

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**COMPLEXO PETÚNIA: REGISTRO DE MÚLTIPLOS
ESTÁGIOS EVOLUTIVOS NA BORDA SUL DO CRÁTON DO
SÃO FRANCISCO**

Rafaela Machado Gengo

Orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

Tese de Doutorado

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO
2020

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Complexo Petúnia: Registro de múltiplos estágios evolutivos na
borda sul do Cráton do São Francisco**

RAFAELA MACHADO GENGO

Tese apresentada ao Programa de
Mineralogia e Petrologia para a
obtenção do título de Doutor em
Ciências

Área de concentração: Petrologia
Ígnea e Metamórfica

Orientador: Prof. Dr. Renato de
Moraes

SÃO PAULO

2020

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

Gengo, Rafaela

Complexo Petúnia: Registro de múltiplos estágios evolutivos na borda sul do Cráton do São Francisco / Rafaela Gengo; orientador Renato de Moraes. -- São Paulo, 2020.
189 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia) -- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2020.

1. Cráton do São Francisco. 2. Orógeno Brasília Meridional. 3. Petrocronologia. 4. proveniência. 5. elementos traço em zircão. I. Moraes, Renato de, orient. II. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Complexo Petúnia: registro de múltiplos estágios evolutivos na
borda sul do Cráton do São Francisco**

RAFAELA MACHADO GENGO

Orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

Tese de Doutorado

Nº 627

COMISSÃO JULGADORA

Dr. Renato de Moraes

Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto

Dra. Gláucia Nascimento Queiroga

Dr. Claudio de Morisson Valeriano

Dr. Frederico Meira Faleiros

SÃO PAULO
2020

Dedico esta tese ao meu irmão, por tudo o que eu posso fazer...

Agradecimentos

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), por viabilizar o desenvolvimento deste trabalho, através do projeto 16/22627-3.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de doutorado. Resista!

Meus mais sinceros agradecimentos ao meu orientador, Prof. Renato de Moraes, por todo o apoio, incentivo, paciência e, principalmente, pela confiança que depositou em mim ao longo de toda minha trajetória na Geologia. Obrigada por sempre estar disposto a responder, mesmo minhas perguntas idiotas! Agora ficarão as dicas de aulas e músicas malucas.

Ao Prof. Gergely Andres Julio Szabó, nosso eterno guru, por tooooda a paciência, por estar sempre disposto a me ajudar e, principalmente, por confiar a mim desvendar os mistérios do Complexo Petúnia. Eu simplesmente amei ter trabalhado nessa região, apesar de parecer o plano de fundo do Windows XP. Você me proporcionará trabalho por um bom tempo, muito obrigada!

Ao Prof. Mario da Costa Campos Neto, pela ajuda com as seções, pelas discussões e pela motivação. Muito do que sou hoje como geóloga e pesquisadora, devo a você. Muito obrigada!

Ao Prof. Vinicius Hector Abud Louro, pelas valiosas dicas do mundo das publicações e por topar entrar nesse balaio de gatos que é o Complexo Petúnia. Bom, se alguém tem que fazer contas, que seja o geofísico!

Ao Prof. Marcos Egídio da Silva pela ajudinha com a estrutural e por proporcionar conversas sempre muito engraçadas!

Ao Dr. Caio Arthur Santos (Fóóófis), por TODA a força, por me acompanhar nos trabalhos de campo, por sua infinita ajuda com as pseudosseções, por ouvir minhas lamúrias diante dos percalços com a geocron e da MP-27. Muito obrigada!

À Msc. Laísa de Assis Batista pelas infinitas, produtivas e entusiasmantes discussões sobre petrocronologia (e outras coisas da vida), por estar sempre disposta a compartilhar todo o conhecimento e por finalmente ter se tornado uma amiga. Muito obrigada!

A todos os demais professores do IGc-USP, por todos esses anos de convívio, em especial os professores Kabong (Claudio), Silvio Vlach, Lucelene Martins, Miguel Basei, Oswaldo Siga Junior, Fábio Ramos.

Ao Prof. George Luvizotto e ao Daniel pelo help com as análises na microsonda da UNESP. Ao Prof. Elton Dantas, por “salvar” a geocronologia da minha tese. Ao geólogo, Dr. Marco Aurélio Pinheiro por gentilmente ceder as imagens de geofísica.

A todos os funcionários do IGc-USP, em especial: Samuel (Samuca), grande Vasco Loios (CPGeo), Marcos Mansueto e Leandro Moraes (microsonda), Vinícius Martins (LA-ICP-MS), Solange Lucena (CPGeo), “Zé” Paulo (LTA), Henrique e Claudionor (gráfica), Renato (laminação).

Ao pessoal da sala B-09: Vanessa, Mariana, Eliana, Julio, Nicolas, Pedro (Prof. Porra), Lucas Tesser... E às agregadas, Grega e Garibaldi. Aos demais colegas da pós (...).

Ao grupo *Bolsistas Capes*, pela informação, divertimento, empatia e treta garantidas!

Ao Prof. Guntar, da Faculdade Oswaldo Cruz, pela compreensão e por sempre “dar um jeito” quando precisei fazer os trabalhos de campo.

Aos alunos e ex-alunos que, sem saberem (e por incrível que pareça) mantiveram minha mente sã. À Débora Alonso Lopes, minha fiél assecla, companheira do chopp depois da aula e confidente das madrugadas.

À Roberta de Brito, minha terapeuta, por ter me ajudado a segurar a barra durante a pós. Afinal, como manter a sanidade nesses tempos?

Por fim, ao Pedro Machado Simões, meu namorado, amigo e companheiro. Por todas as dicas construtivas para meu trabalho, pelo apoio e incentivo durante toda essa jornada. Muito Obrigada!

Conhecer-se é dominar-se, dominar-se é triunfar

Jigoro Kano

RESUMO

O Complexo Petúnia corresponde a uma das faixas tectônicas englobadas pelo Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio, de direção geral WNW – ESE, limitado por unidades do Orógeno Brasília, com a *Nappe* de Passos a norte, e pela *Nappe* Socorro Graxupé e por terrenos relacionados ao Sistema de *Nappes* Andrelândia ao sul.

A grande distinção entre os Complexos Petúnia e Campos Gerais reside no maior grau de deformação e maior recorrência de unidades supracrustais imbricadas por meio de um complexo arranjo de cavalgamentos e cisalhamentos no Complexo Petúnia e pela presença de rochas metaultramáficas de filiação komatiítica no Complexo Campos Gerais.

Trabalhos de mapeamento geológico combinados com modelos digitais de terreno e dados de gamaespectrometria e magnetometria, permitiram individualizar com maior clareza os Complexos Petúnia e Campos Gerais. Neste trabalho o Complexo Petúnia foi redefinido e agora passa a corresponder apenas aos terrenos arqueanos-paleoproterozoicos, formados pela Unidade Petúnia, representada por gnaisses tonalíticos de 2,99 – 2,95 Ga, com intercalações de rochas máficas e metaultramáficas, bem como pelo Gnaiss Ribeirão da Conquista, de 2,83 Ga, e pelo Metagrânito Bom Jesus da Penha, de 2,00 Ga. Junto ao Complexo Campos Gerais, o Complexo Petúnia constitui o arcabouço arqueano-paleoproterozoico da borda sul do Cráton do São Francisco, cuja evolução tectônica registra múltiplos estágios que remontam pelo menos desde o Paleoproterozoico até acomodações finais em resposta à consolidação do Orógeno Brasília Meridional, em torno de 574 Ma.

As unidades supracrustais são representadas pelas Unidades Serra do Ibituruna e Colônia. Na Unidade Serra do Ibituruna, metapsamítica, predominam cristais detríticos de zircão com texturas dos protólitos preservadas. A distribuição de idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ define dois picos, um menor para idades do período Riáciano, com zircão proveniente predominantemente de granitoides do Cinturão Mineiro, outro pico, maior, com idades neo- a mesoarqueanas em grãos de zircão provenientes do embasamento cratônico da borda sul do Cráton do São Francisco. A idade máxima de deposição, em 2,08 Ga, o hiato no registro de fontes siderianas e a maior contribuição de fontes arqueanas sobre fontes paleoproterozoicas indica mudança no regime deposicional da bacia, que tem características de formação em ambiente colisional, tal como os Grupos Sabará e Itacolomi. A Unidade Serra do Ibituruna, portanto, pode registrar a ocorrência inédita desses grupos fora do Quadrilátero Ferrífero.

A Unidade Colônia é formada por metapelitos com intercalações de rochas metaultramáficas cuja filiação, embora ainda incerta, é distinta das rochas metaultramáficas

do Complexo Campos Gerais. Os metapelitos registram trajetória horária de aquecimento, com fusão hidratada em presença de estaurolita durante o pico metamórfico, em 601 Ma, e durante o resfriamento e desenvolvimento da foliação milonítica, em 580 Ma, sob condições P - T de 7,7 a 8,5 kbar e 680 a 690°C. Relíquias de associações de alta pressão e temperatura, em conjunto com a distribuição de idades em zircão, ainda que heterogeneamente recristalizados durante o metamorfismo, guardam semelhanças com unidades do Orógeno Brasília.

ABSTRACT

The Petúnia Complex corresponds to one of the tectonic belts surrounded by the Campo do Meio Shearing Belt, of general direction WNW - ESE, and limited by units of Brasília Orogen, with the Passos Nappe, to the north, and Socorro Guaxupé Nappe and by terrains related to the Andrelândia Nappe System, to the south.

The great distinction between the Petúnia and Campos Gerais Complexes lies in the greater degree of deformation and the greater recurrence of supracrustal units imbricated through a complex arrangement of overthrusting and shearing in the first one and the presence of metaultramafic rocks of komatiitic affiliation in the last.

Geological mapping combined with digital terrain models and data from gamma-spectrometry and magnetometry, allowed a more clearly individualization of the Petunia and Campos Gerais Complexes. In this thesis, the Petúnia Complex was redefined and now shall correspond only to the Archean-Paleoproterozoic terrains, formed by the Petúnia Unit, represented by tonalitic gneisses of 2.99 - 2.95 Ga, with intercalations of mafic and metaultramafic rocks, as well as by the Ribeirão da Conquista Gneiss, of 2.83 Ga, and the Bom Jesus da Penha Metagranite, of 2.00 Ga. Next to the Campos Gerais Complex, the Petúnia Complex constitutes the archean-paleoproterozoic framework on the southern margin of the São Francisco Craton, whose tectonic evolution registers multiple stages that go back at least from the Paleoproterozoic until the final accommodations in response to the consolidation of the Meridional Brasília Orogen, in around 574 Ma.

The supracrustal units are represented by the Serra do Ibituruna and Colônia Units. At the Serra do Ibituruna Unit, which is metapsamitic, detrital zircon crystals with preserved protolith textures dominate. The $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$ age distribution defines two peaks, one smaller for ages from the Riachão period, with zircon predominantly from granitoids of the Mineiro Belt, and another peak, larger, with neo- to mesoarchean ages in zircon grains from the cratonic basement of the south border of the São Francisco Craton. The maximum age of deposition, at 2.08 Ga, the gap in the registration of siderian sources and the greater contribution of archean sources over paleoproterozoic ones indicates a change in the depositional regime of the basin, which has characteristics of formation in a collisional setting, such as Sabará and Itacolomi Groups. The Serra do Ibituruna Unit, therefore, might record the unprecedented occurrence of these groups outside the Quadrilátero Ferrífero.

The Colony Unit is formed by metapelites with intercalations of metaultramafic rocks whose affiliation, although still uncertain, is distinct from the metaultramafic rocks of the

Campos Gerais Complex. The metapelites register a clockwise warming trajectory, with hydrated melting in the presence of staurolite during the metamorphic peak, at 601 Ma, and during the cooling and development of mylonitic foliation, at 580 Ma, under P - T conditions of 7.7 to 8.5 kbar and 680 to 690 °C. Relics of high pressure and temperature associations, along with the age distribution in zircon, although heterogeneously recrystallized during metamorphism, keep similarities with units of the Brasília Orogen.

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Objetivos e Justificativas	2
1.2	Localização da Área e Vias de Acesso	2
1.3	Estrutura da Tese.....	4
2	Materiais e métodos.....	5
2.1	Revisão Bibliográfica	5
2.2	Trabalhos de Campo	5
2.3	Mapa Geológico	5
2.4	Gamaespectrometria.....	6
2.5	Petrografia.....	7
2.6	Geologia Estrutural	8
2.7	Geoquímica de Rocha Total	8
2.7.1	<i>Preparação das amostras</i>	8
2.7.2	<i>Procedimentos analíticos</i>	8
2.8	Química Mineral	9
2.8.1	<i>Procedimentos analíticos e tratamento dos dados</i>	9
2.9	Pseudosseções e Geotermobarometria.....	11
2.10	Geoquímica isotópica mineral.....	12
2.10.1	<i>Preparação das amostras</i>	12
2.10.2	<i>Procedimentos analíticos</i>	13
2.10.3	<i>Tratamento dos dados</i>	14
2.11	Análise de Elementos Traço e Terras Raras em Zircão	17
2.11.1	<i>Princípios e aplicações em estudo de proveniência</i>	17
2.11.2	<i>Procedimentos analíticos e tratamento dos dados</i>	19
3	Revisão teórica: Pseudosseções	21
3.1	Aplicações em rochas metapelíticas.....	25
4	Contexto Geológico Regional.....	33
4.1	O Complexo Campos Gerais	33
4.2	O Complexo Petúnia.....	39
4.3	As Faixas Vulcanossedimentares.....	40
5	Aspectos da Geologia Local	43

