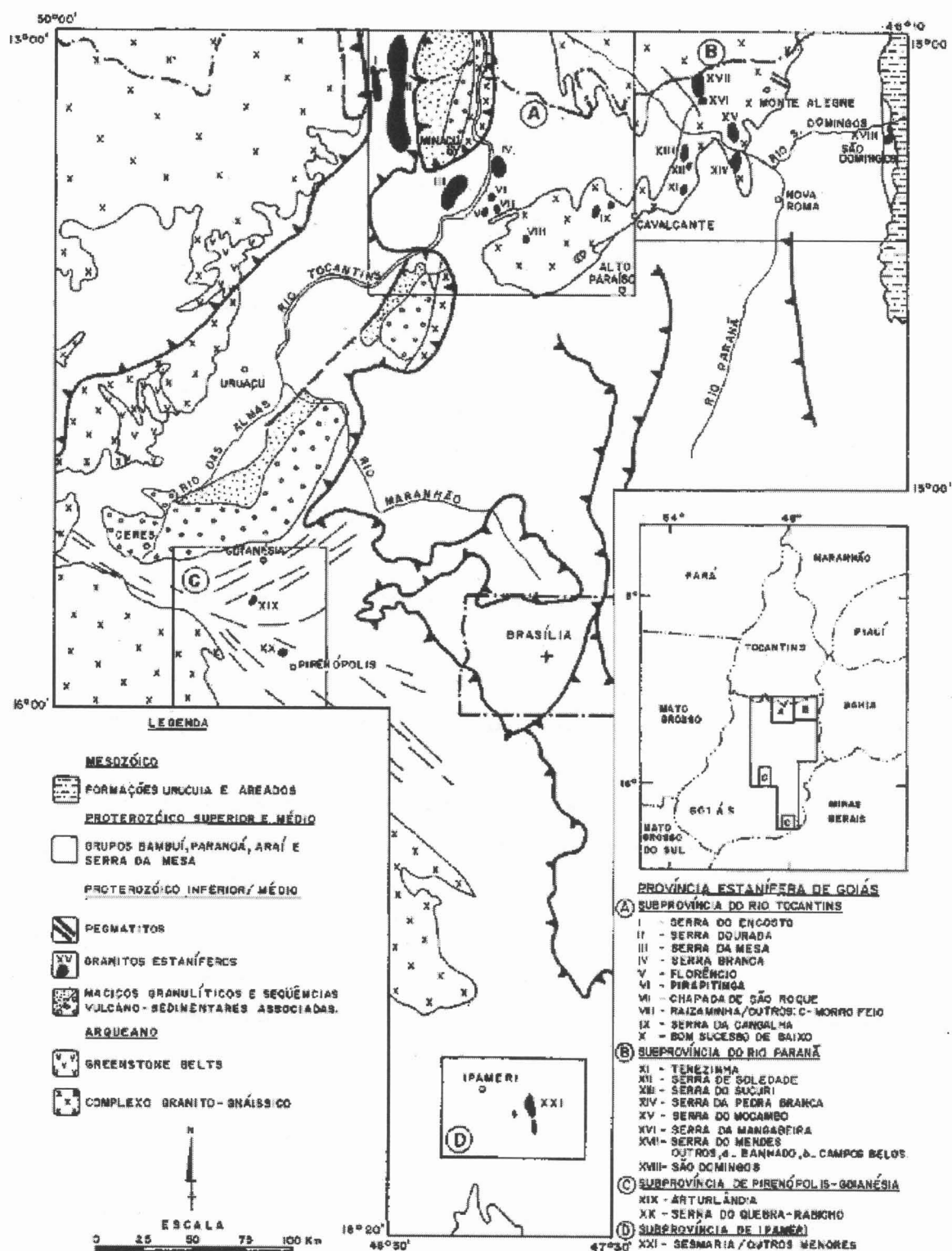


Figura 2: Distribuição dos granitos da Província Estanífera de Goiás (Marini *et al* 1992).

O Maciço Mangabeira é uma intrusão granítica do tipo alcalino, derivado de crosta continental proterozóica ou arqueana preexistente (Pimentel *et al.* 1991). Pode

ter sido gerada pela interação de magma basáltico do manto com a crosta inferior em regime extensional (Bilal *et al.* 1997).

Apresenta forma aproximadamente circular com diâmetro de cerca de 3,5 km e apófise de forma irregular na extremidade sudoeste. É constituído por um biotita granito de granulação média a grossa, textura granular, com feldspato potássico róseo (microclínio), plagioclásio, quartzo azulado e biotita. Tem como acessórios fluorita, epidoto-zoisita, zircão, apatita, monazita e torita. As alterações sofridas caracterizam-se por albitização fraca, transformação da biotita primária em siderofilita litinífera + fengita e recristalização do quartzo.

A Subprovíncia Paraná caracteriza-se também por um grande número de pegmatitos mineralizados com cassiterita e tantalita, localizados às margens do Rio Paraná, nas proximidades de Porto Real, e nas regiões de Monte Alegre de Goiás e São Domingos, igualmente alojados em gnaisses do Complexo Granito-gnáissico e/ou xistos grafitosos atribuídos à Formação Ticunzal.

3.4.1.3.3.Subprovíncia Pirenópolis-Goianésia

A Subprovíncia Pirenópolis-Goianésia, pela geotectônica, situa-se na Megainflexão dos Pirineus, região onde as estruturas regionais assumem, de modo anômalo, orientação WNE e vergência local para Sul. Foram identificados na região dois corpos graníticos: Quebra-Rabicho (Fazenda Raizama) e Arturlândia.

O Granito Arturlândia é intrusivo em seqüência proterozóica inferior, que apresenta nítida discordância com os metassedimentos médio-proterozóicos. Trata-se de biotita granito, localmente muscovitizado, em geral com bandamento bem evidente e efeitos cataclásticos.

O Granito Quebra-Rabicho situa-se a sul do de Arturlândia, exhibe foliação conspícua e apresenta-se muscovitizado. O quartzito basal do Grupo Araxá sobrepõe-se ao granito, não sendo conhecidos efeitos penetrativos no quartzito.

3.4.1.3.4.Subprovíncia Ipameri

A Subprovíncia Ipameri situa-se no segmento meridional da Faixa Uruaçu, sendo representada pelo Granito Sesmaria e outros corpos menores ainda sem denominação. As encaixantes imediatas dos granitos são os metamorfitos da fácies xisto verde atribuídos ao Grupo Araxá.

3.4.2.Associações Mineralógicas

3.4.2.1.Hidrotermalismo

A alteração hidrotermal se iniciou nos estágios pós magmáticos, resultando em uma grande variedade de greisens e produtos da alteração hidrotermal. Os granitos parcialmente metassomatizados apresentam feições de albitização e greisenização. (Freitas 2001).

Os produtos finais são zinnwaldita greisens com topázio. Durante o hidrotermalismo houve mobilização de elementos atribuída à presença do F nos fluidos hidrotermais, capaz de transportar metais raros e lixiviar terras raras, Zr e Y.

A mineralogia hidrotermal é composta principalmente por topázio, micas, quartzo, albita secundária e fluorita. Ocorrências locais de minerais de Be (como genthelvita e fenacita), wolframita, esfalerita, arsenopirita, löllingita, magnetita e granada forneceram informações sobre as condições físico-químicas vigentes durante a sua cristalização (Freitas 2001).

As micas ocorrem em diversas gerações, apresentando variações químicas que permitiram a reconstituição da trajetória da greisenização. A formação da zinnwaldita na fase inicial do hidrotermalismo indica ambiente com alta atividade de F e Li, onde o Fe era abundante. A existência de fengita nas fases mais finais pode ser atribuída à entrada de outro fluido no sistema, pobre em F, Fe e Li, provavelmente água meteórica. As micas intermediárias indicam o início do reequilíbrio para condições menos ácidas e pouco salinas.

Arseniatos estão hospedados em veios de quartzo-topázio greisens associados ao albita-topázio-zinnwalditai granito. Nestes greisens são distinguidos três tipos de hidrotermalismo (Botelho 1992). O primeiro possui como paragênese topázio, quartzo, zinnwaldita, wolframita, löllingita, arsenopirita com inclusões de esfalerita rica em In e pequenas quantidades de cassiterita. No segundo estágio a paragênese é representada principalmente por minério de cassiterita e arseniatos ricos em In, como a yanomamita. Os minerais do terceiro estágio hidrotermal são arsenopirita, esfalerita pobre em In, estanita, roquesita, calcopirita, pirita, enargita, galena, digenita e cosalita (Botelho *et al.* 1994).

3.4.2.2.Greisenização

A greisenização é uma transformação pós-magmática de rochas, a temperatura entre 500-300°C, sob a influência de soluções residuais ácidas, ricas em sílica, água e constituintes voláteis, conectadas com intrusões graníticas (Scherba 1970).

A greisenização é caracterizada por evoluir até o desaparecimento completo dos feldspato, dando origem aos greisens de fratura com quartzo, muscovita, fluorita,

magnetita, hematita, topázio e sulfetos, portadores da maioria das mineralizações de cassiterita.

A formação de veios de quartzo e suas associações com sulfetos e, às vezes cassiterita, é um processo “pós-greisenização” de fase tipicamente hidrotermal (Charoy 1979).

Os sulfetos associados aos greisens são freqüentes, principalmente esfalerita e calcopirita.

A paragénese encontrada é a seguinte: esfalerita + calcopirita ± bornita ± pirita ± galena ± arsenopirita ± calcosita ± covelita.

3.4.2.2. Albitização

A albitização é evidenciada pela presença de albita do tipo *chess-board*, ou em vias de transformação em *chess-board*, nas bordas de fraturas que seccionam fenocristais de feldspato potássico perítico (microclínio)

O fenômeno da albitização é compreendido como um processo tardi/pós-magmáticos. Rochas intensamente albitizadas são formadas por quartzo, albita e muscovita, quase sempre mineralizadas, que, provavelmente, constituem os granitos com cassiterita (Padilha & Laguna 1981).

4.METODOLOGIA

4.1.Preparação das Amostras

Sessenta amostras provenientes do Maciço Estanífero Mangabeira foram todas catalogadas. Na seqüência, algumas amostras foram descritas macroscopicamente e sob lupa binocular, observando-se características físicas e a mineralogia da rocha.

As amostras, posteriormente, foram submetidas aos processos de moagem e peneiramento. Este processo era iniciado com a moagem em um pilão. O material proveniente da moagem era dividido em duas classes, através de peneiras de malhas 60 (0,280 mm) e 100 (0,150 mm) mesh. Em uma das classes aquela na qual o material possuía granulometria menor que 0,150 mm, esse material era arquivado. O material da classe que possuía granulometria entre 0,280 e 0,150 mm era preparado para o separador magnético.

O material resultante da peneiração foi lavado com água para retirada de pó e álcool para evitar a oxidação e com uma posterior secagem rápida sob lâmpada.

Após as amostras passarem por essa primeira etapa, passa-se a separar os diferentes minerais contidos nelas. Para isso, utiliza-se a separação por densidade através do bromofórmio ($d=2,87 \text{ g/cm}^3$), que separou quase totalmente o quartzo ($d=2,62 \text{ g/cm}^3$), e uma boa porcentagem de zinnwaldita ($d=2,67\text{-}2,91 \text{ g/cm}^3$), dos outros minerais. Após a separação por densidade, restam em torno de 5% da amostra inicial, sendo que o restante da amostra era formado quase exclusivamente por quartzo.

Os 5% restante da amostra passaram pelo separador eletromagnético FRANTZ, um separador isodinâmico que separa os minerais de acordo com a tendência magnética quantitativa por meio do ajuste de corrente elétrica geradora do campo magnético.

A corrente elétrica usada foi de 1,5 ampere com uma inclinação na rampa de 10° . Posteriormente, as amostras foram divididas em duas porções denominadas como “porção magnética” e “porção não magnética”.

As duas porções foram descritas sob lupa binocular, onde a porção não magnética continha principalmente quartzo e zinnwaldita; assim, para continuação das análises foram utilizadas as “porções magnéticas”.

A porção magnética foi analisada sob lupa binocular com aumento de 4 vezes, onde os minerais foram separados, manualmente, em frações, de acordo com suas características físicas.

Toda essa parte de separação foi realizada no Laboratório de Separação do Instituto de Geociências da USP.

Cada fração foi submetida a difratometria de raios X e análise química por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

As frações para difratometria de raios X foram colocadas em uma lâmina de vidro e prensadas com outra lâmina sobre a primeira lâmina.

Para a análise química por MEV, foram selecionados três grãos de cada fração, colocados em um suporte coberto por carbono, isso para uma análise qualitativa. Em uma análise semi-quantitativa foram selecionados em torno de oito grãos por fração embutidos em seções polidas.

4.2.Difração De Raios X

Difração de raios X é uma ferramenta utilizada na investigação da estrutura de uma matéria (Cullity 1978). A difração de raios X resulta de um processo em que os raios X são dispersos pelos elétrons dos átomos, sem mudanças de comprimento de onda (dispersão coerente ou lei de Bragg) (Formoso 1984). A estrutura cristalina de uma substância determina o seu padrão de difração. A forma e o tamanho de cela unitária determinam a posição angular das linhas de difração, e o arranjo e a natureza dos átomos dentro da cela unitária determinam a intensidade relativa dessas linhas.

A difração de raios X teve como objetivo avaliar na identificação dos minerais presentes nas amostras em de estudo. O equipamento utilizado foi um difratômetro da marca Carl Zeiss JENA, modelo Iris 6 do Laboratório de Difração de Raios X do Instituto de Geociências da USP.

A operação utilizou um tubo de cobre com filtro monocromador de níquel cuja radiação gerada possui $\lambda=1,54$ Å. Todas as medidas foram efetuadas com uma voltagem de 40 keV e corrente 40 mA. As varreduras foram feitas em incremento de $0,020^\circ$, utilizando a velocidade de coleta de dados de 0,05 graus a cada 1s.

4.3 Microscopia Eletrônica de Varredura

A versabilidade do microscópio eletrônico de varredura (MEV) se deve em grande parte à rica variedade de interações produzidas pelo feixe de elétrons em contato com uma amostra. Estas interações podem revelar informações da

composição dos espécimes, topografia, cristalografia, potencial elétrico, campo magnético local e outras propriedades (Goldstein *et al.* 1992).

Para as análises no MEV foi utilizado sinal de elétrons retro-espalhados que é extremamente útil, pois responde com variação composicional (contraste de número atômico Z ou contraste composicional).

Acoplado ao MEV foi usado detetor de energia dispersiva (EDS) que permite que informações químicas qualitativas e/ou semi-quantitativas sejam processadas, auxiliando na identificação do mineral.

No EDS os fótons de raios X gerados pela amostra atravessam uma fina janela que isola o ambiente da camera entre o espécime e o detetor de cristal de Si (Li). Absorção de cada fóton individual de raios X conduz para a ejeção de um fotoelétrico que por sua vez forma pulso de carga posteriormente convertido em pulso de voltagem. O sinal é amplificado e conduzido para o computador, analisador de raios X, onde as informações são dispostas num histograma de intensidade versus voltagem.

O equipamento utilizado está disponível no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto de Geociências da USP.

Durante as análises foram utilizadas tensões de 20kV ou 30kV, corrente de 50nA e tempo de contagem de 100s.

A utilização de tensões distintas mostrou que para tensões maiores a contagem de elementos pesados foi maior, e para tensões menores a contagem de elementos leves foi maior.

Na quantificação também foram utilizadas diferentes linhas de energia para a contagem de alguns elementos. Assim, evitava-se que elementos que possuíam linhas com valores de excitação parecidos interferissem na contagem.

Na tabela 1 estão os padrões para análise química, bem como as linhas utilizadas.

Tabela 1: Padrões e as linhas de energia utilizados durante as análises

| Elementos | Padrão |
|-----------|--|
| Al | Al ₂ O ₃ (AlK α) |
| As | InAs (AsK α ou AsL α) |
| Ba | BaF ₂ (BaL α) |
| Bi | Bi (BiM α) |

| | |
|----|---|
| Ca | Wollastoita (CaK α) |
| Ce | CeO ₂ (CeL α) |
| Cl | KCl (ClK α) |
| Cu | Cu (CuK α) |
| Dy | DyF ₃ (DyL α) |
| Er | ErF ₃ (ErL α) |
| Eu | EuF ₃ (EuL α) |
| Fe | Fe (FeK α) |
| Gd | GdF ₃ (GdL α) |
| K | Ortoclásio (KK α) |
| La | LaB ₆ (LaL α) |
| Mo | Mo (MoL α) |
| Na | Albita (NaK α) |
| Nd | NdFe ₃ (NdL α) |
| P | GaP (PK α) |
| Pb | PbF ₂ (PbL α ou PbM α) |
| Pr | Pr ₂ O ₃ (PrL α) |
| S | FeS ₂ (SK α) |
| Si | Quartzo (SiK α) |
| Sm | SmF ₃ (SmL α) |
| Th | ThO ₂ (ThL α) |
| U | U (UL α) |
| W | W (WM α) |
| Y | Y (YL α) |
| Yb | YbF ₃ (YbL α) |
| Zn | Zn (ZnK α) |

5.DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS

Na primeira etapa do trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre o Maciço, dando ênfase à mineralogia, principalmente aos arseniatos hidratados, como a yanomamita, um arseniato hidratado de índio, cuja fórmula química é expressa por $\text{InAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e que foi descrito pela primeira vez por Botelho *et al.* (1994).

Após a pesquisa bibliográfica, as amostras coletadas foram descritas macroscopicamente, utilizando-se lupa binocular, num total de 16 amostras (Pb-50, Pb-56, Pb-57, Pb-59, Pb-60, Pb-62, Pb-64, Pb-66, Pb-68, Pb-75, Pb-80, Pb-88, Pb-91, Pb-93, Pb-94 e Pb-96), sendo a amostra Pb-68 a mais detalhadamente estudada inicialmente, pois foi a primeira a ser preparada para difratometria de raios X e análise química.

