UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**O Leucogranito Inhandjara: um exemplo de diferenciação
magmato-hidrotermal na província granítica Itu, SP (Brasil)**

FERNANDO PRADO ARAUJO

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lucelene Martins

Dissertação de Mestrado

Nº 801

COMISSÃO JULGADORA

Dr^a. Lucelene Martins

Dr^a. Lena Virginia Soares Monteiro

Dr. Washington Barbosa Leite Junior

SÃO PAULO

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Serviço de Biblioteca e Documentação do IGc/USP
Ficha catalográfica gerada automaticamente com dados fornecidos pelo(a) autor(a)
via programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do ICMC/USP

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de catalogação da publicação:
Sonia Regina Yole Guerra - CRB-8/4208 | Anderson de Santana - CRB-8/6658

Araujo, Fernando Prado
O Leucogranito Inhandjara: um exemplo de
diferenciação magmato-hidrotermal na Província
Granítica Itu, SP (Brasil) / Fernando Prado Araujo;
orientadora Lucelene Martins. -- São Paulo, 2018.
117 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Mineralogia e Petrologia) -- Instituto de
Geociências, Universidade de São Paulo, 2018.

1. Província Granítica Itu. 2. Diferenciação
Magmática. 3. Leucogranito com topázio. 4. Alteração
Greisen. 5. Granito a Metais Raros. I. Martins,
Lucelene, orient. II. Título.

Ao tempo, o verdadeiro grande alquimista.
Aquele que realmente transforma tudo e todos.

"Hic est totius fortitudinis fortitudo fortis,
qa vincet omnem rem subtilem,
omnemque solidam penetrabit.
Sic mundus creatus est.
Hinc erunt adaptationes mirabiles,
quarum modus hic est."
Tabvla Smaragdina

"Nem todo trajeto é reto
Nem o mar é regular"
Metá Metá – Cobra Rasteira

AGRADECIMENTOS

Deixo aqui meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e entidades que tornaram este trabalho possível, me apoiando, ajudando e incentivando das formas mais sutis e diretas de qual modo fosse necessário.

Agradeço à Universidade de São Paulo e ao Instituto de Geociências por ter me recebido de forma acolhedora ao longo da graduação e mestrado. E por toda infraestrutura que tive acesso para desenvolver minha pesquisa. Ao CNPq pela bolsa de mestrado (149342/2016-0) que possibilitou minha dedicação exclusiva ao projeto e à FAPESP (2015/01817-6) pelo auxílio financeiro relativo aos custos analíticos da pesquisa. Também agradeço ao Programa de Mineralogia e Petrologia e seus coordenadores (Prof. Renato Moraes e Profa. Eliane Del Lama) por todo suporte dado.

À Profa. Lucelene Martins tenho muito a agradecer, pela paciência que teve e por compartilhar seus conhecimentos comigo. Com sua ajuda me iniciei na pesquisa acadêmica e cresci muito como pessoa ao longo dos 6 anos que convivemos. A partir dos seus ensinamentos sobre as geociências, acho que consegui desenvolver uma pesquisa interessante e de qualidade.

Aos Profs. Valdecir Janasi e Adriana Alves pelas aulas de petrologia, dentro e fora das salas, pelas conversas que me iluminaram e por compartilharem seus trabalhos e dados comigo. Isto também vale para a Giovanna Pereira, que me acompanhou no mundo dos granitos de Itu e me ajudou durante todo o mestrado.

Aos Profs. Miguel Basei, Paulo Roberto dos Santos, Patrício Munoz e Frederico Faleiros pelos ensinamentos e vivência de campo durante meu estágio na disciplina de Mapeamento Geológico. Ao Frederico também agradeço pelos conhecimentos compartilhados sobre inclusões fluidas, que espero aplicar logo.

Agradeço aos membros da Comissão de Pós-Graduação pelas informações que me passaram quando fui representante discente e por todo apoio ao meu processo de defesa. Também ao Prof. Washington Leite e à Profa. Lena Monteiro por aceitarem participar da minha banca de mestrado, mesmo nas condições excepcionais do momento, e pelas dicas e contribuições ao trabalho.

Aos funcionários do IGc-USP pelo suporte em todas as etapas: Samuca (onipotente e onipresente da geo); Alexandre e Katherine (Seção de Pós-Graduação); aos técnicos dos laboratórios do NAP-Geoanalítica (Roger, Leandro, Marcos, José Paulo, Audrey e Vinícius) e do CPGeo (Vasco, Kei, Silvana); e também ao pessoal da seção de transportes (Bira, Adriano, Marciano e Michele), da gráfica (Henrique e Claudionor) e ao Renato da seção de laminação; além de muitos outros que não tive contato direto, mas foram de grande importância para tudo funcionar.

Aos funcionários da Pedreira Viracopos (especialmente o Leonardo Motta), do condomínio Colinas de Inhandjara, da Prefeitura de Itupeva e os moradores do Bairro da Mina. Por me possibilitarem estudar essa região tão intrigante e maravilhosa e os projetos que se desenvolveram pelo interesse comum.

Aos Profs. Washington Leite e Márcia Moura, por compartilharem um pouco do conhecimento sobre granitos estaníferos, pelas ideias e discussões sobre as amostras de Inhandjara, que influenciaram muito este trabalho.

Aos amigos da geo: Fernanda, Natasha, Funga, Adrianna, Grega, Fofona, Thiago, Sebastian, Frota, Christian, Ney, José Renato e tantos outros que não tenho espaço para citar todos, mas agradeço da mesma forma.

À galera do bosque Thomas Akabane, Nicholas Machado, Julio Lopes, Stephani Somekawa, Raquel Romão e John Barré por todas as fogueiras e momentos de ajuda, descontração e de crescimento. Foram parte decisiva desse mestrado.

Ao pessoal de casa, Satoshi, Gui, Lucas, Gab e Marx pelo convívio diário e todas aventuras que passamos por todos esses anos.

Os amigos da vida e do mundo, Lucas Gonçalves e família; todos os membros da família AÚ, antigos e novos, perto e longe: Vitória, Antônio, Isabela, Marina, Renata, Gisele, Danilo, Gustavo, João, Bernardo, Ricardo e Coco. Por toda alegria compartilhada nessa e outras vidas e tantas histórias para levar sempre na memória. O mundo nos uniu e vai ser muito difícil separar.

Ao Sabino, Ângela e Gabriel, pelas vezes que me receberam, todas conversas, momentos bons e todo carinho que me deram. Aqui estendo meus agradecimentos à Geosistema e à MS Minérios pela possibilidade de desenvolver meu lado profissional em um ambiente tão bom e diversificado.

À minha família: avós, tios, tias, primos, primas e afins, especialmente meus pais Cely e Silvio e meu irmão Victor, pela base sólida que me deram, todo apoio e compreensão que depositaram em mim. Sem eles não teria chegado até aqui.

E agradeço imensamente à Luiza, por ter estado sempre ao meu lado. Me encorajado a seguir em frente e sempre fazer mais. Por todo amor e conforto que me deu, nas horas boas e nas ruins. Pelo apoio nos momentos de necessidade e pelas comemorações nos momentos devidos. Este trabalho é tanto seu, quanto meu!

Peço perdão caso tenha esquecido de nomear alguém. A falta da indicação não foi por desgosto ou descaso, mas por estes momentos finais serem sempre carregados de emoção e adrenalina, atrapalhando o funcionamento da memória.

Enfim, serei eternamente grato por todos momentos vividos, todos caminhos trilhados e histórias cruzadas. Aqui se apresenta o resultado dessa alquimia maluca de sentimentos e ações que compõem minha história. Assim toda obscuridade fugirá de ti.

ABSTRACT

The Inhandjara Leucogranite is a small and differentiated Ediacaran stock (ca 570 Ma) that constitutes the northeaster border of the Itu Batholith (São Paulo state, SE Brazil), an A-type rapakivi body, composed of four main intrusions (Indaiatuba, Salto, Itupeva and Cabreúva). The stock outcrops as hololeucocratic granites, with distinguished radiometric contents (more enriched in Th and U than the surrounding units). It presents the highest altitudes of the region, occurring separated from the other granitic plutons by a belt of basement gneisses. It is made of two main units: (1) inequigranular to porphyritic biotite-bearing monzogranite, with potassium feldspar megacrysts in a medium to coarse-grained matrix; and (2) medium to fine-grained equigranular alkali feldspar granite, defined as the most evolved facies, consisted of subhedral albite and anhedral quartz, potassium feldspar and Li-bearing siderophyllite. As accessory magmatic phases, it shows fluorite, topaz, zircon, ilmenite and columbite-tantalite. The Leucogranite is metaluminous of A-type (A2 subtype), with alkali-calcic to alkalic character, from the ferroan series. It presents reduced nature and is classified into the ilmenite series. The facies show progressive increase of SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, F, Cs, Rb, Nb, Ta e Y, while contents of TiO₂, Fe₂O₃, MgO, CaO, Sr, Ba e Zr tend to decrease to the alkali-feldspar granite. For the rare earth elements (REE), the evolved facies shows slight enrichment in the heavy elements, with REE_{TOTAL} content around 150 ppm and (La/Yb)_N ratio of 0.6. It displays an almost flat pattern in chondrite-normalized plots, with strong negative Eu anomaly (Eu/Eu* = 0.003), highlighting itself from the other units from the Itu Batholith. Zircon chemical analyses directly corroborate to the differentiation model, presenting composition enriched in Hf, Y, Nb, Th and U at the crystal borders in biotite granite and throughout the crystals of the alkali-feldspar granite, what may indicate late crystallization in the presence of fluid phase. The stock shows evidences of intensive metasomatism, mainly as pervasive albitisation and fissure to pervasive greisenisation, where the paragenesis of Li-bearing muscovite, quartz and chlorite ($\pm$ fluorite) occurs associated with disseminate sulphides (pyrite, sphalerite and galena, $\pm$ chalcopyrite and molybdenite). The alteration process also affected the gneissic country rocks, transforming them to topaz-Li-bearing micas-quartz greisen bodies, associated with quartz-topaz veins mineralised with hübnerite (Mn-rich wolframite) and cassiterite. Therefore, the Inhandjara Leucogranite presents mineralogical and chemical evidences of strong differentiation, resulting from the crystallization of a late magma, enriched in volatile phases and incompatible elements, and enhanced by interaction with exsolved F-rich hydrothermal fluids. Those characteristics place the stock in the most evolved spectrum inside the Itu Batholith, relating it with the rare-metal (Nb-Ta-W-Sn) mineralization processes which occur in the area from the old Inhandjara Mine.

Keywords: Itu Granite Province, Magmatic Differentiation, Topaz-bearing Leucogranite, Greisen Alteration, Rare-Metal Granite.

RESUMO

O Leucogranito Inhandjara é um pequeno e diferenciado *stock* Ediacarano (~570 M.a.) que constitui a borda nordeste do Batólito de Itu (estado de São Paulo, SE Brasil), um corpo rapakivi tipo A, composto principalmente por quatro intrusões (Indaiatuba, Salto, Itupeva e Cabreúva). O *stock* aflora como granitos hololeucocráticos, com teores radiométricos diferenciados (mais enriquecidos em Th e U do que as unidades vizinhas). Ele apresenta as maiores altitudes da região, sendo separado das outras unidades graníticas por um cinturão de gnaisses do embasamento. É constituído por dois litotipos: (1) monzogranito inequigranular a porfirítico com biotita, apresenta megacristais de feldspato potássico em uma matriz de granulação média a grossa; e (2) álcali-feldspato granito equigranular médio a fino, definido como a fácies mais evoluída, consistindo de albita subédrica ($An_{<5}$) e quartzo, feldspato potássio e Li-siderofilita anédricos. Como fases magmáticas acessórias, apresenta fluorita, topázio, zircão, ilmenita e columbita-tantalita. O Leucogranito é metaluminoso do tipo A (subtipo A2), com caráter alcali-cálcico a alcalino, da série ferroana. Ele apresenta natureza reduzida, sendo classificado como da série ilmenita. As fácies apresentam enriquecimento progressivo em SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , F, Cs, Rb, Nb, Ta e Y, enquanto os teores de TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO, CaO, Sr, Ba e Zr tendem a diminuir em direção ao Topázio Granito. Para os elementos terras raras (ETR), a fácies evoluída apresenta ligeiro enriquecimento nos elementos pesados, com conteúdo ETR_{TOTAL} em torno de 150 ppm e razão $(La/Yb)_N$ de 0,6. Apresenta um padrão quase retilíneo quando normalizada por condrito, com forte anomalia negativa de Eu ($Eu/Eu^* = 0,003$), se destacando das demais unidades do Batólito Itu. Análises químicas de zircão corroboram diretamente com o modelo de diferenciação, apresentando composição enriquecida em Hf, Y, Nb, Th e U nas bordas de cristais no Biotita Granito e por todos cristais do Topázio Granito, o que pode indicar cristalização tardia em presença de fase fluida. O *stock* apresenta evidências de intenso metassomatismo, principalmente albitização pervasiva e greisenização fissural, onde a paragênese de muscovita com Li, quartzo e clorita ($\pm$ fluorita) ocorre associada a sulfetos disseminados (pirita, esfalerita e galena, $\pm$ calcopirita e molibdenita). O processo de alteração também afetou as rochas gnáissicas encaixantes, transformando-as em corpos de topázio-Li micas-quartzo *greisen*, associados a veios de quartzo-topázio mineralizados com hübnerita (wolframita rica em Mn) e cassiterita. Portanto, o Leucogranito de Inhandjara apresenta evidências mineralógicas e químicas de forte diferenciação, resultante da cristalização de um magma tardio, enriquecido em fases voláteis e elementos incompatíveis e acentuada pela interação com fluidos hidrotermais ricos em F exsolvidos do magma. Essas características colocam o *stock* no espectro mais evoluído dentro do Batólito Itu, relacionando-o com os processos de mineralização em metais raros (Nb-Ta-W-Sn) presentes na área da antiga Mina de Inhandjara.

Palavras-chave: Província Granítica Itu, Diferenciação Magmática, Leucogranito com Topázio, Alteração Greisen, Granito a Metais-Raros.

Sumário

CAPÍTULO I	1
I.1 Introdução.....	1
I.1.1 Justificativa e Objetivo	2
I.1.2 Localização e Acesso da Área	3
I.2 Metodologia	4
I.2.1 Revisão da Literatura.....	4
I.2.2 Trabalhos de Campo.....	4
I.2.3 Microscopia Ótica.....	5
I.2.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	6
I.2.5 Geoquímica de Rocha Total	6
I.2.6 Química Mineral de elementos maiores por Microsonda Eletrônica (EPMA)	7
I.2.7 Química Mineral de elementos menores e traços por LA-ICP-MS	9
I.2.8 Datação U-Pb (SHRIMP)	9
I.2.9 Isotopia Sm-Nd	10
I.3 Geologia Regional	11
I.3.1 Contexto Geológico	11
I.3.2 Trabalhos anteriores na área de estudo	13
CAPÍTULO II – O LEUCOGRANITO INHANDJARA	19
II.1 Características de Campo	19
II.1.1 Biotita Granito Pofirítico	21
II.1.2 Biotita Granito Inequigranular	22
II.1.1 Topázio Granito equigranular	24
II.2 Petrografia.....	26
II.2.1 Biotita Monzogranito com fluorita e apatita (BG Porfirítico)	28
II.2.1 Biotita Monzogranito com fluorita (BG Inequigranular).....	29
II.2.1 Topázio Granito com biotita, topázio e fluorita (TAG - Equigranular)	41
II.3 Alteração Hidrotermal no Leucogranito Inhandjara e Gnaisses Associados	50
II.3.1 Metassomatismo Alcalino (Na e K?)	50
II.3.2 Greisenização	51
II.3.3 Silicificação	52
II.3.4 Cloritização e outras alterações subordinadas	52

II.3.5 Rochas Encaixantes.....	58
II.4 Geoquímica de Rocha Total	66
II.4.1 Elementos Maiores	66
II.4.2 Elementos menores e traços	67
II.4.3 Elementos terras raras (ETR)	68
II.4.4 Diagramas Discriminantes	68
II.4.5 Isotopia Sm-Nd	73
II.4.6 Variação química do processo hidrotermal.....	75
II.5 Química Mineral	79
II.5.1 Feldspatos	79
II.5.2 Micas Trioctaédricas	82
II.5.3 Micas Dioctaédricas	85
II.5.4 Micas no <i>greisen</i> II (gnaisse encaixante)	86
II.5.5 Óxidos	87
II.5.6 Clorita.....	87
II.5.7 Zircão	90
II.6 Datação U/Pb em zircão	95
CAPÍTULO III DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	101
III.1 Discussão.....	101
III.1.1 Geoquímica Total.....	101
III.1.1 Química Mineral	103
III.1.1 Geoquímica isotópica Sm-Nd e de ETR.....	106
III.1.2 Associação com Mineralizações de Metais Raros	107
III.1.3 Evolução Magmato-Hidrotermal do Sistema	110
III.2 Conclusões.....	111
CAPÍTULO IV REFERÊNCIAS Citadas.....	112
ANEXOS.....	118

Lista de Tabelas

Tabela 1: Padrões utilizados para análises WDS pontuais em cristais de feldspatos.....	7
Tabela 2: Padrões utilizados para análises WDS pontuais em cristais de micas.	8
Tabela 3: Padrões utilizados para análises WDS pontuais em cristais de zircão.....	8
Tabela 4: Padrões utilizados para análises WDS pontuais em cristais de óxidos.	9
Tabela 5: Análises químicas de elementos maiores em rocha total representativas das fácies do Stock de Inhandjara.	69
Tabela 6: Dados isotópicos Sm/Nd em rocha total das amostras de Inhandjara.....	73
Tabela 7: Dados químicos comparando amostras frescas e hidrotermalizadas das fácies de Inhandjara.	76
Tabela 8: Dados químicos relacionando a variação na intensidade do metassomatismo na Pedreira Viracopos.	77
Tabela 9: Análises químicas representativas de feldspato potássico do Leucogranito Inhandjara.	79
Tabela 10: Análises químicas representativas de albita do Leucogranito Inhandjara.....	80
Tabela 11: Análises químicas representativas de plagioclásio do Leucogranito Inhandjara.	80
Tabela 12: Fórmula estrutural calculado para os feldspatos de Inhandjara a partir de análises <i>in situ</i>	82
Tabela 13: Análises químicas <i>in situ</i> representativas de micas trioctaédricas de Inhandjara	83
Tabela 14: Análises químicas <i>in situ</i> representativas de micas dioctaédricas de Inhandjara	86
Tabela 15: Análises químicas <i>in situ</i> representativas de cloritas de Inhandjara	89
Tabela 16: Análises químicas <i>in situ</i> representativas dos zircões de Inhandjara	92
Tabela 17: Dados geocronológicos U/Pb obtidos em cristais de zircão de Inhandjara por SHRIMP.....	97

Lista de Figuras

Figura 1: Instalações da antiga Mina de Inhandjara.....	3
Figura 2: Localização da área de estudo	4
Figura 3: Mapas Geológicos Regional e Local	13
Figura 4: Mapa geológico para o Batólito Itu.....	16
Figura 5: Mapas de gamaespectrometria Regional.....	17
Figura 6: Imagem de Satélite da região de estudo	20
Figura 7: Mapa de Análise de Terreno (dados SRTM).....	20
Figura 8: Diagramas binários para gamaespectrometria de campo.....	21
Figura 9: Aspecto de campo do Biotita Granito Porfirítico	22
Figura 10: Aspecto de campo do Biotita Granito Inequigranular	23
Figura 11: Aspecto de campo do Topázio Granito.....	25
Figura 12: Diagrama modal QAP para amostras de Inhandjara.....	26
Figura 13: Variação textural e tabela paragenética para o Leucogranito Inhandjara	27
Figura 14: Fotomicrografias dos feldspatos presentes no Biotita Granito Porfirítico.....	32
Figura 15: Fotomicrografias dos filossilicatos e minerais acessórios presentes no Biotita Granito Porfirítico	33
Figura 16: Imagens de elétrons retro-espalhados para o Biotita Granito Porfirítico	34
Figura 17: Fotomicrografias dos feldspatos presentes no Biotita Granito Inequigranular	35
Figura 18: Fotomicrografias dos filossilicatos presentes no Biotita Granito Inequigranular	36
Figura 19: Fotomicrografias das feições secundárias presentes no Biotita Granito Inequigranular.....	37
Figura 20: Imagens de elétrons retro-espalhados (BSE) do Biotita Granito Inequigranular	38
Figura 21: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para inclusões em pseudomorfo de biotita, amostra IPV-30C do BG Inequigranular.....	39
Figura 22: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para cristal de zircão zonado, amostra IPV-30C do BG Inequigranular	40
Figura 23: Fotomicrografias dos feldspatos presentes no Topázio Granito	43
Figura 24: Fotomicrografias das micas presentes no Topázio Granito	44
Figura 25: Fotomicrografias das fases acessórios presentes no Topázio Granito	45
Figura 26: Prancha de imagens BSE para o Topázio Granito.....	46
Figura 27: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para cristal de fluorita zonada e com inclusões, amostra IPV-35A do TAG	47

Figura 28: Mapas composicionais de EDS obtidos em FE-EPMA para cristal de fluorita zonada com inclusão de fluoreto de Y, amostra IPV-35A do TAG	48
Figura 29: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para cristal de zircão parcialmente substituído, amostra IPV-35A do TAG	49
Figura 30: Aspecto macroscópico das amostras hidrotermalizadas do Biotita Granito	54
Figura 31: Aspecto macroscópico das amostras hidrotermalizadas do Topázio Granito ...	55
Figura 32: Fotomicrografias dos <i>greisens</i> presentes no Topázio Granito (<i>greisen</i> I)	56
Figura 33: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para sulfetos de <i>greisen</i> I, amostra IPV-35H do TAG	57
Figura 34: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para matriz de <i>greisen</i> I, amostra IPV-35H do TAG.....	58
Figura 35: Aspecto de campo dos Gnaisses Encaixantes Greisenizados (<i>greisen</i> II).....	61
Figura 36: Fotomicrografias dos Gnaisses Encaixantes Greisenizados (<i>greisen</i> II)	62
Figura 37: Fotomicrografias das veios de topázio-quartzo mineralizados em W-Sn.....	63
Figura 38: Prancha de imagens BSE dos <i>greisen</i> II e veio de topazito mineralizados	64
Figura 39: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para veios de topazito mineralizado, amostra IPV-15D	65
Figura 40: Diagramas Harker de elementos maiores para as amostras de Inhandjara	70
Figura 41: Diagramas Harker de elementos menores e traços para amostras de Inhandjara.	71
Figura 42: Diagramas Harker de razões geoquímicas de interesse para as amostras de Inhandjara	72
Figura 43: Diagrama de elementos terras-rara (ETR) e elementos traços normalizados pelo condrito CI	73
Figura 44: Diagramas geoquímicas discriminantes para amostras de Inhandjara	74
Figura 45: Diagramas de geoquímica isotópica Sm-Nd	75
Figura 46: Diagrama linear da variação química para elementos maiores durante progressão do processo hidrotermal no Topázio Granito da Pedreira Viracopos	78
Figura 47: Diagrama linear da variação química para elementos meores e traços durante progressão do processo hidrotermal no Topázio Granito da Pedreira Viracopos.....	78
Figura 48: Diagrama linear da variação química para razões geoquímicas durante progressão do processo hidrotermal no Topázio Granito da Pedreira Viracopos.....	78
Figura 49: Diagramas de classificação e binários para análises <i>in situ</i> de feldspatos do Leucogranito Inhandjara.....	79
Figura 50: Diagramas de classificação para análises <i>in situ</i> de micas do Leucogranito Inhandjara	84

Figura 51: Diagramas binários para análises <i>in situ</i> de micas do Leucogranito Inhandjara	84
Figura 52: Diagramas de classificação para análises <i>in situ</i> de micas do Gnaiss Encaixante Greisenizado (<i>greisen</i> II)	88
Figura 53: Diagramas binários para análises <i>in situ</i> de micas do Gnaiss Encaixante Greisenizado (<i>greisen</i> II)	88
Figura 54: Diagramas de classificação e binários para análises <i>in situ</i> de cloritas do Leucogranito Inhandjara	90
Figura 55: Diagramas binários e diagramas de ETR normalizados pelo condrito para análises <i>in situ</i> de zircões do Leucogranito Inhandjara	93
Figura 56: Imagens BSE para cristais de zircão do Biotita Granito	94
Figura 57: Imagens BSE para cristais de zircão do Topázio Granito	95
Figura 58: Imagem de catodoluminescência dos cristais de zircão do Topázio Granito	96
Figura 59: Imagem de catodoluminescência dos cristais de zircão datados do Biotita Granito Porfirítico com posição dos spots e idade pontuais $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ por SHRIMP.	98
Figura 60: Diagrama concordia obtido para dados do Biotita Granito Porfirítico.	98
Figura 61: Imagem de catodoluminescência dos cristais de zircão datados do Biotita Granito Inequigranular com posição dos spots e idade pontuais $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ por SHRIMP.	99
Figura 62: Diagrama concordia obtido para dados do Biotita Granito Inequigranular.	99
Figura 63: (A) Diagrama Hf vs. Zr para as amostras rocha total de Inhandjara. (B) Diagrama Nb/Ta vs. Zr/Hf com linhas de referência conforme Wu et al. (2017) e campos para granitos mineralizados de Ballouard et al. (2016).	103
Figura 64: Diagramas para dados de química <i>in situ</i> para zircões de Inhandjara (A) Diagrama Yb vs. Th/U com os campos definidos por Breiter et al. (2014). (B) Diagrama Yb vs. Zr/Hf com os campos de Breiter et al. (2014). (C) Diagrama Zr/Hf vs. Hf com os domínios delimitados por Raimbault et al., (1995) e Wang et al. (2000) (D) Diagrama Zr/Hf vs. HF+Y+Th+U com os campos definidos por Lamarão et al. (2018).	105
Figura 65: Diagrama ternário com composições normativas de Q-Ab-Or para amostras de Inhandjara mostrando posição do mínimo haplogranítico para diferentes concentrações de F (conforme Manning, 1981).	106
Figura 66: Modelo esquemático para o <i>Stock</i> Inhandjara, com os litotipos e alterações hidrotermais definidos.	110

I.1 INTRODUÇÃO

Rochas granitoides estão entre os componentes fundamentais da crosta continental terrestre e seus processos de geração e diferenciação representam os principais meios para a evolução crustal (Gill, 2010). Os produtos finais desta evolução enriquecem quimicamente as camadas mais externas do planeta em minerais de interesse para a sociedade e tem grande importância para o avanço tecnológico atual e futuro.

Processos hidrotermais tardi- a pós-magmáticos associados às rochas granitoides também são importantes mecanismos de evolução crustal e formação de depósitos metálicos (Hannah e Stein, 1990; Saad et al., 1996; Candela, 1997; Pereira et al., 2008). Parte destes depósitos magmático-hidrotermais compreendem ocorrências de minerais de metais raros (*e.g.* wolframita – $(\text{Fe,Mn})\text{WO}_4$, cassiterita – SnO_2 , molibdenita – MoS_2 e columbita-tantalita – $(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$). Estes normalmente estão hospedados em cavidades mirolíticas e corpos pegmatíticos nas zonas de cúpula das intrusões graníticas (Suwimonprecha et al., 1995; Pollard, 1995), assim como em zonas hidrotermalizadas (*e.g.*, *greisen*) e sistemas de veios nas bordas das intrusões e em suas rochas encaixantes (Derre et al., 1986; Pitfield et al., 1990; Haapala, 1995; Moura et al., 2007).

Os depósitos de metais raros costumam estar associadas a magmas evoluídos, com assinaturas geoquímicas de granitos tipo A ou S e enriquecimento em álcalis, voláteis e elementos incompatíveis, incluindo os de natureza radioativa (Bowden, 1981; Manning, 1986; Lehmann, 1990; Sawka et al., 1990; Audétat et al., 2000; Ishihara e Murakami, 2006; Moura et al., 2014). Com considerável parte das ocorrências relacionadas a granitos peraluminosos com topázio (Raimbault et al., 1995).

A presença destas rochas altamente evoluídas em corpos graníticos do tipo A é comum em diversas províncias pós-orogênicas e anorogênicas pelo mundo (Exley, 1958; Moura e Botelho, 2000; Audétat et al., 2000; Štemprok et al., 2005; Haapala et al., 2007; Lukkari et al., 2009; Gu et al., 2011). A Província Granítica Itu é um desses exemplos (Bettencourt et al., 2005; Janasi et al., 2009), onde aflora o Leucogranito Inhandjara, um corpo altamente fracionado e especializado em metais raros, localizado no município de Itupeva (SP). Nessa localidade, durante as décadas de 40 e 60, foi explorada wolframita na Mina de Inhandjara.

Os depósitos metálicos de Inhandjara já foram descritos na literatura (*e.g.* Abreu, 1945; Saldanha, 1946; Amaral e Pascholati, 1990; Ribeiro et al., 1994; Pereira et al., 2008). Estes compreendem ocorrências de wolframita e cassiterita, hospedadas em veios de quartzo e topázio diretamente associados a corpos de topázio-mica-quartzo *greisen* nas rochas encaixantes. Quando nos granitos, os depósitos metálicos se dão na forma de sulfetos disseminados (Amaral e Pascholati, 1990).

No entanto a evolução magmático-hidrotermal do Leucogranito e sua correlação com a ocorrência de wolframita e cassiterita na área, seja como fonte primária dos metais ou apenas como motor termal do sistema, ainda não foi bem estabelecida, por isso foi alvo deste estudo.

I.1.1 Justificativa e Objetivo

A área de estudo abrange a borda nordeste do batólito Itu, onde aflora o stock Inhandjara, composto por leucogranitos evoluídos com evidências de intenso processo hidrotermal e associados a anomalias geofísicas regionais (Pascholati, 1990; Pascholati et al., 1997), e também suas rochas gnáissicas encaixantes. Estas ocorrem mineralizadas em W e Sn e abrigam a antiga Mina de Inhandjara, desativada atualmente. Depósitos metálicos desse tipo são raros no estado de São Paulo e, devido à grande demanda que tiveram durante a segunda guerra mundial, foram intensamente explotadas pela Sociedade Mineração Inhandjara (Figura 1), representando uma das principais produções de tungstênio do país no período (Saldanha, 1946; White, 1974).

Desta forma, a região de Inhandjara apresenta características petrológicas, radiogênicas e estruturais muito favoráveis ao estudo do processo de diferenciação magmática, com formação de granitos evoluídos e suas relações com mineralizações de metais raros.

Neste panorama a proposta deste trabalho é fornecer dados sobre a petrologia do Leucogranito Inhandjara buscando compreender os processos evolutivos associados aos granitos diferenciados e especializados em metais raros, considerando suas variações geoquímicas e mineralógicas durante os processos magmáticos e hidrotermais. Para isto foram utilizados diversos métodos, como caracterização de campo, petrográfica, química (minerais e rochas) e geocronológica, a fim de estabelecer correlações com a mineralização descrita na literatura.

Figura 1: Instalações da antiga Mina de Inhandjara. **(A)** Estruturas de beneficiamento na superfície. **(B)** e **(C)** Galerias subterrâneas com trabalhadores extraíndo e transportando o minério. Fotografias do acervo pessoal do Sr. Luiz Carlos Izzo, do Jornal de Itupeva.

I.1.2 Localização e Acesso da Área

A área de estudo é localizada no estado de São Paulo, a cerca de 75 km da capital, a norte da cidade de Itupeva, entre as cidades de Jundiaí, Indaiatuba e Itu (Figura 2). Faz parte do município de Itupeva e engloba a porção norte da mancha urbana, além das regiões do Bairro da Mina, do condomínio Colinas de Inhandjara e a Pedreira Viracopos. No passado toda a área de estudo fazia parte da antiga Fazenda Inhandjara, a qual cunhou o nome da região e serviu como inspiração para todas as utilizações posteriores.

O acesso ao local é feito, a partir da capital estadual (a 80 km de distância), pela Rodovia dos Bandeirantes (SP-348) ou Rodovia Anhanguera (BR-050), sentido Campinas (norte), tomando a saída para a Rodovia Dom Gabriel Paulino Bueno Couto (SP-300), sentido Itu (oeste), e em seguida a Rodovia Prefeito Hermenegildo Tonoli (SPA-66/300) até a cidade de Itupeva.

Para a obtenção de medidas gamaespectrométricas (K, U e Th) foi utilizado um aparelho portátil Satisgeo GS-512, posicionando o detector diretamente sobre a superfície fresca das rochas (tempo de leitura de 5 minutos). Por não haver calibração dos resultados os dados obtidos (disponíveis no Anexo II) devem ser considerados apenas qualitativamente para relacionar as análises realizadas, sem fornecer teores precisos.

Os amostras coletadas foram processadas e armazenadas no Laboratório de Tratamento de Amostras (LTA), parte do Núcleo de Apoio à Pesquisa (NAP) Geoanalítica do IGc-USP.

Dados de campo georreferenciados foram analisados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) utilizando o programa QGIS, versão 2.18, e correlacionados com imagens de satélite, mapas geológicos, geofísicos e modelos de relevo para análises espaciais, utilizando a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), com datum de referência WGS 84, zona 23K. Os bancos de dados consultados foram: CPRM – *geosgb.cprm.gov.br* (dados geológicos e geofísicos); USGS – *earthexplorer.usgs.gov* (dados SRTM com resolução espacial de 30 m); Google Earth (imagens de satélite); além de teses realizadas na região (dados geológicos e geofísicos).

1.2.3 Microscopia Ótica

Foram confeccionadas 40 seções delgadas com espessura de 45 µm na Seção de Laminação do IGc-USP, além de 12 seções delgadas polidas, confeccionadas no Setor de Preparação de Amostras para Microsonda Eletrônica.

As análises petrográficas foram realizadas em luz transmitida e refletida no Laboratório de Microscopia Petrográfica (LMP) do NAP-Geoanalítica, utilizando microscópios petrográficos da marca Zeiss, modelos Axioplan e Axio imager.A2M, este último acoplado com câmera Zeiss AxioCam MRc, utilizada para obtenção das fotomicrografias, e na sala de microscopia do IGc-USP utilizando microscópio Olympus, BX40.

Análises modais por contagem foram feitas em seis amostras, representativas dos litotipos estudados, utilizando um charriot acoplado a platina do microscópio, com malha de 1 mm x 1 mm, totalizando 700 pontos contados por amostra. No restante das amostras a estimativa da moda foi visual.

As abreviações de nomes de minerais, quando utilizadas, seguiram o padrão definido por Whitney e Evans (2010).

I.2.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Duas sessões de MEV foram realizadas em lâminas delgadas polidas recobertas por película de carbono, no Laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT) do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica-USP, em equipamento da marca FEI, modelo Quanta 650FEG, equipado com detector EDS Quantax, da Bruker. As análises foram realizadas em alto vácuo, com voltagem de aceleração em 20 kV, corrente de 100 nA e spot com 6 µm.

I.2.5 Geoquímica de Rocha Total

Quatorze análises químicas de rocha total foram obtidas por Fluorescência de raios X (FRX) em pastilhas fundidas (elementos maiores e menores) e prensadas (traços) e seis análises por espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) para determinação de elementos traço e terras raras.

As análises foram realizadas nos Laboratórios de Fluorescência de Raios X, em equipamento da PANalytical, modelo AXIOS MAX Advanced; e de Química e ICP, em aparelho da Thermo Scientific, modelo iCAP Q, ambos parte do NAP Geoanalítica do IGc-USP e seguindo os procedimentos descritos em Mori et al. (1999) e Navarro et al. (2008), respectivamente. Dados completos são disponibilizados no Anexo III.

A preparação das amostras foi feita no Laboratório de Tratamento de Amostras (LTA), onde as amostras foram cortadas em serra diamantada para diminuição do tamanho, com descarte das bordas e porções intemperizadas. Foi feita em seguida a fragmentação em prensa hidráulica manual, homogeneização e quarteamento do material prensado. Por fim, os fragmentos passaram por moinho planetário de ágata até atingir uma granulometria menor que 200 mesh.

7g de pó de rocha, micronizado por cerca de 15 minutos em solução com etanol, e posteriormente deixado para secar por 48 horas em uma estufa, foi misturado com cera ligante ($C_6H_8O_3N_2$) na proporção de 20% em massa do pó total (~ 1,4g). A mistura foi colocada em prensa de carvão de tungstênio, que produziu 14 pastilhas de cerca de 40 mm de diâmetro a uma pressão de 30 kPa. Essas pastilhas foram utilizadas para obtenção de elementos traço em FRX.

Pastilhas fundidas (14) foram confeccionadas misturando 1g da amostra pulverizada com 9g de material fundente (metaborato de lítio com tetraborato de lítio). A mistura foi fundida em forno elétrico da marca Ox, sendo o material fundido solidificado como pastilha vítrea de cerca de 40 mm em suportes de platina.

O programa Excel® 2013 foi utilizado para tratar os dados de geoquímica e combinado com o programa Inkscape (v. 0.91) para tratamento dos gráficos e figuras.

1.2.6 Química Mineral de elementos maiores por Microsonda Eletrônica (EPMA)

Foram realizadas duas sessões de EPMA, totalizando três dias, no Laboratório de Microsonda Eletrônica (ME) do NAP Geoanalítica, IGc-USP, para a determinação de elementos maiores em cristais de micas, feldspatos, zircão e alguns óxidos. As análises químicas *in situ* foram feitas por dispersão de comprimento de ondas (WDS), em equipamento da marca JEOL, modelo JXA-8530F, equipado com canhão eletrônico tipo *Field Emission* (FE). Resultados completos estão disponíveis no anexo IV.

As condições de operação foram: corrente em 20 nA, aceleração de 15 kV e diâmetro de 10 µm para feldspatos e 5 µm para micas e óxidos. Para análises de zircão condições foram: corrente em 100 nA, aceleração de 15 kV e feixe com 5 µm. O método utilizado para corrigir as análises pelos padrões foi o PRZ-Armstrong.

O recálculo catiônico das fases minerais foi realizado em planilhas de Excel® seguindo o procedimento descrito em Deer *et al.* (1992), exceto no caso dos filossilicatos (micas e clorita), onde foi utilizada uma planilha disponibilizada *online* pelo Prof. Andrew Tindle em sua página no site da Open University, Reino Unido. (<http://www.open.ac.uk/earth-research/tindle/AGTWebPages/AGTSoft.html>).

O conteúdo de Li das micas foi calculado a partir da estequiometria com o teores analisados por EPMA, conforme equações de Tischendorf et al. (1997): $\text{LiO}_2 = (0,289 * \text{SiO}_2) - 9,658$, para as micas trioctaédricas ou como $\text{LiO}_2 = (0,3935 * \text{F}^{1,326})$, para micas dioctaédricas. O teor de água foi calculado considerando ocupação total no sítio (OH, F), conforme procedimento descrito por Tindle e Webb (1990).

Os padrões utilizados, fornecidos pelos Laboratórios Geller e Museu Smithsonian, são conforme Tabela 1, 2 e, onde também estão listadas as condições analíticas.

Tabela 1: Padrões utilizados para análises WDS pontuais em cristais de feldspatos.

Elemento	Linha raio X	Cristal	Pos. Pico (mm)	Padrão	Tempo Pico (s)
Si	Kα	TAP	77.288	Anortoclasio	10
Al	Kα	TAP	90.485	Anortoclasio	15
Fe	Kα	LIFL	134.629	Faialita	10
Mn	Kα	LIFL	146.161	Faialita	40
K	Kα	PETJ	119.655	Ortoclasio	10
Ca	Kα	PETJ	107.485	Wollastonita	10
Sr	Lα	PETJ	219.470	Estroncianita	40
Ti	Kα	LIFL	190.861	Rutilo	10
Ba	Lα	LIFL	192.945	Benitoita	20
Na	Kα	TAPH	129.599	Albita	5
Mg	Kα	TAPH	107.591	Diopsídio	10

Tabela 2: Padrões utilizados para análises WDS pontuais em cristais de micas.

Elemento	Linha raio X	Cristal	Pos. Pico (mm)	Padrão	Tempo Pico (s)
Si	K α	TAP	77.288	Diopsidio	10
Al	K α	TAP	90.784	Anortoclasio	15
Sr	L α	TAP	74.443	Stroncianita	30
Fe	K α	LIFL	134.629	Faialita	10
Mn	K α	LIFL	146.161	Faialita	20
Zn	K α	LIFL	99.842	Willemite	30
Cl	K α	PETJ	151.193	Sodalita	10
K	K α	PETJ	119.655	Ortoclasio	10
Ca	K α	PETJ	107.485	Wollastonita	10
Nb	L α	PETJ	183.055	Ilmenita	40
Ti	K α	LIFL	191.117	Rutilo	10
Ba	L α	LIFL	192.945	Benitoita	30
Cr	K α	LIFL	158.977	Cromita	10
F	K α	TAPH	200.648	Fluorapatita	10
Na	K α	TAPH	129.599	Albita	10
Mg	K α	TAPH	107.579	Diopsidio	10

Tabela 3: Padrões utilizados para análises WDS pontuais em cristais de zircão.

Elemento	Linha raio X	Cristal	Pos. Pico (mm)	Padrão	Tempo Pico (s)
Si	K α	TAP	77.378	Zircão	10
Al	K α	TAP	90.574	Anortoclasio	20
Fe	K α	LIFL	134.640	Faialita	10
Gd	L β	LIFL	128.433	Gd-fosfato	20
Dy	L β	LIFL	118.965	Dy-fosfato	20
Hf	L α	LIFL	109.144	Zircão	30
Yb	L α	LIFL	116.272	Yb-fosfato	20
K	K α	PETJ	119.965	Ortoclasio	10
Ca	K α	PETJ	107.715	Wollastonita	10
P	K α	PETJ	197.325	Fluorapatita	10
Ti	K α	PETJ	88.150	Rutilo	20
U	M β	PETJ	119.085	Vidro Riolitico	20
Zr	L α	PETL	194.159	Zircão	10
Y	L α	PETL	206.270	Y-fosfato	20
Nb	L α	PETL	183.083	Ilmenita	20
Th	M α	PETL	132.284	Vidro Riolitico	30
F	K α	TAPH	199.471	Fluorapatita	5
Na	K α	TAPH	129.623	Albita	10

Tabela 4: Padrões utilizados para análises WDS pontuais em cristais de óxidos.

Elemento	Linha raio X	Cristal	Pos. Pico (mm)	Padrão	Tempo Pico (s)
Si	K α	TAP	77.288	Diopsídio	20
Al	K α	TAP	90.485	Anortita	20
Fe	K α	LIFL	134.651	Ilmenita	10
Mn	K α	LIFL	146.118	Ilmenita	40
K	K α	PETJ	119.655	Ortoclasio	20
Ca	K α	PETJ	107.460	Wollastonita	20
Nb	L α	PETJ	183.055	Ilmenita	40
Ti	K α	LIFL	190.857	Ilmenita	5
Cr	K α	LIFL	158.977	Cromita	40
Zn	K α	LIFL	99.864	Willemita	40
Na	K α	TAPH	129.491	Albita	40
Mg	K α	TAPH	107.579	Diopsídio	40

1.2.7 Química Mineral de elementos menores e traços por LA-ICP-MS

As microanálises por *laser ablation* (LA) ICP-MS, utilizadas para quantificar a composição de elementos menores e traço de zircão, foram realizadas no Laboratório de Química e ICP, parte do NAP Geoanalítica do IGc-USP.

Análises foram obtidas com amostrador *laser ablation* New Wave 213 A/F (Nd:YAG deep UV - 213nm) acoplado a espectrômetro de massa quadrupolo Thermo Scientific iCAP, controlado pelo software Qtegra. A amostragem foi realizada em modo raster de 60 μm , com spot de 30 μm e o passo do raster de 1 $\mu\text{m/s}$.

Os resultados obtidos foram tratados em tempo real pelo software Glitter[®] (Van Achterbergh et al., 2001). Para correção do *drift* instrumental foi utilizado o valor de ZrO₂ obtido por WDS como padrão interno e para a padronização externa o vidro silicático NIST SRM-610. A qualidade das análises foi conferida com o zircão Zr91500, padrão de referência internacional (Wiedenbeck et al., 1995).

1.2.8 Datação U-Pb (SHRIMP)

Análises geocronológicas utilizando o sistema U-Pb em cristais de zircão de duas amostras de interesse foram obtidas por espectrometria de massa de íons secundários (SIMS) em Microsonda Iônica Sensitiva de Alta Precisão (SHRIMP) modelo IIe, no Laboratório de Geocronologia de Alta Resolução, do Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGEO), IGc-USP. As condições de operação são descritas por Sato *et al.* (2014). Resultados completos das datações U-Pb por SHRIMP estão disponíveis no Anexo V e pontos de análise no Anexo VI.

Cristais de zircão foram concentrados no Laboratório de Separação do CPGeo, seguindo o procedimento descrito por Loios (2009). A primeira etapa foi a fragmentação das amostras em britador de mandíbulas de aço até cerca de 1 cm, passando em seguida para o moinho de disco para redução gradual da granulação do material até aspecto de areia fina. Em seguida o material passou por um conjunto de peneiras vibratórias, separando em níveis de granulação: maior que 0,250 mm; entre 0,250 e 0,100 mm; e menores que 0,100 mm. Frações menores que 0,250 mm, foram colocadas na Mesa Vibratória de Wiffley, para separação por densidade em meio aquoso em dois grupos: os pesados, concentrados na caneca 1, e os leves, que são carregados pela água ou se depositam na caneca 2. Após este processo o material foi secado sob lâmpadas térmicas. O material da caneca 1 foi submetido ao imã de mão para extração de minerais fortemente magnéticos (*i.e.* magnetita e ilmenita). Posteriormente esse material passou por um separador eletromagnético, tipo FRANTZ, com inclinação frontal de 10°, que dividiu o material em porções magnéticas e não magnéticas ao campo elétrico submetido, primeiramente de 0.5A. Em seguida a fração não magnética foi separada por líquidos densos, primeiro com Bromofórmio ($d=2.89 \text{ g/cm}^3$) e depois com Iodeto de Metileno ($d=3.325 \text{ g/cm}^3$). Nestes processos a fração densa, que afunda nos líquidos, é o material de interesse, que ao fim voltou para o separador FRANTZ, desta vez com intensidades de 0.75A e 1.0A. A porção não magnética a 1.0A, que concentra o zircão, foi separada. Por fim, os cristais de zircão foram catados com auxílio de lupa e pinça fina. Os cristais mais límpidos e sem fraturas ou inclusões foram montados em resina epoxi. Este *mount* foi então lixado até os cristais estarem na superfície, sendo em seguida polido e recoberto com uma fina camada de ouro (6.4 nm) antes de entrar na microsonda iônica para análise isotópica.

1.2.9 Isotopia Sm-Nd

Três amostras, as mais representativas de cada fácies granítica, foram analisadas a partir do material pulverizado de rocha total para concentrações de isótopos de Sm e Nd. A abertura das amostras e concentração dos elementos foi feita pelos técnicos do Laboratório Químico (CPGeo-USP). Análises foram realizadas por MC-ICP-MS em espectrômetro da marca Thermo Scientific, modelo Neptune Plus, no Laboratório de Espectrometria do CPGeo-USP, conforme procedimentos descritos por Petronilho (2009) e Souza (2009). Cálculos de ϵNd e idade T_{DM} foram realizados a partir de planilhas fornecidas pelo próprio CPGeo-USP.

I.3 GEOLOGIA REGIONAL

I.3.1 Contexto Geológico

O Leucogranito Inhandjara está inserido na Província Granítica Itu (Janasi et al., 2009), também chamada de Cinturão Itu (Vlach et al., 1991) e Província Rapakivi Itu (Wernick, 1992). A Província é composta por diversos batólitos graníticos pós-colisionais alcali-cálcicos a calcio-alcalinos de alto K, com afinidades do tipo-A a do tipo-I Caledoniano (Vlach et al., 1991; Wernick, 2000; Janasi et al., 2009). Esses granitos são majoritariamente oxidados e intrudem rochas metamórficas supracrustais de médio a alto grau e granitoides sintectônicos correspondentes ao Terreno Apiaí-Guaxupé, que agrupa dois grandes segmentos tectônicos, a Nappe Socorro-Guaxupé a norte (Figura 3A) e o domínio Apiaí-São Roque a sul (Janasi et al., 2009).

O Batólito Itu (Pascholati, 1990; Galembeck, 1997) compreende o maior volume granítico da Província Itu. É um corpo multicentrado, composto por quatro plutons graníticos principais (Itupeva, Salto, Indaiatuba e Cabreúva) do tipo-A. O Batólito é Ediacarano (590-580 M.a – Tassinari, 1988; Janasi et al., 2009), sendo localmente rapakivi e com rochas básicas subordinadas (Wernick, 2000). Apresenta forma irregular, de eixo maior NE-SW, com 30 km de extensão e em média 15 km de espessura no eixo menor, abrangendo um total de 300 km² de exposição.

O Pluton Itupeva, aflorante na região mais ao norte, é composto majoritariamente por biotita monzogranitos de afinidade calcio-alcalina de alto-K, que variam em granulação. Comumente apresenta evidências de interação com magmas máficos, como aumento local na proporção de minerais máficos próximo a enclaves máficos de diversos tamanhos e com formação de corpos híbridos na região central da intrusão (Janasi et al. 2009). Foi dividido em oito fácies internas por Galembeck (1997). O Pluton Salto, que aflora à oeste do Batólito, é separado em três fácies (Pereira, 2013; Alves et al., 2015), e compreende anfibólio-biotita granitos rapakivi grossos, com ocorrências de pórfiro e rochas hololeucocráticas. Enclaves microgranulares félsicos são comuns, com enclaves máficos menos frequentes (Alves et al., 2015). O Pluton Indaiatuba, que ocorre na região central do Batólito, é descrito com uma única fácies de anfibólio-biotita sienogranito rapakivi porfirítico (Galembeck, 1997). O Pluton Cabreúva, presente na porção sul do Batólito, abrange onze fácies (Galembeck, 1997), e é o pluton mais volumoso do Batólito. É composto principalmente por ($\pm$ anfibólio) biotita granitos grossos, também apresentando rochas com textura rapakivi e alguns

enclaves máficos e félsicos. Galembeck (1997) interpretou o Pluton Itupeva como o mais antigo, sendo localmente cortado por unidades pertencentes aos Plutons Indaiatuba e Cabreúva.

Os contatos intrusivos entre as rochas granitoides do Batólito Itu e suas unidades encaixantes são bruscos e cortam estruturas metamórficas principais, ocasionalmente com xenólitos angulosos (Pascholati, 1990). Não há evidências de metamorfismo de contato ou margens de resfriamento nas bordas dos corpos (Alves et al., 2015). Localmente, também são observados contatos tectônicos em zonas de cisalhamento (Galembeck, 1997), onde granitos e suas rochas encaixantes são deformados em diversos graus, desde cataclasitos a ultramilonitos.

Conforme os mapas geológicos da CPRM (Perrotta et al., 2005) o Batólito Itu (Figura 3) é intrusivo nos migmatitos que compõem a Nappe Socorro-Guaxupé (NSG), um terreno alóctone de rochas de alto grau metamórfico, definido por três unidades (Granulítica Basal, Diatexítica Intermediária e Migmatítica Superior - Campos Neto e Caby, 2000), colocadas sobre rochas supra-crustais de menor grau, durante o evento Brasileiro (Neves et al., 2014). A sul, o Batólito é delimitado pelos gnaisses metatexíticos a diatexíticos associados a rochas anfibolíticas da Unidade Migmatítica Intermediária da Nappe. A norte e leste, é delimitado pela Unidade Migmatítica Superior da NSG, composta majoritariamente por paragneisses metatexíticos (Campos Neto et al., 2004), localmente intercalados com ortogneisses (Heilbron et al., 2008). A oeste, o Batólito ocorre parcialmente recoberto pela Bacia do Paraná, em inconformidade com as rochas sedimentares do Grupo Itararé (Perrotta et al., 2005).