5.1	O Complexo Petúnia	43
5.2	A Faixa Mamote	46
6	Redefinindo o Complexo Petúnia	49
7	Proveniência Sedimentar da Unidade Serra do Ibituruna.....	51
7.1	U-Pb em zircão detrítico	54
7.2	Assinatura de elementos traços e terras raras (ETR) em zircão detrítico	58
7.4	U-Pb em Monazita	64
7.5	Discussões	64
7.5.1	<i>Prováveis áreas fonte</i>	<i>64</i>
7.5.2	<i>Idade de deposição e correlações.....</i>	<i>69</i>
8	Metamorfismo da Unidade Colônia	77
8.1	Cianita – estauroлита – muscovita – granada – biotita xisto (CP-07).....	77
8.2	Muscovita – cianita – plagioclásio – granada – biotita xisto (CP-333).....	80
8.3	Química Mineral.....	83
8.3.1	<i>Granada.....</i>	<i>83</i>
8.3.2	<i>Estauroлита</i>	<i>85</i>
8.3.3	<i>Micas.....</i>	<i>85</i>
8.3.4	<i>Plagioclásio</i>	<i>89</i>
8.4	Modelagem metamórfica	89
8.5	Isopletas e associações minerais em equilíbrio	98
8.5.1	<i>Cianita-estauroлита-muscovita-granada-biotita xisto (CP-07).....</i>	<i>98</i>
8.5.2	<i>Muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita xisto (CP-333).....</i>	<i>103</i>
8.6	Geotermobarometria.....	107
8.6.1	<i>Average P-T.....</i>	<i>107</i>
8.6.2	<i>Geotermômetro Zr em rutilo.....</i>	<i>109</i>
8.7	Geoquímica Isotópica Mineral	112
8.7.1	<i>U-Pb em zircão.....</i>	<i>112</i>
8.7.2	<i>U-Pb em monazita</i>	<i>116</i>
8.8	Assinatura de Elementos Traço e Terras Raras em Zircão	116
8.9	Discussões	118
8.9.1	<i>Paragêneses e reações de equilíbrio</i>	<i>118</i>
8.9.2	<i>Idades do equilíbrio de fases acessórias</i>	<i>121</i>
8.9.3	<i>Reconstruindo as trajetórias P-T</i>	<i>124</i>
9	As Rochas Metaultramáficas do Complexo Petúnia.....	129

9.1	Xistos e fels ultramáficos	129
9.2	Hornblenditos.....	130
9.3	Meta ortopiroxenito.....	130
9.4	Química Mineral	132
9.4.1	<i>Clorita</i>	132
9.4.2	<i>Anfibólio</i>	133
9.4.3	<i>Piroxênio</i>	134
9.5	Metamorfismo.....	135
10	Modelo evolutivo do Complexo Petúnia	137
10.1	Arcabouço arqueano - paleoproterozoico	137
10.2	Unidade supracrustais.....	139
11	Conclusões	143
12	Referências Bibliográficas	145
APÊNDICE A	161
	The Archean and Paleoproterozoic rocks of the Petunia Complex and its relationship with the Campos Gerais Complex as a basement window in the Brasília Orogen, Southeastern Minas Gerais, Brazil	161

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1:	Localização da área de estudo (polígono sombreado) e principais vias de acesso. Simplificado dos mapas do DNIT (2013).....	3
Figura 2.1:	a) Diagrama de Distribuição Cumulativa “CDF” ou “CAD”, úteis na visualização de várias amostras; b) Diferença estatística máxima (D) entre diferentes amostras. Extraído de Guynn & Gehrels (2010).....	16
Figura 3.1:	Figuras esquemáticas mostrando a relação entre pontos invariantes e campos em uma pseudosseção. Em (a) o ganho da fase “c” e em (b) perda da fase “b”; (c) ilustra uma linha univariante para a reação $g + chl = bi + st$ e em (d) observamos que a linha é representada por um campo estreito. Extraído de Powell et al. (2009).....	24
Figura 3.2:	Grade petrogenética para o sistema KFMASH (linhas mais escuras) baseada nas grades KFLASH (linhas finas) e KMASH (linhas tracejadas). Pontos representam pontos invariantes nos sistemas KFLASH ou KMASH. Quadrados são pontos invariantes do sistema KFMASH. Extraído do site de Frank Spear, sendo versão levemente modificada de Spear & Cheney (1989), com a mudança de um ponto invariante envolvendo a reação $Ctd + Bt = Grt + Chl$, para posição de baixa <i>P</i>	26
Figura 3.3:	Grade petrogenética construída para o Sistema KFMASH. Extraído de Powell & Holland (1998).....	27

Figura 3.4: Pseudosseção P-T calculada no sistema KFMASH a partir do banco de dados internamente consistente de Holland e Powell (2011) para um metapelito com as seguintes composições, em % molar: SiO ₂ (68.76); Al ₂ O ₃ (9.87); FeO (7.64); MgO (4.01); K ₂ O (3.16); e H ₂ O (6.56). Extraído de White et al (2014a).....	28
Figura 3.5: Pseudosseção calculada no sistema MnNCKFMASHTO. SiO ₂ (74.021), Al ₂ O ₃ (9.452), FeO (7.530), MgO (3.844), CaO (0.296), K ₂ O (3.031), Na ₂ O (0.602), TiO ₂ (0.659), O (0.565) e MnO (0,1). Extraído de White et al., (2014b).....	31
Figura 4.1: Sistemas orogênicos da porção sudeste e central do Brasil. Modificado de Westin et al. (2016).	34
Figura 4.2: Mapa geológico esquemático de parte do Orógeno Brasília Meridional com os principais domínios tectônicos. Modificado e adaptado de Campos Neto et al. (2011) e Zanardo et al. (2006), com indicação da área de estudo.	34
Figura 4.3: Esboço tectônico com destaque para os domínios Campos Gerais e Petúnia. Extraído e modificado de Zanardo (1992). O polígono vermelho indica a área de estudo.	36
Figura 4.4: Mapa geológico simplificado com destaque para as faixas vulcanossedimentares associadas aos complexos Campos Gerais e Petúnia. A linha tracejada indica a divisão entre os domínios II e III do Complexo Campos Gerais, como proposto por Zanardo (1992), e o polígono vermelho indica a localização aproximada da área de estudo. A sequência ofiolítica equivale a Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí. Extraído e modificado de Feola (2004).	40
Figura 5.1: a) Cristas de muscovita – quartzo xisto da Unidade Serra do Ibituruna, ponto CP-286; b) Hornblenda – biotita gnaiss granodiorítico da Unidade Petúnia, ponto CP-105; c) Exposição típica do gnaiss da Unidade Petúnia em talude de corte da estrada, ponto CP-54; d) Cristas de xistos ultramáficos in situ, do outro lado da estrada, ponto CP-54; e) Bloco de <i>boudin</i> de anfibolito da Unidade Petúnia, ponto CP-39. Notar núcleo maciço e bordas deformadas; f) Matacão de biotita gnaiss fresco - Gnaiss Ribeirão da Conquista, ponto CP-265.	45
Figura 5.2: Hornblenda-biotita metatexito estromático da Faixa Mamote, em (a) fresco, ponto CP-65 e em (b) saprolítico com estrutura preservada e foliação milonítica de alto ângulo, ponto CP-83; Biotita metatexito cinza rosado da <i>Nappe</i> Socorro – Guaxupé, em (c) blocos frescos em corte da rodovia BR-146, ponto CP-34 e em (d) matacão de rocha pouco alterada, ponto CP-77.	47
Figura 7.1: a) Rutilo-quartzo-muscovita-cianita fels, amostra CP-244; b) Foliação milonítica em muscovita-quartzo xisto, amostra CP-35 com aumento de 1,25x; Muscovita quartzito, amostra CP-98B - c) Com polarizadores cruzados e aumento de 1,25x. Notar domínios com extinção próxima; d) Com placa de gipso e aumento de 1,25x. Notar domínios com mesma orientação óptica, recristalizados por SGR (<i>Subgrain Rotation Recrystallisation</i>).	52
Figura 7.2: Imagens de catodoluminescência de cristais detríticos de zircão representativos das amostras da Unidade Serra do Ibituruna. Estão indicadas as idades ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb em Ma. Os círculos verdes e vermelhos representam os locais onde foram feitas as datações, concordantes e discordantes, respectivamente. Os círculos azuis representam os locais onde foram feitas as análises de elementos traço e terras raras.	53

- Figura 7.3: Diagrama concórdia $207\text{U}/235\text{Pb}$ vs. $206\text{U}/238\text{Pb}$ para as amostras da Unidade Serra do Ibituruna. Elipses de cor cinza representam as datações com concordância fora do limite $100 \pm 10\%$55
- Figura 7.4: Diagramas Idade $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ vs. Probabilidade Relativa utilizando a estimativa de densidade de Kernel (KDE – *Kernel Density Estimator*) para as amostras da Unidade Serra do Ibituruna. (a), (b) e (c) representam as amostras de muscovita-quartzo xisto e (d) representa a amostra de muscovita quartzito. IMD: Idade Máxima de Deposição. ...56
- Figura 7.5: a) Diagrama de Distribuição Cumulativa (CAD – *Cumulative Age Distribution*) para zircão detrítico das amostras da Unidade Serra do Ibituruna; b) Gráficos *weighted average* com as idades máximas de deposição obtidas a partir da média ponderada do grupo de idades mais jovem com 1σ de incerteza.56
- Figura 7.6: Padrões de distribuição dos elementos terras raras (ETR) em zircão detrítico da Unidade Serra do Ibituruna normalizados pelo condrito de acordo com Sun & McDonough (1989). Em (a) todo o conjunto, (b), (c) e (d) separados por Era.59
- Figura 7.7: Gráficos para avaliar o grau de modificações nos cristais de zircão. Para grau de metamictização e alteração – a) Gráfico $\text{Th}+\text{U}$ vs. $(\text{La}/\text{Gd})\text{N}$ de Whitehouse & Kamber (2002) e b) $\text{Th}+\text{U}$ vs. ΣETR ; Para zircão magmático e hidrotermal – c) Gráfico La vs. $(\text{Sm}/\text{La})\text{N}$ de Hoskin (2005) e d) Gráfico $(\text{Tb}/\text{Yb})\text{N}$ vs. $(\text{Sm}/\text{Ce})\text{N}$, modificado de Toscano et al. (2014). Legenda dos símbolos na Figura a.60
- Figura 7.8: a) Gráfico da variação da razão Th/U em cristais de zircão da Unidade Serra do Ibituruna; b) Gráfico Y vs. U/Yb de Grimes et al., (2007) para diferenciação de zircão de rochas de crosta oceânica e continental; c) Gráfico Yb/Sm vs. Y de Belousova et al. (2002) para diferenciação de zircão de origem magmática. 1- Aplitos e Leucogranitos, 2 – Granitos, 3 – Granodioritos e Tonalitos, 4 – Nefelina sienitos e sienitos pegmatíticos; d) Gráfico Th vs. Nb de Nardi et al., (2013), também para diferenciação de zircão de origem ígnea; e) Gráfico Hf vs. Y de Pupin (2000) para identificação do ambiente tectônico de rochas ígneas. Os campos indicados, correspondem às rochas anorogênicas (1 e 2) e orogênicas (5 e 6), enquanto os campos 3 e 4 correspondem à um domínio intermediário, onde ocorrem rochas de ambas as origens. Para mais detalhes, ver o texto e Pupin (2000).63
- Figura 7.9: Diagramas Tera-Wasserburg para idade U-Pb em monazita das amostras da Unidade Serra do Ibituruna – a) Idade discórdia, amostra CP-27; b) Idade concórdia, amostra CP-35.64
- Figura 7.10: Diagrama Idade $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ vs. Probabilidade Relativa utilizando a estimativa de densidade de Kernel (KDE – *Kernel Density Estimator*) para zircão detrítico da Unidade Serra do Ibituruna com a indicação das faixas etárias das rochas da porção meridional do Cráton do São Francisco: *Orogenia Minas*, 2,35-2,0 Ga (Teixeira et al., 2015); *Evento Mamona II*, 2,62-2,58 Ga e *Mamona I*, 2,75-2,70 Ga (Farina et al., 2015; Martínez Dopico et al., 2017); *Evento Rio das Velhas II*, 2,8-2,76 Ga, *Rio das Velhas I*, 2,93-2,85 Ga e *Santa Bárbara*, 3,22-3,20 Ga (Lana et al., 2013); *Orogenia Campo Belo* (Teixeira et al., 2017).65
- Figura 7.11: Gráfico comparativo mostrando os diagramas Idade vs. Probabilidade Relativa para a Unidade Serra do Ibituruna e unidades correlatas na literatura. Dados compilados

de Falci et al., 2018, Rodrigues et al., 2010, Frugis et al., 2018 e Westin et al., 2016 e 2019.....	72
Figura 7.12: Gráfico comparativo mostrando os diagramas Idade vs. Probabilidade Relativa para a Unidade Serra do Ibituruna e os Grupos Sabará e Itacolomi. Estão indicadas as idades máximas de deposição para cada unidade. Dados compilados de Dutra et al. (2019) e Duque, 2018.....	73
Figura 7.13: Gráfico IC-ID (Idade de Cristalização – Idade de Deposição) vs. Probabilidade Cumulativa para inferências de regime deposicional segundo Cawood <i>et al.</i> (2012) das amostras da Unidade Serra do Ibituruna, as possíveis unidades correlatas e, comparativamente, unidades neoproterozoicas do Orógeno Brasília Meridional. Dados compilados de Westin <i>et al.</i> (2016, 2019), Duque et al., (2020) e Dutra <i>et al.</i> (2019)....	75
Figura 8.1: a-b) Cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita xisto, amostra MP-27; c-d) Muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita xisto milonítico, amostra CP-333.	78
Figura 8.2: Porfiroblastos de estaurolita – a) da primeira geração e b) da segunda geração; c) Porfiroblastos de granada, inter-cinemáticos e rotacionados pela foliação, amostra MP-27; d) Textura inequigranular hipidiomórfica em lente quartzo-feldspática, amostra CP-07; e) Cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita-quartzo xisto com intercalações lenticulares formadas por quartzo, plagioclásio e biotita; f) Esboço do cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita-quartzo xisto com as intercalações de lentes quartzo-feldspáticas e destaque para os <i>selvedges</i> de biotita; g-h) Cristais de plagioclásio com quartzo intersticial e cristais de cianita, interpretada como peritética, amostra CP-07. ..	79
Figura 8.3: Muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita-quartzo xisto milonítico (CP-333). a) <i>Pods</i> assimétrico de cianita com inclusões de quartzo, rutilo e granada da primeira geração (feição I). Notar granadas com coronas de granada da segunda geração no canto superior esquerdo; b) Detalhe para as bordas ameboides da cianita; c) Cristais de quartzo e plagioclásio ricos em inclusões de micas; d) Cristal de plagioclásio assimétrico e amoldado pela foliação. Notar microinclusões idioblásticas de estaurolita; e) Cristais de granada da segunda geração de crescimento (feição IV) com plagioclásio intersticial; e) Cianita com inclusão de cristal de ilmenita parcialmente substituído por rutilo. Círculos vermelhos representam os locais de análise química.....	82
Figura 8.4: a) Porfiroblasto de granada tipo I da amostra CP-07, com a indicação do perfil composicional; b)Gráfico da distribuição da concentração dos membros finais almandina, piropo, grossulária e espessartita ao longo do perfil na granada tipo I; c-f) Mapas composicionais para concentrações de Fe, a Mg, Ca e Mn com indicação do perfil; g) Porfiroblasto de granada tipo II da amostra CP-07, com a indicação do perfil composicional; h) Gráfico da distribuição da concentração dos membros finais almandina, piropo, grossulária e espessartita ao longo do perfil na granada tipo II.	84
Figura 8.5: Cristais de granada da amostra CP-333 – a) Granada idioblástica da primeira geração, preservada como inclusões em cianita; b) Granada da primeira geração com corona de granada da segunda geração; c) Granada da segunda geração com relíquias da granada anterior preservada; d) Granada da segunda geração, sem indícios de restos da granada anterior; e-h) Gráficos da distribuição das concentrações dos membros finais, respectivamente das granadas descritas de (a) a (d).	87

