

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
DEPARTAMENTO DE MINERALOGIA E PETROGRAFIA

GABRIEL FRANÇA LEZAMA

PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III
CARACTERIZAÇÃO DA ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL DO SISTEMA
PÓRFIRO SANTO ANTÔNIO – DOM PEDRITO/RS

Projeto apresentado como requisito para aprovação da disciplina Projeto Temático III do curso de graduação em Geologia. Departamento de Mineralogia e Petrografia. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientação:

Prof. Dr. André Sampaio Mexias

Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo

Porto Alegre, 2024

CIP - Catalogação na Publicação

França Lezama, Gabriel
Caracterização da alteração hidrotemal no sistema
pórfiro Santo Antônio, Dom Pedrito - RS / Gabriel
França Lezama. -- 2024.
130 f.
Orientador: André Sampaio Mexias.

Coorientador: Everton Marques Bongioiolo.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre,
BR-RS, 2024.

1. Hidrotermalismo. 2. Sistema Pórfiro. 3.
Metalogenia. I. Sampaio Mexias, André, orient. II.
Marques Bongioiolo, Everton, coorient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo apoio, a minha mãe Claudia França e meu pai Alexandre Barbosa, pelos ensinamentos por me incentivar a entrar na faculdade.

Aos orientadores André Mexias, pela bolsa no LDRX e o aprendizado no mundo das argilas e difração, e Everton Bongioiolo, pela ajuda na descrição das amostras e alterações hidrotermal.

A professora Márcia Elisa Boscato, Gomes na ajuda dos tratamentos dos dados da microsonda e pelas monitorias de mineralogia II, e por fazer me apaixonar nessa área.

A UFRGS e ao IGEO pela infraestrutura disponibilizada, ao corpo de professores do curso.

A NEXA Resources pelo apoio na disponibilização das amostras dos testemunhos de sondagem que permitiram a execução deste trabalho de conclusão. Em especial aos Geólogos Rodrigo Piraine Travassos e Júlio Cezar Souza Santos pelas contribuições e parceria científica.

Agradeço a minha amada Júlia Rodrigues, pela companhia e incentivo nessa reta final do trabalho, e por sempre me apoiar e acreditar na minha capacidade.

A todos os amigos que a geologia me apresentou, Lulu, Lolo, Kawana, Gustavo, Misael, Farinha, Pipo, Lucca e Lucas. Obrigado pelas conversas geológicas e todo apoio e aguentar minhas reclamações diárias e pelas cervejas!

Ao LDRX que foi uma segunda casa durante grande parte da graduação, ao Lucas Bonan por ser um ótimo chefe, professor, irmão mais velho e amigo. Aos meus colegas de bolsa Miquéias, Guilherme Haddad e ao Pipo fiel escudeiro durante todo o trabalho (foi necessário amigo!), que me ajudaram a moer incansavelmente as amostras.

RESUMO

O sistema pórfiro Santo Antônio, portador de Au, localizado próximo à cidade de Dom Pedrito – RS é composto por dacitos e monzodioritos intrudidos por diques de latito e basalto e se desenvolve sobre a suíte Vauthier, intrusiva no Complexo Santa Maria Chico. O sistema Santo Antônio é assim classificado por ser constituído por rochas intrusivas de textura porfirítica e pelo processo magmático-hidrotermal que gera zonas de alteração com veios característicos destes sistemas. Foram identificadas a zonas de alteração propilítica com assembleia mineral de epidoto, clorita e carbonato e zona potássica com presença de biotita hidrotermal e substituição parcial de anfibólio magmático por biotita. Os minerais foram caracterizados por microsonda eletrônica para identificar a mineralogia primária e secundária, onde também foi utilizado o geotermômetro de clorita, em função da variação de Al^{IV} , contribuindo para entendimento da gênese dos minerais processos hidrotermais.

Palavras-Chave: hidrotermalismo, sistema pórfiro, metalogenia.

Abstract

The Santo Antônio porphyry system, which is Au-bearing and located near the city of Dom Pedrito, RS, is composed of dacites and monzodiorites intruded by latite and basalt dikes and develops over the Vauthier suite, an intrusive rock in the Santa Maria Chico Complex. The Santo Antônio system is thus classified because it consists of intrusive rocks with a porphyritic texture and the magmatic-hydrothermal process that generates alteration zones with veins characteristic of these systems. The propylitic alteration zones with mineral assemblages of epidote, chlorite and carbonate and the potassic zone with the presence of hydrothermal biotite and partial replacement of magmatic amphibole by biotite were identified. The minerals were characterized by an electron microprobe to identify the primary and secondary mineralogy, where a chlorite geothermometer was also used, based on the Al^{IV} variation, contributing to the understanding of the genesis of the minerals in hydrothermal processes.

Keywords: hydrothermalism, porphyry system, metallogeny.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da localização da área de estudo (quadrado branco tracejado) onde ocorre o sistema pórfiro Santo Antônio, Dom Pedrito-RS.....	13
Figura 2: Mapa geológico simplificado, ilustrando a disposição dos terrenos do Escudo Sul Rio-Grandense. Principais zonas de cisalhamento: 1 – Itajaí Primbó; 2- Major Gercindo; 3 – Santana da Boa Vista; 4 – Dorsal de Canguçu; 5 – Passo do Marinheiro; 6- Ibaré; 7 - Sarandi Del Y; 8 – Sierra Ballena; 9 – Serro Amaro e 10 – Arroio Grande. (Phillip, 2016b).	15
Figura 3: Mapa geológico da região de estudo. Laux <i>et al.</i> (2017).	19
Figura 4: Modelo esquemático de sistema Pórfiro e sua relação com sistemas metalogenéticos associados à intrusão do plúton. Adaptado de Sillitoe (2010).	22
Figura 5: Desenho esquemático das zonas de alteração hidrotermal em sistema pórfiro. Adaptado de Pirajno 1992.	23
Figura 6: Figura esquemática da sequência típica de veios em sistemas pórfiros em (a) depósitos de Cu-Mo e em (b) depósitos de Cu-Au. Extraído de Sillitoe (2010).	24
Figura 7: Coluna esquemática do testemunho BRERSD000004.	32
Figura 8: Fotografia dos veios magmáticos-hidrotermais; A) Fotografia da amostra F4-215,95, presença de veio sinuoso de quartzo + sulfeto; B) Fotografia da amostra F4-217,90, presença de veios sinuosos e intensa vênulação milimétrica na amostra; C) Fotografia da amostra F4-80,50, veio de quartzo de contato reto com a encaixante apresentando halo de alteração de cor alaranjada e sendo reinfiltrado por carbonato; D) Fotografia da amostra F4-340,90, amostra com silicificação e veios de biotita; E) Fotomicrografia da amostra F4-367,70, veio de quartzo sendo reinfiltrado por carbonato; F) Fotomicrografia da amostra GF-111, veio de prehnita em dacito.	34
Figura 9: Fotografia das amostras macroscópicas de dacito. A) Amostra F4-38,80, dacito porfirítico com presença de autólitos; B) Amostra F4-18,84, dacito equigranular fino, com xenólitos angulosos de gnaisses e vênulas de quartzo fumê + pirita; C) Amostra F4-59,63, dacito porfirítico brechado, contendo biotita e vênulas de prehnita + carbonato; D) Amostra F4-387,90, dacito com fenocristais de hornblenda, intensa alteração hidrotermal, com vênulas de quartzo + pirita sendo cortadas por vênulas de carbonato + pirita.	36
Figura 10: Fotomicrografia das lâminas petrográficas de dacitos; A) Fotomicrografia da amostra GF-004A, apresenta textura glomero de plagioclásio, com matriz de quartzo afanítica; B) Fotomicrografia da amostra F4-35,80, em detalhe biotita com textura <i>sagenitic</i> , parcialmente cloritizada; C) Fotomicrografia da amostra F4-004B, em detalhe fenocristal de plagioclásio completamente substituído para epidoto, intenso processo de saussuritização; D) Fotomicrografia da amostra GF-110, em detalhe fenocristal de hornblenda; E) Fotomicrografia da amostra GF-004A, agregado de actinolita + epidoto + clorita + carbonato; F) Fotomicrografia da amostra GF-111, em detalhe processo de cloritização sobre cristal de hornblenda....	38
Figura 11: Fotomicrografia das lâminas petrográficas de monzodiorito; A) Fotomicrografia da amostra F4-306,30, apresenta plagioclásio e K-feldspato e	

anfíbólio; B) Fotomicrografia da amostra F4-306,30, anfíbólio alterado para lamelas de biotita; C) Fotomicrografia da amostra F4-367,70, em detalhe alteração de cristais de piroxênio para anfíbólio e óxidos; D) Fotomicrografia da amostra F4-306,30, em veio de quartzo e biotita cloritizada; E) Fotomicrografia da amostra F4-215,95, em detalhe biotita <i>sagenetic</i> ; F) Fotomicrografia da amostra F4-306,30, em detalhe clorita associada ao sulfeto e biotita hidrotermal.....	41
Figura 12: : Fotografias das amostras de latito; A) Amostra macroscópica F4-55,10, com veio de quartzo e halo de alteração; B) Fotomicrografia da amostra GF-112, apresenta textura porfírica de piroxênio e matriz de plagioclásio e K-feldspato; C) Fotomicrografia da amostra GF-112, em detalhe agregado de clorita + carbonato; D) Fotomicrografia da amostra GF-112, agregado de prehnita + clorita; E) Fotomicrografia da amostra GF-112, em detalhe biotita sendo alterada para clorita.	43
Figura 13: Fotomicrografia da amostra de basalto A) Fotomicrografia da amostra F4-38,70, em detalhe textura porfírica de plagioclásio com “franjas” de clorita; B) Fotomicrografia da amostra F4-38,70, cristal de K-feldspato completamente substituído por clorita; C) Fotomicrografia da amostra F4-38,70, cristal de piroxênio na matriz; D) Fotomicrografia da amostra F4-38,70, em detalhe “franja” de clorita alterando plagioclásio.....	45
Figura 14: Fotomicrografia de veio de quartzo; A) Fotomicrografia da amostra GF-002A, textura equigranular fina de quartzo; B) Microfotografia da amostra GF-001A, agregado de quartzo e epidoto; C) Fotomicrografia da amostra GF-001A, em detalhe veio de biotita.....	46
Figura 15: Difrátograma da amostra GF-004A, apresentando molibdenita....	48
Figura 16: Difrátograma da amostra F4-38,70, apresentando pirita.	49
Figura 17: Diagrama de classificação de anfíbólios (Leake <i>et al.</i> 1997); A) Apresenta as variações composicionais de anfíbólio das amostras F4-306,30 e GF-004 ^a , para condições de $(Na + K) < 0,50$; B) Apresenta a composição do anfíbólio na amostra F4-38,70, para condições de $(Na + K) > 0,50$ e $Ti < 0,50$	51
Figura 18: Diagrama ternário Wo-En-Fs de classificação do piroxênio segundo Morimoto (1990), representativo das amostras F4-38,70 e GF-112.	52
Figura 19: Diagrama de classificação do epidoto Franz & Liebscher (2004), representativo das amostras GF-004 e GF-112.....	53
Figura 20: Diagrama ternário de classificação de plagioclásio Deer <i>et al.</i> , (1992).	54
Figura 21: Diagrama de classificação da biotita de Guidotti (1994) da amostra F4-306,30.	55
Figura 22: Diagrama ternário MR3-2R3-3R2 de Velde (1985), as amostras de biotita cloritizadas apresentam um <i>trend</i> entre biotita magmática e clorita, classificadas pela variação de K na composição química.	55
Figura 23: Diagrama de classificação de clorita Bayliss (1975) da amostra GF-004A.	56
Figura 24: Diagrama de classificação de clorita Bayliss (1975) da amostra GF-112.....	57
Figura 25: Diagrama de classificação de clorita Bayliss (1975) da amostra GF-306,30.....	57

Figura 26: Diagrama de classificação de clorita Bayliss (1975) da amostra F4-38,70.....	58
Figura 27: Diagrama de Bourdelle & Cathelineau (2015), para as variações de temperatura entre os grupos de cloritas.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Nomenclatura das amostras utilizadas para confecção de lâminas petrográficas.	26
Tabela 2: Nomenclatura das amostras analisadas e posição escolhida (RT = Rocha Total e AO = Análise ou Amostra Orientada).....	30
Tabela 3: Tabela de cálculo de pistacita; Xps ($100 * (Fe^{3+}/(Fe^{3+}+Al))$) dos epidotos analisados.	53
Tabela 4: Tabela de temperaturas calculadas segundo geotermômetro de clorita proposto por Cathelineau (1988).....	59
Tabela 5: Formula química estrutural para as ferriprehnita.	60
Tabela 6: Tabela das médias de composições em óxidos e número de íons da ferriprehnita.....	61
Tabela 7: Formula química estrutural de calcopirita e pirita da amostra F43006,30 e de pirita da amostra F4-38,70.....	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	13
3	OBJETIVOS E METAS	13
4	JUSTIFICATIVA	14
5	ESTADO DA ARTE.....	14
5.1	ESCUDO SUL-RIO-GRANDENSE	14
5.2	TERRENO TAQUAREMBÓ.....	17
5.3	COMPLEXO GRANULÍTICO SANTA MARIA CHICO	18
5.4	SUITE VAUTHIER	19
5.5	DEPÓSITOS DO TIPO PÓRFIRO	20
5.6	ALTERAÇÕES HIDROTERMAIS EM SISTEMAS PÓRFIROS.....	22
5.7	TIPOS DE VEIOS E VÊNULAS EM SISTEMAS PÓRFIROS.....	24
6	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
6.1	DESCRIÇÕES MACROSCÓPICAS	25
6.2	MICROSCOPIA ÓPTICA.....	26
6.3	DIFRATOMETRIA DE RAIOS X.....	27
6.3.1	MÉTODO DO PÓ (ROCHA TOTAL – RT).....	27
6.3.2	MÉTODO ORIENTADO - FRAÇÃO ARGILA (< 2µm).....	28
6.3.3	METODOLOGIA DE ANÁLISE	28
6.4	MICROSSONDA ELETRÔNICA.....	30
7	RESULTADOS	31
7.1	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E PETROGRÁFICA.....	31
7.1.1	VEIOS MAGMÁTICOS-HIDROTERMAIS	33
7.1.2	DACITOS.....	34
7.1.3	MONZODIORITO.....	39
7.1.4	LATITO	42
7.1.5	BASALTO.....	44
7.1.6	VEIOS DE QUARTZO	45
7.2	DIFRATOMETRIA DE RAIOS X.....	47
7.2.1	SULFETOS.....	47
7.2.2	ARGILOMINERAIS.....	49
7.3	QUÍMICA MINERAL	50
7.3.1	ANFIBÓLIO	50
7.3.2	PIROXÊNIO	51
7.3.3	EPIDOTO.....	52
7.3.4	PLAGIOCLÁSIO.....	53
7.3.5	BIOTITA.....	54
7.3.6	CLORITA	56
7.3.7	PREHNITA.....	60
7.3.8	SULFETO	61

8	DISCUSSÃO	62
9	CONCLUSÃO.....	65
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXOS	68

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um grande produtor de ouro no cenário mundial há vários séculos. Pouco depois da vinda dos portugueses, várias expedições (entradas e bandeiras) buscavam metais preciosos e gemas por diversas partes do interior do país. Do final do século XIX até o século XX, o Brasil liderou a produção aurífera mundial, com produção entre 5 a 8 t de ouro por ano. Muito mais tarde, entre 1983 e 1990, pelo menos oito minas de ouro foram abertas, em um período que foi considerado como o primeiro grande crescimento brasileiro na produção de ouro dos tempos modernos (Thorman *et al.*, 2001).

A descoberta de ouro na localidade de Lavras do Sul– RS (nas proximidades da área de estudo) no final do Século XVIII foi à razão da chegada de empresas inglesas e belgas na região. Elas foram responsáveis por campanhas de exploração e incentivaram a implementação de diversos garimpos na região, que empregavam técnicas de mineração rudimentares, exploravam apenas os corpos de minério rasos e de fácil acesso, geralmente ouro em filões. A Companhia de Pesquisa Recursos Minerais (CPRM) em 1972 realizou mapeamentos das antigas minas de ouro situadas na região de Lavras do Sul e São Sepé com intuito de ampliar o conhecimento na região e da formação destes depósitos.

As ocorrências de ouro são associadas a diferentes ambientes geológicos, em associação com distintas assembleias mineralógicas. Dentre os modelos de depósito de ouro, os sistemas do tipo pórfiro são economicamente significativos. Eles fornecem cerca de 70% do cobre mundial, por vezes vinculado a outros elementos como o Mo, quando são responsáveis por 50% de produção deste último elemento, e 25% da de Au (Sillitoe, 2010). Estima-se que em média 70% da mineralização dos sistemas pórfiros alojam-se nas rochas ígneas de complexos plutônico-vulcânicos, enquanto 30% depositam em suas rochas encaixantes. Esses sistemas apresentam em média 1km² a 4km² em área, podendo conter centenas de toneladas de minérios de Cu, Au, Ag e Mo (Chiodi, 1997).

2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Á área de estudo (Figura 1) localiza-se na porção centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, inserida no município de Dom Pedrito. O acesso ao local pode ser feito, a partir de Porto Alegre, pelo sentido sudeste, seguindo por 320 km até a cidade de Lavras do Sul, em seguida por mais 40 km por meio da RS-357 e BR-473 assim chegando à localidade de Torquato Severo – RS. Continuando por aproximadamente 30 km de estradas vicinais no sentido oeste, no distrito de Leões, zona rural do município de Dom Pedrito, se chega até a propriedade do Sr. Sérgio Barbieri.

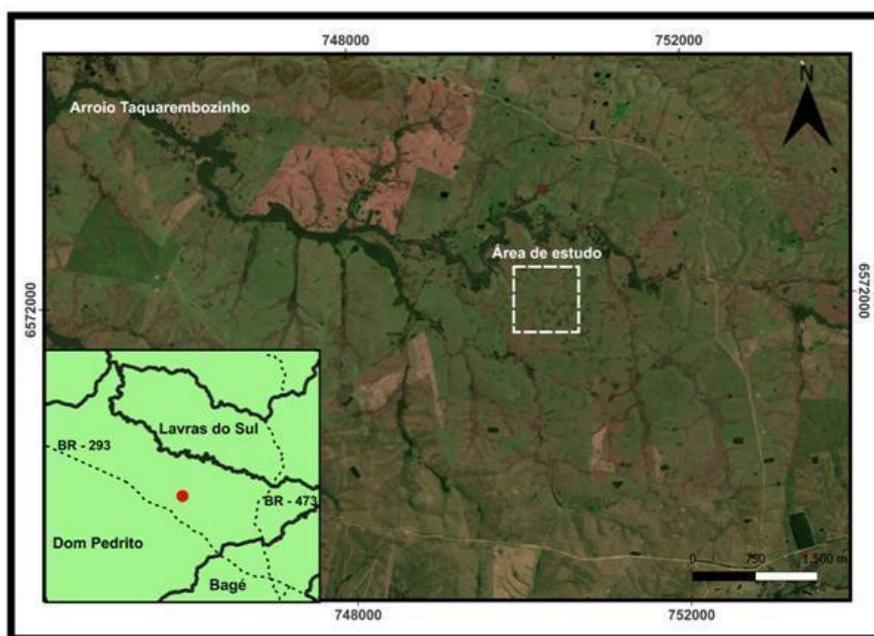


Figura 1: Mapa da localização da área de estudo (quadrado branco tracejado) onde ocorre o sistema pórfiro Santo Antônio, Dom Pedrito-RS.

3 OBJETIVOS E METAS

Este trabalho tem como objetivo identificar e descrever as alterações hidrotermais, incluindo caracterização de vênulas, do sistema pórfiro Santo Antônio, com base na sua cronologia e mineralogia. Para alcançar os objetivos do projeto foi realizada (o):

- Caracterização das assembleias e cronologia da alteração hidrotermal presente na área estudada;
- Aquisição de dados petrográficos, mineralógicos e geoquímicos do sistema pórfiro Santo Antônio;
- Correlação entre os mecanismos genéticos que contribuíram para o desenvolvimento das assembleias minerais das alterações hidrotermais associadas ocorrências de Mo, Cu e Au.

4 JUSTIFICATIVA

Segundo IBRAM (2023), no primeiro semestre de 2023 a produção de ouro no Brasil obteve um faturamento de R\$11,2 bilhões. Dessa forma, a extração de ouro correspondeu a 9,4% do faturamento total desse setor no país. Em 1982 a CPRM realizou uma prospecção preliminar em aluviões na área de uma antiga mina de ouro próximo a antiga estação ferroviária Vauthier, não obtendo teores significativos para o minério. Entretanto, novos estudos de prospecção na área, realizados pela empresa *Nexa Resources* em 2018, apontam um bom potencial para mineralizações de Au. Essas informações tornam pertinente o enfoque deste trabalho na região, ampliando os conhecimentos sobre os processos relacionados à gênese do sistema pórfiro Santo Antônio.

5 ESTADO DA ARTE

5.1 ESCUDO SUL-RIO-GRANDENSE

O Escudo Sul-rio-grandense (ESRG) abrange uma área de aproximadamente 65.000 km² (Chemale JR, 2000), localizando-se na parte sul do Escudo Brasileiro (ou Plataforma Sul-Americana) e no segmento sul da Província Mantiqueira (Almeida *et al.*, 1976), sendo recoberto pela Bacia do Paraná em sua porção norte e oeste. As

quatro principais unidades geotectônicas do ESRG são: o Terreno Taquarembó, correlacionável com o Terreno (ou Microplaca) Nico Perez, (complexo granulítico paleoproterozoico retrabalhado parcialmente no Neoproterozoico), o Terreno São Gabriel (cujas unidades foram em grande parte formadas por acreção juvenil ou rochas derivadas de um manto neoproterozoico); o Terreno Tijucas (rochas granito-gnáissicas e anfibolíticas paleoproterozoicas, rochas supracrustais e plutônicas associadas às vulcânicas cálcio-alcálicas e metassedimentares deformadas em ambiente rúptil-dúctil); e o Batólito Pelotas (formado por suítes e complexos graníticos brasileiros com septos do embasamento) (Hartmann *et al.*, 2007).

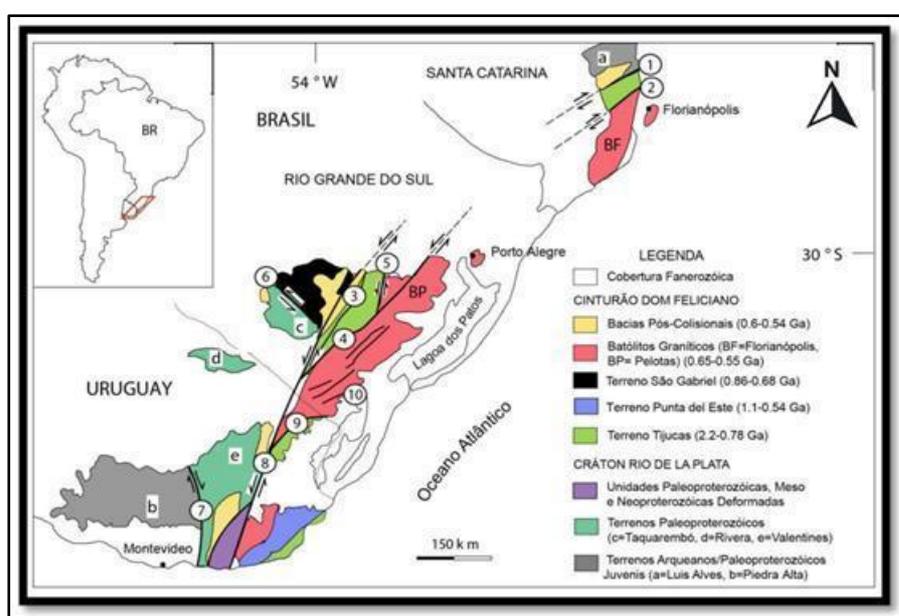


Figura 2: Mapa geológico simplificado, ilustrando a disposição dos terrenos do Escudo Sul Rio-Grandense. Principais zonas de cisalhamento: 1 – Itajaí Primbó; 2- Major Gercindo; 3 – Santana da Boa Vista; 4 – Dorsal de Canguçu; 5 – Passo do Marinheiro; 6- Ibaré; 7 - Sarandi Del Y; 8 – Sierra Ballena; 9 – Serro Amaro e 10 – Arroio Grande. (Phillip, 2016b).

As rochas do ESRG resultaram de diversos processos geológicos, incluindo geração e deformação de crosta continental durante dois ciclos orogênicos: Transamazônico (2,26 a 2,00 Ga) e Brasileiro (900 a 535 Ma), quando associações de crosta oceânica (composta por planície basáltica e sedimentos abissais, ilhas oceânicas e platôs oceânicos), microcontinentes, arcos de ilhas em oceanos e margens continentais colidiram sequencialmente contribuindo para o crescimento da porção meridional do continente sul-americano.

O magmatismo neoproterozoico do oeste da ESRG tem sua geração associada à aglutinação, fechamento e formação do supercontinente Pangeia. As

rochas vulcânicas e plutônicas associadas a este evento podem ser agrupadas de acordo com sua afinidade geoquímica em: (i) cálcico-alcálica a shoshonítica e (ii) alcálica (super) saturada em sílica. Dados geocronológicos e geoquímicos obtidos para ambas as associações mostraram que o magmatismo cálcico-alcálico a shoshonítico precede o magmatismo alcálico em 10 a 40 Ma (e.g. Gastal & Lafon, 1998). O primeiro grupo ocorre no intervalo entre 600 e 584 Ma, como os monzogranitos da Suíte Cerro Preto na região de Aceguá (590-588 Ma; Camozzato *et al.*, 2018), a Suíte Vauthier (598-595 Ma; Laux, 2017), foco deste trabalho, as rochas shoshoníticas da Suíte Intrusiva Lavras do Sul (600 a 587 Ma; Leite *et al.*, 1998; Gastal & Lafon, 1998; Remus *et al.*, 2000b; Gastal *et al.*, 2006; Liz *et al.*, 2009; Santos, 2017) o monzogranito Santo Antônio (586 Ma; Gastal *et al.*, 2006) e o granodiorito Santa Rita (584 Ma; Arena *et al.*, 2018).

Já o segundo grupo é representado por rochas mais novas que 585 Ma, como o granito Jaguari (565 Ma; Gastal *et al.*, 2006), o granito São Sepé (539 Ma; Gastal *et al.*, 2006), o monzogranito Rincão dos Coqueiros (558 Ma; Remus *et al.*, 1999), o granito Saibro (567 Ma; Gastal *et al.*, 2006), rochas alcálicas da Suíte Intrusiva Lavras do Sul (585 Ma; Gastal *et al.*, 2006) e o granito Ramada (578 Ma; Werle *et al.*, 2020).

Atualmente as mineralizações mais importantes encontradas no ESRG são de metais base (Cu, Pb, Zn) associados a sulfetos (e.g., Minas do Camaquã), por vezes contendo Au e Ag. Considerando a compartimentação tectônica de Chemale (2000), os principais processos de mineralização estão ligados à Orogênese Brasileira (900-535 Ma), mais especificamente a três eventos: o primeiro seria o processo de formação do Arco de São Gabriel, o segundo a formação do Batólito Torquato Severo e o terceiro é a aglutinação dos terrenos que formam o escudo, com a geração de rochas granitóides e vulcânicas. A grande maioria das ocorrências minerais se insere em um desses três contextos geológicos.

5.2 TERRENO TAQUAREMBÓ

O Terreno Taquarembó é composto por rochas granulíticas paleoproterozoicas parcialmente retrabalhadas no Ciclo Brasileiro, o que também favoreceu a intrusão de granitoides neoproterozoicos na crosta paleoproterozoica. Localizado no sudoeste do ESRG, o terreno é limitado a norte e nordeste pelo Lineamento de Ibaré, e para sul e oeste são cobertos pelas sucessões sedimentares da Bacia do Paraná. O Lineamento de Ibaré é um importante elemento geotectônico, dividindo os Terrenos Taquarembó e São Gabriel na porção oeste do ESRG (Figura 2), estando localizado entre as cidades de Lavras do Sul e Dom Pedrito. Este lineamento é considerado a expressão superficial de uma zona de cisalhamento transcorrente rúptil-dúctil subvertical inicialmente de movimento dextral, sendo reativada em sucessivos episódios posteriores com cinemática sinistral em nível crustal mais raso (Luzardo, 1990; Fernandes *et al.*, 1992; Ruppel, 2010).

Lineamentos como os de Caçapava do Sul e Ibaré são as feições estruturais mais representativas regionalmente e importantes condicionantes do magmatismo do final do Neoproterozoico. No caso do Lineamento de Ibaré, esta estrutura está relacionada à disposição de alguns corpos graníticos neoproterozoicos como os das suítes Vauthier, Cerro Preto, Saibro e Santa Rita.

O Terreno Taquarembó é constituído predominantemente pelo Complexo Santa Maria Chico, composto por rochas metaultramáficas e orto- e paragneisses paleoproterozoicos. Estas rochas são vinculadas à evolução de um arco oceânico de 2,4 Ga e foram metamorfizadas em fácies granulito em 2,1 Ga (Philipp *et al.*, 2016, Girelli *et al.*, 2018). Rochas metassedimentares de médio grau metamórfico do Terreno Taquarembó são descritas no Complexo Marmeleiro e no Complexo Batovi. Ambos mostram idades de proveniência associadas a áreas-fonte predominantemente paleoproterozoicas (1,7 Ga), sendo interpretados como originados de rochas sedimentares siliciclásticas desenvolvidas em ambiente de margem passiva (Laux, 2018).

5.3 COMPLEXO GRANULÍTICO SANTA MARIA CHICO

O Complexo Granulítico Santa Maria Chico (CGSMC) envolve as mais expressivas e contínuas ocorrências de gnaisses e de granulitos paleoproterozoicos no RS, mantendo alto grau de complexidade estrutural e estratigráfica (Quintela, 2016). Está localizado no Domínio Ocidental do Terreno Taquarembó, constituído por conjunto de rochas mais antigas do ESRG, fazendo parte do cráton Rio de La Plata. Formam xenólitos e mega-xenólitos, comportando-se como grandes corpos rígidos encontrados, por exemplo, inclusos nos granitos da Suíte Santo Afonso (Philipp et al., 2016b). As rochas podem apresentar estrutura maciça a bandada e, geralmente, caracterizam-se por um bandamento metamórfico subvertical com disposição regional, orientado segundo a direção NW-SE.

Os gnaisses do complexo estão recobertos pelas rochas sedimentares e vulcânicas dos grupos Bom Jardim e Cerro do Bugio da Bacia do Camaquã e por rochas sedimentares da Bacia do Paraná (grupos Itararé, Guatá e Passa Dois). O relevo da região é caracterizado por formas planas com destaque para mesas e cuevas. Nas áreas em que afloram os gnaisses do CGSMC e os granitos das suítes Santo Afonso, Saibro e Vauthier ocorre um relevo de coxilhas subarredondadas com vales suaves. As suítes Santo Afonso, Saibro e Vauthier e o Granito Dom Pedrito (Nardi & Hartmann, 1982; Nardi & Bonin, 1991; Gastal, 1997; Gastal & Lafon, 1998) são intrusivos no CGSMC, e o seu contato delimita-se por falhas normais de orientação N50-70°E.

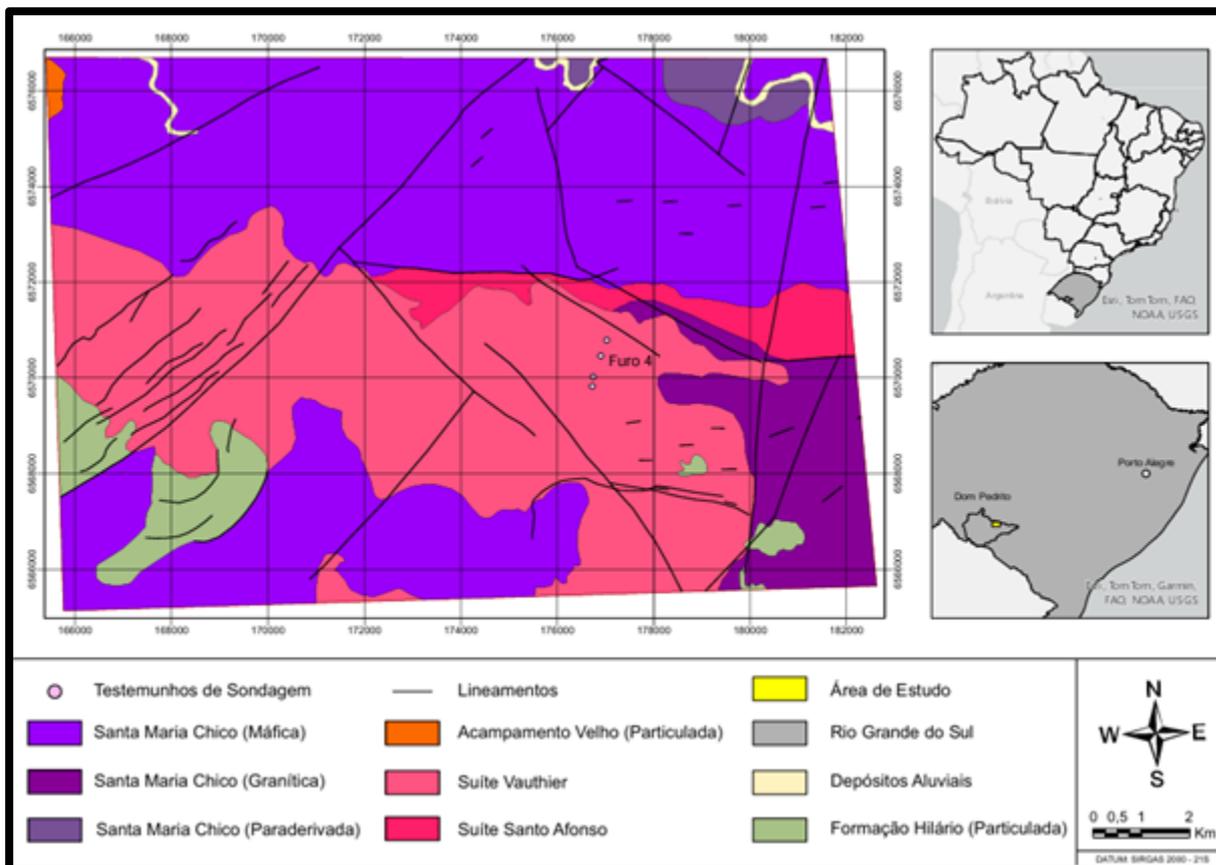


Figura 3: Mapa geológico da região de estudo. Laux *et al.* (2017).

5.4 SUITE VAUTHIER

Essa suíte compreende, predominantemente, dacitos e riódacitos isótopos e porfíricos de 597 ± 6 Ma (Laux *et al.*, 2017), onde ocorrem diversas feições hidrotermais como veios, *stockworks*, brechas e *vuggy* sílica, associadas a processos singenéticos que geraram sulfetação, potassificação, carbonatação e cloritização (Laux *et al.*, 2017). Conforme os relatórios de vistoria de acompanhamento de pesquisa executados pelo ANM na região (Santos & Maciel, 2007a), a Companhia Brasileira de Cobre (CBC) identificou anomalias para Cu, Au, Pb e Zn em mapeamentos detalhados, que foram denominadas de: Santo Antônio, Cerro das Tunas, Saibro e Três Estradas.

A anomalia Santo Antônio, é referida como o topo de uma câmara magmática, com presença de granulitos intrudidos por dacitos, intensamente sulfetados.

Ocupando uma área de aproximadamente 13 x 5km, a Suíte Vauthier apresenta uma orientação preferencial marcada pela direção nordeste-sudeste. Suas rochas variam de coloração de cinza clara a cinza escura, onde se destacam fenocristais de ortoclásio, quartzo, biotita e hornblenda em uma matriz de granulação fina (Iglesias, 2000).

De acordo com (Laux *et al.*, 2009) os padrões de alterações hidrotermais (potássica, propilítica) e texturas observadas em campo indicam uma alta potencialidade para ocorrência de depósitos metálicos e sugere um modelo de mineralização do tipo Cu pórfiro-epitermal ou um *continuum* entre esses dois tipos. Em análises de química mineral (Custódio, *et al.*, 2019) reafirmam esta hipótese e indicam similaridades nos padrões de cristais de pirita com os depósitos do tipo Pórfiro (Cruz, 2019). Com base em análises petrográficas (Custódio, 2020), descreve a presença de alteração propilítica na suíte Vauthier evidenciada por processos hidrotermais como epidotização, sericitização, carbonatação e rara cloritização com assembleia metálica de pirita, calcopirita, galena, esfalerita, molibdenita e magnetita.

5.5 DEPÓSITOS DO TIPO PÓRFIRO

Os depósitos do tipo pórfiro são as principais fontes de cobre e molibdênio no mundo, além de ser origem de importantes jazidas de ouro e prata, e de deter interessantes subprodutos como tungstênio, platina, paládio e selênio (Sinclair, 2005). Grande parte da produção mineral mundial depende desse tipo de sistema hidrotermal, provendo 70% do cobre, 50% do molibdênio e 25% do ouro.

Os Sistemas pórfiros são assim chamados em virtude da sua estreita relação espaço-temporal com rochas ígneas intrusivas de textura porfírica. Quanto a sua mineralização ela ocorre de forma disseminada ou a um conjunto de veios/vênulas do tipo “*stockwork*”, podendo estar associada espacialmente a depósitos de escarnitos além de depósitos epitermais de alta sulfetação a intermediária. Estes depósitos estão distribuídos globalmente, principalmente ao longo de cadeias vulcânicas e batólitos cálcio-alcálicas, marcando arcos magmáticos construídos em margens convergentes (Sillitoe, 2010).

As grandes dimensões e o controle estrutural (como veios, fraturas e brechas) servem para distinguir depósitos pórfiros de uma variedade de depósitos que podem estar periféricamente associados (Figura 4), como escarnitos, veios periféricos mesotermiais e depósitos metálicos epitermais (Sinclair, 2005, Sillitoe, 2010). As rochas encaixantes, em geral, são alteradas pelo hidrotermalismo e dependendo da sua composição podem afetar diretamente a mineralização, concentrando o minério.

A circulação dos fluidos hidrotermais ocasiona desequilíbrio físico-químico nas rochas encaixantes, as quais passam por um processo de formação de novas assembleias minerais que são então estáveis sob as novas condições de temperatura, pressão ou química do ambiente circundante. Essa alteração envolve mudanças mineralógicas, químicas e texturais e se dá através da troca de componentes entre as encaixantes e os fluidos (Pirajno, 2009). Em muitos depósitos do tipo pórfiro a alteração consiste em uma zona de núcleo com alteração potássica, caracterizada por biotita e K-feldspato e uma zona externa com alteração propilítica, com quartzo, clorita e epidoto. Entre essas duas, pode ocorrer a zona fílica, com quartzo, sericita e pirita e a zona argílica, com quartzo, sericita, pirita, caulinita, esmectita e calcita.