No contexto tectônico, o Batólito Itu se insere na porção sul da Província Tocantins, na zona de confluência entre as faixas Brasília e Ribeira (Trouw et al., 2013; Heilbron et al., 2008), representada pela Nappe Socorro-Guaxupé.

Neste cenário temos o Leucogranito Inhandjara, que perfaz a borda nordeste do Batólito Itu, adjacente aos Plutons Itupeva a leste e Cabreúva a sul (Figura 3B).

Figura 3: (A) Mapa litoestratigráfico regional com localização da área de estudo (polígono vermelho). **(B)** Mapa local da área de estudo, mostrando pontos visitados em campo (com rótulo nos afloramentos-chave) e localização da antiga mina. Conforme Galembeck (1997); Janasi et al. (2009); e Perrota et al. (2005).

1.3.2 Trabalhos anteriores na área de estudo

Trabalhos anteriores realizados no Batólito Itu consideram a área deste estudo como parte dos Plutons Itupeva e Cabreúva (*e.g.* Pascholati, 1990; Galembeck, 1997; Janasi *et al.*, 2009).

Reynaldo Saldanha, em 1946, realizou trabalhos pioneiros na área da antiga Fazenda Inhandjara, região de contato do Batólito Itu com seu embasamento gnáissico onde aflora o Leucogranito alvo deste trabalho. O trabalho de Saldanha é único, pois caracteriza detalhadamente a mineralização de wolframita, seus *greisens* e veios hospedeiros, o gnaiss encaixante e um biotita quartzo-pórfiro microgranito, que tem

evolução diretamente relacionada ao granito local. O autor identificou três estágios evolutivos na região de Inhandjara: colocação dos corpos graníticos, seguida pela segregação de magmas tardios evoluídos e depois pela exsolução dos voláteis, que alteram hidrotermalmente os granitos e gnaisses encaixantes, onde ocorreu a precipitação dos metais. O autor constatou que o enriquecimento em topázio se correlaciona com o aumento da proporção de wolframita e cassiterita, sendo oposta à ocorrência de quartzo, atingindo ausência completa nas porções silicificadas.

Pascholati (1990) separou o Batólito Itu em dois grupos distintos. O primeiro, aflorante na porção sul do batólito, é dominado por hornblenda-biotita granitos inequigranulares, de textura seriada a porfirítica, localmente com texturas rapakivi, denominados Salto, Fazenda Japão e Fazenda Cruz Alta. O segundo grupo ocorre na porção norte do batólito e compreende biotita granitos equigranulares de granulação média a grossa, hololeucocráticos a leucocráticos, denominados Itupeva (Figura 4A).

A autora define o granito Itupeva como a intrusão de maior teor radioativo e de caráter mais evoluído, garantindo a categoria de maior produtor de calor ou corpo “mais quente” dentro da Província Itu. Ela ressalta ainda que as características estruturais (representa o topo de intrusão e possui uma profusão de fraturas preenchidas), petrológicas (intensa alteração hidrotermal e caráter oxidado) e radioativas (alto teor de elementos radiogênicos e elevada razão Th/U) do Granito Itupeva, o colocam em uma posição de grande destaque para estudos de processos metalogenéticos.

Leite e Zanardo (1994), definem a ocorrência do albita granito de Inhandjara na região de estudo, que corresponde à borda leste do Pluton Itupeva. O granito caracterizado pelos autores foi coletado pelo Prof. Heinz Ebert na antiga mina de wolframita, e corresponde a um álcali-feldspato granito equigranular fino a médio. Como fases acessórias de interesse apresenta mica litinífera, possível protolitionita a zinnwaldita, topázio, fluorita e cassiterita. De acordo com os autores o albita granito possui origem magmática, sendo a albita e o topázio formados em um estágio inicial, seguidos pelas fases intersticiais mica litinífera e fluorita. Assim de acordo com Leite e Zanardo (1994) o albita granito Inhandjara se relaciona diretamente com a mineralização de metais raros.

Ribeiro (1994), analisando dados geofísicos e imagens de satélite, delimitou regiões dentro do Batólito Itu que podem representar fácies magmáticas mais evoluídas, relacionadas com processos metalogenéticos. O autor utilizou como critérios, alta resposta radiométrica, o decréscimo do conteúdo de CaO, aumento na razão $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$, e aumento do teor de SiO_2 . Uma destas regiões delimitadas corresponde à porção nordeste do Pluton Itupeva, na área da Pedreira Tocantins (atual Pedreira Viracopos), localizada a norte do município de Itupeva.

O autor indica que o granito equigranular fino a médio, com biotita, topázio e arfvedsonita, que aflora na Pedreira Tocantins, é um foco de alteração hidrotermal dentro do Batólito de Itu. Na pedreira ocorre grande profusão de fraturas, localmente mineralizadas com sulfetos (pirita, calcopirita, pirrotita, esfalerita e galena) e raros veios de quartzo puro. O autor afirma que este processo mineralizante é distinto do que gerou a mineralização de wolframita na Mina de Inhandjara. Ele caracteriza dois processos distintos: um primeiro relacionado com eventos magmáticos, formando depósitos de tungstênio; e um segundo relacionado com a remobilização de fluidos e metais a partir de grandes falhamentos regionais, formando sulfetos.

De acordo com Galembeck (1997) ocorrem quatro diferentes litologias na área de estudo (Figura 4C), três pertencentes ao Pluton Itupeva (IP2, 4 e 6) e uma ao Pluton Cabreúva (CB7). A fácies IP2 é caracterizada por biotita sienogranitos porfiríticos de matriz média a grossa, cinza rosado, com IC entre 11 e 14%. A fácies IP4 é um biotita monzogranito róseo inequigranular médio a grosso, de IC entre 3% e 7%. A fácies IP6 são sieno- a monzogranitos rosados a avermelhados equigranulares média, com IC entre 1.5% e 3%. Uma característica própria dessa fácies é presença de microclínio pertítico (com lamelas de albita *chessboard*), oligoclásio zonado (com bordas albiticas e alteração diferencial) e biotita acastanhada. Essas três fácies apresentam em comum titanita, opacos, apatita, zircão e "pseudomorfos" de allanita como acessórios. E por fim, a fácies CB7 do Pluton Cabreúva é definida como quartzo sienito a sienogranito com biotita e raro anfibólio, rosado a avermelhado, equigranular médio a grosso, com IC entre 2% e 5% e fluorita como fase acessória intersticial.

Ferreira (1991) e Pascholati et al. (1997) apresentam dados geofísicos regionais (Figura 5), que possibilitam delimitar o contorno dos corpos graníticos e ressalta as anomalias radioativas, gravimétricas e magnetométricas, possivelmente relacionadas à atividade hidrotermal. Estas anomalias se associam à processos mineralizantes

(Pascholati, 1990). A área de Inhandjara possui destaque para estudos metalogenéticos, pois é interpretada por esta autora como um *High Heat Producing Granite*, com altos teores de K, U e Th, se destacando das unidades ao redor (Figura 5). Essas anomalias correspondem a zonas de intensa atividade magmato-hidrotermal, que leva à concentração destes elementos radioativos nas unidades mais evoluídas.

Figura 4: Mapa geológico para o Batólito Itu, conforme apresentados por Pascholati (1990) **(A)** e Galembeck (1997) **(B)** com destaque para a área de estudo (polígono vermelho). **(C)** Mapa faciológico da porção norte do Batólito de Itu, conforme definido por Galembeck (1997).

Figura 5: Mapas de gamaespectrometria aérea (**A e C**), produzidos por Ferreira (1991), e de campo (**B e D**), produzidos por Pascholati *et al.* (1997), para os canais de Th (**A e B**) e U (**C e D**), juntamente com o contorno do batólito de Itu (linha preta tracejada).

CAPÍTULO II – O LEUCOGRANITO INHANDJARA

II.1 CARACTERÍSTICAS DE CAMPO

Chapter 1 Os locais amostrados se concentram na porção norte do município de Itupeva (Figura 6), em quatro localidades principais, correspondentes às unidades descritas abaixo: (1) parte norte da cidade (IPV-14); (2) área do Condomínio Colinas de Inhandjara (IPV-30); (3) área da Pedreira Viracopos (IPV-35); (4) região do Bairro da Mina, local da antiga Mina de Inhandjara, que hospeda os veios de quartzo e topázio mineralizados (Saldanha, 1946).

Os pontos visitados durante as etapas de campo foram divididos, segundo características composicionais e texturais, em quatro fácies petrográficas: Três foram identificadas como granitos hololeucocráticos isotrópicos, sendo relacionadas ao Leucogranito Inhandjara (Biotita Granito porfirítico, Biotita Granito inequigranular e Topázio Granito equigranular); e uma correspondente aos gnaisses encaixantes.

Os locais visitados mostram evidência de intensa alteração hidrotermal, com a coloração avermelhada típica do Batólito Itu. Essa alteração tardi- a pós magmática é caracterizada pela substituição das fases primárias, aumento da granulação, coloração dos feldspatos até tons vermelhos e formação de matriz filossilicática fina de cor esverdeada. Com a progressão da alteração, há aumento na proporção matriz/cristais.

Geomorfologicamente, o Leucogranito Inhandjara ocorre na forma de dois morros arredondados e alinhados que se destacam na topografia (Figura 7A), além de pequenos morrotes à volta. O corpo do Leucogranito forma um *stock* satélite ao Batólito Itu e é separado dos plutons adjacentes (Itupeva a leste e Cabreúva a sul) por regiões mais erodidas e intemperizadas, que correspondem ao gnaisse encaixante alterado. O *stock* comumente aflora como pequenos blocos esparsos (medindo entre 10 e 60 cm, que às vezes alcançam cerca de 1,5 m de diâmetro) ou como lajedos rochosos nas regiões de maior altitude. Essa feição contrasta com os chamados “mar de blocos” típicos do Batólito Itu, caracterizado por afloramentos de diversos matacões arredondados aglomerados. A área de estudo alcança as maiores altitudes da região (Figura 7B), dando mais um destaque para o Leucogranito Inhandjara.

A Pedreira Viracopos (IPV-35) é o único local onde o contato intrusivo do Leucogranito com o gnaisse encaixante pode ser observado (Figura 11G), onde localmente forma xenólitos angulares métricos do gnaisse dentro do granito.

Figura 6: Imagem de Satélite do Google Earth mostrando a região de estudo com os pontos visitados em campo, os limites inferidos para as fácies locais e comparando os veios de quartzo encontrados em campo com os descritos por Saldanha (1946).

Figura 7: (A) Mapa local de declividade em graus, obtido a partir de imagem SRTM. Destaque para área de estudo (polígono vermelho). (B) Mapa de elevação regional (dados de SRTM), com o limite do Batólito Itu (linha preta tracejada).

Medidas radiométricas obtidas a partir da gamaespectrometria de campo demonstram que a fácies porfirítica apresenta a maior emissão no canal de K (Figura 8A), sendo superada apenas por bolsões sieníticos presentes entre essa fácies e o Biotita Granito inequigranular. Comparando a relação entre amostras muito e pouco alteradas, temos que a concentração de K tende a diminuir com o hidrotermalismo, exceto na fácies equigranular onde ocorre inversão deste comportamento.

Considerando os valores de Th e U, há uma sobreposição nos teores de Th entre as fácies; enquanto a fácies equigranular se mostra mais enriquecida em U que as demais (Figura 8B). As amostras mais hidrotermalizadas tendem a aumentar a concentração de Th. As fácies porfirítica e inequigranular apresentam comportamento similar na razão Th/U, enquanto a fácies equigranular apresenta menores razões.

As análises realizadas em xenólitos gnáissicos dentro da fácies equigranular, mostram que a encaixante neste contexto possui valores radiométricos próximos aos fornecidos pelo granito desta fácies.

Figura 8: Diagramas binários para dados gamaespectrométricos de campo, separando as fácies identificadas neste trabalho. **(A)** Th/U vs. K (%). **(B)** U vs. Th (ppm).

II.1.1 Biotita Granito Porfirítico

O Biotita Granito porfirítico ocorre na porção sul do *stock* Inhandjara. Sua principal exposição se dá no ponto IPV-14 (Figura 9A), localizado dentro da cidade de Itupeva (Figura 6). Em campo apresenta coloração bege a rosada, podendo chegar a termos avermelhados, devido à progressiva coloração dos feldspatos, e esverdeados, por substituição das fases primárias por fases hidrotermais (*e.g.*, sericita e clorita).

A estrutura desse granito é homogênea e maciça, com textura porfirítica definida por megacristais bege de feldspato potássico subédrico (variando de 1 a 2 cm) em matriz inequigranular média a grossa (Figura 9B e C). Este apresenta composição monzogranítica, mas com proporção considerável de feldspato alcalino na forma de

megacristais (~8%). O índice de cor (M') varia de 3 a 4%, sendo a biotita a principal fase máfica presente (porém já bastante cloritizada, se tornando esverdeada).

Localmente ocorrem cristais esparsos de feldspato alcalino sub-arredondado manteado por plagioclásio (Figura 9D), sendo uma feição rara e que não corre nos megacristais. Portanto o uso do termo rapakivi foi evitado, ficando apenas como uma característica textural distintiva das demais fácies.

Quando essa fácies ocorre na borda do corpo apresenta-se fortemente silicificada, sendo, por vezes, totalmente transformada em rocha quartzosa maciça. Veios de quartzo são comuns nessa região, e ocasionalmente apresentam cavidades com formação de pequenos cristais de quartzo prismático facetado.

Figura 9: (A) Afloramento da localidade-tipo da fácies porfírica (IPV-14) mostrando ocorrência na forma de morrotes de rocha. (B) Aspecto de campo do granito da fácies porfírica com coloração bege e megacristais de feldspato potássico. (C) Aspecto da fácies em afloramento dentro do condomínio Colinas de Inhandjara, destacando megacristais de feldspato potássico em meio a matriz de granulação média-grossa. (D) Ocorrência local de cristais de feldspato alcalino bege manteado por plagioclásio branco, IPV-24.

II.1.2 Biotita Granito Inequigranular

A principal exposição desta fácies ocorre no centro do *stock*, correspondendo ao Condomínio Colinas de Inhandjara. Seu afloramento-tipo se localiza na região da portaria do residencial (ponto IPV-30 - Figura 6). Esta fácies ocorre variando em coloração de rosada a avermelhada, podendo tornar-se bem vermelha e bem esverdeada quando com maior grau de alteração hidrotermal.

Sua estrutura é predominantemente maciça, mas exibe variações locais para porções mais brechadas e foliadas quando o grau de metassomatismo é muito alto. Possui textura inequigranular média a fina (Figura 10A e B), e raramente alcança termos grossos (Figura 10C). Apresenta composição monzogranítica, é hololeucocrático, com índice de cor (M') variando de 2 a 4%, e tem biotita como única fase máfica primária.

A presença de *stockworks* de quartzo é comum no granito (Figura 10D). Alguns afloramentos mostram grande profusão de vênulas milimétricas de quartzo puro ou com clorita, que podem gradar para veios mais espessos, atingindo até cerca de 50 cm. A porção sudoeste da fácies, região de contato do corpo com as rochas encaixantes, é caracterizada por alta densidade destes veios de quartzo puro, formando enxames de veios com cristais euédricos que substituem totalmente a rocha original.

Figura 10: (A) Aspecto de campo do biotita monzogranito (BG) inequigranular médio bem hidrotermalizado no afloramento-tipo da fácies, IPV-30. (B) Amostra do BG inequigranular apresentando granulação mais fina, IPV-28. (C) Aspecto do BG inequigranular apresentando granulação mais grossa, IPV-31 (D) Amostra do BG inequigranular cortado por *stockwork* centimétrico de quartzo e silicificado, IPV-30.

Há ocorrência rara de rocha sienítica muito grossa (episienito? – ver item II.3), composta apenas por cristais de feldspato alcalino euédrico e de cor vermelha intensa (ver Figura 30A, item II.3). Esta rocha aparece na região central do *Stock*, no Biotita Granito, entre afloramentos das fácies Inequigranular e Porfirítica. Aparece como blocos esparsos, sem relações claras na transição para os granitos, ou como bolsões métricos dentro dos granitos. Apresenta estrutura maciça a localmente brechada.

II.1.1 Topázio Granito equigranular

Esta fácies se localiza no extremo norte do *Stock* formando um morro ligeiramente isolado. Sua principal exposição é a Pedreira Viracopos (ponto IPV-35, Figura 6), administrada pela companhia Embu S.A. A cava (Figura 11A) registra toda a transição hidrotermal do Leucogranito, desde porções com textura equigranular média, coloração branca a cinzenta e preservando as fases ígneas (Figura 11B), até termos bem avermelhados de granulação mais grossa e fases ígneas bastante substituídas (Figura 11C). Ocorre também a greisenização fissural substituindo o granito original para associações de Li-muscovita, clorita, quartzo, fluorita e sulfetos. Em geral, a intensidade da alteração hidrotermal na cava tende a aumentar na direção noroeste.

Também está presente um leucogranito com textura equigranular fina, presente na forma de enclaves arredondados (5 – 10 cm de diâmetro) e corpos irregulares interdigitados com as porções de granulação média (Figura 11D). Apresenta contatos sinuosos, transicionais a bruscos, com o granito principal e possui mineralogia idêntica a este. Essas rochas variam de cor cinzenta até avermelhada (Figura 11E).

Litologicamente a pedreira é bastante homogênea, sendo caracterizada como álcali-feldspato (Kfs + Ab) granito maciço e hololeucocrático (M' variando entre 2 e 3%), tendo biotita como única fase máfica. Porém diversas feições locais podem ser encontradas, como a presença irregular de bolsões aplíticos e pegmatíticos centimétricos (Figura 11F). Estes são compostos por feldspatos alcalinos, quartzo e massas de sericita e clorita (às vezes apresentam molibdenita e galena nos contatos com granito hospedeiro). Alguns planos de fraturas são preenchidos com fluorita roxa ou massas estriadas de sericita; além de raras vênulas carbonáticas.

Figura 11: (A) Vista panorâmica da Pedreira Viracopos, (IPV-35) afloramento-tipo da fácies equigranular, campo de visão WSW-ENE, com o centro da imagem aproximadamente para noroeste. (B) Aspecto de campo da rocha esbranquiçada que preserva fases ígneas. (C) Aspecto de campo da rocha vermelha com fases primárias substituídas e recrystalizadas. (D) Relação de contato (linhas preta tracejada) entre o leucogranito principal, lado direito superior, e porção cinzenta de granulação fina, maior área da imagem. (E) Aspecto de amostra do leucogranito fino quando ocorre avermelhado. (F) Bolsão pegmatítico (linha preta pontilhada) com borda aplítica (linha amarela tracejada) em meio ao leucogranito. (G) Afloramento no lado leste da Pedreira Viracopos mostrando o contato (linha tracejada) entre o granito, saprólito esbranquiçado, com gnaiss encaixante, saprólito avermelhado.

Na borda leste da cava aflora o gnaiss encaixante, muito intemperizado na forma de saprólito vermelho e refletindo contato intrusivo do Leucogranito (Figura 11G). Alguns xenólitos angulares de gnaiss, mais bem preservados, ocorrem com variado grau de alteração hidrotermal, sendo a cloritização das micas e granadas o processo principal.

O Stock Inhandjara é constituído por pelo menos dois tipos dominantes de leucogranitos (Figura 12): um biotita monzogranito (BG), que engloba as fácies porfírica e inequigranular, e um álcali-feldspato granito (TAG), que corresponde à fácies equigranular. Ambos apresentam variação no tamanho dos grãos, porém o BG ocorre em um intervalo maior, com o TAG sempre próximo a equigranularidade. Mineralogicamente (Figura 13) é composto majoritariamente por quartzo anedral, feldspato potássico pertítico e plagioclásio sódico ou albita euédrica, tendo biotita com Li, fluorita, muscovita, ilmenita e zircão recorrentes, além de fases mais restritas (*e.g.* topázio). A análise petrográfica das fácies foi complementada por MEV, que possibilitou a distinção das fases acessórias (*e.g.*, bastnasita-parisita, columbita-tantalita).

Figura 13: (A) Variação textural no Stock Inhandjara conforme grau de diferenciação magmática e de metassomatismo. **(B)** Tabela paragenética para o Biotita Granito mostrando a distribuição mineral conforme o estágio magmato-hidrotermal. **(C)** Tabela paragenética para o Topázio Granito.

II.1.1 Biotita Monzogranito com fluorita e apatita (BG Porfírico)

Este grupo apresenta microestrutura isotrópica e textura hipidiomórfica inequigranular porfírica de matriz média a grossa, e com presença de alguns (~ 8%) megacristais centimétricos de feldspato potássico. Apresenta coloração bege a avermelhada.

Feldspato potássico (35-40%) ocorre como a fase de maior tamanho das amostras, comumente formando megacristais euédricos, que localmente envolvem cristais e aglomerados de plagioclásio (Figura 14A), ou como grãos subédricos a anédricos na mesostase. Frequentemente são pertíticos (lamelas albíticas irregulares - Figura 14E - algumas com albita geminada e orientada), sem geminação aparente ou com inclusões de plagioclásio e quartzo (Figura 16A). É comum se apresentarem alterados, quando passam a ter aspecto turvo e manchado. Os megacristais podem apresentar zonalidade nessa alteração (coloração vermelha, turbidez e manchas), com núcleos subédricos a euédricos moderadamente alterados sobrecrecidos por bordas anedrais de intensa turbidez (Figura 14B). O contato entre essas zonas normalmente é marcado por intercrescimentos com quartzo arredondado e vermicular (Figura 14A e B).

Os cristais de quartzo (27-35%) são anédricos, de contatos irregulares a lobados, e intersticiais. Também aparecem como inclusões arredondadas e/ou intercrescidos com os feldspatos (Figura 14B). Quando mais grosso pode exibir leve extinção ondulante. Quartzo também ocorre como fase secundária juntamente com clorita em vênulas hidrotermais tardias e *stockworks*.

O plagioclásio (25-30%) ocorre como cristais euédricos a subédricos com geminação polissintética e baixos teores da molécula de anortita (An_{0-15}). Usualmente apresenta-se zonado, com núcleo turvo bem formado envolto por borda anedral límpida (Figura 14C). Estas bordas são albíticas e ocorrem bem desenvolvidas nos contatos com feldspato potássico, mas ausentes quando em contato com quartzo. Parte dessa albita também ocorre de forma intergranular entre os cristais de feldspatos (Figura 14D), com indicativos de migração das lamelas no feldspato potássico para as bordas (Figura 14E). É comum o plagioclásio ocorrer manchado, sendo parcialmente substituído por feldspato potássico (Figura 14F).

Biotita (0-2%) é o mineral máfico primário principal. Os cristais são subédricos a anédricos, localmente intersticiais. Apresenta inclusões de feldspatos e minerais opacos alinhados na clivagem (Figura 15A). Possui forte pleocroísmo, com coloração variando desde castanho “enferrujado” até verde escuro.

Em quase todas as amostras analisadas, a biotita se encontra completamente substituída por clorita (3-5%). Esta possui coloração esverdeada escura e pleocroísmo leve a moderado (Figura 15C). Comumente ocorre sobre as fases magmáticas (Figura 15D) em associação com opacos, muscovita e quartzo (Figura 16F), e localmente aparece junto com fluorita, titanita e epidoto (Figura 15E). Também está presente na forma de pequenos cristais euédricos junto com quartzo em vênulas hidrotermais tardias que cortam toda a estrutura da rocha.

Localmente, ocorre muscovita (1-2%) levemente pleocróica, variando de incolor a castanho claro sem hábito definido. Por vezes é intersticial às fases primárias, com contatos retos para estas; ou aparentemente preenchendo bolsões na mesostase (Figura 15B) intercrescida com clorita (e escassa ilmenita - Figura 16B).

Minerais acessórios são caracterizados como: fluorita, subédrica a anédrica, com aspecto intersticial em relação às fases ígneas (Figura 15F), comumente apresenta zonalidade de cor e diversas inclusões; Minerais opacos, ilmenita (Figura 16E) e sulfetos (pirita e calcopirita) subédricos a euédricos; Apatita, presente como cristais euédricos, normalmente inclusos em quartzo, fluorita e nos pseudomorfos de biotita cloritizada (Figura 16C); Zircão ocorre como pequenos cristais subédricos a euédricos incolores, alguns sendo fraturados (Figura 16D); e Rutilo aparece como cristais anédricos associados às bordas de ilmenita.

II.1.1 Biotita Monzogranito com fluorita (BG Inequigranular)

O biotita monzogranito inequigranular apresenta microestrutura isotrópica e textura hipidiomórfica inequigranular seriada fina a grossa, predominando granulação média. Sua coloração é majoritariamente avermelhada, às vezes chegando a termos róseos.

Quartzo (30-35%) é cinzento e anédrico, ocorre intersticialmente, com contatos lobados para outras fases. Raramente aparece como inclusões arredondadas nos feldspatos ou em biotita. Cristais mais grossos apresentam leve extinção ondulante. Também ocorre juntamente com clorita em vênulas hidrotermais tardias (Figura 17A), sendo que algumas amostras muito silicificadas apresentam completa substituição do granito original formando rochas de puro quartzo (Figura 19F.)

Feldspato potássico (28-32%) ocorre como cristais anédricos a subédricos, às vezes de forma intersticial, sem geminação aparente e moderadamente turvos. Frequentemente são pertíticos (com lamelas albiticas na forma de *patches* irregulares - Figura 17A), com aspecto manchado e moderadamente turvos. Apresentam inclusões de quartzo arredondado, plagioclásio euédrico e micas. Localmente ocorre a formação de bordas albiticas trocadas nos contatos entre cristais de feldspato potássico (Figura 17D). Estas são marcadas por albita subédrica nas bordas de um cristal, mas em continuidade ótica com o grão adjacente e nas bordas do grão adjacente, em continuidade ótica com o primeiro cristal.

Plagioclásio (28-31%) ocorre como cristais euédricos a subédricos com geminação polissintética, levemente turvos e com baixos teores de anortita (An_{0-15}). Usualmente apresentam-se zonados, com núcleo turvo bem formado, envolto por borda albitica límpida irregular (Figura 17B). Estas bordas se desenvolvem apenas nos contatos com cristais de feldspato alcalino, sendo ausentes contra o quartzo (Figura 17C). Localmente aparecem raros cristais intersticiais de albita, onde alguns destes podem ocorrer com geminação do tipo tabuleiro de xadrez (Figura 17E).

Biotita (0-1%) é o mineral máfico primário principal e se apresenta subédrica a anédrica. Possui forte pleocroísmo, com coloração esverdeada de tonalidades escuras (Figura 18A). Pode se relacionar com cristais mais grossos de fluorita zonada, apresentando contatos retilíneos, de aspecto estável. Apresenta inclusões de quartzo, ilmenita, além de zircão e monazita (rara).

Em grande parte das amostras desta unidade, a biotita se encontra totalmente substituída por clorita (Figura 18C, D e E) em associação com feldspato potássico, fluorita, minerais opacos e argilominerais (possivelmente caulinita), muscovita (Figura 20A) e aglomerados fibro-radiados de bastnasita. A clorita (2-5%) tem coloração esverdeada e pleocroísmo moderado. Além de preencher os pseudomorfos de biotita, também ocorre intercrescida com muscovita pleocróica e ilmenita em cristais isolados na mesostase (Figura 19A) ou como pequenos cristais euédricos junto com quartzo e rara fluorita (Figura 19C) em vênulas hidrotermais tardias na forma de *stockworks* (Figura 19D) que cortam outras fases magmáticas e hidrotermais (Figura 19E).

Localmente, aparecem cristais euédricos a anédricos intersticiais de muscovita levemente pleocróica (1-2%), apresentando contatos retilíneos com feldspatos e fluoritas na mesostase (Figura 18B) ou então anédrica nas bordas dos pseudomorfos de biotita cloritizados (Figura 20B) e minerais opacos nas bordas e fraturas de pseudomorfos de biotita. Raramente ocorre como cristais subédricos inclusos em quartzo, dentro de zonas ricas em inclusões fluidas próximas às vênulas hidrotermais (Figura 18F).

Minerais acessórios são: fluorita, anédrica a subédrica, de aspecto intersticial com contatos retos para plagioclásio e lobados com quartzo e feldspato potássico (Figura 17F). Comumente possui zoneamento de cor e químico, com zonas ricas em inclusões de cor roxa de composição normal (CaF_2) e zonas límpidas incolores com presença de Y na estrutura (Figura 20C); Minerais opacos, como ilmenita e raros sulfetos, são subédricos a euédricos; Zircão, ocorre como pequenos cristais subédricos a euédricos (Figura 20D) incolores a levemente acastanhados. O zircão se apresenta bastante zonado com zonas ricas em Th e Nb, que raramente envolvem núcleos de rutilo portador de Nb (Figura 22); Rutilo, aparece na forma cristais bem escuros e anédricos, comumente mantendo cristais de ilmenita (Figura 20E); Minerais de ETR (Figura 21 - bastnasita-parisita?) presentes como aglomerados de cristais aciculares fibro-radiados inclusos nas micas cloritizada e fluoritas (Figura 20F).

Figura 14: Fotomicrografias dos feldspatos presentes no Biotita Granito Porfírico. **(A)** IPV-14 - Megacristal de feldspato potássico mostrando geminação setorial, tipo ampulheta. Apresenta núcleo subédrico (linha preta tracejada), e sobrecrecimento anédrico marcado por região de intercrescimento com quartzo vermiforme e arredondado. O megacristal também envolve um aglomerado de cristais de plagioclásio euédricos (linha contínua). Polarizadores cruzados e com placa de gipso **(B)** IPV-28A - Megacristal de feldspato alcalino de núcleo subédrico (linha tracejada vermelha) com borda sobrecrecida anédrica e mais turva (linha preta contínua) envolvendo cristais arredondados a subédricos de quartzo. Ao lado ocorre cristal de fluorita de contatos retos com fases magmáticas. Polarizadores paralelos **(C)** IPV-14 - Plagioclásio de núcleo euédrico fortemente sericitizado e turvo sobrecrecido por borda albítica límpida e irregular. Notar que a forma do sobrecrecimento varia a conforme o contato passa de um cristal para outro, e que esta tende a envolver os cristais de albita inclusos no feldspato potássico ao lado. Polarizadores cruzados. **(D)** IPV-14 - Megacristal de feldspato potássico com lamelas albíticas irregulares e formação de albita intergranular em seu contato externo. Também envolve cristal de plagioclásio sericitizado, que desenvolve borda albíticas límpida com geminação paralela à geminação das lamelas e albita intergranular. Polarizados cruzados **(E)** IPV-06A - Cristal de feldspato potássico com lamelas albíticas irregulares que tendem a migrar para a borda do cristal e se acumular no contato com outro feldspato. Polarizadores cruzados e com placa de gipso. **(F)** IPV-16A - Cristal subédrico de plagioclásio com mancha irregular de feldspato potássico sem geminação aparente. Polarizadores cruzados. Siglas utilizadas: Kfs - feldspato potássico, Pl - plagioclásio, Qtz - quartzo, Fl - fluorita, Ab - albita.

Figura 15: Fotomicrografias dos filossilicatos e minerais acessórios presentes no Biotita Granito Porfírico. **(A)** IPV-06A - cristal de biotita oxidada mostrando diversas inclusões de minerais opacos. Polarizadores paralelos. **(B)** IPV-14 - Bolsão preenchida por muscovita pleocróica euédrica intercrescida com clorita e associada a ilmenita nas bordas do bolsão. Polarizadores paralelos. **(C)** IPV-14 - Cristais anédricos de clorita cinzenta associados a minerais opacos e interpretados como pseudomorfos de biotita. Polarizadores paralelos. **(D)** IPV-28A - Cristal anédrico de clorita intercrescida com minerais opacos e quartzo crescendo sobre núcleo de plagioclásio turvo e fraturado. Polarizadores paralelos. **(E)** IPV-16A - Cristal de clorita associado com cristais anedrais de titanita e fluorita. Interpretada como pseudomorfo de biotita. Polarizadores paralelos. **(F)** IPV-14 - Cristal intersticial de fluorita zonada, mostrando porções arroxeadas cheias de inclusão e áreas incolores límpidas, em contato reto com plagioclásio euédrico com núcleo turvo e borda albítica. Polarizadores paralelos. Siglas utilizadas: Bt - biotita, Ms - muscovita, Chl - clorita, Ilm - ilmenita, Pl - plagioclásio, Fl - fluorita, Tit - titanita.

Figura 16: Imagens de elétrons retro-espalhados para o Biotita Granito Porfíritico. **(A)** Megacristal de feldspato potássico pertítico, com lamela irregulares de albita e envolvendo cristais euédricos de plagioclásio. Notar que a resposta na imagem BSE é idêntica para as lamelas e os cristais inclusos. **(B)** Bolsão preenchido por muscovita euédrica intercrescida com clorita e bordejada por ilmenita. Mesmo local da Figura 15B. **(C)** Cristal anédrico de clorita associada a ilmenita e muscovita (pseudomorfo de biotita) com inclusões de apatita subédrica. **(D)** Cristal de zircão fraturado sendo manteado por ilmenita. **(E)** Cristais subédricos de ilmenita associados a clorita. **(F)** Aglomerado de minerais acessórios em volta de pseudomorfos de biotita. Ilmenita zonada com bordas de rutilo e muscovita intercrescida com clorita. Siglas utilizadas: Kfs - feldspato potássico, Ab - albita, Pl - plagioclásio, Chl - clorita, Ms - muscovita, Ilm - ilmenita, Ap - apatita, Zrc - zircão.

Figura 17: Fotomicrografias dos feldspatos presentes no Biotita Granito Inequigranular. **(A)** IPV-30C - Cristais anedrais de feldspato potássico com manchas turvas e lamelas irregulares de albíta. Polarizadores cruzados. **(B)** IPV-30C - Cristal de plagioclásio subédrico, com núcleo fortemente turvo e borda albítica límpida, sendo envolto por feldspato potássico moderadamente turvo e intersticial. Polarizadores cruzados. **(C)** IPV-30C - Cristal de plagioclásio com núcleo subédrico turvo e borda albítica límpida. Notar que aborda se desenvolve apenas no contato com feldspato alcalino, mas não com quartzo. Polarizadores cruzados. **(D)** IPV-30C - Cristais de feldspato potássico com bordas albíticas trocadas. Polarizadores cruzados. **(E)** IPV-28B - Cristais homogêneos de albíta intersticial (linha preta), com um grão apresentando geminação tipo tabuleiro de xadrez (linha vermelha), em meio a mesostase. Polarizadores cruzados. **(F)** IPV-30C - Fluorita zonada com núcleo subédrico incolor e límpido, seguido por zona rica em inclusões e coloração arroxeada no entorno destas, tornando a ser incolor e límpida nas bordas. O cristal possui aspecto intersticial e contatos retos para as fases magmáticas ao redor. Notar a presença de fraturas radiais na fluorita ao redor do plagioclásio parcialmente incluído. Polarizadores paralelos. Siglas utilizadas: Kfs - feldspato potássico, Ab - albíta, Pl - plagioclásio, Qtz - quartzo, Fl - fluorita, Chl - clorita.

Figura 18: Fotomicrografias dos filossilicatos presentes no Biotita Granito Inequigranular. **(A)** IPV-30C - Cristal subédrico de biotita com diversas inclusões de zircão, monazita, ilmenita e fluorita. Suas bordas são marcadas por sericita pleocróica. Polarizadores paralelos. **(B)** IPV-30C - Muscovita pleocróica com aspecto intersticial, em contato com Qtz e Fl euédricos e de contatos retos com as fases magmáticas ao redor. Polarizadores cruzados. **(C)** IPV-30C - Associação entre pseudomorfo de biotita cloritizada, com ilmenita e argilominerais, e fluorita zonada, com muitas inclusões no núcleo. Polarizadores paralelos. Polarizadores paralelos. **(D)** IPV-30C - Pseudomorfo de biotita cloritizada com inclusões de argilominerais, fluorita, minerais opacos, sericita e bastnasita-parisita (linha preta). Polarizadores paralelos. **(E)** IPV-30C - Pseudomorfos de biotita totalmente substituídos por clorita em associação com minerais opacos, argilominerais e sericita. Polarizadores paralelos. **(F)** IPV-30C - Cristal de muscovita euédrica incluída em quartzo, bem em meio a região cheia de inclusões fluidas (linha contínua), dando aspecto turvo ao quartzo. Polarizadores cruzados. Siglas utilizadas: Bt - biotita, Fl - fluorita, Qtz - quartzo, Ms - muscovita, Chl - clorita, Bast - bastnasita-parisita.

Figura 19: Fotomicrografias das feições secundárias presentes no Biotita Granito Inequigranular. **(A)** IPV-28B - Cristal de clorita intercrescido com muscovita pleocróica e ilmenita. Polarizadores cruzados. **(B)** IPV-30C - Plagioclásio zonado (núcleo turvo e borda albitica límpida) ao lado de cristal anedral de clorita associada a opacos e argilominerais e fluorita zonada (núcleo roxo com inclusões e borda incolor límpida). Polarizadores paralelos. **(C)** IPV-30C - Vênula de quartzo e clorita deslocando cristal de plagioclásio zonado. Polarizadores paralelos. **(D)** IPV-22B - *Stockwork* de quartzo cortando porção de granito brechado. Polarizadores paralelos. **(E)** IPV-22B - Vênulas de quartzo com acúmulos de clorita fina, principalmente nas bordas dos veios e presença de fluorita, cortando porção de granito brechado. Polarizadores paralelos. **(F)** IPV-18 - Cristal euédrico de quartzo sendo cortado por vênula de quartzo fino anédrico em amostra de enxame de veios. Polarizadores cruzados. Ms - muscovita, Chl - clorita, Ilm - ilmenita, Fl - fluorita, Qtz - quartzo, Pl - plagioclásio.

Figura 20: Imagens de elétrons retro-espalhados (BSE) do Biotita Granito Inequigranular. **(A)** Pseudomorfo de biotita substituído para aglomerado de clorita intercrescida com muscovita, ilmenita zonada e kaolinita. Notar que cristal de zircão também ocorre bem alterado e já devia estar incluso na mica ígnea. **(B)** Cristal anédrico de clorita manteado por muscovita. **(C)** Cristal zonado de fluorita mostrando região límpida com Y (mais clara na imagem BSE) e região rica em inclusões com menor peso atômico médio (mais escura na imagem BSE). **(D)** Cristais subédricos de zircão alterados e porosos, alguns cristais com forte zoneamento na imagem BSE, indicando grande variação composicional. **(E)** Cristal de ilmenita manteado por rutilo anédrico e corroído. **(F)** Cristais aciculares de bastnasita inclusos em plagioclásio sódico e formando aglomerados fibro-radiados. Siglas utilizadas: Chl - clorita, Ms - muscovita, Ilm - ilmenita, Zrc - zircão, Kao - caulinita, Fl - fluorita, Y-Fl - fluorita com ítrio, Rt - rutilo, Bst - bastnasita.

Figura 21: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para inclusões em pseudomorfo de biotita, amostra IPV-30C do BG Inequigranular. **(A)** Imagem de elétrons retro-espalhados (BSE) correspondente à área dos mapas. **(B)** Mapa de distribuição de Nd. **(C)** Mapa de distribuição de Zr. **(D)** Mapa de distribuição de Ti. Siglas utilizadas: Ilm - ilmenita, Zrc - zircão, Rt - rutilo, Bst - bastnasita.

Figura 22: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para cristal de zircão zonado, amostra IPV-30C do BG Inequigranular. **(A)** Imagem de elétrons retro-espalhados (BSE) correspondente à área dos mapas. **(B)** Mapa de distribuição de Zr. **(C)** Mapa de distribuição de Nb. **(D)** Mapa de distribuição de Th. **(E)** Mapa de distribuição de Ti. Siglas utilizadas: Zrc - zircão, Nb-Rt - rutilo com nióbio.

II.1.1 Álcali-feldspato granito com biotita, topázio e fluorita (TAG - Equigranular)

Esta fácies apresenta microestrutura isotrópica e textura equigranular xenomórfica, de granulação fina a média. Variando em coloração desde esbranquiçada até fortemente avermelhada.

Feldspato potássico (30-35%) ocorre como cristais anédricos, habitualmente se apresenta sem geminação, pertítico (lamelas finas de albita ou *patches* irregulares mais grossos - Figura 23A) e ligeiramente turvo e manchado. Localmente apresenta bordas albiticas trocadas (Figura 23C) e também leve extinção zonada. Possui inclusões de albita euédrica geminada e orientada discordantemente das pertitas (Figura 23D).

Quartzo (30-34%) é anédrico, comumente intersticial, de aspecto ameboide e contatos serrilhados a lobados. Também ocorre intercrescido com feldspatos (Figura 23B). Cristais mais grossos podem apresentar leve extinção ondulante.

Albita (28-32%) se apresenta subédrica a anédrica na mesostase (Figura 23A), com geminação múltipla (An_{0-5}), às vezes internamente terminada ou truncada ortogonalmente. Pode exibir manchas irregulares de feldspato potássico em seu interior (Figura 23F), e ocorre parcialmente substituída por fluorita e muscovita. Alguns cristais bem finos ocorrem intersticialmente, de aspecto límpido e geminação tabuleiro de xadrez. Porções albitizadas do granito podem desenvolver textura zonada, com núcleos turvos manteados por borda límpida. Ou como finos cristais límpidos que despontam de vênulas hidrotermais e substituem parcialmente os feldspatos potássicos ao lado (Figura 23E).

Como fases acessórias, ocorrem:

Biotita (2-4%) é o mineral máfico principal e se apresenta sempre anédrica (Figura 24). Tem forte pleocroísmo, variando de bege a marrom escuro acinzentado, e cor de interferência alta (Figura 24D). Comumente se relaciona com cristais de fluorita zonada e de topázio (Figura 24A, C e F) e apresenta inclusões de minerais opacos (Figura 24B) e zircão, formando halos pleocróicos. Pode exibir um manteamento e manchas internas de muscovita pleocróica (Figura 24E), comumente se desenvolvendo nos contatos com albita, quando em contato com feldspato potássico, a muscovita ocorre intercrescida com quartzo vermiforme (Figura 26A). Nas amostras de granito com forte hidrotermalismo, a biotita se encontra cloritizada ocorrendo apenas como pseudomorfos substituídos por clorita, muscovita e opacos (Figura 25B).

Muscovita (1 a 2%) ocorre como cristais bem finos e anedrais de aspecto intersticial na mesostase, ou manteando e preenchendo fraturas da biotita, dos feldspatos e também do topázio. Possui pleocroísmo leve a moderado, variando de incolor a verde claro, que se torna mais intenso e evidente nos cristais mais grossos. Também ocorre como massas finas em veios hidrotermais intersticiais, que contornam as fases primárias, normalmente associada a minerais opacos e fluorita.

Fluorita (~1%) é anédrica de aspecto intersticial (Figura 24F). Comumente apresenta zonalidade de cor e química (Figura 25C e D), onde zonas ricas em inclusões de fases acessórias apresentam coloração roxa e composição normal (CaF_2) e zonas incolores e límpidas apresentam Y na estrutura (Figura 27). Também ocorre associada com muscovita manteando cristais de biotita. Inclusões são dominadas por zircão, columbita e ilmenita (Figura 26D e F). Cristais de bastnasita e de fluoreto de Y ocorrem internamente à fluorita em regiões aparentemente corroídas e substituídas (Figura 27 e Figura 28). Nas amostras de granito fortemente hidrotermalizadas, a fluorita se apresenta toda roxa e cheia de inclusões.

Topázio (traço a 1%) é subédrico a anédrico, apresenta-se bastante fraturado e corroído, sendo manteado por muscovita pleocróica (Figura 25A). Alguns poucos cristais ocorrem inclusos em quartzo e feldspatos (Figura 26B). Quando o grau de hidrotermalismo é alto no granito, o topázio é bastante corroído e substituído por sericita (Figura 25B),

Zircão (traço) se apresenta subédrico a anédrico (Figura 25E), com coloração marrom escura (metamítico - Figura 25E e F) e comumente associado com columbita e fluorita em suas bordas (Figura 26E). Também ocorre sendo parcial ou totalmente substituído por massas de bastnasita, fluorita e columbita (Figura 29). Alguns cristais pequenos inclusos nas micas geram halos pleocróicos.

Ilmenita (traço) é anédrica a subédrica, raramente disseminada na mesostase, ocorre principalmente inclusa nas micas e em fluorita (Figura 24B).

Columbita (traço) ocorre como cristais muito finos, anedrais arredondados (Figura 25E) a localmente subédricos (Figura 25F). Comumente ocorre inclusa em fluorita e biotita ou associada a cristais de zircão metamítico. Normalmente apresentam finas lamelas de exsolução de tantalita (Figura 26E).

Bastnasita-Parisita (traço) forma aglomerados de pequenos cristais aciculares a fibrosos, em aspecto de rede trançada. Ocorre inclusa em fluorita e substituindo cristais de zircão.

Figura 23: (A) IPV-35A - Feldspato potássico pertítico com lamelas finas e inclusões de albita e quartzo. Ao lado ocorre cristal de albita euédrica homogênea. Polarizadores cruzados. (B) IPV-35N - Intercrescimento de quartzo vermiforme com os feldspatos da mesostase. Polarizadores cruzados. (C) IPV-35A - Feldspato potássico pertítico com bordas albíticas trocadas. Polarizadores cruzados. (D) IPV-35A - Feldspato potássico manchado com inclusão de albita euédrica em diversas orientações. Polarizadores cruzados. (E) IPV-35D - Cristais de albita hidrotermal crescendo a partir de vênula (linha tracejada) sobre feldspato potássico com inclusões orientadas de albita, mas não sobre cristal de feldspato potássico turvo. Polarizadores Cruzados. (F) IPV-35A - Cristal subédrico de albita com manchas irregulares de feldspato potássico ao lado de cristal de albita limpa intersticial. Polarizadores cruzados. Siglas utilizadas: Kfs - feldspato potássico, Ab - albita, Qtz - quartzo.

Figura 24: **(A)** IPV-35A - Biotita anédrica de pleocroísmo forte, associada com fluorita zonada cheia de inclusões (linha tracejada) e topázio anédrico fraturado. Polarizadores paralelos. **(B)** IPV-35AD - Cristal de biotita anédrica com inclusões anédricas de ilmenita. Polarizadores paralelos. **(C)** IPV-35A - Biotita anédrica associada a topázio subédrico fraturado e ao lado de fluorita com inclusões. Polarizadores paralelos. **(D)** IPV-35C - Biotita anédrica intersticial associada a fluorita cheia de inclusões também intersticial. A biotita envolve cristal de albite euédrica. Polarizadores cruzados na esquerda e paralelos na direita. **(E)** IPV-35AD - Biotita anédrica parcialmente substituída por intercrescimento de quartzo vermiforme e muscovita. Polarizadores paralelos. **(F)** IPV-35A - Biotita intersticial sendo envolta por fluorita, também intersticial. Polarizadores paralelos. Siglas utilizadas: Bt - biotita, Fl - fluorita, Tpz - topázio, Ilm - ilmenita, Ab - albite, Qtz - quartzo, Ms - muscovita.

Figura 25: (A) IPV-35A - Topázio anédrico a subédrico, fraturado e corroído, com manteamento de sericita. Polarizadores cruzados. (B) IPV-35N - Topázio parcialmente substituído por massa fina de sericita. Ao lado de pseudomorfo de biotita cloritizada. Polarizadores paralelos. (C) IPV-35AD - Cristal subédrico de fluorita zonada, mostrando núcleo roxo cheio de inclusões, zona intermediária (linha vermelha tracejada) incolor com poucas inclusões e borda incolor límpida. Polarizadores paralelos. (D) IPV-35M - Fluorita intersticial zonada, com inclusões contornadas por coloração arroxeada. Polarizadores paralelos. (E) Cristal subédrico de zircão altamente fraturado e de cor marrom escuro, sendo bordejado por cristais arredondados de columbita. (F) Cristal de zircão anédrico metamórfico de cor marrom escuro sendo sobrecrecido por columbita. Siglas utilizadas: Tpz - topázio, Chl - clorita, Ser - sericita, Fl - fluorita, Bt - biotita.

Figura 26: Prancha de imagens BSE para o TAG. **(A)** Biotita anédrica ao lado de fluorita zonada, mostrando borda de reação entre feldspatos. Quando em contato com feldspato potássico ocorre formação de intercrescimento entre quartzo e muscovita, e no contato com albita forma apenas muscovita. **(B)** Cristal subédrico de topázio parcialmente envolto por feldspato potássico intersticial. **(C)** Cristal de fluorita zonada apresentando núcleo de composição normal substituído por bastnasita trançada e fina borda rica em Y. **(D)** Cristal de fluorita zonada apresentando inclusão de columbita anédrica e sendo parcialmente substituída por bastnasita. **(E)** Cristal de zircão anédrico e corroído sobrecrecido por columbita intercrescida com fluorita. Notar a presença de finas lamelas de tantalita exsolvidas da columbita (linhas brancas), que, devido ao peso atômico maior apresentam reposta mais brilhante na imagem de elétrons retro-espalhados. Mesmo cristal da Figura 25F. **(F)** Cristal de zircão corroído circundado por halo de bastnasita trançada, inclusas em fluorita zonada. Siglas utilizadas: Kfs - feldspato potássico, Ab - albita, Bt - biotita, Fl - fluorita, Tpz - topázio, Zrc - zircão, Y-Fl - fluorita com ítrio, Bst - bastnasita, Clb - columbita.

Figura 27: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para cristal de fluorita zonada e com inclusões, amostra IPV-35A do TAG. **(A)** Imagem de elétrons retro-espalhados (BSE) correspondente à área dos mapas. **(B)** Mapa de distribuição de F. **(C)** Mapa de distribuição de Ce. **(D)** Mapa de distribuição de Y. Siglas utilizadas: Bt - biotita, FI - fluorita, Y-FI - fluorita com ítrio, Bst - bastnasita.

Figura 28: Mapas composicionais de EDS obtidos em FE-EPMA para cristal de fluorita zonada com inclusão de fluoreto de Y, amostra IPV-35A do TAG. **(A)** Imagem de elétrons retro-espalhados (BSE) correspondente à área dos mapas. **(B)** Mapa de distribuição de Ca. **(C)** Mapa de distribuição de F. **(D)** Mapa de distribuição de Y.

Figura 29: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para cristal de zircão parcialmente substituído, amostra IPV-35A do TAG. **(A)** Imagem de elétrons retro-espalhados (BSE) correspondente à área dos mapas. **(B)** Mapa de distribuição de Zr. **(C)** Mapa de distribuição de Nb. **(D)** Mapa de distribuição de Y. **(E)** Mapa de distribuição de Ca. **(F)** Mapa de distribuição de Ce. Siglas utilizadas: Fl - fluorita, Zrc - zircão, Bst - bastnasita, Clb - columbita.

II.2 ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL NO LEUCOGRANITO INHANDJARA E GNAISSES ASSOCIADOS

As rochas da área de estudo registram zonas de alteração hidrotermal associadas à intrusão e exsolução de fluidos dos corpos graníticos, sendo o metassomatismo alcalino e a greisenização os eventos mais expressivos regionalmente. A silicificação é importante, mas bastante restrita espacialmente.

Os gnaisses encaixantes também se encontram fortemente greisenizados e é comum a presença de veios de quartzo e topázio (variando de alguns milímetros até cerca de 50 cm). Grande parte dos veios é estéril, mas alguns destes, principalmente quando possuem grande proporção de topázio apresentam cristais de wolframita e cassiterita.

