

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ALTERAÇÕES HIDROTERMAIS EM VULCÂNICAS E VULCANOCLÁSTICAS
FÉLSICAS PALEOPROTEROZOICAS NA REGIÃO DE NOVO PROGRESSO
(PA), PROVÍNCIA MINERAL DO TAPAJÓS.**

Gabriel Souza Rangel

Orientador: Prof.Dr. Caetano Juliani
Co-orientador: Geól. Diego Felipe Gómez Gutierrez

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2016 / 20)

SÃO PAULO
2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ALTERAÇÕES HIDROTERMAIS EM VULCÂNICAS E
VULCANOCLÁSTICAS FÉLSICAS PALEOPROTEROZOICAS NA REGIÃO DE
NOVO PROGRESSO (PA), PROVÍNCIA MINERAL DO TAPAJÓS.**

Gabriel Souza Rangel



Orientador: Prof.Dr. Caetano Juliani

Co-orientador: Geól. Diego Felipe Gómez Gutierrez

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2016 / 20)

IGc-Instituto de Geociências



Alterações hidrotermais em vulcânicas e vulcanoclástica
félsicas paleoproterozoicas na região

M27135

SÃO PAULO

2016

R 196
G.S.A

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
1000 UNIVERSITY AVENUE
LOS ANGELES, CALIFORNIA 90024



UNIVERSITY OF CALIFORNIA

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Agradecimentos

Escrevo de novo, tentando lembrar o que eu sou. Escrevo para Diego, minha filha, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim.

Escrevo para a minha mãe, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim.

Escrevo para a minha mãe, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim.

Escrevo para a minha mãe, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim.

Escrevo para a minha mãe, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim.

Escrevo para a minha mãe, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim.

Escrevo para a minha mãe, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim.

Escrevo para a minha mãe, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim.

Escrevo para a minha mãe, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim, para saber que ela não se esqueça de mim.

Dedicatória

Dedico esse trabalho a quem não devo menos que a vida, a pessoa que recebe o título mais nobre que qualquer sociedade já pode criar, mãe, saiba que todas minhas conquistas foram, são e serão por você.

Agradecimentos

Agradeço ao meu Orientador Caetano Juliani, e ao meu Co-orientador Diego Felipe Gómez Gutierrez, pelos dois anos de conhecimento, tempo e muita paciência que cederam à mim, e mais que isso, por terem acreditado no meu trabalho.

Ao MCT/CT-Mineral/CNPq, por meio do Projeto de Pesquisa CT-Mineral (Proc. 550.342/2011-7 intitulado Petrogênese e metalogênese da LIP (Large Igneous Province) Uatumã na porção sul do Cráton Amazônico, sob a coordenação do Prof. Caetano Juliani e MCT/CNPq/FAPESPA/PETROBRAS (Proc. 573.733/2008-2).

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Geociências da Amazonia (INCT-Geociam/Proc. 2403 - Subproj. 1/Grupo Geociam: Hidrotermal Processos Petrológicos e Metalogênese IG-USP).

Também gostaria de agradecer a todos que fazem parte da equipe de pesquisa, em especial ao Lucas Scaglia, Lucas Cassini e a Cláudia Tokashiki, pelos conselhos, ensinamentos e inúmeras ajudas.

Aos funcionários do IGc-USP, Samuca, o corinthiano, e Isaac, pelos “quebra-galhos” e conversas regadas a risadas.

Aos times de futsal e futebol da Geologia-Usp, esses me ensinaram que mesmo na falta de técnica, podemos nos superar com união e raça. Poder conquistar duas Copas USP, não teria o mesmo sabor com qualquer outro time.

A toda minha família, mãe, vó, irmãs, tios e tias, primos e primas, essas são as pessoas que são a base de tudo, e que me apoiam em todas minhas investidas, um verdadeiro muito obrigado a vocês.

Por fim, a toda turma 55, Lys, Dante, e os astenosféricos, em especial a família do rebanho, café, meu irmão de coração, Julião, Bundinha, Mormaço, Manja, Consti, Garçom, Pepe, Lucão, Cauê e Tênia, vocês fizeram que minha experiência universitária não se restringisse a um título de graduação, muito mais do que isso, com vocês tive o privilégio de escrever diversas histórias que foram publicadas em meu coração.

Enorme gratidão a todos vocês.

Resumo

Um intenso magmatismo félsico nomeado de Uatumã *sensu lato*, se espalhou por mais de 1.100.000 km², produzindo rochas vulcânicas, vulcanoclásticas, pórfiros e granitos que compõem o Supergrupo Uatumã. Esses litotipos se associam e hospedam mineralizações epitermais *low-*, *intermediate-* e *high-* sulfidation e do tipo pórfiro, que contém metais preciosos (Au e Ag) e de base (Cu, Pb, Zn e Mo), sendo que estas, apresentam alterações hidrotermais características que são indicadores e vetores na exploração de corpos mineralizados nesses metais.

Desta forma, o estudo desenvolvido neste trabalho de formatura contribui para melhoria dos modelos exploratórios para ouro e, potencialmente para cobre e molibênio, não apenas pela identificação de várias ocorrências de alterações hidrotermais do tipo epitermal e pórfiro, mas também no entendimento do contexto geológico e metalogenético na Província Mineral do Tapajós. Para tanto, foram realizadas análises petrográficas em lâminas delgadas, microscopia eletrônica de varredura, difração de raios X e análises geoquímicas.

Foram identificadas rochas graníticas associadas a Suíte Intrusiva Parauari e Creporizão, além das vulcânicas e vulcanoclásticas pertencentes ao Grupo Iriri, onde foram identificadas alterações hidrotermais associadas tanto ao tipo pórfiro (alteração potássica, sericitica e propilitica), como do tipo epitermal (alteração quartzo sericitica, argílica e argílica avançada), onde o metassomatismo potássico é enquadrada em escala regional, representando a região estudada como uma zona localmente intermediária a depósitos magmáticos-hidrotermais do tipo epitermal.

As análises geoquímicas permitiram definir um caráter que varia de shoshonítico a cálcio-alcálico de alto potássio aos magmas que formaram estas rochas, assim como seu ambiente tectônico de formação, arco vulcânico a sin-colisional em margens continentais ativas.

Assim, esse trabalho pode ajudar fomentar o desenvolvimento de maiores incentivos à pesquisa mineral na PMT, e conseqüentemente um maior entendimento geológico da região.

Abstract

An intense felsic magmatism named Uatumã *sensu lato* has spread over 1,100,000 km², producing many types of rocks, such as volcanic, volcanoclastic, porphyry and granites, all part of the Supergroup Uatumã. They host low-, intermediate- and high-sulfidation mineralisations, as well as porphyry deposits, with precious metals (Au, Ag) and base metals (Cu, Pb, Zn, Mo), these with characteristic colours from hydrothermal alterations, which are indicative and vectors in the process of exploration of these mineralised bodies.

The study presented here contributes in improving the gold exploration models and, potentially, copper and molybdenum, not only identifying the occurrences of porphyry and epithermal hydrothermal alterations, but also by permit a better understanding of the geological and metallogenic context of the Tapajós Mineral Province. For this purpose, petrographic analyses in thin sections were developed, as well as scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction and geochemical analysis.

Granitic rocks identified are correlated to the Parauari and Creporizão Intrusive Suites of , as well as associated volcanic and volcanoclastic rocks, formally considered as belonging to the Iri Group. The hydrothermal alteration in porphyries of these units are potassic, sericitic and propilitic alterations, as well epithermal alterations (predominantly quartz-sericitic alterations, argillic and advanced argillic alterations) were identified in subvolcanic, volcanic an volcanoclastic rocks. These hydrothermal patterns in a regional scale indicate potential for the occurrence of magmatic-hydrothermal depositis, including precious metals epithermal and precious and base metals porphyry-like deposits.

The geochemical analysis defined a shoshonitic to a high potassium calc-alkaline nature of the original magma, and a tectonic setting was defined as a sin-collisional volcanic arc of an active continental margin.

This way, this work may be of help to foment the development of greater incentives to mineral research on the PMT, which subsequently would improve the geological understanding of the region.

Sumário

Introdução.....	1
1. Objetivos	2
2. Localização da área	2
3. Justificativas.....	3
4. Fundamentação Bibliográfica	4
4.1. Suíte Intrusiva Creporizão.....	6
4.2. Suíte Intrusiva Parauari.....	7
4.3. Supergrupo Uatumã.....	7
4.3.1. Grupo Iriri.....	7
4.3.2. Formação Moraes Almeida	8
4.3.3. Suíte Intrusiva Maloquinha.....	8
4.4. Formação Novo Progresso	9
4.5. Alterações Hidrotermais.....	9
5. Materiais e Métodos	10
6. Resultados.....	13
6.1. Petrografia	17
6.2. Alterações Hidrotermais.....	34
6.3. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	38
6.4. Difração de Raios X	41
6.5. Geoquímica.....	43
7. Discussões e Conclusões	45
Referências Bibliográficas	48

Índice de figuras

Figura 2.1 – Localização da área de estudo em imagem de satélite do Google Earth. Os pontos em vermelho indicam a localização dos afloramentos com amostras estudada, a seta azul a cidade de Novo Progresso (PA) e em amarelo a rodovia BR-163..... 2

Figura 4.1 – Propostas de compartimentação do Cráton Amazônico, com localização da PMT. (A): modelo de Cordani et al. (1979). (B): modelo de Tassinari e Macambira (2004), elaborado com datações multi-métodos. (C): modelo de Santos (2003a), precursor de (D), que é o de Santos et al. (2008), baseado em Hasui (2012). Em amarelo estão representadas as bacias sedimentares fanerozóicas a cenozoicas e a linhas vermelhas correspondem às fronteiras entre os diferentes estados de Brasil e os países vizinhos..... 5

Figura 4.2 – Coluna estratigráfica da Província Mineral do Tapajós. Modificado de (Gómez-Gutiérrez, 2015). 6

Figura 4.3 – Zonamento típico formado por alteração hidrotermal em sistemas do tipo pórfiro (Sillitoe, 2010), traduzido..... 10

Figura 5.1 – Fluxograma da rotina utilizada na preparação das amostras para a análise por difração de raios X, a partir da amostra de rocha inicial hidrotermalizada até a etapa de concentração de material fino (pó), para montagem de lâminas para análises. 12

Figura 5.2 – Fluxograma com a rotina utilizada na preparação de amostras para as análises químicas. 13

Figura 6.1 – Conjuntos de litolotipos estudados..... 14

Figura 6.2 – A) Arenito (amostra NP-233a) das coberturas paleoproterozoicas, as quais comumente apresentam fragmentos líticos de rochas vulcânicas. B) Arenito lítico hidrotermalizado das proximidades de uma pequena intrusão félsica nas coberturas paleoproterozoicas (amostra NP-342). C) Tufo de cinzas associado às rochas vulcânicas riolíticas do Supergrupo Uatumã sensu lato (amostra NP-285b). D) Ignimbrito ou tufo soldado (amostra NP-405c). E) Andesito bandado da Formação Bom Jardim (amostra NP-302). F) Riolito porfiritico (amostra NP-297c). G) Pórfiro andesítico (amostra NP-319). H) Riolito porfiritico (amostra NP-347). I) Granito aplítico (amostra NP-337). J) Monzogranito da suíte intrusiva Parauari (amostra NP-351b). 15

Figura 6.3 – Mapa geológico da área de estudos, segundo o Mapa Geológico do Estado do Pará em 1:1.000.000 de Vasquez e Rosa-Costa (2008), com a localização das amostras estudadas..... 16

Figura 6.4 – A) Arenito (NP-233a) das coberturas paleoproterozoicas. B) Mineralogia essencialmente quartzosa, tanto o arcabouço como matriz. Micrografia com analisador..... 17

Figura 6.5 – A) Arenito lítico e hidrotermalizado das proximidades de uma pequena intrusão félsica nas coberturas sedimentares paleoproterozoicas (amostra NP-342). B) Sistema de microvênulas de quartzo. Micrografia com analisador..... 18

Figura 6.6 – A) Alteração hidrotermali pervasiva com cristalização principalmente de sericita (Ser) na matriz, entre os grãos de quartzo (Qz). B) Finíssimos cristais de feldspato potássico (Kfs) orientados definindo uma textura traquitica no clasto lítico. C) Calcedônia (Cc) cristalizada ao redor de grãos mais grossos de quartzo. Micrografias com analisador. Não há

abreviação para calcedônia segundo Whitney, vou usar Cc pois está abreviação não é utilizada á nenhum outro mineral.	18
Figura 6.7 – A) Ignimbrito ou tufo soldado (amostra NP-405C). B) Tufo de cinzas ou cinerítico (amostra NP-300B).....	19
Figura 6.8 – Diagrama QAPF de Streckeisen (1967) para rochas vulcânicas com as composições mineralógicas dos tufos.....	19
Figura 6.9 – A) Estrutura composicional laminada em tufo riódacítico (Amostra NP-300B), micrografia sem analisador. B) Seritização de estilo pervasivo da matriz devitrificada e megacristal de plagioclásio (Pl) zonado. Amostra NP- 405C, micrografia com analisador.	20
Figura 6.10 – A) Plagioclásio (Pl) parcialmente substituído por feldspato potássico (Kfs), originado pelo alteração hidrotermal potássica de altas temperaturas (amostra NP-405C). Micrografia sem analisador, B) Micrografia com analisador da amostra anterior. C) Biotita hidrotermal gerada pela alteração hidrotermal potássica (amostra NP-300B). Micrografia sem analisador da amostra anterior.	21
Figura 6.11 – A) Aspecto comum dos riolito porfíricos (amostra NP-297C). B) Riolito porfírico intensamente fraturado e hidrotermalizado (amostra NP-353).....	22
Figura 6.12 – Diagrama QAPF de Streckeisen (1967) com as composições dos plotagem dos riolitos indicando semelhanças composicionais com monzogranitos.	23
Figura 6.13 – A) Textura laminada ondulada no riolito porfírico, semelhante às dos tufos e ignimbritos (Amostra NP-297C). Notar as porções mais escuras produzidas pela devitrificação da matriz original da rocha. Micrografia sem analisador. B) Plagioclásio fortemente sericitizado (Amostra NP-297C)/ Micrografia com analisador.....	23
Figura 6.14 – A) Plagioclásio (Pl) fraturado com preenchimento por biotita hidrotermal e óxidos e hidróxidos de ferro (Amostra NP-348). Micrografia com analisador. B) Cristais de quartzo (Qz) com contatos quase que poligonizados, devido recristalização ou forte fraturamento hidrotermal.....	24
Figura 6.15 – A) Microvênula e disseminação intersticial de biotita hidrotermal (Bt), clorita (Chl) e epidoto (Ep) em riolito porfírico, cortado por microvênula de quartzo (Qz) (Amostra NP-353), Micrografia sem analisador. B) Alteração de plagioclásio (Pl) para feldspato potássico (Kfs) devido alteração hidrotermal potássica (Amostra NP-348). Micrografia com analisador.....	24
Figura 6.16 – Aspecto macroscópico típico dos andesitos bandados da Formação Bom Jardim, com leitos microporfíricos (Amostra NP-302). As porções verdes escuras e mais finas correspondem a zonas onde a alteração hidrotermal propilítica foi mais intensa.	25
Figura 6.17 – Diagrama QAPF de Streckeisen (1967) com as estimativas visuais da composição dos andesitos do Grupo Iriri.	25
Figura 6.18 – A) Textura porfírica dos andesitos, representada por microfeno geralmente euédricos cristais em meio a matriz devitrificada fortemente cloritizada e	

sericitizada (Amostra NP-302). Micrografia sem analisador. B) Micrografia com analisador da mesma amostra.....	26
Figura 6.19 – A) Seritização e cloritização na matriz do andesito e afetando parcialmente o fenocristal de plagioclásio (Pl). (Amostra NP-302). Micrografia com analisador. B) Epidoto alterado com inclusões e envolto por minerais opacos (Amostra NP-302). Micrografia com analisador.....	26
Figura 6.20 – A) Aspecto textural do pórfiro andesítico (Amostra NP-319). B) Textura porfiritica e glomeroporfiritica com plagioclásio e anfibólio do pórfiro andesítico, com os fenocristais dispersos em matriz muito fina fortemente hidrotermalizada (Amostra NP-319). Micrografia com analisador.....	27
Figura 6.21 – A) Agregados de epidoto e clinozoisita (Ep) envoltos por clorita na matriz dos pórfiros andesíticos. B) Pseudoorfo de plagioclásio com relíquia de geminação Carlsbad (Amostra NP-319). Micrografias com analisador.....	27
Figura 6.22 – Diagrama QAPF de Streckeisen (1967) com a composição mineralógica das rochas plutônicas estimadas visualmente.	28
Figura 6.23 – Aspecto macroscópico do granodiorito da amostra NP-315, onde pode ser observado o grande volume de megacristais de feldspatos, predominantemente de plagioclásio.....	29
Figura 6.24 – A) Microbolsão de quartzo (Qz) com carbonato tardio (Cb) envolvendo plagioclásio (Pl) sericitizado. B) Megacristal de feldspato potássico euédrico (Afs) com inclusões de plagioclásio sericitizado (Amostra NP-315). Micrografias com analisador.....	29
Figura 6.25 – A) Plagioclásio (Pl) intensamente alterado para sericita, mas ainda com relíquias de geminação polissintética, fenocristal de biotita (Bt) fortemente cloritizada, com leucoxênios e hornblenda (Amostra NP-315). micrografia sem analisador. B) Plagioclásio com forte alteração sericitica (Ser) e borda irregular de albita, provavelmente metassomática (Amostra NP-315). Micrografia com analisador.....	30
Figura 6.26 – A) Monzogranito inequigranular (Amostra NP-351B). B) Monzogranito granito porfiritico (Amostra NP-305).....	31
Figura 6.27 – A) Plagioclásio (Pl) zonado e sericitizado envolto por feldspato potássico hidrotermal com titanita (Ttn) associada à Hornblenda (Hbl) fortemente cloritizada. B) Alteração potássica evidenciada pela substituição do plagioclásio por feldspato potássico. Clorita (Chl) substituição a biotita hidrotermal da alteração potássica (Amostra NP-351A). Micrografias com analisador.	31
Figura 6.28 – A) Pseudomorfos de hornblenda substituídos parcialmente por biotita ao centro da imagem, e na parte superior a direita, titanita sendo substituída por minerais opacos, provavelmente ilmenita (Amostra NP-305). Micrografia sem analisador. B) Megacristal de feldspato potássico pertítica (Amostra NP-305). Micrografia com analisador.	32

Figura 6.29 – Textura mirmequítica no contato do plagioclásio (Pl) com o feldspato potássico (Afs) e com biotita (Bt) fortemente cloritizada associada (Amostra 351B). Micrografia com analisador.	32
Figura 6.30 – A) Sienogranito (Amostra NP-337) de granulação média, inequigranular, com fratura preenchida por feldspato potássico avermelhado. B) Sienogranito levemente porfirítico, de granulação grossa, fraturado e com alteração potássica infiltrativa e nas bordas do feldspato potássico ígneo indicados pelas setas (Amostra NP-240).	33
Figura 6.31 – A) e B) Sienogranito com textura granofírica bem desenvolvida (Amostra NP-337). Micrografias com analisador.	33
Figura 6.32 – A) Plagioclásio (Pl) fortemente sericitizado, próximo a uma vênula de sericita (Ser). B) Biotita (Bt) cloritizada e sericitizada próximo à vênula de sericita (Amostra NP-240). Micrografias com analisador.	34
Figura 6.33 – A) Megacristal de microclínio (Mc) hidrotermal com geminação em grade característica (Amostra NP-252) Micrografia com analisador. B) Feldspato potássico (Kfs) cristalizado pela alteração potássica que oblitera o feldspato ígneo (Amostra NP-252). Micrografia sem analisador.	34
Figura 6.34 – A) Plagioclásio (Pl) parcialmente substituído por feldspato potássico (Kfs) originado pela alteração hidrotermal potássica (Amostra NP-337). Micrografia sem analisador. B) Micrografia com analisador da amostra anterior.	34
Figura 6.35 – Plagioclásio (Pl) parcialmente substituído por feldspato potássico (Kfs), originado pelo metassomatismo potássico em granito. A) Micrografia sem analisador, B) micrografia com analisador da Amostra NP-337.	35
Figura 6.36 – A) Textura granofírica da amostra NP-337, caracterizada pelo intercrescimento de feldspato potássico e quartzo. Micrografia sem analisador, B) Micrografia da amostra anterior com analisador.	35
Figura 6.37 – Biotita secundária (Bt) associada à magnetita (minerais opacos). A) Micrografia sem analisador, B) micrografia com analisador da amostra NP-305.	36
Figura 6.38 – Alteração hidrotermal sericítica (Ser) em estilo pervasivo em pórfiro félsico, com forte substituição dos feldspatos. Notar os cristais de quartzo (Qz). A) Micrografia sem analisador, B) micrografia com analisador da Amostra NP-254B.	37
Figura 6.39 – A) Sistema de microvênulas de quartzo em stockwork (Amostra 254B). Micrografia sem analisador. B) Intensa alteração sericítica próximo às vênulas. Micrografia anterior com analisador.	37
Figura 6.40 – Biotita quase que totalmente cloritizada em andesito, com pirita associada (Amostra NP-292). A) Micrografia sem analisador. B) micrografia com analisador.	38

Figura 6.41 – Clinozoisita, produto da alteração hidrotermal do plagioclásio e epidoto (Ep) intersticial, associado à clorita e a minerais opacos (Amostra NP-319). A) Micrografia sem analisador. B) Micrografia com analisador..... 38

Figura 6.42 - Imagens de elétrons retroespalhados mostrando aspectos texturais da amostra NP-346B. A) Feldspato com inclusão de epidoto (Ep) e albita (Ab) preenchendo vênulas tanto no feldspato como no quartzo (Qz). B) Plagioclásio (Pl) com feldspato potássico com níveis de potássio (Fsp em vermelho), com almandina inclusa próxima a borda de de sekaninaita (Sk). Feldspato (Fsp) com inclusões de muscovita (Ms) e albita (Ab), e quartzo (Qz) com inclusão de zircão (Zrn).....40

Figura 6.43 - Imagens de elétrons retroespalhados mostrando aspectos texturais da amostra NP-254B. A) feldspato com níveis de potássio (Fsp em vermelho) com hábito em “palhetas” e hematita (Hem) associada, em meio a matriz rica em quartzo (Qz). B) Hematita (Hem) com hábito orbicular..... 40

Figura 6.44 – Imagens de elétrons retroespalhados mostrando aspectos texturais da amostra NP-342. A) Apatita (Ap) e rutilo (Rt) inclusos em meio a quartzo (Qz) e feldspato com níveis de potássio (Fsp em vermelho) respectivamente. B) Formação de feldspato com níveis de potássio (Fsp em vermelho) devido metassomatismo em feldspato com níveis de ferro (Fsp em azul), com monazita (Mnz) inclusa.....41

Figura 6.45 – Imagens de elétrons retroespalhados mostrando aspectos texturais da amostra NP- 261A. A) Pirofilita (PrI) com hábito dendritico com bordas albiticas (Ab) em contato com o feldspato com níveis de potássio (Fsp). B) Potassificação em próprio feldspato com níveis de potássio (Fsp em vermelho). C) Hematita (Hem) associada com mineral rico em Th, ainda não bem caracterizado.....41

Figura 6.46 – Relação de minerais identificados e suas respectivas abreviações e fórmulas química.....41

Figura 6.47 – Relação das amostras com minerais analisados po difração de raios X. 41

Figura 6.48 – Associação de minerais hidrotermais definida para alteração sericítica identificada na parte sul da Província Mineral de Tapajós. A) Rocha com alteração sericítica - Amostra NP-273A. B) Difratoograma da Amostra NP-273A com os picos indicativos de de quartzo, muscovita e caulinita, compondo a associação mineral que define a alteração sericítica. 42

Figura 6.49 – Associação de minerais hidrotermais da alteração argílica identificada na parte sul da Província Mineral de Tapajós. A) Rocha com alteração argílica – Amostra NP-271; B) Difratoograma da amostra NP-271, com a identificação de quartzo, illita e caulinita que compõem a associação mineral que define a alteração argílica..... 42

Figura 6.50 – Associação de minerais hidrotermais definida para alteração argílica avançada identificada na parte sul da Província Mineral de Tapajós. A) Rocha com alteração

argílica avançada – Amostra NP-268B. B) Difratoograma da Amostra NP-268B, com a identificação de quartzo, alunita, caolinita, pirofilita e muscovita, que compõem a associação mineral que define a alteração argílica avançada. 43

Figura 6.51 - Características geoquímicas das rochas vulcânicas, subvulcânicas e plutônicas e sua relação com ambientes tectônicos de formação: A) e B) De La Roche et al. (1980); C) Peccerillo & Taylor (1976); D) Padrões terras raras normalizados segundo o condrito de Nakamura (1974); E) Chandl & Gordon (2002).; F) Pearce et al. (1984). 44

INTRODUÇÃO

A Província Mineral do Tapajós (PMT) se localiza na região centro-sul do Cráton Amazônico, no sudoeste do estado do Pará, e é conhecida pelo grande número de mineralizações secundárias e filoneanas de ouro e de metais de base.

A PMT se situa geologicamente na parte sul do Cráton Amazônico, abrangendo parte das províncias Amazônia Central (< 2,3 Ga, com magmatismo em 1,88 – 1,70 Ga) e Ventuari-Tapajós (1,95 – 1,80 Ga) ou Tapajós-Parima (2,10 – 1,87 Ga) segundo, respectivamente, Tassinari e Macambira (1999) e Santos *et al.* (2000).

Afloram na região rochas supracrustais e rochas graníticas diversas, faneríticas ou porfíricas, assim como pórfiros riolíticos, riodacíticos dacíticos, mas predominam os com composição riolíticas.. As rochas supracrustais metamorfas em baixo grau constituem o Grupo Jacareacanga, enquanto que as vulcânicas e vulcanoclásticas com rochas sedimentares associadas são genericamente agrupadas na unidade denominada Uatumã (Pessoa *et al.*, 1977). As vulcânicas desta unidade apresentam alterações hidrotermais típicas de sistemas epitermais e composições químicas compatíveis com a formação em arcos magmáticos continentais (Juliani *et al.*, 2005, 2013).

Nas últimas décadas, a região tem sido palco de intensa atividade garimpeira de ouro, basicamente em depósitos aluvionares e coluvionares, e como esses tipos de depósitos começaram a se tornar cada vez mais escassos desde a década de 1990, se iniciaram diversos projetos de exploração mineral para procura das fontes primárias do ouro. Paralelamente, muitos garimpos têm atualmente explorado ouro em filões de quartzo sulfetados e de sulfetos, mas a única atividade mineira industrial é representada pela mina subterrânea do Palito, de propriedade da SERABI Mineração.

Mineralizações auríferas epitermais *low-* e *high-sulfidation* paleoproterozoicas bem preservadas foram inicialmente descritas na PMT, respectivamente, por Dreher *et al.* (1998) e Juliiani *et al.* (2005). Sendo que, após essas descobertas, inúmeras outras ocorrências tem sido descritas na parte sul do Cráton Amazônico nos últimos anos (Juliiani *et al.*, 2013).

Também tem sido descritas mineralizações epitermais e do tipo pórfiro na PMT (Juliiani *et al.*, 2005; Echeverri-Misas, 2015; Tokashiki, 2015) e sabe-se que os depósitos formados por processos magmáticos-hidrotermais, gerados em diferentes profundidades crustais, sejam *high-*, *intermediate-* ou *low-sulfidation* e do tipo pórfiro, apresentam alterações hidrotermais características que são indicadores e vetores na exploração de corpos mineralizados em metais preciosos e de base. Desta forma, o estudo desenvolvido neste trabalho de formatura contribui para melhoria dos modelos exploratórios para ouro e, potencialmente para cobre e molibênio, não apenas pela identificação de várias ocorrências de alterações hidrotermais do tipo epitermal, como também por definir técnicas analíticas e

critérios de identificação de zonas de alteração hidrotermal dos tipos epitermal e pórfiro na Província Mineral do Tapajós.

1. OBJETIVOS

Este trabalho objetivou o estudo das alterações hidrotermais nas rochas vulcânicas, sub-vulcânicas e vulcanoclásticas dos arredores da cidade de Novo Progresso. Para tanto, foram feitas caracterizações petrográficas por meio da análise de lâminas delgadas e análises por microscopia eletrônica de varredura e difração de raios X, visando classificar as alterações magmáticas–hidrotermais, suas associações com as mineralizações epitermais e pórfiros e o ambiente geotectônico de formação dos magmas que as geraram, com a ajuda de análises geoquímicas.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área desta pesquisa se localiza na região sudoeste do Estado de Pará, no município de Novo Progresso.

O acesso à área pode ser feito por via aérea desde as cidades de Manaus (AM), Belém (PA) e Cuiabá (MT) até as cidades de Alta Floresta (MT) ou Itaituba (PA). A partir destas, o acesso pode ser feito por via terrestre pela rodovia federal BR-163 (Cuiabá–Santarém), da qual ramificam-se diversas estradas secundárias que dão acesso à área da pesquisa (Fig. 2.1).

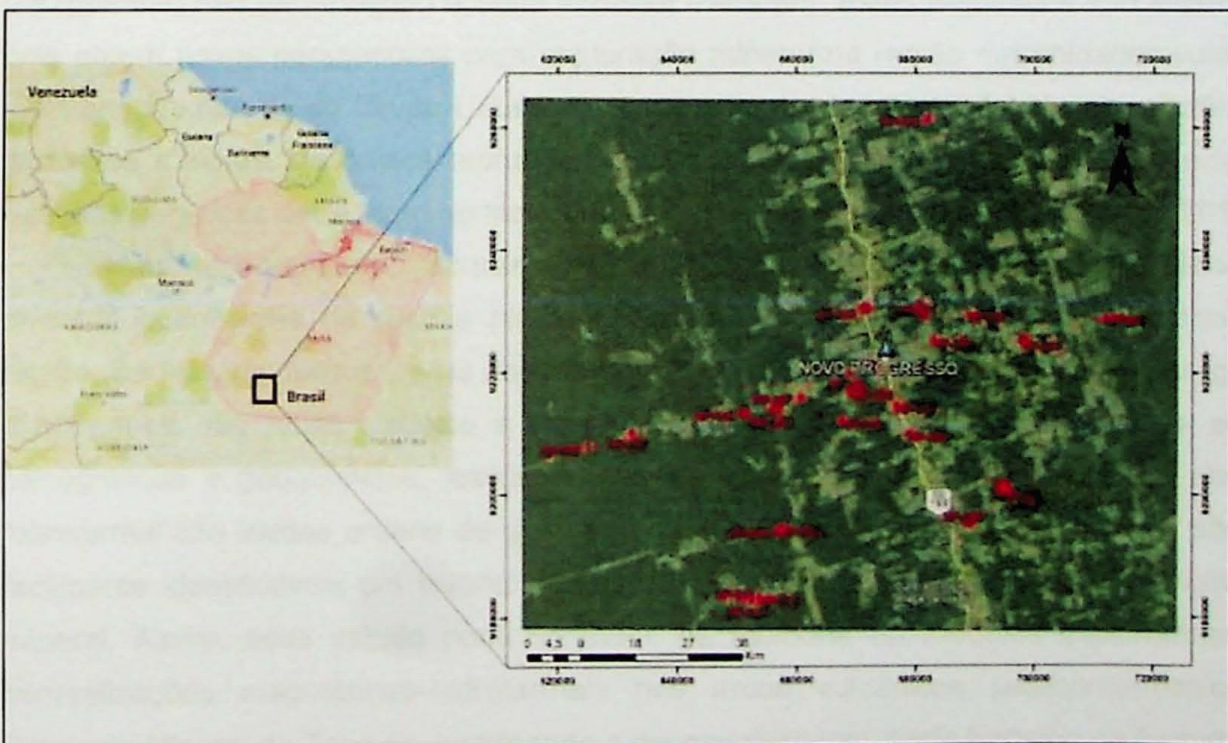


Figura 2.1 – Localização da área de estudo em imagem de satélite do Google Earth. Os pontos em vermelho indicam a localização dos afloramentos com amostras estudada, a seta azul a cidade de Novo Progresso (PA) e em amarelo a rodovia BR-163.

3. JUSTIFICATIVAS

O presente trabalho pretende melhorar o entendimento do contexto geológico e metalogenético das mineralizações primárias de metais preciosos e de base na PMT, focado em estudos petrográficos e geoquímicos.

De modo geral, poucos estudos de cunho científico já foram feitos regionalmente (Santos *et al.*, 2001) e, ainda mais raramente, em mineralizações auríferas da região de Novo Progresso. Esses trabalhos, assim como os de exploração mineral e de mapeamentos regionais feitos um pouco mais a oeste, têm interpretado as mineralizações dos arredores de Novo Progresso como sendo do tipo orogênico (Klein e Vasquez, 2000; Vasquez e Klein, 2000; Vasquez e Rosa-Costa, 2008; Magellan Minerals, 2012). Entretanto, Tokashiki (2015), ao estudar a mineralização de ouro do Coringa, a definiu como do tipo epitermal *intermediate-sulfidation*, com variações para *low-sulfidation*. Segundo os mapas geológicos disponíveis e os trabalhos citados previamente, estas mineralizações epitermais hospedadas em rocha vulcânicas e vulcanoclásticas, estariam em rochas graníticas da Suite Intrusiva Parauari, com vulcânicas do Grupo Uatumã aflorando em áreas relativamente distantes da mineralização. Mas os trabalhos de Tokashiki (2015) e Tokashiki *et al.* (2015) demonstraram que as principais hospedeiras das mineralizações são domos de riolitos e vulcanoclásticas de idades variando entre 1,97 a 1,95 Ga (portanto não pertencem ao Grupo Uatumã) e que o embasamento das rochas vulcânicas é formado por granitóides de ca 2,1 Ga (portanto não pertencendo à Suite Intrusiva Parauari). Estes resultados são importantes, pois abrem novas perspectivas para exploração mineral na região em unidades vulcânicas mais antigas que as do Grupo Uatumã e, em especial, pela possibilidade de ocorrência de depósitos maiores, de baixos teores e grandes volumes, já que são bem conhecidas as relações genéticas entre as mineralizações epitermais e as do tipo pórfiro (Sillitoe, 2010).

Mais recentemente, Gómez-Gutiérrez (2015) tem demonstrado a existência de diversas ocorrências de rochas hidrotermalizadas formadas em sistemas epitermais na região. De fato, os tipos e estilos das alterações hidrotemais das mineralizações orogênicas e epitermais são muito distintos e sua gênese pode ser bem caracterizada em estudos petrográficos e geoquímicos, justificando essas pesquisas. Como os halos de alteração hidrotermal são muitas ordens de grandeza maiores que as mineralizações, eles são mais facilmente identificáveis em levantamentos de campo durante os trabalhos de exploração mineral. Assim, esse estudo pode contribuir na melhoria de modelos exploratórios para mineralizações magmáticas–hidrotermais nos arcos vulcânicos paleoproterozoicos na Província Mineral de Tapajós, justificando o desenvolvimento deste trabalho de formatura.

4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

A Província Mineral do Tapajós está inserida na principal unidade tectônica sul Americana, que é o Cráton Amazônico. Esta unidade abrange uma área de aproximadamente 4.500.000 km².

Cordani *et al.* (1979) e Tassinari e Macambira (2004) propuseram um modelo evolutivo mobilista, onde consideraram que o Cráton Amazônico é o resultado de sucessivos episódios de acreções crustais a um núcleo mais antigo estabilizado no final do Arqueano. Assim o Cráton Amazônico foi subdividido em seis províncias geocronológicas, quais sejam: Amazônia Central (>2300 Ma), Maroni-Itacaiúnas (2200-1900 Ma), Ventuari-Tapajós (1900-1800 Ma), Rio Negro-Juruena (1800-1550 Ma), Rondoniana-San Ignácio (1500-1300 Ma) e Sunsás (1250-1000 Ma). Geologicamente a PMT se localiza na região limítrofe entre as províncias geocronológicas Ventuari-Tapajós e Amazônia Central (Fig. 4.1), sendo limitada ao norte pela Bacia do Amazonas, ao sul pela serra do Cachimbo, a leste pelo rio Iriri e a oeste pelo rio Abacaxis. Santos (2003) propôs um modelo geocronológico evolutivo do cráton semelhante ao anterior, definindo sete províncias, no qual a PMT se localiza entre as províncias Tapajós-Parima e Amazônia Central (Fig. 4.1). Santos *et al.* (2008) consideram que a PMT foi construída pela acreção de pelo menos sete arcos magmáticos insulares e continentais.