A preparação das amostras era, inicialmente, realizada através somente do separador magnético FRANTZ que classifica os minerais de acordo com sua suscetibilidade magnética. Porém, com a dificuldade de separação dos minerais, por se tratar de minerais com granulação muito fina e, às vezes, estarem associados entre si, o que tornava muito dificultosa a separação exclusiva de um só mineral, passou-se a utilizar, também, a densidade dos minerais como meio para separação destes, através do bromofórmio.

A amostra Pb-68 foi dividida em 8 frações de acordo com suas características físicas (ver tabela 2). Para esta amostra não foi utilizada a separação por densidade. Por isso, as frações dessa amostra possuíam, além do mineral que se pretendia analisar, significativas porções de quartzo e, principalmente, zinnwaldita, sendo assim esse o motivo pelo qual a zinnwaldita foi indicada por difratometria de raios X nas frações Pb-68-A, Pb-68-P, Pb-68-R, Pb-68-M, Pb-68-MC, Pb-68-Y e Pb-68-BR. A análise química indicou a presença de potássio, alumínio e silício, elementos que estão na composição da zinnwaldita. Já a presença de alumínio e silício na fração Pb-68-X sugerem a presença de topázio. Cassiterita, foi indicada pela presença de estanho nas frações Pb-68-P e Pb-68-R, e quartzo, pela presença, em grande quantidade, de silício nas frações Pb-68-BR e Pb-68-P. Verifica-se ainda, a presença de arsênio nas frações Pb-68-A, Pb-68-MC, Pb-68-R, Pb-68-X e Pb-68-Y, e de índio nas frações Pb-68-R e Pb-68-Y.

Tabela 2: Descrição física das frações da amostra Pb-68.

| Frações | Descrição física |
|----------------|--|
| Pb-68-A | Predomínio da cor amarela, aspecto terroso, brilho vítreo, muito abundante em minerais magnéticos de 1,0 Ampère. |
| Pb-68-BR | Incolor, sem clivagem, fratura conchoidal, brilho vítreo, dureza maior que 5. |
| Pb-68-M | Incolor, clivagem perfeita, brilho vítreo, dureza menor que 5. |
| Pb-68-MC | Diferentes colorações (amarelo, preto, vermelho). Brilho vítreo. Abundante nas porções magnéticas de 1,5 Ampère. |
| Pb-68-P | Predomínio da cor preta, hábito prismático, brilho adamantino, dureza maior que 5, muito abundante nas porções magnéticas de 1,5 Ampère. |
| Pb-68-R | Predomínio da cor vermelha, brilho vítreo, translúcido, dureza menor que 5 e abundante em minerais magnéticos de 1,5 Ampère. |
| Pb-68-X | Muito similar à fração Pb-68-R, apenas com uma mudança na coloração predominante, de vermelho para amarelo. |
| Pb-68-Y | Predomínio da cor branca, brilho vítreo, aspecto terroso, em pouca quantidade somente em minerais magnético de 1,0 Ampère. |

Posteriormente, a amostra Pb-56 foi preparada para obtenção de dados. Nesta amostra foi utilizada pela primeira vez a separação por densidade, além dos outros métodos já utilizados para preparação para difratometria de raios X e análise química.

Esta amostra foi dividida em 5 frações (ver tabela 2). Em seguida essas frações foram levadas para obtenção de dados difratométricos de raios X e análise química.

Por difratometria de raios X foram indicadas as presenças de zinnwaldita (Pb-56-B), farmacossiderita (Pb-56-D), cassiterita (Pb-56-P) e arsenopirita (Pb-56-PR). A análise química confirmou os resultados obtidos por difratometria de raios X, indicando os elementos presentes na composição dos minerais citados acima.

A amostra posterior a ser preparada para difratometria de raios X e análise química foi a amostra Pb-93, sendo a primeira amostra a passar por uma análise semi-quantitativa no MEV com EDS acoplado para uma melhor interpretação dos dados anteriormente obtidos por análise química qualitativa e difratometria, pois esses dados apresentaram resultados animadores, que serão apresentados a seguir.

Tabela 3: Descrições físicas das frações da amostra Pb-56.

| Frações | Descrições Físicas |
|----------------|---|
| Pb-56-B | Diferentes tonalidades com o predomínio da cor branca, brilho vítreo, com dureza menor que 4. |
| Pb-56-D | Cor castanha, brilho adamantino, dureza menor que 4. |
| Pb-56-P | Cor preta, brilho submetálico, dureza maior que 4. |
| Pb-56-PG | Predomínio da cor cinza escuro, brilho metálico, aspecto terroso, dureza menor que 4. |
| Pb-56-PR | Predomínio da cor cinza, com brilho metálico, dureza maior que 5. |

Quatro frações da amostra Pb-93 (A, B, C e V) passaram por análise química, sendo que para cada fração foram selecionados três grãos (ver tabela 4).

Tabela 4: Descrições físicas das frações da amostra Pb-93.

| Frações | Descrições Físicas |
|----------------|---|
| Pb-93-A | Cor amarela, brilho vítreo, dureza maior que 4. |
| Pb-93-B | Cor bege, brilho vítreo, dureza maior que 4. |
| Pb-93-C | Cor cinza, brilho metálico, dureza maior que 4. |
| Pb-93-V | Cor verde, às vezes com tons branco, brilho vítreo, dureza maior que 4, |

Por difratometria foram indicadas as presenças de monazita-(Ce) (Pb-93-A), topázio (Pb-93-A, Pb-93-B e Pb-93-V), bário-farmacossiderita (Pb-93-C), arsenopirita (Pb-93-C) e agardita-(Y) (Pb-93-B e Pb-93-D)

A análise química confirmou a difratometria, mostrando os elementos presentes na composição dos minerais citados acima e indicando outros minerais como fluorita, wulfenita, calcopirita, russelita e covellita.

6.RESULTADOS OBTIDOS

Abaixo está descrita uma parte da grande variedade mineralógica encontrada nas amostras provenientes do Maciço Estanífero Mangabeira.

Arseniatos

Agardita-(Y) – $(Y,Ca)Cu_6(AsO_4)_3(OH)_6 \cdot 3H_2O$ -: mineral de coloração verde e brilho vítreo. Nas amostras onde foi encontrado estava associado a arseniatos de bismuto não identificados e, às vezes, a monazita-(Ce) e topázio.

Moura & Botelho (1994) descreveram o mineral possuindo coloração verde, relevo médio a alto, e ocorrendo como massas associadas a grãos de cassiterita ou a fengita aluminosa.

Tanto por difratometria de raios X (anexo 1) como pela análise química (figura 3) confirmaram a presença do mineral.

No microscópio eletrônico de varredura com elétrons retro-espalhados, foi identificado na massa cinza, nos pontos 1 e 2 na fração Pb-93-V (figura 4 e 5).

Na tabela 5 são mostrados os resultados da semi-quantificação dos pontos 1 e 2 da fração Pb-93-V comparados com os dados da composição da agardita-(Y) da Mina Santa Lucia, Itália (Dietrich *et al.* 1969).

A análise semi-quantitativa mostrou uma proporção maior de água do que as análises efetuadas por Dietrich *et al.* (1969).

Para fórmula empírica foi utilizado a quantidade oxigênio da fórmula ideal. A fórmula empírica pode ser expressa por $(Y_{0,44}Dy_{0,06}Bi_{0,06}Yb_{0,05}Nd_{0,03}In_{0,02}Ca_{0,01}Ce_{0,01})_{\Sigma 0,71}(Cu_{4,75}Al_{0,49}U_{0,01})_{\Sigma 5,25}[(AsO_4)_{2,74}(SiO_4)_{0,20}]_{\Sigma 2,94}(OH)_{4,05} \cdot 7,19H_2O$.

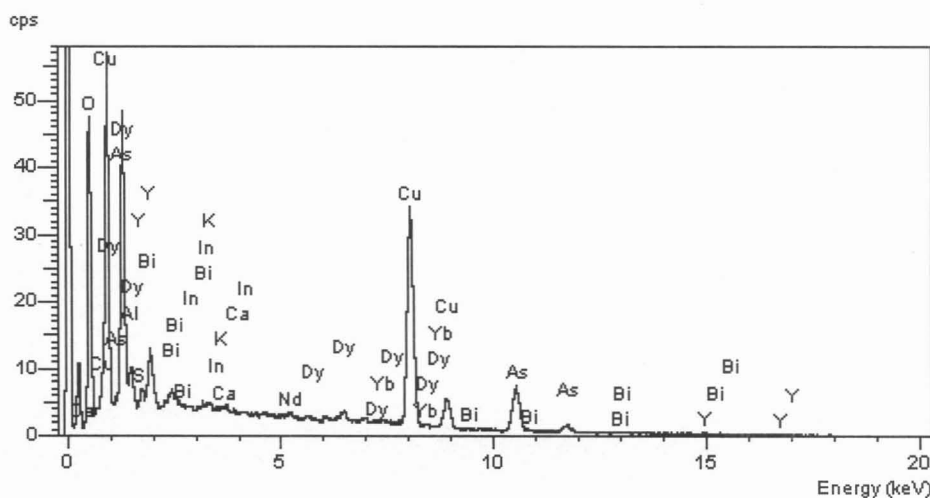


Figura 3: Análise qualitativa da agardita-(Y) do ponto 1 da fração Pb-93-V

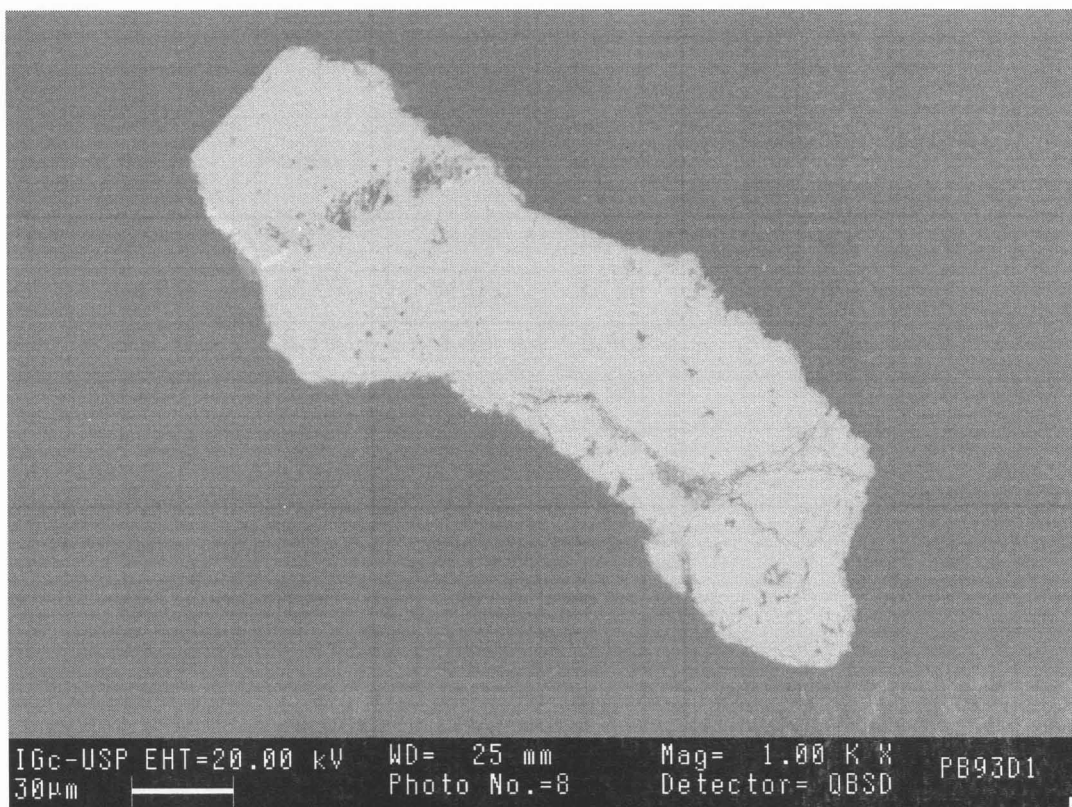


Figura 4: Imagem da fração Pb-93-V.

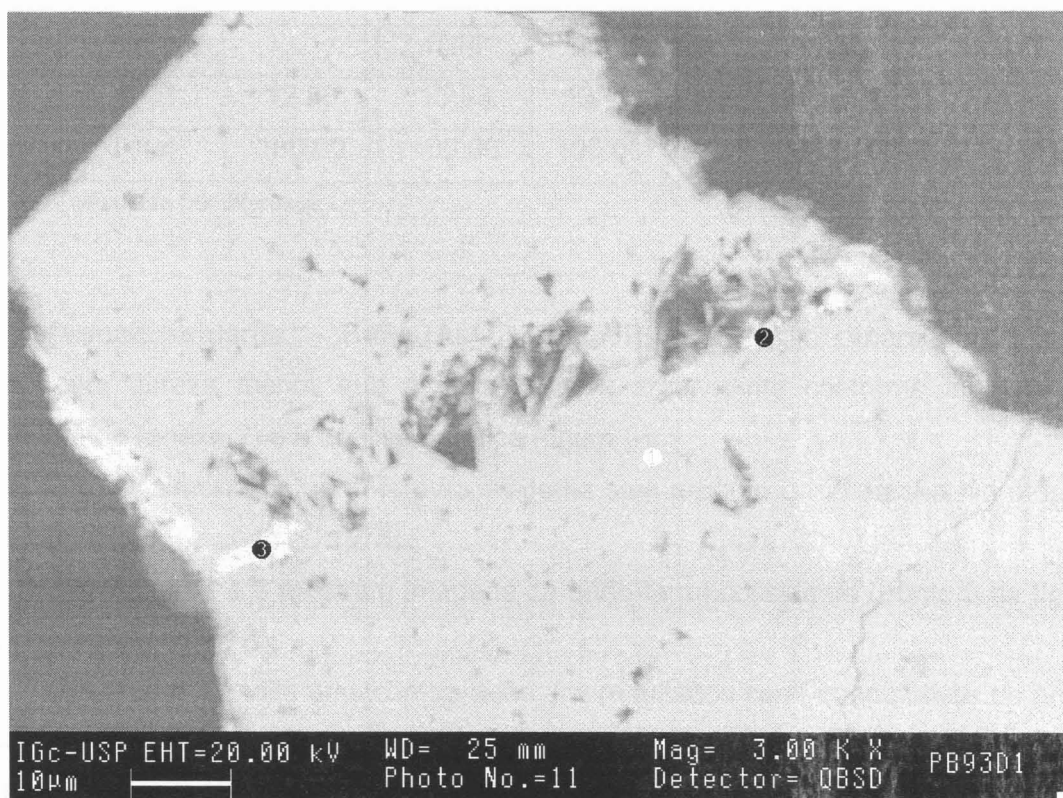


Figura 5: Localização da Agardita-(Y) nos pontos 1 e 2 da fração Pb-93-V.

Tabela 5: Comparação da proporção dos óxidos obtidos por análise química dos pontos 1 e 2 da fração Pb-93-V com os dados da composição química da agardita-(Y) (% em peso).

| Óxidos | Ponto 1 | Ponto 2 | Média | Composição química da Agardita-(Y) |
|--------------------------------|---------|---------|--------|------------------------------------|
| CuO | 39,21 | 38,99 | 39,10 | 44,50 |
| As ₂ O ₅ | 34,07 | 31,08 | 32,58 | 32,28 |
| Y ₂ O ₃ | 5,76 | 4,43 | 5,10 | 4,08 |
| Al ₂ O ₃ | 2,53 | 2,63 | 2,58 | 0,20 |
| Bi ₂ O ₃ | | 2,98 | 1,49 | 0,04 |
| SiO ₂ | 1,27 | 1,19 | 1,23 | - |
| Dy ₂ O ₃ | 1,32 | 1,11 | 1,22 | - |
| Yb ₂ O ₃ | 1,08 | 1,00 | 1,04 | - |
| Nd ₂ O ₃ | 0,57 | 0,49 | 0,53 | 1,15 |
| UO ₃ | 0,81 | | 0,41 | |
| Er ₂ O ₃ | | 0,61 | 0,31 | - |
| In ₂ O ₃ | 0,51 | - | 0,26 | |
| Gd ₂ O ₃ | | 0,46 | 0,23 | 0,62 |
| Ce ₂ O ₃ | - | 0,41 | 0,21 | 0,44 |
| CaO | | 0,14 | 0,07 | 0,65 |
| H ₂ O* | 12,88 | 13,93 | 13,40 | 10,69* |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 102,40 |

*calculada por diferença

Bário-farmacossiderita – BaFe₄(AsO₄)₃(OH)₅·5H₂O-: marrom amarelada e brilho vítreo com dureza menor que 4. Associada a arsenopirita conforme indicaram a difratometria (anexo 2) e a análise química (figura 6).

Provavelmente, a bário-farmacossiderita seja produto de alteração hidrotermal da arsenopirita (Cech *et al.* 1975).

As figuras 7 e 8 mostram imagens da bário-farmacossiderita (ponto 6 da figura 7 e ponto 2 da figura 8).

Na tabela 6 é feita uma comparação dos resultados semi-quantitativos do ponto 6 do grão 1 e do ponto 2 do grão 2 da fração Pb-93-C com os dados da composição da bário-farmacossiderita da Bohemia, República Tcheca (Cech *et al.* 1975).