Nesta sessão serão abordados os processos hidrotermais registrados diretamente no Leucogranito Inhandjara (interpretadas como auto-metassomatismo) e os presentes nos gnaisses encaixantes adjacentes, que hospedam a mineralização lavrada na antiga mina de Inhandjara.

II.2.1 Metassomatismo Alcalino (Na e K?)

A quase totalidade dos pontos visitados e amostras coletadas apresentam certa influência de metassomatismo alcalino pervasivo. Este é marcado macroscopicamente pelo aumento geral da granulação da rocha (majoritariamente pelo crescimento dos feldspatos) e coloração dos feldspatos desde tons rosados até intensamente vermelhos (Figura 13A). Localmente ocorre o consumo dos minerais máficos, tornando a rocha ainda mais hololeucocrática (chegando a $M' = 0$).

Microscopicamente o processo se caracteriza pela oxidação e turbidez de ambos os feldspatos (plagioclásio e K-feldspato - Figura 14B), dando um aspecto sujo aos cristais devido a ocorrências de microinclusões nestes (muitas destas inclusões devem corresponder à hematita oxidada - Putnis et al., 2007).

O processo de formação dos feldspatos hidrotermais é dominado pela dissolução dos cristais ígneos em presença do fluido e posterior reprecipitação na forma de lamelas ou bandas albíticas irregulares (Figura 14E) e bordas albíticas trocadas sobre os feldspatos potássicos (Figura 17D); sobrecrecimento anedral de albita límpida sobre núcleos euédricos de plagioclásio turvo (Figura 17C); e também o crescimento de albitas intergranulares (Figura 14D) e massas de cristais finos sobre os feldspatos primários (Figura 23E).

A presença de alguns cristais de plagioclásio com manchas de feldspato potássico (Figura 14F e Figura 23F) podem ser indicativos da ocorrência de metassomatismo potássico. Porém texturas como estas são bastante raras e a falta de biotita ou outras fases potássicas em paragênese dificulta a classificação da alteração. Portanto neste trabalho fica estabelecido o termo genérico metassomatismo alcalino, tendo maior influência do Na^+ , e subordinadamente de K^+ no processo hidrotermal.

A ocorrência de sienito encontrada em meio ao Biotita Granito (Figura 30A) pode ser produto desse metassomatismo (Costi et al., 2002; Suikkanen and Rämö, 2017). Apresenta granulação grossa, coloração avermelhada forte e nenhum mineral máfico, em contrapartida o granito logo ao lado possui granulação média, coloração bege clara e M' próximo a 4%. Este tipo de rocha, também chamada de episienitos (Cathelineau, 1986), apresenta cristais de feldspato potássico intensamente recristalizados para albita tanto em porções centrais, como lamelas e também nas bordas. E todas as fases encontram-se totalmente turvas, muitas vezes até dificultando sua identificação.

II.2.2 Greisenização

Este processo está presente em dois estilos: pervasivo, principalmente no Biotita Granito formando grandes bolsões irregulares de matriz quartzo-muscovítica fina (Figura 30B) substituindo o granito; e fissural com halos externos de reação, neste caso dominando no TAG (Figura 31D).

Durante a greisenização, os feldspatos e micas primárias são totalmente (ou em poucos casos parcialmente) substituídos principalmente por muscovita e quartzo. Clorita está sempre presente em proporções variadas; sulfetos (pirita, calcopirita, esfalerita e galena - Figura 32A e B) ocorrem nas porções mais internas dos *greisens* e fluorita é menos frequente, mas ocorre incolor a levemente roxa disseminadas pelo *greisen* ou compondo borda de veios filossilicáticos (Figura 32E).

Amostras greisenizadas tendem a diminuir um pouco na granulação quando comparadas aos granitos originais, e a coloração se torna bastante esverdeada (Figura 31A). A muscovita é a única mica presente nos endogreisens (quando ocorrem no granito) e apresenta coloração esverdeada junto com pleocroísmo fraco, desde tons incolores a verde claro.

Comumente amostras ocorrem zonadas (Figura 31B e D), com um halo externo de consumo seletivo das fases máficas, seguido por uma zona intermediária de substituição dos feldspatos por quartzo e filossilicatos ($\pm$ pirita e calcopirita

disseminadas), e uma região interna de granulação muito fina (Figura 31F) dominada por muscovita e clorita ($\pm$ fluorita e megacristais de pirita associados a esfalerita verde subédrica cheia de inclusões e galena arroxeada intersticial - Figura 33 e 34). Algumas amostras podem apresentar zonação nos sulfetos também (Figura 31E), com regiões dominadas por megacristais que envolvem uma área central com os filossilicatos.

Localmente a greisenização ocorre associada a regiões de brecha (Figura 31C), neste caso aparece com matriz esverdeada composta por muscovita e clorita (Figura 32C) associada a topázio mais grosso nas bordas (Figura 32D) e molibdenita disseminada. Quando próximos à estas brechas, os cristais de esfalerita apresentam aumento na granulação e adquirem coloração vermelha escura (Figura 32F).

Neste trabalho, as amostras onde o Leucogranito Inhandjara é encontrado fortemente greisenizado, este passou a ser identificado como Greisen I.

II.2.3 Silicificação

Ocorre de forma fissural (veios e stockworks de quartzo, às vezes como enxames - Figura 30D) envolvendo fragmentos parcialmente substituídos do granito (Figura 30E), mas em certos locais devido à alta profusão de veios ocorre substituição completa da rocha original por quartzo maciço muito fino (Figura 30F). A silicificação apresenta quartzo como paragênese quase que unicamente, com presença esparsa de óxidos e hidróxidos de ferro disseminados.

Esta alteração é mais abundante no BG, especialmente em sua porção sul. Mas também ocorre no TAG, onde os veios de quartzo comumente desenvolvem franjas micáceas de maior granulação.

Algumas amostras do BG apresentam vênulas tardias de quartzo e clorita (Figura 30C), formando stockworks que cortam todas as outras estruturas. Estas vênulas também podem apresentar cristais muito finos de fluorita.

II.2.4 Cloritização e outras alterações subordinadas

A cloritização é pervasiva, mas possui caráter seletivo, pois é marcada apenas pela substituição das micas ígneas. Forma pseudomorfos da biotita primária, que é completamente transformada em associação de clorita, minerais opacos (principalmente ilmenita), muscovita, argilominerais de Al e Si (*e.g.*, caulinita) e rara fluorita. Comumente os pseudomorfos apresentam borda mais externa composta por muscovita fina.

Alteração propilítica está presente na porção sul do Biotita Granito, mas de forma muito restrita espacialmente. Possui caráter pervasivo com paragênese de epidoto, clorita, titanita e raro carbonato, substituindo os feldspatos e micas ígneas.

Algumas amostras na Pedreira Viracopos, onde aflora o TAG, apresentam intensa fluoritização, com fluorita preenchendo fraturas e faces estriadas ou compondo a matriz de vênulas milimétricas de brecha hidrotermal. Esta fluorita apresenta granulação bem fina e coloração roxa bem forte. E nestes casos ocorre fase única, possivelmente de caráter mais tardio, pois corta o granito albitizado.

Sericitização está presente de forma fissural em algumas amostras do TAG. São vênulas milimétricas de coloração verde clara que cortam o granito. Locais com muitas vênulas associadas podem sofrer substituição da matriz na região entre as fissuras.

A porção central da Pedreira Viracopos apresenta alguns escassos veios milimétricos de calcita (2-5 mm). Esta apresenta coloração bem esbranquiçada, com aspecto quase opaco e contatos internos sub-poligonais. O contato para o granito é brusco, porém levemente ondulado e nenhuma textura de reação entre ambos foi identificado.

Algumas amostras ocorrem com grande proporção de argilominerais substituindo feldspatos e micas cloritizadas. Porém são ocorrências bastante restritas e não foi possível definir se sua origem é hidrotermal ou intempérica.

Figura 30: (A) Aspecto de campo do sienito grosso encontrado em meio ao Biotita Granito. Pode ser indicativo de intenso metassomatismo alcalino, lixiviando o quartzo e aumentando a granulação dos feldspatos. (B) Amostra do Biotita Granito inequigranular fortemente albitizado e brechado, com matriz sericítica e clorítica envolvendo fragmentos do granito alterado. (C) Amostra do Biotita Granito inequigranular mostrando as vênulas tardias de quartzo e clorita que cortam o granito albitizado e brechado. (D) Amostra de enxame de veios de quartzo sobrepostos, que substituem totalmente o granito original. (E) Amostra de Biotita Granito porfirítico parcialmente silicificado, mostrando clastos do granito fortemente albitizado envoltos por matriz de quartzo fino. (F) Biotita Granito porfirítico fortemente silicificado, que oblitera totalmente a estrutura e mineralogia primária, restando apenas alguns cristais arredondados de quartzo grosso em meio a matriz quartzosa muito fina.

Figura 31: (A) Amostra do Topázio Granito albitizado à esquerda e greisenizado à direita, com passagem gradual entre as alterações. (B) Amostra representativa da passagem hidrotermal entre o metassomatismo alcalino oxidante pervasivo na porção inferior, transicionando para halo intermediário de albitização extrema com consumo de fases máficas e aumento da granulação dos feldspatos, seguido de halo de greisenização com formação de Li-muscovita, quartzo e um pouco de clorita e por fim região de veio composto por Li-muscovita, clorita e sulfetos disseminados no topo da amostra. (C) Amostra de brecha hidrotermal associada à greisenização com formação de topázio hidrotermal na porção direita entre as vênulas de *greisen*. (D) Amostra zonada com veio interno maciço com Li-muscovita, clorita e sulfetos, halo intermediário de greisenização e halo externo de albitização e consumo de máficos. (E) Amostra de veio hidrotermal no TAG da Pedreira Viracopos. Notar estrutura zonada com zona interna marcada por região maciça de muscovita com Li e clorita muito finas, seguida por região com alta densidade de megacristais de pirita euédrica e, por fim, envoltas pela granito greisenizado. (F) Detalhe de amostra da porção interna do veio maciço de muscovita com Li e clorita, juntamente com sulfetos disseminados e alguma fluorita.

Figura 32: (A) IPV-35H - Galena manteando calcopirita em veio maciço de Li-muscovita e clorita. Luz refletida. (B) IPV-35H - Relação entre sulfetos no veio maciço de Li-muscovita e clorita. Pirita euédrica, esfalerita euédrica a subédrica com inclusões de pirita e calcopirita, e galena anedral intersticial. Luz refletida. (C) IPV-35AC - Brecha hidrotermal associada a topázio, com matriz de muscovita e clorita com sulfetos disseminados envolvendo clastos do TAG. Polarizadores paralelos. (D) IPV-35AC - Visão geral da brecha hidrotermal (linha vermelha tracejada) bordejada por banda de topázio hidrotermal (linha preta contínua). Polarizadores paralelos. (E) IPV-35G - Veio de *greisen* (Li-muscovita + quartzo) associado com esfalerita e sendo bordejado por fluorita poiquiloblástica. Polarizadores paralelos. (F) IPV-35AG - Amostra de *greisen* com pirita anédrica e esfalerita vermelha subédrica disseminadas, localmente formando aglomerados em meio a matriz de Li-muscovita e quartzo (± clorita e fluorita). Luz refletida à esquerda e luz transmitida, polarizadores paralelos, à direita. Siglas utilizadas: Gal - galena, Ccp - calcopirita, Pyr - pirita, Sph - esfalerita, Ms - muscovita, Chl - clorita, Qtz - quartzo, Tpz - topázio, Fl - fluorita.

Figura 33: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para sulfetos de greisen I, amostra IPV-35H do TAG. **(A)** Imagem de elétrons retro-espalhados (BSE) correspondente à área dos mapas. **(B)** Mapa de distribuição de Si. **(C)** Mapa de distribuição de Al. **(D)** Mapa de distribuição de Zn. **(E)** Mapa de distribuição de Pb. **(F)** Mapa de distribuição de Fe.

Figura 34: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para matriz de greisen I, amostra IPV-35H do TAG. **(A)** Imagem de elétrons retro-espalhados (BSE) correspondente à área dos mapas. **(B)** Mapa de distribuição de Si. **(C)** Mapa de distribuição de Fe. **(D)** Mapa de distribuição de F.

II.2.5 Rochas Encaixantes

Esta unidade é composta pelos gnaisses encaixantes do Leucogranito Inhandjara (migmatitos paraderivados da unidade superior da Nappe Socorro-Guaxupé - Campos Neto e Caby, 2000) que sofreram forte alteração hidrotermal. A rocha apresenta bandamento milimétrico (1 – 15 mm) e intercala lentes quartzosas de textura granoblástica fina com bandas lepidoblásticas, compostas por biotita e muscovita finas. É comum o gnaisse ocorrer intensamente intemperizado, o que dificulta sua caracterização e amostragem em campo, mas por outro lado acaba ressaltando os diversos veios hidrotermais que cortam a rocha (Figura 35D).

A alteração presente é caracterizada por intensa greisenização pervasiva do gnaiss, intimamente associada a veios de quartzo e topázio com micas (Figura 35A). Estes gnaisses greisenizados, e principalmente os veios que o cortam, hospedam a mineralização de W-Sn que foi explotada durante as décadas de 40 e 60 na antiga Mina de Inhandjara (Figura 3B - Figura 35B).

Localmente a região de contraste composicional entre as bandas do gnaiss pode servir como armadilha para a deposição dos minerais de minério (Figura 36F).

A greisenização é pervasiva (neste trabalho amostras com essa alteração foram identificadas como Greisen II), marcada pela substituição completa da mineralogia metamórfica pela associação de quartzo, Li-micas e topázio (Figura 35F) e outras fases acessórias esporádicas (Figura 38A).

Quartzo é sempre médio, com hábito anedral (Figura 36A) e repleto de inclusões fluidas. Muscovita varia desde cristais finos até grossos quando próxima aos veios (Figura 36E), é subédrica a euédrica, com coloração marrom claro cinzenta e leve pleocroísmo. Comumente apresenta muitas inclusões finas aciculares ou anédricas de minerais opacos (principalmente ilmenita-rutilo - Figura 36D). Topázio é subédrico, ocorrendo como cristais médios a finos dispersos na mesostase ou formando aglomerados (Figura 36B). Biotita é euédrica, ocorrendo com granulação média a fina (localmente grossa nas bordas dos veios). Apresenta coloração marrom cinzenta e forte pleocroísmo (de aspecto petrográfico muito similar às biotitas encontradas no TAG) e comumente possui diversas inclusões aciculares ou irregulares de óxidos (ilmenita-rutilo), localmente desenvolvendo textura sagenítica (inclusões aciculares orientadas em 60° - Figura 36C).

Alguns pseudomorfos de granada podem ser observados (Figura 35F) sendo completamente substituídos por massas finas de micas e minerais opacos, porém alguns raros cristais preservam pequenos pedaços completamente corroídos na região central dos pseudomorfos.

O segundo produto hidrotermal identificado é a ocorrência de veios centimétricos (2 a ~50 cm) espaçados de quartzo e topázio com micas, wolframita e cassiterita (Figura 35C e E). Apresenta caráter fissural, mas está comumente associado a bordas micáceas (Figura 36E) mais grossas e halos externos com greisenização mais intensa que nas porções mais distantes aos veios (Figura 35A e C).

As amostras apresentam certa variação na proporção entre quartzo e topázio e esta característica reflete diretamente a presença da mineralização de W-Sn, onde veios quartzosos possuem poucos metais (sendo estéreis quando compostos somente por quartzo) e alcançam os maiores teores quando topázio é o mineral dominante (alguns veios são caracterizados por topazitos com wolframita e cassiterita - Figura 37A).

Quartzo é comumente grosso com fraca extinção ondulante. Ocorre como cristais subédricos alongados e orientados perpendicularmente às bordas do veio.

Topázio é euédrico a subédrico e varia de granulação grossa a média (Figura 37B). Alguns cristais podem apresentar alta densidade de inclusões fluidas, fornecendo um aspecto turvo, mas ocorrem lado a lado com cristais límpidos de hábito muito similar.

Wolframita usualmente está presente nas regiões mais internas dos veios (principalmente os que apresentam maiores teores de topázio - Figura 35E). Apresenta coloração preta totalmente opaca, ocorrendo como cristais euédricos grossos a localmente médios. Alguns cristais apresentam certo zoneamento sob luz refletida, marcado por linhas de crescimento sub-paralelas às bordas dos grãos (Figura 37C). Raramente possuem inclusões irregulares de stolzita (PbWO_4). Também podem aparecer brechadas sendo envoltas por matriz micácea (Figura 38D). Sua composição foi identificada *in situ* por EDS, sendo majoritariamente manganesífera (~20% de peso em óxido) e com pouco ferro (~5%). Portanto é classificada como da variedade hübnerita.

Cassiterita ocorre principalmente nas bordas dos veios, bem no contato com a rocha encaixante, porém também aparece mantendo alguns cristais de wolframita ou brechada nas bordas dos veios (Figura 38C). É euédrica com granulação média a grossa. Possui coloração castanha a vermelha (Figura 37D), com intenso pleocroísmo (especialmente nas porções mais avermelhadas), sendo comumente zonada nas cores e com linhas de crescimento paralelas às faces. Apesar da variação petrográfica, as zonas não possuem diferenças químicas (ao menos para elementos maiores), com os cristais apresentando tons de cinza homogêneos nas imagens BSE (Figura 38B) e valores similares em análises pontuais por EDS, sendo composta apenas por SnO_2 , sem impurezas detectáveis por EPMA. Raramente possuem inclusões subédricas de quartzo.

Quando presentes, cristais de muscovita são muito finos e compõe uma matriz que envolve fragmentos das outras fases (Figura 37E), fornecendo um aspecto brechado

à amostra (Figura 39). Apresentam-se incolores a castanho claro, com pleocroísmo muito leve. Localmente ocorrem como cristais euédricos um pouco maiores preenchendo parcialmente das bordas para o centro algumas cavidades presentes na matriz (Figura 37F).

Figura 35: (A) Veio de quartzo em gnaiss (linha preta) sendo bordejado por franja micácea (linha verde) e intensa greisenização adjacente (linha rosa). (B) Entrada de um dos túneis da antiga Mina de Inhandjara. A altura da passagem é de cerca de 1 m. (C) Veio de topazito mineralizado em wolframita (contorno vermelho) e cassiterita, sendo bordejado por greisenização intensa (linha rosa). (D) Veios de quartzo no gnaiss (linhas pretas) ocorrendo com diversas orientações. (E) Veio de quartzo-topázio (linha preta) mineralizado em wolframita (contorno vermelho), sendo bordejado por espessa franja micácea (linha verde). (F) Amostra de veio quartzo em gnaiss fortemente greisenizado. Está mineralizado em cassiterita em sua borda, associado a franja micácea.

Figura 36: (A) IPV-12 - Amostra de *greisen* em gnaiss encaixante, dominado por Li-muscovita, quartzo e topázio com alguns minerais opacos alinhados. Polarizadores paralelos. (B) IPV-15C - Amostra de *greisen* ao lado de topázio mineralizado, sendo dominado por Li-biotita e topázio, com quartzo quase ausente. Notar que aglomerados de topázio aparentemente cortam bandas de biotita mais grossa. Polarizadores paralelos. (C) IPV-07A - Cristal de biotita euédrica sagenítica, com inclusões aciculares orientadas em ângulos de 60°, em gnaiss greisenizado. Polarizadores paralelos. (D) IPV-12 - Cristal de muscovita grossa associada a diversas inclusões anédricas de minerais opacos. Polarizadores paralelos. (E) IPV-5B(I) - Veio de quartzo (linha contínua grossa) bordejado por franja micácea associada a topázio fraturado. Notar que a granulação da franja diminui levemente em direção ao greisen (linha fina). Polarizadores cruzados. (F) IPV-15C - Amostra de gnaiss greisenizado mineralizado em wolframita no contato entre banda granoblástica (topázio e quartzo) e banda lepidoblástica (Li-muscovita e Li-biotita). Polarizadores paralelos. Siglas utilizadas: Tpz - topázio, Qtz - quartzo, Ms - muscovita, Bt - biotita, Wlf - wolframita. (G) Mosaico de fotomicrografias de seção delgada mostrando veio de quartzo em *greisen* II. Zona de contato (linhas tracejada e pontilhada) é marcada por franja micácea de mais granulação que o *greisen* encaixante e hospeda cristal de cassiterita euédrica.

Figura 37: (A) Amostra de mão de veio de topazito com wolframita e cassiterita. (B) Mosaico de fotomicrografias de seção delgada mostrando veio de topazito mineralizado. (C) IPV-15D - Cristais euédricos de wolframita podem apresentar linhas de crescimento sub-paralelas às suas bordas. Luz refletida. (D) IPV-15D - Cristal euédrico de cassiterita mostrando zonação de cor. Polarizadores paralelos. (E) IPV-15D - Wolframita euédrica bordejada por cassiterita euédrica e envolvendo topázio euédrico, ao lado de matriz brechada preenchida por sericita. Polarizadores paralelos. (F) IPV-15D - Detalhe de cavidade parcialmente preenchida por muscovita pleocróica crescendo das bordas para núcleo. Polarizadores cruzados. Siglas utilizadas: Tpz - topázio, Wlf - wolframita, Cst - cassiterita.

Figura 38: Prancha de imagens BSE dos greisen II e veio de topazito mineralizados. **(A)** Imagem BSE de *greisen* II, composto por com aglomerados cristalinos de topázio envoltos por massas de Li-muscovita fina. Notar presença de fratura preenchida por óxido de manganês e alumínio (+Li?). **(B)** Cristal de cassiterita em veio de topazito, mostrando sua resposta homogênea em imagens BSE, apesar de apresentar forte zonação de cor na análise ótica. **(C)** Cristais fraturados de cassiterita entre veio de quartzo e *greisen* II, margeado por franja micácea grossa. **(D)** Cristal de wolframita brechada, sendo preenchido por matriz filossilicática fina.

Figura 39: Mapas composicionais de EDS obtidos em MEV para veios de topazito mineralizado, amostra IPV-15D. **(A)** Imagem de elétrons retro-espalhados (BSE) correspondente à área dos mapas. **(B)** Mapa de distribuição de W. **(C)** Mapa de distribuição de Sn. **(D)** Mapa de distribuição de U. **(E)** Mapa de distribuição de Fe. **(F)** Mapa de distribuição de K.

II.3 GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL

O batólito como um todo se encontra bastante hidrotermalizado, por isso buscou-se apenas as amostras menos alteradas, que fossem representativas de cada fácies, para obtenção das análises químicas. Análises químicas representativas das diferentes fácies são apresentadas na Tabela 5 e os dados completos no Anexo III

II.3.1 Elementos Maiores

Os diagramas binários tipo Harker, sílica como discriminante, são apresentados nas Figura 40, Figura 41 e Figura 42. A fácies porfirítica do Biotita Granito (BG) apresenta valores em torno de 73%, enquanto as demais amostras variam de 75 a 77%. Considerando os elementos maiores (Figura 40), o Biotita Granito (fácies porfirítica e inequigranular) é bastante homogêneo, com teores de TiO_2 ($\sim 0,2\%$), Fe_2O_3 total (1,0 - 2%), MgO ($\sim 0,2\%$), CaO (0,5 - 0,7%), Na_2O (3,5 - 4,5%) e P_2O_5 (0,05 - 0,07%) muito próximos, mas apresenta variações em Al_2O_3 (13-14% e 11-12%, respectivamente) e K_2O (5-6% e $\sim 4,5\%$). O Topázio Granito (TAG) apresenta composição bem distinta, sendo bastante empobrecido em TiO_2 ($< 0,08\%$), Fe_2O_3^T (0,8 - 0,9%), MgO ($< 0,03\%$), CaO (0,4 - 0,6%) e P_2O_5 ($< 0,01\%$), com teores intermediários de Al_2O_3 (12 - 13%) e K_2O (4 - 5%), e enriquecido apenas em Na_2O ($\sim 5\%$) quando comparado ao BG.

O número de magnésio ($\text{MgO}/[\text{FeO}+\text{MgO}]_{\text{moleculares}}$) é o principal diferenciador geoquímico entre as rochas estudadas (Figura 42A), onde o TAG sempre apresenta valores menores que 5 (atingindo valor próximo a zero na amostra-tipo IPV-35A), enquanto o BG apresenta valores próximos a 10 nos granitos e de 17 a 20 nas amostras mais hidrotermalizadas. O número de magnésio baixo é um distintivo dos leucogranitos de Inhandjara, especialmente da fácies evoluída, para o restante do Batólito Itu, que sempre apresenta valores maiores que 10.

A razão $1/\text{TiO}_2$, relacionado ao comportamento compatível do titânio, tende a aumentar progressivamente entre as amostras de Inhandjara (Figura 42B). Esta varia gradualmente da fácies porfirítica, com valores próximos a 10, para a fácies inequigranular (cerca de 12). E apresenta um aumento pronunciado no TAG (~ 90).

Por fim, a razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ mais baixa no TAG (0,85 - 0,95) do que no BG (1,17 - 1,45), indica o caráter enriquecido em sódio da fácies mais evoluída, que quando

comparada com o teor de CaO (Figura 42F) reproduz a relação petrográfica observada, onde essa fácies apresenta albita como fase magmática.

II.3.2 Elementos menores e traços

Para os elementos menores e traço (Figura 41), o Biotita Granito, considerando ambas fácies, possui valores mais elevados de Ba (400 - 650 ppm), Sr (20 - 90 ppm) e Zr (90 - 210 ppm) e é mais pobre em F (2200 - 2600 ppm), Cs (6.8 - 8.3 ppm), Nb (30 - 50 ppm), Ta (3 - 5 ppm), Rb (400 - 415 ppm) e Y (35 - 70 ppm).

Por outro lado, o Topázio Granito é enriquecido em F (3000 - 3800 ppm), Cs (~15 ppm), Nb (60 - 80 ppm), Ta (7 - 9 ppm), Rb (650 - 780 ppm) e Y (80 - 130 ppm) e empobrecido em Ba (~ 2), Sr (4,3 - 8) e Zr (~ 80).

Ao considerar algumas razões de interesse, o par K/Rb (Figura 42C) separa muito bem as fácies, diminuindo desde a porfirítica (120 - 150), inequigranular (~90) até o TAG (~50). Assim como a razão Zr/Hf também diminui, sendo respectivamente de 24, 22 e 10 (Figura 42D) para as fácies estudadas.

A razão Rb/Sr apresenta grande aumento nos valores com a evolução magmática (respectivamente 3,5 - 5,5, ~20 e 95 - 180), enquanto a razão Ba/Sr apresenta variação gradual do Biotita Granito (4,5 - 6) para o Topázio Granito (0,4 - 4). Essa relação entre Rb-Ba-Sr fica evidente do diagrama ternário de El Bouselly e El Sokkary (1975), onde o Topázio Granito plota no extremo mais enriquecido em Rb (Figura 41G).

A razão Nb/Ti (Figura 42E) segue a mesma tendência da razão 1/TiO₂, com os menores valores na fácies porfirítica (0,03 a 0,05), seguida pela inequigranular (~0,09) e com a fácies equigranular no extremo de maior valor (0,7 a 0,96), indicando teores similares para Nb e Ti no Topázio Granito (63 e 66 ppm, respectivamente).

Nos diagramas de elementos traço normalizados por condritos (Figura 43B), as amostras apresentam padrões muito similares, com maiores concentrações de Cs, Rb, Th, U, Nb, Ta, Y, W, Yb e Ga quando comparados aos outros plutons do Batólito Itu. Porém dentro do *stock*, o BG se destaca pelo maior enriquecimento em Th e U, sendo depletado em Mo em relação ao condrito, enquanto o TAG possui maiores teores de Cs, Rb, Ta, Y, W e Yb, e é depletado em Sr e Ba.

II.3.3 Elementos terras raras (ETR)

Considerando os conteúdos dos elementos terras raras (ETR) para o Leucogranito Inhandjara, temos que os teores totais são pouco variáveis, entre 190 e 140 ppm para todas as amostras do *stock*.

Particularmente, as fácies do Biotita Granito possuem maior valor dos ETR leves (120 a 150 ppm) do que dos ETR pesados (20 a 35 ppm), enquanto o Topázio Granito apresenta menor conteúdo nos ETRL (~ 90 ppm) e maior nos ETRP (~ 60 ppm) quando comparado ao Biotita Granito.

Para os padrões de ETR normalizados pelo condrito (Figura 43A) é possível observar que as amostras do BG apresentam padrão similar, sendo levemente fracionados ($(\text{La/Yb})_N$ de 3 a 8,2). A principal diferença entre as amostras é a anomalia negativa de Eu mais pronunciada para a fácies inequigranular que na porfirítica ($\text{Eu/Eu}^* = \sim 0,145$ e $0,370$, respectivamente). O Biotita Granito apresenta padrões similares aos dos outros plutons do Batólito Itu. Já o TAG apresenta um padrão menos fracionado ($(\text{La/Yb})_N$ entre 0,6 e 1,2), com valores de ETRL menores e ETRP maiores do que o restante do batólito, além de anomalia negativa de Eu fortemente pronunciada ($\text{Eu/Eu}^* = \sim 0,003$).

II.3.1 Diagramas Discriminantes

Seguindo as classificações geoquímicas de Frost et al. (2001), os granitos estudados apresentam caráter metaluminoso (Figura 44A), mas com leve tendência a peraluminoso ($\text{ASI} = 0,9 - 1,0$ e $\text{A/NK} = 1,0 - 1,1$), são ferroanos ($\text{Fe}^* = 0,9 - 1,0$ - Figura 44B) e plotam na transição entre os campos álcali-cálcico a calci-alcálico ($\text{MALI} = 8 - 10$), com uma amostra da fácies porfirítica plotando no campo alcálico (Figura 44C). As fácies inequigranular e equigranular são calci-alcálicas de alto K, enquanto a fácies porfirítica plota no campo shoshonítico no diagrama K_2O vs. SiO_2 (Peccerillo e Taylor, 1976). Utilizando os diagramas de Dall'Agnol e de Oliveira (2007), os leucogranitos se encaixam no campo dos granitos tipo-A reduzidos.

Nos diagramas de Whalen et al. (1987), o Leucogranito Inhandjara é sempre definido como do tipo-A, em acordo com o caráter geral da Província Itu. E são classificados como do tipo A-2 conforme Eby (1992).

Tabela 5: Análises químicas de elementos maiores em rocha total representativas das fácies do Stock de Inhandjara.

Fácies	BG Porfírico	BG Inequigranular	TAG Equigranular
Amostra	IPV-14	IPV-30C	IPV-35A
SiO ₂ (wt%)	73,13	76,76	76,18
TiO ₂	0,098	0,085	0,011
Al ₂ O ₃	14,33	12,02	12,96
Fe ₂ O ₃ ^(T)	1,02	0,95	0,85
MnO	0,024	0,02	0,064
MgO	0,06	0,05	0,00
CaO	0,68	0,53	0,44
Na ₂ O	4,57	3,83	4,73
K ₂ O	5,81	4,51	4,45
P ₂ O ₅	0,021	0,012	0,008
P.F.	0,59	0,65	0,45
Total (wt%)	100,33	99,42	100,14
F (ppm)	2212	2606	3003
Cl (ppm)	< 500	< 500	< 500
S (ppm)	< 550	< 550	< 550
La (ppm)	25,3	34,5	12,7
Ce	57,1	71,4	37,3
Pr	7,44	9,96	6,08
Nd	24,6	32,5	24,2
Sm	5,26	7,39	9,83
Eu	0,57	0,34	0,01
Gd	4,22	7	11,1
Tb	0,73	1,29	2,19
Dy	4,51	8,3	14,1
Ho	1,08	2,04	3,37
Er	3,18	6,04	10,2
Tm	0,56	1,08	1,92
Yb	4,04	7,67	14,5
Lu	0,62	1,17	2,18
Ba	390	90,6	1,92
Cs	6,74	8,33	15,4
Hf	3,55	5,17	8,09
Mo	0,1	0,3	2
Nb	29,6	47,8	63,3
Pb	35,4	32,5	49,3
Rb	404	415	783
Sr	74,2	20	4,35
Ta	3,3	4,7	9,1
Th	40,2	58,8	35,3
U	4,34	13,8	8,19
W	3,9	1,2	2,6
Y	35	69,7	122
Zr	86,2	113	79,4
Ga	22	21	29
Zn	17	21	37
ETR (ppm)	139,2	190,7	149,7
ETRL (ppm)	119,7	155,7	90,1
ETRP (ppm)	19,5	34,9	59,6
mg#	10,4	9,4	0
A/CNK	0,95	0,99	0,96
Eu/Eu*	0,37	0,14	0,003
(La/Yb) _N	4,22	3,03	0,59

Figura 40: Diagramas de elementos maiores vs. sílica (porcentagem em peso) para as amostras de Inhandjara. Campos dos plutons do Batólito Itu a partir de dados de Galembeck (1997); Janasi et al. (2009); e dados inéditos do grupo de pesquisa.

Figura 41: (A, B, C, D, E e F) Diagramas de elementos menores e traços (ppm) vs. sílica (porcentagem em peso) destacando as análises das amostras de Inhandjara. **(G)** Diagrama ternário Rb-Ba-Sr com campos para granitos evoluídos de El Bouselly e El Sokkary (1975). Campos dos plutons do Batólito Itu a partir de dados de Galembeck (1997); Janasi et al. (2009); e dados inéditos do grupo de pesquisa. Símbolos conforme Figura 40.

Figura 42: (A, B, C, D e E) Diagramas de razões geoquímicas de interesse vs. sílica (porcentagem em peso) ou vs. CaO (porcentagem em peso) para as amostras de Inhandjara. Campos dos plutons do Batólito Itu a partir de dados de Galembeck (1997); Janasi et al. (2009); e dados inéditos do grupo de pesquisa. Símbolos conforme Figura 40.

Figura 43: (A) Diagrama de elementos terras-rara (ETR) e (B) de elementos traços normalizados pelo condrito CI (McDonough & Sun, 1995). Símbolos representam as análises deste projeto. Campos dos plutons do Batólito Itu a partir de dados de Galembeck (1997); Janasi et al. (2009); e dados inéditos do grupo de pesquisa.

II.3.2 Isotopia Sm-Nd

Amostras do Biotita Granito apresentam menores teores de Sm e maiores de Nd (respectivamente, 5,1 e 24,8 ppm), fornecendo as menores razões do conjunto e valores similares para razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e ϵNd (Tabela 6 - utilizando a idade média do granito Inhandjara em 570 Ma, apresentada no item II.5), que neste caso são bastante negativos ($\epsilon\text{Nd} = -11,73$). Já o TAG apresenta os maiores valores de Sm (9,4 ppm), porém os menores de Nd (23,6), fornecendo razões muito elevadas e diferentes das obtidas para o Biotita Granito. O valor de ϵNd (a 570 Ma) é bem mais negativo que no caso anterior ($\epsilon\text{Nd} = -12,64$), alcançando os mais baixos valores para todo o batólito (Figura 45A).

Comparando os valores de ϵNd obtidos para o Leucogranito Inahndjara com algumas razões e teores geoquímicos, é possível observar que o TAG, com ϵNd mais negativo, também apresenta maiores valores de Cs, Y e da razão Nb/Ti (Figura 45B, C e D). Enquanto para a razão Zr/Hf é menor no TAG com ϵNd mais negativo (Figura 45E). Essas relações não são claras para os outros plutons do Batólito.

Tabela 6: Dados isotópicos Sm/Nd em rocha total das amostras de Inhandjara.

Amostra	Fácies	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon(0)$	fSm/Nd	T_{DM} (Ma)	$\epsilon(T_{\text{DM}})$	ϵNd (570 Ma)
IPV-14	BG Porf	5,073	24,779	0,1238	0,511765	-17,03	-0,37	2171,2	3,16	-11,73
IPV-30C	BG Ineq	7,038	32,304	0,1318	0,511795	-16,45	-0,33	2330,7	2,86	-11,73
IPV-35A	TAG	9,371	23,624	0,2399	0,512151	-9,50	0,22			-12,64

Figura 44: (A) Diagrama de proporções molares $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ vs. $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ indicando a relação entre álcalis e alumina para as amostras de Inhandjara. (B) Diagrama Fe^* vs. SiO_2 (porcentagem em peso) de Frost et al. (2001) para relação entre Fe e Mg. (C) Diagrama $Na_2O + K_2O - CaO$ vs. SiO_2 de Frost et al. (2001) indicando a alcalinidade das amostras. (D) Diagrama K_2O vs SiO_2 (porcentagem em peso) de Peccerillo e Taylor (1976) mostrando a afinidade de K nas amostras. (E) Diagrama Fe^* vs Al_2O_3 de Dall'Agnol e de Oliveira (2007) indicando o grau de oxidação das amostras. (F) Diagrama Fe^* vs $Al_2O_3/(K_2O+Na_2O)$ de Dall'Agnol e de Oliveira (2007) indicando o grau de oxidação das amostras. Campos dos plutons do Batólito Itu a partir de dados de Galembeck (1997); Janasi et al. (2009); e dados inéditos do grupo de pesquisa. Símbolos conforme Figura 40.

Figura 45: (A) Diagrama comparando a diminuição progressiva dos valores de ϵ_{Nd} das amostras de Inhandjara dentro do Batólito Itu. (B, C, D e E) Diagramas binários comparando o valor de ϵ_{Nd} com alguns elementos e razões geoquímicas de interesse. Análises dos outros plutons do Batólito Itu e campos definidos a partir de dados inéditos do grupo de pesquisa.

II.3.1 Variação química do processo hidrotermal

Quanto à variação química do processo hidrotermal, é possível observar que alguns elementos como SiO_2 , CaO , Na_2O , P_2O_5 e ETRL, assim como o número de magnésio ($\text{mg\#} = [\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO})]_{\text{molar}}$) tendem a apresentar menores teores com a passagem para o *greisen*, apesar de se manterem relativamente constantes durante o metassomatismo alcalino (representado indiretamente pela mudança de cor do granito dos diagramas). Já elementos como Al_2O_3 , FeO , MnO , K_2O , F , Ba , Nb , U , além de razões como Ba/Sr , Rb/Sr e $\text{K}_2\text{O/Na}_2\text{O}$ tendem a aumentar em proporção com a greisenização.

Ao analisar os diagramas geoquímicos, aparentemente o processo de metassomatismo alcalino apresenta pouca variação nos elementos maiores entre as amostras pouco e intensamente alteradas. É, portanto, representado majoritariamente por alterações mineralógicas, marcadas pela dissolução das fases primárias e reprecipitação em minerais hidrotermais em presença da fase fluida.

Tabela 7: Dados químicos comparando amostras pouco e muito hidrotermalizadas das fácies de Inhandjara.

Fácies	BG Porfíritico	Porfíritica Alterada	BG Inequigranular	Inequigranular Alterada	TAG Equigranular	Equigranular Alterada
Amostra	IPV-14	IPV-16B	IPV-30C	IPV-22A	IPV-35A	IPV-35D
SiO ₂ (wt%)	73,13	73,62	76,76	76,14	76,18	76,51
TiO ₂	0,098	0,197	0,085	0,256	0,011	0,075
Al ₂ O ₃	14,33	12,14	12,02	11,09	12,96	12,32
Fe ₂ O ₃ ^(T)	1,02	1,72	0,95	1,63	0,85	0,82
MnO	0,024	0,038	0,02	0,045	0,064	0,034
MgO	0,06	0,20	0,05	0,21	0,00	0,03
CaO	0,68	1,32	0,53	0,66	0,44	0,54
Na ₂ O	4,57	3,42	3,83	3,61	4,73	4,14
K ₂ O	5,81	5,17	4,51	4,44	4,45	4,33
P ₂ O ₅	0,021	0,046	0,012	0,072	0,008	0,019
P,F	0,59	0,76	0,65	0,52	0,45	0,46
Total (wt%)	100,33	98,63	99,42	98,67	100,14	99,28
F (ppm)	2212	2701	2606	1220	3003	3262
Cl (ppm)	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
S (ppm)	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550
La (ppm)	25,3	80	34,5	69,3	12,7	20
Ce	57,1	129	71,4	126	37,3	52,4
Pr	7,44		9,96	13,9	6,08	7,73
Nd	24,6	48	32,5	44,7	24,2	29,9
Sm	5,26		7,39	7,35	9,83	10,1
Eu	0,57		0,34	0,78	0,01	0,08
Gd	4,22		7	5,45	11,1	10,5
Tb	0,73		1,29	0,88	2,19	1,95
Dy	4,51		8,3	5,23	14,1	12
Ho	1,08		2,04	1,17	3,37	2,87
Er	3,18		6,04	3,28	10,2	8,48
Tm	0,56		1,08	0,52	1,92	1,56
Yb	4,04		7,67	3,49	14,5	11,5
Lu	0,62		1,17	0,51	2,18	1,73
Ba	390	524	90,6	650	1,92	22,5
Cs	6,74		8,33	1,81	15,4	15,1
Hf	3,55		5,17	6,22	8,09	6,77
Mo	0,1		0,3	5,2	2	1,4
Nb	29,6	30	47,8	32,8	63,3	75,9
Pb	35,4	2	32,5	10,1	49,3	35,9
Rb	404	297	415	223	783	650
Sr	74,2	173	20	95,2	4,35	6,34
Ta	3,3		4,7	1,9	9,1	6,7
Th	40,2	45	58,8	43,5	35,3	46,5
U	4,34	6	13,8	6,69	8,19	15,6
W	3,9		1,2	0,1	2,6	1
Y	35	50	69,7	37	122	91,2
Zr	86,2	193	113	203	79,4	97
Ga	22	19	21	16	29	25
Zn (ppm)	17	28	21	29	37	26

Tabela 8: Dados químicos relacionando a variação na intensidade do metassomatismo no Topázio Granito aflorante na Pedreira Viracopos,

Grau de Alteração	Incipiente	Leve	Moderado	Intenso	Granito Greisenizado	Greisen I – Veio maciço
Amostra	IPV-35A	IPV-35B	IPV-35C	IPV-35D	IPV-35F	IPV-35H
SiO ₂ (wt%)	76,18	76,59	75,95	76,51	74,59	61,28
TiO ₂	0,011	0,032	0,032	0,075	0,02	0,045
Al ₂ O ₃	12,96	12,41	12,41	12,32	13,55	19,44
Fe ₂ O ₃ ^(T)	0,85	0,89	0,83	0,82	2,85	4,79
MnO	0,064	0,048	0,035	0,034	0,22	0,350
MgO	0,00	0,01	0,02	0,03	0,030	0,01
CaO	0,44	0,49	0,55	0,54	0,18	0,29
Na ₂ O	4,73	5,01	4,51	4,14	0,15	0,26
K ₂ O	4,45	4,23	4,39	4,33	5,66	6,95
P ₂ O ₅	0,008	0,008	0,008	0,019	0,005	0,006
P,F,	0,45	0,54	0,51	0,46	1,91	3,10
Total (wt%)	100,14	100,26	99,24	99,28	99,17	96,52
F (ppm)	3003	3795	3625	3262	2149	2437
Cl (ppm)	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
S (ppm)	< 550	< 550	< 550	< 550	2809	4006
La (ppm)	12,7	28	20	20	< 28	7,83
Ce	37,3	62	46	52,4	41	25,1
Pr	6,08			7,73		4,23
Nd	24,2	30	31	29,9	15	17,7
Sm	9,83			10,1		7,15
Eu	0,01			0,08		0,03
Gd	11,1			10,5		8,28
Tb	2,19			1,95		1,63
Dy	14,1			12		11
Ho	3,37			2,87		2,64
Er	10,2			8,48		7,81
Tm	1,92			1,56		1,4
Yb	14,5			11,5		9,95
Lu	2,18			1,73		1,49
Ba	1,92	30	39	22,5	70	83,6
Cs	15,4			15,1		35
Hf	8,09			6,77		7,37
Mo	2			1,4		0,4
Nb	63,3	66	67	75,9	77	116
Pb	49,3	9	12	35,9	2018	11145
Rb	783	762	648	650	895	1268
Sr	4,35	8	11	6,34	8	2,87
Ta	9,1			6,7		9
Th	35,3	23	31	46,5	26	47,4
U	8,19	< 3	10	15,6	13	17,2
W	2,6			1		5,9
Y	122	106	106	91,2	133	102
Zr	79,4	98	120	97	106	96
Ga	29	27	25	25	34	70
Zn (ppm)	37	40	29	26	3361	7517

Figura 46: Variação química para elementos maiores (porcentagem em peso) com a progressão hidrotermal presente no Topázio Granito da Pedreira Viracopos. **(A)** Óxidos que diminuem ou se mantêm relativamente constantes com o processo. **(B)** Óxidos que aumentam em proporção durante a evolução do sistema hidrotermal.

Figura 47: Variação química para elementos menores e alguns traços (ppm) com a progressão hidrotermal presente no Topázio Granito da Pedreira Viracopos. **(A)** Variação de Rb e F, elementos que apresentam teores muito maiores que os demais. **(B)** Elementos que tendem a aumentar em teor durante a evolução do sistema hidrotermal. **(C)** Elementos que diminuem ou se mantêm relativamente constantes com o processo.

Figura 48: Variação química para algumas razões geoquímicas com a progressão hidrotermal presente no Topázio Granito da Pedreira Viracopos. **(A)** Razões que tendem a aumentar durante a evolução do sistema hidrotermal. **(B)** Razões que diminuem ou se mantêm relativamente constantes com o processo.

II.4 QUÍMICA MINERAL

Os dados completos das análises químicas de feldspato, micas, zircão e óxidos e clorita são apresentados no Anexo IV.

II.4.1 Feldspatos

Os feldspatos analisados foram classificados a partir das composições químicas e proporção dos membros finais em três categorias (Figura 49): feldspato potássico (Or > 90%), albita (Ab > 90%) e plagioclásio (An > 5%); com algumas análises que plotam no campo do anortoclásio sendo agrupadas como albita.

Figura 49: (A) Diagrama ternário Or-Ab-An classificatório de feldspatos com análises realizadas. (B) Diagrama binário mostrando a principal troca catiônica nos plagioclásios. (C) Diagrama binário mostrando a principal troca catiônica nos feldspatos alcalinos.

Tabela 9: Análises químicas representativas de feldspato potássico do Leucogranito Inhandjara.

Fácies	Porfíritico	Inequigranular	Inequigranular	Inequigranular	Equigranular	Equigranular
Análise	5.5	4.2	21.4	Mica5.3	5.2	7.1
SiO ₂ (wt%)	65,29	64,92	65,57	63,99	65,59	65,28
Al ₂ O ₃	18,98	18,84	19,01	19,09	19,03	19,17
Fe ₂ O ₃	0,12	0,00	0,04	0,21	0,04	0,00
K ₂ O	16,84	16,83	16,41	16,90	17,01	16,30
CaO	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01
SrO	0,04	0,00	0,05	0,00	0,05	0,04
BaO	0,00	0,01	0,04	0,32	0,05	0,00
Na ₂ O	0,26	0,24	0,67	0,25	0,23	0,74
Total (wt%)	101,55	100,95	101,80	100,75	102,00	101,60

Tabela 9: (Continuação)

Fácies	Porfíritico	Inequigranular	Inequigranular	Inequigranular	Equigranular	Equigranular
Análise	5.5	4.2	21.4	Mica5.3	5.2	7.1
Contexto Textural	nucleo lamelado	manteamento borda	nucleo lamelado	lamelas em bt alterada	nucleo subédrico	nucleo pertítico
Or	98,48	98,54	96,04	98,57	98,69	95,62
Ab	1,52	1,39	3,92	1,43	1,31	4,36
An	0,00	0,07	0,05	0,00	0,00	0,02
Formula Estrutural						
Si	2,55	2,55	2,55	2,52	2,55	2,54
Al ^{IV}	1,45	1,45	1,45	1,48	1,45	1,46
Al ^{VI}	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02	0,06
K	1,31	1,32	1,28	1,33	1,32	1,27
Al ^T	1,48	1,48	1,48	1,50	1,48	1,49

Tabela 10: Análises químicas representativas de albита do Leucogranito Inhandjara.

Fácies	Porfíritica	Porfíritica	Inequigranular	Inequigranular	Equigranular	Equigranular	Equigranular
Análise	5.6	10.1	3.2	3.4	12.2	16.2	Bt10.3
SiO ₂ (wt%)	68,51	68	66,73	67,8	68,67	68,98	70,87
Al ₂ O ₃	20,17	20,95	21,4	20,23	20,34	20,33	19,87
Fe ₂ O ₃	0,06	0,10	0,18	0,02	0	0,03	0,76
K ₂ O	0,18	0,10	0,71	0,04	0,12	0,20	0,68
CaO	0,27	0,86	0,68	0,33	0,26	0,14	0,29
SrO	0,04	0	0,03	0,07	0,02	0,10	0
BaO	0,02	0,05	0,09	0	0,02	0	0
Na ₂ O	11,41	11,15	10,35	11,47	11,57	11,81	8,61
Total (wt%)	100,69	101,24	100,17	99,99	101,09	101,59	101,13
Contexto Textural	lamela	nucleo	borda em contato Fl	nucleo alterado	manteamento	lamelas grossas	borda em bt alterada
Or	1,54	0,85	6,24	0,35	1,06	1,68	7,25
Ab	97,3	95,45	90,76	98,24	97,85	97,75	91,24
An	1,16	3,70	2,99	1,40	1,09	0,57	1,51
Formula Estrutural							
Si	2,61	2,57	2,54	2,60	2,61	2,61	2,66
Al ^{IV}	1,39	1,43	1,46	1,40	1,39	1,39	1,34
Al ^{VI}	0,15	0,16	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15
Ca	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Na	0,87	0,84	0,79	0,88	0,88	0,89	0,65
K	0,01	0,01	0,05	0,00	0,01	0,02	0,05
Al ^T	1,54	1,59	1,63	1,55	1,55	1,54	1,49

Tabela 11: Análises químicas representativas de plagioclásio do Leucogranito Inhandjara.

Fácies	Porfíritica	Inequigranular	Inequigranular	Inequigranular
Análise	10.2	Mica14.4	Mica14.5	18.1
SiO ₂ (wt%)	67,15	66,71	67,47	63,43
Al ₂ O ₃	21,32	21,95	21,1	18,86
Fe ₂ O ₃	0,10	0,15	0,10	0,27
K ₂ O	0,26	0,41	0,31	0,06
CaO	1,44	2,16	1,316	5,92
SrO	0,025	0,018	0,007	0,001
BaO	0,032	0,064	0	0
Na ₂ O	10,76	10,26	10,63	10,75
Total (wt%)	101,11	101,75	100,94	99,33
Contexto Textural	borda neo	nucleo	borda	nucleo alterado

Tabela 12: (Continuação)

Or	2,24	3,52	2,71	0,42
Ab	91,63	87,29	91,62	78,08
An	6,13	9,19	5,67	21,50
Formula Estrutural				
Si	2,54	2,51	2,56	2,52
Al ^{IV}	1,46	1,49	1,44	1,48
Al ^{VI}	0,16	0,16	0,16	0,02
Ca	0,05	0,08	0,05	0,24
Na	0,82	0,77	0,81	0,86
K	0,02	0,03	0,02	0,00
Al ^T	1,62	1,65	1,60	1,50

Os feldspatos apresentam pouca variação, com composições químicas e texturas similares. Ocorrem principalmente como feldspato potássico e albita, sendo os demais tipos restritos volumetricamente.

Feldspato potássico é a fase principal. De forma geral, não há variações químicas consideráveis na escala analisada, apresentando valor mediano do teor de Or igual a 98,2. A pequena oscilação no teor de Al^T (de 0,00 a 0,22 a.p.f.u) está relacionada principalmente à substituição do Al^{IV} por Fe. Nas imagens de elétrons retroespalhados (BSE), comumente exibe tons de cinza homogêneos por todo o cristal, e mesmo quando em diferentes contextos texturais, ainda possui composição similar.

