



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Geologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

HELDER THADEU DE OLIVEIRA

**PETROGRAFIA, ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL E ESTUDO
DE QUARTZO E ZIRCÃO DE GRANITOS HOSPEDEIROS DO
DEPÓSITO AURÍFERO DO ALVO JERIMUM DE BAIXO,
CAMPO MINERALIZADO DO CUIÚ-CUIÚ, PROVÍNCIA
AURÍFERA DO TAPAJÓS (PA).**

GEOCIÊNCIAS
U F P A

Belém-PA

2015

HELDER THADEU DE OLIVEIRA

**PETROGRAFIA, ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL E ESTUDO
DE QUARTZO E ZIRCÃO DE GRANITOS HOSPEDEIROS DO
DEPÓSITO AURÍFERO DO ALVO JERIMUM DE BAIXO,
CAMPO MINERALIZADO DO CUIÚ-CUIÚ, PROVÍNCIA
AURÍFERA DO TAPAJÓS (PA).**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Geologia
do Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Pará (UFPA),
como requisito de cumprimento às
exigências para obtenção do grau de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Régis Munhoz
Krás Borges.

Belém-Pa

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

O48p Oliveira, Helder Thadeu de, 1987

Petrografia, alteração hidrotermal e estudo de quartzo e zircão de granitos hospedeiros do depósito aurífero do alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós (PA) / Helder Thadeu de Oliveira. – 2015

129 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Régis Munhoz Krás Borges

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2015.

1. Metalogenia - Tapajós, Região (PA). 2. Alteração hidrotermal. 3. Zircão - Tapajós, Região (PA). I. Título.

CDD 22. ed.: 549.53098115

HELDER THADEU DE OLIVEIRA

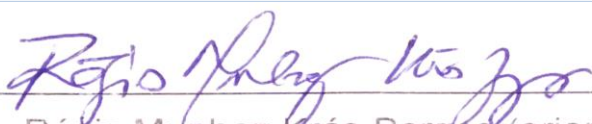
**PETROGRAFIA, ALTERAÇÃO HIDROTERMAL E ESTUDO
DE QUARTZO E ZIRCÃO DE GRANITOS HOSPEDEIROS DO
DEPÓSITO AURÍFERO DO ALVO JERIMUM DE BAIXO,
CAMPO MINERALIZADO DO CUIÚ-CUIÚ, PROVÍNCIA
AURÍFERA DO TAPAJÓS (PA).**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Geologia
do Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Pará, como
requisito ao cumprimento às
exigências para obtenção do grau de
Bacharel em Geologia.

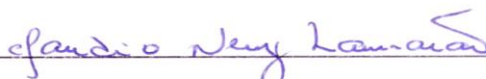
Data de Aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca Examinadora:



Régis Munhoz Krás Borges (orientador)
Doutor em Geologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará



Cláudio Nery Lamarão (membro)
Doutor em Geologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará



Evandro Luiz Klein (membro)
Doutor em Geologia e Geoquímica
CPRM / Universidade Federal do Pará

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará, por intermédio do Instituto de Geociências e da Faculdade de Geologia, que forneceram a estrutura e o aparato técnico necessários durante os anos de graduação, culminando com a realização deste trabalho;

Ao meu orientador Prof. Dr. Régis Munhoz Krás Borges, pela paciente orientação, com críticas e sugestões relevantes ao desenvolvimento deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão, à geóloga Gisele Marques e à técnica Ana Paula, pelo apoio com o MEV e as sugestões e discussões acerca do trabalho desenvolvido;

Aos meus pais Andrelino José e Dária Rose por sempre me proporcionarem todas as oportunidades e formas de apoio possíveis;

À minha vó Maria José e aos meus tios André e Silvia Rosana pelo apoio nos momentos de penúria;

Aos amigos Pedrão, Rafa, Welton, Wal e Simone pela amizade, histórias e alicerce em momentos que se fizeram necessários;

À Bruna Nogueira pelo companheirismo e apoio quase que incondicionais, bem como pelas sugestões ao andamento desse trabalho.

Aos companheiros e integrantes da fuzarca Rafael Guimarães, Patrícia Rodrigues, Paulo Together, Ramon Carvalho e Christian (Bino);

Aos amigos Reinaldo Fontoura, Rômulo Pinto, Edson Louzada, Arthur Aragão, Aílton Brito, Lívia Ferreira, Franco Felipe, Renan Malone, Thiago Carvalho, Leonardo Negrão, Pabllitos do Arrocha;

Aos amigos de outras turmas: Ingrid Roberta, Rafael Estumano, Rodrigo Santos, Maria Nathânia, Manoella Cavalcante;

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

"Antigamente eu defendia uma tese, a que regresso de vez em quando, que defende que o homem quando descobriu que era inteligente não aguentou o choque e enlouqueceu."
(José de Sousa Saramago)

*"Há aqueles que lutam um dia e por isso são muito bons;
Há aqueles que lutam muitos dias e por isso são muito bons;
Há aqueles que lutam anos e são melhores ainda;
Porém, há aqueles que lutam toda a vida;
Esses são os imprescindíveis."*
(Bertold Brecht)

RESUMO

O Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, que possui várias ocorrências, alvos em exploração e depósitos auríferos, bem como o Alvo Jerimum de Baixo, está localizado próximo à região central da Província Aurífera do Tapajós, cerca de 180 quilômetros a sudoeste do município de Itaituba, no Estado do Pará. As rochas hospedeiras da mineralização aurífera no referido alvo são biotita monzogranitos que ocorrem em dois tipos petrográficos texturalmente distintos: biotita monzogranito equigranular grosso e biotita monzogranito porfirítico. Ambas as fácies foram afetadas por tectônica de caráter rúptil que gerou condutos facilitadores à circulação de fluidos hidrotermais. Os principais estágios da alteração hidrotermal reconhecidos que afetaram as rochas graníticas no Alvo Jerimum de Baixo foram a cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação, epidotização, carbonatação e argilização, cabendo o maior destaque para a alteração sericítica, com a qual a mineralização revela-se intimamente associada. A mineralização, por sua vez, é do tipo aurífera sulfetada, tendo a pirita como o sulfeto mais importante e se mostrou principalmente em disseminações em zonas alteradas, por vezes brechadas, e compondo vênulas milimétricas descontínuas. O estudo petrográfico apontou a existência de, pelo menos, sete gerações de quartzo: três ligadas a estágios magmáticos e quatro tendo suas cristalizações devidas a fluidos aquecidos. Os cristais de zircão de ambas as fácies graníticas, de maneira geral, mostram formas idiomórficas nas regiões preservadas e feições de deterioração em direção as regiões hidrotermalizadas. Análises por MEV-EDS mostram que elementos como Hf têm seus valores acrescidos em direção as zonas alteradas/mineralizadas, enquanto Ta, Te e Bi decrescem no mesmo sentido. Comparações preliminares com o zircão de granitos mineralizados (Granito São Jorge Jovem) e estéreis (Granito São Jorge Antigo) apontam Hf, Ta, Te e Bi como potenciais marcadores de plútons especializados.

Palavras-chave: Província Aurífera do Tapajós. Alteração hidrotermal. Zircão. Metalogenia.

ABSTRACT

The Cuiú-Cuiú goldfield, which has gold deposits several, occurrences and targets in exploration, which include the Jerimum de Baixo Target, is located near the central region of Tapajós Gold Province, 180 km southwest from the Itaituba town, Pará State. The host rock of gold mineralization in Jerimum de Baixo target are biotite monzogranites occurring in two texturally different petrographic types: coarse-grained biotite monzogranite and porphyritic biotite monzogranite. Both facies have been affected by brittle tectonics that generated conduits for hydrothermal fluids circulation. The hydrothermal alteration types are predominantly chloritization, sericitization, sulfidation, silicification, epidotization, carbonatization and argillization. The most remarkable hydrothermal alteration is sericitization, which is closely associated with the mineralization. The gold mineralization is also associated with sulfides, with pyrite as the most important phase, occurring mainly in disseminations in altered areas, sometimes, brecciated, or forming discontinuous, millimeter thick veinlets. The petrographic study revealed, at least, seven quartz generations: three related to the magmatic stage and four having their crystallization due to hidrothermal fluids. The zircon from the two granitic facies show, in general, idiomorphic shapes in preserved areas and deterioration features toward the hydrothermally-altered portions. SEM-EDS analysis shows that elements such as Hf have their contents increased toward the altered/mineralized zones, while Ta, Te and Bi decrease accordingly. Preliminary comparisons with zircons from mineralized (São Jorge Jovem Granite) and barren (São Jorge Antigo Granite) granites indicate that Hf, Ta, Te and Bi as potential markers of specialized plutons.

Keywords: Tapajós Gold Province. Hydrothermal Alteration. Zircon. Metallogeny

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - Localização do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú com as principais vias de acesso. A área do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú está representada fora da escala.....	18
Figura 3.1 - Propostas de subdivisão geotectônica do Cráton Amazônico, segundo Tassinari e Macambira (2004), à esquerda e segundo Santos et al. (2006) à direita.	25
Figura 3.2 - Mapa de parte do Cráton Amazônico destacando os quatro domínios da Província Tapajós-Parima. A região hachurada corresponde ao Domínio Tapajós.	26
Figura 3.3 - Mapa geológico do Domínio Tapajós com indicação da localização do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, área de estudo.....	28
Figura 3.4 - Mapa geológico da região de Cuiú-Cuiú com a localização do Alvo Jerimum de Baixo, entre outros.	38
Figura 4.1 - Diagramas Q-A-P e Q-(A+P)-M', segundo Streckeisen (1976), para as amostras do biotita monzogranito porfirítico e biotita monzogranito equigranular grosso, amostrados no Alvo Jerimum de Baixo.	45
Figura 4.2 - Aspectos mineralógicos e texturais do biotita monzogranito equigranular grosso.	49
Figura 4.3 - Aspectos mineralógicos e texturais do biotita monzogranito porfirítico..	52
Figura 4.4 - Aspectos mineralógicos e texturais dos granitoides intensamente alterados.	55
Figura 4.5 - Modos de ocorrência da alteração clorítica.....	58
Figura 4.6 - Modos de ocorrência da alteração sericítica.	59
Figura 4.7 - Modos de ocorrência da sulfetação.....	61
Figura 4.8 - Modos de ocorrência da silicificação.....	62
Figura 4.9 - Modos de ocorrência da epidotização.....	63
Figura 4.10 - Modos de ocorrência da carbonatação.	65
Figura 4.11 - Modos de ocorrência da argilização.....	66
Figura 4.12 - Modos de ocorrência do metassomatismo do flúor.	67
Figura 4.13 - Aspectos da mineralização do Alvo Jerimum de Baixo..	68

Figura 4.14 -Caraterização mineralógica e textural dos minerais de minério do Alvo Jerimum de Baixo via MEV-ERE-EDS com a média dos principais elementos analisados.....	70
Figura 4.15 -Espectros de fases minerais encontradas nas zonas mineralizadas do Alvo Jerimum de Baixo, com a discriminação dos elementos analisados nos respectivos pontos.....	71
Figura 4.16 -Aspectos morfológicos e texturais das diferentes gerações de quartzo registradas no Alvo Jerimum de Baixo..	73
Figura 4.17 - Aspectos morfológicos, texturais e composicionais de zircões revelados por microscopia eletrônica de varredura – elétrons retroespalhados (MEV-ERE) mostrando a evolução morfológica de zircão do Alvo Jerimum de Baixo e seus conteúdos pontuais de Ca, Hf, Te, Ta e Bi (% peso) obtidos por espectrometria de energia dispersiva de raios X (EDS).	76
Figura 5.1 - Aspectos texturais de desequilíbrio dos fenocristais do biotita monzogranito porfirítico.....	80
Figura 5.2 - Quadro paragenético esquemático com a evolução temporal dos tipos de alteração hidrotermal em rochas graníticas hospedeiras do Alvo Jerimum de Baixo.....	82
Figura 5.3 - Diagrama de dissociação de alguns ácidos e bases inorgânicos, com destaque para a dissociação do ácido carbônico (H_2CO_3).....	85
Figura 5.4 - Fluxograma mostrando as mudanças físico-químicas estimadas relacionadas com a evolução temporal do paleossistema hidrotermal responsável pelos estágios de alteração e mineralizações nos granitos interceptados pelos furos CC_92_10 e CC_94_10 do Alvo Jerimum de Baixo.	87
Figura 6.1 - Diagramas de composições químicas de zircões de granitos mineralizados (Alvo Jerimum de Baixo e Granito São Jorge Jovem) e estéreis (Granito São Jorge Antigo)...	94
Figura 6.2 - Diagramas ternários com elementos analisados em zircões do granitos do Alvo Jerimum de Baixo, Granito São Jorge Jovem (corpos mineralizados) e Granito São Jorge Antigo (granito estéril).	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Unidades litoestratigráficas do Domínio Tapajós, com intervalos de idade para sua formação. Segundo compilação de Vasquez et al. 2008, com inclusão de dados recentes de Vasquez et al. (2013) e Klein et al. (2014).	29
Tabela 2 - Composições modais de amostras das rochas graníticas amostradas no alvo Jerimum de Baixo. BMgEG – Biotita monzogranito equigranular grosso; BMgP – Biotita monzogranito porfirítico. Valores expressos em porcentagem.	46
Tabela 3 - Valores médios de EDS de zircão (% em peso de elementos) do biotita monzogranito equigranular grosso (BMgEG), biotita monzogranito porfirítico (BMgP) e granitoides alterados mineralizados do Alvo Jerimum de Baixo.	77
Tabela 4 - Características geológicas, geocronológicas e propriedades físico-químicas dos fluidos disponíveis para os depósitos e ocorrências auríferas(os) do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.	90
Tabela 5 - Valores médios máximos e mínimos de Zr, Te, Hf, Ta, Bi, Zr/Hf, Zr/Ta, Zr/Te, Hf/Ta, Hf/Te, Te/Ta, Hf/Bi, Bi/Ta e Zr/Bi de zircões do GSJA e GSJJ. Valores dos elementos em %peso.	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aln	–	Allanita	Kfs	–	Feldspato potássico
Ap	–	Apatita	Mnz	–	Monazita
Au	–	Ouro	Pl	–	Plagioclásio
Bt	–	Biotita	Po	–	Pirrotita
Brt	–	Barita	Py	–	Pirita
Cb	–	Carbonato	Qz	–	Quartzo
Ccp	–	Calcopirita	Rt	–	Rutilo
Chl	–	Clorita	Sp	–	Esfalerita
Cm	–	Argilomineral	Ser	–	Sericita
Fl	–	Fluorita	Zrn	–	Zircão
Gn	–	Galena			

BMgEG	–	Biotita monzogranito equigranular grosso
BMgP	–	Biotita monzogranito porfirítico
EDS	–	Espectroscopia de raio X por dispersão de energia (<i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i>)
ERE	–	Elétrons retroespalhados
GPGE	–	Grupo de Pesquisa em Geologia Econômica
GSJA	–	Granito São Jorge Antigo
GSJJ	–	Granito São Jorge Jovem
LABMEV	–	Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura
LPQZ	–	Linha de Pesquisa em Quartzo e Zircão
LR	–	Luz refletida
MEV	–	Microscópio eletrônico de varredura
NC	–	Nicóis cruzados
NP	–	Nicóis paralelos
PAT	–	Província Aurífera do Tapajós

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	APRESENTAÇÃO.....	16
1.2	LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÀREA DE ESTUDO.....	17
1.3	JUSTIFICATIVA.....	19
1.4	OBJETIVOS.....	20
2	MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.1	MATERIAL UTILIZADO	21
2.2	METODOLOGIA DE CAMPO	21
2.3	METODOLOGIA DE LABORATÓRIO.....	21
2.3.1	Pesquisa bibliográfica	21
2.3.2	Petrografia.....	22
2.3.2.1	Macroscopia	22
2.3.2.2	Microscopia	22
2.3.3	Análise modal	22
2.3.4	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	23
2.3.5	Confecção da monografia.....	23
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	24
3.1	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	24
3.1.1	Cráton Amazônico.....	24
3.1.2	Província Tapajós-Parima.....	26
3.1.3	Domínio Tapajós.....	27
3.1.3.1	Unidades Litoestratigráficas do Domínio Tapajós	29
3.2	METALOGENIA DO DOMÍNIO TAPAJÓS.....	34
3.3	CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL.....	36
3.3.1	Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú	36

3.4	ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL	39
3.4.1	Principais tipos de alteração hidrotermal	39
3.4.1.1	Metassomatismo Alcalino	39
3.4.1.2	Alteração propilítica	40
3.4.1.3	Alteração sericítica	40
3.4.1.4	Alteração argílica	41
3.4.1.5	Alteração argílica avançada	41
3.4.1.6	Silicificação	41
3.4.1.7	Carbonatação	42
3.4.1.8	Cloritização	42
3.4.2	Estilos e intensidades da alteração hidrotermal	42
4	RESULTADOS	44
4.1	PETROGRAFIA	44
4.1.1	Biotita monzogranito equigranular grosso (BMgEG)	47
4.1.2	Biotita monzogranito porfirítico (BMgP)	50
4.1.3	Granitoides intensamente alterados	53
4.2	ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL NO ALVO JERIMUM DE BAIXO	56
4.2.1	Cloritização	56
4.2.2	Sericitização	57
4.2.3	Sulfetação	60
4.2.4	Silicificação	62
4.2.5	Epidotização	63
4.2.6	Carbonatação	64
4.2.7	Argilização	64
4.2.8	Metassomatismo do flúor	64
4.3	MINERALIZAÇÃO	68
4.4	GERAÇÕES DE QUARTZO	72

4.5	ESTUDO DO ZIRCÃO	74
4.5.1	Aspectos morfológicos.....	74
4.5.2	Análises químicas (MEV-EDS).....	74
5	DISCUSSÕES	79
5.1	ROCHAS HOSPEDEIRAS	79
5.2	EVOLUÇÃO DO PALEOSSISTEMA HIDROTHERMAL	80
5.3	ESTUDO DO ZIRCÃO	87
6	ESTUDOS COMPARATIVOS	89
7	CONCLUSÕES	97
7.1	DIFICULDADES	98
	REFERÊNCIAS	99
	APÊNDICES.....	110
	APÊNDICE A – Composição química obtida por análise semiquantitativa de MEV-EDS representativa do plagioclásio do biotita monzogranito equigranular grosso com o cálculo da fórmula estrutural realizado na base de 32 oxigênios e suas projeções no diagrama triangular An-Ab-Or.....	111
	APÊNDICE B - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de pirita.....	112
	APÊNDICE C - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de pirrotita.	114
	APÊNDICE D - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de calcopirita.	116
	APÊNDICE E - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de galena.....	117
	APÊNDICE F - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de esfalerita. ...	117
	APÊNDICE G - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de rutilo.	117
	APÊNDICE H - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de sulfatos, elementos nativos e de fases com Bi-Te-Pb.	118
	APÊNDICE I - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de zircão do biotita monzogranito equigranular grosso.	119
	APÊNDICE J - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de zircão do biotita monzogranito porfirítico.	121

APÊNDICE K - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de zircão em zona mineralizada.	122
APÊNDICE L - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de zircão das zonas alteradas.	126
ANEXO	128
ANEXO A - Logs de sondagem dos furos CC_92_10 e CC_94_10 do Alvo Jerimum de Baixo e tabela Au ppm x profundidade.	129

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A Província Aurífera do Tapajós (PAT) está localizada na porção centro-sul do Cráton Amazônico e é uma das mais importantes províncias metalogenéticas do Brasil. A PAT apresenta vários depósitos auríferos primários, supergênicos e aluvionares, o que a tornou alvo de exploração por companhias mineradoras durante as últimas três décadas. Algumas delas estão instaladas em depósitos primários conhecidos, como, por exemplo, Tocantinzinho, São Jorge, Coringa, Cuiú-Cuiú e Ouro Roxo. De acordo com os modelos metalogenéticos propostos, há diversas classes de depósito na província, do tipo relacionados a intrusões, epitermais, orogênicos e pórfiros (COUTINHO, 2008; JULIANI et al., 2005, 2008; KLEIN et al., 2001b; SANTOS et al., 2001; VILLAS et al., 2013, entre outros).

O Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú está inserido próximo da porção central da Província Aurífera de Tapajós. Este depósito é uma das áreas garimpeiras mais antigas da província e, segundo McMahon (2011), apresenta produção histórica entre 46 e 62 toneladas de ouro. Entretanto, o Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú carece ainda de estudos metalogenéticos detalhados que permitam um melhor entendimento de sua formação. Tendo isso em vista, o Grupo de Pesquisa em Geologia Econômica da Universidade Federal do Pará (GPGE), com mais este trabalho, tem o objetivo de contribuir para um melhor conhecimento da metalogênese deste campo mineralizado e irá abordar o estudo da alteração hidrotermal que atuou sobre as rochas hospedeiras bem como da mineralogia sulfetada associada à mineralização aurífera.

Em adição, a Linha de Pesquisa em Quartzo e Zircão (LPQZ), vinculada ao Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides (GPPG) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), vem desenvolvendo trabalhos de caracterização desses minerais em rochas graníticas utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura, análises químicas semiquantitativas por espectroscopia de raio x por dispersão de energia e catodoluminescência (MEV-EDS-CL), através de equipamentos pertencentes ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) do IG-UFPA. Assim, a presente pesquisa objetiva, também, contribuir com a caracterização morfológica e composicional dos cristais de zircão e das diferentes

gerações de quartzo presentes nas rochas do Alvo Jerimum de Baixo através de análises por MEV-EDS-CL.

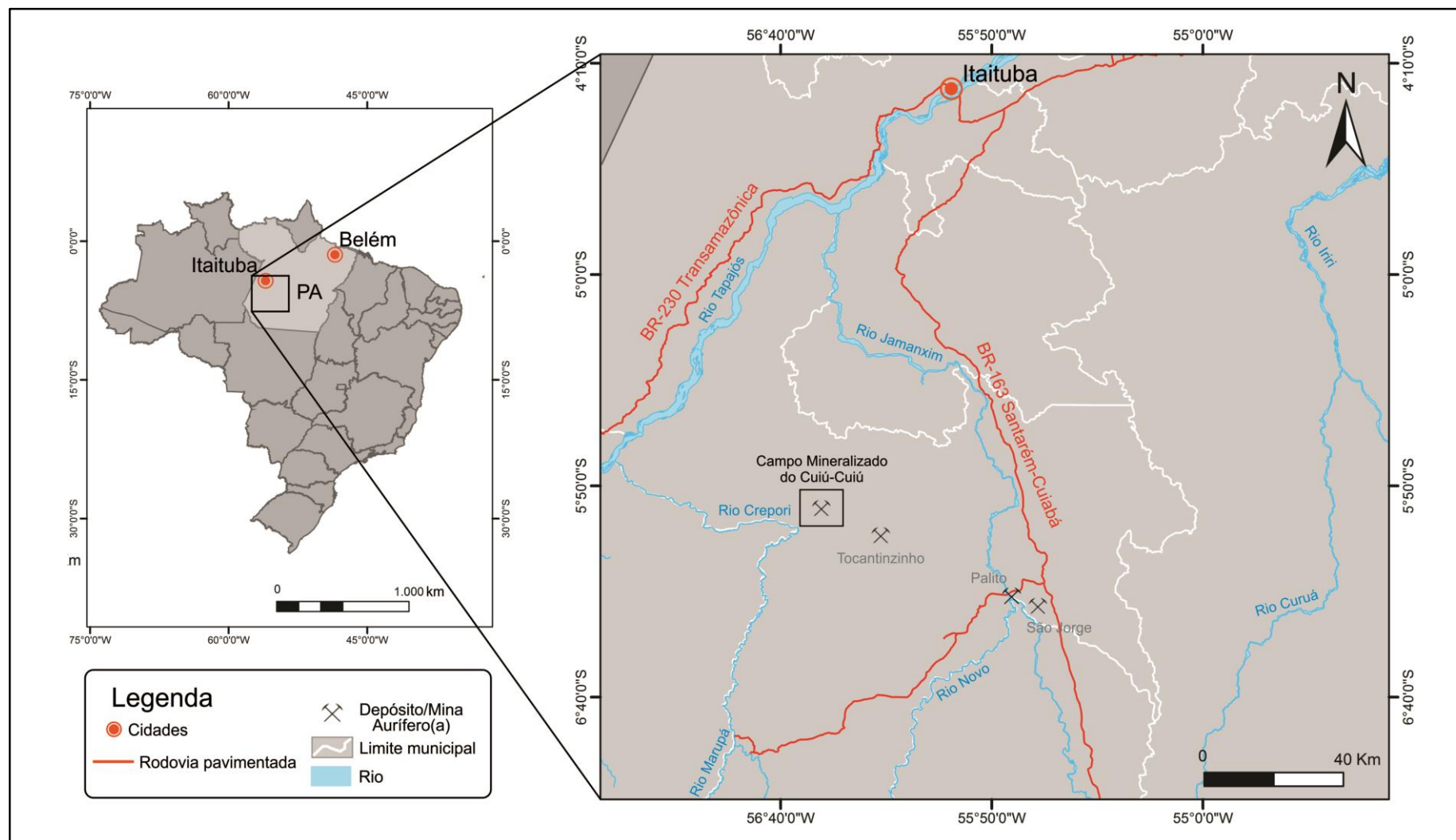
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÀREA DE ESTUDO

O Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, onde se encontra o Alvo Jerimum de Baixo, está localizado próximo ao Rio Crepori a 180 quilômetros a sudoeste do município de Itaituba, no Estado do Pará, norte do Brasil (Figura 1.1).

A área em Cuiú-Cuiú abrange aproximadamente 55 km² (11x5 km) e localiza-se, em coordenadas geográficas, com latitude de 5°59'58"S e longitude 56°34'77"W. A elevação na propriedade varia entre 90 metros e 300 metros acima do nível do mar e apresenta uma topografia relativamente íngreme formando um *trend* de tendências NW com cristas que se elevam até 150 metros acima dos vales baixos.

O acesso ao campo, a partir de Belém, é feito por via aérea ou terrestre até a cidade de Itaituba, com cerca de 1.381 km de rodovia. De Itaituba o acesso, torna-se mais restrito, sendo realizado por avião fretado, de pequeno porte, mono ou bimotor, ou de barco ao longo dos rios Tapajós e Crepori.

Figura 1.1 - Localização do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú com as principais vias de acesso. A área do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú está representada fora da escala.



Fonte: DNIT (2002).

1.3 JUSTIFICATIVA

A Província Aurífera do Tapajós (PAT) tem se caracterizado desde 1970 como uma das principais regiões produtoras de ouro aluvionar do Brasil. Na década de 90, alternativamente, foi incrementada a prospecção de jazidas primárias de ouro por diversas empresas, ao mesmo tempo em que era retomado o mapeamento geológico regional através do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM). Esse esforço gerou uma série de informações importantes para o progresso do conhecimento da geologia e metalogênese (BORGES et al., 2009; DREHER et al., 1998; JULIANI et al., 2002, 2005, 2008; LANDIS et al., 2005; SANTOS et al., 2001; VILLAS et al., 2013, entre outros) da província. Neste contexto, o Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, não obstante ao grande esforço de pesquisadores nos últimos anos para o avanço no entendimento de sua geologia e metalogenia (ARAÚJO, 2014; ASSUNÇÃO; KLEIN, 2014; COUTINHO, 2008; KLEIN et al., 2001b; QUEIROZ; KLEIN, 2012; SILVA JUNIOR et al., 2012; SILVA JUNIOR; KLEIN; GALARZA, 2013), ainda carece de estudos de detalhe que contribuam para uma melhor compreensão do seu cenário metalogenético.

Os cristais de zircão mostram grande variação morfológica, textural e composicional que podem ser úteis para o entendimento de sua história de cristalização e de suas rochas hospedeiras (BELOUSOVA et al., 2002; HEAMAN; BOWINS; CROCKET, 1990; HOSKIN; IRELAND, 2000; KEMPE et al., 1997, 2004; PUPIN, 2000; UHER et al., 1998; WANG et al., 2000). A utilização de imagens de CL acompanhadas de análises químicas pontuais por EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*), microsonda eletrônica ou LA-ICP-MS (*Laser-ablation inductively coupled plasma mass spectrometry*) têm sido empregadas para identificar variações composicionais em zircão magmático núcleos herdados, zoneamentos composicionais, bordas de sobrecrecimento e inclusões. Em granitos estaníferos mostram enriquecimento significativo em Hf e baixas razões Zr/Hf, indicando que a composição desse mineral pode ser utilizada preliminarmente na prospecção de granitos mineralizados em Sn e metais associados (KEMPE et al., 2004; LAMARÃO et al., 2007, 2010, 2012, 2013; WANG et al., 2000). Porém, estudos abordando a caracterização geoquímica do zircão e a variação morfo-textural de cristais de quartzo e a possibilidade de utilizar essas características para estimar o potencial

metalogenético para depósitos auríferos associados a granitos, são considerados pioneiros no Brasil.

Com o exposto, justifica-se a importância deste trabalho em aumentar o conhecimento sobre a metalogenia do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú abordando o estudo petrográfico e mineralógico das rochas do depósito aurífero do Alvo Jerimum de Baixo e a alteração hidrotermal registrada nelas. É de significativa relevância, também, avaliar o potencial de minerais como zircão e quartzo através da caracterização morfológica, textural e composicional de seus cristais via MEV-EDS-CL para revelar assinaturas indicativas de um potencial metalogenético para depósitos de ouro associados a rochas graníticas.

1.4 OBJETIVOS

Caracterização dos processos de alteração hidrotermal que afetaram as rochas graníticas, bem como do minério aurífero sulfetado do Alvo Jerimum de Baixo. Além disso, objetivou-se a caracterização morfológico-textural de cristais de quartzo (MEV-CL) e ainda composicional de zircão (MEV-EDS-CL) das rochas hospedeiras do depósito aurífero. Para o pleno desenvolvimento do trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Caracterização macroscópica das rochas granitoides (hidrotermalizadas ou não) hospedeiras do depósito aurífero;
2. Estudo microscópico das associações minerais que caracterizam os diferentes estágios da alteração hidrotermal que afetou as rochas granitoides, estabelecendo a sucessão cronológica de cada uma das associações;
3. Caracterização morfológica das diferentes gerações de quartzo formadas durante os estágios magmáticos e mineralizantes;
4. Estudo textural em cristais de quartzo, por catodoluminescência em microscópio eletrônico de varredura (MEV-CL);
5. Estudo textural e análises químicas semiquantitativas em cristais de zircão das rochas granitoides e hidrotermalizadas do depósito, através de MEV-EDS-CL;
6. Caracterização textural e composicional das fases minerais que compõem o minério, através de microscópio petrográfico de luz refletida e MEV-EDS;
7. Realização de estudos comparativos com outros depósitos auríferos da PAT.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAL UTILIZADO

As amostras utilizadas neste estudo são provenientes de dois furos de uma malha de sondagem rotativa realizada pela *Magellan Minerals Ltd.*, detentora dos direitos minerários no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú. As amostras foram cedidas pelo Dr. Evandro L. Klein (CPRM-Belém), coordenador do projeto de pesquisa (CNPq – Edital Universal nº 14/2010) e do GPGE (Grupo de Pesquisa em Geologia Econômica da UFPA) aos quais este trabalho está vinculado.

No campo, foram coletados testemunhos de sondagem de diferentes intervalos amostrados pela sonda nos dois furos, representativos do alvo de pesquisa da mineradora. As amostras estudadas estão identificadas através de uma numeração sequencial, crescente no sentido do topo para a base do furo, utilizando-se as siglas CC_92_10 ou CC_94_10, nomenclatura utilizada para a identificação dos dois furos de sondagem pela empresa.

2.2 METODOLOGIA DE CAMPO

Como os testemunhos de sondagem já estavam disponíveis para o desenvolvimento dos estudos, não foram realizados trabalhos de campo adicionais.

2.3 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO

2.3.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica consistiu na leitura e análise de publicações com temáticas relacionadas à geologia do Cráton Amazônico, geologia regional da Província Aurífera do Tapajós, granitos auríferos, processos hidrotermais e mineralizações auríferas associadas, bem como temas relacionados a feições morfológicas e geoquímicas de cristais de zircão e quartzo e seus potenciais para revelar assinaturas metalogenéticas. Este levantamento foi realizado ao longo de todo o período de trabalho.

2.3.2 Petrografia

2.3.2.1 Macroscopia

O estudo petrográfico iniciou-se com uma criteriosa descrição macroscópica dos testemunhos de sondagem, destacando as principais características estruturais, texturais e composicionais das rochas hidrotermais e de suas encaixantes, permitindo uma classificação prévia das rochas estudadas. Este trabalho deu suporte à seleção de amostras representativas para a confecção de lâminas polidas para o estudo microscópico.

2.3.2.2 Microscopia

Nesta etapa foram descritas 22 lâminas polidas, em microscópio Zeiss, modelo Axioplan2, com recursos de luz transmitida e refletida, do Laboratório de Metalogênese da UFPA. A principal finalidade deste estudo foi a caracterização das assembleias mineralógicas, dos tipos de alteração e do minério, bem como a identificação de suas rochas hospedeiras, levando-se em consideração as condições de alteração a que foram submetidas essas rochas. Para os intervalos de granulação foi utilizado a proposta de Le Maitre (2002). Nas fotomicrografias, os minerais comuns estão identificados pelas abreviaturas propostas por Whitney e Evans (2010). Os demais minerais tiveram seus nomes abreviados de modo subjetivo pelo autor desta monografia, sendo especificados caso a caso.

2.3.3 Análise modal

Para a classificação e nomenclatura das rochas graníticas foram realizadas análises modais em contador de pontos eletrônico acoplado em microscópio petrográfico operado em *software* HARDLEDGE (versão WORSKTATION 1.3.8.1111; fabricante ENDEEPER®), por meio da contagem de 2.000 pontos, em média, distribuídos em uma malha de 0,4 mm de espaçamento, por lâmina, em sete amostras.

Os dados assim obtidos foram plotados no diagrama Q-A-P e Q-A+P-M' (STRECKEISEN, 1976; LE MAITRE, 2002), permitindo, assim, classificá-las conforme os critérios estabelecidos pela IUGS (*International Union of Geological Sciences*).

2.3.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As observações por MEV permitiram um refinamento petrográfico com a melhor caracterização das fases minerais, no que concerne a eventuais zonações, intercrescimentos e microinclusões, feições estas de difícil visualização ao microscópio petrográfico convencional. O microscópio utilizado foi o modelo LEO-1430 do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) da UFPA. Foram realizadas imagens de elétrons retroespalhados (ERE), além de análises químicas semiquantitativas através da técnica de espectroscopia de raios X por dispersão de energia (EDS) de minerais de minério (sulfetos) e minerais de ganga (zircão e óxidos). As amostras analisadas foram preparadas no LABMEV da UFPA e previamente metalizadas com carbono. O equipamento operou com um feixe de corrente de elétrons de 90 μ A, voltagem de aceleração constante de 20 kV e distância de trabalho de 15 mm.

Em relação ao zircão, foram realizadas 260 análises pontuais situadas tanto na borda quanto no núcleo dos cristais, evitando-se, com a ajuda de imagens de ERE, regiões de fraturas e proximidade de inclusões. Os elementos analisados foram O, Si, P, S, Ca, Cu, As, Y, Zr, Nb, Sb, Te, Ba, Ce, Hf, Ta, Au, Hg, Bi, Th e U.

2.3.5 Confeção da monografia

Esta etapa deu-se com a elaboração do texto final da monografia nos últimos quatro meses de desenvolvimento do trabalho.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

3.1.1 Cráton Amazônico

A área de estudo do presente trabalho está localizada na porção centro-sul do Cráton Amazônico, que representa uma das principais unidades tectônicas da Plataforma Sul-Americana (ALMEIDA et al., 2000) e é formado pelos escudos das Guianas e do Brasil Central, separados entre si pelas Bacias paleozoicas do Amazonas e Solimões (TASSINARI et al., 2000). Com uma área de 4.500.000 km² de extensão, abrange parte do norte do Brasil, Guiana Francesa, Guiana, Suriname, Venezuela, Colômbia e Bolívia. É limitado a leste, a sul e a sudeste por rochas geradas durante o Ciclo Orogênico Brasileiro de idade 930-540 Ma (PIMENTEL; FUCK, 1992 apud SANTOS, 2003).

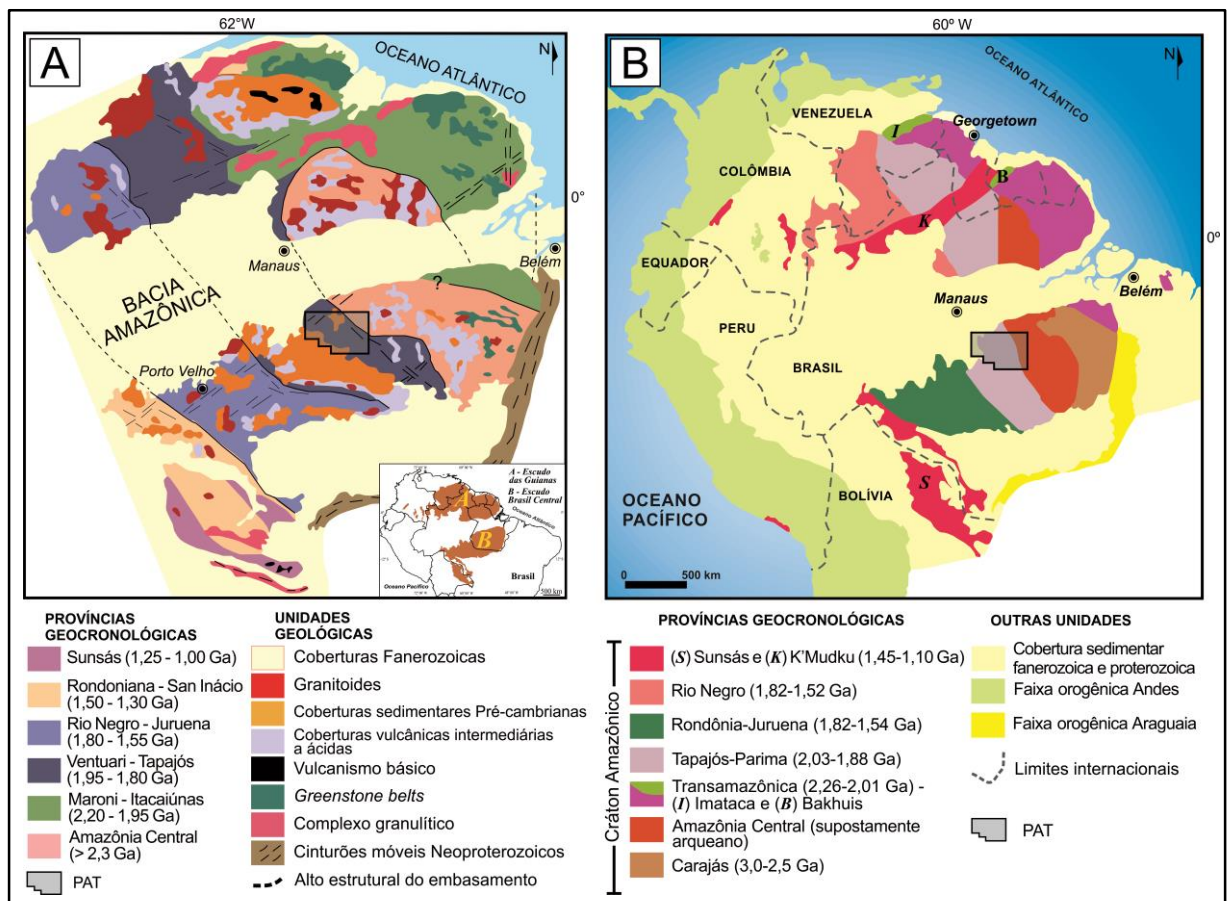
O Cráton Amazônico é objeto ainda de diversos trabalhos e apresenta uma evolução geotectônica carente de melhores definições e que pode diferir de acordo com os modelos propostos por cada autor. Com os trabalhos mais recentes (TASSINARI; MACAMBIRA, 1999, 2004; SANTOS et al., 2000, 2004, 2006) apoiados em dados geocronológicos, o Cráton foi dividido em diferentes províncias geocronológicas que sugerem uma evolução geológica relacionada ao desenvolvimento de sucessivos arcos magmáticos com a formação de crosta juvenil e retrabalhamento de crosta mais antiga.

Na concepção de Tassinari e Macambira (1999, 2004), o Cráton Amazônico pode ser dividido em seis províncias geocronológicas principais: Amazônia Central (>2,3 Ga), Maroni-Itacaiúnas (2.2–1.95 Ga); Ventuari-Tapajós (1.95–1.80 Ga); Rio Negro-Juruena (1.8–1.55 Ga); Rondoniana-San Ignacio (1.55–1.3 Ga), e Sunsás (1.3–1.0 Ga) (Figura 3.1A). Neste contexto a Província Amazônia Central representaria um protocráton arqueano que foi amalgamado por processos orogênicos durante o Paleoproterozóico, as províncias Ventuari-Tapajós e Rio Negro-Juruena são resultados da formação de magma juvenil durante o período de 1,95 a 1,4 Ga, enquanto que a província Sunsás está relacionada ao retrabalhamento de crosta mais

antiga. As províncias Maroni-Itacaiúnas e Rondoniana-San Ignácio são, no entanto, resultados de ambos os processos.

Outros autores como Santos et al. (2000, 2004, 2006) baseando-se em idades U-Pb dividem o Cráton Amazônico em oito províncias geotectônicas com idades que variam entre 3,1 a 0,99 Ga (Figura 3.1B). Neste contexto as Províncias Carajás-Imataca, Transamazônica, Tapajós-Parima, Rondônia e Juruena teriam sido geradas em ambientes de arcos acrecionários e as províncias Amazônia Central, Rio Negro e Sunsás, em ambientes de colisão continental.

Figura 3.1 - Propostas de subdivisão tectono-geocronológica do Cráton Amazônico, segundo Tassinari e Macambira (2004), à esquerda e segundo Santos et al. (2006) à direita.

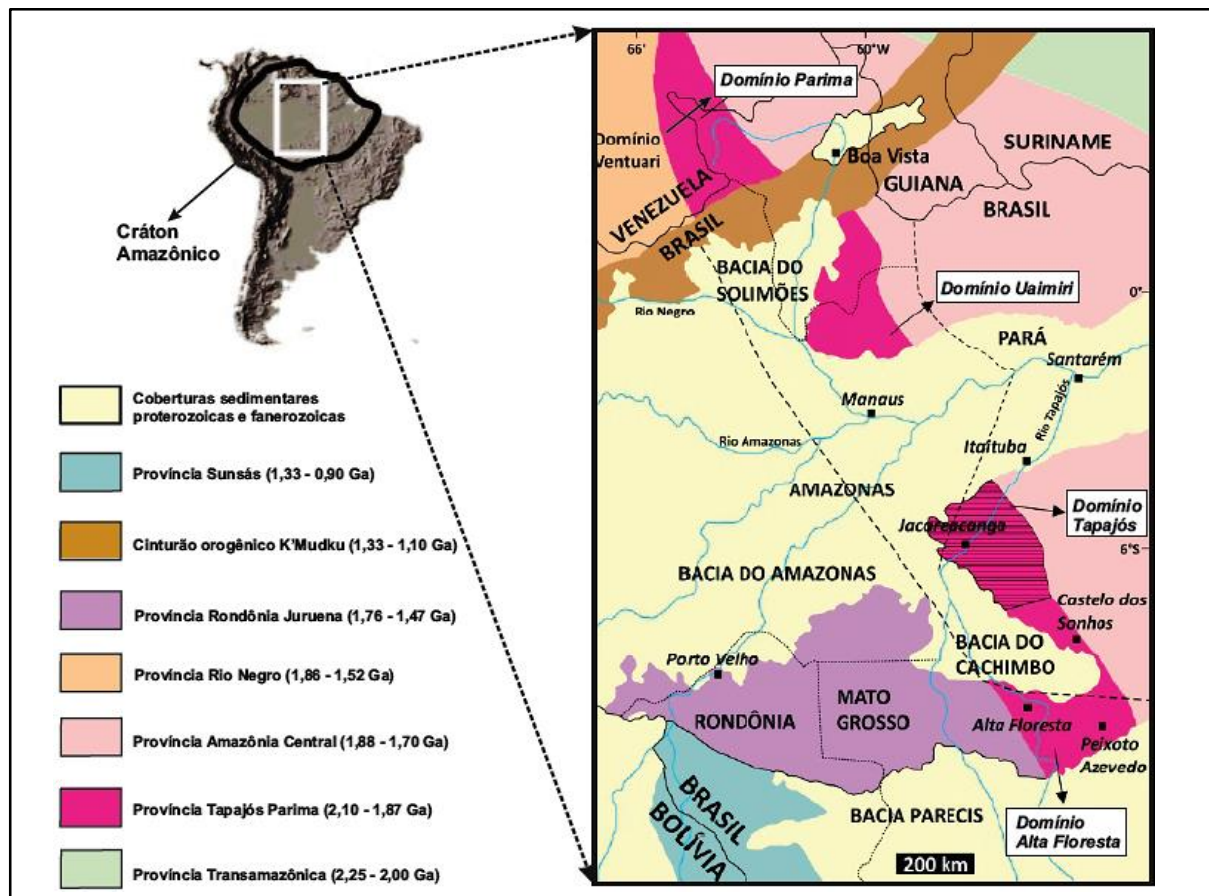


Fonte: A) Modificado de Tassinari e Macambira (2004); B) Modificado de Santos et al. (2006).

3.1.2 Província Tapajós-Parima

Esta província, a de maior interesse nesse estudo, localiza-se na porção centro-sul do Cráton Amazônico, estendendo-se da porção noroeste do Estado de Roraima até o sudeste do Estado do Mato Grosso, e é limitada geotectonicamente a leste pela Província Amazônia Central, a sudoeste pela Província Rondônia-Juruena e a noroeste pela Província Rio Negro (Figura 3.2). Quatro domínios foram definidos para essa província: localizados ao norte da bacia do Amazonas, os domínios Parima e Uaimiri, e localizados ao sul da bacia, os domínios Tapajós e Alta Floresta (SANTOS et al., 2001; 2004). Os dois primeiros cortados pelo cinturão orogênico K'Mudku e o Domínio Uaimiri separado do Domínio Tapajós pela Bacia do Amazonas. Esses domínios apresentam evolução geológica entre 2,03-1,87 Ga, *trend* estrutural NNW-SSE, rochas de arcos magmáticos de afinidade cálcico-alcalina, além de algumas rochas metassedimentares e metabasálticas e comparável metalogenia aurífera.

Figura 3.2 - Mapa de parte do Cráton Amazônico destacando os quatro domínios da Província Tapajós-Parima. A região hachurada corresponde ao Domínio Tapajós.



Fonte: Modificado de Santos et al. (2004).

3.1.3 Domínio Tapajós

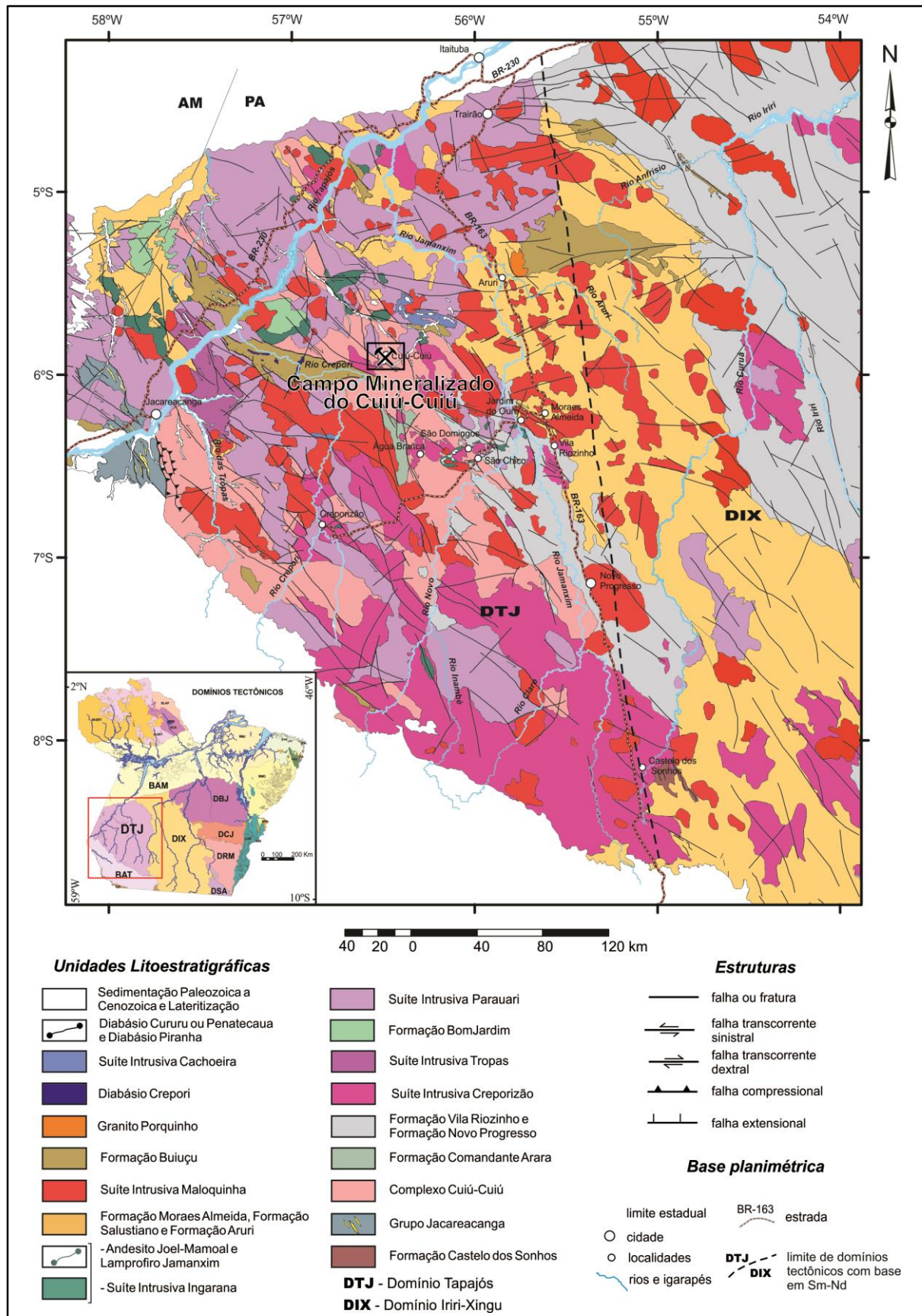
O Domínio Tapajós é o segmento central da Província Tapajós-Parima e se limita a leste com o Domínio Iriri-Xingu, ao norte pela Bacia do Amazonas, e ao sul e oeste pela Bacia do Cachimbo (VASQUEZ et al., 2008). Situa-se no sudoeste do estado do Pará, com área em torno de 168.000 km², e abrange os municípios de Itaituba, Jacareacanga, Brasil Novo e Novo Progresso, e uma pequena parte do sudeste do estado do Amazonas.