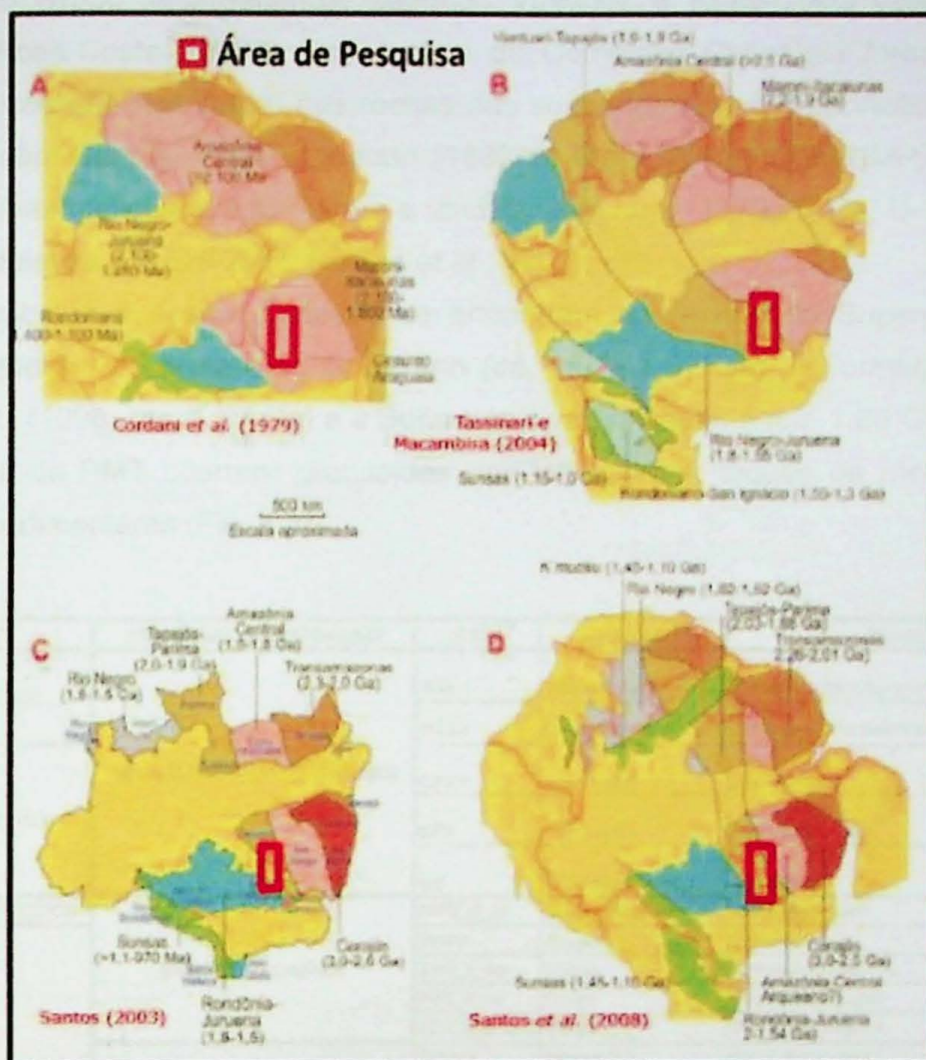


Figura 4.1 – Propostas de compartimentação do Cráton Amazônico, com localização da PMT. (A): modelo de Cordani et al. (1979). (B): modelo de Tassinari e Macambira (2004), elaborado com datações multi-métodos. (C): modelo de Santos (2003), precursor de (D), que é o de Santos et al. (2008), baseado em Hasui et al. (2012). Em amarelo estão representadas as bacias sedimentares fanerozóicas a cenozoicas e a linhas vermelhas correspondem às fronteiras entre os diferentes estados de Brasil e os países vizinhos.

Subsequentemente a esse processo de acreção, teria havido um intenso magmatismo félsico nomeado de Uatumã (Pessoa et al., 1977), que se espalhou por mais de 1.100.000 km², produzindo as rochas vulcânicas, vulcanoclásticas, pórfiros e granitos que compõem o Supergrupo Uatumã.

O Grupo Jacareacanga (ca. 2,10 Ga) representa a porção mais antiga da província, sendo constituído por uma sequência de rochas supracrustais metavulcanossedimentares de baixo grau metamórfico. O Complexo Cuiú-Cuiú, de (ca. 01,98 Ga), representa o embasamento das unidades vulcânicas da província, sendo formado por rochas metamórficas de médio a alto grau e rochas plutônicas associadas (Coutinho et al., 2008), como granodioritos, tonalitos, migmatitos, gnaisses e anfibolitos (Santos et al., 2000). Estas unidades, formadas a partir do magmatismo orogênico, apresentam contato tectônico com

as rochas do Grupo Jacareacanga, segundo Vasquez e Rosa-Costa (2008). Conforme Vasquez e Rosa-Costa. (2008), nas rochas do Complexo Cuiú-Cuiú foram introduzidos magmas félsicos que resultaram nas rochas das suítes intrusivas Creporizão (1957 ±6 Ma, U–Pb em zircão, Santos, 1999), Parauari (1883 ±4 Ma, U–Pb por SHRIMP, Santos *et al.*, 2000) e magmas máficos que formaram a unidade Ingarana (1879 ±3 Ma, U–Pb em titanita, zircão e baddeleyita por SHRIMP, Santos *et al.*, 2000).

Sobrepostas a essas unidades se encontram as rochas do Supergrupo Uatumã *sensu lato*, que correspondem ao Grupo Iriri (ca. 2,0 – 1,87 Ga), a Formação Moraes de Almeida *et al.*, (1998) (ca. 1,87 Ga) e a Suíte Intrusiva Maloquinha (ca. 1,88 Ga). Finalizando a estratigrafia da PMT ocorrem granitoides pós-Maloquinha, diques de rochas máficas e seqüências sedimentares (Fig. 4.2).

EÓN	ERA	PROVINCIA TAPAJÓS-PARIMA	SIGLA	HIERARQUIA	NOME_UNIDA
FANEROZOICO	CENOZOICO	BACIA ALTO TAPAJÓS (CACHIMBO)	N4a	Não definida	Depósitos aluvionares
			N13ii	Não definida	Coberturas Lateríticas Imaturas
	PALEOZOICO		CPsm	Formação	São Manuel
			CPii	Formação	Igarapé Ipixuna
			Dc	Formação	Capoeiras
PROTEROZOICO	MESOPROTEROZOICO	GRANITOS ALCALINOS	MP3_d_cs	Suíte intrusiva	Cachoeira Seca
	PALEOPROTEROZOICO		PP4b	Grupo	Beneficente
			PP4_Y_po	Corpo	Granito Porquinho
			PP3_Y_ca	Corpo	Granito Carroçal
			PP4_d_c	Corpo	Diabásio Crepori
		COBERTURAS SEDIMENTARES	PP3np	Formação	Novo Progresso
			PP23cs	Formação	Castelo dos Sonhos
			PP3bu	Formação	Buiuçu
		SUÍTES GRANÍTIAS ANOROGÊNICAS	PP3_Y_ml	Suíte intrusiva	Maloquinha
			PP3_Y_1i	Corpo	Granitos Tipo I Indiferenciados
			PP3_Y_2i	Corpo	Granitos Tipo A Indiferenciados
		VULCANISMO UATUMA	PP3_a_i	Grupo	Iriri
			PP3_a_ar	Formação	Aruri
			PP3_a_sa	Formação	Salustiano
		ASSOCIAÇÃO PLUTONO-VULCÂNICA	PP3_g_ij	Corpo	Quartzo - Monzogabro Igarapé Jenipapo
			PP3_g_sd	Corpo	Gabro São Domingos
			PP3_g_rn	Corpo	Olivina Gabro Rio Novo
			PP3_g_sc	Corpo	Gabro Serra Comprida
			PP3_Y_p	Suíte intrusiva	Parauari
	PP3_Y_t		Suíte	Suíte Intrusiva Tropas	
	PP3_Y_cz		Suíte intrusiva	Creporizão	
	PP3_a_vr		Formação	Vila Riozinho	
	PP3cc		Complexo	Cuiú-Cuiú	

Figura 4.2 – Coluna estratigráfica da Província Mineral do Tapajós. Modificado de (Gómez-Gutiérrez, 2015).

4.1. Suíte Intrusiva Creporizão

Sienogranitos e mozogranitos milonitizados, granodioritos e tonalitos são os litotipos que, segundo Ricci *et al.* (1999) compõem esta unidade. Estas rochas são meta- a peraluminosa cálcio-alcálicas, porfíricas e apresentam plagioclásios zonados. Lamarão *et*

al. (1999) e Vazquez & Klein (2000) associam essas características por rochas formadas em eventos sin- a tardi-orogênicos e Santos *et al.* (2001) e interpreta-a como parte do segundo arco magmático desenvolvido na Província Tapajós-Parima. Estes mesmos autores dataram duas rochas desta unidade obtendo idades de 1974 ± 6 e 1957 ± 6 Ma pelo método U–Pb em zircão.

4.2. Suíte Intrusiva Parauari

As rochas predominantes nesta unidade são granitos e monzogranitos, mas também ocorrem tonalitos e dioritos subordinados, geralmente com cor cinza-claro a cinza-avermelhadas e textura equigranular, às vezes porfíricas. As cores avermelhadas são devidas a alterações hidrotermais potássicas, com cristalização de feldspato potássico vermelho e biotita, o que as torna semelhantes às rochas da Suíte Intrusiva Maloquinha (Juliani *et al.*, 2002)

Almeida *et al.* (2000) subdividiram as rochas desta unidade em três fácies, quais sejam: granodiorítica, granítica e granítica com titanita. Posteriormente Santos *et al.* (2001) apresentaram datações obtidas pelo método U–Pb SHRIMP em zircão de 1883 ± 4 Ma a 1870 ± 12 Ma e Pb–Pb em zircão de 1880 ± 14 Ma.

4.3. Supergrupo Uatumã

Segundo Vasquez *et al.* (1999), o Supergrupo Uatumã *sensu lato* seria representado pelos granitos da Suíte Intrusiva Maloquinha e pelas rochas vulcânicas e vulcanoclásticas do Grupo Iriri. Entretanto, Juliani *et al.* (2013, 2014) destacam ser imprópria a inclusão num mesmo evento magmático de rochas de filiações distintas, cálcio-alcalinas e alcalinas do Tipo A, razão pela qual indicam que devem ter ocorrido diversos eventos magmáticos no Paleoproterozoico no Cráton Amazônico, todos agrupados nesta unidade. Assim, restringiram o evento Uatumã ao extenso vulcanismo félsico a intermediário cálcio-alcalino, ocorrido em *ca.* 1,88 Ga, no qual incluíram as unidades andesíticas da Formação Bom Jardim na sua base. De fato, têm sido reconhecidas vulcânicas cálcio-alcalinas e alcalinas de *ca.* 2,0 a 1,75 Ga na PMT (Lamarão *et al.*, 2002; Tokashiki, 2015), evidenciando assim, uma evolução complexa do magmatismo paleoproterozoico nesta parte do cráton.

4.3.1. Grupo Iriri

Inicialmente esse grupo de rochas foi denominado Formação Iriri por Formam *et al.* (1972). Mais tarde essa unidade foi elevada à categoria de grupo por Pessoa *et al.* (1977) e subdividido nas formações Aruri e Salustiano, constituídas principalmente por rochas vulcânicas e epiclásticas.

Posteriormente, Juliani *et al.* (2005) descrevem esse grupo como representante de um vulcanismo predominantemente intermediário a ácido, gerado em caldeiras vulcânicas, e incluiu nesta unidade a Formação Bom Jardim. Nesta interpretação, a estratigrafia seria:

a) Formação Bom Jardim

Juliani *et al.* (2005) consideram essa formação como um estágio pré-caldeira, que constitui a base do Grupo Iriri, com predominância de andesitos e dacitos cálcio-alcalinos, geralmente porfiríticos, e rochas vulcanoclásticas.

b) Formação Salustiano

Segundo Vasquez e Rosa-Costa (2008), essa formação seria composta por riolitos, riodacitos e dacitos, pórfiros e porfiríticos. Juliani *et al.* (2005) também descrevem tufos formados por *ash flows* e relacionaram toda essa formação a um vulcanismo em estágio da caldeira propriamente dita, assim como parte da Formação Aruri, sobreposta estratigraficamente a esta.

c) Formação Aruri

Nesta formação foram incluídas as rochas vulcânicas do estágio pós-caldeira formadas em ao redor e internamente às caldeiras vulcânicas e incluem parte das rochas anteriormente agrupadas nas formações Salustiano e Aruri (Juliani *et al.*, 2005). A unidade é composta por corpos de riolitos, ignimbritos, brechas vulcânicas, tufos félsicos, siltitos vulcânicos, arenitos e conglomerados.e

4.3.2. Formação Moraes Almeida

Essa formação é constituída por ignimbritos, lápilli-tufos, riolitos e traquitos e, assim como as duas formações descritas acima, que estão sobrepostas estratigraficamente a esta, tem sua gênese ligada a um vulcanismo associado a uma caldeira vulcânica (Lamarão *et al.*, 2002). Por isso, muitos autores a correlacionam ao Grupo Iriri, como Echeverri-Misas (2010, 2015). Entretanto, a geoquímica do Tipo A das rochas dessa formação indica maior afinidade com os granitos da Suíte Intrusiva Maloquinha.

4.3.3. Suíte Intrusiva Maloquinha

Essa unidade é caracterizada principalmente por leucogranitos vermelhos e rosas, isótopos, principalmente equigranulares e de granulação média, de composições peraluminosas e subalcalinas a alcalinas (Lamarão *et al.*, 2002, Vasquez e Rosa-Costa, 2008). Vasquez e Rosa-Costa (2008) também descrevem a ocorrência das rochas desta suíte como predominantemente na forma de *stocks* e batólitos com formatos circulares em

planta, que cortam as rochas do Complexo Cuiú-Cuiú, da Suíte Intrusiva Creporizão, da Suíte Intrusiva Parauari e do Grupo Iriri.

Juliani *et al.* (2005) relacionaram a formação dessa suíte, a um ambiente intraplaca, posterior ao último magmatismo orogênico, representado pelas rochas da Suíte Intrusiva Parauari.

4.4. Formação Novo Progresso

As rochas da Formação Novo Progresso são petrograficamente semelhantes com as da Formação Aruri, sendo que, inicialmente, elas foram consideradas como pertencentes a esta formação. Entretanto, Ferreira *et al.* (2004) as dividiram, adotando o nome de Formação Novo Progresso.

Segundo Vasquez *et al.* (2008), esta formação é caracterizada por conglomerados polimíticos, com seixos subangulosos e subarredondados de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas félsicas, e subordinadamente, com seixos arredondados de granito em uma matriz arcoseana.

4.5. Alterações Hidrotermais

As alterações hidrotermais são uma forma de processo metassomático, onde ocorre a troca de componentes químicos entre os fluidos hidrotermais e as rochas. O resultado dessa interação é a formação de novos minerais em uma tentativa natural de reequilíbrio químico nas novas condições em que a rocha se encontra.

Os principais fatores controladores das alterações hidrotermais foram descritos por Pirajno (2009), quais sejam: (1) natureza da rocha encaixante; (2) composição dos fluidos e; (3) concentração, atividade e potencial químico dos componentes dos fluidos, tais como H^+ , CO_2 , O_2 , K^+ , H_2S e SO_2 .

As alterações hidrotermais se apresentam em diferentes estilos e são classificadas conforme o seu grau de alteração dos protolitos.

Os principais estilos da alteração hidrotermal são definidos como: (1) pervasivo, onde ocorre substituição de grande parte ou de toda assembleia mineralógica da rocha original, (2) pervasivo seletivo, onde ocorre a substituição de minerais específicos, (3) não pervasiva, onde apenas certas porções da rocha são alteradas pelos fluidos e, (4) fissural, que resulta no preenchimento de fraturas e um pequeno halo de alteração das encaixantes.

Segundo Pirajno (2009), as mudanças químicas indicam que fluidos envolvidos nos processos hidrotermais podem possuir íons de hidrogênio, flúor, boro e álcalis. Pirajno (2009) também afirmou que as composições químicas dos fluidos são resultantes da variação da razão aK^+/aH^+ onde, com o aumento de H^+ metassomático no sistema, a alteração hidrotermal passa de alcalina para argílica.

Os principais tipos de alterações hidrotermais encontradas nos sistemas epitermais e de tipo pórfiro na PMT, são: (1) **Potássica**, comum em sistemas tipo pórfiro, e seus minerais característicos são feldspato potássico e biotita secundária, ou biotita, em especial quando em rochas mais máficas e em temperaturas maiores; (2) **Propilítica**, caracterizada pela presença de minerais como epidoto, clorita, carbonatos, albita, sericita e pirita; (3) **Sericítica**, com quartzo, sericita e pirita constituindo a assembleia mineral característica; (4) **Argílica**, associada aos sistemas epitermais, e onde pode ser dividida em: alteração argílica, composta por argilo-minerais como illita, caolinita, montmorillonita, dickita, haloisita, e **Alteração argílica avançada**, caracterizada por quartzo, alunita e pirofilita.

A disposição das alterações hidrotermais mais comuns nos sistemas magmáticos-hidrotermais do tipo pórfiro e epitermal estão representada na Figura 4.3.

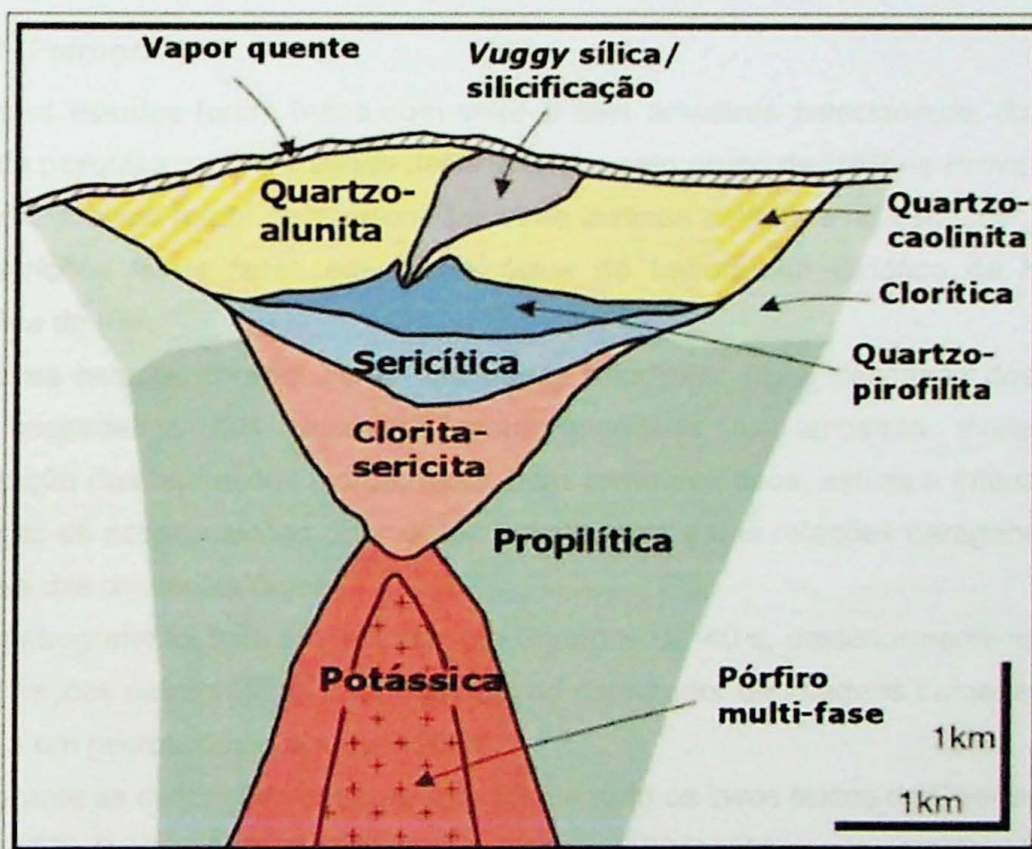


Figura 4.3 – Zonamento típico formado por alteração hidrotermal em sistemas do tipo pórfiro (Sillitoe, 2010), traduzido.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolvimento do trabalho proposto, foram executadas as seguintes etapas de pesquisa e análise:

a) Levantamentos Bibliográficos

A revisão bibliográfica foi feita com ênfase nos trabalhos que abordam temas sobre a geologia da região de estudo, sobre os processos de formação dos depósitos magmáticos–hidrotermais epitermais e do tipo pórfiro e suas principais mineralizações, bem como sobre as alterações hidrotermais associadas a esses sistemas. Essa pesquisa foi feita com a compilação e pesquisa de artigos, dissertações, teses, trabalhos apresentados em eventos, livros, relatórios científicos. Também foram pesquisadas bases de dados, enciclopédias, periódicos, anais de resumos de eventos e catálogos de informação. Para essas pesquisas foi utilizado o acervo da Biblioteca do IGc-USP e os sistemas de buscas de dados do Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo (SIBi/USP), que inclui as bases de dados DEDALUS, SciELO, ERL, ProBE e *Web of Science* e pelo Portal CAPES.

b) Petrografia

Estes estudos foram feitos com vinte e seis amostras selecionadas do acervo de projetos de pesquisa que vem sendo desenvolvidos pelo grupo da USP na Província Mineral do Tapajós., Destas foram confeccionadas vinte lâminas delgadas no IGc-USP, sendo que suas descrições foram feitas em microscópios do Laboratório Didático de Microscopia Petrográfica do IGc.

Esses estudos tiveram como finalidades principais: (1) a descrição dos diferentes litotipos hospedeiros dos depósitos, com prioridade às amostras inalteradas; (2) caracterização das alterações hidrotermais, bem como dos tipos, estilos e intensidades; (3) identificação de sobreposições de eventos hidrotermais e das relações paragenéticas entre os minerais das diferentes fases.

A petrografia foi feita em microscópio Olympus BX-40 e, posteriormente imagens das principais feições petrográficas foram obtidas no capturador de imagens Lumenera-Infinity 1 acoplado a um microscópio Olympus BX-50.

Durante as descrições petrográficas foi utilizado os livros textos de Deer *et al.* (1967), Tröger (1979), Bard (1986), Mackenzie e Adams (1994), Melgarejo (1997), Mackenzie e Guilford (1982), Fisher e Schmincke (1984) e McPhie *et al.* (1993).

c) Difractometria de raios X

Após a seleção, a preparação das amostras foi feita no Laboratório de Tratamento de Amostras (LTA) do IGc-USP seguido a rotina apresentada no fluxograma da Figura 5.1. Os minerais de granulação fina foram identificados por difratometria de raios X pelo método do pó para complementar a caracterização petrográfica. As análises foram feitas com um difratômetro Bruker, modelo D8 Advance Da Vinci, com detector LYNXEYE e ótica TWIN-TWIN, que opera com radiação K- α de cobre. Os dados foram interpretados utilizando-se o

banco de dados de 2009 do *The International Centre for Diffraction Data* (ICDD).

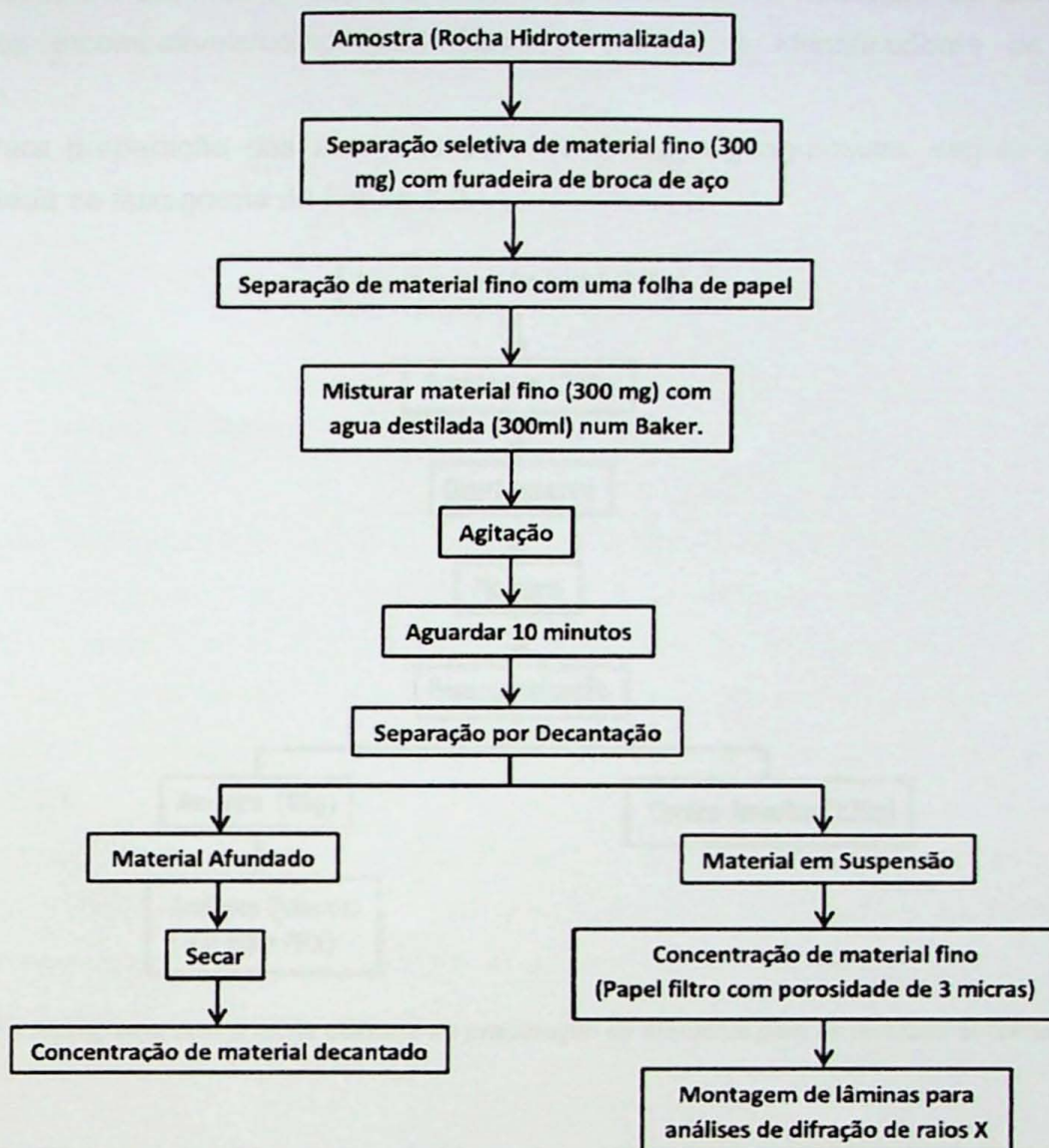


Figura 5.1 – Fluxograma da rotina utilizada na preparação das amostras para a análise por difração de raios X, a partir da amostra de rocha inicial hidrotermalizada até a etapa de concentração de material fino (pó), para montagem de lâminas para análises.

d) Geoquímica

Foram selecionadas e preparadas oito (08) amostras no Laboratório de Tratamento de Amostras (LTA) do IGc-USP.

Essas amostras seriam enviadas ao laboratório *Acme Analytical Laboratories Ltda* para determinação dos elementos maiores por FRX em pastilhas fundidas, e ICP-MS para elementos traços. Entretanto, com o encerramento das atividades deste laboratório no Brasil, houve uma demora até o envio das amostras ao Laboratório ALS, que ficaram prontas apenas nas proximidades do prazo de entrega deste trabalho, o que não permitiu uma interpretação mais detalhada dos resultados.

Os dados foram tratados por softwares específicos, como GCDKit (Janoušek et al.,

2006) e foram elaborados diagramas de variação composicional, como os de De La Roche et al. (1980) e Peccerillo & Taylor (1976), diagramas de normalização de terras raras e elementos incompatíveis/compatíveis (*spiderdiagrams*), e identificadores de ambiente tectônico.

Para preparação das amostras para as análises geoquímicas, seguiu-se a rotina apresentada no fluxograma da Figura 5.2.

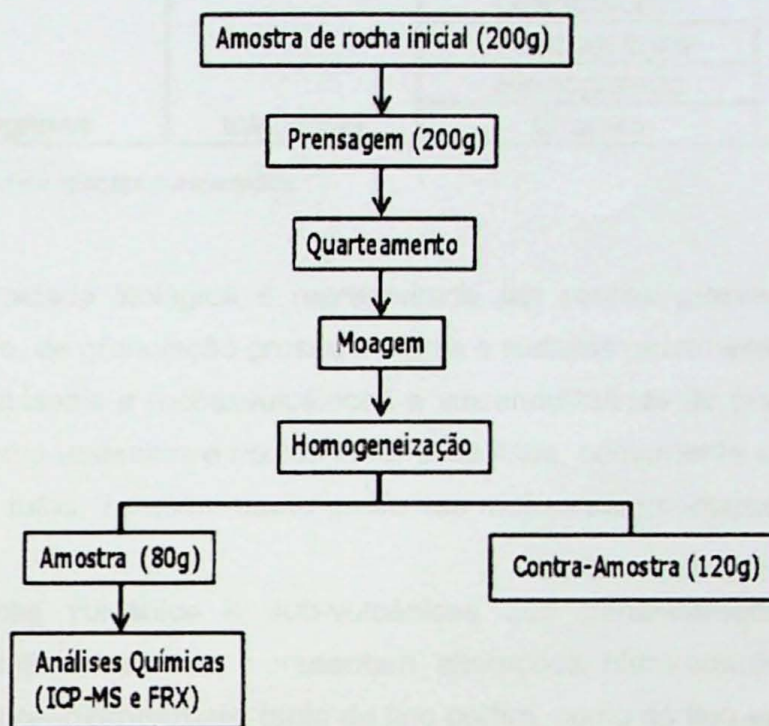


Figura 5.2 – Fluxograma com a rotina utilizada na preparação de amostras para as análises químicas.

e) Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Foram feitas análises semi-quantitativas por MEV com o objetivo de caracterizar minerais hidrotermais, visto que esses geralmente apresentam granulação muito fina, dificultando a identificação na petrografia ótica.

Foram selecionadas e confeccionadas cinco (5) lâminas polidas pelo laboratório de Microsonda Eletrônica do IGc-USP. Com os resultados das análises semi-quantitativas os minerais foram identificados utilizando-se os bancos de dados disponíveis nos sites WebMineral (<http://www.webmineral.com>) e MinDat (<http://www.mindat.org/>).

6. RESULTADOS

Para o presente trabalho foram caracterizadas os conjuntos de litotipos apresentados na Fig. 6.1, típicos de sistemas vulcano-plutônicos.

Litologias			
Rochas Sedimentares	Detriticas	Arenito	
Rochas Ígneas	Vulcânicas	Rochas Piroclástica	Tufo
		Andesito	Ignimbrito
		Riolito	
	Intrusivas	Granodiorito	
		Monzogranito	
		Sienogranito	
		Granito	

Figura 6.1 – Conjuntos de litotipos estudados.

Essa diversidade litológica é representada por rochas graníticas cristalizadas de maior profundidade, de granulação grossa a média e texturas geralmente porfíricas (Fig 6.2 I e J); rochas hipoabissais e rochas vulcânicas e vulcanoclásticas de granulação geralmente fina a afanítica, como andesitos e riolitos faneríticos finos, comumente pórfíricos (Fig 6.2 C, D, E, F, G e H) e tufos. Também estão presentes rochas sedimentares paleoproterozoicas (Fig. 6.2 A e B).

Estas rochas vulcânica e sub-vulcânicas que genericamente fazem parte do Supergrupo Uatumã *sensu lato*, apresentam alterações hidrotermais características de sistemas magmáticos–hidrotermais, tanto do tipo pórfiro, como do tipo epitermal.

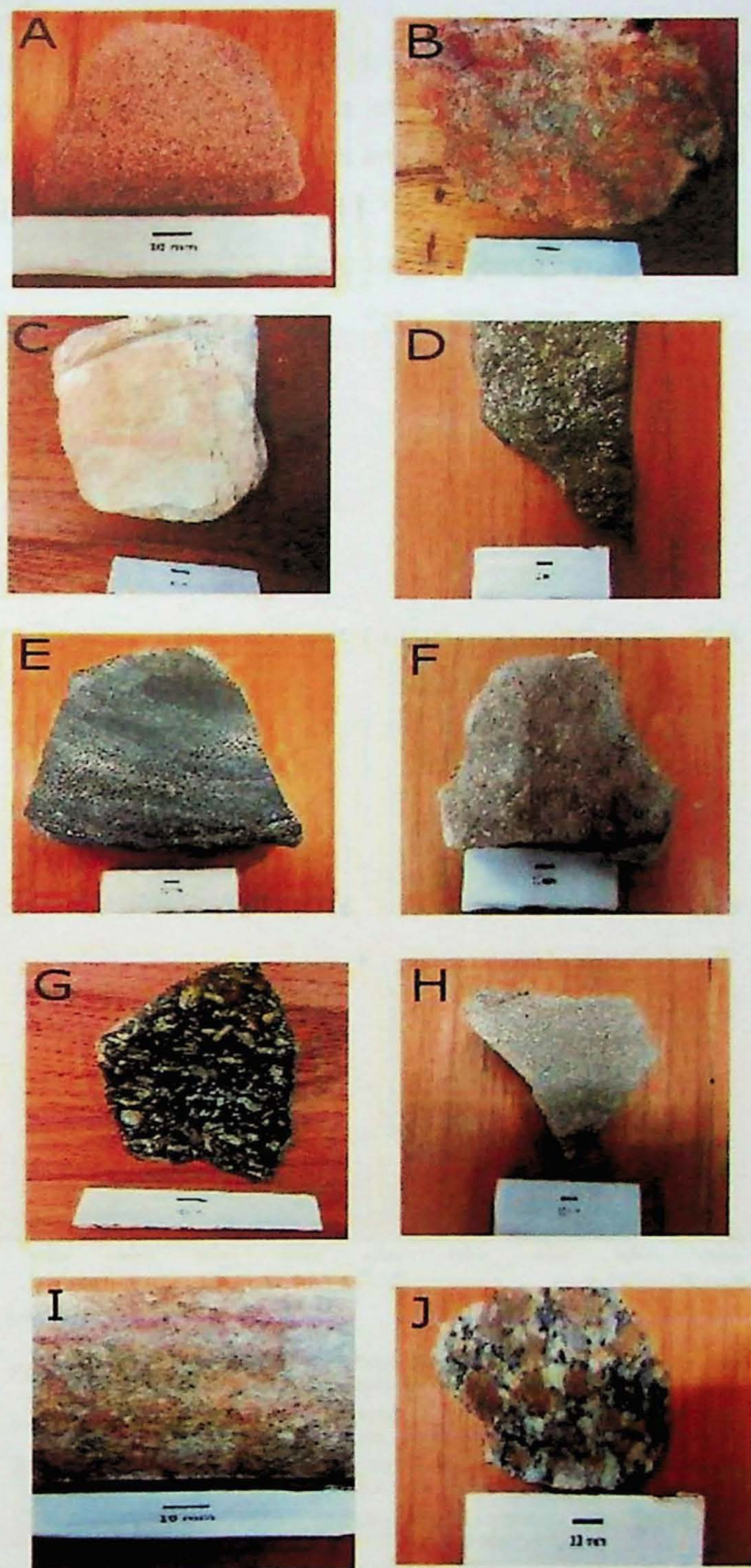
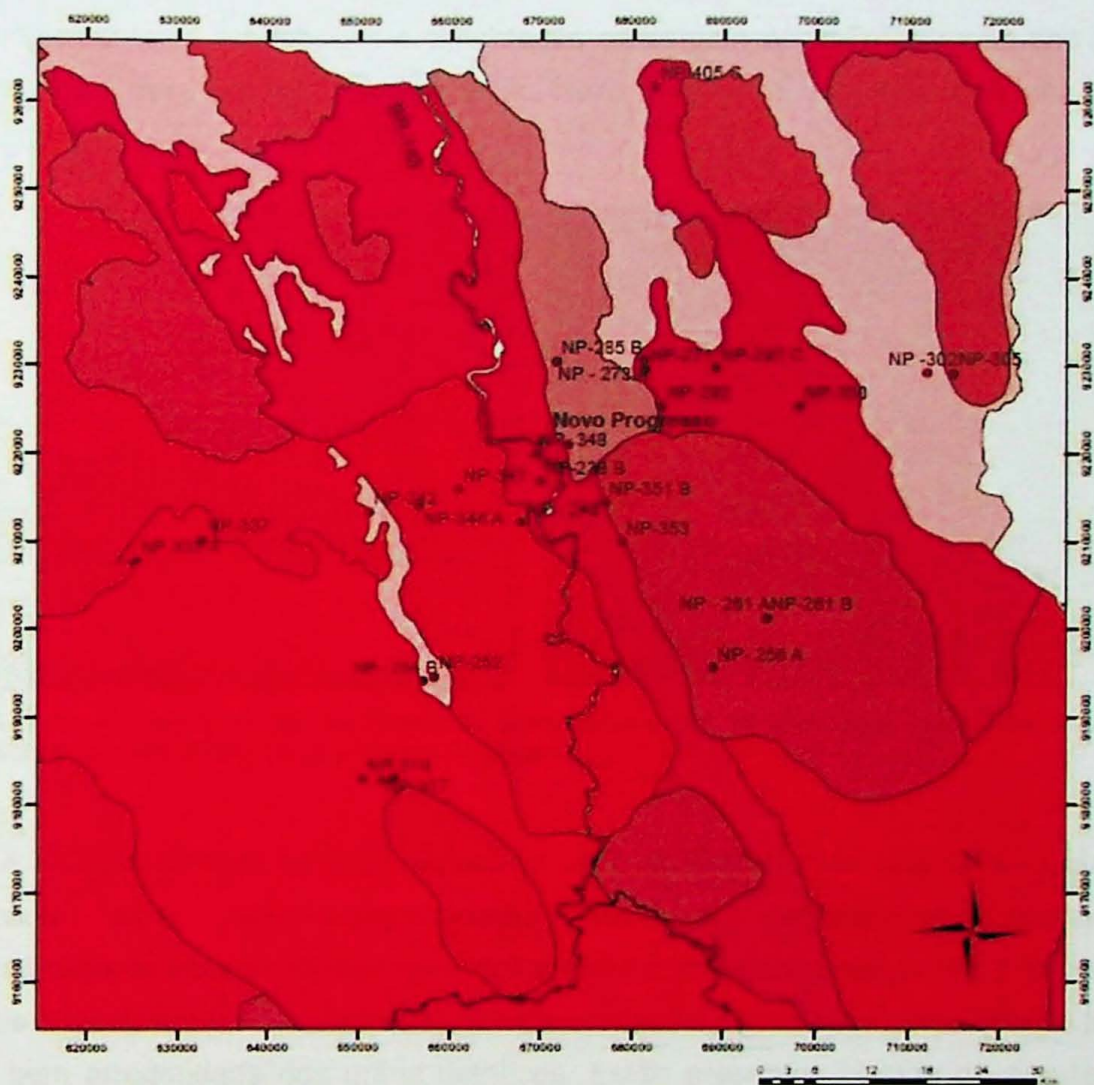


Figura 6.2 – A) Arenito (amostra NP-233a) das coberturas paleoproterozoicas, as quais comumente apresentam fragmentos líticos de rochas vulcânicas. B) Arenito lítico hidrotermalizado das proximidades de uma pequena intrusão félsica nas coberturas paleoproterozoicas (amostra NP-342). C) Tufo de cinzas associado às rochas vulcânicas riolíticas do Supergrupo Uatumã sensu lato (amostra NP-285b). D) Ignimbrito ou tufo soldado (amostra NP-405c). E) Andesito da Formação Bom Jardim (amostra NP-302). F) Riolito porfiritico (amostra NP-297c). G) Pórfiro andesítico (amostra NP-319). H) Riolito porfiritico (amostra NP-347). I) Granito aplítico (amostra NP-337). J) Monzogranito da suíte intrusiva Parauari (amostra NP-351b).