O número de oxigênio utilizado para fórmula empírica refere-se a fórmula ideal da bário-farmacossiderita. A fórmula empírica para esse mineral pode ser expressa

por

(Ba_{0,46}Na_{0,17}K_{0,13},

Ca_{0,07}Zn_{0,05}Pb_{0,03})_{Σ0,91}(Fe_{3,81}Al_{0,05}S_{0,02})_{Σ3,88}(AsO₄)_{3,04}(OH)_{4,1.6,74}H₂O.

Tabela 6: Comparação da proporção dos óxidos obtidos por análise química da fração Pb-93-C com os dados da composição química da bário-farmacossiderita (% em peso).

| Óxidos | Ponto 6 | Ponto 2 | Média | Bário-farmacossiderita |
|--------------------------------|---------|---------|--------|------------------------|
| As ₂ O ₅ | 37,93 | 38,61 | 38,27 | 38,60 |
| Fe ₂ O ₃ | 34,06 | 32,50 | 33,28 | 37,80 |
| BaO | 7,37 | 8,07 | 7,72 | 8,70 |
| PbO | - | 1,61 | 0,81 | - |
| K ₂ O | 1,01 | 0,35 | 0,68 | - |
| Na ₂ O | 1,12 | - | 0,56 | - |
| CaO | 0,15 | 0,72 | 0,44 | - |
| ZnO | 0,39 | 0,49 | 0,44 | - |
| Al ₂ O ₃ | - | 0,52 | 0,26 | 5,80 |
| SO ₃ | 0,42 | - | 0,21 | - |
| H ₂ O* | 17,55 | 17,13 | 17,33 | 9,10 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

*calculada por diferença

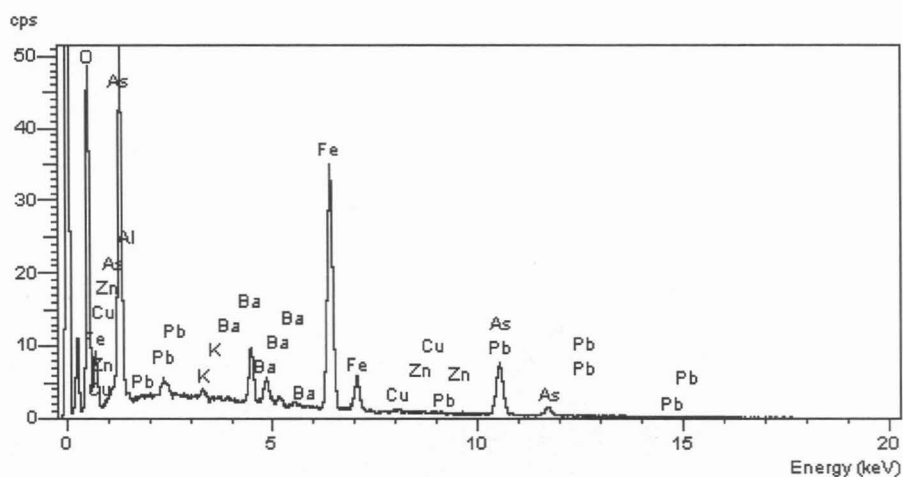


Figura 5: Análise qualitativa da bário-farmacossiderita no ponto 1 da fração Pb-93-C.

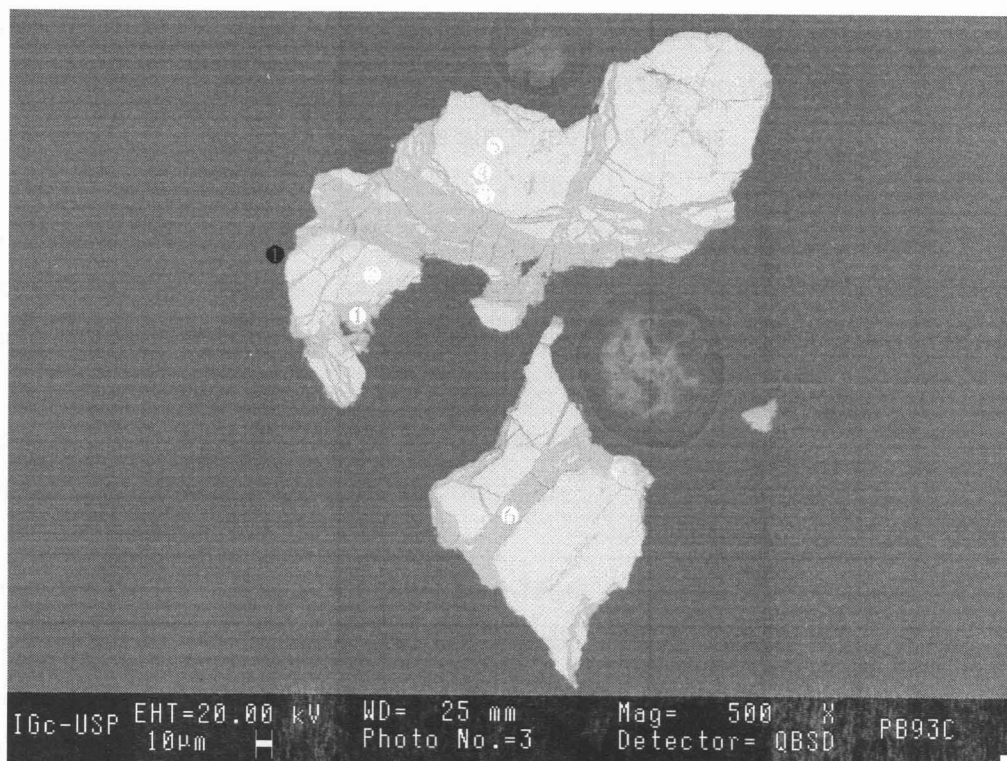


Figura 7: Grão 1 da fração Pb-93-C. Arseniato de bário no ponto 1, arsenopirita no ponto 2, calcopirita no pontos 3 e 4 e bário-farmacossiderita no ponto 6.

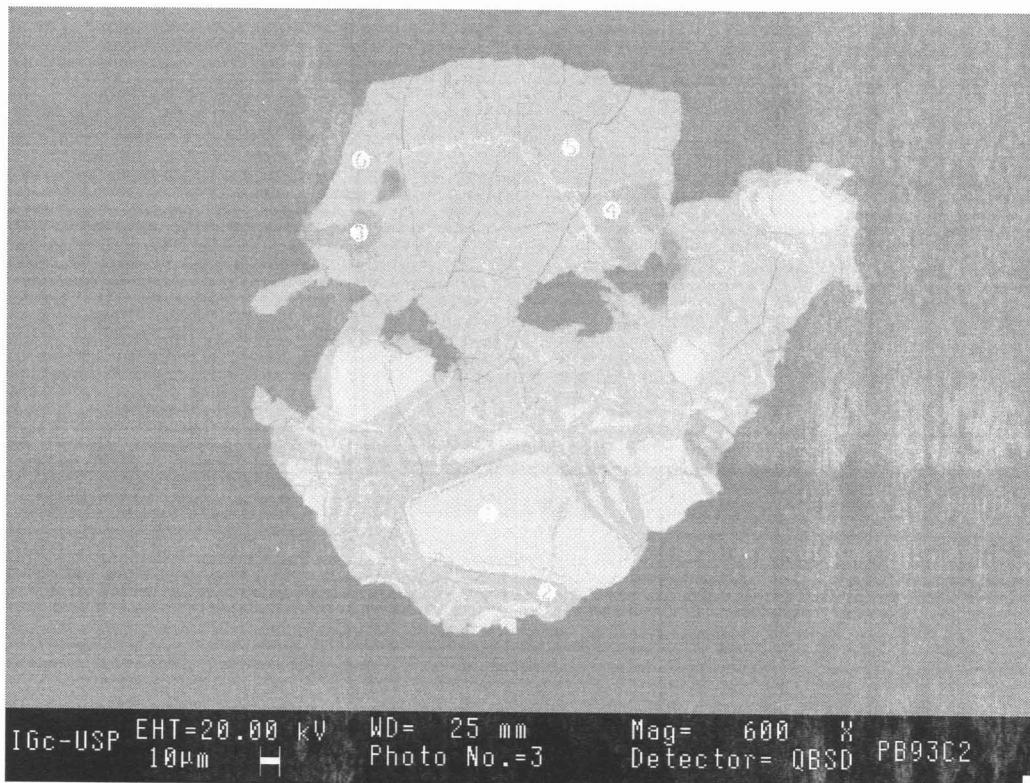


Figura 8: : Grão 2 da fração Pb-93-C. Arsenopirita no ponto 1, bário-farmacossiderita no ponto 2.

Beudantita - $\text{PbFe}_3(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$ - : tem coloração marrom claro e aspecto terroso. Ocorre em dimensões reduzidas ($10\mu\text{m}$) nas amostras estudadas (Moura & Botelho 1994). Não foi encontrado nas amostras analisadas.

Chenevixita - $\text{Cu}_2\text{Fe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ - : Moura & Botelho (1994) descreveram como mineral de coloração castanha a marrom, ocorrendo como uma massa de aspecto amorfo envolvendo arsenopirita ou mica. Não foi identificado nas análises.

Escorodita - $\text{FeAsO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - : não foi encontrado nas análises. Segundo Moura & Botelho (1994), é isoestrutural da yanomamita.

Farmacossiderita - $\text{KFe}_4(\text{OH})_4(\text{AsO}_4)_3\cdot 6\text{-}7\text{H}_2\text{O}$ - : apresenta coloração castanha, brilho adamantino, e segundo Moura & Botelho (1994), possui relevo médio a alto, isótropo e ocorre como massas. Foi identificado por difratometria de raios X (anexo 3) e análise química qualitativa (figuras 9). Na figura 10 observa-se imagem da farmacossiderita no MEV.

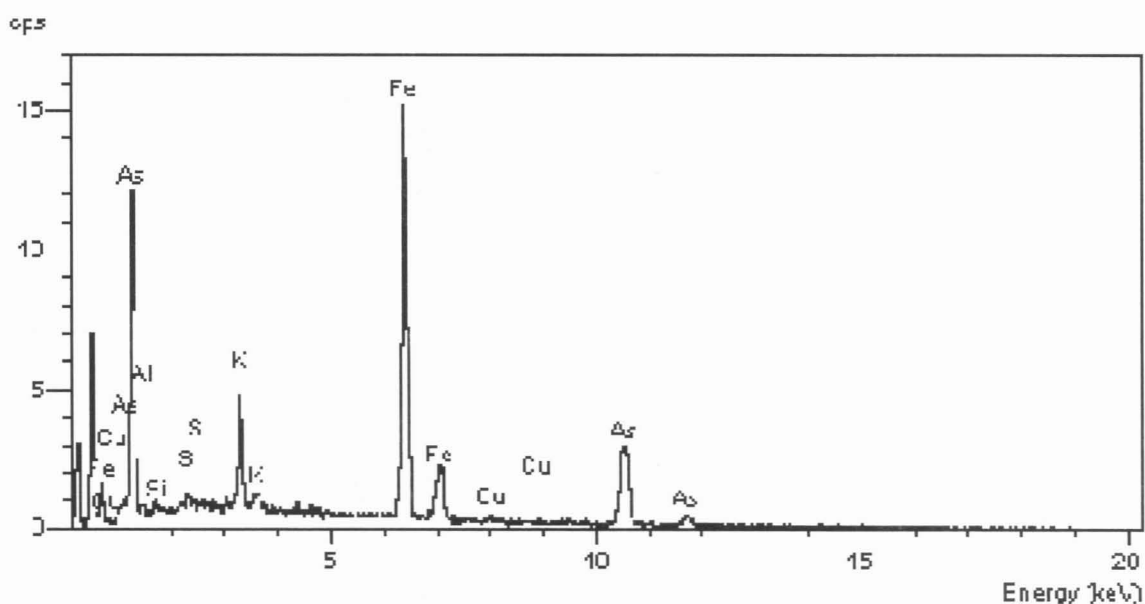


Figura 9: Análise qualitativa. Os maiores picos se referem a elementos que estão na composição da farmacossiderita.

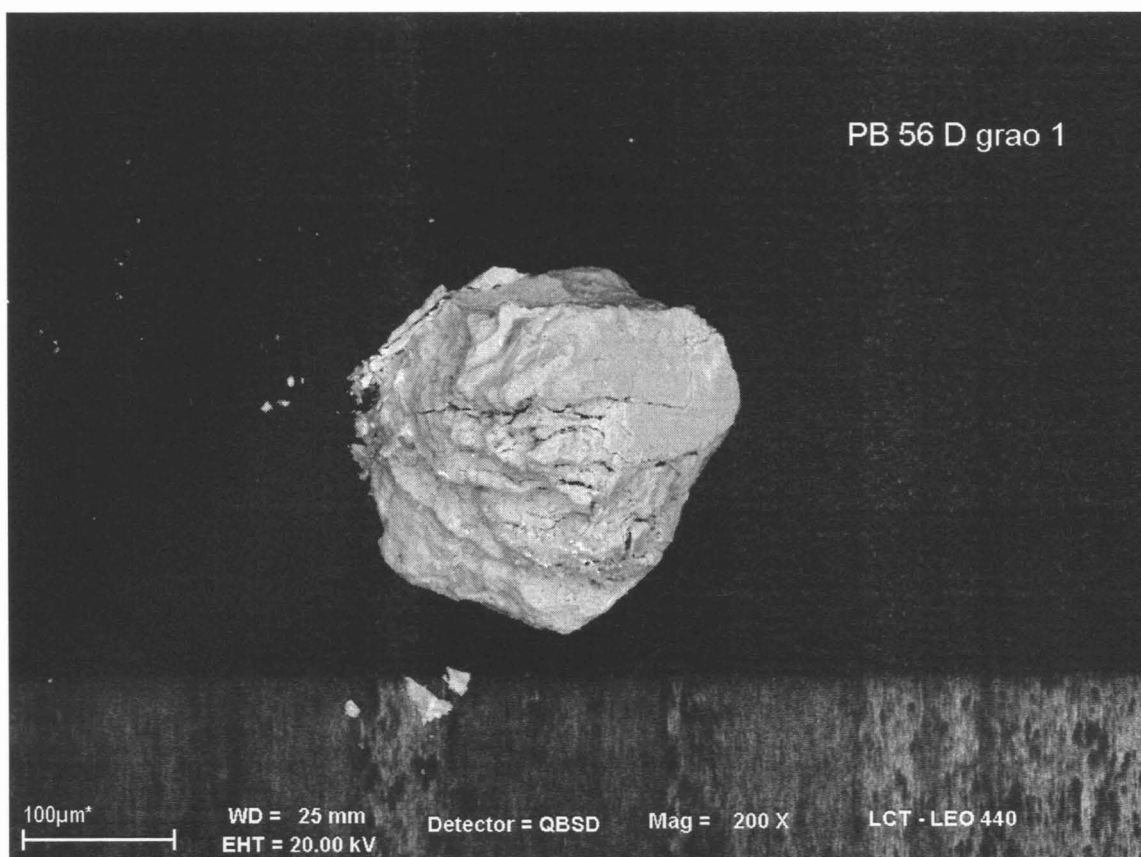


Figura 10: Imagem da farmacossiderita no MEV.

Metazeunerita - $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ - : mineral de coloração verde claro, de aspecto micáceo, birrefringência elevada e ocorre tanto isolado como associado a mica e topázio (Moura & Botelho 1994). Não foi identificado nas análises.

Yanomamita - $\text{InAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - : descrito somente no Brasil, o mineral assemelha-se à escorodita, mineral ao qual está associado (Botelho *et al.* 1994). Mineral não identificado. Em alguns pontos a análise qualitativa indicou a presença de In e As, porém índio estava em pequenas quantidades.

Arseniatos não identificados:

Arseniato com Ba: foi indicado no ponto 1 do grão 1 da fração Pb-93-C (figura 7) associado a bário-farmacossiderita e a arsenopirita.

A figura 11 mostra análise qualitativa para o ponto 1 e na tabela 7 estão dados da análise semi-quantitativa desse arseniato com Ba.

A fórmula empírica para esse mineral pode ser expressa por $(\text{Ba}_{0,96}\text{Na}_{0,48}\text{K}_{0,16}\text{Ca}_{0,04})_{\Sigma 1,64}\text{Fe}_{2,83}[(\text{As}_{2,30}\text{S}_{0,67})_{\Sigma 2,97}\text{O}_4]\}(\text{OH})_{3,65} \cdot 9,47\text{H}_2\text{O}$.

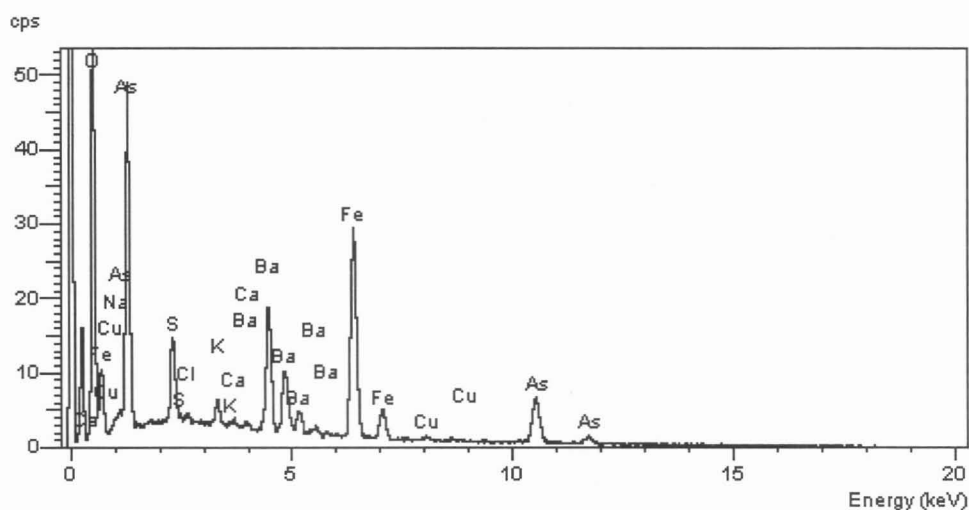


Figura 11: Análise qualitativa do arseniato de bário no ponto 01 do grão 1 da fração Pb-93-C.