A evolução geológica para esse domínio apresenta, de maneira mais corrente, dois modelos distintos: o primeiro sugere processos acrescionários de arcos magmáticos entre 2.050 e 1.877 Ma (SANTOS et al., 2000), e o segundo, aventa um único arco magmático orosiriano (> 2,0 Ga) e a geração de sequenciais pulsos magmáticos pós-colisionais que se estenderam ao estágio pós-orogênico, há cerca de 1,88 Ga (VASQUEZ et al., 2002; 2008). Klein et al. (2012) reconheceram em termos a proposta de Vasquez et al. (op. cit.), mas advogam que o magmatismo colocado como pós-colisional desses autores estaria mais ligado à evolução de uma grande província ígnea silicosa (*Silicic Large Igneous Province* - SLIP).

O Domínio Tapajós estrutura-se em zonas de cisalhamento transcorrentes com direção NW-SE, que possivelmente, controlaram o posicionamento da maioria das intrusões e dos depósitos vulcânicos, tardi- a pós-orogênicos. Não obstante, o proposto por Juliani et al. (2013), estruturas regionais (percebidas pela magnetometria e gravimetria) orientadas segundo a direção E-W e mais profundas, contínuas desde o leste do Cráton Amazônico (região de Carajás) até a região da PAT, são mais importantes que o arranjo principal NW-SE das megaestruturas mencionadas anteriormente. Segundo a proposta esses autores (ainda em construção), a acreção teria ocorrido por arcos continentais (Arcos Tapajônicos), com subducção de sul para norte.

A figura 3.3 disponibiliza um mapa geológico do Domínio Tapajós. A litoestratigrafia da PAT está apresentada na tabela 1 e segue-se uma síntese da geologia desta província.

Figura 3.3 - Mapa geológico do Domínio Tapajós com indicação da localização do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, área de estudo. A representação da área de estudo está fora de escala.



Fonte: Vasquez et al. (2014)

3.1.3.1 Unidades Litoestratigráficas do Domínio Tapajós

Tabela 1 - Unidades litoestratigráficas do Domínio Tapajós, com intervalos de idade para sua formação.

ASSOCIAÇÃO	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	IDADE DE FORMAÇÃO FONTE DENTRÍTICA	MÉTODO
Magmatismo Máfico Intracontinental	Suíte Intrusiva Cachoeira Seca	1.186±12	U-Pb S Bd
Coberturas Sedimentares	Formação Buiçu	-	-
	Formação Novo Progresso	1.857	U-Pb Zrnd
Magmatismo Intracontinental	Diabásio Crepori	1.780±7	U-Pb S Bdy
	Granito Porquinho	1.786±14	U-Pb S Zrn
	Granito Caroçal	1.870±4	U-Pb S Zrn
	Granito Pepita	1.872±4	U-Pb S Zrn
	Suíte Intrusiva Maloquinha	1.871±8 a 1.882±4	U-Pb S Zrn
	Anortosito Jutai	1.878±8	U-Pb S Ttn
Magmatismo Pós-Orogênico (Orogênese Cuiú-Cuiú)	Olivina Gabro Rio Novo	1.878±3	Pb-Pb Zrn
	Suíte Intrusiva Ingarana	1.881±11	U-Pb S Bdy
		1.880±7	U-Pb S Zrn
		1.887±3	Pb-Pb Zrn
	Suíte Intrusiva Parauari	1.883±4	U-Pb S Zrn
		1.883±8, 1.883±2	Pb-Pb Zrn
		1.879±11	U-Pb T Zrn
	Formação Bom Jardim	1.881±4	Pb-Pb Zrn
	Grupo Iriri	1.870±8	U-Pb S Zrn
		1.888±6 a 1.893±3	Pb-Pb Zrn
		1.897±2, 1.893±3	U-Pb T Zrn, Ttn
	Suíte Intrusiva Tropas	1.892±6 a 1.907±9	U-Pb S Zrn
		1.898±5	U-Pb S Zrn
Magmatismo Orogênico (Orogênese Cuiú-Cuiú)	Suíte Intrusiva Creporizão	1.997±3, 1.984±1	Pb-Pb Zrn
		1.974±6, 1.970±12, 1.957±6	U-Pb S Zrn
	Formação Vila Riozinho	2.000±4, 1.998±3	Pb-Pb Zrn
	Formação Comandante Arara	2.012 ±2 a 2.020 ± 2	Pb-Pb Zrn
	Complexo Cuiú-Cuiú	2.011±23	U-Pb T Zrn
		2.005±7 a 2.033±7	U-Pb S Zrn
Sequência Metavulcanossedimentar	Grupo Jacareacanga	2.098 a 2.875	U-Pb T Zrnd

Abreviaturas: S = SHRIMP; T = ID-TIMS; Bdy = baddeleyita; Ttn = titanita; Zrn = zircão; Zrnd = zircão detrítico.

Fonte: Vasquez et al. (2008), com inclusão de dados recentes de Vasquez et al. (2013) e Klein et al. (2014).

As unidades litoestratigráficas do domínio Tapajós estão relacionadas a diferentes estágios da evolução do Arco Magmático Cuiú-Cuiú, desde o evento colisional, passando às manifestações magmáticas pós-orogênicas, até a fase extensional.

As rochas consideradas mais antigas do Domínio Tapajós são compreendidas pelo Grupo Jacareacanga e Complexo Cuiú-Cuiú.

O Grupo Jacareacanga abrange uma associação metavulcanossedimentar com idades entre 2.190 e 1.971 Ma obtidas por zircão detrítico (ALMEIDA et al., 2001). De modo geral, este grupo é constituído por rochas metassedimentares pelíticas e psamíticas, e subordinadamente rochas metavulcânicas máfico-ultramáficas (Unidade Xisto), além de quartzitos, formações ferríferas bandadas e metassilexitos (Unidade Quartzito) (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008). As sucessões siliciclásticas e químicas foram interpretadas como depositadas em ambiente turbidítico (SANTOS et al., 2000), enquanto que as rochas metavulcânicas intercaladas apresentam afinidade geoquímica com basaltos toleíticos de fundo oceânico (MELO et al., 1980).

O Complexo Cuiú-Cuiú é constituído por um conjunto de rochas metamórficas de médio a alto grau e rochas plutônicas associadas, consistindo, litologicamente, em gnaisses de composição variada, anfíbolitos e por granitoides, predominantemente granodioríticos a tonalíticos, ocorrendo, subordinadamente, monzogranitos a dioritos (KLEIN et al., 2001b). Localmente, essas rochas exibem feições magmáticas preservadas e feições migmatíticas (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008). Foram obtidas idades U-Pb em zircão entre 2.033 ± 7 e 2.005 ± 7 Ma para os ortognaisses e granitoides dessa unidade (SANTOS et al., 2000, 2001).

O Grupo Jacareacanga e o Complexo Cuiú-Cuiú representariam os estágios iniciais da formação Arco Magmático Cuiú-Cuiú (ALMEIDA et al., 1999; VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008), em que as rochas do Grupo Jacareacanga estariam relacionadas a bacias de retroarco e de fossa oceânica (SANTOS, 2003; SANTOS et al., 2001, 2004), enquanto os ortognaisses e granitoides do Complexo Cuiú-Cuiú à fase colisional propriamente dita, o que é reforçado pelas estruturas compressionais e feições de migmatização encontradas nessas rochas.

Idades (Pb-Pb em zircões) de 2.020 ± 2 Ma e de 2.012 ± 2 Ma de corpos vulcânicos correspondentes Formação Comandante Arara subsidiaram a correlação

dessas rochas ao tempo de formação e de evolução de granitoides e protólitos de gnaisses do Complexo Cuiú-Cuiú (VASQUEZ et al., 2013). É constituída por dois membros: Membro Lora, que inclui derrames de andesitos a riodacitos, e Membro Manual, constituído por depósitos piroclásticos e epiclásticos.

As rochas da Formação Vila Riozinho, por sua vez, apresentam assinatura geoquímica de afinidade cálcico-alkalina de alto K a shoshonítica, típica de arcos magmáticos maduros (LAMARÃO et al., 2002) que, somado ao fato de que elas não apresentam sinais de metamorfismo ou tramas de deformação de caráter dúctil, sugerem que o conjunto de rochas vulcânicas de composição intermediária a félsica que constituem esta unidade estão mais relacionadas a um estágio mais tardio da Orogênese Cuiú-Cuiú, ou, alternativamente, ligadas a refusão de uma crosta siálica a partir de processos de *underplating* por magmas máficos (LAMARÃO et al., 2005). Para essas rochas, Lamarão et al. (2002) obtiveram idades de cristalização por evaporação de Pb em zircão de 2.000 ± 4 e 1.998 ± 3 Ma.

Da forma similar, os corpos granitoides da Suíte Intrusiva Creporizão, intrusivos no Complexo Cuiú-Cuiú e mais evoluídos comparativamente à estes, apresentam assinatura cálcico-alkalina e correspondem provavelmente a granitos de caráter tardio de ambientes colisionais (VASQUEZ; KLEIN; RICCI, 2002). Os granitoides Creporizão são representados por sienogranitos, monzogranitos, hornblenda granodioritos, tonalitos e subordinados quartzo monzodioritos. Apesar desses granitoides mostrarem feições protomiloníticas e grau metamórfico semelhante ao dos gnaisses do Complexo Cuiú-Cuiú, a predominância de feições tipicamente ígneas nesses batólitos permitiu a sua individualização. Essas rochas foram datadas por evaporação de U-Pb e Pb-Pb em zircão e apresentaram idades entre 1.984 ± 1 e 1.957 ± 6 Ma, além de uma idade de 1.997 ± 3 Ma (SANTOS et al., 2001; VASQUEZ et al., 2000a).

O magmatismo pós-orogênico que se seguiu à orogênese Cuiú-Cuiú é representado pela Suíte Intrusiva Tropas, Grupo Iriri, Suíte Intrusiva Parauari e pelas várias rochas de composição máfica.

A Suíte Intrusiva Tropas reúne tonalitos, quartzo dioritos, granodioritos, monzogranitos, andesitos e basaltos (FERREIRA et al., 2004). Essas rochas apresentam assinatura cálcio-alkalina relacionada a ambiente de arco de ilha (SANTOS et al., 2004) e idades U-Pb em zircão e titanita que variam entre 1.907 ± 9 e 1.892 ± 6 Ma (SANTOS et al., 2001, 2004).

O Grupo Iriri tem ampla distribuição no Domínio Tapajós e representa o magmatismo félsico relacionado ao evento Uatumã. Pessoa et al. (1977) dividem o Grupo Iriri em Formação Salustiano (membro basal - vulcânicas intermediárias a félsicas) e Formação Aruri (brechas vulcânicas, tufos félsicos, ignimbritos, conglomerados, arenitos e siltitos vulcânicos). No contexto atual, é crescente a ideia de que o magmatismo Iriri seja resultante do desenvolvimento de uma SLIP (BARRETTO et al., 2013; KLEIN et al., 2012). Esse conjunto vulcânico é intrudido pelo Granito Porquinho e por granitos da Suíte Intrusiva Maloquinha e as relações de intrusão são marcadas por apófises graníticas, *stockwork* e zonas de alteração hidrotermal (ALMEIDA et al., 2000; BAHIA; QUADROS, 2000; LAMARÃO et al., 2002; VASQUEZ et al., 2000b,c). As rochas vulcânicas félsicas do Grupo Iriri apresentam assinatura cálcio-alcálica que grada para alcalina aluminosa (meta e peraluminosa) a localmente peralcalina (BAHIA et al., 2001b). De modo geral, os riolitos apresentam assinatura alcalina aluminosa de ambiente intraplaca (LAMARÃO et al., 2002; FERNANDES, 2005). A datação dos riolitos e ignimbritos, pelo método de evaporação de Pb e U-Pb em zircão, forneceu idades de cristalização entre 1.890 ± 6 e 1.870 ± 8 Ma (DALL'AGNOL; SILVA; SCHELLER, 1999; LAMARÃO et al., 2002; MOURA; GORAYEB; MATSUDA, 1999; SANTOS et al., 2001; VASQUEZ et al., 1999).

A Suíte Intrusiva Parauari é constituída principalmente por granodioritos, monzogranitos e sienogranitos, com ocorrência subordinada de tonalitos e quartzo monzonitos. Brito (2000a) e Vasquez, Klein e Ricci (2002) identificaram filiação cálcio-alcálica de médio a alto K para esses granitoides, os quais, de acordo com esses autores, estariam associados ao estágio tardio da colisão do arco magmático Cuiú-Cuiú e, embora relacionadas a ambiente extensional, teriam preservado a assinatura de arco magmático de sua fonte. Foram obtidas idades de cristalização Pb e U-Pb em zircão de 1.879 ± 11 Ma (SANTOS et al., 2000), 1.883 ± 8 (BRITO; ALMEIDA; MACAMBIRA, 1999), 1.883 ± 2 (VASQUEZ et al., 2000c) e 1.883 ± 4 (SANTOS et al., 2001). Já Santos et al. (2004) atribuem esta assinatura cálcico-alcálica a um arco magmático continental.

O magmatismo da fase pós-colisional também gerou rochas gabroicas intracontinentais de assinatura cálcico-alcálicas de alto K, reunidas em várias unidades à citar: Suíte Intrusiva Ingarana, com idade de 1.887 ± 3 Ma obtida pelo método evaporação de Pb em zircão (VASQUEZ et al., 2000a); Anortosito Jutai, com

idade de 1.878 ± 8 Ma, obtida pelo método U-Pb SHRIMP em titanita (SANTOS et al., 2001); Olivina Gabro Rio Novo (datações inconclusivas e relações de campo conflitantes); Quartzo Monzogabro Igarapé Jenipapo, com idade 1.732 ± 82 Ma, obtida por meio de dados isocrônicos Rb-Sr (TASSINARI, 1996 apud VASQUEZ, 2000c), além do Gabro Serra Comprida, Gabro São Domingos e Quartzo Monzogabro Igarapé Jenipapo, para os quais não há dados geocronológicos.

No estágio subsequente, O Domínio Tapajós experimenta intenso magmatismo de caráter extensional intracontinental alcalino (tipo A) representado principalmente pela Suíte Intrusiva Maloquinha, formada por *stocks* e batólitos graníticos de ampla distribuição no domínio (ALMEIDA et al., 1977; LAMARÃO et al., 2002; KLEIN et al., 2001a; MELO et al., 1980; PESSOA et al., 1977; VASQUEZ; KLEIN; RICCI, 2002). As rochas dessa unidade são representadas por sienogranitos e feldspato alcalino granitos, com monzogranitos subordinados e mais raramente quartzo sienitos e quartzo monzonitos (BAHIA; QUADROS, 2000; BRITO, 2000a; VASQUEZ et al., 2000b,c). Apresentam idades de cristalização de 1.882 ± 4 e 1.880 ± 9 Ma, determinadas por evaporação de Pb em zircão (VASQUEZ et al., 1999; LAMARÃO et al., op. cit.).

Além da Suíte Intrusiva Maloquinha, outros corpos graníticos menores como os granitos Caroçal, Pepita e Porquinho, e as rochas do diabásio Crepori também são associados a esse magmatismo tipo A (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008). O Granito Caroçal, intrusivo no Complexo Cuiú-Cuiú e datado em 1.870 ± 4 Ma, pelo método U-Pb SHRIMP em zircão (SANTOS et al., 2004), apresenta assinatura cálcico-alcalina de alto K - divergente daquela obtida para a Suíte Intrusiva Maloquinha - e significativa contribuição de crosta arqueana (ALMEIDA; BRITO; MACAMBIRA, 1999); o Granito Pepita, datado em 1.872 ± 4 Ma, pelo método U-Pb SHRIMP em zircão (SANTOS et al., 2004), apresenta composição peralcalina (BRITO, 2000b), e o Granito Porquinho, datado em 1.786 ± 14 Ma, pelo método U-Pb SHRIMP em zircão (SANTOS et al., 2004), é cerca de 100 Ma mais jovem que os granitos de 1,88-1,86 e apresenta assinatura subalcalina (cálcico-alcalina?) (BAHIA; QUADROS; RIZZOTTO, 1998; PRAZERES et al., 1979). Quanto ao diabásio Crepori, sua afinidade alcalina foi determinada por Monteiro (2000), no entanto, a presença de quartzo (normativo e modal) indica que os diabásios, olivina diabásios e microgabros dessa unidade também apresentam afinidade quartzo toleítica, típica de basaltos continentais

(VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008). Santos et al. (2002) obtiveram idade de cristalização de 1.780 ± 7 Ma (método U-Pb SHRIMP em baddeleyita) para o diabásio Crepori.

A implantação de *riftes* continentais resultou na deposição das coberturas sedimentares da Formação Buiúçu, de natureza siliciclástica (arcósios, arcósios líticos e arenitos ortoquartzíticos truncados por soleiras e diques do Diabásio Crepori) e vulcanoclástica (tufos félsicos, arenitos e conglomerados com seixos de rochas vulcânicas seccionados pelo Granito Porquinho), que recobrem parcialmente as rochas do Grupo Jacareacanga, do Complexo Cuiú-Cuiú e da Suíte Intrusiva Creporizão (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008).

Após um hiato de cerca de 600 Ma, o manto sob o Domínio Tapajós foi reativado, resultando na formação dos olivina gabros, olivina gabronoritos, olivina diabásios e troctolitos correspondentes a Suíte Intrusiva Cachoeira Seca. A natureza geoquímica dessas rochas máficas não é bem definida, essas rochas foram classificadas como basaltos de afinidade alcalina, em parte subsaturados em sílica (PESSOA et al., 1977), e também como olivina toleítos saturados em sílica (QUADROS; BAHIA; ALMEIDA, 1998). Santos et al. (2002) interpretaram essas rochas como produto de magmatismo alcalino esteniano relacionado a *riftes* intracratônicos associados à orogênese colisional Sunsás.

Os depósitos Cenozoicos, que compreendem coberturas lateríticas, terraços fluviais e sedimentos aluvionares de idade Pleistocênica a Holocênica, com destaque para os aluviões que sustentaram durante décadas a atividade garimpeira e a produção de ouro na PAT, completam o quadro estratigráfico do Domínio Tapajós.

3.2 METALOGENIA DO DOMÍNIO TAPAJÓS

Os dados geológicos até agora obtidos sobre a PAT e seus depósitos auríferos primários mais estudados permitiram a elaboração de uma classificação preliminar para esses depósitos em quatro classes:

1 – Depósitos orogênicos: veios de quartzo auríferos em zonas de cisalhamento que ocorrem principalmente na parte W e SW da PAT (SANTOS et al., 2001). São depósitos mesozonais que se encontram hospedados tanto em sequências

metavulcanossedimentares do Grupo Jacareacanga (ex. Buiúçu, Tapajós, Maués), como em granitoides cálcio-alcálinos oxidados de arco magmático do Complexo Cuiú-Cuiú e Suíte Tropas (ex. Patinhas, Goiano, Ouro Roxo, Cantagalo e Pepeu);

2 – Depósitos relacionados a intrusões graníticas (*Intrusion-related gold deposits*): depósitos filonianos (ex. Limão, Mamoal) e disseminados/*stockwork* (ex. Jutaí, Carneirinho e Abacaxis), epizonais, relacionados espacial e geneticamente com granitoides cálcico-alcálinos de arco magmático das Suítes Creporizão e Parauari e granitos alcálinos da Suíte Maloquinha, ocorrendo principalmente na parte N, E, SE e central da PAT (SANTOS et al., 2001). Nessa classe também podem ser mencionados os depósitos Tocantzinho (SANTIAGO et al., 2013; VILLAS et al., 2013) e São Jorge (BORGES et al., 2009) este último relacionado à Suíte Intrusiva Tropas. Araújo (2014) e Assunção e Klein (2014) atribuem um modelo magmático-hidrotermal, provavelmente relacionado a intrusão, para depósitos no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.

3 – Depósitos epitermais: Vários autores (DREHER et al., 1998; CORREA-SILVA, 2002; JACOBI, 1999; JULIANI et al., 2004, 2005; NUNES, 2001; TOKASHIKI et al., 2013) caracterizaram depósitos filonianos e disseminados de alta e baixa sulfetação que ocorrem mais restritamente na parte central da PAT, hospedados em rochas vulcânicas, vulcanoclásticas, brechas hidrotermalizadas e piroclásticas félsicas pós-caldeira, além de granófiros e diques porfiríticos tardi-tectônicos, majoritariamente do Grupo Iriri (ex. Joel, David, V3). O minério ocorre em estruturas anelares e fraturas radiais de caldeira, associado com crostas silicosas (*silica cap*) e cavidades preenchidas por sílica (*vuggy-silica*), hematita, pirofilita e alunita, alteração argílica e propilítica (depósitos de alta sulfetação), ou alteração potássica (adulária) e sericitização (depósitos de baixa sulfetação), e, mais raramente, com carbonato rico em Mn associado (depósitos de sulfetação baixa a intermediária - Coringa).

4 – Depósitos porfiríticos: classe ainda bastante discutida na PAT. Segundo Juliani et al. (2002), o granito Batalha (tipo Parauari) apresenta várias fases de alteração hidrotermal, estando os maiores teores de ouro ligados a alteração sericitica, e concluem que os granitos tipo Parauari, principalmente em suas fácies mais tardias, apresentam potencial para mineralizações tipo Cu-Au pórfiro. Os depósitos V5, de Au-Cu-Mo (JACOBI, 1999), e Palito, de Au-Cu (ECHEVERRI-MISAS et al., 2010), também seriam representantes dessa classe. Contudo, Santos et al.

(2013), Aquino (2013) apud Santos (op cit.), Lima (2010) apud Santos (op cit.), sugerem o modelo orogênico com provável contribuição magmática, ou uma gênese relacionada à intrusão, ou mesmo um modelo híbrido entre os mesmos para a gênese do depósito aurífero Palito.

Dados de isótopos de Pb em galena e pirita sugerem duas fases mineralizantes em torno de 1,96 Ga e 1,88 Ga (COUTINHO et al., 2000; SILVA JUNIOR; KLEIN; GALARZA, 2013). Santos et al. (2001) advogam um único estágio de mineralização, ocorrida há 1,86 Ga (Pb-Pb em galena e Ar-Ar em muscovita). Klein et al. (2002), baseados em aspectos estruturais dos depósitos da porção sul da PAT, propõem a ocorrência de dois estágios distintos. O primeiro, com idade 1,97-1,95 Ga, estaria relacionado ao regime transcorrente NW-SE que afetou a Suíte Intrusiva Creporizão e se encaixaria no modelo de depósitos orogênicos; e o outro, provavelmente mais jovem, estaria relacionado aos eventos rúpteis de reativação de estruturas e teria propiciado a geração de depósitos relacionado a intrusões. Esta última proposta é consistente com os dados isotópicos de Santos et al. (2001) e Coutinho et al. (2000).

3.3 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

3.3.1 Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú

Na região do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, onde está localizado o Alvo Jerimum de Baixo (Figura 3.4), afloram rochas do Complexo Cuiú-Cuiú, das suítes intrusivas Creporizão e Parauari, bem como da Formação Buiucu.

O Complexo Cuiú-Cuiú, a unidade mais antiga, é composto por metagranitoides (quartzo diorito a monzogranito) e gnaisses com estruturas de foliação e bandamento orientadas segundo N10°-20°E/60°-80°SE (BAHIA; QUADROS, 2000; KLEIN et al., 2001b) e com idades de 2.033 ± 4 Ma e 2.011 ± 33 Ma (U-Pb em zircão, SANTOS et al., 2000, 2004). As rochas apresentam granulação variando de média a grossa, texturas porfírica a equigranular e evidências de processos metamórficos compatíveis com a fácies anfibolito de grau médio a alto. O Complexo Cuiú-Cuiú foi intrudido por granitoides cálcico-alcalinos de médio a alto K das suítes intrusivas Creporizão e Parauari. A primeira compreende granodiorito, tonalito e monzogranito de granulação média a grossa com características primárias bem preservadas e com

ausência de trama tectônica. A Suíte Intrusiva Parauari consiste em granitoides com granulação média a grossa, raramente porfirítica e localmente deformadas por discretas zonas de cisalhamento (BAHIA; QUADROS, 2000). Vasquez et al. (2000c) e Bahia e Quadros (op. cit.), distinguiram duas fácies petrográficas: na primeira fácies predominam granodioritos portadores de biotita e hornblenda, com monzogranitos, tonalitos e quartzo monzonitos mais subordinadamente. Na segunda fácies predominam monzogranitos e sienogranitos à biotita e hornblenda. A Suíte Intrusiva Parauari apresenta idades de cristalização (Pb-Pb e U-Pb em zircão) entre 1.891 ± 3 e 1.879 ± 11 Ma (BRITO; ALMEIDA; MACAMBIRA, 1999; SANTOS et al., 2000, 2001, 2004; SILVA JÚNIOR et al., 2012; VASQUEZ et al., 2000c).

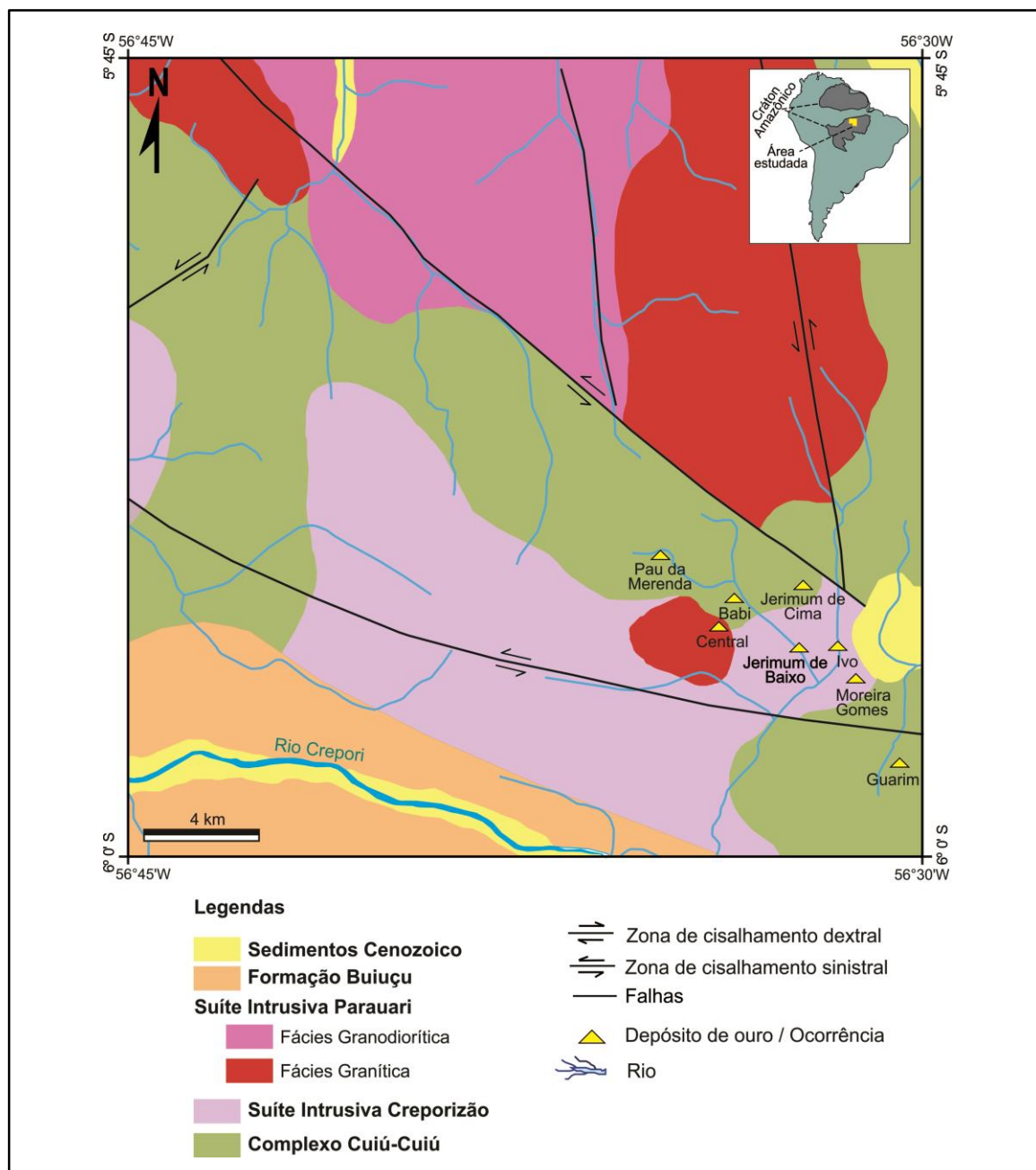
A porção sul/sudoeste do campo é composta por rochas da Formação Buiucu, que compreende arcóseos, arcóseos líticos e arenitos ortoquartzíticos, com subordinados conglomerados polimíticos, siltitos e argilitos (BAHIA et al., 2001a). Além da sucessão siliciclástica, Bahia e Quadros (2000) individualizaram uma sucessão de caráter vulcanoclástica, composta por tufo félsicos, arenitos e conglomerados com seixos de rochas vulcânicas.

O principal controle dos depósitos e ocorrências auríferas é estrutural. O conjunto de jazimentos está disposto entre duas grandes falhas de orientação predominante WNW-ESE (com inflexões até E-W) e movimentação sinistral. O campo mineralizado em si, ocorre em uma anomalia estrutural distinta, interpretada como uma zona dilatacional, hospedada dentro de uma zona de cisalhamento NW-SE de grande escala (*trend* Tocantinzinho - McMAHON, 2011). Ao longo desse *trend* estão localizados muitos dos depósitos de ouro mais importantes e garimpos na parte centro-norte da PAT (p. ex., São Jorge, Palito, Tocantinzinho, Mamoal, Bom Jardim e Cuiú-Cuiú).

Em termos litoestratigráficos, em mapas anteriores (BAHIA; QUADROS, 2000; KLEIN et al., 2001a; VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008), todos os jazimentos primários estavam associados restritamente as rochas do Complexo Cuiú-Cuiú. Contudo, trabalhos mais recentes de mapeamento geológico (CHAVES; MOURA, no prelo) e de geocronologia (SILVA JÚNIOR et al., 2012), mostram que os depósitos e ocorrências auríferas estão hospedados, também, em rochas em granitoides das suítes intrusivas Creporizão e Parauari (Vide figura 3.4).

Estudos isotópicos forneceram idades modelos em sulfetos muito próximos de 1,86 Ga para a mineralização de alguns alvos e depósitos (ARAÚJO, 2014; SILVA JUNIOR et al., 2012; SILVA JUNIOR; KLEIN; GALARZA, 2013), sugerindo o evento magmático relacionado a formação das rochas atribuídas à Suíte Intrusiva Parauari como o relacionado com a mineralização aurífera observada no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.

Figura 3.4 – Mapa geológico da região de Cuiú-Cuiú com a localização do Alvo Jerimum de Baixo, entre outros.



Fonte: Chaves e Moura (no prelo).

3.4 ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL

Alteração hidrotermal é um processo complexo que envolve transformações químicas, mineralógicas e texturais resultantes da interação de fluidos quentes (50-500 °C) com as rochas por onde circulam, sob determinadas condições físico-químicas (PIRAJNO, 2009). Soluções aquosas, fases voláteis e fluidos supercríticos constituem os fluidos hidrotermais, os quais, quando em desequilíbrio com as rochas, as transformam em resposta a gradientes termais, de pressão e químicos, notadamente de H^+ e OH^- e de componentes voláteis (por exemplo B, CO_2 , H_2S e F). Em essência, fluidos hidrotermais interagem quimicamente com os constituintes minerais das rochas, que tendem a se reequilibrar formando associações minerais estáveis sob as novas condições de P, T, X. O processo é essencialmente metassomático, ou seja, há troca de componentes químicos entre fluidos e as rochas. Os principais fatores controladores dos processos de alteração são: (1) natureza das rochas; (2) composição dos fluidos; (3) pressão e temperatura; e 4) razão fluido/rocha.

3.4.1 Principais tipos de alteração hidrotermal

3.4.1.1 Metassomatismo Alcalino

Nos estágios finais da consolidação de uma massa ígnea se formam fluidos alcalinos altamente salinos, com temperaturas em torno de 800 a 600 °C, que provocam uma ampla alteração potássica ou sódica. Esses fluidos promovem reações de trocas químicas e crescimento *subsólido* de novas fases minerais, que incluem troca de bases nos feldspatos (especialmente Na^+ por K^+ e K^+ por Na^+), mudanças na estrutura cristalina, albitização, microclinização e crescimento de micas tri-octaédricas (PIRAJNO, 1992).

O metassomatismo alcalino se caracteriza pela substituição de feldspatos ígneos por feldspato potássicos (microclinização) ou por albita (albitização) e de quartzo, resultando em núcleos de plagioclásio com bordas de feldspato potássico, e vice-versa, vênulas de feldspato potássico em plagioclásio e, também, por texturas de dissolução. Mais comumente, a albitização pode se manifestar como cristalização de pequenos cristais de albita num arranjo como tabuleiro de xadrez substituindo feldspatos (albita *chessboard*) e em vênulas.

Na alteração potássica dos silicatos há uma substituição do plagioclásio e dos minerais máficos em temperaturas entre 600 e 450 °C. As associações minerais típicas dessas alterações são feldspato potássico-biotita-quartzo (intersticial), feldspato potássico-clorita e feldspato potássico-biotita-magnetita, podendo estar presentes em diversas proporções albita, sericita, anidrita, apatita e, ocasionalmente, rutilo (PIRAJNO, 2009). Sulfetos como calcopirita, pirita e molibdenita podem também compor a paragênese mineral deste tipo de alteração hidrotermal.

3.4.1.2 Alteração propilítica

A alteração propilítica caracteriza-se pela adição de H₂O, CO₂ e, localmente, S no sistema, em ocasiões de baixo metassomatismo H⁺. É gerada por soluções quase neutras sob um intervalo de temperatura entre baixa e intermediária (entre 200 e 350 °C - ROBB, 2006), ocorrendo nas porções mais distais da fonte de calor (intrusão do magma) e mais profundas, onde a razão fluido/rocha são baixas. Sua mineralogia típica é dada por assembleias com epídoto, clorita e albita, além de carbonatos feldspato potássico, pirita e sericita subordinados. Eventualmente apresenta também quartzo, óxidos de ferro, montmorillonita, zeólitas e finos cristais de actinolita (PIRAJNO, 2009).

3.4.1.3 Alteração sericítica

A alteração sericítica é a mais comum das alterações hidrotermais, estando presente na maioria dos depósitos hidrotermais, desde sulfetos maciços vulcanogênicos arqueanos até sistemas epitermais recentes. A liberação de H⁺ pelo metassomatismo alcalino causa uma redução da razão álcalis/H⁺, induzindo ao desequilíbrio dos feldspatos em presença de H⁺, OH⁻, K e S. As fases minerais residuais das reações químicas são essencialmente quartzo, micas brancas (muscovita, fengita, paragonita, fuchcita e roscoelita) e sulfetos (PIRAJNO, op. cit.). Segundo Reed (1997), a alteração sericítica, além do quartzo, sericita e pirita, também pode apresentar clorita em depósitos tipo pórfiro cuprífero, assim como veios associados com metais base e em depósitos VMS (*volcanic-hosted massive sulfide*)

relacionados a intrusões de magmas félsicos. Neste tipo de alteração, geralmente há mistura de fluidos magmáticos com fluidos meteóricos.

3.4.1.4 Alteração argílica

A alteração argílica, também chamada de alteração argílica intermediária, comumente é o estágio tardio nos sistemas hidrotermais. Esse tipo de alteração é formado pela decomposição dos feldspatos em argilominerais, como caulinita, illita, montmorillonita, dickita, haloisita e allofana, devido à intensa lixiviação ácida em baixas temperaturas (100-300 °C) e com baixa atividade de íons alcalinos, especialmente de K^+ (PIRAJNO, 2009).

3.4.1.5 Alteração argílica avançada

Segundo Pirajno (2009), esse tipo de alteração é caracterizado pela cristalização da paragénese quartzo, alunita e pirofillita, produtos da lixiviação ácida causada por fluido magmático oxidado e com S em alto estado de oxidação, com pouca mistura de fluidos meteóricos. Zonas de alteração argílica avançada encontram-se tipicamente em sistemas epitermais com alta concentração de S, mas também em sistemas porfíricos e na parte mais interna de veios mineralizados em metais base.

3.4.1.6 Silicificação

Durante os processos hidrotermais, a sílica pode ser introduzida a partir dos fluidos que circulam ou pode ser deixada para trás sob a forma de sílica residual após a lixiviação de bases. Esse tipo de alteração representa o maior grau de hidrólise possível num sistema hidrotermal e ocorre frequentemente no núcleo de domos vulcânicos, nas brechas e nos tufos, mas pode ocorrer em rochas plutônicas rasas, onde forma típicas estruturas de *stockworks* que, comumente, constituem as principais zonas de minério nos sistemas porfíricos. As rochas silicificadas têm, muitas vezes, toda sua assembleia mineral e texturas obliteradas por quartzo microcristalino, podendo, também, conter hematita $\pm$ pirofillita $\pm$ alunita $\pm$ sulfetos e

reliquias de feldspatos, tanto em sistemas epitermais *high-sulfidation* como no topo de mineralizações do tipo pófiro, onde é rica em sulfetos e comumente associa-se com as alterações sericítica ou potássica. A solubilidade da sílica aumenta com a temperatura e pressão (PIRAJNO, 2009).

3.4.1.7 Carbonatação

Segundo Robb (2006), a carbonatação refere-se ao estágio de formação de minerais de carbonato (calcita, dolomita, magnesita, siderita, etc.) durante a alteração de uma rocha e é promovida por fluidos caracterizados por elevadas pressões parciais de dióxido de carbono (P_{CO_2}) e pH neutro a alcalino. Ela se forma quando a reação ocorre entre um fluido rico em CO_2 de baixa salinidade e sua rocha hospedeira. O carbonato que se forma é uma função da composição da rocha hospedeira e pode ser dolomita em associação com rochas máficas, siderita em uma formação ferrífera bandada, ou calcita num hospedeiro granítico. Magnésio, cálcio, ferro e manganês são os principais metais que se juntam às espécies de carbonato para formar a assembleia de alteração (MEYER; HEMLEY, 1967).

3.4.1.8 Cloritização

Esta alteração caracteriza-se, em geral, pela adição de grandes quantidades de magnésio e/ou ferro na zona de alteração, levando à produção de clorita. Este filossilicato pode estar presente isoladamente ou com o quartzo ou sericita, turmalina em uma simples associação. Usualmente, integra a associação propilítica, junto com albita, epidoto e carbonatos. Paragonita, cloritoide, talco, septeclorita e anfibólios podem também estar associados à cloritização (MEYER; HEMLEY, op. cit.).

3.4.2 Estilos e intensidades da alteração hidrotermal

Neste trabalho adotamos a terminologia mais usada na literatura atual relacionada com o estado de preservação da rocha, com estilos denominados fissural, pervasivo e seletivamente pervasivo (PIRAJNO, 1992).

O estilo fissural refere-se a substituições ou preenchimento de fraturas por minerais hidrotermais formando veios, além de substituições em até alguns centímetros ao redor delas. Em rochas com pouca permeabilidade e porosidade, como granitos, o controle de estilo de alteração é, quase sempre, inicialmente fissural e controlado por zonas de faturamento e microfraturamento. Por convenção, quando este estilo de alteração é muito evidente e expressivo, é classificado como pervasivo ou seletivamente pervasivo. Portanto, o termo fissural é usado estritamente para as porções onde é possível a identificação de veios e fraturas preenchidas por minerais hidrotermais. O estilo pervasivo caracteriza-se pela substituição total ou da maior parte dos minerais da rocha original, resultando na obliteração parcial ou total das texturas originais. O estilo seletivamente pervasivo é caracterizado pela substituição de determinados minerais da rocha, como, por exemplo, a substituição de megacristais, podendo resultar em texturas pseudomórficas.

A intensidade da alteração hidrotermal que afeta uma rocha pode ser definida como fraca, moderada e forte e está relacionada com o estado de substituição das fases minerais da rocha e do estado de destruição das texturas.

4 RESULTADOS

4.1 PETROGRAFIA

No Alvo Jerimum de Baixo foram executados oito furos de sondagem rotativa diamantanda, dos quais dois foram cedidos pela mineradora para o presente trabalho os furos CC_92_10 e CC_94_10. Ambos os furos foram executados com atitude de 50/040, com o primeiro atingindo uma profundidade de 196,59 m e o segundo perfurando 225,45 m (McMAHON, 2011).

As análises petrográficas em escala macro e microscópica permitiram a caracterização das rochas granitoides (hidrotermalizadas ou não), das associações minerais que caracterizam os diferentes estágios de alteração hidrotermal e a morfologia das diferentes gerações de quartzo formadas durante os eventos mineralizantes. Os estudos petrográficos permitiram separar granitoides hospedeiros daqueles pouco a intensamente alterados.

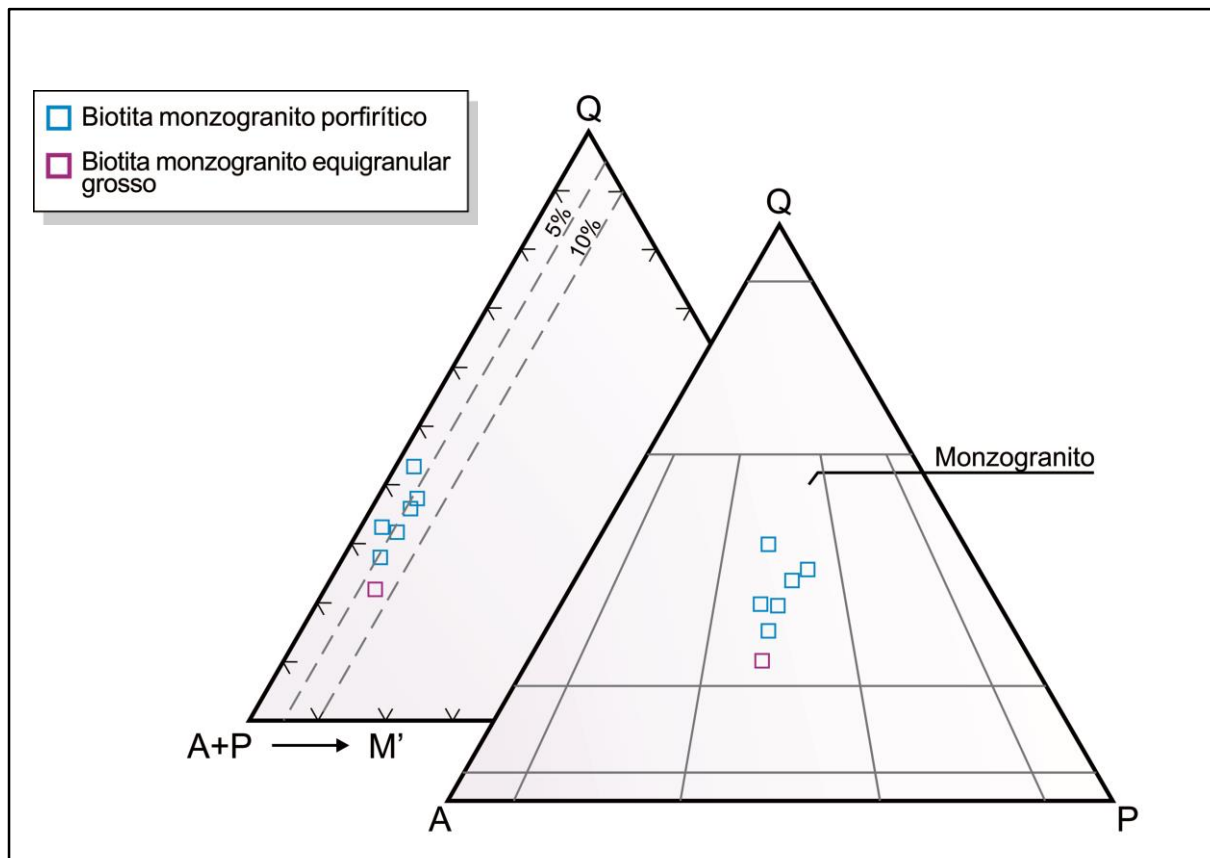
As composições modais, em porcentagem, das amostras graníticas são fornecidas na tabela 1. Nela constam as amostras de granito mais preservado, não estando incluídas as amostras mais intensamente alteradas, devido às proporções das fases minerais presentes em tais rochas terem sido significativamente modificadas e não representarem a composição modal original do granito. No diagrama Q-A-P (STRECKEISEN, 1976) (Fig. 4.1), apesar das diferenças texturais, todas as amostras se situam no campo do monzogranito.

Na confecção do digrama Q-(A+P)-M'(Fig. 4.1), M' foi considerado como sendo o somatório de minerais máficos (biotita, zircão e allanita) excetuando-se, todavia, os minerais de origem secundária. O diagrama revela que tais granitos são rochas hololeucocráticas com conteúdo modal de máficos variando entre 2,20 e 6,96%.

Desta forma, tem-se que as rochas amostradas, quando sãs, apresentam características composicionais essencialmente similares, porém texturalmente distintas, sendo diferenciados: um biotita monzogranito equigranular grosso (BMgEG) e um biotita monzogranito porfirítico (BMgP). O furo CC_92_10 registra, ainda, rocha de composição andesítica, em que a relação de truncamento com termo porfirítico,

sugere fortemente tratar-se de um dique. Contudo, sua amostragem restrita impossibilitou maiores considerações.

Figura 4.1 - Diagramas Q-A-P e Q-(A+P)-M', segundo Streckeisen (1976), para as amostras do biotita monzogranito porfirítico e biotita monzogranito equigranular grosso, amostrados no Alvo Jerimum de Baixo.



Fonte: Streckeisen (1976).

Tabela 2 - Composições modais de amostras das rochas graníticas amostradas no alvo Jerimum de Baixo. BMgEG – Biotita monzogranito equigranular grosso; BMgP – Biotita monzogranito porfirítico. Valores expressos em porcentagem.

Variedade	BMgEG	BMgP					
Amostra							
Minerais	R-35	R-19	R-36	R-37	R-39	R-42	R-43
Feldspato potássico	36,12	32,80	27,00	31,25	25,25	30,35	23,40
Quartzo	21,67	25,98	40,62	29,70	33,17	30,90	36,55
Plagioclásio	31,53	29,60	23,78	26,30	28,55	29,98	30,95
Biotita	6,40	4,85	2,00	5,05	5,03	2,75	5,45
Apatita	0,07	–	–	–	–	–	–
Opaco	0,47	0,15	0,22	–	0,20	0,06	0,10
Zircão	0,07	0,07	0,06	0,07	0,05	0,06	–
Allanita	0,14	–	–	–	–	–	–
Sericita	1,73	4,90	4,44	5,53	4,35	3,80	2,45
Clorita	1,40	0,80	0,78	1,20	1,80	0,65	0,55
Fluorita	0,33	0,15	0,33	0,60	1,25	0,35	0,25
Carbonato	0,00	0,70	0,78	0,30	0,35	1,10	0,30
Epídoto	0,07	–	–	–	–	–	–
Fenocristais	–	54,80	58,17	48,65	46,25	69,08	68,65
Q + A + P	89,32	88,38	91,40	87,25	86,97	91,23	90,90
M'	6,68	4,92	2,06	5,12	5,08	2,81	5,45
A + P	67,65	62,40	50,78	57,55	53,80	60,33	54,35
Q	24,26	29,40	44,44	34,04	38,14	33,87	40,21
A	40,44	37,11	29,54	35,82	29,03	33,27	25,74
P	35,30	33,49	26,02	30,14	32,83	32,86	34,05
Nº de pontos	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Abreviações: – = mineral não registrado na contagem.