No entanto, será possível perceber que não há uma boa correlação entre os litotipos apresentados no presente trabalho com as unidades mapeadas por Vasquez e Rosa-Costa (2008) na área em estudo, disponibilizadas em arquivos .shp pela CPRM (Fig. 6.3), extraída do Mapa Geológico do Estado do Pará em 1:1.000.000..

Mapa Geológico e de pontos - Novo Progresso (PA)



Legenda

- Formação Novo Progresso:** Conglomerados polimíticos, com seixos de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas félsicas, com idade mínima de 1.801 Ma.
- Suíte Intrusiva Maloquinha:** Granitos alaskíticos, biotita granito e granodiorito, granito sódico e nolito, e com idades entre 1.882 – 1.864 Ma.
- Formação Aruri:** Tufos ácidos, brechas vulcânicas, ignimbritos, arenitos e conglomerados vulcânicos e com idade de 1.877 a 1.873 Ma.
- Grupo Iriti**
Formação Salustiano: Riolitos, riolitos, dacitos porfíricos, latitos, ignimbritos e tufos com idade de 1.870 ± 0,009 Ma.
- Suíte Intrusiva Parauari:** Dioritos a álcali-feidspato granito com idades entre 1.891 – 1.879 Ma.
- Suíte Intrusiva Creporizão:** Sieno- e monzogranitos milonitizados, com granodioritos e tonalitos subordinados e idades entre 1.997 – 1.957 Ma.

Figura 6.3 – Mapa geológico da área de estudos, segundo o Mapa Geológico do Estado do Pará em 1:1.000.000 de Vasquez e Rosa-Costa (2008), com a localização das amostras estudadas.

6.1. Petrografia

6.1.1 Rochas Sedimentares da Formação Novo Progresso

Dois exemplares dessas rochas foram analisadas. A amostra NP-233A é um arenito de coloração rosada, equigranular, de granulação média em torno de 1 mm (Fig. 6.4 A), com mineralogia quase que totalmente constituído por quartzo, com pouco feldspato associado e raros grãos de zircão e de minerais opacos. Os grãos deste mineral apresentam ao microscópio contatos interlobados e cimentação constituída por quartzo muito fino (Fig. 6.4 B). Esta rocha deve pertencer à Formação Novo Progresso, segundo Veaquez e Rosa-Costa (2008).

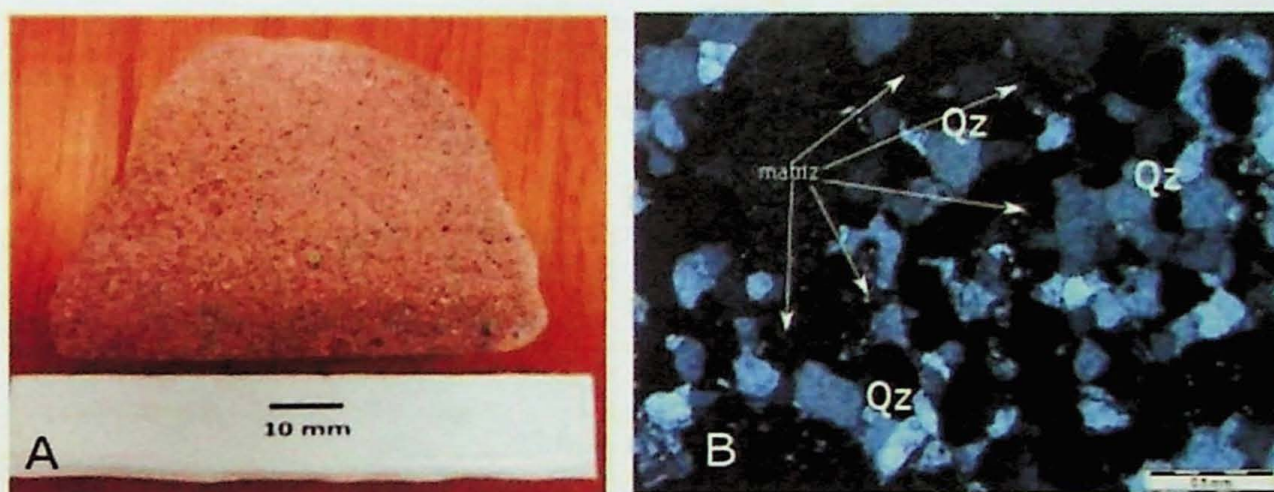


Figura 6.4 – A) Arenito (NP-233a) das coberturas paleoproterozoicas. B) Mineralogia essencialmente quartzosa, tanto o arcabouço como matriz. Micrografia com analisador.

A amostra NP-342 também possui cor laranja-amarronzado com tons rosas, sendo identificada como um conglomerado brechado parcialmente intemperizado. Petrograficamente essa rocha varia para um arenito lítico de composição muito semelhantes aos tufos e arenitos vulcanoclásticos epiclásticos, mas foi classificado como arenito devido à textura bem arredondada dos grãos detríticos. Estão presentes clastos de quartzo, e de feldspatos, predominantemente potássico, incluindo de microclínios, e riolito e de riodacito. Alguns clastos líticos apresentam cristais finos alongados de feldspato potássico bem orientados por fluxo ígneo, configurando uma típica textura traquítica (Fig. 6.6 B). A matriz apresenta granulação muito fina a fina, rica em quartzo e sericita (Fig. 6.6 A) devido à diagênese ou à alteração hidrotermal, e óxidos e hidróxidos de ferro, provavelmente intempéricos.

Essa rocha também foi afetada por silificação em estilo fissural, com sistemas de microvênulas em fraturas (Fig. 6.5 B), que podem gradar para arranjos em *stockwork*. Parte desta silificação é dada pela cristalização de quartzo e parte por calcedônia (Fig. 6.6 C).

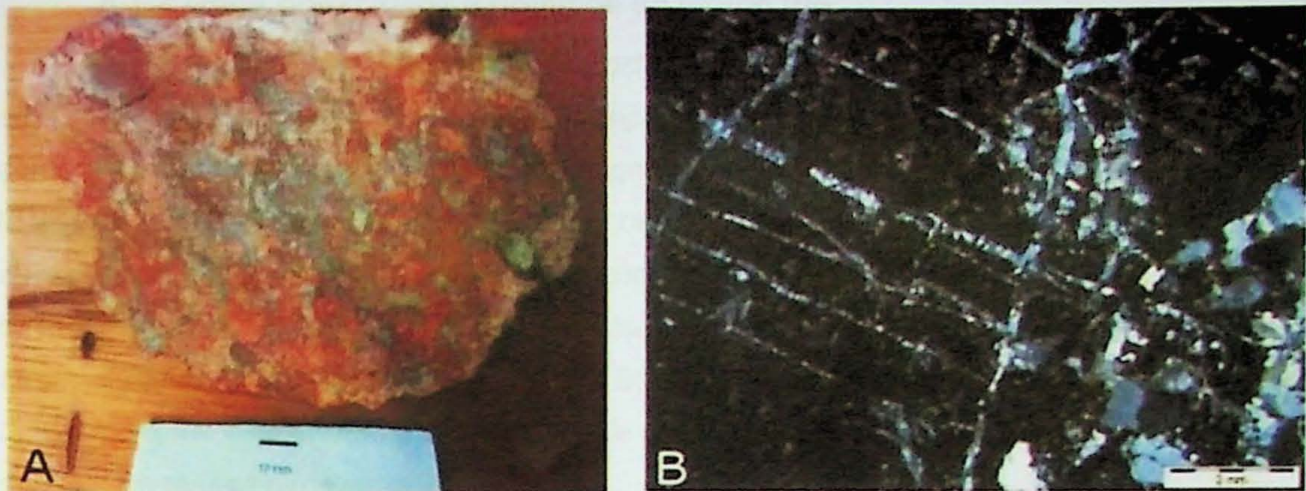


Figura 6.5 – A) Arenito lítico e hidrotermalizado das proximidades de uma pequena intrusão félsica nas coberturas sedimentares paleoproterozoicas (amostra NP-342). B) Sistema de microvênulas de quartzo. Micrografia com analisador.

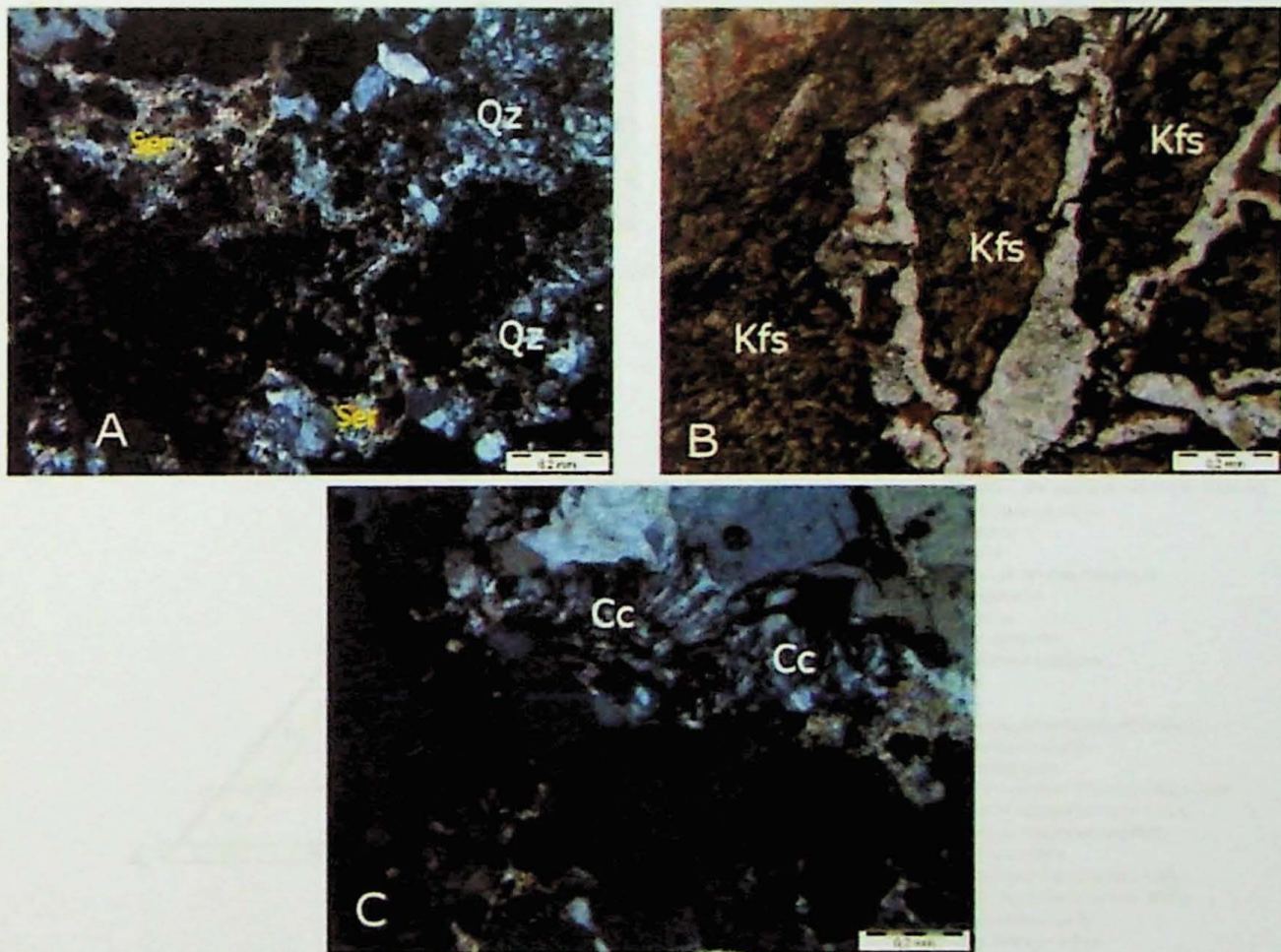


Figura 6.6 – A) Alteração hidrotermali pervasiva com cristalização principalmente de sericita (Ser) na matriz, entre os grãos de quartzo (Qz). B) Finíssimos cristais de feldspato potássico (Kfs) orientados definindo uma textura traquítica no clasto lítico. C) Calcedônia (Cc) cristalizada ao redor de grãos mais grossos de quartzo. Micrografias com analisador.

6.1.2 Tufos riódacíticos e riolíticos do Grupo Iriri

Foram estudadas as rochas vulcanoclásticas dos afloramentos NP-300B e NP-405C que, segundo os mapas geológicos, compõem ao Grupo Iriri. A estimativa visual das composições mineralógicas plotada no diagrama classificatório QAP de Streckeisen (1967) indicam composições compatíveis com riódacitos e riolitos (Fig. 6.8). Estas rochas apresentam matriz afanítica a muito fina com quartzo e, provavelmente, vidros vulcânicos devitrificados e sericita relativamente abundante devido a uma forte alteração sericítica que afetou a rocha em estilo pervasivo (Fig 6.9 B). Também apresentam textura laminar de fluxo típicas de tufos e ignimbritos, com dobras de escorregamento, originadas pelos mecanismos de fluxo de massa piroclásticos (Fig. 6.9A).

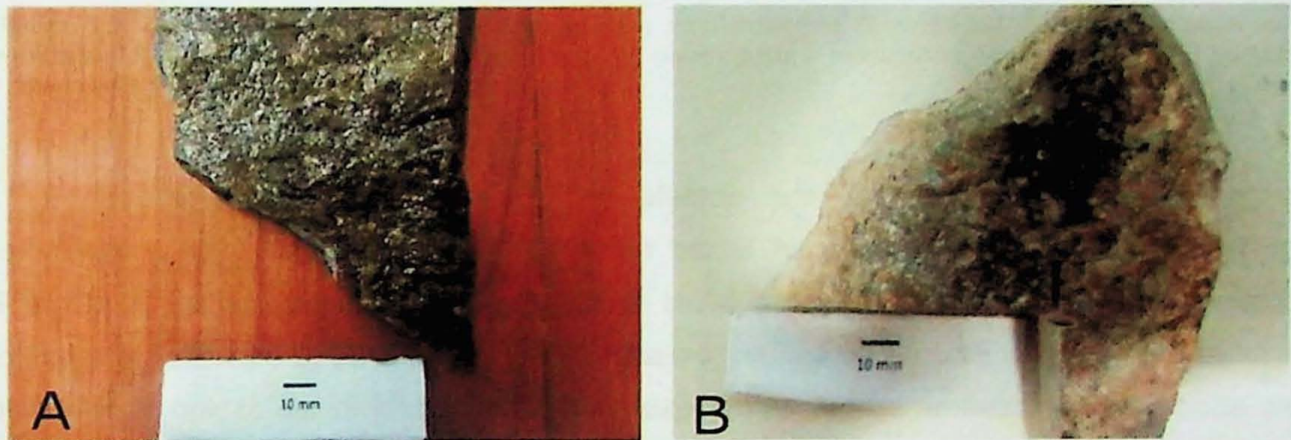


Figura 6.7 – A) Ignimbrito ou tufo soldado (amostra NP-405C). B) Tufo de cinzas ou cinerítico (amostra NP-300B).

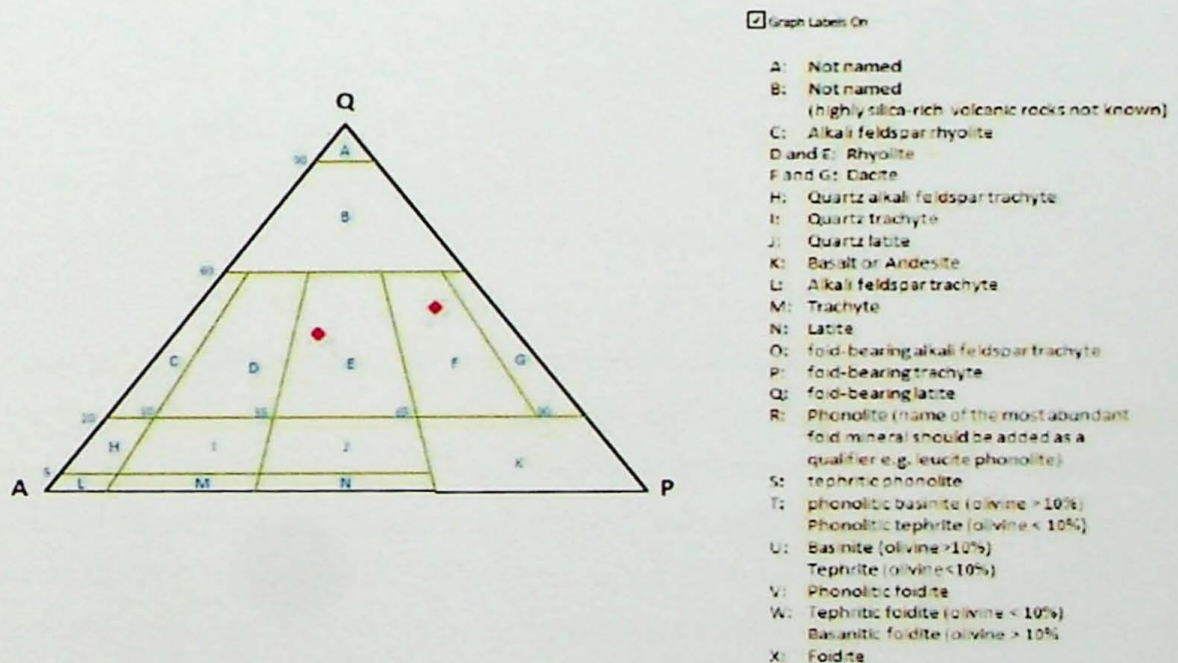


Figura 6.8 – Diagrama QAP de Streckeisen (1967) para rochas vulcânicas com as composições mineralógicas dos tufos.

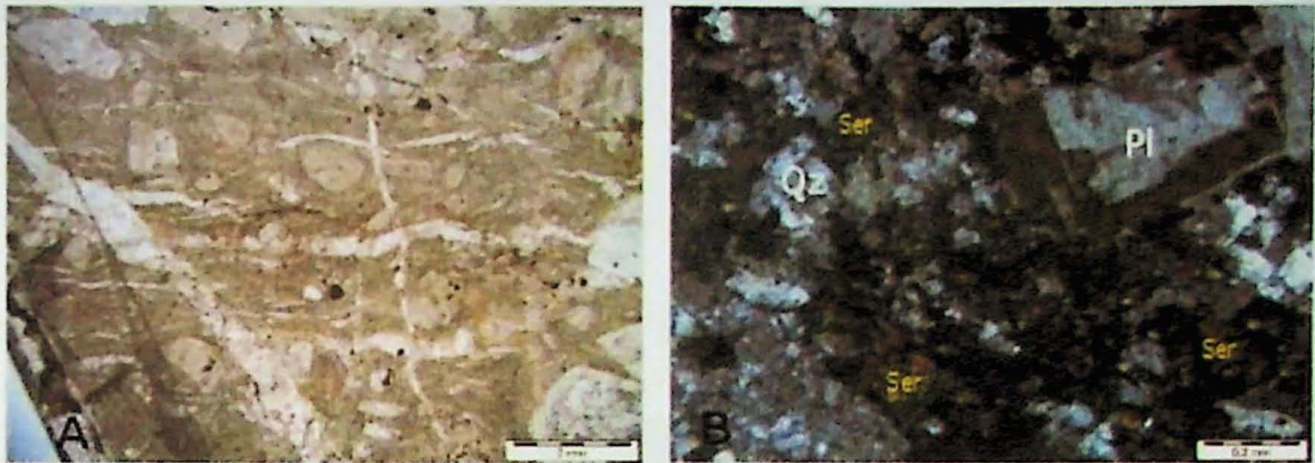


Figura 6.9 – A) Estrutura composicional laminada em tufo riódacítico (Amostra NP-300B), micrografia sem analisador. B) Seritização de estilo pervasivo da matriz devitrificada e megacristal de plagioclásio (Pl) zonado. Amostra NP- 405C, micrografia com analisador.

A amostra NP-300B também foi afetada por alteração potássica de baixa temperatura, caracterizada pela formação de biotita hidrotermal verde-acastanhada (Fig. 6.10 C). A rocha apresenta megacristais de até 4 mm de comprimento de plagioclásio, feldspatos potássico e, principalmente, de quartzo, muitas vezes fraturados e com fraturas conchoidais típicas de atividades vulcânicas explosivas. Nessa amostra também pode ser observado corrosão magmática que arredondou as bordas dos clastos de quartzo que, segundo McPhie *et al* (1993), são típicas da ascensão de magmas muito silicosos, quando ocorre reabsorção parcial do mineral pelo magma.

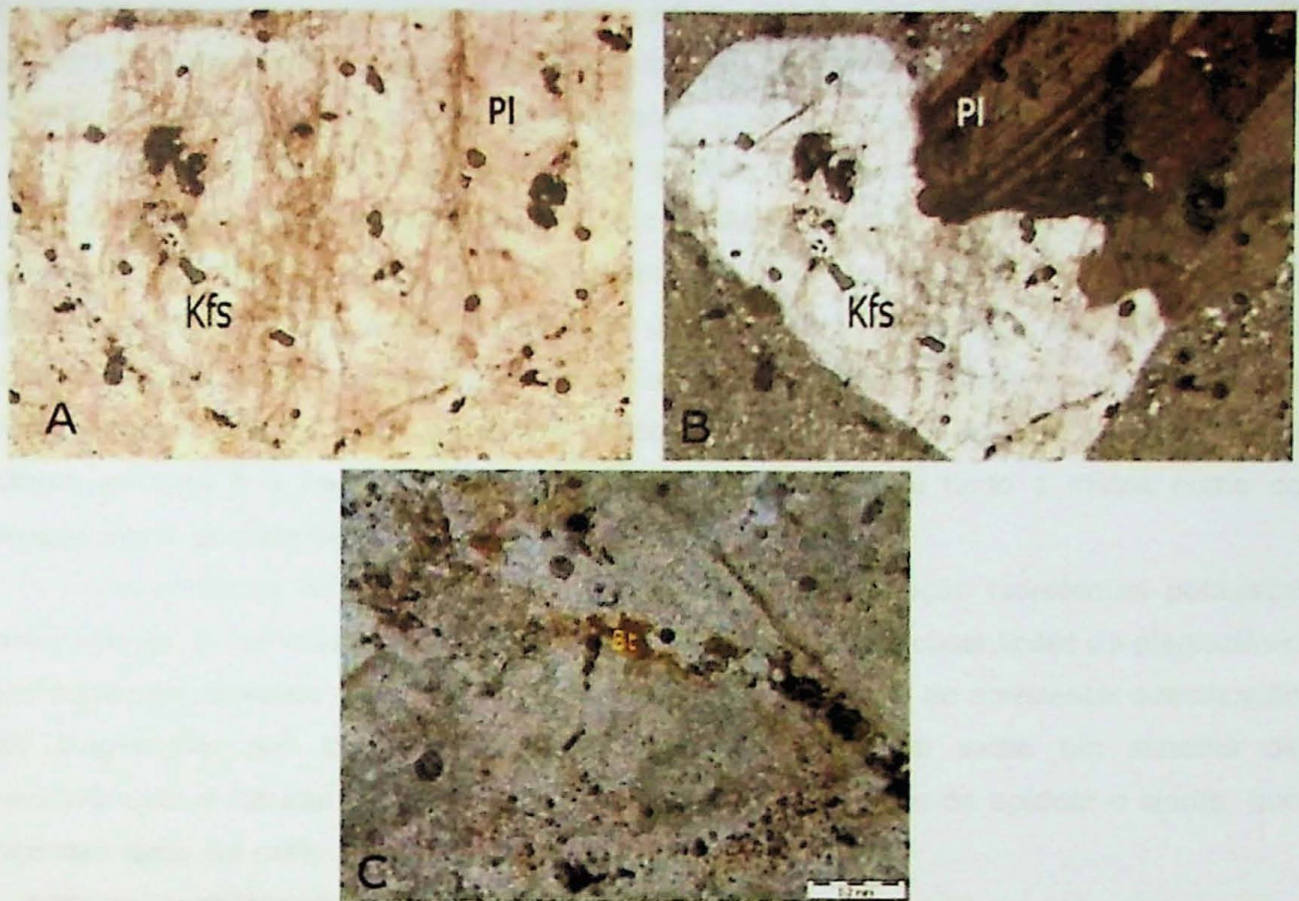


Figura 6.10 – A) Plagioclásio (Pl) parcialmente substituído por feldspato potássico (Kfs), originado pelo alteração hidrotemal potássica de alta temperatura (amostra NP-405C). Micrografia sem analisador, B) Micrografia com analisador da amostra anterior. C) Biotita hidrotemal gerada pela alteração hidrotemal potássica (amostra NP-300B). Micrografia sem analisador da amostra anterior.

A mostra NP-405C constitui um tufo soldado (*welded tuff*) típico de depósitos de ignimbrito. A sua cor é cinza-esbranquiçado e, microscopicamente, apresenta cristaloclastos grossos de feldspato potássico e de plagioclásio, por vezes parcialmente substituídos por feldspato potássico hidrotemal (Fig. 6.10 A e B).

6.1.3 Riolitos porfíricos do Grupo Iri

Neste grupo de rochas foram estudadas petrograficamente as amostras NP-347, NP-348, NP-353 e NP-297C. Os riolitos apresentam uma textura pórfirica dada por fenocristais de quartzo, feldspatos potássico e plagioclásio, estes quase sempre zonados e parcialmente substituídos por sericitica ou saussuritizados e por feldspato potássico vermelho. Os teores de anortita do plagioclásio definidos ópticamente entre 30 a 40 %, configuram composição de andesina sódica a intermediária, mais raramente foram observados teores de laboradorita ($An_{60}Ab_{40}$), sugerindo que pode ter havido mistura de magmas ou assimilação de rochas encaixantes máficas. Os fenocristais muitas vezes têm fraturas preenchidas por óxidos e hidróxidos de ferro ou com microvênulas ricas em biotita, neste caso devido à alteração hidrotemal potássica (Fig 6.15 A). A matriz apresenta granulação muito fina a fina e é

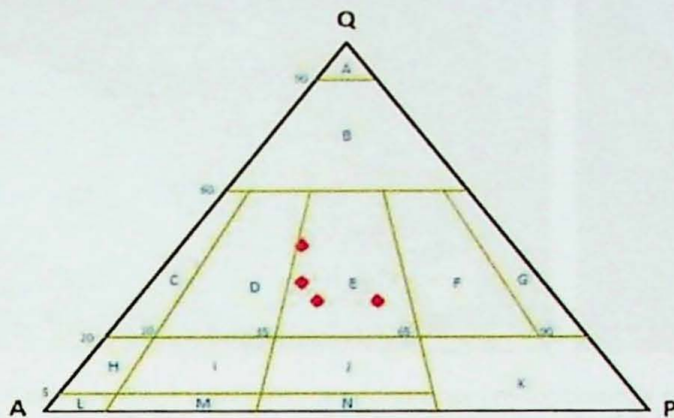
composta por quartzo e feldspatos predominantes. Porções da matriz têm agregados de quartzo com contatos poligonizados que devem ser devidos à silicificação (Fig. 6. 14 B). Apatita e minerais opacos ocorrem como minerais acessórios.

A amostra NP-297C exibe uma fraca orientação devida ao fluxo ígneo que define uma leve estrutura laminada semelhante a dos tufos (Fig. 6.13 A). Entretanto, esta estrutura difere da observadas nos tufos pela simetria do fluxo ao redor dos cristais maiores, diferentemente dos tufos, onde a deformação é mais intensa apenas num dos leitos, onde o cristal caiu. Na matriz observa-se pequenas lentes e lâminas mais escuras, provavelmente representando antigos leitos e porções vítreas da matriz da rocha. Outra característica dessa amostra é a intensa sericitização pervasiva que alterou tanto a matriz como os megacristais, principalmente os de plagioclásios(Fig. 6.13 B).

As amostras NP-347 e NP-348 apresentam uma alteração hidrotermal potássica mais intensa, evidenciadas pelo aspecto túrbido da matriz e por substituições de plagioclásio por feldspato potássico (Fig. 6.15 B). Já a amostra NP-353, além de apresentar substituição do plagioclásio por feldspato potássico hidrotermal, também exibe um sistema de microvênulas e fraturas preenchidas por biotita hidrotermal, além de epidoto e clorita, que ocorrem tanto em estilo fissural como pervasivo (Fig. 6.14 A).



Figura 6.11 – A) Aspecto comum dos riolito porfíricos (amostra NP-297C). B) Riolito porfírico intensamente fraturado e hidrotermalizado (amostra NP-353).



Graph Labels On

- A: Not named
- B: Not named
(highly silica-rich volcanic rocks not known)
- C: Alkali feldspar rhyolite
- D and E: Rhyolite
- F and G: Dacite
- H: Quartz alkali feldspar trachyte
- I: Quartz trachyte
- J: Quartz latite
- K: Basalt or Andesite
- L: Alkali feldspar trachyte
- M: Trachyte
- N: Latite
- O: foid-bearing alkali feldspar trachyte
- P: foid-bearing trachyte
- Q: foid-bearing latite
- R: Phonolite (name of the most abundant foid mineral should be added as a qualifier e.g. leucite phonolite)
- S: tephritic phonolite
- T: phonolitic basinite (olivine > 10%)
Phonolitic tephrite (olivine < 10%)
- U: Basinite (olivine > 10%)
Tephrite (olivine < 10%)
- V: Phonolitic foidite
- W: Tephritic foidite (olivine < 10%)
Basanitic foidite (olivine > 10%)
- X: Foidite

Figura 6.12 – Diagrama QAP de Streckeisen (1967) com as composições dos plotagem dos riolitos indicando semelhanças composicionais com monzogranitos.

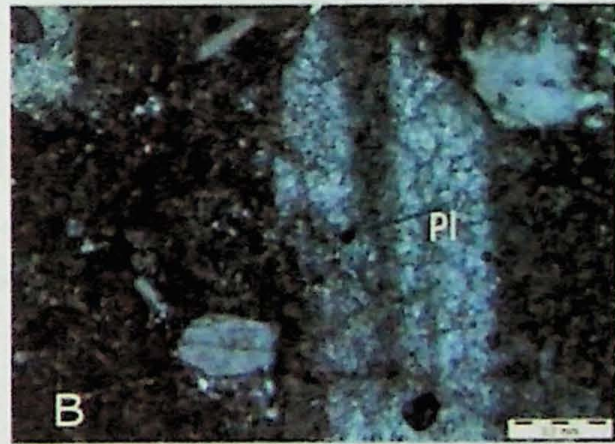
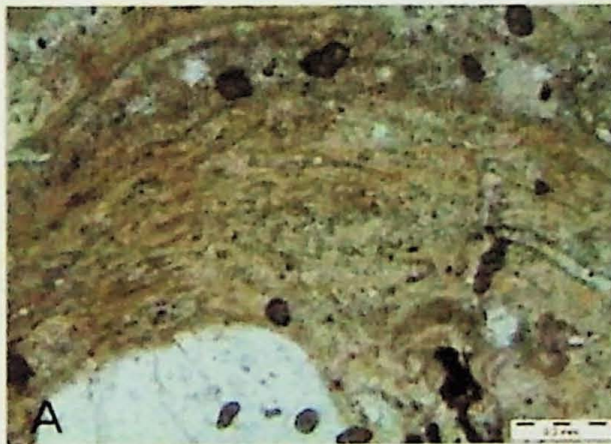


Figura 6.13 – A) Textura laminar ondulada no riolito porfirítico, semelhante as dos tufos e ignimbritos (Amostra NP-297C). Notar as porções mais escuras produzidas pela devitrificação da matriz original da rocha. Micrografia sem analisador. B) Plagioclásio fortemente sericitizado (Amostra NP-297C)/ Micrografia com analisador.

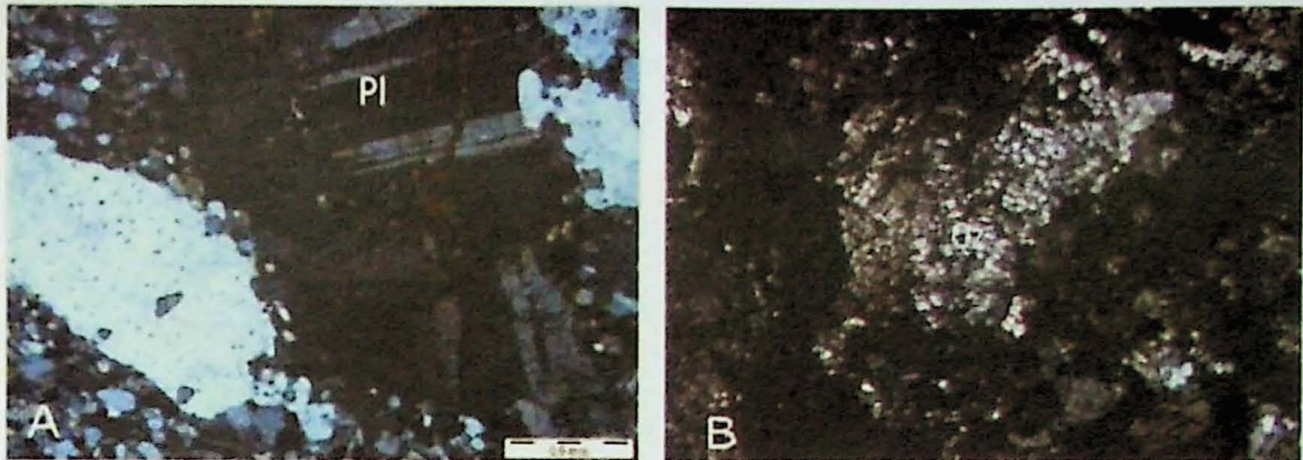


Figura 6.14 – A) Plagioclásio (Pl) fraturado com preenchimento por biotita hidrotermal e óxidos e hidróxidos de ferro (Amostra NP-348). Micrografia com analisador. B) Cristais de quartzo (Qz) com contato quase que poligonizados, devido recristalização ou forte fraturamento hidrotermal.

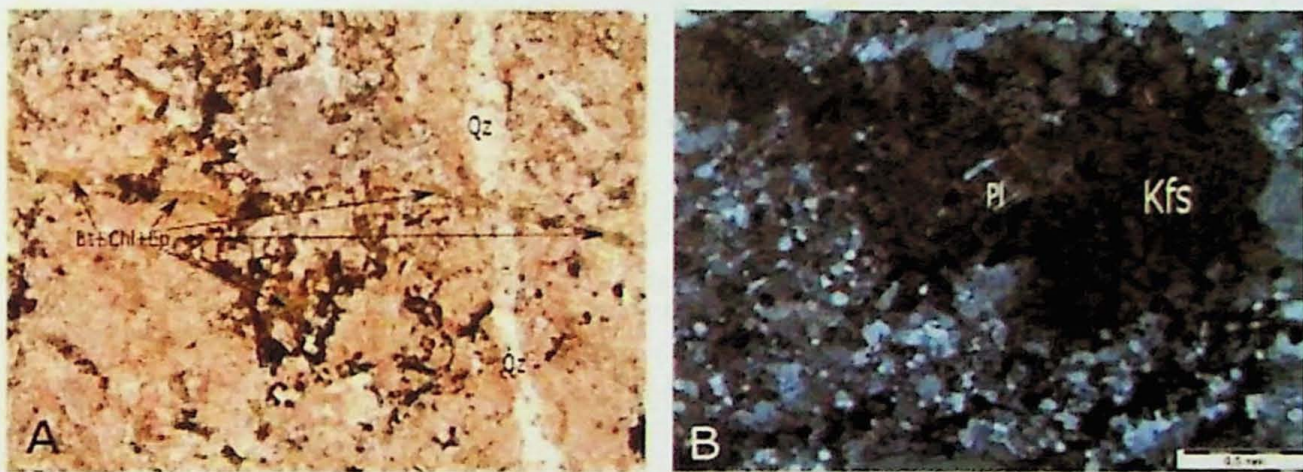


Figura 6.15 – A) Microvênula e disseminação intersticial de biotita hidrotermal (Bt), clorita (Chl) e epidoto (Ep) em riolito porfírico, cortado por microvênula de quartzo (Qz) (Amostra NP-353), Micrografia sem analisador. B) Alteração de plagioclásio (Pl) para feldspato potássico (Kfs) devido alteração hidrotermal potássica (Amostra NP-348). Micrografia com analisador.