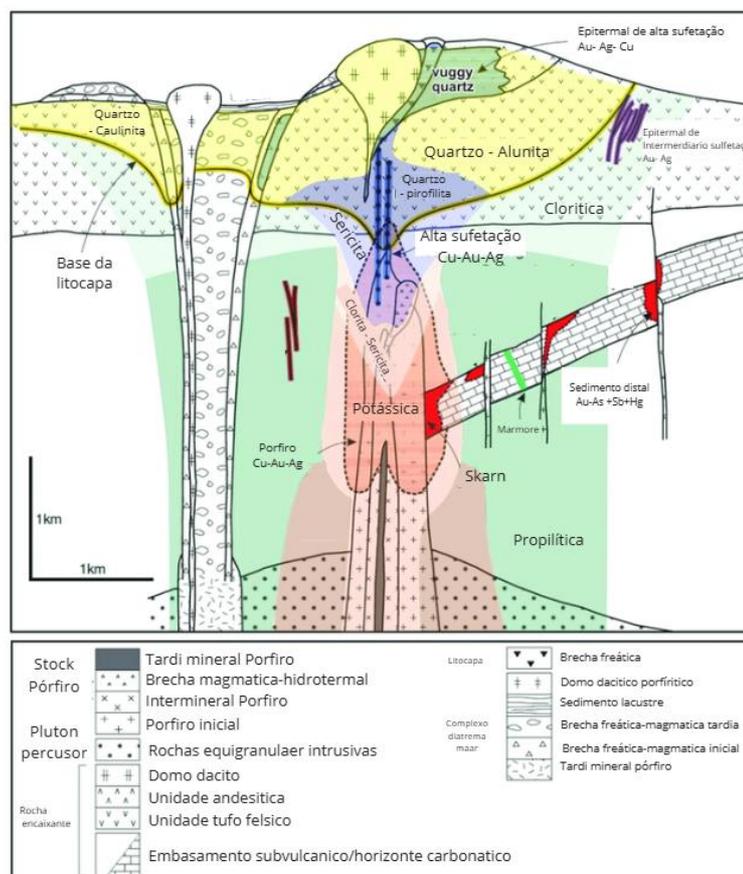


Figura 4: Modelo esquemático de sistema Pórfiro e sua relação com sistemas metalogenéticos associados à intrusão do plúton. Adaptado de Sillitoe (2010).

5.6 ALTERAÇÕES HIDROTÉRMICAS EM SISTEMAS PÓRFIROS

É comum a presença de alteração hidrotermal em sistemas pórfiros, sendo ela tipicamente zonada, tanto na escala do depósito, quanto ao redor de veios e fraturas. Esses processos de alteração são responsáveis pela mudança na composição, mineralogia e textura das rochas constituintes, possuindo uma intensa zonação lateral e vertical, variando de centenas a milhares de metros, formando faixas aproximadamente concêntricas que são dispostas a partir da intrusão.

O minério nesses tipos de depósitos está, predominantemente, associado à zona potássica, no *stockwork* de veios e vênulas. A feldspatização e sulfetação pervasivas constituem os processos dominantes. Zonas de propilitização, sericitização e silicificação também podem ser observadas. Segundo diversos

autores (Pirajno, 2009; Sillitoe, 2010, entre outros) as alterações hidrotermais típicas nos depósitos pórfiro são:

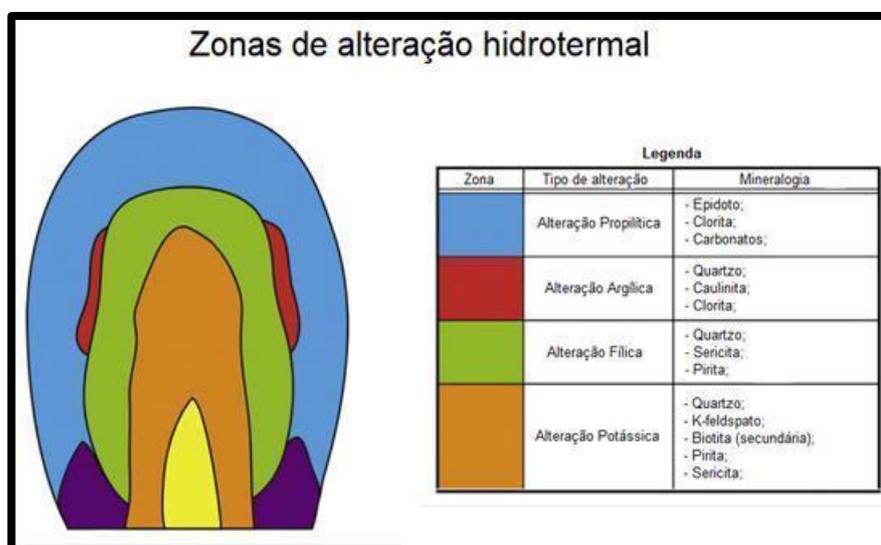


Figura 5: Desenho esquemático das zonas de alteração hidrotermal em sistema pórfiro. Adaptado de Pirajno 1992.

Zona Potássica: é formada entre 600°C e 450°C, nessa porção do depósito ocorre o enriquecimento de potássio e diminuição de cálcio e sódio nos minerais aluminossilicáticos. Novos minerais formados incluem ortoclásio, biotita, albita, quartzo, sericita, anidrita e apatita, com magnetita, calcopirita, bornita e pirita sendo comuns. Esta alteração é resultado do fluido magmático original, ligado ao processo de resfriamento do magma. Esta zona geralmente se localiza no centro ou próximo do centro da “pluma” de fluidos hidrotermais.

Zona Fílica (Sericítica): formada pela lixiviação de álcalis, formando associação mineral com quartzo e sericita (pirita e micas). Essa alteração ocorre em temperaturas moderadas (200°C – 450°C) sendo resultado da circulação de fluidos ácidos.

Zona Propilítica: caracterizada por ser a zona mais externa do sistema podendo se estender por vários quilômetros. Também é marcado pela cristalização de minerais calciomagnesianos como clorita, epidoto, calcita e anortita, com apatita, anidrita, ankerita. Os sulfetos são raros e representados por pirita e calcopirita. Essa

alteração está relacionada à reação entre os fluidos hidrotermais e as rochas encaixantes, a temperatura dessa zona também é moderada (250°C – 400°C).

Zona Argílica: Presente em níveis rasos do sistema e relacionada aos fluidos hidrotermais mais tardios e ácidos. Caracterizam-se pela formação de argilominerais como resultado da hidrólise intensa e lixiviação ácida em baixas temperaturas (entre 100°C e 300°C). Apresentam restos de K-feldspato, junto de illita, clorita e caulinita, essa zona é resultado da lixiviação de feldspatos e silicatos por fluidos ácidos.

5.7 TIPOS DE VEIOS E VÊNULAS EM SISTEMAS PÓRFIROS

Veios e vênulas são características comuns em depósitos de Cu-Au pórfiro ao redor do planeta e podem inicialmente caracterizar o sistema. Segundo Sillitoe (2010), o sistema de vênulas encontrado nesse tipo de depósito pode ser dividido em três grupos (Figura 6): (1) veios precoces sem quartzo e sulfetos, podendo conter em sua mineralogia actinolita, magnetita (vênulas tipo M), biotita precoce (tipo EB – *early biotite*) além de K-feldspato não alterado; (2) vênulas granulares, predominantemente preenchidas por quartzo contendo sulfeto (vênulas tipo A e B) e (3) vênulas tardias de quartzo-sulfetos, por vezes contendo feldspatos alterados (vênulas tipo D). As vênulas do grupo 1 e 2 são principalmente encontradas na zona de alteração potássica enquanto as vênulas do grupo 3 acompanham a zona argílica avançada.

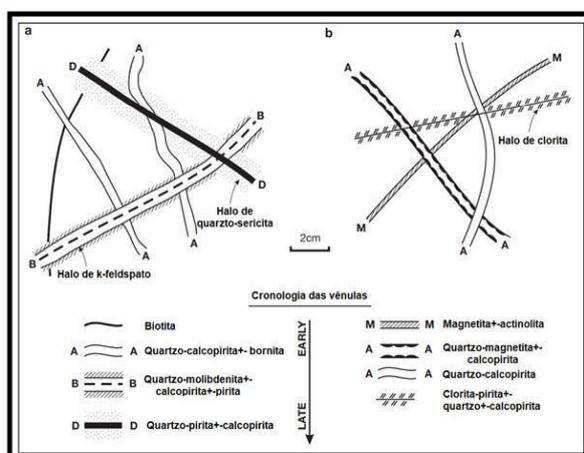


Figura 6: Figura esquemática da sequência típica de veios em sistemas pórfiros em (a) depósitos de Cu-Mo e em (b) depósitos de Cu-Au. Extraído de Sillitoe (2010).

Os sistemas pórfiros rico em Au apresentam um predomínio de vênulas do tipo A variando de *stockworks* a subparalelas. As primeiras vênulas do tipo A podem ser sinuosas e com contatos difusos com a encaixante, característico de uma formação em alta temperatura, enquanto as vênulas posteriores são retilíneas. As vênulas de tipo B e D são relativamente ausentes em pórfiros ricos em Au, sendo mais característico de pórfiros ricos em Mo (Sillitoe, 2010).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras utilizadas foram coletadas em duas campanhas de campo anteriores a este trabalho, sendo 116 amostras de 4 testemunhos de sondagem disponibilizados pela empresa *Nexa Resources* e 7 amostras de superfície. O testemunho de sondagem BRERSD000004 foi selecionado por interceptar uma grande variedade de litologias e conter teores significativos de Au.

6.1 DESCRIÇÕES MACROSCÓPICAS

Neste trabalho foram descritas 54 amostras selecionadas do testemunho de sondagem BRERSD000004 (Furo 4) e 7 amostras de superfície coletadas em campo. Todas as amostras foram descritas utilizando lupa binocular, com o intuito de revisar as litologias, identificar e classificar os tipos de venulações e os tipos de alteração hidrotermal. Esta etapa serviu de base para a seleção de amostras para petrográfica. Para o melhor entendimento, as amostras do testemunho recebem a sigla F4 correspondente ao testemunho estudado (BRERSD000004) seguido da profundidade da amostra em metros (*e.g.*, F4-35,80).

A tabela com a identificação das amostras encontra-se no Anexo I, acompanhadas das descrições macroscópicas.

6.2 MICROSCOPIA ÓPTICA

Para a descrição ao microscópio óptica foram confeccionadas 12 lâminas petrográficas, das quais 7 delas são de amostras de superfície e 5 dos testemunhos de sondagem. As amostras foram selecionadas previamente levando em conta variações na litologia, grau e tipo de alteração hidrotermal. As lâminas delgadas usadas nos estudos petrográficos foram confeccionadas no Laboratório de Preparação de amostras do Centro de Estudo em Petrologia e Geoquímica (CPGq) do Instituto Geociências (IGEO) da UFRGS. A petrografia foi realizada no microscópio modelo Leica DM750P em luz polarizada transmitida acoplada com câmera Leica MC170 HD.

Identificação	Litologia	Posição
GF 001A	veio de quartzo	superfície
GF 002A	veio de quartzo	superfície
GF 004A	dacito	superfície
GF 004B	dacito	superfície
GF 110	dacito	superfície
GF 111	dacito	superfície
GF 112	latito	superfície
F4-35,80	dacito	testemunho
F4-38,70	basalto	testemunho
F4-215,95	monzodiorito	testemunho
F4-306,30	monzodiorito	testemunho
F4-367,70	monzodiorito	testemunho

Tabela 1: Nomenclatura das amostras utilizadas para confecção de lâminas petrográficas.

Na geologia a microscopia óptica é uma importante ferramenta para análise qualitativa e quantitativa do material em estudo. Minerais e rochas podem ser estudados através do microscópio petrográfico de duas maneiras: (i) luz transmitida, no qual o material a ser analisado é colocado entre a fonte de luz e a objetiva; (ii) luz

refletida, onde o material a ser analisado recebe a luz em sua superfície e a reflete em direção à objetiva (caso em que o mineral deve ser opaco para não absorver a luz incidente). Recomenda-se utilizar sempre o mesmo microscópio durante um mesmo estudo, pois ainda que de marca e modelo idênticos, microscópios apresentam diferenças na iluminação, nitidez e definição de imagem.

Na microscopia de luz transmitida, a fonte de luz encontra-se na parte inferior do microscópio, sendo a luz conduzida por um sistema de lentes que, atravessando a lâmina delgada, permite que esta seja observada. A imagem resultante deste processo é ampliada por um sistema de objetivas. Desta forma são observadas as características das rochas e minerais quando estes são atravessados pela luz. As observações em luz transmitida se dão para identificação de minerais translúcidos, os quais permitem a passagem da luz. Nessa técnica é importante que a espessura da lâmina de rocha não ultrapasse os 0,03 mm, pois só assim se garante a transparência dos minerais para as observações (Frank, 2014).

6.2 DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

Foram selecionadas 30 amostras para serem analisadas por Difractometria de Raios X na forma de Rocha Total (RT) e 10 amostras na forma de Fração Argila (lâminas orientadas). As análises foram realizadas no Laboratório de Difractometria de Raios X (LDRX) do Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica (CPGq) do Instituto de Geociências (IGEO).

6.2.1 MÉTODO DO PÓ (ROCHA TOTAL – RT)

Na amostra em pó o material pulverizado ou desagregado foi depositado em um porta amostra específico para pó procurando-se não orientar as partículas, onde todos os minerais ou estruturas cristalinas são analisados.

Os minerais e/ou fases cristalinas são identificados através da medida das distâncias interplanares (valores de “*d*”) e das intensidades relativas dos picos nos difratogramas.

6.2.2 MÉTODO ORIENTADO - FRAÇÃO ARGILA (< 2µm)

As amostras orientadas foram preparadas conforme o seguinte procedimento:

- Quarteamento da amostra;
- Desagregação em gral de ágata;
- Desagregação por agitação durante 14 horas em agitador orbital;
- Desagregação por ultrassom de ponteira durante 5 min. com amostra em solução;
- Estabilização da temperatura para controle da viscosidade do fluido
- Cálculo do tempo de decantação respectivo de cada fração de acordo com a Lei de *Stokes*. O processo de decantação normal foi utilizado para separar da amostra a fração < 2 µm. O tempo calculado para essa fração foi de 1h 12min 51s;
- Preparação de lâminas delgadas orientadas por pipetagem.

Neste processo, privilegiam-se as faces (001) para a identificação de argilominerais, chamando-se a amostra de *orientada natural*.

A amostra *orientada natural* é saturada com monoetilenoglicol para verificar a existência ou não de argilominerais expansivos, passando a ser chamada amostra *glicolada*.

A amostra orientada natural também é aquecida a 550°C durante duas horas para avaliar argilominerais que colapsam a sua estrutura nestas condições (ex.: argilominerais do Grupo das Caulinitas) permitindo uma identificação mais precisa. Passa a ser chamada amostra *calcificada*.

6.2.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE

A análise por difratometria de raios X (DRX) foi realizada em um difratômetro de raios X marca Siemens (BRUKER AXS), modelo D-5000 (θ - θ) equipado com monocromador curvado de grafite no feixe secundário e tubo de ânodo fixo, operando a 40 kV e 30 mA (radiação Cu K α = 1,5406 Å).

Os intervalos angulares e passos para cada tipo de amostra foram:

As amostras em pó foram analisadas no intervalo angular de 2,3 a 72° 2 θ em passo de 0.02°/1s utilizando-se fendas de divergência e anti-espalhamento de 1° e 0.2 mm no detector.

A amostra *orientada natural* e a amostra *calcinação* foram analisadas no intervalo angular de 2,3 a 32° 2 θ em passo de 0.02°/2s, utilizando-se fendas de divergência e anti-espalhamento de 1° e 0,2 mm no detector.

A amostra *glicolada* foi analisada no intervalo angular de 2,3 a 32° 2 θ em passo de 0.02°/3s, utilizando-se fendas de divergência e anti-espalhamento de 1° e 0.2 mm no detector.

Nome da amostra	Método analítico	Posição
GF-001A	RT	Superfície
GF-002A	RT	Superfície
GF-004A	RT	Superfície
GF-004B	RT	Superfície
GF-110	RT	Superfície
GF-111	RT	Superfície
GF-112	RT	Superfície
F4-32,80-H	RT+AO	Testemunho
F4-32,80-R	RT	Testemunho
F4-32,96-R	RT	Testemunho
F4-32,96-H	RT+AO	Testemunho
F4-35,80	RT+AO	Testemunho
F4-38,70	RT+AO	Testemunho
F4-46,30	RT	Testemunho
F4-59,63	RT+AO	Testemunho
F4-76,40	RT	Testemunho
F4-80,50	RT	Testemunho
F4-98,70A	RT+AO	Testemunho
F4-136,84	RT	Testemunho
F4-144,44	RT	Testemunho
F4-195,30	RT	Testemunho
F4-210,90	RT	Testemunho
F4-215,95	RT+AO	Testemunho

F4-260,70	RT	Testemunho
F4-287,20	RT	Testemunho
F4-306,30	RT+AO	Testemunho
F4-320,20	RT	Testemunho
F4-367,20	RT+AO	Testemunho
F4-367,70	RT+AO	Testemunho
F4-385,30	RT	Testemunho

Tabela 2: Nomenclatura das amostras analisadas e posição escolhida (RT = Rocha Total e AO = Análise ou Amostra Orientada).

6.3 MICROSSONDA ELETRÔNICA

Para a realização de microanálises pontuais químicas em minerais de 4 amostras, foi utilizada uma microsonda eletrônica (ME) modelo Cameca SXFive equipada com um espectrômetro EDS e 5 espectrômetros tipo WDS (*Wavelength Dispersive X-Ray Spectroscopy*) do Laboratório de Microsonda Eletrônica, do CPGq-IGEO. Foram analisados minerais em lâminas delgadas das amostras F4-38,70, F4-306,30, GF-112 e GF-004A.

As amostras, na forma de lâminas petrográficas foram metalizadas com carbono antes das análises.

As condições analíticas utilizadas foram:

- Minerais Silicatados: tensão de 15 kV, corrente de 15 nA e tamanho do feixe de 5 μm ;
- Minerais Sulfetados: tensão de 20 kV, corrente de 20 nA e tamanho do feixe de 2 μm .

Os elementos analisados para os minerais silicatados foram: Si, Al, Mg, Fe, Ti, Mn, Pb, Na, Ca, F, Cl e K.

Para os sulfetos os elementos analisados foram: Ti, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, S e As.

7 RESULTADOS

7.1 DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E PETROGRÁFICA

As litologias presentes nas amostras estudadas são dacitos porfiríticos intercalados com monzodioritos e latitos representados pelas amostras F4-46,30 e F4-55,10, e cortadas por diques de basalto (F4-38,70, F4-195,30 e F4-195,80). As lâminas petrográficas foram divididas em grupos, levando em consideração as litologias e/ou estruturas, sendo classificadas como dacitos porfiríticos (GF-004A, GF-004B, GF-110, GF-111 e F4-35,80), veios de quartzo (GF-001A e GF-002A), monzodioritos (F4-215,95, F4-306,30 e F4-367,70), latito (GF-112) e basalto (F4-38,70).

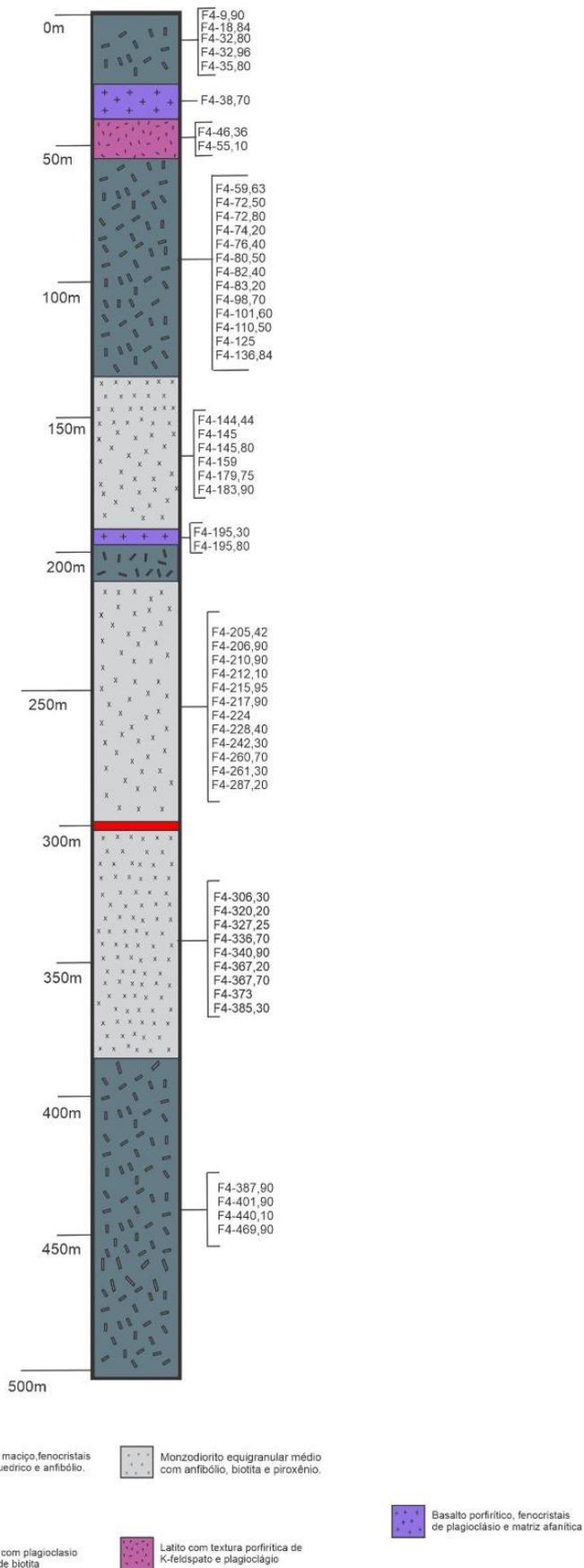


Figura 7: Coluna esquemática do testemunho BRERSD000004.

7.1.1 VEIOS MAGMÁTICOS-HIDROTERMAIS

As amostras são cortadas por veios que variam em morfologia e mineralogia, sendo identificado vênulas sinuosas de quartzo fumê, magnetita e quartzo + sulfetos (Figura 8.a), sendo os sulfetos representados por pirita, calcopirita, molibdenita e bornita. Os veios são centimétricos, as vênulas são milimétricas ocorrem como enxames nas amostras ocupando o espaço intersticial na matriz (Figura 8.b). Os cristais de magnetita e os sulfetos que ocorrem junto do quartzo fumê ocorrem nas bordas das vênulas com formas globulares. Existem vênulas de quartzo fumê com contato reto com as encaixantes. Eles têm linhas de sulfeto ou carbonato em seu centro (Figura 8.c), e o contato com a encaixante gera halos de alteração de 3 a 1 mm de cor alaranjada. Já a amostra F4-32,80 apresenta veios de prehnita com carbonato.

Nos intervalos com intensa silicificação identificam-se veios centimétricos de biotita (Figura 8.d) junto com veios sinuosos de quartzo fumê + sulfeto. Ocasionalmente cristais de biotita ocorrem tanto nas bordas quanto no centro destes veios. Outro tipo de veio contém carbonato+sulfetos, sendo milimétrico e gerando pequenos halos de alteração com a encaixante de cor alaranjada. Eles ocasionalmente reinfiltam ou cortam as vênulas anteriores de quartzo fumê + sulfeto sinuosas e de quartzo + biotita.

Nas lâminas petrográficas, as amostras GF-111 e F4-367,70 apresentam veios de 0,2 mm de prehnita (Figura 8.f) contínuos e com contato reto, não apresentando halo de alteração. As amostras GF-004A, GF-004B e GF-110 apresentam veios de até 0,8 mm de quartzo com epidoto intersticial. Na amostra F4-367,70 o veio de quartzo é reinfiltrado por um veio de carbonato (Figura 8.e).

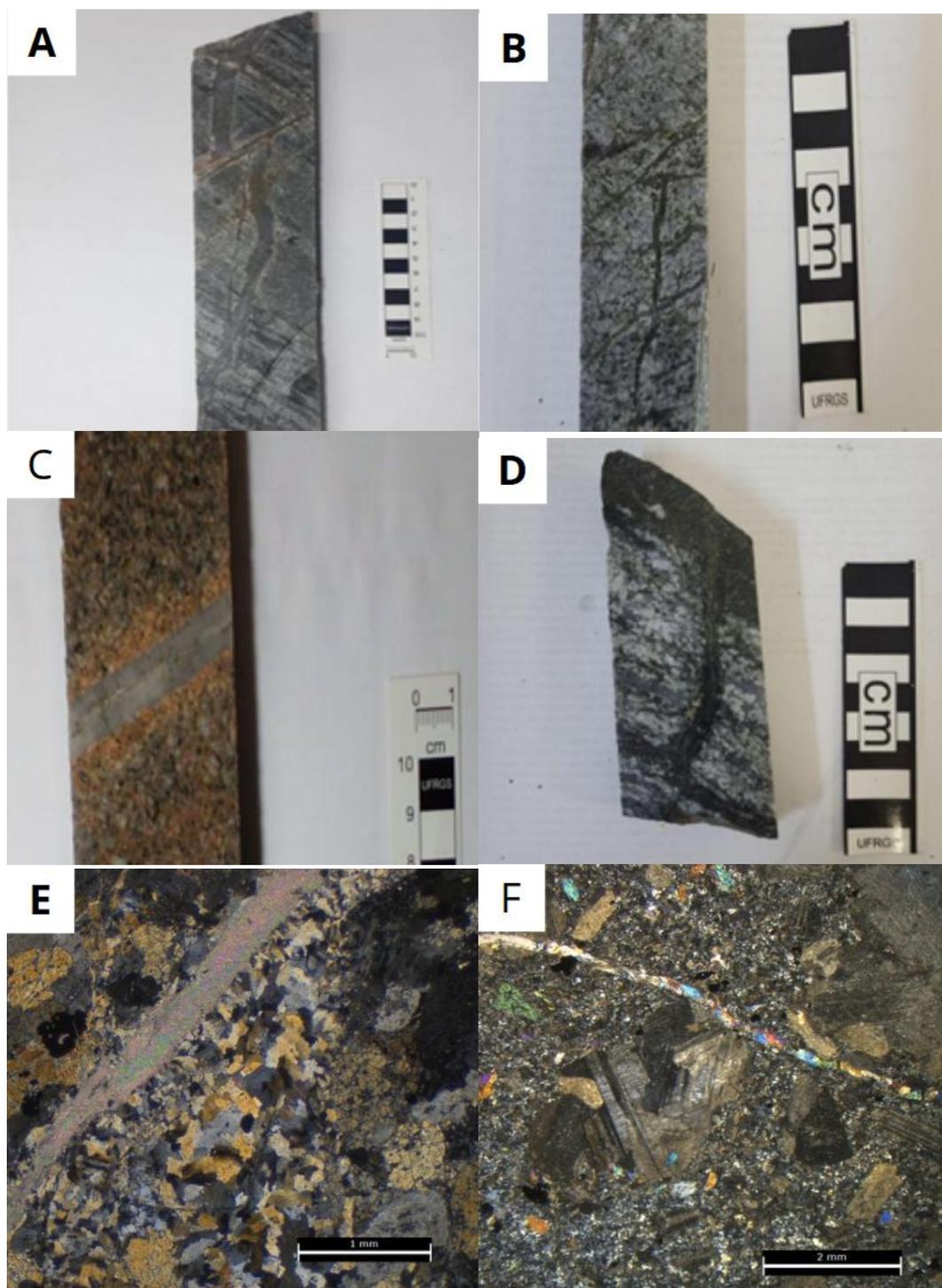


Figura 8: Fotografia dos veios magmáticos-hidrotermais; A) Fotografia da amostra F4-215,95, presença de veio sinuoso de quartzo + sulfeto; B) Fotografia da amostra F4-217,90, presença de veios sinuosos e intensa vênulação milimétrica na amostra; C) Fotografia da amostra F4-80,50, veio de quartzo de contato reto com a encaixante apresentando halo de alteração de cor alaranjada e sendo reinfiltrado por carbonato; D) Fotografia da amostra F4-340,90, amostra com silicificação e veios de biotita; E) Fotomicrografia da amostra F4-367,70, veio de quartzo sendo reinfiltrado por carbonato; F) Fotomicrografia da amostra GF-111, veio de prehnita em dacito.

7.1.2 DACITOS

Os dacitos são equigranulares de granulação fina ou porfíricos com matriz afanítica (Figura 9.a), e ocorrem em diversos intervalos em níveis mais superficiais da sondagem, até 60 m de profundidade (Figura 7). Nestes intervalos ele ocorre com textura equigranular fina, e contém diversos xenólitos de gnaisses de tamanhos entre 2 e 5cm (Figura 9.b) envoltos por pirita. Quando a textura é porfírica os fenocristais são predominantemente de plagioclásio com tamanho médio de 1 cm. Na matriz observa-se agregados de actinolita + clorita + carbonato, autólitos e agregados máficos e, na amostra F4 59,63, F4-32,80 e F4-32,96 (Figura 9.c), ocorre uma brecha hidrotermal. Apenas a amostra F4-387,90 (Figura 9.d) apresenta uma variação composicional, sendo os fenocristais de hornblenda com até 1,5 cm formam agregados com pirita e, localmente, são circundadas por pirita. Identifica-se ainda intensa alteração hidrotermal, com lamelas de biotita intercrescidas sobre anfibólio.

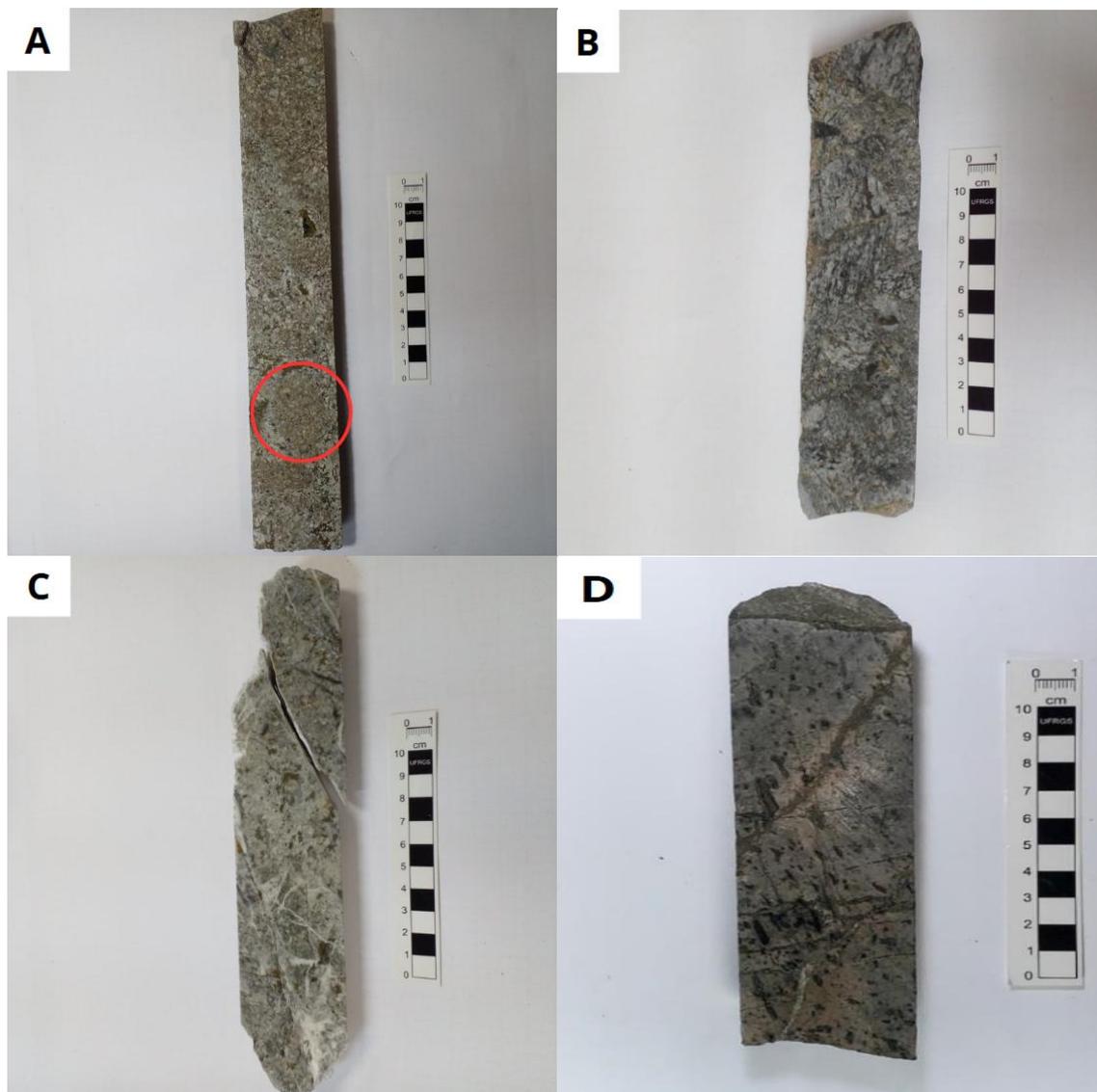


Figura 9: Fotografia das amostras macroscópicas de dacito. A) Amostra F4-38,80, dacito porfirítico com presença de autólitos; B) Amostra F4-18,84, dacito equigranular fino, com xenólitos angulosos de gnaisses e vênulas de quartzo fumê + pirita; C) Amostra F4-59,63, dacito porfirítico brechado, contendo biotita e vênulas de prehnita + carbonato; D) Amostra F4-387,90, dacito com fenocristais de hornblenda, intensa alteração hidrotermal, com vênulas de quartzo + pirita sendo cortadas por vênulas de carbonato + pirita.

Microscopicamente os dacitos são porfiríticos e glomoporfiríticos com fenocristais de até 2 mm (Figura 10.a). A matriz corresponde a cerca de ~50% da rocha apresentando textura afanítica composta de plagioclásio, ortoclásio, anfibólio e quartzo. Como minerais acessórios ocorre clorita, epidoto, titanita, e apenas na amostra F4-35,80 ocorre biotita com textura *sagenitic* (Figura 10.b). Ocorrem

também veios de quartzo de até 1,5 mm, com raro epidoto, e na amostra GF-111 ocorre um veio de 0,2 mm de prehnita fibrorradiada.

O ortoclásio ocorre como fenocristais subédricos, de 2 mm com macla de Carlsbad, e seu maior volume ocorre na matriz onde constitui pequenos cristais anedrais, com bordas de reação com a matriz, em grande maioria apresentando aspecto turvo.

O plagioclásio ocorre essencialmente sob a forma de fenocristais tabulares, euédricos a subédricos, atingindo cerca de 2 mm, com macla polissintética, zonação composicional, e saussitização seletiva (Figura 10.c), podendo substituir todo o cristal ou parcialmente. Poucos cristais apresentam carbonatação e sericitização, o que ocasiona um aspecto turvo.

O quartzo ocorre na matriz como pequenos cristais arredondados menores que 0,1 mm, e constituindo veios de até 1,5 mm de espessura, onde os cristais são subédricos de 1 a 0,5 mm. Na amostra F4-35,80 formam fenocristais de 0,8 mm de forma anédricos, com textura de reabsorção.

A hornblenda apresenta hábito prismático (Figura 10.d), de 1 a 0,4 mm com textura de reação com a matriz, normalmente constituem agregados com epidoto + carbonato + opacos (Figura 10.e). Os agregados chegam a atingir cerca de 3 mm e os maiores prismas cerca de 1,8 mm, geralmente ocorrendo associados ou próximos a veios de quartzo.

A prehnita ocorre na amostra GF-111 como cristais submilimétricos irregulares de hábito fibrorradiado, constituindo um veio de 0,2 mm.

A biotita ocorre na amostra F4-35,80, como cristais subédricos de 0,5 a 0,2 mm dispersos na matriz com textura *sagenitic* e localmente alterada para clorita.

O epidoto ocorre sob a forma de pequenos cristais granulares, irregulares a prismáticos submilimétricos crescidos sobre o plagioclásio e agregados de anfibólio, e associado ao processo de cloritização. Ocorrem raramente nos veios de quartzo como agregados intersticiais.

A clorita é pleocróica de tom amarelado pálido a verde, de cor “berlin blue” ocorrendo sobre cristais de anfibólio (Figura 10.f) e na amostra F4-35,80 sobrepondo raros cristais de biotita de textura *sagenitic*.

A titanita ocorre como pequenos cristais prismáticos irregulares, com pleocroísmo de incolor a marrom, ocasionalmente associada aos agregados de anfibólio e ao processo de cloritização.

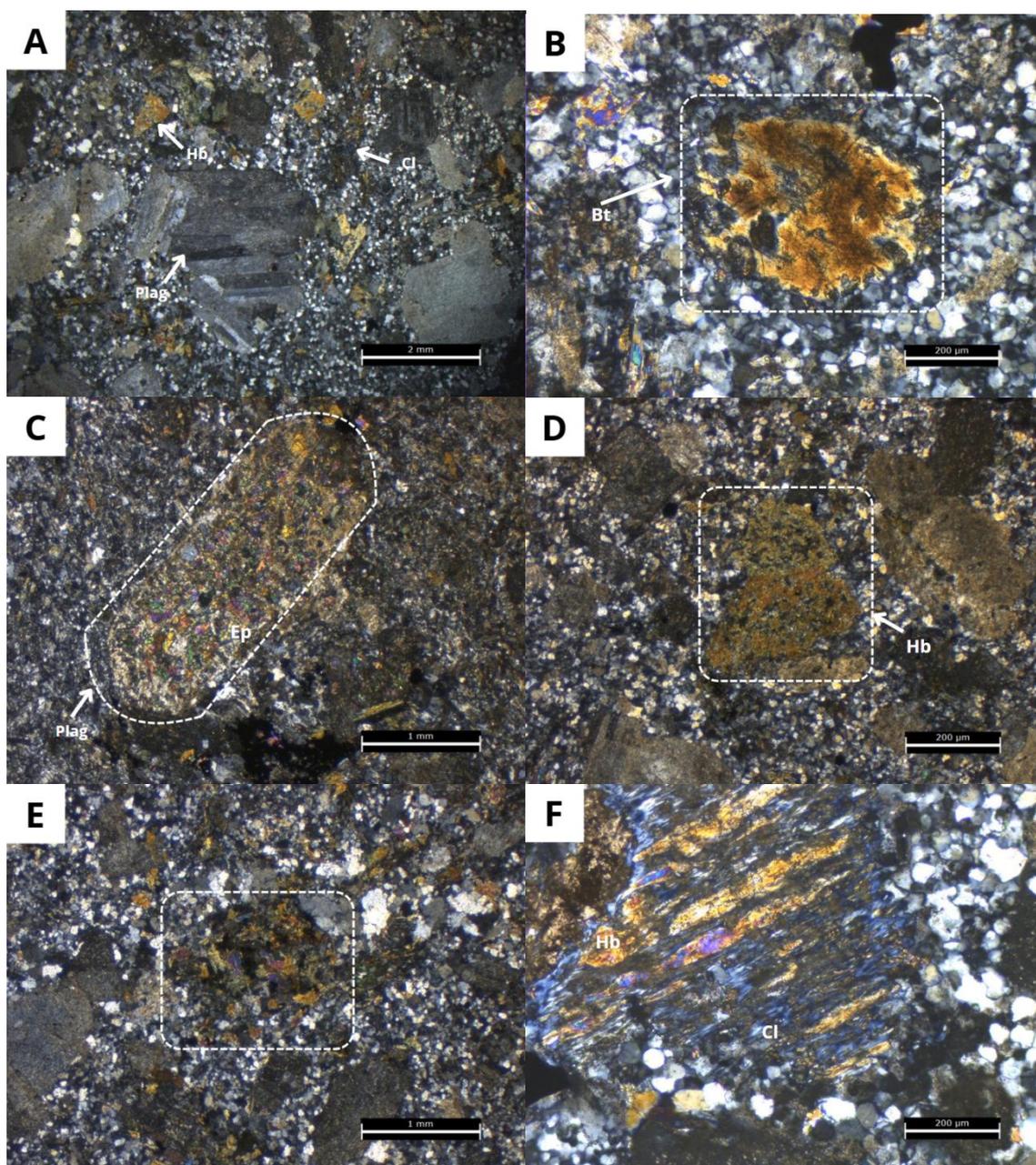


Figura 10: Fotomicrografia das lâminas petrográficas de dacitos; A) Fotomicrografia da amostra GF-004A, apresenta textura glomoro de plagioclásio, com matriz de quartzo afanítica; B) Fotomicrografia da amostra F4-35,80, em detalhe biotita com textura *sagenitic*, parcialmente cloritizada; C) Fotomicrografia da amostra F4-004B, em detalhe fenocrystal de plagioclásio completamente substituído para epidoto, intenso processo de saussuritização; D) Fotomicrografia da amostra GF-110, em detalhe fenocrystal de hornblenda; E) Fotomicrografia da amostra GF-004A, agregado de actinolita + epidoto + clorita +

carbonato; F) Fotomicrografia da amostra GF-111, em detalhe processo de cloritização sobre cristal de hornblenda.