Albita é a outra fase dominante, apresentando uma leve variação composicional, a depender do contexto textural em que ocorre (teores de An variam entre 0,3 e 3,8), seja como núcleos com teor de anortita pouco maior (variando entre An₅ e An₉, com uma única análise sendo classificada como oligoclásio, An_{21,5}) ou então com maior proporção de Or quando ocorre como lamelas ou inclusões dentro dos cristais de feldspato potássico.

Os valores mais altos de An correlacionam-se texturalmente com os núcleos euédricos sericitizados, e diminuem em direção às bordas no BG, enquanto que no TAG o teor de An é homogêneo (máximo An_{3,8}), independentemente do contexto textural. Al^T varia de 1,1 a 1,7 no BG, sendo diretamente proporcional ao teor de An, e para o Topázio Granito mantém-se constante em 1,55 ($\pm 0,05$). Esta relação entre o teor de Al^T e a molécula de An é melhor expressa no sítio tetraédrico, uma vez que Al^{IV} é praticamente igual nos cristais, aumentando somente quando Si diminui. Apesar destas diferenças, os cristais costumam apresentar tons de cinza homogêneos nas imagens BSE, sem uma zonação química intracristalina bem definida na escala analisada.

Tabela 13: Fórmula estrutural calculado para os feldspatos de Inhandjara a partir de análises *in situ*

	BG Porfirítico	BG Inequigranular	TAG Equigranular
Feldspato Potássico	$K_{1,25}Al_{1,49}Si_{2,55}O_8$	$K_{1,31}Al_{1,48}Si_{2,6}O_8$	$K_{1,31}Al_{1,48}Si_{2,55}O_8$
Albita	$Na_{0,83}Al_{1,49}Si_{2,66}O_8$	$Na_{0,86}Al_{1,55}Si_{2,6}O_8$	$Na_{0,87}Al_{1,54}Si_{2,61}O_8$
Plagioclásio	$Na_{0,82}Ca_{0,05}Al_{1,61}Si_{2,55}O_8$	$Na_{0,81}Ca_{0,12}Al_{1,58}Si_{2,53}O_8$	-

II.4.2 Micas Trioctaédricas

Esta fase é bastante restrita, ocorre principalmente no Topázio Granito equigranular e apenas na fácies inequigranular do Biotita Granito. Na fácies porfirítica não foi encontrado nenhum cristal preservado, seja nas análises óticas ou por microscopia eletrônica, sendo totalmente substituída para associações de clorita e outros minerais.

Quando presente é representada por biotita, classificada como siderofilita segundo o diagrama de Al^T vs. $Fe/(Fe+Mg)$. Conforme a classificação de Tischendorf (1997) a biotita do Topázio Granito equigranular é classificada como protolitionita, já no Biotita Granito inequigranular é classificada como siderofilita (Figura 50A). Pela classificação de Tischendorf et al. (2007) a biotita da fácies equigranular é classificada na transição entre annita e siderofilita, enquanto da fácies inequigranular são classificadas como annita (Figura 50B).

As amostras da fácies equigranular, possuem pequena variação composicional e textural ($Si_{apfu} \sim 5,7$; Al^{VI} entre 1,66 e 1,9; $Al^T \sim 4,1$; $Ti_{apfu} < 0,05$; Fe_{apfu} entre 2,5 e 2,9; $Mg_{apfu} < 0,03$; Li_{apfu} de 0,5 a 0,9).

Para a fácies inequigranular, o cristal observado não apresenta grandes variações composicionais entre borda e núcleo, exibindo aspecto homogêneo na imagem BSE e análises pontuais ($Si_{apfu} \sim 5,5$; $Al^{VI} \sim 1,1$; $Al^T \sim 3,5$; $Ti_{apfu} \sim 0,25$; $Fe_{apfu} \sim 3,4$; $Mg_{apfu} \sim 0,36$; Li_{apfu} de 0,4 a 0,5).

Em geral, a tendência em diagramas binários (Figura 51) é aumentar as proporções de Si, F, Li, Al^T (estimulado pelo enriquecimento em Al^{VI}) e Mn das amostras das fácies porfirítica e equigranular, associadas à diminuição de Al^{IV} , Fe, Mg e Ti. K apresenta valores ligeiramente dispersos, de 1,8 a 2,1 a.p.f.u., mas não há correlação com as variações dos outros elementos analisados.

Tabela 14: Análises químicas *in situ* representativas de micas trioctaédricas de Inhandjara

Fácies	Inequigranular	Equigranular
Amostra	IPV-30C	IPV-35A
Análise	13,1	10,2
SiO ₂ (wt%)	36,16	37,77
TiO ₂	2,17	0,34
Al ₂ O ₃	19,87	22,77
FeO	26,08	21,51
MnO	0,81	1,81
MgO	1,54	0,08
CaO	0,03	0,02
Na ₂ O	0,12	0,08
K ₂ O	9,69	10,23
Nb ₂ O ₅	0,03	0,06
ZnO	0,17	0,17
Cl	0,03	0,006
F	0,05	0,58
Li ₂ O*	0,79	1,26
H ₂ O*	3,88	3,68
Total (wt%)	101,39	100,06
APFU		
Si	5,5	5,7
Al ^{IV}	2,5	2,3
Al ^{VI}	1,1	1,8
Al ^T	3,6	4,1
Ti	0,2	0,04
Fe	3,3	2,7
Mn	0,1	0,2
Mg	0,3	0,02
Li*	0,5	0,8
Na	0,04	0,02
K	1,9	2,0
Cl	0,007	0,002
F	0,02	0,3
OH*	4,0	3,7
Fe/Fe+Mg	0,90	0,99
Contexto Textural	Subédrica na mesostase	Anédrica intersticial

Figura 50: Comparação entre as classificações de **(A)** Tischendorf (1997) e **(B)** Tischendorf et al. (2007) para as análises de micas de Inhandjara.

Figura 51: **(A, B, C e D)** Diagramas binários com proporções catiônicas das análises de micas. Vetores indicam a variação química conforme diferenciação. Legenda conforme Figura 50.

II.4.3 Micas Dioctaédricas

As análises de micas dioctaédricas plotam na porção inferior dos diagramas de classificação (Figura 50), e correspondem a fengita, (conforme classificação de Tischendorf (1997) - Figura 50A) ou a muscovita (conforme Tischendorf *et al.* (2007) - Figura 50B). Apresentam leve deslocamento para cima nos diagramas quando presentes em pseudomorfos de biotita, mas comumente são homogêneas dentro de cada fácies e contexto que ocorrem. Análises de cristais em vênulas hidrotermais são bem distintas das demais e tendem ao vértice da muscovita “ideal” nos diagramas.

Na fácies porfirítica a fengita pode ocorrer como cristais euédricos intercrescidos com clorita na mesostase ou preenchendo bolsões. Ou então ocorre anédrica associada com clorita e opacos nos pseudomorfos de biotita.

Na fácies inequigranular ocorre em três grupos composicionais relacionados a contextos texturais distintos. Fengitas euédricas a subédricas na mesostase, possuem contatos retos a serrilhados com fases ígneas. Fengita anédrica, ocorre intercrescida com clorita e mantendo pseudomorfos de biotita. Muscovita euédrica, aparece apenas inclusa em quartzo próximo a vênulas hidrotermais.

Para a fácies equigranular, todas análises ocorrem no mesmo contexto textural, mantendo e preenchendo fraturas dos cristais de biotita ou interstícios na mesostase, porém apresentam uma leve dispersão química contínua nas proporções atômicas.

Os contextos texturais observados na petrografia também puderam ser separados por suas características químicas (Figura 51). A fengita euédrica, que ocorre na mesostase ou bolsões, geralmente se correlaciona bem com vetores de diferenciação, aumentando a proporção catiônica de Si, F, Fe, Mn e Li, e diminuindo a proporção de Mg e Al^T (incluindo Al^{IV} e Al^{VI}) do Biotita Granito para o Topázio Granito. A fengita presente nos pseudomorfos de biotita plota ligeiramente separada dos cristais da mesostase, e possuem menor conteúdo de F, Al^T e Li, com maior teor de Si, Fe e Ti quando comparadas à fengita da mesostase (Figura 51). Análises em muscovita de vênula hidrotermal mostram que esta possui menos Fe, Mg, Si e Ti, com maior conteúdo de Al^T em relação às fengitas no granito.

Tabela 15: Análises químicas *in situ* representativas de micas dioctaédricas de Inhandjara

Fácies	Porfíritica	Porfíritica	Inequigranular	Inequigranular	Inequigranular	Equigranular
Amostra	IPV-14	IPV-14	IPV-30C	IPV-30C	IPV-30C	IPV-35A
Análise	21.2	13.2	14.2	3.1	16b.1	13.2
SiO ₂ (wt%)	46,19	47,05	45,26	47,38	45,22	48,11
TiO ₂	0,30	0,17	0,33	1,42	0,00	0,31
Al ₂ O ₃	29,01	28,67	28,95	22,81	34,64	27,41
FeO	6,29	7,50	8,12	10,45	3,91	8,26
MnO	0,30	0,20	0,37	0,21	0,17	0,17
MgO	1,50	0,91	0,93	1,91	0,15	0,10
Na ₂ O	0,24	0,16	0,32	0,03	0,48	0,09
K ₂ O	10,80	10,52	10,74	10,85	10,79	10,83
F	0,41	0,10	0,32	0,058	0,14	0,43
Cl	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Li ₂ O*	0,12	0,02	0,09	0,01	0,03	0,13
H ₂ O*	4,14	4,3	4,16	4,23	4,37	4,15
Total (wt%)	99,33	99,59	99,54	99,43	99,87	100,06
APFU						
Si	6,4	6,5	6,3	6,7	6,1	6,6
Al ^{IV}	1,6	1,5	1,7	1,3	1,9	1,4
Al ^{VI}	3,1	3,1	3,05	2,5	3,6	3,1
Al ^T	4,7	4,6	4,7	3,8	5,5	4,4
Ti	0,03	0,02	0,03	0,1	0,0	0,03
Fe	0,7	0,9	0,9	1,2	0,4	0,9
Mn	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02
Mg	0,3	0,2	0,2	0,4	0,03	0,02
Li*	0,07	0,01	0,05	0,005	0,02	0,07
Na	0,06	0,04	0,09	0,01	0,1	0,02
K	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9
Cl	0,006	0,002	0,1	0,03	0,06	0,002
F	0,2	0,04	0,0	0,0	0,0	0,2
OH*	3,8	3,9	3,8	4,0	3,9	3,8
Fe/Fe+Mg	0,70	0,82	0,83	0,75	0,93	0,98
Contexto Textural	Euédrica em bolsão	Pseudomorfo de biotita	Euédrica na mesostase	Pseudomorfo de biotita	Em vênula hidrotermal	Borda de biotita e intersticial

II.4.4 Micas no *greisen* II (gnaisse encaixante)

As micas do *greisen* II, cristais do grupo trioctaédrico são caracterizados como Fe-biotita, siderofilita e protolitionita segundo classificação de Tischendorf (1997), Figura 52A, e como annita a siderofilitas tendendo a polilitionitas conforme Tischendorf et al. (2007), Figura 52B. Porém no segundo caso, muitas análises caem fora dos campos estabelecidos, indicando um possível problema nos recálculos ou na própria classificação.

As micas dioctaédricas são classificadas como fengitas (Tischendorf, 1997) ou muscovitas (Tischendorf et al., 2007), tendo o mesmo problema de parte das análises plotarem fora dos campos delimitados.

Em diagramas binários (Figura 53), as micas do *greisen* II apresentam grande correlação com as análises realizadas no TAG. Formam alguns *trends* de enriquecimento em Si e F, associados a empobrecimento em Fe.

II.4.5 Óxidos

Cristais de óxidos analisados foram divididos conforme a proporção elementar entre Fe, Ti e Nb. Assim, foram classificados como ilmenita, presente em todas as amostras, e rutilo rico em ferro (presente no Biotita Granito) ou columbita (presente no TAG).

Comumente, amostras do Biotita Granito apresentam cristais zonados (Figura 16E e F), com núcleos irregulares de ilmenita (Ti e Fe iguais) manteados por rutilo (principalmente Ti, com presença de Fe e alguns cristais com certa quantidade de Nb). Isto indica uma diminuição gradual da proporção de Fe em relação aos outros elementos para as bordas dos cristais, que se apresentam corroídas e porosas, manteando núcleos mais homogêneos (Figura 20E).

II.4.6 Clorita

A clorita é um mineral secundário e compõe a grande maioria dos filossilicatos presentes no Biotita Granito, sendo restrita no Topázio Granito.

Os cristais analisados (Tabela 16) correspondem a chamosita em todas as amostras, sendo classificados na variedade dafinita $[(\text{Fe},\text{Mg})_5\text{Al}(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$ conforme divisão de Hey (1954) - Figura 54A. As análises mostram pouca variação dentro de cada unidade (TAG e BG), com única exceção no teor de Mn, que apresenta maiores valores no Biotita Granito inequigranular do que no porfírico (Figura 54B, C, D e E).

A principal variação se dá entre a clorita do TAG e do BG. Onde no primeiro apresenta maiores teores de Al^T, Mn e F, e no BG são enriquecidas em Mg e Fe³⁺. Para o restante dos elementos, não há grande variação entre os cristais analisados.

Figura 52: Comparação entre as classificações de **(A)** Tischendorf (1997) e **(B)** Tischendorf et al. (2007) para as análises de micas dos *greisens* II, nos gnaisses encaixantes de Inhandjara.

Figura 53: **(A, B, C e D)** Diagrama binários com proporções catiônicas comparando as análises de micas do TAG com micas do *greisen* II em amostras de Inhandjara.

Tabela 16: Análises químicas *in situ* representativas de cloritas de Inhandjara

Fácies	BG Porfírico	BG Inequigranular	TAG Equigranular
Amostra	IPV-14	IPV-30C	IPV-35A
Análise	1.2	9.1	13.1
SiO ₂	24,27	23,34	22,23
TiO ₂	0,2	0,006	0,04
Al ₂ O ₃	20,24	20,89	20,58
Fe ₂ O ₃	1,0	0,54	0,41
FeO	38,9	40,51	42,02
MnO	0,79	1,03	2,98
MgO	3,81	2,91	0,05
CaO	0,03	0,04	0,02
K ₂ O	0,09	0,04	0,1
F	0	0,001	0,05
Cl	0,008	0,02	0
H ₂ O*	10,65	10,55	10,17
Total	100,06	100,07	98,93
APFU			
Si	5,4	5,3	5,2
Al ^{IV}	2,5	2,7	2,8
Al ^{VI}	2,8	2,9	2,9
Al ^T	5,4	5,6	5,7
Ti	0,03	0,001	0,007
Fe ³⁺	0,2	0,09	0,07
Fe ²⁺	7,3	7,7	8,2
Mn	0,1	0,2	0,6
Mg	1,3	1,0	0,02
K	0,05	0,02	0,06
Cl	0,006	0,01	0,0
F	0,0	0,001	0,08
OH*	16,0	16,0	15,9
Fe/Fe+Mg	0,87	0,89	1,00
Contexto Textural	Núcleo de pseudomorfo	Borda de pseudomorfo	Borda de pseudomorfo

Figura 54: (A) Diagrama classificatório de Hey (1954) para análises de clorita de Inhandjara. **(B, C, D e E)** Diagramas binários com proporções atômicas de elementos de interesse para análises de clorita.

II.4.7 Zircão

Cristais de zircão do Biotita Granito (IPV-14 e 30C) se apresentam prismáticos, alguns com terminações bipiramidadas, comumente incolores a levemente castanhos e com poucas fraturas. Imagens de catodoluminescência (CL) apresentam zoneamento oscilatório bem marcado, com tons progressivamente mais escuros do centro para as bordas, e sobrecrecimento de horizontes mais homogêneos de coloração bem escura. Alguns grãos possuem núcleos arredondados e truncados pelo zoneamento, comumente são mais escuros e com textura interna indicando alteração (Anexo V).

Cristais do TAG (IPV-35A) são subédricos, podendo ser euédricos a anédricos, e comumente apresentam coloração marrom escura, com diversas fraturas e inclusões (columbita, fluorita e bastnasita, também presentes sobrecrecendo as bordas). Apresentam características similares com os zircões magmáticos descritos por Rubin et al. (1989), com forma ameboide local, muitas inclusões e textura porosa. Em imagens CL, são completamente escuros e predominantemente homogêneos, com alguns cristais apresentando leve zoneamento oscilatório (Anexo X).

O comportamento químico varia dentre as amostras de uma mesma fácies e entre as fácies, mostrando clara correlação com o processo de diferenciação magmato-hidrotermal nos diagramas binários (Tabela 17 - Figura 55A a F). Nos diagramas as amostras foram agrupadas de acordo com as texturas internas dos cristais (zoneamento oscilatório vs. homogêneo e escuro). Os domínios com tons cinza claro nas imagens CL apresentam maior proporção catiônica de Si e Zr, enquanto os domínios escuros, sem resposta CL, são enriquecidos em Y, F, ETR, Nb, Hf, Th e U.

Entre as fácies do Leucogranito Inhandjara, o zircão mostra diminuição da razão Zr/Hf e aumento nos elementos incompatíveis com a diferenciação. Esse padrão também é reproduzido dos núcleos para as bordas dos cristais do BG. No TAG essa variação núcleo-borda não é observada, pois os cristais são homogêneos, sempre com altos teores de elementos incompatíveis. A razão Th/U aumenta do BG para o TAG; apesar dos valores U e Th nas zonas escuras de ambas fácies apresentarem teor semelhante. O conteúdo de Y_2O_3 é bastante elevado no TAG, variando de 6-12%, pouco comuns na literatura, enquanto o BG apresenta teores de 0 a 9%.

Em diagramas normalizados pelo condrito, amostras do Biotita Granito (Figura 55G, H e I) apresentam grande variação nos teores de ETR totais, com enriquecimento dos ETRP em relação aos ETRL (La_N/Yb_N entre 0,003 e 0,14) e anomalia negativa de Eu (Eu/Eu^* de 0,07 a 0,30). Zonas de tons mais claros nas imagens de CL comumente possuem os menores de ETR totais, com anomalias positivas de Ce (Ce/Ce^* de 0,97 a 16,35). Zonas mais escuras em cristais das mesmas amostras apresentam teores maiores de ETR totais, especialmente os leves, e neste caso, não possuem anomalia de Ce (0,92 a 2,38). Já o TAG apresenta padrões de ETR normalizados pelo condrito sem variação, com os maiores valores de ETR totais, especialmente os ETRP, razão La_N/Yb_N entre 0.002 e 0.004, intensa anomalia negativa de Eu ($Eu/Eu^* < 0.002$) e sem anomalia de Ce (1,35 a 1,61).

Tabela 17: Análises químicas *in situ* representativas dos zircões de Inhandjara

Fácies	Porfíritica	Porfíritica	Inequigranular	Inequigranular	Equigranular
Amostra	IPV-14	IPV-14	IPV-30C	IPV-30C	IPV-35A
Análise	13_núcleo	17_borda	11_núcleo	20_borda	06_borda
SiO ₂ (wt%)	32,5	30,21	32,31	28,13	26,04
ZrO ₂	65,99	61,93	65,58	57,13	38,49
HfO ₂	1,03	1,62	0,86	1,34	3,00
TiO ₂	0,06	0,08	0	0,12	0,23
Al ₂ O ₃	0,01	0,29	0	0,66	2,06
FeO	0,17	0,53	0,02	1,65	1,65
CaO	0,01	0,09	0,008	0,41	0,46
P ₂ O ₅	0	0	0	0,61	0,23
UO ₂	0	0,03	0,02	0,05	0,24
ThO ₂	0	0,64	0,05	0,59	1,46
Nb ₂ O ₅	0	0,15	0	0,02	1,97
Gd ₂ O ₃	0,01	0,17	0,003	0,36	0,45
Dy ₂ O ₃	0	0,23	0,09	0,43	0,90
Yb ₂ O ₃	0,07	0,38	0,19	0,57	1,96
Y ₂ O ₃	0,08	1,48	0,59	2,86	8,93
F	0	0,21	0	0,97	1,57
Total (wt%)	99,94	98,03	99,72	95,92	90,22
APFU					
Si	3,99	3,85	3,98	3,65	3,64
Zr	3,95	3,85	3,94	3,61	2,62
Hf	0,04	0,06	0,03	0,05	0,12
Ti	0,006	0,007	0	0,01	0,02
Al	0,002	0,04	0	0,1	0,34
Fe	0,02	0,06	0,001	0,18	0,19
Ca	0,002	0,01	0,001	0,056	0,07
P	0	0	0	0,07	0,03
U	0	0,0009	0,0006	0,001	0,007
Th	0	0,01	0,001	0,01	0,03
Nb	0	0,008	0	0,001	0,12
Gd	0,0005	0,007	0,0001	0,02	0,02
Dy	0	0,009	0,003	0,02	0,04
Yb	0,003	0,01	0,007	0,02	0,08
Y	0,005	0,1	0,04	0,2	0,66
F	0	0,08	0	0,4	0,69
Zr/Hf	55,68	33,37	66,6	37,22	11,2
Th/U	-	20,18	2,50	11,13	6,08
Sn (ppm)	5,32	1265,24	108,96	595,74	62,36
ETR (ppm)	620,84	31169,05	11105,93	27107,46	47367,09
ETRL (ppm)	48,35	7304,83	2484,11	6266,85	1973,76
ETRP (ppm)	572,49	23864,22	8621,82	20840,61	45393,33

Biotita Granito Porfiritico Biotita Granito Inequigranular Alkali-feldspato granito com topázio
 ■ Zonas escuras zonamento fraco ● Zonas escuras zonamento fraco ▲ Zonas escuras zonamento fraco
 □ Zonas claras zonamento fino ○ Zonas claras zonamento fino

Figura 55: (A, B, C, D, E e F) Diagramas binários com proporções catiônicas vs. teor de Hf para os cristais de zircão de Inhandjara. (G, H e I) Diagramas de elementos terras raras normalizados pelo condrito para zircões de Inhandjara, com imagens CL de alguns cristais selecionados. (G) Biotita Granito porfiritico. (H) Biotita Granito inequigranular. (I) Topázio Granito.

Figura 56: Imagens BSE para zircões do Biotita Granito. **(A)** Fácies Porfírica (IPV-14) – cristal 2. **(B)** Fácies Porfírica (IPV-14) – cristal 12. **(C)** Fácies Porfírica (IPV-14) – cristal 28. **(D)** Fácies Porfírica (IPV-14) – cristal 7. **(E)** Fácies Inequigranular (IPV-30C) – cristal 10 à esquerda e cristal 2 à direita. **(F)** Fácies Inequigranular (IPV-30C) – cristal 5.

Figura 57: Imagens BSE para zircões do Topázio Granito. **(A)** IPV-35A – cristal 01, poroso com fluorita internamente e nas bordas. **(B)** IPV-35A – cristal 02, fraturado e parcialmente substituído por fluorita e columbita. **(C)** IPV-35A – cristal 16, cristal anédrico associado com fluorita rica em Y e quartzo. **(D)** IPV-35A – cristal 15, subédrico e fraturado, associado a fluorita com manchas de Y-fluorita.

II.5 DATAÇÃO U-PB EM ZIRCÃO

Amostras representativas de cada fácies, as mesmas utilizadas para a obtenção das análises químicas, foram selecionadas para datação U-Pb por microsonda iônica de alta resolução (SHRIMP), porém apenas as das fácies do Biotita Granito puderam ser analisadas. A amostra do granito com topázio apresenta zircão fortemente alterado (ou metamítico), com hábito subédrico, diversas fraturas, coloração acastanhada na lupa e cor preta nas imagens de catodoluminescência, decorrentes da alta concentração de U, que impossibilitou a análise deste grupo (Figura 58).

No Biotita Granito as análises se concentraram em especial nas bordas dos cristais, com domínio cinza médio nas imagens de CL, visando obtenção da idade de cristalização do granito (Figura 59 e Figura 61). Os teores de Th e U da fácies porfírica são bem variados, com valores respectivamente entre 120 - 760 ppm e 55 - 620 ppm, enquanto a razão Th/U varia de 0,79 a 2,08. A idade concórdia obtida para o Biotita

Granito porfirítico é de 576 ± 6 Ma (Figura 60), considerando apenas os dados concordantes da população central. Porém, algumas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ isoladas mais antigas foram encontradas, e apresentam valores concordantes em torno de 640, 750 e 1140 Ma, indicando possíveis heranças nessa fácies.

Para a fácies inequigranular os teores de Th dos cristais analisados variam entre 120 e 570 ppm, com dois valores fora desse intervalo, de 75 e 1600 ppm; enquanto o U varia menos, entre 80 e 260 ppm, com três teores bem mais altos, de 830, 1010 e 2645 ppm. Já a razão Th/U varia bastante, desde 0,16 até 2,24. O Biotita Granito Inequigranular apresenta idades pontuais sistematicamente mais jovens que a fácies anterior, e sua idade concórdia obtida é de 565 ± 6 Ma (Figura 62). Algumas análises apresentaram idades mais jovens, porém discordantes, e foram interpretadas como resultantes da perda de Pb do zircão após a cristalização.

Considerando as diferenças de idade entre as duas amostras analisadas, observa-se que são semelhantes dentro do erro do método, e assim, foi definido que a cristalização do Biotita Granito se deu no intervalo entre 575 e 565 Ma.

Figura 58: Imagem de catodoluminescência dos cristais de zircão da amostra IPV-35A (TAG).

Tabela 18: Dados geocronológicos U-Pb obtidos em cristais de zircão de Inhandjara por SHRIMP.

Fácies	Cristal	Análise	Th	U	Idade (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	erro (2σ)	Idade (²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	erro (2σ)
Porfiritica	1	1	120,65	84,83	567,27	18	581	24
Porfiritica	2	1	136,68	104,26	747,96	25	742	32
Porfiritica	3	1	235,85	113,17	596,41	21	665	32
Porfiritica	4	1	293,39	173,76	562,29	17	571	24
Porfiritica	5	1	158,62	140,35	590,59	18	617	22
Porfiritica	6	1	135,62	97,08	537,61	17	543	22
Porfiritica	7	1	324,81	371,24	643,02	19	657	22
Porfiritica	8	1	253,62	176,04	580,09	17	591	22
Porfiritica	9	1	548,79	532,44	1143,79	65	1058	82
Porfiritica	10	1	81,87	53,16	575,95	20	580	26
Porfiritica	11	1	230,58	162,92	556,69	16	566	22
Porfiritica	12	1	167,59	125,24	573,47	17	583	22
Porfiritica	13	1	128,69	137,91	589,70	18	612	22
Porfiritica	14	1	415,43	526,57	588,86	17	589	20
Porfiritica	14	2	149,73	112,96	583,60	24	601	34
Porfiritica	15	1	759,10	616,93	577,31	18	593	24
Inequig	1	1	119,91	81,22	355,79	18	498	630
Inequig	2	1	131,01	88,50	551,68	18	617	166
Inequig	2	2	224,91	239,87	567,75	17	623	70
Inequig	3	1	164,71	166,68	559,11	17	570	94
Inequig	3	2	286,89	232,12	501,25	15	629	228
Inequig	4	1	536,04	238,74	455,04	14	1027	340
Inequig	5	1	573,68	256,58	552,25	16	643	154
Inequig	6	1	74,97	95,34	581,26	18	556	150
Inequig	7	1	1601,39	1008,82	579,39	16	589	52
Inequig	8	1	321,58	376,62	556,06	16	558	174
Inequig	9	1	422,72	2644,22	621,08	17	562	20
Inequig	9	2	366,32	830,48	567,89	16	553	72

Figura 59: Imagem de catodoluminêscência dos cristais de zircão datados da amostra IPV-14 (BG porfirítico) com posição dos spots e idade pontuais $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ por SHRIMP.

Figura 60: Diagrama concordia obtido para dados concordantes do BG porfirítico.

Figura 61: Imagem de catodoluminêscência dos cristais de zircão datados da amostra IPV-30C (BG inequigranular) com posição dos spots e idade pontuais $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ por SHRIMP.

Figura 62: Diagrama concordia obtido para dados concordantes do BG inequigranular.

III.1 DISCUSSÃO

Estudos prévios no Batólito Itu incluem a região de Inhandjara majoritariamente como parte do Pluton Itupeva (Pascholati, 1990; Ribeiro et al., 1994), com sua porção sul (aproximadamente metade do BG) correspondendo ao Pluton Cabreúva (Galembeck, 1997; Janasi et al., 2009). Neste trabalho, os litotipos magmáticos estudados foram interpretados como componentes do Leucogranito Inhandjara, um *stock* satélite distinto dos demais plutons do Batólito Itu e mais evoluído.

O *stock* é subdividido em duas unidades principais: Biotita Granito (BG) e Topázio Granito (TAG). As amostras do BG apresentam grande variação textural, mas, devido às diversas semelhanças mineralógicas, suas fortes afinidades químicas e razões isotópicas Sm-Nd muito próximas, as fácies porfírica e inequigranular foram interpretadas como cristalizadas diretamente do mesmo magma nos estágios iniciais.

Em comparação, o TAG é um pouco distinto das demais amostras nas análises petrográficas e químicas, e foi interpretado como representante do magma residual, uma fase mais tardia e evoluída do sistema Inhandjara. Assim, o TAG é comparável aos topázio granitos da série de baixo-P definida por Taylor (1992).

III.1.1 Geoquímica de Rocha Total

O caráter bastante evoluído do Leucogranito Inhandjara pode ser observado em diagramas geoquímicos (Figura 40, Figura 41 e Figura 42), nos quais as amostras estudadas apresentam elevados conteúdos de SiO₂, álcalis (especialmente Na₂O) e Al₂O₃, juntamente com os menores conteúdos de TiO₂, MgO, CaO, P₂O₅. Isto é consistente com as observações de campo e mineralógicas. Considerando os elementos traço, o Biotita Granito já demonstra um caráter geoquímico diferenciado, porém os elevados teores de F, Y, Rb, Cs, Nb, Ta e Ga do TAG indicam uma concentração ainda maior dos elementos incompatíveis na fácies evoluída, inclusive com alguns valores muito acima dos encontrados para o restante do Batólito Itu.

Os baixos teores de CaO, FeO, MgO, TiO₂, P₂O₅, Ba, Sr, Zr e Eu do magma podem refletir retenção de palgioclásio, minerais máficos, zircão e fosfatos na fonte ou concentração em cumulos graníticos, em profundidade. Tais processos levariam à formação de um magma residual com composição mais sódica, possibilitando a cristalização de albita magmática. Outra possível interpretação, é de que esse caráter

químico indique uma fonte já diferenciada para o magma que deu origem ao Leucogranito Inhandjara.

O alto teor de Y é consistente com os padrões de ETR normalizados pelo condrito, onde o TAG apresenta padrões sub-horizontais com leve enriquecimento nos ETRP ($0,6 < La_N/Yb_N < 1,1$), enquanto o Biotita Granito já apresenta valores um pouco mais enriquecidos em ETRL ($3 < La_N/Yb_N < 4$), porém ainda muito abaixo das razões para os plutons Itupeva e Cabreúva, com padrões muito mais fracionados, conforme dados de Janasi et al. (2009), respectivamente $15 < La_N/Yb_N < 35$ e $La_N/Yb_N \sim 17$. A forte anomalia de Eu também é um forte indicativo do comportamento diferenciado das amostras; assim como o efeito *tetrad* (Masuda et al., 1987- comportamento diferente dentre os ETR) apresentado pelos ETR padronizados pelo condrito, onde os granitos mostram valor de $TE_{1,3}$ (Irber, 1999) maior que 1,0, chegando a $\sim 1,1$ no Topázio Granito.

Algumas razões geoquímicas, tais como Rb/Sr, Rb/Ba e K/Rb, ajudam a identificar o caráter altamente diferenciado de rochas graníticas, conforme Wu et al. (2017).

O Leucogranito Inhandjara mostrou razões Rb/Sr e Rb/Ba bastante elevadas especialmente no granito com topázio (respectivamente, 180 e 408), em especial, devido aos altos teores de Rb. Assim, quando utilizamos o diagrama ternário Rb-Ba-Sr de El Bouselly e El Sokkary (1975), observamos que as amostras do Biotita Granito estão no campo dos granitos diferenciados, com o Topázio Granito plotando no extremo mais evoluído (Figura 41G), enquanto as amostras do Batólito Itu plotam no campo dos granitos normais.

As razões Zr/Hf e Nb/Ta também são ótimos indicadores para o processo de diferenciação (Figura 63B), pois relacionam pares de afinidade geoquímica muito parecida e tendem a se manter constantes quando em sistema fechado. Para alterar estas razões é necessário um forte evento de fracionamento (Wu et al., 2017) ou então a influência de processos tardi-magmáticos-hidrotermais (Raimbault et al., 1995; Wang et al., 2000). Estas razões mostram grande variação entre o Biotita Granito ($22 < Zr/Hf < 27$ e $9 < Nb/Ta < 10$) e o Topázio Granito ($Zr/Hf \sim 10$ e $Nb/Ta \sim 7$). Assim, de acordo com os trabalhos anteriormente citados, foi necessário um intenso fracionamento magmático associado a posterior interação com uma fase fluida para a formação do Topázio Granito (Figura 63A), sendo este de mesma fonte que o Biotita Granito. De acordo com Ballouard et al. (2016), a razão $Nb/Ta = 5$ é um bom marcador para discriminar granitos especializados (Figura 63B). As amostras do Leucogranito

Inhandjara são deslocadas dos campos definidos pelos autores devido à alta razão Nb/Ta, pois apresentam razão Zr/Hf com valores semelhantes aos granitos mineralizados em metais raros. A razão Nb/Ta mais elevada pode indicar que houve concentração de Nb nos estágios finais de cristalização do magma, em relação aos menores conteúdos de Ta, exemplificada pela presença de columbita com finas lamelas de tantalita no Topázio Granito.

Figura 63: (A) Diagrama Hf vs. Zr para as amostras rocha total de Inhandjara e campos dos plutons adjacentes. Valores de referência para razão Zr/Hf são fornecidos como balizadores. **(B)** Diagrama Nb/Ta vs. Zr/Hf com linhas de referência conforme Wu et al. (2017) e campos para granitos mineralizados de Ballouard et al. (2016).

III.1.1 Química Mineral

O plagioclásio das amostras do Biotita Granito é em geral sódico (teor máximo da molécula de An de 21,5), porém a presença de albita ($An < 5$) nesta unidade é provável resultado da substituição pós-magmática (Haapala, 1997; Pirajno, 2013). Esta alteração dissolveu o plagioclásio ígneo e o reprecipitou, em seguida albita hidrotermal pura, remobilizada das lamelas de exsolução dos feldspatos peritéticos, sobrecresce os núcleos alterados, formando as bordas límpidas e cristais intergranulares. No Topázio Granito, o teor de anortita sistematicamente baixo (An máximo de 3,8) e os cristais homogêneos sem indicativos texturais de reprecipitação *subsolidus* caracterizam a albita como feldspato alcalino ígneo. Isto sugere a cristalização da albita em granito *subsolidus*, diretamente do magma enriquecido em Na_2O .

A composição química da biotita, assim como os outros minerais do grupo da mica, pode ser um bom indicador do processo de fracionamento magmático (Berni et al., 2017). No Biotita Granito esse mineral não preserva a variação, pois grande parte dos

cristais já foram completamente substituídos para clorita hidrotermal. No Topázio Granito, onde a biotita está bem preservada, os baixos teores de Mg e os valores consideráveis de F e Li indicam um caráter diferenciado.

O zircão é um ótimo indicador da evolução magmática em granitos (Pupin, 1980; Breiter and Škoda, 2017), sendo a fase que melhor registra o processo de diferenciação, com diversas referências para sua aplicação em granitos tipo-A ou especializados em metais raros (Wang et al., 2000; Kempe et al., 2004; Breiter et al., 2014, 2016; Lamarão et al., 2018).

O Leucogranito Inhandjara possui cristais de zircão com composição química que segue as mesmas tendências observadas para outros granitos especializados em metais raros (Lamarão et al., 2018); onde as rochas mais diferenciadas apresentam cristais com menor teor de Zr e enriquecidos em Hf, Y, ETR, Th, U, Nb e Ta (Figura 64A e B). As texturas observadas nos cristais de zircão do Leucogranito Inhandjara também são típicas de rochas diferenciadas (Lamarão et al., 2018), onde cristais precoces são euédricos e com zoneamento oscilatório fino bem marcado (núcleos de zircão do Biotita Granito), enquanto cristais tardios (bordas do zircão do Biotita Granito e grãos inteiros do Topázio Granito; ainda magmáticos?) são mais anédricos, sem zoneamento bem definido, e associados a outras fases acessórias (*e.g.* fluorita e columbita).

Os baixos conteúdos de Zr e alto de Hf no magma gerador do Leucogranito Inhandjara, em especial do Topázio Granito, é responsável pela composição química fora do padrão do zircão (Figura 64C). A falta de Zr no magma faz com que outros elementos em excesso (*e.g.* Hf, Y, Nb, Th, U) ocupem o sítio deste elemento na estrutura do zircão (Wang et al., 2000). Desse modo, fácies altamente evoluídas em sistemas graníticos tendem a apresentar zircão com composição química que se desvia da composição ideal (Wang et al., 2000; Breiter et al., 2014; Lamarão et al., 2018).

Composição química de zircão fora do padrão, como as observadas nas amostras de Inhandjara, pode estar diretamente relacionada com diferenciação magmática e especialização metálica de magmas graníticos, mas também podem ser uma resposta à alteração hidrotermal em estágios tardi-magmáticos (Rubin et al., 1989; Kempe et al., 2004).

Breiter e Škoda (2017) definiram que a razão Zr/Hf do zircão não é alterada durante os processos hidrotermais ou com a metamictização, e que esta razão reflete diretamente o grau de fracionamento do magma, tendendo a diminuir durante sua evolução (Raimbault et al., 1995; Wang et al., 2000). A razão Zr/Hf obtida para os cristais de zircão das amostras de Inhandjara colocam suas fácies dentro dos campos definidos por Breiter et al. (2014), de $25 < \text{Zr/Hf} < 55$ para granitos moderadamente evoluídos, onde plota o Biotita Granito; e $\text{Zr/Hf} < 25$ para granitos altamente evoluídos onde o Topázio Granito se encaixa, indicando cristalização a partir de um magma evoluído, que se diferenciou ainda mais posteriormente (Figura 64D).

Figura 64: Diagramas para dados de química *in situ* para zircões de Inhandjara **(A)** Diagrama Yb vs. Th/U para os zircões de Inhandjara com os campos dos granitos moderadamente e altamente evoluídos definidos por Breiter et al. (2014) demarcados. **(B)** Diagrama Yb vs. Zr/Hf com os campos dos granitos moderadamente e altamente evoluídos de Breiter et al. (2014) demarcados. **(C)** Diagrama Zr/Hf vs. Hf (porcentagem em peso) com os domínios de zircões delimitados conforme Raimbault et al., (1995) e Wang et al. (2000) **(D)** Diagrama Zr/Hf vs. Hf+Y+Th+U com os campos de granitos estéreis e estaníferos definidos por Lamarão et al. (2018).

A composição normativa do Biotita Granito, representada no diagrama Q-Ab-Or para o sistema haplogranítico (Figura 65), indica uma composição próxima ao mínimo granítico normal. No Topázio Granito a composição normativa é deslocada em direção ao vértice da Ab e representa o mínimo granítico para um magma com cerca de 1% de F (conforme parâmetros de Manning, 1981). Durante a cristalização do granito, tal conteúdo de F foi exsolvido juntamente com outros voláteis e formou uma fase fluida livre, apesar de parte do F ser incorporado na estrutura de fases magmáticas evoluídas (*e.g.*, biotita, topázio, fluorita e Y-fluorita). Isto corrobora com a hipótese de fracionamento magmático, realçado pelo fracionamento tardio da fácies evoluída em presença de uma fase fluida rica em F.

Figura 65: Diagrama ternário com composições normativas de Q-Ab-Or para amostras de Inhandjara mostrando posição do mínimo haplogranítico para diferentes concentrações de F (conforme Manning, 1981).

III.1.1 Geoquímica isotópica Sm-Nd e de ETR

Os valores de $\epsilon Nd_{(570 \text{ M.a.})}$ bastante negativos para as amostras de Inhandjara (-11.7 para BG e -12.6 para TAG) indicam uma fonte predominantemente crustal para os magmas, e que apesar de ter valores similares com os observados para o restante do Batólito Itu (entre -10 e -13), o ϵNd do Leucogranito é dos mais baixos encontrados.

Este resultado, somado a outros dados, indica prováveis processos de interação dos magmas geradores dos plutons do batólito em câmaras profundas (Alves et al. 2018, em preparação).

Considerando apenas as amostras de Inhandjara, temos que o Biotita Granito, com valores idênticos de ϵNd para as duas fácies, pode representar a cristalização de um mesmo magma sob diferentes condições físicas. Já a amostra do Topázio Granito, com os valores de ϵNd mais negativos, apresenta um desacoplamento entre os teores de Sm e Nd, sendo enriquecido no primeiro e empobrecido no segundo, quando

comparado ao Biotita Granito. O esperado para sistemas magmáticos é que os ETR apresentem comportamento similar (*e.g.*, (Rollinson, 1994). Assim, o desacoplamento de Sm e Nd pode indicar mistura com reservatórios enriquecidos apenas em Sm ou fracionamento diferencial nos ETR durante sua evolução magmática. O Topázio Granito é crustal e raso e nenhuma fonte mais enriquecida em Sm é encontrada na região. Assim, é possível que este comportamento químico seja resultado da interação com fluidos hidrotermais ricos em F exsolvidos do magma (Peretyazhko and Savina, 2010). Esse tipo de interação com fluidos hidrotermais pode levar ao efeito *tetrad* nos padrões de ETR (Lottermoser, 1992), observado de forma leve nas amostras de Inhandjara ($TE_{1,3} \sim 1,1$ no Topázio Granito). Esse efeito pode estar associado a mineralizações de metais raros (*e.g.*, Nardi et al., 2012). Isto indica um magma inicialmente rico em F para a geração do granito Inhandjara, que reflete na cristalização de fases magmáticas portadoras deste elemento (*e.g.* fluorita, topázio e micas).

III.1.2 Associação com Mineralizações de Metais Raros

De acordo com os dados obtidos neste trabalho, o Leucogranito Inhandjara representa o termo mais evoluído do Batólito Itu, e é semelhante petrologicamente a granitos especializados em metais raros descritos na literatura (Sawka et al., 1990; Haapala, 1997; Audétat et al., 2000; Lenharo et al., 2003; Haapala and Lukkari, 2005; Bettencourt et al., 2005; Lamarão et al., 2012).

Leite e Zanardo (1994) já haviam indicado o caráter evoluído do leucogranito que estudaram e, assim como Saldanha (1946), relacionam a mineralização de Inhandjara diretamente com a evolução do granito.

A associação entre granitos altamente diferenciados e mineralizações de metais raros é comumente descrita na literatura (Lehmann, 1990). Onde esses granitos evoluídos hospedam grande parte das ocorrências de Sn e W (Lenharo et al., 2002; Haapala, 1995; Botelho and Moura, 1998; Moura et al., 2014; Lamarão et al., 2012).

Processos hidrotermais, como albitização e greisenização, também estão intimamente associados a estes depósitos de minerais raros (Haapala, 1997).

O Leucogranito Inhandjara apresenta albitização, greisenização e íntima relação com mineralizações de metais raros. Columbíta(-tantalita) e Y-fluorita ocorrem como fases magmáticas; enquanto minerais de ETR (bastnasita), substituem cristais de mica e fluorita, e principalmente os sulfetos (pirita, esfalerita, galena, calcopirita e molibdenita) representam fases hidrotermais. Estes últimos ocorrem disseminados nos

greisens ou como aglomerados lenticulares nos veios mais grossos de muscovita com Li e clorita presentes no Topázio Granito. Molibdenita e galena também ocorrem em bolsões pegmatíticos associados ao leucogranito.

Wolframita e cassiterita, minerais de minério presentes em veios de topázio e quartzo nos gnaisses encaixantes, não foram observadas no Leucogranito Inhandjara, mesmo quando greisenizado. Estas fases ocorrem apenas quando o topázio é presente nos veios hidrotermais, alcançando os maiores teores nos veios de topázio.

A ausência de mineralizações de Sn e W internamente ao Leucogranito Inhandjara e seus *endogreisens* (*greisen I*) pode ser explicada de duas formas: pela ausência destes metais na fonte do magma; ou estavam presentes no magma, mas foram remobilizados pela fase fluida exsolvida e disseminadas pelo sistema.

Lehmann (1982) demonstrou que não há necessidade de uma fonte enriquecida em Sn para formar depósitos, sendo a diferenciação magmática e as condições físico-químicas na crosta rasa (especialmente fugacidade de oxigênio) os principais fatores que controlam a mineralização.

No entanto, Romer and Kroner (2016) e Wolf et al. (2018) indicam que a existência de uma fonte enriquecida em Sn é fator importante para a formação de depósitos de metais raros, fato corroborado pelo maior número de depósitos jovens (Fanerozóicos) em relação a terrenos pré-cambrianos. Porém, este resultado pode ser consequência do intenso retrabalhamento de terrenos antigos.

Breiter et al. (2017) reconhece que existe certa dependência de fontes enriquecidas em metais para formar depósitos, mas define que processos locais de concentração magmática e concentração em estruturas preferenciais são de grande importância para mineralizações de Sn-W. Sendo estas especialmente dependentes da fase fluida, que tende a concentrar esses metais. Já a ocorrência de Nb e Ta está diretamente ligada com processos magmáticos, sendo o caráter mineralizante herdado deste estágio e concentrado pela diferenciação.

Como existem depósitos de metais raros na região de Inhandjara, a falta de mineralizações de W-Sn nos leucogranitos deve estar relacionada com a remobilização destes metais por processos hidrotermais tardios e não à falta dos metais no sistema magmático. Onde o caráter altamente redutor no sistema granítico (presença de diversos sulfetos no *greisen I*) manteve alta a solubilidade de W e Sn (Linnen et al., 1995) e impossibilitou a precipitação de wolframita e cassiterita.

Estudando a mineralização na Mina de Inhandjara, Saldanha (1946) constatou que o enriquecimento em topázio se correlaciona com o aumento da proporção de wolframita e cassiterita, sendo oposta à ocorrência de quartzo, e atinge ausência completa dos metais nas porções silicificadas. Os dados obtidos neste trabalho corroboram esta interpretação, onde muitos dos veios encontrados são silicosos e estéreis, enquanto os veios mineralizados apresentam topázio. Isto indica que a presença de F na fase fluida é de extrema importância para gerar depósitos de Sn-W, pois estes devem se ligar formando complexos fluoretados que transportam os metais.

Assim, os metais possivelmente foram carregados para fora do sistema magmático remobilizados pela fase fluida rica em F exsolvida do magma e a precipitação dos metais só foi possível nas rochas encaixantes, possivelmente por armadilhas físico-químicas, como diminuição da temperatura, oxidação pela reação com a mineralogia do gnaiss e mistura com fluidos externos não magmáticos (Hulsbosch et al., 2016). Este último processo foi definido por Audétat et al. (2008) como o principal mecanismo para a precipitação das fases de Sn-W. Esses autores demonstraram que mineralizações de Sn e W estão relacionadas com granitos evoluídos e especializados, porém a deposição dos metais necessita de interação com fluidos externos (possivelmente meteóricos) para ocorrer. Isto poderia explicar a presença dos minérios apenas nas rochas encaixantes, em porções distais dos granitos, onde os fluidos já perderam parte do calor inicial e possuem maior chance de mistura com fluidos não-magmáticos.

III.1.3 Evolução Magmato-Hidrotermal do Sistema

O modelo proposto para a formação do Leucogranito Inhandjara é o seguinte (Figura 66): em primeiro estágio, mais profundo, ocorreu a extração do magma de Inhandjara das câmaras relacionadas ao Batólito Itu. Este magma inicial começou a se cristalizar como o Biotita Granito (porfirítico nas bordas e inequigranular para o centro); Após considerável cristalização do Biotita Granito, o magma residual (enriquecido em elementos incompatíveis, voláteis e metais) migrou para uma região mais rasa da crosta, se cristalizou como o Topázio Granito e exsolveu os voláteis dissolvidos no magma durante este processo. A fase fluida liberada causou a brechagem e o fraturamento do Topázio Granito e se dissipou pelo sistema, remobilizando grande parte do conteúdo metalífero concentrado pelo magma. Durante sua circulação estes fluidos alteraram os granitos já cristalizados (auto-metassomatismo), com intenso metassomatismo alcalino (principalmente albitização) e greisenização do Leucogranito Inhandjara. Ao migrarem para as rochas encaixantes, os fluidos magmáticos reagiram com os gnaisses (causando sua greisenização) e precipitaram os metais nos veios de quartzo-topázio.

Figura 66: Modelo esquemático para o *Stock* Inhandjara, com os litotipos e alterações hidrotermais definidos. Conforme Lehmann (1990) e Pirajno (2013).

III.2 CONCLUSÕES

O Leucogranito Inhandjara foi definido neste trabalho como um *stock* satélite ao Batólito Itu, com afinidades geoquímicas e geocronológicas ao Batólito e à Província Itu, mas sem vinculação direta com os plutons Itupeva e Cabreúva adjacentes, nos quais a área de estudo era incluída previamente (Pascholati, 1990; Galembeck, 1997; Janasi et al., 2009).

De acordo com os dados obtidos, o Leucogranito Inhandjara representa um magma residual altamente diferenciado e evoluído, extraído de uma câmara mais profunda do sistema que possivelmente gerou o Batólito Itu, e se colocou em sua borda.

O stock Inhandjara é Neoproterozóico, com idade de cristalização *ca.* 570 Ma, similar dentro do erro às idades obtidas para os Plutons adjacentes (*ca.* 580 Ma).

O Leucogranito Inhandjara é caracterizado por dois litotipos principais, o Biotita Granito (porfirítico e inequigranular) e o Topázio Granito, geoquimicamente caracterizados como granitos tipo-A reduzidos e predominantemente metaluminosos, representando o subtipo “baixo-P” de granitos com topázio (Taylor, 1992).

As características petrológicas do Leucogranito Inhandjara, como a diminuição do teor de elementos compatíveis e aumento de alguns incompatíveis, baixa proporção de fases máficas e a cristalização de minerais típicos de granitos evoluídos (*e.g.* zircão com elevado conteúdo de Hf, albita, micas litiníferas, topázio, fluorita e columbita), indicam que a diferenciação magmática foi um processo de extrema importância na formação do Stock de Inhandjara.

Estas características mostram que o Leucogranito Inhandjara se assemelha aos granitos especializados em metais raros (Sn-W-Nb-Ta-ETR) e portanto deve representar a fonte principal desses metais para as mineralizações presentes na região.

Assim, neste trabalho nós reforçamos a ideia de Saldanha (1946), de que a mineralização de Sn e W em Inhandjara está intimamente ligada a evolução do granito local, que foi fonte dos metais e fluidos hidrotermais, servindo de motor termal para a formação do sistema mineralizante de wolframita e cassiterita, explotadas na área da antiga Mina de Inhandjara.