6.1.4 Andesitos do Grupo Iriri

Constitui uma das unidades vulcânicas na região da PMT, representada pelas amostras NP- 302 e NP-292. Estas rochas podem fazer parte da Formação Bom Jardim, que Juliani *et al.* (2005) consideraram como sendo a unidade basal do Grupo Iriri. Estas rochas apresentam cores cinza-escuro a esverdeada (Fig. 6.16) e tem textura inequigranular fina a muito fina e tendem a ser microporfíricas (Fig 6.18). A matriz ou toda rocha é formada predominantemente por material devitrificado, com os cristais mais grossos de plagioclásio e, subordinadamente, de quartzo e de minerais opacos. Comumente estas rochas foram afetadas por forte seritização e cloritização (Fig 6.19 A). Epidoto/clinozoisita também fazem parte da mineralogia da alteração hidrotermal (Fig 6.19 B), indicando que as rochas foram afetadas por alteração propilítica previamente à alteração sericítica, ou faz

parte de uma zona de alteração clorítica-sericítica semelhante as descritas por Sillitoe (2010). O epidoto também constitui agregados de cristais com formas ovóides envoltas por minerais opacos (Fig. 6.19 B), sugerindo serem relíquias de antigas vesículas. E a formação de pirita, por vezes em volume significativo, foi verificada na amostra NP-292 (Fig. 6.40 B).



Figura 6.16 – Aspecto macroscópico típico dos andesito bandados da Formação Bom Jardim, com leitons microporfíricos (Amostra NP-302). As porções verdes escuras e mais finas correspondem a zonas onde a alteração hidrotermal propilítica foi mais intensa.

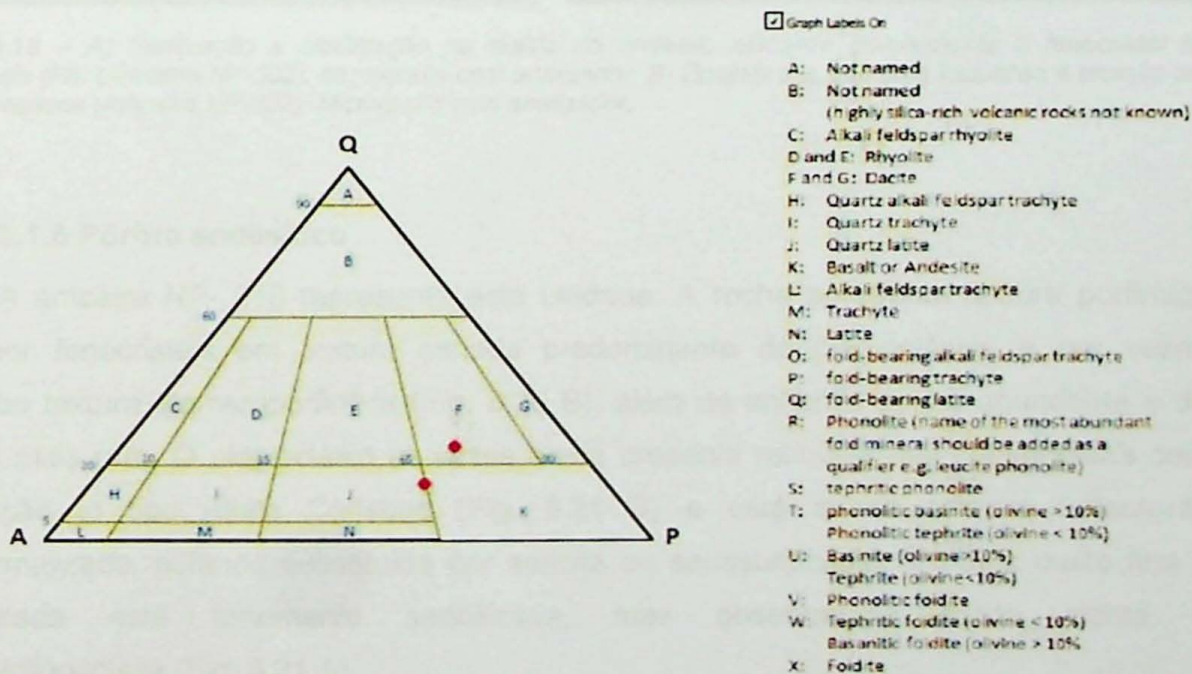


Figura 6.17 – Diagrama QAP de Streckeisen (1967) com as estimativas visuais da composição dos andesitos do Grupo Iriri.

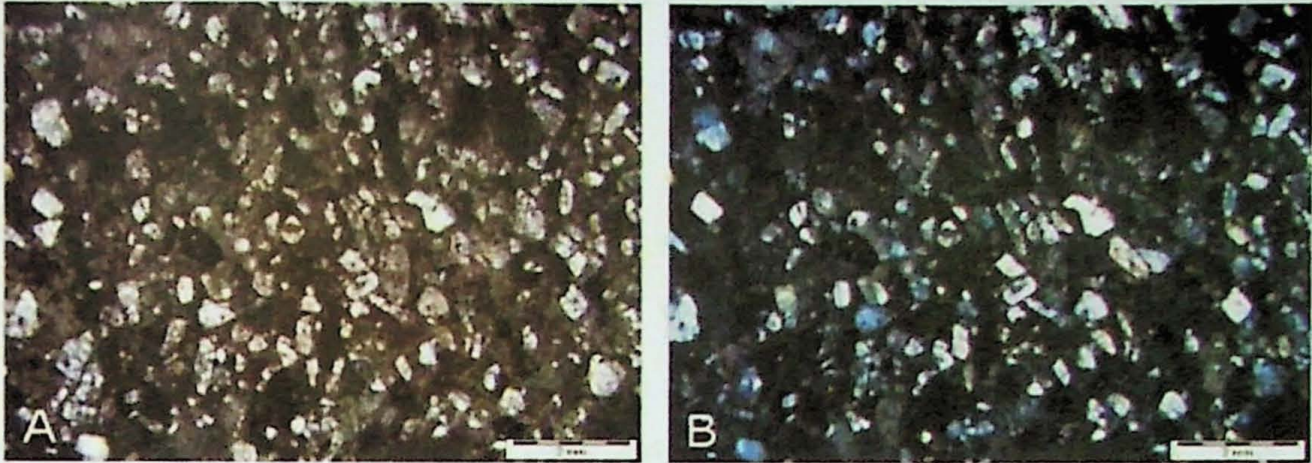


Figura 6.18 – A) Textura porfírica dos andesitos, representada por microfeno geralmente euédricos cristais em meio a matriz devitrificada, fortemente cloritizada e sericitizada (Amostra NP-302). Micrografia sem analisador. B) Micrografia com analisador da mesma amostra.

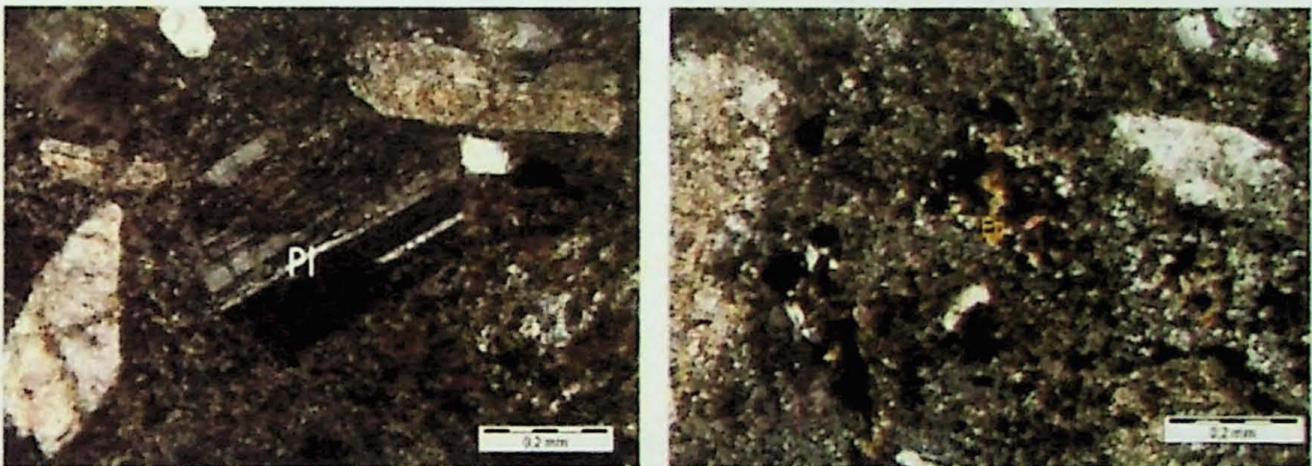


Figura 6.19 – A) Seritização e cloritização na matriz do andesito afetando parcialmente o fenocristal de plagioclásio (Pl). (Amostra NP-302). Micrografia com analisador. B) Epidoto alterado com inclusões e envolto por minerais opacos (Amostra NP-302). Micrografia com analisador.

6.1.5 Pórfiro andesítico

A amostra NP- 319 representa esta unidade. A rocha apresenta textura porfírica dada por fenocristais em textura seriada predominante de plagioclásios e por vezes formando textura glomeroporfírica (Fig. 6.20 B), além de anfibólio pouco abundante e de quartzo mais raro. O plagioclásio as vezes ainda preserva relíquias mal conservadas com geminação to tipo Albita Carlsbad (Fig. 6.21 B) e está quase sempre fortemente hidrotermalizado, estando substituída por sericita ou saussuritizado. A matriz muito fina e devitrificada está fortemente sericitizada, mas observam-se ainda clorita e epidoto/clinozoisita (Fig. 6.21 A).

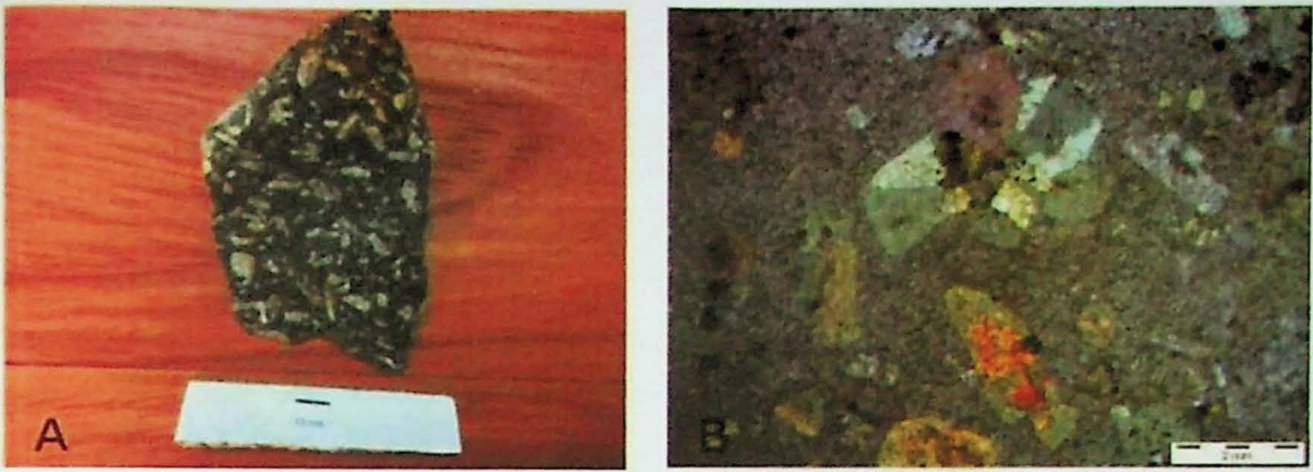


Figura 6.20 – A) Aspecto textural do pórfiro andesítico (Amostra NP-319). B) Textura porfiritica e glomeroporfiritica com plagioclásio e anfibólio do pórfiro andesítico, com os fenocristais dispersos em matriz muito fina fortemente hidrotermalizada (Amostra NP-319). Micrografia com analisador.

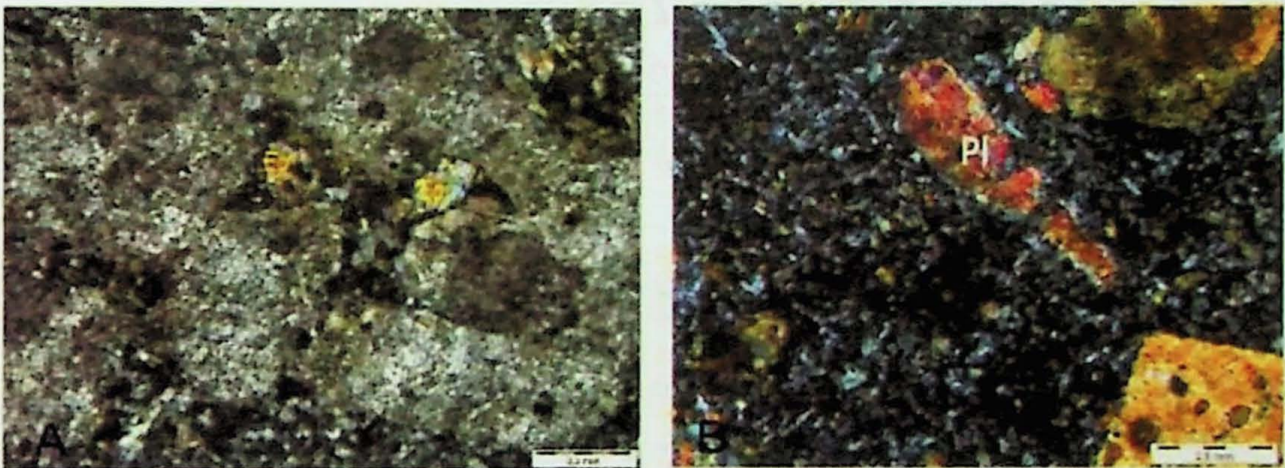
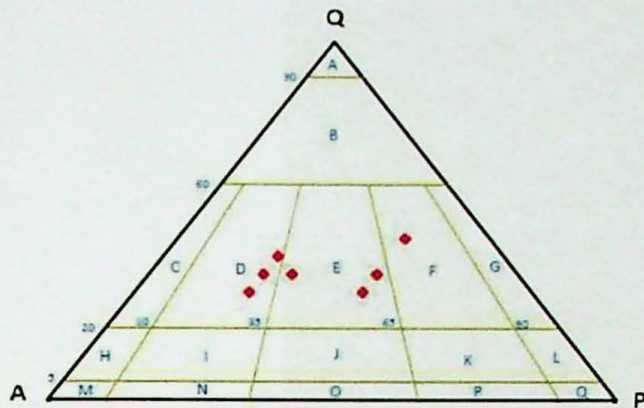


Figura 6.21 – A) Agregados de epidoto e clinozoisita (Ep) envoltos por clorita na matriz dos pórfiros andesíticos. B) Pseudoorfo de plagioclásio com relíquia de geminação Carlsbad (Amostra NP-319). Micrografias com analisador.

6.1.6 Granitoides

Como pode-se observar no Figura 6.22, três conjuntos de amostras graníticas foram observadas, seguindo o critério de classificação sugerido por Streckeisen (1967), baseada na estimativa visual dos componentes mineralógicos, neste caso. Uma das amostras tem composição de granodiorito (Amostra NP-315), três, de monzogranito (amostras NP-351B, NP-335A e NP-305) e mais três, de sienogranito (amostras NP-252, NP-337 e NP-240).



- A: Quartzolite (>90% quartz)
- B: Quartz rich granitic rock (>60% quartz)
- C: Alkali feldspar granite (plagioclase <10% of total feldspar)
- D and E: Granite, may be subdivided into:
 - D: Syeno granite
 - E: Monzo granite
- F: Granodiorite
- G: Tonalite
- H: Quartz alkali feldspar syenite
- I: Quartz syenite
- J: Quartz monzonite
- K: Quartz monzodiorite (An<50%)
Quartz monzogabbro (An>50%)
- L: Quartz diorite (An<50%)
Quartz gabbro (An>50%)
Quartz anorthosite (Mafic<10%)
- M: Alkali feldspar syenite
- N: Syenite
- O: Monzonite
- P: Monzodiorite / monzogabbro
- Q: Diorite / gabbro / anorthosite
- R: Foid bearing alkali feldspar syenite
- S: Foid syenite
- T: Foid monzonite
- U: Foid monzodiorite (An<50%)
Foid monzogabbro (An>50%)
- V: Foid diorite (An<50%)
Foid gabbro (An>50%)
Foid anorthosite (Mafic<10%)
- W: Foid syenite
- X: Foid monzosyenite
- Y: Foid monzodiorite (An<50%)
Foid monzogabbro (An>50%)
- Z: Foid diorite / foid gabbro
- Z1: Foidolite

Figura 6.22 – Diagrama QAP de Streckeisen (1967) com a composição mineralógica das rochas plutônicas estimadas visualmente.

a) Granodiorito

Esse litotipo é representada pela amostra NP-315 (Fig. 6.23), caracterizada por uma matriz fina, composta essencialmente por quartzo e feldspato com aspecto túrbido ao microscópio, devido a forte alteração sericítica de estilo pervasivo. Em algumas partes da matriz, bolsões de quartzo hidrotermal com grãos mais grossos tem associados carbonatos, evidenciando uma moderada carbonatização posterior à silicificação (Fig. 6.24 A).

Os megacristais são preferencialmente de feldspatos e, aparentemente, há duas gerações de plagioclásios, uma bem alterada, só restando apenas pseudomorfos totalmente sericitizados (Fig. 6.25 A e B), e outros pouco alterado, o que nos faz pensar que sejam mais sódicos, porém os teores de anortita destes, são semelhantes a andesinas, com alguns alcançando teores de anortita compatível com a labradorita em núcleos e bordas de albita. Estas bordas de albita são descontínuas, sugerindo terem sido formadas por metassomatismo sódico, o que é comum nas raízes de sistemas do tipo pórfiro (Sillitoe, 2010). Também há fenocristais de biotita totalmente cloritizados, com leucoxênio associado e com inclusões de epidoto (Fig. 6.25 A), assim como de anfibólios.

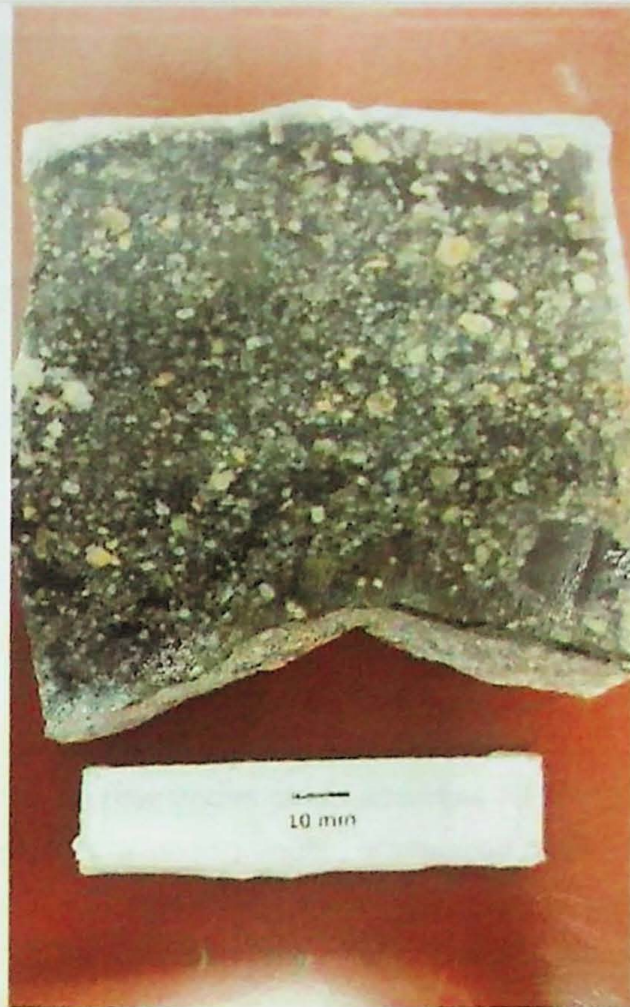


Figura 6.23 – Aspecto macroscópico do granodiorito da amostra NP-315, onde pode ser observado o grande volume de megacristais de feldspatos, predominantemente de plagioclásio.

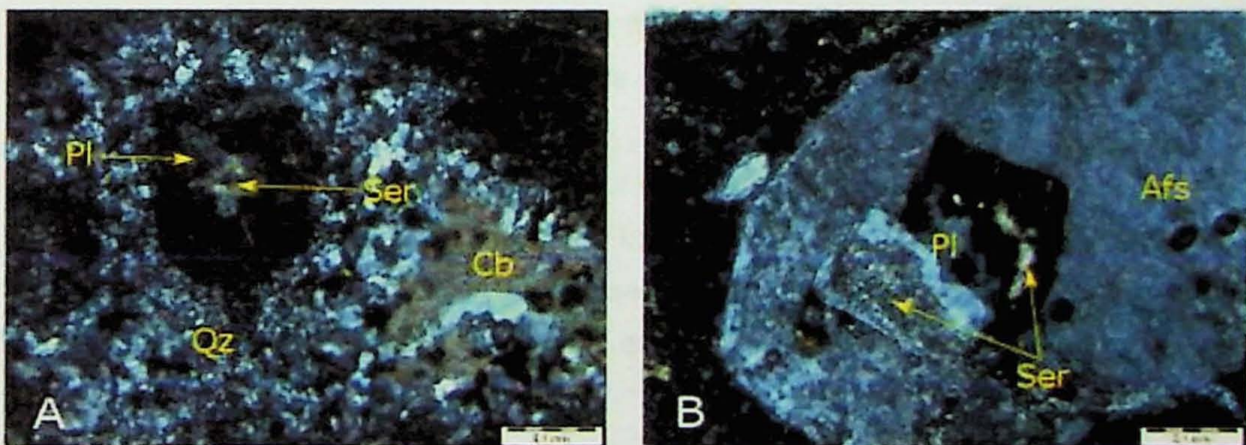


Figura 6.24 – A) Microbolsão de quartzo (Qz) com carbonato tardio (Cb) envolvendo plagioclásio (Pl) sericitizado. B) Megacristal de feldspato potássico euédrico (Afs) com inclusões de plagioclásio sericitizado (Amostra NP-315). Micrografias com analisador.

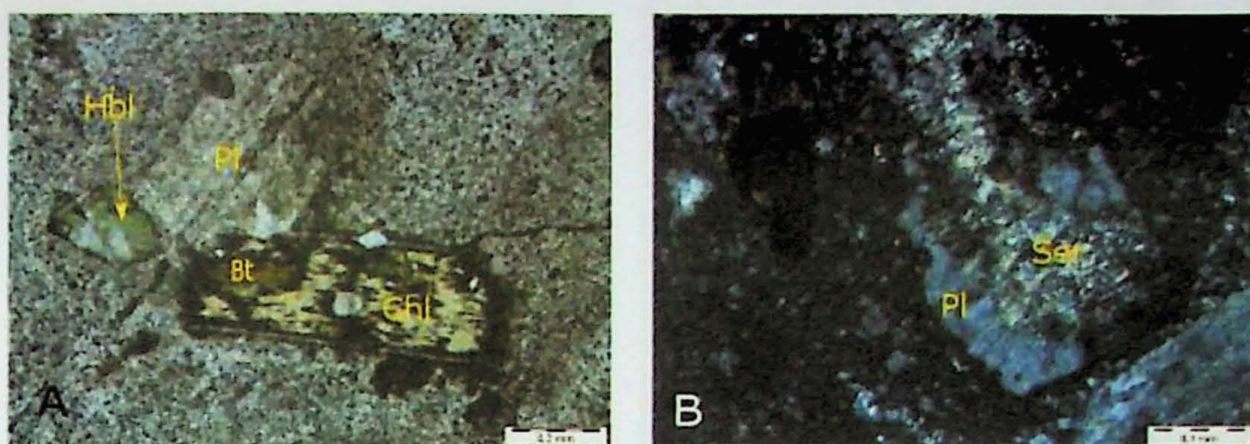


Figura 6.25 – A) Plagioclásio (Pl) intensamente alterado para sericita, mas ainda com relíquias de geminação polissintética, fenocristal de biotita (Bt) fortemente cloritizada, com leucoxênios e hornblenda (Amostra NP-315). micrografia sem analisador. B) Plagioclásio com forte alteração sericitica (Ser) e borda irregular de albita, provavelmente metassomática (Amostra NP-315). Micrografia com analisador.

b) Monzogranito

Estas rochas são representadas pelas amostras NP-351B, NP-335A e NP-305. De modo geral apresentam textura inequigranular, granulação média a grossa (3 a 5 mm) e são constituídas por plagioclásio, com teores de anortita compatíveis com oligoclásio, muitas vezes zonados (Fig. 6.27), quartzo, feldspato potássico, comumente com texturas de exsolução evidenciadas por pertitas, além de textura miemiquítica (Fig. 6.28 e 6.29), e máficos como biotita, hornblenda, titanita e opacos. O índice de cor desta rocha situa-se ao redor de 10%. Essas rochas também apresentam biotita secundária que substituem a hornblenda magmática quase que totalmente, sendo que, essas já se encontram levemente cloritizadas. Titanita ocorre em grande quantidade, o que confere um caráter metaluminoso a essas rochas, com minerais opacos quase sempre associados, aparentemente ilmenita, e também magnetita.

A amostra NP-351B difere da anterior em relação à granulação relativa que configura uma textura inequigranular porfírica e pelo índice de cor um pouco mais baixo, por volta de 7%. Macroscopicamente, a rocha pode ser classificada como sienogranito, mas após análise de microscopia óptica, observou-se que os plagioclásios prevalecem.

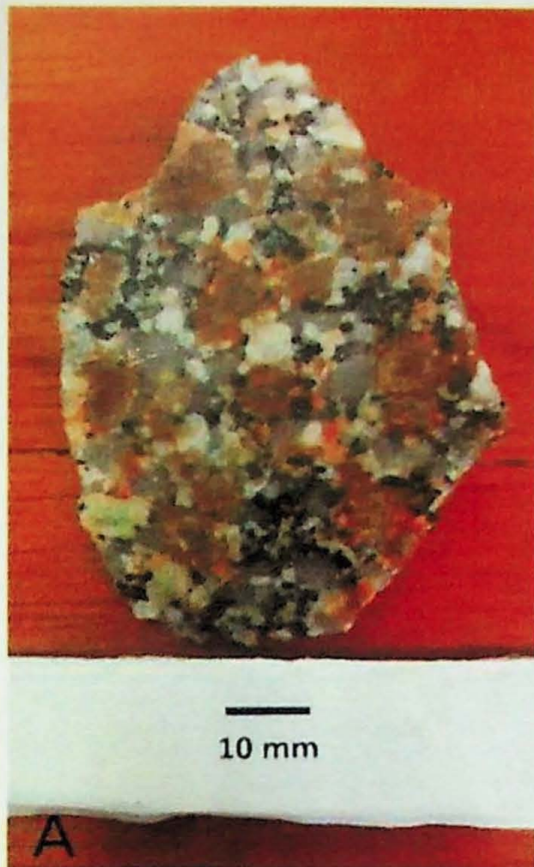


Figura 6.26 – A) Monzogranito inequigranular (Amostra NP-351B). B) Monzogranito porfírico (Amostra NP-305).

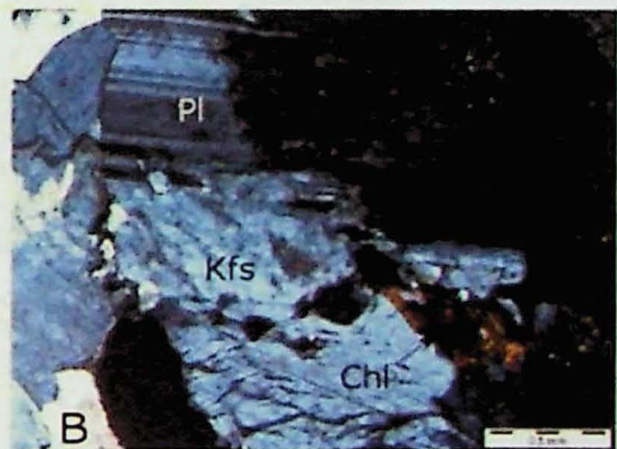
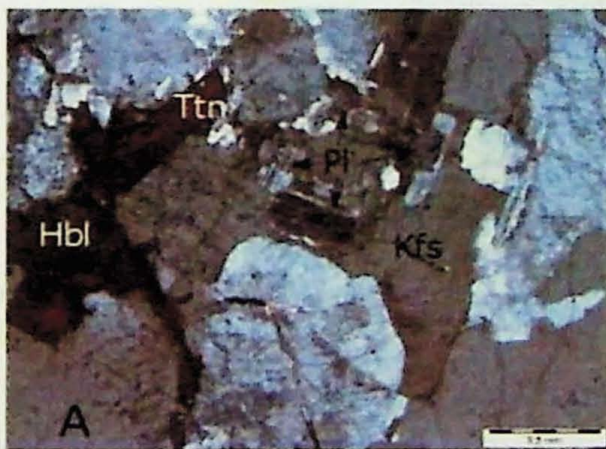


Figura 6.27 – A) Plagioclásio (Pl) zonado e sericitizado envolto por feldspato potássico hidrotermal com titanita (Ttn) associada à Hornblenda (Hbl) fortemente cloritizada. B) Alteração potássica evidenciada pela substituição do plagioclásio por feldspato potássico. Leve cloritização dado por formação de clorita (Chl), que substituiu a biotita hidrotermal (Amostra NP-351A). Micrografias com analisador.

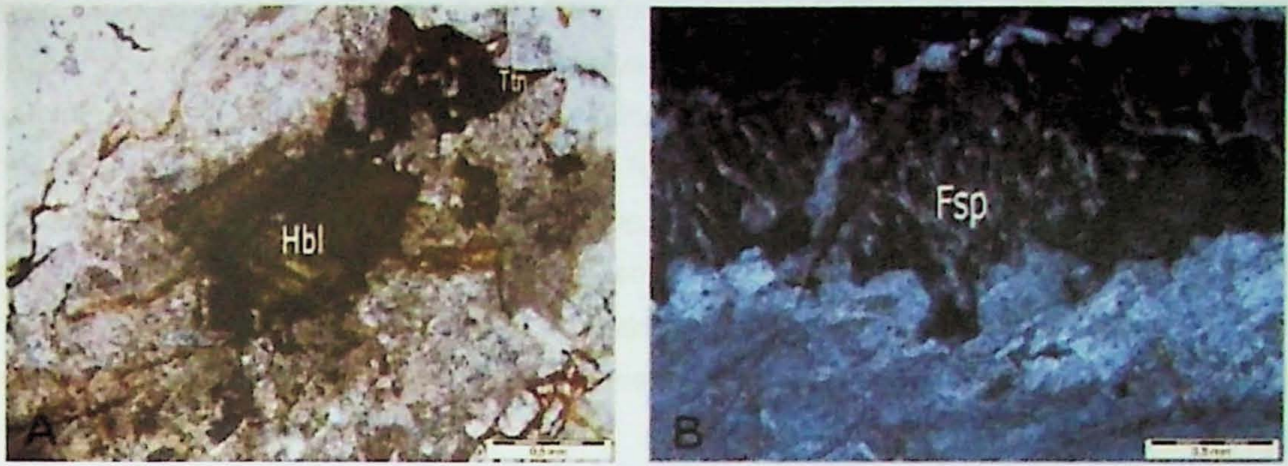


Figura 6.28 – A) Pseudomorfos de hornblenda substituídos parcialmente por biotita ao centro da imagem, e na parte superior a direita, titanita sendo substituída por minerais opacos, provavelmente ilmenita (Amostra NP-305). Micrografia sem analisador. B) Megacristal de feldspato com textura perítica (Amostra NP-305). Micrografia com analisador.

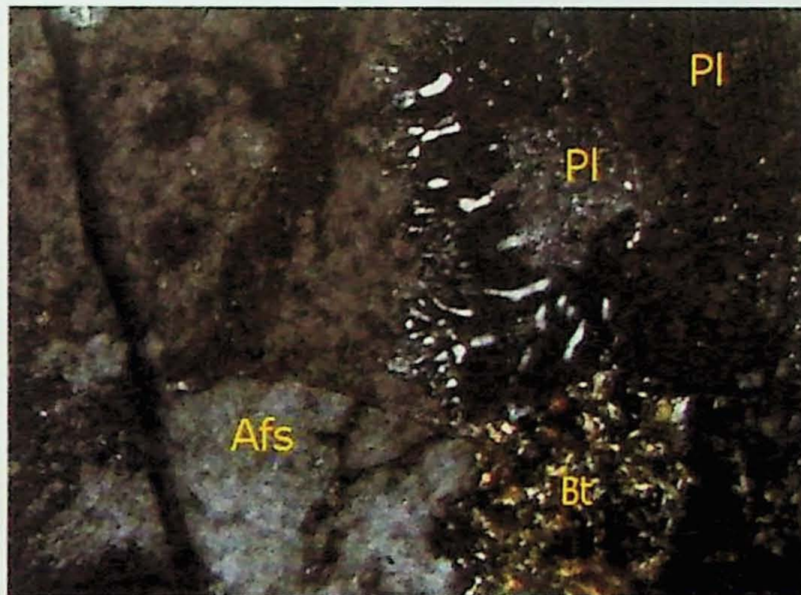


Figura 6.29 – Textura mirmequítica no contato do plagioclásio (Pl) com o feldspato potássico (Afs) e com biotita (Bt) fortemente cloritizada associada (Amostra 351B). Micrografia com analisador.

c) Sienogranito

Essa unidade é representada pelas amostras NP-252, NP-337 e NP-240. Macroscopicamente apresentam cores rosa forte (Fig. 6.30) que, em parte, podem ser devidas à alteração hidrotermal potássica que cristaliza feldspato potássico mais avermelhado e biotita subordinada. Estas rochas apresentam textura equigranular e granulação fina a média, exceto a amostra NP-240, que mostra uma textura inequigranular porfírica, com granulação grossa. Comparativamente aos monzogranitos, estas rochas se distinguem pela ausência de titanita e hornblenda e pela presença de texturas granofíricas bem desenvolvidas (Fig. 6.31), indicando um ambiente crustal mais raso para sua colocação. A amostra NP-252, em particular, apresenta um volume relativamente alto de

microclínio, com geminação em grade bem formada (Fig. 6.33 A). O quartzo apresenta, por vezes, contatos interlobados e polygonizados entre si. O plagioclásio quase sempre está parcialmente substituído por sericitita, principalmente os grãos nas proximidades de pequenas vênulas de sericita e óxidos de ferro (Fig. 6.32 A). A biotita comumente está cloritizada (Fig. 6.32 B) e tem associados minerais opacos e epidoto associados. A alteração potássica que afetou estas rochas de maneira intensa, substituindo quase completamente os feldspatos ígneos por feldspato potássico não geminado, com aspeto túrbido ao microscópio (Fig. 6.33 B) e tons avermelhados em amostras de mão (Fig. 6.30 B), além do microclínio (Fig. 6.33 A).

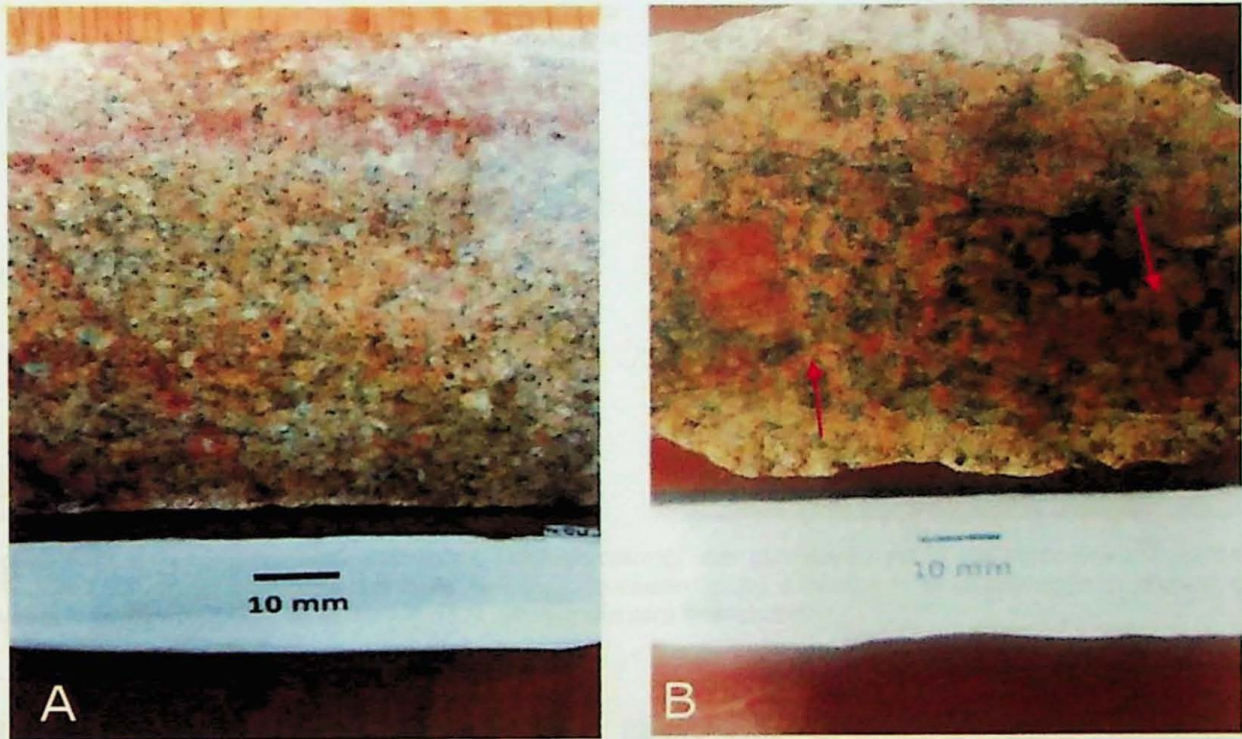


Figura 6.30 – A) Sienogranito (Amostra NP-337) de granulação média, inequigranular, com fratura preenchida por feldspato potássico avermelhado. B) Sienogranito levemente porfírico, de granulação grossa, fraturado e com alteração potássica fissural e pervasiva e nas bordas do feldspato potássico ígneo indicados pelas setas (Amostra NP-240).