Fonte: Do Autor.

4.1.1 Biotita monzogranito equigranular grosso (BMgEG)

O BMgEG é uma rocha com cor rosa esverdeada, fanerítica, holocristalina, não magnética e sem tramas de deformação dúctil aparente (Figura 4.2A). O baixo conteúdo de máficos lhe confere características hololeucocráticas expressas por um baixo índice de cor ($M'=6,68\%$).

Microscopicamente, apresenta um arranjo textural equigranular hipidiomórfico de granulação grossa. Sua composição mineralógica é, essencialmente, feldspato potássico, quartzo e plagioclásio, e biotita representando a fase varietal (Figura 4.2B). A mineralogia acessória é representada por cristais de allanita, apatita e zircão. Os minerais secundários são fluorita, clorita, carbonato, epídoto, sericita, rutilo, quartzo e pirita.

O feldspato potássico ocorre como cristais hipidiomórficos, medindo até 1,0 cm no eixo de maior alongação, exibindo contatos retos com os cristais adjacentes e apresentando aspecto levemente turvo à luz natural. Os cristais, em sua maioria, exibem intercrescimento pertítico em forma de agulhas e em retalho, e notadamente geminação segundo lei Carlsbad. Relações de inclusão são comumente observadas por finas lamelas de biotita e raros cristais de zircão.

O quartzo mostra-se como: cristais alotriomórficos, com tamanho variando de 0,1 a 1,0 cm, exibindo normalmente contatos retilíneos com as fases adjacentes, fraca extinção ondulante, quando presente, configurando um caráter intersticial (Qz1); cristais submilimétricos nas bordas de cristal de plagioclásio, numa textura de intercrescimento mirmequítico, sendo de ocorrência muito restrita (Figura 4.2C) (Qz2); intercrescido em feldspato potássico como cristais morfologicamente finos e alongados (Qz3).

O plagioclásio apresenta variação composicional entre andesina cálcica e oligoclásio cálcico (An_{46-28}) do núcleo para a borda e foi obtida por análises de MEV-EDS (Apêndice A). Ocorre como cristais alotriomórficos a hipidiomórficos, ripiformes e levemente tabulares, com dimensões de até 8,0 mm, exibindo contatos normalmente retos com a maioria dos minerais adjacentes, menos comumente encurvados com alguns cristais de quartzo e com feições de fraturamento pouco recorrentes. Exibem, em geral, geminação segundo lei Albita, e mais subordinadamente, segundo lei Albita-Periclina. Raros cristais mostram zoneamento composicional do tipo normal (Figura

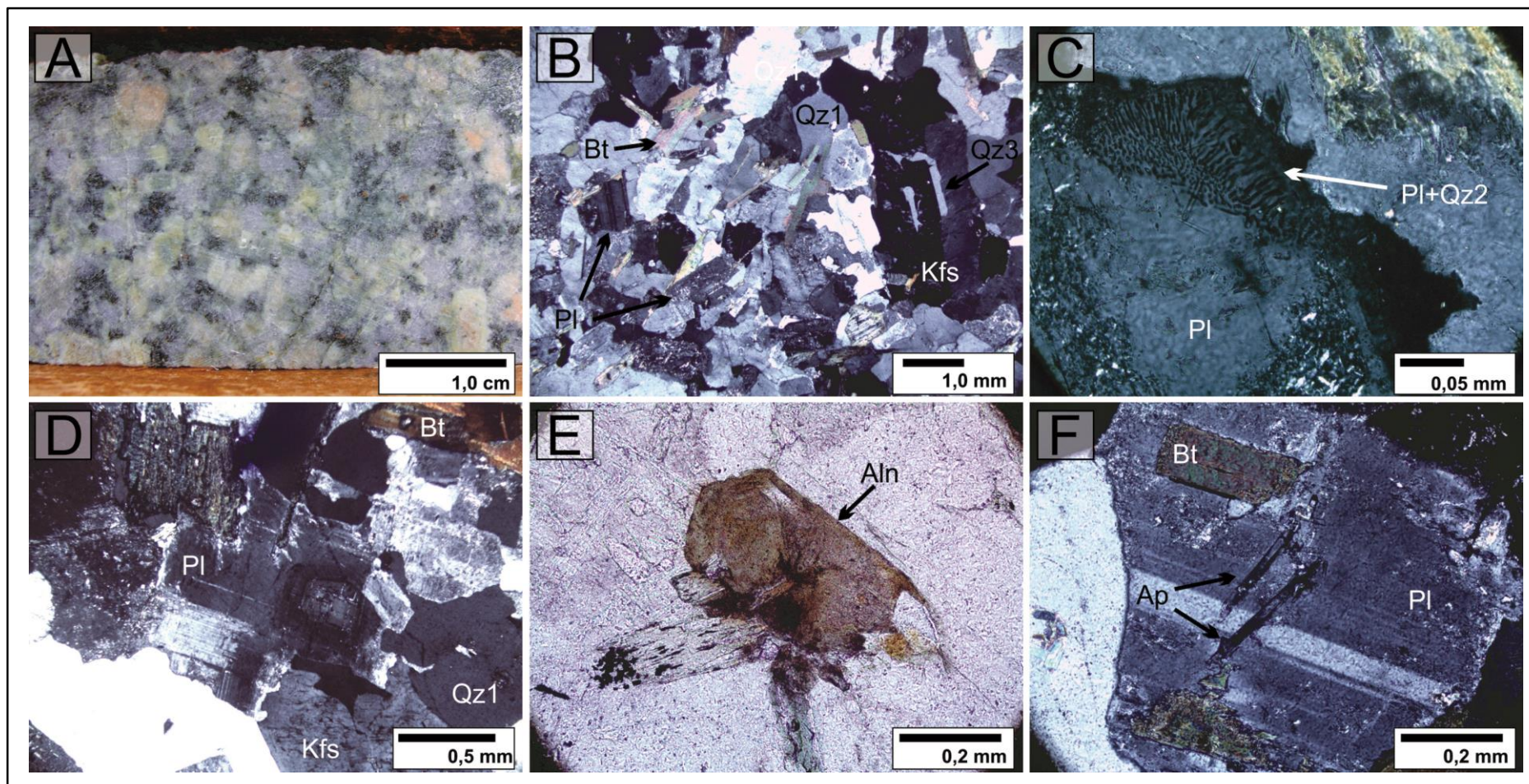
4.2D). A relação de inclusão pela apatita é observada em algumas poucas ocasiões. Processos secundários como a sericitização são bem evidenciados substituindo parcialmente seus cristais seja pela borda ou pelo núcleo, com o segundo modo sendo o mais recorrente. Fluorita também substitui o plagioclásio.

A biotita se apresenta em lamelas hipidiomórficas, com dimensões variando entre 0,1 e 1,0 mm, isoladas ou em pequenos agregados sem orientação preferencial e exibindo pleocroísmo que varia do vermelho amarronzado (Y=Z) ao creme pálido (X). Várias de suas representantes encontram-se com intensidades diferenciadas de substituição por clorita, rutilo e epídoto, normalmente dispostos ao longo dos planos de clivagem. Inclusões de zircão são comuns, onde geram halos pleocroicos.

A allanita ocorre como cristais de dimensões que variam de 0,1 a 0,6 mm, idiomórficos, com níveis de metamictização variados e normalmente inclusos nas fases essenciais (Figura 4.2E). O zircão é encontrado como cristais idiomórficos, muito finos a finos (< 0,3 mm), zonados, fraturados e inclusos nas fases essenciais e principalmente na fase varietal. A apatita é encontrada como pequenas acículas (0,2 mm) e inclusas em plagioclásio (Figura 4.2F).

A pirita ocorre como finos cristais euédricos associados a palhetas de sericita. A sericita ocorre como lamelas finas substituindo o plagioclásio. O epídoto mostra-se em cristais finos alotriomórficos, com cores de interferência de 2° ordem e com ocorrência muito restrita associada à substituição da biotita.

Figura 4.2 – Aspectos mineralógicos e texturais do biotita monzogranito equigranular grosso. A) Biotita monzogranito equigranular grosso em amostra de furo de sondagem exibindo cores esverdeadas e negras em resposta à intervenção de processos hidrotermais sericíticos (verde claro) e cloríticos (negro); B) Aspecto textural microscópico geral equigranular da rocha, NC; C) Cristal de plagioclásio exibindo localmente intercrescimento mirmequítico nas bordas e levemente sericitizado, NC; D) Cristal de plagioclásio exibindo zoneamento normal e geminação albíta-periclina, NC; E) Cristal de allanita euédrico afetado por processos metamórficos, NP; F) Cristais aciculares de apatita e lamelas de biotita inclusos em plagioclásio, NC.



Fonte: Do autor.

4.1.2 Biotita monzogranito porfirítico (BMgP)

O BMgP, em amostra de mão, exibe cor cinza rosado e, localmente, levemente esverdeada, é uma rocha fanerítica, holocristalina, holoeucocrática ($M' = 2,0$ a $5,4\%$), não magnética e, também, sem feições de deformação dúctil aparente (Figura 4.3A). Exibe textura porfirítica subédrica, com a granulação dos fenocristais mostrando-se grossa e, da matriz, fina (Figura 4.3B). Os fenocristais compõem, em média, $57,6\%$ do volume da rocha com a matriz perfazendo o restante e exibem, comumente, minerais matriciais inclusos nos seus domínios próximos as bordas, onde por vezes destacam feições de sobrecrecimento.

A sua composição mineralógica é essencialmente formada por feldspato potássico, quartzo e plagioclásio. A mineralogia varietal e acessória é simples limitando-se a biotita e ao zircão, respectivamente. As fases secundárias são representadas por sericita, clorita, rutilo, carbonato, pirita e fluorita.

O feldspato potássico ocorre de duas formas: com os maiores fenocristais medindo até $1,2$ cm na dimensão de maior alongação, hipidiomórficos e normalmente com bordas irregulares. Exibe maclamento segundo lei Carlsbad e textura de intercrecimento pertítico em filetes em alguns de seus exemplares ($Kfs1$); ou ainda como finos cristais xenomórficos a hipidiomórficos compondo a matriz ($Kfs2$). Alteração para sericita é observada em ambas as gerações, de baixa intensidade, além de alteração para argilomineral.

O quartzo é observado como fenocristal medindo até $5,0$ mm, geralmente hipidiomórfico, com raros representantes idiomórficos, com grau de faturamento de leve a moderado. Feições particulares de desequilíbrio como bordas irregulares, por vezes embaiado, com vértices variavelmente arredondados e geração de cavidades são comuns. Exibe extinção ondulante leve a ausente e inclusões de biotita e principalmente minerais da matriz. À estes últimos, cabe o destaque de que, estando comumente dispostos próximos ao rebordo, em alguns representantes, marcam linhas morfológicas pretéritas e registrando sobrecrecimentos tardios (Figura 4.3C) ($Qz1$); ou ainda como cristais finos e anédricos compondo a matriz ($Qz2$).

O plagioclásio mostra-se de duas formas: como fenocristais com até $3,0$ mm, prismáticos e tabulares, hipidiomórficos a idiomórficos, pouco fraturados e com aspecto levemente turvo à luz natural. A obtenção de sua composição foi prejudicada

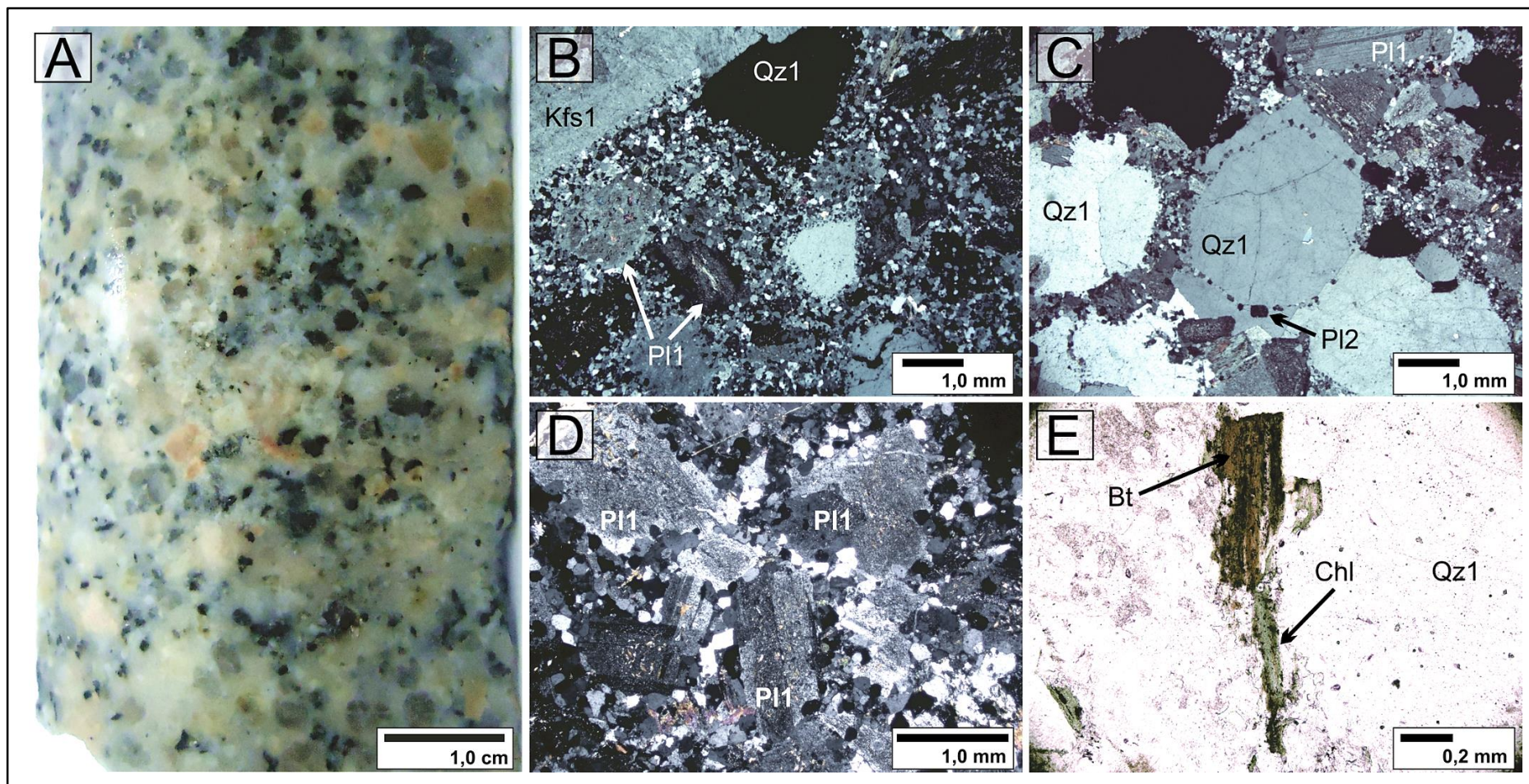
pela baixa ocorrência e representatividade dos cristais pouco alterados. Exibem geminação polissintética segundo lei Albita ou Albita-Periclina, onde algumas vezes não é muito bem definida. Alguns cristais mostram zoneamentos composicionais, evidenciados pela disposição dos processos de substituição, como a sericitização disposta geralmente nos núcleos (Figura 4.3D), e carbonatação e cristais finos de fluorita evidenciadas de maneira mais subordinada (*PI1*); como cristais finos e alotromórficos a hipidiomórficos, por vezes sericitizados, compondo a matriz (*PI2*). É o mineral félsico mais intensamente afetado por processos de alteração.

A biotita ocorre como lamelas finas a médias medindo em geral 1,0 mm, alotriomórficas a hipidiomórficas, exibindo cor avermelhada e pleocroísmo variando de marrom avermelhado claro ($Y=Z$) a creme pálido (X). Alguns de seus exemplares apresentam substituição por clorita esverdeada (Figura 4.3E) e rutilo. Raro carbonato também é encontrado disposto ao longo de suas clivagens, em clara relação de alteração.

O zircão ocorre como cristais finos, hipidiomórficos, por vezes com bordas parcialmente corroídas, bem fraturados, zonados e metamictizados. São normalmente inclusões em fenocristais de quartzo ou biotita, onde, no último, gera halos pleocroicos.

Os cristais opacos são representados, basicamente, por pirita, que ocorre em conteúdos muito baixos, comumente fina e hipidiomórfica e rutilo como acículas dispostas em textura sagenítica e associadas principalmente às biotitas cloritizadas. A sericita é encontrada em baixa ocorrência como: palhetas muito finas a finas substituindo feldspatos, principalmente plagioclásio, com alguns cristais de pirita associados. A fluorita ocorre como cristais hipidiomórficos substituindo o plagioclásio. A clorita ocorre como finas palhetas pela desestabilização da biotita.

Figura 4.3 – Aspectos mineralógicos e texturais do biotita monzogranito porfírico. A) Biotita monzogranito porfírico sob vista desarmada exibindo textura porfírica em porção com feições originais ainda bem preservadas; B) Aspecto microscópico textural porfírico geral da rocha, NC; C) Fenocristal de quartzo com finas inclusões de Qz2 + Pl2 + Kfs2 próximas aos limites do cristal, NC; D) Concentrado de fenocristais de plagioclásio sericitizados principalmente nas regiões mais centrais dos cristais, NC; E) Lamela de biotita marrom magmática com substituição parcial por clorita esverdeada e muito finos cristais de rutilo ao longo dos planos de clivagens, NP.



Fonte: Do autor.

4.1.3 Granitoides intensamente alterados

Ambas as rochas granitoides descritas anteriormente encontram-se profundamente transformadas por processos metassomáticos, de maneira que a composição e o arranjo textural das rochas originais foram bastante comprometidas. As suas respectivas feições magmáticas foram mascaradas, especialmente em zonas cataclasadas por brechação, onde evidências de intenso fraturamento dos cristais são muito comuns (Figura 4.4A).

Os minerais hidrotermais ocorrem comumente em substituição a minerais primários na massa rochosa; entretanto, são também encontrados ao longo de fraturas, gerando vênulas mono ou poliminerálicas (Figura 4.4B), cuja distribuição espacial, em algumas vezes, caracteriza o estilo *stockwork*.

As fases essenciais, em geral, mostram-se bastante fraturadas e desestabilizadas, sendo substituídos por filossilicatos secundários, como a sericita. O plagioclásio foi o feldspato mais atingido por sericitização, gerando por vezes pseudomorfos; seu maclamento, quando visível, comumente mostra sinais de deformação (Figura 4.4C).

O feldspato potássico mostra-se em cristais reliquiares, de variados tamanhos, irregulares, extremamente fraturados e alterados. À luz natural é comum encontrar cristais com aspecto turvo devido à sua impregnação por óxidos muito finos e argilominerais.

A sericita é o mineral secundário mais abundante e ocorre como: palhetas muito finas a finas substituindo feldspatos, principalmente o plagioclásio em quase sua totalidade, bem como a clorita formada pelo processo de cloritização, normalmente se aproveitando das bordas e de planos de fraqueza como clivagens, fraturas e microfalhas (Figura 4.4D).

A clorita ocorre como palhetas muito finas a finas substituindo a biotita (*Chl1*); lamelas mais desenvolvidas, euédricas, exibindo cor de interferência anômala tipicamente azulada e com hábito levemente radiado (em média 0,3 mm) (*Chl2*); ou ainda compondo vênulas poliminerálicas com quartzo $\pm$ sericita $\pm$ carbonato (*Chl3*).

O quartzo ocorre em diferentes dimensões, com extinção ondulante pronunciada, bordas irregulares, em formas que variam de anédricas a euédricas. Manifesta-se em cristais isolados ou, mais comumente, formando veios e vênulas mono e poliminerálicas, por vezes, formando regiões intensamente silicificadas.

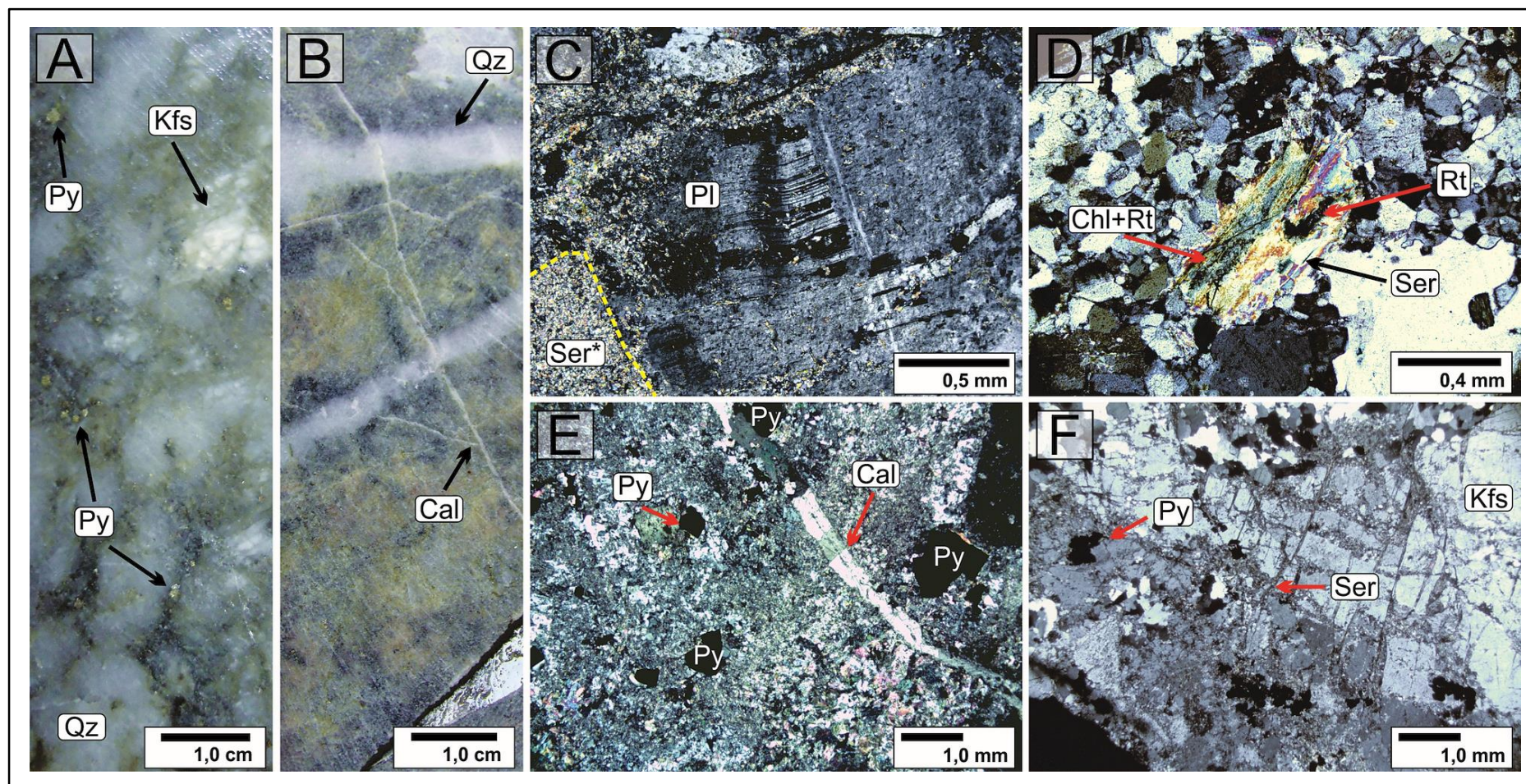
O carbonato ocorre em vênulas milimétricas associadas a cristais finos de fluorita e quartzo e, mais raramente, a clorita e sericita truncando cristais predecessores (Figura 4.4E).

Os minerais opacos são representados basicamente por sulfetos, onde os principais são a pirita e a pirrotita normalmente associadas às zonas sericíticas fragilizadas (Figura 4.4F), e subordinadamente por óxidos, especialmente o rutilo nas zonas cloritizadas.

O epídoto, em pequenas proporções, mostra-se anédrico, medindo em torno de 0,2 mm, ou em cristais isolados ocorrendo às expensas da biotita ou, mais frequentemente, em pequenos agregados, exibindo aspecto turvo à luz natural. A maioria de seus cristais mostra cor de interferência anômala azulada.

A fluorita ocorre na forma de cristais medindo em média 0,2 mm e: anédricos a subédricos, associados à sericita substituindo o plagioclásio (*F11*); como vênula associada a quartzo, carbonato e sericita (*F12*).

Figura 4.4 - Aspectos mineralógicos e texturais dos granitoides intensamente alterados. A) Granitoide intensamente alterado por processos metassomáticos e com feições de brechação. Notar cristal de feldspato potássico pronunciadamente fraturado e pirita disseminada no granitoide brechado; B) Granitoide intensamente alterado já sem nenhuma feição magmática preservada. Notar região sericitizada (em verde) truncada por vênulas de quartzo, que, por sua vez, são truncados por vênulas de calcita; C) Plagioclásio com maclas deformadas. Notar no canto inferior esquerdo da imagem pseudomorfo de sericita (Ser*) em feldspato, NC; D) Clorita quase que completamente consumida por sericitização, NC; E) Vênula de calcita truncando região sericitizada com sulfetos disseminados, NC; F) Zona brechada rica em sulfetos cortada por finas vênulas de sericita, NC.



Fonte: Do autor.

4.2 ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL NO ALVO JERIMUM DE BAIXO

A alteração hidrotermal no Alvo Jerimum de Baixo, em linhas gerais, foi generalizada e intensa, sendo mais evidente em locais onde a deformação frágil/cataclástica foi mais intensa e ao longo de alguns veios/vênulas. Os produtos hidrotermais são geralmente formados à custa de minerais primários presentes na rocha, mas também podem ocorrer como constituintes de veios monominerálicos e poliminerálicos, cuja distribuição espacial localmente caracteriza o estilo *stockwork*.

Relações de contato, truncamento e as associações mineralógicas permitiram identificar e posicionar temporalmente sete principais tipos de alteração: cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação, epidotização, carbonatação e argilização.

4.2.1 Cloritização

É o estágio metassomático mais precoce sendo responsável pela coloração verde escuro nas regiões em que se fez presente. A cloritização foi mais representativa no momento inicial do paleossistema regido por fluidos de mais alta temperatura, embora tenha sido formada subordinadamente ao longo da maior parte da história hidrotermal. Nesse estágio, a paragênese é representada por clorita $\pm$ rutilo.

A clorita se origina fundamentalmente da substituição parcial ou total da biotita (Figura 4.5A). Na sua forma seletiva, ocorre como lamelas alotriomórficas de cor verde claro, baixa birrefringência, cor de interferência acinzentada de 1º ordem e granulação fina ou ainda em lamelas bem formadas, com coloração verde claro e de cor de interferência azulada anômala (Figura 4.5B). Na alteração de estilo fissural, apresenta-se como constituinte de vênulas monominerálicas (Figura 4.5C) e poliminerálicas (quartzo $\pm$ carbonato $\pm$ sericita) com granulação muito fina e em agregados com formas radiais.

O rutilo, com a qual está intimamente associado, resulta também da desestabilização da biotita e ocorre como finas acículas avermelhadas em um arranjo sagenítico (*sagenitic texture*) (Figura 4.5D), como agregados opacos e disformes, ou ainda em seções alongadas (Figura 4.5E-F).

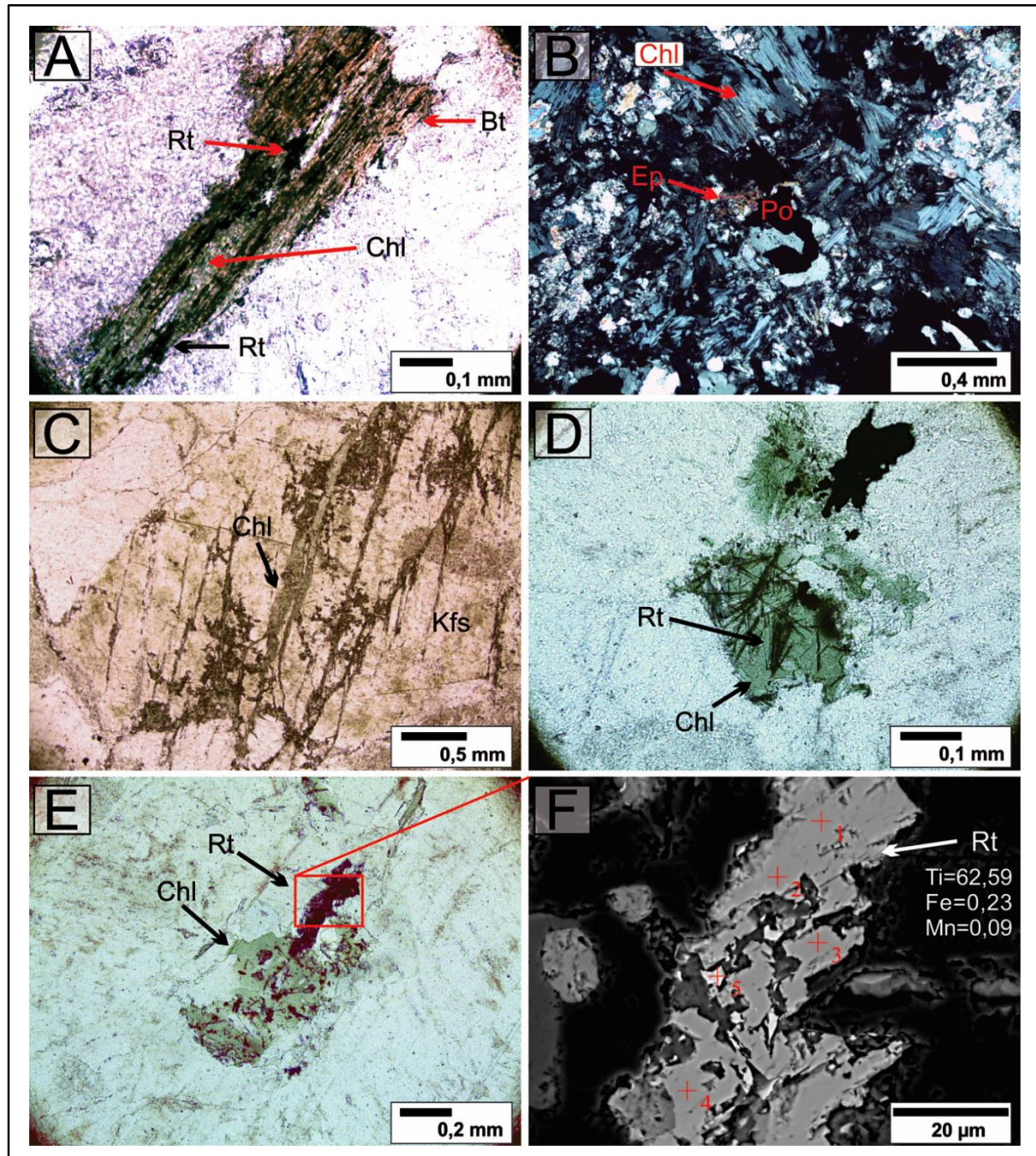
4.2.2 Sericitização

Essa alteração apresenta-se bem desenvolvida e de ampla abrangência nos furos estudados, sendo o estágio mais pervasivo de todos. Assim como a clorita, a mica branca foi formada continuamente, mas sua formação mais expressiva coincidiu com o estágio mineralizante. A sericita substitui os feldspatos (em particular o plagioclásio), mais comumente nos núcleos, e gerando pseudomorfos onde o metassomatismo foi mais intenso (Figuras 4.6A-C). A biotita magmática e clorita formada no estágio anterior também são consumidas (Figura 4.6D). A associação sericita + quartzo + pirita $\pm$ pirrotita $\pm$ calcopirita $\pm$ galena $\pm$ esfalerita $\pm$ fluorita é comumente encontrada em vênulas descontínuas ou em disseminações na rocha, especialmente quando a desestruturação dos feldspatos foi mais acentuada.

O processo de geração de sericita em abundância foi favorecido em zonas fraturadas onde a circulação dos fluidos foi particularmente intensificada. Essas zonas exibem plagioclásio com planos de geminação deformados e são cortadas por uma densa rede de vênulas monominerálicas (mica branca) (Figura 4.6E).

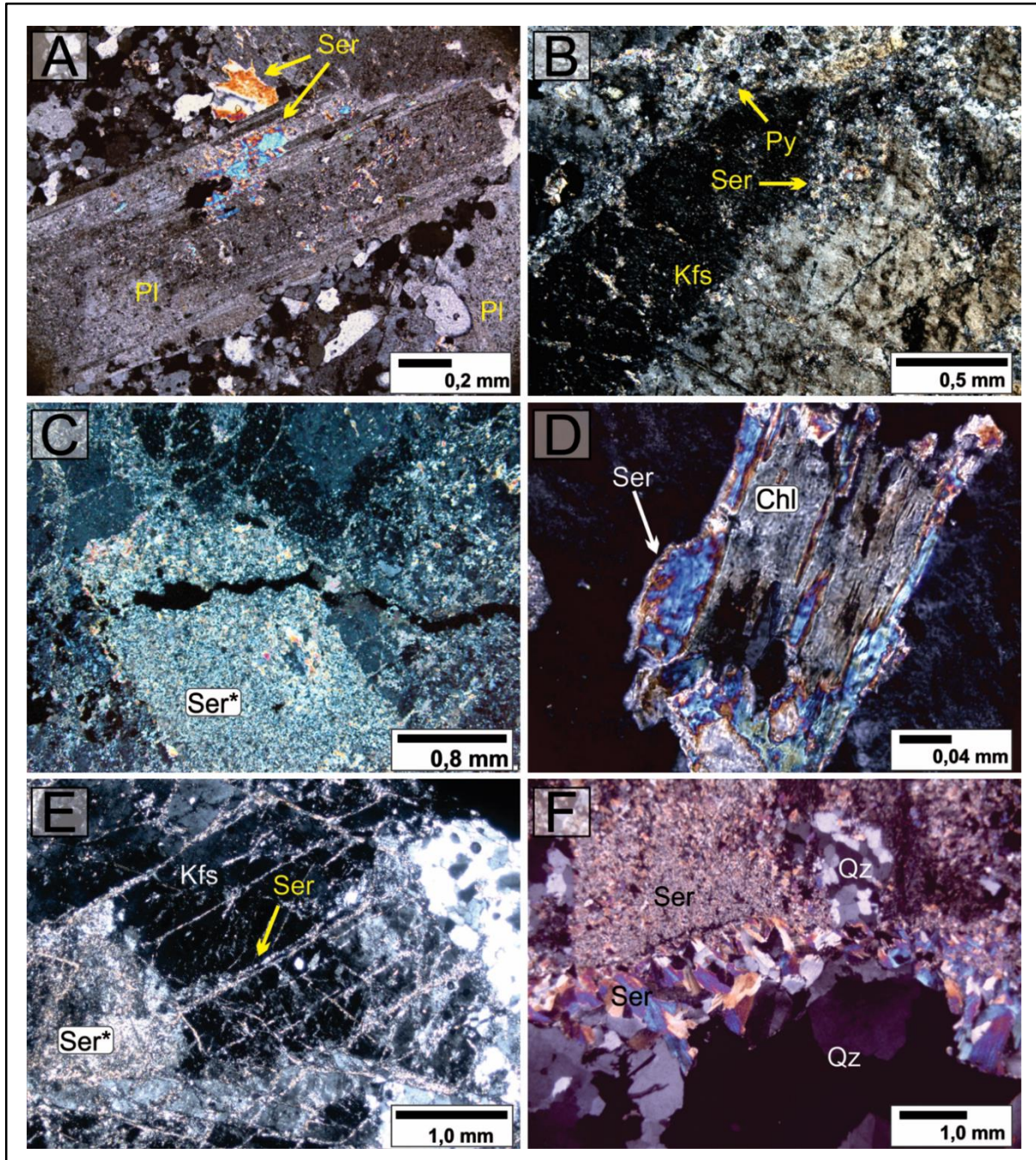
Nos estágios seguintes, a sericita adquire pouca expressão e ocorre em veios/vênulas, associada a quartzo (silicificação) e de vênulas com quartzo $\pm$ carbonato $\pm$ clorita (carbonatação), como lamelas médias (Figura 4.6F).

Figura 4.5 – Modos de ocorrência da alteração clorítica. A) Biotita ígnea parcialmente substituída por cristais de clorita e rutilo fino dispostos ao longo dos planos de clivagem, NP; B) Agregados de clorita subédrica com cor de interferência anômala, NC; C) Clorita em vênulas monominerálicas truncando cristal de feldspato potássico, NP; D) Lamelas anédricas de clorita com rutilo acicular em arranjo sagenítico, NP; E) Clorita associada a cristais de rutilo muito finos e anédricos, e alongados e mais avantajados, NP; F) Detalhe do rutilo em E com a média de alguns dos principais elementos (% peso) analisados por EDS, ERE.



Fonte: Do autor.

Figura 4.6 - Modos de ocorrência da alteração sericítica. A) Plagioclásio parcialmente substituído por sericita, NC; B) Feldspato potássico fraturado parcialmente substituído por finas lamelas de sericita com pirita associada, NC; C) Pseudomorfo de sericita (*Ser**) em feldspato intensamente modificado por processos hidrotermais, NC; D) Sericita substituindo clorita. Observar sua disposição pelas bordas e alojada nos planos de clivagem da clorita, onde gera, por vezes, contatos de disequilíbrio, NC; E) Pronunciada sericitização fissural da rocha. Notar a rede de fraturas por onde os fluidos hidrotermais percolaram e metassomatizaram a rocha, NC; F) Vênula de quartzo com mica branca associada às bordas (textura salbanda) truncando zona sericitizada, NC.



Fonte: Do autor.

4.2.3 Sulfetação

O estágio da alteração hidrotermal em que a formação de sulfetos foi mais abundante ocorreu simultaneamente com a alteração sericítica e foi marcada pela precipitação de pirita, principalmente, além de pirrotita, esfalerita, galena e enxofre nativo em quantidades menos significativas. Os sulfetos ocorrem disseminados em regiões afetadas por intensa alteração hidrotermal, particularmente onde o processo de brechação foi mais presente, e menos comumente compondo vênulas poliminerálicas.

A pirita desponta como o mais abundante sulfeto. Ocorre como cristais hipidiomórficos a idiomórficos, em seções quadradas e triangulares, medindo até 5,0 mm, comumente com finas inclusões de calcopirita $\pm$ galena $\pm$ esfalerita $\pm$ rutilo e com pirrotita associada (*Py1*) (Figuras 4.7A-D). Uma segunda variedade compreende formas hipidiomórficas, com dimensões de até 7,0 mm, e com inclusões de calcopirita, galena e rutilo, compondo vênulas milimétrica (*Py2*).

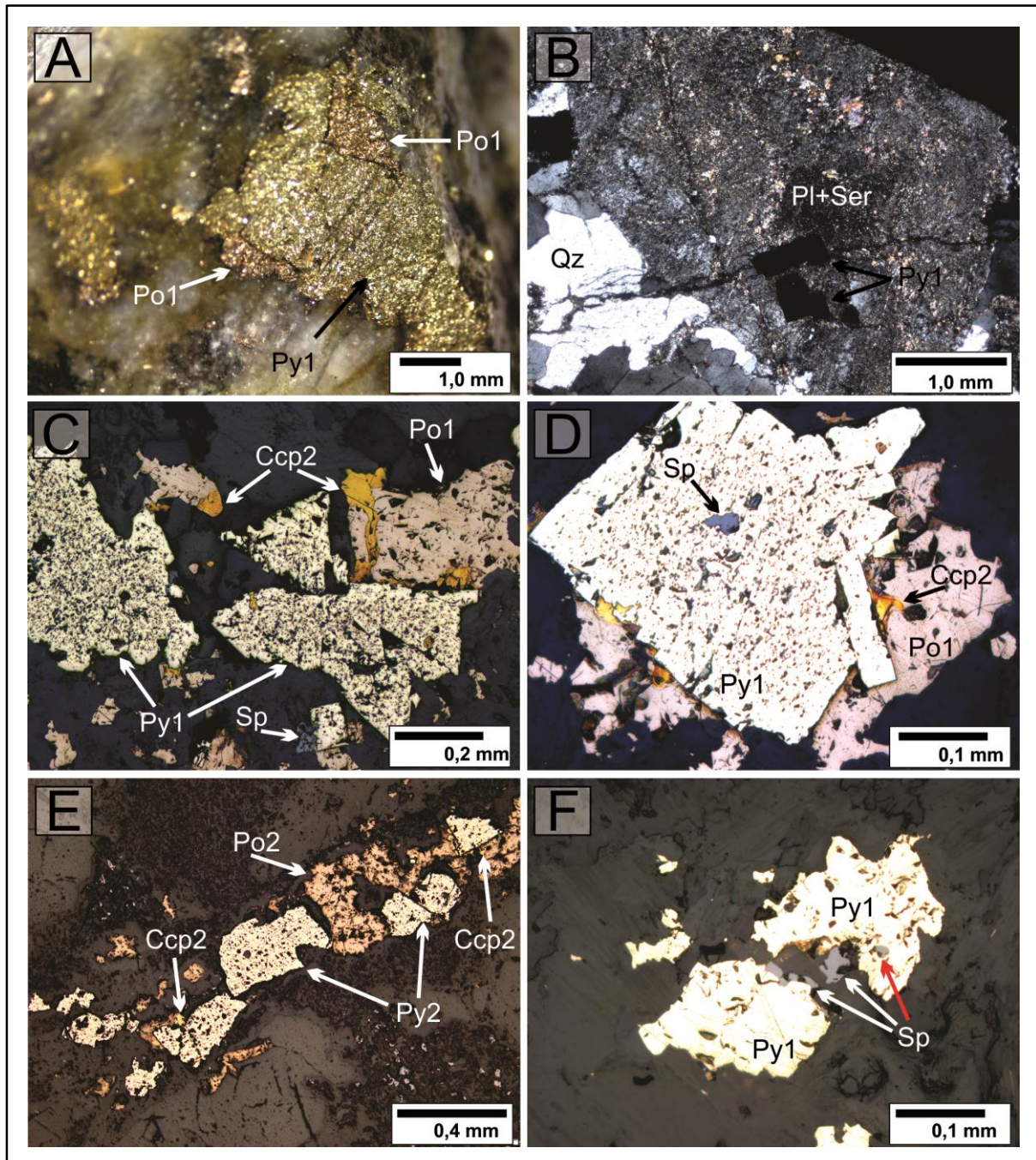
A pirrotita cristalizou-se em seções alotriomórficas muito finas a finas (até 1,0 mm), isoladas e, mais comumente, em cristais finos a médios associados à pirita, por vezes bordejando-a, e à calcopirita (até 0,3 mm) (Figuras 4.7A, C e D) (*Po1*). Aparentemente, nas regiões brechadas sua ocorrência é menos importante (*Po2*).

A calcopirita ocorre sob formas alotriomórficas a hipidiomórficas, de cor amarelo forte e com dimensões entre 0,1 mm e 0,5 mm. É observada como inclusões na pirita (*Ccp1*); nos contatos entre pirita e pirrotita, por vezes truncando a última (*Ccp2*) (Figuras 4.7C-E); finos cristais disseminados (*Ccp3*); e preenchendo fraturas (*Ccp4*).

A galena ocorre, normalmente, como cristais isolados e inclusos na pirita e calcopirita com dimensões submilimétricas ou ainda como uma fina camada bordejando alguns cristais de pirita.

A esfalerita se forma como pequenos cristais alotriomórficos com medidas de $< 0,3$ mm. Sua ocorrência mais comum é como inclusão ou no rebordo da pirita ou associada à calcopirita e/ou pirrotita (Figura 4.7F).

Figura 4.7 - Modos de ocorrência da sulfetação. A) Detalhe para pirita e pirrotita em amostra de furo de sondagem; B) Cristais de pirita euédricos associados a plagioclásio sericitizado, NC; C) Principais representantes do minério sulfetado (pirita, pirrotita e calcopirita). Notar calcopirita desenvolvida nos contatos entre pirrotita e pirita (Ccp2) e como inclusões na pirita (Ccp1), LR; D) Situação similar a C, com destaque para inclusão de esfalerita na pirita, LR; E) Associação de cristais de pirita, pirrotita com muito fina calcopirita (Ccp2) preenchendo fraturas, LR; F) Associação de cristais de pirita, pirrotita com muito fina calcopirita (Ccp2) preenchendo fraturas, LR;

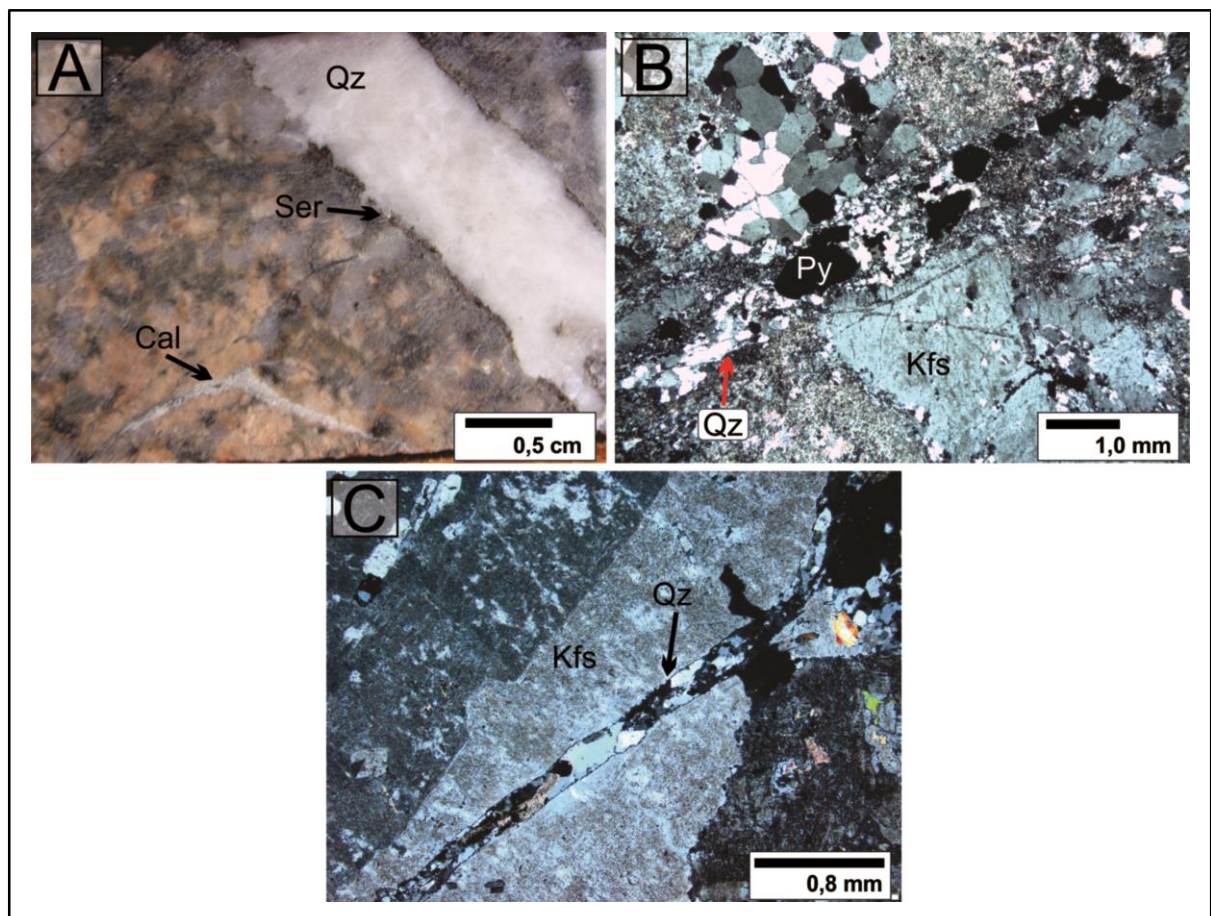


Fonte: Do autor.

4.2.4 Silicificação

Embora tenha havido uma geração antecipada de quartzo hidrotermal (alteração sericítica), em grande parte, este mineral foi precipitado com significativa abundância na fase que se seguiu a sericitização. O quartzo ocorre: (I) em vênulas poliminerálicas (clorita $\pm$ carbonato $\pm$ sericita $\pm$ pirita $\pm$ pirrotita $\pm$ galena $\pm$ fluorita) (Figura 4.8A-B); (II) em veios/vênulas monominerálicos de espessura submilimétrica a centimétrica (Figura 4.8C); (III) no arcabouço da rocha onde sobrecrece o quartzo magmático, por vezes, formando bolsões com cristais alotriomórficos coalescidos resultando em zonas silicificadas (Figura 4.8D).

Figura 4.8 - Modos de ocorrência da silicificação. A) Veio de quartzo leitoso truncando rocha granítica previamente alterada. Observar mica branca cristalizada ao longo das bordas (textura salbanda) do veio e vênula descontínua de calcita; B) Vênula descontínua de quartzo com pirita associada cortando zona intensamente sericitizada, NC; C) Vênula monominerálica de quartzo truncando cristal de feldspato potássico, NC; D) Cristais de quartzo alotriomórficos em aglomerados representando estágio de silicificação, NC.