Tabela 7: Análise química do ponto 1 do grão 1 da fração Pb-93-C (% em peso)

| Óxidos | Proporções |
|--------------------------------|------------|
| As ₂ O ₅ | 28,54 |
| Fe ₂ O ₃ | 24,38 |
| BaO | 15,95 |
| SO ₃ | 5,79 |
| Na ₂ O | 1,61 |
| K ₂ O | 0,82 |
| CaO | 0,26 |
| H ₂ O* | 22,65 |
| Total | 100,00 |

*calculada por diferença

Arseniatos de Bi: nas análises efetuadas foram distinguidos dois arseniatos de bismuto. Esses arseniatos não estão totalmente caracterizados, pois foram identificados somente por análise química.

Em uma das análises, a difratometria de raios X indicou a agardita-(Y). (anexo 4). Porém, a análise química (figura 12) mostrou uma grande quantidade de bismuto junto de elementos que estão na composição da agardita-(Y), como ítrio, arsênio e cobre. É provável que ocorra algum mineral com estrutura semelhante a agardita-(Y) (Grupo da mixita), rico em sódio.

Esse mineral é evidenciado principalmente nos pontos 3 e 4 do grão 1 da fração Pb-93-B (figura 13). Na tabela 8, está a semi-quantificação desses pontos, de onde a fórmula empírica, padronizado pelo número de oxigênio da agardita-(Y), pode ser expressa como

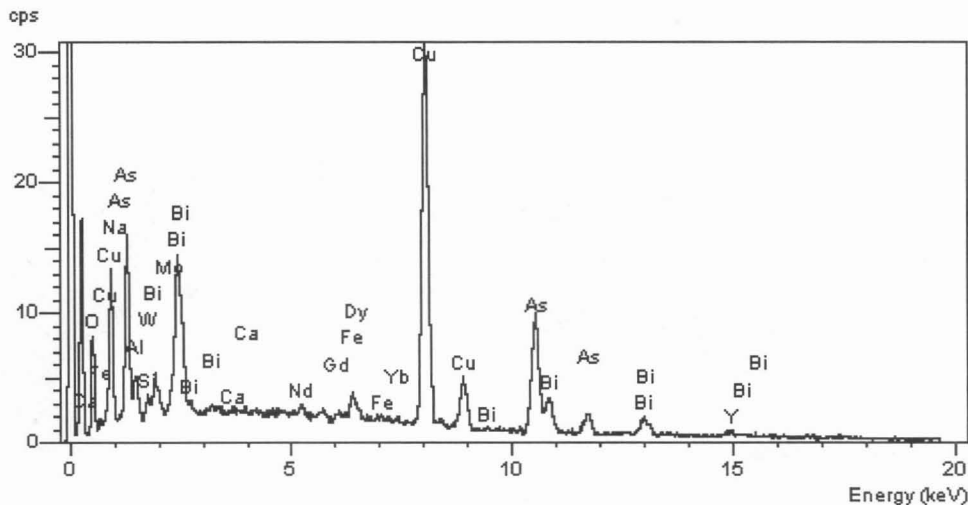
$$(Na_{0,45}Y_{0,25}Bi_{0,13}Dy_{0,04}Gd_{0,04}Nd_{0,04}Yb_{0,03}Er_{0,01}Sm_{0,01})_{\Sigma 1,00}(Cu_{3,03}Bi_{0,67}Mo_{0,25}Fe_{0,10}W_{0,05})_{\Sigma 4,10}[(AsO_4)_{1,88}(AlO_4)_{0,56}(SiO_4)_{0,15}]_{\Sigma 2,59}(OH)_{3,13} \cdot 7,51H_2O.$$


Figura 12: Análise qualitativa do arseniato de bismuto no ponto 3 da fração Pb-93-B

Tabela 8: Análise química dos pontos 3 e 4 do grão 1 da fração Pb-93-B (% em peso)

| Óxidos | Ponto 3 | Ponto 4 | Média |
|--------------------------------|---------|---------|-------|
| CuO | 27,32 | 22,31 | 24,82 |
| As ₂ O ₅ | 23,80 | 20,82 | 22,31 |
| Bi ₂ O ₃ | 13,14 | 25,15 | 19,15 |
| MoO ₃ | 1,93 | 4,80 | 3,37 |
| Al ₂ O ₃ | 3,02 | 2,87 | 2,95 |
| Y ₂ O ₃ | 3,25 | 2,60 | 2,93 |
| Na ₂ O | 1,39 | 1,46 | 1,43 |
| WO ₃ | 0,93 | 1,43 | 1,18 |
| SiO ₂ | 1,13 | 0,77 | 0,95 |
| FeO | 0,88 | 0,66 | 0,77 |
| Dy ₂ O ₃ | 0,82 | 0,65 | 0,74 |

| | | | |
|--------------------------------|--------|--------|--------|
| Gd ₂ O ₃ | 0,58 | 0,74 | 0,66 |
| Nd ₂ O | 0,79 | 0,46 | 0,63 |
| Yb ₂ O ₃ | 0,61 | 0,56 | 0,59 |
| Er ₂ O ₃ | - | 0,50 | 0,25 |
| Sm ₂ O ₃ | - | 0,47 | 0,24 |
| CaO | 0,14 | - | 0,07 |
| H ₂ O* | 20,27 | 13,73 | 17,00 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

*calculada por diferença

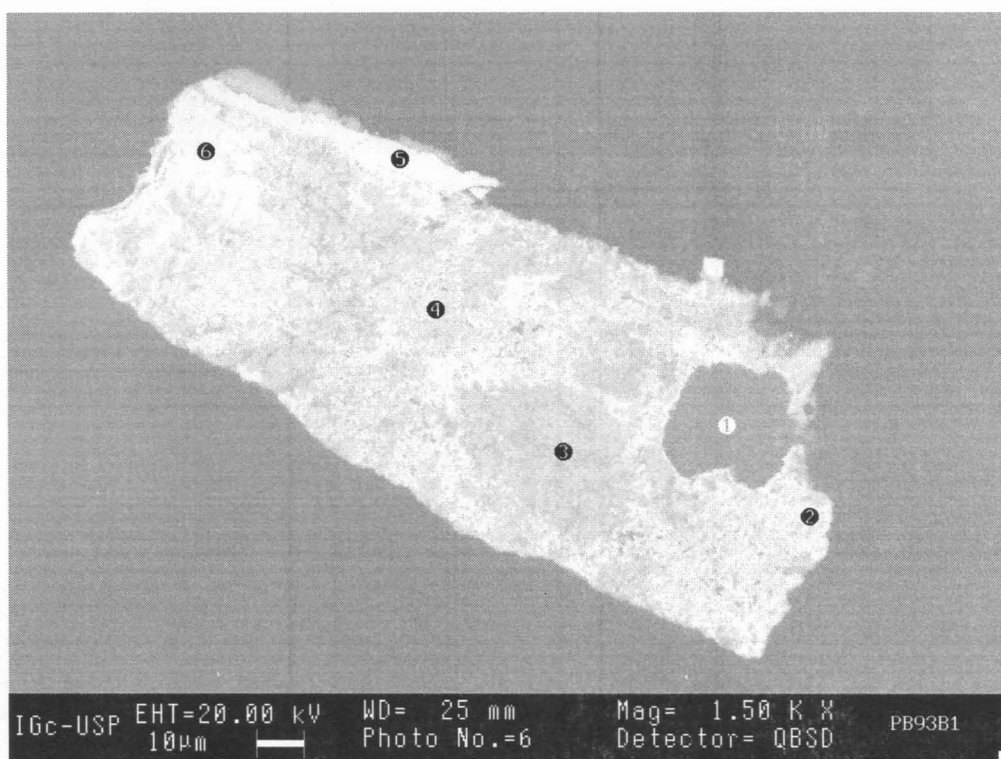


Figura 13: Grão 1 da fração Pb-93-B. Topázio no ponto 1, molibdato de bismuto no ponto 2, arseniato de bismuto nos pontos 3 e 4 e wulfenita nos pontos 5 e 6.

Em outro grão da fração Pb-93-B, no ponto 2 do grão 2 (figura 14 e 15), ocorrem, além de bismuto e arsênio, quantidades significativas de tungstênio, urânio e estrôncio (figura 16 e tabela 10).

Para fórmula empírica, o número de oxigênio foi padronizado para a quantidade de arsênio foi próximo a 1. A fórmula empírica pode ser expressa $(\text{Sr}_{0,49}\text{Cu}_{0,29}\text{Ca}_{0,11}\text{Fe}_{0,10})_{\Sigma 0,99}\text{Bi}_{6,88}[(\text{WO}_6)_{1,66}(\text{UO}_6)_{0,41}]_{\Sigma 2,07}(\text{AsO}_4)_{0,93}(\text{OH})_{7,41} \cdot 4,45\text{H}_2\text{O}$.

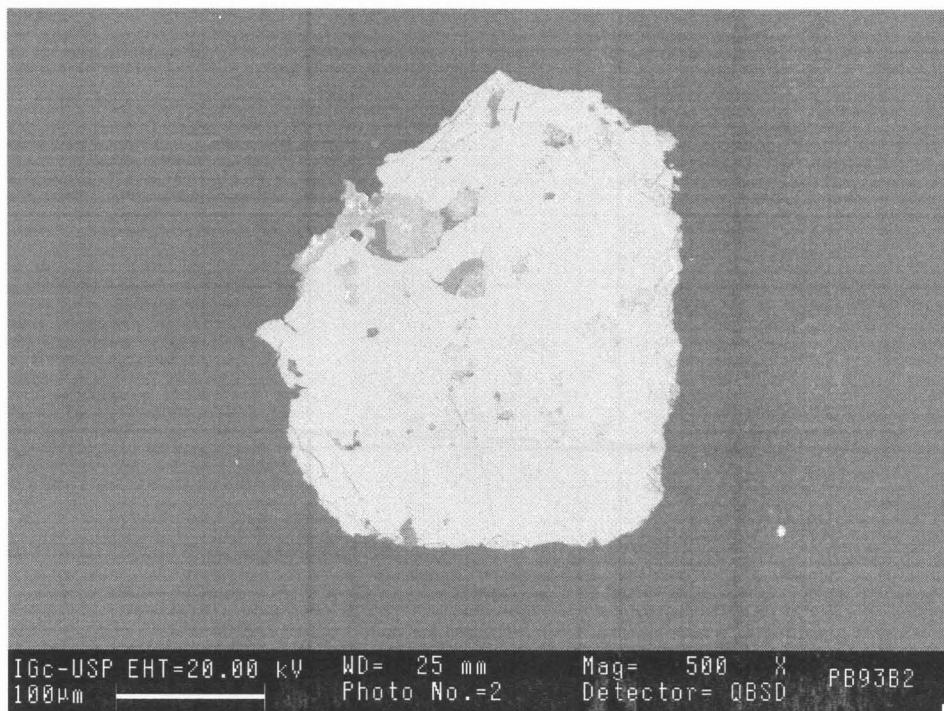


Figura 14: Imagem do grão 2 da fração Pb-93-B

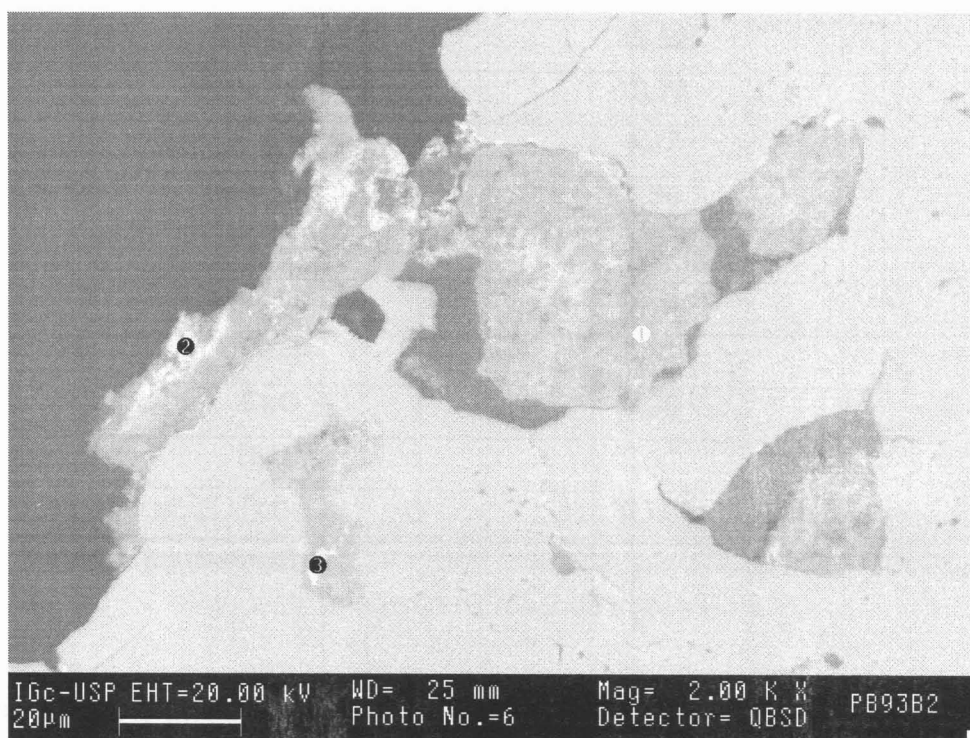


Figura 15: : Grão 2 da fração Pb-93-B. Arseniato de bismuto no ponto 1, fosfato de cério e chumbo no ponto 2 e wulfenita no ponto

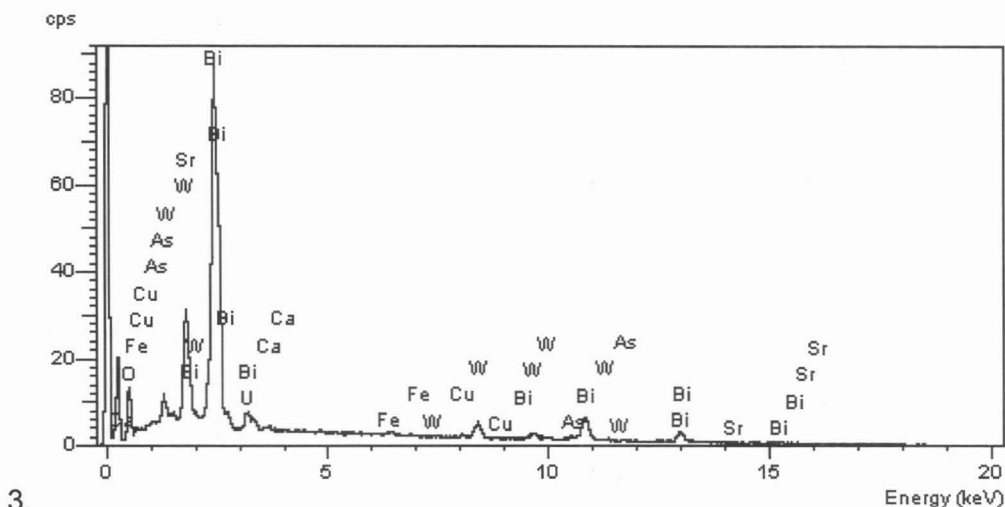


Figura 16: Análise qualitativa do arseniato de bismuto no ponto 2 do grão 2 da fração Pb-93-B.

Tabela 11: Análise química do ponto 2 do grão 2 da fração Pb-93-B (% em peso)

| Óxidos | Proporção |
|--------------------------------|-----------|
| Bi ₂ O ₃ | 65,52 |
| WO ₃ | 15,78 |
| UO ₃ | 4,77 |
| As ₂ O ₅ | 4,36 |
| SrO | 2,06 |
| CuO | 0,95 |
| FeO | 0,30 |
| CaO | 0,25 |
| H ₂ O* | 6,01 |
| Total | 100,00 |

*calculada por diferença

Arseniato de Pb (I): mineral amarelo claro, de relevo médio, que preenche fraturas de pertita, quartzo e mica. Possui cor de interferência anômala azul celeste. Existe a possibilidade de pertencer à mesma família da carminita $[\text{PbFe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2]$ devido a semelhança composicional (Moura & Botelho 1994). Não foi encontrado nas amostras analisadas.

Arseniato de Sn: mineral de cor amarelo intenso, hábito prismático, relevo médio a alto, zonado e isótropo. Uma sugestão composicional para este mineral é $\text{Fe}_2\text{Sn}_3(\text{AsO}_4)\text{O}_6(\text{OH})_3$ (Moura & Botelho 1994). Não foi encontrado nas amostras analisadas.

Fosfatos

Monazita-(Ce) – $(\text{Ce},\text{La},\text{Nd},\text{Th})\text{PO}_4$ - : mineral de cor amarela, brilho vítreo, dureza maior que 4. Foi localizada nos pontos 1, 2, 4 no grão 1 e ponto 6 no grão 2 da fração Pb-93-A (figuras 17, 18, 19 e 20).

Através da análise qualitativa foram indicadas as presenças, em grandes proporções de cério, fósforo e lantânio e, também, as presenças de elementos como o neodímio, tório, praseodímio e cálcio, porém em menores proporções (figura 21).

Os dados da análise semi-quantitativa possuem um fechamento muito baixo (tabela 12), porém, confirmam a difratometria de raios X, que indica a presença da monazita-(Ce) (anexo 5).

A fórmula empírica pode ser expressa por $(\text{Ce}_{0,57}\text{La}_{0,24}\text{Nd}_{0,12}\text{Th}_{0,05}\text{Pr}_{0,02}\text{Ca}_{0,02})_{\Sigma 1,02}\text{P}_{0,98}\text{O}_4$.