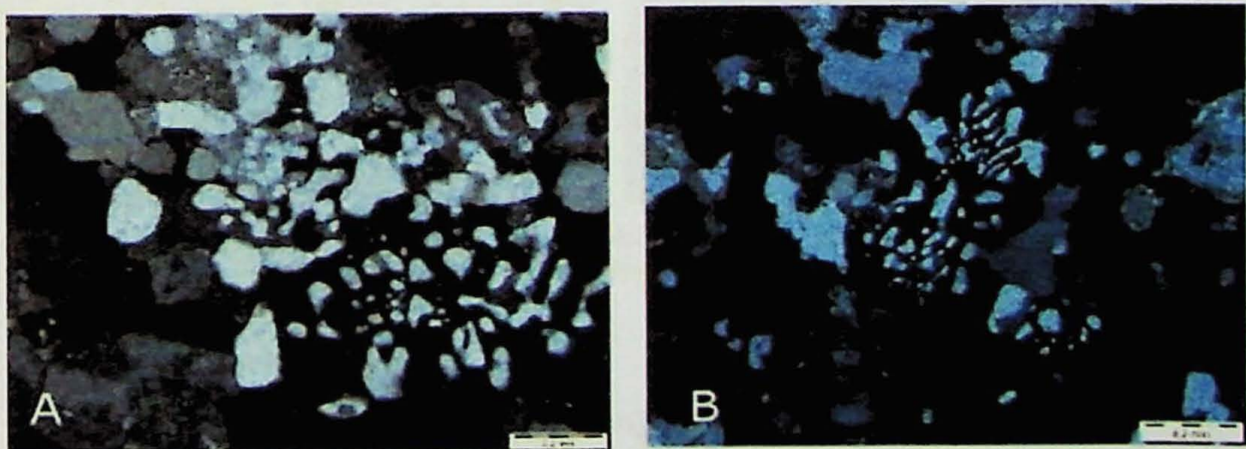


Figura 6.31 – A) e B) Sienogranito com textura granofírica bem desenvolvida (Amostra NP-337). Micrografias com analisador.

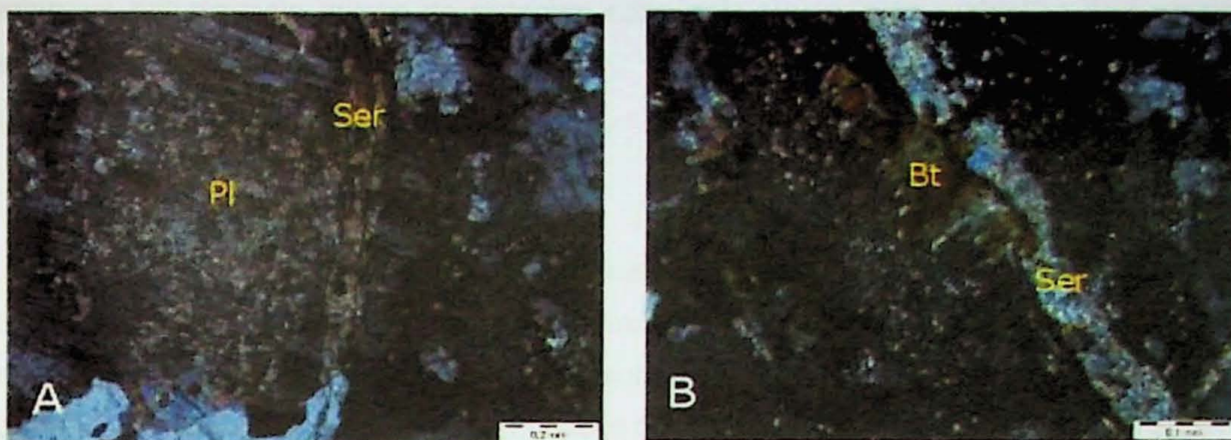


Figura 6.32 – A) Plagioclásio (Pl) fortemente sericitizado, próximo a uma vênula de sericita (Ser). B) Biotita (Bt) cloritizada e sericitizada próximo à vênula de sericita (Amostra NP-240). Micrografias com analisador.

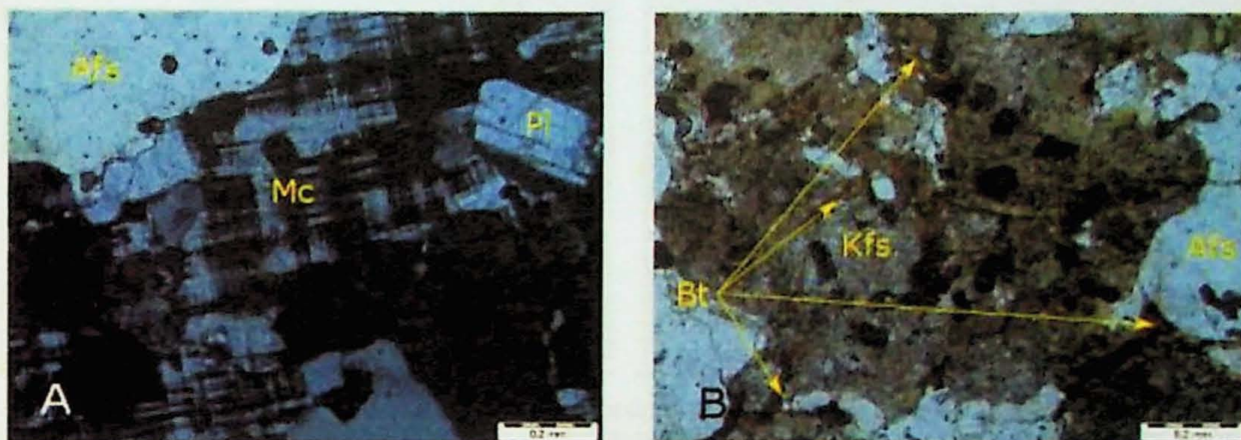


Figura 6.33 – A) Megacristal de microclínio (Mc) hidrotermal com geminação em grade característica (Amostra NP-252) Micrografia com analisador. B) Feldspato potássico (Kfs) cristalizado pela alteração potássica que oblitera o feldspato ígneo (Amostra NP-252). Micrografia sem analisador.

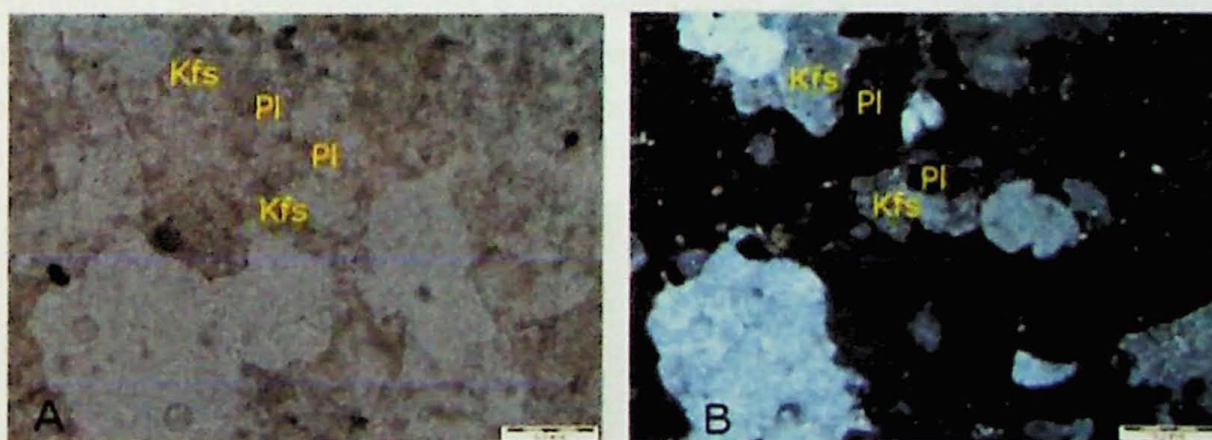


Figura 6.34 – A) Plagioclásio (Pl) parcialmente substituído por feldspato potássico (Kfs) originado pelo alteração hidrotermal potássica (Amostra NP-337). Micrografia sem analisador. B) Micrografia com analisador da amostra anterior.

6.2. Alterações Hidrotermais

Esse capítulo sistematiza as interpretações das alterações hidrotermais já previamente descritas no capítulo anterior. Assim, verifica-se que foram identificados três tipos principais de alterações magmáticas–hidrotermais, assim como três associações de

minerais hidrotermais típicos de sistemas epitermais *low-* e *high-sulfidation* nas amostras analisadas.

Sua principais característica são:

6.2.1 Alteração potássica

É definida pela cristalização de feldspato potássico (dominante em litologias félsicas) substituindo o plagioclásio, com biotita hidrotermal associada em pequenos volumes. O plagioclásio ígneo é quase que totalmente substituído pelo feldspato potássico (Fig. 6.35 A), mas ainda observa-se partes com geminação característica do tipo albita (Fig. 6.35 B).

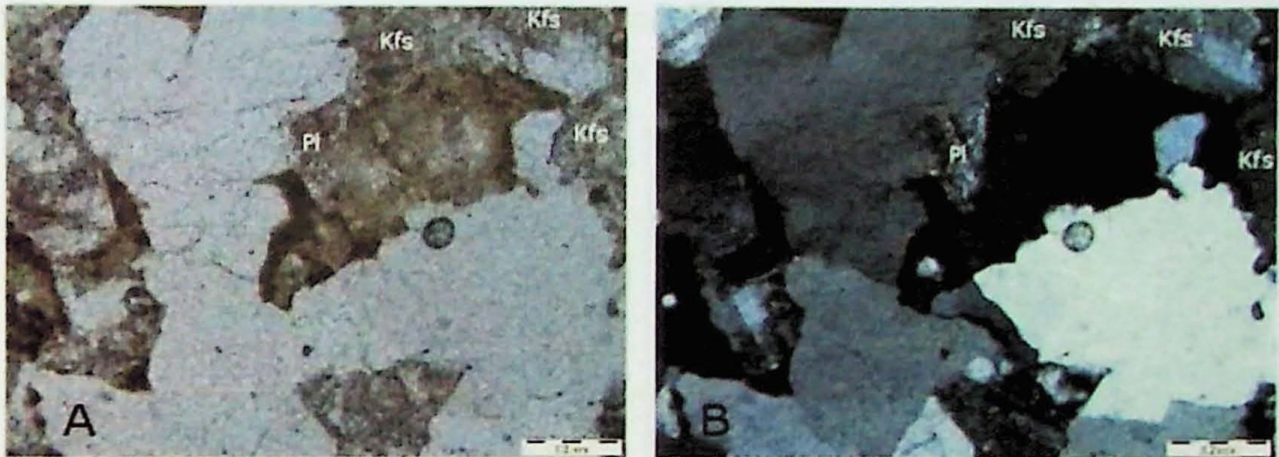


Figura 6.35 - Plagioclásio (Pl) parcialmente substituído por feldspato potássico (Kfs), originado pelo metassomatismo potássico em granito. A) Micrografia sem analisador, B) micrografia com analisador da Amostra NP-337.

Nos granitos com forte alteração potássica sempre estão presentes texturas granofíricas bem desenvolvidas (Fig. 6.36), evidenciando ambiente crustal raso de colocação do magma, semelhante ao observado nos sistemas do tipo pórfiro, assim como o tipo estilo pervasivo da alteração hidrotermal. (ver o modelo conceitual apresentado na Figura 4.3).

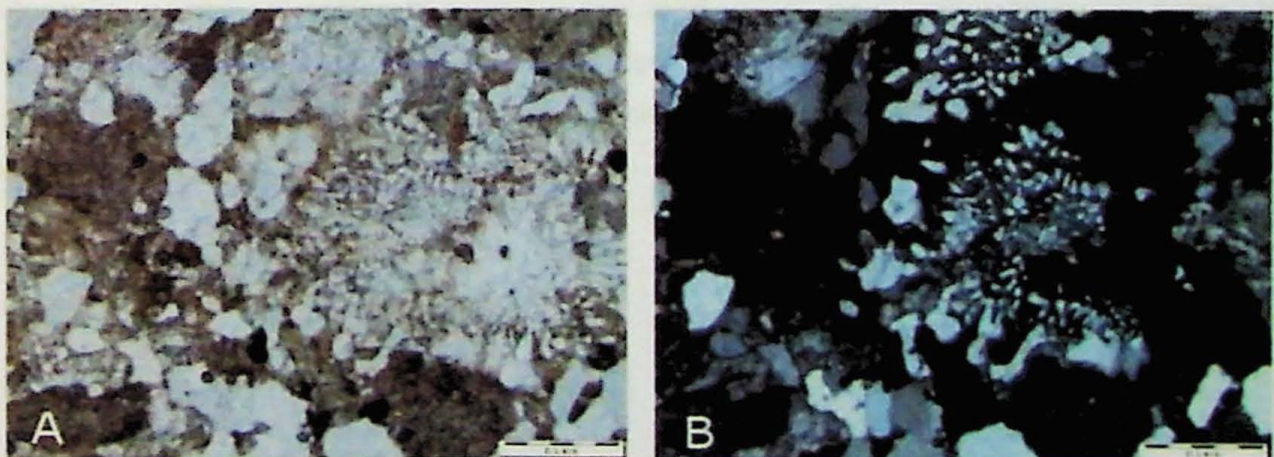


Figura 6.36 – A) Textura granofírica da amostra NP-337, caracterizada pelo intercrescimento de feldspato potássico e quartzo. Micrografia sem analisador, B) Micrografia da amostra anterior com analisador.

Esse tipo de alteração potássica foi também observado nas rochas félsicas extrusivas, como nos riolitos, porém com intensidade mais fraca. Entretanto, como a granulação da rocha é muito fina, essa alteração é melhor desenvolvida na matriz e é evidenciada principalmente pelo um aspecto de túrbido nos feldspatos que constituem a matriz. Como esta alteração associa-se a níveis crustais mais profundos e a intrusões subvulcânicas, pode-se interpretar que os granitos granofíricos e pórfiros intrusivos nas rochas vulcânicas foram as responsáveis por essas alterações hidrotemais.

Nos andesitos, quando a alteração potássica é muito intensa, também pode ser identificada pela substituição do plagioclásio pelo feldspato potássico, mas comumente nessas rochas essa alteração é caracterizada pela formação de biotita hidrotermal ± magnetita (Fig. 6.37), tanto em estilo pervasivo, como fissural.

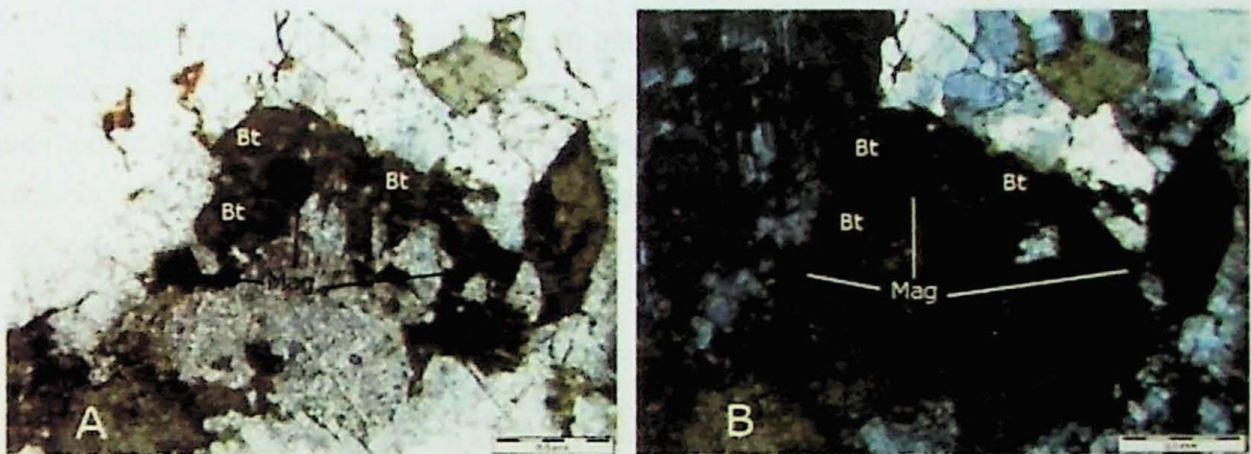


Figura 6.37 – Biotita secundária (Bt) associada à magnetita (minerais opacos). A) Micrografia sem analisador, B) micrografia com analisador da amostra NP-305.

6.2.2 Alteração sericítica

É constituída por sericita/illita + quartzo e, comumente, pirita (Fig. 6.38), caracterizando a assembleia QSP típicas dos sistemas do tipo pórfiro. Esse tipo de alteração, ocorre em estilos pervasivo e fissural e resulta na substituição quase completa dos minerais ígneos e hidrotemais das rochas. Dentre os sulfetos das rochas estudadas, predomina a pirita disseminada, além de concentrações em filmes ou em delgadas vênulas descontínuas.

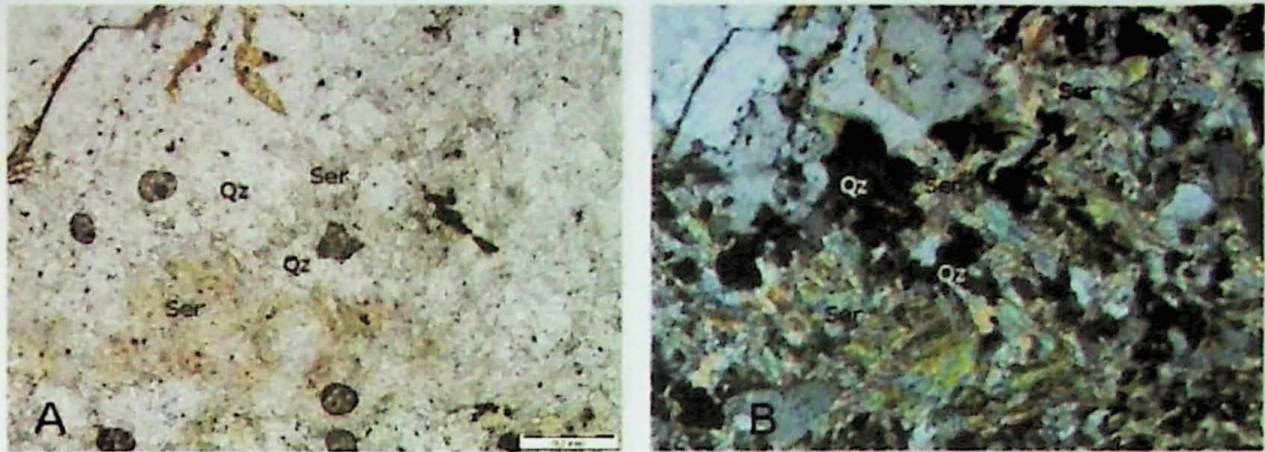


Figura 6.38 – Alteração hidrotermal sericítica (Ser) em estilo pervasivo em pórfiro félsico, com forte substituição dos feldspatos. Notar os cristais de quartzo (Qz). A) Micrografia sem analisador, B) micrografia com analisador da Amostra NP-254B.

Nas rochas vulcânicas este tipo de alteração se dá de principalmente nas zonas de *stockworks*, formadas por microvênulas de quartzo com hidróxidos de ferro (Fig. 6.39 A), que conferem à rocha tons alaranjados. Comumente as rochas vulcânicas e vulcanoclásticas se mostram intensamente sericitizada (Fig. 6.39 B).

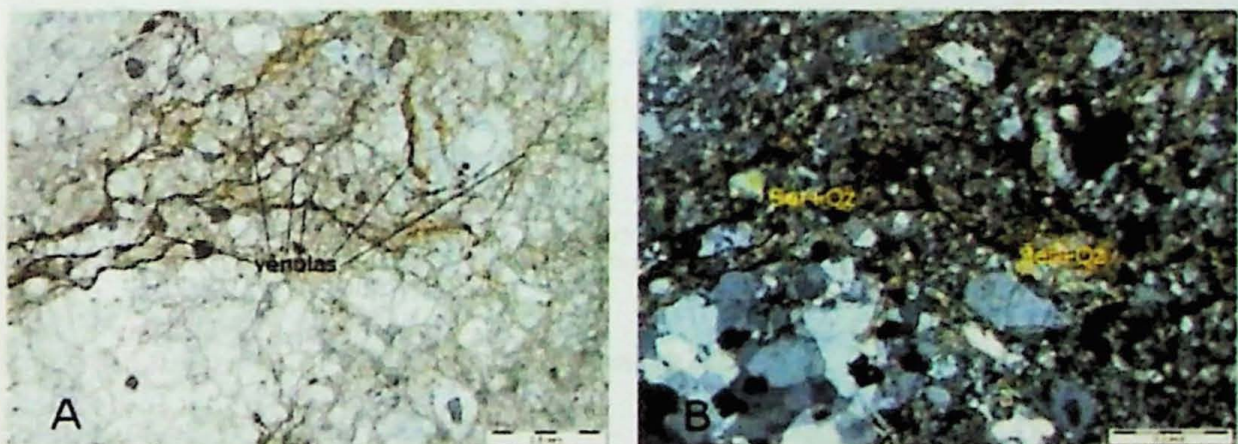


Figura 6.39 – A) Sistema de microvênulas de quartzo em stockwork (Amostra 254B). Micrografia sem analisador. B) Intensa alteração sericítica próximo às vênulas. Micrografia anterior com analisador.

6.2.3 Alteração propilítica

Esta é uma alteração hidrotermal muito comum nos andesitos, ocorrendo geralmente em estilo pervasivo e, localmente, fissural. Os minerais de alteração hidrotermal são a clorita e epidoto, que substituem principalmente a biotita e anfibólio (Fig. 6.40 e 6.41), bem como a clinozoisita, sericita e albita no plagioclásio.

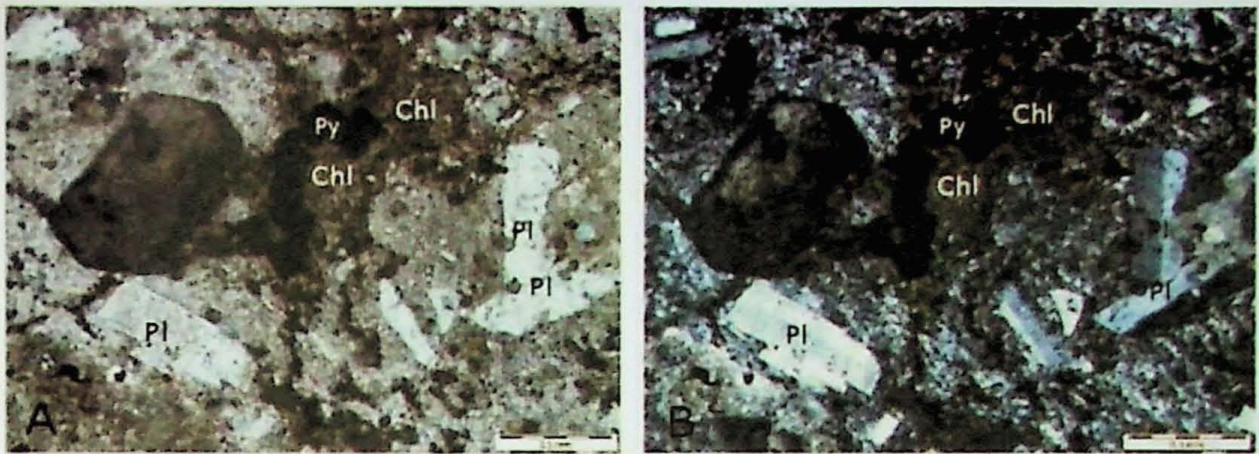


Figura 6.40 – Biotita quase que totalmente cloritizada em andesito, com pirita associada (Amostra NP-292). A) Micrografia sem analisador. B) micrografia com analisador.

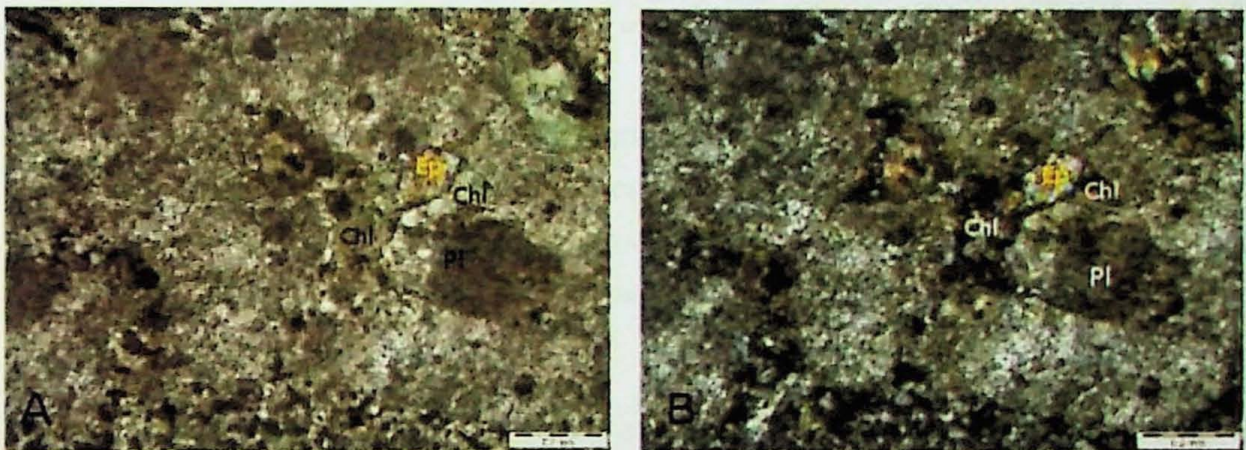


Figura 6.41 – Clinozoisita, produto da alteração hidrotermal do plagioclásio e epidoto (Ep) intersticial, associado à clorita e a minerais opacos (Amostra NP-319). A) Micrografia sem analisador. B) Micrografia com analisador.

6.3. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Esse método teve como principal foco identificar os minerais mais finos, característicos das alterações, utilizando em conjunto o espectrômetro de energia dispersiva de raios X (EDS) para identificação da química mineral com análises qualitativas e semi-quantitativas de boa qualidade.

A amostra NP-346B representa um arenito lítico fortemente hidrotermalizado, sendo que, no MEV, foram identificados minerais como epidoto, inclusos em feldspatos, e um preenchimento sódico, que formou albitas, tanto nas fraturas dos demais cristais de feldspato como de quartzo (Fig 6.42 A), além da alteração potássica, observada pelas micro inclusões, no caso alteração, de feldspato potássico no plagioclásio. Também foram identificados almandina, muscovita, zircão um mineral ainda não bem caracterizado rico em Th, com pouco fósforo e ETRs (Fig 6.42 B).

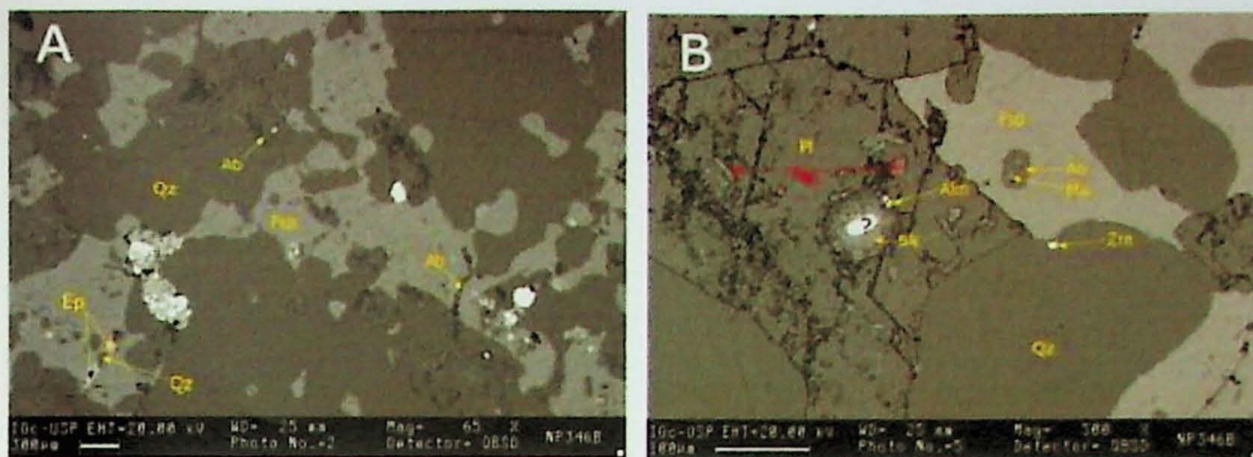


Figura 6.42 - Imagens de elétrons retroespalhados mostrando aspectos texturais da amostra NP-346B. A) Feldspato com inclusão de epidoto (Ep) e albita (Ab) preenchendo vênulas tanto no feldspato como no quartzo (Qz). B) Plagioclásio (Pl) com feldspato potássico com níveis de potássio (Fsp em vermelho), com almandina inclusa próxima a borda de mineral rico em tório (Th) ainda não bem caracterizado. Feldspato (Fsp) com inclusões de muscovita (Ms) e albita (Ab), e quartzo (Qz) com inclusão de zircão (Zrn).

A amostra NP-254B representa um granito também hidrotermalizado e fortemente brechado, onde as imagens do MEV, identificaram feldspatos ricos em potássio, formados com um hábito peculiar em palhetas, que associam-se com hematita (Fig. 6.43 A). Também foi observado, precipitação de hematita com textura orbicular (Fig 6.43 B).

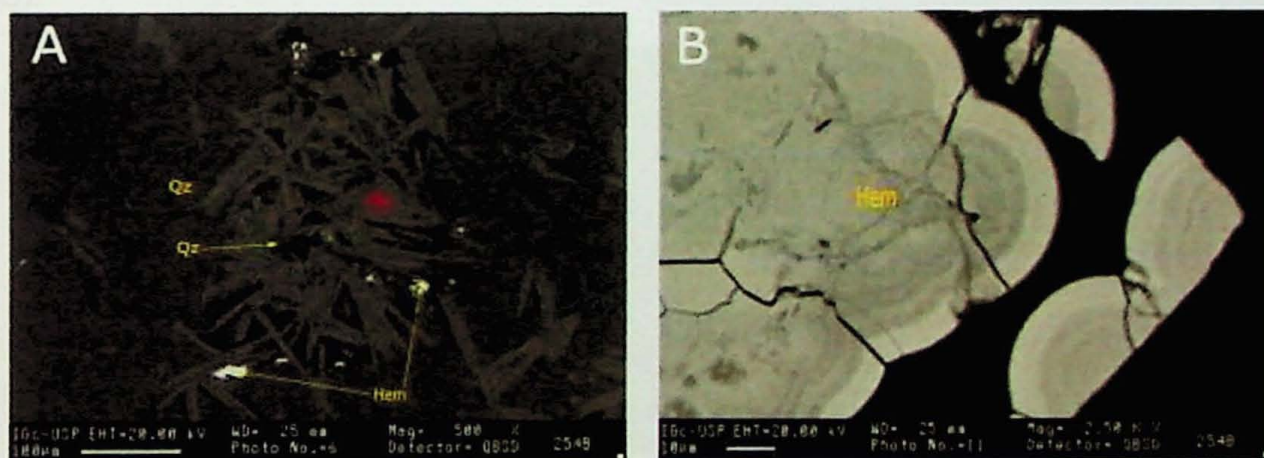


Figure 6.43 - Imagens de elétrons retroespalhados mostrando aspectos texturais da amostra NP-254B. A) feldspato com níveis de potássio (Fsp em vermelho) com hábito em "palhetas" e hematita (Hem) associada, em meio a matriz rica em quartzo (Qz). B) Hematita (Hem) com hábito orbicular.

A amostra NP- 342 representa um granito fortemente hidrotermatizado, com fenocristais de quartzo e feldspato potássico e minerais acessórios como rutilo e apatita (Fig. 6.44 A). A figura 6.44 B mostra um feldspato com teores de ferro, sendo potassificado, com formação do feldspato potássico.

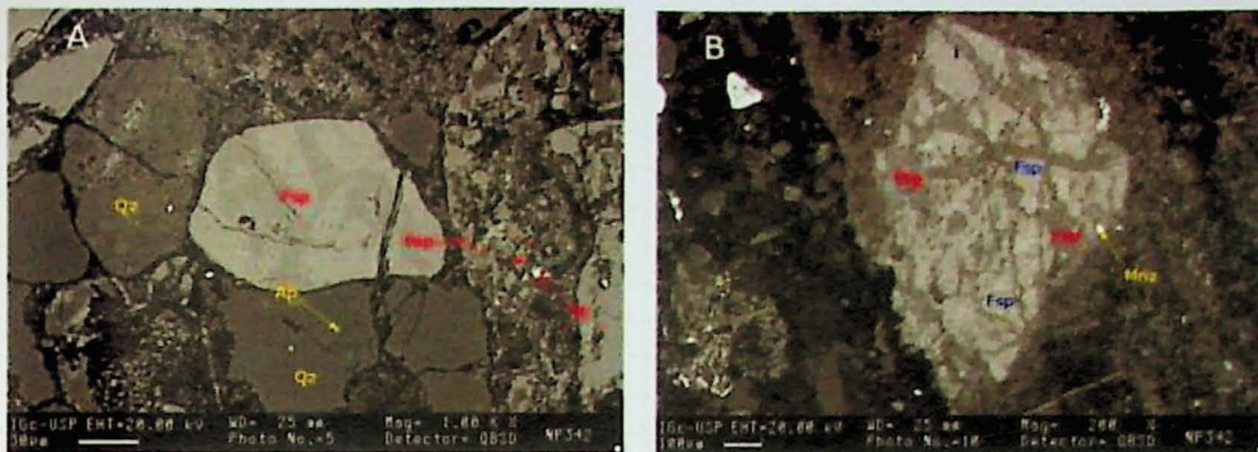


Figura 6.44 - Imagens de elétrons retroespalhados mostrando aspectos texturais da amostra NP-342. A) Apatita (Ap) e rutilo (Rt) inclusos em meio a quartzo (Qz) e feldspato com níveis de potássio (Fsp em vermelho) respectivamente. B) Formação de feldspato com níveis de potássio (Fsp em vermelho) devido metassomatismo em feldspato com níveis de ferro (Fsp em azul), com monazita (Mnz) inclusa.

A amostra NP-261, macroscopicamente apresenta características de forte argilização, que foram confirmadas no MEV, pela identificação de pirofilita, com textura dendrítica, e associada ao feldspato potássico, sendo que, nas zonas de contato entre a pirofilita e o feldspato potássico se forma albita (Fig. 6.46 A). Também foi observado uma potassificação no próprio feldspato potássico (Fig. 6.46 B), e a formação de hematita junto a um mineral ainda não bem caracterizado rico em Th, com pouco fósforo e ETRs. (Fig 6.46 C).

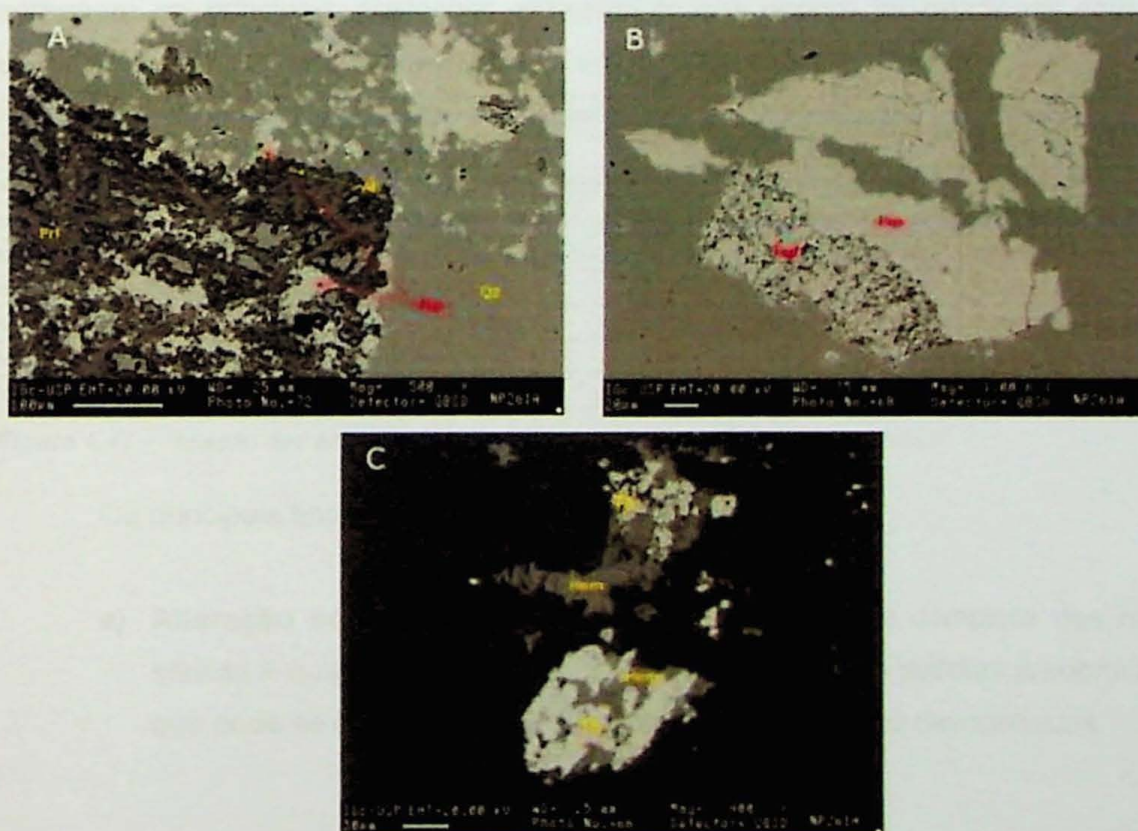


Figura 6.45 - Imagens de elétrons retroespalhados mostrando aspectos texturais da amostra NP- 261A. A) Pirofilita (Pr) com hábito dendrítico com bordas albiticas (Ab) em contato com o feldspato com níveis de potássio (Fsp). B) Potassificação em próprio feldspato com níveis de potássio (Fsp em vermelho). C) Hematita (Hem) associada com mineral rico em tório (Th), ainda não bem caracterizado.