7.1.3 MONZODIORITO

Os monzodioritos são equigranulares de granulação média a grossa. Apresentam em geral foliação magmática contínua, marcada pela orientação preferencial de cristais cloritizados de anfibólio e biotita. A composição mineralógica essencial é plagioclásio, anfibólio, piroxênio, ortoclásio e biotita magmática e de alteração, e os minerais acessórios são clorita, pirita e calcopirita. Em intervalos específicos as rochas apresentam intensa silicificação, sendo 80% da rocha substituída por vênulas milimétricas a centimétricas de quartzo fumê + biotita +sulfeto e por agregados de biotita nas bordas ou raramente no centro dos veios. Ocorrem xenólitos de rocha fanerítica fina, autólitos e agregados máficos de até 3cm.

Microscopicamente os monzodioritos são equigranulares de granulação média (Figura 11.a) e apresentam foliação magmática marcada pelos minerais máficos. Há variação na mineralogia sendo a amostra F4-306,30 e F4-215,95 composta de plagioclásio, ortoclásio, anfibólio, clorita e biotita e a amostra F4-367,70 por plagioclásio, piroxênio e anfibólio.

O ortoclásio ocorre sob a forma euédricas a subédricas, de 0,8 mm de comprimento com hábito prismático, em grande maioria apresentando aspecto turvo.

O plagioclásio é euédrico a subédrico, atingindo cerca de 0,5 mm de comprimento, com hábito prismático e macla polissintética. Na amostra F4-367,70 os cristais apresentam intensa sericitização.

O quartzo ocorre intersticial como pequenos cristais de 0,5 mm, e constituindo veios de 1 a 0,5 mm de espessura, onde os cristais são subédricos de 0,5 mm em média. Na amostra F4-215,95 o quartzo ocorre apenas próximo das porções com foliação magmática mais desenvolvida, na forma de lentes e agregados de 0,5 mm de espessura, aparentando se tratar de veios de quartzo.

O anfibólio ocorre de forma anédrica a subédrica com hábito prismático de 0,8 mm, e frequentemente apresentam lamelas de substituição para biotita (Figura 11.b) e localmente clorita. Na amostra F4-215,95 os anfibólios marcam a foliação magmática.

O piroxênio ocorre na amostra F4-367,70 como cristais euédricos a subédricos, com 0,8 a 0,3 mm de tamanho e hábito prismático. Alguns cristais menores de piroxênio são alterados para agregados de anfibólio e óxidos submilimétricos (Figura 11.c).

A biotita ocorre em veios (Figura 11.d) e como alteração sobre cristais de anfibólios e magmáticas com textura *sagenitic*. As biotitas contidas nas vênulas de quartzo + sulfetos são euédricas a subédricas e ocorrem como agregados parcialmente cloritizadas de até 0,5 mm. As biotitas oriundas de alteração do anfibólio formam lamelas submilimétricas sobre o anfibólio. A biotita *sagenitic*(Figura 11.e) é subédrica de 0,8 a 0,2 mm de tamanho.

A clorita ocorre frequentemente associados a sulfetos (Figura 11.f) formando agregados de 0,5 mm que podem ser dispersos na matriz ou em veios de quartzo e sulfeto.

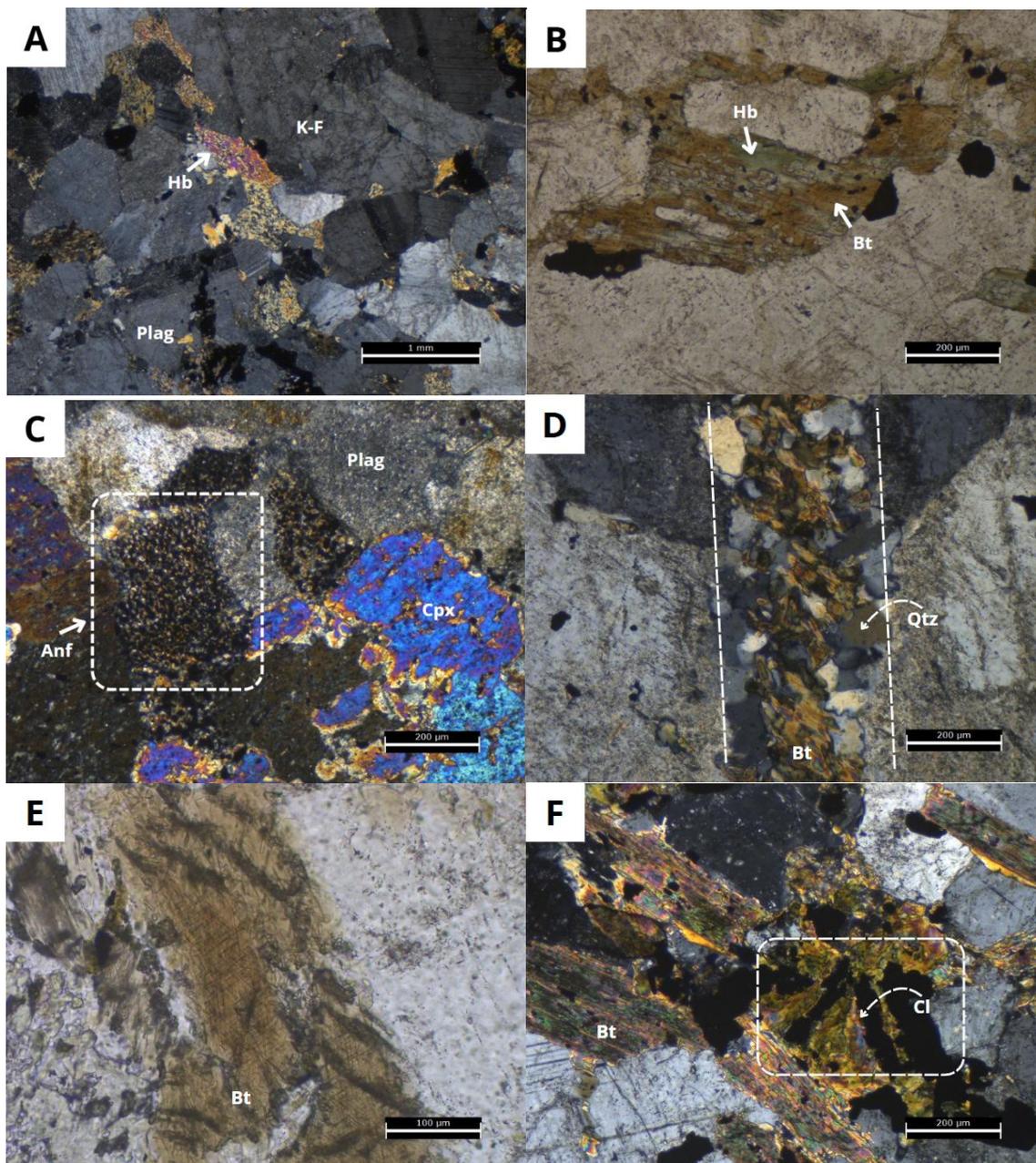


Figura 11: Fotomicrografia das lâminas petrográficas de monzodiorito; A) Fotomicrografia da amostra F4-306,30, apresenta plagioclásio e K-feldspato e anfibólio; B) Fotomicrografia da amostra F4-306,30, anfibólio alterado para lamelas de biotita; C) Fotomicrografia da amostra F4-367,70, em detalhe alteração de cristais de piroxênio para anfibólio e óxidos; D) Fotomicrografia da amostra F4-306,30, em veio de quartzo e biotita cloritizada; E) Fotomicrografia da amostra F4-215,95, em detalhe biotita *sagenetic*; F) Fotomicrografia da amostra F4-306,30, em detalhe clorita associada ao sulfeto e biotita hidrotermal.

7.1.4 LATITO

Os latitos ocorrem no testemunho de sondagem (F4-46,38 e F4-55,15) e em superfície (GF 112). São isótropos e apresentam textura porfírica com matriz afanítica representando 70% da rocha. Os fenocristais são de K-feldspato e plagioclásio, na matriz ocorrem agregados de clorita + prehnita + biotita + carbonato de 0,5 mm. Na amostra F4-55,10 o latito é cortado por veio de quartzo granular de 5 cm de espessura. O contato deste veio com a encaixante é reto e gera um halo de alteração de cor esverdeada de 2 cm de espessura composto de carbonato e clorita, e de forma disseminada molibdenita, pirita e calcopirita.

Microscopicamente o latito é observado na lâmina GF-112. Ele tem textura porfírica com fenocristais de plagioclásio, K-Feldspato e piroxênio, sendo a matriz afanítica composta por plagioclásio, K-Feldspato, piroxênio intersticial e quartzo. Além disso, ocorrem agregados compostos por clorita, carbonato, prehnita, biotita e epidoto.

O ortoclásio ocorre como raros fenocristais subédricos a anédricos de 0,6 mm e macla simples. Ocorre ainda na matriz, onde constitui pequenos cristais anedrais com aspecto turvo devido à argilização moderada.

O plagioclásio ocorre essencialmente sob a forma de fenocristais tabulares, euédricos a subédricos, atingindo cerca de 1,3 a 0,5 mm, apresentando macla polissintética, zonação e moderada sericitização, ocasionando aspecto turvo.

O piroxênio ocorre como fenocristais de forma anédrica de hábito globular a prismático curto (0,3 mm), e na matriz como cristais prismáticos e intersticiais.

A prehnita tem hábito fibrorradiado de 0,1 mm e constitui agregados com clorita+biotita+epidoto.

A biotita ocorre em lamelas submilimétricas associadas aos agregados de clorita+biotita+epidoto.

A clorita ocorre como agregados fibrorradiados submilimétricos, alterando biotita e associadas a cristais de prehnita e carbonato.

O epidoto ocorre como cristais prismáticos irregulares submilimétricos, e ocorrem nos agregados de prehnita+biotita+clorita, sobrepondo à clorita.

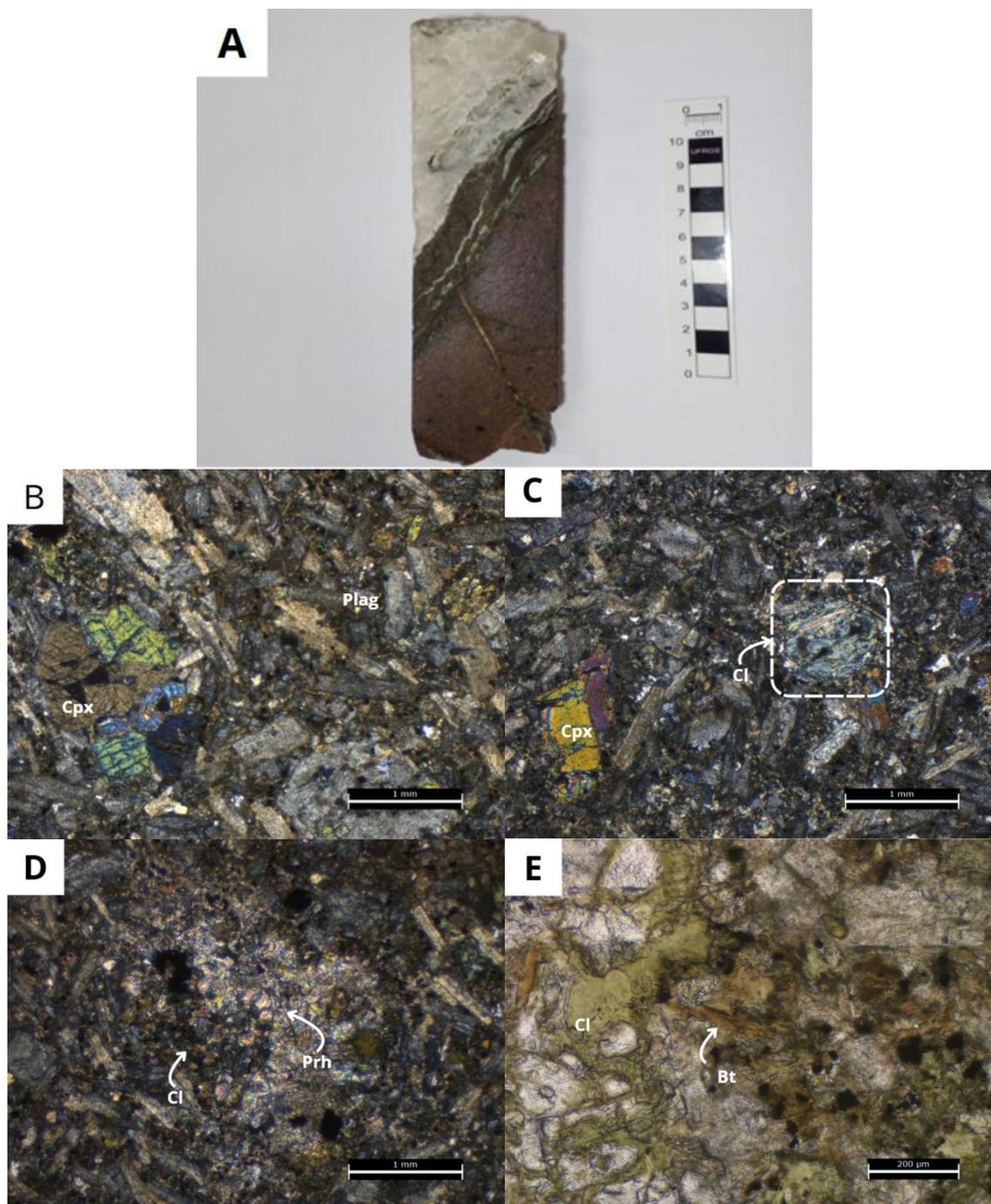


Figura 12: Fotografias das amostras de latito; A) Amostra macroscópica F4-55,10, com veio de quartzo e halo de alteração; B) Fotomicrografia da amostra GF-112, apresenta textura porfiritica de piroxênio e matriz de plagioclásio e K-feldspato; C) Fotomicrografia da amostra GF-112, em detalhe agregado de clorita + carbonato; D) Fotomicrografia da amostra GF-112, agregado de prehnita + clorita; E) Fotomicrografia da amostra GF-112, em detalhe biotita sendo alterada para clorita.

7.1.5 BASALTO

O basalto ocorre como corpos intrusivos em intervalos específicos (Figura 7). São isótopos e apresentam textura porfírica com fenocristais de plagioclásios de cor preta a cinza escuro de hábito prismático euédrico a subédrico, com 0,8 mm de tamanho. A matriz é afanítica e representa cerca de 70% da rocha, contendo agregados circulares de pirita com hábito globular de até 0,5 mm.

Microscopicamente o basalto é representado pela lâmina F4-38,70, com textura porfírica a glomorporfírica (Figura 13.a), com fenocristais de plagioclásio e K-feldspato. A matriz é afanítica e composta por plagioclásio, piroxênio, raro anfibólio e localmente agregados de clorita que substituem alguns fenocristais.

O plagioclásio ocorre como fenocristais euédricos a subédricos com hábito prismático curto, em média com 0,8 mm de tamanho. Eles apresentam macla polissintética, e são substituídos por clorita fibrosa. Os cristais de plagioclásio que compõem a matriz são subédricos de hábitos prismáticos curtos e de tamanhos de 0,3 mm.

O K-feldspato ocorre como fenocristal subédrico a anédrico, com hábito prismático de 0,6 mm, não apresentam macla e alguns cristais são completamente substituídos por clorita (Figura 13.b).

O piroxênio ocorre com cristais prismáticos curtos (Figura 13.c), subédricos a anédricos de textura intersticial com tamanhos de até 0,3 mm.

A clorita ocorre em forma de “franjas” (Figura 13.d) ocupando o contato entre os cristais de plagioclásio. São cristais submilimétricos de hábito fibroso, e substituem completamente os fenocristais de plagioclásio e K-feldspato.

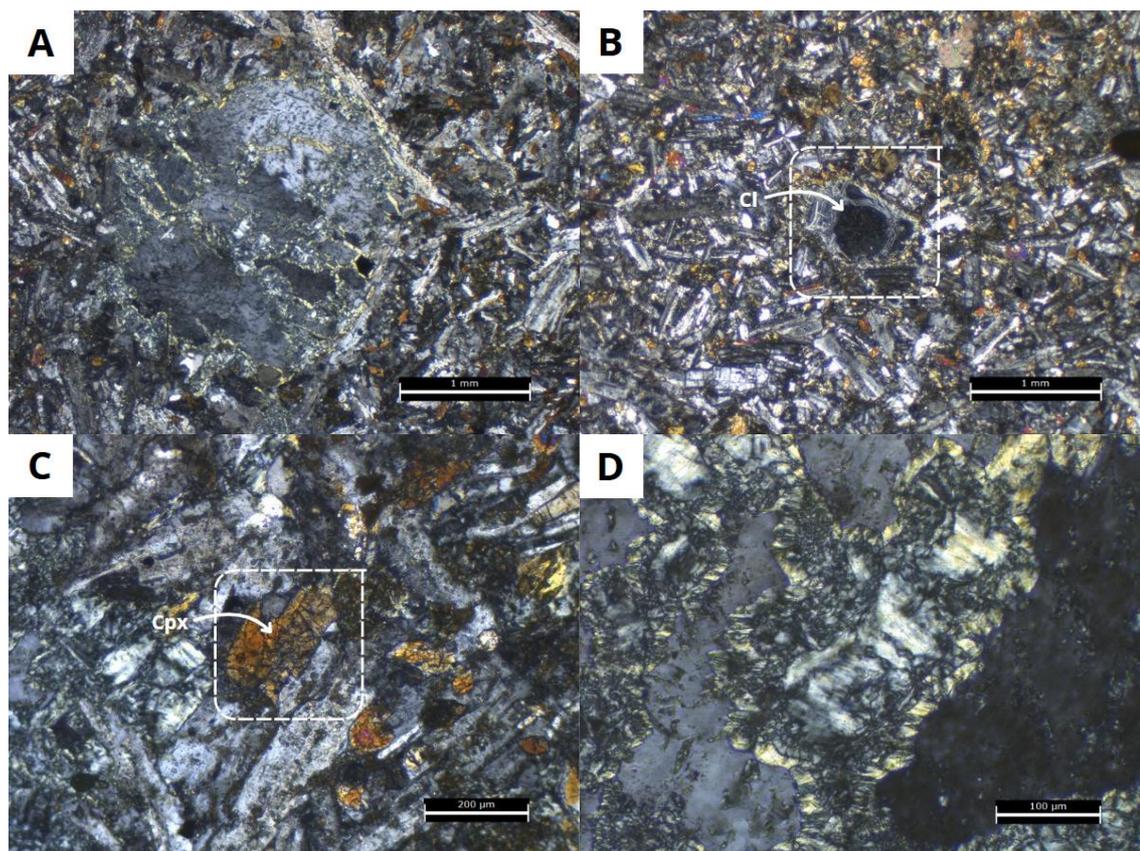


Figura 13: Fotomicrografia da amostra de basalto A) Fotomicrografia da amostra F4-38,70, em detalhe textura porfírica de plagioclásio com “franjas” de clorita; B) Fotomicrografia da amostra F4-38,70, cristal de K-feldspato completamente substituído por clorita; C) Fotomicrografia da amostra F4-38,70, cristal de piroxênio na matriz; D) Fotomicrografia da amostra F4-38,70, em detalhe “franja” de clorita alterando plagioclásio. Cl- clorita, Cpx - Clinopiroxênio

7.1.6 VEIOS DE QUARTZO

As amostras GF-001A e GF-002A macroscopicamente são classificadas como veios de quartzo hidrotermal, sendo a amostra GF-002A composta por 100% de quartzo contendo cavidade de até 5mm parcialmente preenchidas por pequenos cristais de quartzo euédricos (drusas). A amostra GF-001A apresenta agregados de epidoto e plagioclásio e veio de biotita submilimétrico junto ao veio de quartzo.

Ao microscópio as amostras são compostas de 90 a 100% de quartzo (Figura 14.a) com cristais equigranulares de granulação média a fina, associados a raros cristais de epidoto e plagioclásio e veio de biotita.

O quartzo é euédrico a subédrico, equigranular de granulação média a fina, compondo até 90% da rocha. Na lâmina GF-001A os cristais de quartzo formam agregados com de epidoto e plagioclásio (Figura 14.b).

O plagioclásio ocorre de forma anédrica e com 0,5 mm, junto a agregados de epidoto e quartzo.

O epidoto ocorre junto a agregados de plagioclásio e quartzo, formando cristais submilimétricos ao seu redor.

A biotita ocorre na amostra GF-001A como cristais submilimétricos formando um veio de 0,2 mm (Figura 14.c), que corta a rocha com contato reto.

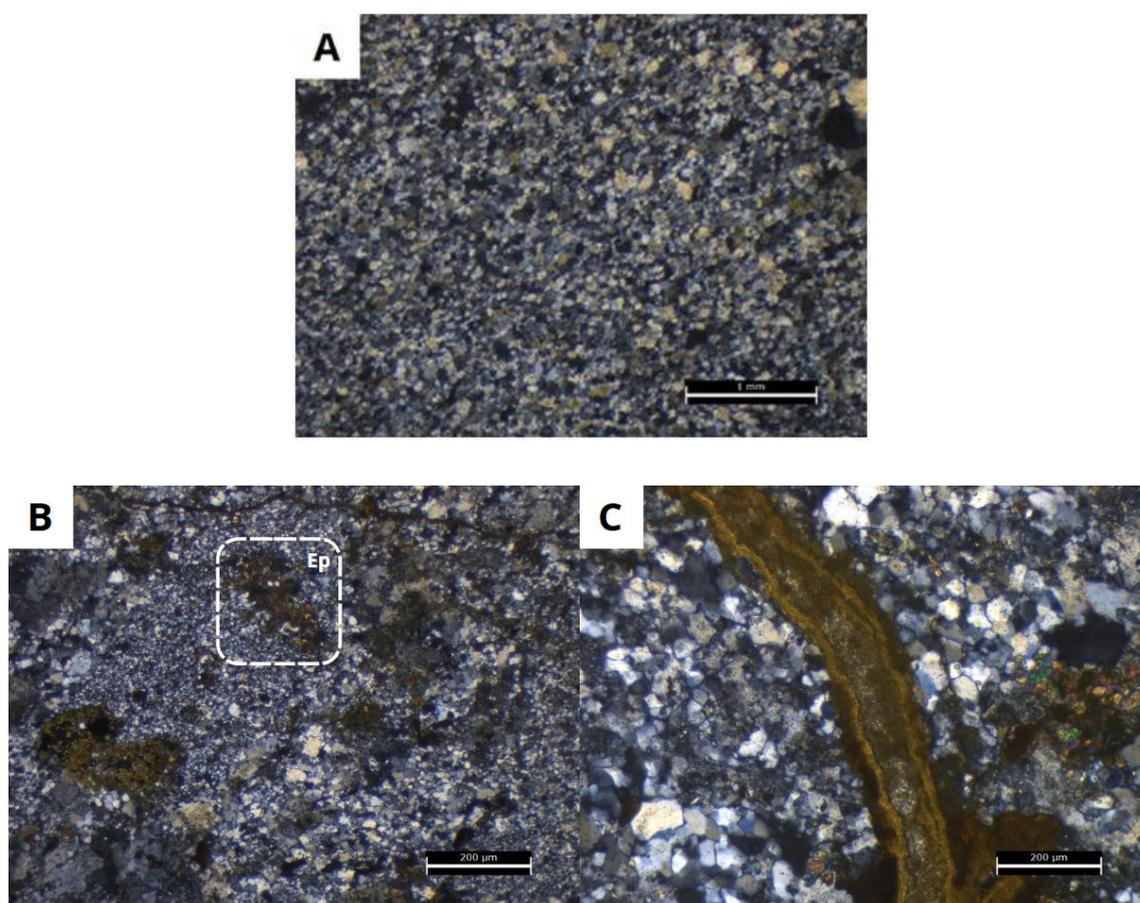


Figura 14: Fotomicrografia de veio de quartzo; A) Fotomicrografia da amostra GF-002A, textura equigranular fina de quartzo; B) Microfotografia da amostra GF-001A, agregado de quartzo e epidoto; C) Fotomicrografia da amostra GF-001A, em detalhe veio de biotita. Ep - epidoto

7.2 DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

A seguir serão apresentados os resultados da técnica de difratometria de Raios X (DRX), obtidos da análise de 30 amostras (Tabela 2) selecionadas pelo tipo de venulação e alteração. O capítulo é dividido em dois aspectos de assembleias minerais, sendo a (I) a caracterização dos sulfetos e a (II) caracterização dos argilominerais.

7.2.1 SULFETOS

Os dois sulfetos identificados pela técnica são pirita e molibdenita. A pirita é o sulfeto mais abundante nas amostras, ocorrendo de forma disseminada na rocha ou contida nas venulações. Já a molibdenita é menos expressiva nos difratogramas, sendo concentrada apenas nas venulações. Nos difratogramas de rocha total a molibdenita está presente nas amostras GF-004A e F4-76,40. Já nas amostras GF-112 F4-32,80 F4-38,70 F4-59,63 F4-76,40 F4-195,30 F4-215,95 F4-306,30 F4-320,20 F4-367,20 e F4-367,70 a pirita foi identificada.

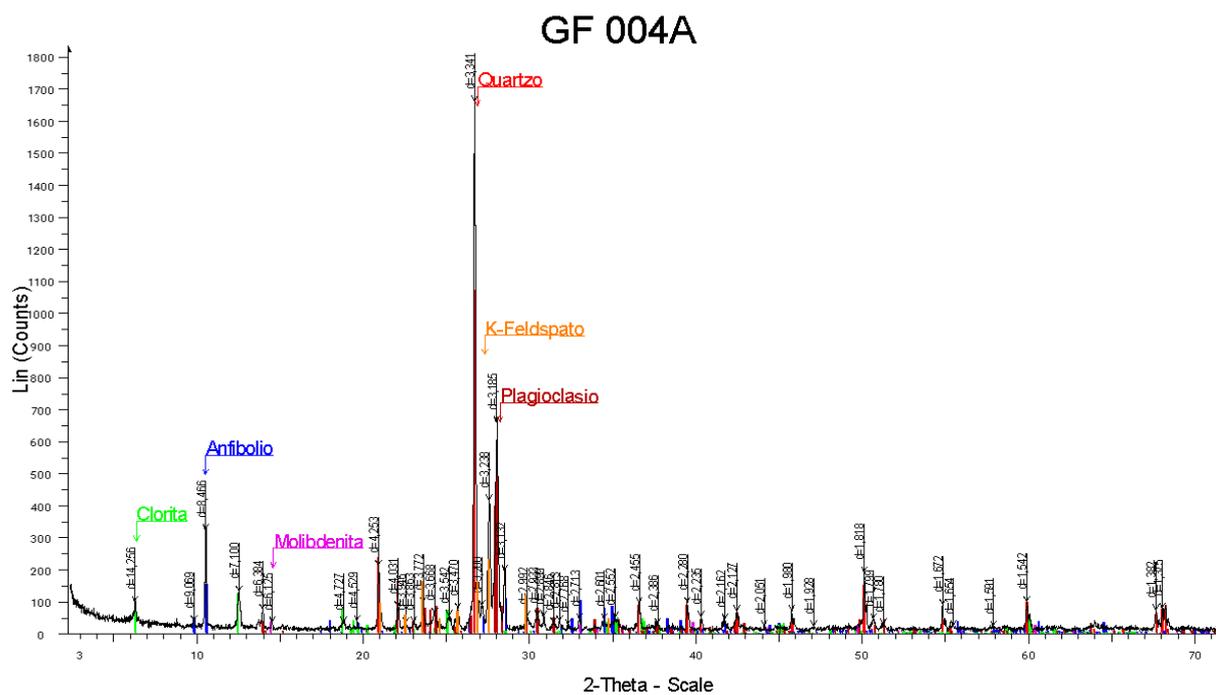


Figura 15: Difratoograma da amostra GF-004A, apresentando molibdenita.

No difratograma da amostra GF-004A (Figura 15) foi possível identificar e semi-quantificar as seguintes fases minerais: anfibólio (16,7%), quartzo (19,2%), clorita (11,5%), plagioclásio (35,6%), K-Feldspato (14,8%) e molibdenita (2,1%).

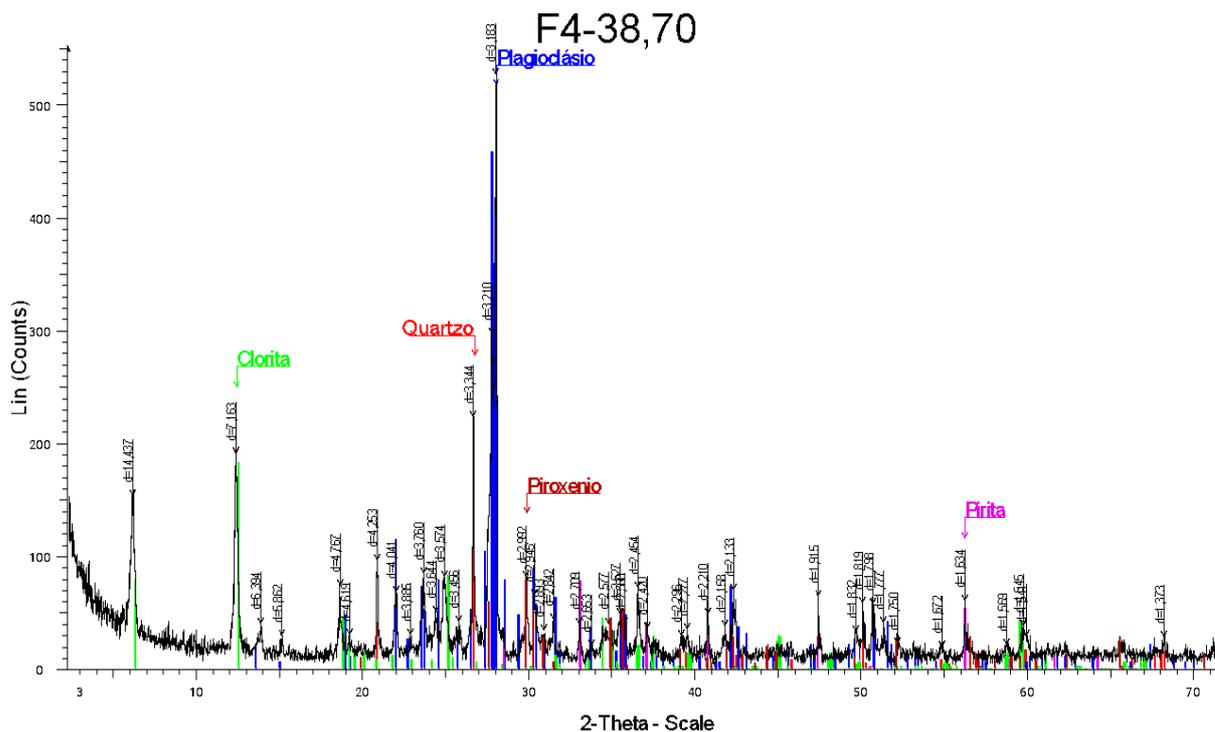


Figura 16: Difratoograma da amostra F4-38,70, apresentando pirita.

No difratograma da amostra F4-38,70 (Figura 16) foi possível identificar e semiquantificar as seguintes fases minerais: quartzo (3,2%), clorita (7,5%), plagioclásio (80,8%), piroxênio (5,4%) e pirita (3,1%).

7.2.2 ARGILOMINERAIS

Foi realizada a análise por DRX utilizando o método de argilas orientadas (nas formas natural, saturada com etilenoglicol e calcinada) para a caracterização dos argilominerais presente nas amostras. Foi possível identificar esmectita e clorita nas amostras F4-32,80, F4-32,96, F4-38,70, F4-59,63, F4-306,30, F4-367,20 e F4-367,70

O argilomineral mais presente nas amostras analisadas é a clorita, apresentando picos em 14,3 Å (001) e 7,16 Å (002), sendo o (002) com maior intensidade que o (001) em decorrência da predominância de Fe na composição química. A clorita não é expansiva, por isso não foi observado o deslocamento do

pico com a saturação de etilenoglicol, no entanto, quando calcinada a 550°C durante 3 horas, o pico (002) colapsa, restando apenas o (001) com menor intensidade.

A esmectita apresenta-se em menor quantidade (traços) que a clorita nas amostras. Ela apresenta pico característico em 15 Å que quando saturada com etilenoglicol se desloca para 17 Å devido à expansão do mineral. Já o processo de calcinação a 550°C durante 3 horas, faz com que o pico da esmectita mude para 10 Å, sendo possível distinguir este mineral da clorita.

7.3 QUÍMICA MINERAL

Foram realizadas 254 microanálises pontuais de sulfetos e 326 microanálises pontuais de silicatos. Os sulfetos analisados são pirita e calcopirita, os silicatos analisados são: anfibólio, piroxênio, epidoto, biotita, clorita, prehnita e plagioclásio. Foi analisado os fechamentos total para cada fase mineral, onde foram utilizadas apenas as análises com fechamento adequado.

7.3.1 ANFIBÓLIO

Foram realizadas 22 microanálises pontuais em anfibólio em 4 sítios cristalquímicos. As análises das amostras F4-306,30 são representadas pela sigla Anf I e GF-004A pela sigla Anf II, classificadas com magnésio-horblenda e actinolita. O membro da amostra F4-38,70 representado por Anf III apresenta $(Na+K) > 0,50$ e $Ti < 0,50$ sendo classificada entre magnésio-hastingsita e pargasita, não podendo se definir os membros, pois não há quantificação do Fe^{+3} .

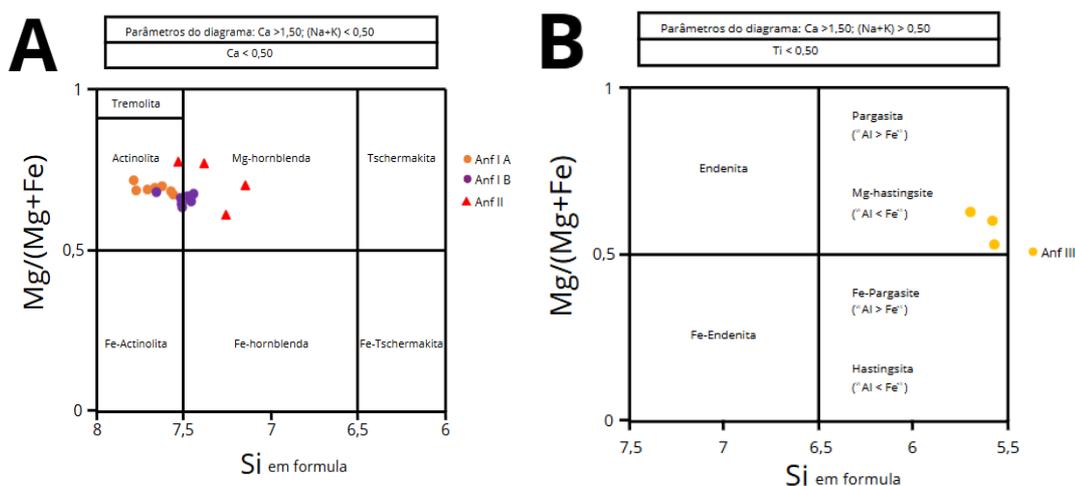


Figura 17: Diagrama de classificação de anfibólios (Leake *et al.*1997); A) Apresenta as variações composicionais de anfibólio das amostras F4-306,30 e GF-004^a, para condições de $(Na + K) < 0,50$; B) Apresenta a composição do anfibólio na amostra F4-38,70, para condições de $(Na + K) > 0,50$ e $Ti < 0,50$.

7.3.2 PIROXÊNIO

Foram realizadas 17 microanálises pontuais em piroxênio em 3 sítios cristaloquímicos. As análises da amostra GF-112 são representados pela sigla Cpx I e as da amostra F4-38,70 pela sigla Cpx II. Segundo o diagrama de classificação Wo-En-Fs (Morimoto, 1990), os cristais têm composição química de augita, embora algumas análises apresentem composição próxima a transição augita-diopsídio.

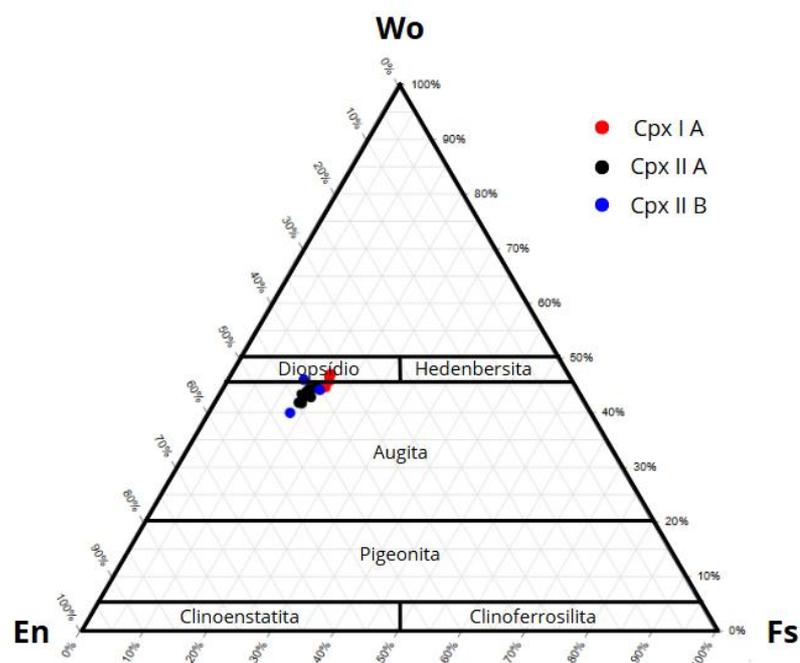


Figura 18: Diagrama ternário Wo-En-Fs de classificação do piroxênio segundo Morimoto (1990), representativo das amostras F4-38,70 e GF-112.

7.3.3 EPIDOTO

Foram realizadas 25 microanálises pontuais em epidoto, de alteração dos plagioclásios, em 3 sítios cristaloquímicos. As análises da amostra GF-004A são representados pela sigla Ep I e as da amostra GF-112 pela sigla Ep II. Segundo o diagrama de classificação de Fe^{+3} por Al_{total} , as análises têm composição química de epidoto, embora algumas análises apresentem composição próximas a transição epidoto-clinozoisita.

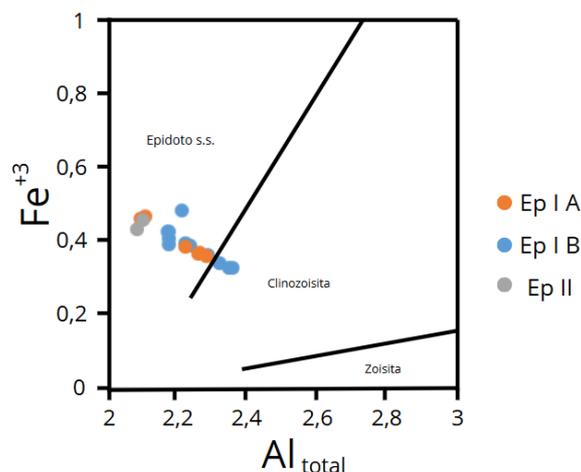


Figura 19: Diagrama de classificação do epidoto Franz & Liebscher (2004), representativo das amostras GF-004 e GF-112.

Para os epidotos analisados foi calculado o índice de pistacita (Xps) (Tabela 3), onde as 3 populações analisadas são de alteração de plagioclásio. O desvio padrão de 4,09 na amostra Ep I B ocorre pela presença de duas populações diferentes de epidoto. A análise foi realizada em agregados contendo clorita, epidoto e anfibólio, próximo a um veio composto de quartzo e epidoto, sugerindo que foi analisado epidoto de alteração do plagioclásio e epidoto associados com os veios proximais.

	Ep I A	Ep I B	Ep II
Nº de análises	11	11	3
Xps	14,9	18,2	17,9
Desvio padrão	1,85	4,09	2,5

Tabela 3: Tabela de cálculo de pistacita; Xps ($100 * (Fe^{3+} / (Fe^{3+} + Al))$) dos epidotos analisados.