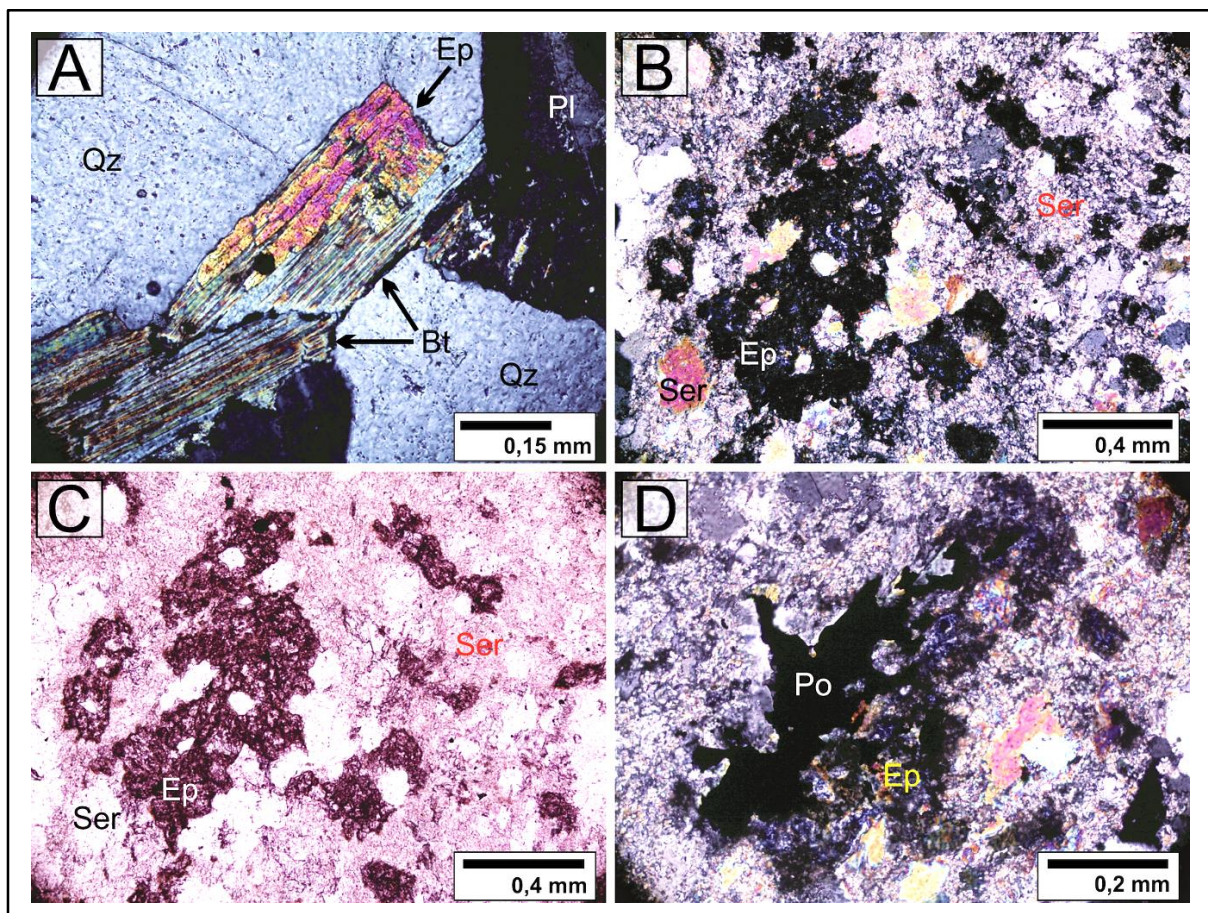


Fonte: Do autor.

4.2.5 Epidotização

Esse tipo de alteração ocorre de maneira mais restrita nos corpos rochosos investigados, sendo posterior ao estágio de mineralização. Possui estilo pervasivo e é representada pela cristalização de epídoto. Ocorre principalmente alterando a biotita ígnea. Duas formas são observadas: (I) como indivíduos finos e alotriomórficos com cor levemente amarelada e cor de interferência de 2º ordem (Figura 4.9A); (II) em sua forma mais recorrente, como cristais de granulação fina, de formato alotriomórfico, normalmente em agregados formando pequenos bolsões, com cores de interferência de matizes azuis e com aspecto turvo à luz natural (Figuras 4.9B-C). Contatos bastante irregulares com a pirrotita são comumente observados (Figura 4.9D).

Figura 4.9 - Modos de ocorrência da epidotização. A) Epídoto substituindo biotita levemente cloritizada e sericitizada. Notar seu desenvolvimento em concordância aos planos de clivagem, NC; B) Cristais anédricos de epídoto com cor de interferência anômala em matizes arroxeadas e desenvolvidos em região sericitizada, NC; C) A mesma seção de B, NP; D) Epídoto associado com pirrotita. Notar contato bastante irregular entre os indivíduos, NC.



Fonte: Do autor.

4.2.6 Carbonatação

Esse processo ficou registrado nas rochas do Alvo Jerimum de Baixo de uma forma bem expressiva com a formação de, provavelmente, calcita. Ocorre em estilo pervasivo, sendo, contudo, mais evidente na forma fissural cortando regiões afetadas por estágios hidrotermais anteriores (Figura 4.10A). É representada essencialmente pela formação de carbonato alotriomórfico a hipidiomórfico e de granulação fina a média. (I) Normalmente substitui o plagioclásio primário, ou mesmo o feldspato potássico, formando finos cristais (Figura 4.10B); ou (II) constitui vênulas monominerálicas contínuas/descontínuas comumente truncando cristais precoces (Figura 4.10C) ou mesmo poliminerálicas onde se associa com quartzo $\pm$ sericita $\pm$ clorita $\pm$ fluorita (Figura 4.10D); (III) a forma intersticial é a mais subordinada (Figura 4.10E).

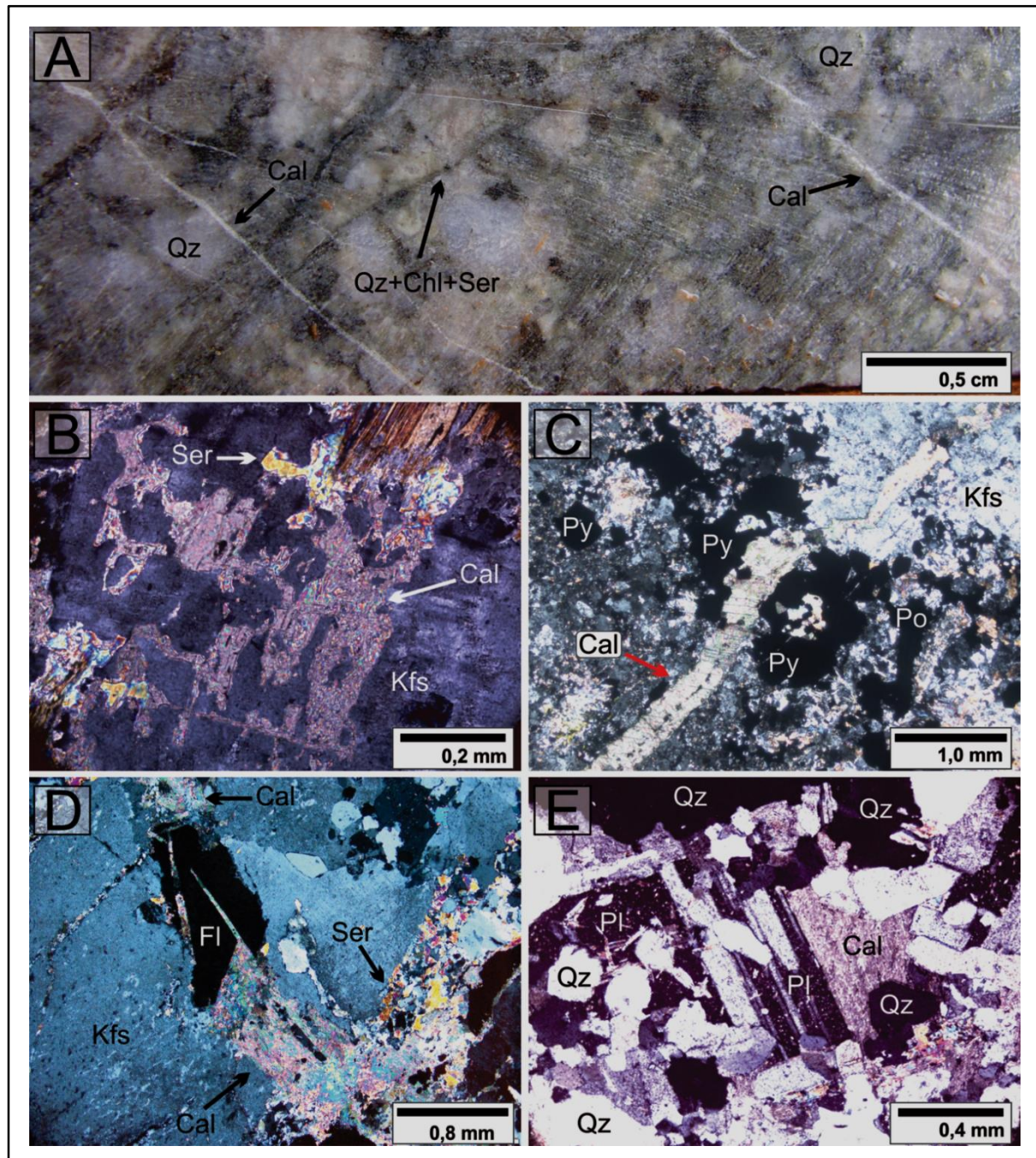
4.2.7 Argilização

De maneira geral, manifesta-se pela substituição dos feldspatos, particularmente do feldspato potássico, por cristais muito finos de argilominerais, que lhes proporcionam um aspecto turvo. Possui notadamente um estilo seletivamente pervasivo, dispondo-se em regiões próximas às bordas até atingir os cristais por completo (Figuras 4.11A-E).

4.2.8 Metassomatismo do flúor

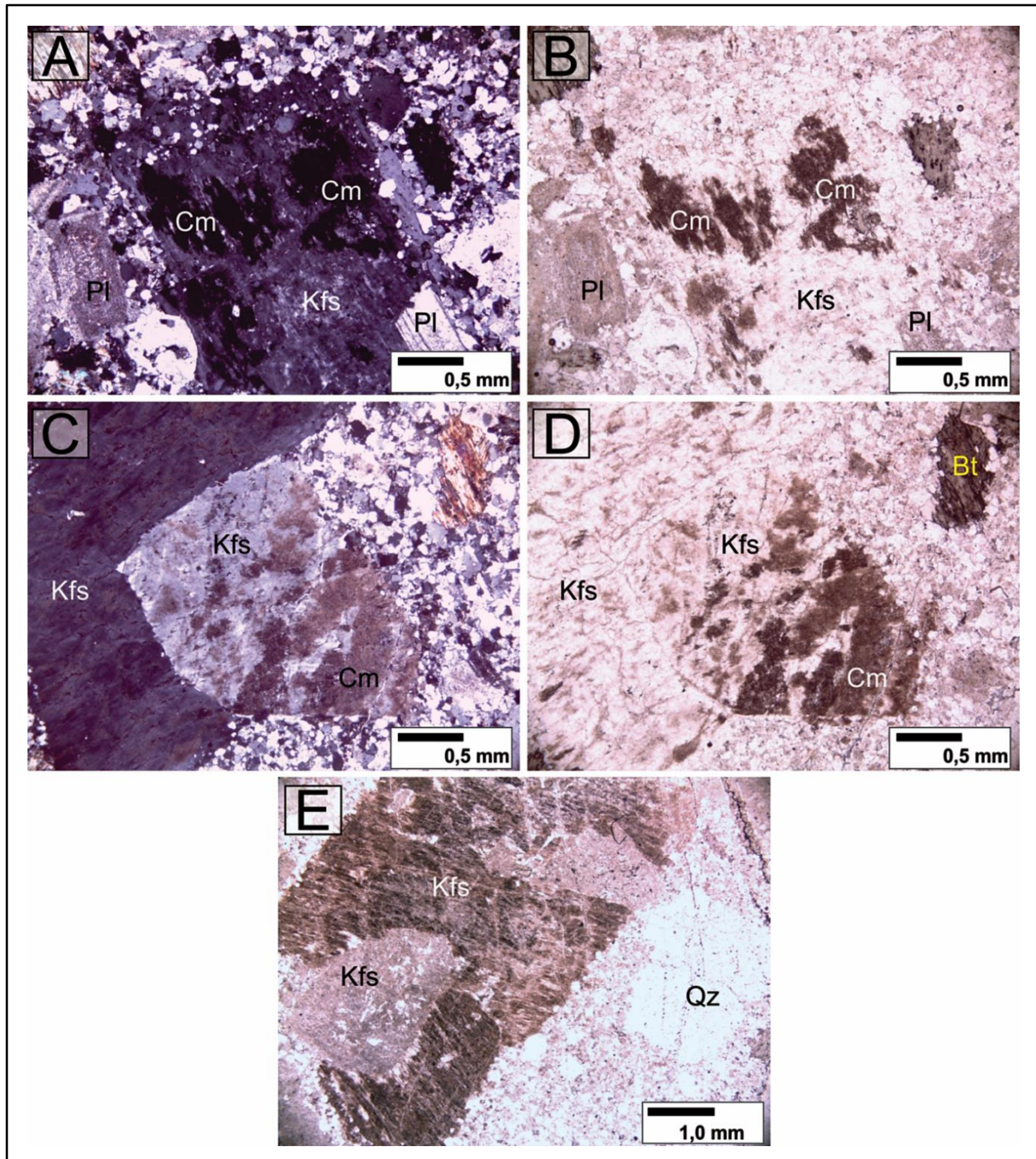
Destaca-se ainda a formação de fluorita no processo hidrotermal, visível mesmo sob vista desarmada (Figuras 4.12A-B). A fluorita ocorre: (I) como cristais bem desenvolvidos por vezes em contato reto com mica branca sugerindo feições de equilíbrio durante o processo de sericitização (Figuras 4.12C-D); (II) substituindo cristais de plagioclásio; (III) preenchendo espaços abertos como cavidades (Figura 4.12D) e formando vênulas associada a carbonato $\pm$ quartzo $\pm$ sericita (Figuras 4.12B, E e F). A precipitação de fluorita ocorreu em diferentes estágios, compondo a paragênese mineral especialmente durante a sericitização, silicificação e carbonatação.

Figura 4.10 - Modos de ocorrência da carbonatação. A) Vênulas de calcita truncando zona afetada por processos metamórficos predecessores como cloritização, sericitização e silicificação; B) Calcita desenvolvendo-se pervasivamente em cristal de feldspato potássico favorecendo-se dos planos de clivagem, NC; C) Vênula de calcita cortando zona sericitizada e sulfetos oriundos do processo de sericitização, NC; D) Vênula de calcita com fluorita e sericita associadas intersectando cristal de feldspato potássico, NC; E) Calcita cristalizada em caráter intersticial a cristais de feldspatos e quartzo, NC.



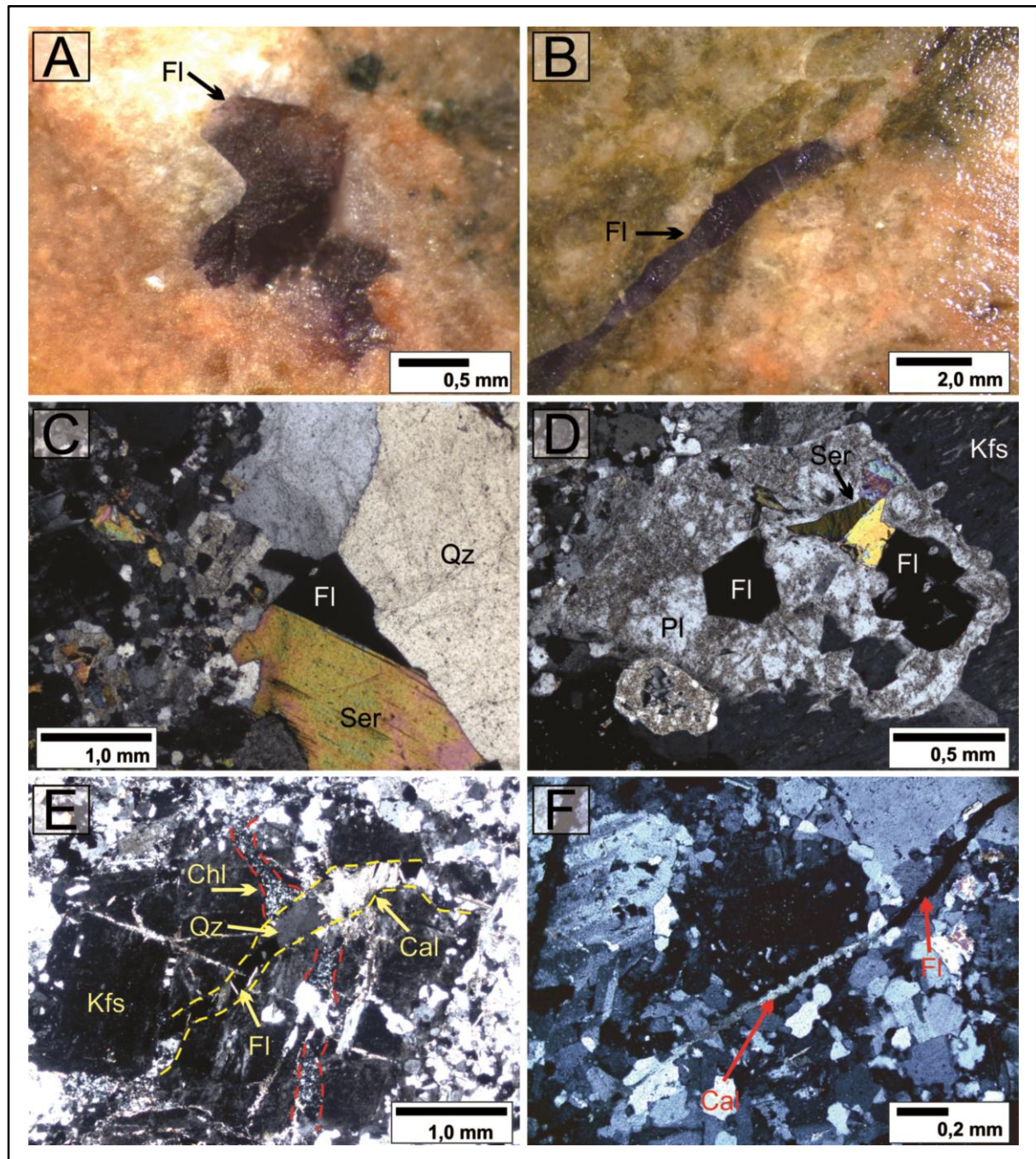
Fonte: Do autor.

Figura 4.11 - Modos de ocorrência da argilização. A) Fenocristal de feldspato potássico com zonas escurecidas próximas às bordas resultantes do processo de substituição por argilominerais, NC; B) Idem a A. Notar o aspecto pulverulento expresso nessas regiões, NP; C) Fenocristal de feldspato potássico afetado por processos de argilização, NC; D) Idem a C, NP; E) Aspecto de cristais de feldspato potássico profundamente modificados por processos de argilização. Observar a coloração levemente avermelhada adquirida pelo feldspato alterado, NP. Cm=Clay mineral.



Fonte: Do autor.

Figura 4.12 - Modos de ocorrência do metassomatismo do flúor. A) Cristal de fluorita hidrotermal bem desenvolvido e euédrico; B) Vênula de fluorita de espessura milimétrica; C) Fluorita desenvolvida em contato reto com lamela de mica branca, NC; D) Cristais de fluorita e sericita substituindo cristal de plagioclásio, NC; E) Microvênula poliminerálica (Fl+Cal+Qz) tardia (traços amarelos) truncando microvênula de clorita precoce (traços vermelhos) e fenocristal de feldspato potássico, NC; F) Microvênula composta por calcita e fluorita truncando cristais gerados precocemente, NC.



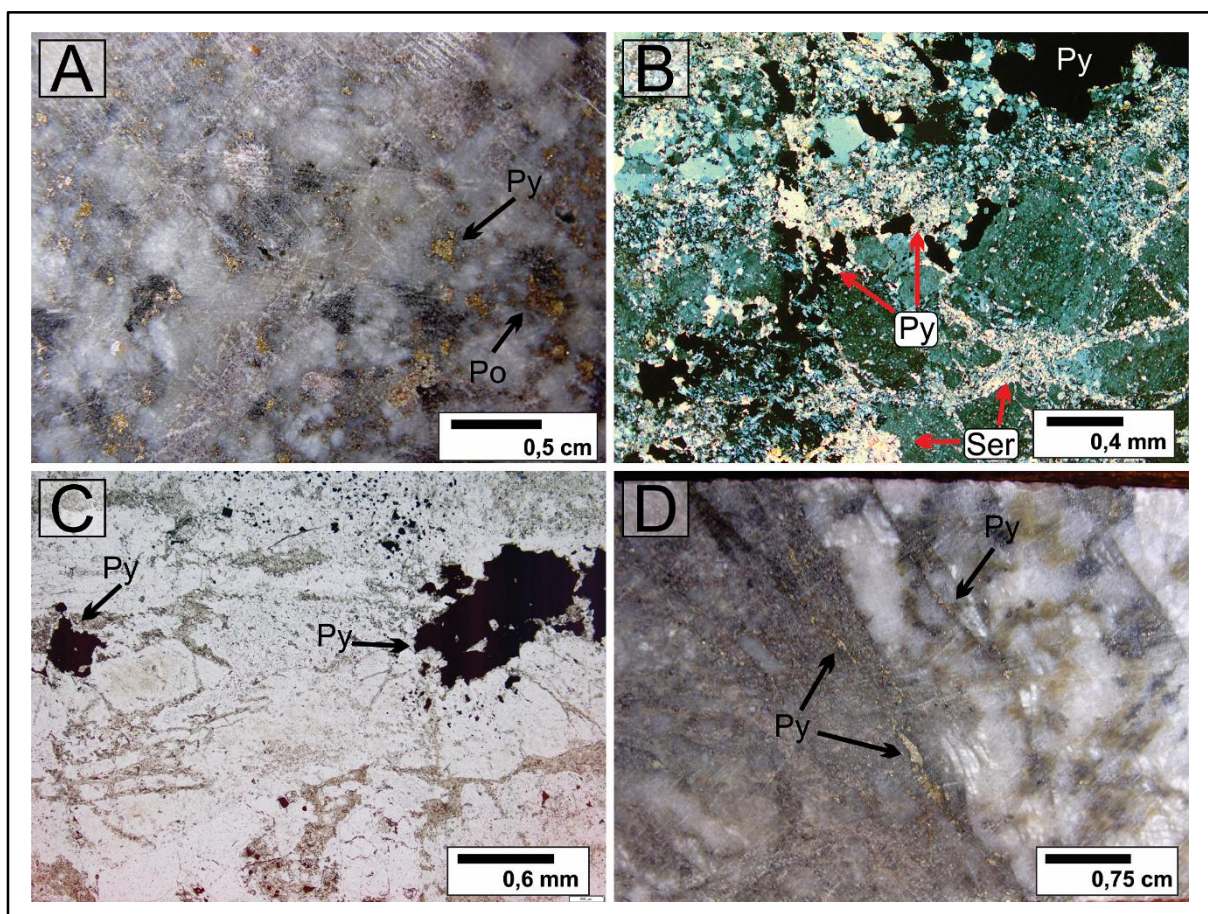
Fonte: Do autor.

4.3 MINERALIZAÇÃO

A mineralização no Alvo Jerimum de Baixo está espacial e temporalmente relacionada à alteração sericítica e é do tipo sulfetada, fazendo com que a região mineralizada seja composta por pirita principalmente, além de pirrotita, calcopirita, esfalerita e galena, bem como pela ganga, em que figuram outros produtos hidrotermais e constituintes do próprio granito hospedeiro (estes últimos, normalmente em condições reliquias).

Os sulfetos, que não ultrapassam o valor de 5% do volume das rochas (estimativa visual), ocorrem principalmente disseminados em regiões em que a geração de sericita hidrotermal foi mais expressiva, em particular onde o processo de brechação foi melhor registrado, e mais raramente em vênulas descontínuas de espessura milimétrica (Figura 4.13A-D).

Figura 4.13 – Aspectos da mineralização do Alvo Jerimum de Baixo. A) Sulfetos disseminados na rocha intensamente alterada; B) Cristais de pirita disseminados em granitoide brechado e sericitizado, NC; C) Idem a B, em outra seção, NP; D) Zona intensamente alterada com vênulas descontínuas de compostas por sulfetos.



Fonte: Do autor.

Análises químicas semiquantitativas por EDS permitiram observar quantidades subordinadas de Pb, Bi e Te na pirita, calcopirita e pirrotita com pouca variação composicional entre eles na forma disseminada e fissural (Figuras 4.14A-D). Na esfalerita quantidades pequenas de Bi também foram detectadas (Figura 4.14E). A galena mostrou-se com quantidades significativas em As e Bi (Figuras 4.14D e F).

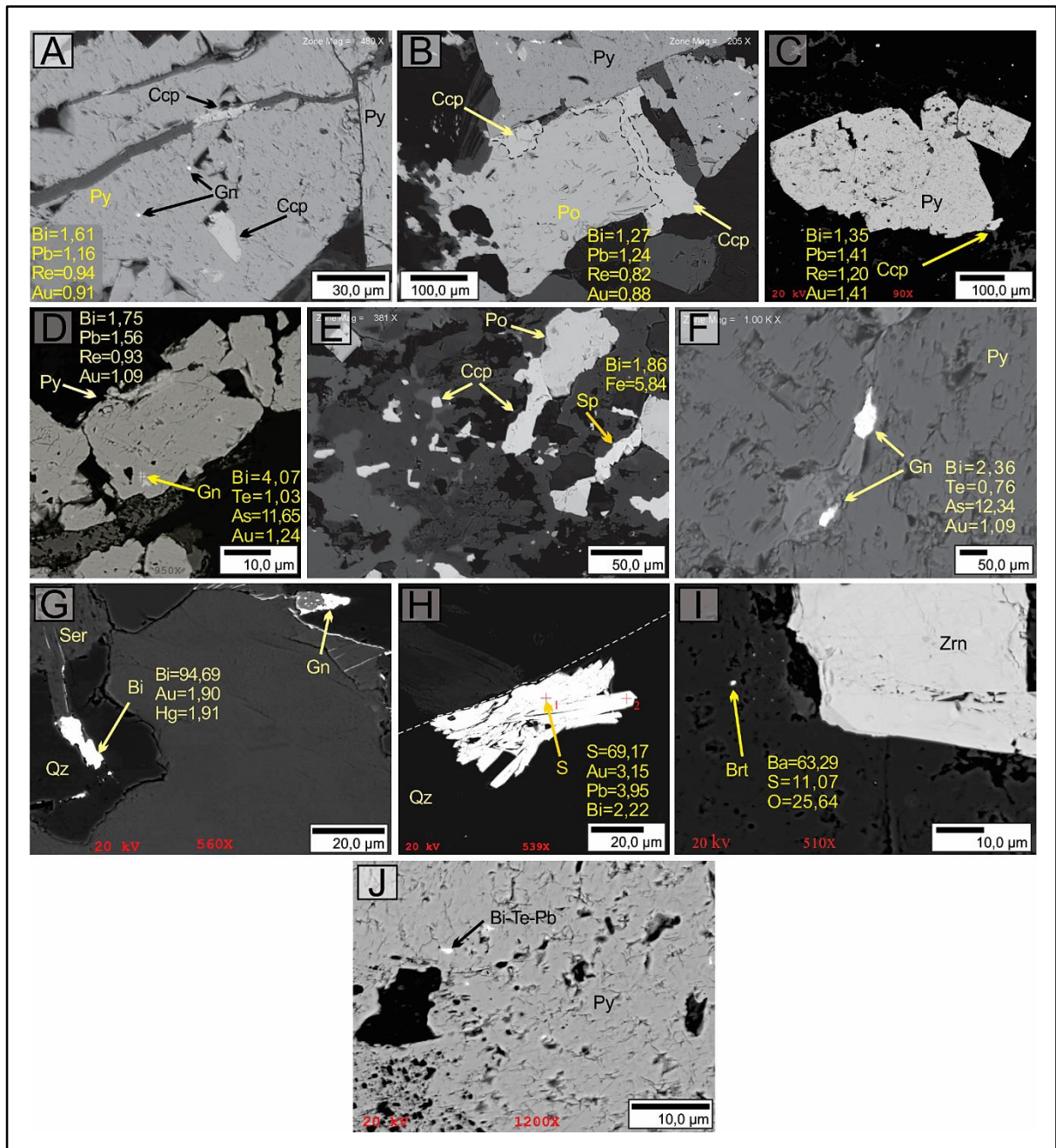
Outros minerais como rutilo, monazita, bismuto nativo (Figura 4.14G), enxofre nativo (Figura 4.14H), barita (Figura 4.14I) e fases contendo Bi-Te-Pb também foram identificados (Figura 4.14J).

O enxofre nativo foi registrado pontualmente associado a vênulas de quartzo. O bismuto nativo ocorre como cristais muito finos e associados à sericita. As fases contendo em Bi-Te-Pb têm sua ocorrência como inclusões em pirita.

Apesar de, neste estudo, não ter sido identificado ouro como partícula livre pela petrografia convencional e MEV, o mesmo foi identificado em análises pontuais por EDS na estrutura de sulfetos (máximo em % peso: Py=1,45%, Po=1,68%, Ccp=1,45%, Gn=1,86%), do bismuto nativo (máximo em % peso: Bi=1,90%) e no enxofre nativo (máximo em % peso: S=3,48%), onde mostrou sua maior expressão. Dados geoquímicos dos furos de sondagem revelam teores de Au de até 9,388 ppm (MAcMAHOM, 2011). *Logs* de sondagem cedidos pela *Magellan Minerals*, detentora dos direitos minerários do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, e uma tabela de teor de Au (ppm) x profundidade registrada em MacMahom (op. cit.) e no *site* da mencionada empresa estão disponíveis no Anexo A.

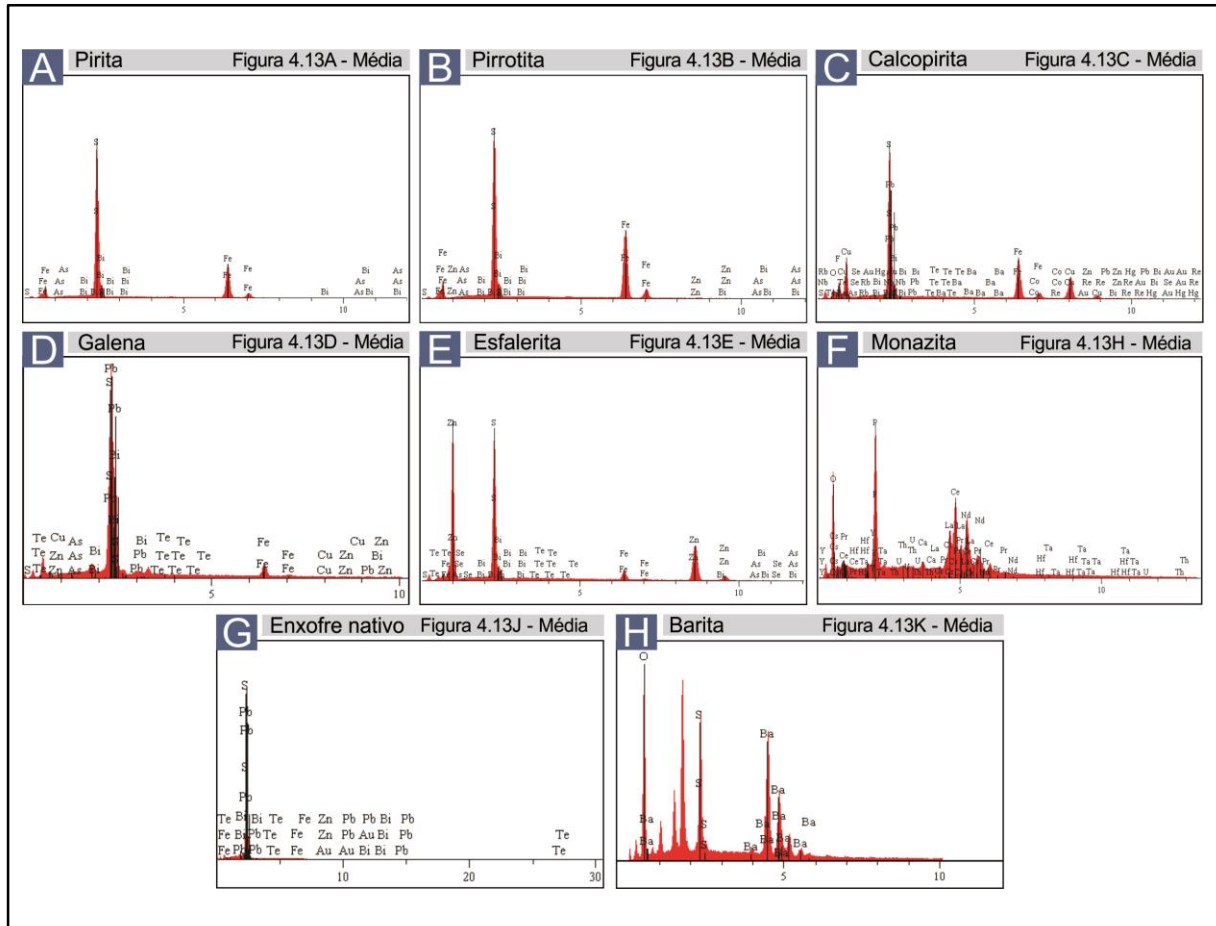
A figura 4.15 disponibiliza os espectros de fases minerais identificadas por MEV-EDS. As tabelas completas com os valores obtidos pelas análises pontuais por EDS são fornecidas nos apêndices B-H.

Figura 4.14 - Caracterização mineralógica e textural dos minerais de minério do Alvo Jerimum de Baixo via MEV-ERE-EDS com a média (% peso) dos principais elementos analisados. A) Cristal de pirita (Py1) com inclusões de galena e calcopirita (Ccp1). Notar fratura parcialmente preenchida por calcopirita (Ccp4); B) Cristais de pirita (Py1) idiomórficos, quadráticos e triangulares, com inclusões de galena em contato reto com pirrotita subédrica (Po1). Observar calcopirita (Ccp2) ocorrendo no contato entre a pirita e pirrotita e truncando a última. C) Pirita venular (Py2) associada com calcopirita (Ccp5); D) Pirita ocorrendo em vênula (Py2) mostrando inclusão de galena; E) associação pirita+calcopirita+pirrotita+esfalerita em disseminações na rocha; F) Finos cristais anédricos de galena como inclusão em pirita; G) Bismuto nativo associado à sericita e quartzo; H) Enxofre nativo em hábito lamelar no contato entre veio de quartzo e rocha alterada; I) Cristal muito fino de barita incluído em quartzo; J) Fases contendo Bi-Te-Pb muito finas inclusas em pirita (Py2).



Fonte: Do autor.

Figura 4.15 - Espectros de fases minerais encontradas nas zonas mineralizadas do Alvo Jerimum de Baixo, com a discriminação dos elementos analisados nos respectivos pontos. Os espectros correspondem aos minerais com legendas destacadas em amarelo na figura anterior. A) Pirita; B) Pirrotita; C) Calcopirita; D) Galena; E) Esfalerita; F) Monazita; G) Enxofre nativo; H) Barita.



Fonte: Do autor.

4.4 GERAÇÕES DE QUARTZO

A petrografia microscópica permitiu a caracterização preliminar de diferentes gerações de cristais de quartzo formadas durante os eventos magmáticos e hidrotermais, levando-se em consideração sua morfologia, dimensão, relação textural e mineralógica. De maneira geral, são estes os tipos:

Tipo 1 – Cristais alotriomórficos, com tamanho variando de 0,1 a 1,0 cm, exibindo normalmente contatos retilíneos e expressando relação intersticial com as fases adjacentes e com extinção ondulante fraca a ausente (Figura 4.16A). Compõe o BMgEG (Qz1).

Tipo 2 – Fenocristais medindo até 0,8 cm, hipidiomórficos, raramente idiomórficos, com grau de faturamento de leve a moderado e variavelmente arredondados, compondo o BMgP (Qz2) (Figura 4.16B);

Tipo 3 – Cristais magmáticos finos a médios (0,5-2,0 mm), alotriomórficos a hipidiomórficos (Qz3). Compõem a matriz do BMgP (Figura 4.16B);

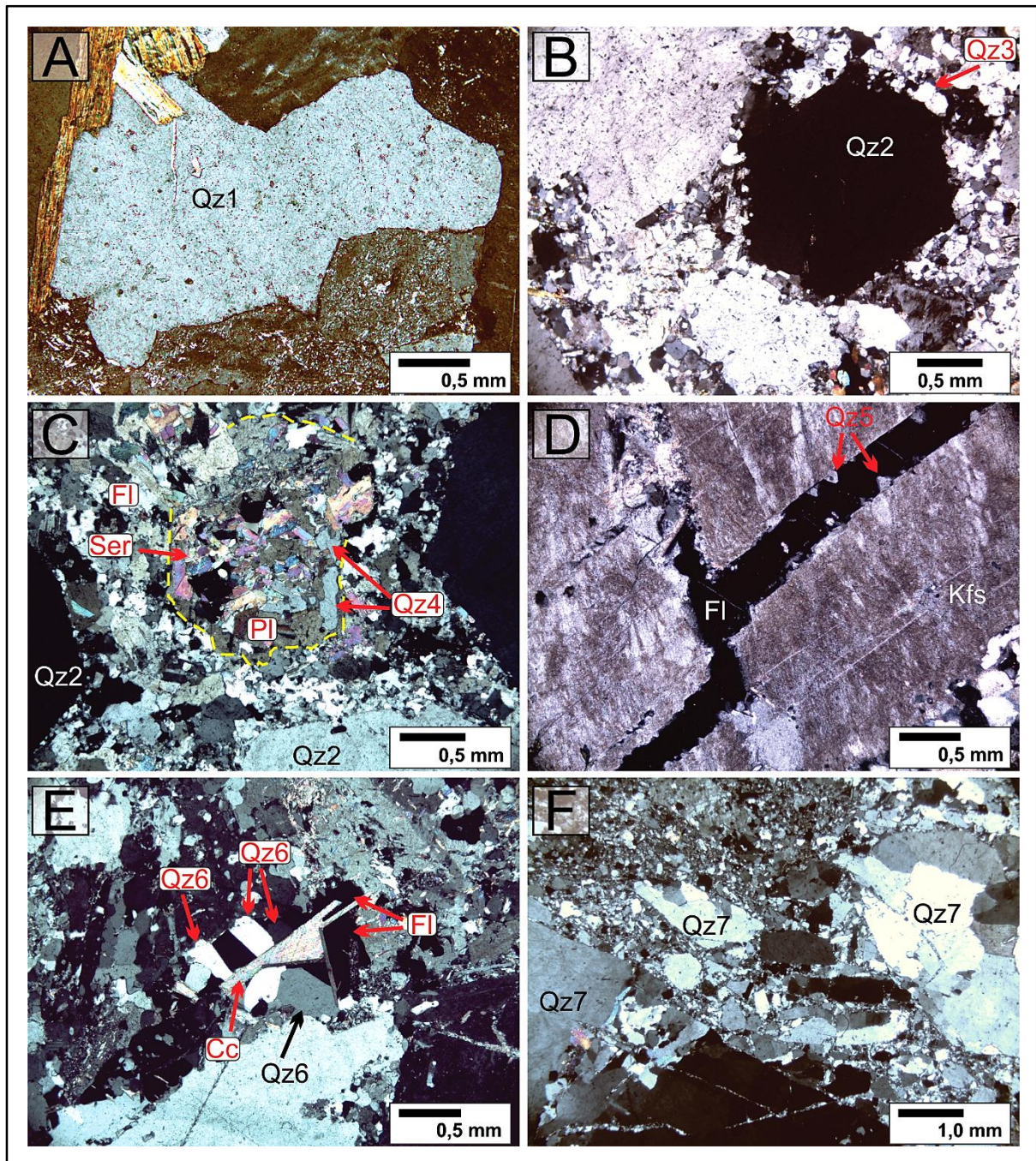
Tipo 4 – Cristais finos e alotriomórficos, em formas alongadas, por vezes alojados em cristais de plagioclásio e relacionados a alteração sericítica (Qz4) (Figura 4.16C);

Tipo 5 – Cristais muito finos e poligonais cristalizados nas paredes de fraturas preenchidas por fluorita (Qz5) (Figura 4.16D);

Tipo 6 – Cristais finos (em média 0,4 mm), idiomórficos, por vezes poligonais, preenchendo cavidades em associações com carbonato ± fluorita (Qz6) (Figura 4.16E);

Tipo 7 – Cristais de tamanhos muito variados, relacionados ao estágio de silicificação. Formam aglomerados preenchendo cavidades ou veios e vênulas (Qz7) (Figura 4.16F).

Figura 4.16 – Aspectos morfológicos e texturais das diferentes gerações de quartzo registradas no Alvo Jerimum de Baixo. A) Quartzo (Qz1) magmático alotriomórfico compondo o arcabouço mineralógico do BMgEG, NC; B) Quartzo como fenocristal idiomórfico (Qz2) e como finas cristalizações constituintes da matriz da rocha (Qz3), ambas compondo o BMgP, NC; C) Quartzo alotriomórfico relacionado a alteração sericitica que substituí o plagioclásio (delimitado pela linha tracejada amarela) (Qz4), NC; D) Quartzo desenvolvido nas paredes de microfraturas preenchidas por fluorita (Qz5), NC; E) Caviadade preenchida pela associação Qz6+Cc+Fl. Notar as formas poligonais e idiomórficas do Qz6, NC; F) Detalhe de veio de quartzo (Qz7) com feições angulosas nas bordas, NC.



Fonte: Do autor.

4.5 ESTUDO DO ZIRCÃO

4.5.1 Aspectos morfológicos

Os cristais de zircão do BMgEG, são predominantemente idiomórficos com dimensões que variam de 10 a 200 μm no eixo de maior alongação (eixo c) e razões comprimento/largura em torno de 1,5. Fraturas e faces irregulares são observadas, contudo em ocorrência restrita. Inclusões muito finas ($\leq 30 \mu\text{m}$) idiomórficas de apatita são comumente observadas aparentemente acompanhando as zonas de crescimento dos cristais, sugerindo cristalização contemporânea das duas fases minerais. O zoneamento observado é pouco evidente e em que alguns cristais apresentam alternância de zonas claras mais desenvolvidas e zonas escuras comparativamente mais delgadas, em um crescimento cíclico, indicando variações composicionais durante o processo de cristalização.

Os cristais de zircão do biotita monzogranito porfirítico (BMgP) são representados por cristais idiomórficos e hipidiomórficos, sob formas quadráticas, prismáticas e losangulares e com dimensões variando de 20 a 310 μm no eixo de maior alongação (eixo c). Alguns representantes exibem faces levemente irregulares e sinais de fraturamento localizados. Inclusões muito finas de apatita e galena, e mais raramente de clorita, são observadas com relativa frequência. Como no BMgEG, aqui também registram-se cristais com alternância de zonas claras e escuras evidenciando variações composicionais, todavia bem mais marcado que na variedade equigranular grossa.

Nos granitoides intensamente alterados observou-se uma degradação dos cristais de zircão evidenciados por bordas corroídas, por vezes com textura em peneira no cristal como um todo, sobrecrecimentos tardios e maior ocorrência de finos cristais de galena preenchendo fissuras, não obstante ao registro de apatita refratária aos processos *subsolidus*.

4.5.2 Análises químicas (MEV-EDS)

As análises de EDS envolveram os elementos O, Si, P, S, Ca, Cu, As, Y, Zr, Nb, Sb, Te, Ba, Ce, Hf, Ta, Au, Hg, Bi, Th e U. Para as discussões e interpretações

foram utilizados os conteúdos médios em % peso de Hf, Y, Th, Ta, Te, Bi e U, tendo em vista apresentarem as diferenças mais relevantes.

Nos cristais de zircão do BMgEG os conteúdos médios de Hf variam de 1,75 a 2,06% e razão Zr/Hf entre 24,08 a 30,16. U variou de 0,19 a 0,45%, Th mostrou-se entre valores de 0,07 a 0,16% e Y com teores de 0,51 a 0,75%. Ta oscilou de 0,39 a 0,62%. Os somatórios de Hf+Y+Th+U e Cu+As+Sb+Te+Au+Bi para os zircões dessa rocha abrangeram intervalos de 2,58-3,43% e 2,64-3,85%, respectivamente, com os teores de Ca mostrando, em análises pontuais, valores máximos próximos de 1,20% nas zonas mais escurecidas e valores baixos a ausentes nas zonas claras. A variação do Bi foi de 0,72 a 1,35%, de Te abrangeu 0,41 a 0,82%, e teores de Au mostraram-se entre 0,92 e 1,31%.

Já nos zircões do BMgP os conteúdos médios de Hf variam de 1,79 a 2,22% e razão Zr/Hf entre 21,67 a 29,14. U variou de 0,19 a 0,40%, Th mostrou-se entre valores de 0,13 a 0,18% e Y com teores de 0,62 a 0,79%. Ta oscilou de 0,48 a 0,77%. O somatório de Hf+Y+Th+U se manteve entre 2,73-3,57% e Cu+As+Sb+Te+Au+Bi compreendeu 2,96-3,86%. O comportamento do Ca, em análises pontuais, se mostrou similar com o da variedade granítica mencionada anteriormente, com teores máximos próximos de 1,16% nas zonas mais escurecidas e valores baixos a ausentes nas zonas claras. O Bi variou de 1,24 a 1,40%, Te variou de 0,48 a 0,88%, e teores de Au variaram 0,80 a 1,47%.

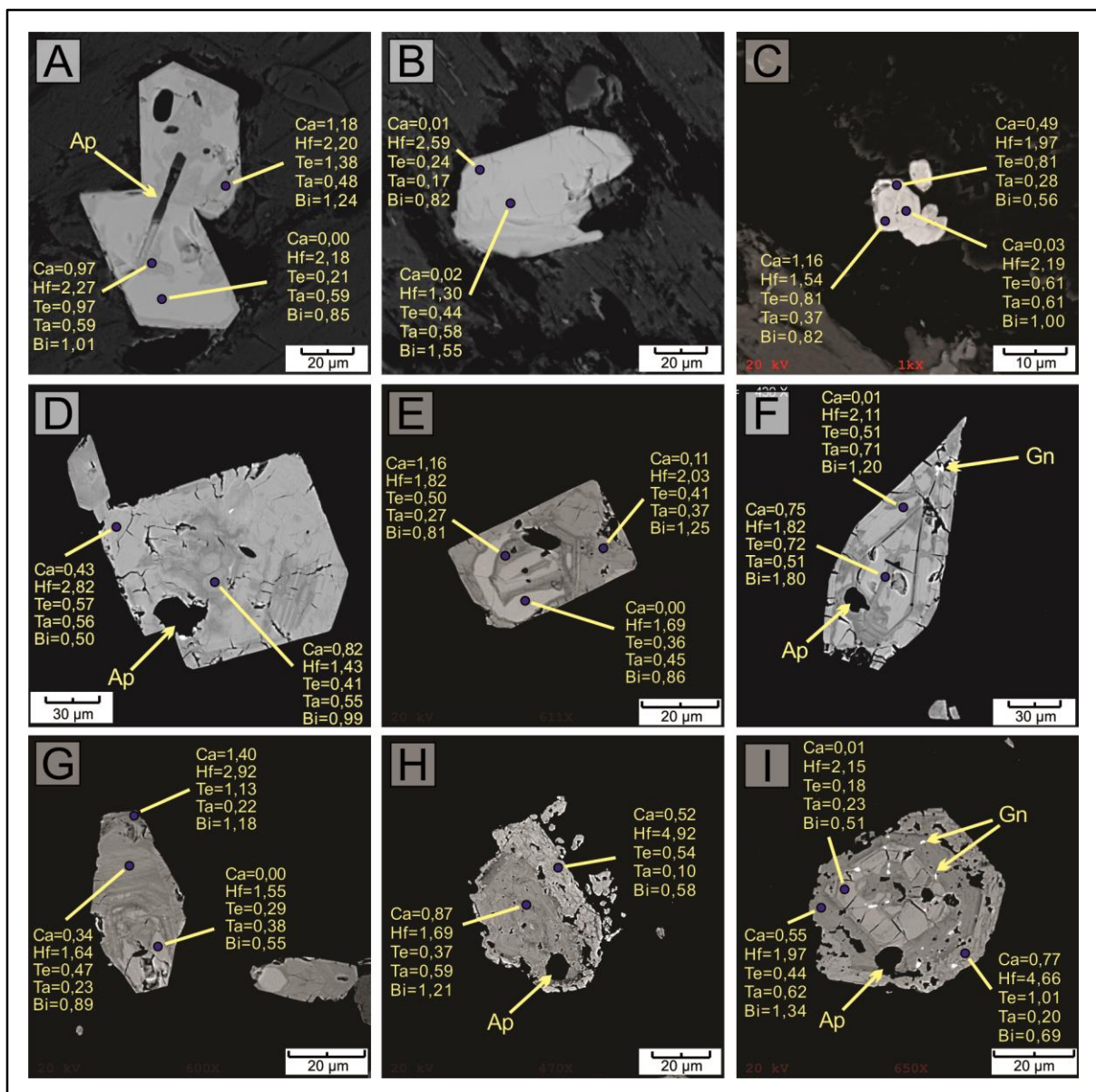
Nas regiões mais alteradas/mineralizadas, apresentaram comportamentos de enriquecimento, como Hf que apresentou médias variando de 1,60-2,90%, e chegando até 4,8% (intensamente alteradas/ não mineralizadas) em análises pontuais em bordas de sobrecrecimento tardios e empobrecimento relativo, como Te=0,20-0,66%, Ta=0,26-0,45%, Bi=1,12-0,79%. Para os somatórios Hf+Y+Th+U observou-se um discreto aumento nos valores (2,45-3,97%) e Cu+As+Sb+Te+Au+Bi uma redução relativa (2,39-3,39%).