Mineral	Abreviação proposta por Whitney & Evans (2010).	Fórmula Química (www.webmineral.com)
Albita	Ab	NaAlSi ₃ O ₈
Almandina	Alm	Fe ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃
Apatita	Ap	Ca ₅ (PO ₄) ₃ F
Feldspato	Fsp	(K, Na, Ca) (SiAl)Si ₄ O ₈
Monazita	Mnz	(Ce,La,Nd,Th)PO ₄
Hematita	Hem	Fe ₂ O ₃
Muscovita	Ms	KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) _{1.8} F _{0.2}
Plagioclásio	Pl	(Na,Ca)Al(Si,Al)Si ₂ O ₈
Quartzo	Qz	SiO ₂
Rutilo	Rt	TiO ₂
Sericita	Ser	KAl ₂ (Si ₃ AlO ₁₀)(OH) ₂
Zircão	Zrn	ZrSiO ₄

Figura 6.46 – Relação de minerais identificados e suas respectivas abreviações e fórmulas químicas.

6.4. Difração de Raios X

Nas oito amostras analisadas foi possível identificar três associações minerais que compõem as principais alterações hidrotermais que podem se relacionar com sistemas epitermais, com os minerais identificados estão listados na Figura 6.47.

PONTO	AMOSTRA	Associação de minerais hidrotermais	Abreviações	Alteração hidrotermal.
NP-238	B	Quartzo, Caulinita, Muscovita	Qz-Kln-Ms	Alteração argílica
NP-256	A	Quartzo, Muscovita, Caulinita, Moganita	Qz-Ms-Kln-Mog	Alteração quartzo-sericítica
NP-261	A	Quartzo, Muscovita, Caulinita, Microclínio	Qz-Ms-Kln-Mc	Alteração quartzo-sericítica
NP-268	B	Quartzo, Caulinita, Muscovita, Pirofilita, Alunita	Qz-Kln-Ms-Prl-Al	Alteração argílica avançada
NP-271	1	Quartzo, Caulinita, Illita	Qz-Kln-Il	Alteração argílica
NP-273	A	Quartzo, Muscovita, Caulinita	Qz-Ms-Kln	Alteração quartzo-sericítica
NP-285	B	Quartzo, Caulinita	Qz-Kln	Alteração argílica
NP-346	A	Quartzo, Muscovita, Caulinita	Qz-Ms-Kln	Alteração quartzo-sericítica

Figura 6.47 – Relação das amostras com minerais analisados po difração de raios X.

Os principais tipos de alteração hidrotermal são:

- a) **Alteração sericítica:** Resulta na substituição quase completa das rochas por sericita + quartzo ± caolinita/illita ± sulfetos. Dentre os sulfetos predomina a pirita, que pode se concentrar em filmes ou delgadas vênulas descontínuas.

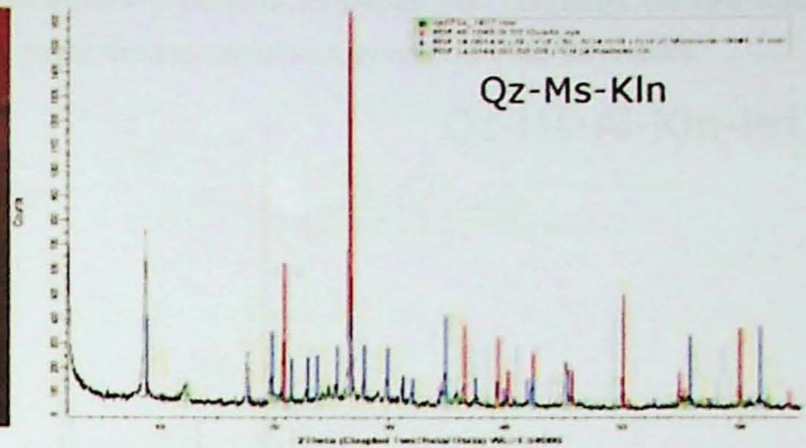


Figura 6.48 – Associação de minerais hidrotermais definida para alteração sericítica identificada na parte sul da Província Mineral de Tapajós. A) Rocha com alteração sericítica - Amostra NP-273A. B) Difratoograma da Amostra NP-273A com os picos indicativos de de quartzo, muscovita e caulinita, compondo a associação mineral que define a alteração sericítica.

b) Alteração argílica: foi definida pela cristalização de argilo-minerais, principalmente illita e caulinita, e possivelmente montmorilonita subordinada. As argilas se formaram predominantemente pela alteração dos feldspatos e essa alteração confere tons acinzentado-claros e esbranquiçados às rochas. Os sulfetos presentes (pirita e calcopirita) estão alterados para jarosita e hematita, o que resulta em tingimentos avermelhados. Essa alteração geralmente ocorre em zonas muito fraturadas, comumente nas partes distais de zonas silicificadas e de sistemas de *stockworks*.

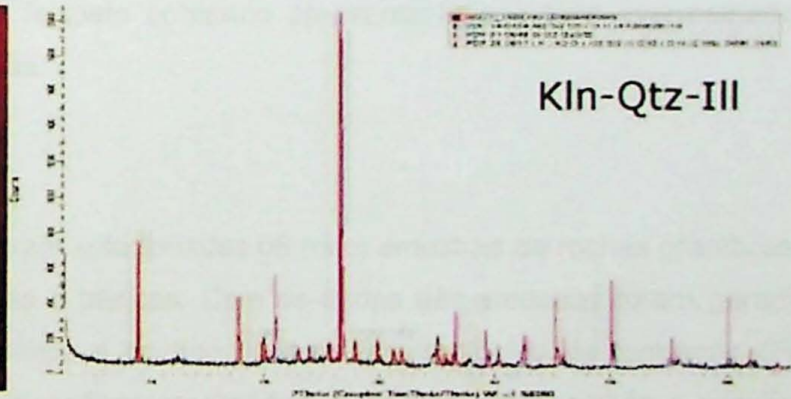
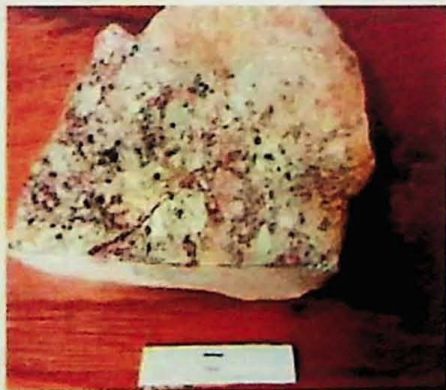


Figura 6.49 – Associação de minerais hidrotermais da alteração argílica identificada na parte sul da Província Mineral de Tapajós. A) Rocha com alteração argílica – Amostra NP-271; B) Difratoograma da amostra NP-271, com a identificação de quartzo, illita e caulinita que compõem a associação mineral que define a alteração argílica.

c) Alteração argílica avançada: foi caracterizada pela associação pirofillita + caulinita ± sericita ± quartzo ± alunita, podendo ter pirita e calcopirita disseminadas. Normalmente apresenta zonas com silicificação pervasiva de cor cinza que pode chegar, por vezes, até à formação de *vuggy* sílica. São comuns sistemas complexos de delgadas vênulas de quartzo, *stockworks* e brechas explosivas totalmente. Este tipo de alteração se associa a sistemas de fraturas, mas ocorre principalmente em zonas circulares a ovaladas

em planta, em meio a rochas vulcânicas e pórfiros formadas por condutos de brechas hidrotermais. Também ocorrem ao redor dessas estruturas, zonas de fraturas radiais.

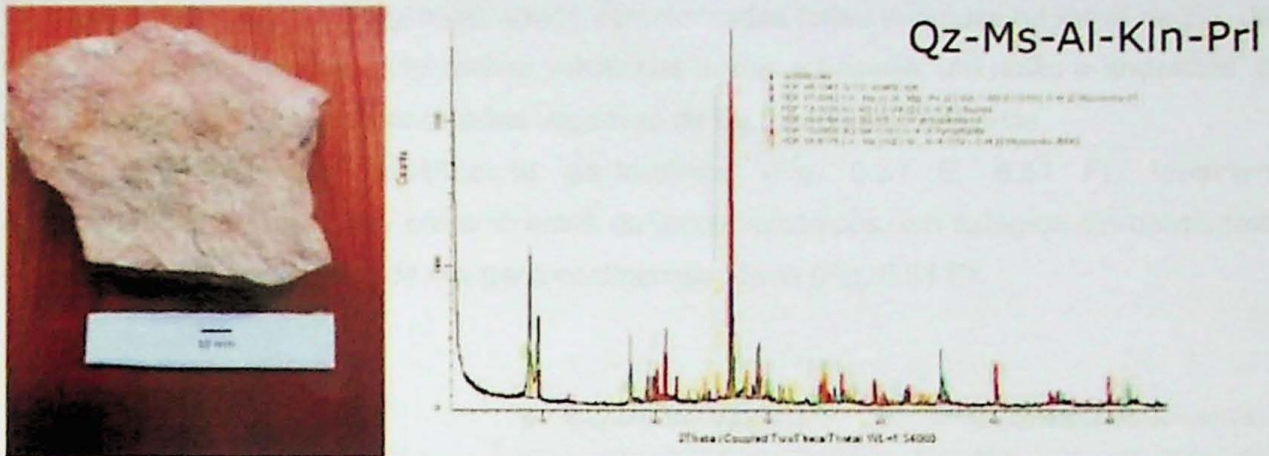


Figura 6.50 – Associação de minerais hidrotermais definida para alteração argílica avançada identificada na parte sul da Província Mineral de Tapajós. A) Rocha com alteração argílica avançada – Amostra NP-268B. B) Difratoograma da Amostra NP-268B, com a identificação de quartzo, alunita, caolinita, pirofilita e muscovita, que compõem a associação mineral que define a alteração argílica avançada.

Distalmente a essas ocorrências de rochas hidrotermalizadas verificam-se rochas vulcânicas, sub-vulcânicas e plutônicas com alterações propilíticas (albita + epidoto/clinozoisita + clorita ± sericita ± sulfetos ± carbonatos) ou sericito-cloríticas e, em especial nos pórfiros e nos granitos, comumente ocorrem zonas de alteração potássica (feldspato potássico + biotita ± quartzo ± pirita), por vezes com magnetita hidrotermal disseminada ou em vênulas. O feldspato potássico apresenta típicos tons avermelhados, chegando a cores vermelhas fortes.

6.5. Geoquímica

Para análises geoquímicas foram selecionadas 08 (oito) amostras de rochas graníticas e vulcânicas ácidas e intermediárias a básicas. Com os dados das amostras foram gerados gráficos de classificação geoquímica e do tipo do ambiente tectônico de formação (Fig. 6.51). A Figura 6.51-A permite classificar os granitoides entre quartzo sienito e granitos, sendo importante observar que duas das amostras se situam nas proximidades do campo composicional dos álcali-feldspato granitos. E as rochas vulcânicas variam de riolitos alcalinos a latí-andesitos/basaltos andesíticos (Fig. 6.51 B). As rochas vulcânicas são cálcio-alcalinas de alto potássio, com um pórfiro andesítico na transição entre essa série e a shoshonítica, enquanto os granitoides são usualmente mais potássicos, se assemelhando àqueles da série shoshonítica, com exceção do sienogranito, que plotado no campo da série cálcio-alcalinas de alto potássio (Fig. 6.51 C). Certamente, parte das características de alcalinidade são devidas às alterações hidrotermais, notadamente as alterações potássicas e a sericitização, que lixiviam cálcio e sódio e enriquecem as rochas em potássio.

O diagrama de Nakamura (1974), o padrão dos ETR (Fig 6.51 D) distingue pelo menos

dois conjuntos de rochas com anomalias negativas de európio mais ou menos pronunciadas. O primeiro conjunto, compreende principalmente as rochas ácidas, um riolito, os monzogranitos e o sienogranito, sendo caracterizadas fortes anomalia negativa de Eu. Já o segundo conjunto, que inclui rochas vulcânicas ácidas e básicas, um riolito e andesitos, e um granodiorito, apresenta anomalias negativas de Eu menos pronunciadas.

Os diagramas de classificação geotectônica (Fig. 6.51 E; 6.51 F), mostram características de formação em ambientes de arcos vulcânicos, em estágios sin-colisionais (Fig 6.51 F) características de margens continentais ativas (Fig. 6.51 E).

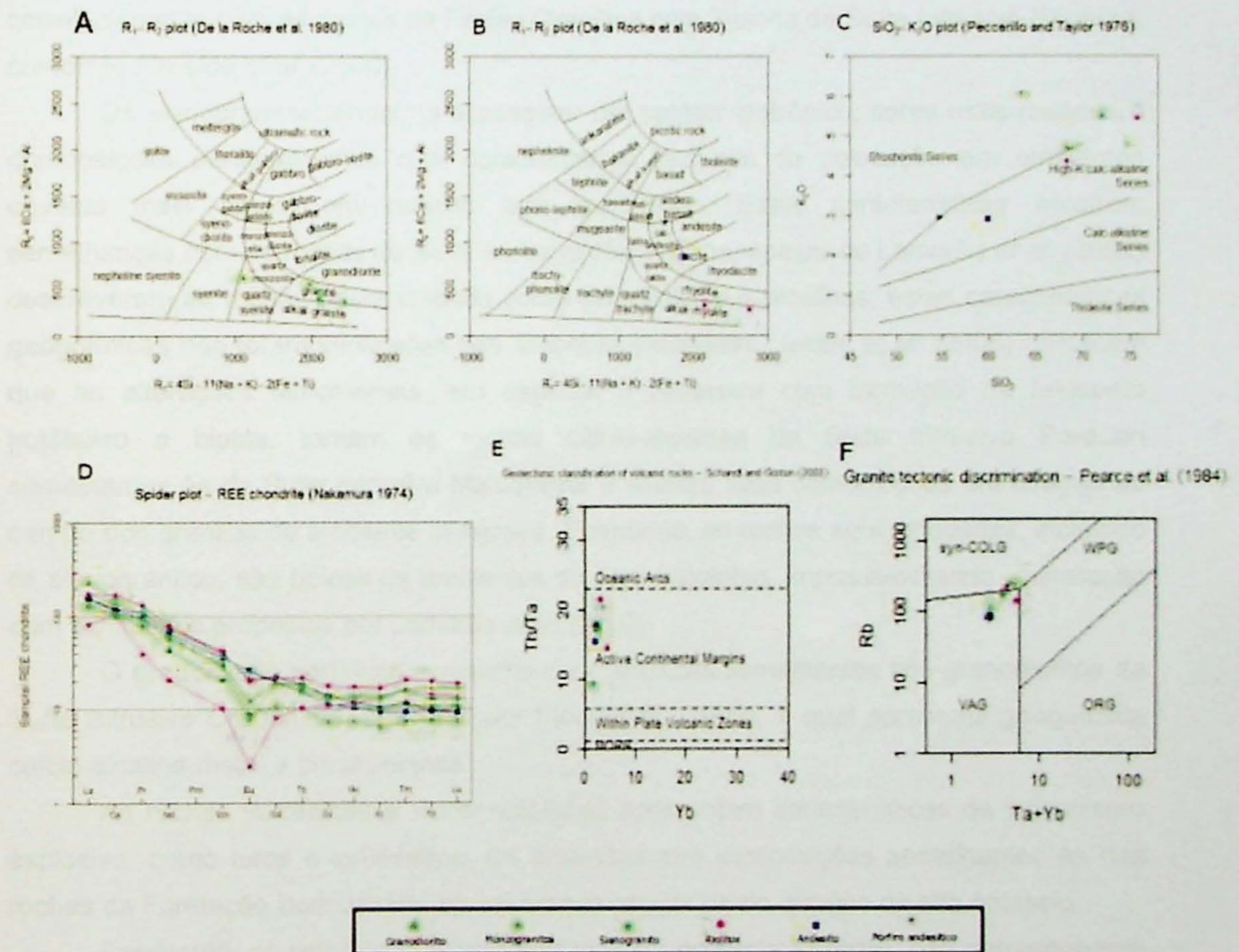


Figura 6.51 - Características geoquímicas das rochas vulcânicas, subvulcânicas e plutônicas e sua relação com ambientes tectônicos de formação: A) e B) De La Roche et al. (1980); C) Peccerillo e Taylor (1976); D) Padrões terras raras normalizaados segundo o condrito de Nakamura (1974); E) Chandl e Gordon (2002).; F) Pearce et al. (1984).

7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A área estudada apresenta rochas plutônicas, subvulcânicas, vulcânicas e vulcanoclásticas atribuíveis à Suíte Intrusiva Parauari e ao Grupo Iriri, indicado que importantes processos geológicos atuaram na região, expondo rochas profundas ao lado de rochas supracrustais em terrenos com topografia pouco acidentada. Os arenitos representam as coberturas sedimentares da região, pertencentes a Formação Novo Progresso.

Os granitos e monzogranitos são metaluminosos e cálcio-alcálicos e classificados como tipo I. Considerando também sua mineralogia, estas rochas podem ser correlacionadas com as rochas da Fácies Granítica com Titanita da Suíte Intrusiva Parauari, conforme Almeida *et al.* (2000).

Os sienogranitos tendem a apresentar um caráter isotrópico, cores mais rosadas e composições peraluminosas, com características texturais de colocação em ambientes crustais mais rasos, em relação aos granitoides. Estas características mostram semelhanças com as rochas da Suíte Intrusiva Maloquinha, apesar de Lamarão *et al.* (2002) descreverem as rochas desta unidade como subalcalinas a alcalinas, estas características geoquímicas não foram verificadas nas amostras estudadas. Juliani *et al.* (2005) destacam que as alterações hidrotermais, em especial a potássica com formação de feldspato potássico e biotita, tornam as rochas cálcio-alcálicas da Suíte Intrusiva Parauari semelhantes às da Suíte Intrusiva Maloquinha e alteram suas composições em direção ao campo dos granitos de ambiente intraplaca. Entretanto, as rochas aqui estudadas, incluindo os sienogranitos, são típicos de ambientes de arco vulcânico, impossibilitando correlação com os litotipos propostos por Lamarão *et al.* (2002).

O granodiorito porfírico apresenta características semelhantes aos granodioritos da Suíte Intrusiva Creporizão, descritos por Ricci *et al.* (1999), a qual apresenta geoquímica cálcio-alcálica meta- a peraluminosa.

As rochas vulcânicas e vulcanoclásticas apresentam características de vulcanismo explosivo, como tufos e ignimbritos. Os andesitos tem composições semelhantes às das rochas da Formação Bom Jardim, apresentando caráter cálcio-alcálico de alto potássio.

Entretanto, os resultados e interpretações do presente trabalho, não correspondem ao esperado nas unidades do mapa geológico a partir da Base de Dados da CPRM (Vasquez e Rosa-Costa, 2008), sendo necessário um mapeamento de maior detalhe na região, para melhor controle da colocação destas rochas, e um maior entendimento da geologia da área que se mostra complexa.

Quanto às alterações hidrotermais identificadas, pôde-se observar que alteração potássica, mesmo com intensidades diferentes, afeta praticamente todas rochas, tanto pervasivamente como fissuralmente, com substituição preferencial do plagioclásio por

feldspato potássico e a formação de biotita hidrotermal. Essa é a alteração mais proeminente na região, o que indica tratar-se de uma zona distalmente intermediária das mineralizações epitermais, e que também é responsável pela distinção das classificações petrográficas por análise modal e das classificações geoquímicas que afeta principalmente os granitoides. Alteração com biotita em estilos pervasivo e fissural também está presente, comumente tendo gerado comumente vênulas de biotita. A alteração sericítica acontece de forma intensa, ocorrendo predominantemente em estilo pervasivo, onde os fenocristais de feldspatos e matriz são fortemente substituídos por sericita, seguida por uma cloritização tardia que afeta a biotita e hornblenda, sendo principalmente nos monzogranitos. De modo mais restrito ocorrem alterações propílicas, principalmente, nos andesitos. Seu estilo geralmente é pervasivo, formando epidoto e sericita por substituição da biotita e anfibólio, clinozoisita e albita nas bordas de feldspatos. Alteração propílica foi também observada com remanescentes em andesitos de um estágio mais antigo de sericitização e com cloritização tardia.

A difração de raios X permitiu a identificação de quartzo e sericita, além de illita e caolinita na alteração sericítica; quartzo, caulinita e illita na alteração argílica; e quartzo, caulinita, pirofilita e alunita na alteração argílica avançada. Desta forma, as alterações quartzo-sericítica e argílica, apesar de não ter sido identificada adularia, podem representar mineralizações epitermais *low-sulfidation*, enquanto que a presença de alunita caracteriza zonas com alteração argílica avançada típicas de mineralizações epitermais *high-sulfidation*. Baseado em Sillitoe (2010), as alterações hidrotermais observadas na região de Novo Progresso, são típicas de sistemas magmáticos-hidrotermais do tipo pórfiro e epitermal, indicando assim potencial para ocorrência de mineralizações de metais preciosos e de base epitermais e depósitos de Au, Cu-Au e Cu-Mo do tipo pórfiro.

Estas alterações são muito semelhantes aos típicos sistemas epitermais *low* e *high-sulfidation* e do tipo pórfiro paleozoicos a cenozoicos, que são vinculados geneticamente a ambientes de arcos magmáticos em zonas de subducção. Juliani *et al.* (2015) citam a ocorrência de rochas na fácies prehnita-pumpellyita na região e algumas de fácies xistos verdes, e explicam o fato da falta de terrenos metamórficos de maior grau, devido ao clima, importante fator controlador nos regimes tectônicos, segundo Ramos (2010), os climas tropicais úmidos tendem a preencher as trincheiras com uma grande quantidade de sedimentos, também conseqüentemente de água, diminuindo assim, as taxas de atrito entre as placas cavalgante com a em subducção, resultando em uma menor formação de cadeias montanhosas, e rochas com alto grau de metamorfismo. A química das rochas da região também é uma importante ferramenta para essa caracterização, sendo que, no presente trabalho, as amostras estudadas, tanto de rochas graníticas como as vulcânicas ácidas e básicas, têm características de formação em estágios sin-colisionais em arcos vulcânicos em margem continental ativa (Fig 6.51 E e F).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida M.E., Brito M.F.L., Ferreira A.L., Monteiro A.S., Popini M.V.F., Dreher A.M. (1998). Mineralizações auríferas associadas a vulcanismo ácido e intermediário na Folha Vila Mamãe Anã, Província Mineral do Tapajós. XL Congresso Brasileiro de Geologia, p. 148, Belo Horizonte: SBG.
- Bard, J.P. (1986). Microtextures of igneous and metamorphic rocks. D. Reidel Publishing company, Dordrecht.
- Cox, K.G., Bell J.D., Pankhurst, R.J. (1979). The Interpretation of Igneous Rocks. George Allen & Unwin, London.
- Cordani, U.G., Tassinari, C.C.G., Teixeira, W., Basei, M.A.S., Kawashita, K. (1979). Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: Congresso Geológico Chileno, Arica (Chile). Actas, p. 137-148.
- Coutinho, M.G.N., Azevedo, M.L.V., Metelo, M.J., Santos, R.A., Souza, E.C., Liverton, T., Guimaraes, M.T., Walsh, J.N., Vinha, M.L., Neumann, R., Lafont, J.M., Fallick, A.E., Jacques, P.D., Lee, S., Lee, H.J., Oh, H.J. (2008). Província Mineral do Tapajós: Geologia, Metalogenia e mapa Previsional para ouro em SIG. Rio de Janeiro, CPRM.
- De La Roche H., Leterrier J., Grand Claude P, Marchal M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2- diagram and major elements analyses- Its relationship with current nomenclature. Chemical Geology, 29(1-4): 183-106.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. (1967). Rock forming Minerals. Longman, London.
- Dreher, A.M., Vlach, S.R., Martini, S.R. (1998). Adularia associated with epithermal gold veins in the Tapajós Mineral Province, Pará State, northern Brazil. Revista Brasileira de Geociências, 28:433-442.
- Echeverri-Misas, C.M.E. (2010). Evolução magmática, alteração hidrotermal e gênese da mineralização de ouro e cobre do Palito, Província Aurífera do Tapajós (PA). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 178 p.
- Echeverri-Misas, C.M.E. (2015). Geologia e alteração hidrotermal nas rochas vulcânicas e plutônicas paleoproterozoicas na porção sul da Província Mineral do Tapajós (PA). Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 190 p.
- Fisher, R.V. e Schmincke, H.U. (1984). Pyroclastic Rocks. Berlin: Springer-Verlag, 472 p.
- Forman, J. H. A., Nardi, J. I. S., Marques, J. P. M., Lima, M. I. C. (1972). Pesquisa mineral no Iriri/Curuá. SUDAM/GEOMINERAÇÃO, Belém, 62 p.
- Gómez-Gutiérrez, D.F. (2015). Petrogênese e metalogenia do vulcanismo félsico na porção sul da Província Mineral do Tapajós. 150p. Exame de qualificação de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. D., & Bartorelli, A. (2012). Geologia do Brasil. São Paulo, SP: Beca.
- Janoušek, V., Farrow, C. M., Erban, V. (2006). Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). Journal of Petrology, 47(6):1255-1259
- Juliani, C., Rye, R.O., Nunes, C.M.D., Snee, L.W., Corrêa-Silva, R.H., Monteiro, L.V.S., Bettencourt, J.S., Neumann, R., Neto, A.A. (2005). Paleoproterozoic high-sulfidation mineralization in the tapajós gold province, Amazonian Craton, Brasil: geology, mineralogy, alunite argon age, and stable-isotope constraints. Chemical Geology, 215: 95-125.

- Juliani, C., Carneiro, C. de C., Carreiro-Araújo, S.A., Fernandes, C.M.D., Monteiro L.V.S., Crósta, A.P. (2013). Estruturação dos arcos magmáticos paleoproterozoicos na porção sul do Cráton Amazônico: Implicações Geotectônica e Metalogenéticas. In: Anais XIII Simpósio de Geologia da Amazônia. Belém, Pará [CD-ROM].
- Juliani, C., Carneiro, C. de C., Fernandes, C.M.D., Monteiro, L.V.S., Crósta A.P., Carreiro-Araújo, S.A., Echeverri-Misas, C.M., Tokashiki, C.C., Aguja, M.A. (2014). Arcos magmáticos continentais paleoproterozoicos superpostos na porção sul do Cráton Amazônico. In: XLVII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador [CD-ROM].
- JULIANI, C.; FERNANDES, C. M. D. ; MONTEIRO, L.V.S. (2015). Características da subducção, paleoclima e eventos erosivos paleoproterozoicos (2,1 - 1,88 ga) e seus efeitos na estruturação da parte sul do Cráton Amazônico. In: 14o Simpósio de Geologia da Amazônia, Marabá. Anais, 2015. v. CD-ROM
- Klein, E.L., Vasquez, M.L. (2000). Geologia e recursos minerais da Folha Vila Riozinho (SB.21-Z-A). Estado do Pará. Escala 1:250.000. PROMIN Tapajós, CPRM, Brasília, Brazil [CDROM].
- Lamarão, C.N., Dall'Agnol, R., Lafton, J.M.Lima, E.F., (2002). Geology, geochemistry, and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatismo f Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. *Precambrian Research*, 119 (1-4): 189-223.
- Le Maitre, R.W. (2002). A classification of igneous rocks and glossary of terms, London, 193 p.
- MacKenzie, W.S. e Adams, A.E. (1994). A color atlas of rocks and minerals in thin section. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Mackenzie, W. e Guilford, C. (1982). Atlas of igneous rocks and their textures: Halsted. 148 p.
- McPhie, J., Allen, R., Doyle, M. (1993). Volcanic textures : a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Hobart: Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania, 198 p.
- Magellan Minerals, (2012). Coringa Project. Acesso em 18 de janeiro de 2016, <http://www.magellanminerals.com/projects/advanced_gold/coringa/>
- Melgarejo, J.C. (1997). Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada. Edicions de La Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Nakamura N. 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et cosmochimica Acta*, 38: 757-775.
- Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25: 956-983.
- Peccerillo A. & Taylor S.R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastomonu Area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58: 63-81.
- Pessoa, M.R., Santiago, A.F., Nascimento, J.O., Santos, J.O., Oliveira, J.R., Lopes, R.C., Prazeres, W.V. (1977). Projeto Jamanxim. Relatório Final, DNPM/CPRM, Manaus.
- Pirajno, F. (2009). Hydrothermal processes and mineral systems. New York: Springer-Verlag.
- Ramos, V. A. (2010). The tectonic regime along the Andes: Present-day and Mesozoic regimes. *Geological Journal*, 45(1), 2-25.
- Santos, J.O.S., Hartman, L.A., Gaudette, H.E., Groves, D.I, Mcnaughton, N.J., Fletcher, I.R. (2000). A new understanding of the provinces of the Amazon craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. *Gondwana Research*, 3: 453-488.

- Santos, R. A. (1999). Controle estrutural das mineralizações de ouro da Província Mineral do Tapajós. Salvador: CPRM, 29p.(Relatório Interno).
- Santos, J.O.S., Groves, D.I., Hartmann, L.A., Moura, M.A., McNaughton, N.J. (2001). Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta Domains, Tapajós – Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. XXXIV Mineralium Deposita, 36: 279-299.
- Santos, J. O. S., Rizzotto, G. J., Potter, P. E., McNaughton, N. J., Matos, R. S., Hartmann, L. A., ... & Quadros, M. E. S. (2008). Age and autochthonous evolution of the Sunsás Orogen in West Amazon Craton based on mapping and U–Pb geochronology. Precambrian Research, 165(3), 120-152.
- Santos, J.O.S., (2003). Geotectônica dos escudos das Guianas e Brasil Central. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil (texto, mapas & SIG). Brasília, Serviço Geológico do Brasil–CPRM/MME, 169-226.
- Schandl E.S & Gorton M.P. 2002. Application of high field strength elements to discriminate tectonic settings in VMS environments. Economic Geology, 97: 629-642.
- Sillitoe, R. (2010). Porphyry Copper Systems. Economic Geology, 105: 3-41.
- Tassinari, C.C.G., Macambira, M.J.B. (1999). Geochronological provinces of the Amazonian craton. Episodes, 22: 174-182.
- Tassinari, C.C.G., Macambira, M. J.B. (2004). *A evolução tectônica do Cráton Amazônico*. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R. and Brito Neves, B.B. (Eds.) Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, v.1, 471-485. São Paulo, Beca.
- Tokashiki, C. do C. (2015). Mineralizações *low- e intermediate-sulfidation* de ouro e de metais de base em domos de riolito paleoproterozóicos na porção sul da Província Mineral do Tapajós. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo.
- Tokashiki, C. do C., Juliani, C., Monteiro, L.V.S., Echeverri-Misas, C.M., Aguja, M.A., Arrais, L.B. (2015) Eventos vulcânicos de 1,97 Ga com mineralizações de ouro epitermais *low- e intermediate-sulfidation* na porção sul da Província Mineral do Tapajós (PA). In: Gorayeb, P.S. de S.; Lima, A.M.M. de (Org.). Contribuições à Geologia da Amazônia, Belém. Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte, v. 9, p. 119-138.
- Tröger, W.E. (1979). *Optical determination of rock-forming minerals*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Vasquez, M. L., Klein, E. L., Quadros, M. L. E., Bahia, R. B. C., Santos, A., Ricci, P. S. F., ... & Macambira, M. J. B. (1999). Magmatismo Uatumã na Província Tapajós: Novos dados geocronológicos. SBG, 6, Simp. Geol. Amazônia, 471-474.
- Vasquez, M.L., Klein, E.L. (2000). Geologia e recursos minerais da Folha Rio Novo (SB.21-Z-C). Estado do Pará, Escala 1:250.000. PROMIM Tapajós, CPRM, Brasília, Brazil (CD-ROM).
- Vasquez, M.L., Rosa-Costa, L.T. (2008). Geologia e recursos minerais do Estado do Pará: Sistema de informações Geográficas – SIG: Texto explicativo dos mapas geológicos e de recursos minerais do Estado do Pará: Escala 1:1.000.000. Programa Geologia do Brasil. Belém: CPRM/CIAMA-PA.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
- BIBLIOTECA -

27135

De acordo,

Caetano Juliani

Diego Felipe Gómez Gutiérrez

Gabriel Souza Rangel

Exercício

Análise I - Análise quantitativa

Análise II - Análise de microscopia eletrônica de varredura

Análise III - Análise de difração de raios X

Anexos :

Anexos I – Análises geoquímicas

Anexos II – Análises de microscopia eletrônica de varredura

Anexos III – Análises de difração de raios X

SAMPLE	Litologias		SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O
NP-302	Andesito		59,9	16,3	6,23	3,78	2,29	3,5
NP-305	Monzogranito		72	14,25	1,64	1	0,4	3,86
NP-315	Granodiorito		63,4	17,55	3,36	2,17	0,92	4,53
NP-319	Pórfiro andesítico		54,6	16,35	7,77	6,44	4,18	3,15
NP-337	Sienogranito		74,7	13,75	1,21	0,78	0,19	3,89
NP-348	Riolito		75,8	12,75	0,98	0,22	0,07	2,81
NP-351	Monzogranito		68,4	15	2,55	2,08	0,77	3,96
NP-353	Riolito		68,3	14,8	4,15	0,07	0,48	3,56
	K2O	Cr2O3	TiO2	MnO	P2O5	SrO	BaO	LOI
NP-302	2,9	0,01	1,1	0,13	0,28	0,1	0,19	1,43
NP-305	5,51	<0.01	0,29	0,04	0,07	0,02	0,11	1,24
NP-315	6,06	<0.01	0,46	0,11	0,16	0,04	0,26	0,96
NP-319	2,95	0,02	0,88	0,15	0,36	0,16	0,19	2,27
NP-337	4,79	<0.01	0,17	0,06	0,03	0,02	0,1	0,86
NP-348	5,44	<0.01	0,21	0,02	0,01	<0.01	0,02	1,25
NP-351	4,7	<0.01	0,43	0,07	0,1	0,03	0,1	0,95
NP-353	4,36	<0.01	0,48	0,08	0,07	0,01	0,13	2,86
	Total	C	S	Ba	Ce	Cr	Cs	Dy
NP-302	98,14	0,01	0,01	1670	100	40	2,51	3,86
NP-305	100,43	0,02	<0.01	934	84,8	20	3,28	2,47
NP-315	99,98	0,01	0,01	2250	138,5	20	1,29	3,86
NP-319	99,47	0,01	0,01	1790	105,5	140	1,46	4,79
NP-337	100,55	0,03	<0.01	841	116	20	1,98	4,56
NP-348	99,58	0,06	<0.01	182	90,9	10	2,67	3,81
NP-351	99,14	0,02	0,01	886	94,5	20	1,75	4,64
NP-353	99,35	0,01	0,01	1190	149,5	20	1,46	6,17
	Eu	Ga	Gd	Ge	Hf	Ho	La	Lu
NP-302	2,03	23,5	5,49	<5	5,1	0,73	51,3	0,31
NP-305	0,68	21,9	2,94	<5	7,2	0,52	42,3	0,25
NP-315	1,94	24,2	5,44	<5	12,4	0,76	74,6	0,37
NP-319	1,63	26,4	6,29	<5	6,6	0,83	51,3	0,33
NP-337	0,6	22,7	5,27	<5	5,8	0,96	59,3	0,57
NP-348	0,19	23,4	2,22	<5	6,9	0,8	27,3	0,46
NP-351	0,95	22,3	5,27	<5	6	0,94	43,8	0,44
NP-353	1,53	25,7	6,03	<5	9	1,23	57,5	0,64
	Nb	Nd	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta
NP-302	12,7	41,4	10,7	84,5	7,25	2	958	0,7
NP-305	15,8	27,3	8,8	235	4,17	2	235	3,1
NP-315	8,8	51,8	15,1	109,5	7,51	1	438	0,5
NP-319	9,8	46,6	12,25	83,4	8,31	1	1460	0,5
NP-337	18,2	38,7	12,3	239	6	2	185	1,6
NP-348	17	13,1	4,39	214	2,08	3	38	1,2
NP-351	13,4	35,9	10,45	167,5	6,15	2	283	1
NP-353	15,6	49,6	14,45	136	8,59	2	52,5	1,1
	Tb	Th	Tm	U	V	W	Y	Yb
NP-302	0,73	10,8	0,28	1,94	86	4	21,4	2,1
NP-305	0,48	29,3	0,22	4,4	26	970	14,6	1,64
NP-315	0,74	8,95	0,34	1,8	39	4	21,1	2,34
NP-319	0,86	8,83	0,35	1,66	174	3	24,9	2,15
NP-337	0,86	32,9	0,49	6,95	14	2	29,4	3,67
NP-348	0,49	25,8	0,49	3,47	6	2	24,4	3,12
NP-351	0,85	17,2	0,47	3,78	43	1	28,5	2,88
NP-353	1,02	15,85	0,62	4,93	48	11	33,2	4,38
	Zr	As	Bi	Hg	In	Re	Sb	Se
NP-302	214	0,7	0,03	0,01	0,024	<0.001	0,07	0,3
NP-305	245	0,3	0,06	1,01	0,016	0,004	<0.05	<0.2