- Figura 8.6: Mapas composicionais para concentrações de Fe, Mg, Ca e Mn. a-d) Granada da primeira geração de crescimento; e-h) Granada da primeira geração com corona de granada da segunda geração de crescimento; i-l) Granada da segunda geração com relíquias de granada da primeira geração de crescimento; m-p) Granada da segunda geração de crescimento, com maior grau de homogeneização..... 87
- Figura 8.7: Gráficos das variações composicionais em estauroлита, biotita e muscovita. (a) e (b) para vetores de substituição simples na estauroлита; substituição simples (c) e acopladas (d-f) na biotita; (g-i) para substituições acopladas na muscovita. 90
- Figura 8.8: Cristal de plagioclásio subidiomórfico presente no leucossoma da amostra CP-07 e variação composicional dos cristais das amostras CP-07 e CP-333..... 91
- Figura 8.9: Pseudosseção construída para a amostra CP-07 no sistema NCKFMASHTO. a) Detalhe para o intervalo de condições P-T onde a curva *solidus* ocorre no campo da estauroлита; b) Detalhe para as associações que ocorrem nas vizinhanças da associação em equilíbrio da amostra. 93
- Figura 8.10: Pseudosseção construída para a amostra CP-333 no sistema NCKFMASHTO. a) Detalhe para o intervalo de condições P-T onde a curva *solidus* ocorre no campo da estauroлита; b) Detalhe para as associações que ocorrem nas vizinhanças da associação em equilíbrio da amostra. 95
- Figura 8.11: Isopletas calculadas para a proporção modal de: estauroлита – (a) amostra CP-07 e (b) amostra CP-333; muscovita – (c) amostra CP-07 e (d) amostra CP-333; e fundido (e) amostra CP-07 e (f) amostra CP-333..... 97
- Figura 8.12: a) Variação composicional da biotita da amostra CP-07 plotada no diagrama AFM, modificado de Thompson (1957); Isopletas calculadas para parâmetros composicionais dos minerais da amostra CP-07; b) XMg da granada e da biotita; c) XCa da granada e do plagioclásio; d) XMg da estauroлита e XNa da muscovita; e) XTi da biotita e da estauroлита; f) XAlVI das micas. A estrela indica cruzamento de isopletas composicionais. 101
- Figura 8.13: a) Variação composicional da biotita da amostra CP-333 plotada no diagrama AFM, modificado de Thompson (1957); Isopletas calculadas para parâmetros composicionais dos minerais da amostra CP-333; b) XMg da granada e da biotita; c) XCa da granada e do plagioclásio; d) XMg da estauroлита e XNa da muscovita; e) XTi da biotita e da estauroлита; f) XAlVI das micas. As estrelas indicam o cruzamento das isopletas de minerais em uma mesma associação em equilíbrio. 105
- Figura 8.14: : Resultados dos cálculos por geotermobarometria otimizada para os conjuntos de associações em equilíbrio – a) amostra CP-07 e b) amostra CP-333. As estrelas indicam o cruzamento de isopletas minerais das associações em equilíbrio; Isopletas de Zr no rutilo – c) amostra CP-07 e d) amostra CP-333; e) Rutilo (Rt-1) na matriz, com corona parcial de ilmenita, amostra CP-07; f) Rutilo (Rt-2) na matriz, com corona de ilmenita bem desenvolvida e associada com magnetita, amostra CP-07; g) Rutilo (Rt-3) incluso em porfiroblasto de estauroлита; h) Cristais granulares de rutilo (Rt-6) homogêneo, associado com pouca ilmenita, inclusos na primeira geração de granada da amostra CP-333. 111
- Figura 8.15: Imagens de catodoluminescência (CL) e de elétrons retroespalhados (BSE) de cristais de zircão (a) e monazita (b) representativos do cianita-estauroлита-muscovita-

- granada-biotita xisto (amostra CP-07) da Unidade Colônia. Estão indicadas as idades em Ma com 2σ de incerteza, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ para idades > 1000 e $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ para idades < 1000 113
- Figura 8.16: a) Gráfico da variação da razão Th/U em cristais de zircão do cianita-estauroilita-muscovita-granada-biotita xisto (CP-07), b) Gráfico da variação da razão Th/U nos diferentes domínios texturais onde houve recristalização; c) Diagrama Idade vs. Probabilidade Relativa utilizando a estimativa de densidade de Kernel (KDE – *Kernel Density Estimator*); d) Diagrama com a curva concórdia de Tera-Wasserburg com os pontos plotados sem os erros; e) Diagrama com a curva concórdia de Tera-Wasserburg para os cristais de monazita; f) Diagrama com a curva concórdia de Tera-Wasserburg para as porções recristalizadas do zircão. 115
- Figura 8.17: Padrões de distribuição dos elementos terras raras (ETR) em zircão do metapelito da Unidade Colônia, amostra CP-07. Em (a) para núcleos detríticos e zonas recristalizadas e homogêneas e em (b) para zonas com mistura de domínios. Valores normalizados pelo condrito de acordo com Sun & McDonough (1989); c) gráfico Th+U vs. ΣETR ; d) gráfico Ca+Al+Fe vs. U, adaptado de Rayner et al. (2005)..... 117
- Figura 8.18: Detalhe para os campos de equilíbrio e as topologias que indicam as reações de fusão para os metapelitos da Unidade Colônia. Os pontos vermelhos indicam os pontos invariantes calculados - a) para a amostra CP-07; b) para a amostra CP-333. 120
- Figura 8.19: a) Gráfico La vs. (Sm/La)_N de Hoskin (2005); b) Diagrama concórdia para zircões. As elipses cinzas correspondem aos dados discordantes em mais de 5 %..... 123
- Figura 8.20: a) Trajetórias horárias *P-T-t* construída para a amostra CP-07 e *P-T* para a amostra CP-333..... 126
- Figura 9.1: a) Aspecto textural do Antofilita-clorita-tremolita xisto do conjunto (i), amostra CP-16; b) Porfiroblastos de tremolita pós-S2 sobre foliação dada pela clorita, amostra CP-54A do conjunto (i); c) Cristal de tremolita, pós-S2, com bordas de antofilita-cummingtonita, amostra FAM-07A do conjunto (i); Talco-tremolita-clorita-ortopiroxênio-clinopiroxênio fels porfiroblástico – d) Porfiroblasto de ortopiroxênio com geminação polissintética; e) Glomérulos máficos inclusos em ortopiroxênio; f) Glomero-porfiroblastos de anfibólio fibrorradiados sobre matriz formada por clorita e talco. 131
- Figura 9.2: Gráficos das variações composicionais da clorita - a) Variação entre Fe e Mg; b) Variação entre AlVI e AlIV segundo critérios de Hey (1954); c) Variação composicional em termos da substituição tschermakítica..... 134
- Figura 9.3: Diagramas de classificação de anfibólios de acordo com Leake et al. (1997), em (a) para anfibólios cálcicos e em (b) para anfibólios de Mg-Fe-Mn-Li..... 134
- Figura 9.4: a) Gráfico da participação relativa das variações composicionais no anfibólio em função dos vetores das substituições edenítica (KAlIV□-1Si-1) e tschermakítica (AlVIAlIVMg-1Si-1) mostrando a distribuição dos valores de AlIV no sítio T e Na+K no sítio A; Variação composicional do anfibólio em termos da substituição tschermakítica (b) e titânio-tschermakítica (c)..... 135
- Figura 9.5: Grade petrogenética do sistema SiO₂-MgO-H₂O construída a partir do banco de dados de Berman (1988) com as curvas dos sistemas CMSH e CMASH indicadas em tracejado. O campo roxo representa as condições de equilíbrio dos xistos

metaultramáficos das amostras CP-06 e CP-54a e em roxo escuro as condições estimadas para o pico térmico em ~8 kbar.	136
Figura 10.1: Diagrama Idade vs. Probabilidade Relativa para a Unidade Colônia utilizando apenas dados com concordância acima de 95% em núcleos detríticos e em zonas com mistura de domínios, i.e., relíquias de grão detrítico em meio às áreas parcialmente recristalizadas. São mostrados os espectros de distribuição de idades para a Unidade Serra do Ibituruna e para o Xisto Santo Antônio, com dados compilados de Frugis et al., 2018.	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1: Relação de amostras e minerais analisados por microsonda eletrônica.	9
Tabela 2-2: Configuração dos elementos químicos lidos em cada canal da microsonda.	10
Tabela 2-3: elementos analisados e padrões utilizados nas análises de granada da amostra CP-07 e minerais da amostra CP-333.	11
Tabela 2-4: Relação de amostras e análises de zircão pelo método U-Pb. Para finalidade, 1= proveniência, 2= metamorfismo, 3= cristalização, (*) amostra com dados U-Pb em monazita.	13
Tabela 2-5: Condições analíticas do LA-ICP-MS.	20
Tabela 4-1: Dados geocronológicos compilados para os Complexos Campos Gerais e Petúnia. Referências: 1-DNPM (1979); 2-Turbay (2010); 3-Lopes (2013), 4- Schrank & Silva (1993), 5-Campos Neto et al., 2004; 6- Pinheiro (2013).	38
Tabela 7-1: Distribuição das populações de cristais de zircão nas amostras, com a quantidade de cristais datados por população e o número de análises válidas para a avaliação da proveniência sedimentar.	51
Tabela 7-2: Valores da probabilidade “P” obtidos no Teste K-S as idades na função de densidade cumulativa para as amostras da Unidade Serra do Ibituruna.	57
Tabela 7-3: Idades máximas de deposição determinadas para cada amostra da Unidade Serra do Ibituruna. Estão indicadas as idades 207Pb/206Pb com 1 σ de incerteza.	57
Tabela 7-4: Distribuição das populações nos campos de ocorrência de rochas ígneas discriminadas com base no conteúdo de Hf e Y, de acordo com Pupin (2000).	62
Tabela 7-5: Histograma parcial da Figura 7.10 indicando as idades 207Pb/206Pb neo- a mesoarqueanas obtidas em zircão detrítico da Unidade Serra do Ibituruna com os intervalos de idades U-Pb em zircão disponíveis na literatura para as prováveis áreas fontes. Referências: 1-Turbay, 2010; 2-Campos Neto et al., 2004; 3-Gengo et al., (em preparação); 4-Teixeira et al., 1998; 5-Carvalho et al., 2017a; 6-Oliveira, 2004; 7-Campos, 2004; 8-Quémeneur et al., 2003; 9-Machado e Carneiro, 1992 10-Romano et al., 2013; 11-Farina et al., 2015; 12-Lana et al., 2013; 13-Cioffi et al., 2016b. *Idade Pb-Pb em zircão e **Idade de cristalização do protólito do Gnaisse Engenheiro Correia.	67
Tabela 7-6: Histograma parcial da Figura 7.10 indicando as idades 207Pb/206Pb paleoproterozoicas obtidas em zircão detrítico da Unidade Serra do Ibituruna e os intervalos de idades U-Pb em zircão disponíveis na literatura para as prováveis áreas fontes. Referências: 1- Barbosa et al. 2015; 2- Seixas et al., 2013; 3- Teixeira et al.,	

2014; 4-Ávila et al., 2006; 5- Teixeira et al., 2008; 6-Ávila et al., 2010; 7-Ávila et al., 2014; 8-Teixeira et al., 2015; 9-Seixas et al., 2012; 10-Oliveira, 2004; 11-Carvalho et al., 2017a; 12-Lopes, 2013; 13-Gengo et al. (em preparação); 14-(Cioffi et al., 2016a); 15-Marinho (2014); 16-Medeiros Junior (2016). A linha tracejada em vermelho representa a idade máxima de deposição (IMD) determinada para a unidade.....	68
Tabela 7-7: Valores da probabilidade “P” obtidos no Teste K-S usando os erros das idades em função de densidade cumulativa para as amostras da Unidade Serra do Ibituruna e amostras dos Grupos Sabará e Itacolomi. As idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ utilizadas no teste foram extraídas de Duque (2018) e Dutra et al. (2019).	73
Tabela 8-1: Relações de crescimento mineral com as foliações nos metapelitos da Unidade Colônia.	80
Tabela 8-2: Associações minerais da amostra CP-333 e feições definidas para aplicação dos métodos geotermobarométricos.	103
Tabela 8-3: Dados calculados pelo average P-T.	108
Tabela 8-4: Concentração em ppm dos elementos traço em rutilo e resultado das temperaturas calculadas.	110
Tabela 8-5: Intervalos das concentrações em ppm de elementos terras raras leves, médios e pesados por domínio textural. Valores de referência para o padrão do zircão 91500 extraídos de http://georem.mpch-mainz.gwdg.de/	117

APÊNDICES:

A – Artigo 1: *The Archean and Paleoproterozoic rocks of the Petunia Complex and its relationship with the Campos Gerais Complex as a basement window in the Brasília Orogen, Southeastern Minas Gerais, Brazil*

B – Mapa de Pontos

C – Mapa Geológico

D – Resultados das análises de elementos maiores, menores e traços obtidos via FRX

E – Resultados das análises de química mineral obtidos via ME

F – Scripts do THERMOCALC

G – Resultados dos cálculos geotermobarométricos

H – Dados de U-Pb em zircão e monazita obtidos via LA-MC-ICP-MS

I – Resultados das análises in situ de elementos traços em zircão obtidas via LA-ICP-MS

LISTA DE SIGLAS

apfu: átomos por fórmula unitária

BIFs: *banded iron formations*

BLG: *bulging recrystallization*

BM: microscopia binocular

BSE: *back scattered electron*

CAD: *cumulative age distribution*

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CDF: *cumulative distribution function*