CAPÍTULO IV - REFERÊNCIAS CITADAS

- Abreu, S.F., 1945, Fundamentos geográficos da mineração brasileira: Revista Brasileira de Geografia, v. 7, p. 3–137.
- Van Achterbergh, E., Ryan, C.G., and Griffin, W.L., 2001, GLITTER on-line interactive data reduction for the LA-ICPMS microprobe:
- Alves, A., Janasi, V. de A., Pereira, G. de S., and Araujo, F.P. Unraveling the hidden evidences of magma mixing processes via combination of in situ Sr isotopes and trace elements analyses on plagioclase crystals: Unpublished data,.
- Alves, A., Pereira, G. de S., Janasi, V. de A., Higgins, M., Polo, L.A., Juriaans, O.S., and Ribeiro, B.V., 2015, The origin of felsic microgranitoid enclaves: Insights from plagioclase crystal size distributions and thermodynamic models: Lithos, v. 239, p. 33–44, doi: 10.1016/j.lithos.2015.09.027.
- Amaral, G., and Pascholati, E.M., 1990, Aspectos Metalogenéticos da Suíte Intrusiva de Itu, in Sociedade Brasileira De Geologia ed., Anais do 36 Congresso Brasileiro de Geologia, Natal - RN, p. 1275–1280, <http://books.google.com/books?id=nIOOAAAAIAAJ&pgis=1>.
- Audétat, A., Günther, D., and Heinrich, C.A., 2000, Magmatic-hydrothermal evolution in a fractionating granite: A microchemical study of the Sn-W-F-mineralized mole granite (Australia): Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 64, p. 3373–3393, doi: 10.1016/S0016-7037(00)00428-2.
- Audétat, A., Pettke, T., Heinrich, C.A., and Bodnar, R.J., 2008, The Composition of Magmatic-Hydrothermal Fluids in Barren and Mineralized Intrusions: Economic Geology, v. 103, p. 877–908, doi: 10.2113/gsecongeo.103.5.877.
- Ballouard, C., Poujol, M., Boulvais, P., Branquet, Y., Tartèse, R., and Vigneresse, J.L., 2016, Nb-Ta fractionation in peraluminous granites: A marker of the magmatic-hydrothermal transition: Geology, v. 44, p. 231–234, doi: 10.1130/G37475.1.
- Berni, G. V., Wagner, T., Fusswinkel, T., and Wenzel, T., 2017, Magmatic-hydrothermal evolution of the Kymi topaz granite stock, SE Finland: Mineral chemistry evidence for episodic fluid exsolution: Lithos, v. 292–293, p. 401–423, doi: 10.1016/j.lithos.2017.09.015.
- Bettencourt, J.S., Leite, W.B., Goraieb, C.L., Sparrenberger, I., Bello, R.M.S., and Payolla, B.L., 2005, Sn-polymetallic greisen-type deposits associated with late-stage rapakivi granites, Brazil: Fluid inclusion and stable isotope characteristics: Lithos, v. 80, p. 363–386, doi: 10.1016/j.lithos.2004.03.060.
- Botelho, N.F., and Moura, M.A., 1998, Granite-ore deposit relationships in Central Brazil: Journal of South American Earth Sciences, v. 11, p. 427–438, doi: 10.1016/S0895-9811(98)00026-1.
- El Bouselly, A.M., and El Sokkary, A.A., 1975, The Relation Between Rb, Ba and Sr in Granitic Rocks: Chemical Geology, v. 16, p. 207–219, doi: 10.1016/0009-2541(75)90029-7.
- Bowden, P., 1981, Uranium in the Niger-Nigeria Younger Granite Province: Mineralogical Magazine, v. 44, p. 379–389, doi: 10.1180/minmag.1981.044.336.03.
- Breiter, K., Ďurišová, J., Hrstka, T., Korbelová, Z., Hložková Vaňková, M., Vašinová Galiová, M., Kanický, V., Rambousek, P., Knésl, I., Dobeš, P., and Dosbaba, M., 2017, Assessment of magmatic vs. metasomatic processes in rare-metal granites: A case study of the Čínovec/Zinnwald Sn–W–Li deposit, Central Europe: Lithos, v. 292–293, p. 198–217, doi: 10.1016/j.lithos.2017.08.015.
- Breiter, K., Lamarão, C.N., Borges, R.M.K., and Dall'Agnol, R., 2014, Chemical characteristics of zircon from A-type granites and comparison to zircon of S-type granites: Lithos, v. 192–195, p. 208–225, doi: 10.1016/j.lithos.2014.02.004.
- Breiter, K., Müller, A., Shail, R., and Simons, B., 2016, Composition of zircons from the Cornubian Batholith of SW England and comparison with zircons from other European Variscan rare-metal granites: Mineralogical Magazine, v. 80, p. 1273–1289, doi: 10.1180/minmag.2016.080.071.
- Breiter, K., and Škoda, R., 2017, Zircon and whole-rock Zr/Hf ratios as markers of the evolution of granitic magmas: Examples from the Teplice caldera (Czech Republic/Germany): Mineralogy and Petrology, v. 111, p. 435–457, doi: 10.1007/s00710-017-0509-z.
- Campos Neto, M.D.C., Basei, M.A.S., Vlach, S.R.F., Caby, R., Szabó, G.A.J., and Vasconcelos, P.M., 2004, Migração de Orógenos e Superposição de Orogêneses: Um Esboço da Colagem Brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE - Brasil: Geologia USP - Serie Científica, v. 4, p. 13–40, doi: 10.5327/S1519-874X2004000100002.
- Campos Neto, M.D.C., and Caby, R., 2000, Terrane accretion and upward extrusion of high-pressure granulites in the neoproterozoic nappes of Southeast Brazil: Petrologic and structural constraints: Tectonics, v. 19, p. 669–687, doi: 10.1029/1999TC900065.
- Candela, P.A., 1997, A review of shallow, ore-related granites: Textures, volatiles, and ore metals:

- Journal of Petrology, v. 38, p. 1619–1633, doi: 10.1093/petroj/38.12.1619.
- Cathelineau, M., 1986, The hydrothermal alkali metasomatism effects on granitic rocks: Quartz dissolution and related subsolidus changes: *Journal of Petrology*, v. 27, p. 945–965, doi: 10.1093/petrology/27.4.945.
- Costi, H.T., Dall'Agnol, R., Borges, R.M.K., Minuzzi, O.R.R., and Teixeira, J.T., 2002, Tin-Bearing Sodic Episyenites Associated with the Proterozoic, A-Type Água Boa Granite, Pitinga Mine, Amazonian Craton, Brazil: *Gondwana Research*, v. 5, p. 435–451, doi: 10.1016/S1342-937X(05)70734-6.
- Dall'Agnol, R., and de Oliveira, D.C., 2007, Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brazil: Implications for classification and petrogenesis of A-type granites: *Lithos*, v. 93, p. 215–233, doi: 10.1016/j.lithos.2006.03.065.
- Deer, W.A., Howie, R.A., and Zussman, J., 1992, *An Introduction to the Rock-forming Minerals*: Hong Kong, Longman Scientific & Technical, 558 p.
- Derre, C., Lecolle, M., Roger, G., and Tavares de Freitas Carvalho, J., 1986, Tectonics, magmatism, hydrothermalism and sets of flat joints locally filled by SnW aplite-pegmatite and quartz veins; southeastern border of the Serra de Estrela granitic massif (Beira Baixa, Portugal): *Ore Geology Reviews*, v. 1, p. 43–56, doi: 10.1016/0169-1368(86)90004-1.
- Eby, G.N., 1992, Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications: *Geology*, v. 20, p. 641, doi: 10.1130/0091-7613(1992)020<0641:CSOTAT>2.3.CO;2.
- Exley, C.S., 1958, Magmatic Differentiation and Alteration in the St. Austell Granite: *Quarterly Journal of the Geological Society*, v. 114, p. 197–230, doi: 10.1144/gsjgs.114.1.0197.
- Ferreira, F.J.F., 1991, *Aerogamaespectrometria e Aeromagnetometria de um Trato Ocidental do Pré-Cambriano Paulista*: Universidade de São Paulo, 150 p.
- Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J., and Frost, C.D., 2001, A Geochemical Classification for Granitic Rocks: *Journal of Petrology*, v. 42, p. 2033–2048, doi: 10.1093/petrology/42.11.2033.
- Galembeck, T.M.B., 1997, *O Complexo Múltiplo, Centrado e Plurisserial Itu - SP*: Universidade Estadual Paulista, 374 p.
- Gill, R., 2010, *Igneous Rocks and Processes. A practical guide*., doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Gu, L.X., Zhang, Z.Z., Wu, C.Z., Gou, X.Q., Liao, J.J., and Yang, H., 2011, A topaz- and amazonite-bearing leucogranite pluton in eastern Xinjiang, NW China and its zoning: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 42, p. 885–902, doi: 10.1016/j.jseaes.2010.12.010.
- Haapala, I., 1997, Magmatic and postmagmatic processes in tin-mineralized granites: Topaz-bearing leucogranite in the Eurajoki rapakivi granite stock, Finland: *Journal of Petrology*, v. 38, p. 1645–1659, doi: 10.1093/petroj/38.12.1645.
- Haapala, I., 1995, Metallogeny of the Rapakivi granites: *Mineralogy and Petrology*, v. 54, p. 149–160, doi: 10.1007/BF01162858.
- Haapala, I., Frindt, S., and Kandara, J., 2007, Cretaceous Gross Spitzkoppe and Klein Spitzkoppe stocks in Namibia: Topaz-bearing A-type granites related to continental rifting and mantle plume: *Lithos*, v. 97, p. 174–192, doi: 10.1016/j.lithos.2006.12.002.
- Haapala, I., and Lukkari, S., 2005, Petrological and geochemical evolution of the Kymi stock, a topaz granite cupola within the Wiborg rapakivi batholith, Finland: *Lithos*, v. 80, p. 347–362, doi: 10.1016/j.lithos.2004.05.012.
- Hannah, J.L., and Stein, H.J., 1990, Magmatic and hydrothermal processes in ore-bearing systems: *Special Paper of the Geological Society of America*, v. 246, p. 1–10, doi: 10.1130/SPE246-p1.
- Heilbron, M., Valeriano, C.M., Tassinari, C.C.G., Almeida, J., Tupinambá, M., Siga, O., and Trouw, R.A.J., 2008, Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions: *Geological Society, London, Special Publications*, v. 294, p. 211–237, doi: 10.1144/SP294.12.
- Hey, M.H., 1954, A New Review of the Chlorites: *Mineralogical Magazine*, v. 30, p. 277–292, doi: 10.1180/minmag.1954.030.224.01.
- Hulsbosch, N., Boiron, M.C., Dewaele, S., and Muchez, P., 2016, Fluid fractionation of tungsten during granite-pegmatite differentiation and the metal source of peribatholithic W quartz veins: Evidence from the Karagwe-Ankole Belt (Rwanda): *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 175, p. 299–318, doi: 10.1016/j.gca.2015.11.020.
- Irber, W., 1999, The lanthanide tetrad effect and its correlation with K / Rb , Eu / Eu *, Sr / Eu , Y / Ho , and Zr / Hf of evolving peraluminous granite suites: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 63, p. 489–508.
- Ishihara, S., and Murakami, H., 2006, Fractionated ilmenite-series granites in southwest Japan: Source magma for REE-Sn-W mineralizations: *Resource Geology*, v. 56, p. 245–256, doi: 10.1111/j.1751-3928.2006.tb00282.x.

- Janasi, V.D.A., Vlach, S.R.F., Campos Neto, M.D.C., and Ulbrich, H.H.G.J., 2009, Associated A-type subalkaline and high-K calc-alkaline granites in the Itu Granite Province, southeastern Brazil: Petrological and tectonic significance: *Canadian Mineralogist*, v. 47, p. 1505–1526, doi: 10.3749/canmin.47.6.1505.
- Kempe, U., Gruner, T., Renno, A.D., Wolf, and René, M., 2004, Discussion on Wang et al. (2000) "Chemistry of Hf-rich zircons from the Laoshan I- and A-type granites, Eastern China", *Mineralogical Magazine*, 64, 867 - 877: *Mineralogical Magazine*, v. 68, p. 669–675, doi: 10.1180/0026461046840211.
- Lamarão, C.N., Cordovil Pinho, S.C., de Paiva, A.L., and Galarza, M.A., 2012, Mineralogy and geochemistry of the Paleoproterozoic, tin-mineralized Bom Jardim granite of the Velho Guilherme Suite, Eastern Amazonian craton: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 38, p. 159–173, doi: 10.1016/j.jsames.2012.05.004.
- Lamarão, C.N., Marques, G.T., de Oliveira, D.C., Costi, H.T., Borges, R.M.K., and Dall'Agnol, R., 2018, Morphology and composition of zircons in rare metal granites from Brazilian tin provinces: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 84, p. 1–15, doi: 10.1016/j.jsames.2018.03.003.
- Lehmann, B., 1990, *Lecture Notes in Earth Sciences. Metallogeny of Tin*: Springer-Verlag, 206 p.
- Lehmann, B., 1982, Metallogeny of tin: magmatic differentiation versus geochemical heritage.: *Economic Geology*, v. 77, p. 50–59, doi: 10.2113/gsecongeo.77.1.50.
- Leite, W.B., and Zanardo, A., 1994, O Albita Granito de Inhandjara, Complexo Granitoide Itu (SP), *in* Anais do 38 Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário Camboriú, SC, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 109.
- Lenharo, S.L.R., Moura, M.A., and Botelho, N.F., 2002, Petrogenetic and mineralization processes in Paleo- to Mesoproterozoic rapakivi granites: Examples from Pitinga and Goiás, Brazil: *Precambrian Research*, v. 119, p. 277–299, doi: 10.1016/S0301-9268(02)00126-2.
- Lenharo, S.L.R., Pollard, P.J., and Born, H., 2003, Petrology and textural evolution of granites associated with tin and rare-metals mineralization at the Pitinga mine, Amazonas, Brazil: *Lithos*, v. 66, p. 37–61, doi: 10.1016/S0024-4937(02)00201-3.
- Linnen, R.L., Pichavant, M., Holtz, F., and Burgess, S., 1995, The effect of fo₂ on the solubility, diffusion, and speciation of tin in haplogranitic melt at 850°C and 2 kbar: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 59, p. 1579–1588, doi: 10.1016/0016-7037(95)00064-7.
- Loios, V.A.P., 2009, MÉTODOS DE PREPARAÇÃO E SEPARAÇÃO DE MINERAIS NO CPGeo-IGc-USP, *in* Boletim de Resumos Expandidos Simpósio 45 Anos de Geocronologia no Brasil, v. 10, p. 107–109.
- Lottermoser, B.G., 1992, Rare earth elements and hydrothermal ore formation processes: *Ore Geology Reviews*, v. 7, p. 25–41, doi: 10.1016/0169-1368(92)90017-F.
- Lukkari, S., Thomas, R., and Haapala, I., 2009, Crystallization of the kymi topaz granite stock within the wiborg rapakivi granite batholith, Finland: Evidence from melt inclusions: *Canadian Mineralogist*, v. 47, p. 1359–1374, doi: 10.3749/canmin.47.6.1359.
- Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lameyre, J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sørensen, H., et al., 2002, *Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms*: v. 44, 447-678 p., doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Manning, D.A.C., 1986, Contrasting styles of Sn-W mineralisation in peninsular Thailand and SW England: *Mineralium Deposita*, v. 21, p. 44–52.
- Manning, D. a. C., 1981, The effect of fluorine on liquidus phase relationships in the system Q-Ab-Or with excess water at 1 kb.: *Contrib. Mineral. Petrol.*, v. 76, p. 205–215.
- Masuda, A., Kawakami, O., Dohmoto, Y., and Takenaka, T., 1987, Lanthanide tetrad effects in nature: Two mutually opposite types, W and M: *Geochemical Journal*, v. 21, p. 119–124, doi: 10.2343/geochemj.21.119.
- Mori, P.E., Correia, C.T., Reeves, S., and Haukka, M., 1999, Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, Sao Paulo University, Brazil: *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, p. 441–446.
- Moura, M.A., and Botelho, N.F., 2000, The Topaz-Albite granite and related rocks from the Sn-In mineralized zone of Mangabeira Granitic Massif (GO, Brasil): *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, p. 270–273.
- Moura, M.A., Botelho, N.F., and Carvalho de Mendonça, F., 2007, The indium-rich sulfides and rare arsenates of the Sn-In-mineralized Mangabeira a-type granite, central Brazil: *Canadian Mineralogist*, v. 45, p. 485–496, doi: 10.2113/gscanmin.45.3.485.
- Moura, M.A., Botelho, N.F., Olivo, G.R., Kyser, K., and Pontes, R.M., 2014, Genesis of the Proterozoic Mangabeira tin-indium mineralization, Central Brazil: Evidence from geology, petrology, fluid inclusion and stable isotope data: *Ore Geology Reviews*, v. 60, p. 36–49, doi:

- 10.1016/j.oregeorev.2013.12.010.
- Nardi, L.V.S., Formoso, M.L.L., Jarvis, K., Oliveira, L., Bastos Neto, A.C., and Fontana, E., 2012, REE, Y, Nb, U, and Th contents and tetrad effect in zircon from a magmatic-hydrothermal F-rich system of Sn-rare metal-cryolite mineralized granites from the Pitinga Mine, Amazonia, Brazil: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 33, p. 34–42, doi: 10.1016/j.jsames.2011.07.004.
- Navarro, M.S., Andrade, S., Ulbrich, H.H.G.J., Gomes, C.B., and Girardi, V.A.V., 2008, The direct determination of rare earth elements in basaltic and related rocks using ICP-MS: Testing the efficiency of microwave oven sample decomposition procedures: *Geostandards and Geoanalytical Research*, v. 32, p. 167–180, doi: 10.1111/j.1751-908X.2008.00840.x.
- Neves, B.B.D.B., Fuck, R.A., and Pimentel, M.M., 2014, The Brasileiro collage in South America: a review: *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, p. 493–518, doi: 10.5327/Z2317-4889201400030010.
- Pascholati, E.M., 1990, Caracterização Geofísica da Suíte Intrusiva de Itu: Universidade de São Paulo, 135 p.
- Pascholati, E.M., Amaral, G., Hiodo, F.Y., Okuno, E., Yoshimura, E.M., and Yukihiro, E.G., 1997, SURVEY OF ENVIRONMENTAL GAMMA RADIATION AROUND ITU (SP), *in* XI ENFIR/IV ENAN Joint Nuclear Conferences. Annals, Poços de Caldas (MG).
- Peccherillo, A., and Taylor, S.R., 1976, Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 58, p. 63–81, doi: 10.1007/BF00384745.
- Pereira, G. de S., 2013, O significado dos enclaves microgranulares félsicos na evolução de magmas graníticos: petrologia dos enclaves do Pluton Salto, Batólito Itu, SP: Universidade de São Paulo, 109 p., doi: 10.11606/D.44.2013.tde-13112013-151042.
- Pereira, R.M., Neumann, R., Ávila, C.A., and Castro, C., 2008, Determinação da gênese da cassiterita com base na sua composição química e inclusões minerais: ocorrências no sul e sudeste brasileiro: *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, p. 246–252.
- Peretyazhko, I.S., and Savina, E. a., 2010, Tetrad effects in the rare earth element patterns of granitoid rocks as an indicator of fluoride-silicate liquid immiscibility in magmatic systems: *Petrology*, v. 18, p. 514–543, doi: 10.1134/S086959111005005X.
- Perrotta, M.M., Salvador, E.D., Lopes, R., D'Agostino, L.Z., Peruffo, N., Gomes, S.D., Sachs, L.L.B., Meira, V.T., Garcia, M. da G.M., and Lacerda Filho, J.V., 2005, Mapa geológico do estado de SP. Escala 1:750.000: , p. 1.
- Petronilho, L., 2009, Método Sm-Nd no CPGeo_IGc-USP: Procedimentos Analíticos Atualmente em Rotina, *in* Boletim de Resumos Expandidos Simpósio 45 Anos de Geocronologia no Brasil, v. 8, p. 116–118.
- Pirajno, F., 2013, Effects of Metasomatism on Mineral Systems and Their Host Rocks: Alkali Metasomatism, Skarns, Greisens, Tourmalinites, Rodingites, Black-Wall Alteration and Listvenites, *in* Harlov, D.E. and Austrheim, H. eds., *Metasomatism and the Chemical Transformation of Rock*, Berlin Heidelberg, Springer, p. 203–251.
- Pitfield, P.E.J., Teoh, L.H., and Cobbing, E.J., 1990, Textural variation and tin mineralization in granites from the main range province of the Southeast Asian Tin Belt: *Geological Journal*, v. 25, p. 419–429, doi: 10.1002/gj.3350250324.
- Pollard, P.J., 1995, A special issue devoted to the geology of rare metal deposits: an introduction and overview: *Economic Geology*, v. 90, p. 489–494, doi: 10.2113/gsecongeo.90.3.489.
- Pupin, J.P., 1980, Zircon and granite petrology: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 73, p. 207–220, doi: 10.1007/BF00381441.
- Putnis, A., Hinrichs, R., Putnis, C. V., Golla-Schindler, U., and Collins, L.G., 2007, Hematite in porous red-clouded feldspars: Evidence of large-scale crustal fluid-rock interaction: *Lithos*, v. 95, p. 10–18, doi: 10.1016/j.lithos.2006.07.004.
- Raimbault, L., Cuney, M., Azencott, C., Duthou, J.L., and Joron, J.L., 1995, Geochemical evidence for a multistage magmatic genesis of Ta-Sn-Li mineralization in the granite at Beauvoir, French Massif Central: *Economic Geology*, v. 90, p. 548–576, doi: 10.2113/gsecongeo.90.3.548.
- Ribeiro, E. dos S.C., 1994, ANÁLISE VARIOGRÁFICA E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS APLICADOS À ÁREA DA SUÍTE INTRUSIVA DE ITU (SP): Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 136 p.
- Ribeiro, E. dos S.C., Pascholati, E.M., and Amaral, G., 1994, Mineralização sulfetada na parte norte do granito Itupeva, Suíte Intrusiva Itu, SP.pdf, *in* Anais do 38 Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário Camboriú, SC, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 174–175.
- Rollinson, H., 1994, *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*: 375 p., doi: 10.1180/minmag.1994.058.392.25.
- Romer, R.L., and Kroner, U., 2016, Phanerozoic tin and tungsten mineralization-Tectonic controls on

- the distribution of enriched protoliths and heat sources for crustal melting: *Gondwana Research*, v. 31, p. 60–95, doi: 10.1016/j.gr.2015.11.002.
- Rubin, J.N., Henry, C.D., and Price, J.G., 1989, Hydrothermal zircons and zircon overgrowths, Sierra Blanca Peaks, Texas: *American Mineralogist*, v. 74, p. 865–869.
- Saad, A.R., Etchebehere, M.L. de C., Pressinotti, P.C., Silva, R.B. da, and Campanha, V.A., 1996, Potencialidade Mineral do Estado de São Paulo: *Revista Universidade Guarulhos - Série Geociências*, v. 1, p. 5–17.
- Saldanha, R., 1946, O Estudo da Jazida de Wolframita de Inhandjara: *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, v. LX, p. 5–93.
- Sato, K., Tassinari, C.C.G., Basei, M.A.S., Siga, O., Onoe, A.T., and De Souza, M.D., 2014, Sensitive High Resolution Ion Microprobe (SHRIMP IIe/MC) of the Institute of Geosciences of the University of São Paulo, Brazil: Analytical method and first results: *Geologia USP - Serie Cientifica*, v. 14, p. 3–18, doi: 10.5327/Z1519-874X201400030001.
- Sawka, W.N., Kistler, R.W., and Chappell, B.W., 1990, Geochemistry of highly fractionated I- and S-type granites from the tin-tungsten province of western Tasmania: *GSA Special Paper*, v. 246.
- Souza, S., 2009, Métodos Radiométricos Rb-Sr e Sm-Nd no CPGeo-IGC-USP, *in* *Boletim de Resumos Expandidos Simpósio 45 Anos de Geocronologia no Brasil*, p. 137–139.
- Štemprok, M., Pivec, E., and Langrová, A., 2005, The petrogenesis of a wolframite-bearing greisen in the Vykmanov granite stock, Western Krušné hory pluton (Czech Republic): *Bulletin of Geosciences*, v. 80, p. 163–184.
- Suikkanen, E., and Rämö, O.T., 2017, Metasomatic alkali-feldspar syenites (episyenites) of the Proterozoic Suomenniemi rapakivi granite complex, southeastern Finland: *Lithos*, v. 294–295, p. 1–19, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2017.09.017>.
- Suwimonprecha, P., Cerny, P., and Friedrich, G., 1995, Rare Metal Mineralization Related to Granites and Pegmatites, Phuket, Thailand: *Economic Geology*, v. 90, p. 603–615.
- Tassinari, C.C.G., 1988, As idades das rochas e dos eventos metamórficos da porção sudeste do estado de São Paulo e sua evolução crustal.
- Taylor, R.P., 1992, Petrological and geochemical characteristics of the Pleasant Ridge zinnwaldite-topaz granite, southern New Brunswick, and comparisons with other topaz-bearing felsic rocks: *Canadian Mineralogist*, v. 30, p. 895–921.
- Tindle, A.G., and Webb, P.C., 1990, Estimation of lithium contents in trioctahedral micas using microprobe data: application to micas from granitic rocks: *European Journal of Mineralogy*, v. 2, p. 595–610, doi: 10.1127/ejm/2/5/0595.
- Tischendorf, G., Förster, H.J., Gottesmann, B., and Rieder, M., 2007, True and brittle micas: composition and solid-solution series: *Mineralogical Magazine*, v. 71, p. 285–320, doi: 10.1180/minmag.2007.071.3.285.
- Tischendorf, G., Gottesmann, B., Förster, H.J., and Trumbull, R.B., 1997, On Li-Bearing Micas: Estimating Li from Electron Microprobe Analyses and an Improved Diagram for Graphical Representation: *Mineralogical Magazine*, v. 61, p. 809–834, doi: 10.1180/minmag.1997.061.409.05.
- Trouw, R.A.J., Peternel, R., Ribeiro, A., Heilbron, M., Vinagre, R., Duffles, P., Trouw, C.C., Fontainha, M., and Kussama, H.H., 2013, A new interpretation for the interference zone between the southern Brasília belt and the central Ribeira belt, SE Brazil: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 48, p. 43–57, doi: 10.1016/j.jsames.2013.07.012.
- Vlach, S.R.F., Janasi, V. de A., and Vasconcellos, A.C.B.C., 1991, O Magmatismo Granitoide Tardi- a pós-orogênico de Idade Brasileira no Estado de São Paulo: *Boletim IG-USP, Publicacao Especial*, v. 9, p. 99–101, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Wang, R.C., Zhao, G.T., Chen, X.M., Xu, S.J., and Wang, D.Z., 2000, Chemistry of Hf-rich zircons from the Laoshan I- and A-type granites, Eastern China: *Mineralogical Magazine*, v. 64, p. 867–877, doi: 10.1180/002646100549850.
- Wernick, E., 2000, Arc-Related Rapakivi Granites From the Ribeira Fold Belt, SE Brazil. *: *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, p. 20–24.
- Wernick, E., 1992, Rapakivi granites related to the post-collision relaxing stage: the Itu province (Late Precambrian) of SE/S Brazil, *in* *International geological congress*.
- Whalen, J.B., Currie, K.L., and Chappell, B.W., 1987, A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 95, p. 407–419, doi: 10.1007/BF00402202.
- White, M.G., 1974, Tungsten Resources of Brazil.:
- Whitney, D.L., and Evans, B.W., 2010, Abbreviations for names of rock-forming minerals: *American Mineralogist*, v. 95, p. 185–187, doi: 10.2138/am.2010.3371.

- Wiedenbeck, M., Allé, P., Corfu, F., Griffin, W.L., Meier, M., Oberli, F., Von Quadt, A., Roddick, J.C., and Spiegel, W., 1995, Three natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace element and REE analyses: *Geostandards Newsletter*, v. 19, p. 1–23.
- Wolf, M., Romer, R.L., Franz, L., and López-Moro, F.J., 2018, Tin in granitic melts: The role of melting temperature and protolith composition: *Lithos*, v. 310–311, p. 20–30, doi: 10.1016/j.lithos.2018.04.004.
- Wu, F.Y., Liu, X.C., Ji, W.Q., Wang, J.M., and Yang, L., 2017, Highly fractionated granites: Recognition and research: *Science China Earth Sciences*, v. 60, p. 1201–1219, doi: 10.1007/s11430-016-5139-1.

ANEXO I – TABELA DE PONTOS DE CAMPO

IPV-03	IPV-02	IPV-01	Ponto
291364	290970	289969	X (23K)
7440408	7439967	7438887	Y (23K)
			Z
Saprólito do paragnaisse bandado, com diversos veios centimétricos de Qtz leitoso.	Saprólito de gnaiss bandado (micáceo e quartzo-feldspático) de granulacao fina-media. Textura milonítica com fol. anastomosada e minerais estirados. Localmente com veios de Qtz e bolsões pegmatíticos ao redor.	Saprólito Granito(?), aparent. maciço, hololeucocrático esbranquiçado, inequi. fino-medio. Aspecto brechado localmente e com veios de Qtz fino cinzento ressaltados pelo intemperismo	Litotipo(s)
Afloramento em chão de estrada próxima à Mina Abandonada	Afloramento em barranco ao lado da Estrada da Mina	Afloramento em barranco ao lado da Estrada da Mina	Acesso
		Veio silicificado em saprólito Qtz-Feldsp.	Coleta
			Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
			SM
	Fol.: 145/30; 145/60		Medidas
			Laminas
			Química Rocha total
			Química Mineral
			Isotopia
			Datação

IPV-06	IPV-05	IPV-04	Ponto
287904	291256	291265	X (23K)
7439079	7440318	7440279	Y (23K)
			Z
Granito hololeucocrático levemente foliado (micas e matriz orientadas), inequigranular médio-grosso e textura xenomorfica. Presença de veios de Qtz centimétricos paralelos à foliação, localmente a encaixante ocorre silicificada ao redor dos veios.	Gnaiss bandado de granulacao fina-media. Presença de veios submétricos de Qtz com mineralização de sulfetos e outros minerais. Grande concentração de muscovita nas paredes dos veios (greisen?)	Gnaiss bandado (micáceo e quartzo-feldspático) de granulacao fina-media. Bastante intemperizado.	Litotipo(s)
Corte de barranco em rua de terra que dá acesso ao Cond. Inhandjara	Mina abandonada ao lado do Hotel ITR-Spa	Trincheira abandonada ao lado do Hotel ITR-Spa	Acesso
A: granito fort. hidrotermalizado; B: veio de Qtz com pedaço da encaixante (+ 225/65)	Veio de Qtz mineralizado		Coleta
	Medida 256 - veio de Qtz mineralizado: 115; 21; 2.5; 5.1; 10.3; 257 - gnaiss encaixante do veio: 125; 27.2; 2.7; 5.4; 17.9		Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
			SM
Fol. 080/40; 110/50; 090/45	Fol.: 095/20; 090/40; 188/20		Medidas
X (A,B)	X (A,B)		Laminas
	X (B)		Química Rocha total
	X (B)		Química Mineral
			Isotopia
			Datação

IPV-10	IPV-09	IPV-08	IPV-07	Ponto
291090	290822	290772	291029	X (23K)
7440834	7440681	7440647	7440415	Y (23K)
719	688	686	706	Z
Veio de quartzo de ~50cm; veio de quartzo leitoso + cinza + fino no gnaiss	Veio de quartzo e óxido de manganês misturado ao solo	Veio paralelo à foliação do gnaiss	Veio de quartzo em estrada de terra; dez metros distante temos gnaiss intemperizado cortado por veios de quartzo concordantes e discordantes da foliação principal (bandamento)	Litotipo(s)
	No alto do morro		Afloramento em chão de estrada próxima à entrada da mina	Acesso
	Veio de material brechado e com matriz preta		A: veio composto discordante, na zona de falha (+ 180/60); B: veio na zona de falha inflectada (+ 155/32); C: veio de quartzo mais fino e escuro, discordante (+ 125/45)	Coleta
				Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
				SM
Orientação do veio: 196/80		Foliação: 354/58, 355/52	Fol. gnaiss: 127/30, 113/35, 110/35; Veios de Qtz grosso concordante: 090/30, 090/50; Zona de Falha: 182/67, 185/65, 187/80, 154/30; deslocamento horiz. de 80 cm de aplito pela falha	Medidas
			X (A)	Laminas
				Química Rocha total
				Química Mineral
				Isotopia
				Datação

IPV-13	IPV-12	IPV-11	Ponto
288683	291137	291037	X (23K)
7437892	7440657	7440877	Y (23K)
708	744	706	Z
Granito rosado bastante fraturado, com quartzo arredondado, inequigranular médio	Veio de quartzo cinza associado com leitoso de ~50cm na estrada (acaba em uma trincheira) no gnaisse intemperizado ;	gnaisse intemperizado sendo cortado por veios de quartzo acinzentado bandados (discordantes), zona de falha; também temos veios de quartzo leitoso na foliação	Litotipo(s)
Dentro da cidade		Afloramento no chão da estrada	Acesso
A: granito rosado inequi. médio; B: granito com forte alteração hidrotermal e matriz fina verde escura	veio Qtz cinzento + fino bandado com leitoso (+ 215/55)	A: veio Qtz discordante bandado (+ 154/40); B: veio Qtz leitoso concordante; C: veio Qtz c/ máfico prismático (bloco solto do chão)	Coleta
Medida 260 - granito: 752; 60.5; 5.1; 12.7; 52.3; 261 - granito: 689; 59.4; 5.7; 9.9; 52.9; 262 - granito com forte alt. Hidrot. e matriz esverdeada: 728; 65.2; 5.3; 15; 53.2			Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
SM: (A) 0.033 ± 0.016; (B) 0.094 ± 0.022			SM
	Orientação do veio: 211/55, 209/65	Direção dos veios leitosos N020; Zona de falha 185/60; veio de quartzo cinza bandado 196/55	Medidas
X (A,B)	X		Laminas
			Química Rocha total
			Química Mineral
			Isotopia
			Datação

IPV-15	IPV-14	Ponto
291466	288980	X (23K)
7439758	7438067	Y (23K)
684	690	Z
Morro do paragnaisse bandado intemperizado. Diversos veios Qtzosos de espessura variável. Na subida, perto das bananeiras ocorre veio de Qtz leitoso. No descampado onde tem a uma boca (sem saída, com animal morto, e com veio métrico de Qtz com sulfetos e outros), vários veios centimétricos subverticais, alguns com bordas de reação na encaixante e/ou bandamento com o Qtz fino cinzento. Veios leitosos paralelos à foliação, com porções de alteração avermelhada e pontos pretos. Também ocorrem porções com intensa alteração intempérica para material argiloso e caulinitico. E diversos blocos de material brechado, muito denso, com matriz de minerais escuros (minério?)	Granito rosado com sulfeto e fluorita (IC ~8%), inequigranular médio, com feldspatos avermelhados/ovalados (parece o Itupeva)	Litotipo(s)
Ruínas do local de escoamento do minério da Antiga Mina, gruta da santa, mercadinho João Bosco	Morrote de granito no alto da cidade	Acesso
Foram coletadas várias amostras.	Granito levemente hidrotermalizado com fluorita	Coleta
	Medida 263 - granito: 742; 58.6; 5.5; 12.4; 46.2	Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
	SM: 0.028 ± 0.027	SM
Fol. Gnaiss: 163/35, 172/25, 182/25, 165/24, 178/12; Veios subvert.: 027/90, 038/85, 021/83, 035/87, 024/86; Veios discordantes: 198/25, 208/35, 275/80, 115/87		Medidas
X (C,D)	X	Laminas
X (C)	X	Química Rocha total
	X	Química Mineral
	X	Isotopia
	X	Datação

IPV-18	IPV-17	IPV-16	Ponto
288030	288002	288064	X (23K)
7439503	7439311	7439271	Y (23K)
720	734	727	Z
Fragmentos e poucos blocos de Qtz (com aspecto de enxame de venulas) em meio a blocos de granito (alguns fortemente silicificados).	Veio centimétrico Qtzoso com argilominerais rosados a alaranjados associados, cortando barranco de granito bem intemperizado.	Granito maciço, inequi. médio-grosso, IC~5-8%, bem avermelhado e com qtz esbranquiçado arredondado (fort. alt. hidrotermal). Localmente com matriz escura esverdeada, pouco Qtz e felds brechado.	Litotipo(s)
	Estradinha secundária à rua subindo o morro de acesso ao Cond. Inhandjara.	Rua subindo o morro para acesso do Cond. Inhandjara. Ponto da mata queimada.	Acesso
Bloco de granito fortemente silicificado (presença do enxame de vênulas)		Amostra A: granito avermelhado; B: porção com matriz escura verde.	Coleta
			Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
		SM: (A) 1.07 ± 0.25 e 2.32 ± 0.102 (B): 0.06 ± 0.03	SM
	Veio Qtz: 330/80, 314/80, 330/75		Medidas
X		X (A,B)	Laminas
		X (A,B)	Química Rocha total
			Química Mineral
			Isotopia
			Datação

IPV-21	IPV-20	IPV-19	Ponto
288050	288028	288024	X (23K)
7439344	7439396	7439449	Y (23K)
735	730	723	Z
Última ocorrência dos Blocos de Qtz antes de voltar a aflorar o granito.	Blocos de Qtz na porção de topo de morrote.	Diversos blocos de Qtz espalhados entre a mata.	Litotipo(s)
			Acesso
Amostra dos veios de Qtz.		A: veio com cavidades e cristais prismáticos de Qtz; B: veio de Qtz associado com argilominerais; C: pedaço de bloco métrico que apresenta duas porções (fina rosada e branca de granulação média); D: Qtz muito fino e de aspecto alterado.	Coleta
			Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
			SM
			Medidas
			Laminas
			Química Rocha total
			Química Mineral
			Isotopia
			Datação

IPV-23	IPV-22.2	IPV-22	Ponto
288797	289090	289025	X (23K)
7440237	7440679	7440637	Y (23K)
820	843	836	Z
Milonito, não parece estar in situ	Blocos do granito brechado sendo cortados por vênulas milimétricas de Qtz, localmente com estrutura stockwork.	Blocos diversos de granito de aparência brechada, felds. bem avermelhados e pouco Qtz, redondo e esbranquiçado. Inequi. Médio-grosso, IC~5-7%, presença de matriz mais fina verde escura. Localmente grada para porções com aspecto milonítico, dominado pela matriz fina foliada e de cor verde escura, Qtz ausente e felds anedrais. Raros blocos de material silicificado e um único bloco de diorito fino.	Litotipo(s)
	Cerca de 50m do ponto anterior.	Condomínio Colinas de Inhandjara	Acesso
	D: granito com stockwork de Qtz; E: bloco com Qtz criptocristalino esverdeado	A: granito de aspecto brechado; B: milonito de matriz fina verde; C: diorito fino	Coleta
	Medida 296 - granito com veios em rede: 791, 37.6, 2.9, 7.6, 35.3; 297 - solo cheio de grãos soltos: 827, 35.4, 1.1, 8.1, 45; 298 - solo: 813, 40.6, 1.2, 9.1, 52.6; 299 - veio de quartzo: 755, 21.3, 0.8, 4.1, 27.4	Medida 295 - granito com aspeco brechado: 802; 40.6; 3.0; 7.0; 42.0	Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
			SM
			Medidas
	X (D)	X (A,B,C)	Laminas
		X (A)	Química Rocha total
			Química Mineral
			Isotopia
			Datação

IPV-27	IPV-26	IPV-25	IPV-24	Ponto
289008	288972	288933	288849	X (23K)
7440095	7440054	7439953	7440030	Y (23K)
840	833	829	818	Z
Granito maciço, inequigranular médio-grosso, IC~5%, com Kfs vermelho subhedral e Qtz leitoso anedral. Localmente com feldsp. orientados e com manteamento branco. Alguns bolsões de material sienítico estão presentes com contatos bruscos e não-retilíneos para o granito.	Sienito maciço, bastante avermelhado, hololeucocrático e inequi. grosso(episienito?). Localmente apresenta feldsp. com manteamento branco (albita?)	Granito idêntico ao do ponto IPV-24	Granito inequigranular médio-grosso, com feldspato manteado (rapakivi?), não está hidrotermalizado.	Litotipo(s)
				Acesso
Granito	Sienito		Granito fracamente hidrotermalizado com feldsp. Manteado.	Coleta
Medida 306 - granito: 770, 44.7, 4.4, 5.9, 43.9; 307 - porção + sienítica: 849, 62.4, 5.8, 11.7, 56.8; 308 - granito com veios: 822, 48.7, 4.1, 8.7, 48.8; 309 - granito: 792, 49.2, 4.2, 8.0, 48.9	Medida 304: 752, 79.2, 6.6, 13.6, 76.4; 305: 752; 79.2; 6.6; 13.6; 76.4	Medida 303 - granito: 621, 66.3, 5.9, 9.8, 66.4	Medida 300 - granito menos intemperizado: 761, 51.1, 4.5, 7.3, 50; 301 - granito com capa de intemperismo: 7.0???, 48.1, 4.3, 9.1, 46; 302 - solo: 775, 42.3, 2.5, 8.3, 46.3	Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
	SM: 1.61 x 10 ⁻³ SI	SM: 1.28 x 10 ⁻³ SI	SM: granito pouco intemperizado 1.44 x 10 ⁻³ SI	SM
Feldsp. Orient.: aprox. N-S Fraturas: 215/65, 210/60 Veio Qtz: 185/75, 190/70, 192/70				Medidas
X	X			Laminas
				Química Rocha total
				Química Mineral
				Isotopia
				Datação

IPV-30	IPV-29	IPV-28 (CAB-15-)	Ponto
289020	289139	289083	X (23K)
7439348	7440029	7439631	Y (23K)
848	848	849	Z
Veio espesso, granito inequigranular médio-grosso (próximo da portaria), granito stockwork	Granito equigranular grosso cortado por diques de aplito, afetados por fraturas E-W	granito maciço, inequi. grosso-médio avermelhado e IC~5%, do outro lado da rua aparece granito mais fino e coloração mais rosada. Presença de alguns veios de Qtz leitoso e manchas de alteração com aspecto de sais brancos e azuis, também dendritos de MnO	Litotipo(s)
			Acesso
coletadas várias amostras	amostra pequena do dique aplítico avermelhado	A: granito grosso mod. hidrot. B: granito mais fino e mais claro, levem. hidrotermal	Coleta
Medidas 315-318	Medida 312 - granito: 834; 54.7; 4.4; 7.9; 59.3; 313 - granito 789; 50.2; 4.0; 7.2; 53.2; 314 -	Medida 310 - granito: 739, 45.9, 3.6, 8.4, 46.3; 311 - granito mais fino com veios de Qtz: 801; 52; 3.7; 13.2; 48	Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
			SM
Veio espesso de Qtz: 325/84, 320/75, 150/87, 155/55, 150/70	Aplitos: 050/50, 065/85, 340/60 Fraturas no Aplito: 315/50 e 180/60 Fraturas Granito: 190/80, 172/65, 180/65	Veios Qtz leitoso: 005/85, 182/80, 192/85	Medidas
X (A,B,C,E)	X	X (A,B)	Laminas
X (C)			Química Rocha total
X (C)			Química Mineral
X (C)			Isotopia
X (C)			Datação

IPV-33	IPV-32	IPV-31	Ponto
288038	288094	288445	X (23K)
7439057	7439361	7439553	Y (23K)
710	734	762	Z
Granito maciço, inequi. Médio-grosso, IC~5%, com felds vermelho, Qtz leitoso arredondado e Plg raro. Localmente com fraturas preenchidas por material fino verde escuro.	Granito maciço, inequi. Médio-grosso, IC~5%, com felds vermelho, Qtz leitoso arredondado e Plg raro. Localmente com matriz fina verde escuro.	Granito inequigranular médio grosso, IC~3%. Presença de fraturas preenchidas por material fino verde escuro, localmente brechando o granito.	Litotipo(s)
		Afloramento de blocos de granito ao lado da rua de acesso ao Cond. Inhandjara	Acesso
			Coleta
	Medida 320 - granito: 772; 51.8; 4.5; 8.9; 50.1	Medida 319 - granito: 770; 58.5; 4.5; 10.0; 59.2	Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
			SM
		Fraturas preenchidas por material verde escuro fino: 050/80, 055/90, 260/70, 270/70	Medidas
			Laminas
			Química Rocha total
			Química Mineral
			Isotopia
			Datação

IPV-35	IPV-34	Ponto
290555	287808	X (23K)
7444856	7439240	Y (23K)
756	677	Z
Granito maciço, coloração rosada, inequi. médio-fino a localmente equi. médio, moderadamente hidrotermalizado. Paredão intensamente fraturado, com preenchimento por material fino verde claro. Presença de blackwalls centimétricos a métricos de material muito fino, verde bem escuro e com sulfetos e fluorita disseminados. Localmente os veios ocorrem anastomosados e formam estruturas tipo "par S-C" envolvendo o granito encaixante. Às vezes os BW mostram borda de reação no contato com o granito, formando camadas centimétricas de matriz verde escura, seguida de porções bem avermelhadas, pouco Qtz e sem máficos (episienito?), passando para o granito. Contatos são bruscos, mas nem sempre retilíneos.	Granito bem intemperizado, maciço, inequigranular médio-grosso, com felds. rosado e Qtz esbranquiçado. Localmente grada para porções mais pegmatoides, bem qtzosas e com minerais escuros intersticiais. Alta densidade de veios de Qtz em várias direções, alguns com cavidades e cristais prismáticos, minerais pretos ou minerais incolores levem. arroxeados e com clivagem.	Litotipo(s)
Pedreira Viracopos, porção C	Corte de barranco em rua de terra que dá acesso ao Cond. Inhandjara	Acesso
Amostra E: granito F: passagem BW-matriz verde-episienito-granito	A: veio fino com minerais escuros (+ 195/80); B: veio de Qtz com cavidades e cristais prismáticos (+ 228/70); C: granito silicificado	Coleta
Medida 331 - granito comum da pedreira: 651; 62.8; 4.4; 18.5; 36.8; 332 - blackwall: 605; 90.1; 4.5; 35.3; 28.8; 333 - granito entre 2 BW: 558; 75.3; 4.2; 26.7; 28.3		Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
		SM
Fraturas: 033/80, 17/90, 022/84, 330/71, 090/76, 036/85, 014/80, 353/70; BW: 032/76, 027/87, 010/75	Veios de Qtz: 225/80, 358/72, 218/75, 205/70, 040/87, 195/80	Medidas
X (varias)	X (C)	Laminas
X (E, F,H)		Química Rocha total
		Química Mineral
		Isotopia
		Datação

IPV-35.4	IPV-35.3	IPV-35.2	Ponto
290444	290509	290476	X (23K)
7444734	7444673	7444678	Y (23K)
788	783	781	Z
Granito maciço, rosado, inequi. Médio-fino, IC~5-7%, moderada alteração hidrotermal. Localmente ocorrem enclaves migrogranulares félsicos de aspecto semelhante à encaixante, exceto pelo granulação (Autoenclave?)	Granito maciço, branco, IC~7-10%, inequi. fino-médio, alteração hidrotermal apenas fissural.	Granito maciço, bege a leve. rosado, IC~6%, inequi. médio-fino, moderad. Hidrotermalizado. Presença de BW similares ao do ponto anterior, mas com sulfetos e fluorita mais finos.	Litotipo(s)
Pedreira Viracopos, porção A	Pedreira Viracopos, porção A	Pedreira Viracopos, porção A	Acesso
Amostra C: granito G: granito com enclave	Amostra A	Amostra B	Coleta
			Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
			SM
Fraturas: 004/80, 017/72, 013/74	BW: 038/88, 225/80, 031/85, 083/90, 014/60, 012/76, 010/70, 355/70, 001/65, 000/70	Fraturas: 045/045, 044/87, 040/90, 035/90, 035/90, 040/90	Medidas
X (varias)	X (A)	X (varias)	Laminas
X (C)	X (A)	X (B)	Química Rocha total
	X (A)		Química Mineral
	X (A)		Isotopia
			Datação

IPV-35.7	IPV-35.6	IPV-35.5	Ponto
290584	290584	290447	X (23K)
7444692	7444692	7444795	Y (23K)
		789	Z
Granito fino rosado	Granito branco a bege. Presença de dois conjuntos de fraturas obliquas, não mineralizadas e preenchidas por greisen.	Granito maciço, avermelhado, inequi médio-grosso a localmente equi. médio. Presença de fluorita roxa disseminada na rocha ou formando vênulas no granito. Presença de vênulas de material verde claro distribuídas por todas a pedreira, localmente nesta porção, associada com cristais incolores a esbranquiçados com clivagem e dureza menor que 6 (carbonatos?)	Litotipo(s)
Pedreira Viracopos, porção A	Pedreira Viracopos, porção A	Pedreira Viracopos, porção B	Acesso
		Amostra D	Coleta
			Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
0.07 ± 0.017	Branco: 0.04 ± 0.018 Bege: 0.039 ± 0.017		SM
	Fraturas: 358/60, 356/50, 020/50, 345/40, 000/65		Medidas
X (N, AD)	X (varias)	X (varias)	Laminas
X (AD)		X (D)	Química Rocha total
			Química Mineral
			Isotopia
			Datação

IPV-35.10	IPV-35.9	IPV-35.8	Ponto
290672	290584	290584	X (23K)
7444600	7444692	7444692	Y (23K)
			Z
Presença de rocha encaixante aflorando no chão e barrancos inferiores. Gnaiss xistoso de estrutura bandada intercalando camadas milimétricas lepidoblasticas com granoblásticas. Elevado grau de intemperismo, mostrando coloração ocre e avermelhada. Contato com granito é abrupto e subarredondado, levemente paralelo á foliação, porém as vezes discordante. O gnaiss também ocorre como xenólitos métricos dentro do corpo granítico, ocorrendo mais bem preservados neste caso. Ocorrem veios centimétricos de quartzo concordantes e discordantes a foliação.	Greisen	Granito rosado a vermelho. Ocorrencias de bolsoes centimetricos de pegmatitos com Qtz branco, Kfs rosado e bt cinza escuro (intersticial), além de cristais finos de sulfetos cinzentos (galena) nas bordas. O contato superior para o granito é marcado por borda de aplito.	Litotipo(s)
Pedreira Viracopos, porção D	Pedreira Viracopos, porção B	Pedreira Viracopos, porção B	Acesso
			Coleta
			Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
	Chao: 0.109 ± 0.035 Bloco: 0.06 ± 0.018	Rosado: 0.049 ± 0.018 Vermelho: 0.058 ± 0.019	SM
Fol.: 125/55, 130/65, 098/60, 086/63. Veio de Qtz ortogonal a fol: 215/80, 215/83	BW: 010/85, 005/90, 005/88 Veio: 215/60, 045/85, 221/85		Medidas
X (AM)		X (varias)	Laminas
			Química Rocha total
			Química Mineral
			Isotopia
			Datação

IPV-37	IPV-36	Ponto
287922	288081	X (23K)
74371413	7437553	Y (23K)
745		Z
Afloramento de blocos no pasto, de granito bem alterado, com coloracao avermelhada. Estrutura macica a levemente foliada (brechado) com textura inequigranular grossa-media. IC = 3-4%, com bt como mafico, já bastante cloritizada (esverdeadas). Aspecto similar ao ponto anterior e ao IPV-16	Afloramento de lajedo de granito em meio a pasto com bloquinhos ao redor. Grau de intemperismo variado, de baixo a moderado, com coloracao rosada a avermelhada. Estrutura macica a localmente brechada, textura é inequigranular grossa-media (porfiroide?) e IC = 3-4%. Bt como mafico principal, ja bastante cloritizada. Presenca de porcoes muito finas e avermelhadas, proximas aos termos mais deformados. Ocorrem minerais secundarios muito finos em zonas de falha estriadas, com coloracao amarelada, ocre e roxo. Presenca de bolsões de sericita verde claro.	Litotipo(s)
Pasto as margens da cidade de Itupeva	Pasto as margens da cidade de Itupeva	Acesso
		Coleta
836; 53.5; 4.8; 10.0; 49.1		Gamma (Cosmic; TC - ppm Ueq; K - %; U - ppm; Th - ppm)
1.56 ± 0.612	1.39 ± 0.812	SM
		Medidas
	X	Laminas
		Química Rocha total
		Química Mineral
		Isotopia
		Datação