NP-315	641		0,3	0,04	0,02	0,019	0,001	<0.05		0,2
NP-319	265		0,6	0,03	0,013	0,012	<0.001	0,39		0,3
NP-337	178	<0.1		0,02	<0.005	0,017	0,001	<0.05		0,2
NP-348	197		2,9	0,08	0,009	0,03	<0.001	0,2	<0.2	
NP-351	202		0,3	0,07	0,011	0,016	0,001	0,05		0,4
NP-353	345		0,1	0,53	<0.005	0,052	<0.001	<0.05		0,4

Amostra NP-254B_010



Ponto 1

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	48.85	0.9805	49.82	0.23	33.33	106.58	SiO2	4.00
O			56.76	0.25	66.67			8.00
Totals			106.58					
Cation sum								4.00

Ponto 2

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	0.30	0.7918	0.37	0.06	0.35	0.62	MgO	0.05
Al K	15.10	0.8932	16.91	0.16	14.10	31.95	Al2O3	1.84
Si K	16.83	0.7666	21.96	0.20	17.60	46.98	SiO2	2.30
K K	9.23	0.9896	9.33	0.13	5.37	11.24	K2O	0.70
Ti K	0.11	0.8005	0.13	0.06	0.06	0.22	TiO2	0.01
Fe K	2.47	0.8296	2.98	0.13	1.20	4.26	Fe2O3	0.16
O			43.58	0.29	61.31			8.00
Totals			95.27					
Cation sum								5.05

Ponto 3

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Na K	0.09	0.8715	0.11	0.06	0.09	0.14	Na2O	0.01
Al K	0.43	0.9245	0.47	0.06	0.33	0.89	Al2O3	0.04
Si K	47.79	0.9739	49.07	0.23	32.97	104.97	SiO2	3.97
K K	0.18	0.9441	0.19	0.05	0.09	0.23	K2O	0.01
O			56.40	0.26	66.52			8.00
Totals			106.23					
Cation sum								4.03

Ponto 4

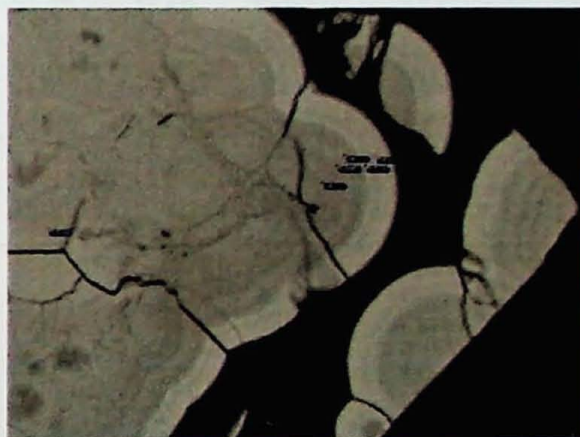
Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.62	0.5463	1.14	0.09	1.38	2.16	Al2O3	0.18
Si K	0.98	0.6685	1.46	0.09	1.69	3.12	SiO2	0.22
S K	0.25	0.8510	0.29	0.07	0.30	0.73	SO3	0.04
Fe K	56.80	0.9261	61.34	0.43	35.64	87.69	Fe2O3	4.71
Co K	0.42	0.9078	0.46	0.19	0.25	0.59	CoO	0.03
Zr L	0.43	0.6651	0.65	0.19	0.23	0.88	ZrO2	0.03

O	29.83	0.35	60.51	8.00
Totals	95.18			
			Cation sum	5.22

Ponto5

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.58	0.5442	1.07	0.08	1.31	2.01	Al ₂ O ₃	0.17
Si K	0.82	0.6668	1.23	0.08	1.45	2.62	SiO ₂	0.19
P K	0.27	1.0658	0.25	0.07	0.27	0.57	P ₂ O ₅	0.04
S K	0.23	0.8552	0.27	0.07	0.28	0.67	SO ₃	0.04
K K	0.18	1.1235	0.16	0.06	0.14	0.20	K ₂ O	0.02
Fe K	55.85	0.9257	60.33	0.42	35.89	86.26	Fe ₂ O ₃	4.75
Co K	0.30	0.9073	0.33	0.19	0.19	0.42	CoO	0.02
O			29.12	0.34	60.47			8.00
Totals			92.76					
							Cation sum	5.23

Amostra NP-254B_015



Ponto 1

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.66	0.5414	1.22	0.09	1.53	2.31	Al ₂ O ₃	0.20
Si K	0.53	0.6630	0.80	0.08	0.96	1.71	SiO ₂	0.13
P K	0.13	1.0660	0.12	0.07	0.13	0.27	P ₂ O ₅	0.02
S K	0.17	0.8567	0.20	0.07	0.21	0.50	SO ₃	0.03
Fe K	56.39	0.9272	60.82	0.42	36.80	86.95	Fe ₂ O ₃	4.88
O			28.58	0.32	60.37			8.00
Totals			91.74					
							Cation sum	5.25

Ponto 2

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	0.00	0.4186	0.00	0.00	0.00	0.00	MgO	0.00
Al K	0.73	0.5428	1.35	0.09	1.79	2.56	Al ₂ O ₃	0.24
Si K	0.52	0.6627	0.79	0.08	1.00	1.68	SiO ₂	0.13
P K	0.22	1.0651	0.21	0.07	0.24	0.47	P ₂ O ₅	0.03
S K	0.14	0.8552	0.16	0.06	0.18	0.40	SO ₃	0.02
Fe K	52.57	0.9267	56.73	0.41	36.20	81.10	Fe ₂ O ₃	4.80
Co K	0.36	0.9083	0.40	0.18	0.24	0.51	CoO	0.03
O			27.09	0.33	60.35			8.00

Totals	86.72						Cation sum 5.26		
--------	-------	--	--	--	--	--	-----------------	--	--

Ponto 3

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.70	0.5428	1.28	0.09	1.64	2.42	Al ₂ O ₃	0.22
Si K	0.56	0.6636	0.84	0.08	1.03	1.79	SiO ₂	0.14
P K	0.20	1.0658	0.18	0.07	0.21	0.42	P ₂ O ₅	0.03
S K	0.18	0.8559	0.21	0.07	0.23	0.53	SO ₃	0.03
Fe K	54.45	0.9266	58.76	0.41	36.46	84.02	Fe ₂ O ₃	4.83
O			27.90	0.32	60.43			8.00
Totals			89.18					

Cation sum 5.24

Ponto 4

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.74	0.5445	1.36	0.09	1.69	2.58	Al ₂ O ₃	0.22
Si K	0.72	0.6648	1.08	0.08	1.28	2.31	SiO ₂	0.17
P K	0.27	1.0647	0.26	0.07	0.28	0.59	P ₂ O ₅	0.04
S K	0.20	0.8544	0.24	0.07	0.25	0.59	SO ₃	0.03
Fe K	55.48	0.9257	59.93	0.42	35.88	85.68	Fe ₂ O ₃	4.75
Co K	0.23	0.9073	0.25	0.19	0.14	0.32	CoO	0.02
O			28.95	0.34	60.49			8.00
Totals			92.06					

Cation sum 5.23

Ponto 5

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.67	0.5431	1.23	0.09	1.49	2.33	Al ₂ O ₃	0.20
Si K	0.70	0.6647	1.06	0.08	1.22	2.26	SiO ₂	0.16
P K	0.14	1.0654	0.13	0.08	0.14	0.29	P ₂ O ₅	0.02
S K	0.25	0.8560	0.30	0.07	0.30	0.74	SO ₃	0.04
Fe K	57.72	0.9263	62.32	0.43	36.37	89.09	Fe ₂ O ₃	4.81
O			29.69	0.33	60.48			8.00
Totals			94.72					

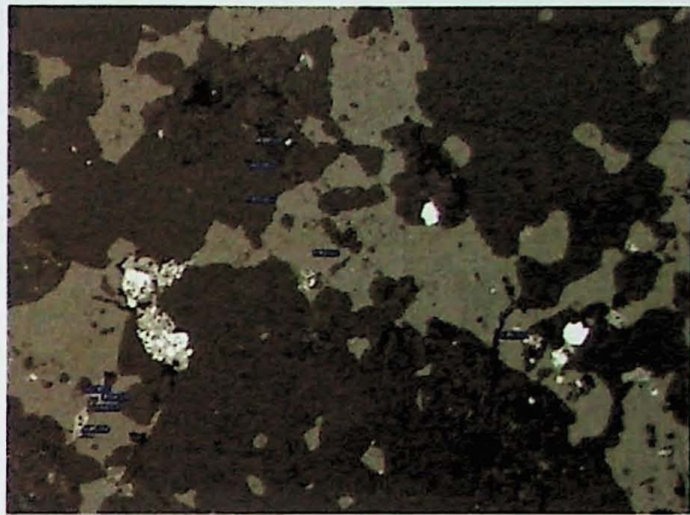
Cation sum 5.23

Ponto 6

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.66	0.5426	1.22	0.09	1.46	2.30	Al ₂ O ₃	0.19
Si K	0.71	0.6645	1.07	0.08	1.23	2.29	SiO ₂	0.16
P K	0.13	1.0651	0.12	0.07	0.13	0.29	P ₂ O ₅	0.02
S K	0.25	0.8560	0.29	0.07	0.29	0.73	SO ₃	0.04
Fe K	58.14	0.9266	62.75	0.43	36.24	89.71	Fe ₂ O ₃	4.80
Co K	0.36	0.9082	0.39	0.19	0.22	0.50	CoO	0.03
O			29.97	0.34	60.43			8.00
Totals			95.82					

Cation sum 5.24

Amostra NP-346B_003



Ponto 1

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	50.45	0.9805	51.45	0.20	33.33	110.07	SiO2	4.00
O			58.62	0.22	66.67			8.00
Totals			110.07					
Cation sum								4.00

Ponto 2

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	9.02	0.9181	9.82	0.11	7.41	18.55	Al2O3	0.96
Si K	27.99	0.8676	32.26	0.18	23.37	69.01	SiO2	3.03
K K	14.35	0.9862	14.55	0.14	7.57	17.52	K2O	0.98
O			48.46	0.23	61.65			8.00
Totals			105.08					
Cation sum								4.98

Ponto 3

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Na K	5.88	0.9177	6.40	0.11	6.24	8.63	Na2O	0.81
Al K	8.41	0.8589	9.79	0.11	8.13	18.50	Al2O3	1.05
Si K	23.38	0.8084	28.92	0.18	23.08	61.86	SiO2	2.98
K K	0.45	0.9602	0.47	0.05	0.27	0.57	K2O	0.03
Ca K	0.22	0.9334	0.24	0.04	0.13	0.33	CaO	0.02
Fe K	0.32	0.8247	0.38	0.07	0.15	0.55	Fe2O3	0.02
O			44.24	0.24	61.98			8.00
Totals			90.43					
Cation sum								4.91

Ponto 4

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	2.97	0.6187	4.80	0.11	4.75	7.95	MgO	0.62

Al K	8.16	0.6934	11.76	0.14	10.49	22.23	Al ₂ O ₃	1.37
Si K	10.03	0.6974	14.38	0.15	12.32	30.76	SiO ₂	1.61
K K	1.30	1.0237	1.27	0.06	0.78	1.53	K ₂ O	0.10
Ti K	0.25	0.8684	0.28	0.06	0.14	0.47	TiO ₂	0.02
Mn K	0.16	0.8438	0.19	0.07	0.08	0.24	MnO	0.01
Fe K	20.41	0.8615	23.69	0.24	10.21	33.87	Fe ₂ O ₃	1.33
O			40.69	0.28	61.21			8.00
Totals			97.07					
								Cation sum 5.07

Ponto 5

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	4.66	0.6151	7.58	0.13	7.38	12.56	MgO	0.97
Al K	7.39	0.6647	11.11	0.14	9.75	21.00	Al ₂ O ₃	1.28
Si K	9.17	0.6833	13.42	0.14	11.31	28.72	SiO ₂	1.49
Mn K	0.58	0.8471	0.68	0.08	0.29	0.88	MnO	0.04
Fe K	21.33	0.8636	24.69	0.25	10.47	35.31	Fe ₂ O ₃	1.38
Co K	0.18	0.8452	0.22	0.12	0.09	0.27	CoO	0.01
O			41.03	0.29	60.71			8.00
Totals			98.74					
								Cation sum 5.18

Ponto 6

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	50.62	0.9805	51.63	0.20	33.33	110.46	SiO ₂	4.00
O			58.82	0.22	66.67			8.00
Totals			110.46					
								Cation sum 4.00

Ponto 7

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	51.07	0.9797	52.13	0.20	33.20	111.51	SiO ₂	3.99
Ca K	0.16	0.9226	0.18	0.05	0.08	0.25	CaO	0.01
Ti K	0.16	0.7960	0.20	0.06	0.08	0.34	TiO ₂	0.01
O			59.59	0.22	66.64			8.00
Totals			112.10					
								Cation sum 4.00

Ponto 8

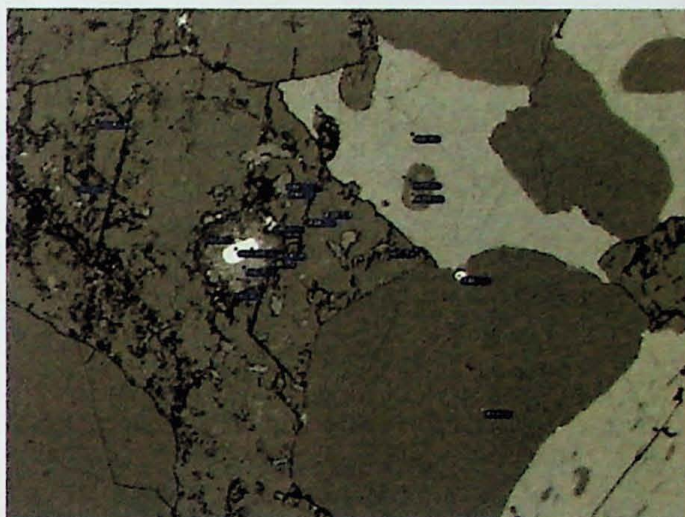
Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	50.54	0.9805	51.54	0.20	33.33	110.26	SiO ₂	4.00
O			58.72	0.22	66.67			8.00
Totals			110.26					
								Cation sum 4.00

Ponto 9

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Na K	7.08	0.9235	7.66	0.12	6.56	10.33	Na ₂ O	0.85
Al K	9.19	0.8577	10.72	0.12	7.82	20.26	Al ₂ O ₃	1.01
Si K	26.85	0.8117	33.08	0.19	23.17	70.76	SiO ₂	2.99
S K	0.04	0.7105	0.06	0.05	0.03	0.14	SO ₃	0.00
K K	0.14	0.9604	0.15	0.04	0.07	0.18	K ₂ O	0.01

Ca K	0.81	0.9346	0.87	0.05	0.43	1.22	CaO	0.06	
O			50.35	0.25	61.92			8.00	
Totals			102.88						
								Cation sum	4.92

Amostra NP-346B _007



Ponto 1

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Al K	9.18	0.9180	10.00	0.11	7.32	18.89	Al ₂ O ₃	0.95	
Si K	28.95	0.8688	33.33	0.19	23.44	71.29	SiO ₂	3.04	
K K	14.81	0.9862	15.02	0.14	7.59	18.09	K ₂ O	0.98	
O			49.93	0.23	61.65			8.00	
Totals			108.27						
								Cation sum	4.98

Ponto 2

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Na K	0.07	0.7728	0.10	0.07	0.09	0.13	Na ₂ O	0.01	
Mg K	0.49	0.7380	0.66	0.06	0.61	1.10	MgO	0.08	
Al K	14.84	0.8416	17.63	0.14	14.61	33.30	Al ₂ O ₃	1.85	
Si K	15.98	0.7308	21.86	0.17	17.41	46.77	SiO ₂	2.21	
K K	0.82	0.9825	0.84	0.05	0.48	1.01	K ₂ O	0.06	
Fe K	7.67	0.8388	9.14	0.16	3.66	13.06	Fe ₂ O ₃	0.46	
O			45.15	0.26	63.13			8.00	
Totals			95.38						
								Cation sum	4.67

Ponto 3

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	0.32	0.8004	0.39	0.06	0.35	0.65	MgO	0.04
Al K	16.98	0.8992	18.88	0.14	15.03	35.68	Al ₂ O ₃	1.94
Si K	17.65	0.7543	23.40	0.18	17.90	50.06	SiO ₂	2.31
K K	6.26	0.9805	6.39	0.10	3.51	7.70	K ₂ O	0.45
Fe K	2.39	0.8293	2.89	0.11	1.11	4.13	Fe ₂ O ₃	0.14
O			46.26	0.25	62.11			8.00

Totals	98.22							Cation sum	4.88
--------	-------	--	--	--	--	--	--	------------	------

Ponto 4

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Na K	0.18	0.8814	0.21	0.06	0.19	0.28	Na2O	0.02	
Al K	18.73	0.9219	20.32	0.14	15.66	38.40	Al2O3	2.03	
Si K	18.02	0.7575	23.78	0.18	17.61	50.88	SiO2	2.29	
K K	8.66	0.9812	8.82	0.11	4.69	10.63	K2O	0.61	
Fe K	0.63	0.8265	0.76	0.08	0.28	1.09	Fe2O3	0.04	
O			47.38	0.25	61.57			8.00	
Totals			101.28						
								Cation sum	4.99

Ponto 5

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Na K	0.21	0.8650	0.24	0.06	0.22	0.33	Na2O	0.03	
Mg K	0.54	0.8071	0.67	0.06	0.57	1.11	MgO	0.07	
Al K	16.52	0.9019	18.32	0.14	13.97	34.61	Al2O3	1.82	
Si K	19.20	0.7692	24.96	0.18	18.29	53.39	SiO2	2.38	
K K	8.88	0.9829	9.03	0.11	4.76	10.88	K2O	0.62	
Fe K	1.45	0.8273	1.75	0.10	0.64	2.50	Fe2O3	0.08	
O			47.85	0.25	61.56			8.00	
Totals			102.81						
								Cation sum	5.00

Ponto 6

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Na K	0.18	0.8834	0.20	0.06	0.19	0.27	Na2O	0.02	
Al K	18.39	0.9234	19.92	0.14	15.70	37.64	Al2O3	2.05	
Si K	17.44	0.7586	22.99	0.18	17.40	49.17	SiO2	2.27	
K K	9.37	0.9830	9.53	0.11	5.18	11.48	K2O	0.68	
Fe K	0.43	0.8262	0.52	0.08	0.20	0.74	Fe2O3	0.03	
O			46.14	0.24	61.33			8.00	
Totals			99.30						
								Cation sum	5.04

Ponto 7

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Si K	50.68	0.9805	51.69	0.20	33.33	110.58	SiO2	4.00	
O			58.89	0.22	66.67			8.00	
Totals			110.58						
								Cation sum	4.00

Ponto 8

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Na K	0.31	0.7539	0.41	0.09	0.49	0.56	Na2O	0.06
Al K	13.07	0.7871	16.61	0.14	16.85	31.38	Al2O3	2.12
Si K	7.32	0.6949	10.54	0.14	10.27	22.54	SiO2	1.29
P K	5.24	0.9621	5.45	0.12	4.82	12.49	P2O5	0.61
K K	0.18	0.9952	0.18	0.05	0.13	0.22	K2O	0.02
Ca K	0.49	0.9740	0.51	0.05	0.35	0.71	CaO	0.04

Fe K	3.11	0.8445	3.68	0.12	1.81	5.27	Fe ₂ O ₃	0.23
Ba L	2.69	0.8052	3.34	0.23	0.67	3.73	BaO	0.08
La L	2.45	0.8488	2.88	0.29	0.57	3.38	La ₂ O ₃	0.07
Ce L	0.99	0.8230	1.21	0.25	0.24	1.41	Ce ₂ O ₃	0.03
Nd L	0.88	0.8355	1.06	0.18	0.20	1.23	Nd ₂ O ₃	0.03
Pb M	0.52	0.6707	0.77	0.17	0.10	0.83	PbO	0.01
O			37.11	0.33	63.51			8.00
Totals			83.74					
								Cation sum 4.60

Ponto 9

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.83	0.6856	1.21	0.08	2.19	2.28	Al ₂ O ₃	0.26
Si K	5.97	0.7991	7.47	0.12	13.04	15.98	SiO ₂	1.57
P K	3.33	1.1848	2.81	0.12	4.45	6.44	P ₂ O ₅	0.54
Ca K	0.61	0.8829	0.69	0.08	0.85	0.97	CaO	0.10
Fe K	1.12	0.9434	1.19	0.12	1.04	1.70	Fe ₂ O ₃	0.13
Ce L	0.78	0.8052	0.97	0.22	0.34	1.13	Ce ₂ O ₃	0.04
Th M	46.91	0.8985	52.21	0.61	11.03	59.41	ThO ₂	1.33
U M	2.26	0.8770	2.58	0.51	0.53	2.92	UO ₂	0.06
O			21.71	0.38	66.53			8.00
Totals			90.83					
								Cation sum 4.02

Ponto 10

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	16.49	0.9896	16.66	0.15	16.24	35.65	SiO ₂	1.95
Sr L	1.80	0.9003	2.00	0.34	0.62	2.36	SrO	0.08
Zr L	40.80	0.7493	54.45	0.49	16.34	73.55	ZrO ₂	1.97
Hf L	1.66	0.7437	2.23	0.34	0.34	2.63	HfO ₂	0.04
O			38.85	0.39	66.46			8.00
Totals			114.19					
								Cation sum 4.04

Ponto 11

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.85	0.7060	1.20	0.08	2.13	2.27	Al ₂ O ₃	0.26
Si K	6.06	0.8204	7.39	0.12	12.58	15.81	SiO ₂	1.52
P K	2.99	1.2060	2.48	0.12	3.83	5.68	P ₂ O ₅	0.46
Ca K	0.64	0.8801	0.72	0.08	0.86	1.01	CaO	0.10
Fe K	0.60	0.9483	0.64	0.12	0.55	0.91	Fe ₂ O ₃	0.07
Y L	2.76	0.7049	3.91	0.35	2.10	4.97	Y ₂ O ₃	0.25
Ce L	0.74	0.8098	0.92	0.22	0.31	1.08	Ce ₂ O ₃	0.04
Pt M	2.05	0.7315	2.80	0.34	0.69	3.26	PtO ₂	0.08
Th M	45.62	0.8715	52.34	0.62	10.78	59.56	ThO ₂	1.30
O			22.14	0.40	66.17			8.00
Totals			94.55					
								Cation sum 4.09

Ponto 12

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	6.60	0.6482	10.18	0.13	9.93	19.23	Al ₂ O ₃	1.28
Si K	6.11	0.6838	8.94	0.13	8.38	19.13	SiO ₂	1.08
P K	0.85	0.9946	0.85	0.08	0.72	1.95	P ₂ O ₅	0.09
K K	0.30	1.0604	0.28	0.05	0.19	0.34	K ₂ O	0.02
Ca K	0.17	1.0349	0.17	0.05	0.11	0.23	CaO	0.01
Fe K	35.15	0.8868	39.64	0.30	18.68	56.67	Fe ₂ O ₃	2.42

Co K	0.29	0.8691	0.34	0.14	0.15	0.43	CoO	0.02
O			37.59	0.30	61.84			8.00
Totals			97.98					
								Cation sum 4.94

Ponto 13

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	0.22	0.8172	0.27	0.06	0.22	0.45	MgO	0.03
Al K	18.28	0.9159	19.96	0.14	14.91	37.72	Al ₂ O ₃	1.94
Si K	19.06	0.7644	24.93	0.18	17.89	53.33	SiO ₂	2.33
K K	9.63	0.9831	9.79	0.12	5.05	11.80	K ₂ O	0.66
Fe K	0.93	0.8267	1.13	0.09	0.41	1.61	Fe ₂ O ₃	0.05
O			48.82	0.25	61.51			8.00
Totals			104.90					
								Cation sum 5.01

Ponto 14

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Na K	6.75	0.9206	7.33	0.12	5.98	9.88	Na ₂ O	0.77
Al K	10.42	0.8641	12.06	0.12	8.39	22.79	Al ₂ O ₃	1.08
Si K	27.68	0.8085	34.23	0.20	22.87	73.23	SiO ₂	2.95
K K	0.90	0.9618	0.94	0.06	0.45	1.13	K ₂ O	0.06
Ca K	0.76	0.9324	0.81	0.06	0.38	1.14	CaO	0.05
O			52.79	0.25	61.93			8.00
Totals			108.16					
								Cation sum 4.92

Ponto 15

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	0.82	0.7073	1.16	0.07	1.12	1.93	MgO	0.14
Al K	12.26	0.8086	15.17	0.14	13.18	28.66	Al ₂ O ₃	1.68
Si K	14.99	0.7320	20.48	0.17	17.10	43.82	SiO ₂	2.17
K K	1.03	0.9908	1.04	0.06	0.62	1.25	K ₂ O	0.08
Fe K	10.11	0.8435	11.98	0.18	5.03	17.13	Fe ₂ O ₃	0.64
O			42.95	0.26	62.95			8.00
Totals			92.78					
								Cation sum 4.71

Ponto 16

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	0.20	0.7817	0.26	0.05	0.23	0.42	MgO	0.03
Al K	16.99	0.8842	19.22	0.14	15.82	36.31	Al ₂ O ₃	1.99
Si K	16.85	0.7336	22.98	0.18	18.17	49.15	SiO ₂	2.29
K K	0.43	0.9715	0.44	0.05	0.25	0.53	K ₂ O	0.03
Fe K	4.27	0.8328	5.13	0.13	2.04	7.33	Fe ₂ O ₃	0.26
O			45.73	0.25	63.49			8.00
Totals			93.75					
								Cation sum 4.60

Ponto 17

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Na K	7.45	0.9262	8.04	0.12	6.63	10.84	Na ₂ O	0.86
Al K	9.62	0.8581	11.21	0.12	7.87	21.18	Al ₂ O ₃	1.02
Si K	27.93	0.8111	34.43	0.20	23.23	73.66	SiO ₂	3.00

K K	0.49	0.9594	0.51	0.05	0.25	0.61	K ₂ O	0.03	
Ca K	0.32	0.9328	0.34	0.05	0.16	0.47	CaO	0.02	
O			52.23	0.25	61.87			8.00	
Totals			106.76						
								Cation sum	4.93

Ponto 18

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Na K	0.69	0.8646	0.80	0.07	0.73	1.08	Na ₂ O	0.09	
Al K	16.72	0.9050	18.47	0.14	14.21	34.91	Al ₂ O ₃	1.86	
Si K	18.76	0.7690	24.39	0.18	18.02	52.19	SiO ₂	2.35	
K K	9.52	0.9851	9.66	0.12	5.13	11.64	K ₂ O	0.67	
Fe K	1.45	0.8277	1.75	0.10	0.65	2.51	Fe ₂ O ₃	0.09	
O			47.23	0.25	61.26			8.00	
Totals			102.32						
								Cation sum	5.06

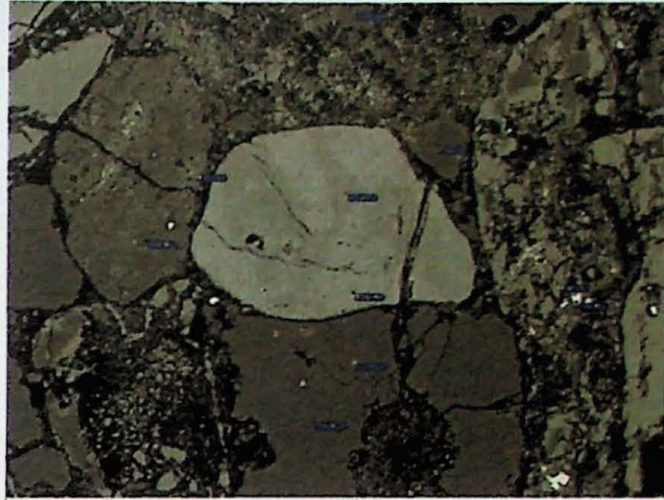
Ponto 19

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Na K	1.80	0.9008	2.00	0.08	2.10	2.69	Na ₂ O	0.27	
Al K	14.33	0.9040	15.85	0.13	14.20	29.95	Al ₂ O ₃	1.80	
Si K	17.60	0.7559	23.28	0.17	20.04	49.80	SiO ₂	2.54	
K K	0.14	0.9608	0.15	0.04	0.09	0.18	K ₂ O	0.01	
Ca K	0.13	0.9360	0.14	0.04	0.08	0.19	CaO	0.01	
Fe K	0.70	0.8262	0.85	0.08	0.37	1.22	Fe ₂ O ₃	0.05	
O			41.77	0.24	63.11			8.00	
Totals			84.04						
								Cation sum	4.68

Ponto 20

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Na K	2.19	0.6402	3.43	0.12	3.12	4.62	Na ₂ O	0.41	
Al K	9.70	0.7303	13.29	0.14	10.32	25.11	Al ₂ O ₃	1.35	
Si K	14.06	0.7242	19.42	0.16	14.49	41.54	SiO ₂	1.90	
K K	3.01	1.0214	2.95	0.07	1.58	3.55	K ₂ O	0.21	
Ca K	0.29	0.9818	0.29	0.05	0.15	0.41	CaO	0.02	
Fe K	21.41	0.8586	24.93	0.25	9.35	35.64	Fe ₂ O ₃	1.23	
O			46.57	0.28	60.99			8.00	
Totals			110.87						
								Cation sum	5.12

Amostra NP-342_008



Ponto 1

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	7.37	0.9081	8.12	0.07	7.39	15.33	Al ₂ O ₃	0.96
Si K	22.93	0.8627	26.58	0.12	23.26	56.86	SiO ₂	3.02
K K	11.93	0.9888	12.07	0.09	7.59	14.54	K ₂ O	0.99
Fe K	0.06	0.8235	0.07	0.05	0.03	0.10	Fe ₂ O ₃	0.00
Ba L	0.57	0.7562	0.75	0.09	0.13	0.84	BaO	0.02
O			40.08	0.16	61.59			8.00
Totals			87.67					
Cation sum								4.99

Ponto 2

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Na K	0.19	0.8502	0.22	0.04	0.24	0.29	Na ₂ O	0.03
Al K	7.43	0.8949	8.31	0.07	7.61	15.69	Al ₂ O ₃	0.99
Si K	22.28	0.8521	26.14	0.12	23.02	55.93	SiO ₂	2.99
K K	11.24	0.9907	11.34	0.09	7.17	13.66	K ₂ O	0.93
Ca K	0.14	0.9018	0.15	0.04	0.09	0.21	CaO	0.01
Ba L	1.33	0.7595	1.75	0.10	0.32	1.96	BaO	0.04
O			39.83	0.16	61.56			8.00
Totals			87.75					
Cation sum								5.00

Ponto 3

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	41.46	0.9805	42.29	0.13	33.33	90.46	SiO ₂	4.00
O			48.18	0.14	66.67			8.00
Totals			90.46					
Cation sum								4.00

Ponto 4

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.42	0.8669	0.49	0.03	0.42	0.92	Al ₂ O ₃	0.05
Si K	21.54	0.9433	22.84	0.11	18.62	48.85	SiO ₂	2.31
P K	9.27	1.0430	8.88	0.10	6.57	20.36	P ₂ O ₅	0.81
S K	0.13	0.7586	0.17	0.04	0.12	0.43	SO ₃	0.02
K K	0.40	1.0130	0.40	0.03	0.23	0.48	K ₂ O	0.03
Ca K	15.69	0.9582	16.37	0.10	9.35	22.91	CaO	1.16

Fe K	0.47	0.8172	0.57	0.05	0.23	0.82	Fe2O3	0.03
O			45.04	0.18	64.46			8.00
Totals			94.77					
								Cation sum 4.41

Ponto 5

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	7.15	0.9164	7.80	0.07	6.90	14.73	Al2O3	0.89
Si K	24.60	0.8732	28.18	0.12	23.95	60.28	SiO2	3.09
K K	11.48	0.9842	11.67	0.09	7.13	14.06	K2O	0.92
Fe K	0.16	0.8226	0.19	0.05	0.08	0.27	Fe2O3	0.01
O			41.50	0.16	61.94			8.00
Totals			89.34					
								Cation sum 4.92

Ponto 6

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	1.20	0.7305	1.64	0.05	1.78	3.09	Al2O3	0.22
Si K	2.94	0.8320	3.53	0.06	3.67	7.55	SiO2	0.45
K K	1.76	1.1971	1.47	0.04	1.10	1.77	K2O	0.13
Ti K	40.17	0.8984	44.71	0.18	27.31	74.58	TiO2	3.32
V K	0.25	0.8841	0.28	0.09	0.16	0.50	V2O5	0.02
Fe K	0.26	0.8309	0.31	0.05	0.16	0.45	Fe2O3	0.02
O			36.00	0.19	65.82			8.00
Totals			87.94					
								Cation sum 4.15

Ponto 7

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	1.19	0.9217	1.29	0.04	1.06	2.44	Al2O3	0.13
Si K	38.90	0.9596	40.54	0.13	32.02	86.72	SiO2	3.87
K K	1.08	0.9483	1.14	0.04	0.64	1.37	K2O	0.08
Fe K	0.25	0.8189	0.31	0.05	0.12	0.44	Fe2O3	0.01
O			47.70	0.15	66.15			8.00
Totals			90.97					
								Cation sum 4.09

Ponto 8

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	0.86	0.7848	1.09	0.04	1.18	1.81	MgO	0.15
Al K	10.80	0.8742	12.35	0.09	11.96	23.33	Al2O3	1.55
Si K	15.92	0.7808	20.39	0.12	18.97	43.63	SiO2	2.46
K K	7.00	0.9869	7.10	0.07	4.74	8.55	K2O	0.61
Ti K	0.06	0.8025	0.08	0.04	0.04	0.13	TiO2	0.01
Fe K	2.57	0.8297	3.09	0.08	1.45	4.42	Fe2O3	0.19
O			37.77	0.17	61.67			8.00
Totals			81.88					
								Cation sum 4.97

Ponto 9

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	41.40	0.9799	42.25	0.13	33.31	90.39	SiO2	4.00
Fe K	0.07	0.8179	0.08	0.05	0.03	0.12	Fe2O3	0.00
O			48.17	0.15	66.66			8.00

Totals	90.51	Cation sum 4.00
--------	-------	-----------------

Ponto 10

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	0.37	0.9221	0.40	0.03	0.32	0.75	Al ₂ O ₃	0.04
Si K	40.84	0.9723	42.00	0.13	32.95	89.85	SiO ₂	3.96
Fe K	0.27	0.8185	0.33	0.05	0.13	0.48	Fe ₂ O ₃	0.02
O			48.35	0.15	66.59			8.00
Totals			91.07					
								Cation sum 4.01

Amostra NP-342_014



Ponto 1

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	7.42	0.9104	8.15	0.07	7.48	15.39	Al ₂ O ₃	0.97
Si K	22.63	0.8627	26.24	0.12	23.16	56.13	SiO ₂	3.01
K K	11.92	0.9885	12.06	0.09	7.65	14.53	K ₂ O	0.99
Fe K	0.11	0.8234	0.14	0.05	0.06	0.20	Fe ₂ O ₃	0.01
Ba L	0.38	0.7557	0.50	0.09	0.09	0.56	BaO	0.01
O			39.72	0.16	61.56			8.00
Totals			86.80					
								Cation sum 5.00

Ponto 2

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	2.17	0.7167	3.02	0.06	3.35	5.01	MgO	0.44
Al K	5.84	0.7894	7.40	0.08	7.38	13.98	Al ₂ O ₃	0.97
Si K	15.56	0.7891	19.71	0.11	18.89	42.17	SiO ₂	2.47
K K	7.37	1.0028	7.35	0.07	5.06	8.85	K ₂ O	0.66
Ti K	0.04	0.8173	0.05	0.04	0.03	0.09	TiO ₂	0.00
Fe K	7.32	0.8388	8.72	0.12	4.20	12.47	Fe ₂ O ₃	0.55
O			36.32	0.17	61.09			8.00
Totals			82.58					
								Cation sum 5.10

Ponto 3

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Al K	7.31	0.9146	7.99	0.07	7.36	15.09	Al ₂ O ₃	0.96	
Si K	22.82	0.8664	26.34	0.12	23.32	56.36	SiO ₂	3.03	
K K	11.65	0.9868	11.81	0.09	7.51	14.22	K ₂ O	0.97	
Fe K	0.27	0.8231	0.32	0.05	0.14	0.46	Fe ₂ O ₃	0.02	
O			39.67	0.15	61.66			8.00	
Totals			86.13						
								Cation sum	4.97

Ponto 4

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Al K	6.94	0.9177	7.56	0.07	7.30	14.29	Al ₂ O ₃	0.95	
Si K	21.90	0.8692	25.19	0.12	23.36	53.90	SiO ₂	3.04	
K K	11.52	0.9871	11.67	0.09	7.77	14.06	K ₂ O	1.01	
O			37.82	0.15	61.56			8.00	
Totals			82.25						
								Cation sum	4.99