Desta forma, razões como Zr/Ta, Zr/Te, Hf/Ta, Hf/Te tendem a aumentar e Zr/Hf a depletar-se no sentido granito preservado → granito alterado.

A figura 4.17 apresenta cristais de zircão com valores pontuais de EDS para as variedades graníticas preservadas (BMgEG e BMgP) e alteradas e mineralizadas (granitoides intensamente alterados) estudadas no Alvo Jerimum de Baixo. A tabela 3

mostra a composição média dos elementos presentes nos zircões do BMgEG, BMgP e granitoides alterados e mineralizados. Os valores completos das análises pontuais dos vários tipos de zircão estão disponíveis nos Apêndices I-K.

Figura 4.17 - Aspectos morfológicos, texturais e composicionais de zircões revelados por microscopia eletrônica de varredura – elétrons retroespalhados (MEV-ERE) mostrando a evolução morfológica de zircão do Alvo Jerimum de Baixo e seus conteúdos pontuais de Ca, Hf, Te, Ta e Bi (% peso) obtidos por espectrometria de energia dispersiva de raios X (EDS). A-B) Zircões do biotita monzogranito equigranular grosso (BMgEG); D-F) Zircões do biotita monzogranito porfírico (BMgP); G-H) Zircões de granitoides intensamente alterados. Observar bordas irregulares e/ou corroídas, enriquecimento relativo de Hf do núcleo para a borda e várias inclusões muito finas de galena.



Fonte: Do autor.

Tabela 3 - Valores médios de análises químicas por MEV-EDS em cristais de zircão (% peso de elementos) do BMgEG, BMgP e granitoides alterados/mineralizados do Alvo Jerimum de Baixo. $\Sigma 1 = \text{Hf} + \text{Y} + \text{Th} + \text{U}$; $\Sigma 2 = \text{Cu} + \text{As} + \text{Sb} + \text{Te} + \text{Au} + \text{Bi}$. * zona mineralizada. (Continua)

Amostra	Elementos																			Razões					Somatória	
R-35 (BMgEG)	Zr	O	Si	P	Ca	Cu	As	Y	Sb	Te	Ba	Ce	Hf	Ta	Au	Hg	Bi	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Te	Hf/Ta	Hf/Te	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$
Zrn01	50,75	27,06	13,70	0,00	0,86	0,06	0,16	0,74	0,01	0,78	0,22	0,29	1,84	0,39	0,92	1,04	0,72	0,07	0,42	27,62	131,47	65,31	4,76	2,36	3,06	2,64
Zrn02	52,90	24,00	14,29	0,00	0,18	0,06	0,29	0,53	0,19	0,41	0,29	0,46	1,75	0,59	1,15	1,34	1,27	0,11	0,19	30,16	89,21	129,66	2,96	4,30	2,58	3,37
Zrn03	52,19	24,31	14,17	0,00	0,20	0,03	0,39	0,51	0,22	0,45	0,27	0,47	1,95	0,62	1,30	1,46	1,05	0,14	0,26	26,72	84,35	115,25	3,16	4,31	2,86	3,44
Zrn04	51,80	24,33	14,00	0,00	0,42	0,04	0,34	0,64	0,19	0,62	0,29	0,45	1,82	0,61	1,31	1,41	1,34	0,13	0,26	28,40	84,31	83,92	2,97	2,95	2,86	3,82
Zrn05	50,75	26,20	13,67	0,00	0,41	0,10	0,25	0,68	0,09	0,57	0,33	0,47	2,05	0,48	1,21	1,15	1,16	0,09	0,34	24,80	105,73	89,03	4,26	3,59	3,15	3,39
Zrn06	49,48	26,23	13,54	0,00	0,73	0,10	0,28	0,75	0,08	0,82	0,34	0,56	2,06	0,52	1,23	1,34	1,35	0,16	0,45	24,08	95,52	60,49	3,97	2,51	3,43	3,85
R-43 (BMgP)	Zr	O	Si	P	Ca	Cu	As	Y	Sb	Te	Ba	Ce	Hf	Ta	Au	Hg	Bi	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Te	Hf/Ta	Hf/Te	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$
Zrn07	52,18	24,65	14,19	0,00	0,19	0,07	0,28	0,74	0,13	0,48	0,30	0,39	1,79	0,59	1,09	1,27	1,30	0,15	0,21	29,14	88,30	107,82	3,03	3,70	2,90	3,35
Zrn08	50,54	26,01	13,67	0,00	0,55	0,04	0,24	0,62	0,08	0,53	0,35	0,46	1,96	0,62	1,18	1,47	1,24	0,13	0,32	25,84	81,46	94,78	3,15	3,67	3,02	3,31
Zrn09	48,20	27,45	13,16	0,00	1,20	0,02	0,22	0,79	0,00	0,88	0,36	0,46	2,22	0,77	0,80	1,56	1,35	0,16	0,40	21,67	62,47	54,94	2,88	2,54	3,57	3,25
Zrn10	50,27	26,18	13,63	0,00	0,60	0,07	0,24	0,71	0,10	0,59	0,32	0,41	1,90	0,48	1,47	1,27	1,40	0,18	0,19	26,46	104,63	85,65	3,95	3,24	2,98	3,86
R-40 (BMgP)*	Zr	O	Si	P	Ca	Cu	As	Y	Sb	Te	Ba	Ce	Hf	Ta	Au	Hg	Bi	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Te	Hf/Ta	Hf/Te	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$
Zrn11	50,63	26,34	13,74	0,00	0,49	0,06	0,28	0,66	0,11	0,51	0,29	0,52	2,07	0,51	1,10	1,29	0,90	0,13	0,37	24,41	98,50	99,27	4,04	4,07	3,23	2,96
Zrn12	50,91	25,96	13,75	0,00	0,50	0,10	0,26	0,69	0,12	0,57	0,34	0,48	2,01	0,42	1,20	1,22	1,03	0,07	0,39	25,37	122,09	89,95	4,81	3,55	3,15	3,27
Zrn13	51,56	25,54	13,84	0,00	0,33	0,04	0,24	0,56	0,11	0,54	0,30	0,37	1,99	0,63	1,06	1,32	1,08	0,12	0,38	25,94	82,50	95,49	3,18	3,68	3,05	3,07
Zrn14	52,12	25,25	13,93	0,00	0,26	0,05	0,29	0,72	0,17	0,46	0,29	0,39	1,67	0,61	1,16	1,16	1,14	0,11	0,24	31,30	85,44	114,54	2,73	3,66	2,73	3,27
Zrn15	50,93	26,05	13,71	0,00	0,54	0,09	0,26	0,67	0,10	0,62	0,28	0,47	1,98	0,38	1,10	1,22	1,11	0,19	0,32	25,78	132,96	82,67	5,16	3,21	3,15	3,27
R-41 (BMgP)*	Zr	O	Si	P	Ca	Cu	As	Y	Sb	Te	Ba	Ce	Hf	Ta	Au	Hg	Bi	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Te	Hf/Ta	Hf/Te	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$
Zrn16	52,52	25,81	13,92	0,00	0,26	0,09	0,24	0,68	0,15	0,41	0,25	0,37	1,81	0,34	0,91	1,01	0,95	0,09	0,19	24,33	150,40	192,92	6,18	7,93	3,02	2,71
R-34 (Gr alterado)*	Zr	O	Si	P	Ca	Cu	As	Y	Sb	Te	Ba	Ce	Hf	Ta	Au	Hg	Bi	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Te	Hf/Ta	Hf/Te	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$
Zrn17	53,39	24,61	14,30	0,00	0,08	0,07	0,21	0,57	0,18	0,37	0,28	0,39	1,81	0,36	0,88	1,16	1,04	0,13	0,18	29,53	147,07	144,68	4,98	4,90	2,68	2,75
Zrn18	55,42	22,19	14,24	0,00	0,26	0,09	0,22	0,63	0,18	0,53	0,24	0,35	1,88	0,38	0,92	1,05	1,14	0,12	0,17	29,55	144,31	104,16	4,88	3,52	2,79	3,09

Tabela 4 - Valores médios de análises químicas por MEV-EDS em cristais de zircão (% peso de elementos) do BMgEG, BMgP e granitoides alterados/mineralizados do Alvo Jerimum de Baixo. $\Sigma 1 = \text{Hf} + \text{Y} + \text{Th} + \text{U}$; $\Sigma 2 = \text{Cu} + \text{As} + \text{Sb} + \text{Te} + \text{Au} + \text{Bi}$. * zona mineralizada. (Conclusão)

Zrn19	52,65	25,78	14,06	0,00	0,19	0,07	0,14	0,60	0,13	0,46	0,26	0,31	1,93	0,49	0,91	1,03	0,76	0,08	0,17	27,34	107,45	114,96	3,93	4,21	2,78	2,46
Zrn20	53,34	25,02	14,29	0,02	0,07	0,09	0,18	0,55	0,18	0,37	0,28	0,28	1,96	0,33	0,84	1,06	0,89	0,08	0,18	27,19	163,63	144,56	6,02	5,32	2,77	2,54
Zrn21	52,97	25,87	14,17	0,00	0,11	0,08	0,18	0,55	0,14	0,45	0,26	0,32	1,69	0,36	0,82	0,97	0,86	0,06	0,15	31,44	148,80	117,46	4,73	3,74	2,45	2,53
Zrn22	51,20	26,23	13,77	0,00	0,46	0,12	0,24	0,49	0,13	0,50	0,24	0,42	2,02	0,31	1,19	1,17	1,21	0,10	0,22	25,36	163,07	101,60	6,43	4,01	2,82	3,38
R-32 (Gr alterado)	Zr	O	Si	P	Ca	Cu	As	Y	Sb	Te	Ba	Ce	Hf	Ta	Au	Hg	Bi	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Te	Hf/Ta	Hf/Te	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$
Zrn23	53,92	24,49	13,94	0,21	0,29	0,06	0,11	0,70	0,10	0,48	0,27	0,30	2,05	0,29	0,85	0,88	0,79	0,10	0,17	26,33	183,94	112,14	6,99	4,26	3,02	2,39
Zrn24	51,96	25,36	14,10	0,26	0,59	0,08	0,24	0,98	0,06	0,66	0,12	0,39	1,74	0,34	0,83	1,01	0,80	0,10	0,37	29,92	151,92	79,30	5,08	2,65	3,20	2,67
R-24 (Gr alterado)	Zr	O	Si	P	Ca	Cu	As	Y	Sb	Te	Ba	Ce	Hf	Ta	Au	Hg	Bi	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Te	Hf/Ta	Hf/Te	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$
Zrn25	51,87	24,91	13,81	0,00	0,41	0,09	0,26	0,62	0,15	0,52	0,31	0,38	2,90	0,38	0,91	1,21	0,90	0,13	0,26	17,89	137,94	99,94	7,71	5,59	3,91	2,83
Zrn26	55,28	22,06	14,68	0,00	0,09	0,07	0,13	0,54	0,20	0,25	0,22	0,42	2,07	0,44	1,08	1,10	1,07	0,12	0,19	26,77	126,79	218,07	4,74	8,15	2,91	2,80
Zrn27	53,91	23,66	14,42	0,00	0,05	0,12	0,20	0,42	0,21	0,31	0,24	0,46	2,42	0,29	0,79	1,22	1,00	0,08	0,20	24,33	150,40	192,92	6,18	7,93	3,02	2,71
Zrn28	50,81	26,43	13,57	0,00	0,63	0,11	0,19	0,67	0,04	0,51	0,25	0,35	2,86	0,27	0,91	1,09	0,86	0,12	0,33	17,79	187,50	99,44	10,54	5,59	3,97	2,62
Zrn29	52,41	25,35	13,90	0,02	0,32	0,09	0,17	0,72	0,12	0,50	0,28	0,32	2,62	0,26	0,87	0,89	0,82	0,09	0,28	20,04	204,71	105,23	10,21	5,25	3,70	2,55
Zrn30	53,18	25,03	13,98	0,00	0,30	0,07	0,18	0,66	0,15	0,43	0,26	0,35	1,94	0,44	0,92	1,03	0,82	0,10	0,16	27,43	120,58	122,42	4,40	4,46	2,86	2,57
Zrn31	54,19	24,18	14,43	0,00	0,02	0,05	0,17	0,61	0,22	0,30	0,14	0,46	1,60	0,45	0,86	0,91	1,12	0,14	0,16	33,89	120,52	179,85	3,56	5,31	2,50	2,73

Fonte: Do autor.

5 DISCUSSÕES

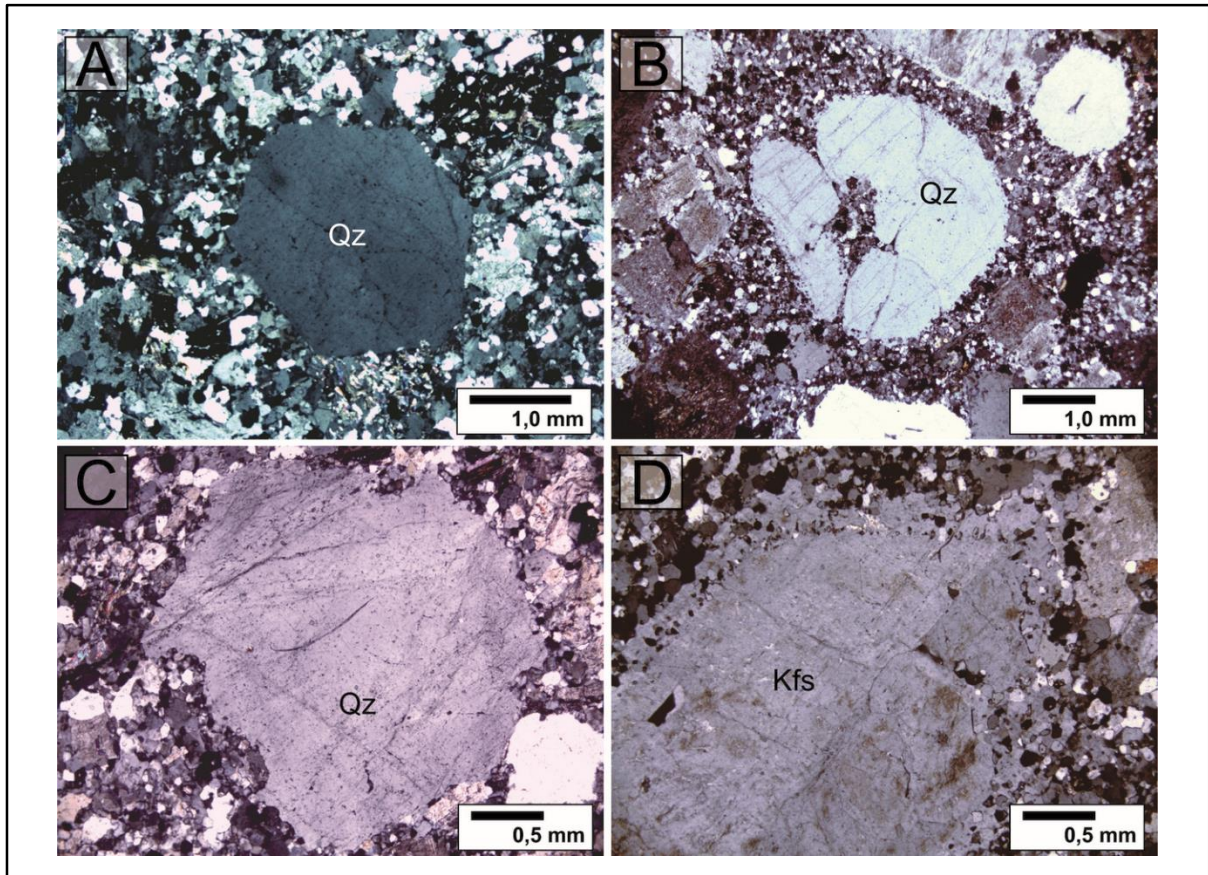
5.1 ROCHAS HOSPEDEIRAS

As rochas interceptadas pelos furos CC_92_10 e CC_94_10 no Alvo Jerimum de Baixo, não obstante ao registro de rochas andesíticas, são majoritariamente graníticas, composicionalmente similares, mas com variações texturais. O BMgP apresenta, caracteristicamente, em seu arcabouço matriz de granulação variando de fina à média, bem como fenocristais com feições de desequilíbrio (Figuras 5.1A-D, 4.3B e C). Entretanto, essas rochas expressam valores de concentração de fenocristais relativamente altos (até 70%), implicando num comportamento reológico de elevada viscosidade, comprometendo sua mobilidade e uma eventual extrusão. Desta forma, o BMgP poderia ter sua textura e fenocristais algo deterioriados como o resultado de interações magmáticas e refletindo instabilidades relacionadas a gradientes termais elevados.

A ausência de minerais opacos (magnetita e/ou ilmenita) na composição original de ambas as rochas dos furos estudados, inviabiliza discussões acerca de tipologia granítica. Porém, somando-se o fato de serem rochas monzograníticas, com baixo índice de cor, em que a biotita desponta como o único ferro-magnesiano, apontam para essas rochas uma proveniência ligada a magmas pouco hidratados.

Várias características texturais e estruturais nas rochas hospedeiras indicam que a mineralização está associada a um evento de caráter rúptil, localmente rúptil-dúctil. Eis elas: (i) plagioclásio com geminação deformada; (ii) quartzo com extinção ondulante; (iii) o estilo fissural de preenchimento da alteração hidrotermal; (iv) texturas ígneas das rochas hospedeiras localmente preservadas; (v) agregado de quartzo preenchendo espaços abertos na rocha hospedeira alterada (ASSUNÇÃO; KLEIN, 2014).

Figura 5.1 – Aspectos texturais de desequilíbrio dos fenocristais do biotita monzogranito porfírico. A) fenocristal de quartzo euédrico. Notar as faces bem formadas configurando o sistema hexagonal típico do quartzo, porém com os vértices arredondados, NC; B) Fenocristal de quartzo arredondado com nítidos engolfamentos sugerindo reabsorção pelas bordas e núcleo do cristal, NC; C) Quartzo preteritamente bem facetado exibindo sinais de desequilíbrio através das bordas embaiadas, NC; D) Fenocristal de feldspato potássico com bordas corroídas e inclusões de finos cristais matriciais dispostos próximos ao rebordo evidenciando um leve sobrecrecimento, NC.



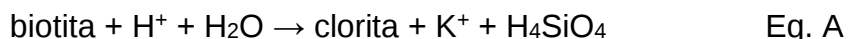
Fonte: Do autor.

5.2 EVOLUÇÃO DO PALEOSSISTEMA HIDROTHERMAL

A evolução das alterações hidrotermais se deu através de mecanismos distintos de cristalização mineral, sendo a substituição e o reequilíbrio mineral os mecanismos mais frequentes, em especial nos estágios mais precoces. Feições de preenchimento de cavidades e de planos de fratura também são comuns e, neste caso, o mecanismo principal de cristalização foi a precipitação de minerais a partir de fluidos hidrotermais.

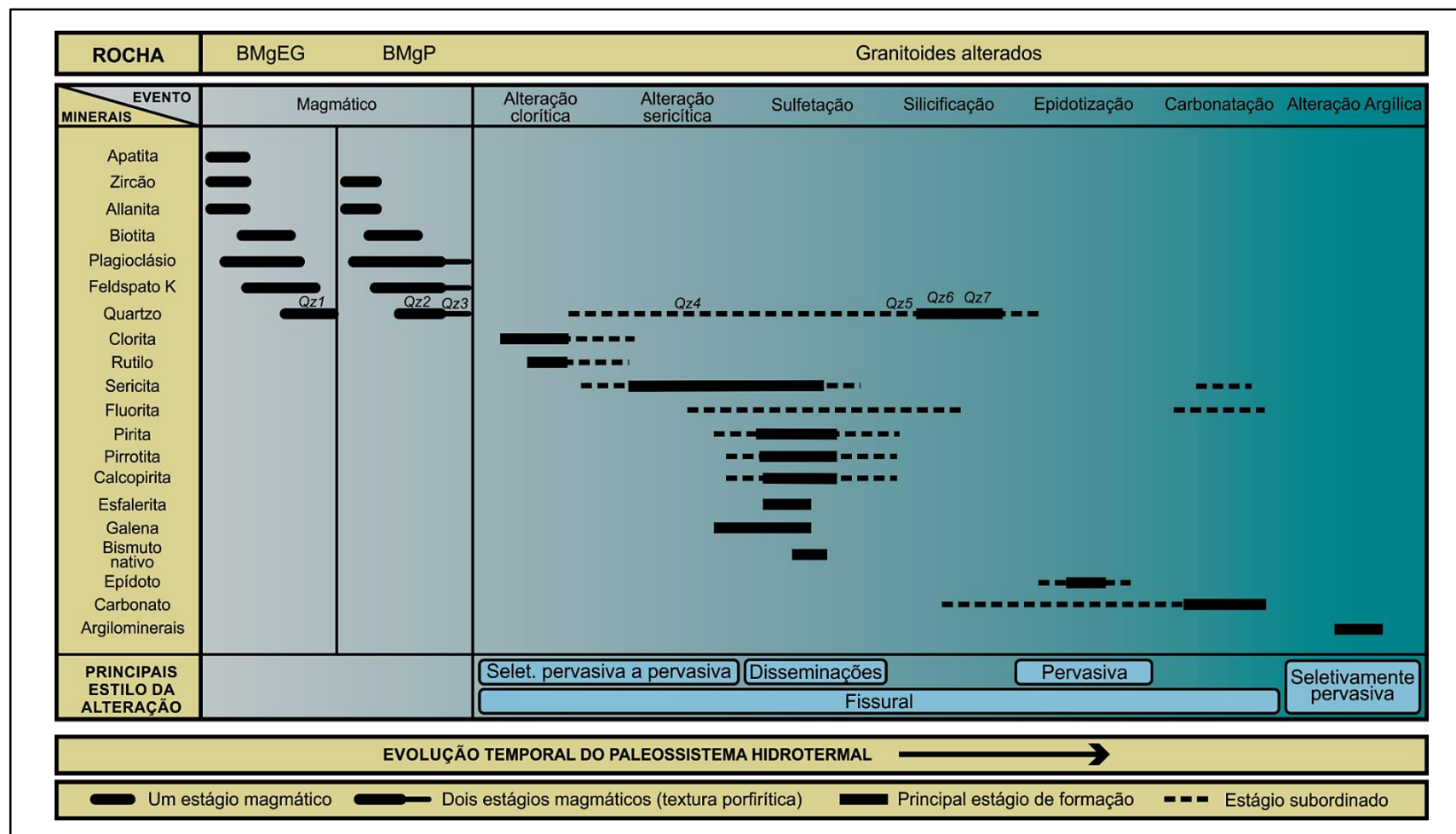
Os estágios da alteração hidrotermal se sucederam no tempo gerando associações paragenéticas específicas em resposta às oscilações das condições físico-químicas experimentadas pelos fluidos envolvidos na fase *subsolidus*. A figura 5.2 apresenta um quadro esquemático que ilustra a sequência paragenética proposta para o Alvo Jerimum de Baixo ao longo da evolução da alteração hidrotermal.

A evolução proposta para o paleossistema hidrotermal que transformou os granitos aqui estudados tem início com a transformação dos minerais máficos por interação com fluidos de provável origem magmática. Os minerais máficos foram preferencialmente destruídos e substituídos por clorita com liberação concomitante de K^+ e H_4SiO_4 , exemplificada na equação A.



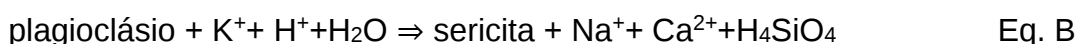
A acumulação de rutilo nos planos de clivagem da clorita, pode ter implicações na temperatura em que se processou esta alteração. Rabbia et al. (2009) consideram que o rutilo hidrotermal formado por re-equilíbrio e/ou quebra de minerais ricos em Ti (por exemplo, titanita e biotita), ocorre em intervalo de temperatura relativamente amplo (~400-700 °C). Por seu turno, Deer et al. (1992) sugerem que o limite superior de estabilidade da clorita é de 400 °C. Adicionalmente, estudos prévios (ARAÚJO, 2014; KLEIN et al., 2001b; QUEIROZ; KLEIN, 2012) assumem temperaturas em torno de 320 e 340 °C (400 °C para o Depósito Moreira Gomes - ASSUNÇÃO; KLEIN, 2014) para o início da alteração *subsolidus* desenvolvida em outros alvos e depósitos do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú (Central, Guarim e Pau-da-Merenda). Diante do exposto, temperaturas entre ~320 e 400 °C podem ser estipuladas com razoabilidade para o estágio de cloritização registrada no Alvo Jerimum de Baixo.

Figura 5.2 - Quadro paragenético esquemático com a evolução temporal dos tipos de alteração hidrotermal em rochas graníticas hospedeiras do Alvo Jerimum de Baixo.



Fonte: Do autor.

O fluido, agora relativamente mais rico em K^+ , afetou outros minerais através de zonas fragilizadas por fraturas e brechação, como a biotita, a clorita cristalizada na fase metassomática anterior e feldspatos, particularmente o plagioclásio, tornando-os instáveis e substituídos por sericita. A alteração sericítica implica em disponibilidade de H^+ no fluido. O processamento desse estágio metassomático ocorre por reações hidrolíticas, normalmente lixiviando elementos como Na^+ , Ca^{2+} e sílica que, em seguida, são disponibilizados para o fluido (equação B).



Este fluido, transportando metais base provavelmente sob a forma de complexos de enxofre ou de cloro, em adição ao ouro, começou a precipitar pirita $\pm$ calcopirita $\pm$ esfalerita $\pm$ galena, estabelecendo, assim, o estágio de sulfetação em concomitância à sericitização. A desestabilização de complexos transportadores e consequente precipitação de metais ocorre em resposta a diversos mecanismos, sendo oxidação, redução e variação de pH os principais. Fatores como a ausência de hematita e a participação de pirrotita na paragênese mineralizada atestam um fluido com condições relativamente reduzidas (HAYASHI; OHMOTO, 1991; ROMBERGER, 1990). A presença predominante de pirita e com a inobservância de quantidades relevantes de outros minerais de metais base, inclusive, apontam o H_2S (alternativamente HS^-) como a principal espécie de enxofre no fluido mineralizador e o $Au(HS)^{-2}$ como complexo transportador do ouro (BENNING; SEWARD, 1996).

No Alvo Jerimum de Baixo, ao longo do processo de sericitização do plagioclásio propiciou-se a elevação do pH do fluido que, em conjunto com a diminuição da atividade do enxofre em ambiente reduzido, pode ter sido responsável pela dissociação dos complexos causando a precipitação dos sulfetos e do ouro, marcando o estágio da mineralização.

Com a evolução da alteração hidrotermal em regime de decréscimo da temperatura, observa-se um metassomatismo a base de SiO_4^- . A sílica dissolvida tende a saturar na fase fluida condicionando a precipitação como quartzo principalmente em espaços abertos, assumindo formas de veios e vênulas

monominerálicas e poliminerálicas, caracterizando a fase de silicificação da alteração hidrotermal.

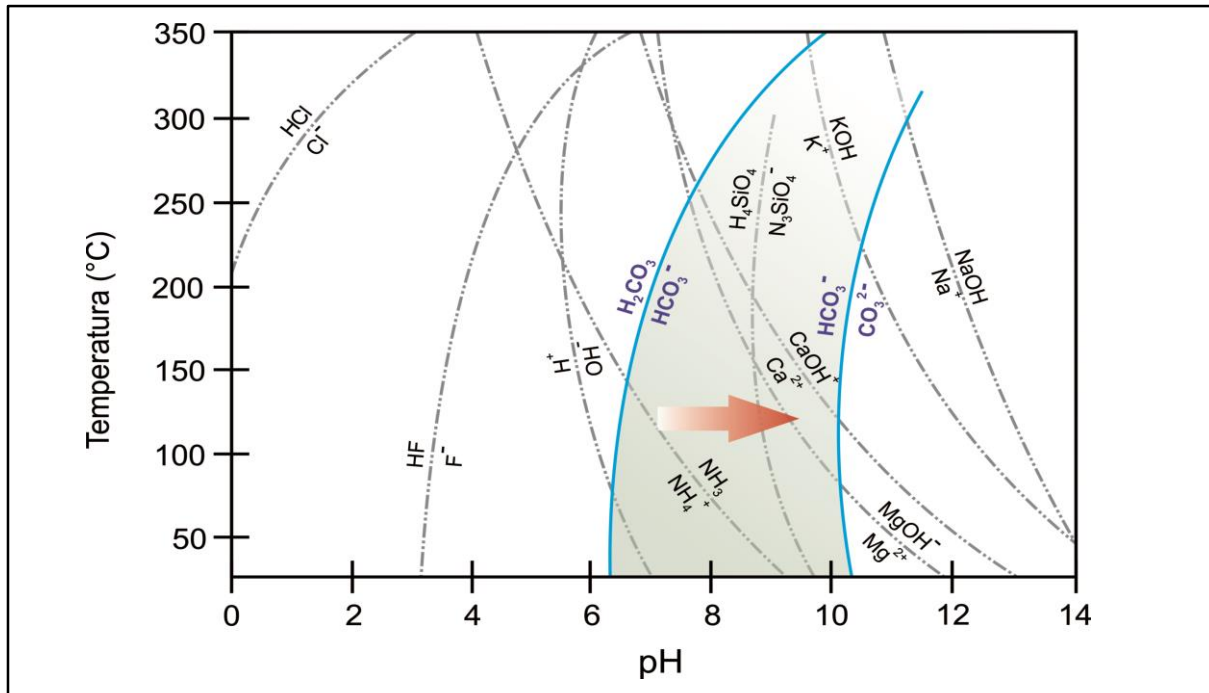
Nos estágios seguintes o metassomatismo adquire um caráter mais cálcico. O estágio de epidotização subsequente é reflexo de um fluido com baixa atividade hidrolítica e enriquecido em Ca^{2+} em que o mesmo, já em condições de insolubilidade no fluido, é incorporado na cristalização de minerais como epídoto. Apresentou-se de maneira mais restrita, e mais normalmente como agregados disformes, o que poderia vincular sua formação ter sido favorecida pela implementação de microambientes mais cálcicos ou zonas que registraram temperaturas menos elevadas.

Na sequência, formação de calcita ganha maior importância, retratando condições de pH neutro a alcalino (ROBB, 2006). Segundo Barnes (1997), a solubilidade do carbonato tende a reduzir-se com o aumento da temperatura. Todavia, não se observa nas paragêneses hidrotermais estudadas evidências que sustentem um aumento de temperatura. O mesmo autor propõe quatro mecanismos principais para a formação de uma ganga carbonática em ambiente hidrotermal: (i) aquecimento do fluido sob baixas salinidades e/ou temperaturas; (ii) depleção da salinidade; (iii) desgaseificação do CO_2 , com domínio do íon HCO_3^- sobre o ácido carbônico (H_2CO_3); e (iv) aumento nos valores do pH do sistema.

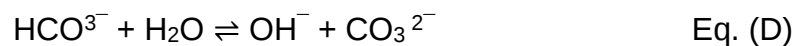
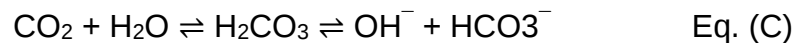
Como não há, até o momento, dados de inclusões fluidas e de isótopos estáveis para o alvo em estudo que sustentem as duas primeiras hipóteses, sugere-se que a principal fase de precipitação de carbonato tenha ocorrido mediante aumento do pH, através da reação de CO_2 e H_2O , com produção de ácido carbônico (H_2CO_3), que posteriormente teria se dissociado (Figura 5.3). Neste cenário, a dissociação do ácido carbônico, que ocorre em duas etapas por se tratar de um ácido fraco formado por 2 mols de H, é seguida por leve aumento do pH do fluido. A elevação do pH, portanto, teria favorecido a atividade do íon carbonato e, a consequente precipitação de calcita, estabelecendo, assim, o estágio de carbonatação (equações C, D e E).

Por outro lado, considerando que em outros alvos e depósitos há evidências de (i) separação de fases de um fluido aquo-carbônico ($\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-NaCl}$) ocasionando um aumento do pH e de (ii) mistura de fluidos com participação de soluções mais frias e diluídas proporcionando uma diminuição da salinidade, é possível que esses fatores também tenham influenciado a favor na formação do carbonato no Alvo Jerimum de Baixo.

Figura 5.3 - Diagrama de dissociação de alguns ácidos e bases inorgânicos, com destaque para a dissociação do ácido carbônico (H_2CO_3). A seta indica que a dissociação do H_2CO_3 é seguida por gradativo aumento do pH da solução.



Fonte: Diagrama extraído de Barnes (1997).



(calcita)

É muito provável que o Ca^{2+} tenha sido derivado da desestruturação do plagioclásio (dos granitos e andesitos) e as espécies de carbonato de fluidos aquo-carbônicos existentes no sistema Tocantinzinho.

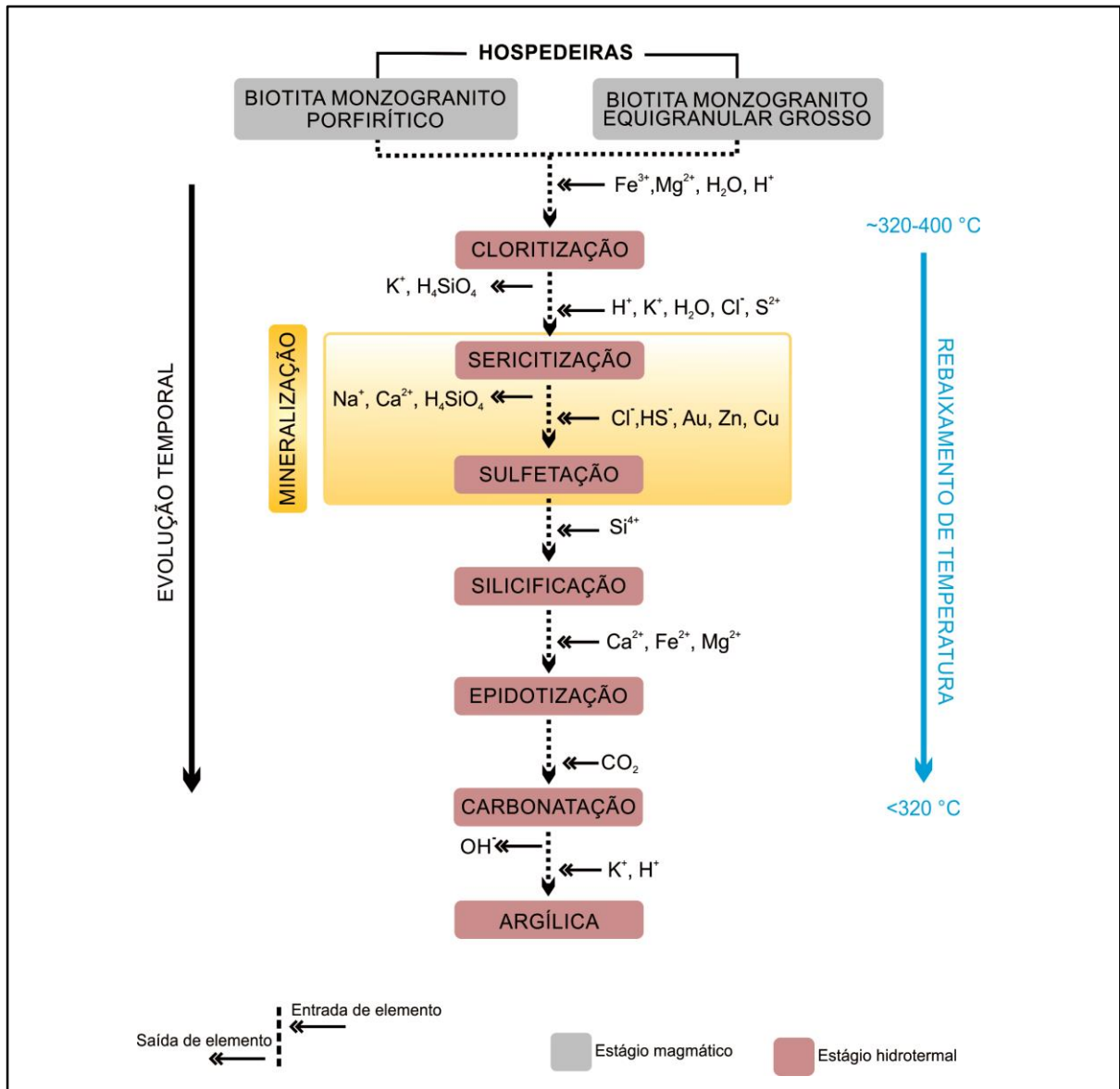
A história hidrotermal do depósito do Alvo Jerimum de Baixo chega ao fim com o registro de feldspatos leve a moderadamente argilizados em um dado momento em que, provavelmente, soluções meteóricas intensificaram sua influência.

A Figura 5.4 apresenta um fluxograma que esquematiza as mudanças físico-químicas relacionadas a evolução da história hidrotermal estimadas para o Alvo Jerimum de Baixo.

Como mencionado previamente, as unidades cristalinas aflorantes na região de Cuiú-Cuiú (Complexo Cuiú-Cuiú e as suítes intrusivas Creporizão e Parauari) são descritas como de afinidade cálcico-alcálica de médio a alto K. Tendo em consideração que o flúor tem maior afinidade com magmatismo de assinatura tipo A, nesse contexto, levanta-se a possibilidade, ainda de maneira inconclusiva, que a frequente ocorrência de fluorita pode ser decorrente, em alguma proporção, da ação de fluidos hidrotermais ricos em flúor oriundos de uma fonte externa exsolvidos de magmatismo anorogênico, elegendo o evento magmático relacionado à Suíte Intrusiva Maloquinha como um candidato potencial ao fornecimento de tal elemento, tendo em vista sua ocorrência abrangente e sua proximidade com a região estudada.

O presente trabalho não identificou partículas de ouro no estudo petrográfico das amostras. Todavia, sua cristalização é descrita como concomitante à sulfetação, mais precisamente associada com cristais de pirita, relacionada à alteração sericitica (McMAHON, 2011). No Alvo Jerimum de Baixo isso pode ser evidenciado pelos *logs* de sondagem referentes aos dois furos estudados (Anexo A).

Figura 5.4 - Fluxograma mostrando as mudanças físico-químicas estimadas relacionadas com a evolução temporal do paleossistema hidrotermal responsável pelos estágios de alteração e mineralizações nos granitos interceptados pelos furos CC_92_10 e CC_94_10 do Alvo Jerimum de Baixo.



Fonte: Baseado de Stabile-Jr (2012).

5.3 ESTUDO DO ZIRCÃO

Os cristais de zircão do Alvo Jerimum de Baixo variam morfológica e composicionalmente de acordo com suas fácies petrográficas hospedeiras. Morfologicamente, os zircões de ambas as variedades graníticas ocorrem em cristais idiomórficos com dimensões entre 10-310 μm , que se degradam no sentido de maior

exposição aos processos *subsolidus*, adquirindo feições extremamente irregulares, enriquecimento de minerais hidrotermais preenchendo fissuras (galena) e sobrecrecimentos tardios corroídos e bem definidos que se destacam do zircão magmático inicialmente formado. Os teores máximos de Hf em análises pontuais nessas bordas chegam a ~5,0%. Tais sobrecrecimentos assemelham-se aos zircões tardios descritos por Wang, Griffin e Chen (2010) e Lamarão et al. (2013). Segundo os primeiros autores, zircões tardios e, principalmente, os hidrotermais, exibem zoneamento oscilatório, altos conteúdos de Hf, Th e/ou U e geralmente acompanham minerais tardios como feldspato potássico e quartzo. Em rochas graníticas podem ocorrer como (i) cristais individuais, (ii) juntamente com cristais de zircões formados precocemente, ou na (iii) forma de sobrecrecimentos coroando zircões precocemente formados.

Composicionalmente, o observado foi uma similaridade razoável entre o BMgEG e o BMgP para a maioria dos elementos analisados, havendo superposições nos valores obtidos. Todavia, coube destaque para elementos como Hf, Ta, Te e Bi. Os zircões do BMgEG apresentam conteúdos médios de Hf=1,75-2,06%, Ta=0,39-0,62%, Te=0,41-0,82% e Bi=0,72-1,35%, enquanto que no BMgP se mostraram com teores médios de Hf=1,67-2,22%, Ta=0,38-0,77%, Te=0,41-0,88 e Bi=0,72-1,40%. Quando hospedados em rochas alteradas e mineralizadas observou-se o enriquecimento de Hf (1,60-2,90%), e a depleção de Ta (0,26-0,49%), Te (0,28-0,66%) e Bi (0,76-1,21%), sendo no último mais discreta. Cu+As+Sb+Te+Au+Bi também diminuiu na zona metassomatizada (2,75-3,38%).

Dessa forma Hf, Ta, Te e Bi se mostram os principais elementos controladores (principalmente os três primeiros) de feições distintivas entre as variedades de zircão gerando, no sentido granito preservado → granito alterado mineralizado, decréscimo em razões como Zr/Hf, e aumento em razões Zr/Ta, Zr/Te, Hf/Ta e Hf/Te.

6 ESTUDOS COMPARATIVOS

Os resultados obtidos por este estudo propiciaram condições para comparações preliminares com os dados gerados e disponibilizados por pesquisas prévias em outras localidades, em escala do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, destacando-se os depósitos Moreira Gomes e Central, e os alvos Jerimum de Cima, Pau da Merenda e Guarim, sumariados na tabela 4. Desta forma, os resultados aqui apresentados, de maneira global, apontam similaridades razoáveis com todos os outros sítios estudados.

No tocante a rocha hospedeira, o Alvo Jerimum de Baixo mais se aproxima ao depósito Central a ao Alvo Pau da Merenda, onde são relatados, principalmente, rochas monzograníticas. Contudo, não obstante à ausência de dados geocronológicos que permitam uma inserção estratigráfica para o primeiro, salienta-se que no Central as rochas hospedeiras foram inseridas na Suíte Intrusiva Parauari, enquanto que no Alvo Pau da Merenda, além de granodioritos também hospedarem a mineralização, registram-se rochas datadas compativelmente àquelas observadas no Complexo Cuiú-Cuiú (SILVA JUNIOR et al., 2012).

Uma história hidrotermal e de mineralização semelhante é compartilhada para todos os alvos e depósitos. Estágios de cloritização, sericitização, silicificação, sulfetação e carbonatação, com a mineralização sendo do tipo sulfetada e ocorrendo de forma concomitante à alteração sericítica são experimentados comumente nas rochas da região de Cuiú-Cuiú, com registro mais subordinado de epidotização no depósito Moreira Gomes, Central e no Alvo Jerimum de Baixo. Por outro lado, a ocorrência de fluorita apenas é documentada no último.

O conteúdo da associação metálica é também uma característica semelhante nos vários sítios mineralizados em que a associação sulfetada representada por pirita + calcopirita + pirrotita $\pm$ galena $\pm$ esfalerita é percebida de maneira generalizada (excetuando-se a pirrotita nos depósitos Moreira Gomes e Central). Os processos e estilos envolvidos, no geral, variam de fissural a disseminados na rocha alterada e em regiões colapsadas por fraturas e/ou brechação são compartilhados pelos alvos já estudados com boa correspondência entre si.

Tabela 5 – Características geológicas, geocronológicas e propriedades físico-químicas dos fluidos disponíveis para os depósitos e ocorrências auríferas(os) do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.

Alvos e depósitos	Guarim	Pau da Merenda	Jerimum de Cima	Central	Moreira Gomes	Jerimum de Baixo
Características						
Rocha hospedeira	Quartzo diorito, granodiorito (Cuiú-Cuiú)	Monzogranito, granodiorito (Cuiú-Cuiú)	Granitoide (Cuiú-Cuiú)	Monzogranito (Paraurari)	Tonalito (CrepORIZÃO)	Monzogranito
Idade da rocha hospedeira (idade da unidade)	Nd (2033-2005)	Nd (2033-2005)	Nd (2033-2005)	1884 ^a	1997 ^a	Nd
Alteração hidrotermal	Sil, Clor, Carb, Ser, Sulf	Sil, Clor, Ser, Carb, Sulf	Sil, Clor, Ser, Carb, Sulf	Sil, Clor, Ser, Carb, Sulf	Sil, Clor, Ser, Carb, Sulf, Ep	Sil, Clor, Ser, Carb, Sulf, Ep
Minerais de minério	Py (Ccp)	Py, Ccp, Po	Py	Py	Py	Py, Po, (Ccp)
Estilo da mineralização	Veio maciço, Brechas	Vênulas	nd	Vênulas	Vênulas	Disseminado Brecha (fissural)
Idade estimada (Ma)	nd	1862-1867 ^b	nd	1886-1907 ^b	1858	Nd
Tipos de fluidos	CO ₂ H ₂ O–CO ₂ H ₂ O	CO ₂ H ₂ O–CO ₂ H ₂ O	nd	CO ₂ H ₂ O–CO ₂ H ₂ O	CO ₂ H ₂ O–CO ₂ H ₂ O	Nd
%peso equiv. NaCl	5	0.4–8.0	nd	1,16–13,3	1.6–11.8	Nd
T (°C)	270–320	220–320	nd	340	280–350	Nd
P (kbar)	0.9-2.9	nd	nd	nd	<2.1	Nd
log fO ₂	–29.4 a –34.5	nd	nd	nd	nd	Nd
log fS ₂	–10 a –11	nd	nd	nd	nd	Nd
Profundidade (km)	4–7	nd	nd	nd	<6	Nd
δ ¹⁸ O _{H2O} (‰)	+11.2	nd	+13.9 a +6.8	+2,2 a +8,0	+0.5 a +9.8	Nd
δD _{H2O} (‰)	–31	nd	–80	–35 a +6	–8 a –49	Nd
Referências	1,2	3,4	2	4,6	4,5	7

Fonte: Compilado de Assunção e Klein (2014) somado aos dados de Araújo (2014) e este estudo.

Abreviações: nd=não determinado ou não disponível; Sil=silicificação; Clor=cloritização; Ser=sericitização; Carb=carbonatação; Sulf=sulfetação; Ep=epidotização; sigla entre parênteses indica fase subordinada.

Métodos geocronológicos: a – Pb-Pb em zircão por evaporação; b – Pb-Pb em sulfeto.

Referências: 1 - Klein et al. (2001b); 2 - Coutinho (2008); 3 - Queiroz e Klein (2012); 4 - Silva Junior et al. (2012); 5 – Assunção e Klein (2014); 6 – Araújo (2014); 7 – Este estudo.

O contexto geológico da Província Tapajós foi propício para a formação de vários tipos de depósitos hidrotermais de ouro, como resultado de processos magmáticos, hidrotermais ou metamórficos.

Em escala de PAT, no que tange a rocha hospedeira, estilo de mineralização e alteração hidrotermal, o Alvo Jerimum de Baixo é bastante distinto dos depósitos de Botica (V3) (JULIANI et al., 2005) e Chapéu de Sol (V6) (CORRÊA-SILVA, 2002), interpretados como epitermais. Em comparação com os depósitos Patinhas (KLEIN; ROSA-COSTA; CARVALHO, 2004) e Ouro Roxo (VELOSO, 2011; VELOSO; SANTOS, 2013), classificados como metamorfogênicos, as principais diferenças

estão relacionadas com o estilo de mineralização e rochas hospedeiras. As semelhanças aplicam-se mais aproximadamente aos tipos de alteração hidrotermal e conteúdo metalífero.

Com relação ao Batalha (JULIANI et al., 2002), Palito (ECHEVERRI-MISAS, 2010; JULIANI et al., 2008;), São Jorge (BORGES et al., 2009; BORGES, 2010), e principalmente Tocantinzinho (SANTIAGO et al. 2013; VILLAS et al., 2013), os dois primeiros interpretados como sistemas porfiríticos, o constatado no Alvo Jerimum de Baixo é que apresenta semelhanças razoáveis em relação às rochas hospedeiras e estilos de mineralização e alteração, principalmente com o último. A grande maioria dos diferentes tipos de alteração (com exceção do metassomatismo sódico, ainda não descrito no Tocantinzinho e no Cuiú-Cuiú, e metassomatismo alcalino no São Jorge) é comum a esses depósitos, bem como a contemporaneidade da mineralização à sericitização. As semelhanças são estendidas para o conteúdo em metálicos, embora calcopirita, inexpressiva e não associada à principal fase de mineralização no Tocantinzinho, aparece como um dos principais sulfetos de minério no Palito e Batalha, e com importância subordinada no Alvo Jerimum de Baixo.