7.3.4 PLAGIOCLÁSIO

Foram realizadas 7 microanálises pontuais em plagioclásio, em 3 sítios cristalóquímicos. As análises das amostras F4-306,30 segundo o diagrama de

classificação dos plagioclásios Deer *et al.*, (1992), mostra composição química de andesina.

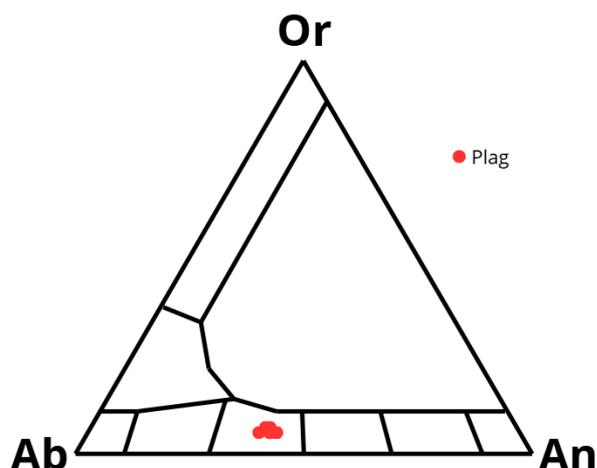


Figura 20: Diagrama ternário de classificação de plagioclásio Deer *et al.*, (1992).

7.3.5 BIOTITA

Foram realizadas 24 microanálises pontuais em biotita em 4 sítios cristaloquímicos. As análises são da amostra F4-306,30, sendo a biotita com textura *sagenitic* de origem magmática representada pela sigla Bt nd, biotita hidrotermal associada aos sulfetos pela sigla Bt H e a biotita cloritizada associada aos veios de quartzo. Segundo o diagrama de classificação de $Fe/(Fe+Mg)$ por Al^{IV} (Figura 21) as análises de biotita *sagenetic* tem razão $Fe/(Fe+Mg)$ próximas a composição química de membros magnesianos. Já a biotita hidrotermal associada aos sulfetos apresenta variação nos teores tanto de Fe quanto de Al^{IV} .

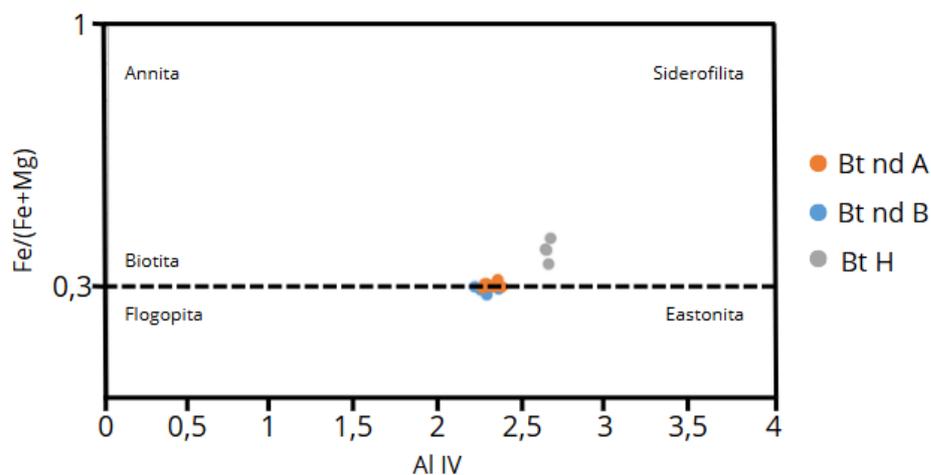


Figura 21: Diagrama de classificação da biotita de Guidotti (1994) da amostra F4-306,30.

A biotita venular hidrotermal associada a veios de quartzo apresentam-se cloritizadas. As análises por microsonda mostram as misturas quando representadas no diagrama ternário MR3-2R3-3R2 de Velde (1985).

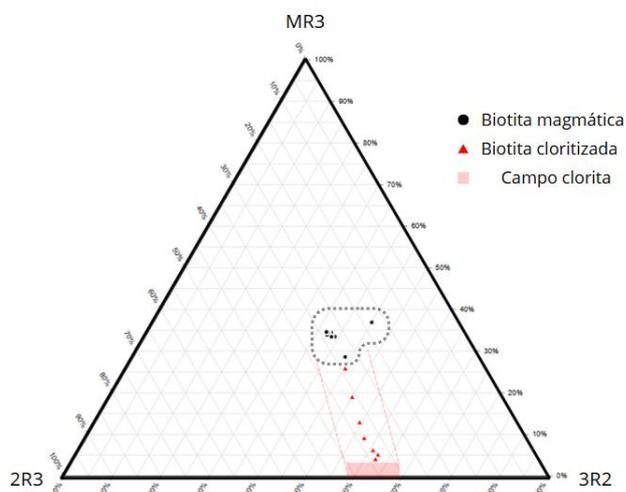


Figura 22: Diagrama ternário MR3-2R3-3R2 de Velde (1985), as amostras de biotita cloritizadas apresentam um *trend* entre biotita magmática e clorita, classificadas pela variação de K na composição química.

7.3.6 CLORITA

Foram realizadas 134 microanálises pontuais em clorita em 15 sítios cristaloquímicos. As análises de clorita foram realizadas nas amostras GF-004A, GF 112, F4-38,70 e F4-306,30. As análises em clorita foram divididas em grupos por lâmina petrográfica e em subgrupos por sítios cristaloquímicos.

A amostra GF-004A é representada pela sigla CI I, subdividido em 5 sítios cristaloquímicos (A, B, C, D e E). Na petrografia identificou-se que as clorita que alteram anfibólio e biotita mostrando variação química de Al^{IV} , representadas no diagrama de Bayliss (1975) e classificadas como Mg-chamosita (Figura 23).

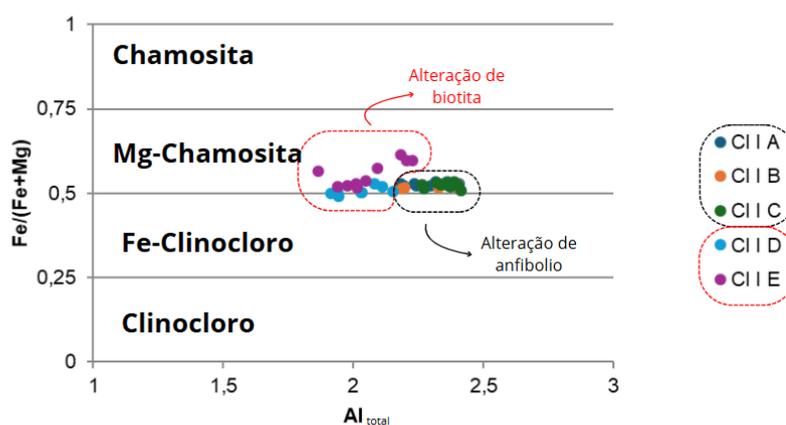


Figura 23: Diagrama de classificação de clorita Bayliss (1975) da amostra GF-004A.

Análises em clorita da amostra GF-112 são representadas pela sigla CI II, subdividido em 4 sítios cristaloquímicos (A, B, C e D). Na petrografia identificou-se que se trata de clorita proveniente de alteração de biotita. No diagrama de Bayliss (1975) as análises mostram a classificação Fe-clinocloro (Figura 24).

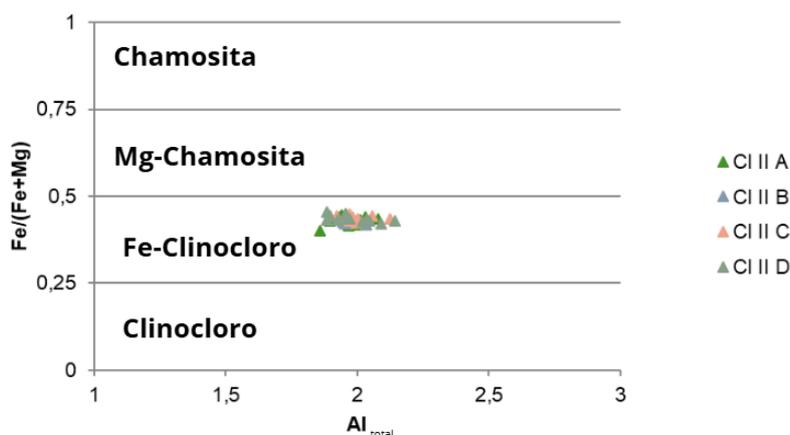


Figura 24: Diagrama de classificação de clorita Bayliss (1975) da amostra GF-112.

Análises da amostra F4-306,30 são representadas pela sigla CI III, subdivididas em 3 sítios cristaliquímicos (A, B e C). A clorita III é enriquecida em Fe sendo classificada no diagrama de Bayliss (1975) como chamosita. Na petrografia observa-se que estes cristais de clorita ocorrem associados a pirita e em veios ocasionando um aumento relativo na concentração de Fe na estrutura (Figura 25).

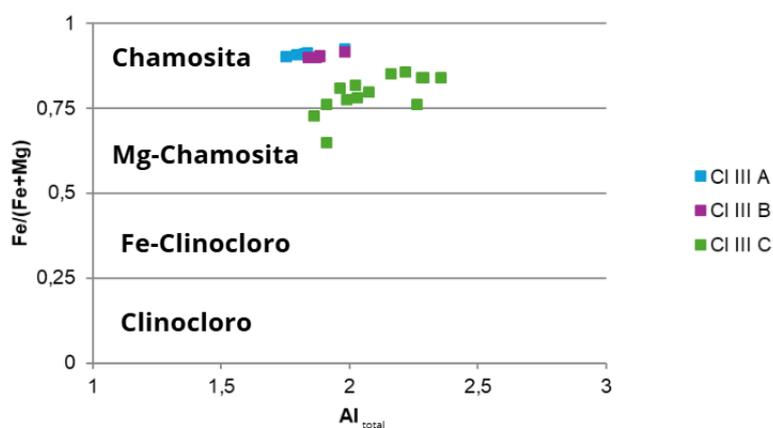


Figura 25: Diagrama de classificação de clorita Bayliss (1975) da amostra GF-306,30.

Análises na amostra F4-38,70 são representadas pela sigla CI IV, que foram subdivididas em 3 sítios cristaliquímicos (A, B e C). Na petrografia identificou-se que a clorita altera plagioclásio, e substitui completamente os cristais deste último

mineral ocasionam “franjas”. No diagrama de Bayliss (1975) a clorita é classificada como Fe-clinocloro (Figura 26).

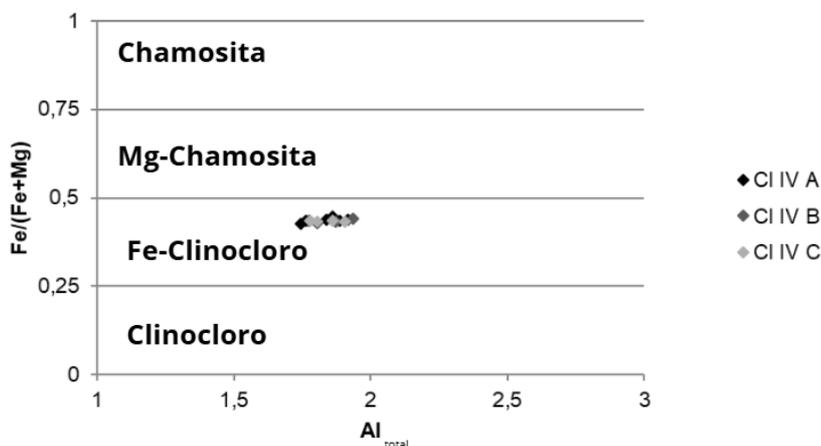


Figura 26: Diagrama de classificação de clorita Bayliss (1975) da amostra F4-38,70.

Para os cristais de clorita analisados foi aplicado ao geotermômetro de Cathelineau (1988), que consiste na variação do Al no tetraedro (Al^{IV}), onde cristais com maior teor de Al^{IV} podem indicar formação a temperatura elevadas. Os resultados indicam temperaturas entre 245°C e 210°C para clorita originária de alteração de biotita e temperaturas entre 300°C para clorita originária de alteração de anfibólio. As cloritas originárias da alteração de plagioclásio têm temperatura de 180°C e as cloritas que ocorrem associadas ao sulfeto tem temperatura entre 200°C e 255°C (tabela 3).

Amostra	Temperatura	
	CI I	CI I A
CI I B		316°C
CI I C		312°C
CI I D		240°C
CI I E		245°C
CI II	CI II A	214°C
	CI II B	233°C
	CI II C	221°C

	CI II D	211°C
CI III	CI III A	202°C
	CI III B	216°C
	CI III C	254°C
CI IV	CI IV A	183°C
	CI IV B	186°C
	CI IV C	183°C

Tabela 4: Tabela de temperaturas calculadas segundo geotermômetro de clorita proposto por Cathelineau (1988).

Para os cristais de clorita foi também utilizado o geotermômetro de Bourdelle & Cathelineau (2015) (Figura 27), que utiliza a modelo de isothermas para o conteúdo de R^{2+} ($R^{2+} = Fe + Mg$) por Si *apfu*, sendo todo Fe considerado Fe^{+2} . Os resultados indicam temperaturas aproximadas da isoterma de 300°C para clorita originária de alteração de anfibólio e temperaturas entre 100°C a 300°C para clorita originária de alteração de biotita e associadas aos sulfetos.

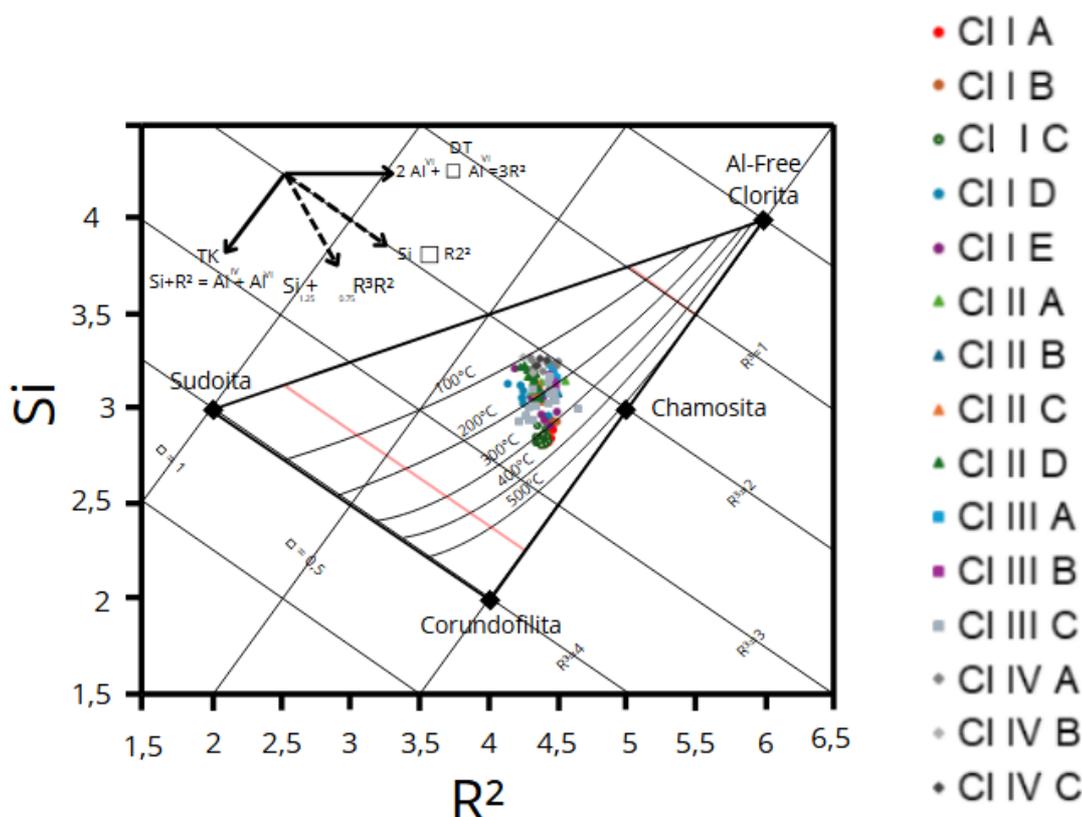


Figura 27: Diagrama de Bourdelle & Cathelineau (2015), para as variações de temperatura entre os grupos de cloritas.

7.3.7 PREHNITA

Foram realizadas 21 microanálises pontual de prehnita em 2 sítios cristaloquímicos (Tabela 5). As análises são da amostra GF-112, onde a prehnita apresenta hábito fibrorradiado e é associada a cristais de clorita. Com as análises é possível obter uma fórmula química média da prehnita (Tabela 4), que é classificada como Ferriprehnite (*cf.* Nagashima *et al.*, 2021).

	Fórmula química estrutural
Prehnita A	$\text{Ca}_{2,08}(\text{Al}_{0,72} \text{Fe}_{0,25}) (\text{Al}_{0,96} \text{Si}_{3,04}) \text{O}_{10} (\text{OH})_2$
Prehnita B	$\text{Ca}_{2,09}(\text{Al}_{0,71} \text{Fe}_{0,29}) (\text{Al}_{0,94} \text{Si}_{3,06}) \text{O}_{10} (\text{OH})_2$

Tabela 5: Formula química estrutural para as ferriprehnita.

	Prh A	Prh B
Óxido	Nº11	Nº10
SiO ₂	42,17	42,33
Al ₂ O ₃	19,55	19,36
FeO	4,17	4,77
CaO	26,81	26,98
Total	93,75	94,02
NºIons		
Si	3,04	3,06
Al	1,68	1,65
Al ^{IV}	0,96	0,94
Al ^{VI}	0,72	0,71
Fe	0,25	0,29
Ca	2,08	2,09
OH	2,00	1,99
Total	9,12	9,13

Tabela 6: Tabela das médias de composições em óxidos e número de íons da ferriphehnita.

7.3.8 SULFETO

Foram realizadas 254 microanálises pontuais em pirita e calcopirita. Na amostra F4-38,70 foram analisados 60 pontos em 3 sítios cristalquímicos nos aglomerados de pirita. Na amostra F4-306,30 foram analisados 194 pontos em 5 sítios cristalquímicos de pirita e 3 sítios em calcopirita. Todos os sulfetos analisados estão contidos em veios hidrotermais.

As fases minerais identificadas não apresentam variações químicas discrepantes, e os elementos Ti, Co, Ni, Zn e As apresentaram valores traços ou nulo.

	Amostra	Formula química estrutural
4- 30 6, 30	Calcopirita A	Cu_{0,991}Fe_{0,998}S₂

	Calcopirita B	Cu₁Fe_{1,03}S₂
	Calcopirita C	Cu_{1,02}Fe_{1,04}S₂
	Pirita A	Fe_{0,99}S₂
	Pirita B	Fe_{0,993}S₂
	Pirita C	Fe_{0,996}S₂
F4-38,70	Pirita A	Fe_{0,994}S₂
	Pirita B	Fe_{0,991}S₂
	Pirita C	Fe_{0,993}S₂

Tabela 7: Formula química estrutural de calcopirita e pirita da amostra F43006,30 e de pirita da amostra F4-38,70.

8 DISCUSSÃO

O sistema pórfiro Santo Antônio se desenvolve em rochas da suíte Vauthier (598-595 Ma; Laux 2017), incluindo dacito porfirítico e monzodiorito que são intrudidos por diques de latito e basalto. As amostras destas rochas apresentam veios magmático-hidrotermais representativos de sistemas hidrotermais do tipo pórfiro identificados mundialmente (e.g., La Colosa, 2017).

Nas amostras estudadas são identificadas 2 fases de veios, (I) precoces e (II) tardios, que são classificados com base em suas morfologias e assembleias mineralógicas. Os veios precoces (I) são sinuosos e normalmente apresentam contatos difusos (Figura 8.a) e compostos por quartzo fumê, magnetita e sulfetos, sendo classificados como tipo A (cf. Sillitoe, 2010). Os veios tipo B (Figura 8.c) apresentam contatos retos com uma infiltração central de sulfeto ou carbonato, ocasionada pelo processo de reinfiltração de fluidos.

A formação dos veios precoces ocorre no estágio inicial do processo magmático-hidrotermal, onde a rocha cortada por estes veios não está ainda totalmente fria e/ou cristalizada. Veios de biotita precoce (EB) (Figura 8.b) ocorrem no mesmo estágio de geração dos veios tipo A ou até mesmo precoces a estes.

Os veios tardi-magmáticos (II) são classificados com tipo D e compostos por carbonato, quartzo e sulfeto, são veios milimétricos de contatos retos com a encaixante, e geralmente interceptam e reinfiltam os veios precoces.

Os veios tipo A e B (Figura 6) são gerados nas zonas de maior temperatura do sistema hidrotermal do tipo pórfiro, indicando proximidade a zonas de alteração potássica (Sillitoe, 2010). Essa relação cronológica entre os veios auxilia na compreensão das zonas de alteração do sistema, uma vez que os veios precoces têm relação com temperaturas mais elevadas, evidenciando processos de sobreposição das zonas de alteração devido ao resfriamento do sistema hidrotermal.

Uma característica particular do sistema pórfiro Santo Antônio é a ocorrência de vênulas de prehnita, que ocorrem em zonas de alteração propilítica.

Os sulfetos ocorrem de forma disseminada na rocha ou contida em veios magmático-hidrotermais. Na descrição macroscópica das amostras a presença de molibdenita é restrita aos veios associados a temperatura mais elevadas, sendo identificada por difratometria de raios X em duas amostras que apresentavam veios (GF-004A e F4-76,40). Pirita, calcopirita e bornita ocorrem de forma disseminada e são identificadas nas amostras macroscopicamente, porém, a calcopirita e bornita, não foram identificadas por difratometria de raios X.

O sistema pórfiro apresenta zonas de alteração constituídas por assembleias minerais específicas. Segundo (Robb, 2004), a alteração propilítica apresenta condições de baixas a moderadas temperaturas (250-400°C), além de baixas razões fluido/rocha. A alteração potássica apresenta a passagem de fluido de temperaturas mais elevadas (500-600°C).

Os resultados da petrografia corroboram para a caracterização de zonas de alteração hidrotermal. Os conjuntos de lâminas petrográficas que apresentam alteração propilítica moderada são: GF-004A, GF-004B, GF-110, GF-111, e F4-367,20, com presença de assembleias constituídas pelos minerais epidoto e clorita. Já as amostras GF-112, F4-35,80 e F4-38,70 apresentam alteração propilítica leve, com presença de seritização e cloritização. Não apresentam veios, o que ocasiona pouca interação rocha-fluido, gerando alteração incipiente. A amostra GF-112 foi

coletada a aproximadamente 1 km a sudeste da sondagem F4, distante da fonte de fluido, ocasionando leve alteração.

Por outro lado, as amostras F4-215,95 e F4-306,30 apresentam alteração potássica moderada, com a presença de assembleia constituída por biotita hidrotermal que substitui parte do anfibólio.

Tanto a alteração propilítica quanto a potássica já haviam sido descritas na região da Mina Barcelos, inclusa na suíte Vauthier por Laux *et al.*, (2009) e Custódio (2020), evidenciando processos de epidotização, seritização, carbonatação e rara cloritização, além da presença de molibdenita, pirita, calcopirita, galena, esfalerita e magnetita.

As análises de química mineral em anfibólio da amostra F4-306,30 mostra que não há variações expressivas entre as fases minerais, sendo classificadas entre actinolita e magnésio hornblenda de origem magmática. O anfibólio da amostra de basalto (F4-38,70) apresenta uma relação de $Na + K < 0,50$ e $Ti > 0,50$, sendo classificada entre magnésio-hastingsita e pargasita, não podendo se definir os membros, pois não há quantificação do Fe^{+3} .

Nas análises de química mineral da biotita, observou-se 3 grupos distintos de cristais, sendo elas: (I) biotita precoce associada a veios de quartzo que apresentam composição química deficiente em K, evidenciando que foram afetadas por um segundo evento hidrotermal posterior associado à cloritização da biotita precoce; (II) biotita com textura *sagenitic* de origem magmática, com composição química entre flogopita e biotita; (III) biotita hidrotermal com razão $Fe/(Fe+Mg)$ levemente elevada em comparação aos cristais de biotita magmática, pois são associados aos sulfetos.

Com as análises de epidoto identificou-se que as variações químicas podem estar associadas à influência de veios com epidoto sobre cristais distintos de epidoto em agregados ou de alteração de plagioclásio.

Na amostra CI I (Figura 23), observam-se duas temperaturas de formação diferentes para cristais de clorita. Em petrografia identificou-se que os mineral primários alterados que originaram a clorita com temperatura de 350°C são cristais de anfibólio magmático, e que temperatura de 200°C são proveniente da alteração de biotita primária. A clorita das amostras CI III é classificada como chamosita (*cf.* Bayliss, 1975), sendo associada petrograficamente a pirita (FeS_2). Nesse contexto, o enxofre (S) disponível no sistema é consumido para formação da pirita, o que resulta em um excesso relativo de ferro. Esse ferro excedente é então incorporado à

estrutura das cloritas, conferindo-lhes uma composição enriquecida em Fe. Nas amostras CI II e CI IV a clorita é classificada como Fe-chamosita (cf. Bayliss, 1975). Contudo foi observado que a temperatura do geotermômetro de Cathelineau (1988), nas duas amostras, tem variação significativa. Petrograficamente a clorita CI IV formam “franjas” em plagioclásio ou substituem o plagioclásio por completo (Figura 13. b e d), enquanto a clorita CI II é de alteração de biotita. A variação da temperatura entre a clorita CI II e CI IV ocorre pela diferença de mineral primário que a clorita substitui.

9 CONCLUSÃO

As descrições macroscópicas das amostras mostraram que os veios magmáticos-hidrotermal presentes no sistema pórfiro Santo Antônio, são característicos desse tipo de depósito identificados mundialmente.

Foram caracterizadas duas zonas de alteração bem definidas, alteração propílitica com intensidade moderada a fraca, com assembleias mineral de epidoto, clorita, prehnita e carbonato e alteração potássica moderada com biotita hidrotermal substituindo parte do anfibólio e biotita hidrotermal associada à clorita e pirita.

O geotermômetro de clorita aplicado no trabalho auxiliou na compreensão das diferentes temperaturas da alteração hidrotermal, entre 100 e 380°C.

A classificação da química mineral das amostras ajudou na caracterização e identificação dos minerais primários e secundários, e seus processos de formação;

- Anfibólio: Mg-hornblenda (magmática) a actinolita (hidrotermal);
- Plagioclásio: andesina (magmática); Biotita: Bt nd (magmática) tem $Fe/(Fe+Mg) = 0,3$ e Bt H (hidrotermal) tem $Fe/(Fe+Mg) > 0,4$;
- Epidoto: pistacita a clinozoisita;
- Clorita: CI I - Mg-chamosita, CI II - Fe-clinocloro, CI III - Chamosita e CI IV - Fe-clinocloro, refletindo a composição dos minerais primários alterados.

REFERÊNCIAS

- Bayliss, P. (1975). Nomenclature of the trioctahedral chlorites.
- Bird, D. & Spieler, AR. (2004). Epidote in Geothermal Systems. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry - REV MINERAL GEOCHEM.* 56. 235-300. 10.2138/gsrng.56.1.235.
- Borba, M.L. Os Depósitos de Cu-Au-Mo do tipo pórfiro de Bajo de La Alumbrera e Água Rica, Argentina: considerações genéticas sobre formação e fonte de minério. Porto Alegre, 2011. 68p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UFRGS.
- Bourdelle, F. and Cathelineau, M., Low-temperature chlorite geothermometry: a graphical representation based on a T–R₂₊–Si diagram, *Eur. J. Mineral.*, 2015, vol. 27, pp. 617–626.
- Camozzato, E. ; Philpp, R. P. ; Laux, J. H. ; Nardi, L. V. S. ; Sander, A.. Magmatismo Pós-Colisional no Terreno Taquarembó: geologia e geoquímica das Suítes Santo Afonso, Saibro e Vauthier e Granito Passo da Chácara, RS. Em: XIV Congresso Brasileiro de Geoquímica, 2013, Diamantina. XIV Congresso Brasileiro de Geoquímica. Belo Horizonte: SBGq, v. 1, p. Submetido, 2013.
- Cathelineau, M. (1988). Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay minerals*, 23(4), 471-485.
- Chemale JR., F. 1982. Geologia da Região de Palma, São Gabriel, Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 136p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UFRGS.
- Chiodi, Cid. Guias Prospectivos para Mineralizações em Rochas Granitoides. Estudos e Documentos - CETEM, v. 34, p. 1-64, 1997.
- Cortes, D.M.B. Caracterização Petrográfica dos pórfiros e das alterações hidrotermais e química mineral dos Filossilicatos associados no sistema Yarumalito Antioquia-Colômbia. Porto Alegre, 2015. 100p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UFRGS.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2010. Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectométricos. Rio de Janeiro: Lasa Prospecções, 2010. 27 v. Programa Geologia do Brasil - PGB.
- Cruz, R. F. DA. Levantamento geológico e do potencial mineral de novas fronteiras: Projeto Sudeste do Rio Grande do Sul: escalas 1:250.000 e 1:100.000, estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/21135>>. Acesso em: 1 out. 2022.
- Custódio, C. M. Caracterização do rejeito da Mina Barcellos (Au) e sua correlação com a Suíte Vauthier, Dom Pedrito, RS. 2020. 108 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2020.
- Custódio, C. M.; LAUX, J. H.; SANDER, A.; QUEIROGA, G. N.Q. Mina Barcelos um depósito epitermal da Suíte Vauthier, Dom Pedrito (RS). In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 11., 2019, Bento Gonçalves, RS. Anais[...] Bento Gonçalves: SBG, 2019 . Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21546>. Acesso em: 5 jan. 2023.
- Dalm, M., Buxton, M. W., van Ruitenbeek, F. J., & Voncken, J. H. (2014). Application of near-infrared spectroscopy to sensor based sorting of a porphyry copper ore. *Minerals Engineering*, 58, 7-16.
- Deer, W. A., Howie, R. A., and Zussman, J.: An introduction to the rock forming minerals, 2nd ed., Addison Wesley Longman, Harlow, UK, 1992.

- Frank, H. T. Mineralogia I. Apostila de Mineralogia I - UFRGS, 2014.
- Franz, Gerhard & Liebscher, Axel. (2004). Physical and Chemical Properties of the Epidote Minerals- An Introduction. Reviews in Mineralogy & Geochemistry - REV MINERAL GEOCHEM. 56. 1-81.
- Gastal, M.C.P. 1997. Suíte Intrusiva Saibro, RS: Avaliação de um Modelo Petrológico. Porto Alegre. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Gastal, M. C. P.; Lafon, J. M. Gênese e evolução dos granitoides metaluminosos de afinidade alcalina da porção oeste do Escudo sul-rio-grandense: geoquímica e isótopos de Rb-Sr e Pb-Pb. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 28, n. 1, p.11-28, 1998.
- Gastal, Maria & Lafon, Jean-Michel & Ferreira, Francisco & MAGRO, FRANCISCO & Remus, M.V.D. & Sommer, Carlos. (2006). Reinterpretação do Complexo Intrusivo Lavras do Sul, RS, de acordo com os sistemas vulcano-plutônicos de subsidência. Parte 1: Geologia, geofísica e geocronologia (207Pb/206Pb e 206Pb/238U). Rev. Bras. Geoc.. 36. 99-113.
- Girelli, T.J., Chemale JR., F., Lavina, E.L.C., Laux, J.H., Bongioiolo, E.M. & Lana, C. 2018 Granulite accretion to Rio de la Plata Craton, based on Zircon U-Pb-Hf isotopes: Tectonic implications for Columbia Supercontinent reconstruction. Gondwana Research, 56: 105-118.
- Guidotti, C. V. (1984). 10. MICAS in METAMORPHIC ROCKS. *Micas*, 357-468.
- Hartmann, L.A.; Chemale, Jr., F.; Philipp, R.P. 2007. Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano. In: Frantz, J.C., Ianuzzi, R. (eds.), 50 anos de Geologia no Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS-PETROBRÁS, p.97-123.
- Iglesias, C. M. da F. Análise integrada de dados geológicos e estruturais para a prospecção de ouro na região de Torquato Severo (RS). Porto Alegre, 2000. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000..
- Laux, J.H. 2018. Geologia e recursos minerais da folha Lagoa da Meia Lua, SH, 21-Z-B-VI: estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. CPRM, 255p.
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., ... & Youzhi, G. (1997). Nomenclature of amphiboles; report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on new minerals and mineral names. *Mineralogical magazine*, 61(405), 295-310.
- Melfi, A. J., Misi, A., Campos, D. D. A., & Cordani, U. G. (2016). Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios. 420p.
- Monteiro, C.F., Oliveira, I.L, Brod, J.A., Dantas, E. L., Ganade, C.E., Zacchi, E. N.P & Fuck, R.A. 2020. Nd-Sr-Hf isotopes and U-Pb ages of mesoproterozoica Três Estradas Alkaline-Carbonatite Complex, Brazil: Implications for Sul-Riograndense Shield Evolution and Rodina break up. Precambrian Research, 351: 105963.
- Morimoto, N. Nomenclatura de piroxênios. Tradução do original Nomenclature of pyroxenes por GARDA, M. G.; ATENCIO, D. Revista Brasileira de Geociências, v. 20, p. 318-328, 1990.
- Naranjo, Andres & Horner, Johannes & Jahoda, Rudolf & Diamond, Laryyn & Castro, Adriana & Uribe, Aura & Perez, Maria & Paz, Hermel & Mejia, Carlos & Weil, Jonas. (2018). La Colosa Au Porphyry Deposit, Colombia: Mineralization Styles, Structural Controls, and Age Constraints. Economic Geology. 113. 553-578. 10.5382/econgeo.2018.4562.
- Nardi, L. V. S.; Lima, E. F. A associação shoshonítica de Lavras do Sul, Rs. Boletim Brasileiro de Geociências, Junho 1985. 139-146.
- Nardi, L.V.S.; Hartmann, L.A. 1982. Os Granitos Santo Afonso, Saibro e Vauthier da Região do Arroio Santa Maria Chico, Dom Pedrito, RS: Geologia, Petrografia e Química de Elementos Maiores com Interpretação Geotectônica. Acta Geologica Leopoldensia, 12(6): 153-178.

- Nagashima, Mariko & Nishio-Hamane, Daisuke & Ito, Shuichi & Tanaka, Takahiro. (2021). Ferriprehnite, $\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, an Fe^{3+} analogue of prehnite, from Kouragahana, Shimane Peninsula, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*. 116. 129-139. 10.2465/jmps.210127.
- Paim, P. S. G.; Minas do Camaquã, RS. Marco da história da mineração de cobre no Brasil. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)/Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), p. 501-510, 2002.
- Phillip, R.P., Hartmann, L.A; Chemale Jr.,F.. Significado geotectônico das unidades Paleoproterozóicas no Escudo Sul-Rio-Grandense. In: Simpósio 45 Geocronologia no Brasil, 2009, São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo: EDUSP, 2009. v . 1. P. 283-285.
- Phillip,R.P., Pimentel,M.M & Chemale JR., F 2016. Tectonic Evolution of the Dom Feliciano Belt in Southern Brazil: geological relationships and U-Pb geochronology. *Brazilian Journal of Geology*, 46: 83-104.
- Phillip, R.P.; Girelli, T.J.; Cunha Lopes, R.; Sander, A. 2016b. Geologia do Complexo Granulítico Santa Maria Chico na Região de Fontouras, Dom Pedrito, RS: Significado Tectônico e Implicações sobre o Cráton Ríode la Plata (submetido à Revista Pesquisas em Geociências).
- Quintela, O. Petrografia dos ortognaisses do Complexo Granulítico Santa Maria Chico – Municípios de Bagé e Dom Pedrito, RS. 2016. 65 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2016.
- Ruppel, K.M.V.2017. Temperatura e pressão em ambiente de alteração epitermal – Estudo de caso no Lineamento de Ibaré - RS, Brasil. Porto Alegre, 72p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UFRGS.
- Santos, E. L. dos; Maciel, L. A. C. Relatório de vistoria de acompanhamento de pesquisa áreas da IAMGOLD no RS: DNPM 810.007/04, 810.011/04, 810.024/04, 810.342/04, 810.343/04, 810.344/04, 810.412/04, 810.413/04, 810.521/04, 810.522/04 e 810.523/04. Porto Alegre, DNPM, 2007a. 7p.
- Sinclair, W. D., 2005. Porphyry Synthesis. In: *Synthesis of Deposits Type, Special Publication*. Geological Survey of Canada. Ontario. 1-14.
- Seedorf, Eric et al. *Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features*. 2005.
- Sillitoe, R. H. 2010. *Porphyry Copper Systems*. *Economic Geology*, 105, 3–41.
- Thorman, Charles H. et al. Major Brazilian gold deposits—1982 to 1999. *Mineralium Deposita*, v. 36, p. 218-227, 2001.
- Thompson, A. J. B. & Thompson, J. F. H. 1996. *Atlas of Alteration. A Field and Petrographic Guide to Hydrothermal Alteration Minerals*. Geological Association of Canadá, Mineral Deposits Division, 119p.

ANEXOS

ANEXO I

No anexo I é apresentado os dados de descrições de amostras macroscópica de superfície e do testemunho de sondagem.

Amostras	Posição
GF-001A	Superfície
GF-002A	Superfície
GF-004A	Superfície
GF-004B	Superfície
GF-110	Superfície
GF-111	Superfície
GF-112	Superfície
F4-09,90	Testemunho
F4-18,84	Testemunho
F4-32,80	Testemunho
F4-32,96	Testemunho
F4-35,80	Testemunho
F4-38,70	Testemunho
F4-46,30	Testemunho
F4-55,10	Testemunho
F4-59,63	Testemunho
F4-72,50	Testemunho
F4-72,80	Testemunho
F4-74,20	Testemunho
F4-76,40	Testemunho
F4-80,50	Testemunho
F4-82,40	Testemunho
F4-83,20	Testemunho
F4-98,70	Testemunho
F4-101,60	Testemunho
F4-110,50	Testemunho
F4-125	Testemunho
F4-136,84	Testemunho
F4-195,30	Testemunho

F4-195,80	Testemunho
F4-205,42	Testemunho
F4-206,90	Testemunho
F4-210,90	Testemunho
F4-215,95	Testemunho
F4-217,90	Testemunho
F4-224	Testemunho
F4-228,40	Testemunho
F4-242,30	Testemunho
F4-260,70	Testemunho
F4-261,30	Testemunho
F4-287,20	Testemunho
F4-306,30	Testemunho
F4-320,20	Testemunho
F4-327,25	Testemunho
F4-336,70	Testemunho
F4-340,90	Testemunho
F4-367,20	Testemunho
F4-367,70	Testemunho
F4-373	Testemunho
F4-385,30	Testemunho
F4-387,90	Testemunho
F4-401,90	Testemunho
F4-440,1	Testemunho
F4-469,90	Testemunho

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS DE SUPERFÍCIE

GF001A



Figura 1: Veio de quartzo

Veio de quartzo de cor cinza, estrutura maciça, intensa silicificação e oxidação, apresenta esparsos cristais de plagioclásio alterados para epidoto e sericita em matriz silicosa, diversos veios milimétricos cortam a rocha e óxido de ferro, sulfeto disseminado.

GF002A



Figura 2: Veio de quartzo

Veio de quartzo de cor avermelhada, estrutura maciça, intensa silicificação e oxidação, composto por 100% de quartzo contendo cavidade milimétrica preenchida por quartzo euédrico.

GF004A**Figura 3: Dacito**

Dacito de cor rosada, maciça com textura porfírica, fenocristais de plagioclásio euédrico a subédrico de 5mm, hábito prismático curto, com alteração local para epidoto, presença de inclusões de anfibólio e sulfetos, a matriz fina com presença de anfibólio, plagioclásio, quartzo e sulfeto disseminados, sendo pirita e calcopirita. Os anfibólios são alterados para clorita ou actinolita, tendo hábito fibroso e contendo inclusões de pirita, localmente ocorrem aglomerados de sulfetos, anfibólios e epidoto. A rocha é cortada por veios de quartzo, sulfeto e epidoto de 3mm de espessura com contato reto na encaixante.