Ponto 5

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Mg K	2.13	0.7085	3.00	0.06	3.40	4.98	MgO	0.45	
Al K	5.70	0.7821	7.29	0.08	7.45	13.77	Al ₂ O ₃	0.97	
Si K	14.82	0.7838	18.91	0.11	18.57	40.46	SiO ₂	2.43	
K K	6.78	1.0043	6.75	0.07	4.76	8.14	K ₂ O	0.62	
Ti K	0.09	0.8206	0.12	0.04	0.07	0.19	TiO ₂	0.01	
Fe K	7.84	0.8403	9.33	0.12	4.61	13.34	Fe ₂ O ₃	0.60	
O			35.47	0.17	61.14			8.00	
Totals			80.87						
								Cation sum	5.08

Amostra NP-261A _006



Ponto 1

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Al K	0.58	0.5558	1.05	0.06	1.39	1.98	Al ₂ O ₃	0.18	
Si K	2.25	0.6765	3.32	0.08	4.23	7.11	SiO ₂	0.56	
Ti K	0.15	0.9819	0.16	0.06	0.12	0.26	TiO ₂	0.02	
Fe K	47.92	0.9199	52.09	0.39	33.39	74.47	Fe ₂ O ₃	4.39	
O			27.21	0.28	60.87			8.00	
Totals			83.82						
								Cation sum	5.14

Ponto 2

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	0.30	0.6629	0.46	0.07	0.52	0.98	SiO2	0.07
Ti K	0.22	1.0055	0.22	0.07	0.15	0.37	TiO2	0.02
Fe K	63.41	0.9317	68.06	0.44	39.04	97.31	Fe2O3	5.20
Co K	0.33	0.9133	0.36	0.19	0.20	0.46	CoO	0.03
O			30.01	0.32	60.09			8.00
Totals			99.11					
Cation sum								5.31

Ponto 3

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	2.66	0.8126	3.27	0.10	6.02	7.00	SiO2	0.72
P K	6.08	1.2306	4.94	0.15	8.23	11.31	P2O5	0.99
Ca K	1.97	0.8985	2.19	0.10	2.83	3.07	CaO	0.34
V K	1.76	0.8321	2.12	0.13	2.15	3.78	V2O5	0.26
Fe K	0.46	0.9399	0.48	0.14	0.45	0.69	Fe2O3	0.05
As L	0.72	0.8587	0.84	0.20	0.58	1.11	As2O3	0.07
Y L	3.52	0.7216	4.88	0.39	2.83	6.19	Y2O3	0.34
Nd L	1.62	0.8498	1.90	0.26	0.68	2.22	Nd2O3	0.08
Gd L	0.97	0.8717	1.11	0.30	0.36	1.28	Gd2O3	0.04
Yb L	0.00	0.8925	0.00	0.00	0.00	0.00	Yb2O3	0.00
Pt M	1.77	0.7486	2.37	0.39	0.63	2.76	PtO2	0.08
Th M	33.08	0.8538	38.75	0.63	8.62	44.09	ThO2	1.03
O			20.65	0.48	66.64			8.00
Totals			83.51					
Cation sum								4.01

Ponto 4

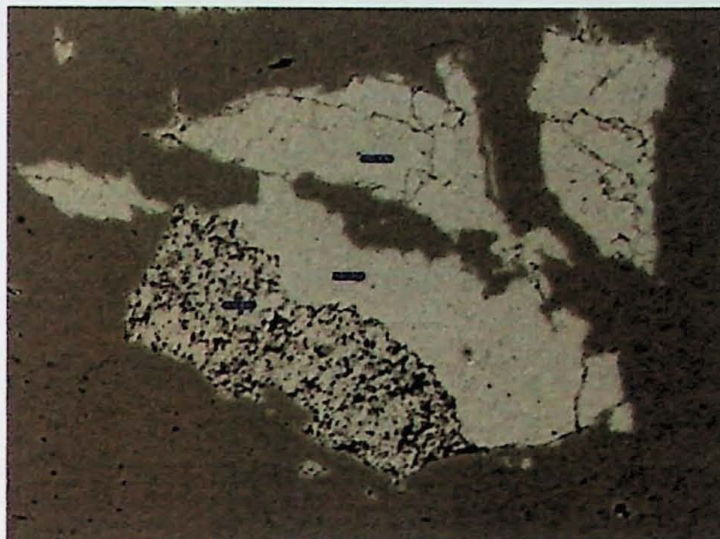
Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	2.42	0.7981	3.04	0.10	5.74	6.49	SiO2	0.69
P K	5.97	1.2238	4.88	0.13	8.36	11.17	P2O5	1.00
Ca K	1.80	0.9007	2.00	0.10	2.66	2.80	CaO	0.32
V K	2.05	0.8307	2.47	0.14	2.58	4.41	V2O5	0.31
Fe K	0.73	0.9357	0.78	0.14	0.74	1.12	Fe2O3	0.09
As L	0.66	0.8375	0.78	0.17	0.56	1.03	As2O3	0.07
Y L	2.39	0.7166	3.33	0.33	1.99	4.24	Y2O3	0.24
Ce L	1.11	0.8146	1.36	0.31	0.51	1.59	Ce2O3	0.06
Nd L	1.58	0.8487	1.86	0.27	0.69	2.17	Nd2O3	0.08
Th M	35.62	0.8755	40.68	0.63	9.31	46.29	ThO2	1.11
O			20.13	0.43	66.86			8.00
Totals			81.32					
Cation sum								3.97

Ponto 5

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	0.38	0.6019	0.63	0.12	1.04	1.04	MgO	0.13
Al K	0.25	0.6997	0.36	0.08	0.54	0.68	Al2O3	0.07
Si K	8.11	0.8164	9.93	0.14	14.32	21.24	SiO2	1.76
P K	2.46	1.1622	2.12	0.12	2.77	4.85	P2O5	0.34
Ca K	0.72	0.8987	0.80	0.08	0.81	1.12	CaO	0.10
V K	0.64	0.8274	0.78	0.11	0.62	1.38	V2O5	0.08
Fe K	6.83	0.9235	7.40	0.20	5.36	10.58	Fe2O3	0.66
As L	0.29	0.8589	0.34	0.20	0.18	0.45	As2O3	0.02
Y L	3.04	0.6796	4.47	0.33	2.04	5.67	Y2O3	0.25
Pb M	1.05	0.7719	1.36	0.26	0.27	1.46	PbO	0.03

Th M	33.36	0.8460	39.43	0.64	6.88	44.87	ThO2	0.84	
O			25.74	0.44	65.17			8.00	
Totals			93.35						
								Cation sum	4.28

Amostra NP-261A_009



Ponto 1

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Al K	8.41	0.9179	9.16	0.12	7.22	17.30	Al2O3	0.94	
Si K	27.04	0.8703	31.07	0.21	23.52	66.46	SiO2	3.05	
K K	13.80	0.9862	14.00	0.15	7.61	16.86	K2O	0.99	
O			46.40	0.26	61.66			8.00	
Totals			100.62						
								Cation sum	4.97

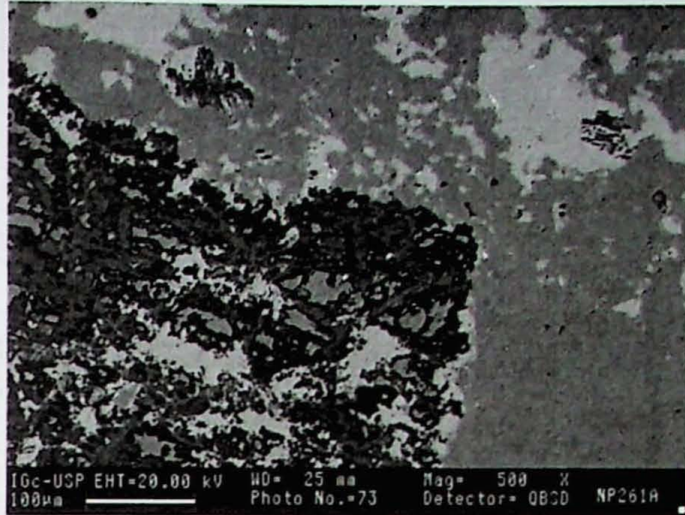
Ponto 2

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Al K	8.70	0.9180	9.48	0.12	7.44	17.92	Al2O3	0.97	
Si K	26.81	0.8672	30.92	0.21	23.31	66.14	SiO2	3.03	
K K	13.93	0.9866	14.12	0.16	7.65	17.01	K2O	0.99	
O			46.54	0.26	61.60			8.00	
Totals			101.06						
								Cation sum	4.99

Ponto 3

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions	
Al K	8.72	0.9179	9.50	0.12	7.44	17.94	Al2O3	0.97	
Si K	26.81	0.8673	30.91	0.21	23.27	66.13	SiO2	3.02	
K K	14.10	0.9869	14.28	0.16	7.72	17.21	K2O	1.00	
O			46.59	0.26	61.56			8.00	
Totals			101.28						
								Cation sum	4.99

Amostra NP-261A_014



Ponto 1

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Si K	48.26	0.9805	49.22	0.23	33.33	105.30	SiO2	4.00
O			56.08	0.24	66.67			8.00
Totals			105.30					
Cation sum								4.00

Ponto 2

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Mg K	0.86	0.8408	1.03	0.06	1.16	1.70	MgO	0.15
Al K	12.42	0.9165	13.55	0.14	13.75	25.61	Al2O3	1.73
Si K	16.35	0.7674	21.30	0.19	20.77	45.57	SiO2	2.61
K K	0.92	0.9586	0.96	0.06	0.67	1.15	K2O	0.08
O			37.19	0.25	63.65			8.00
Totals			74.03					
Cation sum								4.57

Ponto 3

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Na K	1.09	0.9130	1.20	0.07	1.83	1.61	Na2O	0.23
Al K	8.96	0.9155	9.78	0.12	12.76	18.48	Al2O3	1.60
Si K	13.54	0.7792	17.38	0.17	21.78	37.19	SiO2	2.74
O			28.92	0.21	63.62			8.00
Totals			57.28					
Cation sum								4.57

Ponto 4

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	8.94	0.9180	9.74	0.13	7.39	18.39	Al2O3	0.96
Si K	27.81	0.8679	32.04	0.21	23.37	68.54	SiO2	3.03
K K	14.35	0.9864	14.55	0.16	7.62	17.52	K2O	0.99
O			48.14	0.26	61.63			8.00
Totals			104.46					
Cation sum								4.98

Ponto 5

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Na K	7.09	0.9283	7.64	0.14	6.74	10.30	Na2O	0.87
Al K	8.39	0.8574	9.79	0.13	7.35	18.50	Al2O3	0.95
Si K	26.99	0.8171	33.03	0.22	23.84	70.66	SiO2	3.07
O			49.00	0.28	62.07			8.00
Totals			99.46					
Cation sum								4.89

Ponto 6

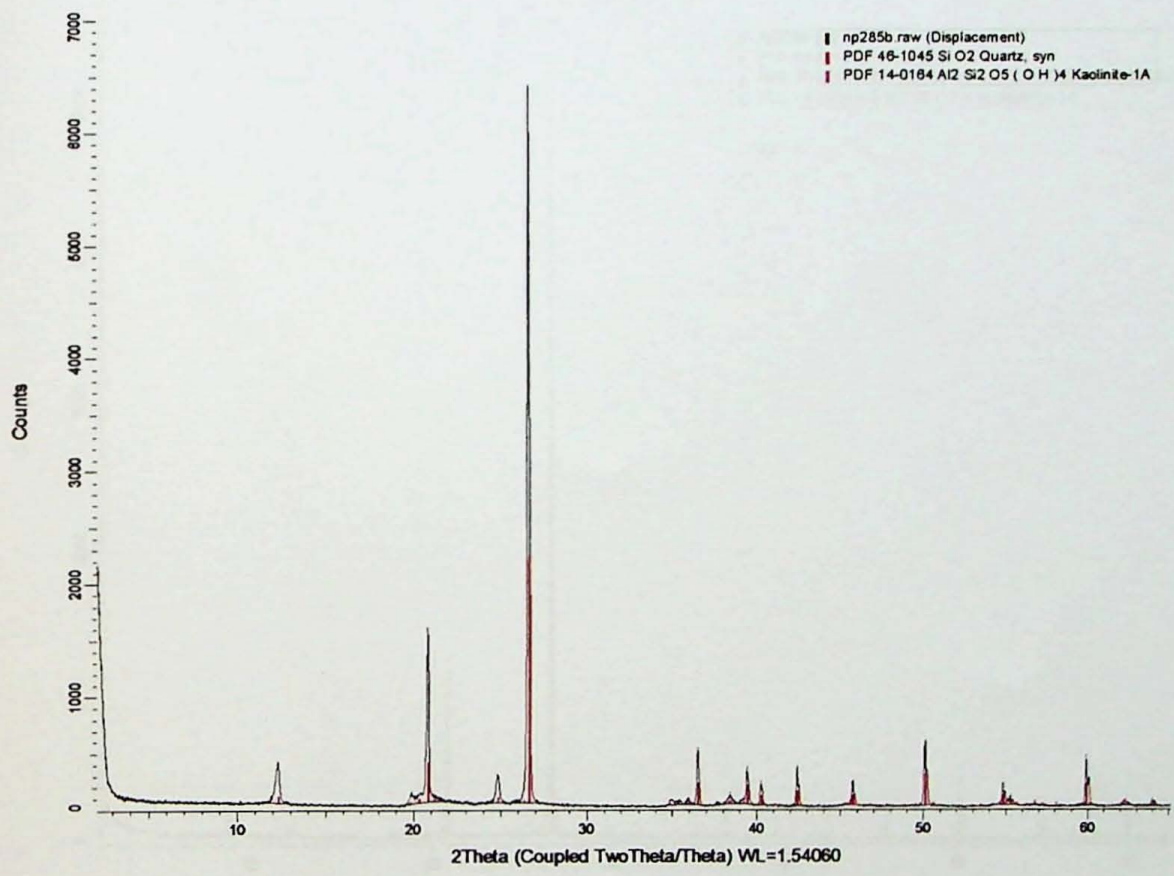
Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	8.89	0.9180	9.69	0.13	7.36	18.30	Al2O3	0.96
Si K	27.81	0.8683	32.03	0.21	23.39	68.53	SiO2	3.04
K K	14.31	0.9863	14.50	0.16	7.61	17.47	K2O	0.99
O			48.08	0.26	61.64			8.00
Totals			104.30					
Cation sum								4.98

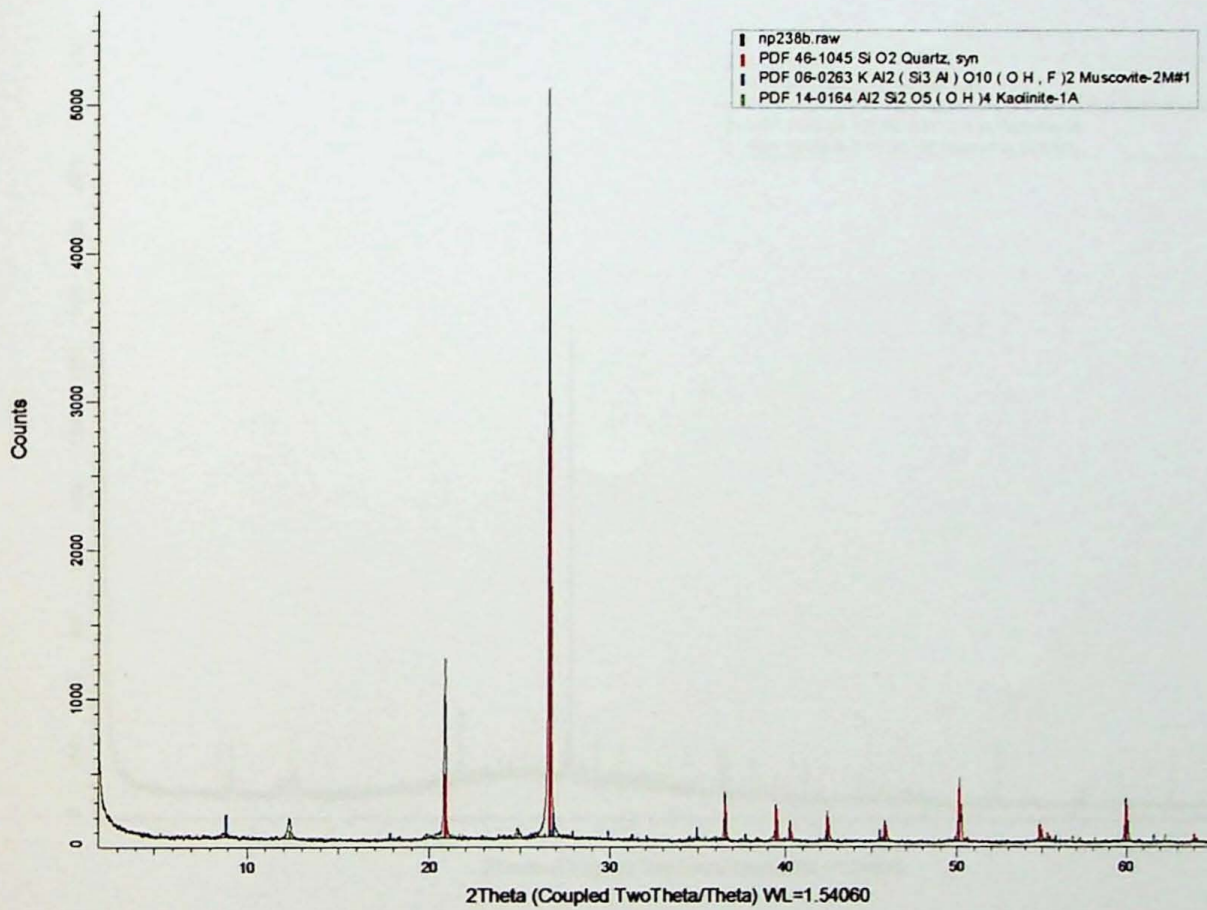
Ponto 7

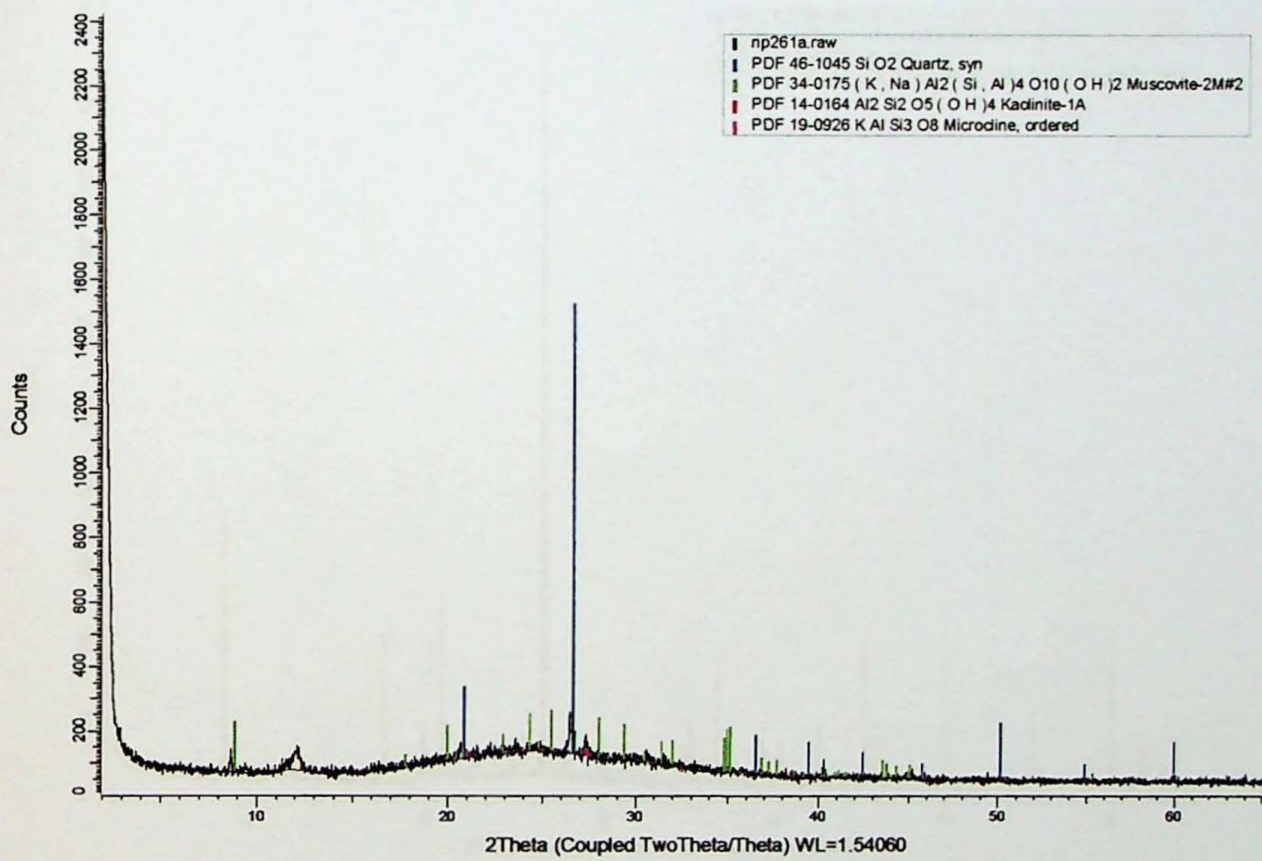
Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
Al K	8.78	0.9181	9.56	0.12	7.35	18.07	Al2O3	0.95
Si K	27.53	0.8684	31.71	0.21	23.42	67.83	SiO2	3.04
K K	14.06	0.9861	14.26	0.16	7.57	17.18	K2O	0.98
O			47.55	0.26	61.66			8.00
Totals			103.08					
Cation sum								4.97

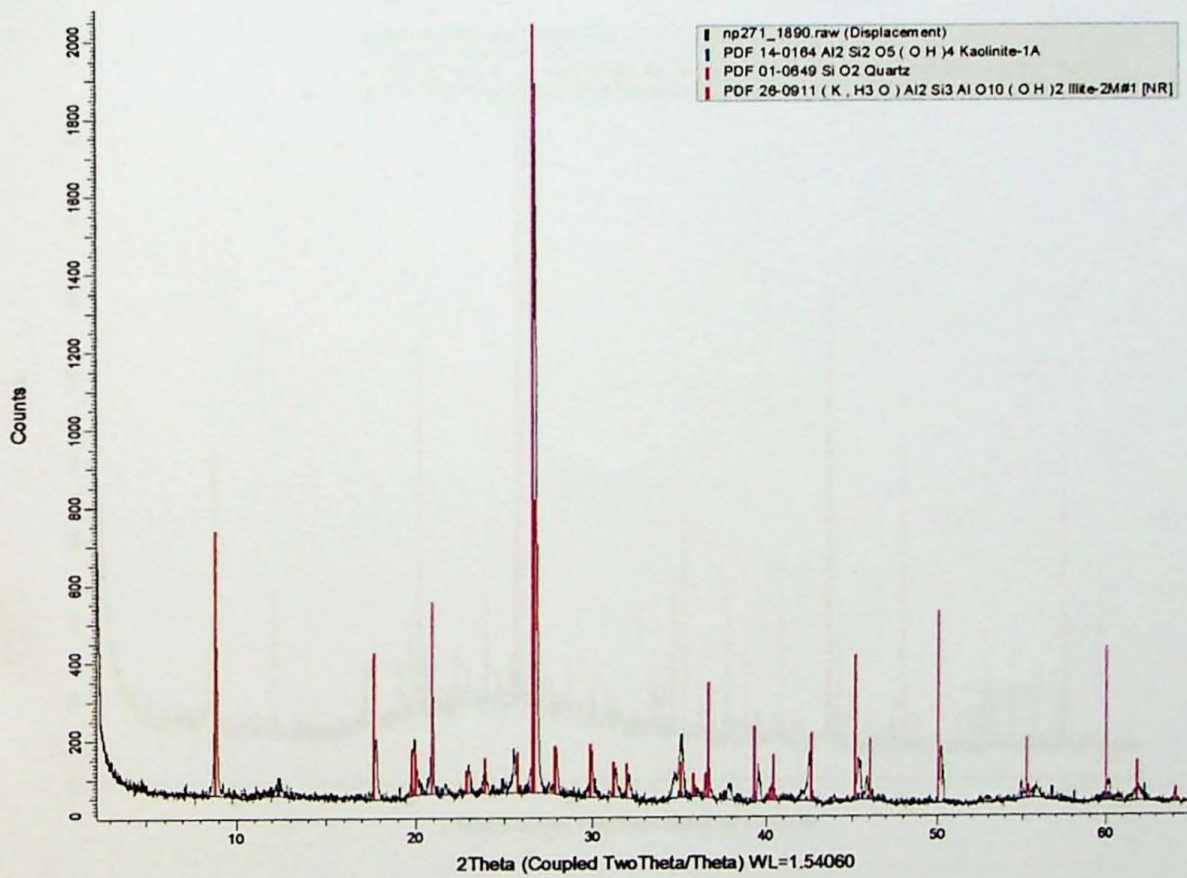
ANEXOS III – Análises de difração de raios X

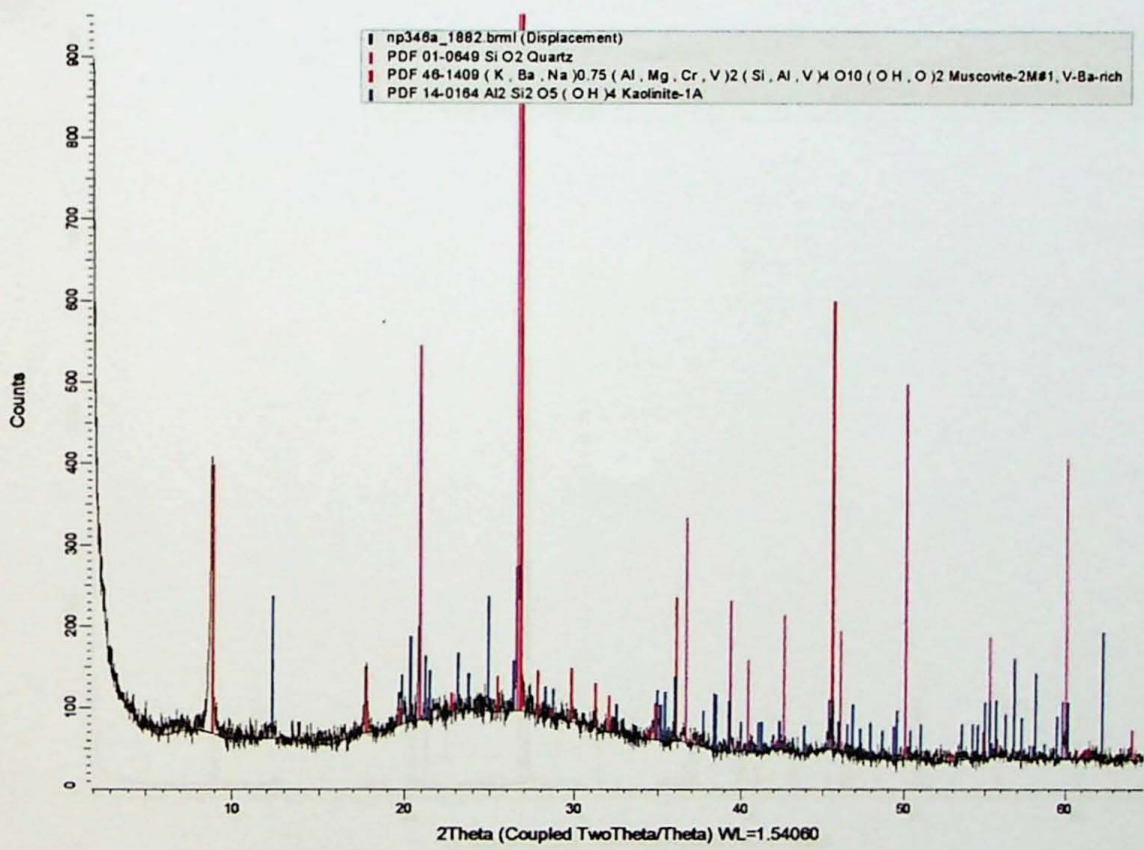


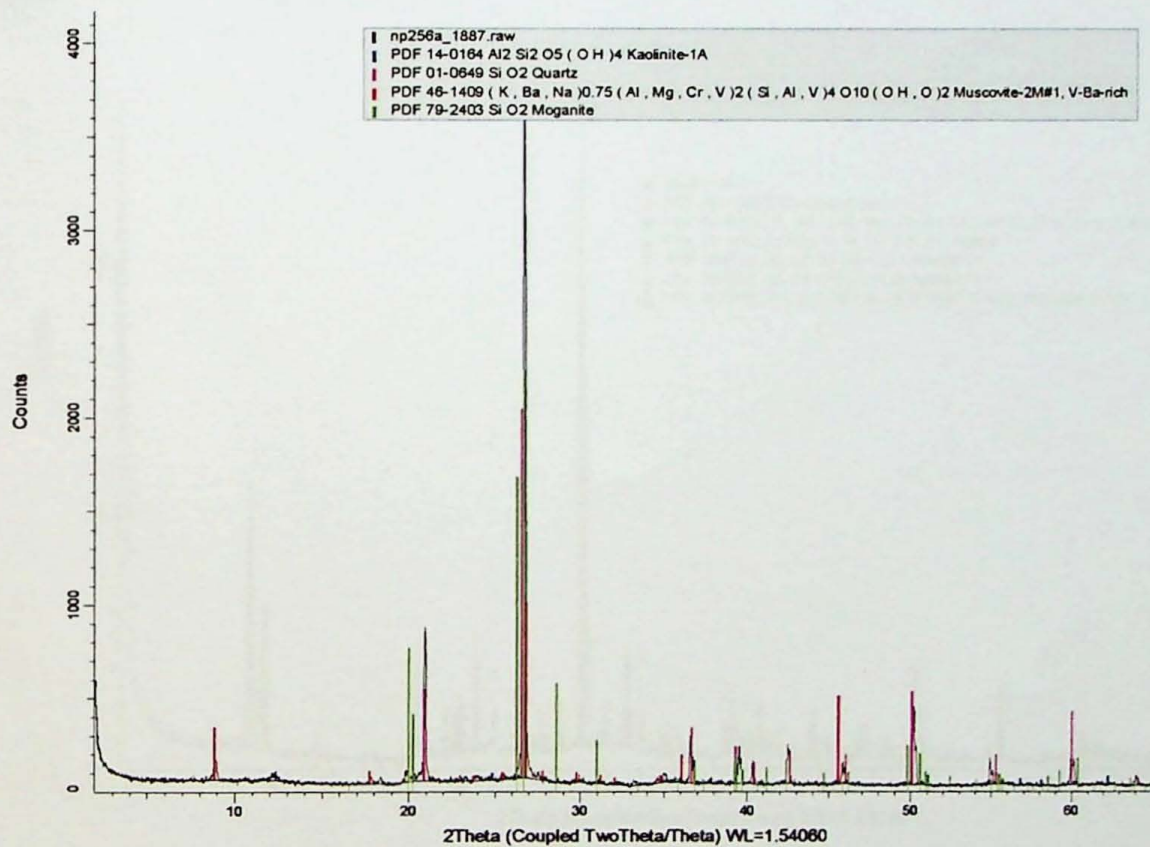


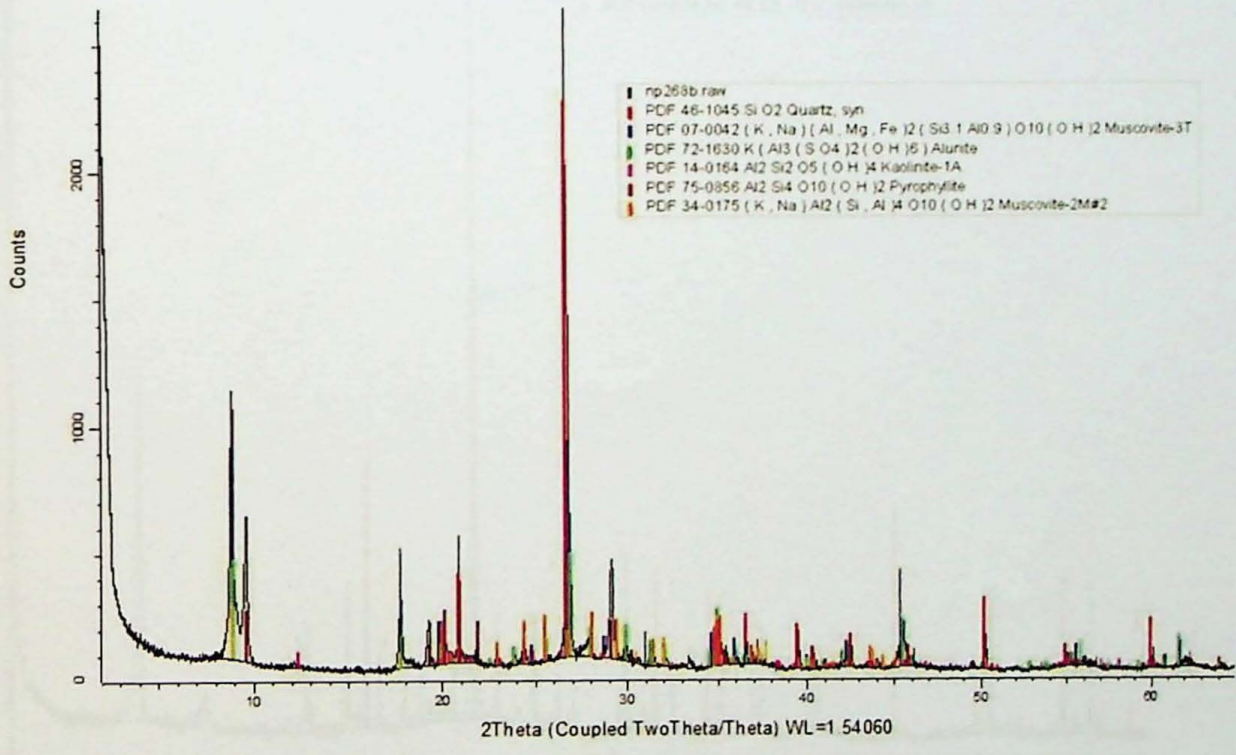


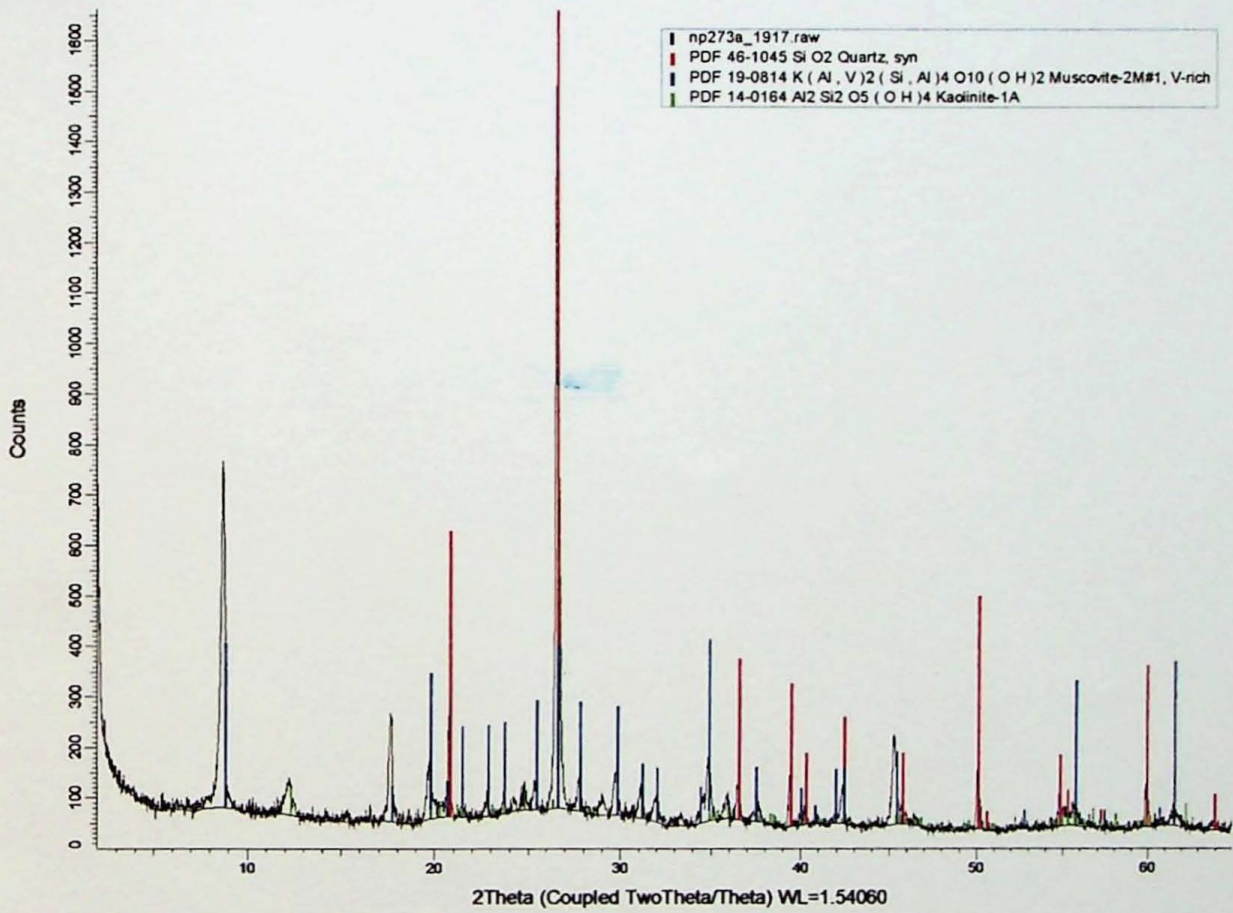












DOAÇÃO *Graduação*
 1Gc

Data: *20 03 / 18*