CL: catodoluminescência

CPGeo: Centro de Pesquisas em Geocronologia e Geoquímica Isotópica

CODEMIG: Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

DNPM: Departamento Nacional de Produção Mineral

EDS: *energy-dispersive system*

EMPA: Electron Probe Micro Analyzer

ETR: elementos terras raras

FE: *Field Emission*

FRX: fluorescência de raios X

Ga: bilhões de anos

GBM: *Grain Boundary Migration*

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC: idade de cristalização

ICP-MS: *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*

ID: idade de deposição

IMD: idade máxima de deposição

KDE: *kernel density estimator*

K-S: Kolmogorov-Smirnoff

LA-ICP-MS: *Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*

Ma: milhões de anos

MDT: Modelo Digital de Terreno

MEV: microscópio eletrônico de varredura

MORB: *Middle ocean ridge basalt*

MSWD: *Mean Square Weighted Deviation*

NAP: Núcleo de Apoio à Pesquisa Geoanalítica-USP

ppm: partes por milhão

SGR: *Subgrain Rotation Recrystallization*

SIG: sistema de informação geográfica

TDM: idade-modelo calculada por *depleted mantle*

WDS: *wavelength-dispersive system*

LISTA DE UNIDADES E SÍMBOLOS

Valores das razões minerais nas isopletas:

$$X_{\text{Mg}} = \frac{\text{Mg}}{\text{Fe} + \text{Mg}} \quad \text{granada e estauroлита}$$

$$X_{\text{Mg}} = \frac{2 * \text{MgM1} + \text{MgM2}}{2 * \text{FeM1} + \text{FeM2} + 2 * \text{MgM1} + \text{MgM2}} \quad \text{biotita}$$

$$X_{\text{Ca}} = \frac{\text{Ca}}{\text{Ca} + \text{Fe} + \text{Mg}} \quad \text{granada}$$

$$X_{\text{Ca}} = \frac{\text{Ca}}{\text{Ca} + \text{Na} + \text{K}} \quad \text{plagioclásio}$$

$$X_{\text{Ti}} = \frac{\text{Ti}}{\text{Ti} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}} \quad \text{estauroлита}$$

$$X_{\text{Ti}} = \frac{\text{Ti}}{\text{FeM2} + \text{MgM2} + \text{Ti} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}} \quad \text{biotita}$$

$$X_{\text{Al}} = \frac{\text{Al}}{\text{FeM2} + \text{MgM2} + \text{Ti} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+}}$$

$$X_{\text{Al}} = \frac{\text{Al}}{\text{Al} + \text{FeM1} + \text{MgM1}} \quad \text{muscovita}$$

$$X_{\text{Na}} = \frac{\text{Na}}{\text{Na} + \text{K} + \text{Ca}}$$

kbar = kilobar = 10^3 bar = 10^8 Pa

°C = graus Celsius

km	= quilômetro	= 10^3 m
m	= metro	= 10^1 m
cm	= centímetro	= 10^{-2} m
mm	= milímetro	= 10^{-3} m
μm	= micrômetro	= 10^{-6} m
kg	= quilograma	
g	= grama	
ppm	= 10^{-6} kg	
cm^3	= centímetro cúbico	
g/cm^3	= gramas por centímetro cúbico	
λ	= comprimento de onda	
s	= segundo	
kV	= voltagem	
kA	= quiloampère	
A	= ampère	
nA	= nanoampère	
Hz	= hertz	
ΔG	= variação da energia livre de Gibbs	
ΔS	= variação entropia	
ΔV	= variação de volume	
mJ	= milijoule	
$\mu\text{m/s}$	= micrometro por segundo	
J/cm^2	= joule por centímetro quadrado	
L/min	= litros por minuto	
σ	= desvio padrão	

1 INTRODUÇÃO

Na região a sul de Passos, Minas Gerais, ocorre conjunto de rochas denominado Complexo Petúnia (Roig, 1993), que reúne gnaisses, rochas metapelíticas, metapsamíticas, metamáficas, metaultramáficas, além de gongitos e formações ferríferas bandadas, com disposição controlada pelas zonas de cisalhamento dúcteis - rúpteis do Cinturão de Cisalhamento de Campo do Meio (Morales et al., 1991; Morales, 1993), ativo durante a Colagem Orogênica Brasileira (Brito Neves et al., 1999).

O Complexo Petúnia compõe o domínio alóctone do Complexo Campos Gerais (Roig, 1993; Szabó et al., 1993; Szabó, 1996) e suas rochas metaultramáficas, outrora relacionadas tanto com complexos estratiformes intensamente tectonizados (Roig, 1993), como com complexos ofiolíticos (Choudhuri et al., 1995), são distintas das já conhecidas rochas metaultramáficas de filiação komatiítica do *Greenstone Belt* Alpinópolis, presentes no domínio autóctone do Complexo Campos Gerais. Afinal, seria o Complexo Petúnia um conjunto deformado e metamorfozido contemporaneamente à consolidação do Orógeno Brasília Meridional, representada ali pelo Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio? Ou trata-se de uma zona de sutura mais antiga que foi reativada em decorrência da instalação do Orógeno Brasília Meridional? Se o Complexo Petúnia é mesmo considerado uma zona de sutura, dada a presença de tais rochas ofiolíticas, a determinação das condições *P-T-t* do metamorfismo na colisão é crucial para o entendimento do contexto geotectônico da porção noroeste do Orógeno Brasília Meridional.

As idades dos ciclos deposicionais e do metamorfismo das rochas do Complexo Petúnia também são desconhecidas, apesar disso, suas rochas pelíticas e psamíticas já foram correlacionadas às do Grupo Andrelândia (Trouw et al., 1984; Roig, 1993; Zanardo et al., 2006), Carrancas (Trouw et al., 1984; Campos Neto et al., 2004 e 2007) e Araxá (Machado Filho et al., 1983; Morales, 1993; Zanardo, 1992; Del Lama et al., 1994; Zanardo et al., 2006) não havendo, no entanto, continuidade física entre qualquer uma dessas unidades. A intensa tectônica transcorrente presente no Complexo Petúnia, por si só, dificulta sobremaneira as correlações litoestratigráficas de suas rochas e a ausência de dados geocronológicos limita a validade das correlações propostas.

1.1 Objetivos e Justificativas

A definição do Complexo Petúnia como domínio alóctone do Complexo Campos Gerais necessita de refinamento, uma vez que este é formado por terrenos arqueanos e paleoproterozoicos enquanto aquele tem rochas metapelíticas e metapsamíticas correlacionadas com rochas neoproterozoicas. Assim, primeiramente, através de mapeamento geológico, aliado aos dados aerogeofísicos e geocronológicos será apresentada a extensão e redefinição do Complexo Petúnia.

As rochas do Complexo Petúnia carecem de informações a respeito das condições de metamorfismo e ambiente tectônico. Para o estudo do metamorfismo foram investigadas rochas metapelíticas e metaultramáficas da Unidade Colônia (Teixeira et al., 1987), usando diferentes métodos geotermobarométricos e pseudosseções, com o objetivo de estabelecer as trajetórias P-T e o gradiente metamórfico de campo, tornando possível comparar com informações da literatura e identificar se o seu ambiente tectônico e metamorfismo são os mesmos envolvidos na formação das demais rochas metamórficas do Orógeno Brasília Meridional, formadas em regimes de alta pressão, como nas rochas dos Grupos Araxá, Andrelândia e Carrancas (Simões, 1995; Luvizotto, 2003; Silva, 2010; Motta et al., 2010; Motta & Moraes, 2017; Fumes et al., 2020).

Geograficamente as rochas do Complexo Petúnia ocupam localização chave para a possível conexão entre as rochas dos Grupos Araxá e Canastra, a norte, e Andrelândia e Carrancas, a sul, podendo ainda ser rochas depositadas e metamorfizadas em ambiente sem qualquer correlação cronológica com as rochas dos grupos citados. Assim, serão apresentados dados de U-Pb em zircão e monazita de rochas metapelíticas da Unidade Colônia e metapsamíticas da Unidade Serra do Ibituruna (Teixeira et al., 1987), com o objetivo de determinar a proveniência sedimentar, as idades máximas de deposição e de metamorfismo, para então definir se as correlações existentes na literatura são pertinentes ou não.

A obtenção dessas informações virá a contribuir para o estabelecimento do quadro tectônico regional e para a readequação do Complexo Petúnia dentro do contexto do Orógeno Brasília Meridional.

1.2 Localização da Área e Vias de Acesso

A área de estudo localiza-se na mesorregião sul-sudoeste de Minas Gerais e abrange uma área de aproximadamente 920 km², passando pelos municípios de Jacuí, Passos, Bom Jesus da Penha, São Pedro da União, Conceição da Aparecida e Nova Resende, incluindo o distrito de Petúnia (**Figura 1.1**).

Os acessos para a região são abundantes, tanto em rodovias pavimentadas como estradas não pavimentadas. Partindo de São Paulo há várias opções de trajeto, entre elas seguir pela Rodovia dos Bandeirantes (SP-348) ou Anhanguera (SP-330) até Campinas, depois pela Rodovia Gov. Dr. Adhemar Pereira de Barros/Mario Beni (SP-340) até Casa Branca. De Casa Branca seguir pelas rodovias SP-350/MG-450 até Guaxupé e finalmente pela BR-146 até Bom Jesus da Penha, município mais próximo do ponto central da área.

Acessos para os demais municípios da área são feitos por rodovias federais e estaduais que nem sempre são pavimentadas, mas que no geral são bem sinalizadas e em boas condições de uso. Em virtude da ampla agricultura cafeeira que há na região, acessos secundários são amplos e bem distribuídos por toda a área.

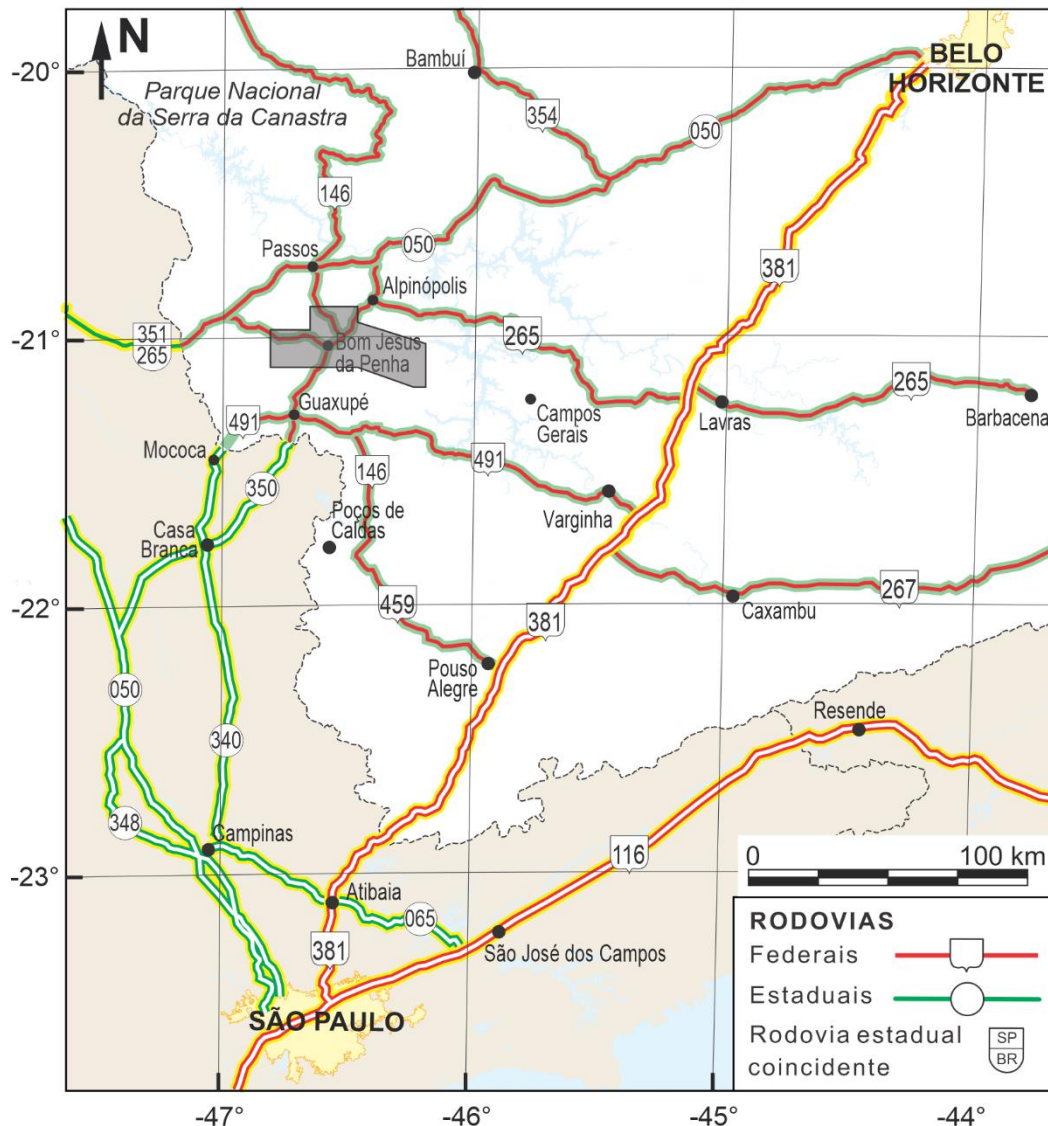


Figura 1.1: Localização da área de estudo (polígono sombreado) e principais vias de acesso. Simplificado dos mapas do DNIT (2013).