Em relação ao zircão, Carvalho et al. (2013) com base em dados obtidos por MEV-ERE-EDS mostrou o comportamento composicional desse mineral oriundos do Granito São Jorge Antigo (GSJA – corpo não mineralizado) e Granito São Jorge Jovem (GSJJ – corpo hospedeiro de mineralização aurífera), ocorrentes na região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós.

Os cristais de zircão do GSJA são predominantemente subédricos a anédricos, localmente euédricos, pouco alterados, com comprimentos de até 40 µm nos biotita-anfibólio monzodioritos e predominantemente entre 60-80 µm no biotita monzogranito e biotita leucomonzogranito/sienogranito. Na zona mineralizada, os zircões do GSJJ são alotriomórficos a hipidiomórficos, por vezes corroídos, fraturados e alterados em diferentes intensidades. Mostram dimensões inferiores a 20 µm, pontualmente chegando a 30 µm. Na zona estéril deste granito, os cristais de zircão são subédricos a localmente euédricos, pouco alterados e com comprimentos em torno de 30-50 µm.

Os zircões do GSJJ atingem os valores mais elevados para Hf nas zonas mineralizadas (4,2%), em conformidade com os zircões do Alvo Jerimum de Baixo. Te (0,2-0,7%) tem maior valor também nas zonas mineralizadas (máx. 1,1%). No GSJA, por seu turno, os zircões apresentaram valores para Hf=1,3-2,0%, Te=0,3-0,6%,

Ta=0,6-1,1% e Bi=0,6-1,3%. A principal distinção entre os granitos do Alvo Jerimum de Baixo e os GSJA e GSJJ é a total ausência de Nb no primeiro, enquanto que se faz presente em quantidades que variam de 1,6-3,7% no GSJA e 2,1-3,4% no GSJJ.

O comportamento composicional dos cristais de zircão quando comparados em diagramas binários (Figura 6.1), mostram separação razoável entre granitos mineralizados e granito estéril, normalmente com alguma área de sobreposição. Os elementos que apresentaram maiores distinções entre zircões dos granitos analisados foram Zr, Te (mais enriquecidos nos zircões dos granitos hospedeiros de mineralização) e Ta (mais importante no GSJA). A relação entre os corpos graníticos hospedeiros de mineralização (GSJJ e Alvo Jerimum de Baixo) revelam boa correlação, uma vez que os pontos do segundo sempre se inserem na área formada pelo primeiro. Observa-se, também, que a separação entre os zircões do Alvo Jerimum de Baixo e GSJA (sem mineralização registrada) é ligeiramente mais efetiva do que com GSJJ e o GSJA.

Em diagramas ternários, apesar de a separação ser pouco pronunciada entre os granitos auríferos (Alvo Jerimum de Baixo e GSJJ) e o granito estéril (GSJA), constata-se que os zircões do GSJA são ligeiramente mais enriquecidos em Ta, e que Hf, Te e Bi são mais importantes em zircões do Alvo Jerimum de Baixo e GSJJ (Figura 6.2). Em linhas gerais, a separação novamente é um pouco mais efetiva quando se considera os pontos do GSJA e Alvo Jerimum de Baixo de que GSJA e GSJJ, onde, nos dois últimos, se apresentam áreas de sobreposição. De toda forma, o observado é que a distinção entre os granitos auríferos e os granitos estéreis, ainda carece de maiores estudos e adensamento de análises.

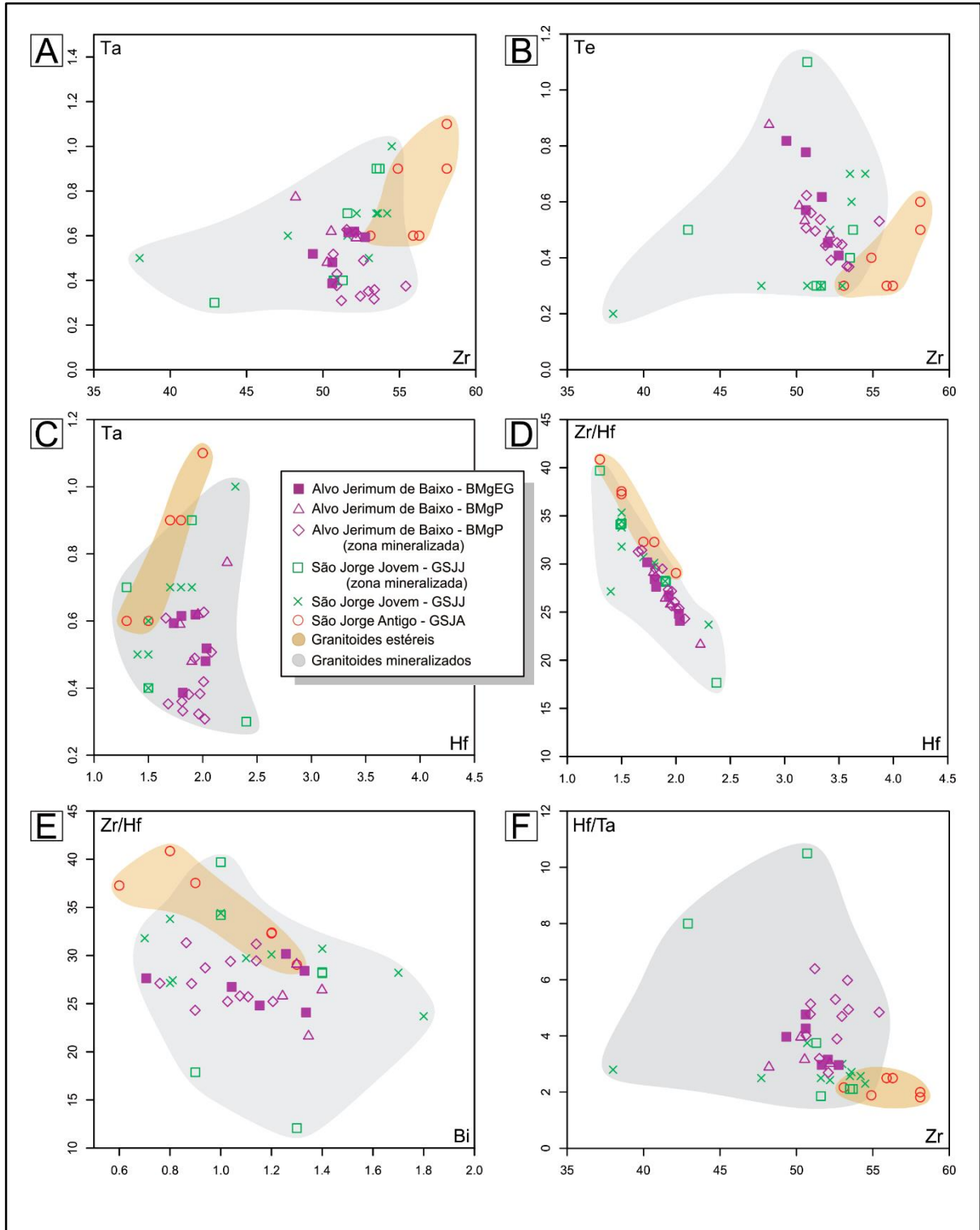
Para os diagramas comparativos foram excluídas as amostras R-32 e R-24 do Alvo Jerimum de Baixo (Tabela 3), pois seus zircões não se encontram em zonas preservadas e/ou mineralizadas, fugindo ao escopo dessa etapa do estudo. Os valores médios máximos e mínimos de alguns dos elementos analisados nos zircões do GSJA e GSJJ estão disponibilizados na tabela 5.

Tabela 6 - Valores médios máximos e mínimos de Zr, Te, Hf, Ta, Bi, Zr/Hf, Zr/Ta, Zr/Te, Hf/Ta, Hf/Te, Te/Ta, Hf/Bi, Bi/Ta e Zr/Bi de zircões do GSJA e GSJJ. Valores dos elementos em %peso.

Amostras	Elementos						Razões								
GSJA	Zr	Nb	Te	Hf	Ta	Bi	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Te	Hf/Ta	Hf/Te	Te/Ta	Hf/Bi	Bi/Ta	Zr/Bi
GSJA 27 - Min	55,9	1,7	0,3	1,5	0,6	0,6	37,3	93,2	186,3	2,5	5,0	0,50	2,5	1,0	93,2
GSJA 27 - Max	58,1	2,2	0,6	2,0	1,1	1,3	29,1	52,8	96,8	1,8	3,3	0,55	1,5	1,2	44,7
GSJA 35 - Min	53,1	3,7	0,3	1,3	0,6	0,8	40,8	88,5	177,0	2,2	4,3	0,50	1,6	1,3	66,4
GSJA 35 - Max	54,9	4,3	0,4	1,7	0,9	1,2	32,3	61,0	137,3	1,9	4,3	0,44	1,4	1,3	45,8
GSJA 58 - Min	56,3	1,6	0,3	1,5	0,6	0,9	37,5	93,8	187,7	2,5	5,0	0,50	1,7	1,5	62,6
GSJA 58 - Max	58,1	2,1	0,5	1,8	0,9	1,2	32,3	64,6	116,2	2,0	3,6	0,56	1,5	1,3	48,4
GSJJ	Zr	Nb	Te	Hf	Ta	Bi	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Te	Hf/Ta	Hf/Te	Te/Ta	Hf/Bi	Bi/Ta	Zr/Bi
GSJJ 02* - 110,78 - Min	51,3	2,5	0,3	1,5	0,4	1,0	34,2	128,3	171,0	3,8	5,0	0,75	1,5	2,5	51,3
GSJJ 02* - 110,78 - Max	53,5	2,8	0,4	1,9	0,9	1,4	28,2	59,4	133,8	2,1	4,8	0,44	1,4	1,6	38,2
GSJJ 02* - 152,00 - Min	51,6	2,3	0,3	1,3	0,7	1,0	39,7	73,7	172,0	1,9	4,3	0,43	1,3	1,4	51,6
GSJJ 02* - 152,00 - Max	53,7	2,8	0,5	1,9	0,9	1,4	28,3	59,7	107,4	2,1	3,8	0,56	1,4	1,6	38,4
GSJJ 02 - Min	47,7	2,2	0,3	1,5	0,6	0,7	31,8	79,5	159,0	2,5	5,0	0,50	2,1	1,2	68,1
GSJJ 02 - Max	54,5	2,7	0,7	2,3	1,0	1,8	23,7	54,5	77,9	2,3	3,3	0,70	1,3	1,8	30,3
GSJJ 02* - 164,91 - Min	42,9	2,5	0,5	2,4	0,3	0,9	17,9	143,0	85,8	8,0	4,8	1,67	2,7	3,0	47,7
GSJJ 02* - 164,91 - Max	50,7	2,8	1,1	4,2	0,4	1,3	12,1	126,8	46,1	10,5	3,8	2,75	3,2	3,3	39,0
GSJJ 06/23 - Min	38,0	2,1	0,2	1,4	0,5	0,8	27,1	76,0	190,0	2,8	7,0	0,40	1,8	1,6	47,5
GSJJ 06/23 - Max	52,2	3,1	0,5	1,7	0,7	1,4	30,7	74,6	104,4	2,4	3,4	0,71	1,2	2,0	37,3
GSJJ 07 - Min	51,6	2,4	0,3	1,5	0,6	1,0	34,4	86,0	172,0	2,5	5,0	0,50	1,5	1,7	51,6
GSJJ 07 - Max	53,6	2,7	0,6	1,9	0,7	1,7	28,2	76,6	89,3	2,7	3,2	0,86	1,1	2,4	31,5
GSJJ 09/7 - Min	53,0	3,1	0,3	1,5	0,5	0,9	35,3	106,0	176,7	3,0	5,0	0,60	1,7	1,8	58,9
GSJJ 09/7 - Max	54,2	3,4	0,5	1,8	0,7	1,2	30,1	77,4	108,4	2,6	3,6	0,71	1,5	1,7	45,2
GSJJ 09/14 - Min	50,7	3,1	0,3	1,5	0,4	0,8	33,8	126,8	169,0	3,8	5,0	0,75	1,9	2,0	63,4
GSJJ 09/14 - Max	53,5	3,4	0,7	1,8	0,7	1,1	29,7	76,4	76,4	2,6	2,6	1,00	1,6	1,6	48,6

Fonte: Médias dos elementos extraídos de Carvalho et al. (2013) e razões elaboradas pelo autor do presente estudo.

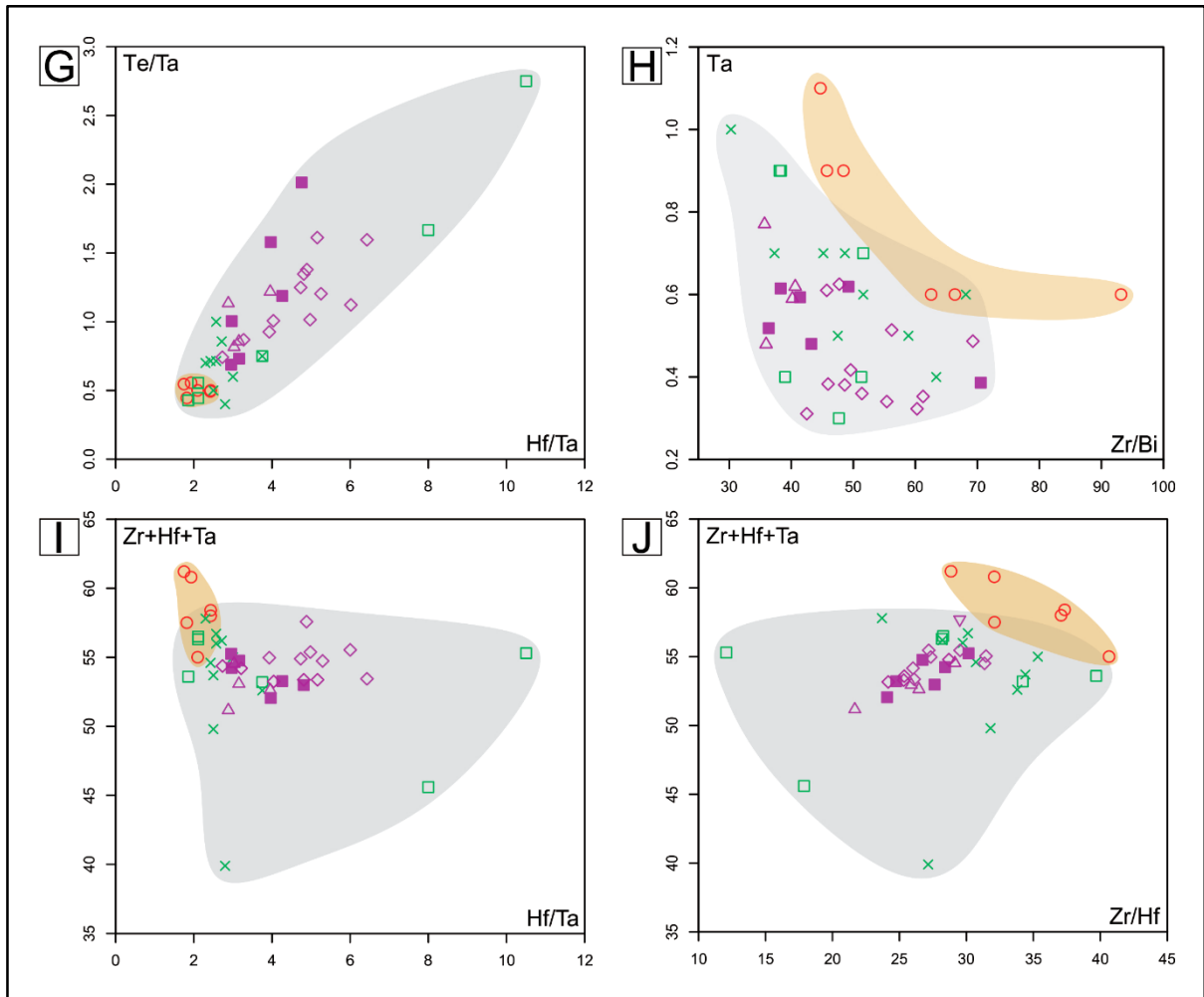
Figura 6.1 - Diagramas de composições químicas de zircões de granitos mineralizados (Alvo Jerimum de Baixo e Granito São Jorge Jovem) e estéreis (Granito São Jorge Antigo). A) Zr vs Ta; B) Zr vs Te; C) Hf vs Ta; D) Hf vs Zr/Hf; E) Bi vs Zr/Hf; F) Zr vs Hf/Ta; G) Hf/Ta vs Te/Ta; H) Zr/Bi vs Ta; I) Hf/Ta vs Zr+Hf+Ta; J) Zr/Hf vs Zr+Hf+Ta. Notar que a maioria dos diagramas mostram razoável separação entre os zircões oriundos de corpos mineralizados daqueles provenientes de granitos sem mineralização, mesmo com alguma área de sobreposição. Os valores são dados em % peso. (Continua)



Fonte: Compilado de Carvalho et al. (2013) com os dados deste estudo.

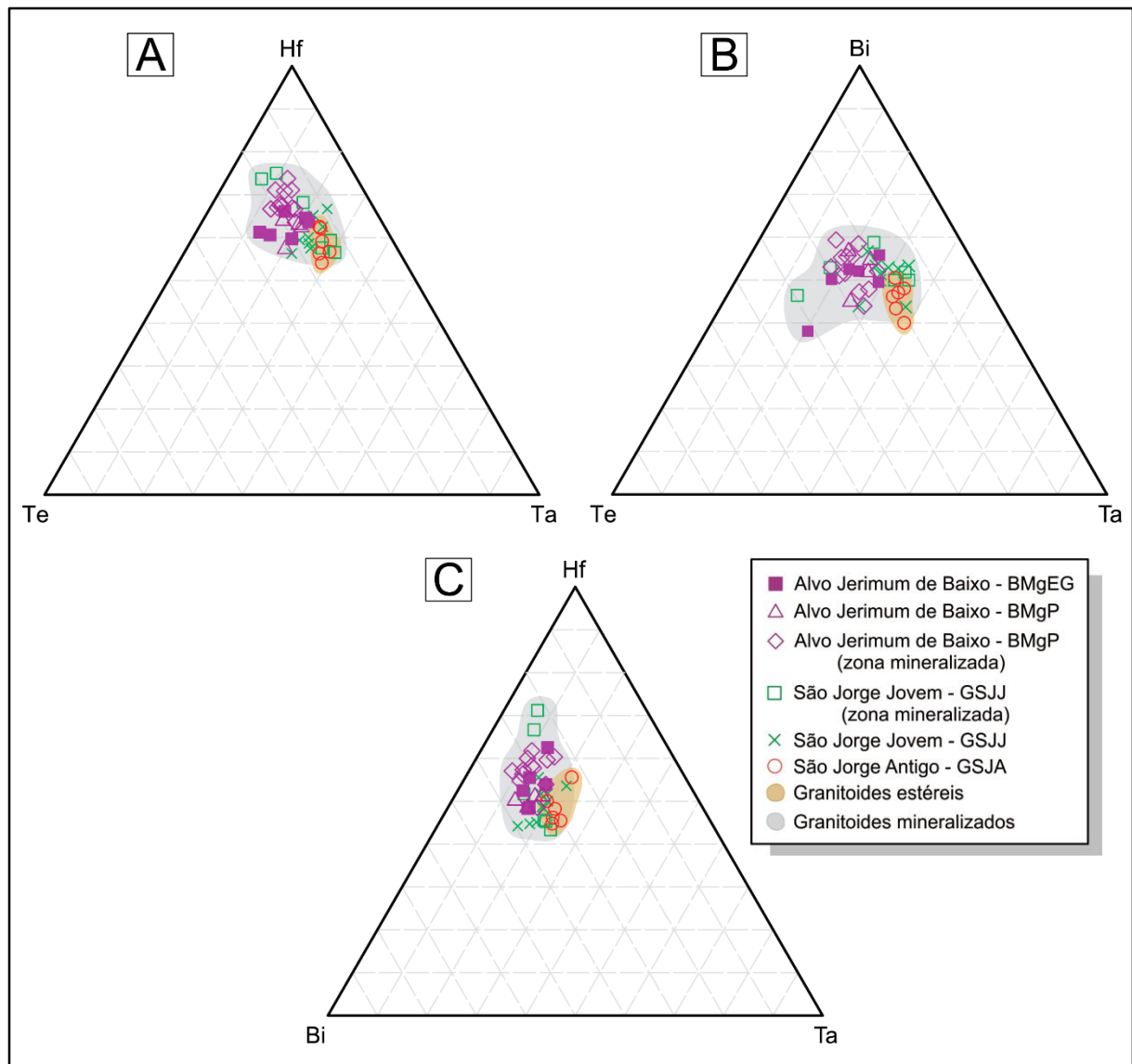
Continuação da figura 6.1.

(Conclusão)



Fonte: Compilado de Carvalho et al. (2013) com os dados deste estudo.

Figura 6.2 - Diagramas ternários com elementos analisados em zircões do granitos do Alvo Jerimum de Baixo, Granito São Jorge Jovem (corpos mineralizados) e Granito São Jorge Antigo (granito estéril). Os zircões dos granitos mineralizados são mais enriquecidos em Hf, Te e, mais ligeiramente, Bi. Ta promoveu razoável separação entre os granitos sendo mais enriquecido no Granito São Jorge Antigo.



Fonte: Compilado de Carvalho et al. (2013) com os dados deste estudo.

7 CONCLUSÕES

As rochas graníticas interceptadas e observadas em amostras de testemunhos de sondagem nos furos CC_92_10 e CC_94_10 do Alvo Jerimum de Baixo mostram uma composição monzogranítica e texturalmente variando em um termo porfirítico e um termo equigranular grosso. O estudo realizado indica que:

- As rochas hospedeiras das mineralizações têm como representantes rochas graníticas de composições monzograníticas com feições heterogêneas de trama deformacional rúptil e dúctil-rúptil, em acordo com a maioria dos sítios mineralizados no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, ressaltando-se os depósitos Moreira Gomes e Guarim, onde se manifestam rochas, até o presente momento, menos evoluídas como hospedeiras da mineralização e sem deformação dúcteis significativa relacionada ao primeiro, e o Depósito Central, que guarda uma gama composicional que varia de tonalito a sienogranito;
- Pelo menos sete estágios de alteração hidrotermal afetaram as rochas graníticas, modificando a sua textura e composição originais: cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação, epidotização, carbonatação e argilização. Os estilos das alterações variam de pervasiva, seletivamente pervasiva a fissural. A alteração hidrotermal mais importante foi a sericítica, relativamente de maior intensidade, que afetou as rochas estudadas de ambos os furos, e com a qual a mineralização sulfetada está associada, diagnosticado pela correlação positiva entre a abundância dos sulfetos a intensidade do metassomatismo sericítico;
- A grande diferença entre o Alvo Jerimum de Baixo e os outros sítios mineralizados no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú reside na ocorrência significativa de fluorita nas rochas alteradas do alvo estudado neste trabalho. A presença desse mineral, mais comum em magmatismo tipo A, levanta a possibilidade de participação, em algum nível, de fluidos oriundos de fontes externas aos granitos aqui estudados, levantando, ainda que de maneira preliminar, o magmatismo tipo Maloquinha como sua potencial fonte;
- O minério é do tipo sulfetado (representado aqui, pela associação pirita + pirrotita + calcopirita $\pm$ esfalerita $\pm$ galena) muito comum no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, bem como na Província Aurífera do Tapajós. A ocorrência de pirrotita

compondo a paragênese do minério, atribui um caráter reduzido para o fluido mineralizante;

- Os cristais de zircão de ambas as fácies graníticas presentes no Alvo Jerimum de Baixo, de maneira geral, ocorrem morfologicamente idiomórficos nas zonas mais preservadas e feições de deterioração em direção as regiões hidrotermalizadas. Análises por MEV-EDS evidenciam que elementos como Hf têm seus valores acrescidos em direção as zonas alteradas/mineralizadas, enquanto Ta, Te e Bi decrescem no mesmo sentido;

- Comparações preliminares entre cristais de zircão de granitos mineralizados (Granito São Jorge Jovem e Alvo Jerimum de Baixo) e estéreis (Granito São Jorge Antigo) mostram uma separação das diferentes populações de zircão razoável e apontam elementos como Hf, Ta, Te e, mais subordinadamente, Bi como potenciais marcadores de plútons especializados. Todavia, a comum observância de áreas de sobreposição nos diagramas composicionais comparativos entre os granitos hospedeiros de mineralização e os granitos não mineralizados, levanta a necessidade de maiores estudos e adensamento de análises.

7.1 DIFICULDADES

Nossa expectativa quanto a aplicação da catodoluminescência no estudo de zircão e, principalmente, quartzo, foi frustrada por problemas técnicos ocorridos ao MEV-CL, inviabilizando o aprofundamento previsto para a referida etapa do estudo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A. S.; COLLYER, T. A.; PEREIRA, J. L.; SEABRA, A. S.; SERFATY, S. *Projeto Santarém-Cachimbo: pesquisa mineral. Relatório final de reconhecimento*. Belém: Sudam/Idesp. 1977. 175 p.
- ALMEIDA, M.E.; BRITO, M.F.L.; MACAMBIRA, M.J.B. Caróçal Granite: 207Pb/206Pb evaporation age in postcollisional granitoids of Tapajós Gold Province, Amazonian region, Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 2, 1999, Córdoba. *Actas...* Córdoba, 1999. p. 3-6.
- ALMEIDA, M.E.; BRITO, M.F.L.; FERREIRA, A.L.; MONTEIRO, M.A.S (orgs.) *Geologia e recursos minerais da Folha Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D). Estados do Pará e Amazonas*. Escala 1:250.000. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós), nota explicativa e mapas, Brasília, CPRM, 2000. [CD-ROM].
- ARAÚJO, A.C.S. *Estudos isotópicos e de inclusões fluidas no Depósito Central do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Estado do Pará*. 2013. 88 f. Dissertação (mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.
- ASSUNÇÃO, R. F. S.; KLEIN, E. L. The Moreira Gomes deposit of the Cuiú-Cuiú goldfield: fluid inclusions and stable isotope constraints and implications for the genesis of granite-hosted gold mineralization in the Tapajós Gold Province, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, n. 49, p. 85-105, 2014.
- BAHIA, R.B.C.; QUADROS, M.L.E.S. *Geologia e recursos minerais da Folha Caracol - SB.21-X-C. Estado do Pará*. Escala 1:250.000. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós). Nota explicativa, CPRM, 2000. [CD-ROM].
- BAHIA, R. B. C.; QUADROS M. L. E. S.; FERREIRA A. L. POPINI, M.V.F.; PINHEIRO, S.S.; VASQUEZ, M.L. Formação Buiúçu - Descrição das unidades litoestratigráficas e litodêmicas. In: KLEIN, E. L.; ALMEIDA M. E.; VASQUEZ M. L.; BAHIA R. B. C.; QUADROS M. L. E. S.; FERREIRA A. L. (Org.). *Geologia e Recursos Minerais da Província Mineral do Tapajós: Folhas Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D), Jacareacanga (SB.21-Y-B), Caracol (SB.21 X-C), Vila Riozinho (SB.21-Z-A) e Rio Novo (SB.21-Z-C), Estados do Pará e Amazonas*, Escala 1:500.000. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós). Brasília, CPRM. 2001a. [CD-ROM].
- BAHIA, R. B. C.; QUADROS, M. L. E. S.; RIZZOTTO, G. J. Caracterização petrográfica e geoquímica da Suíte Intrusiva Porquinho, região oeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, SBG/Núcleo, 1998. 502 p.

BAHIA, R. B. C.; QUADROS, M. L. E. S.; VASQUEZ M. L.; RICCI, P. S. F.; FERREIRA A. L. Grupo Iriri - Descrição das unidades litoestratigráficas e litodêmicas. In: KLEIN, E. L.; ALMEIDA M. E.; VASQUEZ M. L.; BAHIA R. B. C.; QUADROS M. L. E. S.; FERREIRA A. L. (Org.). *Geologia e Recursos Minerais da Província Mineral do Tapajós*: Folhas Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D), Jacareacanga (SB.21-Y-B), Caracol (SB.21 X-C), Vila Riozinho (SB.21-Z-A) e Rio Novo (SB.21-Z-C), Estados do Pará e Amazonas, Escala 1:500.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós). Brasília, CPRM. 2001b. [CD-ROM].

BARNES H.L. *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. United States: 3rd ed., 1997. 972 p.

BARRETO, C.J.S.; LAFON, J.M.; ROSA-COSTA, L.T.; LIMA, E.F. Vulcanismo félsico paleoproterozoico do Grupo Iricoumé, Domínio Erepecuru-Trombetas, Província Amazônia Central: dados de campo, caracterização petrográfica e geocronologia Pb-Pb em zircão. *Revista do Instituto de Geociências-USP*. Série Científica, v. 13, n. 1, p. 45-70, 2013.

BELOUSOVA, E. A.; GRIFFIN, W. L.; O' REALLY, S. Y.; FISHER, N. Y. Trace elements in zircon: relationship to source rock type. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, v. 143, p. 602-622, 2002.

BENNING, L.G; SEWARD, T.M. Hydrosulphide complexing of Au(I) in hydrothermal solutions from 150-400 °C and 500-1500 bar. *Geochim. Cosmochim Acta*, n. 60, p. 1849-1871, 1996.

BORGES, A.W.G. *Geologia e metalogênese do depósito aurífero São Jorge, Província Aurífera do Tapajós, Novo Progresso-PA*. 2010. Dissertação (mestrado), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 92 p, 2010.

BORGES, R.M.K.; DALL'AGNOL, R.; LAMARÃO, C.N.; FIGUEIREDO, M.A.B.M.; LEITE, A.A.S.; BARROS, C.E.M.; COSTI, H.T. Petrografia, química mineral e processos hidrotermais associados ao depósito de ouro São Jorge, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. *Rev. Brasil. Geociên.* n. 39, p. 375-393, 2009.

BRITO, M.F.L. Suíte Intrusiva Parauari. In: ALMEIDA, M.E. et al. (Org.). *Geologia e recursos minerais da Folha Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D)*; Estados do Pará e Amazonas. Escala 1:250.000. Nota explicativa. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós). Brasília: CPRM. 2000a. [CD-ROM].

BRITO, M.F.L. Granito Pepita. In: ALMEIDA M.E. et al. (Org.). *Geologia e recursos minerais da Folha Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D)*; Estados do Pará e Amazonas. Escala 1:250.000. Nota explicativa. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós). Brasília: CPRM. 2000b. [CD-ROM]

BRITO, M.F.L.; ALMEIDA, M.E.; MACAMBIRA, M.J.B. 207Pb/206Pb age of calc-alkaline rapakivi granite in Tapajós Gold Province, Amazon Craton - Brazil. In: SOUTH-AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 2., Córdoba-Argentina. *Extend Abstract*. p. 40-43, 1999.

CARVALHO, T.A. DE; LAMARÃO, C.N.; CUNHA, R.M.B. Variação composicional de zircão do Granito São Jorge, Província Aurífera Do Tapajós: Implicações metalogenéticas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 13, 2013, Belém. *Anais...* Belém, SBG/Núcleo Norte, 2013.

CHAVES C. L.; MOURA E. M. *Projeto Médio Tapajós*. Geologia e Recursos Minerais da Folha Cuiú-Cuiú. Belém: CPRM. (no prelo).

CORRÊA-SILVA R.H. *Caracterização de um Sistema epitermal low-sulfidation (adularia-sericita) mineralizado em Au-Cu-Mo em vulcânicas paleoproterozóicas na Província Aurífera do Tapajós*: Implicações metalogenéticas e tectônicas. Dissertação (mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 159 p. 2002.

CORRÊA-SILVA R.H., JULIANI C., NUNES C.M.D., BETTENCOURT J.S. Petrographic characterization of the hydrothermal alteration zones associated with gold mineralization in granitic rocks of the Batalha Gold Field, Tapajós (Pará), Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 30, n. 2, p. 242-245, 2000.

COUTINHO, M.G.N. *Província Mineral do Tapajós*: Geologia, Metalogenia e Mapa Previsional para Ouro em SIG. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, p. 420, 2008.

COUTINHO M.G.N., SANTOS J.O.S., FALLICK A.E., LAFON J.M. Orogenic gold deposits in Tapajós Mineral Province, Amazon, Brazil [abs.]. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, 2000, Rio de Janeiro, Brazil, 2000. [CD-ROM].

DALL'AGNOL, R.; SILVA C.M.G.; SCHELLER T. Fayalite-hedenbergite rhyolites of Iriri Formation, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton: implication for the Uatumã volcanism. In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 1., Gramado, 1999.

DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J. *An introduction to rock-forming minerals*. Longman Scientific & technical, 1992.

DREHER, A.M.; VLACH, S.R.F.; MARTINI, S.L. Adularia associated with epithermal gold veins in the Tapajós Mineral Province, Pará State, northern Brazil. *Rev. Brasil. Geociên.* v. 28, n. 3, p. 397-404, 1998.

ECHEVERRI-MISAS C.M. *Geologia e gênese do depósito de Au-(Cu) do Palito, Província Aurífera do Tapajós*. Dissertação (mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 179 p, 2010.

FERNANDES, C. M. D. *Geologia, geoquímica e geocronologia das rochas vulcânicas do Grupo Uatumã, região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás*. Dissertação (mestrado) em Geoquímica e Petrologia, Universidade Federal do Pará, Belém. 130 p, 2005.

FERREIRA, A. L.; RIZZOTTO, G. J.; QUADROS, M. E. L. S.; BAHIA, R. B. C.; OLIVEIRA, M. A. Folha SB.21 - Tapajós. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. (Ed.) *Carta geológica do Brasil ao milionésimo: Sistema de informações geográficas-SIG*. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. 2004. [CD-ROM].

GROVES D.I., GOLDFAR R.J., GEBRE-MARIAM M., HEGEMANN S.G., ROBERT F. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geol. Rev.*, n. 13, p. 7-27, 1998.

HAYASHI, K. I.; OHMOTO, H. Solubility of gold in NaCl- and H₂S bearing aqueous solutions at 250-350 °C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, n. 55, p. 2111-2126, 1991.

HEAMAN, L. M.; BOWINS, R.; CROCKET, J. The chemical composition of igneous zircon suites: Implications for geochemical tracer studies. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 54, p. 1597-1607, 1990.

HOSKIN, P. W. O.; IRELAND, T. R. Rare earth element chemistry of zircon and its use as a provenance indicator. *Geology*, v. 28, p. 627-630, 2000.

JACOBI, P. The discovery of epithermal Au-Cu-Mo proterozoic deposits in the Tapajós Province, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*. v. 29, p. 277-279, 1999.

JULIANI, C.; CARNEIRO, C. C.; CARREIRO-ARAÚJO, S. A.; FERNANDES, C. M. D.; MONTEIRO, L. V. S.; CRÓSTA, A. P. Estruturação dos arcos magmáticos paleoproterozoicos na porção sul do Cráton Amazônico: implicações geotectônicas e metalogenéticas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 13, 2013, Belém. Anais... Belém, SBG/Núcleo Norte. 2013. [CD-ROM].

JULIANI, C., CORRÊA-SILVA R. H., MONTEIRO, L. V. S., BETTENCOURT, J. S., NUNES, C. M.D. The Au-granite Batalha system-Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil: hydrothermal alteration and regional implications. *Precambrian Research*. v. 119, n. 1-4, p. 225-256, 2002.

JULIANI, C.; MONTEIRO, L.V.S.; BETTENCOURT, J.S.; CORRÊA SILVA, R.H. *Paleoproterozoic epithermal high- and low-sulfidation and porphyry-related Au mineralizations in the Tapajós Gold Province, Brazil: exploration perspectives*. In: Simpósio Brasileiro de Exploração Mineral. ADIMB/DNPM/SBGf/SBG.Memória ... Ouro Preto. 2004. [CD-ROM].

JULIANI, C.; MONTEIRO, L.V.S.; BETTENCOURT, J.S.; FERNANDES, C.M.D. *Epithermal and porphyry-related Au and base-metal mineralizations in the Paleoproterozoic Uatumã magmatism - Tapajós Gold Province, Amazonian craton*. In: Inter. Geol. Congr., 33, IUGS, General Proceedings, 2008. [CD-ROM].

JULIANI, C.; RYE, O. R.; NUNES, C. M. D.; SNEE, L. W.; SILVA, R. H. C.; MONTEIRO, L. V. S.; BETTENCOURT, J. S.; NEUMANN, R.; ALCOVER NETO, A. Paleoproterozoic high-sulfidation mineralization in the Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil: geology, mineralogy, alunite argon age, and stable - isotope constraints. *Chemical Geology*, v. 215, n. 1-4, p. 95-125, 2005.

KEMPE, U.; GRUNER, T.; RENNO, A. D.; WOLF, D. Hf-rich zircon in rare-metal bearing granites: Magmatic or metasomatic origin? In: PAPUNEN, H. (Ed.). *Mineral Deposits: Research and Exploration*. Rotterdam: Balkema. p. 643-646, 1997.

KEMPE, U.; GRUNER, T.; RENNO, A. D.; WOLF, D.; RENÉ, M. Discussion on Wang et al. (2000) "Chemistry of Hf-rich zircons from the Laoshan I- and A-type granites, Eastern China". *Mineralogical Magazine*, v. 64, p. 867-877, 2004.

KLEIN, E. L.; ALMEIDA, M. E.; ROSA-COSTA, L. T. *The 1.89-1.87 Ga Uatumã Silicic Large Igneous Province, northern South America*. Large Igneous Provinces Commission. 2012. Disponível em: <<http://www.largeigneousprovinces.org>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

KLEIN, E.L., ALMEIDA, M.E., VASQUEZ, M.L., BAHIA, R.B.C., QUADROS, M.L.E.S., FERREIRA, A.L. *Geologia e recursos minerais da Província Mineral do Tapajós, Estados do Pará e Amazonas*: folhas SB.21-V-D, SB.21-Y-B, SB.21-X-C, SB.21-Z-A e SB.21-Z-C. Escala 1:500.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós). Brasília: CPRM. 2001a. [CD-ROM].

KLEIN, E. L.; GUIMARÃES, S.B.; CHAVES, C. L.; RODRIGUES, J. B.; QUEIROZ, J. D. S. *U-Pb (LA-ICP-MS) geochronology of detrital zircons from the Novo Progresso and Castelo dos Sonhos sedimentary formations: a preliminary approach to the source areas and implications for province boundaries in the Amazonian Craton*. In: 9th SSAGI - South American Symposium on Isotope Geology, 2014, São Paulo. Program and Abstracts. São Paulo: IG-USP. p. 203, 2014.

KLEIN E.L., ROSA-COSTA L.T., CARVALHO J.M.A. Estudo de inclusões fluidas em veio de quartzo aurífero do prospecto Patinhas, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 34, p. 59-66, 2004.

KLEIN E.L.; SANTOS R.A.; FUZIKAWA K.; ANGÉLICA R.S. Hydrothermal fluid evolution and structural control of the brittle-style Guarim lode-gold mineralization, Tapajós Province, Amazonian Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, v. 36, n. 2, p. 149-164, mar. 2001b.

KLEIN E.L.; VASQUEZ M.L.; ROSA-COSTA L. T. DA; CARVALHO J.M DE A. Geology of Paleoproterozoic gneiss- and granitoid-hosted gold mineralization in Southern Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil. *International Geology Review*, n. 44, p. 544-558, 2002.

LAMARÃO, C.N.; DALL'AGNOL, R.; LAFON, J.M.; LIMA, E.F. Geology, geochemistry, and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil. *Precam. Res.* n. 119, p. 189-223, 2002.

LAMARÃO, C. N.; DALL'AGNOL, R.; PIMENTEL, M. M. Nd isotopic composition of Paleoproterozoic volcanic rocks of Vila Riozinho: implications for the crustal evolution of the Tapajós gold province, Amazon craton. *Journal of South American Earth Sciences*, n. 18, p. 277-292, 2005.

LAMARÃO, C. N.; DALL'AGNOL, R.; SILVA, J. S.; SOLEDADE, G. L. Morphological and compositional variation in zircons of tin-specialized Paleoproterozoic A-type granites of the Amazonian craton: Metallogenic implications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON A-TYPE GRANITES AND RELATED ROCKS THROUGH TIME, IGCP-510, 2010, Helsinki-Finland. *Abstract Volume...* Helsinki: O. Tapani Ramo, Sari Lukkari, Aku Heinonen (eds.), Helsinki University-Department of Geosciences and Geography. Helsinki University Print. ... p. 68-70, 2010.

LAMARÃO, C. N.; DALL'AGNOL, R.; SOLEDADE, G. L.; SILVA J. S. Variações composicionais de zircão em granitos anorogênicos proterozóicos do Cráton Amazônico: implicações metalogenéticas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, p. 693-704, 2007.

LAMARÃO, C. N.; PINHO, S. C. C.; JUNIOR, A. L. P.; TORO, M. A. G. Mineralogy and geochemistry of the Paleoproterozoic, tin-mineralized Bom Jardim Granite of the Velho Guilherme Suite, eastern Amazonian Craton. *Journal of South American Earth Science*, v. 38, p. 159-173, 2012.

LAMARÃO, C.N.; ROCHA, K.K.N.; MARQUES, G.T.; BORGES, R.M.K. Quartzó e zircão como marcadores da evolução magmático-hidrotermal do Granito Antônio Vicente, Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Carajás. *Rev. Inst. Geociên-USP*. n. 13, p. 4-68, 2013.

LANDIS G.P.; SNEE LW.; JULIANI C. Evaluation of alunite argon ages and fluid inclusion integrity: step-wise noble gas heating experiments on 1.87 Ga alunite from Tapajós Gold Province, Brazil. *Chem. Geol.*, n. 215, p. 127-153, 2005.

LE MAITRE, R.W. *Igneous rocks: A classification and glossary of terms*. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission of the Systematic of Igneous Rocks. Cambridge University Press, 2nd edition. 2002. 252 p.

MCMAHON, A.M.P.G. *Resource Estimate and Technical Report for the Cuiú Cuiú Project Tapajós Region, North-Central Brazil*. Relatório interno. 134 p., 2011. Disponível em: <www.magellanminerals.com>. Acesso em: 02 set 2013.

KLEIN, E. L.; ALMEIDA, M. E.; ROSA-COSTA, L. T. *The 1.89-1.87 Ga Uatumã Silicic Large Igneous Province, northern South America*. Large Igneous Provinces Commission. 2012. Disponível em: <www.largeigneousprovinces.org>. Acesso em: 10 nov. 2014.

MELO, A.F.F.; ANDRADE, A.F.; YAMAGUTI, H.S.; OLIVEIRA, J.R.; CARMONA, J.R.M.; D'ANTONA, R.J.G.; LOPES, R.C. Projeto Tapajós-Sucunduri. CPRM/DNPM, v. 1A, p. 1-356, 1980.

MEYER, C., HEMLEY, J.J. *Wall rock alteration, in Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, Barnes H.L., ed., Holt, Rinehart and Winstone. New York. p. 166-232, 1967.

MONTEIRO, M.A.S. Diabásio Crepori. In: ALMEIDA, M.E., SOARES, M.E., BRITO, M.F.L., FERREIRA, A.L. & MONTEIRO, M.A.S. 2000. *Geologia e Recursos Minerais da Folha Vila Mamãe Anã, SB. 21-V-D*. Estado do Amazonas e Pará. Escala 1: 250.000. Nota Explicativa. PROMIN - Tapajós. Manaus: CPRM. 2000.

MOURA, C. A. V.; GORAYEB, P. S. S.; MATSUDA, N. S. Geocronologia Pb-Pb em zircão do riolito Vila Raiol, Formação Iriri – sudoeste do Pará. In: Simpósio de geologia da Amazônia, 6, Manaus. SBG, *Resumos expandidos*. p. 475-477, 1999.

NUNES, C.D. Caracterização de um sistema epitermal *high sulfidation* Paleoproterozóico na Província Aurífera do Tapajós, Pará. Dissertação (mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 174p. 2001.

PESSOA, M.R.; SANTIAGO, A.F.; ANDRADE, A.F.; BARRETO, E.L.; NASCIMENTO, J.O.; SANTOS, J.O.S.; OLIVEIRA, J.R.; LOPES, R.C.; PRAZERES, W.V. *Projeto Jamanxim*. CPRM/ DNPM, v. 1-3, 614 p, 1977.

PIRAJNO F. *Hydrothermal mineral deposits*. Principles and fundamental concepts for the exploration geologists. Berlin, Springer-Verlag, 1992. 709 p.

PIRAJNO, F. *Hydrothermal processes and mineral systems*. Springer: Berlin; 2009. 1250 p.

PRAZERES, W. V.; SANTOS, A. J. DOS; CAMPOS, M. J. F. DE; CAVALCANTE, O. A. *Projeto Estanho dos Granitos Maloquinha*: relatório final. DNPM/CPRM, Manaus – Amazonas. Texto. 11, p. 301, 1979.

PUPIN, J. P. Granite genesis related to geodynamics from Hf-Y in zircon. *Transactions of Royal Society of Edinburgh Earth Science*, v. 91, p. 245-256, 2000.

QUADROS, M. L. E. S.; BAHIA, R. B. C.; ALMEIDA, M. E. Geologia, petrografia e geoquímica preliminar da Suíte Intrusiva Cachoeira Seca, Província Mineral do Tapajós, sudoeste do Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40. SBG – Belo Horizonte – Minas Gerais. *Anais*. p. 468, 1998.

QUEIROZ, J. D. S.; KLEIN, E. L. Estudo de inclusões fluidas em veios de quartzo sulfetado do alvo Pau da Merenda, campo mineralizado Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós. In: 46º Congresso Brasileiro de Geologia, Santos, SBG. *Anais*. 2012.

RABBIA, O.M.; HERNÁNDEZ, L.B.; FRENCH, D.H.; KING, R.W.; AYERS, J.C. The El Teniente porphyry Cu–Mo deposit from a hydrothermal rutile perspective. *Mineral. Deposita*, v. 44, 849-866. 2009.

REED M. H. Hydrothermal alteration and its relationship to ore fluid composition. In: BARNES, H. L., (ed.). *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. New York: J. Wiley, p.: 303-36, 1997.

ROBB L. *Introduction to ore-forming processes*. Blackwel Publishing, Aurla, p. 373, 2006.

ROMBERGER, S. B. *Geochemistry of epithermal precious metal deposits*. Gold '90, Proceedings of the Gold '90 Symposium, 181-188. Littleton, Colorado, Estados Unidos. 1990.

SANTIAGO E. S. B, VILLAS R.N., OCAMPO R. C. The Tocantinzinho gold deposit, Tapajós province, state of Pará: host granite, hydrothermal alteration and mineral chemistry. *Brazilian Journal of Geology*, v.43, n. 1, p. 185-208, 2013.

SANTOS, J. O. S. Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil-Central. In: BIZZI, L.A.; SHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, M. R.; GONÇALVES J. H. (Ed.). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*. Brasília: CPRM-Serviço Geológico do Brasil. (Cap. IV, 169-226 p.). 2003.

SANTOS, J. O. S.; BREEMEN, O. B. V.; GROVES, D. I.; HARTMANN, L. A.; ALMEIDA M. E.; McNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. Timing and evolution of multiple Paleoproterozoic magmatic arcs in the Tapajós Domain, Amazon Craton: constraints from SHRIMP and TIMS zircon, baddeleyite and titanite U–Pb geochronology. *Precambrian Research*, n. 13, 73-109, 2004.

SANTOS, J. O. S.; GROVES D. I.; HARTMANN, L. A.; MOURA, M. A.; McNAUGHTON, N. J. Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta Domains, Tapajós Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, n. 36, v. 3-4, p. 279-299, 2001.

SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; McNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I.R. New understanding of the Amazon Craton provinces, based on field work and radiogenic isotope data. *Gondwana Research*. v. 3, n. 4, p. 453-488, 2000.

SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; MACNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. Timing of mafic magmatism in the Tapajós Province (Brazil) and implication for the evolution of the Amazon Craton: evidence from baddeleyite and zircon U-Pb SHRIMP geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, n. 15, p. 409-429, 2002.

SANTOS, J.O.S.; HARTMANN, L.A.; RIKER S.R.; SOUZA, M.M.; ALMEIDA, M.E.; McNAUGHTON, N.J. A compartimentação do cráton Amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 2000-2006. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 9., Belém. *Anais...*, Belém: SBG/Núcleo Norte. 2006. [CD-ROM].

SANTOS M. D.; AQUINO L.B.M.; SERRA V. F. H.; LIMA M. V. G. R.; GALARZA M. A.; LAFON J. M. *Geocronologia das rochas hospedeiras e do minério com implicações na gênese do depósito aurífero palito, Província Tapajós, sudoeste do Pará*. 13º Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém. 2013.

SILLITOE, R. H. *Intrusion-related gold deposits*. In: FOSTER, R. P. (ed.) *Gold metallogeny and exploration*. Glasgow: Blackie & Son. p. 165-209, 1991.

SILLITOE, R.; THOMPSON, J. H. F. Intrusion-related vein gold deposits: types, tectomagmatic settings and difficulties of distinction from orogenic gold deposits. *Resource Geology*, v. 48, p. 237-250, 1998.