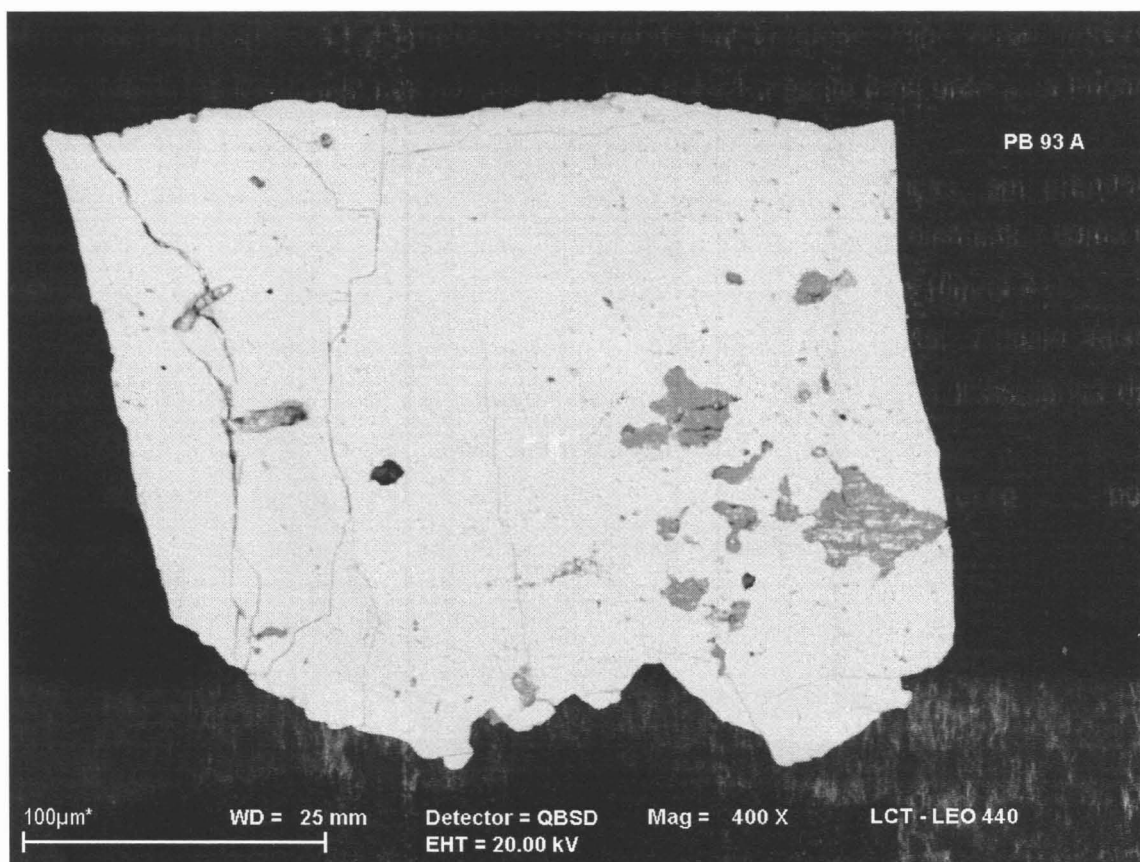


Figura 17: Imagem do grão 1 da fração Pb-93-A.

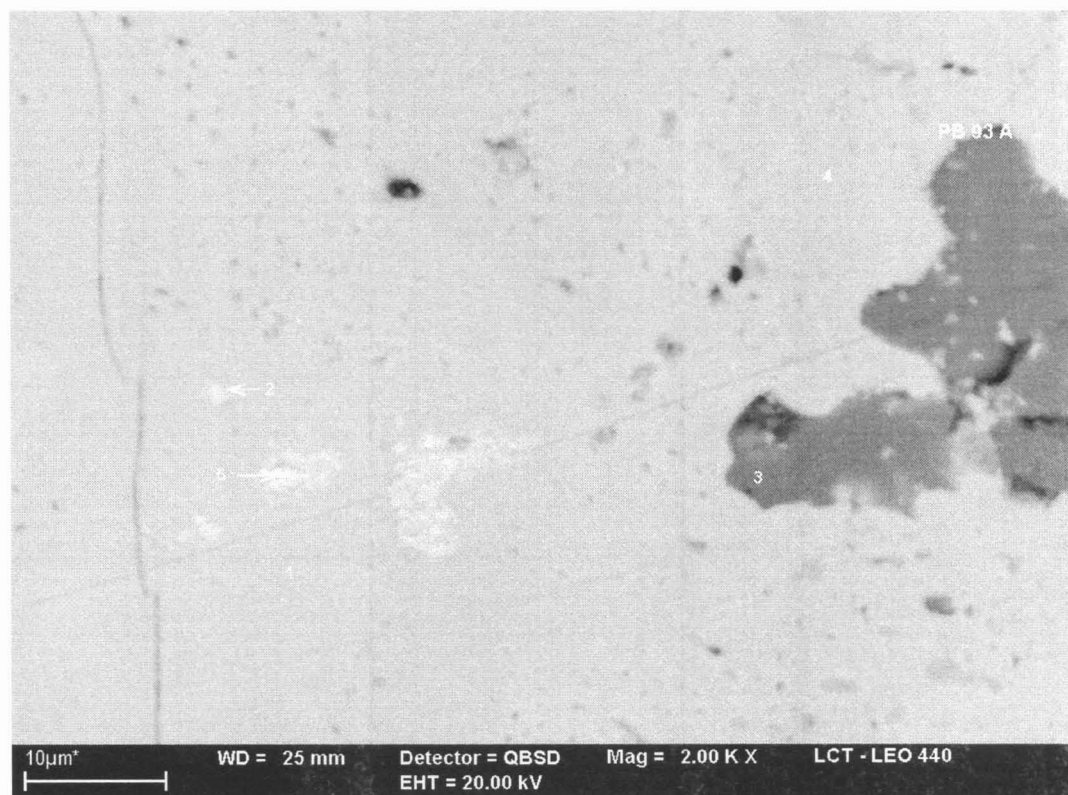


Figura 18: Grão 1 da fração Pb-93-A. A massa cinza claro é constituída por monazita-(Ce). A parte cinza escuro (ponto 3) é constituída por fosfato de cério e cálcio.

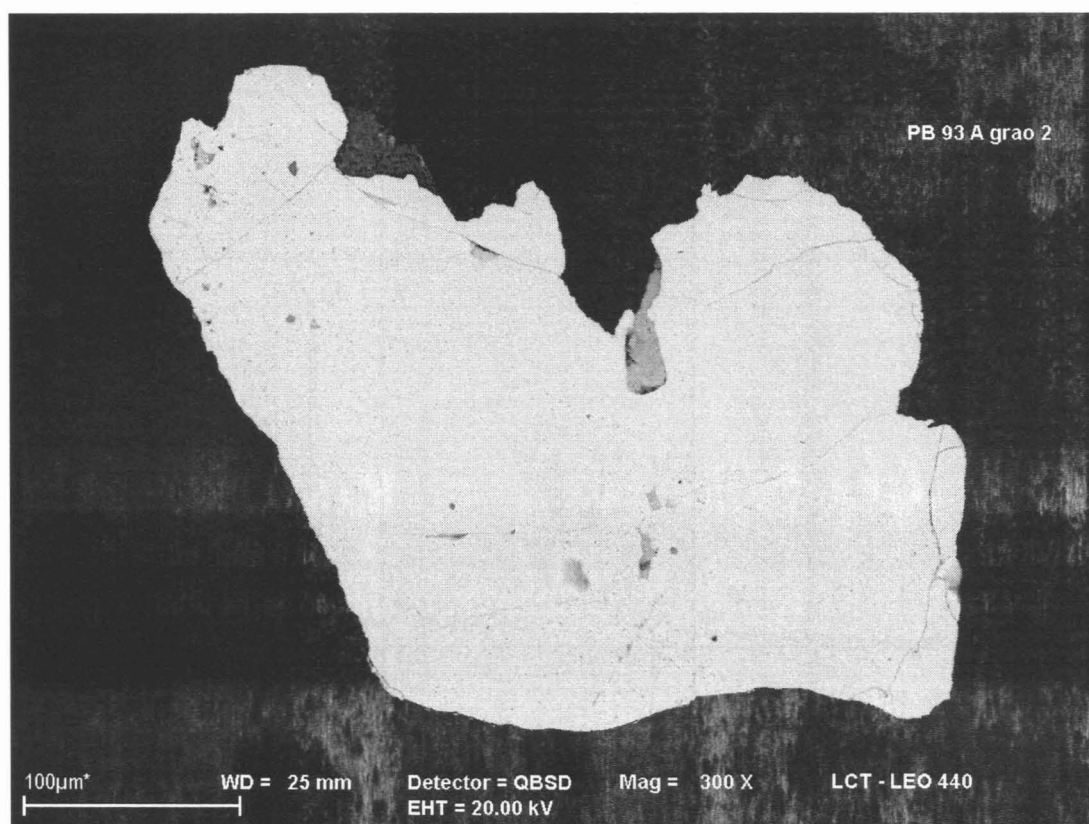


Figura 19: Imagem do grão 2 da fração Pb-93-A.

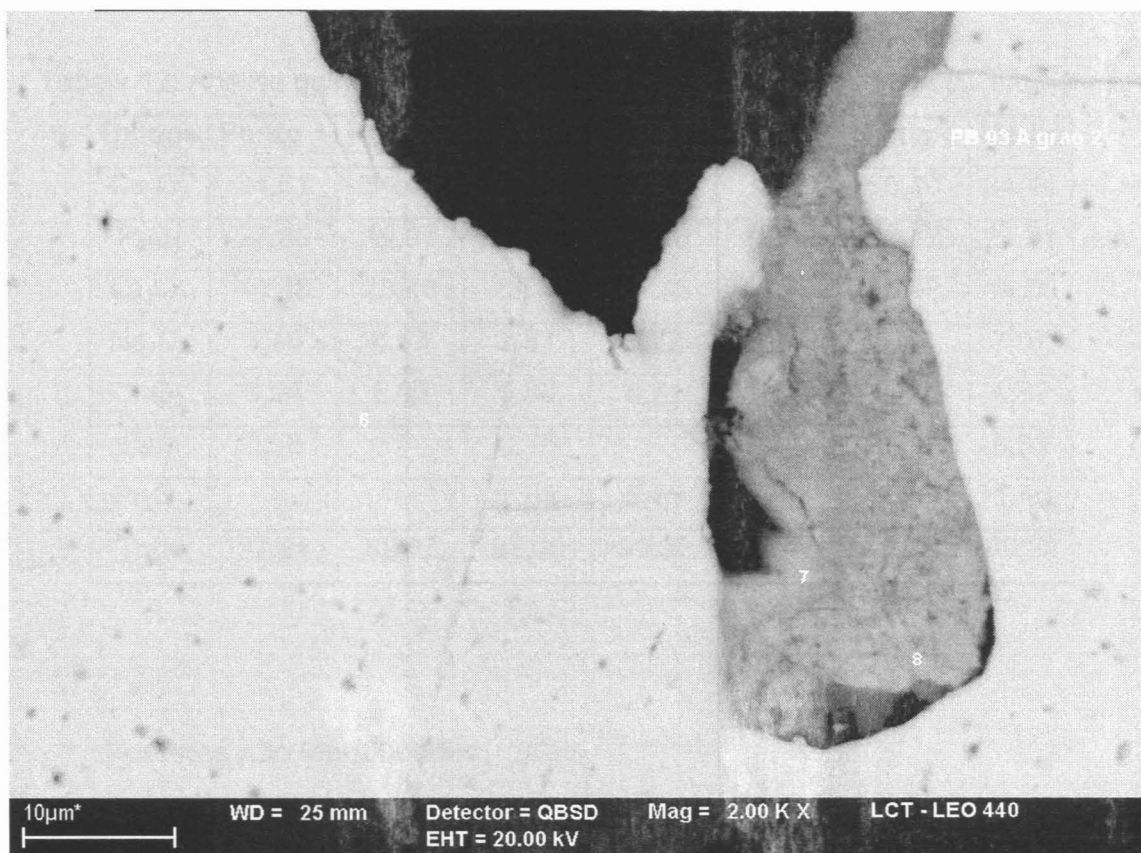


Figura 20: Grão 2 da fração Pb-93-A. A massa cinza claro é constituída por monazita-(Ce).

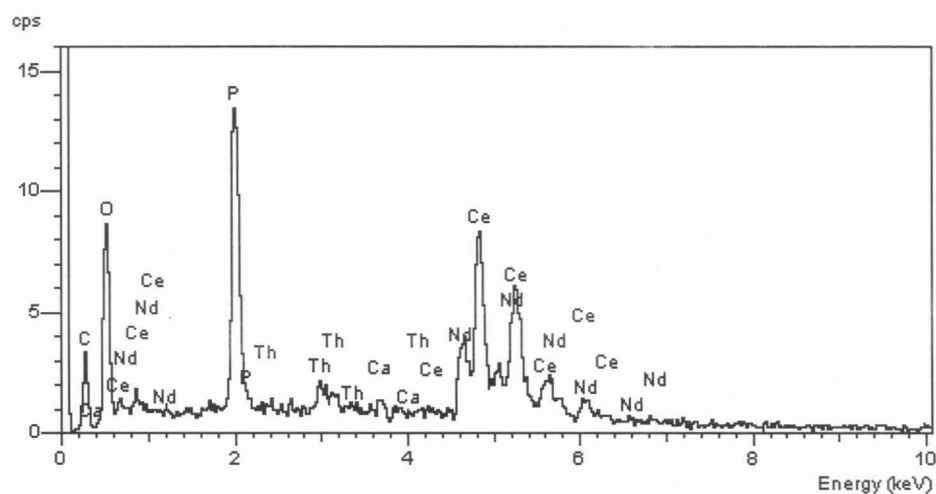


Figura 21: Análise qualitativa do ponto 1 da fração Pb-93-A.

Tabela 12: Análise química dos pontos 1, 2, 4 e 6 da fração Pb-93-A (% em peso).

| Óxidos | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 4 | Ponto 6 | Mínimo | Máximo | Média |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|
| Ce ₂ O ₃ | 34,61 | 34,43 | 35,40 | 33,30 | 33,30 | 35,40 | 34,44 |
| P ₂ O ₅ | 27,05 | 19,97 | 28,17 | 26,06 | 19,97 | 28,17 | 25,31 |
| La ₂ O ₃ | 14,38 | 15,48 | 13,15 | 14,39 | 13,15 | 15,48 | 14,35 |
| Nd ₂ O ₃ | 7,46 | 6,57 | 7,87 | 8,77 | 6,57 | 8,77 | 7,67 |
| ThO ₂ | 3,94 | 6,02 | 3,80 | 5,71 | 3,80 | 6,02 | 4,87 |
| CaO | 0,56 | - | 0,76 | - | - | 0,76 | 0,33 |
| Pr ₂ O ₃ | - | - | 2,85 | 2,75 | - | 2,85 | 1,40 |
| Total | 87,44 | 82,47 | 92,00 | 90,98 | 82,47 | 92,00 | 88,22 |

Fosfatos não identificados:

Fosfato de cério e cálcio:, os pontos 3 e 9 da fração Pb-93-A, no microscópio eletrônico de varredura com elétrons retro-espalhados, apresentam coloração cinza escuro (figura 18 e 23), o elemento em maior proporção é o cálcio, enquanto cério e fósforo ocorrem em quantidades significativas. Outros elementos presentes são lantânio, neodímio e o tório. No gráfico de análise química qualitativa também foi observada a presença de flúor, porém sua proporção não foi quantificada pelo EDS (figura 22 e tabela 14).

Provavelmente, ocorra um produto da alteração da monazita-(Ce) por fluidos hidrotermais.

O número de oxigênio foi padronizada para o número de fósforo ser próximo a 1.

A fórmula empírica pode ser expressa por (Ca_{4,93}Ce_{0,82}La_{0,31}Nd_{0,30}Pr_{0,10}Th_{0,08})_{Σ6,54}(PO₄)_{1,01}(OH)_{11,74}·9,23H₂O.

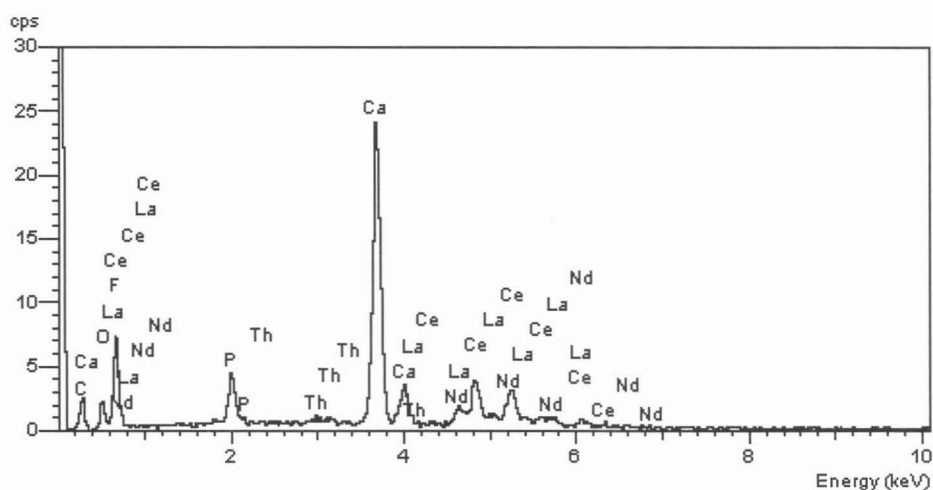


Figura 22: Análise qualitativa do fosfato de cério e cálcio no ponto 3 da fração Pb-93-A.