ANEXO II – TABELA DE GAMAESPECTROMETRIA DE CAMPO

Gamaespectrometria - IPV

Ponto	Coordenadas UTM		Altitude (m)	Local de Medição	K_%	U_ppm	Th_ppm	Th/U
	X	Y						
IPV13	288682	7437892	708	lajedo Granito Itupeva	5,1	12,7	52,3	4,1
IPV13	288682	7437892	708	Granito com cobertura de musgo	5,7	9,9	52,9	5,3
IPV13	288682	7437892	708	Granito muito hidrotermalizado	5,3	15	53,2	3,5
IPV34	287808	7439240	677	Granito Itupeva	4,4	4,8	34,7	7,2
IPV34	287808	7439240	677	Granito Itupeva	6,1	5,9	33,8	5,7
IPV14	288980	7438067	690	Granito Itupeva	5,5	12,4	46,2	3,7
IPV22.2	289090	7440679	843	solo Granito Inhandjara	1,1	8,1	45	5,6
IPV22.2	289090	7440679	843	solo Granito Inhandjara	1,2	9,1	52,6	5,8
IPV22.2	289090	7440679	843	solo quartzoso	0,8	4,1	27,4	6,7
IPV24	288849	7440030	818	solo Granito Inhandjara	2,5	8,3	46,3	5,6
IPV22	289025	7440637	836	bloco alterado Granito Inhandjara	3	7	42	6
IPV22.2	289090	7440679	843	stockwork Granito Inhandjara	2,9	7,6	35,3	4,6
IPV30	289020	7439348	847	venulação em Granito Inhandjara	2,6	9,8	33,7	3,4
IPV30	289020	7439348	847	bloco alterado Granito Inhandjara	2,9	8,3	37,1	4,5
IPV30	289020	7439348	847	bloco alterado Granito Inhandjara	3,3	8,5	54,9	6,5
IPV25	288933	7439953	829	Granito Itupeva	5,9	9,8	66,4	6,8
IPV24	288849	7440030	818	Granito Inhandjara	4,5	7,3	50	6,8
IPV24	288849	7440030	818	Granito Inhandjara	4,3	7	50,6	7,2
IPV27	289008	7440095	840	Granito Inhandjara	4,4	5,9	43,9	7,4
IPV27	289008	7440095	840	Granito Inhandjara	4,1	8,7	48,8	5,6
IPV27	289008	7440095	840	Granito Inhandjara	4,2	8	48,9	6,1
IPV28	289083	7439631	849	bloco alterado Granito Inhandjara	3,6	8,4	46,3	5,5
IPV28	289083	7439631	849	bloco alterado Granito Inhandjara	3,7	13,3	48	3,6
IPV29	289139	7440029	848	Granito Inhandjara	4,4	7,9	59,3	7,5
IPV29	289139	7440029	848	Granito Inhandjara	4	7,2	53,2	7,4
IPV29	289139	7440029	848	Granito Inhandjara	4,3	7,4	58,2	7,9
IPV30	289020	7439348	847	lajedo Granito Inhandjara	3,7	9,6	51	5,3
IPV31	288445	7439553	762	Granito Inhandjara	4,5	10	50,1	5
IPV32	288094	7439361	734	Granito Inhandjara	4,5	8,9	59,2	6,7
IPV26	288972	7440054	833	Episienito	6,2	10,3	69,7	6,8
IPV26	288972	7440054	833	Episienito	6,6	13,6	76,4	5,6
IPV27	289008	7440095	840	Episienito	5,8	11,7	56,8	4,9
IPV35.2	290476	7444678	781	Granito Pedreira bege a roseo	3,7	16,7	24,4	1,5
IPV35.3	290509	7444673	783	Granito Pedreira branco	2,7	16,4	17,3	1,1
IPV35	290555	7444856	756	Granito Pedreira roseo a vermelho	4,4	18,5	36,8	2
IPV35	290555	7444856	756	veio de alteracao hidrotermal	4,5	35,3	28,8	0,8
IPV35	290555	7444856	756	Granito Pedreira entre 2 veios	4,2	2,7	28,3	10,5
IPV35.4	290444	7444734	788	Granito Pedreira roseo a vermelho	4,4	20,1	38,4	1,9
IPV35.5	290447	7444795	789	Granito Pedreira vermelho	4	18,1	32,3	1,8

ANEXO III – TABELA DE GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL

Fácies	Porfíritica				Inequigranular			Equigranular	
Amostra	IPV-14	IPV-16A	CAB-04	CAB-42	IPV-30C	CAB-41	CAB-30	IPV-35A	IPV-35B
Maiores (wt%)									
SiO2	73,13	73,56	75,15	74,65	76,76	75,95	75,89	76,18	76,59
TiO2	0,098	0,212	0,125	0,17	0,085	0,14	0,04	0,011	0,032
Al2O3	14,33	12,93	12,24	12,07	12,02	11,98	12,8	12,96	12,41
Fe2O3t	1,02	1,66	1,08	1,77	0,95	1,23	0,67	0,85	0,89
MnO	0,02	0,04	0,04	0,06	0,02	0,09	0,01	0,06	0,05
MgO	0,06	0,18	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,00	0,01
CaO	0,68	0,58	0,61	0,72	0,53	0,62	0,36	0,44	0,49
Na2O	4,57	4,02	3,53	3,69	3,83	3,66	2,79	4,73	5,01
K2O	5,81	5,79	5,14	4,93	4,51	4,75	6,17	4,45	4,23
P2O5	0,02	0,05	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
PF	0,59	0,61	0,74	0,53	0,65	0,44	0,6	0,45	0,54
Total	100,33	99,63	98,67	98,62	99,42	98,88	99,34	100,14	100,26
Menores e Traço (ppm)									
F	2212	1410	1567	3924	2606	2073	277	3003	3795
Cl	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
S	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550
La	25,30	79,00	60,94	68,77	34,50	43,99	3,88	12,70	28,00
Ce	57,10	129,00	112,02	141,50	71,40	82,91	16,23	37,30	62,00
Pr	7,44		11,75	14,31	9,96	9,91	0,66	6,08	
Nd	24,60	51,00	40,10	50,43	32,50	28,64	1,84	24,20	30,00
Sm	5,26		7,54	8,80	7,39	4,61	0,35	9,83	
Eu	0,57		0,48	0,45	0,34	0,26	0,26	0,01	
Gd	4,22		6,42	6,16	7,00	3,31	0,24	11,10	
Tb	0,73		1,01	1,06	1,29	0,58	0,06	2,19	
Dy	4,51		6,45	6,72	8,30	3,83	0,38	14,10	
Ho	1,08		1,41	1,51	2,04	0,87	0,09	3,37	
Er	3,18		3,99	4,86	6,04	3,07	0,32	10,20	
Tm	0,56		0,71	0,82	1,08	0,56	0,06	1,92	
Yb	4,04		4,71	5,64	7,67	4,23	0,55	14,50	
Lu	0,62		0,67	0,85	1,17	0,73	0,11	2,18	
Ba	390,00	514,00	125,91	231,50	90,60	90,36	317,87	1,92	30,00
Co	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6
Cr	< 13	< 13	< 13	< 13	< 13	15,00	< 13	< 13	< 13
Cs	6,74		4,09	7,12	8,33	2,83	3,72	15,40	
Hf	3,55		6,17	7,31	5,17	6,18	7,40	8,09	
Mo	0,10				0,30			2,00	
Nb	29,60	30,00	56,88	41,38	47,80	86,27	7,53	63,30	66,00
Ni	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Pb	35,40	15,00	39,56	35,30	32,50	35,65	28,92	49,30	9,00
Rb	404,00	314,00	293,19	354,39	415,00	358,62	240,33	783,00	762,00
Sc	< 14	< 14	< 14		< 14	< 14	< 14	< 14	< 14
Sr	74,20	89,00	34,66	44,03	20,00	21,63	112,77	4,35	8,00
Ta	3,30				4,70			9,10	
Th	40,20	52,00	48,49	86,52	58,80	66,29	35,78	35,30	23,00
U	4,34	3,00	10,03	30,96	13,80	20,39	9,78	8,19	< 3

Fácies	Porfíritica				Inequigranular			Equigranular	
Amostra	IPV-14	IPV-16A	CAB-04	CAB-42	IPV-30C	CAB-41	CAB-30	IPV-35A	IPV-35B
V	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9
W	3,90				1,20			2,60	
Y	35,00	40,00	42,69	48,88	69,70	31,14	3,27	122,00	106,00
Zr	86,20	210,00	154,83	202,45	113,00	132,50	122,64	79,40	98,00
Cu	18,00	< 5	8,00	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ga	22,00	18,00	19,00	20,00	21,00	18,00	20,00	29,00	27,00
Zn	17,00	31,00	12,00	43,00	21,00	19,00	8,00	37,00	40,00
LREE	119,70		232,35	283,81	155,75	170,06	22,97	90,11	
HREE	19,51		25,87	28,07	34,93	17,44	2,09	59,57	
REE	139,21		258,22	311,89	190,68	187,50	25,05	149,68	
Razões									
1/TiO2	10,20	4,72	8,00	5,88	11,76	7,14	25,00	90,91	31,25
mg#	10,44	17,69	1,62	1,00	9,45	1,43	2,59	0,00	2,18
fe*	0,94	0,90	0,99	0,99	0,95	0,99	0,99	1,00	0,99
K/Rb	119,35	153,02	145,49	115,45	90,19	109,92	213,05	47,16	46,07
Ba/Sr	5,26	5,78	3,63	5,26	4,53	4,18	2,82	0,44	3,75
Rb/Sr	5,44	3,53	8,46	8,05	20,75	16,58	2,13	180,00	95,25
Zr/Hf	24,28		25,08	27,70	21,86	21,44	16,58	9,81	
Nb/Ta	8,97				10,17			6,96	
Th/U	9,26	17,33	4,83	2,79	4,26	3,25	3,66	4,31	11,50
Nb/Ti	0,05	0,02	0,08	0,04	0,09	0,10	0,03	0,96	0,34
Eu/Eu*	0,37		0,21	0,18	0,14	0,20	2,72	0,00	
(La/Sm)N	3,00		5,04	4,88	2,92	5,96	6,88	0,81	
(La/Yb)N	4,25		8,78	8,28	3,06	7,07	4,75	0,59	
K2O/Na2O	1,27	1,44	1,46	1,34	1,18	1,30	2,21	0,94	0,84
ANK	1,04	1,00	1,08	1,06	1,07	1,07	1,14	1,03	0,97
ACNK	0,95	0,93	0,98	0,95	0,99	0,97	1,07	0,97	0,91
MAL	9,70	9,23	8,06	7,90	7,81	7,79	8,60	8,74	8,75
ASI	0,95	0,93	0,98	0,95	0,99	0,98	1,07	0,97	0,91
10000*Ga/Al	2,90	2,63	2,93	3,13	3,30	2,84	2,95	4,23	4,11
TSatZr	724,6	797,8	781,5	800,8	757,1	768,3	770,9	724,3	734,5

Fácies	Porfírica Alterada	Inequigranular Alterada	Equigranular Alterada		Equigranular muito alterada	Greisen I	Greisen II
Amostra	IPV-16B	IPV-22A	IPV-35C	IPV-35E	IPV-35D	IPV-35H	IPV-15C
Maiores (wt%)							
SiO2	73,62	76,14	75,95	75,12	75,43	61,28	58,1
TiO2	0,197	0,256	0,032	0,018	0,074	0,045	0,513
Al2O3	12,14	11,09	12,41	12,48	12,66	19,44	19,43
Fe2O3t	1,72	1,63	0,83	1,02	0,82	4,79	7,52
MnO	0,04	0,05	0,04	0,06	0,04	0,35	1,32
MgO	0,20	0,21	0,02	0,02	0,01	0,01	1,52
CaO	1,32	0,66	0,55	0,57	0,49	0,29	0,05
Na2O	3,42	3,61	4,51	4,27	4,05	0,26	0,29
K2O	5,17	4,44	4,39	4,63	4,59	6,95	7,28
P2O5	0,05	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
PF	0,76	0,52	0,51	0,57	0,47	3,1	2,94
Total	98,63	98,67	99,25	98,76	98,64	96,52	98,99
Menores e Traço (ppm)							
F	2701	1220	3625	3556	3062	2437	22229
Cl	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
S	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550	4006	< 550
La	80,00	69,30	20,00	20,00	20,00	7,83	29,00
Ce	129,00	126,00	46,00	44,00	52,40	25,10	84,00
Pr		13,90			7,73	4,23	
Nd	48,00	44,70	31,00	21,00	29,90	17,70	35,00
Sm		7,35			10,10	7,15	
Eu		0,78			0,08	0,03	
Gd		5,45			10,50	8,28	
Tb		0,88			1,95	1,63	
Dy		5,23			12,00	11,00	
Ho		1,17			2,87	2,64	
Er		3,28			8,48	7,81	
Tm		0,52			1,56	1,40	
Yb		3,49			11,50	9,95	
Lu		0,51			1,73	1,49	
Ba	524,00	650,00	39,00	30,00	22,50	83,60	339,00
Co	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	10,00
Cr	< 13	< 13	< 13	< 13	< 13	< 13	82,00
Cs		1,81			15,10	35,00	
Hf		6,22			6,77	7,37	
Mo		5,20			1,40	0,40	
Nb	30,00	32,80	67,00	76,00	75,90	116,00	24,00
Ni	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	6,00	36,00
Pb	2,00	10,10	12,00	50,00	35,90	11145,00	36,00
Rb	297,00	223,00	648,00	692,00	650,00	1268,00	3163,00
Sc	< 14	< 14	< 14	< 14	< 14	< 14	19,00
Sr	173,00	95,20	11,00	6,00	6,34	2,87	14,00
Ta		1,90			6,70	9,00	
Th	45,00	43,50	31,00	28,00	46,50	47,40	< 7

Fácies	Porfírica Alterada	Inequigranular Alterada	Equigranular Alterada		Equigranular muito alterada	Greisen I	Greisen II
Amostra	IPV-16B	IPV-22A	IPV-35C	IPV-35E	IPV-35D	IPV-35H	IPV-15C
U	6,00	6,69	10,00	7,00	15,60	17,20	< 3
V	< 9	9,00	< 9	< 9	< 9	< 9	59,00
W		0,10			1,00	5,90	
Y	50,00	37,00	106,00	128,00	91,20	102,00	23,00
Zr	193,00	203,00	120,00	106,00	97,00	96,00	142,00
Cu	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	132,00	7,00
Ga	19,00	16,00	25,00	27,00	25,00	70,00	58,00
Zn	28,00	29,00	29,00	48,00	26,00	7517,00	333,00
LREE		261,25			120,13	62,01	
HREE		21,31			50,67	44,23	
REE		282,56			170,80	106,24	
Razões							
1/TiO2	5,08	3,91	31,25	55,56	13,51	22,22	1,95
mg#	18,73	20,34	4,56	3,74	2,36	0,21	28,60
fe*	0,90	0,89	0,98	0,98	0,99	1,00	0,83
K/Rb	144,46	165,23	56,22	55,52	58,60	45,49	19,10
Ba/Sr	3,03	6,83	3,55	5,00	3,55	29,13	24,21
Rb/Sr	1,72	2,34	58,91	115,33	102,52	441,81	225,93
Zr/Hf		32,64			14,33	13,03	
Nb/Ta		17,26			11,33	12,89	
Th/U	7,50	6,50	3,10	4,00	2,98	2,76	3,00
Nb/Ti	0,03	0,02	0,35	0,70	0,17	0,43	0,01
Eu/Eu*		0,38			0,02	0,01	
(La/Sm)N		5,89			1,24	0,68	
(La/Yb)N		13,49			1,18	0,53	
K2O/Na2O	1,51	1,23	0,97	1,08	1,13	26,73	25,10
ANK	1,08	1,03	1,02	1,04	1,09	2,45	2,33
ACNK	0,89	0,93	0,94	0,95	1,01	2,29	2,30
MALI	7,27	7,39	8,35	8,33	8,15	6,92	7,52
ASI	0,89	0,93	0,94	0,96	1,01	2,29	2,30
10000*Ga/Al	2,96	2,73	3,81	4,09	3,73	6,80	5,64
TSatZr	787,9	801	755,4	746,3	743,8	789,4	824,7

ANEXO IV – TABELAS DE QUÍMICA MINERAL

Química mineral (EPMA) - Feldspatos

Fácies		Porfírtica																			
Amostra		IPV-14																			
Análise	1.1	2.1	3.2	4.2	5.3	5.5	6.1	8.2	8.4	10.3	12.1	12.5	17.3	2.4	12.2	1.7	14.2	4.3	17.2	18.2	
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Aksp	Aksp	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	
SiO2	65,47	65,44	65,43	64,41	65,95	65,29	65,33	65,38	65,03	65,39	65,84	65,58	65,27	68,20	73,89	69,34	69,33	68,43	68,91	68,77	
TiO2	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,01	0,00	
Al2O3	19,10	19,26	18,95	19,13	19,13	18,98	19,31	19,07	19,07	19,02	19,12	19,11	19,04	20,18	17,05	20,20	20,56	20,26	20,52	20,22	
Fe2O3	0,05	0,04	0,08	0,05	0,03	0,12	0,11	0,04	0,00	0,01	0,08	0,06	0,00	0,09	0,05	0,14	0,02	0,03	0,09	0,02	
MnO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	
MgO	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	
CaO	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,04	0,00	0,00	0,25	0,14	0,12	0,21	0,29	0,30	0,26	
Na2O	0,35	0,57	0,41	0,34	2,22	0,26	0,31	0,45	0,32	0,80	0,53	0,28	0,50	10,67	8,58	11,59	11,50	11,59	11,65	11,55	
K2O	16,82	16,41	16,85	16,68	14,47	16,84	16,78	16,65	16,87	16,28	16,71	16,99	16,81	1,49	2,12	0,03	0,19	0,06	0,11	0,09	
SrO	0,06	0,02	0,03	0,00	0,05	0,04	0,01	0,02	0,00	0,00	0,07	0,02	0,05	0,04	0,04	0,06	0,02	0,07	0,05	0,10	
BaO	0,07	0,10	0,03	0,12	0,09	0,00	0,04	0,06	0,12	0,00	0,21	0,06	0,09	0,02	0,06	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	
Total	101,93	101,89	101,81	100,76	102,00	101,55	101,92	101,68	101,45	101,52	102,60	102,09	101,78	100,93	101,92	101,57	101,87	100,76	101,69	101,02	
Proporções Atômicas (Baseadas em 80)																					
Si	2,546	2,542	2,550	2,532	2,557	2,547	2,536	2,548	2,542	2,552	2,546	2,547	2,546	2,602	2,815	2,621	2,612	2,610	2,603	2,617	
AlIV	1,454	1,458	1,450	1,468	1,443	1,453	1,464	1,452	1,458	1,448	1,454	1,453	1,454	1,398	1,185	1,379	1,388	1,390	1,397	1,383	
AlVI	0,032	0,039	0,027	0,035	0,041	0,028	0,035	0,034	0,033	0,037	0,025	0,031	0,031	0,142	0,114	0,148	0,161	0,155	0,152	0,155	
Fe3+	0,004	0,003	0,006	0,004	0,002	0,010	0,009	0,003	0,000	0,000	0,006	0,004	0,000	0,007	0,003	0,011	0,002	0,002	0,007	0,001	
Mg	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	
Ca	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,010	0,005	0,004	0,008	0,011	0,011	0,010	
Na	0,027	0,045	0,032	0,027	0,172	0,020	0,024	0,035	0,025	0,062	0,041	0,021	0,039	0,814	0,654	0,876	0,866	0,884	0,880	0,879	
K	1,308	1,275	1,313	1,311	1,122	1,314	1,303	1,298	1,319	1,271	1,293	1,320	1,311	0,114	0,162	0,002	0,014	0,004	0,009	0,007	
Ba	0,003	0,004	0,001	0,005	0,004	0,000	0,002	0,002	0,004	0,000	0,008	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	
Membros finais																					
Ab	2,0	3,4	2,4	2,0	13,3	1,5	1,8	2,7	1,8	4,7	3,0	1,6	2,9	86,9	79,7	99,2	97,5	98,3	97,8	98,2	
An	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	1,0	0,7	0,5	0,9	1,2	1,3	1,1	
Or	98,0	96,5	97,6	97,9	86,7	98,5	98,2	97,3	98,1	95,3	96,8	98,4	97,1	12,1	19,7	0,3	1,6	0,5	1,0	0,7	

Química mineral (EPMA) - Feldspatos

Fácies		Porfíritica																	
Amostra		IPV-14																	
Análise	5.6	5.7	1.2	6.2	4.1	3.3	17.1	8.1	10.1	14.3	5.4	5.1	5.2	1.5	2.2	3.1	10.2	14.1	
Mineral	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	
SiO2	68,51	68,82	68,15	69,08	68,56	68,14	68,54	68,48	68,00	68,01	77,61	67,55	68,17	67,14	66,66	66,92	67,15	67,85	
TiO2	0,03	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,03	0,00	0,05	0,04	0,00	0,06	0,03	0,00	
Al2O3	20,17	20,39	20,61	20,54	20,49	20,72	20,58	20,58	20,95	20,64	15,11	21,21	20,98	21,00	21,30	21,11	21,32	21,50	
Fe2O3	0,06	0,05	0,26	0,02	0,21	0,09	0,00	0,06	0,10	0,07	0,04	0,09	0,08	0,10	0,23	0,29	0,10	0,08	
MnO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	
CaO	0,27	0,39	0,51	0,38	0,42	0,79	0,52	0,60	0,87	0,75	0,34	1,13	1,07	1,44	1,48	1,21	1,44	1,46	
Na2O	11,41	11,42	10,91	11,43	11,37	11,06	11,53	11,17	11,15	11,11	8,69	11,02	11,01	10,78	10,58	10,79	10,76	11,02	
K2O	0,18	0,17	0,03	0,11	0,21	0,09	0,14	0,09	0,10	0,23	0,10	0,12	0,23	0,18	0,26	0,43	0,26	0,22	
SiO	0,04	0,02	0,03	0,00	0,08	0,05	0,02	0,07	0,00	0,03	0,04	0,06	0,02	0,05	0,05	0,07	0,03	0,02	
BaO	0,02	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,04	0,05	0,00	0,03	0,02	0,00	0,03	0,05	
Total	100,70	101,38	100,50	101,58	101,35	100,94	101,34	101,10	101,24	100,85	102,02	101,24	101,60	100,77	100,62	100,90	101,12	102,21	
Proporções Atômicas (Baseadas em 80)																			
Si	2,614	2,608	2,591	2,609	2,596	2,587	2,598	2,598	2,574	2,587	2,957	2,556	2,573	2,556	2,535	2,541	2,544	2,546	
Al IV	1,386	1,392	1,409	1,391	1,404	1,413	1,402	1,402	1,426	1,413	1,043	1,444	1,427	1,444	1,465	1,459	1,456	1,454	
Al VI	0,153	0,153	0,159	0,161	0,147	0,160	0,159	0,160	0,160	0,158	0,109	0,162	0,157	0,155	0,155	0,145	0,160	0,159	
Fe3+	0,005	0,004	0,020	0,002	0,016	0,007	0,000	0,004	0,007	0,005	0,003	0,007	0,006	0,008	0,018	0,022	0,007	0,006	
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	
Ca	0,010	0,015	0,019	0,014	0,016	0,030	0,020	0,023	0,033	0,028	0,013	0,043	0,040	0,055	0,056	0,046	0,055	0,055	
Na	0,871	0,865	0,830	0,864	0,861	0,840	0,874	0,848	0,844	0,845	0,662	0,834	0,831	0,821	0,805	0,820	0,815	0,827	
K	0,014	0,013	0,002	0,009	0,016	0,007	0,010	0,006	0,007	0,017	0,008	0,009	0,017	0,013	0,020	0,033	0,020	0,017	
Ba	0,001	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	
Membros finais																			
Ab	97,3	96,9	97,5	97,4	96,5	95,8	96,7	96,7	95,5	94,9	97,0	94,1	93,5	92,3	91,4	91,2	91,6	92,0	
An	1,2	1,6	2,3	1,6	1,8	3,4	2,2	2,6	3,7	3,2	1,9	4,8	4,5	6,2	6,4	5,1	6,1	6,1	
Or	1,5	1,4	0,2	1,0	1,7	0,8	1,1	0,7	0,8	1,9	1,1	1,0	1,9	1,5	2,3	3,6	2,2	1,9	

Química mineral (EPMA) - Feldspatos

Fácies		Inequigranular																			
Amostra		IPV-30C																			
Análise	1.5	2.4	2.6	2.7	4.1	4.2	4.6	5.9	8.2	8.4	8.5	8.6	15.1	15.2	16.3	16.5	18.3	19.3	21.1		
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	
SiO2	64,73	64,82	64,29	64,80	65,06	64,92	64,93	65,28	65,55	64,93	65,55	65,08	63,34	65,12	65,40	64,74	65,53	65,71	65,49		
TiO2	0,01	0,01	0,00	0,00	0,09	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12	0,05	0,00	0,00	0,00		
Al2O3	18,88	18,82	18,77	18,93	18,90	18,84	18,92	19,02	18,87	19,02	18,84	18,92	18,40	18,97	19,15	19,08	19,10	19,12	18,91		
Fe2O3	0,35	0,59	1,07	0,40	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	0,08	2,80	0,27	0,14	0,00	0,22	0,08	0,02		
MnO	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,03	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00		
MgO	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01		
CaO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,01	0,03	0,05	0,03	0,00	0,00		
Na2O	0,31	0,21	0,22	0,24	0,24	0,24	0,32	0,64	0,32	0,27	1,07	0,27	0,29	0,22	0,25	0,32	0,23	0,30	0,31		
K2O	16,64	16,54	16,57	16,69	16,89	16,83	16,80	16,23	16,81	17,02	16,23	16,81	16,42	16,75	16,99	16,78	16,80	16,84	17,09		
SiO	0,05	0,03	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,04	0,06	0,02	0,02	0,04	0,03	0,06	0,04	0,01	0,03	0,00	0,01		
BaO	0,00	0,01	0,15	0,10	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,09	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,03	0,03	0,10	0,01		
Total	101,03	101,04	101,08	101,18	101,24	100,95	101,03	101,31	101,69	101,42	101,73	101,23	101,28	101,48	102,23	101,06	101,99	102,16	101,84		
Proporções Atômicas (Baseadas em 80)																					
Si	2,535	2,533	2,508	2,533	2,549	2,551	2,549	2,551	2,558	2,541	2,558	2,548	2,448	2,540	2,536	2,539	2,543	2,548	2,553		
AlIV	1,465	1,467	1,492	1,467	1,451	1,449	1,451	1,449	1,442	1,459	1,442	1,452	1,552	1,460	1,464	1,461	1,457	1,452	1,447		
AlVI	0,015	0,005	-0,027	0,013	0,030	0,031	0,034	0,038	0,030	0,030	0,029	0,030	-0,130	0,020	0,021	0,035	0,025	0,032	0,028		
Fe3+	0,027	0,046	0,084	0,031	0,000	0,000	0,000	0,003	0,002	0,000	0,001	0,006	0,216	0,021	0,011	0,000	0,017	0,006	0,001		
Mg	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000		
Ca	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000		
Na	0,024	0,016	0,017	0,019	0,019	0,019	0,025	0,050	0,025	0,021	0,084	0,021	0,022	0,017	0,020	0,025	0,018	0,024	0,024		
K	1,304	1,293	1,293	1,305	1,323	1,323	1,319	1,269	1,312	1,332	1,267	1,316	1,269	1,307	1,317	1,316	1,304	1,306	1,333		
Ba	0,000	0,000	0,006	0,004	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,001	0,001	0,004	0,000		
Membros finais																					
Ab	1,8	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,9	3,8	1,9	1,6	6,2	1,6	1,7	1,3	1,5	1,9	1,4	1,8	1,8		
An	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0		
Or	98,1	98,8	98,7	98,6	98,6	98,5	98,1	96,2	98,1	98,3	93,8	98,4	98,3	98,7	98,4	98,0	98,5	98,2	98,2		

Química mineral (EPMA) - Feldspatos

Fácies	Inequigranular																			
Amostra				IPV-30C																
Análise	21.4	22.1	22.2	Mica5.3	Mica7.3	Mica10.3	Mica12.2	3.2	5.12	19.1	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.5		
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Aksp	Aksp	Aksp	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab		
SiO2	65,57	65,86	65,43	63,99	64,70	64,66	64,18	66,73	66,02	65,85	68,09	67,94	68,42	69,07	67,94	68,72	68,39	68,92		
TiO2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,05		
Al2O3	19,01	19,27	19,23	19,09	19,20	18,96	18,99	21,40	22,53	22,77	20,14	19,97	20,14	19,95	20,53	20,26	20,35	20,03		
Fe2O3	0,04	0,02	0,00	0,21	0,20	0,15	0,16	0,18	0,37	0,58	0,00	0,12	0,02	0,00	0,32	0,01	0,07	0,04		
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00		
MgO	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01		
CaO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,68	0,48	1,04	0,28	0,31	0,13	0,11	0,12	0,08	0,36	0,10		
Na2O	0,67	0,34	0,21	0,25	0,24	0,30	0,09	10,35	9,83	9,73	11,32	11,34	11,45	11,71	11,08	11,61	11,20	11,25		
K2O	16,41	16,89	17,09	16,90	16,74	16,70	17,14	0,71	1,03	1,24	0,18	0,28	0,08	0,05	0,16	0,04	0,17	0,24		
SiO	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,10	0,04	0,04	0,04	0,01		
BaO	0,04	0,08	0,10	0,32	0,34	0,10	0,00	0,09	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00		
Total	101,80	102,49	102,06	100,75	101,42	100,90	100,65	100,17	100,40	101,33	100,06	99,99	100,28	101,01	100,22	100,77	100,59	100,66		
Proporções Atômicas (Baseadas em 80)																				
Si	2,553	2,546	2,542	2,517	2,526	2,538	2,527	2,541	2,488	2,463	2,613	2,612	2,618	2,631	2,590	2,617	2,607	2,628		
Al IV	1,447	1,454	1,458	1,483	1,474	1,462	1,473	1,459	1,512	1,537	1,387	1,388	1,382	1,369	1,410	1,383	1,393	1,372		
Al VI	0,033	0,036	0,036	0,019	0,025	0,027	0,022	0,171	0,187	0,166	0,159	0,147	0,160	0,151	0,155	0,161	0,159	0,156		
Fe3+	0,003	0,002	0,000	0,017	0,016	0,011	0,013	0,014	0,028	0,043	0,000	0,009	0,001	0,000	0,024	0,001	0,006	0,003		
Mg	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Ca	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,018	0,039	0,011	0,012	0,005	0,004	0,004	0,003	0,014	0,004		
Na	0,052	0,026	0,016	0,019	0,019	0,023	0,007	0,788	0,741	0,728	0,869	0,872	0,876	0,892	0,845	0,884	0,854	0,858		
K	1,278	1,306	1,328	1,330	1,307	1,311	1,350	0,054	0,078	0,093	0,014	0,022	0,006	0,004	0,012	0,003	0,013	0,018		
Ba	0,001	0,003	0,004	0,012	0,013	0,004	0,000	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000		
Membros finais																				
Ab	3,9	2,0	1,2	1,4	1,4	1,8	0,5	90,8	88,6	84,7	97,2	96,3	98,8	99,1	98,1	99,3	97,0	97,5		
An	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,1	4,5	1,2	1,3	0,6	0,4	0,5	0,3	1,6	0,4		
Or	96,0	98,0	98,8	98,6	98,6	98,2	99,5	6,2	9,3	10,8	1,6	2,4	0,7	0,4	1,4	0,3	1,4	2,1		

Química mineral (EPMA) - Feldspatos

Fácies	Inequigranular																	
Amostra		IPV-30C																
Análise	2.8	3.1	3.3	3.4	3.5	4.3	4.4	5.3	5.5	5.10	8.3	8.5	8.2	8.3	_Mica14.1			
Mineral	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	
SiO2	68,36	69,01	68,68	67,80	69,03	68,23	68,11	68,16	68,53	68,18	69,06	68,82	68,87	68,17	68,87	68,85		
TiO2	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00		
Al2O3	20,32	20,33	20,15	20,23	20,30	20,89	20,78	20,81	20,44	20,51	20,34	20,21	20,19	21,29	20,27			
Fe2O3	0,02	0,04	0,02	0,02	0,06	0,12	0,37	0,14	0,07	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03			
MnO	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01			
MgO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00			
CaO	0,37	0,29	0,23	0,33	0,23	0,78	0,66	0,64	0,45	0,26	0,29	0,31	0,22	0,34	0,10			
Na2O	11,37	11,67	11,34	11,47	11,46	11,04	11,35	11,18	11,15	11,40	11,40	11,29	11,48	11,08	11,43			
K2O	0,22	0,04	0,08	0,04	0,07	0,16	0,02	0,16	0,24	0,14	0,21	0,19	0,29	0,09	0,10			
SrO	0,00	0,02	0,02	0,07	0,01	0,03	0,04	0,07	0,00	0,05	0,03	0,04	0,01	0,00	0,05			
BaO	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,09	0,00			
Total	100,67	101,43	100,54	99,99	101,20	101,27	101,35	101,16	100,90	100,67	101,35	100,94	101,06	101,14	100,84			
Proporções Atômicas (Baseadas em 80)																		
Si	2,608	2,614	2,622	2,604	2,618	2,581	2,573	2,582	2,605	2,597	2,617	2,619	2,620	2,572	2,619			
Al IV	1,392	1,386	1,378	1,396	1,382	1,419	1,427	1,418	1,395	1,403	1,383	1,381	1,380	1,428	1,381			
Al VI	0,158	0,155	0,160	0,158	0,157	0,161	0,143	0,158	0,159	0,159	0,159	0,157	0,156	0,178	0,162			
Fe3+	0,002	0,003	0,001	0,002	0,005	0,009	0,028	0,011	0,005	0,006	0,000	0,000	0,000	0,006	0,002			
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000			
Ca	0,014	0,011	0,009	0,013	0,009	0,029	0,025	0,024	0,017	0,010	0,011	0,012	0,008	0,013	0,004			
Na	0,867	0,884	0,866	0,881	0,869	0,835	0,858	0,847	0,848	0,868	0,864	0,859	0,873	0,836	0,870			
K	0,017	0,003	0,006	0,003	0,005	0,012	0,002	0,012	0,018	0,010	0,016	0,015	0,022	0,007	0,008			
Ba	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000			
Membros finais																		
Ab	96,6	98,4	98,4	98,2	98,5	95,3	97,0	95,9	96,0	97,7	97,0	97,0	96,6	97,7	98,7			
An	1,6	1,2	1,0	1,4	1,0	3,4	2,8	2,7	1,9	1,1	1,2	1,3	0,9	1,5	0,4			
Or	1,9	0,4	0,7	0,4	0,6	1,4	0,2	1,4	2,0	1,2	1,8	1,6	2,5	0,8	0,9			

Química mineral (EPMA) - Feldspatos

Fácies	Inequigranular																
Amostra			IPV-30C														
Análise	15.3	15.4	16.1	16.2	18.2	19.2	19.4	21.2	21.3	_Mica14.2	_Mica14.3	4.5	_Mica14.4	_Mica14.5	18.1		
Mineral	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Plg	Plg	Plg		
SiO2	69,11	68,64	68,38	69,08	68,39	68,88	68,34	69,22	69,06	68,13	68,13	68,35	66,71	67,47	63,43		
TiO2	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04		
Al2O3	20,36	20,51	20,66	20,20	20,33	20,58	20,68	20,17	20,35	20,81	20,55	20,59	21,95	21,10	18,86		
Fe2O3	0,07	0,02	0,07	0,02	0,00	0,03	0,03	0,04	0,03	0,00	0,01	0,06	0,16	0,10	0,27		
MnO	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00		
MgO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
CaO	0,25	0,49	0,34	0,32	0,38	0,29	0,60	0,04	0,17	0,84	0,55	0,50	2,16	1,32	5,92		
Na2O	11,49	11,39	11,56	11,36	11,27	11,40	11,26	11,56	11,62	11,20	11,14	11,25	10,26	10,63	10,75		
K2O	0,26	0,14	0,18	0,30	0,20	0,35	0,16	0,18	0,16	0,20	0,17	0,46	0,41	0,31	0,06		
SiO	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,00	0,02	0,06	0,01	0,03	0,03	0,08	0,02	0,01	0,00		
BaO	0,00	0,00	0,05	0,08	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,06	0,00	0,00		
Total	101,56	101,24	101,31	101,35	100,62	101,57	101,13	101,26	101,46	101,23	100,61	101,33	101,75	100,94	99,33		
Proporções Atômicas (Baseadas em 80)																	
Si	2,614	2,603	2,591	2,621	2,609	2,603	2,592	2,626	2,615	2,583	2,597	2,591	2,509	2,560	2,524		
Al IV	1,386	1,397	1,409	1,379	1,391	1,397	1,408	1,374	1,385	1,417	1,403	1,409	1,491	1,440	1,476		
Al VI	0,154	0,158	0,156	0,153	0,161	0,159	0,161	0,156	0,156	0,161	0,164	0,153	0,161	0,162	0,025		
Fe3+	0,005	0,002	0,005	0,001	0,000	0,002	0,002	0,003	0,002	0,000	0,001	0,005	0,012	0,007	0,021		
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Ca	0,009	0,019	0,013	0,012	0,014	0,011	0,023	0,001	0,006	0,032	0,021	0,019	0,081	0,050	0,236		
Na	0,869	0,864	0,876	0,862	0,860	0,862	0,854	0,877	0,880	0,849	0,849	0,853	0,772	0,807	0,856		
K	0,019	0,011	0,013	0,022	0,015	0,027	0,012	0,013	0,012	0,015	0,013	0,035	0,031	0,024	0,005		
Ba	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000		
Membros finais																	
Ab	96,8	96,7	97,1	96,2	96,6	95,8	96,1	98,4	97,9	94,8	96,1	94,1	87,3	91,6	78,1		
An	1,0	2,1	1,4	1,3	1,6	1,2	2,6	0,2	0,7	3,6	2,4	2,1	9,2	5,7	21,5		
Or	2,2	1,2	1,5	2,5	1,7	3,0	1,4	1,5	1,4	1,7	1,5	3,8	3,5	2,7	0,4		

Química mineral (EPMA) - Feldspatos

Fácies		Equigranular																
Amostra		IPV-35A																
Análise	2.1	2.3	3.3	5.2	3.1	6.1	7.3	8.3	10.1	10.3	11.1	11.3	11.5	12.4	13.3			
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs		
SiO2	64,87	65,13	65,42	65,59	65,18	65,34	65,63	65,71	65,48	66,04	65,61	65,53	65,60	65,77	65,89			
TiO2	0,03	0,04	0,04	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03			
Al2O3	18,73	19,01	18,96	19,03	19,00	19,06	19,14	19,03	19,15	19,08	19,09	19,03	19,05	19,04	19,11			
Fe2O3	0,03	0,00	0,02	0,04	0,00	0,02	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,04	0,00			
MnO	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00			
MgO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01			
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01			
Na2O	0,26	0,27	0,32	0,23	0,61	0,28	0,22	0,30	0,27	0,37	0,30	0,27	0,15	0,27	0,37			
K2O	16,87	16,87	16,93	17,01	16,66	17,06	17,15	17,02	16,98	16,84	16,74	16,86	17,18	17,12	16,71			
SrO	0,01	0,03	0,04	0,05	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,02	0,02			
BaO	0,05	0,00	0,03	0,05	0,01	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01			
Total	100,87	101,35	101,74	102,00	101,51	101,80	102,25	102,11	101,93	102,37	101,76	101,75	102,11	102,27	102,17			
Proporções Atômicas (Baseadas em 80)																		
Si	2,553	2,547	2,551	2,551	2,547	2,546	2,546	2,553	2,546	2,557	2,553	2,553	2,549	2,552	2,555			
Al IV	1,447	1,453	1,449	1,449	1,453	1,454	1,454	1,447	1,454	1,443	1,447	1,447	1,451	1,448	1,445			
Al VI	0,027	0,034	0,030	0,031	0,032	0,032	0,031	0,031	0,035	0,035	0,039	0,035	0,030	0,029	0,037			
Fe3+	0,003	0,000	0,001	0,003	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,001	0,000	0,002	0,003	0,000			
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000			
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001			
Na	0,020	0,021	0,025	0,017	0,048	0,022	0,017	0,023	0,021	0,028	0,024	0,021	0,012	0,021	0,029			
K	1,328	1,320	1,320	1,323	1,302	1,330	1,331	1,322	1,320	1,304	1,303	1,314	1,335	1,328	1,296			
Ba	0,002	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000			
Membros finais																		
Ab	1,5	1,6	1,8	1,3	3,5	1,6	1,3	1,7	1,6	2,1	1,8	1,5	0,9	1,5	2,2			
An	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0			
Or	98,5	98,4	98,2	98,7	96,5	98,4	98,7	98,3	98,4	97,9	98,2	98,5	99,0	98,5	97,8			

Química mineral (EPMA) - Feldspatos

Fácies		Equigranular																	
Amostra		IPV-35A																	
Análise	15.1	15.3	16.1	17.1	19.1	20.2	20.3	2.2	7.1	8.1	16.3	2.4	17.2	12.1	_Mica10.3		3.2	5.1	
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Aksp	Aksp	Aksp	Aksp	Ab	Ab		
SiO2	65,68	65,69	65,64	64,88	65,88	64,86	65,44	64,83	65,28	65,42	66,05	65,16	66,40	66,90	70,87	68,22	68,63		
TiO2	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02		
Al2O3	19,16	19,09	18,90	18,87	19,00	19,06	19,03	18,86	19,17	19,16	19,12	19,06	19,27	22,09	19,87	20,55	20,09		
Fe2O3	0,00	0,01	0,07	0,00	0,09	0,02	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,04	0,04	0,05	0,76	0,02	0,00		
MnO	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00		
MgO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01		
CaO	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,11	0,29	0,47	0,27		
Na2O	0,34	0,15	0,24	0,25	0,35	0,29	0,18	0,57	0,74	0,81	0,79	0,91	1,60	10,56	8,61	11,28	11,38		
K2O	16,87	16,82	16,90	16,82	16,82	17,05	17,11	16,10	16,30	16,16	16,31	16,02	14,80	1,28	0,68	0,22	0,22		
SrO	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,05		
BaO	0,00	0,02	0,02	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02		
Total	102,11	101,92	101,83	100,84	102,21	101,96	101,86	100,40	101,60	101,60	102,33	101,20	102,12	101,01	101,13	100,77	100,69		
Proporções Atômicas (Baseadas em 80)																			
Si	2,549	2,553	2,556	2,551	2,555	2,531	2,549	2,555	2,544	2,548	2,557	2,548	2,565	2,522	2,659	2,597	2,620		
Al IV	1,451	1,447	1,444	1,449	1,445	1,469	1,451	1,445	1,456	1,452	1,443	1,452	1,435	1,478	1,341	1,403	1,380		
Al VI	0,037	0,037	0,028	0,035	0,029	0,019	0,032	0,041	0,038	0,040	0,038	0,039	0,053	0,188	0,149	0,162	0,155		
Fe3+	0,000	0,000	0,006	0,000	0,007	0,002	0,000	0,002	0,000	0,003	0,000	0,003	0,003	0,004	0,057	0,002	0,000		
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000		
Ca	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,004	0,011	0,018	0,010		
Na	0,026	0,012	0,019	0,020	0,027	0,022	0,014	0,045	0,058	0,063	0,061	0,071	0,124	0,796	0,646	0,859	0,869		
K	1,310	1,308	1,316	1,323	1,305	1,331	1,333	1,269	1,271	1,259	1,263	1,253	1,143	0,097	0,051	0,016	0,017		
Ba	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001		
Membros finais																			
Ab	2,0	0,9	1,4	1,5	2,0	1,6	1,1	3,4	4,4	4,8	4,6	5,4	9,8	88,8	91,2	96,2	97,0		
An	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5	1,5	2,0	1,2		
Or	98,0	99,0	98,6	98,5	98,0	96,5	98,9	96,6	95,6	95,2	95,3	94,6	90,2	10,8	7,2	1,8	1,9		

Química mineral (EPMA) - Feldspatos

Fácies		Equigranular																	
Amostra		IPV-35A																	
Análise	5.3	6.2	6.3	7.2	8.2	10.2	11.2	12.2	13.1	13.2	15.2	16.2	16.4	19.2	20.1	20.4	20.6		
Mineral	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab		
SiO2	68,14	69,01	69,00	68,88	69,06	69,05	69,43	68,67	68,22	69,05	69,17	68,98	69,46	69,28	68,57	69,55	69,99		
TiO2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00		
Al2O3	20,40	20,15	20,39	20,39	20,19	20,32	20,17	20,34	20,90	20,14	20,28	20,33	20,33	20,48	20,35	20,35	20,43		
Fe2O3	0,11	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03	0,02	0,03	0,03		
MnO	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00		
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01		
CaO	0,28	0,09	0,12	0,32	0,05	0,28	0,06	0,26	0,88	0,02	0,08	0,14	0,06	0,24	0,65	0,04	0,08		
Na2O	11,33	11,50	11,55	11,53	11,64	11,41	11,67	11,57	10,97	11,69	11,51	11,81	11,69	11,42	11,21	11,82	11,42		
K2O	0,47	0,16	0,10	0,18	0,17	0,10	0,13	0,13	0,27	0,17	0,14	0,20	0,13	0,14	0,21	0,12	0,17		
SrO	0,08	0,00	0,01	0,07	0,02	0,01	0,05	0,02	0,01	0,05	0,00	0,10	0,05	0,02	0,02	0,00	0,05		
BaO	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,03	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,08	0,00		
Total	100,84	100,96	101,18	101,40	101,14	101,21	101,54	101,09	101,28	101,22	101,21	101,59	101,89	101,62	101,02	102,00	102,18		
Proporções Atômicas (Baseadas em 80)																			
Si	2,596	2,626	2,617	2,611	2,623	2,619	2,628	2,610	2,583	2,623	2,623	2,612	2,619	2,615	2,608	2,621	2,628		
Al IV	1,404	1,374	1,383	1,389	1,377	1,381	1,372	1,390	1,417	1,377	1,377	1,388	1,381	1,385	1,392	1,379	1,372		
Al VI	0,150	0,159	0,163	0,156	0,157	0,160	0,155	0,156	0,165	0,153	0,162	0,151	0,152	0,162	0,156	0,154	0,162		
Fe3+	0,008	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002		
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000		
Ca	0,011	0,003	0,005	0,012	0,002	0,011	0,002	0,010	0,033	0,001	0,003	0,005	0,002	0,009	0,025	0,001	0,003		
Na	0,863	0,875	0,876	0,874	0,884	0,865	0,883	0,879	0,831	0,888	0,873	0,894	0,881	0,862	0,853	0,891	0,858		
K	0,036	0,012	0,008	0,013	0,013	0,008	0,010	0,010	0,020	0,013	0,011	0,015	0,010	0,011	0,016	0,009	0,013		
Ba	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000		
Membros finais																			
Ab	94,9	98,2	98,6	97,2	98,4	97,9	98,6	97,9	94,0	98,5	98,4	97,7	98,6	97,8	95,5	98,9	98,2		
An	1,2	0,4	0,5	1,4	0,2	1,2	0,3	1,1	3,8	0,1	0,4	0,6	0,3	1,0	2,7	0,1	0,3		
Or	4,0	1,4	0,9	1,5	1,4	0,9	1,1	1,1	2,3	1,4	1,2	1,7	1,1	1,2	1,8	1,0	1,5		

Química mineral (EPMA) - Biotita

Fácies	Inequigranular																	Equigranular																	
	IPV-30C																	IPV-35A																	
Amostra																																			
Análise	13.1	13.2	1.1	1.2	1.3	10.1	10.2	11.1	11.3	12.1	12.3	12.4	15.1	15.3	16.1	16.2	16.3																		
SiO2	36,16	35,74	36,94	37,21	37,78	37,71	37,77	36,84	37,86	37,58	37,40	38,58	38,02	36,91	38,64	35,92	37,59																		
TiO2	2,17	2,07	0,36	0,29	0,30	0,33	0,34	0,32	0,39	0,40	0,37	0,19	0,36	0,50	0,37	0,47	0,32																		
Al2O3	19,87	19,50	22,97	23,06	23,06	21,92	22,77	22,83	23,00	23,04	22,79	22,82	22,70	22,28	23,77	21,55	22,67																		
FeO	26,08	26,60	22,09	21,77	21,64	21,52	21,51	22,87	19,42	22,39	22,05	22,49	21,82	21,69	20,61	20,76	21,89																		
MnO	0,81	1,00	1,94	1,87	2,00	1,83	1,81	2,00	1,72	1,86	1,97	1,82	1,77	1,92	1,81	1,79	1,80																		
MgO	1,54	1,63	0,06	0,05	0,09	0,06	0,08	0,09	0,08	0,03	0,08	0,05	0,08	0,07	0,06	0,11	0,07																		
CaO	0,03	0,00	0,08	0,02	0,05	0,00	0,02	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,03	0,02																		
Na2O	0,12	0,14	0,14	0,16	0,16	0,10	0,08	0,22	0,20	0,12	0,18	0,14	0,10	0,20	0,19	0,12	0,15																		
K2O	9,69	9,80	9,94	10,04	9,85	10,01	10,23	9,85	9,86	10,02	9,73	9,85	10,01	9,71	10,03	10,17	10,19																		
BaO	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00																		
ZnO	0,17	0,11	0,14	0,17	0,17	0,15	0,17	0,15	0,11	0,17	0,19	0,13	0,11	0,13	0,15	0,13	0,19																		
F	0,05	0,09	0,64	0,60	0,62	0,67	0,58	0,62	0,72	0,52	0,63	0,62	0,74	0,67	0,65	0,68	0,63																		
Cl	0,03	0,10	0,02	0,00	0,04	0,03	0,01	0,07	0,03	0,00	0,02	0,04	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02																		
Cr2O3	0,01	0,01	0,08	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00																		
Li2O*	0,79	0,67	1,02	1,10	1,26	1,24	1,26	0,99	1,28	1,20	1,15	1,49	1,33	1,01	1,51	0,72	1,21																		
H2O*	3,88	3,81	3,62	3,65	3,67	3,59	3,68	3,61	3,58	3,73	3,64	3,73	3,62	3,56	3,74	3,44	3,65																		
Total	101,39	101,26	99,76	99,80	100,43	98,92	100,06	100,18	98,06	100,87	99,92	101,70	100,34	98,39	101,34	95,65	100,12																		
Proporções atômicas (baseadas em 22O)																																			
Si	5,541	5,520	5,642	5,667	5,698	5,784	5,722	5,625	5,782	5,666	5,686	5,744	5,737	5,704	5,723	5,730	5,707																		
Al iv	2,459	2,480	2,358	2,333	2,302	2,216	2,278	2,375	2,218	2,334	2,314	2,256	2,263	2,296	2,277	2,270	2,293																		
Al vi	1,129	1,070	1,777	1,807	1,797	1,747	1,788	1,734	1,922	1,760	1,770	1,748	1,774	1,762	1,873	1,781	1,764																		
Ti	0,250	0,240	0,041	0,033	0,034	0,038	0,038	0,037	0,044	0,045	0,042	0,022	0,040	0,058	0,041	0,056	0,036																		
Cr	0,001	0,002	0,009	0,004	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000																		
Fe2+	3,342	3,436	2,822	2,773	2,730	2,761	2,725	2,921	2,480	2,823	2,804	2,800	2,754	2,803	2,553	2,769	2,780																		
Mn	0,106	0,131	0,251	0,241	0,256	0,238	0,232	0,259	0,222	0,238	0,254	0,230	0,226	0,251	0,227	0,242	0,231																		
Mg	0,353	0,375	0,014	0,012	0,019	0,014	0,017	0,021	0,018	0,007	0,018	0,011	0,017	0,016	0,014	0,026	0,015																		
Li*	0,488	0,417	0,625	0,671	0,765	0,765	0,766	0,607	0,788	0,729	0,704	0,893	0,807	0,627	0,899	0,464	0,736																		
Zn	0,019	0,013	0,016	0,019	0,019	0,017	0,019	0,017	0,012	0,019	0,021	0,014	0,012	0,015	0,016	0,015	0,022																		
Ca	0,005	0,000	0,013	0,003	0,009	0,000	0,004	0,000	0,019	0,001	0,000	0,000	0,000	0,004	0,011	0,006	0,003																		
Na	0,037	0,041	0,041	0,048	0,048	0,031	0,022	0,064	0,060	0,035	0,052	0,041	0,029	0,060	0,055	0,037	0,045																		
K	1,894	1,931	1,936	1,950	1,895	1,958	1,977	1,918	1,921	1,927	1,887	1,871	1,927	1,914	1,895	2,069	1,973																		
Ba	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000																		
OH*	3,968	3,930	3,687	3,713	3,694	3,668	3,722	3,682	3,645	3,751	3,695	3,701	3,641	3,675	3,696	3,655	3,693																		
F	0,025	0,042	0,307	0,287	0,295	0,325	0,277	0,301	0,347	0,249	0,301	0,290	0,355	0,325	0,304	0,341	0,302																		
Cl	0,007	0,027	0,006	0,000	0,011	0,007	0,002	0,017	0,008	0,000	0,005	0,009	0,004	0,000	0,000	0,004	0,006																		
Razões atômicas																																			
Al total	3,59	3,55	4,14	4,14	4,10	3,96	4,07	4,11	4,14	4,09	4,08	4,00	4,04	4,06	4,15	4,05	4,06																		
Fe/Fe+Mg	0,90	0,90	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99																		