SILVA JÚNIOR, C. A. S.; KLEIN, E. L.; GALARZA, M. A. *Rochas hospedeiras e estudo de isótopos de chumbo do minério aurífero do alvo Pau da Merenda, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Estado do Pará*. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 13, SBG-Núcleo Norte, Belém. 2013. [CD-ROM].

SILVA JÚNIOR, C. A. S.; KLEIN, E. L.; GALARZA, M. A.; MOORE, D. J. Petrografia e geocronologia das rochas hospedeiras e do minério aurífero sulfetado no depósito Central (Cuiú-Cuiú), Província Aurífera do Tapajós, Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 46. SBG, Santos – São Paulo. *Anais*. 2012.

STABILE-JR, A. *Tipo e distribuição da alteração hidrotermal no depósito aurífero Pé Quente, setor leste da Província Aurífera de Alta Floresta (MT)*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 59 p., 2012.

STRECKEISEN, A. To each plutonic rock its proper name. *Earth. Sci. Rev*, 12, 1-33. 1976.

TASSINARI, C.C. G.; BETTENCOURT, J. S.; GERALDES, M. C.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON, J. M. The Amazonian Craton. In: CORDANI U. G., THOMAZ FILHO A., CAMPOS D. A. (eds.) *Tectonic evolution of South America*. Rio de Janeiro, p. 41-95, 2000.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*. v. 22, n. 3, p. 174-182, 1999.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: MANTESSO NETO, V.; et al. (Org.). *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de F.F.M. de Almeida*. São Paulo: BECA, p.471-486, 2004.

UHER, P.; BREITER, K.; KLECKA, M.; PIVEC, E. Zircon in highly evolved Hercynian Homolka Granite, Moldanubian Zone, Czech Republic: indicator of magma source and petrogenesis. *Geologica Carpathica*, v. 49, p. 151-160, 1998.

VASQUEZ M.L. Contexto Geológico Regional. In: VASQUEZ, M.L., CHAVES, C.L., MOURA, E.M., OLIVEIRA J.K.M. *Geologia e Recursos Minerais das Folhas São Domingos - SA.21.Z-A-II e Jardim do Ouro - SA.21-Z-A-III, Estado do Pará*, Escala 1:100.000. Belém, CPRM-Serviço Geológico do Brasil. 2014.

VASQUEZ, M. L., CHAVES. C. L., MOURA E. M., OLIVEIRA J. K. M., LAFON J. M. Eventos magmáticos de 2020 - 1980 Ma nas folhas São Domingos e Jardim do Ouro, porção leste do Domínio Tapajós. *Anais do 13º Simpósio de Geologia da Amazônia*. Belém. p. 209-212. 2013.

VASQUEZ, M. L.; KLEIN, E. L.; BAHIA, R. B. C.; RICCI, P. S. F.; QUADROS, M. L. E. S. Descrição das unidades litoestratigráficas e litodêmicas. In: VASQUEZ, M. L.; KLEIN, E. L. (Org.). *Geologia e recursos minerais da Folha Rio Novo – SB.21-Z-C: Estado do Pará*. Escala 1:250.000. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós). CPRM, Brasília. 1 CD-ROM. 2000b.

VASQUEZ, M. L.; KLEIN, E. L.; MACAMBIRA, M. J. B.; SANTOS, A.; BAHIA, R. B.; RICCI, P. S. F.; QUADROS, M. L. E. S. Geochronology of granitoids, mafic intrusions, and mineralizations of the Tapajós Gold Province–Amazonian Craton–Brazil. In: International geological congress, 31. Rio de Janeiro. *Abstract*. 2000a. [CD-ROM].

VASQUEZ, M. L.; KLEIN, E. L.; QUADROS, M. L. E. S.; BAHIA, R. B. C.; SANTOS, A.; RICCI, P. S. F.; SACHETT, C. R.; SILVA, C. M. G.; MACAMBIRA, M. J. B. Magmatismo Uatumã na Província Tapajós – Novos dados geocronológicos. In: Simpósio de geologia da Amazônia, 6, Manaus - Amazonas. SBG. *Resumos expandidos*. p. 471-474, 1999.

VASQUEZ, M.L.; KLEIN, E.L.; RICCI, P. S. F. Granitóides pós-colisionais da porção leste da Província Tapajós. In: KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. (Ed.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. SBG, Belém. 3, p. 67-84, 2002.

VASQUEZ, M. L.; RICCI, P.S.F.; KLEIN E. L.; SANTOS, A.; MARTINS, R. C. Descrição das unidades litoestratigráficas e litodêmicas. In: KLEIN, E. L.; VASQUEZ, M. L. (Org.). *Geologia e recursos minerais da Folha Vila Riozinho – SB.21-Z-A: Estado do Pará*. Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (Promin Tapajós). CPRM, Brasília. 2000c. [CD-ROM].

VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. da (Orgs.). *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará*. Escala 1.000.000. CPRM, Belém. 328 p, 2008.

VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. DA; SILVA, C. M. G. DA; RICCI, P. DOS S. F.; BARBOSA, J. DOS P. DE O.; KLEIN, E. L.; LOPES, E. C. DOS S.; MACAMBIRA, E. M. B.; CHAVES, C. L.; CARVALHO, J. M. DE A.; OLIVEIRA, J. G. F. DE; ANJOS, G. C. DOS; SILVA, H. R. da. Unidades Litoestratigráficas. In: VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. DA (Orgs.). *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará*. Escala 1.000.000. CPRM, Belém. p. 173-184, 2008a.

VELOSO, A. S. R.; SANTOS, M. D. Geologia, petrografia e geocronologia das rochas do depósito aurífero Ouro Roxo, Província Tapajós, Jacareacanga (PA), Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 43, n. 1, p. 22-36, 2013.

VILLAS, R.N.N.; SANTIAGO, E.S.B.; CASTILHO, M.P. Contexto geológico, estudos isotópicos (C, O-Pb) e associação metálica do depósito aurífero Tocantinzinho, Domínio Tapajós, Província Tapajós-Parima. *Rev. Inst. Geociên-USP*, n. 13, p. 119-138, 2013.

WANG, R.C., ZHAO, G.T., LU, J.J., CHEN, X.M., XU, S.J., WANG, D.Z. Chemistry of Hf-rich zircons from the Laoshan I- and A-type granites, Eastern China. *Mineralogical Magazine*, n. 64, p. 867–877, 2000.

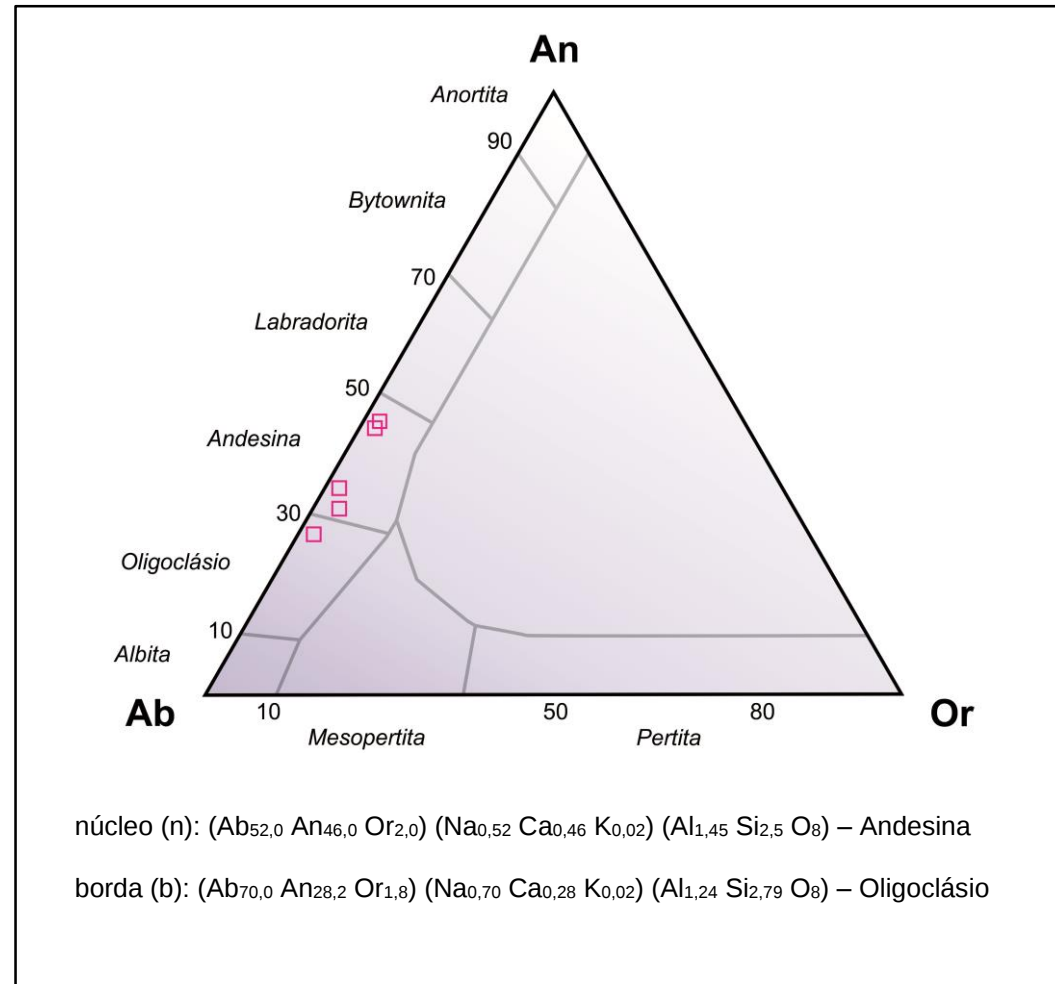
WANG, X.; GRIFFIN, W. L.; CHEN, J. Hf contents and Zr/Hf ratios in granitic zircons. *Geochemical Journal*, v. 44, p. 65-72, 2010.

WHITNEY, D. L.; EVANS, B. W. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, v. 95, p. 185-187. 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Composição química obtida por análise semiquantitativa de MEV-EDS representativa do plagioclásio do biotita monzogranito equigranular grosso com o cálculo da fórmula estrutural realizado na base de 32 oxigênio e suas projeções no diagrama triangular An-Ab-Or.

Litotipo	Biotita monzogranito equigranular grosso (BMgEG)				
Mineral	Plagioclásio				
Amostra	R-35				
Análise	1		1		1
n/b	n	b	n	b	b
SiO ₂	56,97	63,17	59,00	62,27	62,63
BaO	0,48	0,26	0,44	0,45	0,33
Al ₂ O ₃	27,40	23,77	26,07	24,20	24,13
Cr ₂ O ₃	0,16	0,08	0,08	0,05	0,04
FeO	0,28	0,14	0,31	0,31	0,15
MnO	0,06	0,16	0,10	0,14	0,05
MgO	0,08	0,02	0,00	0,02	0,00
CaO	8,79	5,12	8,27	5,56	6,13
Na ₂ O	5,49	7,01	5,40	6,48	6,26
K ₂ O	0,29	0,27	0,31	0,53	0,27
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Si	10,26	11,17	10,73	11,22	11,07
BaO	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04
Al	5,81	4,98	5,49	5,26	5,46
Cr	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01
Fe	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02
Mn	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Mg	0,03	0,00	0,03	0,02	0,00
Ca	1,75	0,98	1,58	1,06	1,16
Na	1,92	2,64	1,97	2,23	2,14
K	0,08	0,09	0,07	0,12	0,08
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
An	46,08	28,23	44,94	31,01	34,51
Ab	52,12	69,99	53,07	65,44	63,70
Or	1,80	1,78	1,99	3,55	1,79



APÊNDICE B - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de pirita.

Amostra	Pirita (disseminada)													
R-27	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	2,87	49,23	41,47	0,20	0,05	0,13	0,44	0,28	0,24	1,24	0,73	0,29	1,18	1,41
Spec 02	2,34	48,31	42,75	0,27	0,06	0,00	0,28	0,39	0,33	1,14	0,93	0,36	1,14	1,46
Spec 03	2,84	49,40	41,50	0,32	0,13	0,00	0,24	0,43	0,30	1,08	0,73	0,44	0,98	1,50
Média	2,68	48,98	41,91	0,26	0,08	0,04	0,32	0,36	0,29	1,15	0,80	0,36	1,10	1,46
Amostra	Pirita (disseminada)													
R-28 (Fig. 4.14A)	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 11	3,00	49,73	41,42	0,19	0,00	0,03	0,27	0,21	0,25	1,01	1,44	0,44	0,63	1,30
Spec 12	2,80	48,56	41,61	0,35	0,00	0,05	0,36	0,38	0,28	0,59	1,38	0,79	1,49	1,24
Spec 13	2,67	49,12	41,78	0,35	0,21	0,00	0,39	0,30	0,31	0,04	0,82	1,09	1,18	1,58
Spec 14	2,85	49,50	41,06	0,09	0,10	0,44	0,45	0,25	0,27	1,10	1,28	0,23	0,82	1,33
Média	2,83	49,23	41,47	0,25	0,08	0,13	0,37	0,29	0,28	0,68	1,23	0,64	1,03	1,36
Amostra	Pirita (disseminada)													
R-28 (Fig. 4.14B)	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 04	2,61	49,25	41,88	0,10	0,00	0,10	0,28	0,25	0,25	1,66	0,85	0,25	1,06	1,28
Spec 05	2,80	49,03	41,21	0,21	0,03	0,07	0,28	0,30	0,42	0,48	1,06	0,80	0,95	2,02
Spec 06	2,66	49,20	41,64	0,17	0,11	0,00	0,27	0,24	0,32	0,69	0,82	0,74	1,47	1,54
Média	2,69	49,16	41,58	0,16	0,05	0,05	0,28	0,26	0,33	0,94	0,91	0,60	1,16	1,61
Amostra	Pirita (disseminada)													
R-28	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	2,34	48,47	42,01	0,19	0,15	0,00	0,40	0,32	0,35	0,89	1,19	0,78	1,03	1,57
Spec 02	2,98	49,86	41,60	0,17	0,09	0,00	0,24	0,23	0,31	0,78	0,92	0,65	0,72	1,33
Spec 03	3,13	49,22	41,23	0,36	0,20	0,03	0,19	0,26	0,31	0,46	0,48	1,22	1,29	1,38
Spec 04	2,46	48,89	42,19	0,13	0,04	0,04	0,36	0,20	0,28	0,94	1,02	0,57	1,04	1,59
Spec 05	2,65	49,43	42,09	0,18	0,09	0,06	0,38	0,27	0,31	0,78	0,63	0,61	0,75	1,59
Spec 06	2,76	49,39	41,08	0,29	0,09	0,00	0,36	0,35	0,29	0,81	1,18	0,96	0,69	1,52
Spec 07	3,65	50,13	40,17	0,31	0,00	0,00	0,21	0,53	0,31	0,85	1,01	0,38	1,25	0,93
Spec 08	3,47	50,49	40,25	0,19	0,10	0,09	0,29	0,33	0,34	0,96	0,91	0,35	0,61	1,42
Spec 09	2,82	49,12	41,72	0,25	0,27	0,00	0,33	0,20	0,18	0,77	0,64	0,79	1,41	1,32
Média	2,92	49,44	41,37	0,23	0,11	0,02	0,31	0,30	0,30	0,80	0,89	0,70	0,97	1,40
Amostra	Pirita (disseminada)													
R-40	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	3,20	48,59	40,10	0,06	0,05	0,00	0,12	0,41	0,38	0,79	1,45	0,78	1,92	2,08
Spec 02	3,17	49,34	40,62	0,00	0,00	0,04	0,44	0,39	0,38	1,05	0,92	0,91	0,96	1,65
Spec 03	3,24	48,40	40,32	0,00	0,00	0,01	0,57	0,42	0,35	1,23	0,80	0,76	1,75	1,90
Spec 04	3,18	49,71	39,74	0,00	0,00	0,17	0,24	0,83	0,28	1,18	1,20	0,76	0,80	1,77
Spec 05	3,33	48,78	40,22	0,00	0,01	0,08	0,49	0,62	0,27	1,18	1,31	0,82	1,08	1,71
Spec 06	3,06	48,05	40,85	0,00	0,33	0,18	0,24	0,42	0,39	0,35	1,41	1,34	1,33	1,91
Média	3,20	48,81	40,31	0,01	0,06	0,08	0,35	0,51	0,34	0,97	1,18	0,90	1,31	1,84
Amostra	Pirita (disseminada)													
R-40	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	3,50	48,97	40,74	0,00	0,13	0,10	0,26	0,40	0,47	0,75	1,04	0,92	1,07	1,57
Spec 02	3,35	48,67	40,22	0,00	0,02	0,17	0,29	0,44	0,33	0,97	1,07	0,89	1,67	1,76

Continuação

Spec 03	3,20	49,56	40,89	0,01	0,07	0,00	0,12	0,33	0,44	0,97	1,01	0,99	1,25	1,05
Spec 04	3,64	49,49	39,99	0,00	0,00	0,00	0,26	0,62	0,52	1,10	0,69	1,10	1,32	1,21
Spec 05	3,23	49,20	40,06	0,00	0,00	0,00	0,27	0,35	0,37	0,94	1,01	1,18	1,43	1,90
Spec 06	3,08	49,50	40,36	0,00	0,00	0,08	0,47	0,43	0,24	0,95	0,84	1,02	1,53	1,40
Spec 07	3,77	49,72	40,09	0,00	0,03	0,11	0,34	0,31	0,34	0,63	0,91	0,79	1,01	1,81
Spec 08	3,27	49,52	40,68	0,00	0,20	0,45	0,63	0,33	0,39	0,27	0,69	1,19	0,85	1,43
Spec 09	3,21	49,04	40,44	0,00	0,00	0,06	0,50	0,74	0,55	1,53	1,11	0,32	0,86	1,54
Spec 10	3,26	48,23	40,76	0,02	0,00	0,20	0,06	0,31	0,33	0,90	1,26	0,80	1,61	2,18
Spec 11	3,00	49,32	40,87	0,00	0,00	0,00	0,24	0,37	0,28	1,08	0,82	0,46	1,36	2,06
Média	3,32	49,20	40,46	0,00	0,04	0,11	0,31	0,42	0,39	0,92	0,95	0,88	1,27	1,63
Amostra	Pirita (disseminada)													
R-41 (Fig. 4.14G)	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	3,22	49,48	40,81	0,00	0,00	0,00	0,46	0,37	0,46	0,68	0,91	1,07	1,27	1,17
Spec 02	3,28	49,70	40,72	0,02	0,00	0,07	0,25	0,27	0,28	1,25	0,84	0,26	1,26	1,71
Spec 03	3,16	49,45	40,28	0,00	0,22	0,06	0,32	0,29	0,40	0,52	1,09	1,10	1,66	1,42
Spec 04	3,27	49,18	40,85	0,00	0,08	0,00	0,28	0,37	0,33	0,52	1,18	1,06	1,29	1,53
Spec 05	3,26	49,24	40,76	0,00	0,00	0,29	0,32	0,29	0,27	0,91	0,84	0,75	1,49	1,49
Spec 06	2,76	48,67	40,72	0,00	0,00	0,13	0,25	0,38	0,27	1,46	0,87	0,61	1,91	1,84
Spec 07	3,47	49,23	41,00	0,00	0,16	0,00	0,68	0,36	0,36	0,28	1,25	1,19	0,81	1,14
Média	3,20	49,28	40,74	0,00	0,07	0,08	0,37	0,33	0,34	0,80	1,00	0,86	1,38	1,47
Amostra	Pirita (disseminada em brecha)													
R-24	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	3,84	49,36	41,17	0,00	0,14	0,15	0,30	0,28	0,27	0,83	1,05	0,10	1,26	1,27
Spec 02	3,75	48,93	41,45	0,00	0,00	0,23	0,27	0,47	0,26	0,90	1,08	0,59	0,81	1,17
Spec 03	3,43	49,92	40,39	0,00	0,19	0,19	0,40	0,50	0,29	0,54	0,90	1,29	0,81	1,10
Spec 04	3,61	49,31	41,20	0,03	0,16	0,32	0,14	0,21	0,34	0,76	0,93	0,56	1,21	1,19
Spec 05	3,39	47,97	41,62	0,06	0,00	0,05	0,24	0,32	0,36	1,16	0,80	0,63	1,77	1,54
Spec 06	3,01	48,36	42,48	0,00	0,02	0,00	0,27	0,32	0,31	0,68	1,06	0,59	1,05	1,71
Spec 07	3,64	49,08	41,05	0,00	0,13	0,00	0,28	0,27	0,27	0,62	0,91	0,64	1,81	1,10
Spec 08	3,81	48,72	40,26	0,00	0,00	0,09	0,36	0,29	0,27	1,03	0,79	0,75	1,01	1,26
Média	3,56	48,96	41,20	0,01	0,08	0,13	0,28	0,33	0,29	0,82	0,94	0,64	1,22	1,29
Amostra	Pirita (disseminada em brecha)													
R-32	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	3,95	49,20	40,43	0,06	0,25	0,01	0,37	0,32	0,46	0,79	0,91	0,79	1,34	1,14
Spec 02	3,33	48,70	39,68	0,00	0,04	0,08	0,69	0,44	0,29	1,39	1,42	1,10	1,36	1,49
Spec 03	3,86	49,33	40,10	0,00	0,02	0,36	0,38	0,31	0,31	1,20	1,20	1,02	0,79	1,13
Spec 04	3,43	49,08	39,96	0,02	0,05	0,00	0,22	0,55	0,51	0,75	0,99	1,04	1,41	1,96
Spec 05	3,09	49,24	40,89	0,00	0,00	0,00	0,33	0,24	0,28	1,34	1,27	0,49	1,27	1,38
Spec 06	3,77	49,29	40,08	0,17	0,09	0,00	0,29	0,34	0,34	0,80	0,99	1,32	1,09	1,45
Spec 07	3,48	48,69	41,10	0,00	0,03	0,12	0,28	0,47	0,36	1,57	0,91	0,02	1,17	1,74
Spec 08	3,33	49,53	39,99	0,00	0,01	0,00	0,42	0,31	0,39	0,93	1,43	0,90	1,34	1,35
Spec 09	3,75	49,97	40,14	0,02	0,00	0,27	0,33	0,27	0,28	0,99	1,05	0,61	0,62	1,66
Spec 10	2,86	49,31	41,63	0,00	0,07	0,30	0,45	0,54	0,46	0,65	0,66	0,82	1,15	1,04
Média	3,48	49,23	40,40	0,03	0,06	0,11	0,38	0,38	0,37	1,04	1,08	0,81	1,15	1,43

Continuação

Amostra	Pirita (fissural)													
R-32 (Fig. 4.14C)	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	4,20	49,85	40,18	0,00	0,04	0,00	0,29	0,31	0,19	1,03	0,84	0,35	1,19	1,48
Spec 02	2,96	49,14	41,09	0,00	0,19	0,19	0,59	0,31	0,27	0,58	1,07	0,65	1,10	1,74
Spec 03	2,49	45,73	41,96	0,00	0,00	0,04	0,30	0,43	0,48	1,69	1,45	0,28	1,36	1,51
Spec 04	3,24	48,94	40,44	0,00	0,39	0,00	0,22	0,34	0,38	0,40	0,99	1,70	1,60	1,30
Spec 05	3,52	49,78	40,77	0,00	0,00	0,00	0,31	0,29	0,38	1,35	0,94	0,52	0,97	1,12
Spec 06	3,74	49,72	39,86	0,00	0,00	0,00	0,47	0,27	0,30	1,05	1,05	0,69	1,61	1,16
Spec 07	3,25	49,61	40,48	0,00	0,00	0,15	0,32	0,37	0,37	1,06	1,03	0,68	1,09	1,55
Spec 08	3,42	49,47	40,03	0,00	0,20	0,00	0,31	0,37	0,31	0,02	1,02	1,43	1,64	1,80
Spec 09	2,90	49,10	40,79	0,00	0,11	0,00	0,61	0,31	0,28	1,10	0,95	0,69	1,32	1,74
Spec 10	3,34	48,98	40,25	0,00	0,01	0,00	0,27	0,30	0,35	0,85	1,56	0,69	1,45	1,89
Spec 11	3,32	49,34	41,05	0,00	0,00	0,00	0,50	0,34	0,29	0,64	1,30	0,68	0,84	1,63
Média	3,31	49,06	40,63	0,00	0,09	0,03	0,38	0,33	0,33	0,89	1,11	0,76	1,29	1,54
Amostra	Pirita (fissural)													
R-40 (Fig. 4.14D)	F	S	Fe	Co	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	3,02	49,38	40,58	0,00	0,11	0,00	0,62	0,48	0,20	0,65	0,97	0,63	1,60	1,66
Spec 02	3,01	48,73	39,99	0,00	0,16	0,00	0,33	0,30	0,33	0,87	1,11	0,93	1,60	2,62
Spec 03	3,12	49,56	40,72	0,00	0,10	0,00	0,52	0,28	0,35	0,66	0,95	0,87	1,57	1,30
Spec 04	2,90	49,53	40,47	0,00	0,00	0,04	0,37	0,28	0,25	1,30	1,13	0,97	1,08	1,65
Spec 05	3,51	49,05	40,00	0,00	0,00	0,12	0,53	0,28	0,39	0,48	1,09	0,89	1,73	1,83
Spec 06	3,15	48,94	40,07	0,00	0,00	0,00	0,62	0,47	0,56	1,12	1,12	0,38	1,98	1,51
Spec 07	3,33	48,52	40,62	0,00	0,00	0,00	0,38	0,56	0,34	0,98	1,15	0,58	1,70	1,82
Spec 08	3,38	48,77	40,67	0,00	0,00	0,00	0,37	0,24	0,29	1,47	1,28	0,00	1,57	1,89
Spec 09	3,09	49,51	40,71	0,00	0,00	0,06	0,30	0,35	0,46	0,86	1,00	0,88	1,24	1,46

APÊNDICE C - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de pirrotita.

Amostra	Pirrotita														
R-27	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 06	2,42	35,65	55,07	0,25	0,18	0,20	0,00	0,39	0,23	0,22	1,09	0,88	0,48	1,51	1,32
Spec 07	2,54	36,17	55,44	0,23	0,11	0,15	0,00	0,27	0,23	0,16	0,82	1,07	0,55	1,10	1,17
Spec 08	2,53	36,00	55,15	0,17	0,09	0,23	0,01	0,37	0,15	0,33	0,57	1,31	0,68	1,12	1,30
Spec 09	2,74	36,23	54,69	0,33	0,16	0,11	0,00	0,20	0,32	0,21	0,74	0,86	0,53	1,09	1,50
Spec 10	2,45	35,70	55,12	0,29	0,27	0,18	0,08	0,36	0,30	0,26	0,97	0,90	0,61	1,20	1,11
Spec 11	2,51	35,80	54,89	0,26	0,31	0,06	0,00	0,27	0,34	0,37	1,26	0,89	0,58	0,97	1,41
Spec 12	2,46	35,85	56,01	0,24	0,17	0,14	0,03	0,26	0,25	0,16	0,51	0,74	0,93	1,36	0,89
Spec 13	2,47	35,44	55,72	0,14	0,17	0,11	0,00	0,21	0,24	0,18	1,13	0,78	0,74	1,38	1,23
Spec 140	2,44	35,29	55,40	0,42	0,18	0,00	0,00	0,53	0,25	0,18	1,29	0,76	0,38	1,17	1,59
Média	2,51	35,79	55,28	0,26	0,18	0,13	0,01	0,32	0,26	0,23	0,93	0,91	0,61	1,21	1,28

Continuação

R-27	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	2,17	35,86	55,16	0,12	0,18	0,00	0,25	0,34	0,30	0,27	0,89	0,88	0,75	1,72	1,89
Spec 02	2,38	35,66	54,75	0,22	0,19	0,00	0,30	0,47	0,22	0,24	0,72	0,93	0,56	0,76	2,25
Spec 03	2,30	35,46	54,92	0,22	0,14	0,00	0,14	0,20	0,36	0,22	1,24	1,68	0,40	1,10	1,44
Spec 04	2,72	35,49	54,64	0,26	0,16	0,00	0,15	0,61	0,40	0,30	1,34	0,88	0,69	0,80	1,47
Spec 05	2,42	35,99	54,44	0,24	0,14	0,25	0,12	0,44	0,43	0,28	1,00	1,37	0,78	0,75	1,20
Spec 06	2,25	35,24	55,42	0,14	0,14	0,33	0,30	0,20	0,20	0,22	0,46	0,77	0,99	1,16	2,04
Média	1,98	35,10	56,36	0,19	0,19	0,02	0,00	0,36	0,20	0,31	0,80	1,11	0,62	1,20	1,58
R-28 (Fig. 4.14B)	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 05	2,61	35,56	55,33	0,40	0,15	0,00	0,06	0,35	0,23	0,21	0,96	1,18	0,68	1,19	1,10
Spec 06	2,45	36,17	55,22	0,40	0,12	0,19	0,03	0,34	0,21	0,20	1,09	0,75	0,45	1,31	1,07
Spec 07	2,54	35,98	55,11	0,22	0,19	0,08	0,00	0,22	0,23	0,18	0,94	0,85	0,80	0,95	1,51
Spec 08	2,42	35,78	55,65	0,17	0,17	0,04	0,00	0,22	0,37	0,22	0,66	0,93	0,66	1,55	1,05
Spec 09	2,51	35,63	55,45	0,36	0,16	0,09	0,00	0,27	0,36	0,26	0,70	0,88	1,00	1,14	1,18
Spec 10	2,60	34,91	55,36	0,35	0,13	0,18	0,00	0,42	0,30	0,22	0,57	0,68	1,12	1,28	1,72
Média	2,52	35,67	55,35	0,32	0,15	0,10	0,01	0,30	0,28	0,21	0,82	0,88	0,78	1,24	1,27
R-28	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 04	2,58	35,22	55,14	0,46	0,25	0,03	0,00	0,48	0,24	0,25	1,38	1,19	0,24	1,14	1,39
Spec 05	2,38	35,66	55,21	0,41	0,15	0,09	0,00	0,28	0,21	0,25	0,87	0,99	0,55	1,35	1,47
Spec 06	2,76	35,86	54,34	0,31	0,08	0,15	0,01	0,23	0,27	0,22	1,18	0,66	0,59	1,89	1,46
Média	2,57	35,58	54,90	0,40	0,16	0,09	0,00	0,33	0,24	0,24	1,14	0,95	0,46	1,46	1,44
R-28	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 04	2,70	35,85	55,12	0,39	0,14	0,15	0,00	0,34	0,29	0,39	0,87	0,68	0,61	0,96	1,41
Spec 05	1,53	33,74	58,31	0,28	0,11	0,06	0,07	0,23	0,21	0,18	0,98	1,20	0,65	1,25	1,19
Spec 06	2,63	36,17	55,14	0,24	0,11	0,04	0,02	0,37	0,29	0,19	1,19	1,02	0,42	0,88	1,30
Spec 07	2,46	35,66	55,46	0,37	0,15	0,10	0,02	0,25	0,21	0,19	1,14	0,67	0,59	1,20	1,46
Média	2,33	35,36	56,01	0,32	0,13	0,09	0,03	0,30	0,25	0,24	1,04	0,89	0,57	1,08	1,34
R-28	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 02	2,27	35,62	55,26	0,33	0,13	0,00	0,00	0,34	0,27	0,31	1,23	1,04	0,56	1,40	1,09
Spec 03	2,52	35,60	55,19	0,27	0,13	0,08	0,00	0,25	0,30	0,28	0,83	1,04	0,72	1,06	1,55
Spec 04	2,67	35,73	55,26	0,29	0,16	0,14	0,03	0,38	0,27	0,18	0,27	0,78	1,08	1,03	1,61
Spec 05	2,65	35,70	55,48	0,21	0,19	0,10	0,00	0,38	0,27	0,22	0,89	1,03	0,94	1,16	1,37
Spec 06	2,51	35,66	54,93	0,31	0,19	0,05	0,12	0,37	0,20	0,26	1,06	0,64	1,03	1,36	1,33
Spec 08	2,94	36,85	54,42	0,23	0,11	0,17	0,00	0,34	0,21	0,19	0,95	0,84	0,64	0,78	1,22
Spec 09	2,73	35,59	55,21	0,30	0,14	0,19	0,20	0,31	0,35	0,19	0,34	1,13	0,73	0,65	1,86
Spec 10	2,66	35,72	54,97	0,31	0,12	0,09	0,00	0,19	0,25	0,26	0,68	1,10	0,64	1,28	1,68
Spec 11	2,59	36,00	55,20	0,43	0,17	0,21	0,06	0,29	0,25	0,21	1,23	0,82	0,26	1,04	1,18
Spec 12	2,06	35,03	56,39	0,41	0,24	0,00	0,03	0,36	0,36	0,28	1,09	1,00	0,26	0,94	1,50
Média	2,56	35,75	55,23	0,31	0,16	0,10	0,04	0,31	0,27	0,24	0,86	0,94	0,69	1,07	1,44

APÊNDICE D - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de calcopirita.

Amostra	Calcopirita														
R-27	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 08	1,29	32,51	28,03	0,10	31,71	0,00	0,17	0,13	0,30	0,32	0,77	1,36	0,50	1,19	1,46
Spec 09	1,51	31,83	28,55	0,24	30,83	0,00	0,00	0,27	0,33	0,30	0,66	1,38	1,53	0,91	1,37
Spec 10	1,37	32,26	28,29	0,14	30,97	0,09	0,00	0,35	0,34	0,38	0,55	0,89	0,99	1,33	1,65
Média	1,39	32,20	28,29	0,16	31,17	0,03	0,06	0,25	0,32	0,33	0,66	1,21	1,01	1,14	1,49
R-28 (Fig. 4.14A)	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	1,51	32,80	28,12	0,13	31,01	0,14	0,04	0,40	0,26	0,27	0,97	0,81	0,80	1,21	1,48
Spec 02	1,53	33,55	28,20	0,13	30,87	0,00	0,00	0,21	0,45	0,33	0,85	0,97	0,53	0,83	1,47
Spec 03	1,51	32,69	28,46	0,18	31,30	0,00	0,00	0,33	0,25	0,35	0,71	0,93	0,73	1,17	1,28
Média	1,52	33,01	28,26	0,15	31,06	0,05	0,01	0,31	0,32	0,32	0,84	0,90	0,68	1,07	1,41
R-28 (Fig. 4.14B)	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	1,45	32,11	28,05	0,27	31,35	0,00	0,25	0,35	0,47	0,31	0,67	0,95	0,50	0,97	1,65
Spec 02	1,62	33,20	27,73	0,20	31,69	0,00	0,08	0,51	0,60	0,43	0,79	0,84	0,30	0,61	1,23
Spec 03	1,33	32,15	27,81	0,24	31,09	0,05	0,11	0,39	0,35	0,38	0,75	1,06	0,70	1,34	2,07
Média	1,47	32,49	27,86	0,24	31,38	0,02	0,14	0,42	0,48	0,37	0,74	0,95	0,50	0,97	1,65
R-28	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	1,60	32,62	28,94	0,16	31,49	0,08	0,00	0,41	0,27	0,21	0,41	0,66	0,96	0,84	1,35
Spec 02	1,45	32,60	28,80	0,07	31,86	0,01	0,12	0,43	0,36	0,12	0,92	0,80	0,40	0,92	1,05
Spec 03	1,30	32,19	29,18	0,05	31,58	0,00	0,00	0,31	0,27	0,28	0,54	0,86	0,68	1,26	1,41
Média	1,45	32,47	28,97	0,09	31,64	0,03	0,04	0,38	0,30	0,20	0,62	0,77	0,68	1,01	1,27
R-28	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	1,58	32,71	27,98	0,14	31,87	0,03	0,00	0,27	0,16	0,28	1,06	0,79	0,48	1,18	1,37
Spec 02	1,49	32,44	28,20	0,23	31,68	0,05	0,00	0,30	0,40	0,35	0,49	0,59	0,79	1,38	1,55
Spec 03	1,48	32,29	28,08	0,23	31,63	0,06	0,00	0,32	0,35	0,25	0,36	1,36	0,51	1,31	1,53
Média	1,52	32,48	28,09	0,20	31,73	0,05	0,00	0,30	0,30	0,29	0,63	0,91	0,59	1,29	1,48
R-32 (Fig. 4.14C)	F	S	Fe	Co	Cu	Zn	As	Se	Te	Ba	Re	Au	Hg	Pb	Bi
Spec 01	1,94	32,37	27,86	0,00	31,32	0,01	0,00	0,37	0,36	0,29	0,35	1,38	1,10	1,11	1,33
Spec 03	1,54	30,59	29,51	0,02	30,93	0,00	0,00	0,12	0,50	0,34	0,35	1,45	1,29	1,71	1,36
Média	1,74	31,48	28,69	0,01	31,12	0,01	0,00	0,25	0,43	0,31	0,35	1,41	1,20	1,41	1,35

APÊNDICE E - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de galena.

Amostra	Galena								
R-32 (Figura 4.14D)	S	Fe	Cu	Zn	As	Te	Au	Pb	Bi
Spec 01	16,65	7,66	0,33	0,36	8,41	1,73	1,05	59,77	4,08
R-28 (Figura 4.14F)	S	Fe	Cu	Zn	As	Te	Au	Pb	Bi
Spec 01	49,21	2,90	0,61	0,54	36,99	1,48	1,73		6,53
Spec 02	13,81	2,02	0,39	0,26	12,34	0,76	1,09	66,96	2,36
Média	31,51	2,46	0,50	0,40	24,66	1,12	1,41		4,44
R-41 (Figura 4.14G)	S	Fe	Cu	Zn	As	Te	Au	Pb	Bi
Spec 01	11,12	2,31	0,32	0,28	11,66	1,40	1,07	67,87	3,98
Spec 02	11,52	1,50	0,55	0,25	11,64	0,66	1,42	68,32	4,15
Média	11,32	1,91	0,43	0,26	11,65	1,03	1,24	68,09	4,07
R-41	S	Fe	Cu	Zn	As	Te	Au	Pb	Bi
Spec 01	11,11	0,33	0,34	0,40	9,60	1,09	0,57	57,65	19,47
R-28	S	Fe	Cu	Zn	As	Te	Au	Pb	Bi
Spec 01	16,68	5,39	3,10	0,29	11,18	0,59	0,59	60,81	1,37
Spec 02	13,47	3,32	3,95	0,56	11,00	0,80	1,86	63,05	2,01
Média	15,07	4,35	3,53	0,42	11,09	0,70	1,23	61,93	1,69

APÊNDICE F - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de esfalerita.

Amostra	Esfalerita						
R-27 (Fig. 4.14E)	S	Fe	Zn	As	Se	Te	Bi
Spec 09	31,84	6,05	58,89	0,33	0,39	0,73	1,78
Spec 10	33,31	5,70	58,04	0,30	0,49	0,31	1,84
Spec 11	34,03	5,77	56,91	0,47	0,36	0,49	1,96
Média	33,06	5,84	57,95	0,37	0,42	0,51	1,86
R-27	S	Fe	Zn	As	Se	Te	Bi
Spec 11	33,41	5,58	57,71	0,42	0,69	0,40	1,79

APÊNDICE G - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de rutilo.

Amostra	Rutilo				
R-28	O	Al	Ti	Mn	Fe
Spec 01	29,14	0,16	69,65	0,11	0,67
Spec 02	29,54	0,07	69,32	0,04	0,73
Spec 03	30,04	0,04	68,68	0,10	0,90
Spec 06	30,73	0,59	66,75	0,19	1,00
Spec 07	29,16	0,05	70,23	0,13	0,18
Spec 08	29,16	0,05	70,28	0,09	0,20
Spec 11	30,14	0,04	69,09	0,07	0,15
Spec 12	29,67	0,05	69,36	0,12	0,54
Média	29,70	0,13	69,17	0,11	0,55

Continuação

R-35 (Figura 4.5 F)	O	Al	Ti	Mn	Fe
Spec 01	36,78	0,01	62,87	0,07	0,27
Spec 02	38,40	0,07	61,29	0,06	0,19
Spec 03	36,35	0,02	63,26	0,13	0,25
Spec 04	36,70	0,04	62,96	0,08	0,23
Média	37,06	0,03	62,59	0,09	0,23
R-24	O	Al	Ti	Mn	Fe
Spec 01	38,72	0,02	60,25	0,15	0,54
Spec 02	37,37	0,02	62,07	0,07	0,20
Spec 03	37,94	0,04	61,34	0,10	0,28
Spec 04	37,44	0,01	61,74	0,10	0,54
Spec 05	36,72	0,00	61,26	0,41	1,49
Spec 06	36,91	1,03	56,01	0,12	4,36
Média	37,52	0,18	60,45	0,16	1,23

APÊNDICE H - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de sulfatos, elementos nativos e de fases com Bi-Te-Pb.

Amostra	Barita							
R-40 (Figura 4.14I)	S	Ba	O					
Spec 01	11,07	63,29	25,64					
Amostra	Bismuto nativo							
R-41 (Figura 4.14G)	S	As	Te	Au	Pb	Bi	Hg	Se
Spec 01	0,50	0,10	0,56	1,90	0,00	94,69	1,91	0,34
Amostra	Enxofre nativo							
R-40 (Figura 4.14H)	S	Fe	Te	Au	Pb	Bi	Zn	
Spec 01	88,73	0,18	1,19	3,48	3,92	2,02	0,49	
Spec 02	89,39	0,24	0,65	2,82	3,99	2,41	0,51	
Média	89,06	0,21	0,92	3,15	3,95	2,22	0,50	
Amostra	Bi-Te-Pb							
R-24 (Fig. 4.13J)	S	Fe	As	Te	Re	Pb	Bi	
Spec 01	32,38	24,49	1,53	14,02	1,18	8,79	17,62	

**APÊNDICE I - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de zircão do biotita
monzogranito equigranular grosso.**

Amostra	Elementos																		
R-35 (Zrn01)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	51,04	25,93	13,63	1,94	0,48	0,08	0,36	0,27	0,80	0,35	1,18	0,00	0,10	0,08	0,00	1,08	0,94	1,11	0,64
Spec 02	52,47	25,13	13,95	2,09	0,61	0,16	0,25	0,34	0,72	0,22	0,33	0,00	0,22	0,06	0,00	0,61	0,88	0,95	1,00
Spec 03	51,94	26,11	13,71	1,54	0,37	0,08	0,25	0,35	0,73	0,15	1,16	0,00	0,18	0,00	0,00	0,81	0,89	0,90	0,82
Spec 04	45,44	32,97	13,17	1,65	0,18	0,00	0,95	0,24	0,73	0,07	1,12	0,00	0,17	0,07	0,00	0,58	1,14	0,98	0,55
Spec 05	52,85	25,15	14,05	1,97	0,28	0,03	0,28	0,27	0,70	0,30	0,49	0,00	0,15	0,09	0,03	0,81	0,77	1,23	0,56
R-35 (Zrn02)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	52,94	22,79	14,39	1,67	0,91	0,19	0,16	0,39	0,43	0,22	0,00	0,00	0,40	0,00	0,26	0,32	1,55	1,57	1,81
Spec 02	53,98	23,99	14,38	1,16	0,80	0,07	0,22	0,64	0,55	0,17	0,02	0,00	0,18	0,00	0,38	0,25	1,03	1,38	0,81
Spec 03	54,12	23,16	14,49	1,30	0,58	0,09	0,12	0,32	0,35	0,30	0,02	0,00	0,28	0,09	0,27	0,44	1,26	1,25	1,55
Spec 04	54,20	23,36	14,44	1,51	0,64	0,10	0,12	0,52	0,57	0,23	0,01	0,00	0,36	0,00	0,23	0,36	1,21	1,45	0,69
Spec 05	54,43	22,22	14,73	1,87	0,47	0,24	0,07	0,31	0,57	0,27	0,01	0,00	0,13	0,07	0,15	0,29	1,25	1,50	1,43
Spec 06	53,82	22,99	14,63	2,59	0,17	0,03	0,29	0,47	0,33	0,40	0,01	0,00	0,19	0,33	0,31	0,24	1,28	1,11	0,82
Spec 07	49,40	27,18	13,51	2,04	0,63	0,05	0,39	0,40	0,91	0,25	0,96	0,00	0,41	0,00	0,00	0,90	0,63	1,49	0,86
Spec 08	48,87	28,94	13,18	2,07	0,64	0,08	0,18	0,43	0,55	0,42	0,59	0,00	0,20	0,07	0,00	0,49	1,10	1,20	1,00
Spec 09	54,36	21,34	14,85	1,58	0,49	0,11	0,17	0,63	0,54	0,34	0,00	0,00	0,48	0,03	0,14	0,38	1,03	1,12	2,41
R-35 (Zrn03)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	49,22	26,53	13,41	2,27	0,59	0,15	0,21	0,35	0,64	0,29	0,97	0,00	0,40	0,06	0,00	0,97	1,28	1,65	1,01
Spec 02	51,68	25,30	13,90	2,24	0,69	0,30	0,23	0,48	0,40	0,32	0,03	0,00	0,53	0,01	0,19	0,63	0,89	1,63	0,55
Spec 03	52,66	23,97	14,61	1,48	0,51	0,11	0,34	0,76	0,72	0,26	0,02	0,00	0,59	0,06	0,11	0,44	1,04	1,15	1,17
Spec 04	53,47	24,07	14,27	2,18	0,59	0,08	0,23	0,55	0,38	0,06	0,00	0,00	0,37	0,03	0,35	0,21	1,23	1,08	0,85
Spec 05	52,70	23,66	14,25	1,87	0,52	0,14	0,32	0,22	0,54	0,32	0,01	0,00	0,10	0,01	0,28	0,29	1,45	1,73	1,60
Spec 06	53,15	23,27	14,63	2,11	0,52	0,13	0,26	0,40	0,52	0,24	0,00	0,00	0,38	0,00	0,13	0,61	1,33	1,26	1,08
Spec 07	53,40	23,52	14,43	1,69	0,70	0,15	0,12	0,46	0,44	0,31	0,00	0,00	0,45	0,05	0,34	0,20	1,82	1,37	0,55
Spec 08	52,88	23,07	14,31	1,88	0,70	0,04	0,30	0,44	0,52	0,36	0,00	0,00	0,26	0,05	0,52	0,26	1,08	1,76	1,59
Spec 09	50,59	25,41	13,69	1,87	0,76	0,18	0,31	0,59	0,44	0,26	0,79	0,00	0,40	0,00	0,10	0,48	1,54	1,52	1,09
R-35 (Zrn04)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	49,04	25,74	13,26	1,53	0,51	0,08	0,31	0,38	1,12	0,34	1,16	0,00	0,26	0,03	0,00	0,96	1,58	1,64	2,08
Spec 02	51,17	25,08	13,74	1,93	0,49	0,18	0,25	0,65	0,66	0,18	0,50	0,00	0,37	0,04	0,33	0,39	1,63	1,58	0,82
Spec 03	50,96	24,98	13,63	1,45	0,95	0,09	0,22	0,84	0,53	0,03	0,48	0,00	0,36	0,00	0,18	0,88	1,07	1,91	1,47
Spec 04	50,97	24,09	14,12	2,20	0,48	0,08	0,27	0,28	0,56	0,52	1,18	0,00	0,35	0,00	0,05	1,38	1,26	0,97	1,24
Spec 05	53,58	22,71	14,30	2,03	0,88	0,07	0,43	0,37	0,78	0,22	0,00	0,00	0,21	0,06	0,32	0,25	1,39	1,21	1,20
Spec 06	53,68	22,73	14,48	1,69	0,81	0,05	0,24	0,33	0,49	0,34	0,02	0,00	0,51	0,02	0,15	0,59	0,66	1,75	1,46
Spec 07	53,18	24,86	14,39	1,47	0,35	0,13	0,28	0,29	0,50	0,34	0,04	0,00	0,28	0,08	0,20	0,14	1,47	1,17	0,85
Spec 08	51,80	24,48	14,13	2,30	0,44	0,36	0,09	0,43	0,50	0,35	0,00	0,00	0,38	0,06	0,28	0,36	1,37	1,08	1,59