GF110**Figura 4: Dacito**

Dacito de cor rosada, de estrutura maciça, textura porfírica com fenocristais de plagioclásio, subédrico de 5mm a 2mm, de hábito prismático curto, alguns apresentam zonação e inclusões de máficos e outros alteração para epidoto e fenocristais de anfibólio subédricos a anédricos de 2mm de hábito prismático a fibroso apresentando alteração para clorita e actinolita, matriz fina composta por plagioclásio, anfibólio, sulfetos e quartzo, veios milimétricos de quartzo e sulfeto cortam a rocha sem direção preferencial, com contatos não nítidos com a encaixante.

GF111**Figura 5: Dacito alterado**

Dacito de cor cinza esverdeado, com sutil foliação magmática, textura porfirítica com fenocristais de plagioclásio subédrico de 1cm a 2 mm, hábito prismático curto e globular, presença de inclusões de sulfetos e alteração seletiva para epidoto, fenocristais de anfibólio euédrico a subédrico de 3 mm, hábito prismático a fibroso apresentando alteração para clorita e actinolita, matriz fina composta de plagioclásio, anfibólio, sulfetos e quartzo, apresenta agregados finos de plagioclásio, anfibólios e sulfetos (glomeroporfítica), os anfibólios na matriz em sua maioria são alterados e têm hábitos fibrosos. Veio tardi magmático composto quartzo e carbonato de 1mm, de contato reto e halo de oxidação na encaixante.

GF112**Figura 6: Latito**

Latito de cor rosada com textura porfirítica demarcada pelos fenocristais de

piroxênios plagioclásio com hábito ripiforme, zonado de 2mm, envolto por matriz afanítica, composta por K-feldspato, plagioclásio, aglomerados de clorita e pirita disseminados.

DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS FURO 4

F4-09,90



Figura 7: Dacito com xenolito

Dacito equigranular fanerítico fino de cor cinza com xenólitos centimétricos de gnaiss com bandas milimétricas, descontínuas de máficos e plagioclásio, sendo os máficos todos alterando para clorita (tons verdes), plagioclásio alterando para epidoto, sulfeto disseminado ou incidente em vênulas com quartzo (Tipo D) ou com biotita, veios do tipo D cortando os xenólitos com contato reto.

10 F4-18,84



Figura 8: Dacito com xenolito

Dacito equigranular fanerítico fino de cor cinza, composto por xenóltios de gnaiss de 1cm a 3cm, com bandamento milimétrico descontínuo composicional de níveis máficos alterados para clorita no contato com o dacito, ocorrem alguns aglomerados de biotita e glómeros de anfibólio, sulfeto e carbonato, próximos a veios milimétricos de sulfetos, carbonatos e quartzo, contato reto com a encaixante.

F4-32,80



Figura 9: Dacito brechado

Dacito equigranular fanerítico fino brechado de cor branca, composto por xenólitos de gnaiss com textura granoblástica de quartzo, foliação milimétrica descontínua, marcada pela orientação dos plagioclásio, composição de quartzo e plagioclásio. Veios cortando a foliação, intercalando os tamanhos, os veios centimétricos são de quartzo, sulfeto e carbonato com raras biotitas nas bordas, e veios milimétricos de carbonatos e sulfetos, os sulfetos ocorrem de forma disseminada no gnaiss e próximos aos veios.

F4-32,96**Figura 10: Dacito brechado**

Dacito porfirítico brechado de cor verde composto por xenólitos de gnaiss, com foliação incipiente e com plagioclásio localmente alterando para epidoto, anfibólio alterando para clorita e biotita pontual, esparsos glomeros de anfibólio, epidoto, carbonato e sulfeto. Apresenta sulfetos disseminados e vênulas de quartzo e sulfeto (Tipo B) de 1cm com halo de biotita e molibdenita.

F4-35,80**Figura 11: Dacito com autolito**

Dacito porfirítico de cor bege, textura porfirítica demarcada pelos fenocristais de plagioclásio subédrico de 2mm, zonados e pontual argilização, matriz muito fina composta de plagioclásio, biotita e anfibólio, sulfeto (pirita) disseminado, formando aglomerados com anfibólio. Apresenta autólitos de diorito de 2cm, contato difuso com as encaixantes e sulfetos ao redor.

F4-38,70**Figura 12: Basalto**

Basalto de cor cinza escuro com textura porfírica, demarcada pelos fenocristais de plagioclásio euédrico com 0,8mm, e matriz afanítica, pirita aparece formando agregados circulares de 0,5 mm.

F4-46,30**Figura 13: Latito**

Latito de cor cinza rosado com textura porfírica demarcado pela presença de plagioclásio ripiforme e K-feldspato, matriz afanítica composta por K-feldspato, plagioclásio, aglomerados de clorita + prehnita + biotita + carbonato.

F4-55,10**Figura 14: Latito com veio de quartzo**

Latito de cor cinza rosado, com textura porfirítica demarcada pelo piroxênio, K-feldspato, raros plagioclásios se alterando para epidoto, e sulfetos disseminados na matriz, Veio de 4 a 5 cm de quartzo granular, gerando um halo de alteração de 2cm, composto por carbonato e clorita, sulfetos ocorrem disseminados.

F4-59,63**Figura 15: Dacito brechado**

Dacito brechado de cor cinza esverdeada, com textura porfirítica, composto por fenocristais de plagioclásio subédricos de 2mm, matriz com agregados de biotita, presença de veios centimétricos de quartzo e sulfeto, e veios milimétricos de carbonato + prehnita.

F4-72,50**Figura 16: Dacito com xenólito**

Dacito com xenólitos centimétricos de gnaíse com bandamento milimétrico composicional, composto de plagioclásios subédricos, e pontualmente alterados para epidoto, os anfibólios estão alterados para biotita e localmente para clorita, presença de aglomerados de anfibólio, carbonato, sulfetos e raros plagioclásios. Veios milimétricos do tipo B de quartzo e linha de sulfeto no centro, ocorrem também veios de carbonatos e sulfetos.

F4-72,80**Figura 17: Dacito**

Dacito, hidrotermalizado com xenólitos com veios de biotita precoce e plagioclásio, a rocha apresenta intensa vênulas milimétricas de quartzo e sulfetos, cortando fenocristais e interagindo com os xenólitos (ou clastos e enclaves). Se dividem em veios primitivos de quartzo >>; sulfeto, e veios tardios sulfeto + quartzo + carbonato.

F4-74,20



Figura 18: Dacito com xenolito

Dacito com xenolito, a amostra contém 2 tipos de rocha. Sendo uma parte de gnaisse I composta de fragmentos de 6cm a 2cm com bandamento regular, contínuo de 1 cm demarcado pela variação composicional, porção máfica (anfíbólios e biotita) e a feldspática (plagioclásio e anfibólio), alguns fragmentos contêm magnetita, os clastos estão cimentados por uma massa de cristais e fragmentos com biotita, pirita e calcopirita disseminado e vênulas de quartzo, epidoto e molibdenita (5%), o diorito é intrusivo na rocha, sendo uma pequena porção desta, tem textura equigranular fina com uma borda escura (afanítica?) em contato reto, composto por plagioclásio zonado, anfibólio fibroso alterando para biotita.

F4-76,40**Figura 19: Dacito**

Dacito de cor cinza equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de quartzo, plagioclásio (alterando para epidoto), anfibólio (alterando para clorita) e sulfetos disseminados (pirita e calcopirita), veios milimétricos de quartzo e molibdenita com halo de alteração.

F4-80,50**Figura 20: Dacito**

Dacito de cor bege com textura porfirítica, demarcado pelos fenocristais de plagioclásio, matriz afanítica composta por agregados de actinolita alterando para clorita e plagioclásio alterando para epidoto, presença de sulfetos disseminados. Veios de quartzo e sulfetos tipo D milimétricos com halo de alteração.

F4-82,40



Figura 21: Dacito com veio tipo B

Dacito de cor bege com textura porfirítica, demarcado pelos fenocristais de plagioclásio, matriz afanítica composta por agregados de actinolita alterando para clorita e plagioclásio alterando para epidoto. Vênulas do tipo B centimétrico, com contato reto e vênulas de quartzo, carbonato e calcopirita (Tipo D),

F4-83,20**Figura 22: Dacito**

Dacito com cor bege equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio, quartzo e agregado máfico composto por anfibólio alterando para biotita ou clorita, em algumas porções.

F4-98,70**Figura 23: Dacito**

Dacito com cor bege equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio alterando para epidoto, quartzo e sulfetos disseminados, veio de quartzo fumê e carbonato com contato reto de 1 cm.

F4-101,60



Figura 24: Dacito com veio de quartzo fume

Dacito com cor bege equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio alterando para epidoto, quartzo, sulfetos disseminados e agregados máfico composto por anfibólio, veio de quartzo fumê e carbonato com contato reto de 1 cm.

F4-110,50



Figura 25: Monzodiorito

Monzodiorito com cor cinza equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio alterando para epidoto, quartzo, sulfetos disseminados e agregados máfico composto por anfibólio, veio de quartzo fumê e sulfeto.

F4-125,00

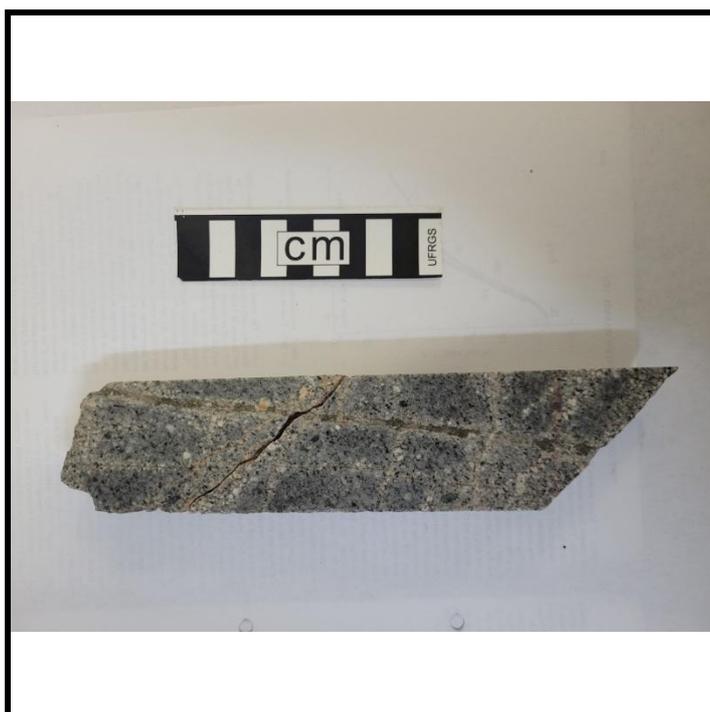


Figura 26: Monzodiorito

Monzodiorito com cor cinza equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio alterando para epidoto, quartzo, sulfetos disseminados e agregados máfico composto por anfibólio, veio de quartzo fumê e sulfeto.

F4-136,84



Figura 27: Monzodiorito

Monzodiorito com cor cinza equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio alterando para epidoto, quartzo, sulfetos disseminados e agregados máfico composto por anfibólio, e veios milimétricos de quartzo e carbonato com contato reto, veios do tipo A (quartzo com contato difuso e sinuoso).

F4-144,44**Figura 28: Monzodiorito**

Monzodiorito silicificado de cor cinza equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio alterando para epidoto, quartzo, sulfetos disseminados e agregados máfico composto por anfibólio, e veios milimétricos de quartzo e carbonato com contato reto, veios do tipo A (quartzo com contato difuso e sinuoso).

F4-145,00**Figura 29: Monzodiorito**

Monzodiorito com cor bege equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio alterando para epidoto, quartzo, sulfetos disseminados e agregados máfico composto por anfibólio, e veios milimétricos de quartzo e carbonato com contato reto, veios do tipo A (quartzo com contato difuso e sinuoso).

F4-145,80



Figura 30: Monzodiorito com veio de quartzo

Monzodiorito silicificado de cor bege equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio alterando para epidoto, quartzo, sulfetos disseminados e agregados máfico composto por anfibólio, e veios milimétricos do tipo A (quartzo com contato difuso e sinuoso). Outra porção da rocha representa o monzodiorito silicificado de cor cinza equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio alterando para epidoto, quartzo, sulfetos disseminados e agregados máfico composto por anfibólio.

F4-159,00**Figura 31: Monzodiorito**

Monzodiorito silicificado de cor cinza equigranular fanerítico médio, com uma matriz composta de plagioclásio alterando para epidoto, quartzo, sulfetos disseminados e agregados máfico composto por anfibólio, e veios milimétricos de quartzo e sulfetos (tipo D).

F4-195,30**Figura 32: Monzodiorito intrudido por basalto**

Monzodiorito intrudido por basalto, monzodiorito composto por plagioclásio intersticial (10%), equigranular fina com foliação magmática incipiente, basalto afanítico, composta por plagioclásio e máficos. Vênulas de quartzo, pirita, calcopirita e magnetita, veio cortando as 2 rochas.

F4-195,80**Figura 33: Monzodiorito intrudido por basalto**

Monzodiorito intrudido por basalto, composto por plagioclásio e minerais máficos, textura equigranular fina com foliação incipiente, basalto afanítico. Veio de sulfeto + magnetita.

F4-215,95**Figura 34: Monzodiorito com veio de quartzo tipo A**

Monzodiorito maciço a foliado, equigranular fino, foliação demarcada pelos máficos orientados de biotita e anfibólio, foliação milimétrica continua

F4-217,90

Figura 35: Monzodiorito com veios tipo A

Monzodiorito com foliação magmática equigranular médio com plagioclásio euédrico, biotita e quartzo intergranular. Veios milimétricos do tipo A (magnetita, sulfeto e quartzo).

F4-224,00

Figura 36: Monzodiorito com veios de quartzo e biotita

Monzodiorito com foliação magmática equigranular médio com plagioclásio euédrico, biotita e quartzo intergranular. Veios de quartzo, pirita, calcopirita e molibdenita e veios EB.

F4-228,40



Figura 37: Monzodiorito com veios de quartzo

Monzodiorito com foliação magmática equigranular médio com plagioclásio euédrico e biotita. Veio EB e tipo A

F4-242,30



Figura 38: Monzodiorito com veio de quartzo

Monzodiorito equimédia com foliação descontínua demarcada pelos minerais máficos (clorita). Vênula do Tipo A, sinuosa de quartzo e pirita.

F4-306,30

Figura 39: Monzodiorito com veios de quartzo + sulfeto e biotita

Monzodiorito equigranular fino a médio composto por plagioclásio, biotita, clorita e anfíbolio. Veios de quartzo sulfeto e tipo EB.

F4-336,70

Figura 40: Monzodiorito com veio EB

Monzodiorito composto de quartzo, pirita, k-feldspato e plagioclásio, veios milimétricos de quartzo fumê e veios de pirita com quartzo e veio de biotita EB.

F4-367,20



Figura 41: Monzodiorito

Monzodiorito esverdeado composto por quartzo, calcopirita, k-feldspato plagioclasio, com veios milimétricos de quartzo sulfeto e veios milimétricos de quartzo fumê com calcopirita e clorita disseminada e reinfilação de pirita no interior do veio.

F4-367,70

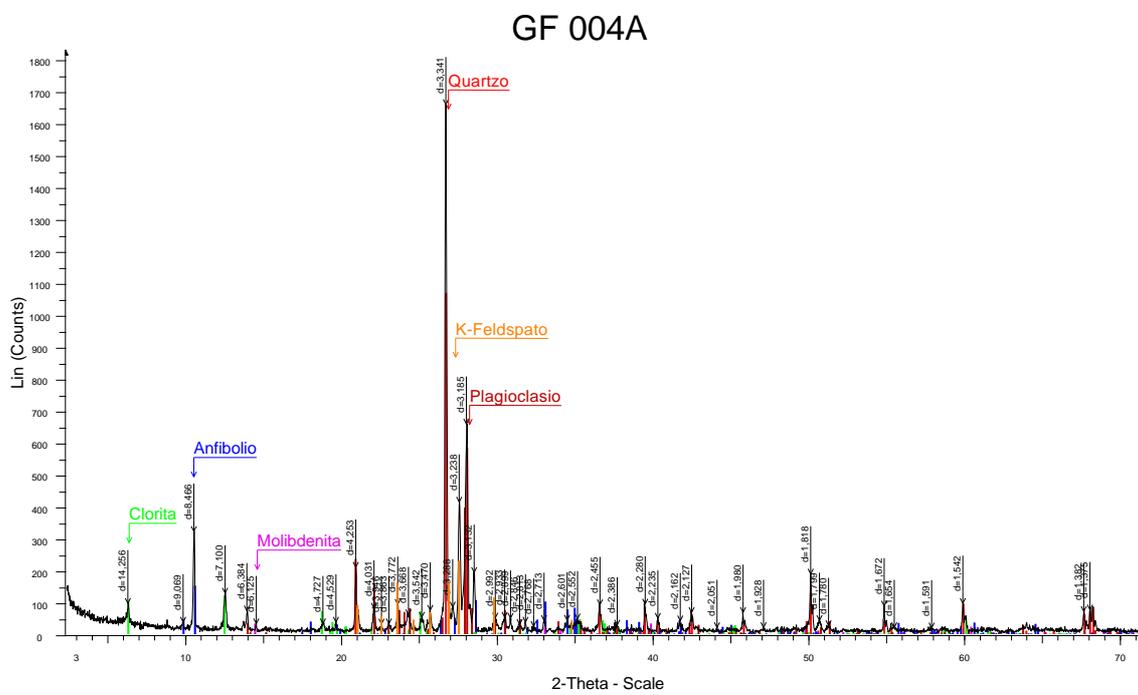


Figura 42: Monzodiorito

Monzodiorito de cor alaranjada devido a alteração, composto por quartzo, anfibólio, calcopirita, k-feldspato e plagioclasio, foliação magmatica moderadamente, veios milimétricos de quartzo e de quartzo fumê com calcopirita e clorita disseminada e reinfilação de pirita no interior do veio.

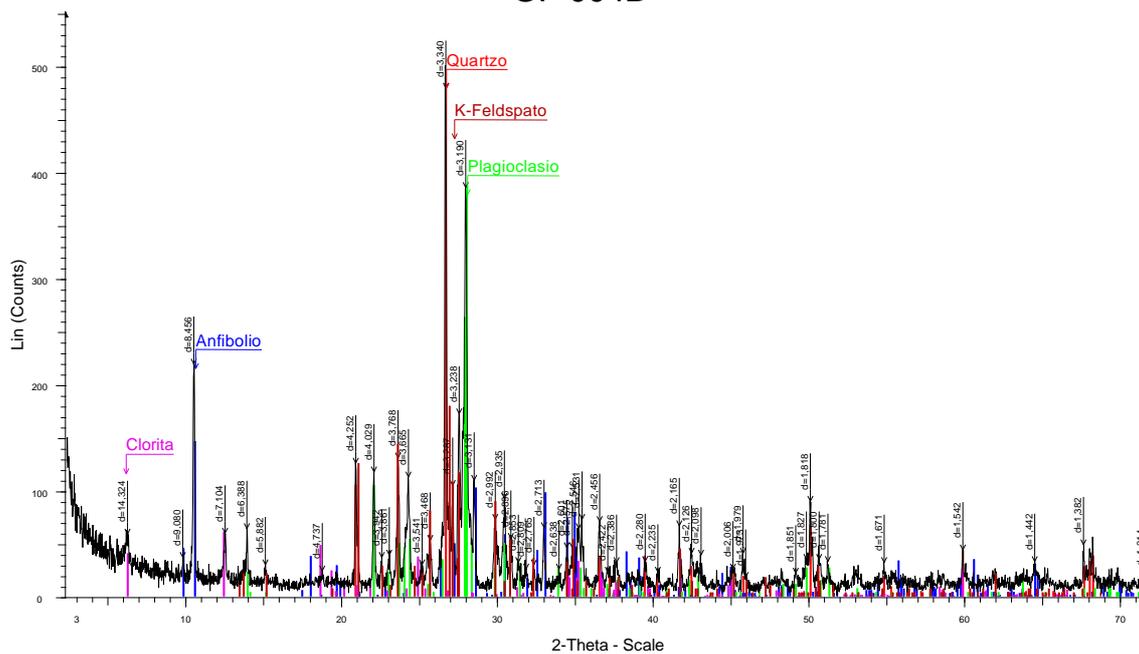
Anexo II

No anexo II é apresentado os difratogramas de rocha total e de argilas orientadas, nos difratogramas de rocha total é apresentado o semi-quantitativo de cada análise.



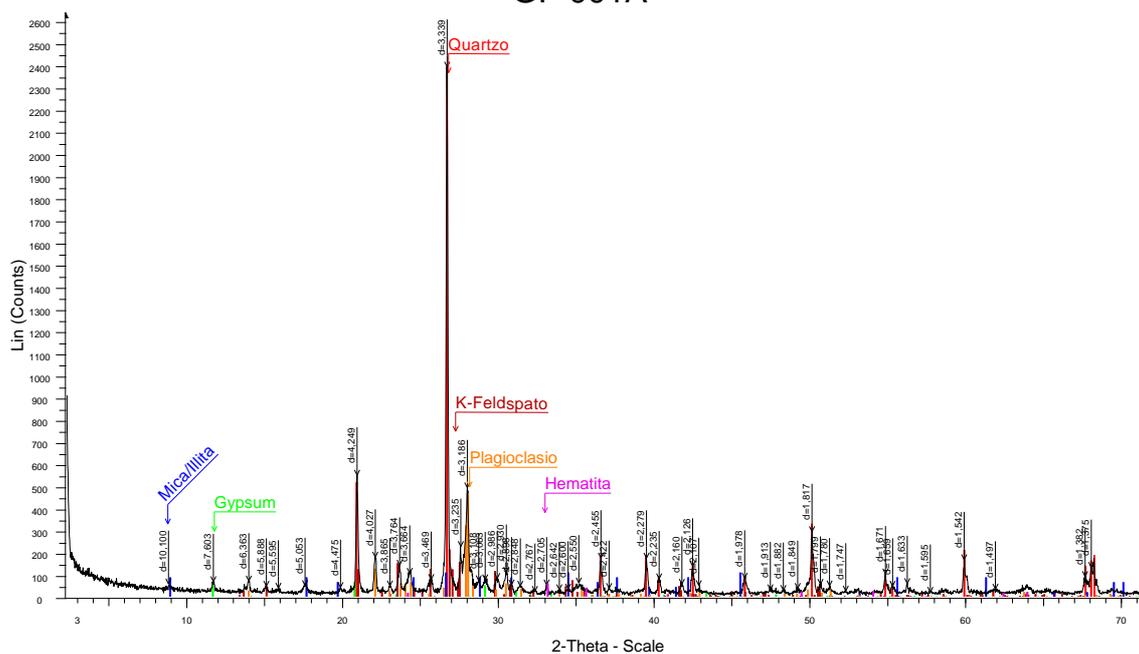
Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	19,2
K-Feldspato	00-008-0048	14,8
Anfibolio	01-072-0459	16,7
Plagioclasio	00-041-1480	35,6
Clorita	01-080-1119	11,5
Molibdenita	00-002-0132	2,1

GF 004B



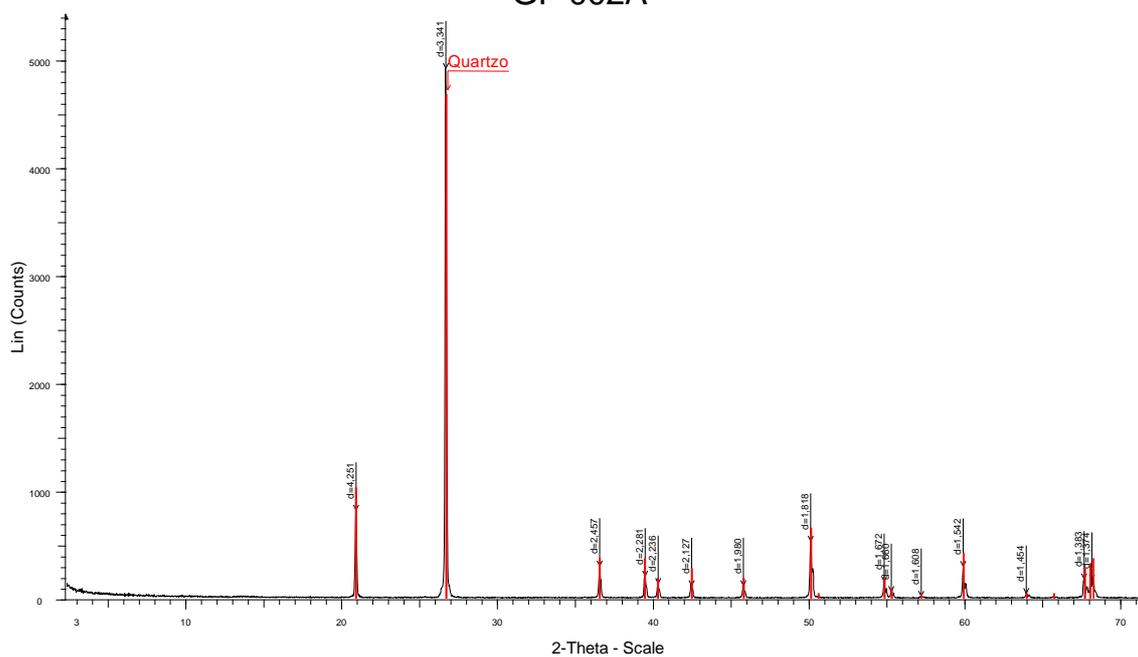
Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	13
K-Feldspato	00-031-0966	17,5
Anfibolio	01-072-0459	24,2
Plagioclasio	00-041-1480	35,7
Clorita	01-082-0038	9,5

GF 001A

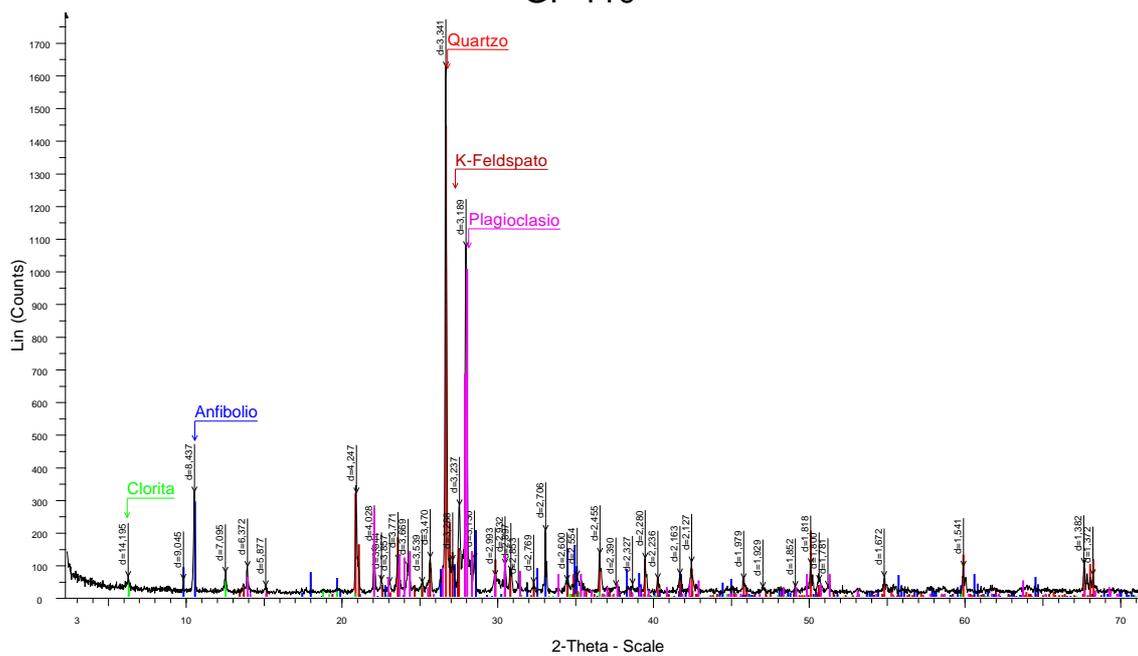


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	42,5
K-Feldspato	01-075-1592	17,1
Mica/Illita	00-002-0462	7,2
Plagioclasio	00-041-1480	29,1
Gypsum	00-033-0311	2,5

GF 002A

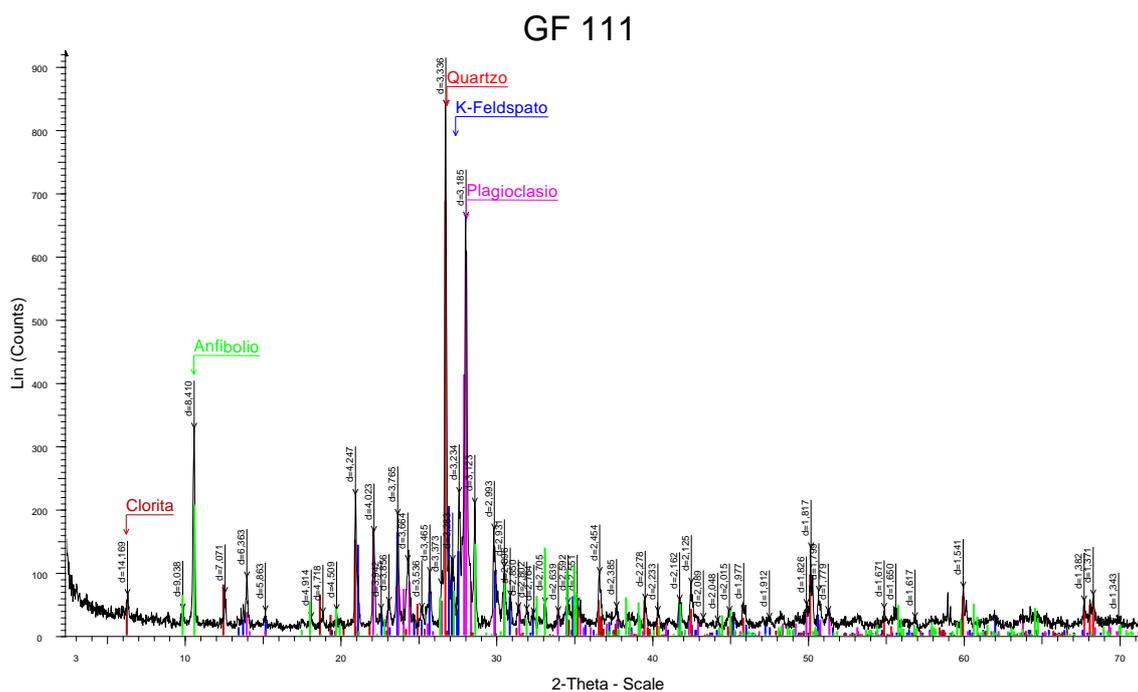


GF 110

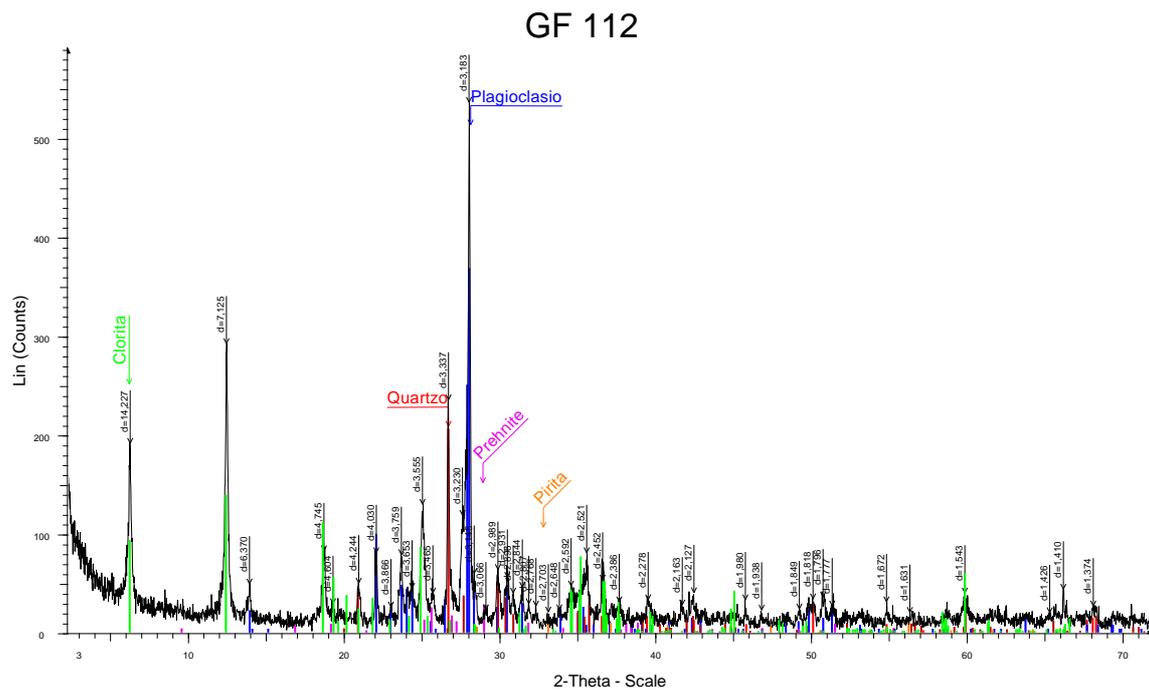


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
--------------	-----------------------	-----------------

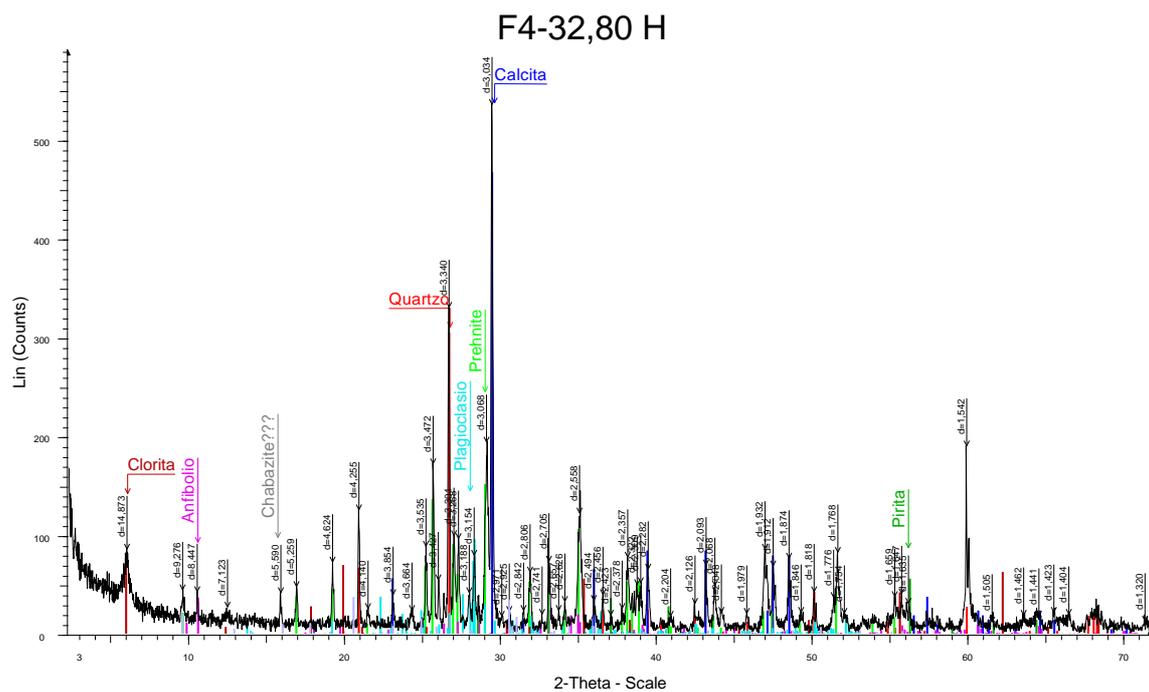
Quartzo	00-033-1161	18,8
K-Feldspato	00-031-0966	10,7
Anfibolio	01-072-0459	23,2
Plagioclasio	00-041-1480	44,3
Clorita	01-082-0038	2,9



Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	13,2
K-Feldspato	00-031-0966	14,1
Anfibolio	01-072-0459	24,2
Plagioclasio	00-041-1480	39,6
Clorita	01-082-0038	8,9

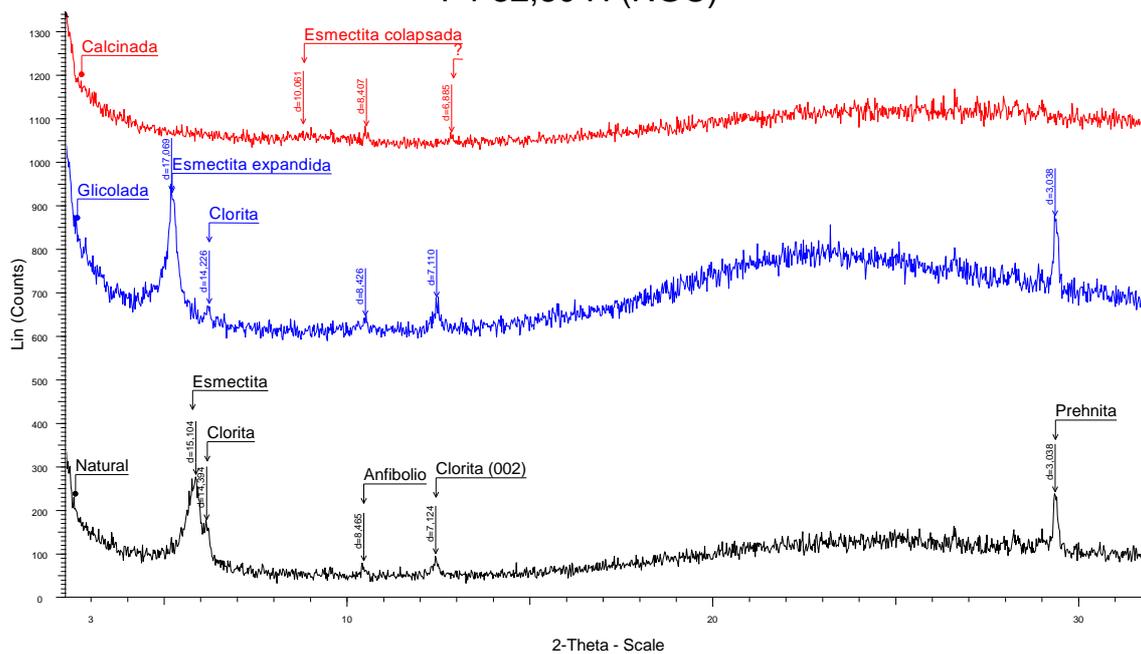


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	7,4
Piroxenio	00-041-1483	13
Prehnita	00-042-1340	3,7
Plagioclasio	00-041-1480	45,2
Clorita	01-082-0038	29,2
Pirita	00-042-1340	1,5