Química mineral (EPMA) - Biotita

Fácies		Equigranular															
Amostra		IPV-35A															
Análise	2.1	2.2	2.3	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.3	9.4	9.5	_ext.1	_ext.2	_ext.4
SiO2	37,38	36,63	38,33	37,50	37,00	37,84	37,18	38,00	37,35	37,07	38,25	37,24	37,91	37,90	37,38	37,12	38,07
TiO2	0,34	0,33	0,37	0,31	0,30	0,22	0,57	0,52	0,32	0,32	0,21	0,40	0,29	0,29	0,37	0,32	0,37
Al2O3	22,46	22,48	23,62	22,71	22,49	22,81	22,41	23,16	22,96	22,83	22,68	22,42	22,83	23,39	22,77	22,82	22,95
FeO	20,95	22,68	20,44	21,73	22,33	21,67	22,96	21,30	20,88	22,65	21,56	21,70	22,41	21,66	23,36	22,47	21,18
MnO	1,96	2,02	1,92	1,95	2,13	1,95	1,95	1,92	1,86	1,93	2,02	1,99	2,01	1,87	2,05	2,01	1,99
MgO	0,12	0,08	0,08	0,10	0,11	0,05	0,10	0,17	0,07	0,09	0,09	0,08	0,12	0,05	0,05	0,04	0,10
CaO	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,03	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,04	0,00
Na2O	0,17	0,18	0,12	0,16	0,14	0,13	0,22	0,15	0,21	0,12	0,12	0,20	0,14	0,14	0,14	0,12	0,20
K2O	9,82	9,22	10,04	9,75	9,86	10,00	9,80	9,64	9,88	9,91	10,04	9,73	9,83	9,90	9,49	9,89	9,57
BaO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,05	0,10	0,05
ZnO	0,16	0,20	0,12	0,15	0,18	0,18	0,23	0,17	0,17	0,18	0,15	0,14	0,15	0,19	0,14	0,18	0,15
F	0,75	0,61	0,66	0,61	0,67	0,69	0,56	0,65	0,65	0,64	0,67	0,65	0,65	0,64	0,59	0,66	0,69
Cl	0,01	0,03	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,02	0,02	0,04	0,01	0,05	0,02	0,02	0,03	0,07	0,03
Cr2O3	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,03	0,07	0,04	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li2O*	1,14	0,93	1,42	1,18	1,04	1,28	1,09	1,32	1,14	1,06	1,40	1,10	1,30	1,30	1,14	1,07	1,34
H2O*	3,55	3,58	3,70	3,65	3,58	3,63	3,68	3,68	3,61	3,62	3,67	3,59	3,68	3,69	3,68	3,61	3,64
Total	98,50	98,70	100,57	99,59	99,62	100,20	100,68	100,49	98,88	100,18	100,60	99,05	101,10	100,80	101,00	100,21	100,03
Proporções atômicas (baseadas em 22O)																	
Si	5,743	5,661	5,724	5,709	5,671	5,724	5,649	5,704	5,711	5,648	5,754	5,713	5,696	5,688	5,650	5,655	5,739
Al iv	2,257	2,339	2,276	2,291	2,329	2,276	2,351	2,296	2,289	2,352	2,246	2,287	2,304	2,312	2,350	2,345	2,261
Al vi	1,810	1,756	1,882	1,785	1,734	1,792	1,662	1,801	1,849	1,748	1,775	1,766	1,740	1,825	1,707	1,753	1,816
Ti	0,040	0,038	0,041	0,036	0,034	0,025	0,065	0,058	0,036	0,036	0,024	0,046	0,032	0,033	0,042	0,037	0,042
Cr	0,000	0,000	0,004	0,002	0,004	0,003	0,008	0,005	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe2+	2,692	2,931	2,553	2,767	2,862	2,742	2,917	2,674	2,670	2,886	2,712	2,784	2,816	2,719	2,953	2,863	2,670
Mn	0,255	0,264	0,243	0,251	0,277	0,250	0,251	0,244	0,241	0,249	0,257	0,259	0,256	0,238	0,262	0,259	0,254
Mg	0,027	0,017	0,019	0,022	0,024	0,012	0,023	0,037	0,017	0,020	0,019	0,019	0,027	0,012	0,012	0,009	0,022
Li*	0,707	0,577	0,853	0,722	0,638	0,777	0,664	0,799	0,699	0,647	0,845	0,681	0,784	0,782	0,696	0,655	0,815
Zn	0,018	0,023	0,013	0,017	0,021	0,020	0,026	0,019	0,019	0,021	0,017	0,015	0,017	0,021	0,016	0,020	0,016
Ca	0,000	0,000	0,000	0,006	0,001	0,000	0,005	0,004	0,009	0,001	0,000	0,000	0,007	0,002	0,001	0,006	0,000
Na	0,052	0,053	0,034	0,048	0,040	0,037	0,064	0,044	0,061	0,035	0,034	0,058	0,041	0,042	0,041	0,035	0,058
K	1,924	1,817	1,913	1,893	1,928	1,930	1,899	1,846	1,927	1,926	1,926	1,904	1,884	1,895	1,830	1,922	1,840
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,001	0,003	0,006	0,003
OH*	3,633	3,695	3,690	3,704	3,664	3,665	3,732	3,686	3,684	3,683	3,679	3,673	3,687	3,693	3,711	3,664	3,663
F	0,364	0,296	0,310	0,295	0,322	0,332	0,268	0,309	0,312	0,306	0,319	0,314	0,307	0,301	0,282	0,318	0,331
Cl	0,003	0,008	0,000	0,001	0,014	0,003	0,000	0,005	0,004	0,011	0,003	0,013	0,005	0,005	0,007	0,018	0,007
Razões atômicas																	
Al total	4,07	4,09	4,16	4,08	4,06	4,07	4,01	4,10	4,14	4,10	4,02	4,05	4,04	4,14	4,06	4,10	4,08
Fe/Fe+Mg	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99

Química mineral (EPMA) – Clorita

Fácies	Porfírica																			
Amostra	IPV-14																			
Análise	1.1	1.2	10.1	10.4	11.1	11.2	13.1	15.1	15.2	16.1	16.2	16.3	19.1	19.2	19.3	2.1				
SiO2	23,66	24,27	23,34	21,73	22,76	22,91	22,73	23,6	23,55	22,55	22,62	22,93	23,65	23,02	23,48	23,47				
TiO2	0,102	0,196	0,088	0	0,135	0,098	0,133	0,165	0,08	0,058	0,157	0,06	0,109	0,1	0	0,865				
Al2O3	20,69	20,24	20,29	19,06	19,56	20,58	21,07	20,17	20,45	20,44	20,07	20,82	20,07	20,72	19,23	19,74				
Cr2O3	0	0	0,016	0,014	0	0,06	0	0,002	0,027	0	0,009	0	0,049	0,02	0	0,038				
Fe2O3	0,45202	1,00005	0,43333	0	0	0,41608	0,18634	0,30753	0,44056	0	0,3054	0,16866	0,63628	0,44843	0,30896	0,55332				
FeO	40,9733	38,9001	40,3401	40,99	41,36	40,0056	41,6523	40,4633	40,2536	41,38	39,485	41,0482	39,9574	41,4265	42,262	40,6121				
MnO	0,802	0,794	0,82	0,838	0,939	0,934	0,744	0,787	0,77	0,792	0,828	0,797	0,809	0,832	0,791	0,887				
MgO	3,38	3,81	3,4	3,24	3,18	3,09	2,86	3,83	3,64	3,08	3,46	3,24	3,17	2,57	2,39	3,58				
ZnO	0,026	0,069	0,071	0,047	0,094	0,062	0	0,045	0,056	0,02	0,034	0,061	0,025	0,04	0,057	0,031				
CaO	0,03	0,035	0,021	0,019	0,036	0,019	0,007	0,034	0,079	0,048	0,01	0,129	0,008	0,026	0	0,002				
Na2O	0	0	0,029	0,002	0,089	0,003	0,029	0,048	0,018	0,032	0,011	0,004	0,08	0,013	0,053	0,02				
K2O	0,047	0,086	0,003	0,115	0,023	0,08	0,025	0,013	0,023	0,001	0,034	0,019	0,087	0	0	0				
BaO	0	0	0,018	0,022	0,007	0	0,034	0	0	0,013	0,025	0	0	0,063	0	0				
F	0	0	0,021	0,017	0,008	0	0,023	0,001	0,015	0	0,017	0,016	0,022	0	0	0				
Cl	0	0,008	0,005	0	0	0,01	0,016	0,019	0	0,008	0	0	0,041	0,005	0,005	0,016				
H2O*	10,6615	10,6524	10,4835	10,018	10,327	10,4211	10,4934	10,5845	10,5772	10,3907	10,273	10,5146	10,4706	10,4696	10,3508	10,5884				
Total	100,824	100,059	99,3689	96,1049	98,5147	98,6865	99,9898	100,065	99,973	98,8047	97,338	99,8007	99,134	99,7802	98,9266	100,399				
Si	5,31426	5,44319	5,317	5,16419	5,26927	5,26059	5,17177	5,33375	5,32258	5,20191	5,2615	5,21764	5,38742	5,25258	5,43163	5,30156				
Al iv	2,68574	2,55681	2,683	2,83581	2,73073	2,73941	2,82823	2,66625	2,67742	2,79809	2,7385	2,78236	2,61258	2,74742	2,56837	2,69844				
Al vi	2,80068	2,81255	2,7754	2,53323	2,61958	2,84063	2,83007	2,71507	2,78021	2,76333	2,7724	2,80649	2,79423	2,83504	2,68249	2,56763				
Ti	0,01723	0,03306	0,01508	0	0,02351	0,01692	0,02276	0,02805	0,0136	0,01006	0,0275	0,01027	0,01867	0,01716	0	0,14695				
Cr	0	0	0,00288	0,00263	0	0,01089	0	0,00036	0,00482	0	0,0017	0	0,00883	0,00361	0	0,00679				
Fe3+	0,07641	0,16879	0,07429	0	0,0719	0,03191	0,05231	0,07493	0	0,0535	0,02888	0,10908	0,077	0,05379	0,09406					
Fe2+	7,69669	7,29642	7,6856	8,27881	8,04811	7,68255	7,926	7,64816	7,60871	7,99447	7,6812	7,8116	7,61243	7,90535	8,17631	7,67223				
Mn	0,15259	0,15084	0,15823	0,16869	0,18414	0,18166	0,14339	0,15066	0,14741	0,15476	0,1631	0,15362	0,1561	0,16081	0,155	0,16972				
Mg	1,13171	1,27379	1,15461	1,14783	1,09748	1,05769	0,97005	1,29035	1,22637	1,05915	1,1997	1,09902	1,07646	0,87416	0,82417	1,20549				
Zn	0,00431	0,01143	0,01194	0,00825	0,01607	0,01051	0	0,00751	0,00935	0,00341	0,0058	0,01025	0,00421	0,00674	0,00974	0,00517				
Ca	0,00722	0,00841	0,00513	0,00484	0,00893	0,00467	0,00171	0,00823	0,01913	0,01186	0,0025	0,03145	0,00195	0,00636	0	0,00048				
Na	0	0	0,02562	0,00184	0,07991	0,00267	0,02559	0,04207	0,01578	0,02863	0,0099	0,00353	0,07067	0,0115	0,04755	0,01752				
K	0,02693	0,0492	0,00174	0,06972	0,01358	0,04686	0,01451	0,0075	0,01326	0,00059	0,0202	0,01103	0,05056	0	0	0				
Ba	0	0	0,00321	0,0041	0,00127	0	0,00606	0	0	0,00235	0,0046	0	0	0,01126	0	0				
F	0	0	0,03026	0,02555	0,01172	0	0,0331	0,00143	0,02144	0	0,025	0,02303	0,0317	0	0	0				
Cl	0	0,00608	0,00386	0	0	0,00778	0,01234	0,01456	0	0	0,0063	0	0	0,03172	0,00392	0,01225				
OH*	16	15,9939	15,9659	15,9744	15,9883	15,9922	15,9546	15,984	15,9786	16	15,969	15,977	15,9683	15,9683	15,9961	15,9877				
Al total	5,48642	5,36936	5,4584	5,36903	5,3503	5,58004	5,6583	5,38132	5,45763	5,56143	5,5109	5,58885	5,40681	5,58246	5,25086	5,26606				
Fe/Fe+Mg	0,87291	0,85424	0,87048	0,87824	0,88	0,87997	0,89135	0,85648	0,86236	0,88301	0,8657	0,87706	0,87765	0,9013	0,90897	0,86564				

Porcentagens de óxidos recalculadas com base em 28 oxigênios (com Fe2+/Fe3+ e OH calculados presumindo-se ocupação completa do sítio cristalográfico).

Química mineral (EPMA) – Clorita

Fácies	Porfítica																
Amostra	IPV-14																
Análise	2.3	20.1	20.2	21.1	21.4	4.1	4.2	4.4	6.1	6.3	7.1	7.3	7.4	8.1	9.2	9.3	
SiO2	23,74	23,08	23,21	22,73	23,37	23,69	22,93	23,77	23,51	22,95	22,85	23,29	23,28	22,5	23,42	23,16	
TiO2	0,058	0,057	0,264	0,085	0,042	0,108	0,026	0,108	0,078	0,02	0,125	0,084	0,17	0,039	0,194	0,131	
Al2O3	20,14	20,95	21,11	20,52	21,83	20,75	20,1	20,57	20,08	20,16	19,24	20,4	20,09	21,31	20,61	21,02	
Cr2O3	0,009	0,078	0	0,03	0	0	0	0	0	0,011	0,055	0,009	0	0,03	0,003	0,019	
Fe2O3	0,35089	0,21643	0,4541	0,00349	0,78443	0,62733	0	1,03631	0,44452	0	0,54406	0,32064	0,26367	0,23053	0,5659	0,46127	
FeO	41,0842	40,7252	40,3514	41,6769	40,9141	39,9955	41,92	40,1175	39,94	42	39,8504	42,0815	41,2527	40,3026	41,3308	40,0749	
MnO	0,738	0,826	0,862	0,892	1,04	0,768	0,87	0,752	0,835	0,84	0,776	0,884	0,783	0,857	0,955	0,851	
MgO	3,6	3,61	3,24	3	2,43	3,58	3,03	2,65	3,57	3,07	2,58	2,56	3,21	3,15	2,5	3,24	
ZnO	0,032	0,034	0,056	0,053	0,048	0,064	0,08	0,052	0,111	0,082	0,08	0,093	0,002	0,034	0,063	0,047	
CaO	0,039	0,017	0,035	0,049	0,007	0,002	0,047	0,054	0,058	0,038	0,037	0,008	0,03	0	0,001	0,005	
Na2O	0	0	0,037	0,025	0	0,008	0,028	0,019	0,027	0,061	0,035	0,013	0,032	0,018	0,046	0,009	
K2O	0,012	0	0,086	0,004	0,04	0,036	0	0,026	0,024	0,044	0,108	0,032	0,007	0,029	0,052	0,154	
BaO	0	0	0,004	0	0	0,058	0	0,015	0,005	0,012	0	0	0,028	0	0,018	0,02	
F	0,007	0,01	0	0	0	0	0	0,009	0	0,005	0,019	0	0,001	0,004	0	0	
Cl	0	0,002	0	0,03	0	0	0	0,016	0	0	0,03	0,013	0,005	0	0	0,034	
H2O *	10,6047	10,5881	10,6187	10,4448	10,6888	10,6427	10,441	10,5307	10,5016	10,4626	10,1103	10,5209	10,4955	10,4584	10,5565	10,5425	
Total	100,412	100,189	100,328	99,5431	101,194	100,33	99,472	99,7255	99,1841	99,7556	96,4398	100,309	99,6499	98,9625	100,315	99,7687	
Si	5,35906	5,21826	0	0,00676	0	0	0	0,0074	0	0,00211	0,01476	0,00293	0,00155	0,00168	0	0,00766	
Al iv	2,64094	2,78174	100,328	99,5364	101,194	100,33	99,472	99,7181	99,1841	99,7535	96,425	100,306	99,6484	98,9608	100,315	99,761	
Al vi	2,7244	2,80583	5,2316	5,20874	5,2307	5,32755	5,26395	5,38447	5,36048	5,24828	5,38411	5,29872	5,31205	5,15258	5,3087	5,24616	
Ti	0,00985	0,00969	2,7684	2,79126	2,7693	2,67245	2,73605	2,61553	2,63952	2,75172	2,61589	2,70128	2,68795	2,84742	2,6913	2,75384	
Cr	0,00161	0,01394	2,85199	2,75377	3,00463	2,83961	2,7065	2,89691	2,76623	2,69298	2,7441	2,77664	2,72157	2,91077	2,82827	2,8725	
Fe3+	0,05961	0,03683	0,04475	0,01465	0,00707	0,01827	0,00449	0,0184	0,01338	0,00344	0,02215	0,01437	0,02917	0,00672	0,03307	0,02232	
Fe2+	7,75637	7,70068	0	0,00544	0	0	0	0	0	0,00199	0,01025	0,00162	0	0,00543	0,00054	0,0034	
Mn	0,14112	0,15819	0,07703	0,0006	0,13213	0,10617	0	0,17666	0,07628	0	0,09648	0,0549	0,04528	0,03973	0,09654	0,07863	
Mg	1,21143	1,21671	7,60665	7,98737	7,6586	7,52226	8,06121	7,60016	7,61613	8,06544	7,85301	8,00697	7,8724	7,71881	7,83521	7,59191	
Zn	0,00533	0,00568	0,16458	0,17314	0,19717	0,1463	0,16918	0,14429	0,16127	0,16271	0,15488	0,17036	0,15134	0,16624	0,18336	0,16328	
Ca	0,00943	0,00412	1,08866	1,02481	0,81077	1,20015	1,03691	0,89485	1,21341	1,04655	0,90623	0,86822	1,09188	1,07533	0,84476	1,09405	
Na	0	0	0,00932	0,00897	0,00793	0,01063	0,01356	0,0087	0,01869	0,01385	0,01392	0,01562	0,00034	0,00575	0,01054	0,00786	
K	0,00691	0	0,00845	0,01203	0,00168	0,00048	0,01156	0,01311	0,01417	0,00931	0,00934	0,00195	0,00733	0	0,00024	0,00121	
Ba	0	0	0,03234	0,02222	0	0,00698	0,02493	0,01669	0,02387	0,0541	0,03198	0,01147	0,02832	0,01599	0,04044	0,00791	
F	0,01	0,0143	0,04945	0,00234	0,02284	0,02065	0	0,01502	0,01396	0,02567	0,06492	0,01857	0,00407	0,01694	0,03007	0,08899	
Cl	0	0,00153	0,00071	0	0	0,01022	0	0,00266	0,00089	0,00215	0	0	0,00501	0	0,0032	0,00355	
OH*	15,99	15,9842	0	0	0	0	0	0,0129	0	0,00723	0,02832	0	0,00144	0,00579	0	0	
Al total	5,36534	5,58757	0	0,02331	0	0	0	0,01229	0	0	0,02396	0,01003	0,00387	0	0	0,02611	
Fe/Fe+Mg	0,86581	0,86412	16	15,9767	16	16	16	15,9748	16	15,9928	15,9477	15,99	15,9947	15,9942	16	15,9739	

Porcentagens de óxidos recalculadas com base em 28 oxigênios (com Fe2+/Fe3+ e OH calculados presumindo-se ocupação completa do sítio cristalográfico).

Química mineral (EPMA) – Clorita

Fácies	Porfírica																Inequigranular															
Amostra	IPV-14																IPV-30C															
Análise	26.1	26.2	12.2	12.3	7.2	1.1	1.2	10.1	16.1	17.1	17.2	17b.2	19.1	19.2	2.2	2.3																
SiO2	24,04	23,73	25,48	24,58	30,25	23,04	22,87	23,81	22,05	23,33	22,42	24,04	22,94	24,1	21,92	22,79																
TiO2	0,103	0,097	0,081	0,054	0,297	0,036	0,06	0,074	0,091	0,033	0,014	0,046	0,05	0,138	0,15	0,021																
Al2O3	20	19,53	16,36	18,66	23,39	20,86	19,06	20,92	19,95	20,02	20,06	20,47	20,3	19,84	19,35	20,21																
Cr2O3	0	0	0	0	0,01	0	0,005	0	0,03	0,014	0,005	0	0	0,017	0	0																
Fe2O3	2,60839	2,45329	5,95768	3,22387	5,15185	0,68896	0	0,80938	0	0	0	0,81558	0	0,94866	0	0,39299																
FeO	38,6128	38,6624	22,719	31,489	27,4341	40,41	40,9	39,8617	42,83	43,02	41,72	40,7061	42,3	39,4164	40,23	39,6864																
MnO	0,845	0,79	0,458	0,646	0,603	1,097	1,067	1,102	1,258	1,33	1,16	1,086	1,164	1,032	1,022	0,981																
MgO	0,004	0,004	1,84	2,45	1,73	2,34	3,18	2,92	2,52	2,55	3,22	2,81	2,65	2,93	3,21	3,01																
ZnO	0,095	0,022	0,29	0,097	0,057	0,149	0,13	0,103	0,162	0,154	0,137	0,094	0,141	0,153	0,121	0,113																
CaO	0,073	0,111	0,267	0,201	0	0,061	0,015	0,08	0,011	0,065	0,023	0,097	0	0,078	0,019	0,004																
Na2O	0,001	0	0,031	0,107	0,093	0	0,038	0,029	0,01	0,046	0	0,019	0,017	0,046	0,08	0,023																
K2O	0,024	0,016	0,205	0,163	3,03	0,018	0,027	0,129	0,006	0,075	0,026	0,013	0,064	0,118	0,05	0,059																
BaO	0	0,007	0,031	0	0	0	0,043	0,025	0,025	0	0,05	0,026	0	0	0,054	0,027																
F	0	0,001	0,045	0,035	0,005	0,005	0	0,015	0,007	0	0	0	0	0	0,008	0,011																
Cl	0	0,018	0,11	0,05	0	0,003	0	0,005	0,027	0,013	0	0,035	0	0	0,024	0																
H2O *	10,1713	10,0244	9,09499	9,8523	11,4988	10,4389	10,2424	10,6254	10,2884	10,556	10,3797	10,6315	10,4782	10,5144	10,0725	10,2953																
Total	96,5776	95,4616	82,9259	91,5822	103,548	99,1441	97,6374	100,501	99,2564	101,203	99,2147	100,881	100,104	99,3314	96,3017	97,619																
Si	5,62171	5,62576	6,48426	5,86712	6,1259	5,27809	5,35023	5,34608	5,10637	5,28619	5,16384	5,39747	5,24587	5,4764	5,18819	5,29345																
Al iv	2,37829	2,37424	1,51574	2,13288	1,8741	2,72191	2,64977	2,65392	2,89363	2,71381	2,83616	2,60253	2,75413	2,5236	2,81181	2,70655																
Al vi	3,18075	3,12745	3,50883	3,18595	3,87402	2,92371	2,61122	2,90238	2,57608	2,64422	2,62765	2,8305	2,72304	2,81104	2,60724	2,83683																
Ti	0,01811	0,01729	0,0155	0,00969	0,04523	0,0062	0,01056	0,0125	0,01585	0,00562	0,00243	0,00777	0,0086	0,02358	0,0267	0,00367																
Cr	0	0	0	0	0,0016	0	0,00092	0	0,00549	0,00251	0,00091	0	0	0,00305	0	0																
Fe3+	0,45904	0,4377	1,14099	0,57911	0,78515	0,11878	0	0,13677	0	0	0	0,1378	0	0,16223	0	0,06869																
Fe2+	7,55163	7,66563	4,83532	6,28605	4,64634	7,74211	8,01762	7,48527	8,40747	8,1874	8,12424	7,64347	8,10465	7,49082	8,03687	7,70923																
Mn	0,16738	0,15864	0,09873	0,13061	0,10344	0,21287	0,21144	0,20959	0,24677	0,25526	0,22631	0,20654	0,22547	0,19864	0,2049	0,19301																
Mg	0,00139	0,00141	0,69802	0,87176	0,52225	0,7991	1,10898	0,97735	0,86995	0,86131	1,10556	0,94048	0,90336	0,99251	1,13258	1,0422																
Zn	0,0164	0,00385	0,05449	0,0171	0,00852	0,0252	0,02246	0,01708	0,0277	0,02577	0,0233	0,01558	0,02381	0,02567	0,02115	0,01938																
Ca	0,01829	0,0282	0,07281	0,05141	0	0,01497	0,00376	0,01925	0,00273	0,01578	0,00568	0,02334	0	0,01899	0,00482	0,001																
Na	0,00091	0	0,03059	0,09905	0,07304	0	0,03447	0,02525	0,00898	0,04042	0	0,01654	0,01508	0,04054	0,07343	0,02072																
K	0,01432	0,00968	0,13309	0,09925	1,56533	0,01052	0,01611	0,07389	0,00354	0,04335	0,01528	0,00745	0,03734	0,0684	0,03019	0,03496																
Ba	0	0,0013	0,00618	0	0	0	0,00788	0,0044	0,00454	0	0,00902	0,00457	0	0	0,01002	0,00491																
F	0	0,0015	0,07244	0,05284	0,0064	0,00725	0	0,0213	0,01025	0	0	0	0	0	0,01198	0,01616																
Cl	0	0,01447	0,0949	0,04046	0	0,00233	0	0,00381	0,0212	0,00999	0	0,02664	0	0	0,01926	0																
OH*	16	15,984	15,8327	15,9067	15,9936	15,9904	16	15,9749	15,9685	15,99	16	15,9734	16	16	15,9688	15,9838																
Al total	5,55905	5,50169	5,02457	5,31883	5,74813	5,64562	5,261	5,5563	5,46972	5,35803	5,46381	5,43304	5,47717	5,33465	5,41905	5,54338																
Fe/Fe+Mg	0,99983	0,99983	0,89542	0,88732	0,91228	0,90773	0,87849	0,88635	0,90623	0,90481	0,88022	0,89217	0,89972	0,8852	0,87648	0,88184																

Porcentagens de óxidos recalculadas com base em 28 oxigênios (com Fe2+/Fe3+ e OH calculados presumindo-se ocupação completa do sítio cristalográfico)

Química mineral (EPMA) – Clorita

Fácies	Inequigranular														Equigranular			
Amostra	IPV-30C														IPV-35A			
Análise	3.3	3.4	5.1	5.2	7.1	8.1	8.2	9.1	9.2	3.5	7.2	12.1	17b.1	13.1				
SiO2	23,93	22,75	22,54	23,03	22,8	22,33	23,75	23,34	23,87	24,19	29,07	22,71	24,51	22,23				
TiO2	0,102	0,013	0,044	0,084	0,087	0	0	0,006	0,067	0,047	0,436	0,071	0,101	0,038				
Al2O3	19,15	19,84	19,06	19,84	19,73	20,35	21,58	20,89	19,67	17,82	20,73	19,1	20,71	20,58				
Cr2O3	0	0,025	0,003	0	0,026	0	0,02	0	0,041	0,011	0	0	0,024	0				
Fe2O3	0,53272	0	0	0	0	0	0,92209	0,5408	0,63082	2,31181	3,9177	0	1,87946	0,40907				
FeO	40,7606	40,44	41,78	42,24	42,55	41,38	40,0303	40,5134	39,6024	34,1397	30,6247	43,85	38,5088	42,0219				
MnO	1,106	0,986	0,993	1,142	1,254	0,965	1,003	1,03	1,032	0,813	0,876	1,281	1,144	2,98				
MgO	2,88	3,68	2,93	2,74	2,53	3,45	2,98	2,91	3,32	2,33	2,12	1,8	1,92	0,051				
ZnO	0,143	0,106	0,09	0,142	0,159	0,111	0,105	0,165	0,126	0,132	0,113	0,179	0,168	0,305				
CaO	0,01	0,009	0,009	0,012	0,053	0,011	0,06	0,036	0,15	0,124	0,065	0,019	0,166	0,021				
Na2O	0,062	0	0,015	0	0	0,042	0	0	0,032	0,071	0,017	0	0,004	0				
K2O	0,076	0,007	0,014	0	0,034	0,001	0,008	0,04	0,126	0,23	2,53	0,353	0,152	0,099				
BaO	0	0,005	0	0,033	0	0,023	0,037	0,028	0	0,033	0	0,022	0	0,001				
F	0,019	0	0,019	0	0,02	0	0,017	0,001	0,031	0,039	0,011	0,052	0,039	0,053				
Cl	0	0,018	0	0	0	0	0,008	0,016	0,013	0,005	0,01	0,016	0,008	0				
H2O*	10,4171	10,3443	10,1843	10,4313	10,3685	10,3952	10,7136	10,5548	10,4535	9,80198	11,0946	10,233	10,5532	10,1665				
Total	99,1804	98,2192	97,6733	99,6943	99,6031	99,0582	101,225	100,067	99,1487	92,081	101,608	99,6605	99,8692	98,9332				
Si	5,48379	5,26611	5,28552	5,29513	5,25489	5,13407	5,2894	5,28826	5,43739	5,83393	6,12694	5,25527	5,50717	5,2021				
Aliv	2,51621	2,73389	2,71448	2,70487	2,74511	2,86593	2,7106	2,71174	2,56261	2,16607	1,87306	2,74473	2,49283	2,7979				
Alvi	2,67078	2,68302	2,56592	2,67226	2,62342	2,66859	2,97179	2,87825	2,73636	2,95033	3,40113	2,49873	3,03091	2,893				
Ti	0,01758	0,00226	0,00776	0,01453	0,01508	0	0	0,00102	0,01148	0,00852	0,06911	0,01236	0,01707	0,00669				
Cr	0	0,00458	0,00056	0	0,00474	0	0,00352	0	0,00738	0,0021	0	0	0,00426	0				
Fe3+	0,09187	0	0	0	0	0	0,15455	0,09221	0,10814	0,41959	0,6214	0	0,31781	0,07204				
Fe2+	7,81186	7,84353	8,24595	8,12386	8,23429	8,04645	7,45601	7,67689	7,54457	6,88591	5,39816	8,59235	7,23636	8,22415				
Mn	0,21469	0,19333	0,19724	0,22241	0,24481	0,18794	0,18921	0,19768	0,19913	0,16608	0,15639	0,25109	0,21773	0,5907				
Mg	0,98383	1,26983	1,02422	0,93912	0,86924	1,18245	0,98935	0,98287	1,12737	0,83767	0,66608	0,62093	0,6431	0,01779				
Zn	0,0242	0,01812	0,01558	0,02411	0,02706	0,01884	0,01727	0,0276	0,02119	0,02351	0,01759	0,03059	0,02787	0,0527				
Ca	0,00246	0,00223	0,00226	0,00296	0,01309	0,00271	0,01432	0,00874	0,03661	0,03204	0,01468	0,00471	0,03997	0,00527				
Na	0,0551	0	0,01364	0	0	0,03745	0	0	0,02827	0,0664	0,01389	0	0,00349	0				
K	0,04443	0,00413	0,00837	0	0,01999	0,00059	0,00455	0,02312	0,07322	0,14151	1,36031	0,20839	0,08713	0,0591				
Ba	0	0,00091	0	0,00595	0	0,00414	0,00646	0,00497	0	0,00624	0	0,00399	0	0,00018				
F	0,02754	0	0,02818	0	0,02916	0	0,02395	0,00143	0,04467	0,05949	0,01466	0,07611	0,05543	0,07845				
Cl	0	0,01413	0	0	0	0	0,00604	0,01229	0,01004	0,00409	0,00715	0,01255	0,00609	0				
OH*	15,9725	15,9859	15,9718	16	15,9708	16	15,97	15,9863	15,9453	15,9364	15,9782	15,9113	15,9385	15,9215				
Al total	5,187	5,41691	5,28039	5,37712	5,36853	5,53452	5,68239	5,59	5,29897	5,11639	5,27419	5,24346	5,52374	5,6909				
Fe/Fe+Mg	0,8893	0,86066	0,88951	0,89638	0,90452	0,87188	0,88496	0,8877	0,8716	0,89713	0,90037	0,93261	0,92155	0,99786				

Porcentagens de óxidos recalculadas com base em 28 oxigênios (com Fe2+/Fe3+ e OH calculados presumindo-se ocupação completa do sítio cristalográfico)

Química mineral (EPMA) - Óxidos

Fácies	Greisen II									
Amostra	IPV-5BI									
Mineral	Cst	Cst	Cst	Cst	Cst	Cst	Cst	Cst	Cst	Cst
Análise	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
Porcentagem em Massa										
SiO2	0,535	0,668	0,563	0,542	0,59	0,586	0,572	0,617	0,633	0,525
Al2O3	0	0	0	0	0,055	0	0,027	0	0	0
FeO	0,171861	0,104376	0,033292	0,102577	0,165563	0,123272	0,205154	0,140368	0,184459	0,222250
MnO	0,01	0	0,016	0,014	0,006	0,004	0,004	0,022	0,009	0
K2O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO		0,399	0,459	0,363	0,437	0,41	0,352	0,36	0,447	
Nb2O5	0	0,013	0,008	0,034	0	0,026	0,233	0,101	0,341	0,014
Ta2O5										
TiO2	0,547	0,904	0,642	0,534	0,572	0,438	0,414	0,587	0,496	1,103
Cr2O3	0	0	0	0,024	0	0	0,047	0	0,046	0
ZnO										
Na2O										
MgO	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0
SnO2	98,93	98,55	98,53	98,71	98,45	98,86	98	98,86	97,91	97,53
WO3										
Fe2O3	0,191	0,116	0,037	0,114	0,184	0,137	0,228	0,156	0,205	0,247
Total	100,1938	100,2893	100,1912	100,4195	100,2015	100,4742	99,91215	100,6793	99,97945	99,84125
Proporção Atômica										
SiO2	0,017809	0,022237	0,018741	0,018042	0,019640	0,019507	0,019041	0,020539	0,021071	0,017476
Al2O3	0	0	0	0	0,001618	0	0,000794	0	0	0
FeO	0,002391	0,001452	0,000463	0,001427	0,002304	0,001715	0,002855	0,001953	0,002567	0,003093
MnO	0,000140	0	0,000225	0,000197	8,45785E	5,63857E	5,63857E	0,000310	0,000126	0
K2O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	0	0	0,007114	0,008184	0,006472	0,007792	0,007310	0,006276	0,006419	0,007970
Nb2O5	0	0,000244	0,000150	0,000639	0	0,000489	0,004382	0,001899	0,006414	0,000263
Ta2O5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TiO2	0,01369	0,02263	0,01607	0,01337	0,01432	0,010966	0,010365	0,014697	0,01241	0,027616
Cr2O3	0	0	0	0,000473	0	0	0,000927	0	0,000907	0
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na2O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MgO	0	0,001240	0	0	0	0	0	0	0	0
SnO2	1,31285	1,307809	1,307544	1,309932	1,306482	1,311923	1,300510	1,311923	1,299316	1,294273
WO3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe2O3	0,00358	0,002179	0,000695	0,002141	0,003456	0,002573	0,004283	0,002930	0,003851	0,004640
Total	1,34689	1,355618	1,350314	1,352268	1,350924	1,352450	1,346245	1,357600	1,349242	1,350694

Química mineral (EPMA) - Óxidos

Fácies	Porfírica										
Amostra	IPV-14										
Mineral	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Iserine?
Análise	1.1	1.2	1.3	9.1	9.2	9.3	11.1	11.2	11.3	11.4	
Porcentagem em Massa											
SiO2	0,01400	0,05200	0,05700	0,02700	0,06300	0,06400	0,04800	0,11800	0,02600	0,41600	
Al2O3	0,05200	0,00000	0,04100	0,00900	0,00000	0,02100	0,02800	0,00300	0,00500	2,84000	
FeO	47,00000	46,05000	44,53000	44,36000	45,51000	45,31000	44,47000	45,27000	45,29000	15,81000	
MnO	5,23000	5,64000	5,75000	5,58000	5,41000	5,26000	6,01000	5,83000	5,89000	2,84000	
K2O	0,01700	0,00900	0,01200	0,00000	0,01100	0,00000	0,00800	0,00000	0,00500	0,00300	
CaO	0,00000	0,03800	0,23800	0,12800	0,06700	0,00000	0,18500	0,08300	0,03800	0,15400	
Nb2O5	0,63400	0,56900	0,75800	0,51500	0,56300	0,61200	0,48600	0,64700	0,54400	0,99200	
Ta2O5											
TiO2	47,13000	48,71000	48,29000	49,55000	48,17000	49,62000	48,84000	49,13000	49,99000	70,44000	
Cr2O3	0,01700	0,00200	0,00000	0,00800	0,00000	0,00000	0,01600	0,00000	0,00000	0,01500	
ZnO	0,12100	0,14000	0,28500	0,14700	0,13300	0,03800	0,17800	0,21900	0,03700	0,04700	
Na2O	0,01900	0,00100	0,00700	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00500	0,00000	0,00000	
MgO	0,00500	0,00000	0,00200	0,01300	0,00000	0,03300	0,00000	0,02100	0,02300	0,00000	
SnO2											
WO3											
Fe2O3	52,23383	51,17804	49,48878	49,29984	50,57791	50,35563	49,42209	50,31118	50,33341	17,57057	
Total	100,23900	101,21100	99,97000	100,33700	99,92700	100,95800	100,26900	101,32600	101,84800	93,55700	
Proporção Atômica.											
SiO2	0,00047	0,00173	0,00190	0,00090	0,00210	0,00213	0,00160	0,00393	0,00087	0,01385	
Al2O3	0,00153	0,00000	0,00121	0,00026	0,00000	0,00062	0,00082	0,00009	0,00015	0,08356	
FeO	0,65414	0,64092	0,61976	0,61740	0,63340	0,63062	0,61893	0,63006	0,63034	0,22004	
MnO	0,07372	0,07950	0,08105	0,07866	0,07626	0,07415	0,08472	0,08218	0,08303	0,04003	
K2O	0,00018	0,00010	0,00013	0,00000	0,00012	0,00000	0,00008	0,00000	0,00005	0,00003	
CaO	0,00000	0,00068	0,00424	0,00228	0,00119	0,00000	0,00330	0,00148	0,00068	0,00275	
Nb2O5	0,01193	0,01070	0,01426	0,00969	0,01059	0,01151	0,00914	0,01217	0,01023	0,01866	
Ta2O5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
TiO2	1,18002	1,21958	1,20906	1,24061	1,20606	1,24236	1,22283	1,23010	1,25163	1,76365	
Cr2O3	0,00034	0,00004	0,00000	0,00016	0,00000	0,00000	0,00032	0,00000	0,00000	0,00030	
ZnO	0,00149	0,00172	0,00350	0,00181	0,00163	0,00047	0,00219	0,00269	0,00045	0,00058	
Na2O	0,00031	0,00002	0,00011	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00008	0,00000	0,00000	
MgO	0,00012	0,00000	0,00005	0,00032	0,00000	0,00082	0,00000	0,00052	0,00057	0,00000	
SnO2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
WO3	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
Fe2O3	0,98129	0,96145	0,92972	0,92617	0,95018	0,94600	0,92846	0,94517	0,94558	0,33009	
Total	1,92424	1,95498	1,93528	1,95209	1,93136	1,96268	1,94393	1,96330	1,97800	2,14344	

Química mineral (EPMA) - Óxidos

Fácies	Porfíritica					Inequigranular					
Amostra	IPV-14					IPV-30C					
Mineral	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Iserine?	Iserine?	Iserine?	Rt	??	
Análise	11.6	11.7	11.8	11.9	Bt5.1	Bt5.2	Bt5.3	Bt5.4	Bt5.5	Bt6.1	
Porcentagem em Massa											
SiO2	0,04700	0,07000	0,07100	0,07500	0,02900	2,21000	1,25400	0,43500	0,69200	24,10000	
Al2O3	0,00000	0,02100	0,02500	0,00000	0,01500	1,50600	0,56000	0,10100	0,08400	2,04000	
FeO	44,08000	45,18000	43,98000	44,05000	42,16000	22,05000	22,76000	11,06000	0,62100	1,40000	
MnO	5,98000	5,82000	5,99000	6,66000	8,69000	0,65000	0,36400	0,23400	0,02900	0,16400	
K2O	0,01300	0,02500	0,00100	0,00000	0,02300	0,12800	0,10200	0,07500	0,10900	0,10600	
CaO	0,18500	0,02300	0,15800	0,02200	0,02900	0,07900	0,09100	0,07000	0,40000	1,13400	
Nb2O5	0,47500	0,65600	0,66100	0,68000	1,15300	0,94400	0,79900	1,59000	1,05400	0,19700	
Ta2O5											
TiO2	50,11000	49,23000	48,60000	49,24000	47,27000	62,18000	64,33000	80,73000	95,81000	0,03000	
Cr2O3	0,00000	0,00000	0,01900	0,00000	0,00200	0,02500	0,02400	0,00000	0,00000	0,00000	
ZnO	0,14100	0,16800	0,18100	0,28200	0,47100	0,07500	0,07700	0,06200	0,03100	0,00500	
Na2O	0,00000	0,00600	0,01600	0,00000	0,00700	0,03200	0,03900	0,00900	0,04600	0,00000	
MgO	0,01200	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,02100	0,00000	0,00000	0,00000	0,01200	
SnO2											
WO3											
Fe2O3	48,98866	50,21116	48,87753	48,95532	46,85486	24,50545	25,29451	12,29162	0,69015	1,55590	
Total	101,04300	101,19900	99,70200	101,00900	99,84900	89,90000	90,40000	94,36600	98,87600	29,18800	
Proporção Atômica.											
SiO2	0,00156	0,00233	0,00236	0,00250	0,00097	0,07357	0,04174	0,01448	0,02304	0,80226	
Al2O3	0,00000	0,00062	0,00074	0,00000	0,00044	0,04431	0,01648	0,00297	0,00247	0,06002	
FeO	0,61350	0,62881	0,61211	0,61308	0,58678	0,30689	0,31677	0,15393	0,00864	0,01949	
MnO	0,08430	0,08204	0,08444	0,09388	0,12250	0,00916	0,00513	0,00330	0,00041	0,00231	
K2O	0,00014	0,00027	0,00001	0,00000	0,00024	0,00136	0,00108	0,00080	0,00116	0,00113	
CaO	0,00330	0,00041	0,00282	0,00039	0,00052	0,00141	0,00162	0,00125	0,00713	0,02022	
Nb2O5	0,00893	0,01234	0,01243	0,01279	0,02169	0,01776	0,01503	0,02991	0,01983	0,00371	
Ta2O5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
TiO2	1,25463	1,23260	1,21683	1,23285	1,18353	1,55684	1,61067	2,02128	2,39885	0,00075	
Cr2O3	0,00000	0,00000	0,00038	0,00000	0,00004	0,00049	0,00047	0,00000	0,00000	0,00000	
ZnO	0,00173	0,00206	0,00222	0,00347	0,00579	0,00092	0,00095	0,00076	0,00038	0,00006	
Na2O	0,00000	0,00010	0,00026	0,00000	0,00011	0,00052	0,00063	0,00015	0,00074	0,00000	
MgO	0,00030	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00052	0,00000	0,00000	0,00000	0,00030	
SnO2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
WO3	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
Fe2O3	0,92032	0,94329	0,91823	0,91969	0,88023	0,46037	0,47519	0,23092	0,01297	0,02923	
Total	1,96840	1,96157	1,93459	1,95896	1,92260	2,01374	2,01057	2,22882	2,46265	0,91025	

Química mineral (EPMA) - Óxidos

Fácies	Inequigranular											Equigranular		
Amostra	IPV-30C											IPV-35A		
Mineral	??	Rt	Ilm	Ilm	Ilm	Ilm	Iserine?	Ilm	Columb	Columb	Columb			
Análise	Bt6.2	Bt7.1	Bt9b.1	Bt9b.2	Bt9b.3	Bt12.1	Bt12.2	Bt12.3	1.1	1.2	Bt2.1			
	Porcentagem em Massa													
SiO2	19,64000	1,31700	0,58300	0,11100	0,40300	0,02400	0,93700	0,10700	0,16600	0,12800	3,16000			
Al2O3	1,77500	0,39400	0,13500	0,07600	0,06100	0,00400	0,23000	0,03200	0,00400	0,00000	0,50200			
Feo	0,97700	3,79000	26,3700	43,9200	31,3900	44,32000	22,2500	42,35000	12,37000	12,50000	8,81000			
MnO	0,05300	0,08600	0,60500	2,06000	0,64400	8,24000	0,50200	8,70000	9,42000	9,49000	6,46000			
K2O	0,08500	0,11900	0,00600	0,00800	0,00000	0,00000	0,17800	0,09800	0,00000	0,02200	0,22800			
CaO	1,31600	0,23800	0,01800	0,01300	0,03100	0,00000	0,05500	0,00000	0,01800	0,01100	5,84000			
Nb2O5	0,41300	6,52000	1,11200	0,39600	0,43400	1,15900	0,21800	1,35400	62,00000	61,99000	46,96000			
Ta2O5									15,24400	15,04400	24,19300			
TiO2	0,17500	81,0900	59,3200	50,0200	56,7400	46,28000	64,8500	47,38000	0,75900	0,75800	3,58000			
Cr2O3	0,00000	0,00100	0,00000	0,02300	0,00000	0,01200	0,00000	0,00000	0,01700	0,00100	0,01300			
ZnO	0,00000	0,01000	0,04700	0,64100	0,10700	0,04900	0,14900	0,15800	0,00100	0,01500	0,05200			
Na2O	0,00000	0,10900	0,00000	0,01100	0,00000	0,00000	0,01100	0,00000	0,00100	0,00900	0,20200			
MgO	0,02000	0,03100	0,00000	0,00000	0,00300	0,00100	0,00900	0,00000	0,00000	0,03200	0,00000			
SnO2														
WO3														
Fe2O3	1,08580	4,21205	29,3065	48,8108	34,8855	49,25539	24,7277	47,06601						
Total	24,4540	93,7050	88,1960	97,2790	89,8130	100,0890	89,3890	100,179	100,0000	100,0000	100,0000			
	Proporção Atômica.													
SiO2	0,65379	0,04384	0,01941	0,00370	0,01342	0,00080	0,03119	0,00356	0,00553	0,00426	0,10519			
Al2O3	0,05223	0,01159	0,00397	0,00224	0,00179	0,00012	0,00677	0,00094	0,00012	0,00000	0,01477			
Feo	0,01360	0,05275	0,36701	0,61127	0,43688	0,61684	0,30967	0,58942	0,17216	0,17397	0,12262			
MnO	0,00075	0,00121	0,00853	0,02904	0,00908	0,11615	0,00708	0,12264	0,13279	0,13378	0,09106			
K2O	0,00090	0,00126	0,00006	0,00008	0,00000	0,00000	0,00189	0,00104	0,00000	0,00023	0,00242			
CaO	0,02347	0,00424	0,00032	0,00023	0,00055	0,00000	0,00098	0,00000	0,00032	0,00020	0,10414			
Nb2O5	0,00777	0,12264	0,02092	0,00745	0,00816	0,02180	0,00410	0,02547	1,16625	1,16606	0,88334			
Ta2O5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,17249	0,17022	0,27374			
TiO2	0,00438	2,03030	1,48523	1,25238	1,42063	1,15874	1,62369	1,18628	0,01900	0,01898	0,08963			
Cr2O3	0,00000	0,00002	0,00000	0,00045	0,00000	0,00024	0,00000	0,00000	0,00034	0,00002	0,00026			
ZnO	0,00000	0,00012	0,00058	0,00788	0,00131	0,00060	0,00183	0,00194	0,00001	0,00018	0,00064			
Na2O	0,00000	0,00176	0,00000	0,00018	0,00000	0,00000	0,00018	0,00000	0,00002	0,00015	0,00326			
MgO	0,00050	0,00077	0,00000	0,00000	0,00007	0,00002	0,00022	0,00000	0,00000	0,00079	0,00000			
SnO2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000			
WO3	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000			
Fe2O3	0,02040	0,07913	0,55056	0,91698	0,65537	0,92533	0,46454	0,88420						
Total	0,75738	2,27051	1,90603	1,91490	1,89191	1,91531	1,98760	1,93130	1,66902	1,66884	1,69107			