Continuação

R-35 (Zrn05)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	49,79	28,56	13,45	1,74	0,30	0,11	0,18	0,31	0,43	0,32	0,22	0,00	0,17	0,12	0,00	0,54	1,03	1,24	1,49
Spec 02	51,31	25,59	13,84	1,34	0,41	0,07	0,36	0,65	0,79	0,33	0,19	0,00	0,25	0,04	0,08	0,63	1,27	1,27	1,58
Spec 03	51,14	26,35	13,65	2,08	0,59	0,11	0,20	0,39	0,67	0,23	0,82	0,00	0,33	0,18	0,01	0,69	1,07	1,25	0,23
Spec 04	51,77	25,55	13,71	1,34	0,56	0,00	0,44	0,32	0,63	0,43	0,14	0,00	0,43	0,01	0,19	0,48	1,14	1,32	1,55
Spec 05	48,99	26,82	13,24	1,37	0,76	0,10	0,50	0,36	0,97	0,32	1,14	0,00	0,29	0,16	0,00	1,03	0,88	1,10	1,99
Spec 06	50,08	28,28	13,63	1,93	0,37	0,09	0,25	0,44	0,65	0,26	0,20	0,00	0,17	0,00	0,26	0,45	1,69	0,65	0,62
Spec 07	50,27	25,24	13,56	4,00	0,10	0,06	0,41	0,81	0,41	0,25	0,07	0,00	0,11	0,15	0,11	0,57	1,58	1,06	1,27
Spec 08	51,40	22,91	14,05	3,09	0,75	0,10	0,47	0,55	0,77	0,61	0,48	0,00	0,29	0,15	0,04	0,54	1,27	1,33	1,20
Spec 09	51,11	26,11	13,84	1,81	0,48	0,10	0,33	0,40	0,71	0,38	0,37	0,00	0,27	0,15	0,03	0,42	1,29	1,20	1,00
Spec 10	51,65	26,63	13,73	1,77	0,48	0,14	0,29	0,42	0,75	0,20	0,44	0,00	0,23	0,01	0,21	0,35	0,89	1,13	0,69
R-35 (Zrn06)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	48,89	26,64	13,19	1,61	0,74	0,21	0,44	0,64	0,69	0,11	1,02	0,00	0,34	0,00	0,00	1,04	1,52	1,21	1,71
Spec 02	47,21	27,75	13,32	1,77	0,72	0,17	0,61	0,59	1,25	0,19	1,20	0,00	0,30	0,02	0,00	0,84	1,11	1,74	1,21
Spec 03	47,60	28,60	13,13	1,58	0,73	0,17	0,50	0,48	0,88	0,28	1,03	0,00	0,29	0,00	0,18	0,70	1,25	1,26	1,35
Spec 04	51,04	25,76	13,50	1,84	0,68	0,23	0,35	0,59	0,70	0,17	0,40	0,00	0,29	0,02	0,30	0,80	1,20	1,15	0,99
Spec 05	51,09	25,04	13,80	1,92	0,46	0,03	0,19	0,40	0,45	0,30	0,46	0,00	0,57	0,27	0,14	0,58	1,17	1,57	1,56
Spec 06	52,18	25,57	13,81	1,52	0,72	0,18	0,25	0,47	0,58	0,38	0,07	0,00	0,23	0,00	0,05	0,41	1,20	1,19	1,18
Spec 07	51,49	25,55	13,87	1,84	0,25	0,27	0,02	0,31	0,59	0,73	0,42	0,00	0,27	0,22	0,06	0,58	1,38	1,17	0,99
Spec 08	50,75	25,70	13,37	1,53	0,44	0,10	0,47	0,49	0,72	0,39	0,88	0,00	0,26	0,03	0,00	0,81	0,83	1,33	1,91
Spec 09	45,71	28,45	13,57	2,57	0,31	0,19	1,07	1,30	0,88	0,31	0,94	0,00	0,19	0,08	0,00	1,26	1,12	1,03	1,05
Spec 10	48,86	23,25	13,79	4,38	0,13	0,10	0,63	0,30	0,82	0,51	0,89	0,00	0,09	0,36	0,03	1,15	1,49	1,74	1,49

**APÊNDICE J - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de zircão do biotita
monzogranito porfirítico.**

Amostra	Elementos																		
R-43 (Zrn07)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	49,76	26,00	13,39	1,82	0,51	0,33	0,35	0,55	0,80	0,43	0,75	0,00	0,25	0,10	0,00	0,72	1,24	1,21	1,80
Spec 02	50,64	25,98	14,05	2,04	0,47	0,14	0,19	0,39	0,91	0,25	0,36	0,00	0,17	0,07	0,09	0,65	1,08	0,87	1,65
Spec 03	53,15	23,71	14,36	1,82	0,41	0,04	0,14	0,26	0,58	0,42	0,02	0,00	0,38	0,10	0,16	0,46	1,20	1,58	1,23
Spec 04	53,42	23,72	14,57	1,42	0,57	0,07	0,25	0,37	0,68	0,31	0,00	0,00	0,43	0,00	0,15	0,45	1,18	1,03	1,38
Spec 05	53,64	23,62	14,26	1,75	0,55	0,17	0,20	0,44	0,54	0,34	0,00	0,00	0,22	0,05	0,12	0,37	1,23	0,95	1,53
Spec 06	53,12	23,42	14,39	2,11	0,71	0,21	0,06	0,57	0,62	0,20	0,01	0,00	0,23	0,01	0,25	0,51	0,85	1,53	1,20
Spec 07	53,90	23,53	14,76	1,84	0,25	0,18	0,28	0,22	0,69	0,35	0,00	0,00	0,37	0,20	0,22	0,55	1,05	1,00	0,61
Spec 08	52,51	25,69	14,02	1,52	0,81	0,12	0,11	0,33	0,73	0,21	0,09	0,00	0,31	0,07	0,14	0,25	0,88	1,52	0,70
Spec 09	49,52	26,16	13,90	1,81	1,03	0,13	0,33	0,42	1,15	0,15	0,47	0,00	0,16	0,01	0,00	0,40	1,09	1,71	1,58
R-43 (Zrn08)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	50,73	28,19	13,33	1,55	0,66	0,28	0,20	0,26	0,56	0,55	0,21	0,00	0,14	0,00	0,15	0,45	0,82	1,23	0,69
Spec 02	49,65	25,97	13,59	2,28	0,56	0,20	0,39	0,64	0,68	0,21	0,64	0,00	0,42	0,00	0,00	0,85	1,15	1,30	1,48
Spec 03	51,41	25,82	14,07	1,43	0,55	0,15	0,37	0,39	0,54	0,26	0,82	0,00	0,48	0,00	0,00	0,41	1,22	1,11	0,99
Spec 04	51,03	26,46	13,75	2,14	0,30	0,11	0,35	0,23	0,89	0,28	0,00	0,00	0,17	0,08	0,26	0,38	1,22	1,64	0,72
Spec 05	51,09	24,85	13,72	1,91	0,93	0,15	0,19	0,41	0,54	0,44	0,38	0,00	0,34	0,00	0,03	0,49	1,49	0,96	2,10
Spec 06	51,00	24,90	13,80	2,36	0,81	0,03	0,45	0,61	0,44	0,44	0,16	0,00	0,18	0,06	0,03	0,32	0,89	2,58	0,95
Spec 07	49,16	27,36	13,13	1,46	0,75	0,09	0,22	0,52	0,57	0,26	1,20	0,00	0,29	0,12	0,13	0,63	1,32	1,32	1,48
Spec 08	50,43	26,06	13,71	1,81	0,79	0,14	0,27	0,44	0,54	0,23	0,85	0,00	0,24	0,00	0,00	0,62	1,14	1,34	1,42
Spec 09	51,34	25,30	14,08	1,75	0,59	0,09	0,35	0,48	0,75	0,30	0,21	0,00	0,23	0,04	0,21	0,40	1,05	1,42	1,44
Spec 10	49,45	26,02	13,39	2,02	0,32	0,05	0,46	0,43	0,57	0,43	1,12	0,00	0,12	0,11	0,00	0,76	1,59	1,24	1,93
Spec 11	50,63	25,21	13,86	2,82	0,56	0,12	0,29	0,67	0,75	0,40	0,43	0,00	0,01	0,00	0,12	0,57	1,06	2,02	0,50
R-43 (Zrn09)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	49,34	26,23	13,30	2,46	0,62	0,27	0,18	0,49	1,25	0,62	0,93	0,00	0,37	0,01	0,00	0,90	0,82	1,80	0,43
Spec 02	47,15	28,70	13,04	2,21	0,75	0,09	0,64	0,46	0,58	0,09	1,47	0,00	0,25	0,04	0,00	0,89	0,69	1,41	1,55
Spec 03	48,13	27,40	13,15	2,01	0,95	0,12	0,36	0,43	0,55	0,39	1,22	0,00	0,03	0,00	0,00	0,85	0,89	1,48	2,06
R-43 (Zrn10)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	50,65	25,93	13,78	1,67	0,43	0,28	0,06	0,43	0,77	0,37	0,19	0,00	0,26	0,00	0,19	0,42	1,80	1,32	1,44
Spec 02	49,90	26,43	13,47	2,13	0,53	0,08	0,33	0,38	0,65	0,27	1,00	0,00	0,21	0,14	0,01	0,75	1,13	1,22	1,36

APÊNDICE K - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de zircão em zona mineralizada.

Amostra	Elementos																		
R-40 (Zrn11)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	50,86	25,86	13,75	2,20	0,43	0,26	0,37	0,44	0,85	0,28	0,48	0,00	0,32	0,02	0,00	0,30	1,23	1,37	0,99
Spec 02	50,97	26,05	13,67	2,00	0,43	0,06	0,45	0,63	0,54	0,27	0,68	0,00	0,58	0,13	0,00	0,60	0,94	0,96	1,04
Spec 03	51,51	25,70	13,95	1,70	0,52	0,24	0,16	0,33	0,42	0,31	0,07	0,00	0,24	0,00	0,51	0,12	1,48	1,57	1,18
Spec 04	50,45	25,84	13,61	1,94	0,49	0,25	0,36	0,88	0,70	0,52	0,53	0,00	0,46	0,02	0,21	0,65	0,88	1,33	0,86
Spec 05	50,92	26,50	13,92	2,18	0,52	0,03	0,39	0,62	0,54	0,09	0,45	0,00	0,17	0,17	0,03	0,53	1,11	1,08	0,75
Spec 06	50,76	26,40	13,83	2,16	0,58	0,15	0,35	0,40	0,69	0,28	0,63	0,00	0,12	0,06	0,00	0,55	0,64	1,58	0,83
Spec 07	51,84	25,41	13,99	2,18	0,71	0,23	0,23	0,59	0,68	0,21	0,11	0,00	0,27	0,06	0,09	0,39	1,37	1,04	0,61
Spec 08	51,15	26,29	13,75	2,15	0,32	0,05	0,21	0,37	0,71	0,30	0,28	0,00	0,39	0,06	0,18	0,19	1,12	1,50	0,99
Spec 09	50,36	26,43	13,86	1,67	0,32	0,21	0,22	0,46	0,85	0,43	0,21	0,00	0,40	0,11	0,03	0,52	1,09	1,66	1,16
Spec 10	51,16	26,62	13,68	1,90	0,91	0,10	0,35	0,49	0,47	0,19	0,42	0,00	0,29	0,01	0,21	0,16	1,03	0,96	1,06
Spec 11	50,84	26,27	13,76	2,16	0,36	0,10	0,32	0,37	0,85	0,42	0,16	0,00	0,24	0,09	0,22	0,37	1,33	1,01	1,13
Spec 12	49,75	26,00	13,46	2,12	0,50	0,08	0,43	0,58	0,43	0,39	0,94	0,00	0,11	0,00	0,00	1,20	1,45	1,34	1,24
Spec 13	48,96	27,85	13,50	2,85	0,27	0,03	0,79	0,44	0,54	0,14	1,18	0,00	0,12	0,10	0,00	0,97	1,09	1,16	0,02
Spec 14	49,27	27,52	13,59	1,85	0,83	0,00	0,56	0,66	0,96	0,24	0,69	0,00	0,26	0,00	0,02	0,61	0,63	1,54	0,76
R-40 (Zrn12)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	54,25	23,66	14,68	1,55	0,38	0,10	0,09	0,59	0,49	0,34	0,00	0,00	0,35	0,00	0,31	0,29	0,84	1,55	0,55
Spec 02	53,35	23,63	14,33	1,84	0,55	0,06	0,20	0,45	0,59	0,51	0,01	0,00	0,20	0,01	0,33	0,28	1,07	1,14	1,45
Spec 03	54,22	23,11	14,49	1,78	0,27	0,05	0,20	0,28	0,47	0,43	0,01	0,00	0,23	0,13	0,17	0,21	1,48	1,25	1,22
Spec 04	50,85	25,87	13,73	1,51	0,54	0,00	0,31	0,46	0,80	0,26	0,57	0,00	0,42	0,11	0,00	0,73	1,56	0,78	1,52
Spec 05	51,60	25,55	13,87	2,05	0,63	0,02	0,24	0,77	0,57	0,56	0,28	0,00	0,15	0,00	0,19	0,33	1,24	0,95	1,00
Spec 06	52,02	25,33	13,95	2,00	0,43	0,04	0,46	0,43	0,77	0,32	0,27	0,00	0,01	0,17	0,11	0,36	1,05	1,37	0,93
Spec 07	50,87	26,03	13,62	2,36	0,49	0,12	0,22	0,39	0,56	0,39	0,74	0,00	0,23	0,00	0,15	0,70	0,95	1,33	0,86
Spec 08	51,39	26,45	13,73	1,64	0,23	0,11	0,34	0,30	0,68	0,36	0,34	0,00	0,41	0,27	0,00	0,47	0,88	1,53	0,89
Spec 09	51,27	25,87	13,65	1,64	0,70	0,10	0,27	0,59	0,78	0,12	0,64	0,00	0,45	0,09	0,03	0,67	1,51	1,02	0,59
Spec 10	44,85	30,48	12,48	2,80	0,15	0,17	0,90	0,55	0,92	0,32	1,22	0,00	0,20	0,21	0,00	1,05	1,28	1,31	1,12
Spec 11	45,34	29,60	12,73	2,92	0,22	0,00	1,05	0,51	0,91	0,19	1,40	0,00	0,20	0,09	0,00	1,13	1,34	1,21	1,18
R-40 (Zrn13)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	53,50	23,64	14,20	1,60	0,86	0,17	0,18	0,51	0,52	0,28	0,11	0,00	0,04	0,01	0,07	0,38	1,13	1,28	1,52
Spec 02	54,15	23,78	14,45	1,91	0,27	0,21	0,15	0,19	0,48	0,34	0,04	0,00	0,21	0,15	0,14	0,23	1,02	1,51	0,77
Spec 03	51,17	25,52	13,98	2,22	0,70	0,05	0,32	0,52	0,56	0,31	0,07	0,00	0,27	0,00	0,29	0,54	0,78	1,53	1,18
Spec 04	51,95	26,05	13,90	1,76	0,41	0,12	0,19	0,27	0,49	0,40	0,01	0,00	0,28	0,00	0,16	0,52	1,16	1,09	1,24
Spec 05	52,07	26,01	13,87	2,04	0,49	0,00	0,49	0,29	0,51	0,27	0,27	0,00	0,39	0,00	0,04	0,55	0,81	1,01	0,91
Spec 06	48,94	26,82	13,30	2,27	1,08	0,12	0,63	0,59	0,66	0,12	0,89	0,00	0,21	0,00	0,00	0,87	1,32	1,64	0,57
Spec 07	49,17	26,95	13,20	2,12	0,56	0,18	0,68	0,22	0,70	0,37	0,91	0,00	0,26	0,13	0,06	0,69	1,22	1,20	1,37

Continuação

R-40 (Zrn14)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	52,14	26,11	13,55	1,39	0,51	0,29	0,17	0,31	0,91	0,27	0,25	0,00	0,38	0,06	0,10	0,56	1,49	0,74	0,79
Spec 02	50,66	25,93	13,53	2,18	0,40	0,04	0,31	0,39	0,61	0,28	0,49	0,00	0,23	0,07	0,05	0,38	1,27	1,50	1,69
Spec 03	51,33	26,21	13,60	1,34	0,93	0,06	0,46	0,42	0,71	0,25	0,43	0,00	0,27	0,00	0,06	0,44	0,95	1,16	1,39
Spec 04	51,27	25,58	13,81	1,19	0,73	0,13	0,16	0,57	0,80	0,44	0,70	0,00	0,38	0,01	0,06	0,71	1,10	0,85	1,51
Spec 05	51,60	26,84	13,89	1,34	0,62	0,06	0,22	0,16	0,54	0,30	0,18	0,00	0,34	0,03	0,16	0,43	1,01	1,32	0,98
Spec 06	53,36	24,52	14,21	1,81	0,63	0,02	0,23	0,22	0,69	0,33	0,12	0,00	0,28	0,01	0,26	0,25	0,75	1,35	0,98
Spec 07	52,79	24,25	14,14	2,30	0,37	0,22	0,22	0,42	0,66	0,11	0,17	0,00	0,22	0,10	0,38	0,36	1,13	0,97	1,18
Spec 08	52,88	23,65	14,21	1,89	0,39	0,08	0,19	0,47	0,97	0,42	0,03	0,00	0,33	0,15	0,26	0,44	1,46	1,20	1,00
Spec 09	53,02	24,17	14,43	1,55	0,92	0,07	0,22	0,52	0,60	0,22	0,00	0,00	0,17	0,07	0,18	0,53	1,28	1,32	0,74
R-40 (Zrn15)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	49,25	26,51	13,36	1,53	0,88	0,21	0,27	0,58	1,10	0,51	0,79	0,00	0,50	0,00	0,00	0,60	0,81	1,73	1,37
Spec 02	50,33	26,49	13,53	1,84	0,30	0,23	0,22	0,48	0,86	0,33	0,70	0,00	0,17	0,09	0,08	0,81	1,16	1,31	1,07
Spec 03	50,34	26,49	13,22	2,21	0,59	0,24	0,33	0,26	0,83	0,37	0,93	0,00	0,07	0,09	0,00	0,69	0,80	1,34	1,21
Spec 04	48,16	27,52	13,05	2,01	0,48	0,63	0,54	0,76	0,68	0,20	0,90	0,00	0,33	0,00	0,00	0,89	1,72	1,24	0,91
Spec 05	51,59	27,75	13,77	1,75	0,20	0,10	0,33	0,48	0,47	0,25	0,01	0,00	0,21	0,15	0,18	0,36	0,98	0,81	0,62
Spec 06	47,55	27,77	12,87	1,90	0,15	0,12	0,69	0,62	0,89	0,50	1,41	0,00	0,32	0,10	0,00	1,35	1,09	1,35	1,32
Spec 07	54,33	23,35	14,58	2,07	0,40	0,11	0,22	0,30	0,54	0,13	0,00	0,00	0,11	0,04	0,30	0,41	0,89	1,14	1,06
Spec 08	53,04	24,08	14,50	2,64	0,02	0,06	0,17	0,33	0,57	0,22	0,04	0,00	0,22	0,22	0,21	0,30	1,33	1,14	0,93
Spec 09	50,56	26,72	13,71	1,86	0,32	0,18	0,28	0,52	0,47	0,11	0,62	0,00	0,35	0,07	0,06	0,36	1,30	1,14	1,39
Spec 10	54,11	23,81	14,48	1,94	0,50	0,02	0,18	0,37	0,26	0,21	0,00	0,00	0,29	0,12	0,17	0,40	0,90	1,05	1,21
Amostras	Elementos																		
R-41 (Zrn16)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	52,29	26,68	13,60	1,93	0,50	0,09	0,18	0,29	0,54	0,44	0,11	0,00	0,23	0,00	0,23	0,35	0,77	1,46	0,30
Spec 02	54,17	24,22	14,37	1,60	0,24	0,09	0,12	0,48	0,70	0,19	0,00	0,00	0,31	0,10	0,19	0,38	0,65	0,94	1,25
Spec 03	53,92	24,29	14,28	1,87	0,04	0,10	0,18	0,40	0,69	0,18	0,02	0,00	0,38	0,19	0,27	0,19	0,75	0,89	1,37
Spec 04	50,51	28,00	13,32	1,82	0,27	0,08	0,20	0,29	0,62	0,19	1,16	0,00	0,08	0,14	0,00	0,50	0,88	1,13	0,81
Spec 05	51,73	27,17	13,58	1,59	0,32	0,09	0,15	0,26	0,64	0,43	0,45	0,00	0,16	0,07	0,03	0,37	1,16	0,91	0,91
Spec 06	53,81	24,54	14,30	1,85	0,43	0,05	0,28	0,20	0,64	0,29	0,01	0,00	0,29	0,05	0,40	0,13	0,90	0,94	0,89
Spec 07	54,38	24,05	14,46	1,69	0,45	0,09	0,20	0,41	0,67	0,25	0,00	0,00	0,19	0,05	0,13	0,36	0,85	0,92	0,86
Spec 08	52,02	25,60	13,88	2,03	0,37	0,20	0,21	0,38	0,85	0,31	0,11	0,00	0,16	0,10	0,21	0,41	0,83	1,09	1,25
Spec 09	50,96	26,67	13,80	1,90	0,43	0,06	0,24	0,61	0,80	0,11	0,53	0,00	0,41	0,07	0,00	0,89	0,85	0,82	0,84
Spec 10	51,39	26,85	13,64	1,87	0,38	0,08	0,16	0,36	0,64	0,15	0,25	0,00	0,24	0,08	0,01	0,50	1,44	0,99	0,98

Continuação

Amostra	Elementos																		
R-34 (Zrn17)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	54,06	24,30	14,28	1,38	0,04	0,10	0,23	0,52	0,62	0,34	0,00	0,00	0,36	0,16	0,35	0,25	1,11	1,17	0,73
Spec 02	53,82	24,52	14,39	1,57	0,24	0,12	0,19	0,30	0,54	0,15	0,00	0,00	0,16	0,02	0,14	0,46	0,71	1,37	1,31
Spec 03	53,91	24,37	14,19	1,79	0,38	0,23	0,07	0,30	0,63	0,28	0,00	0,00	0,11	0,00	0,25	0,45	0,90	0,83	1,31
Spec 04	54,09	24,01	14,53	2,03	0,30	0,14	0,13	0,61	0,60	0,17	0,02	0,00	0,17	0,08	0,10	0,30	0,79	1,16	0,80
Spec 05	54,22	23,95	14,52	1,17	0,68	0,12	0,11	0,26	0,65	0,18	0,00	0,00	0,21	0,00	0,28	0,42	0,91	1,18	1,14
Spec 06	53,81	24,59	14,33	1,36	0,60	0,09	0,19	0,44	0,45	0,30	0,06	0,00	0,19	0,04	0,27	0,26	0,84	1,18	1,01
Spec 07	52,76	25,48	14,15	2,28	0,38	0,15	0,26	0,36	0,54	0,55	0,07	0,00	0,29	0,03	0,19	0,17	0,71	1,14	0,50
Spec 08	51,87	24,56	14,28	2,56	0,28	0,14	0,22	0,47	0,51	0,18	0,48	0,00	0,32	0,18	0,00	0,53	1,04	1,39	1,01
Spec 09	51,95	25,71	14,05	2,15	0,37	0,08	0,23	0,28	0,55	0,40	0,11	0,00	0,11	0,12	0,04	0,47	0,87	0,98	1,54
R-34 (Zrn18)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	59,91	16,69	15,15	2,06	0,41	0,11	0,14	0,21	0,54	0,43	0,01	0,00	0,11	0,02	0,23	0,49	0,99	1,57	0,95
Spec 02	59,04	18,47	14,35	1,72	0,47	0,02	0,25	0,43	0,74	0,18	0,01	0,00	0,25	0,04	0,19	0,49	1,15	1,18	1,02
Spec 03	61,52	14,30	14,98	1,87	0,89	0,18	0,20	0,45	0,73	0,38	0,00	0,00	0,13	0,11	0,45	0,31	0,84	1,24	1,43
Spec 04	54,47	23,67	14,41	1,57	0,81	0,17	0,11	0,25	0,54	0,19	0,00	0,00	0,22	0,00	0,35	0,61	0,97	0,69	0,98
Spec 05	54,84	21,50	13,95	1,81	0,21	0,25	0,05	0,41	0,64	0,27	0,84	0,00	0,27	0,19	0,00	0,93	1,15	1,13	1,54
Spec 06	55,00	22,61	14,39	2,32	0,37	0,07	0,16	0,37	0,63	0,16	0,01	0,00	0,16	0,02	0,31	0,33	0,84	0,81	1,43
Spec 07	54,12	24,68	14,42	1,83	0,24	0,08	0,14	0,42	0,38	0,19	0,01	0,00	0,27	0,18	0,08	0,36	0,81	0,84	0,98
Spec 08	56,81	19,04	13,85	2,06	0,52	0,18	0,18	0,27	0,73	0,29	1,02	0,00	0,41	0,08	0,00	1,19	0,94	1,20	1,23
Spec 09	51,43	27,78	13,63	1,55	0,25	0,17	0,08	0,24	0,69	0,23	0,26	0,00	0,28	0,07	0,17	0,54	0,76	1,03	0,87
Spec 10	50,85	27,94	13,74	2,00	0,07	0,05	0,27	0,42	0,84	0,10	0,35	0,00	0,33	0,09	0,06	0,35	0,85	1,17	0,54
Spec 11	51,59	27,38	13,75	1,84	0,00	0,03	0,27	0,34	0,50	0,25	0,34	0,00	0,02	0,20	0,13	0,26	0,84	0,70	1,57
R-34 (Zrn19)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	53,93	24,48	14,39	1,60	0,54	0,07	0,11	0,28	0,48	0,28	0,00	0,00	0,06	0,00	0,27	0,48	0,94	1,22	0,87
Spec 02	54,10	24,86	14,35	1,24	0,48	0,13	0,10	0,42	0,66	0,14	0,00	0,00	0,17	0,06	0,15	0,53	0,67	1,17	0,77
Spec 03	53,99	24,62	14,49	1,26	0,39	0,05	0,17	0,36	0,51	0,12	0,01	0,00	0,26	0,04	0,25	0,50	0,75	1,40	0,85
Spec 04	54,21	24,47	14,43	1,96	0,43	0,09	0,11	0,26	0,71	0,22	0,02	0,00	0,13	0,14	0,15	0,37	0,88	0,76	0,68
Spec 05	53,75	24,84	14,39	2,04	0,24	0,06	0,09	0,33	0,72	0,29	0,01	0,00	0,10	0,05	0,13	0,34	0,92	1,08	0,61
Spec 06	54,08	24,33	14,42	2,12	0,88	0,03	0,19	0,30	0,50	0,13	0,00	0,00	0,16	0,07	0,32	0,42	0,95	0,84	0,27
Spec 07	51,46	26,73	13,67	2,36	0,52	0,02	0,26	0,31	0,65	0,27	0,19	0,00	0,14	0,01	0,00	0,21	1,09	1,11	1,02
Spec 08	52,40	26,24	13,90	2,47	0,72	0,17	0,14	0,32	0,48	0,36	0,00	0,00	0,10	0,00	0,17	0,34	0,67	0,76	0,77
Spec 09	50,91	26,94	13,70	2,01	0,58	0,09	0,38	0,38	0,57	0,21	0,60	0,00	0,16	0,07	0,00	0,80	0,75	0,96	0,90
Spec 10	51,03	27,40	13,65	2,47	0,13	0,02	0,31	0,40	0,53	0,18	0,31	0,00	0,06	0,16	0,05	0,18	1,13	1,11	0,90
Spec 11	51,47	27,63	13,75	1,80	0,41	0,16	0,05	0,10	0,62	0,39	0,44	0,00	0,18	0,08	0,03	0,57	0,83	0,88	0,61
Spec 12	50,48	26,83	13,56	1,78	0,56	0,09	0,17	0,31	0,72	0,50	0,67	0,00	0,12	0,12	0,00	0,76	1,37	1,10	0,88

Continuação

R-34 (Zrn20)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	54,18	23,99	14,37	1,69	0,18	0,02	0,08	0,23	0,51	0,27	0,00	0,00	0,30	0,02	0,15	0,54	1,16	1,27	1,05
Spec 02	53,48	24,40	14,35	2,35	0,57	0,03	0,16	0,19	0,51	0,28	0,02	0,00	0,04	0,00	0,16	0,25	1,05	1,39	0,78
Spec 03	54,28	24,56	14,44	1,58	0,28	0,11	0,27	0,29	0,50	0,26	0,00	0,00	0,23	0,12	0,17	0,33	0,88	0,82	0,87
Spec 04	53,81	23,60	14,50	2,78	0,10	0,10	0,18	0,28	0,41	0,06	0,00	0,00	0,18	0,21	0,32	0,28	0,99	1,00	1,21
Spec 05	53,80	25,12	14,37	1,59	0,35	0,04	0,18	0,26	0,57	0,30	0,00	0,00	0,40	0,11	0,20	0,33	0,58	0,97	0,85
Spec 06	53,79	23,95	14,37	1,69	0,30	0,04	0,23	0,39	0,56	0,46	0,01	0,00	0,10	0,07	0,34	0,51	0,85	1,15	1,19
Spec 07	54,37	24,55	14,37	1,86	0,32	0,14	0,16	0,30	0,58	0,37	0,01	0,00	0,09	0,12	0,12	0,33	0,89	1,08	0,36
Spec 08	53,58	24,28	14,67	2,31	0,35	0,12	0,20	0,28	0,54	0,22	0,00	0,17	0,11	0,06	0,37	0,17	0,60	0,83	1,13
Spec 09	50,86	27,67	13,55	1,96	0,29	0,06	0,21	0,34	0,64	0,27	0,60	0,00	0,20	0,10	0,00	0,60	0,64	1,24	0,77
Spec 10	52,35	26,65	14,22	2,01	0,48	0,11	0,26	0,21	0,49	0,30	0,05	0,00	0,07	0,06	0,09	0,24	0,76	0,88	0,79
Spec 11	52,27	26,41	14,02	1,75	0,37	0,13	0,10	0,36	0,69	0,26	0,12	0,00	0,24	0,13	0,09	0,49	0,79	1,03	0,75
R-34 (Zrn21)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	54,09	25,18	14,38	1,19	0,21	0,08	0,06	0,22	0,55	0,26	0,00	0,00	0,05	0,17	0,17	0,33	1,03	0,82	1,23
Spec 02	54,50	24,46	14,45	1,24	0,36	0,00	0,14	0,41	0,47	0,32	0,00	0,00	0,18	0,07	0,27	0,53	0,78	1,14	0,69
Spec 03	53,90	24,97	14,27	1,56	0,29	0,05	0,10	0,35	0,61	0,29	0,01	0,00	0,28	0,01	0,19	0,25	0,78	1,10	1,03
Spec 04	54,13	24,53	14,45	1,51	0,50	0,11	0,12	0,35	0,49	0,28	0,00	0,00	0,21	0,00	0,31	0,42	0,81	0,97	0,82
Spec 05	54,31	25,02	14,43	1,47	0,38	0,07	0,10	0,25	0,56	0,25	0,04	0,00	0,29	0,07	0,04	0,29	0,68	0,87	0,88
Spec 06	51,64	27,23	13,85	2,13	0,36	0,10	0,11	0,46	0,59	0,10	0,15	0,00	0,11	0,09	0,20	0,40	0,99	0,98	0,52
Spec 07	51,37	27,11	14,04	2,27	0,34	0,02	0,19	0,31	0,65	0,23	0,12	0,00	0,06	0,12	0,08	0,57	0,77	1,12	0,64
Spec 08	51,06	27,06	13,81	1,77	0,46	0,03	0,33	0,20	0,65	0,51	0,49	0,00	0,21	0,08	0,00	0,83	0,57	0,84	1,11
Spec 09	51,76	27,23	13,89	2,03	0,31	0,10	0,20	0,35	0,43	0,13	0,16	0,00	0,20	0,08	0,03	0,43	0,94	0,87	0,86
R-34 (Zrn22)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	51,95	25,88	13,74	2,16	0,41	0,05	0,16	0,24	0,48	0,47	0,28	0,00	0,09	0,10	0,00	0,23	1,25	1,31	1,20
Spec 02	49,96	26,93	13,52	1,66	0,27	0,11	0,30	0,38	0,41	0,29	0,90	0,00	0,20	0,11	0,16	0,81	0,65	1,91	1,44
Spec 03	50,83	26,68	13,63	1,63	0,13	0,09	0,22	0,51	0,52	0,21	0,74	0,00	0,24	0,16	0,12	0,76	1,51	0,87	1,16
Spec 04	49,80	28,48	13,45	1,45	0,68	0,05	0,17	0,49	0,54	0,14	0,56	0,00	0,13	0,01	0,00	0,80	1,27	1,14	0,85
Spec 05	53,45	24,01	14,09	2,11	0,30	0,09	0,21	0,47	0,38	0,21	0,08	0,00	0,25	0,16	0,38	0,06	1,38	1,32	1,07
Spec 06	49,78	27,90	13,13	2,39	0,17	0,05	0,32	0,29	0,49	0,27	0,69	0,00	0,31	0,15	0,04	0,78	1,27	0,95	1,03
Spec 07	50,43	26,29	13,68	2,31	0,30	0,06	0,22	0,49	0,42	0,23	0,57	0,00	0,30	0,00	0,00	0,70	1,59	1,54	0,88
Spec 08	53,07	23,69	14,42	2,20	0,52	0,09	0,16	0,34	0,51	0,20	0,00	0,00	0,32	0,04	0,38	0,31	0,92	1,07	1,77
Spec 09	51,74	25,48	13,99	2,05	0,12	0,27	0,29	0,48	0,57	0,14	0,41	0,00	0,27	0,27	0,18	0,35	1,05	0,68	1,66
Spec 10	51,05	26,95	14,02	2,23	0,24	0,17	0,13	0,46	0,52	0,22	0,33	0,00	0,29	0,19	0,07	0,24	0,95	0,95	0,99

APÊNDICE L - Dados químicos semiquantitativos (EDS) de zircão das zonas alteradas.

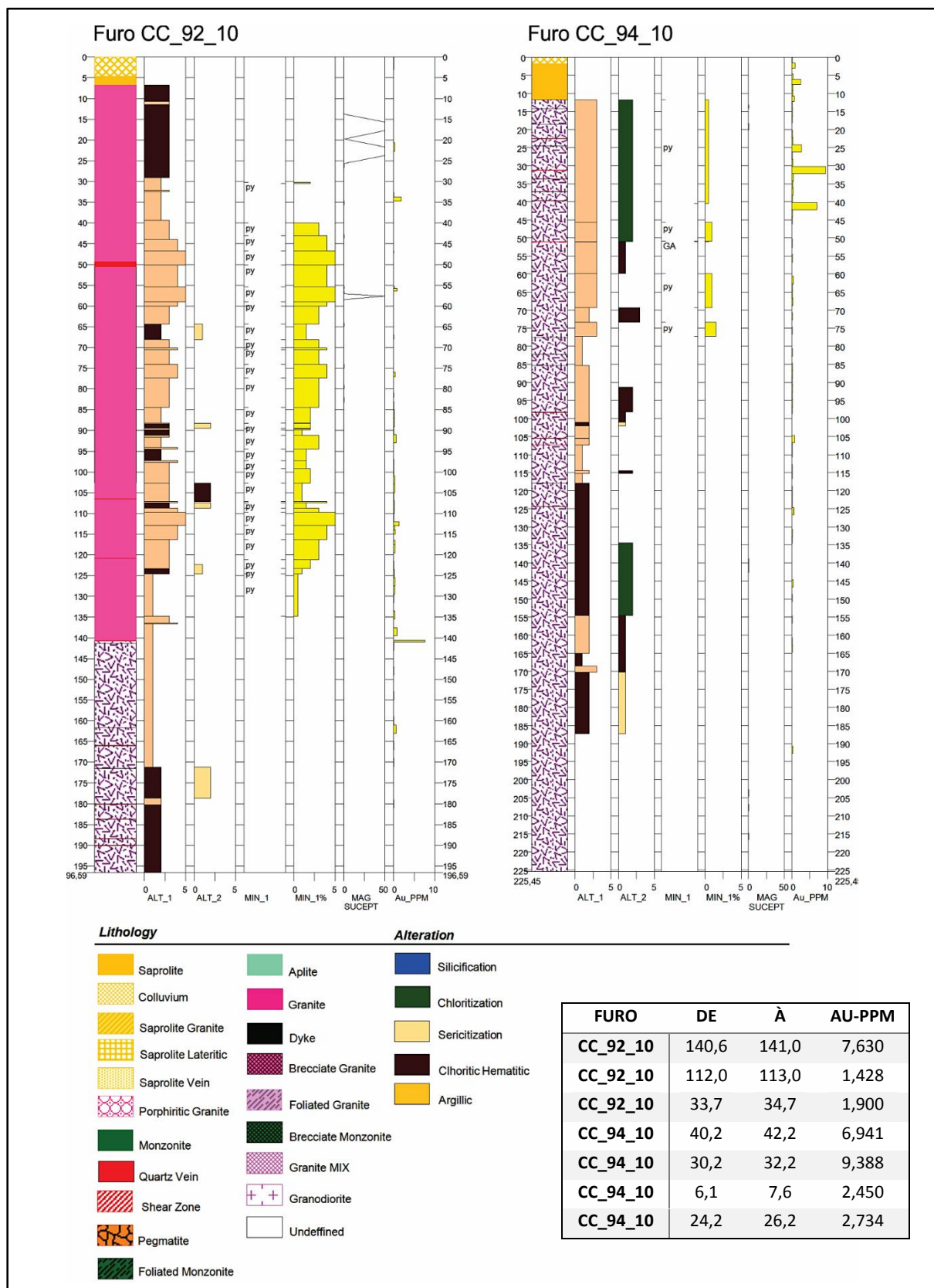
Amostra	Elementos																		
R-32 (Zrn23)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	55,28	23,86	14,20	1,57	0,24	0,11	0,13	0,22	0,75	0,27	0,00	0,37	0,17	0,06	0,24	0,37	0,79	0,68	0,70
Spec 02	55,38	23,87	14,01	1,68	0,27	0,10	0,11	0,37	0,71	0,18	0,00	0,00	0,12	0,02	0,16	0,32	0,70	0,95	1,04
Spec 03	55,04	23,22	14,36	1,69	0,38	0,10	0,10	0,33	0,60	0,10	0,00	0,56	0,10	0,02	0,23	0,43	1,04	0,70	1,01
Spec 04	55,79	22,75	14,53	2,13	0,57	0,14	0,06	0,31	0,67	0,13	0,00	0,00	0,10	0,07	0,08	0,37	0,87	1,07	0,34
Spec 05	51,41	25,90	13,48	2,38	0,35	0,13	0,20	0,41	0,79	0,22	0,67	0,27	0,19	0,08	0,00	0,60	1,02	0,84	1,07
Spec 06	52,45	25,82	13,62	1,71	0,25	0,10	0,24	0,37	0,68	0,65	0,65	0,25	0,09	0,07	0,00	0,76	0,80	0,77	0,72
Spec 07	52,09	25,98	13,39	3,18	0,00	0,02	0,36	0,12	0,70	0,35	0,71	0,00	0,02	0,08	0,00	0,53	0,69	1,13	0,66
R-32 (Zrn24)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	44,77	30,02	14,10	1,53	0,20	0,00	1,07	0,51	2,47	0,16	1,11	0,27	0,19	0,08	0,02	0,95	0,79	1,16	0,61
Spec 02	53,57	24,81	14,06	1,90	0,09	0,06	0,23	0,32	0,52	0,12	0,28	0,35	0,21	0,10	0,11	0,44	0,81	1,05	0,97
Spec 03	52,28	25,45	13,83	1,76	0,57	0,17	0,15	0,38	0,65	0,05	1,15	0,24	0,24	0,04	0,00	0,83	0,89	0,97	0,37
Spec 04	53,79	23,30	14,19	1,56	0,56	0,17	0,17	0,47	0,60	0,10	0,36	0,46	0,41	0,02	0,00	0,62	0,89	1,13	1,18
Spec 05	55,38	23,22	14,33	1,94	0,29	0,12	0,26	0,29	0,67	0,15	0,04	0,00	0,19	0,15	0,19	0,44	0,75	0,75	0,86
Amostra	Elementos																		
R-24 (Zrn25)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	52,21	25,09	13,99	2,26	0,56	0,19	0,21	0,48	0,74	0,22	0,46	0,01	0,49	0,00	0,08	0,29	1,05	1,19	0,50
Spec 02	51,18	25,21	13,41	2,72	0,29	0,05	0,18	0,28	0,56	0,49	0,67	0,00	0,23	0,12	0,24	1,27	0,83	1,39	0,89
Spec 03	54,38	23,64	14,10	2,36	0,07	0,19	0,10	0,51	0,61	0,24	0,00	0,00	0,07	0,18	0,33	0,28	1,03	1,15	0,78
Spec 04	54,89	23,75	14,29	2,15	0,23	0,09	0,26	0,33	0,44	0,36	0,01	0,00	0,32	0,14	0,23	0,18	0,73	1,08	0,51
Spec 05	54,33	23,40	14,22	2,08	1,06	0,10	0,16	0,32	0,63	0,22	0,06	0,00	0,50	0,00	0,22	0,26	0,88	1,26	0,31
Spec 06	51,37	25,04	13,49	2,15	0,56	0,31	0,33	0,25	0,89	0,36	0,78	0,00	0,18	0,12	0,03	0,52	0,96	1,14	1,52
Spec 07	51,55	25,02	13,85	2,68	0,42	0,17	0,19	0,34	0,74	0,24	0,38	0,00	0,21	0,00	0,00	0,71	0,72	1,46	1,34
Spec 08	50,86	26,95	13,60	1,97	0,62	0,04	0,33	0,31	0,70	0,16	0,55	0,00	0,22	0,00	0,10	0,44	0,77	1,06	1,34
Spec 09	50,56	25,99	13,73	4,53	0,00	0,07	0,21	0,54	0,42	0,07	0,32	0,00	0,18	0,08	0,00	0,30	0,85	1,20	0,97
Spec 10	48,62	25,67	13,39	4,66	0,20	0,03	0,63	0,40	0,68	0,28	0,77	0,00	0,37	0,16	0,13	1,01	1,08	1,26	0,69
Spec 11	50,60	24,29	13,88	4,34	0,13	0,14	0,25	0,41	0,46	0,74	0,48	0,00	0,09	0,22	0,29	0,45	1,07	1,11	1,08
R-24 (Zrn26)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	57,28	18,07	15,09	3,07	0,28	0,12	0,27	0,75	0,49	0,15	0,22	0,00	0,13	0,10	0,15	0,22	0,89	1,59	1,16
Spec 02	54,59	23,30	14,49	1,56	0,57	0,11	0,13	0,32	0,55	0,23	0,11	0,00	0,14	0,15	0,31	0,27	0,99	1,01	1,18
Spec 03	54,78	23,44	14,28	1,71	0,44	0,17	0,15	0,34	0,60	0,16	0,00	0,00	0,12	0,02	0,23	0,33	1,07	1,03	1,14
Spec 04	54,47	23,42	14,85	1,93	0,46	0,10	0,20	0,27	0,50	0,36	0,04	0,00	0,12	0,00	0,12	0,20	1,37	0,79	0,81
R-24 (Zrn27)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	55,28	22,97	14,62	2,31	0,12	0,06	0,16	0,42	0,52	0,24	0,00	0,00	0,28	0,16	0,27	0,18	0,64	0,92	0,85
Spec 02	55,01	22,82	14,50	1,89	0,34	0,09	0,15	0,37	0,40	0,17	0,00	0,00	0,17	0,08	0,15	0,39	0,91	1,28	1,29
Spec 03	51,93	25,44	14,09	3,53	0,34	0,08	0,29	0,53	0,36	0,13	0,18	0,00	0,07	0,16	0,09	0,46	0,81	1,08	0,44
Spec 04	53,43	23,41	14,47	1,96	0,36	0,08	0,21	0,53	0,40	0,42	0,00	0,00	0,27	0,08	0,31	0,23	0,82	1,62	1,41

Continuação

R-24 (Zrn28)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	51,13	26,61	13,46	1,69	0,59	0,10	0,24	0,30	0,75	0,38	0,87	0,00	0,16	0,11	0,00	0,37	0,62	1,43	1,21
Spec 02	52,51	26,17	13,87	1,82	0,47	0,14	0,17	0,37	0,69	0,18	0,38	0,00	0,20	0,02	0,19	0,54	0,76	0,90	0,63
Spec 03	51,89	26,46	13,53	1,86	0,33	0,10	0,16	0,47	0,70	0,20	0,37	0,00	0,24	0,06	0,05	0,69	1,10	0,96	0,82
Spec 04	50,88	27,27	13,37	2,10	0,28	0,27	0,27	0,39	0,74	0,11	0,76	0,00	0,20	0,08	0,00	0,41	0,78	1,20	0,91
Spec 05	51,47	26,44	13,58	2,12	0,19	0,17	0,35	0,24	0,67	0,26	0,62	0,00	0,16	0,07	0,12	0,39	1,06	1,03	1,07
Spec 06	51,04	27,04	13,31	2,00	0,34	0,22	0,51	0,15	0,72	0,29	0,90	0,00	0,13	0,08	0,00	0,39	0,77	1,06	1,06
Spec 07	49,04	26,39	13,59	4,32	0,00	0,03	0,62	0,40	0,63	0,34	0,74	0,00	0,35	0,27	0,00	0,68	0,74	1,07	0,79
Spec 08	50,01	25,41	13,80	4,92	0,10	0,00	0,39	0,42	0,56	0,28	0,52	0,00	0,26	0,10	0,00	0,54	0,96	1,14	0,58
Spec 09	49,35	26,09	13,65	4,88	0,14	0,05	0,29	0,39	0,53	0,23	0,54	0,00	0,01	0,22	0,01	0,58	1,37	1,04	0,65
R-24 (Zrn29)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	54,79	23,69	14,63	1,76	0,21	0,03	0,23	0,38	0,68	0,11	0,01	0,00	0,25	0,07	0,18	0,43	0,73	1,14	0,69
Spec 02	54,83	23,25	14,29	2,32	0,26	0,10	0,12	0,37	0,50	0,40	0,00	0,00	0,13	0,16	0,46	0,36	0,97	0,65	0,84
Spec 03	55,56	23,56	14,50	1,74	0,12	0,02	0,19	0,39	0,64	0,12	0,00	0,00	0,16	0,14	0,21	0,43	0,67	1,04	0,51
Spec 04	52,50	25,79	13,79	2,18	0,46	0,13	0,17	0,20	0,96	0,37	0,22	0,15	0,21	0,12	0,00	0,59	0,76	0,74	0,66
Spec 05	51,30	26,33	13,24	2,32	0,11	0,14	0,45	0,25	0,99	0,38	0,60	0,00	0,07	0,09	0,00	0,79	1,01	0,96	0,97
Spec 06	51,66	26,21	13,58	2,14	0,44	0,27	0,18	0,37	0,82	0,18	0,74	0,07	0,17	0,06	0,00	0,52	0,74	0,91	0,96
Spec 07	48,96	26,89	13,33	4,32	0,21	0,10	0,51	0,41	0,65	0,42	0,79	0,00	0,04	0,11	0,00	0,64	0,98	0,79	0,86
Spec 08	50,01	25,85	14,22	4,12	0,30	0,00	0,47	0,40	0,57	0,15	0,29	0,00	0,07	0,01	0,20	0,49	1,56	0,96	0,34
Spec 09	51,57	26,36	13,65	3,56	0,36	0,09	0,27	0,29	0,56	0,33	0,21	0,00	0,11	0,11	0,06	0,39	0,62	0,57	0,90
Spec 10	52,91	25,60	13,80	1,70	0,10	0,02	0,24	0,14	0,79	0,36	0,32	0,00	0,44	0,03	0,04	0,33	0,62	1,13	1,43
R-24 (Zrn30)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	53,98	24,43	14,21	1,93	0,44	0,09	0,15	0,28	0,39	0,14	0,00	0,00	0,12	0,03	0,24	0,42	1,11	1,07	0,98
Spec 02	54,62	24,21	14,24	1,77	0,63	0,09	0,14	0,24	0,45	0,25	0,07	0,00	0,23	0,00	0,27	0,27	0,64	1,19	0,70
Spec 03	54,47	24,19	14,15	2,10	0,31	0,06	0,15	0,45	0,61	0,16	0,05	0,00	0,19	0,06	0,16	0,43	0,77	0,90	0,78
Spec 04	54,36	23,98	14,45	1,78	0,64	0,15	0,14	0,17	0,69	0,54	0,00	0,00	0,20	0,04	0,34	0,26	0,93	0,91	0,45
Spec 05	54,51	23,67	14,21	1,92	0,36	0,06	0,17	0,31	0,66	0,23	0,00	0,00	0,17	0,12	0,10	0,28	0,89	1,15	1,19
Spec 06	51,53	25,96	13,52	2,39	0,51	0,07	0,18	0,46	0,87	0,24	0,72	0,00	0,19	0,03	0,09	0,51	1,33	0,90	0,52
Spec 07	50,84	26,60	13,56	1,88	0,21	0,10	0,23	0,54	1,01	0,23	0,61	0,00	0,17	0,23	0,00	0,55	0,98	1,12	1,16
Spec 08	51,11	27,23	13,53	1,74	0,43	0,14	0,11	0,31	0,65	0,33	0,96	0,00	0,18	0,03	0,04	0,76	0,69	0,99	0,77
R-24 (Zrn 31)	Zr	O	Si	Hf	Ta	Th	U	Ce	Y	Ba	Ca	P	As	Cu	Sb	Te	Au	Hg	Bi
Spec 01	53,95	24,20	14,46	1,83	0,67	0,07	0,22	0,51	0,59	0,02	0,02	0,00	0,27	0,05	0,31	0,42	0,77	0,93	0,70
Spec 02	54,58	24,22	14,36	1,72	0,28	0,17	0,12	0,39	0,54	0,18	0,01	0,00	0,06	0,07	0,09	0,19	0,97	0,85	1,20
Spec 03	54,05	24,13	14,45	1,24	0,40	0,17	0,13	0,48	0,69	0,21	0,02	0,00	0,18	0,03	0,27	0,30	0,85	0,94	1,47

ANEXO

ANEXO A - Logs de sondagem dos furos CC_92_10 e CC_94_10 do Alvo Jerimum de Baixo e tabela Au ppm x profundidade.



Fonte: MacMahon (2011).