1.3 Estrutura da Tese

- ❖ Capítulo 1 – *Introdução*. Este capítulo apresenta o tema da Tese, os principais objetivos, e a localização da área de estudos.
- ❖ Capítulo 2 – *Materiais e Métodos*. Neste capítulo são apresentados os métodos utilizados e os detalhes dos procedimentos analíticos adotados.
- ❖ Capítulo 3 – *Revisão teórica*. Este capítulo apresenta uma síntese bibliográfica sobre pseudosseções, suas principais variações e aplicações em rochas metapelíticas.
- ❖ Capítulo 4 – *Contexto Geológico Regional*. Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica do contexto geológico regional ao qual a área está inserida.
- ❖ Capítulo 5 – *Aspectos da Geologia Local*. Este capítulo apresenta uma breve descrição das unidades de mapeamento da área de estudo, já com a divisão litológica revisada, além das novas definições adotadas.
- ❖ Capítulo 6 – *Redefinindo o Complexo Petúnia*. O conteúdo deste capítulo é apresentado na forma de artigo científico disponível na íntegra no **Apêndice A**. Este artigo é resultado das revisões feitas nos capítulos 4 e 5 integrados com dados aerogeofísicos e dados de U-Pb em zircão para três unidades do Complexo Petúnia, duas delas definidas nesta Tese.
- ❖ Capítulo 7 – *Proveniência sedimentar e metamorfismo da Unidade Serra do Ibituruna*: Capítulo dedicado à apresentação das assinaturas de elementos traço e terras raras em zircão e da geoquímica isotópica (U-Pb) de zircão e monazita de amostras da Unidade Serra do Ibituruna.
- ❖ Capítulo 8 – *Os metapelitos da Unidade Colônia*: Neste capítulo são apresentados os dados de química mineral e metamorfismo dos metapelitos da Unidade Colônia. também são apresentados dados de geoquímica isotópica em zircão e monazita.
- ❖ Capítulo 9 – *As rochas metaultramáficas do Complexo Petúnia*: Capítulo dedicado às rochas metaultramáficas da Unidade Colônia e das intercalações na Unidade Petúnia.
- ❖ Capítulo 10 – *Integração dos dados*. Neste capítulo são integrados e discutidos os dados apresentados ao longo da tese para então compor um modelo tectônico de evolução do Complexo Petúnia.
- ❖ Capítulo 11 – *Conclusões*: sumário das conclusões obtidas na Tese.
- ❖ Capítulo 12 – *Referências Bibliográficas*: sumário de todas as referências consultadas e citadas na tese.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Revisão Bibliográfica

O levantamento bibliográfico foi feito ao longo de todo o trabalho e teve como principais bases para pesquisa o Portal de Periódicos CAPES, a biblioteca do Instituto de Geociências – USP e as plataformas de busca *Scopus* (<https://www.scopus.com/>) e *Science Direct* (<https://www.sciencedirect.com/>). Primeiramente contemplou-se a revisão dos conhecimentos sobre o contexto geológico regional, no qual os Complexos Petúnia e Campos Gerais estão inseridos e, no decorrer do trabalho, foram pesquisados trabalhos para a fundamentação de conceitos e técnicas utilizadas na tese.

2.2 Trabalhos de Campo

Como guia para os trabalhos de campo, foram utilizadas as seguintes folhas topográficas na escala 1:50.000 disponíveis no website do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - <https://biblioteca.ibge.gov.br/pt/>): Alpinópolis (SF-23-V-B-IV-3); Nova Resende (SF-23-V-D-I-1); Fortaleza de Minas (SF-23-V-A-VI-4); Jacuí (SF-23-V-C-III-2); São Sebastião do Paraíso (SF-23-V-A-VI-3); e, Monte Santo de Minas (SF-23-V-C-III-1).

Foram realizados 28 dias de campo, divididos em 5 etapas, totalizando 340 afloramentos visitados com o código CP. O acervo de afloramentos foi complementado com 63 pontos de Fayad (2013), com o código DCF, e 10 pontos de Moya & Szabó (2000), com o código FAM, muitos dos quais foram visitados durante as etapas de campo e que possibilitaram refinar o mapa geológico. O mapa com a localização dos pontos, amostras coletadas e estudos realizados encontra-se disponível no **Apêndice A**.

Para a confecção do mapa de pontos, as drenagens, curvas de nível e estradas foram obtidas através da conversão de quilômetros (km) para metros (m) dos arquivos vetoriais (.dgn) das folhas topográficas na escala 1:50.000, também disponíveis no *website* do IBGE. Muitas estradas vicinais tiveram seu traçado modificado e, portanto, são apresentadas apenas aquelas representativas na escala 1:75.000, adotada neste trabalho, traçadas sobre o mosaico gerado com imagens de satélite do *Google Earth Pro*.

2.3 Mapa Geológico

O mapa geológico inicialmente foi elaborado através da compilação dos seguintes mapas existentes na região: Mapa geológico das folhas Jacuí, Fortaleza de Minas, Alpinópolis e Nova Resende, escala 1:200.000 (Morales et al., 1983); Mapa Geológico da região de

Guaxupé – Passos – Delfinópolis em escala 1:180.000 (Zanardo, 1992); Mapa Geológico da região de Bom Jesus da Penha – Petúnia, MG, em escala 1:50.000 (Roig, 1993); Geologia do Complexo Campos Gerais (Domínio Norte) na região de sul a oeste de Alpinópolis em escala 1:50.000 (Szabó, 1996) e [Sem título] Fayad (2013). Os mapas geológicos das folhas Guaxupé e Nova Resende, apresentados pela CODEMIG (2015) não foram utilizados na compilação em virtude das inconsistências com os demais mapas já existentes.

O mapa geológico resultante da compilação e melhorado pelos dados coligidos está disponível no **Apêndice B**. Modificações foram feitas com base nos levantamentos de campo aliados a dados aerogeofísicos e de sensoriamento remoto. A integração da base de dados foi feita em ambiente SIG, utilizando o datum Sirgas 2000 UTM Zone 23S, onde foram analisados Modelos Digitais de Terreno (MDT), mapas gamaespectrométricos de composição ternária RGB e de concentrações de U, Th e K, e mapas magnéticos de Amplitude do Sinal Analítico (Roest et al., 1992), de Campo Magnético Total, e *TILT Derivative* (Miller & Singh, 1994).

O Modelo Digital de Terreno foi gerado no *software Quantum Gis 2.14.3 with Grass 7.0.4*, utilizando como base as imagens S21W047.SRTMGL3S e S22W047.SRTMGL3S, ambas com resolução de 30 m, obtidas pelo *Shuttle Radar Topography Mission* da Nasa e disponíveis no website do U.S Geological Survey (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

2.4 Gamaespectrometria

A gamaespectrometria reflete as variações geoquímicas de K, Th e U das rochas. Por exemplo, “nas rochas ígneas há uma tendência de aumento no conteúdo de K, Th e U para composições mais félsicas” (Dickson e Scott, 1997). O metamorfismo não altera significativamente a concentração desses elementos, enquanto nas rochas sedimentares, a concentração pode ser maior em rochas derivadas de sedimentos imaturos ou menor em sedimentos maduros (Dickson e Scott, 1997).

Embora a gamaespectrometria seja uma ferramenta muito útil na cartografia geológica e estudos voltados para tectônica regional (exemplos em Monteiro et al., 2007, Ribeiro et al., 2013 e Araújo et al., 2019), sua interpretação deve ser feita com cautela, uma vez que se trata de técnica com baixo alcance em profundidade, cerca de 30 cm (Dickson e Scott, 1997; Minty, 1997), o que limita seu uso ao reconhecimento de contatos geológicos superficiais e afloramentos de rocha (Ribeiro et al., 2013). Além disso, os efeitos do intemperismo e a presença de colúvios, tálus, ou vegetação densa podem alterar ou mascarar

as concentrações originais dos elementos, mudando a resposta da geologia, interferindo na posição dos contatos geológicos das unidades (International Atomic Energy Agency, 2003).

Segundo as diretrizes estabelecidas no guia do International Atomic Energy Agency (2003, p.120-121)

Em geral, uma estratégia útil para o mapeamento geológico, é primeiro delinear as principais unidades litológicas e, em seguida, aprimorar com os padrões de radioelementos nas unidades individuais.

[...]

A interpretação integrada com fotografia aérea, imagens de satélite e outros conjuntos de dados aerogeofísicos possibilita explorar informações geológicas complementares e permite que as distribuições dos radioelementos sejam estudadas em um contexto geológico e geomorfológico estrutural.

Exposições rochosas do Complexo Petúnia são escassas, sobretudo das Unidades Petúnia e Colônia (Capítulo 5). Os solos são jovens e residuais, com estruturas gnáissicas e xistosas muitas vezes preservadas, e a vegetação de grande porte é escassa, restrita ao longo dos canais de drenagem e ao topo das serras, e depósitos de colúvios e corpos de tálus ocorrem apenas ao longo das encostas das serras, assim, o uso da técnica torna-se viável e útil. Os dados aerogeofísicos utilizados foram cedidos pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), referentes ao Projeto Área 7. A descrição dos métodos de aquisição encontra-se no artigo disponível no **Apêndice A**.

2.5 Petrografia

Das amostras coletadas em campo, 89 foram selecionadas para a confecção de seções delgadas com 30 μm de espessura. O acervo petrográfico foi complementado com a descrição de 32 seções delgadas de Fayad (2013) e 17 de Moya & Szabó (2000), além de seções delgadas pertencentes ao acervo didático da disciplina GMG0332 - Petrologia Metamórfica do Instituto de Geociências (IGc -USP), totalizando aproximadamente 150 seções delgadas. A classificação dos litotipos foi feita através de estimativas visuais da proporção dos minerais. Contagem modal foi feita para uma amostra da Unidade Petúnia (CP-38) e uma amostra do Gnaiss Ribeirão da Conquista (CP-94).

As seções delgadas foram descritas utilizando os microscópios modelo Zeiss (Axioplan) e Olympus (BXP-50) do Laboratório de Óptica do IGc - USP. Feições mais significativas, tais como texturas, microestruturas deformacionais e associações minerais de pico metamórfico, texturas reacionais e de retrometamorfismo, foram registradas com fotomicrografias adquiridas através do *software* Zeiss Axiovision SE64 Rel. 4.9.1 com câmera AxioCam MRc acoplada ao microscópio Zeiss AxioImager pertencente também ao

Laboratório de Microscopia Ótica do IGc - USP. As abreviações, quando utilizadas, estão de acordo com Whitney e Evans, 2010, exceto as abreviações utilizadas nas figuras dos trabalhos de Powell, Holland e White (Capítulo 5), que seguem padrão próprio.

2.6 Geologia Estrutural

A geologia estrutural inicialmente foi analisada por meio do arcabouço estrutural da área, com base em imagens de satélite do *software Google Earth Pro* e mapas de sombreamento gerados com diferentes direções de iluminação sobre o Modelo Digital de Terreno (MDT), a fim de identificar padrões de lineamentos morfoestruturais.

A visualização dos elementos estruturais foi feita através de perfis geológicos analisados em conjunto com os dados estruturais plotados em estereogramas. Os dados estruturais obtidos em campo foram compilados em diferentes arquivos .txt e plotados em estereogramas através do *software OpenStereo 0.1.2* (Grohmann et al., 2010).

2.7 Geoquímica de Rocha Total

2.7.1 Preparação das amostras

Foram selecionadas 2 amostras para a construção de pseudosseções baseadas na composição química da rocha total, (CP-07 e CP-333). Para a amostra CP-07 foram preparadas uma amostra integral (CP-07) e uma derivada (CP-07melt), composta apenas pelo leucossoma da rocha.

Após a lavagem e retirada das porções alteradas, as amostras foram submetidas à limpeza e cominuição em prensa hidráulica manual. O material resultante foi quarteado e cerca de 100 g de cada amostra foi levado ao moinho de ágata tipo planetário para obtenção de frações com 200 *mesh*. As pastilhas fundidas, destinadas às análises dos elementos maiores e menores, foram produzidas misturando-se 1 g ($\pm 0,001$) de pó da amostra com 9 g ($\pm 0,001$) de metaborato e tetraborato de lítio como fundente. As pastilhas prensadas, destinadas às análises de elementos traço, foram feitas a partir da micronização das amostras e posterior homogeneização manual de 7 g de pó da amostra com 20 % de parafina. A confecção das pastilhas foi feita através da prensagem em prensa hidráulica Herzog, específica para este fim.

2.7.2 Procedimentos analíticos

As análises foram realizadas no Laboratório de Espectrometria de Fluorescência de Raios X do NAP GeoAnalítica – USP, utilizando-se o equipamento Philips, modelo PW2400. Os materiais de referências utilizados foram o basalto JB-1a e o granodiorito JG-1a e a

metodologia das análises seguiu padrão estabelecido por Mori et al. (1999). Adicionalmente às análises de FRX, foram realizadas análises de perda ao fogo à 1000 °C.

O conteúdo de FeO das amostras CP-07 e CP-333 foi obtido por análise de titrimetria de oxi-redução de acordo com o método de Andrade et al. (2002) utilizando como padrão de referência o basalto AQ-1. Os resultados das amostras e dos materiais de referência encontram-se disponíveis no **Apêndice D**.

2.8 Química Mineral

Foram selecionadas 10 amostras para análises quantitativas de química mineral. A relação das amostras, litotipos e minerais analisados está na **Tabela 2-1**. As seções foram preparadas no setor de laminação do Laboratório de Microsonda Eletrônica (EMPA) – NAP GeoAnalítica-USP e a metalização foi feita com cobertura de carbono espectrométrico. Para cada lâmina foram escolhidos de 3 a 5 cristais de diferentes domínios texturais para investigação das variações composicionais.

Tabela 2-1: Relação de amostras e minerais analisados por microsonda eletrônica.

	Unidade	Amostra	Litotipo	Minerais
Complexo Petúnia	<i>Colônia</i>	CP-07	ky-st-ms-grt-bt xisto	grt, st, bt, ms, ru, pl
		CP-333	ms-ky-grt-bt xisto c/ ru	grt, st, bt, ms, ru, pl
		CP-06	ath-tr-chl xisto	ath, tr, chl
		DCF-22	tlc-tr-chl-opx fels	opx, tr, chl, tlc
	<i>Petúnia</i>	CP-54A	ath-tlc-tr-chl xisto	ath, tr, chl

2.8.1 Procedimentos analíticos e tratamento dos dados

As análises de química mineral foram feitas com a microsonda eletrônica JEOL, modelo JXA-FE-8530 com canhão eletrônico suportado por *Field Emission Gun* (FE) pertencente ao Laboratório de Microsonda Eletrônica (EMPA) – NAP GeoAnalítica-USP, no Instituto de Geociências (IGc-USP).

Para as análises quantitativas via WDS foi aplicada voltagem constante de 15 kV (20 kV para o rutilo) e 20 nA de intensidade de corrente em feixe de 5 µm diâmetro para todos os minerais, exceto feldspato (10 µm). Adicionalmente foram feitas análises semiquantitativas via EDS apenas para identificação dos minerais opacos presentes. As rotinas foram construídas utilizando os padrões do *Smithsonian National Museum of Natural History* e da *Geller* e as correções foram feitas com base nos cálculos de Armstrong (1991). A

distribuição dos elementos pelos cristais analisadores (TAP, LIF e PET), bem como o tempo de análise para cada elemento químico estão sumarizados na **Tabela 2-2**.