Tabela 13: Análise química dos pontos 3 e 9 da fração Pb-93-A (% em peso).

| Óxidos | Ponto 3 | Ponto 9 | Média |
|--------------------------------|---------|---------|--------|
| CaO | 31,38 | 32,25 | 31,82 |
| Ce ₂ O ₃ | 16,35 | 14,65 | 15,50 |
| P ₂ O ₅ | 7,38 | 9,12 | 8,25 |
| Nd ₂ O ₃ | 6,85 | 4,73 | 5,79 |
| La ₂ O ₃ | 5,74 | 5,74 | 5,74 |
| ThO ₂ | 1,27 | 3,41 | 2,34 |
| Pr ₂ O ₃ | 1,96 | 1,75 | 1,86 |
| H ₂ O* | 29,07 | 29,35 | 29,21 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

*calculada pela diferença

Fosfato de cério e urânio: trata-se de um pequeno ponto branco no meio de uma massa cinza constituída por monazita-(Ce) na fração Pb-93-A (figura 23).

As grandes quantidades de cério, urânio e fósforo evidenciam um mineral de fosfato de cério e urânio. Nesse ponto ocorrem também cálcio, lantânio, neodímio, praseodímio, tório, alumínio e silício em quantidades significativas (figura 24 e tabela 14).

A fórmula empírica pode ser expressa por
 $(\text{Ce}_{0,30}\text{Ca}_{0,25}\text{U}_{0,16}\text{La}_{0,12}\text{Nd}_{0,08}\text{Th}_{0,07}\text{Pr}_{0,03})_{\Sigma 2,01}(\text{P}_{0,58}\text{Si}_{0,29}\text{Al}_{0,15})_{\Sigma 1,02}\text{O}_4 \cdot 2,92\text{H}_2\text{O}$.

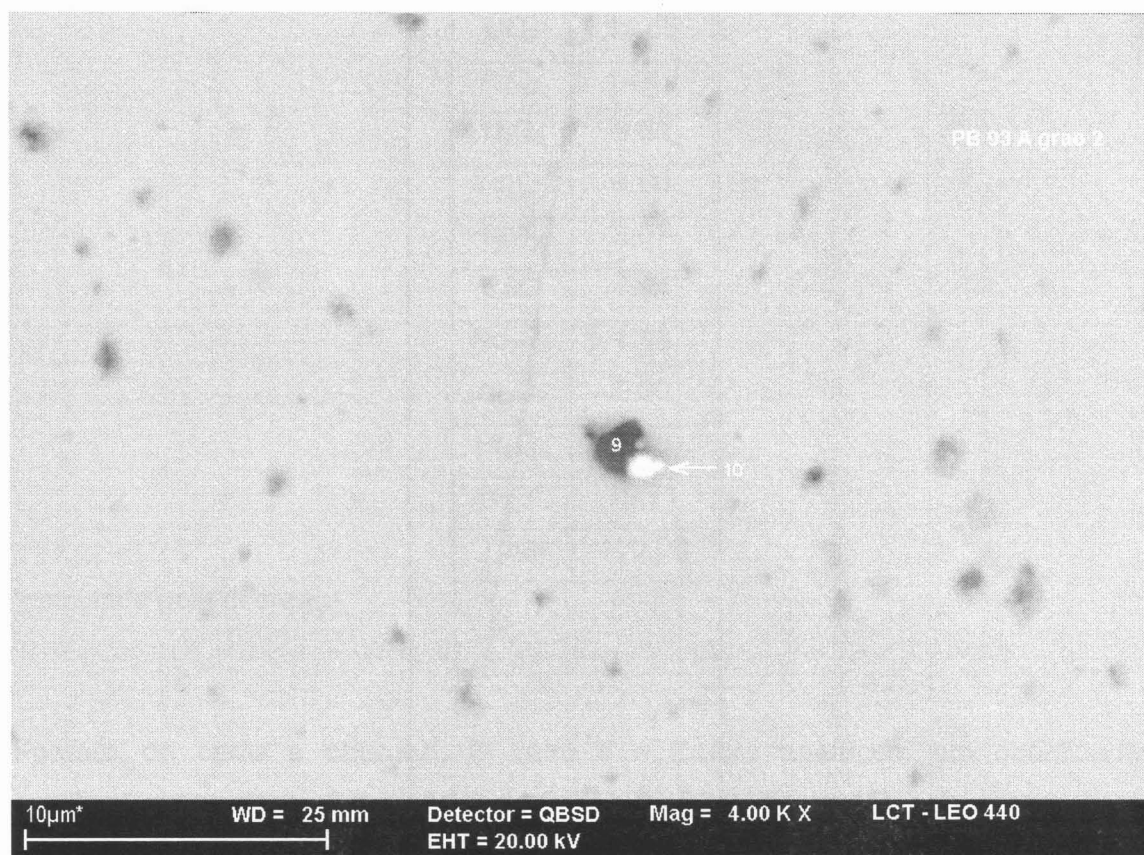


Figura 23: Grão 2 da fração Pb-93-A. Massa cinzeta constituída por monazita-(Ce). No ponto 9, fosfato de cério e cálcio. Ponto 10, fosfato de cério e urânio.

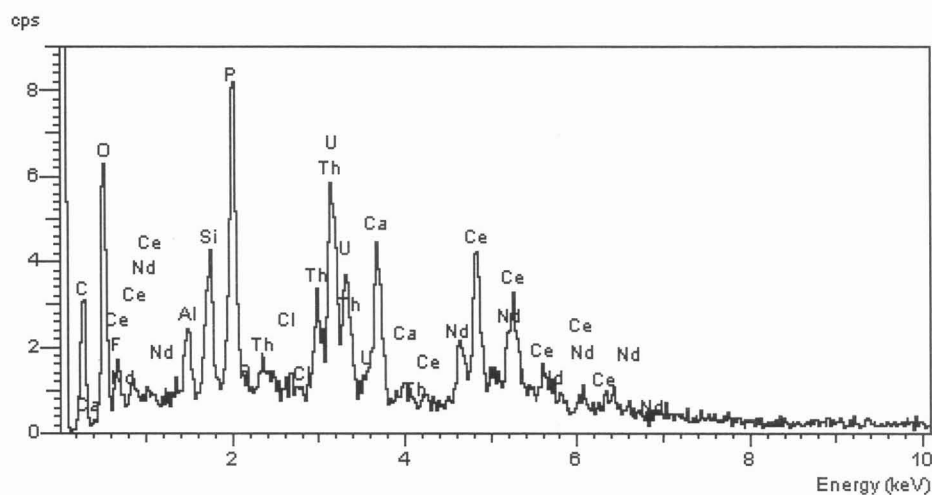


Figura 24: Análise qualitativa do fosfato de cério e urânio no ponto 10 da fração Pb-93-A.

Tabela 14: Análise química do ponto 10 da fração Pb-93-A (% em peso).

| Óxidos | Ponto 10 |
|--------------------------------|----------|
| Ce ₂ O ₃ | 17,05 |
| UO ₃ | 15,65 |
| P ₂ O ₅ | 14,49 |
| ThO ₂ | 6,63 |
| La ₂ O ₃ | 6,58 |
| SiO ₂ | 6,07 |
| CaO | 4,94 |
| Nd ₂ O ₃ | 4,53 |
| Al ₂ O ₃ | 2,60 |
| Pr ₂ O ₃ | 1,75 |
| H ₂ O* | 19,71 |
| Total | 100,00 |

*calculada pela diferença

Fosfato de cério e chumbo: O cério e o fósforo aparecem em quantidades significativas no ponto 2 do grão 2 da fração Pb-93-B (figura 15), porém esse ponto apresenta o chumbo como o elemento em maior proporção (figura 25 e tabela 15).

Provavelmente, trata-se de algum produto de alteração hidrotermal da monazita-(Ce). A fórmula empírica pode ser expressa por (Ce_{0,45}La_{0,18}Nd_{0,11}Th_{0,04}Ca_{0,04}Mg_{0,04})_{Σ0,85}Pb_{0,94}(PO₄)_{0,96}(OH)_{1,46}.

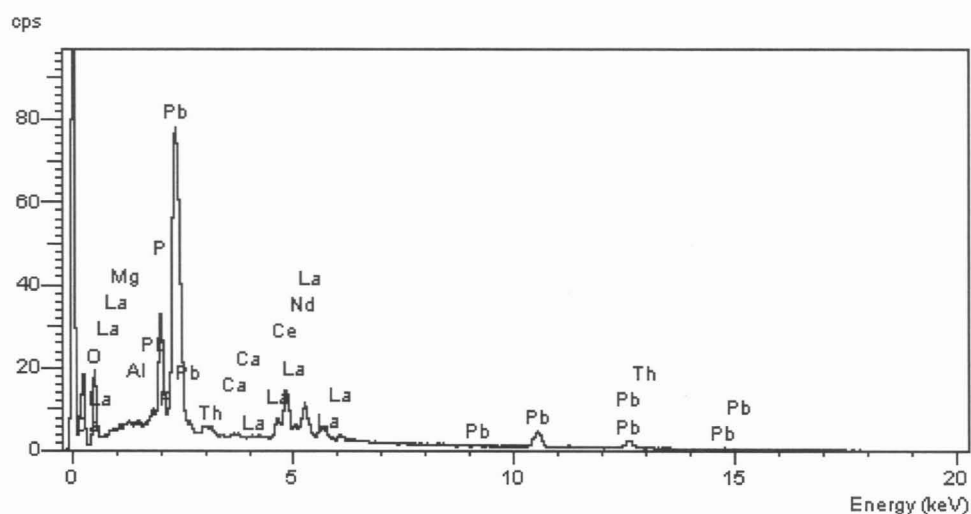


Figura 25: Análise qualitativa do fosfato de cério e chumbo no ponto 2 do grão 2 da fração Pb-93-B.

Tabela 15: Análise química do ponto 2 do grão 2 da fração Pb-93-B (% em peso)

| Óxidos | Proporção |
|--------------------------------|-----------|
| PbO | 47,71 |
| Ce ₂ O ₃ | 16,90 |
| P ₂ O ₅ | 15,63 |
| La ₂ O ₃ | 6,77 |
| Nd ₂ O ₃ | 4,26 |
| ThO ₂ | 2,23 |
| CaO | 0,46 |
| MgO | 0,34 |
| H ₂ O* | 5,71 |
| Total | 100,00 |

*por diferença

Molibdato:

Wulfenita – PbMoO₄ - : somente observado na análise química, nos ponto 5 e 6 do grão 1 (figura 13) e ponto 3 do grão 2 (figura 15) da fração Pb-93-B.

A figura 26 mostra um gráfico da análise química e a tabela 16 a semi-quantificação dos dados.

Os picos de maior intensidade do molibdênio são excitados com energia superior a 20kV, o que não é mostrado no gráfico (figura 14), pois esse possui um perfil de 20kV.

A fórmula empírica pode ser expressa por
 $(\text{Pb}_{0,76}\text{Bi}_{0,19}\text{Cu}_{0,04}\text{Y}_{0,01}\text{Ce}_{0,01}\text{La}_{0,01}\text{Nd}_{0,01})_{\Sigma 1,03}(\text{Mo}_{0,84}\text{As}_{0,05}\text{P}_{0,05}\text{Si}_{0,04}\text{Al}_{0,01})_{\Sigma 0,99}\text{O}_4$.

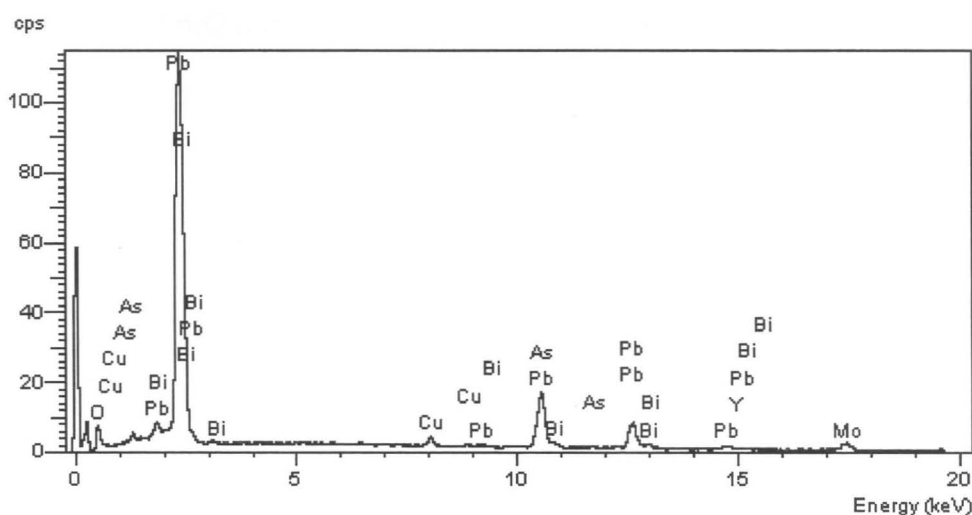


Figura 26: Análise qualitativa da wulfenita no ponto 5 da fração Pb-93-B.

Tabela 16: Análise química dos pontos 5, 6 e 3 da fração Pb-93-B (% em peso)

| Óxidos | Ponto 5 | Ponto 6 | Ponto 12 | Média |
|--------------------------------|---------|---------|----------|-------|
| PbO | 55,63 | 33,45 | 49,34 | 46,14 |
| MoO ₃ | 38,82 | 24,92 | 34,01 | 32,58 |
| Bi ₂ O ₃ | 4,06 | 31,07 | - | 11,71 |
| As ₂ O ₅ | 2,68 | 1,11 | 0,91 | 1,57 |
| P ₂ O ₅ | - | - | 2,70 | 0,90 |
| CuO | 0,76 | 1,80 | - | 0,85 |
| SiO ₂ | - | - | 2,09 | 0,70 |
| Ce ₂ O ₃ | - | - | 1,89 | 0,63 |
| Y ₂ O ₃ | 0,43 | 0,84 | - | 0,42 |
| La ₂ O ₃ | - | - | 0,97 | 0,32 |
| Nd ₂ O ₃ | - | - | 0,70 | 0,23 |
| Al ₂ O ₃ | - | 0,25 | 0,33 | 0,19 |
| Total | 102,38 | 98,44 | 92,94 | 97,92 |

Molibdato não identificado:

Molibdato de bismuto: na figura 13, no ponto 2, a análise química apontou um molibdato de Bi com proporções significativas de chumbo e molibdênio (figura 14 e tabela 9).

A fórmula empírica pode ser expressa por $(\text{Bi}_{1,56}\text{Y}_{0,08})_{\Sigma 1,64}(\text{Pb}_{0,85}\text{Cu}_{0,78}\text{Fe}_{0,06}\text{Na}_{0,15})_{\Sigma 1,81}[(\text{MoO}_4)_{0,88}(\text{AsO}_4)_{0,59}(\text{AlO}_4)_{0,10}(\text{WO}_4)_{0,10}(\text{PO}_4)_{0,06}]_{\Sigma 1,83}(\text{OH})_{3,84} \cdot 10,24\text{H}_2\text{O}$ (tabela 11).

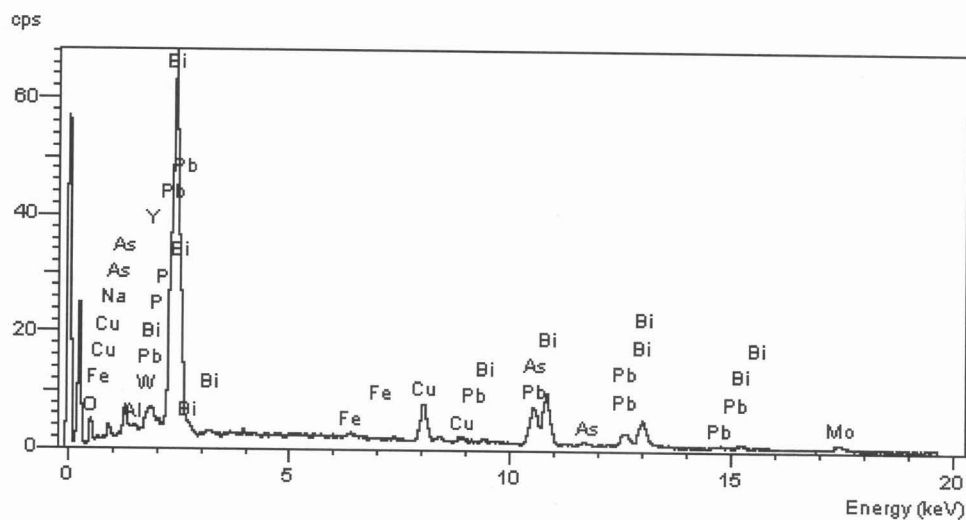


Figura 9: Análise qualitativa molibdato de bismuto no ponto 2 da fração Pb-93-B.

Tabela 9: Análise química do ponto 2 da fração Pb-93-B (% em peso)

| Óxidos | Ponto 2 |
|-------------------------|---------|
| Bi_2O_3 | 33,89 |
| PbO | 17,00 |
| MoO_3 | 11,87 |
| As_2O_5 | 6,31 |
| CuO | 5,80 |
| WO_3 | 2,24 |
| Y_2O_3 | 0,83 |
| Al_2O_3 | 0,49 |
| Na_2O | 0,42 |
| FeO | 0,42 |
| P_2O_5 | 0,40 |
| H_2O^* | 20,31 |
| Total | 100,00 |

*calculada por diferença

Óxidos:

Cassiterita – SnO_2 - : mineral de cor preta encontrada em agregados de cristais euédricos e zonados.