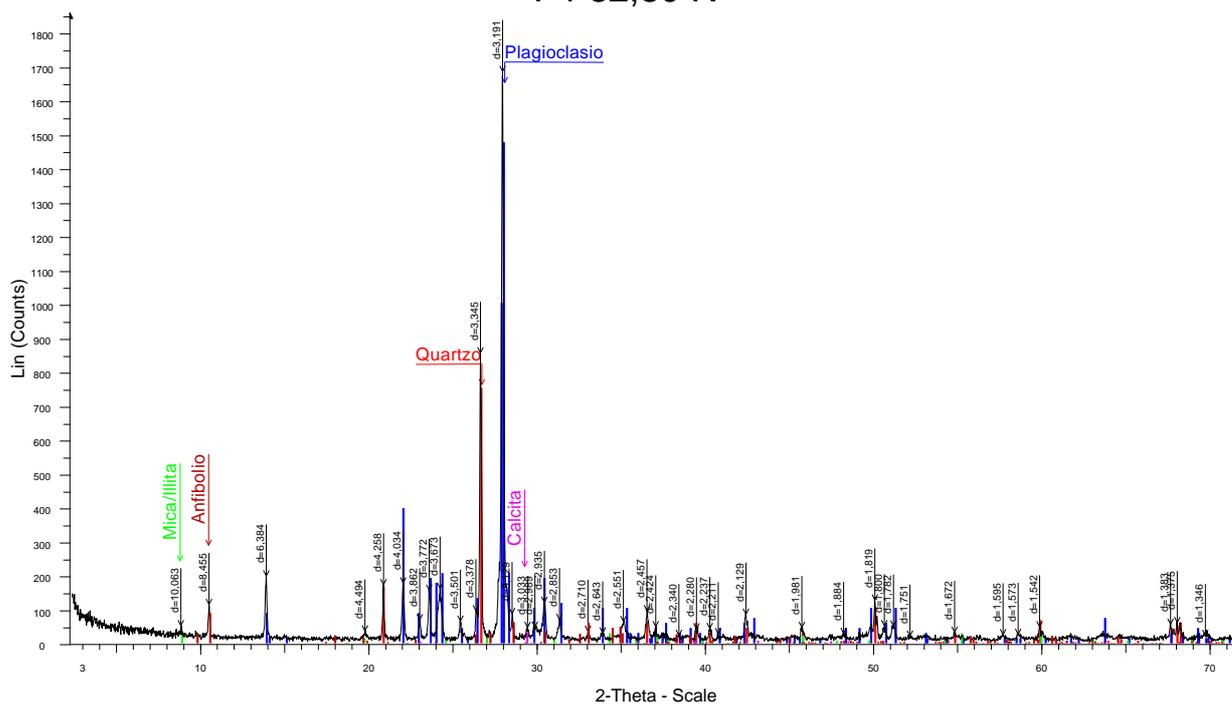


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	9,8
Calcita	00-005-0586	27
Prehnita	00-029-0290	17,5
Hornblenda	01-072-0459	7,2
Pirita	00-006-0710	6,4
Plagioclasio	01-086-1706	19,8
Chabazita	00-034-0137	4,3
Esmectita	00-003-0014	8

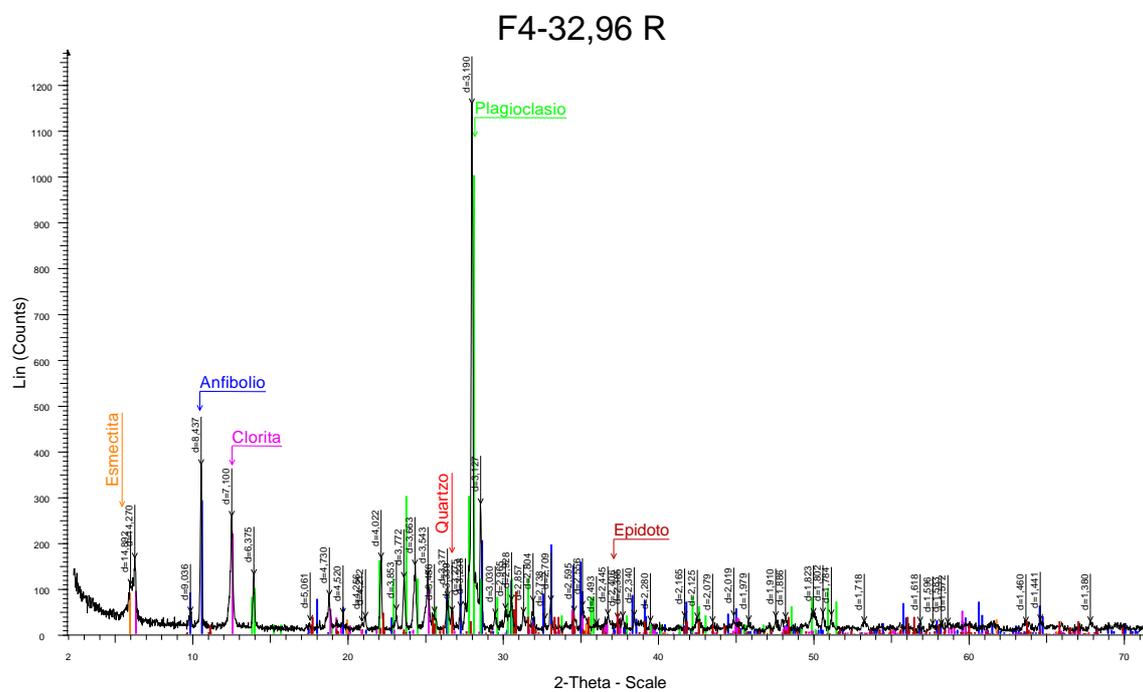
F4-32,80 H (NGC)



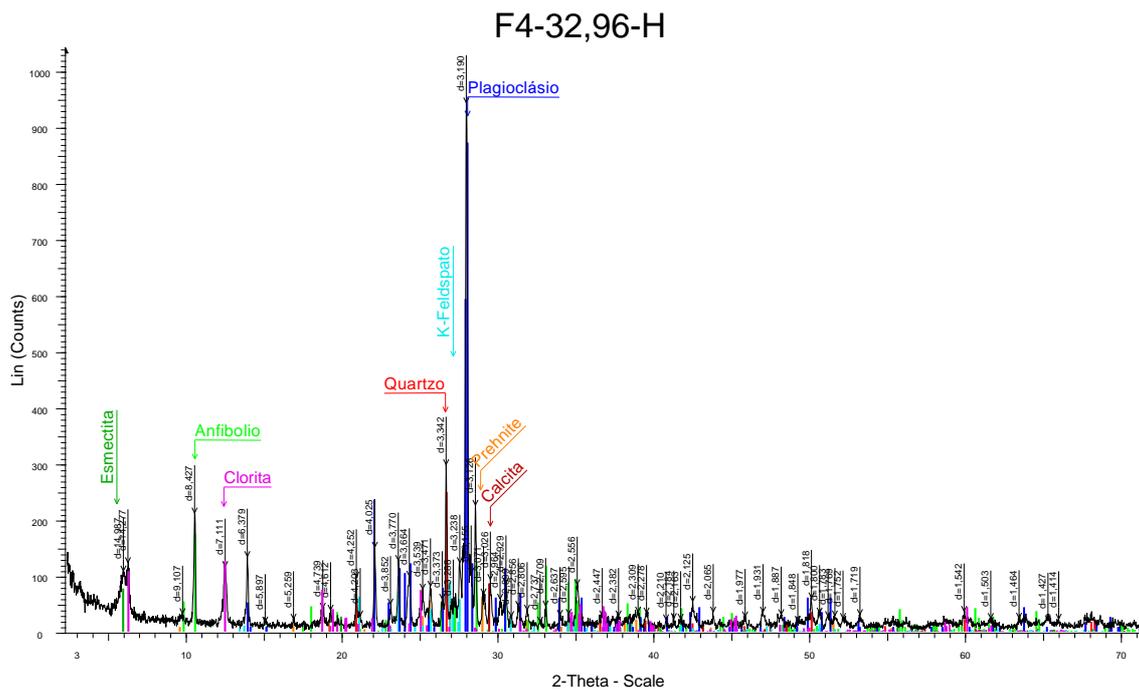
F4-32,80 R



Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	11,6
Plagioclásio	00-041-1480	77,2
Anfibólio	01-072-0459	8,3
Calcita	00-005-0586	0,9
Mica/Ilita	00-003-0024	2

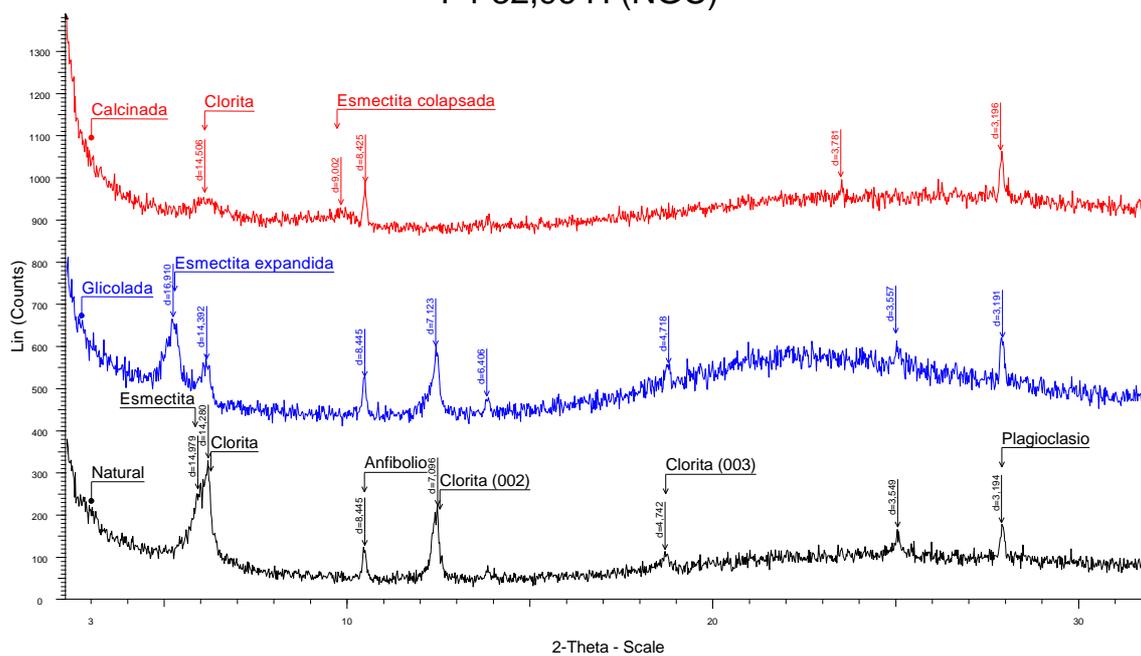


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	0,7
Plagioclásio	00-010-0393	55,4
Anfibólio	01-072-0459	27,3
Clorita	01-085-2163	7,8
Epidoto	01-072-2375	3,9
Esmectita	00-003-0015	4,9

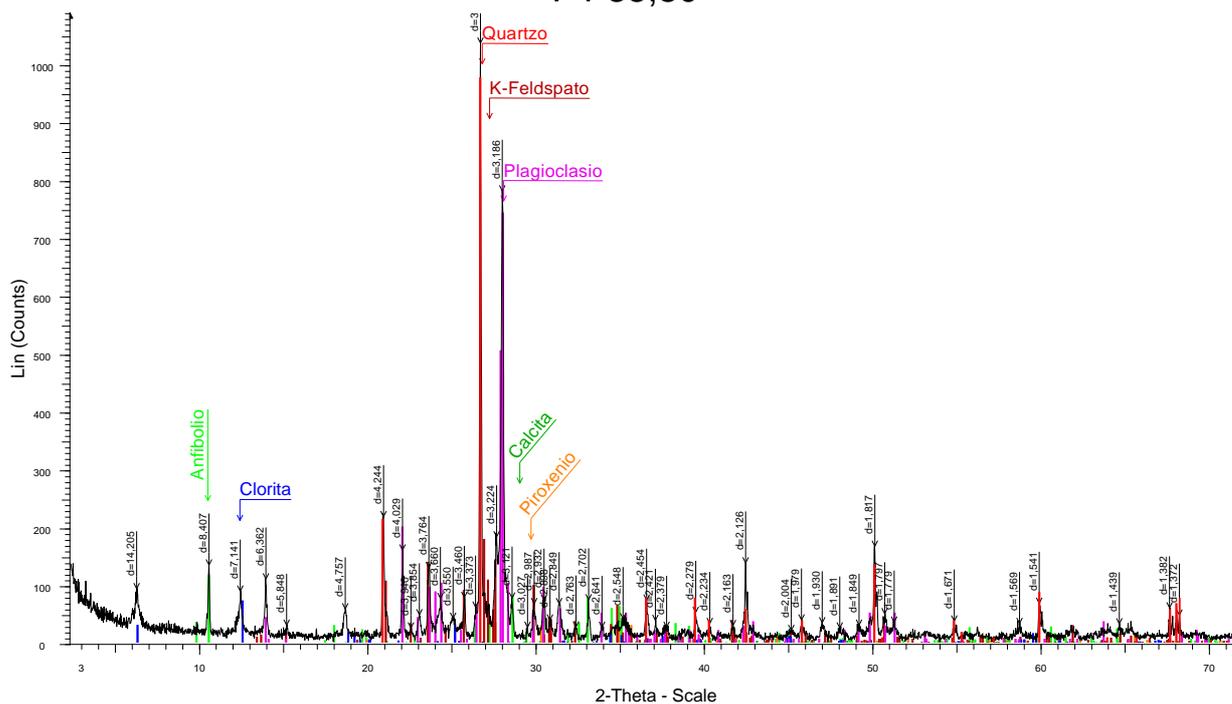


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	3,5
Prehnita	00-029-0290	3,2
Anfibólio	01-072-0459	15
Clorita	01-080-1119	3,5
Calcita	05-005-0586	2,2
Plagioclásio	01-080-1094	64,2
K-Feldpsato	00-031-0966	4,5
Esmectita	00-003-0015	3,9

F4-32,96 H (NGC)



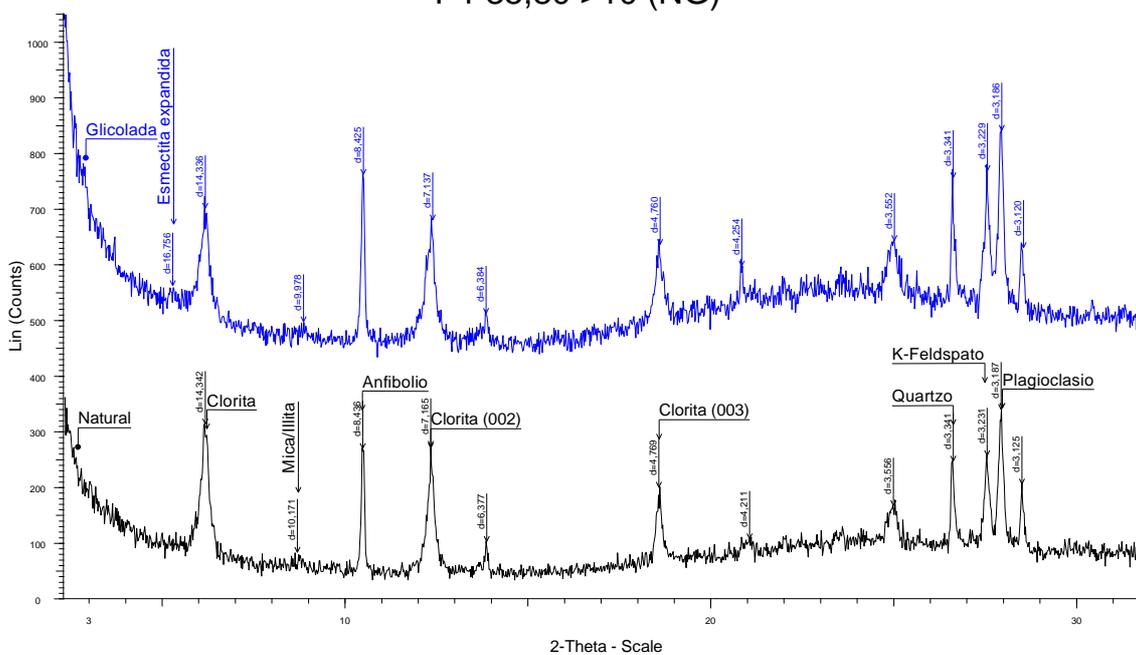
F4-35,80



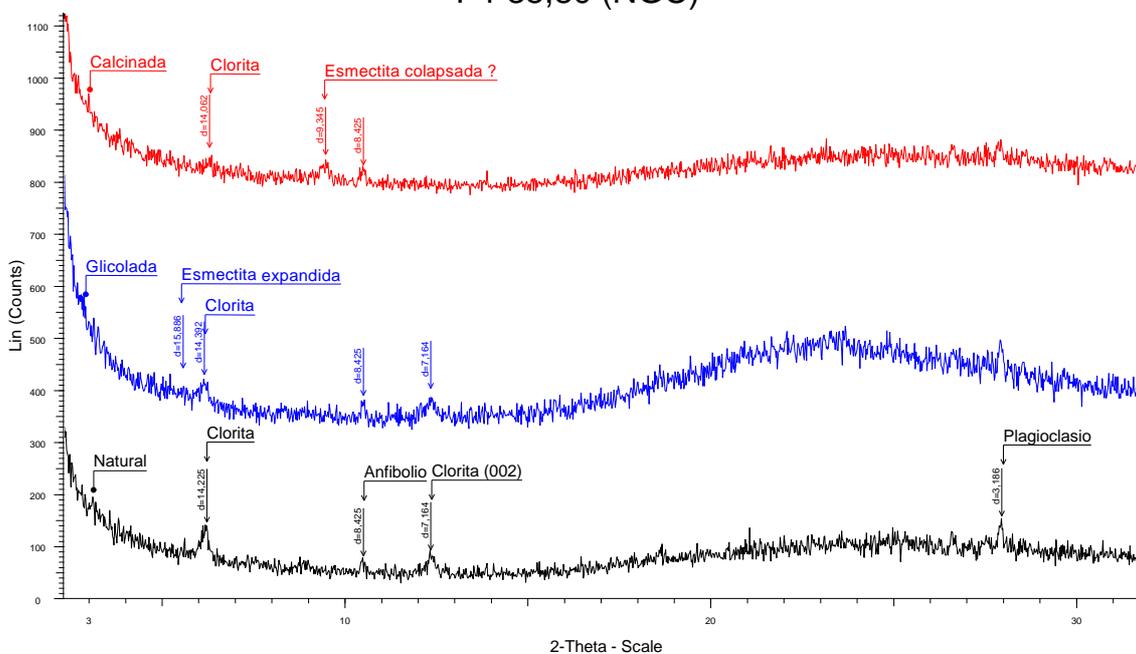
Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	17,9
Anfibólio	01-072-0459	13,2
Piroxênio	00-024-0203	3,4
K-Feldpsato	01-076-0742	15,2

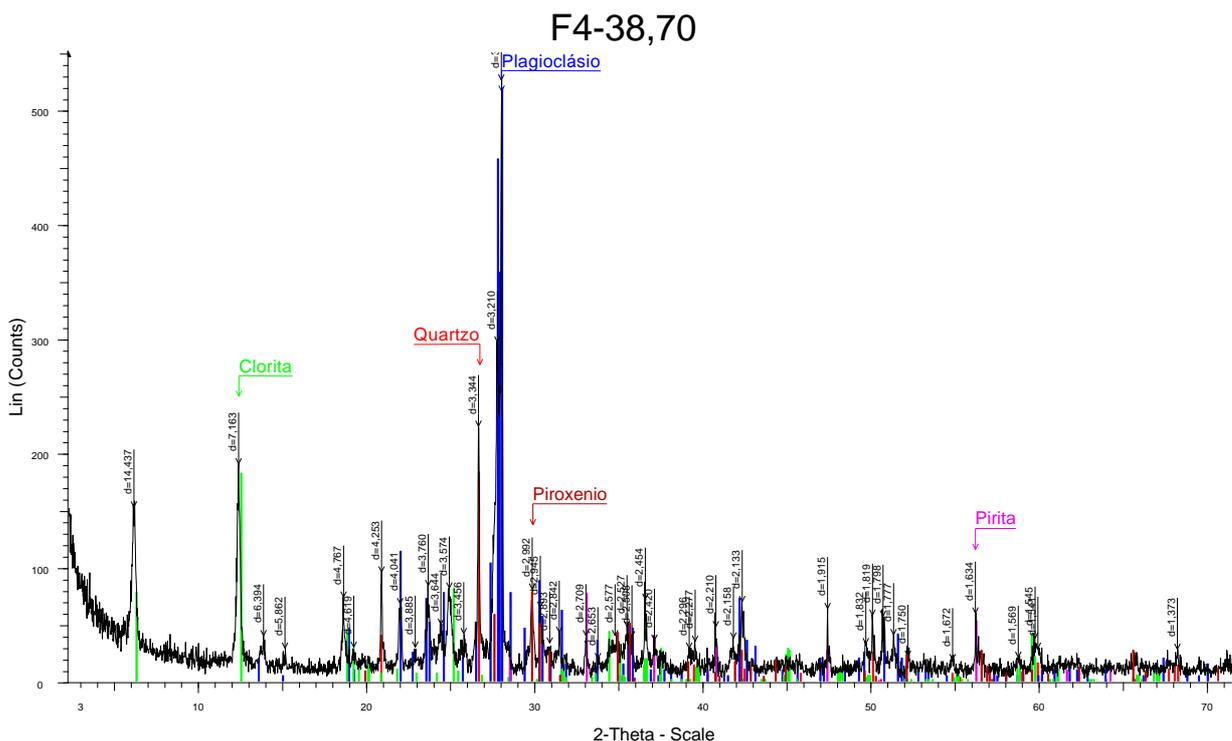
Clorita	01-085-2163	3,1
Plagioclásio	00-041-1480	46,4
Calcita	00-005-0586	0,7

F4-35,80 >10 (NG)



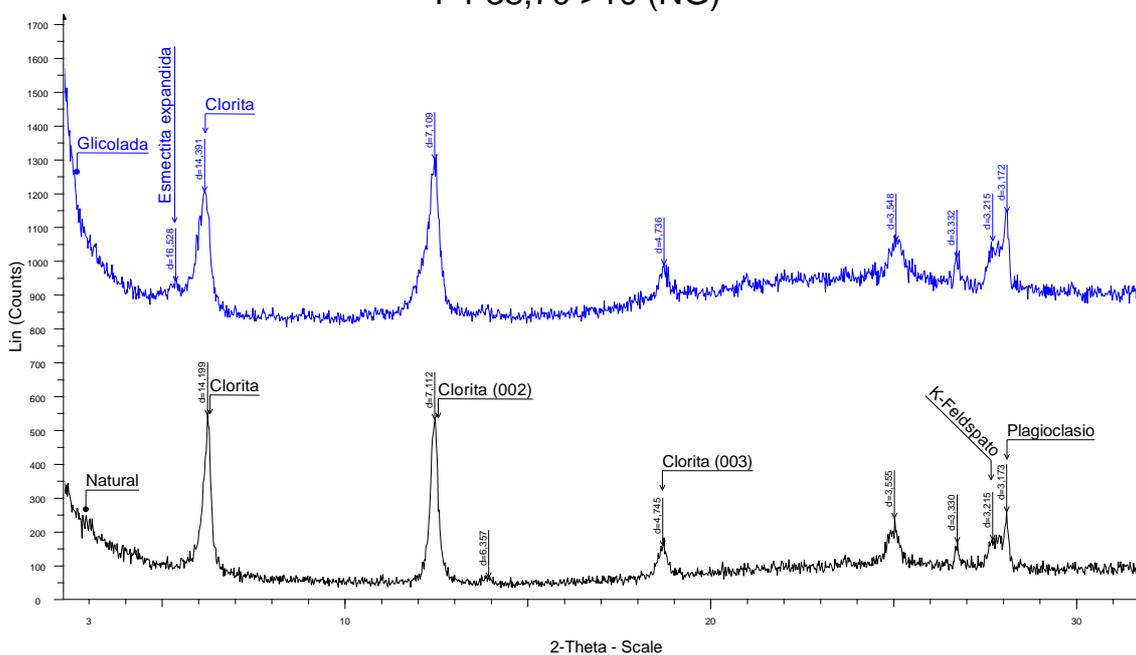
F4-35,80 (NGC)



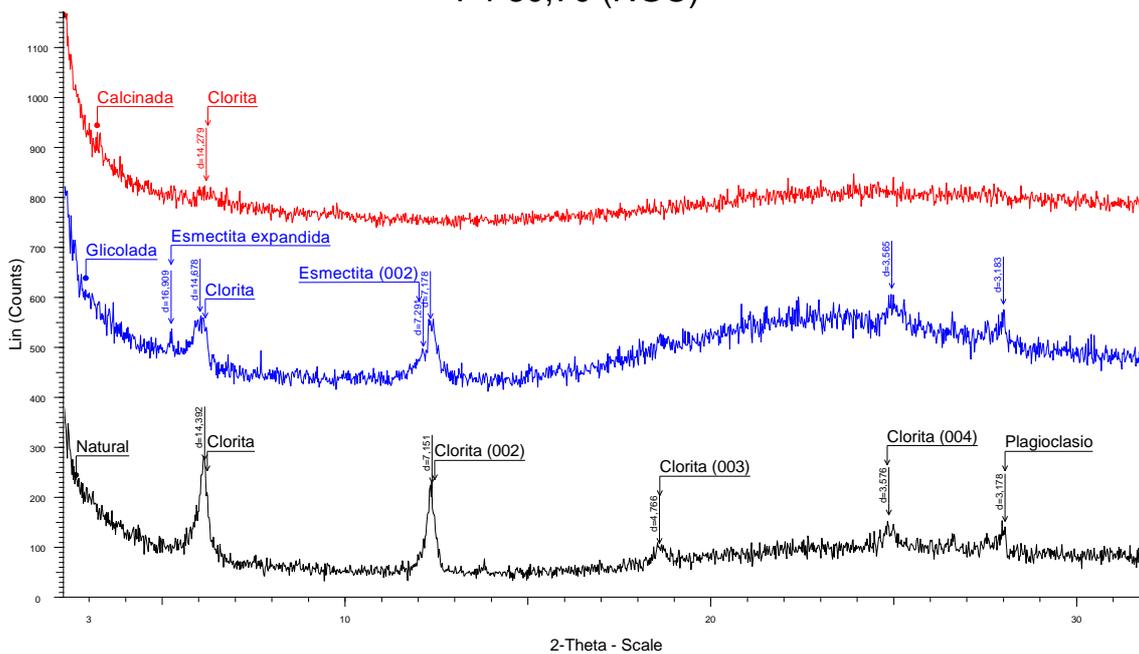


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	3,2
Plagioclásio	00-041-1486	80,8
Clorita	01-080-1119	7,5
Pirita	01-076-0742	3,1
Piroxênio	00-024-0203	5,4

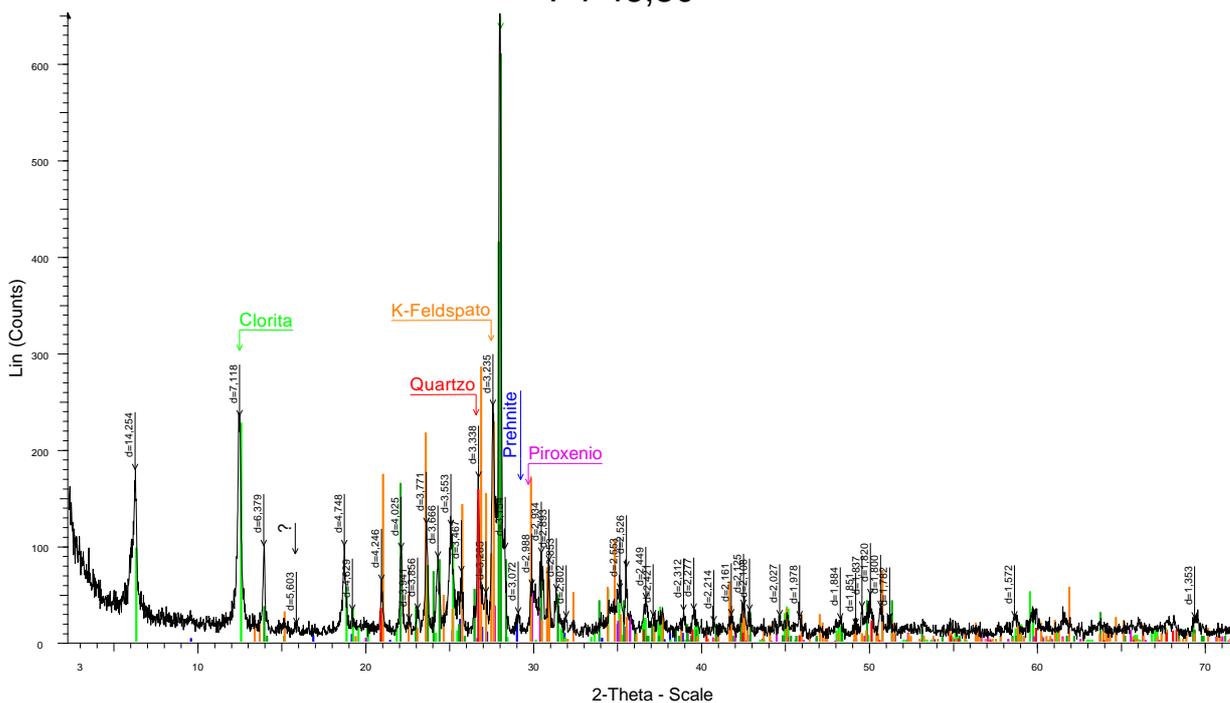
F4-38,70 >10 (NG)



F4-30,70 (NGC)

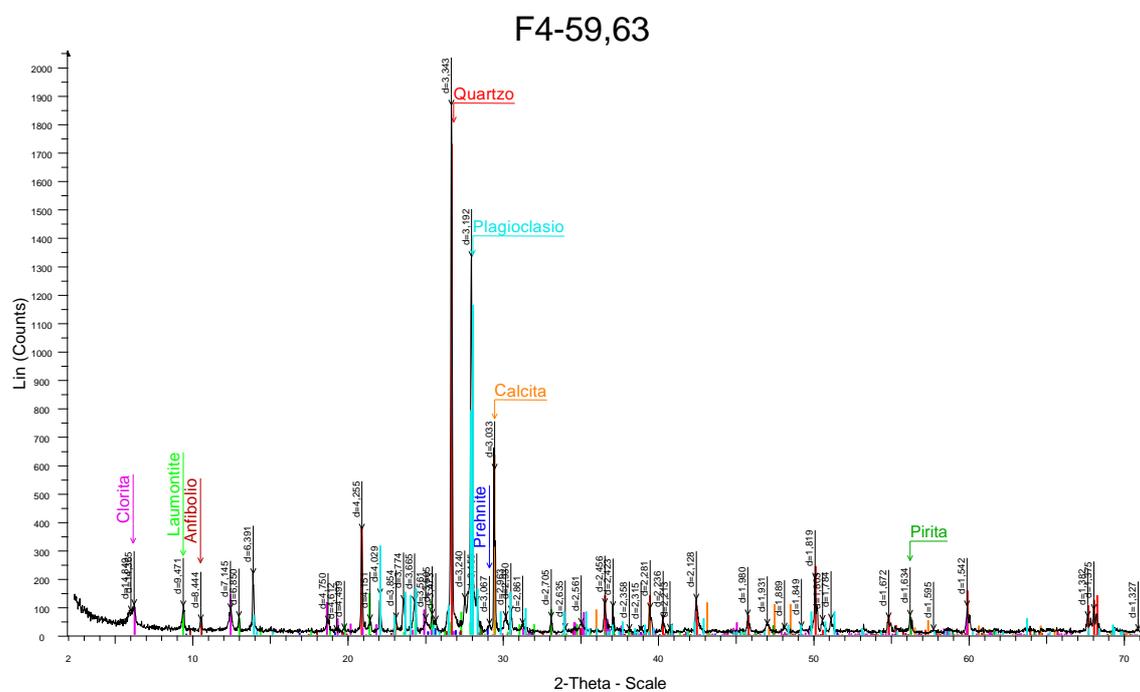


F4-46,30



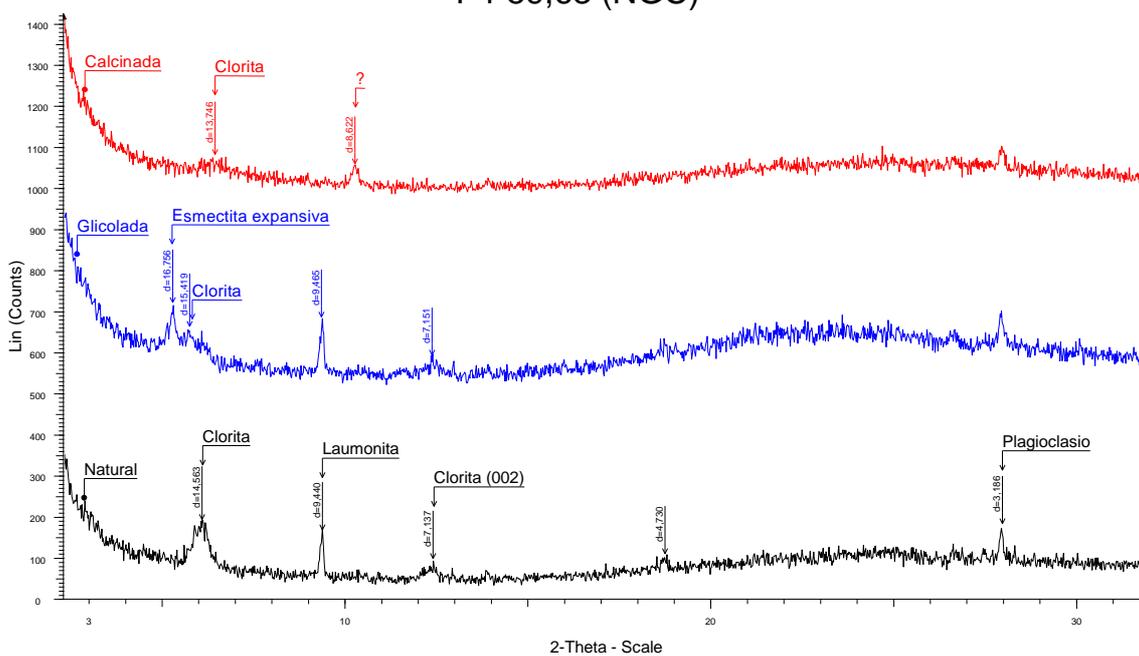
Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	3,5
Prehnita	00-029-0290	2,1
Clorita	01-085-2163	11,6
Piroxênio	00-041-1483	7,9
Plagioclásio	00-041-1480	45,5

K-Feldspato	01-086-0439	29,6
-------------	-------------	------

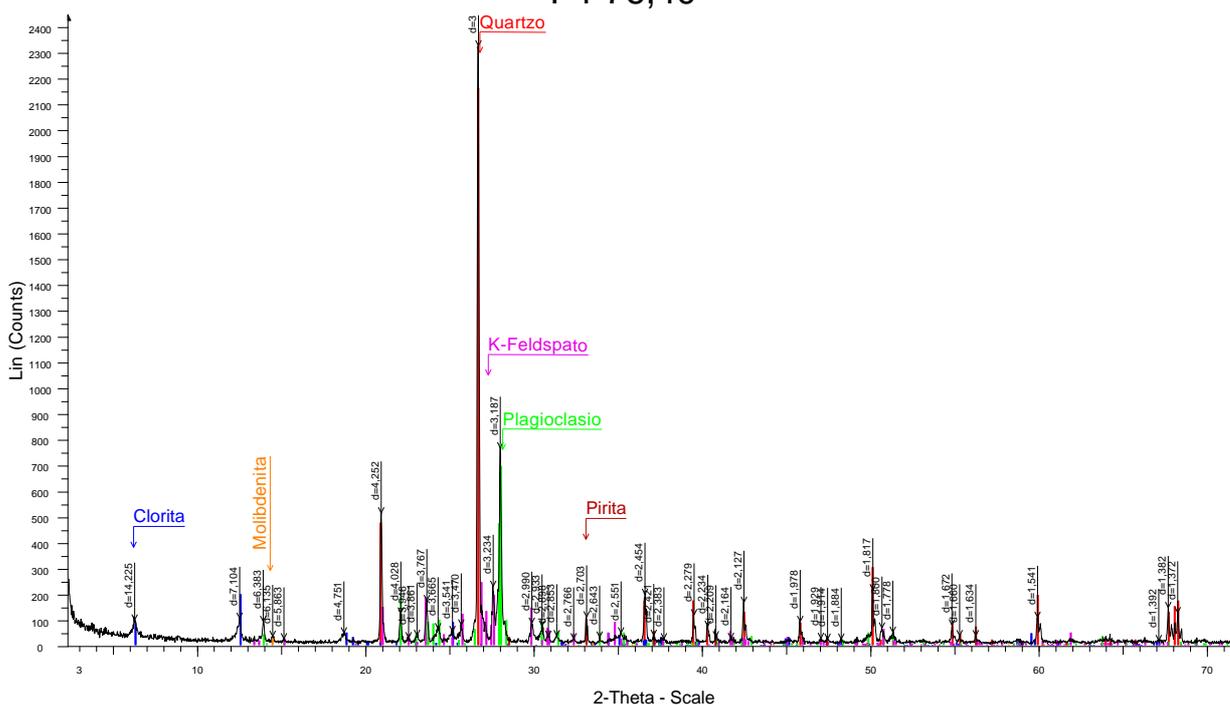


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	14,1
Prehnita	00-029-0290	0,8
Laumontita	00-026-1047	4,3
Anfibólio	01-072-0459	2,2
Calcita	00-005-0586	9,3
Plagioclásio	01-084-0752	61
Clorita	01-082-0038	6,8
Pirita	00-042-1340	1,6

F4-59,63 (NGC)

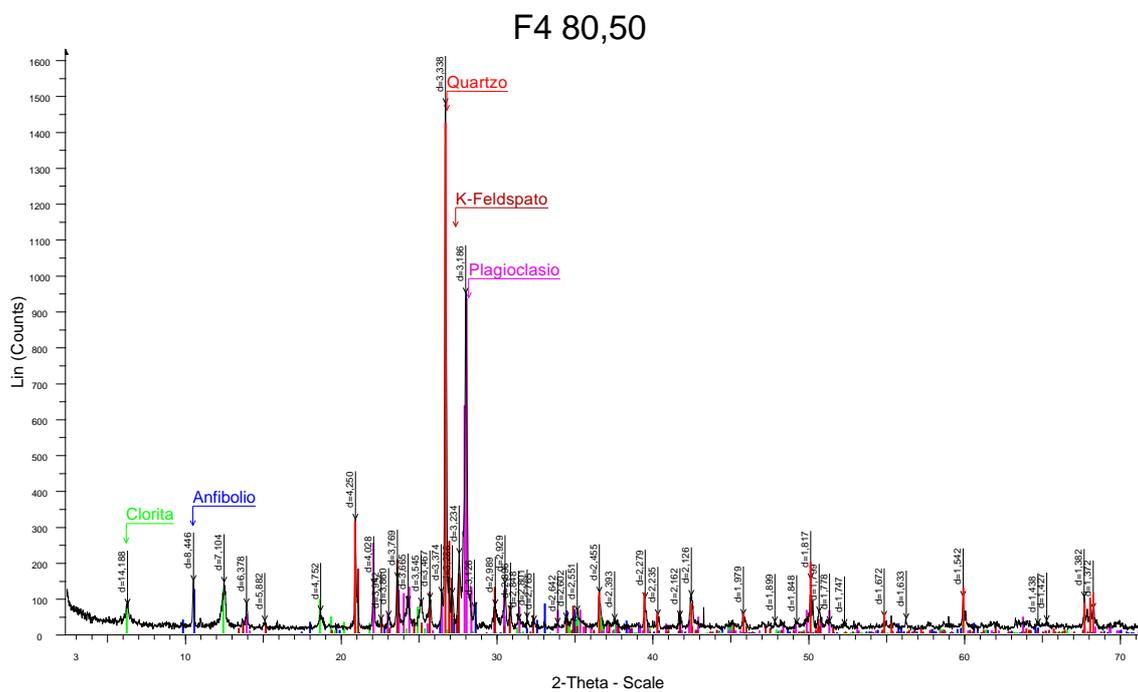


F4-76,40

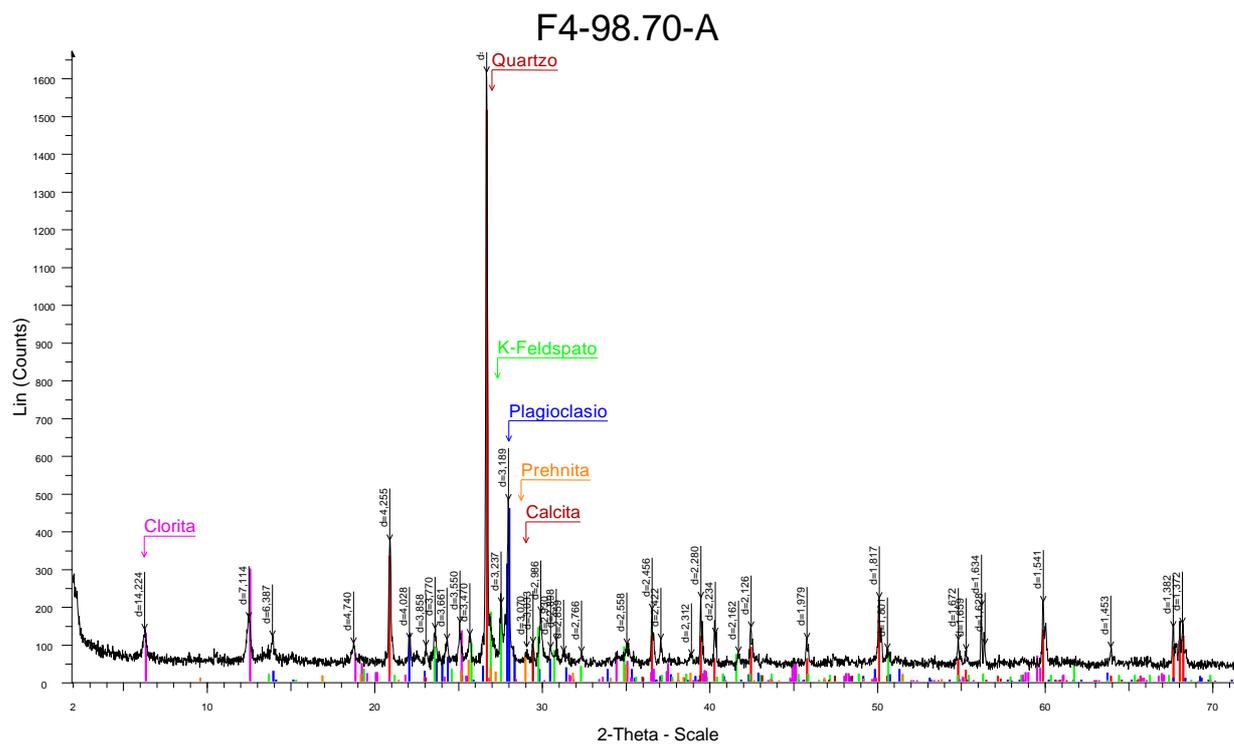


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	33,8
Clorita	01-085-2163	7,1
Plagioclásio	00-041-1480	36,9
K-Feldspato	01-086-0439	17,1
Pirita	00-042-1340	3,6