Granada e plagioclásio da amostra CP-07 e os minerais da amostra CP-333 foram analisados na microsonda eletrônica JEOL, modelo JXA-8230 Superprobe pertencente ao Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Rio Claro. As condições analíticas foram de 15 kV de voltagem constante (20 kV para rutilo), 20 nA de intensidade de corrente (80 nA para rutilo) e feixe com 5 µm de diâmetro para as micas e 10 µm no restante dos minerais. O tempo de contagem foi de 20 s (10 s no pico e 5 s de *background*) para os elementos maiores e 40 s (20 s no pico e 10 s de *background*) para os elementos menores. Os elementos analisados e os respectivos padrões utilizados são listados na **Tabela 2-3**.

Tabela 2-2: Configuração dos elementos químicos lidos em cada canal da microsonda da USP.

Canal	CH-1	CH-2	CH-3	CH-4	CH-5
Mineral	TAP	LIFL	PETJ	LIFL	TAPH
Granada	Si (10), Al (40)	Fe (10), Mn (40)	Ca (20)	Cr (60), Ti (40)	Mg (30)
Estaurolita	Si (10), Al (40)	Fe (20), Mn (100)	Ca (20)	Ti (20), Zn (80)	Mg (20)
Micas	Si (20), Al (30)	Fe (20), Mn (40), Zn (60)	Cl (20), K (20), Ca (20)	Ti (20), Ba (60)	F (20), Na (20), Mg (20)
Feldspatos	Si (20), Al (40)	Fe (20), Mn (80)	K (20), Ca (30), Sr (80)	Ti (20), Ba (60)	Na (20), Mg (20)
Anfibólio	Si (20), Al (30)	Fe (20), Mn (80)	Cl (20), Ca (40), K (20)	Ti (20), Cr (40)	F (20), Na (20), Mg (20)
Piroxênio	Si (20), Al (30)	Fe (20), Mn (80)	Ca (40), K (40)	Ti (20), Cr (20)	Na (20), Mg (20)
Rutilo	Al (480) Si (120)	Cr (300), Fe (300)	Nb (600)	Ti (25), V (520)	Zr (600)

Adicionalmente foram feitos mapas composicionais para Fe, Mg, Ca e Mn na granada dos metapelitos. Os elementos foram analisados por WDS no equipamento do Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade Estadual Paulista (UNESP). As imagens foram processadas no *software ImageJ* (Schindelin et al., 2012; Rueden et al., 2017), de modo que os intervalos de contagens de $k\alpha$ apresentados fossem, na medida do possível, os mesmos para os cristais analisados.

Tabela 2-3: elementos analisados e padrões utilizados na microsonda da UNESP para as análises de granada da amostra CP-07 e minerais da amostra CP-333.

Cristal	Elemento químico / padrão utilizado
TAP	Si / ortoclásio, Mg / diopsídio, Na / albita Al / almandina (granada), anortita nos demais minerais
PET	Ca / Wolastonita, K / ortoclásio, Ti / Ilmenita, Cr / Cromita, Cl / sodalita, Ba / Barita
LDE	F/apatita

Os resultados das análises foram recalculados para a obtenção da distribuição catiônica nos sítios cristalográficos dos minerais. Todo o Fe foi calculado como Fe²⁺ e valores para Fe³⁺ foram obtidos pelo balanço de cargas. Com exceção de rutilo, anfibólio e clorita, foram utilizadas planilhas disponibilizadas no website *Integrating Research and Education* (<https://serc.carleton.edu/researcheducation/equilibria/mineralformulaerecalculation.html>).

Para a clorita, o cálculo da fórmula estrutural foi feito com base em 28 átomos de oxigênio, com determinação de Fe²⁺, Fe³⁺ e OH⁻ assumindo ocupação total dos sítios. Enquanto para os anfibólios, as fórmulas estruturais foram calculadas com base em 23 átomos de oxigênios, através da média entre as estimativas máximas e mínimas de Fe³⁺ seguindo o Método de Schumacher (Leake *et al.*, 1997; Schumacher, 2007). Os resultados das análises e os cátions recalculados são apresentados no **Apêndice E**.

O cálculo da fórmula estrutural dos minerais também foi feito no *software* AX (<https://www.esc.cam.ac.uk/research/research-groups/research-projects/tim-hollands-software-pages/ax>), que, além da distribuição catiônica, fornece os parâmetros das atividades dos membros finais dos minerais, necessários para a aplicação da geotermobarometria otimizada.

2.9 Pseudosseções e Geotermobarometria

A construção das pseudosseções foi feita no THERMOCALC (Powell & Holland, 1988), versão 3.4, com o banco de dados internamente consistente ds62 (Holland e Powell, 2011; White *et al.*, 2014a). Foi escolhido o sistema químico NCKFMASHTO (Na₂O-CaO-K₂O-FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O-TiO₂-O₂), que contempla a maioria dos minerais observados na petrografia. Os *scriptfiles* utilizados estão disponíveis no **Apêndice F**. As isopletras das principais fases minerais foram obtidas no *software* TCInvestigator, versão 2.0, de Pearce *et al.* (2015).

As condições P-T foram determinadas com o método de geotermobarometria otimizada de c utilizando o *software* THERMOCALC, versão 3.26, com o banco de dados ds55, através da linha de comando “*average PT*” para diferentes associações minerais observadas na petrografia. O programa busca um conjunto de reações linearmente independentes a partir dos dados termodinâmicos dos membros finais e calcula as condições P-T com suas respectivas incertezas. Os arquivos de saída contendo apenas os cálculos obtidos com confiança maior ou igual a 95 % estão disponíveis no **Apêndice G**. Adicionalmente foram feitos cálculos utilizando calibrações do termobarômetro de Zr em rutilo (Tomkins et al., 2007).

2.10 Geoquímica isotópica mineral

2.10.1 Preparação das amostras

A geoquímica isotópica foi feita por meio do método U-Pb em zircão e monazita. Foram selecionadas 8 amostras, três amostras para determinação das idades de cristalização e metamorfismo e 5 amostras para determinação da proveniência sedimentar e metamorfismo, dessas, 4 amostras foram preparadas também para monazita (**Tabela 2-4**).

Todo o processo de preparação das amostras foi feito no Laboratório de Separação e Preparação (LSP) do Centro de Pesquisas em Geocronologia e Geoquímica Isotópica (CPGeo) do Instituto de Geociências da USP. A obtenção dos concentrados de zircão e monazita foi feita a partir da trituração de aproximadamente 5 a 8 kg de cada amostra utilizando britador de mandíbulas. O material resultante, com fragmentos menores que 1 cm, foi mecanicamente peneirado, e as frações maiores que 100 µm foram moídas em moinho de disco para obtenção final de frações entre 100 e 250 µm e menores que 250 µm, necessárias para lavagem e separação gravimétrica em mesa *Wiffley*.

Após a secagem do concentrado de minerais pesados, foram retirados cristais de magnetita com imã de mão comum. Os demais minerais magnéticos foram separados com o separador magnético Frantz, inicialmente a 0,3 A, e o concentrado de minerais não-magnéticos foi levado à capela de exaustão para separação gravimétrica usando líquidos densos. Minerais mais densos que 2,89 g/cm³ (densidade do bromofórmio) foram passados pelo Frantz a 0,5 e 0,6 A, para reter cristais de monazita na fração magnética, e a 1,0 A para reter cristais de zircão da fração não magnética. Esse passou pelo iodeto de metileno (3,32 g/cm³) para retenção dos cristais de zircão (4,6 – 4,7 g/cm³). O concentrado final de minerais mais densos que 3,32 g/cm³ foi submetido a ataque químico com ácido nítrico

(50 %) para retirada de impregnações de óxidos e hidróxidos de ferro, seguido de última passagem pelo Frantz a 1,5A.

Tabela 2-4: Relação de amostras e análises de zircão pelo método U-Pb. Para finalidade, 1= proveniência, 2= metamorfismo, 3= cristalização, (*) amostra com dados U-Pb em monazita.

	Amostra	Litologia	Finali- dade	Análises registradas	Pontos com concordância 100 ± 10 %	Dados usados para proveniência
<i>Unidade Serra do Ibituruna</i>	CP-05(*)	Ms-qtz xisto	1-2	92	90	68
	CP-27(*)	Ms-qtz xisto	1-2	111	75	39
	CP-35(*)	Ms-qtz xisto	1-2	111	47	33
	CP-98B	Ms-quartzito	1-2	116	61	49
<i>Unidade Colônia</i>	CP-07*(IGc)	Ky-st-ms-grt- bt xisto	1-2	90	44	15
	CP-07(UnB)	bt xisto		110	55	9
<i>Unidade Petúnia</i>	CP-38	Bt gnaïsse	2-3	40	9	-
<i>Gnaïsse Ribeirão da Conquista</i>	CP-94	Bt gnaïsse	2-3	49	24	-
<i>Metagranito Bom Jesus da Penha</i>	CP-45	Bt metagranito	2-3	50	17	-

Nas amostras destinadas ao estudo da proveniência sedimentar foi feita apenas a retirada manual de impurezas a fim de evitar que houvesse supervalorização de uma população de cristais de zircão sobre outra. Para as amostras destinadas à identificação das idades de cristalização, foi feita a catação manual dos cristais. Os cristais foram colados sobre fita adesiva e os *mounts* foram montados com resina epóxi, posteriormente polidas para expor o núcleo dos cristais.

2.10.2 Procedimentos analíticos

A escolha dos pontos de análise foi baseada na prévia descrição qualitativa dos cristais de zircão e monazita feita por meio de imagens obtidas por microscopia binocular (BM), catodoluminescência (CL) e elétrons retroespalhados (*Back Scattered Eletron* – BSE). As nomenclaturas utilizadas para texturas internas dos cristais estão de acordo com aquelas estabelecidas por (Corfu et al., 2003; Pidgeon, 1992; Hoskin e Black, 2000; Pidgeon et al., 2000; Schaltegger, 2007; Rubatto, 2017).

As medições das razões isotópicas U-Pb em zircão das amostras CP-05 e CP-07 e de monazita das amostras CP-05, CP-07, CP-27 e CP-35 foram feitas com o espectrômetro de

massa multicoletor com plasma induzido Thermo Finnigan Neptune com laser ArF Excimer acoplado ($\lambda = 193$ nm), pertencente ao Laboratório de LA-MC-ICP-MS, também no Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo). Durante as medições das razões dos isótopos de U e Pb, as condições analíticas foram de 6 Hz de frequência, 7 mJ de energia e 40 s de tempo de ablação em *spot* com 32 μm de diâmetro. Para os xistos foram feitas 8 planilhas com 13 análises pontuais por amostra e, para controle e correção de possíveis variações no equipamento, cada uma das planilhas foi iniciada com duas medições em branco, duas medições no padrão NIST-612 (Woodhead & Hergt, 2001) e três no padrão GJ-01 (Elhlou et al., 2006), seguidas por treze análises da amostra, finalizando com duas medições em branco. Os resultados das análises reduzidos podem ser vistos no **Apêndice H**.

Os cristais de zircão das demais amostras foram analisados com o espectrômetro de massa multicoletor com plasma induzido acoplado Thermo Finnigan Neptune com laser New Wave 213 acoplado pertencente ao Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências (IG-UnB). Durante as medições das razões dos isótopos de U e Pb, as condições analíticas foram de 10 Hz de frequência e 40 s de tempo de ablação em *spot* com 25 μm de diâmetro. As demais condições analíticas do equipamento seguem o protocolo de Bühn et al. (2009).

2.10.3 Tratamento dos dados

O tratamento dos dados de U-Pb foi feito na plataforma online do IsoplotR (Vermeesch, 2018), disponível em <http://pieter-vermeesch.es.ucl.ac.uk/shiny/IsoplotR/>. Em todas as amostras foram desconsideradas análises com mais de 3 % de chumbo comum. Nas análises válidas o número de contagens de ^{204}Pb é muito baixo, portanto, não foram feitas correções para este isótopo. As idades de cristalização foram obtidas usando a ferramenta “U-Pb concórdia” de Wetherill com o cálculo da idade segundo o “modelo-1” de discórdia, segundo o método de (Ludwig, 1998), e foram usados dados com concordância 100 ± 20 %.

Em estudos de proveniência é necessário que o número de grãos de zircão analisados seja estatisticamente adequado (Sircombe, 2000; Vermeesch, 2004; Andersen, 2005). Para estudos que envolvem a discussão de uma determinada população de cristais, Vermeesch (2004) recomenda que pelo menos 117 cristais sejam datados para que se tenha um nível de confiança de 95 % nas populações presentes, mas se essa não for a abordagem principal, este número não deve ser inferior a 95. Ao se fazer suposições sobre a natureza da distribuição das populações, a confiabilidade desse tipo de estimativa diminui (Andersen, 2005).

Usualmente são feitas de 60 a 120 análises de zircão detrítico por amostra, no entanto, o reconhecimento de grupos etários menores requer maior número de análises

(Gehrels et al., 2012). “Para uma determinação mais robusta da distribuição das idades são necessárias 50 análises para cada faixa etária presente, gerando de 200 a 500 análises” (Gehrels, 2014), mas esse valor ainda não é praticado na maioria dos trabalhos voltados para proveniência sedimentar. Para as amostras detríticas deste trabalho foram consideradas apenas análises com concordância $100 \pm 10 \%$ e com isso um número reduzido de análises pôde ser utilizado (**Tabela 2-3**).

Estudos de proveniência sedimentar amplamente utilizam Gráficos de Densidade de Probabilidades (Hurford et al., 1984) ou de Distribuição de Densidade de Probabilidade (Sircombe, 2004), pois eles incorporam ao histograma comum as incertezas dos dados, gerando uma distribuição de probabilidade de toda a amostra variando de acordo com cada idade obtida (Fedo et al., 2003; Guynn e Gehrels, 2010), entretanto, eles carecem de base teórica (Vermeesch, 2012). Para avaliar os resultados obtidos em zircão detrítico foram construídos diagramas com estimativa de densidade Kernel (*Kernel Density Estimator – KDE*) e de distribuição cumulativa (*Cumulative Distribution Function – CDF*). Diagramas com estimativa de densidade Kernel “KDE” fornecem uma aparência semelhante aos gráficos consagrados na literatura geocronológica, mas são baseados nos fundamentos teóricos de (Botev et al., 2010), “sendo uma alternativa estatisticamente mais robusta para o tratamento de dados de zircão detrítico” (Vermeesch, 2012).

Diagramas de distribuição cumulativa “CDF”, ou “CAD” (*Cumulative Age Distribution*) servem para comparar de maneira mais direta os espectros de idades em um conjunto de amostras (Vermeesch, 2007) somando as probabilidades com o aumento da idade e com a possibilidade de levar em consideração as incertezas associadas (**Figura 2.1a**; Vermeesch, 2007; Guynn & Gehrels, 2010). Outra maneira de comparar as distribuições de idades é através do Teste K-S (Kolmogorov-Smirnoff), que consiste em comparar os espectros de idades e determinar se existem diferenças estatisticamente significativas, que é representada pela diferença vertical “D” de probabilidade entre duas curvas (**Figura 2.1b**; Guynn & Gehrels, 2010).