Silicatos:

Albita – $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - : apresentam-se pouco alongados, com macias polissintéticas simples pouco deformadas, por vezes em fenocristais; contém, frequentemente, abundantes inclusões de muscovita e minerais argilosos (Coelho *et al.* 2001)

Quartzo – SiO_2 - : geralmente encontrado em agregados policristalinos, bem circunscritos e fortemente recristalizados. Era separado e arquivado.

Topázio – $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$ - : mineral encontrado em diversas amostras, possuindo diferentes coloração. Pode ocorrer como grãos grandes ou sob a forma de diminutas inclusões em albita e quartzo (Moura & Botelho 1994).

Tórita – ThSiO_4 - : descrito por Moura & Botelho (1994) como mineral secundário na composição dos granitos presentes na área. Não foi encontrado nas análises.

Zinnwaldita - $\text{KLiFeAl}(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$ - : mica abundante nas amostras que foi utilizada na definição dos estágios de hidrotermalismo (Moura & Botelho 1994).

Sulfetos

Arsenopirita – FeAsS - : apresenta coloração preta, brilho metálico e dureza maior que 4. Foi encontrado em várias amostras, como no pontos 2 do grão 1 e ponto 1 do grão 2 da fração Pb-93-C, onde está associado com a bário-farmacossiderita, a calcopirita e a um arseniato de bário não identificado (figuras.7 e 8).

Na figura 27 gráfico da análise química qualitativa do ponto 2 confirmando a difratometria de raios X (anexo 2), e na tabela 17 estão dados da semi-quantificação.

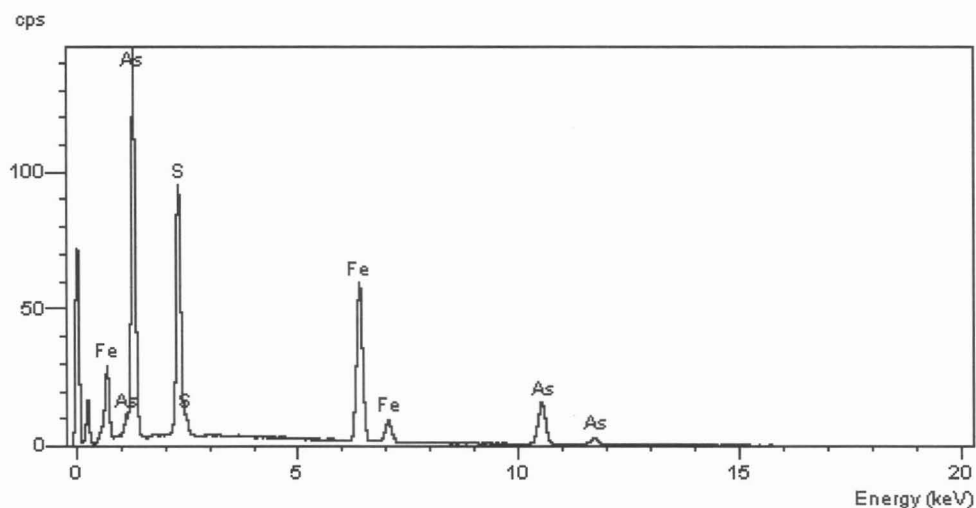


Figura 27: Análise qualitativa do ponto 02 do grão 1 da fração Pb-93-C.

Tabela 17: Análise química dos pontos 2 e 7 da fração Pb-93-C (% em peso)

| Elementos | Ponto 2 | Ponto 7 | Média |
|-----------|---------|---------|--------|
| As | 54,30 | 47,86 | 51,08 |
| Fe | 34,11 | 31,53 | 32,82 |
| S | 19,45 | 17,12 | 18,29 |
| Total | 107,86 | 96,51 | 102,19 |

Bismutinita – Bi_2S_3 - : mineral de origem hidrotermal que está associado aos greisens. Não foi encontrado durante as análises.

Bornita – Cu_5FeS_4 - : associado ao hidrotermalismo junto aos greisens. Presente no terceiro estágio hidrotermal (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

Calcopirita – CuFeS_2 - : Encontrada associada a arsenopirita e bário-farmacossiderita nos pontos 4 e 5 do grão 1 da fração Pb-93-C (figura 7).

Nos pontos 4 e 5 ocorrem, em grandes proporções, enxofre, ferro e cobre, elementos que estão na composição da calcopirita (figuras 30 e tabela 23).

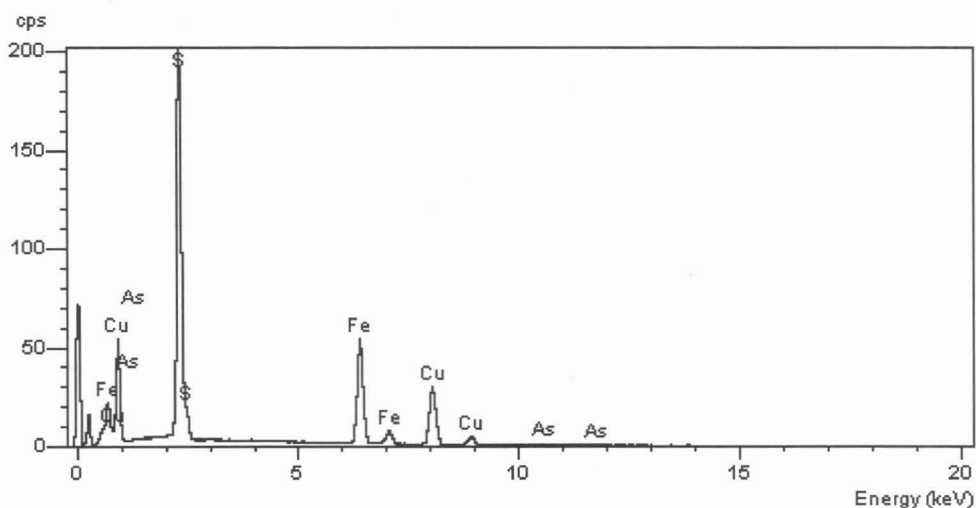


Figura 28: Ponto 4 (Pb-93-C)

Tabela 27: Análise química dos pontos 4 e 5 do grão 1 da fração Pb-93-C (% em peso)

| Óxidos | Ponto 4 | Ponto 5 | Média |
|--------|---------|---------|-------|
| Cu | 33,09 | 60,32 | 46,71 |
| S | 36,49 | 26,94 | 31,72 |
| Fe | 30,24 | 12,35 | 21,30 |
| As | 0,33 | - | 0,17 |
| Total | 100,15 | 99,61 | 99,89 |

Cosalita – $\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$ - : associado ao hidrotermalismo junto aos greisens. Presente no terceiro estágio hidrotermal (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

Covêlita – CuS - : está associado aos greisens. Presente no terceiro estágio hidrotermal (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

Diginita – Cu_3S_5 - : mineral de origem hidrotermal que está associado aos greisens. Presente no terceiro estágio hidrotermal (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

Enargita – Cu_3AsS_4 - : associado ao hidrotermalismo junto aos greisens. Presente no terceiro estágio hidrotermal (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

Esfalerita – ZnS - : segundo Botelho (1994), arsenopirita e esfalerita ricas em In dariam origem a yanomamita a partir de uma alteração hidrotermal. Não foi encontrada durante as análises.

Estanita – $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ - : está associado aos greisens. Presente no terceiro estágio hidrotermal (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

Galena - PbS - : está associado aos greisens. Presente no terceiro estágio hidrotermal (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

Liöllingita – FeAs_2 - : está associado aos greisens. Presente no primeiro estágio hidrotermal (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

Pirita – FeS_2 - : está associado aos greisens. Presente no terceiro estágio hidrotermal (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

Roquesita - CuInS_2 - : está intercrescida com a esfalerita, com quem possivelmente forma uma solução sólida (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

Tungstato:

Wolframita – $(\text{Fe,Mn})\text{WO}_4$ - : está associado aos greisens. Presente no terceiro estágio hidrotermal (Botelho 1994). Não foi encontrado durante as análises.

7.CONCLUSÃO

Os estudos realizado nas amostras provenientes do Maciço Mangabeira adicionaram novos dados mineralógicos para essa região.

Foi descrito pela primeira vez nesta região a bário-farmacossiderita, um arseniato de bário e ferro. A bário-farmacossiderita foi encontrada associada a arsenopirita, a calcopirita e a outro arseniato de bário. A origem dela se deve, possivelmente, a uma alteração hidrotermal da arsenopirita. A farmacossiderita, isoestrutural da bário-farmacossiderita também foi identificada.

O arseniato de bário, associado a bário-farmacossiderita, deve ser um mineral da família da escorodida e não da farmacossiderita, pois, na análise química a proporção de bário está alta, o que torna difícil esse mineral ser isoestrutural da farmacossiderita.

Novos dados foram adicionados a agardita-(Y). Através da análise química foi indicada proporções de H_2O distintas de outras análises realizadas nesse mineral. Além disso, um possível mineral isoestrutural da agardita-(Y), com altos teores de sódio e bismuto, foi identificado, necessitando de estudos adicionais para sua caracterização.

Fosfatos hidratados de cério, cério e urânio, cério e chumbo, sempre associados a monazita-(Ce) foram encontrados.

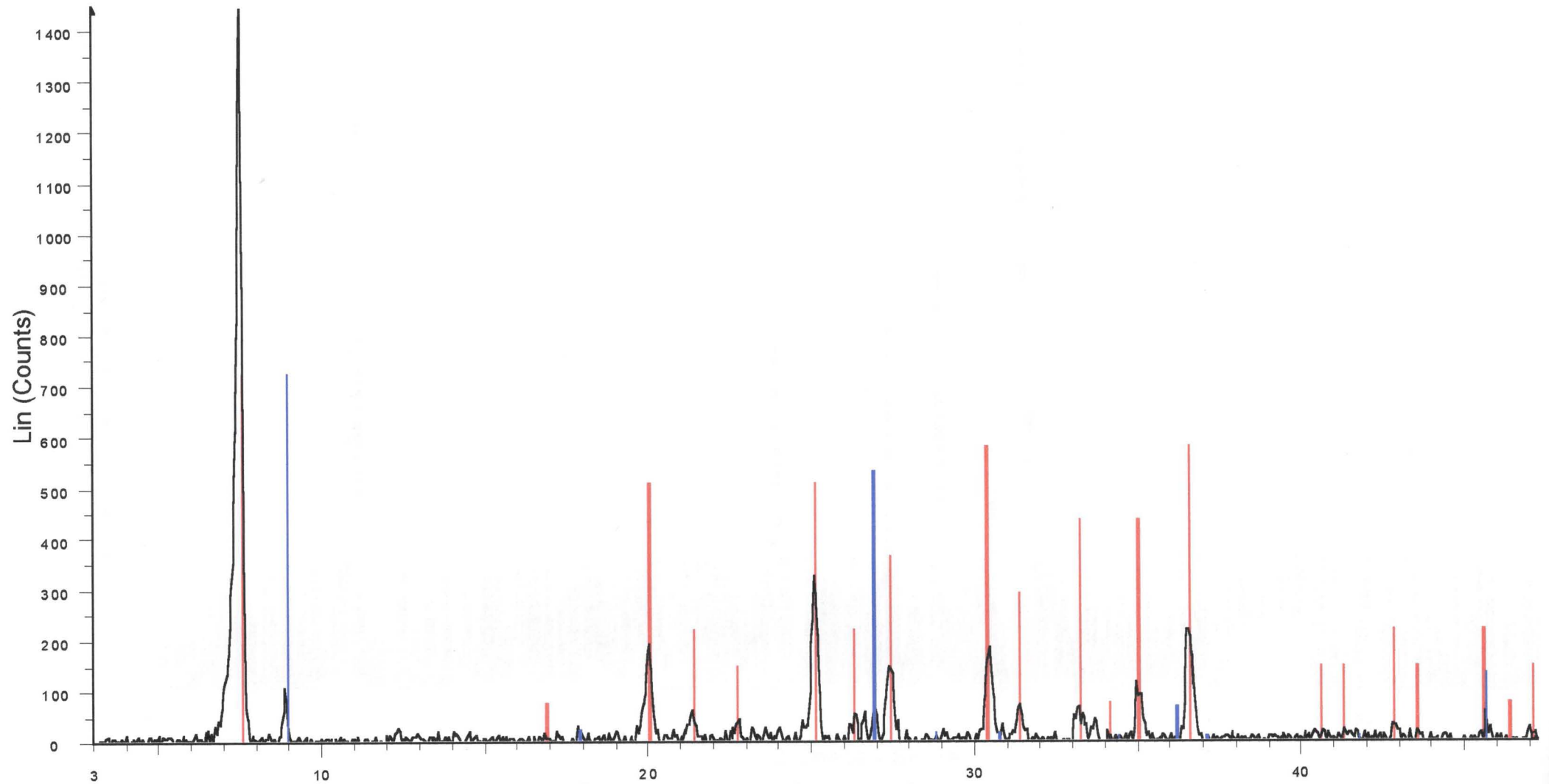
Todos esses minerais identificados somente por análise química são caracterizados po serem pequenos pontos de alteração hidrotermal, por isso, a razão da dificuldade de identificação por difratometria de raios X.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. 1968. Evolução tectônica do centro-oeste brasileiro no Proterozóico Superior. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 40:285-295. Suplemento.
- BILAL, E.; MOUTTE, J.; BOTELHO, N.F.; MARINI, O.J.; ANDRADE, G.F. 1997. Geochemistry of two Proterozoic A-type Granites of Goiás state, Brazil: Possible links with Rapakivi Series. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 69 (3):349-365.
- BOTELHO, N.F.; ROGER, G.; D'YVOIRE, F.; MOËLO, Y.; VOLFINGER, M. 1994. Yanomamite, $\text{InAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, a new indium mineral from topaz-bearing greisen in the Goiás Tin Province, Brazil. European Journal of Mineralogy, 6 (2):245-254.
- CECH, V., E. FEDIUKOVÁ, Z. KOTRBA, AND Z. TÁBORSKY. 1975. Occurrence of barium-pharmacosiderite in tourmalinite from southern Bohemia. Casopis Min. Geol., 20, 423-426, 2 pls. (in Mineralogical Abstracts, V.28 (1977)).
- CHAROY, B. 1979. Définition et importance des phénomènes deutériques et des fluids associés dans les granites: conséquences métallogéniques; Sciences de la Terre, Mém. n°37.
- COELHO, C. P.; CHAROY, B. 2001. Cronologia das alterações pós-magmáticas associadas ao Maciço Granítico Da Serra Branca – Goiás. Revista Brasileira de Geociências, 31(1):1-6.
- CULLITY, B. D. 1978. Elements of X-ray Diffraction, 2nd Edition. Addison-Wesley Publishing Co. Menlo Park, CA.
- CUNHA, B. C. C., POTIGUAR, L. A. T., IANHEZ, A. C., BEZERRA, P. E. L. PITTHAN, J. H. L., SOUZA JR, J. J., MONTALVÃO, R. M. G., SOUZA, A. M. S., HILDRED, P. R., TASSINARI, C. C. G. 1981. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. 22 Tocantins. Rio de Janeiro, MME. 524p.
- DIETRICH, J. E., M. ORLIAC, AND F. PERMINGEAT. 1969. L'agardite, une nouvelle espèce minérale et le problème du chlorotile. Bulletin de la Société Française de Minéralogie, 92, 420-434.
- FERNANDES, P. E. C. A., MONTES, M. L., BRAZ, E. R. C., MONTES, A. S. L., SILVA, L. L., OLIVEIRA, F. L. L., GHIGNONE, J. I., SIGA JR., O., CASTRO, H. E. F. 1982. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD. 23 Brasília. Rio de Janeiro, MME. 660p.
- FREITAS, M. E. 2001. Evolução dos greisens e da mineralização estanífera do Morro da Laranjinha, Maciço Granítico Mangabeira, Goiás. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências-Unb.

- MARINI, O. J., BOTELHO, N. F., ROSSI, P. 1992. Elementos terras raras em granitóides da Província Estanífera de Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, 22 (0):61-72.
- MARINI, O.J. & BOTELHO, N.F. 1986. A província de granitos estaníferos de Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, 16 (1):119-131.
- MARINI, O. J., FUCK, R. A., DARDENNE, M. A., DANNI, J. C. M. 1984. Província Tocantins – setores Central e Sudeste. In: F.F.M. Almeida & Y. Hasui (cords.) *O Pré-Cambriano do Brasil*. Edgard Blücher, São Paulo, p. 205-264.
- MONTANHEIRO, T.J. 1994. Estudo comparativo de amostragem em furos de sondagem e galerias para pesquisa de cassiterita no pegmatito XUPÉ- Monte Alegre GO. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências-USP.
- MOURA, M. A.; BOTELHO, N. F. 1994. A ocorrência de arseniatos raros no Maciço Estanífero Mangabeira (GO). 38º Congresso Brasileiro de Geologia, vol. 3:93-94.
- PIMENTEL, M. M.; HEAMAN, L.; FUCK, R.A.; MARINI, O. J. 1991. U-Pb zircon chronology of Precambrian tin-bearing continental-type acid magmatism in Central Brazil. *Precambrian Research*, 52:321-335.
- REIS NETO, J.M. 1983. Evolução geotectônica da Bacia do Alto Tocantins, GO. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências-USP.
- SCHERBA, G. N., 1970. Greisens: *Internat. Geol. Rev.*, 12 (2):114-150 e (3):239-255.
- SPARRENBEGGER, I. 1998. A Cassiterita da Subprovíncia do Rio Paraná (GO): Datações U-Pb e Pb-Pb e caracterização mineral. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências-USP.