Molibdenita	00-024-0513	1,5
-------------	-------------	-----

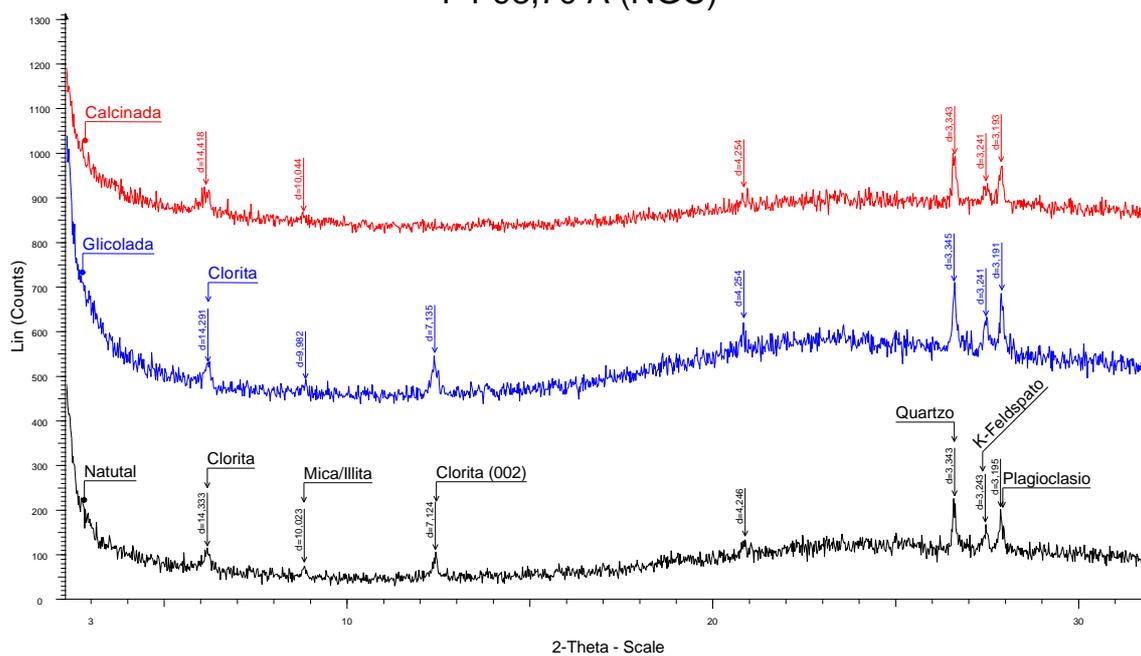


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	20,4
Clorita	01-082-0038	10
Plagioclásio	00-041-1480	45,4
K-Feldspato	00-031-0966	13,1
Anfíbolio	01-072-0459	10,9

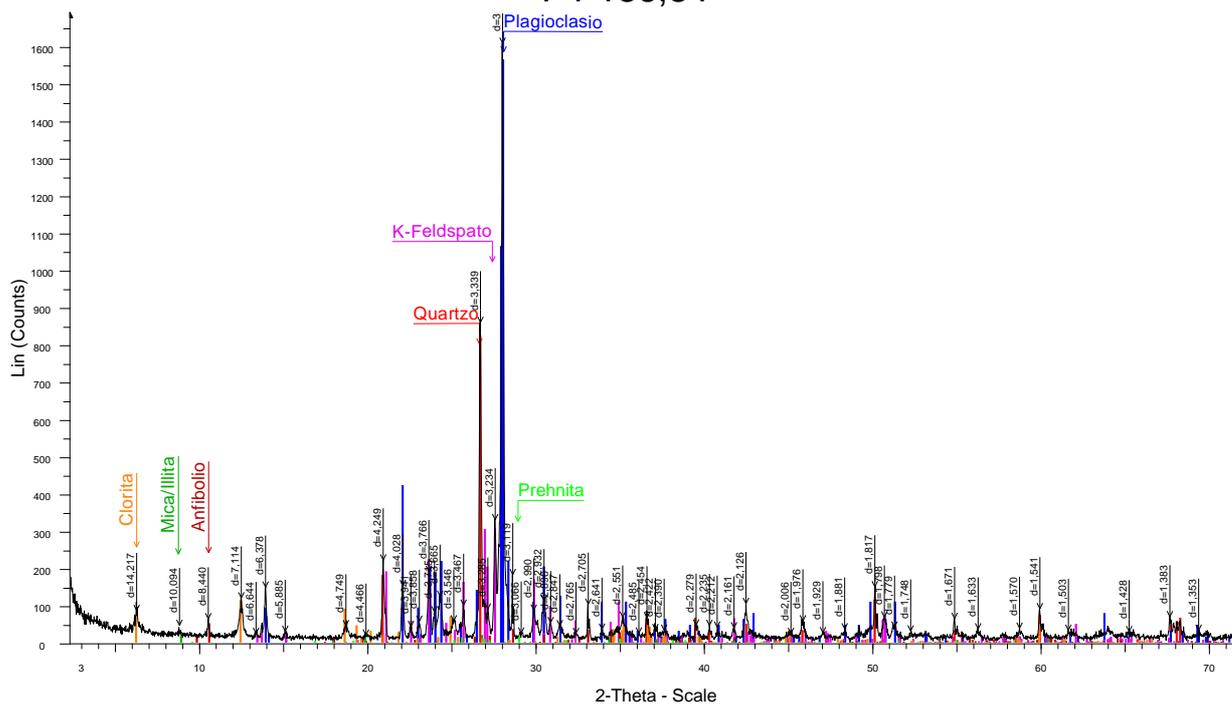


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	31
Plagioclásio	00-041-1480	31,9
K-Feldspato	00-019-0002	15,1
Clorita	01-085-2163	14,2
Calcita	00-005-0586	3,1
Prehnita	00-029-0290	4,7

F4-98,70 A (NGC)

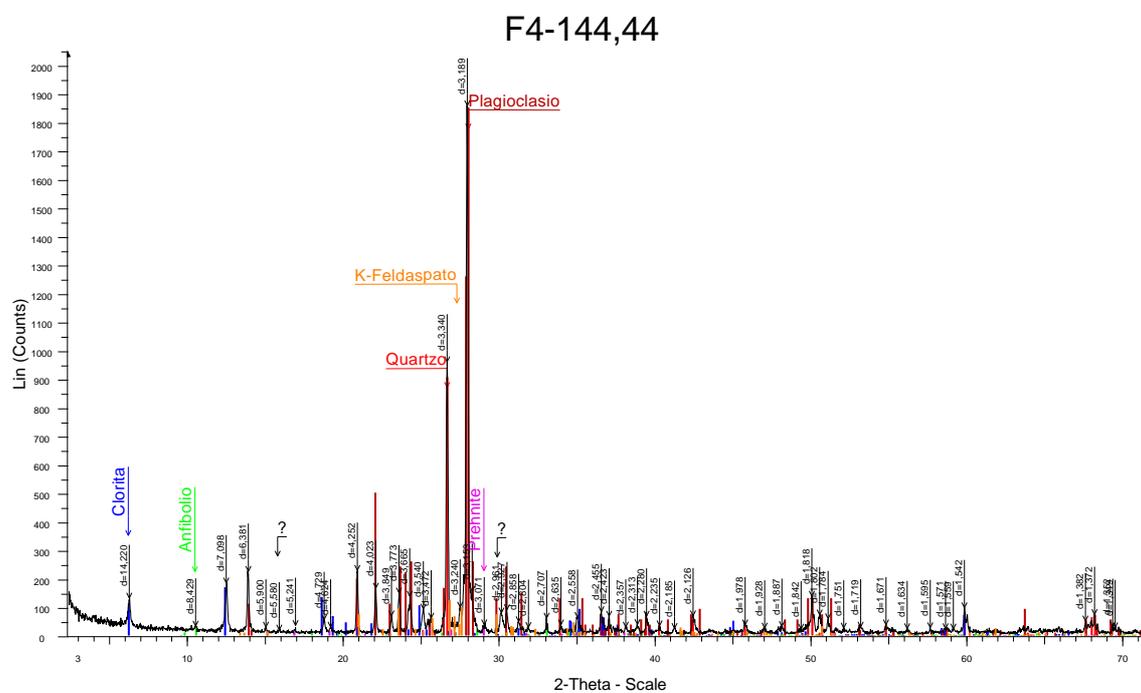


F4-136,84

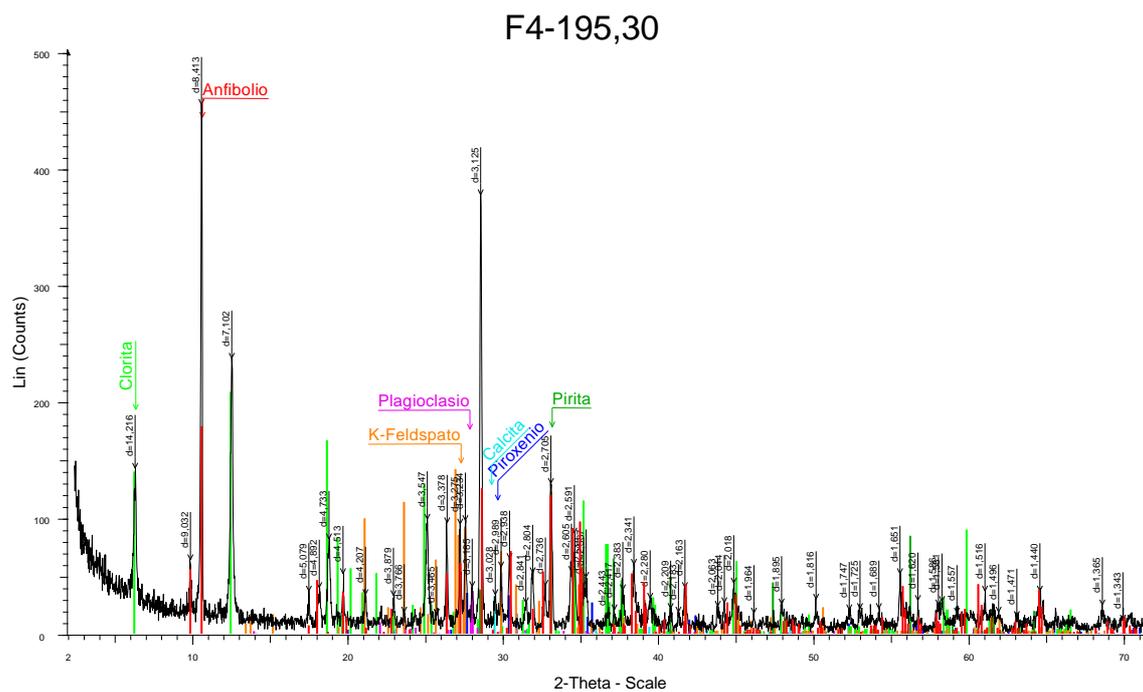


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	9,4
Plagioclásio	00-041-1480	60,8
K-Feldspato	01-071-1540	17,1
Anfibólio	01-072-0459	3,6

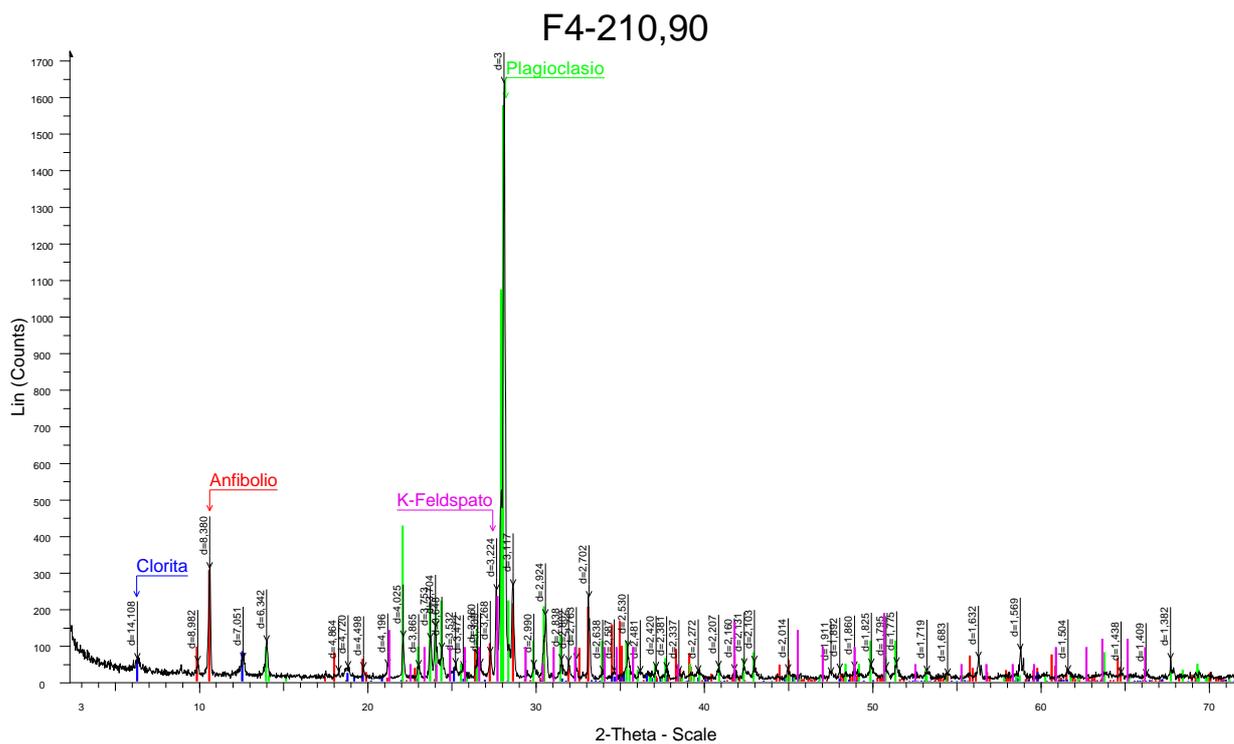
Mica/Illita	00-009-0343	0,9
Clorita	01-082-0038	7,6
Prehnita	00-029-0290	0,6



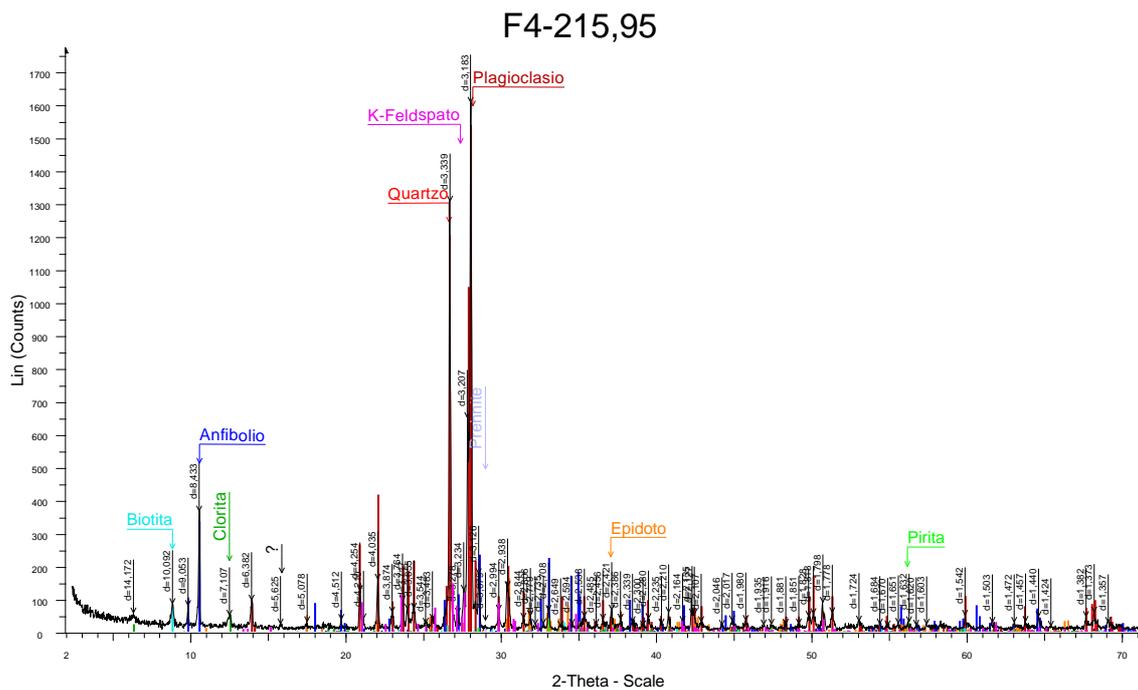
Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	13,6
Clorita	01-082-0038	10,2
Anfibólio	01-072-0459	2
Prehnita	01-080-1568	2,1
Plagioclásio	00-041-1480	65,5
K-Feldspato	01-086-0439	5,8



Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Anfibólio	01-072-0459	51,9
Piroxênio	00-041-1483	6,5
Clorita	01-082-0038	23,1
Plagioclásio	00-041-1480	2,4
Calcita	00-005-0586	1,1
K-Feldspato	00-031-0966	9,8
Pirita	00-042-1340	5,3

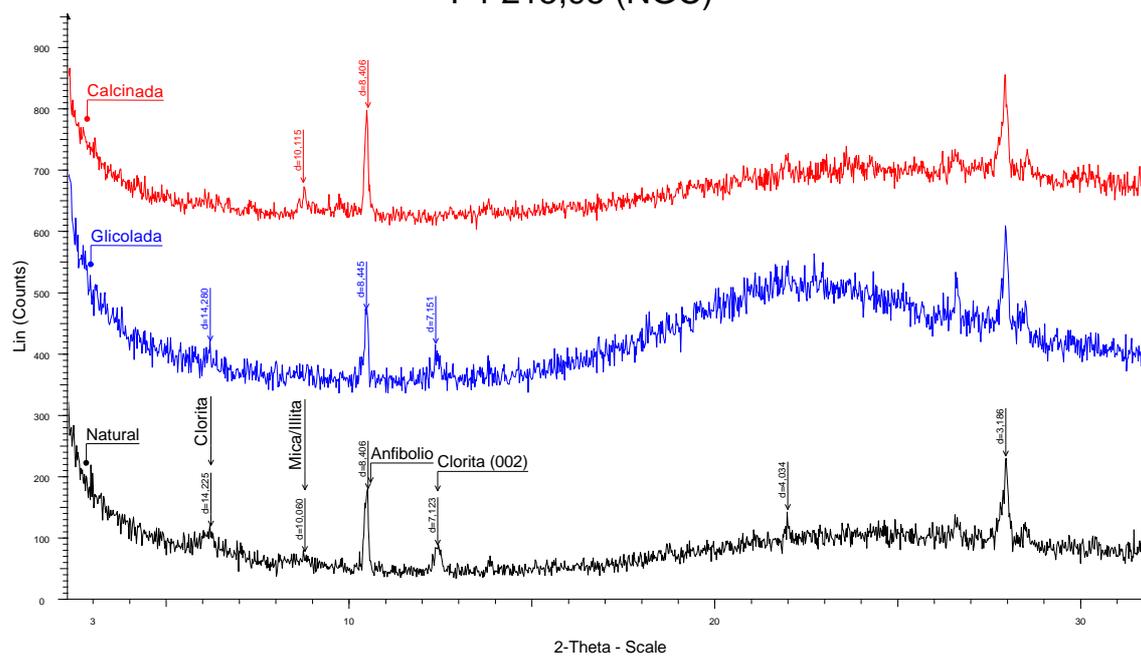


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Anfibólio	01-072-0459	22,3
Clorita	01-079-1270	3,5
Plagioclásio	00-041-1480	64,2
K-Feldspato	00-002-0513	10

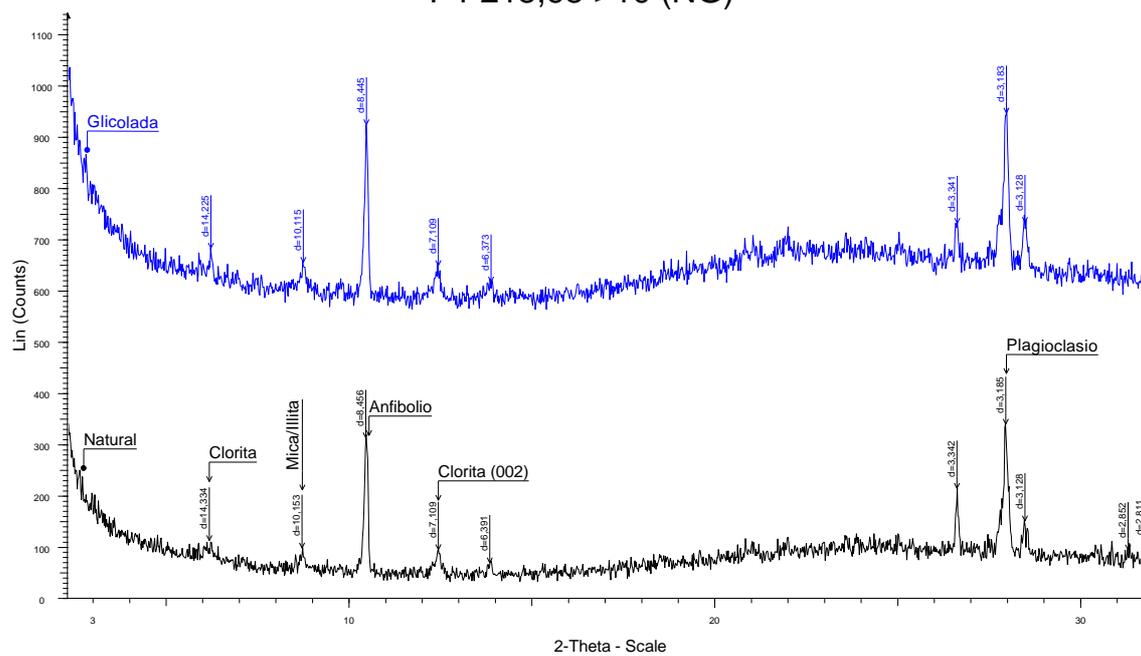


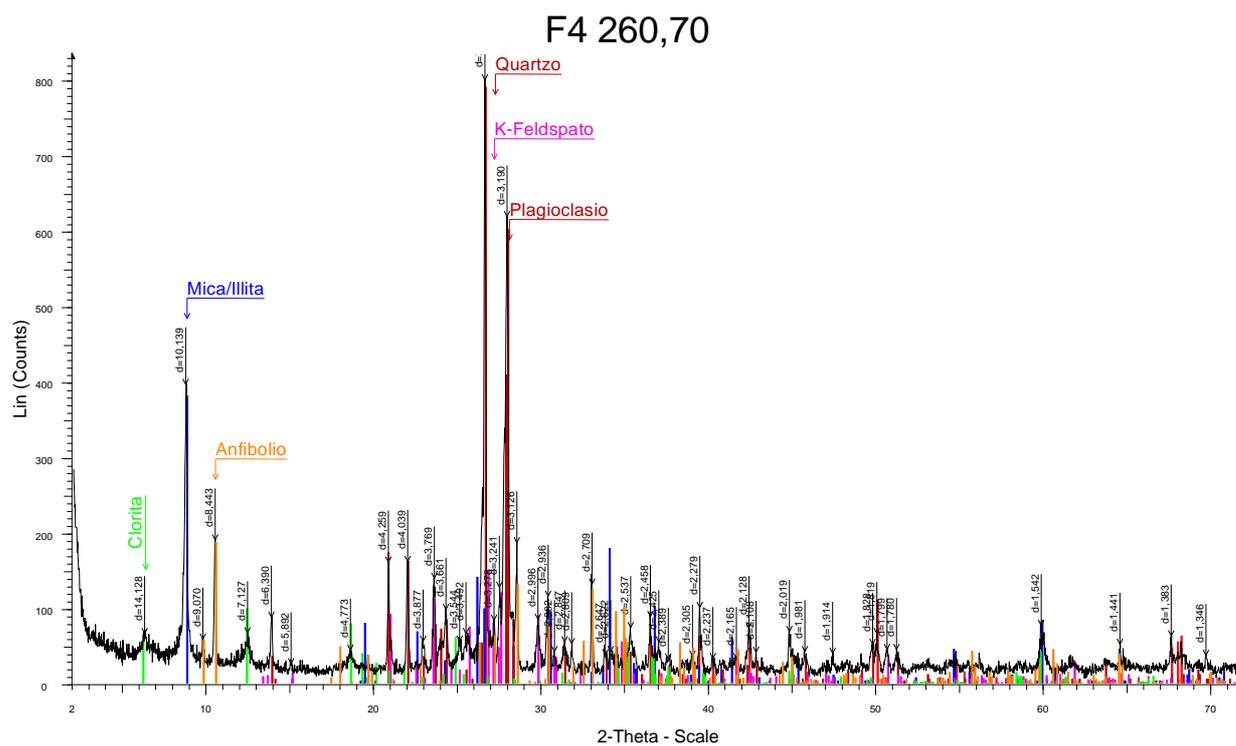
Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	14,1
Anfibólio	01-072-0459	19
Pirita	00-042-1340	0,9
Epidoto	01-073-2147	7,9
Plagioclásio	00-041-1480	48,7
Prehnita	00-029-0290	0,5
Biotita	01-083-1366	1,5
K-Feldspato	01-086-0439	6,1
Clorita	01-085-2163	1,1

F4-215,95 (NGC)

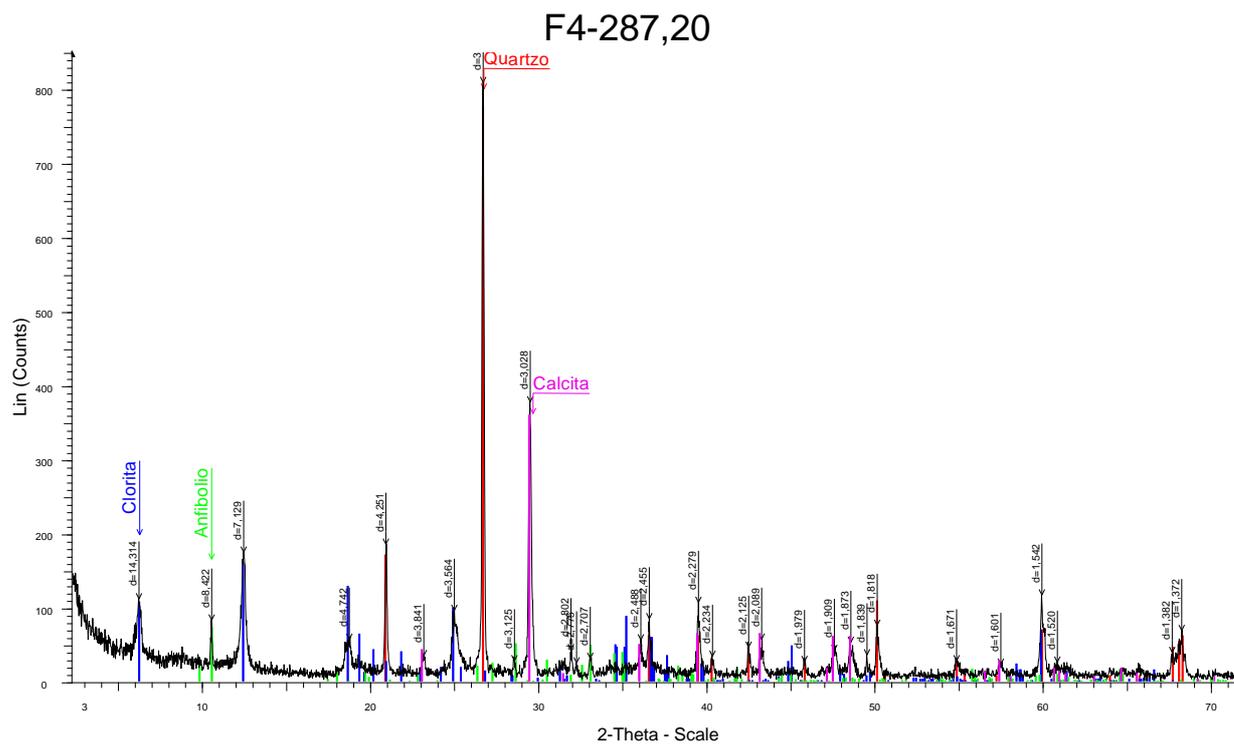


F4-215,95 >10 (NG)

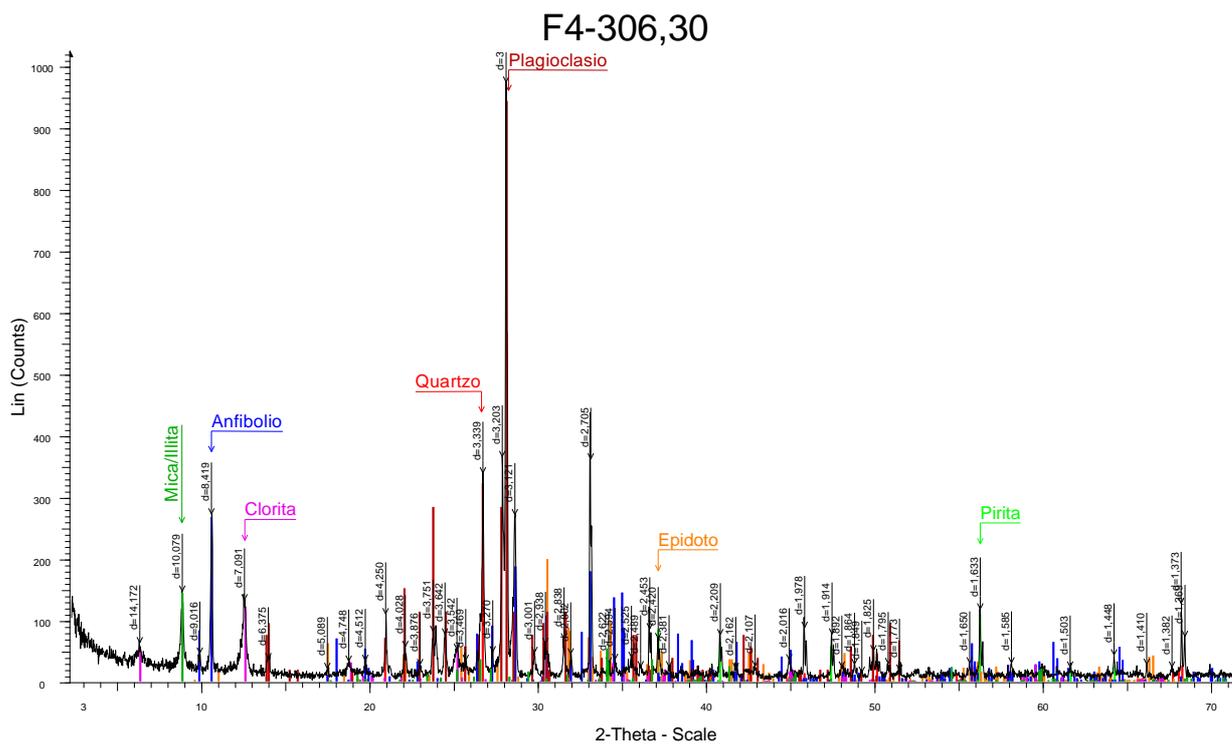




Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	12,7
Mica/Ililita	01-080-1110	15,8
Plagioclásio	00-041-1480	32,9
K-Feldspato	01-086-0439	10,9
Clorita	01-082-0038	9,3
Anfibólio	01-072-0459	18,4

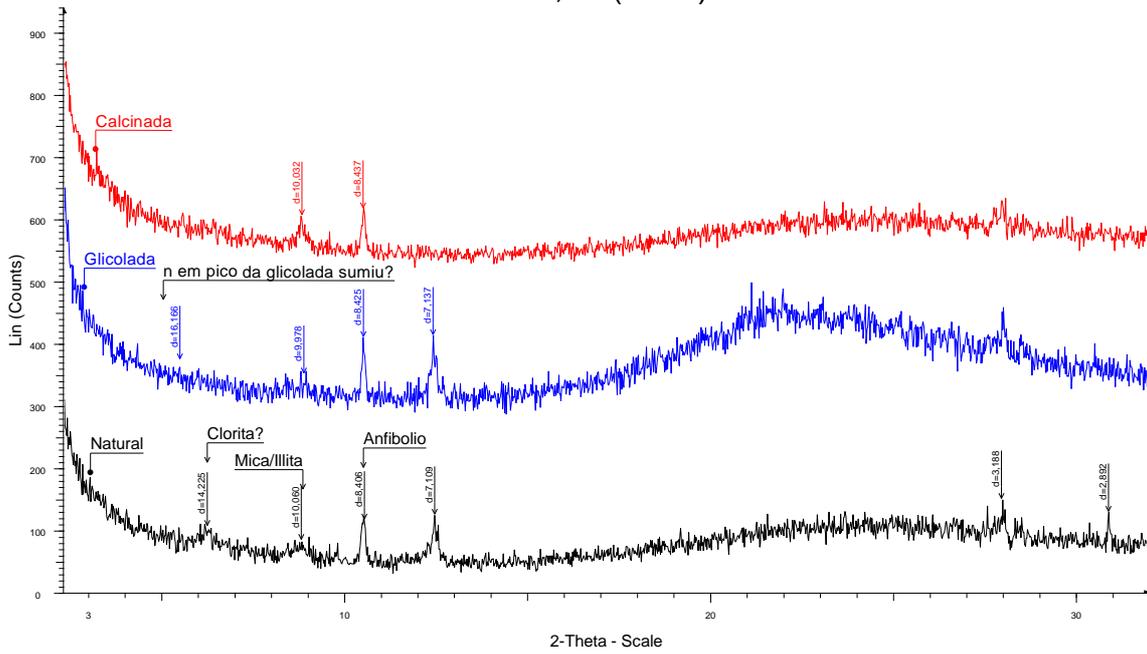


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	27,7
Clorita	01-082-0038	33,3
Anfibólio	01-072-0459	15,9
Calcita	00-005-0586	23,1

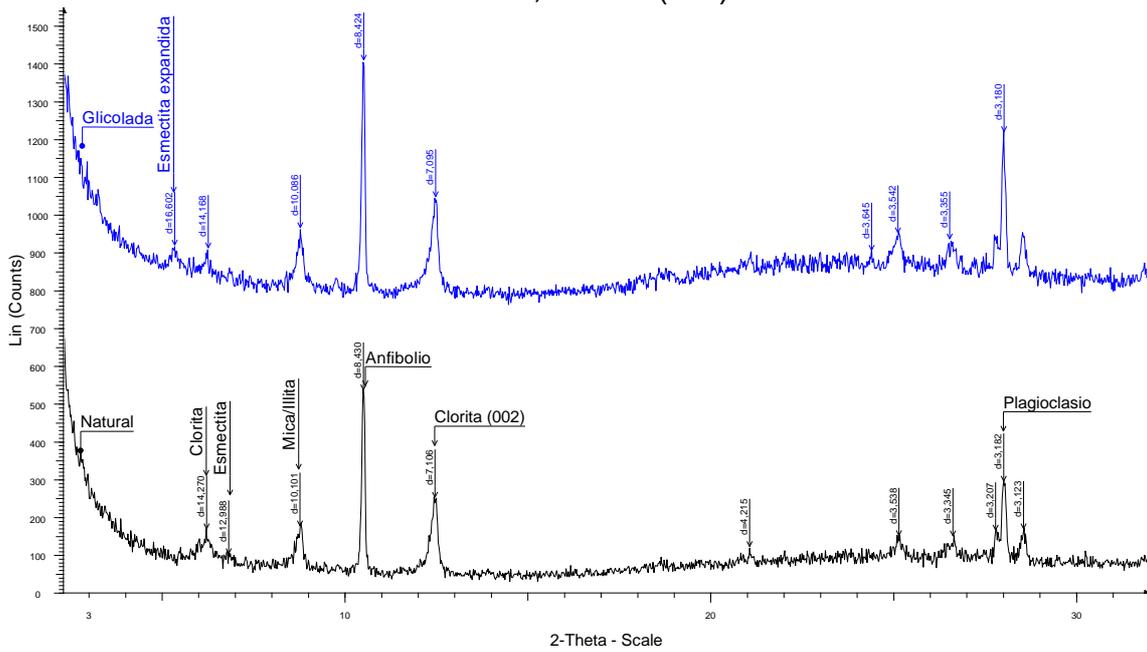


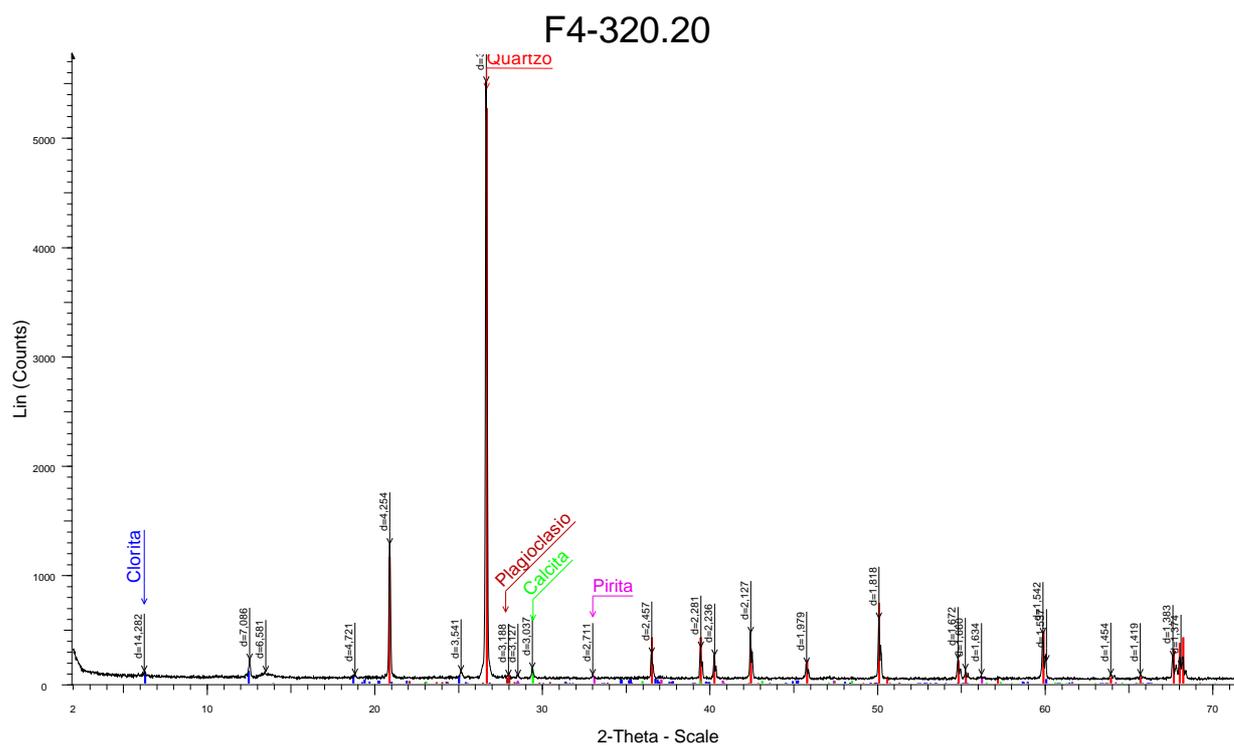
Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	4,4
Pirita	00-042-1340	4,9
Epidoto	01-073-2147	14,1
Anfibólio	01-072-0459	22,2
Clorita	01-085-2163	3,9
Plagioclásio	00-010-0393	46,4
Mica/Ilita	01-083-1366	4,1