O Teste K-S “gera uma probabilidade P relacionada ao nível de significância de D” e está diretamente ligada ao nível de confiança ao testar a hipótese nula de que duas distribuições de idades tenham a mesma fonte (Guynn & Gehrels, 2010). A relação entre P e D é recíproca, “maior D produz menor P, sendo menos provável que D seja devido apenas aos erros de amostragem” (Guynn & Gehrels, 2010).

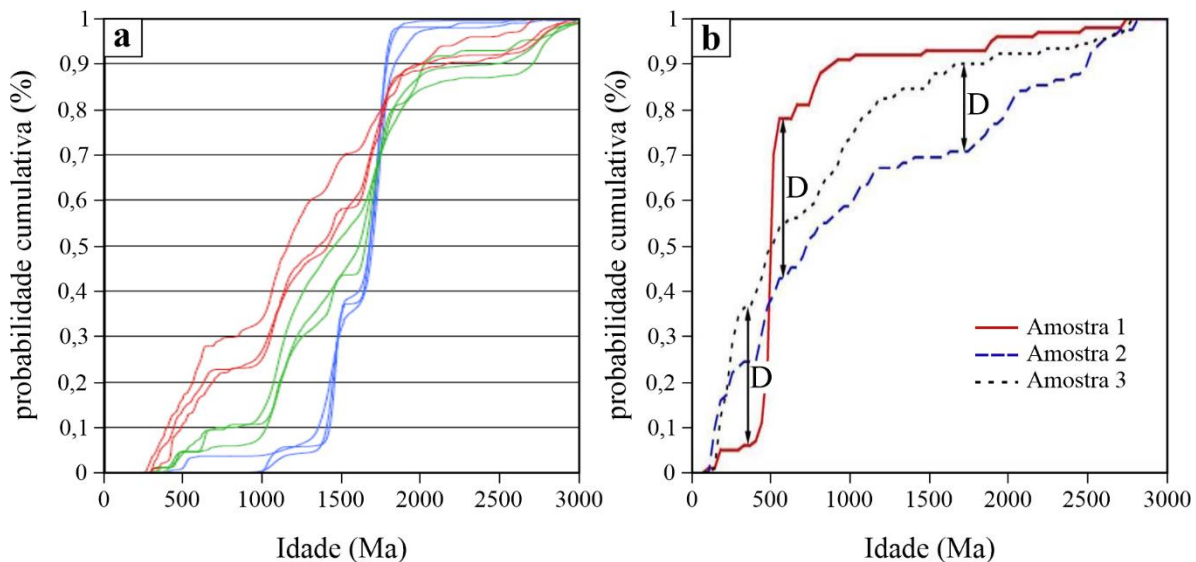


Figura 2.1: a) Diagrama de Distribuição Cumulativa “CDF” ou “CAD”, úteis na visualização de várias amostras; b) Diferença estatística máxima (D) entre diferentes amostras. Extraído de Guynn & Gehrels (2010).

Idades máximas de deposição são amplamente utilizadas para correlações litoestratigráficas e comumente são indicadas pela idade do zircão detrítico mais jovem (Fedó et al., 2003), no entanto, “esse método trata de um dado isolado que, além de não ser reprodutível, pode estar incerto devido à perda de chumbo” (Dickinson e Gehrels, 2009). Além disso, “o tempo entre a geração do zircão na fonte e a idade da deposição final do sedimento gerado pela erosão dessa fonte não necessariamente tem conexão” (Andersen, 2005). O uso da idade do zircão detrítico mais jovem dentro de um conjunto como limite para a idade de deposição depende da distribuição das idades e do conhecimento geológico da região (Andersen, 2005).

Outros métodos para determinação das idades máximas de deposição incluem a “leitura direta no gráfico através do pico de idades mais jovens, idade a partir da média ponderada do grupo de idades mais jovem de 2 a 13 dados (3 em média) com 1σ de incerteza ou de 3 a 24 dados (6 em média) com 2σ de incerteza” (Dickinson & Gehrels, 2009).

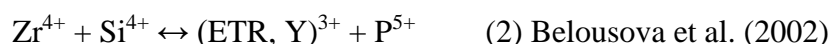
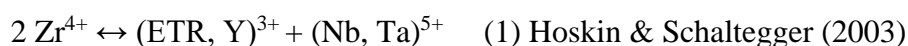
Para cristais de zircão que tiveram perda de Pb, estatisticamente é mais confiável utilizar a média das idades do pico mais jovem obtido (Gehrels, 2013). Em virtude do reduzido número de cristais que compõem os grupos de idades das amostras, as idades máximas de deposição deste trabalho foram calculadas a partir da média ponderada de 3 ou 4 dados que compõem o grupo de idades mais jovem com 1σ de incerteza.

2.11 Análise de Elementos Traço e Terras Raras em Zircão

2.11.1 Princípios e aplicações em estudo de proveniência

A distribuição de elementos traços e terras raras (ETR) em zircão tem sido amplamente utilizada em estudos voltados para a proveniência sedimentar (exemplos em Xie et al., 2012; Zhou et al., 2012; Guo et al., 2017 e Frugis et al., 2018). Embora a abundância do zircão seja baixa nas rochas, ela é capaz de afetar o comportamento dos elementos traço e ETR, que são sensíveis à composição do magma e ao ambiente de cristalização (Belousova et al., 2002; Nardi et al., 2013), bem como a presença de outros minerais que também participam ETR (Rubatto, 2017), fornecendo assim ferramentas potenciais na identificação da rocha fonte (Belousova et al., 2002; Hoskin e Schaltegger, 2003; Wang et al., 2012; Nardi et al., 2013; Grimes et al., 2007 e 2015; Rubatto, 2017).

A estrutura cristalina do zircão ($ZrSiO_4$) permite substituição simples de Zr^{4+} por U^{4+} , Th^{4+} e Hf^{4+} como íons principais e substituições acopladas, só no sítio cúbico (1), ou envolvendo os sítios cúbicos e tetraédricos (2).



Devido à sua maior carga e ao maior raio iônico, elementos terras raras são incompatíveis, apresentam taxas de difusão lentas e, sob a maioria das condições geológicas, são considerados imóveis (Cherniak et al., 1997a), sendo tardiamente incorporados na estrutura do zircão através das substituições catiônicas. A substituição que ocorre em (2) resulta em aumento no teor de ETR, Y e P, sugerindo que “o principal mecanismo de incorporação dos ETR e Y na estrutura do zircão é através da solução sólida com xenotímio” (Bea, 1996). ETR pesados e Zr^{4+} possuem raio iônico similar, o que resulta em padrões ETR em zircão semelhantes, tipicamente com anomalias positivas para Ce e negativas para Eu, empobrecimento em ETR leves e enriquecimento em ETR pesados (Hoskin & Schaltegger, 2003; Grimes et al., 2007).

Para que a composição química do zircão seja usada como traçador na identificação de áreas fonte, ela deve ser relacionada à composição química da rocha (Hoskin & Schaltegger, 2003). “Existe tendência de aumento nas concentrações dos elementos ETR em zircão, partindo de kimberlitos, em direção às rochas máficas, granitoides e pegmatitos evoluídos” (Belousova, et al. 2002). No entanto, em zircão de diferentes rochas crustais, os

padrões de distribuição dos ETR são semelhantes e, por si só, não são bons indicadores de proveniência (Hoskin e Ireland, 2000).

Apesar da ampla sobreposição observada nos padrões ETR em zircão das rochas crustais, o conteúdo de elementos traço combinados em diagramas discriminantes pode auxiliar no reconhecimento da rocha fonte, entretanto, para uma avaliação satisfatória, deve ser levado em consideração que a abundância dos elementos traço pode ser altamente variável, podendo ainda ser afetada pela presença de microinclusões, porções metamicticas, zoneamentos composicionais, entre outros fatores (Nardi et al., 2013; Zhoug et al., 2018).

Belousova et al., (2002) apresentam diversos diagramas discriminantes úteis para identificar zircão de diferentes fontes ígneas e Pupin (2000) utiliza amplamente diagramas de Hf vs. Y até na identificação do ambiente tectônico de geração de rochas ígneas diversas. Entre outros critérios de identificação que podem ser utilizados estão os diagramas U/Yb vs. Hf, Y ou P, que são capazes de distinguir zircão proveniente de rochas da crosta oceânica e continental (Grimes et al., 2007), razões Th/Pb, (Nb/Pb)_N e Eu/Eu*, que tem potencial para diferenciar zircão de granitoides tipo I e S (Wang et al., 2012) e diagramas Nb vs. Th, Eu*/Eu_N vs. Yb e (Y/200+Lu/10+Nb) vs. Nb/Ce para discriminar zircão de granitoides tipo I, A e shoshoníticos (Nardi et al., 2013).

É importante ressaltar que esses critérios são úteis na identificação de zircão de origem magmática. Em zircão de rochas metamórficas e em rochas que passaram por processos hidrotermais, ou mesmo em zircão alterado e/ou metamictico, outras características químicas e texturais devem ser levadas em consideração. “Grãos metamórficos de zircão podem preservar ampla variedade de texturas, em parte porque podem crescer em amplo intervalo de condições *P-T-x-stress*” (Hoskin & Schaltegger, 2003).

Não há consenso sobre como o metamorfismo afeta as assinaturas geoquímicas de elementos traço e terras raras no zircão, especialmente daqueles de rochas formadas sob condições de médio e baixo grau metamórfico. Para os termos descritivos de zircão metamórfico, Rubatto (2017) adota terminologia genérica baseada na alteração, substituição, recristalização e sobrecrescimento, que são processos comuns que podem ocorrer durante o metamorfismo.

De acordo com Rubatto (2017, p. 262 e 264)

Alteração é um processo que em parte sobrepõe e perturba o mineral, onde vestígios texturais e químicos são preservados. O termo alteração pode ser usado para núcleos antigos que perderam parcialmente suas assinaturas isotópicas e que podem apresentar zoneamento fantasma ou difuso.

A *substituição* é um processo in situ que altera a composição química de um domínio existente, ocorre em condições sub-sólidas e geralmente é auxiliada por

fluidos. *Recristalização* é outro termo frequentemente usado para descrever esse processo. Os domínios de zircão substituídos/recristalizados mostram evidências de redefinição completa do sistema químico/isotópico, uma fronteira acentuada com os domínios herdados e carecem de texturas regulares de crescimento (forma ou zoneamento interno).

Sobrecrescimento indica um novo domínio de cristal que mostra limites nítidos com qualquer núcleo reliquiar existente e texturas regulares de crescimento (forma ou zoneamento interno). Esses domínios têm composições químicas e isotópicas distintas que geralmente são homogêneas dentro de um único domínio.

Quanto à composição química, se houver outras fases que particionam ETR, o zircão metamórfico poderá mostrar empobrecimento em ETR pesados, gerando padrões relativamente planos, quando em presença de granada e/ou ortopiroxênio, ou empobrecimento em ETR leves em associações contendo titanita, alanita e monazita (Rubatto et al., 2013; Rubatto, 2017). Anomalias positivas de Ce e negativas de Eu são mais pronunciadas no zircão cristalizado a partir de líquidos anatóticos, pois o Ce^{4+} substitui o Zr^{4+} (Schaltegger et al., 1999), enquanto todo o Eu é incorporado no feldspato peritético (Rubatto, 2017).

Durante o metamorfismo, “o zircão geralmente é menos reativo que a monazita” e “variações sistemáticas no teor de ETR pesados e nas anomalias negativas de Eu estão relacionadas respectivamente à variação na abundância da granada e do K-feldspato e, portanto, a reações metamórficas e estágios P-T” (Rubatto et al., 2013)

Cátions de elementos maiores, tais como Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , também podem entrar na estrutura do zircão, mas através de substituições intersticiais (Hoskin, 2000), e, em alguns casos, se houver enriquecimento também em Ca^{2+} e ETR leves, pode indicar zonas alteradas formadas durante a diagênese ou metamorfismo de baixo grau (Rayner et al., 2005; Rubatto, 2017). A própria metamictização, cujos danos causados pela radiação diminuem a estabilidade da estrutura do zircão, também facilita a entrada de ETR leves (Rayner et al., 2005; Cavosie et al., 2006). Outros fatores que também podem levar ao enriquecimento de ETR leves no zircão são a cristalização a partir de líquidos enriquecidos em ETR leves e a presença de microinclusões, em geral menores que 1 μm (Zhong et al., 2018).

2.11.2 Procedimentos analíticos e tratamento dos dados

As análises de elementos traço e terras raras (ETR) foram obtidas no Laboratório de Química e ICP – NAP GeoAnalítica-USP, utilizando o espectrômetro do tipo quadrupolo Thermo Scientific, modelo iCAP Q ICP-MS com amostrador Laser Ablation New Wave, modelo UP-213 A/F acoplado.

Nas amostras da Unidade Serra do Ibituruna, onde os cristais detríticos de zircão apresentam texturas dos protólitos claramente bem preservadas, foram escolhidos locais apenas junto aos pontos de análise U-Pb em cristais de todas as populações identificadas. Para a amostra CP-07, onde o zircão mostra texturas indicativas de processos de alteração, substituição e recristalização, além desse critério, foram escolhidos pontos adicionais a fim de verificar as possíveis variações composicionais nos diferentes domínios texturais. As análises estão disponíveis no **Apêndice I**.

A metodologia analítica seguiu o protocolo de Andrade et al., 2014, utilizando os padrões de referência NIST-610 (Jochum et al., 2011), GJ-01 (Elhlou et al., 2006) e Zr-91500 (Wiedenbeck et al., 2004). As condições analíticas durante as análises encontram-se na **Tabela 2-6**. Os dados foram reduzidos no software Glitter® (Griffin et al., 2008) partindo da composição estequiométrica de zircão ($ZrO_2 = 67,2\%$) de acordo com Hoskin & Schaltegger, (2003). Após a redução dos dados, análises com teor de P ≥ 1000 ppm foram descartadas, pois esse valor pode ser indicativo de presença de micro inclusões de fosfatos (Zhou et al., 2018). Os diagramas multielementos (*spidergrams*) foram normalizados pelo condrito de acordo com Sun & McDonough (1989).

Tabela 2-5: Condições analíticas do LA-ICP-MS.