Anexo 1- Pb-93-V



2-Theta - Scale

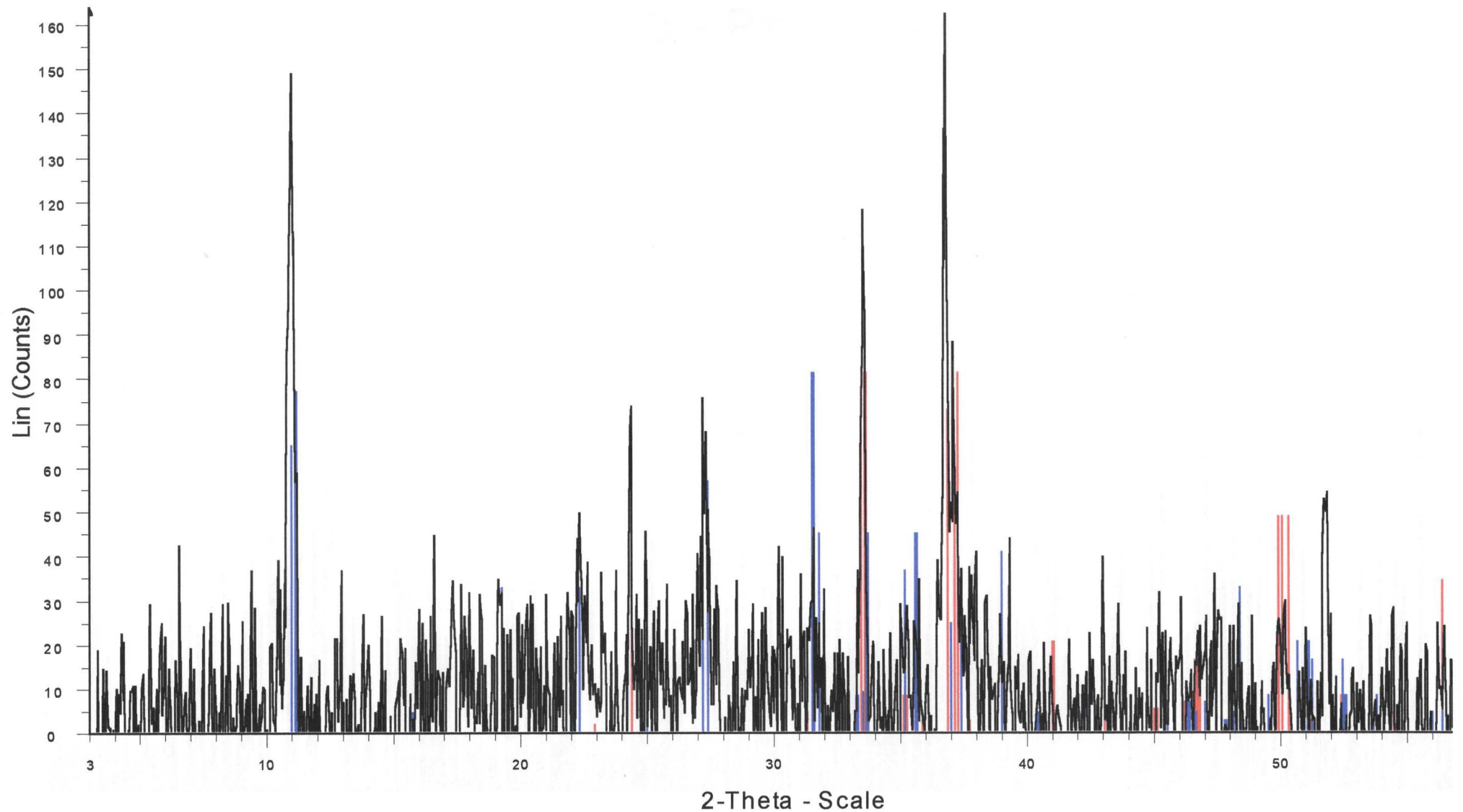
C:\data\daniel\delano\pg93v.RAW - File: pg93v.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1. s - Temp.: 27 °C - Time Started: 18 s - 2-Theta: 3.




Operations: Background 3.802,1.000 | Import

42-1399 (*) - Zinnwaldite-1M - $K(AlFeLi)(Si_3Al)O_{10}(OH)F$ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - 0 - I/Ic PDF 1. - S-Q 50.0 % -

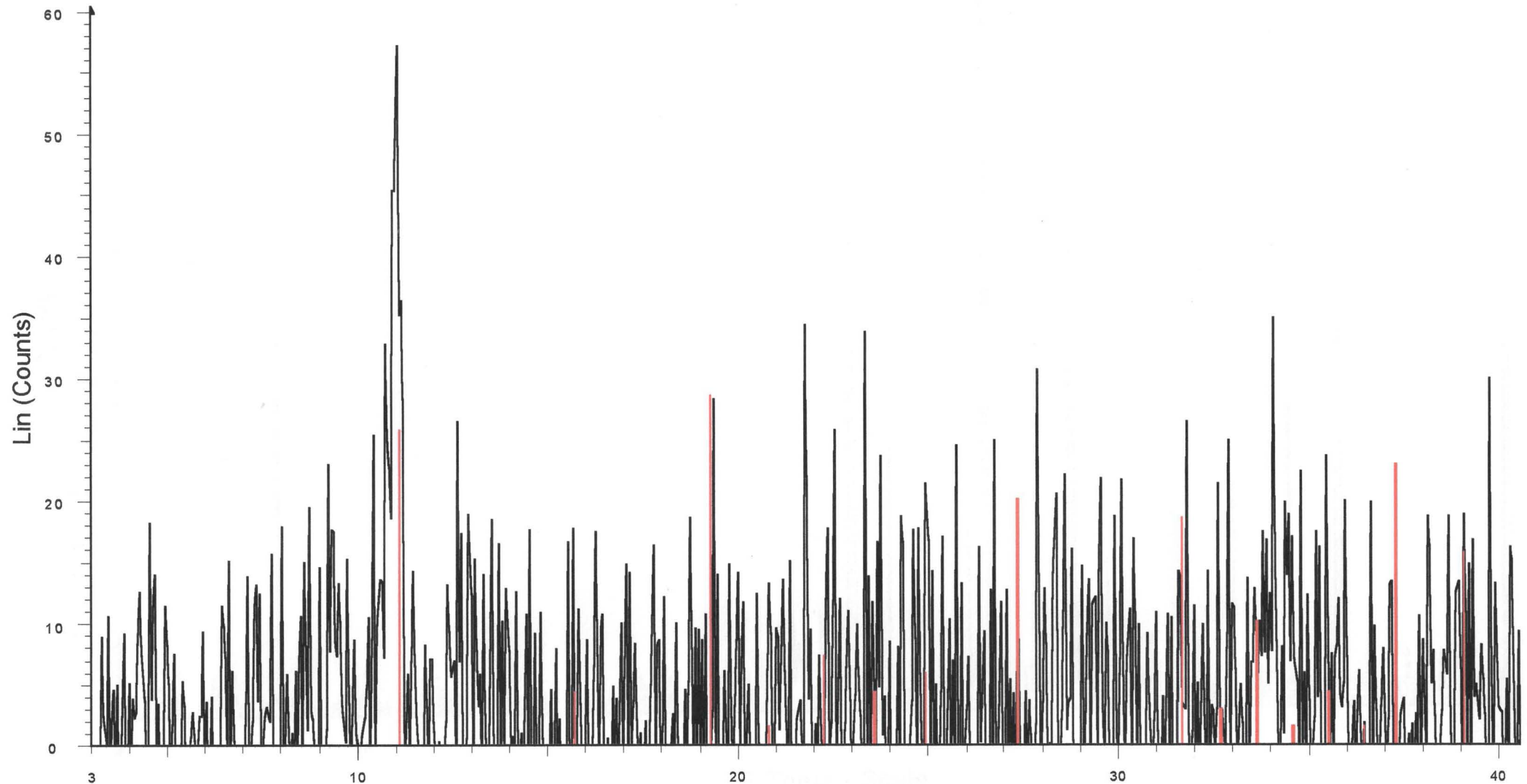
25-0183 (I) - Agardite-(Y) - $Cu_6(Y,Ca)(AsO_4)_3(OH)6 \cdot 3H_2O$ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - 0 - I/Ic PDF 1. - S-Q 50.0 % -

Anexo 2 - Pb-93-C



 C:\data\daniel\delano\pg93c.RAW - File: pg93c.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1. s - Temp.: 27 °C - Time Started: 18 s - 2-Theta:
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 42-1320 (I) - Arsenopyrite - FeAsS - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Monoclinic - a 5.7412 - b 5.6682 - c 5.7704 - alpha 90.000 - beta 111.93 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (
 34-0154 (*) - Bariumpharmacosiderite-1Q [NR] - BaFe4(AsO4)3(OH)5·5H2O - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Tetragonal - a 7.965 - b 7.96500 - c 8.072 - alpha 90.000 - beta 90.

Anexo 3 - Pb-56-D



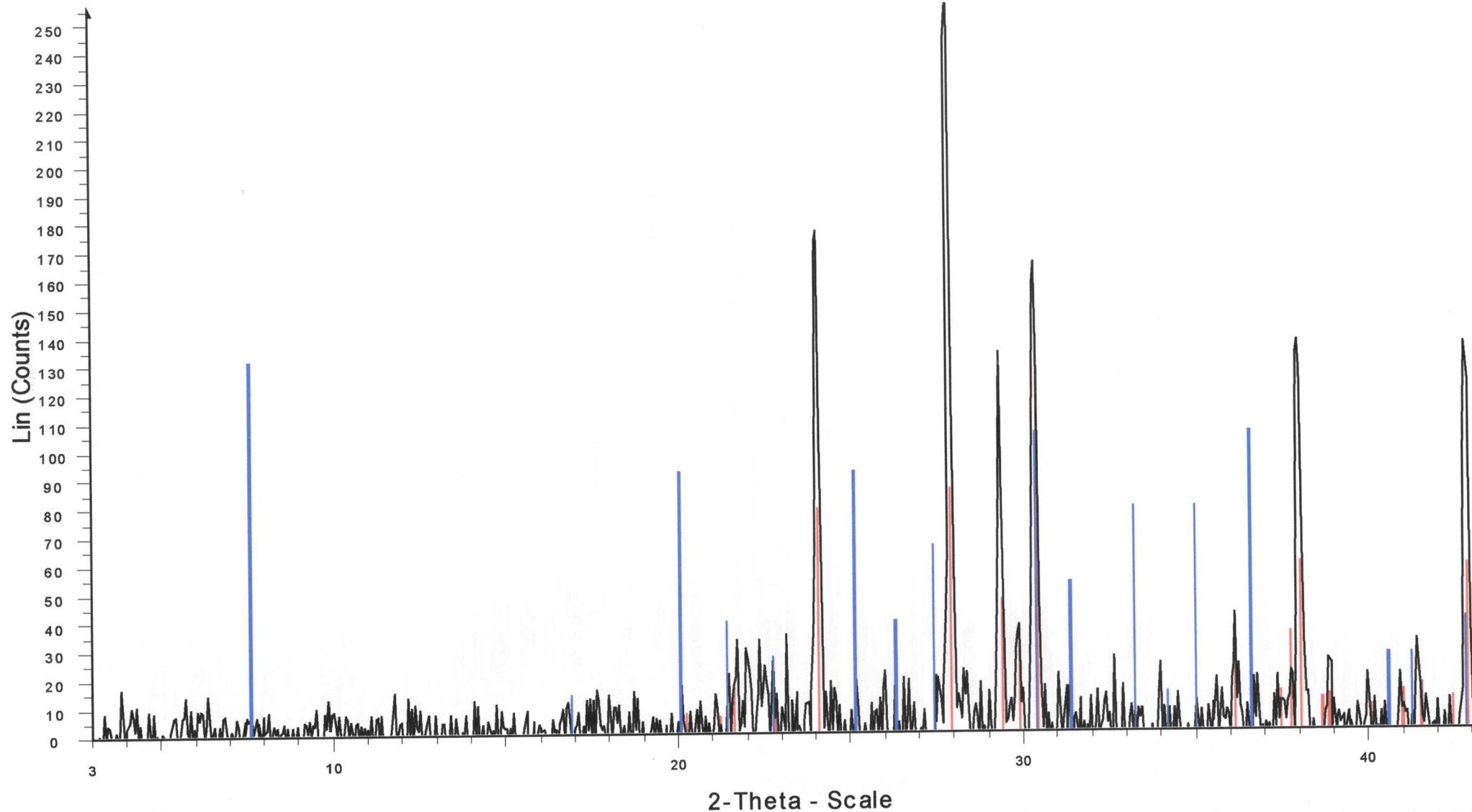
2-Theta - Scale

W:\data\daniel\delano\pb56d.RAW - File: pb56d.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1. s - Temp.: 27 °C - Time Started: 18 s - 2-Theta: 3.0

Operations: Background 3.802,1.000 | Import

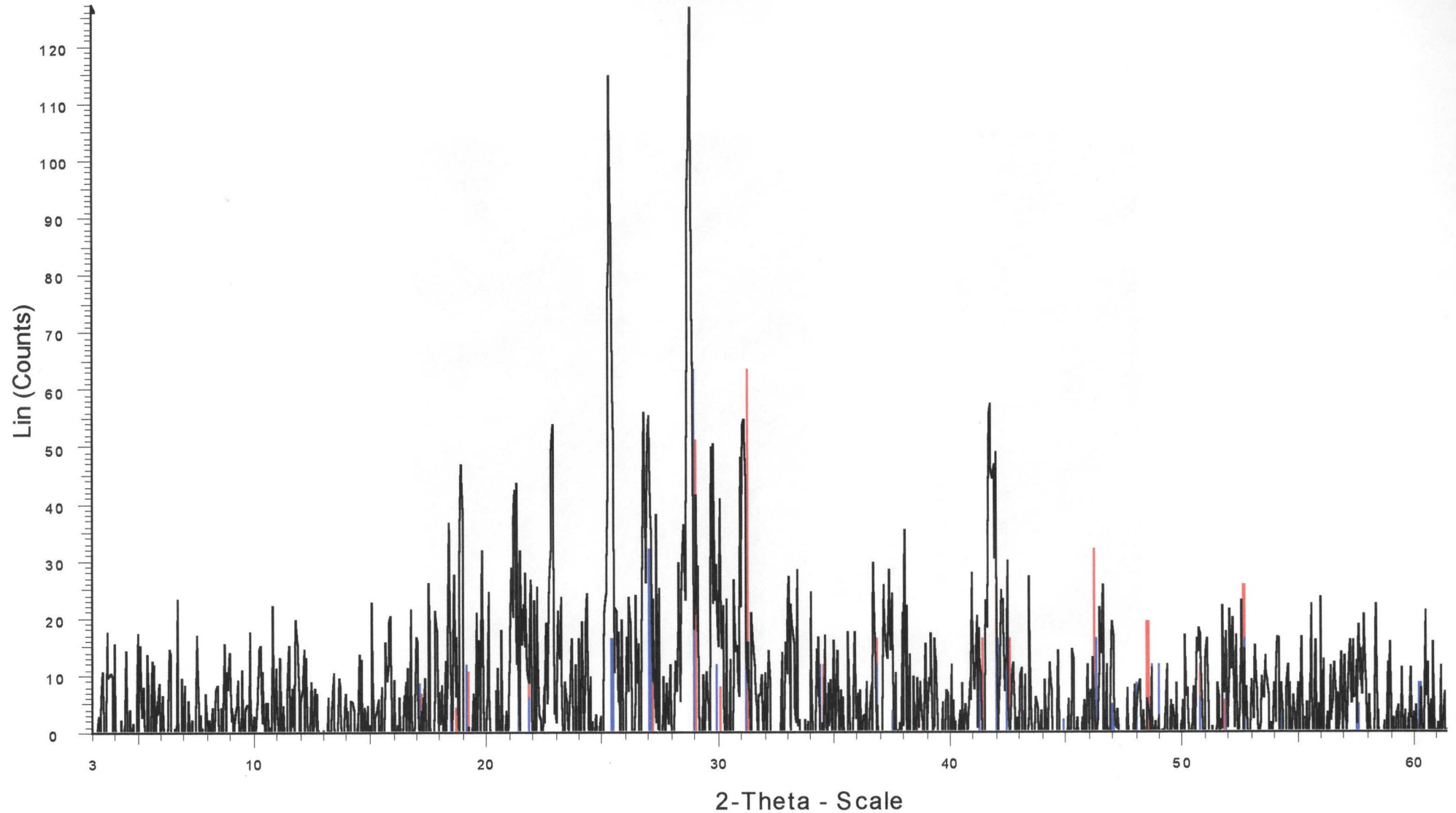
34-0155 (*) - Pharmacosiderite - $\text{K}_2\text{Fe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_5 \cdot 6.3\text{H}_2\text{O}$ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - 0 - I/Ic PDF 1. -

Anexo 4- Pb-93-B



C:\data\daniel\delano\pg93b.RAW - File: pg93b.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1. s - Temp.: 27 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3
 Operations: Background 3.802,1.000 | Import
 12-0765 (*) - Topaz - Al₂SiO₄(F,OH)₂ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - 0 - I/Ic PDF 1. - S-Q 50.0 % -
 25-0183 (I) - Agardite-(Y) - Cu₆(Y,Ca)(AsO₄)₃(OH)₆·3H₂O - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - Hexagonal - I/Ic PDF 1. - S-Q 50.0 % -

Anexo 5 - Pb-93-A



File: pg93ab.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.5 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 0 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500
Operations: Background 3.802,1.000 | Import
29-0403 (D) - Monazite-(Ce) - (Ce,La,Th,Nd)PO₄ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - 0 - I/Ic PDF 1. - S-Q 50.0 % -
11-0556 (D) - Monazite-(Ce) - (Ce,Ln,Y,Th)PO₄ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.54056 - 0 - I/Ic PDF 1. - S-Q 50.0 % -

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
SERVIÇO DE BIBLIOTECA

TF
I12
Dm. e

18490

Autor: IBAÑEZ, D.M.

Título: Estudos de minerais raros do ...