F4-306,30 (NGC)

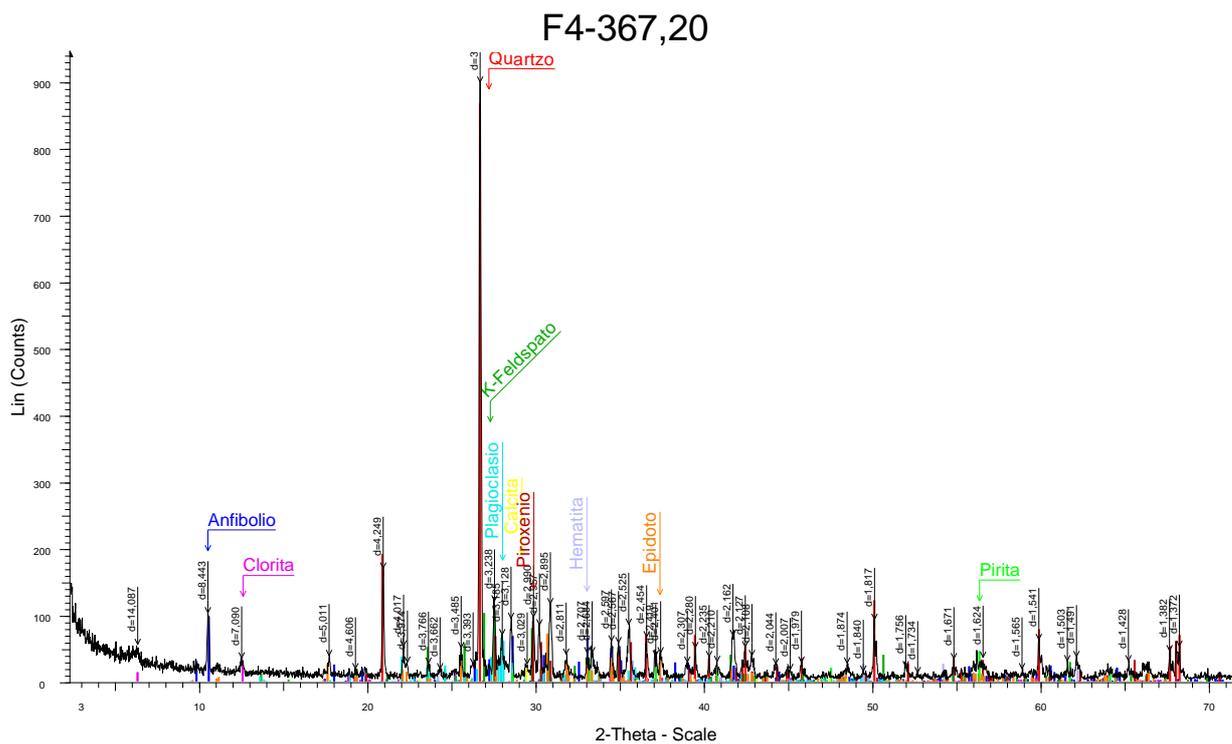


F4-306,30 >10 (NG)



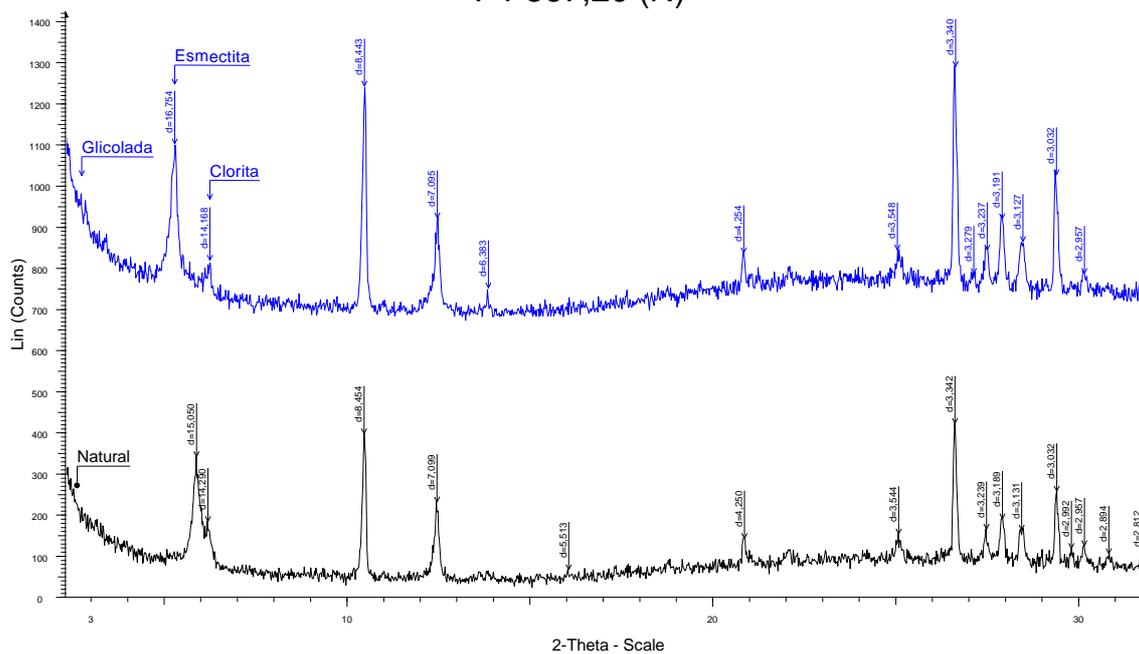


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	81,1
Clorita	01-080-1119	9,2
Calcita	00-005-0586	3,6
Pirita	00-042-1340	2,3
Plagioclásio	00-041-1480	3,8

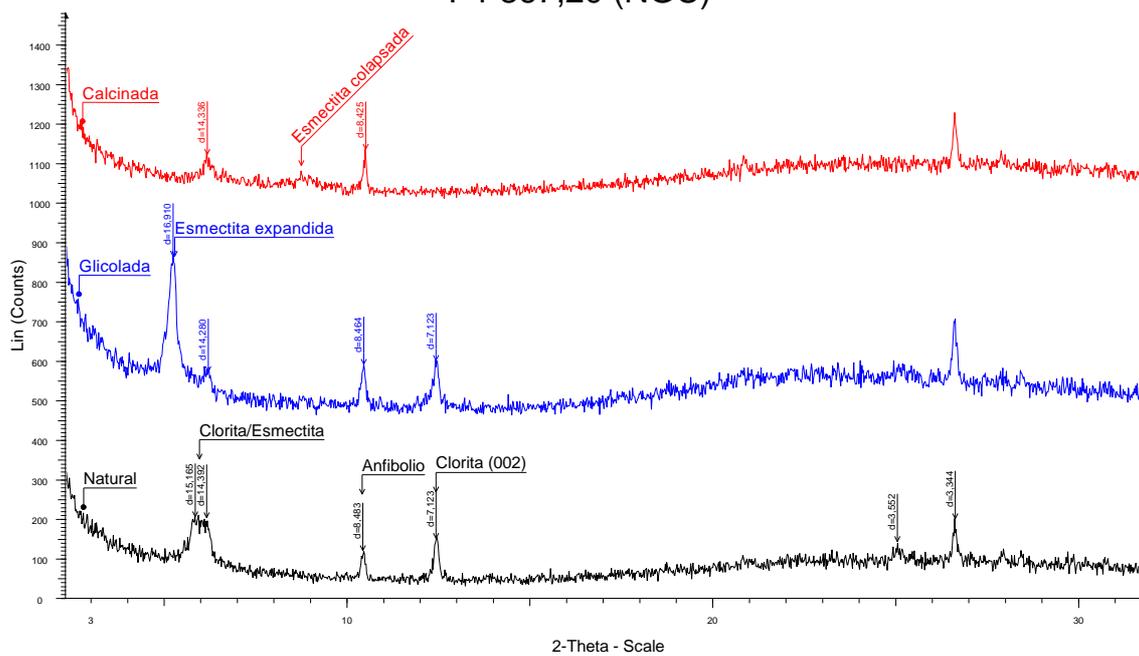


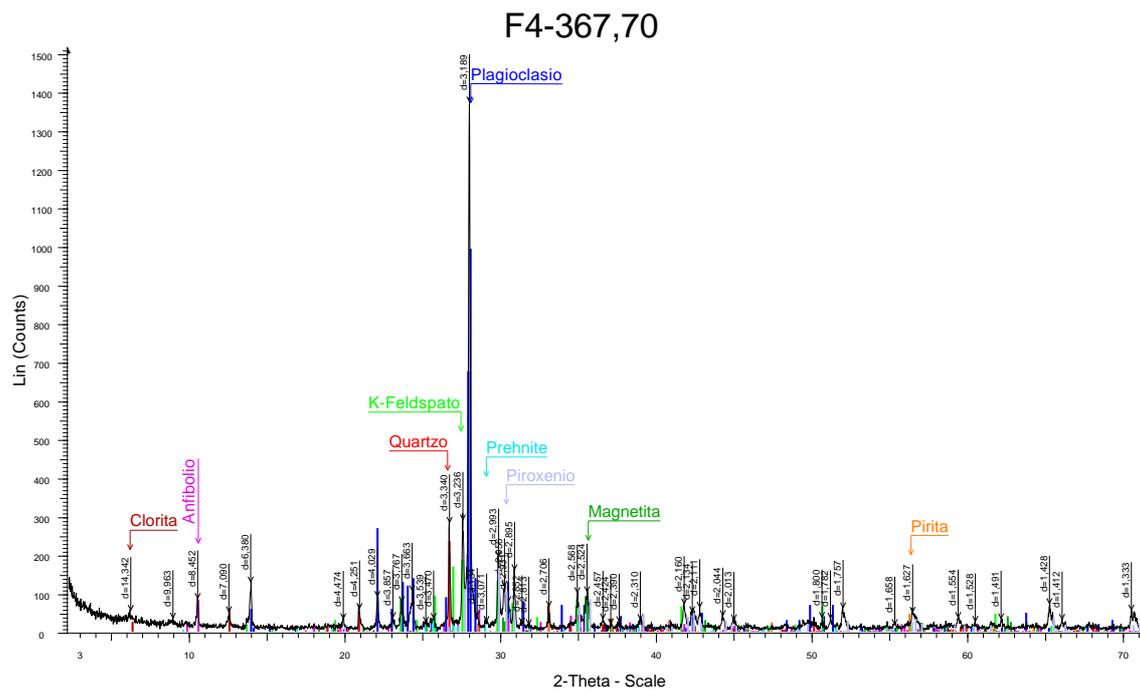
Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	25,5
Anfibólio	01-072-0459	17,4
Clorita	01-085-2163	2,2
K-Feldspato	00-019-0002	12
Plagioclásio	01-086-1705	12,4
Piroxênio	00-024-0203	10,4
Hematita	00-001-1053	4,4
Pirita	00-001-1295	4,8
Epidoto	01-072-2375	9,9
Calcita	00-005-0586	1,1

F4-367,20 (N)



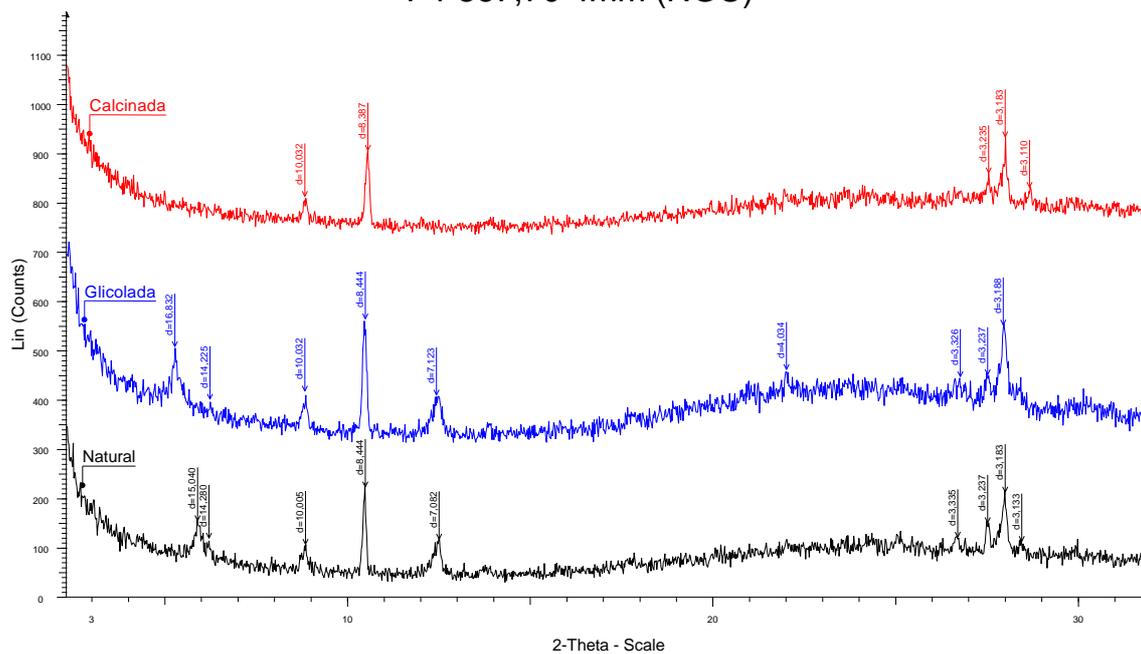
F4-367,20 (NGC)



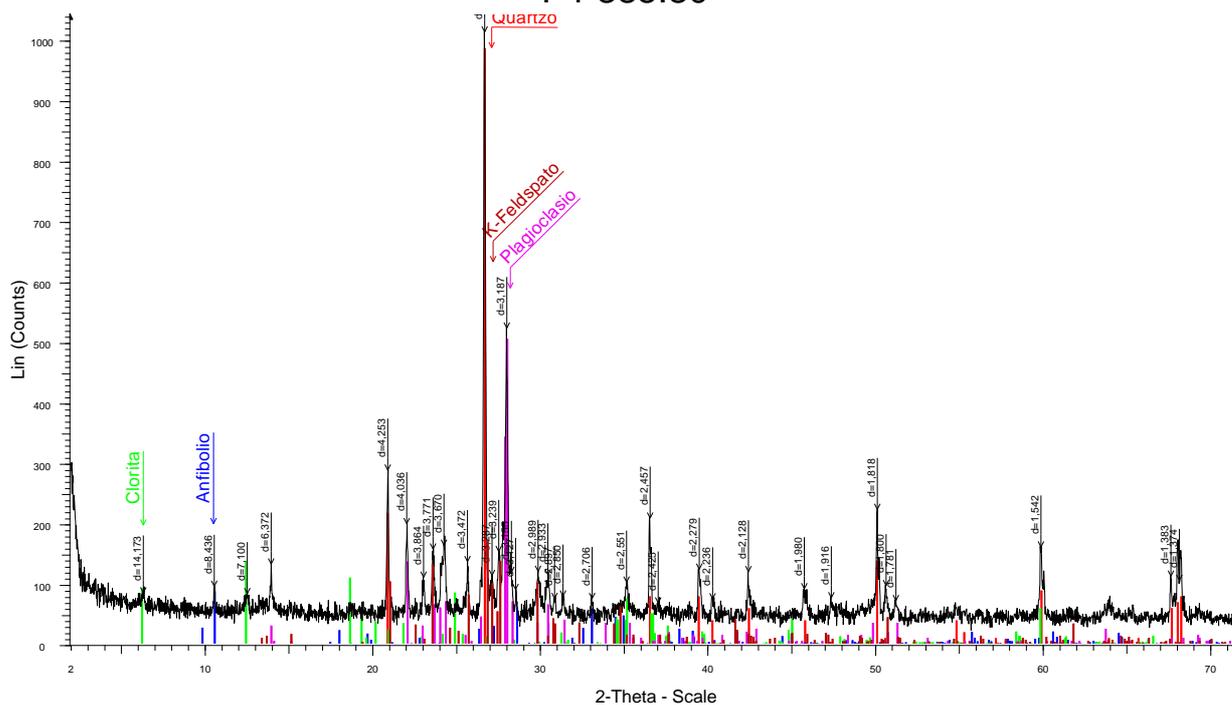


Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	3,6
Anfibólio	01-072-0459	7,7
Clorita	01-085-2163	2,1
K-Feldspato	00-019-0002	10,4
Plagioclásio	01-086-1705	51,7
Piroxênio	00-024-0203	16,3
Pirita	00-042-1340	2,4
Magnetita	01-075-1609	3,7

F4-367,70 4mm (NGC)



F4-385.30



Fase Mineral	Ficha Cristalográfica	Porcentagem (%)
Quartzo	00-033-1161	20,5
Anfibólio	01-072-0459	11,1
Clorita	01-082-0038	16,6
Plagioclásio	00-041-1480	35,7
K-Feldspato	01-086-0437	16,1

Anexo III

No anexo III, são apresentados os dados em óxido das análises de química mineral, de sulfetos e das cloritas.

F4-38,70		Fe	S	Ti	Cu	Co	As	Ni	Zn	Total
1 / 1 .	PY A	46,58	54,23	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,84
2 / 1 .	PY A	46,32	53,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	100,16
3 / 1 .	PY A	46,72	54,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,87
4 / 1 .	PY A	46,51	53,93	0,00	0,04	0,00	0,07	0,00	0,01	100,55
5 / 1 .	PY A	46,86	53,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	100,77
6 / 1 .	PY A	46,53	53,54	0,27	0,01	0,00	0,05	0,00	0,05	100,45
7 / 1 .	PY A	46,33	53,66	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	100,21
8 / 1 .	PY A	46,79	53,93	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	100,79
9 / 1 .	PY A	46,68	54,16	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	100,93
10 / 1 .	PY A	46,54	53,88	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	100,50
11 / 1 .	PY A	46,94	53,94	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100,95
12 / 1 .	PY A	46,62	53,99	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	100,65
13 / 1 .	PY A	46,36	53,63	0,05	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	100,10
14 / 1 .	PY A	46,51	53,90	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	100,43
15 / 1 .	PY A	46,70	54,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	100,81
16 / 1 .	PY A	46,75	53,78	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	100,63
17 / 1 .	PY A	46,76	53,30	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	100,07
18 / 1 .	PY A	46,86	53,65	0,01	0,00	0,00	0,05	0,01	0,02	100,61
19 / 1 .	PY A	46,74	54,22	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	101,01
20 / 1 .	PY A	46,67	53,52	0,02	0,01	0,00	0,07	0,01	0,00	100,30
21 / 1 .	PY B	46,16	53,81	0,00	0,00	0,00	0,07	0,02	0,01	100,06
22 / 1 .	PY B	46,35	54,11	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	100,50
23 / 1 .	PY B	46,78	53,79	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	100,59
24 / 1 .	PY B	46,69	54,11	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	100,86
25 / 1 .	PY B	46,69	54,35	0,09	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	101,14
26 / 1 .	PY B	46,74	54,52	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	101,30
27 / 1 .	PY B	46,49	54,58	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,03	101,18
28 / 1 .	PY B	46,42	54,80	0,02	0,02	0,00	0,04	0,00	0,02	101,32
29 / 1 .	PY B	46,70	53,99	0,05	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	100,82
30 / 1 .	PY B	46,64	54,11	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	100,78
31 / 1 .	PY B	46,65	53,77	0,06	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	100,52
32 / 1 .	PY B	46,88	54,06	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	100,97
33 / 1 .	PY B	46,52	53,54	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,09
34 / 1 .	PY B	46,46	53,97	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,52

35 / 1 .	PY B	46,74	54,57	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	101,34
36 / 1 .	PY B	46,77	54,37	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	101,21
37 / 1 .	PY B	46,82	54,24	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	101,09
38 / 1 .	PY C	46,16	52,74	0,01	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	98,97
39 / 1 .	PY C	46,75	54,24	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	101,04
40 / 1 .	PY C	46,84	54,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,95
41 / 1 .	PY C	46,47	53,53	0,43	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	100,47
42 / 1 .	PY C	46,86	54,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	100,98
43 / 1 .	PY C	46,60	53,78	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,40
44 / 1 .	PY C	46,80	53,65	0,01	0,01	0,00	0,12	0,01	0,00	100,60
45 / 1 .	PY C	46,35	53,94	0,01	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	100,37
46 / 1 .	PY C	46,61	53,56	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	100,20
47 / 1 .	PY C	46,63	53,94	0,02	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	100,64
48 / 1 .	PY C	46,81	53,74	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,01	100,61
49 / 1 .	PY C	46,60	54,17	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	100,84
50 / 1 .	PY C	46,59	53,86	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	100,48
51 / 1 .	PY C	46,53	53,97	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	100,57
52 / 1 .	PY C	46,45	53,85	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,31
53 / 1 .	PY C	46,65	53,89	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	100,58
54 / 1 .	PY C	46,54	54,21	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	100,82
55 / 1 .	PY C	45,92	53,60	0,01	0,02	0,00	0,06	0,00	0,07	99,68
56 / 1 .	PY C	46,64	54,20	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	100,91
57 / 1 .	PY C	46,61	53,96	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	100,67
58 / 1 .	PY C	46,61	53,64	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	100,28
59 / 1 .	PY C	46,58	53,90	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	100,50
60 / 1 .	PY C	46,79	53,87	0,02	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00	100,80

Tabela 1:Tabela de sulfetos (%) amostra F4-38,70

GF 004A	SiO2	Al2O3	MgO	FeO	TiO2	MnO	PbO	CaO	Na2O	K2O	Cl	F	Total
Cl I A	26,55	17,53	14,22	27,68	0,04	0,50	0,00	0,08	0,04	0,01	0,01	0,07	86,72
Cl I A	26,00	18,12	14,05	27,53	0,09	0,61	0,03	0,08	0,03	0,01	0,00	0,16	86,70
Cl I A	26,00	18,40	13,73	27,67	0,11	0,55	0,00	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	86,57
Cl I A	26,07	18,05	13,81	28,17	0,06	0,58	0,05	0,04	0,05	0,01	0,02	0,13	87,03
Cl I A	25,95	18,86	13,78	27,58	0,07	0,66	0,00	0,07	0,02	0,02	0,01	0,20	87,23
Cl I A	25,89	18,40	13,92	27,73	0,14	0,57	0,00	0,08	0,03	0,01	0,01	0,20	86,98
Cl I A	26,20	18,46	13,60	27,65	0,07	0,55	0,01	0,06	0,04	0,01	0,01	0,15	86,81
Cl I A	26,37	17,98	14,06	27,54	0,10	0,53	0,00	0,06	0,02	0,02	0,02	0,13	86,85
Cl I A	26,64	17,00	14,09	27,56	0,03	0,45	0,01	0,03	0,08	0,00	0,01	0,07	85,98
Cl I A	26,26	18,26	13,91	27,73	0,17	0,52	0,00	0,10	0,06	0,00	0,01	0,02	87,04

CI I A	26,99	17,02	13,97	27,89	0,09	0,41	0,01	0,05	0,02	0,02	0,01	0,08	86,55
CI I A	26,59	17,47	14,05	28,06	0,15	0,50	0,00	0,09	0,04	0,00	0,02	0,12	87,06
CI I B	25,97	18,64	14,07	27,50	0,10	0,58	0,01	0,05	0,01	0,02	0,01	0,16	87,13
CI I B	26,01	18,26	13,92	27,50	0,08	0,53	0,01	0,05	0,01	0,00	0,01	0,15	86,52
CI I B	26,09	18,52	13,95	27,16	0,06	0,56	0,04	0,06	0,05	0,01	0,00	0,10	86,59
CI I B	25,77	18,59	13,95	26,93	0,05	0,51	0,04	0,05	0,01	0,00	0,02	0,05	85,98
CI I B	25,90	18,55	13,89	27,23	0,10	0,61	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	86,34
CI I B	26,33	18,22	14,24	27,21	0,06	0,48	0,00	0,05	0,05	0,00	0,01	0,19	86,84
CI I B	27,00	17,12	14,61	27,45	0,03	0,51	0,10	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	87,11
CI I B	26,93	17,15	14,38	27,36	0,03	0,47	0,02	0,04	0,07	0,00	0,01	0,15	86,60
CI I B	25,67	18,71	13,84	27,41	0,06	0,58	0,00	0,03	0,02	0,00	0,02	0,06	86,41
CI I B	25,91	18,82	13,90	27,50	0,08	0,61	0,00	0,04	0,08	0,00	0,01	0,00	86,94
CI I C	25,96	18,10	13,83	27,42	0,15	0,46	0,00	0,08	0,02	0,02	0,02	0,15	86,21
CI I C	25,37	18,06	13,52	27,33	0,07	0,52	0,08	0,06	0,05	0,00	0,02	0,19	85,27
CI I C	25,84	18,72	13,78	26,94	0,11	0,57	0,10	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	86,14
CI I C	26,00	18,84	14,28	26,19	0,05	0,60	0,03	0,04	0,07	0,00	0,00	0,27	86,36
CI I C	25,82	18,32	13,59	26,94	0,15	0,59	0,00	0,08	0,01	0,00	0,01	0,20	85,72
CI I C	25,59	18,36	14,00	26,95	0,08	0,63	0,02	0,04	0,02	0,00	0,00	0,01	85,71
CI I C	25,73	18,21	13,68	26,80	0,07	0,61	0,01	0,06	0,05	0,00	0,01	0,05	85,29
CI I C	26,74	17,83	14,33	27,08	0,06	0,48	0,07	0,17	0,00	0,02	0,01	0,11	86,91
CI I C	26,82	17,74	13,80	27,24	0,05	0,53	0,00	0,28	0,01	0,01	0,01	0,00	86,49
CI I C	25,98	18,34	13,76	26,66	0,03	0,62	0,00	0,04	0,02	0,01	0,02	0,00	85,47
CI I C	25,81	18,21	13,55	27,33	0,06	0,61	0,03	0,04	0,02	0,00	0,01	0,20	85,86
CI I C	25,92	18,64	13,60	27,68	0,10	0,54	0,00	0,05	0,06	0,00	0,01	0,05	86,65
CI I C	26,28	18,11	13,73	27,66	0,05	0,53	0,00	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	86,47
CI I C	25,69	18,68	13,81	27,26	0,06	0,60	0,06	0,03	0,06	0,01	0,01	0,00	86,26
CI I D	27,95	16,52	13,69	26,29	0,56	0,29	0,00	0,67	0,01	0,13	0,03	0,08	86,21
CI I D	28,49	16,04	14,41	25,96	0,82	0,34	0,01	0,36	0,04	0,43	0,03	0,24	87,18
CI I D	28,88	15,34	14,31	25,65	1,28	0,31	0,00	0,72	0,00	0,50	0,02	0,20	87,20
CI I D	29,32	15,48	14,63	25,11	1,23	0,34	0,00	0,35	0,01	0,86	0,03	0,30	87,65
CI I D	28,23	16,32	13,42	26,65	0,53	0,38	0,09	0,83	0,02	0,05	0,02	0,12	86,68
CI I D	28,40	16,00	14,42	26,06	0,45	0,37	0,05	0,63	0,03	0,04	0,02	0,14	86,60
CI I D	29,41	15,26	14,07	25,07	1,63	0,25	0,00	0,67	0,06	1,07	0,04	0,23	87,76
CI I D	27,60	17,05	14,80	27,05	0,09	0,48	0,02	0,16	0,01	0,01	0,01	0,00	87,27
CI I E	27,95	15,95	13,48	27,98	0,18	0,33	0,00	0,33	0,04	0,01	0,01	0,06	86,33
CI I E	28,14	15,45	13,85	26,86	0,97	0,34	0,00	0,47	0,01	0,33	0,03	0,13	86,58
CI I E	27,87	15,58	13,75	26,20	0,87	0,38	0,01	0,62	0,04	0,11	0,03	0,23	85,69
CI I E	27,17	16,20	12,65	30,28	0,03	0,35	0,01	0,10	0,05	0,01	0,01	0,00	86,87
CI I E	29,62	14,58	12,17	28,20	0,13	0,31	0,00	1,69	0,06	0,08	0,01	0,00	86,86
CI I E	26,73	17,07	11,69	30,94	0,08	0,46	0,00	0,18	0,04	0,01	0,00	0,00	87,19
CI I E	26,30	17,12	11,72	31,03	0,09	0,42	0,01	0,14	0,02	0,01	0,00	0,05	86,92

CI I E	26,59	16,60	10,98	31,10	0,08	0,36	0,00	0,12	0,17	0,01	0,00	0,00	86,01
CI I E	27,90	15,64	13,65	27,29	0,80	0,36	0,01	0,44	0,01	0,27	0,03	0,27	86,67
CI I E	28,27	15,10	13,99	26,80	0,70	0,36	0,00	0,47	0,02	0,36	0,02	0,14	86,23

Tabela 2: Tabela de clorita (%), amostra GF-004A

GF-112	SiO2	Al2O3	MgO	FeO	TiO2	MnO	PbO	CaO	Na2O	K2O	Cl	F	Total
CI II A	29,94	16,27	16,98	22,93	0,00	0,37	0,00	0,31	0,04	0,00	0,01	0,20	87,05
CI II A	29,16	16,69	16,66	22,84	0,02	0,36	0,06	0,26	0,05	0,01	0,00	0,10	86,21
CI II A	29,31	14,69	18,40	21,92	0,00	0,30	0,02	0,13	0,04	0,01	0,01	0,16	85,01
CI II A	29,13	15,69	17,59	22,39	0,02	0,35	0,00	0,22	0,06	0,00	0,00	0,00	85,44
CI II A	28,85	15,92	17,60	22,49	0,00	0,40	0,00	0,14	0,02	0,00	0,01	0,09	85,51
CI II A	30,24	15,77	16,61	23,97	0,04	0,30	0,00	0,51	0,05	0,01	0,01	0,00	87,50
CI II A	30,37	15,31	16,98	22,71	0,01	0,37	0,05	0,73	0,00	0,02	0,00	0,04	86,59
CI II A	30,45	15,33	16,67	23,57	0,03	0,34	0,00	0,62	0,01	0,02	0,01	0,11	87,17
CI II A	30,16	15,55	16,48	23,22	0,03	0,34	0,00	0,50	0,06	0,02	0,00	0,00	86,37
CI II A	30,06	15,91	16,54	22,89	0,01	0,34	0,05	0,52	0,06	0,03	0,01	0,18	86,60
CI II A	29,77	15,67	16,49	23,12	0,02	0,33	0,03	0,38	0,04	0,02	0,00	0,04	85,91
CI II A	29,81	16,52	16,89	23,71	0,02	0,32	0,05	0,29	0,05	0,04	0,00	0,14	87,84
CI II A	29,81	16,53	17,39	23,16	0,04	0,33	0,02	0,23	0,04	0,02	0,00	0,00	87,56
CI II A	30,66	15,62	16,71	23,17	0,00	0,32	0,00	0,54	0,02	0,02	0,01	0,08	87,14
CI II A	29,78	15,77	16,59	24,09	0,00	0,36	0,02	0,42	0,05	0,01	0,01	0,10	87,20
CI II B	29,05	16,19	17,54	23,36	0,00	0,44	0,00	0,12	0,00	0,01	0,00	0,15	86,86
CI II B	29,59	15,90	17,66	23,41	0,01	0,39	0,00	0,18	0,07	0,03	0,01	0,00	87,24
CI II B	29,21	15,62	17,50	23,31	0,00	0,42	0,00	0,60	0,03	0,03	0,01	0,00	86,74
CI II B	29,46	15,86	17,78	23,25	0,00	0,40	0,00	0,13	0,00	0,02	0,00	0,15	87,07
CI II B	29,24	15,72	17,89	23,27	0,02	0,39	0,02	0,13	0,02	0,01	0,01	0,00	86,73
CI II B	29,12	16,35	17,61	22,52	0,01	0,39	0,00	0,14	0,03	0,02	0,00	0,14	86,31
CI II B	29,42	15,90	17,93	23,31	0,02	0,35	0,00	0,14	0,02	0,03	0,00	0,05	87,16
CI II C	30,84	14,96	18,52	19,77	2,37	0,29	0,02	0,50	0,02	0,63	0,01	0,24	88,16
CI II C	29,10	16,29	17,43	22,78	0,05	0,42	0,00	0,21	0,02	0,06	0,01	0,09	86,47
CI II C	28,92	15,78	16,57	22,69	0,02	0,35	0,05	0,29	0,06	0,01	0,00	0,02	84,77
CI II C	29,14	16,28	18,47	18,32	1,80	0,37	0,00	0,88	0,04	0,12	0,01	0,14	85,56
CI II C	28,55	16,99	16,85	23,10	0,02	0,38	0,00	0,20	0,02	0,01	0,01	0,16	86,29
CI II C	30,30	15,71	16,07	22,03	0,16	0,40	0,07	1,32	0,20	0,02	0,01	0,08	86,38
CI II C	29,48	15,73	16,33	23,64	0,03	0,41	0,00	0,42	0,04	0,04	0,00	0,00	86,12
CI II C	29,83	16,26	17,11	23,26	0,02	0,30	0,06	0,33	0,05	0,02	0,01	0,15	87,38
CI II C	29,74	15,75	16,88	22,76	0,00	0,35	0,00	0,40	0,04	0,01	0,02	0,21	86,15
CI II D	29,54	16,29	17,17	22,86	0,01	0,34	0,04	0,18	0,03	0,02	0,01	0,06	86,55
CI II D	30,07	15,73	16,26	23,55	0,02	0,34	0,00	0,52	0,04	0,04	0,01	0,04	86,64
CI II D	29,05	16,89	16,51	23,28	0,00	0,37	0,06	0,33	0,06	0,03	0,02	0,03	86,62
CI II D	28,78	17,00	17,11	22,83	0,00	0,38	0,03	0,19	0,09	0,02	0,01	0,09	86,53

CI II D	29,07	15,76	16,47	23,33	0,02	0,35	0,00	0,41	0,09	0,03	0,05	0,12	85,70
CI II D	28,94	16,39	16,28	23,55	0,03	0,36	0,02	0,35	0,04	0,03	0,01	0,10	86,10
CI II D	29,53	15,98	16,15	23,55	0,01	0,38	0,03	0,51	0,07	0,05	0,01	0,19	86,44
CI II D	29,51	15,60	16,32	23,70	0,02	0,36	0,02	0,37	0,03	0,03	0,01	0,00	85,97
CI II D	29,72	15,67	16,56	23,46	0,01	0,39	0,03	0,46	0,05	0,02	0,00	0,04	86,40
CI II D	29,64	15,99	16,44	23,38	0,02	0,39	0,00	0,53	0,04	0,02	0,00	0,09	86,53
CI II D	27,96	15,71	15,99	22,82	0,03	0,34	0,08	0,26	0,05	0,02	0,01	0,07	83,33

Tabela 3: Tabela de clorita (%), amostra GF-112

F4-306,30	SiO2	Al2O3	MgO	FeO	TiO2	MnO	PbO	CaO	Na2O	K2O	Cl	F	Total
CI III A	27,70	13,16	2,59	45,10	0,06	0,08	0,00	0,50	0,01	0,00	0,00	0,00	89,19
CI III A	27,24	13,26	2,52	44,94	0,01	0,10	0,00	0,46	0,06	0,00	0,00	0,00	88,59
CI III A	26,34	14,41	2,14	45,69	0,02	0,05	0,00	0,26	0,06	0,00	0,00	0,00	88,96
CI III A	27,03	13,34	2,46	45,24	0,04	0,10	0,00	0,40	0,07	0,00	0,00	0,00	88,68
CI III A	28,03	12,89	2,76	44,71	0,00	0,11	0,00	0,59	0,07	0,00	0,00	0,00	89,17
CL III B	27,11	13,82	2,68	45,12	0,09	0,12	0,00	0,34	0,04	0,00	0,00	0,00	89,32
CL III B	27,52	13,51	2,80	44,58	0,05	0,10	0,00	0,47	0,10	0,00	0,00	0,00	89,14
CL III B	26,90	13,76	2,74	44,87	0,05	0,12	0,00	0,48	0,04	0,00	0,00	0,00	88,96
CL III B	27,34	13,75	2,80	44,66	0,03	0,11	0,00	0,49	0,07	0,00	0,00	0,00	89,24
CL III B	26,38	14,37	2,32	44,88	0,03	0,07	0,00	0,32	0,02	0,00	0,00	0,00	88,39
CI III C	26,28	16,02	4,13	41,51	0,02	0,10	0,00	0,31	0,04	0,00	0,00	0,00	88,42
CI III C	26,27	16,48	3,93	41,45	0,00	0,04	0,00	0,31	0,04	0,00	0,00	0,00	88,53
CI III C	25,94	17,10	4,47	41,22	0,02	0,05	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	89,10
CI III C	28,16	14,56	6,88	39,04	0,03	0,08	0,00	0,44	0,04	0,00	0,00	0,00	89,23
CI III C	26,85	15,18	5,27	41,67	0,03	0,10	0,00	0,31	0,02	0,00	0,00	0,00	89,44
CI III C	27,68	15,36	6,13	38,85	0,00	0,09	0,00	0,55	0,06	0,00	0,00	0,00	88,72
CI III C	27,34	14,74	5,50	41,31	0,00	0,09	0,00	0,31	0,06	0,00	0,00	0,00	89,35
CI III C	25,78	17,05	4,37	40,84	0,03	0,07	0,00	0,29	0,06	0,00	0,00	0,00	88,50
CI III C	26,57	17,29	6,64	37,70	0,30	0,04	0,00	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00	88,85
CI III C	27,10	14,71	10,74	35,05	0,73	0,06	0,00	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00	88,55
CI III C	25,95	17,71	4,33	40,52	0,04	0,11	0,00	0,28	0,01	0,00	0,00	0,00	88,95
CI III C	26,82	15,64	5,78	40,39	0,04	0,09	0,00	0,32	0,02	0,00	0,00	0,00	89,10
CI III C	27,58	15,14	6,49	39,81	0,03	0,12	0,00	0,43	0,06	0,00	0,00	0,00	89,66
CI III C	28,73	14,32	7,94	37,77	0,01	0,07	0,00	0,42	0,11	0,00	0,00	0,00	89,37

Tabela 4: Tabela de clorita (%), amostra F4-306,30