Química mineral – EPMA - Zircão

Análise	14-16_b	14-23_b	14-21_zi	14-18_b	14-17_b	14-24_zi	14-25_n	14-08_b	14-14_b	14-07_n	14-04_b	14-20_n	14-11_b
Elemento	% Massa em óxido												
Si	29,13	27,33	29,21	27,06	30,21	32,03	30,05	31,39	33,04	32,34	32,26	32,11	31,28
Al	0,73	1,51	0,73	1,51	0,29	0,04	0,14	0,50	2,82	0,00	0,00	0,04	0,00
Fe	2,55	1,43	0,81	1,71	0,53	0,03	0,39	0,03	0,02	0,02	0,00	0,02	0,01
Gd	0,19	0,59	0,23	0,74	0,17	0,00	0,08	0,02	0,01	0,04	0,00	0,06	0,00
Dy	0,33	0,63	0,38	1,04	0,23	0,02	0,06	0,03	0,03	0,12	0,02	0,03	0,06
Hf	1,23	1,37	1,04	1,28	1,62	1,29	1,28	1,16	1,15	1,10	1,07	1,02	1,05
Yb	0,50	0,61	0,49	1,66	0,38	0,14	0,15	0,12	0,11	0,08	0,12	0,19	0,04
K	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,21	0,58	0,25	0,72	0,09	0,03	0,10	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,18	0,31	0,12	0,39	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00
U	0,27	0,14	0,14	0,36	0,03	0,18	0,07	0,05	0,09	0,05	0,00	0,00	0,01
Zr	57,30	48,67	57,73	41,35	61,93	65,60	64,41	58,37	63,28	66,64	66,63	65,71	67,39
Y	2,58	4,32	2,37	7,98	1,48	0,30	0,60	0,17	0,12	0,07	0,12	0,35	0,09
Nb	0,20	0,20	0,12	1,57	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Th	0,52	0,52	0,20	1,47	0,64	0,18	0,08	0,03	0,02	0,00	0,03	0,11	0,02
F	0,59	1,18	0,51	0,82	0,21	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total:	96,52	89,41	94,32	89,64	98,03	99,85	97,51	91,89	100,72	100,47	100,26	99,66	99,96
Proporção atômica													
Si	3,77	3,76	3,83	3,81	3,85	3,96	3,84	4,13	3,95	3,96	3,96	3,97	3,88
Al	0,11	0,25	0,11	0,25	0,04	0,01	0,02	0,08	0,40	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe	0,28	0,16	0,09	0,20	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gd	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dy	0,01	0,03	0,02	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hf	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Yb	0,02	0,03	0,02	0,07	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,03	0,08	0,04	0,11	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,02	0,03	0,01	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zr	3,61	3,26	3,69	2,84	3,85	3,96	4,01	3,75	3,69	3,98	3,99	3,96	4,07
Y	0,18	0,32	0,17	0,60	0,10	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01
Nb	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Th	0,01	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,24	0,51	0,21	0,36	0,08	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zr/Hf	40,67	31,02	48,54	28,20	33,37	44,40	43,93	44,09	47,97	53,12	54,42	56,11	55,80
Th/U	1,90	3,61	1,40	4,06	20,18	0,95	1,23	0,57	0,21	0,10	25,40	95,79	1,70
Zr/Nb	303,56	256,55	511,60	27,89	442,54	48563,81	47682,85	43211,43	46846,31	49333,73	49326,33	48645,25	49888,95

Química mineral – LA-ICP-MS - Zircão

Análise	14-16	14-23_b	14-21_b	14-18_b	14-17_zi	14-24_b	14-25_zi	14-8_1	14-14_b1	14-7_1	14-4_1	14-20_n	14-11_1
	Elementos traço												
Elemento	Elementos traço												
Li7	3,87	2,98	4,53	1,62	7,27	20,22	10,36	3,48	11,87	5,03	1,34	0,28	1,36
Sc45	814,10	327,32	356,43	342,09	533,09	113,36	157,84	210,66	155,52	184,26	218,40	160,78	197,01
Mn55	778,45	534,73	275,99	522,93	874,75	47,86	132,49	125,20	16,00	50,85	65,91	40,29	21,30
Co59	0,63	0,22	0,13	<0,064	0,13	<0,062	0,09	0,15	<0,091	<0,40	<0,141	<0,065	<0,073
Rb85	9,53	3,00	1,65	2,52	3,60	0,23	0,57	18,76	0,43	<0,60	0,52	0,25	0,97
Sr88	40,62	60,14	24,62	70,10	78,55	6,96	16,07	6,15	3,84	2,58	5,06	3,00	1,86
Mo95	13,62	1,07	2,27	0,96	4,43	1,88	1,90	2,63	2,47	2,06	6,27	1,96	2,62
Sn118	635,05	792,94	902,93	453,72	1265,24	8,68	60,40	99,62	1,77	18,29	134,83	143,18	14,70
Sb121	1,93	0,87	1,69	0,27	1,59	0,14	0,26	0,31	<0,29	<1,02	<0,30	<0,22	<0,24
Ba137	12,94	14,61	7,19	8,93	17,55	0,74	1,85	2,06	<0,42	<1,26	0,86	0,79	<0,38
La139	253,59	218,94	173,08	91,42	254,61	12,44	26,12	28,70	91,58	14,16	19,52	16,79	3,89
Ce140	2543,35	1262,65	1272,50	1320,30	2348,47	102,44	269,21	277,43	242,31	119,84	232,74	148,52	49,59
Pt141	431,22	239,39	262,21	194,05	426,99	13,18	46,69	42,61	25,91	20,93	40,18	25,41	5,77
Nd143	2583,77	1337,35	1582,14	1150,35	2418,33	73,99	271,93	254,36	108,56	115,06	237,34	133,74	35,42
Sm147	2363,83	1333,53	1515,35	929,15	1856,43	49,33	210,60	222,14	21,74	103,53	193,88	117,24	36,38
Eu151	163,90	108,84	114,36	95,49	139,45	5,09	20,38	13,57	0,95	6,99	16,25	10,69	2,57
Gd157	3724,31	2183,03	2292,43	1416,59	2607,79	89,36	308,44	361,37	33,60	168,62	322,55	212,82	86,64
Tb159	1111,79	573,67	585,23	402,81	695,02	25,32	87,29	103,97	8,90	43,79	93,53	57,94	25,93
Dy161	9246,52	4303,70	4275,18	3468,96	5457,13	241,84	696,80	905,77	97,88	380,84	772,37	475,90	259,24
Ho165	2403,34	991,08	987,56	921,11	1338,70	77,83	178,38	246,39	37,95	102,77	200,46	135,01	84,42
Er166	8602,85	3071,05	3125,37	3460,52	4692,89	331,83	653,56	912,34	186,74	417,95	752,94	496,13	350,33
Tm169	1617,15	554,66	551,19	677,32	854,01	71,10	122,62	171,27	41,48	77,39	142,11	91,85	69,83
Yb173	13783,46	4287,43	4592,29	5855,90	7018,59	674,37	1060,89	1508,73	439,19	752,93	1259,01	778,64	634,15
Lu175	2072,84	613,87	662,73	889,25	1060,64	124,15	177,70	241,45	81,61	129,93	208,35	129,00	115,02
Hf179	14679,70	10767,92	10141,13	8123,17	13777,60	10735,75	9950,28	11143,40	13358,69	13045,58	11829,83	7979,01	10578,13
Ta181	468,49	63,19	34,10	92,76	538,81	14,19	17,33	26,74	4,20	14,91	99,30	9,91	2,70
Pb206	565,27	1340,93	3115,86	437,81	2334,13	560,53	561,04	240,32	236,37	176,30	190,94	218,03	99,44
Pb207	389,06	1129,04	2746,68	341,35	1913,60	48,34	206,08	93,44	18,45	84,60	86,13	143,90	16,16
Pb208	453,57	1291,01	2994,78	385,27	2278,02	67,44	247,01	112,95	28,62	81,91	109,84	165,16	25,49
REE	50901,92	21079,19	21991,62	20873,22	31169,05	1892,27	4130,61	5290,10	1418,40	2454,73	4491,23	2829,68	1759,18
LREE	8175,76	4391,86	4805,28	3685,27	7304,83	251,38	824,55	825,24	490,10	373,52	723,66	441,70	131,05
HREE	42726,16	16687,33	17186,34	17187,95	23864,22	1640,89	3306,06	4464,86	928,30	2081,21	3767,57	2387,98	1628,13

Química mineral – EPMA - Zircão

Análise	14-03_n	14-01_zi	14-12_zi	14-14_n	14-13_n	14-06_zi	14-10_n	14-05_zi	14-20_zi	14-22_b	14-27_b	14-19_b	14-03_n
Elemento	% Massa em óxido												
Si	32,44	32,78	31,83	31,82	32,50	31,27	32,15	32,26	33,60	29,07	31,37	29,83	32,02
Al	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,21	0,89	0,46	0,29	0,00
Fe	0,00	0,04	0,02	0,02	0,17	0,03	0,02	0,00	0,02	0,48	0,35	0,33	0,00
Gd	0,01	0,08	0,03	0,03	0,01	0,03	0,05	0,03	0,07	0,40	0,19	0,16	0,07
Dy	0,00	0,00	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,14	0,51	0,20	0,18	0,04
Hf	0,99	1,02	1,02	1,21	1,03	1,00	0,89	0,92	1,10	1,53	1,15	1,31	0,99
Yb	0,08	0,11	0,07	0,06	0,07	0,11	0,17	0,08	0,25	0,71	0,35	0,28	0,09
K	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,06	0,28	0,15	0,34	0,01
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,07	0,16	0,08	0,08	0,01
U	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,29	0,06	0,12	0,02
Zr	65,86	65,69	66,51	65,94	65,99	66,68	66,64	66,07	63,29	54,87	61,85	62,41	67,93
Y	0,16	0,08	0,09	0,10	0,08	0,10	0,18	0,07	0,56	3,34	1,53	1,21	0,09
Nb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,54	0,11	0,07	0,00
Th	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,07	1,12	0,20	0,40	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,17	0,25	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total:	99,58	99,83	99,71	99,29	99,95	99,25	100,16	99,49	99,48	94,94	98,20	97,28	101,29
Elemento	Proporção atômica												
Si	4,00	4,02	3,94	3,95	3,99	3,90	3,95	3,98	4,11	3,81	3,94	3,82	3,91
Al	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,14	0,07	0,04	0,00
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,04	0,00
Gd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00
Dy	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
Hf	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,06	0,04	0,05	0,03
Yb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,05	0,00
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
U	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Zr	3,96	3,93	4,01	3,99	3,95	4,05	4,00	3,98	3,77	3,51	3,79	3,90	4,04
Y	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,04	0,23	0,10	0,08	0,01
Nb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00
Th	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,07	0,10	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zr/Hf	57,94	56,28	56,78	47,58	55,69	58,13	65,42	62,75	50,41	31,31	46,84	41,59	59,80
Th/U	25,13	22,50	0,85	0,00	0,00	1,01	26,36	15,64	7,23	3,83	3,24	3,21	0,01
Zr/Nb	48756,29	48630,44	49237,49	48815,52	48852,53	49363,34	49333,73	48911,76	2114,33	108,55	608,16	885,96	-

Química mineral – LA-ICP-MS - Zircão

Análise	14-3_1	14-1_1	14-12_1	14-14_n2	14-13_1	14-6_1	14-10_1	14-5_1	14-20_zi	14-22_n	14-27_n	14-19_n
	Elementos traço											
Elemento												
Li7	1,04	0,43	<0,44	0,60	1,18	2,46	0,80	<0,59	3,56	6,00	2,70	7,22
Sc45	155,56	99,16	182,19	156,82	127,19	184,50	186,26	195,63	224,10	675,61	491,70	547,92
Mn55	20,41	2,21	<0,97	<0,94	3,12	73,48	11,91	47,05	236,81	934,79	747,88	869,78
Co59	<0,058	<0,037	0,06	<0,085	<0,083	0,40	0,03	<0,120	<0,069	0,91	0,13	0,18
Rb85	<0,148	0,13	<0,152	<0,147	<0,137	0,38	0,26	0,61	0,65	11,68	4,28	7,36
Sr88	1,03	0,08	0,31	0,29	0,40	1,07	1,05	4,60	21,02	98,19	81,80	77,88
Mo95	2,10	1,26	2,70	1,65	1,94	3,75	2,84	2,58	1,51	21,82	3,65	6,77
Sn118	14,05	1,21	<0,80	1,94	5,32	3,91	12,50	53,27	279,80	154,19	1197,98	1533,35
Sb121	<0,209	<0,120	<0,24	<0,23	<0,198	<0,31	0,27	<0,24	<0,23	1,17	2,22	1,33
Ba137	<0,42	0,21	<0,46	<0,37	0,45	<0,49	<0,55	<0,60	3,41	22,41	16,62	11,19
La139	14,78	1,30	<0,055	1,90	0,90	9,88	20,59	7,35	74,84	303,80	336,11	225,27
Ce140	73,24	10,70	15,71	22,29	22,22	50,38	68,53	77,27	634,08	3282,03	2390,06	2077,84
Pr141	7,60	0,74	0,56	1,62	1,88	5,56	7,94	11,47	109,22	542,90	425,61	337,19
Nd143	45,15	3,61	7,09	13,77	11,31	23,28	40,52	68,54	588,49	3302,71	2326,87	1900,20
Sm147	25,15	3,51	12,79	14,91	12,04	20,16	27,45	62,30	454,58	2313,56	2017,38	1441,42
Eu151	2,23	0,38	0,96	1,37	0,71	1,52	2,81	4,33	40,62	169,98	244,49	145,03
Gd157	55,90	12,48	46,50	43,35	27,57	61,19	60,87	121,86	672,26	3302,68	3004,36	2034,48
Tb159	15,95	4,24	15,29	15,20	8,54	18,93	19,23	36,58	197,16	896,95	795,37	574,80
Dy161	158,88	46,99	170,13	147,80	85,94	199,00	189,59	330,11	1493,84	6996,83	5804,51	4608,44
Ho165	51,06	16,34	59,94	51,09	28,42	66,52	63,15	99,85	368,35	1726,10	1354,86	1102,17
Er166	204,27	68,76	258,05	212,19	119,38	284,70	269,00	393,55	1237,66	5842,92	4341,65	3889,07
Tm169	40,87	14,66	50,60	42,14	24,73	56,69	52,80	76,54	235,31	1061,96	773,80	720,22
Yb173	371,61	132,48	472,89	407,64	233,40	515,15	494,83	689,77	1964,25	8980,95	6279,26	5943,37
Lu175	67,94	26,09	86,24	72,66	43,80	93,53	90,32	119,34	302,35	1372,96	936,36	873,29
Hf179	8263,19	5211,88	10114,98	8788,38	7275,72	10775,34	10013,36	10514,38	9985,43	16604,85	10805,50	10725,69
Ta181	5,57	0,72	1,16	2,08	1,76	3,10	1,33	4,47	43,14	470,22	66,11	153,95
Pb206	63,04	18,82	42,57	53,49	43,05	59,28	97,97	88,99	396,74	1280,81	2839,06	396,56
Pb207	21,82	1,89	2,58	8,48	4,92	6,44	12,92	26,17	290,36	864,92	2284,33	215,44
Pb208	27,45	3,60	7,67	13,82	11,29	11,69	20,83	33,72	338,02	1018,76	2721,36	301,39
REE	1134,63	342,28	1196,75	1047,93	620,84	1406,49	1407,63	2098,86	8373,01	40096,33	31030,69	25872,79
LREE	165,92	19,86	36,15	54,49	48,35	109,26	165,03	226,93	1861,21	9745,00	7496,03	5981,92
HREE	968,71	322,42	1160,60	993,44	572,49	1297,23	1242,60	1871,93	6511,80	30351,33	23534,66	19890,87

Química mineral – EPMA - Zircão

Análise	30-13_b	30-17_n	30-18_b	30-22_zi	30-20_b	30-15_zi	30-14_b	30-12_b	30-05_b	30-09_b	30-19_zi	30-20_n	30-07_b	30-23_b
Elemento	% Massa em óxido													
Si	25,60	32,39	26,92	32,58	28,13	28,73	27,76	27,41	26,66	32,34	28,19	31,81	27,33	32,53
Al	1,11	0,01	1,34	0,00	0,66	0,18	0,71	1,81	1,29	0,00	0,80	0,01	1,92	0,01
Fe	2,27	0,00	1,34	0,04	1,65	0,98	0,74	0,99	1,44	0,00	0,84	0,03	0,79	0,03
Gd	0,61	0,05	0,70	0,10	0,37	0,06	0,39	0,75	0,62	0,01	0,34	0,00	0,96	0,02
Dy	0,75	0,04	0,95	0,01	0,43	0,06	0,42	0,95	0,76	0,03	0,52	0,03	1,14	0,03
Hf	1,37	1,05	1,32	1,00	1,34	1,28	1,43	1,26	1,30	1,91	0,99	0,97	1,29	1,48
Yb	1,04	0,14	1,07	0,16	0,57	0,43	0,55	1,21	0,91	0,14	0,73	0,09	1,13	0,10
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Ca	0,69	0,01	0,86	0,00	0,41	1,22	1,05	1,19	0,76	0,00	0,30	0,00	1,25	0,00
P	0,85	0,00	0,24	0,00	0,61	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00
Ti	0,32	0,00	0,53	0,00	0,12	0,01	0,19	0,32	0,18	0,00	0,15	0,00	0,43	0,00
U	0,36	0,00	0,44	0,01	0,05	1,07	0,40	0,59	0,19	0,15	0,35	0,02	0,57	0,08
Zr	46,99	66,60	46,57	66,46	57,13	55,67	53,94	43,33	49,47	65,92	57,16	67,05	42,52	66,00
Y	5,21	0,14	5,57	0,22	2,86	1,20	2,73	7,08	4,93	0,09	3,01	0,17	7,30	0,07
Nb	0,71	0,00	1,15	0,00	0,02	0,00	0,28	0,96	0,38	0,00	0,13	0,00	1,20	0,00
Th	1,50	0,01	1,10	0,04	0,59	0,51	0,30	1,09	0,44	0,01	0,43	0,03	0,94	0,03
F	1,32	0,00	0,63	0,00	0,97	0,10	0,70	0,46	1,15	0,00	0,87	0,00	0,44	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total:	90,69	100,43	90,73	100,62	95,92	91,49	91,58	89,40	91,15	100,61	95,37	100,23	89,24	100,38
Proporção atômica														
Si	3,54	3,97	3,74	3,98	3,65	3,93	3,77	3,85	3,63	3,97	3,67	3,92	3,85	3,99
Al	0,18	0,00	0,22	0,00	0,10	0,03	0,11	0,30	0,21	0,00	0,12	0,00	0,32	0,00
Fe	0,26	0,00	0,16	0,00	0,18	0,11	0,08	0,12	0,16	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00
Gd	0,03	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00
Dy	0,03	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,02	0,04	0,03	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00
Hf	0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,03	0,05	0,05
Yb	0,04	0,01	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	0,04	0,01	0,03	0,00	0,05	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,10	0,00	0,13	0,00	0,06	0,18	0,15	0,18	0,11	0,00	0,04	0,00	0,19	0,00
P	0,10	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
Ti	0,03	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00
U	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
Zr	3,17	3,98	3,15	3,96	3,61	3,71	3,57	2,97	3,28	3,95	3,63	4,03	2,92	3,95
Y	0,38	0,01	0,41	0,01	0,20	0,09	0,20	0,53	0,36	0,01	0,21	0,01	0,55	0,00
Nb	0,04	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,02	0,00	0,01	0,00	0,08	0,00
Th	0,03	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
F	0,58	0,00	0,28	0,00	0,40	0,04	0,30	0,20	0,49	0,00	0,36	0,00	0,20	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zr/Hf	29,94	55,32	30,80	58,22	37,22	37,97	32,93	30,02	33,22	30,13	50,26	60,26	28,78	38,93
Th/U	4,12	-	2,47	4,90	11,13	0,47	0,75	1,83	2,33	0,04	1,23	1,28	1,62	0,34
Zr/Nb	70,46	-	42,87	-	3324,22	-	206,29	47,61	138,30	-	455,47	-	37,59	-

Química mineral – LA-ICP-MS - Zircão

Análise	30C-13_b	30C-17_b	30C-18_b	30C-22_b	30C-20_b	30C-15_b	30C-14_b	30C-12	30C-5_1	30C-9_1_b	30C-19_zi	30C-20_zi	30C-7_1_b	30C-23_b
Elemento	Elementos traço													
Li7	1,52	2,24	2,37	1,50	3,15	3,14	5,12	1,11	1,48	5,08	3,15	2,61	8,68	3,72
Sc45	679,42	430,61	552,24	1021,45	480,77	401,64	631,84	279,55	174,16	160,63	487,23	438,06	171,01	215,18
Mn55	400,41	517,99	631,12	513,59	348,31	1445,09	633,27	455,19	19,41	37,54	160,37	154,11	75,51	32,61
Co59	8,82	4,40	<0,34	2,38	8,72	2,86	15,66	1,87	0,16	<0,132	1,72	1,26	0,12	0,08
Rb85	9,85	5,00	8,08	5,92	3,25	20,81	6,57	9,56	0,83	0,84	7,44	2,63	24,56	1,16
Sr88	75,51	66,45	388,71	69,74	43,69	146,32	83,84	56,41	3,04	5,67	41,91	19,40	7,86	3,94
Mo95	8,94	4,28	2,98	9,76	13,37	8,72	13,40	4,58	1,91	2,95	8,08	5,45	2,67	2,76
Sn118	1191,38	144,91	985,01	404,70	595,74	323,12	708,94	91,28	91,31	14,95	1651,01	302,43	21,29	97,79
Sb121	2,53	1,67	1,90	2,92	1,46	1,56	1,19	1,03	0,24	<0,20	3,56	1,03	<0,22	0,52
Ba137	455,52	222,00	131,70	309,40	209,62	170,83	237,57	101,59	16,29	9,59	207,42	126,40	5,96	30,28
La139	330,55	290,16	148,05	663,73	348,27	380,20	841,69	226,67	31,68	8,46	624,51	619,98	17,61	47,38
Ce140	3428,30	1824,90	2175,45	3283,11	1698,60	1791,87	3225,51	1562,82	149,47	87,06	3807,10	1777,81	136,36	231,68
Pr141	523,56	340,46	328,53	696,98	376,46	372,96	659,00	295,81	32,94	11,78	532,61	319,12	22,46	47,95
Nd143	3031,73	1985,63	2056,87	4036,91	2167,72	2086,63	3580,55	1569,73	185,61	63,94	2835,68	1688,20	129,64	270,38
Sm147	2573,39	1455,74	2092,13	3041,65	1675,80	1435,14	2331,86	1114,20	153,00	48,29	1901,56	1123,70	95,70	224,97
Eu151	93,25	68,47	74,97	123,26	68,30	56,98	100,72	43,13	7,29	1,43	67,04	48,94	4,09	8,30
Gd157	3901,84	2160,97	3500,47	4391,07	2497,11	2087,45	3268,57	1521,32	236,98	81,45	2780,85	1690,78	148,54	346,01
Tb159	1093,84	594,55	1031,52	1210,43	691,38	540,62	878,81	412,17	67,91	23,89	809,67	455,43	42,48	104,76
Dy161	8861,31	4789,41	8171,20	8971,03	5203,17	4044,74	6580,89	3034,54	551,87	222,02	6618,52	3509,44	353,30	839,27
Ho165	2284,74	1208,08	2031,53	2153,88	1230,07	955,65	1530,87	756,01	138,33	69,23	1759,95	853,91	107,19	214,17
Er166	7964,14	4175,40	6935,11	7102,38	4053,85	3231,16	5121,11	2469,73	508,53	297,15	6150,37	2827,98	455,52	758,89
Tm169	1400,20	757,87	1236,09	1270,11	722,57	595,48	889,34	437,49	96,69	63,68	1110,37	520,69	99,74	143,54
Yb173	11010,91	6129,30	9663,11	10058,18	5574,63	4915,41	6938,45	3549,81	784,64	593,09	8848,24	4310,02	931,79	1245,91
Lu175	1616,07	877,88	1425,80	1432,49	799,53	765,52	999,69	511,95	127,49	112,06	1300,52	630,55	170,88	194,51
Hf179	11228,66	8438,38	13398,93	13969,76	11218,45	12792,04	8795,06	4994,12	7932,97	14146,79	10222,77	9995,64	13663,00	10929,30
Ta181	203,92	168,93	160,26	336,23	28,57	132,00	74,82	31,91	3,53	13,23	151,60	14,82	11,99	8,56
Pb206	419,49	517,26	582,75	395,59	342,21	618,90	12032,00	210,37	106,97	387,64	368,35	291,27	489,78	260,89
Pb207	229,57	280,21	335,59	216,21	133,81	147,74	2922,25	103,03	17,69	28,53	179,04	115,96	37,53	34,45
Pb208	321,11	398,98	439,19	301,52	195,69	202,48	6955,31	153,77	36,29	42,83	223,82	171,40	52,42	51,73
REE	48113,83	26658,82	40870,83	48435,21	27107,46	23259,81	36947,06	17505,38	3072,43	1683,53	39146,99	20376,55	2715,30	4677,72
LREE	9887,53	5896,89	6801,03	11722,38	6266,85	6066,80	10638,61	4769,23	552,70	219,53	9701,46	5528,81	401,77	822,36
HREE	38226,30	20761,93	34069,80	36712,83	20840,61	17193,01	26308,45	12736,15	2519,73	1464,00	29445,53	14847,74	2313,53	3855,36

Química mineral – EPMA - Zircão

Análise	30- 11_n	30- 03_n	30- 04_n	30- 08_zi	30- 01_b	30- 06_n	30- 02_b	30- 16_n	30- 09_n	30- 14_n	30- 13_n	30- 17_b	30- 17_n2	30- 26_n	30- 07_zi	30- 24_zi	30- 25_n	30- 05_n
	% Massa em óxido																	
Elemento																		
Si	32,31	32,02	31,81	31,90	32,64	31,67	32,04	20,40	30,14	31,28	31,63	25,13	29,94	31,65	32,08	32,10	31,69	31,95
Al	0,00	0,01	0,05	0,07	0,01	0,14	0,00	1,83	0,46	0,05	0,00	1,60	3,89	0,03	0,00	0,01	0,04	0,00
Fe	0,01	0,02	0,17	0,06	0,04	0,00	0,01	2,32	0,60	0,12	0,02	2,19	0,15	0,04	0,02	0,00	0,03	0,04
Gd	0,00	0,00	0,05	0,03	0,03	0,02	0,05	1,12	0,24	0,05	0,07	0,81	0,15	0,00	0,00	0,06	0,02	0,02
Dy	0,09	0,07	0,07	0,10	0,00	0,00	0,02	1,31	0,28	0,01	0,04	1,08	0,29	0,00	0,01	0,00	0,03	0,02
Hf	0,86	1,09	1,19	1,08	1,27	0,97	1,17	1,32	1,40	1,26	0,87	1,31	0,87	1,32	1,27	1,22	1,13	1,19
Yb	0,19	0,07	0,23	0,12	0,05	0,15	0,13	1,51	0,41	0,16	0,24	1,56	0,39	0,14	0,14	0,09	0,11	0,10
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,01	0,01	0,03	0,04	0,00	0,02	0,02	0,77	0,23	0,02	0,00	0,56	0,12	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,96	0,01	0,00	0,00	1,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,28	0,10	0,01	0,01	0,23	0,06	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
U	0,02	0,00	0,12	0,11	0,06	0,00	0,01	0,91	0,16	0,11	0,10	0,30	0,07	0,10	0,15	0,09	0,14	0,00
Zr	65,58	66,92	65,12	64,63	65,72	66,55	66,28	32,57	60,37	66,38	65,73	40,33	55,73	65,88	66,43	66,25	66,33	66,12
Y	0,59	0,11	0,55	0,50	0,09	0,23	0,15	9,28	1,96	0,39	0,76	7,26	1,34	0,17	0,22	0,12	0,15	0,04
Nb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,11	0,00	0,00	1,56	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Th	0,05	0,00	0,13	0,35	0,03	0,01	0,07	5,10	0,64	0,09	0,14	2,01	0,29	0,04	0,18	0,04	0,07	0,01
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,05	0,56	0,01	0,00	1,74	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Elemento																		
Proporção atômica																		
Si	3,99	3,94	3,95	3,98	4,01	3,92	3,95	2,91	3,83	3,89	3,93	3,50	3,85	3,94	3,95	3,96	3,93	3,96
Al	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,31	0,07	0,01	0,00	0,26	0,59	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,28	0,06	0,01	0,00	0,26	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dy	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hf	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Yb	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	0,02	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12	0,03	0,00	0,00	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zr	3,94	4,01	3,95	3,93	3,93	4,01	3,99	2,26	3,74	4,02	3,98	2,74	3,49	3,99	3,98	3,98	4,01	3,99
Y	0,04	0,01	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,70	0,13	0,03	0,05	0,54	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Nb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Th	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12	0,01	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38	0,23	0,00	0,00	0,77	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zr/Hf	66,62	53,60	47,77	52,45	45,18	60,16	49,36	21,54	37,65	45,99	66,34	26,88	56,05	43,57	45,67	47,41	51,21	48,51
Th/U	2,50	-	1,09	3,28	0,50	-	8,72	5,59	4,03	0,82	1,49	6,71	4,22	0,39	1,18	0,46	0,52	-
Zr/Nb	-	-	-	-	-	-	-	41,29	582,79	-	-	27,38	340,56	-	-	-	-	-

Química mineral – LA-ICP-MS - Zircão

Análise	30C-11_n	30C-3_1	30C-4_1	30C-8_1	30C-1_1	30C-6_1	30C-2_1	30C-16_n	30C-21_n	30C-14_n
Elemento	Elementos traço									
Li7	4,58	0,83	1,53	<0,47	<0,52	1,33	<0,51	2,17	4,15	4,06
Sc45	230,22	192,41	183,06	175,73	217,43	180,65	175,30	524,63	371,54	360,30
Mn55	82,19	11,62	2,21	<1,08	11,79	8,33	<1,15	471,95	560,25	303,25
Co59	0,80	<0,086	<0,094	<0,112	<0,102	<0,125	<0,105	154,70	8,96	5,41
Rb85	5,24	0,39	1,13	<0,22	0,66	<0,29	0,26	12,00	46,59	10,46
Sr88	9,61	1,89	0,79	0,27	1,52	0,90	0,46	51,29	93,19	44,12
Mo95	6,49	3,10	1,88	1,55	2,96	2,58	1,92	17,57	5,02	4,71
Sn118	108,96	18,41	<0,85	<0,86	72,65	7,96	<0,89	313,87	515,94	375,77
Sb121	0,38	0,25	<0,29	<0,25	<0,29	<0,37	0,23	8,59	1,36	0,92
Ba137	66,42	7,35	0,75	<0,30	6,41	5,40	<0,49	234,89	244,38	127,57
La139	147,82	12,79	2,59	0,15	10,14	5,40	0,28	642,40	397,50	245,26
Ce140	606,63	104,12	23,68	24,83	75,56	41,30	19,25	2136,53	2559,55	1223,35
Pr141	153,21	16,26	1,18	0,87	14,17	6,73	0,59	580,11	428,12	255,95
Nd143	894,44	97,01	10,99	11,63	90,10	38,60	12,00	3451,33	2384,57	1432,18
Sm147	682,01	85,14	15,07	15,34	94,25	32,28	15,55	2409,65	1654,52	1035,04
Eu151	28,37	4,26	1,55	1,08	5,26	1,41	1,34	113,84	59,26	38,53
Gd157	1024,07	161,09	55,74	62,41	194,06	56,20	50,51	3526,13	2588,22	1521,83
Tb159	275,83	47,80	17,73	19,88	58,19	17,35	18,16	881,70	694,48	427,58
Dy161	2272,45	422,54	194,46	223,70	530,86	159,23	193,34	6537,10	5449,10	3265,59
Ho165	490,40	128,17	69,72	77,67	161,57	49,33	73,19	1574,13	1346,02	775,41
Er166	1604,08	493,42	286,13	322,30	628,49	212,36	295,82	5170,45	4482,87	2627,12
Tm169	294,73	91,56	57,54	62,95	120,58	43,18	58,18	938,01	771,39	467,54
Yb173	2292,31	810,76	541,26	584,12	1041,71	411,98	534,42	7501,83	5961,49	3753,01
Lu175	339,58	140,58	100,64	104,06	180,95	77,60	97,76	1105,81	888,60	549,98
Hf179	6496,05	11489,31	10081,08	10230,53	9505,80	11526,18	10174,48	10249,18	13612,17	7709,51
Ta181	52,96	6,85	1,42	1,51	14,21	8,61	1,17	4313,78	167,28	17,32
Pb206	220,74	116,49	67,15	77,63	128,50	85,43	52,39	2542,38	408,68	897,98
Pb207	84,68	19,65	5,05	5,38	23,15	8,76	3,65	1248,57	143,00	241,73
Pb208	118,88	37,87	12,51	14,00	44,82	13,77	9,57	2051,44	217,37	463,71
REE	11105,93	2615,50	1378,28	1511,00	3205,89	1152,95	1370,39	36569,02	29665,69	17618,37
LREE	2484,11	315,32	53,51	52,83	284,22	124,31	47,67	9220,02	7424,26	4191,78
HREE	8621,82	2300,18	1324,77	1458,17	2921,67	1028,64	1322,72	27349,00	22241,43	13426,59

Química mineral – EPMa - Zircão

Análise	35-10_n	35-02_n	35-11_b	35-06_b	35-01_b	35-08_n	35-07_n	35-09_n
Elemento	% Massa em óxido							
Si	22,39	24,65	26,18	26,04	23,24	22,71	21,48	21,26
Al	1,66	2,23	5,68	2,06	1,04	0,81	1,43	0,65
Fe	1,59	2,41	2,15	1,65	2,11	3,45	2,01	5,47
Gd	0,76	0,57	0,63	0,45	0,67	0,50	0,71	0,65
Dy	1,54	1,10	1,11	0,90	1,28	0,93	1,30	1,15
Hf	1,88	2,09	1,42	3,00	3,35	2,42	1,79	2,10
Yb	2,78	2,23	2,17	1,96	2,62	1,95	2,73	2,34
K	0,04	0,51	1,52	0,56	0,00	0,01	0,06	0,00
Ca	0,74	0,55	0,62	0,46	0,47	0,61	0,89	0,59
P	0,71	0,58	0,56	0,23	0,68	0,28	0,76	0,66
Ti	0,03	0,15	0,07	0,23	0,20	0,08	0,02	0,18
U	0,16	0,24	0,28	0,24	0,79	0,25	0,18	0,25
Zr	33,76	34,96	29,38	38,49	33,24	37,15	33,57	32,01
Y	16,21	11,53	12,14	8,93	12,11	9,80	15,53	11,17
Nb	1,19	1,70	1,17	1,97	2,30	1,48	1,16	1,89
Th	2,18	2,72	1,93	1,46	2,67	3,76	2,64	4,10
F	1,22	1,60	1,16	1,57	1,84	1,69	1,05	1,68
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total:	88,83	89,81	88,17	90,22	88,61	87,88	87,32	86,12
Elemento	Proporção atômica							
Si	3,36	3,52	3,68	3,64	3,44	3,41	3,31	3,31
Al	0,29	0,38	0,94	0,34	0,18	0,14	0,26	0,12
Fe	0,20	0,29	0,25	0,19	0,26	0,43	0,26	0,71
Gd	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03
Dy	0,07	0,05	0,05	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06
Hf	0,08	0,09	0,06	0,12	0,14	0,10	0,08	0,09
Yb	0,13	0,10	0,09	0,08	0,12	0,09	0,13	0,11
K	0,01	0,09	0,27	0,10	0,00	0,00	0,01	0,00
Ca	0,12	0,08	0,09	0,07	0,07	0,10	0,15	0,10
P	0,09	0,07	0,07	0,03	0,09	0,04	0,10	0,09
Ti	0,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,02
U	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
Zr	2,47	2,44	2,01	2,62	2,40	2,72	2,52	2,43
Y	1,29	0,88	0,91	0,66	0,95	0,78	1,27	0,93
Nb	0,08	0,11	0,07	0,12	0,15	0,10	0,08	0,13
Th	0,05	0,06	0,04	0,03	0,07	0,09	0,07	0,11
F	0,58	0,72	0,52	0,69	0,86	0,80	0,51	0,83
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zr/Hf	15,68	14,60	18,06	11,20	8,66	13,40	16,37	13,31
Th/U	13,70	11,30	6,83	6,09	3,35	14,95	14,77	16,52
Zr/Nb	30,11	21,78	26,61	20,69	15,30	26,58	30,61	17,94

Química mineral – LA-ICP-MS - Zircão

Análise	35A-LA10_b	35A-LA02	35A-LA11	35A-LA06_n	35A-LA01	35A-LA08	35A-LA07	35A-LA09
Elemento	Elementos traço							
Li7	47,88	205,92	83,58	70,67	17,48	317,18	31,38	174,23
Sc45	685,51	528,29	490,41	601,80	465,93	449,12	501,87	469,34
Mn55	726,31	1089,32	3802,99	1143,60	929,79	1234,10	930,97	1066,98
Co59	<0,17	<0,145	0,12	0,08	0,40	0,28	0,13	0,16
Rb85	82,25	456,53	219,48	177,21	70,19	393,14	122,68	186,15
Sr88	205,19	180,94	182,34	171,51	129,46	126,59	194,67	131,28
Mo95	126,25	6,49	5,19	15,99	42,99	17,90	29,35	7,06
Sn118	159,17	247,15	90,98	62,36	75,27	135,48	81,93	85,09
Sb121	0,82	1,19	1,04	1,74	1,13	1,39	1,78	0,83
Ba137	18,61	20,53	18,02	16,23	23,80	25,32	28,79	27,17
La139	81,47	86,77	61,50	88,09	100,14	86,74	62,44	77,37
Ce140	546,60	545,49	443,68	564,64	577,98	568,60	519,76	472,03
Pr141	93,72	98,25	79,86	98,05	105,29	107,44	96,42	91,56
Nd143	532,86	552,95	461,20	564,72	578,29	596,50	563,07	511,87
Sm147	769,61	698,42	582,94	658,26	651,36	667,53	707,14	580,38
Eu151	0,67	0,76	0,48	0,35	0,46	0,35	0,51	0,43
Gd157	2116,43	1663,07	1360,54	1446,35	1443,97	1415,20	1642,51	1315,90
Tb159	1052,77	821,05	669,41	760,28	754,56	690,63	783,00	660,35
Dy161	11061,62	8578,92	6984,63	8303,84	8277,59	7196,44	7981,42	7028,05
Ho165	3068,23	2356,60	1948,16	2368,23	2333,50	1952,34	2161,10	1938,68
Er166	11778,46	8944,28	7527,38	9466,73	9141,43	7332,66	8156,02	7473,22
Tm169	2440,47	1845,86	1582,81	2003,74	1876,75	1505,16	1677,61	1539,51
Yb173	21482,68	16081,08	13985,68	18281,20	16843,79	13118,29	14774,88	13483,19
Lu175	3064,13	2354,09	2097,55	2762,61	2455,90	1881,60	2138,63	1962,86
Hf179	16690,02	16207,90	11491,01	19903,19	23491,43	21054,79	17420,02	17409,95
Ta181	2170,54	917,13	1933,84	1252,85	1330,67	2499,38	2174,74	1697,22
Pb206	236,20	217,86	830,80	657,35	932,45	456,64	314,76	264,57
Pb207	126,30	83,56	456,68	371,63	565,85	228,31	127,49	110,46
Pb208	201,43	183,49	627,22	506,86	772,50	336,32	243,97	180,00
REE	58089,72	44627,59	37785,82	47367,09	45141,01	37119,48	41264,51	37135,40
LREE	2024,26	1981,88	1629,18	1973,76	2013,06	2026,81	1948,83	1733,21
HREE	56065,46	42645,71	36156,64	43393,33	43127,95	35092,67	39315,68	35402,19

ANEXO V – TABELA DE DATAÇÃO U-PB POR SHRIMP

Spot	204Pb /206Pb	±%	207Pb /206Pb	±%	208Pb /206Pb	±%	206Pb /238U	±%	7-corr 204Pb /206Pb	% 206Pb _c	ppm U	ppm Th	7-corr ppm * 206Pb	7-corr ppm * 208Pb	232Th /238U	±%
IPV14-6.1	1.2E-4	58	0.0601	1.8	0.433	1.5	0.237	0.7	1.3E-4	0.23	97	136	7	3.1	1.44	0.31
IPV14-11.1	1.5E-4	38	0.0603	1.2	0.429	1.1	0.245	1.7	1.1E-4	0.20	163	231	13	5.4	1.46	0.24
IPV14-4.1	1.1E-4	50	0.0597	1.3	0.518	1.2	0.205	2.2	5.4E-5	0.10	174	293	14	7.1	1.74	0.28
IPV14-1.1	2.1E-4	45	0.0634	1.6	0.420	3.1	0.243	0.7	3.0E-4	0.54	85	121	7	2.8	1.47	0.32
IPV14-12.1	4.9E-4	25	0.0678	1.4	0.413	1.4	0.237	1.7	5.9E-4	1.06	125	168	10	4.0	1.38	0.28
IPV14-10.1	5.3E-4	38	0.0705	2.1	0.495	2.0	0.208	2.6	7.8E-4	1.39	53	82	4	2.0	1.59	0.39
IPV14-15.1	3.0E-3	8	0.1043	3.1	0.437	2.6	0.239	2.1	3.1E-3	5.52	617	759	50	17.0	1.27	0.38
IPV14-8.1	6.7E-4	18	0.0709	1.2	0.448	1.1	0.217	1.6	7.9E-4	1.41	176	254	14	6.1	1.49	0.24
IPV14-14.2	1.3E-2	5	0.2458	0.8	0.768	2.2	0.282	2.2	1.3E-2	22.83	113	150	9	3.4	1.37	0.54
IPV14-3.1	2.6E-3	16	0.1081	3.0	0.564	1.7	0.179	1.8	3.3E-3	5.94	113	236	9	4.4	2.15	1.21
IPV14-13.1	1.0E-3	19	0.0756	1.4	0.259	3.6	0.194	2.3	1.1E-3	1.96	138	129	11	2.5	0.96	0.32
IPV14-14.1	1.5E-3	8	0.0801	0.6	0.298	1.5	0.205	1.6	1.4E-3	2.51	527	415	43	11.0	0.81	0.21
IPV14-5.1	6.5E-4	21	0.0699	1.3	0.300	1.5	0.226	1.7	7.1E-4	1.26	140	159	12	3.2	1.17	0.60
IPV14-7.1	8.5E-4	13	0.0758	1.5	0.264	1.2	0.213	2.8	1.0E-3	1.80	371	325	33	7.7	0.90	1.32
IPV14-2.1	8.4E-4	29	0.0806	3.7	0.454	2.0	0.154	2.6	1.1E-3	2.01	104	137	11	4.6	1.35	0.40
IPV14-9.1	3.0E-3	16	0.1194	4.2	0.556	1.8	0.078	6.5	2.9E-3	4.92	532	549	89	42.4	1.06	0.71

Errors are 1-sigma; Pb_c and Pb indicate the common and radiogenic portions, respectively.

Error in Standard calibration was 0.39% (not included in above errors but required when comparing data from different mounts).

(1) Common Pb corrected using measured 204Pb.

Spot	(1) 206Pb /238U Age	(1) 207Pb /206Pb Age	(1) 208Pb /232Th Age	% Dis- cor- dant	7corr 208Pb ±% /232Th	Total 238U ±% /206Pb	Total 207Pb ±% /206Pb	(1) 238U ±% /206Pb	(1) 207Pb ±% /206Pb	(1) 207Pb ±% /235U	(1) 206Pb ±% /238U	err corr
IPV14-6.1	538 ±8	540 ±57	517 ±12	+1	0.02592.4	11.47 1.60.06011.8	11.50 1.60.05828 2.6	0.699 3.1	0.08701.6			0.5
IPV14-11.1	557 ±8	533 ±42	523 ±10	-5	0.02632.0	11.06 1.60.06031.2	11.09 1.60.05809 1.9	0.722 2.5	0.09021.6			0.6
IPV14-4.1	562 ±8	534 ±42	536 ±11	-6	0.02702.0	10.95 1.60.05971.3	10.97 1.60.05811 1.9	0.730 2.5	0.09111.6			0.6
IPV14-1.1	567 ±9	614 ±62	516 ±19	+8	0.02563.6	10.83 1.70.06341.6	10.87 1.70.06030 2.9	0.765 3.3	0.09201.7			0.5
IPV14-12.1	573 ±9	627 ±72	534 ±13	+9	0.02652.2	10.65 1.60.06781.4	10.75 1.60.06065 3.3	0.778 3.7	0.09301.6			0.4
IPV14-10.1	576 ±10	705 ±110	561 ±17	+19	0.02762.8	10.60 1.80.07052.1	10.70 1.80.06290 5.2	0.811 5.5	0.09351.8			0.3
IPV14-15.1	577 ±9	632 ±181	504 ±21	+9	0.02504.2	10.10 1.60.10433.1	10.67 1.60.06079 8.4	0.785 8.6	0.09371.6			0.2
IPV14-8.1	580 ±9	646 ±68	540 ±12	+11	0.02682.0	10.49 1.60.07091.2	10.62 1.60.06120 3.2	0.795 3.5	0.09421.6			0.4
IPV14-14.2	584 ±12	585 ±433	512 ±43	+0	0.02574.9	8.14 1.60.24580.8	10.55 2.10.0594819.9	0.777 20.10.09482.1				0.1
IPV14-3.1	596 ±11	939 ±209	439 ±19	+38	0.02073.3	9.83 1.70.10813.0	10.32 1.90.0703510.2	0.940 10.40.09691.9				0.2
IPV14-13.1	590 ±9	634 ±108	446 ±23	+7	0.02204.2	10.25 1.60.07561.4	10.44 1.60.06086 5.0	0.804 5.3	0.09581.6			0.3
IPV14-14.1	589 ±8	566 ±67	585 ±16	-4	0.02962.2	10.18 1.50.08010.6	10.45 1.50.05897 3.1	0.778 3.4	0.09561.5			0.4
IPV14-5.1	591 ±9	621 ±79	457 ±13	+5	0.02272.5	10.30 1.60.06991.3	10.42 1.60.06048 3.7	0.800 4.0	0.09591.6			0.4
IPV14-7.1	643 ±9	729 ±67	545 ±16	+12	0.02662.7	9.39 1.50.07581.5	9.53 1.50.06361 3.1	0.920 3.5	0.10491.5			0.4
IPV14-2.1	748 ±13	887 ±141	774 ±26	+17	0.03803.3	8.01 1.70.08063.7	8.13 1.80.06862 6.8	1.164 7.1	0.12301.8			0.3
IPV14-9.1	1144±33	1128±229	1665±84	-2	0.08624.8	4.89 3.00.11944.2	5.15 3.10.0772711.5	2.069 11.90.19413.1				0.3

Spot	204Pb /206Pb	±%	207Pb /206Pb	±%	208Pb /206Pb	±%	206Pb /238U	±%	7-corr 204Pb /206Pb	% 206Pb _c	ppm U	ppm Th	7-corr ppm 206Pb*	7-corr ppm 208Pb*	232Th /238U	±%
IPV30-1.1	9.2E-3	10	0.1914	1.5	0.696	1.8	0.162	1.8	9.4E-3	17.10	81	120	4	1.6	1.53	0.63
IPV30-4.1	2.3E-3	11	0.1063	4.4	0.600	3.3	0.157	2.8	3.5E-3	6.23	239	536	15	7.4	2.32	1.35
IPV30-3.2	1.6E-3	13	0.0842	1.1	0.477	1.1	0.154	2.4	1.9E-3	3.32	232	287	16	6.8	1.28	0.23
IPV30-2.1	4.2E-4	33	0.0665	1.7	0.352	1.8	0.219	1.5	5.4E-4	0.97	89	131	7	2.3	1.53	0.32
IPV30-5.1	1.0E-3	14	0.0760	1.0	0.607	0.9	0.206	2.3	1.2E-3	2.14	257	574	20	11.4	2.31	0.36
IPV30-8.1	1.1E-3	12	0.0742	2.0	0.256	1.7	0.247	0.9	1.1E-3	1.90	377	322	29	6.5	0.88	0.20
IPV30-3.1	1.8E-4	38	0.0617	1.3	0.310	1.4	0.216	2.0	2.0E-4	0.36	167	165	13	4.0	1.02	0.27
IPV30-2.2	1.2E-4	41	0.0622	1.1	0.285	1.3	0.210	1.4	2.2E-4	0.40	240	225	19	5.3	0.97	0.48
IPV30-9.2	5.8E-4	10	0.0671	0.6	0.153	2.3	0.209	0.3	5.5E-4	0.98	830	366	66	8.8	0.46	0.19
IPV30-7.1	4.3E-4	10	0.0658	0.5	0.496	0.5	0.216	2.5	4.4E-4	0.79	1009	1601	81	39.8	1.64	0.49
IPV30-6.1	3.4E-4	35	0.0636	1.6	0.248	2.3	0.229	1.5	2.9E-4	0.52	95	75	8	1.9	0.81	0.37
IPV30-9.1	6.9E-5	17	0.0599	0.3	0.048	0.9	0.226	2.0	-4.5E-5	--	2644	423	230	11.6	0.17	0.17

Errors are 1-sigma; Pb_c and Pb* indicate the common and radiogenic portions, respectively.

Error in standard calibration was 0.39% (not included in above errors but required when comparing data from different mounts).

(1) Common Pb corrected using measured 204Pb.

Spot	(1) 206Pb /238U Age	(1) 207Pb /206Pb Age	(1) 208Pb /232Th Age	% Dis- cor- dant	7corr 208Pb* /232Th	±%	Total 238U /206Pb	±%	Total 207Pb /206Pb	±%	(1) 238U /206Pb *	±%	(1) 207Pb* /206Pb	±%	(1) 207Pb* /235U	±%	(1) 206Pb */238U	±%	err corr
IPV30- 1.1	356 ±9	498 ±631	310 ±32	+29	0.0151	3.8	14.67	1.7	0.1914	1.5	17.62	2.6	0.05716	28.6	0.447	28.7	0.056	2.6	0.1
IPV30- 4.1	455 ±7	1027 ±170	338 ±15	+58	0.0154	4.8	13.11	1.6	0.1063	4.4	13.67	1.6	0.07348	8.4	0.741	8.6	0.073	1.6	0.2
IPV30- 3.2	501 ±8	629 ±114	540 ±14	+21	0.0265	2.0	12.01	1.5	0.0842	1.1	12.37	1.6	0.06072	5.3	0.677	5.5	0.080	1.6	0.3
IPV30- 2.1	552 ±9	617 ±83	397 ±11	+11	0.0195	2.6	11.11	1.7	0.0665	1.7	11.19	1.7	0.06038	3.9	0.744	4.2	0.089	1.7	0.4
IPV30- 5.1	552 ±8	643 ±77	448 ±9	+15	0.0222	1.8	10.98	1.5	0.0760	1.0	11.18	1.5	0.06111	3.6	0.754	3.9	0.089	1.5	0.4
IPV30- 8.1	556 ±8	558 ±87	450 ±14	+0	0.0225	2.9	10.89	1.5	0.0742	2.0	11.10	1.5	0.05874	4.0	0.730	4.3	0.090	1.5	0.4
IPV30- 3.1	559 ±8	570 ±47	538 ±12	+2	0.0269	2.3	11.00	1.6	0.0617	1.3	11.04	1.6	0.05908	2.2	0.738	2.7	0.090	1.6	0.6
IPV30- 2.2	568 ±8	623 ±35	534 ±11	+9	0.0264	2.2	10.84	1.5	0.0622	1.1	10.86	1.5	0.06055	1.6	0.769	2.2	0.092	1.5	0.7
IPV30- 9.2	568 ±8	553 ±36	534 ±17	-3	0.0270	2.9	10.75	1.5	0.0671	0.6	10.86	1.5	0.05863	1.6	0.744	2.2	0.092	1.5	0.7
IPV30- 7.1	579 ±8	589 ±26	553 ±9	+2	0.0277	1.6	10.55	1.5	0.0658	0.5	10.63	1.5	0.05961	1.2	0.773	1.9	0.094	1.5	0.8
IPV30- 6.1	581 ±9	556 ±75	549 ±18	-5	0.0277	3.1	10.53	1.6	0.0636	1.6	10.60	1.7	0.05871	3.5	0.764	3.8	0.094	1.7	0.4
IPV30- 9.1	621 ±9	562 ±10	559 ±11	-11	0.0306	2.4	9.88	1.4	0.0599	0.3	9.89	1.4	0.05887	0.4	0.821	1.5	0.101	1.4	1.0

**ANEXO VI – CRISTAIS DE ZIRCÃO COM PONTOS ANALISADOS POR
SHRIMP, WDS E LA-ICP-MS**

Zircões analisados – IPV 14 (Biotita Granito Porfíritico)

Spot circular vermelho = datação U-Pb por SHRIMP

Ponto vermelho = análise WDS por EPMA

Linhas azuis = análise raster de LA-ICPMS (bola no início e traço no fim)