Laser		Espectrômetro	
Spot	Zr – 30 μm , Qtz – 80 μm	Radiofrequência (Rf)	1550
Raster (Qtz)	3 $\mu\text{m/s}$	Fluxo de gás:	
Taxa de repetição	20 Hz	He	0,2 L/min
Fluência	Zr - 2,25 J/cm ² , Qtz - 1,76 J/cm ²	Ar	0,65 L/min
Potência	90 %	Ar auxiliar	0,8 L/min
Tempo de análise	70 s (30 s no branco, 40 s de ablação)	Ar do plasma	14 L/min

3 REVISÃO TEÓRICA: PSEUDOSSEÇÕES

No metamorfismo, as transformações químicas e mineralógicas são promovidas por recristalizações e/ou reações entre as fases que ocorrem em virtude das mudanças nas condições de temperatura e pressão no meio. Essas transformações são regidas pelas leis da Termodinâmica de Equilíbrio e ocorrem em sistema semiaberto ou aberto, pois há troca de calor e fluidos com o meio. Uma rocha pode ser vista como um sistema químico, onde minerais e fluidos representam as fases do sistema, enquanto os componentes, geralmente expressos em termos de óxidos, são escolhidos de forma coerente, a fim de idealmente descrever todas as fases do sistema, ou pelo menos aquelas que apresentem algum significado petrológico. A escolha dos componentes é fundamental para o tratamento de sistemas metamórficos, sejam eles teóricos ou construídos com base em composições reais.

As variáveis termodinâmicas são usadas para descrever o estado do sistema, incluindo variáveis intensivas, que independem da massa (pressão e temperatura, potencial químico), e extensivas, que dependem da massa do sistema (volume, energia interna, entropia, entalpia e energia livre de Gibbs). A entropia prediz o sentido da direção das reações, enquanto “a energia livre de Gibbs controla a viabilidade e direção da reação” (Philpotts e Ague, 2009).

O equilíbrio químico entre diferentes fases é alcançado quando a energia livre é mínima ($\Delta G=0$), que ocorre ao longo de curvas univariantes, ou de menor variância possível dado um sistema químico modelo, separando campos com associações distintas (Philpotts e Ague, 2009). Esse conceito é, portanto, usado para posicionar as curvas e retas nos diagramas P - T sem, no entanto, determinar suas inclinações. Para determiná-las, aplicamos a equação de Clapeyron (1), que relaciona a inclinação das linhas de reação às propriedades termodinâmicas fundamentais (Perkins & Mogk).

$$dP/dT = \Delta S_{P,T} / \Delta V_{P,T} \quad (1)$$

Por sua vez, a *Regra das Fases de Gibbs*, $P + F = C + 2$, fornece o fundamento teórico para analisar e interpretar sistemas geológicos, auxiliando na identificação de suas condições de equilíbrio e no reconhecimento das reações que são possíveis entre as fases do sistema (Mogk) e é, portanto, o ponto inicial para a construção de muitos diagramas de fases.

Grades petrogenéticas são diagramas de fases que, de acordo com Philpotts e Ague (2009)

...são construídos considerando sistemas químicos teóricos e simplificados, que consistem em representações gráficas das relações de fases que podem ocorrer em um campo P - T . Com as mudanças nas condições de T e P , alguns minerais podem estar envolvidos em mais de uma reação e suas curvas univariantes provavelmente terão diferentes inclinações, cruzando-se nos pontos invariantes.

Assim, a construção das grades petrogenéticas depende também das relações geométricas estabelecidas entre diferentes curvas univariantes. Essas regras foram determinadas por Zen (1966) sob a denominação *Regras de Schreinemakers*.

Uma das vantagens do uso de grades petrogenéticas é que, como importantes curvas de equilíbrio já foram determinadas experimentalmente, suas condições de pressão e temperatura são conhecidas e podem ser usadas para determinar condições P - T do pico do metamorfismo da rocha, e quando uma série de texturas é examinada, até as trajetórias P - T do metamorfismo podem ser inferidas (Spear, 1993). No entanto, a maior parte das grades petrogenéticas apresentam as curvas de equilíbrio com baixa variância, ou envolvendo composições fixas dos minerais (White et al., 2014a). Muitas das associações minerais observadas na natureza, geradas quando uma rocha passa por diferentes reações metamórficas em sua trajetória P - T , podem não ser facilmente entendidas ou representadas nas grades petrogenéticas, pois a composição química da rocha não é levada em consideração na construção das grades. Assim, muitas das associações minerais observadas podem apresentar variância maior que dois e não terem sido geradas por reações univariantes e estão atreladas às composições específicas das rochas. “À medida que aumenta o número de componentes considerados, há uma tendência à estabilização de equilíbrios de variância elevada, o que limita a utilidade das grades petrogenéticas” (White et al., 2014a).

A possibilidade de construir pseudosseções (Powell et al., 1998, Powell et al., 2005) com programas como PERPLEX (Connolly & Kerrick, 1987) ou THERMOCALC (Powell e Holland, 1988), minimiza o problema, pois é possível usar a composição de uma amostra ou de um volume de equilíbrio (Stüwe, 1997) para calcular as reações e associações minerais compatíveis com a composição em qualquer sistema químico modelo desejado, incluindo os mais complexos, que representam da melhor maneira possível as variações composicionais das rochas na natureza (White et al., 2014b). A pseudosseção é um mapa de associações minerais no espaço P - T em que somente as associações minerais permitidas pela composição da rocha podem ser calculadas. Os campos podem ser contornados para variáveis composicionais e de moda das fases, facilitando a inferência de condições e de trajetórias P - T , baseadas em variações texturais e composicionais das fases (Will, 1998; Powell et al., 2005).

A construção de pseudosseções com o PERPLEX é feita via *Método da Minimização de Energia Livre de Gibbs*, que permite o reconhecimento das paragêneses em equilíbrio, ou seja, onde $\Delta G=0$, localizando assim todos os campos de estabilidade entre as fases (Connolly & Kerrick, 1987; Connolly, 1990). No entanto, apesar da construção direta do diagrama, o programa não permite a localização precisa dos limites dos campos e campos restritos geralmente se perdem (Powell et al., 2009).

O THERMOCALC usa um banco de dados internamente consistentes (Holland & Powell, 1990, 1998 e 2011, o último revisado e atualizado), fornece as propriedades termodinâmicas das fases para os membros finais de soluções sólidas, relações de atividade-composição (a-X) e a energia envolvida na mistura dos membros finais nas fases. Assim, o programa permite, através da *resolução de equações não lineares*, a construção de diagramas mais precisos e confiáveis, com os campos de estabilidade das associações minerais e seus limites, uma vez que a informação é obtida com o cálculo linha por linha e dos pontos que as conectam (Powell et al., 1998 e 2009).

A modelagem do equilíbrio de fases em rochas metamórficas pode ser *inversa*, quando observamos e identificamos a paragênese da rocha, obtemos a composição química dos minerais, levando-se em conta os zoneamentos composicionais, e aplicamos métodos tradicionais de termobarometria para determinar as condições *P-T*, ou modelagem *direta*, feita com base na composição química da rocha, ou seja, a rocha é o sistema em equilíbrio, permitindo considerações a respeito das condições de formação e processos envolvidos e calculando pseudosseções (Powell et al., 2009).

Claro que, mesmo sendo um método aplicado a uma composição específica de rocha, devemos ter cuidado na escolha da amostra ou determinação do volume de equilíbrio e do sistema químico modelo utilizado. Rochas com bandamento composicional, rochas que não foram completamente homogeneizadas durante o metamorfismo, ou seja, aquelas que preservam texturas ígneas, ou aquelas que após o pico metamórfico formaram uma série de texturas de desequilíbrio, tais como coronas e simplectitos, rochas que foram metamorfizadas em sistema aberto, como ocorre em zonas de cisalhamento, e rochas que sofreram fusão e tiveram extração de fundido, são casos em que o volume de equilíbrio deve ser considerado da melhor maneira possível.

Em uma pseudosseção todas as linhas marcam limites em que a moda de um mineral é zero, na qual o mineral aparece, ou é gerado, ou que desaparece, pelo seu consumo. Partindo de um ponto, em que duas modas são iguais a zero, há sempre quatro linhas separando quatro campos com diferentes variâncias. “Quando as linhas são sucessivamente cruzadas a variância

muda de um, mas quando os vértices são cruzados, a variância muda de dois ou não muda” (Powell et al., 1998), como indicado na **Figura 3.1a**. A moda de determinada fase muda ao longo das linhas de acordo com as variações de P e T , diminuindo até chegar a zero em um ponto, ou aumentando a partir do ponto. Na **Figura 3.1** são representadas as linhas em que as modas das fases “b” e “c” são iguais à zero. Na **Figura 3.1a** está indicada a linha com o sentido da diminuição da fase “b” decorrente do seu consumo para formar a fase “c” ($a + b = c$) e a **Figura 3.1b** mostra o sentido da diminuição na moda da fase “b” em direção as linhas $a(b)$ e $ac(b)$, onde $b=0$.

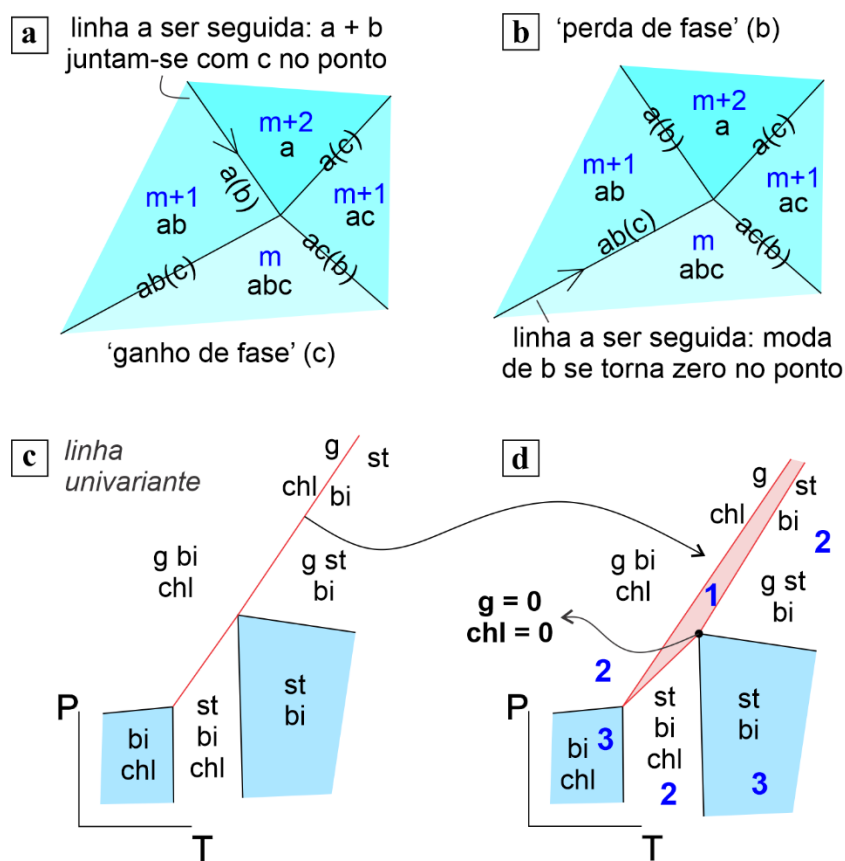


Figura 3.1: Figuras esquemáticas mostrando a relação entre pontos invariantes e campos em uma pseudosseção. Em (a) o ganho da fase “c” e em (b) perda da fase “b”; (c) ilustra uma linha univariante para a reação $g + chl = bi + st$ e em (d) observamos que a linha é representada por um campo estreito. Extraído de Powell et al. (2009).

Moda zero pode representar o fim ou o primeiro aparecimento de determinada fase, isso pode ser visto nas linhas univariantes da pseudosseção. As linhas na pseudosseção não representam reações, a menos que esta seja uma curva univariante verdadeira, que é representada por campos estreitos. Na **Figura 3.1c**, a linha vermelha representa a linha univariante para a reação $g + chl = bi + st$, que, na **Figura 3.1d**, é mostrada como um campo estreito onde, à esquerda, a moda da estauroлита é zero ($st = 0$), representa o primeiro aparecimento de estauroлита e, à direita, a moda da clorita é zero ($chl = 0$), representa o

desaparecimento/consumo de clorita, em pressões altas mais altas que o ponto em que clorita e granada têm moda igual a zero, em pressões mais baixas que esse ponto a granada é a fase consumida e que tem a moda igual a zero ($g = 0$).

3.1 Aplicações em rochas metapelíticas

Rochas metapelíticas são derivadas do metamorfismo de rochas sedimentares ricas em argila e têm papel crucial no estudo de terrenos metamórficos, dada a facilidade com que desenvolvem associações minerais com as mudanças no campo P - T .

A grade petrogenética modelo mais utilizada para o estudo do metamorfismo de rochas pelíticas é a do sistema KFMASH ($\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{FeO} - \text{MgO} - \text{K}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$), que compreende mais de 90 % da composição de xistos pelíticos (Spear & Cheney, 1989; Spear, 1993). A grade de Spear & Cheney (1989) com o banco de dados de Berman (1988), leva em conta algumas premissas petrológicas e fixa a posição de alguns pontos invariantes e de reações univariantes para dar início aos cálculos. Uma versão levemente modificada foi publicada no site de Frank Spear e é aqui reproduzida na **Figura 3.2**. No entanto, o sistema modelo KFMASH não incorpora importantes componentes, tais como CaO , Na_2O , Fe_2O_3 , TiO_2 e MnO , sendo muitas vezes difícil remover o efeito de Fe_2O_3 , CaO e MnO da rocha investigada (Powell & Holland, 1990). O comportamento do CaO é avaliado no sistema CKNASH ($\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} - \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$), aplicado a gnaisses quartzofeldspáticos, migmatitos, xistos com Ca e outras rochas com composições de calcário (Spear, 1993). Mas esse sistema não considera FeO e MgO , que são importantes componentes nas fases de sistemas metapelíticos, em especial naquelas que apresentam soluções sólidas entre Fe e Mg com as mudanças nas condições de P e T , em fases como granada, biotita e clorita. Além dessas limitações, nos sistemas modelos existem partes da grade que podem não aparecer nas rochas devido à “deficiência” em um determinado componente, como por exemplo a presença de cloritóide, restrita apenas às rochas pelíticas muito ricas em Al_2O_3 .

Powell & Holland (1990) calcularam uma grade petrogenética no sistema KFMASH para rochas metapelíticas sob condições de fácies xisto verde a anfibolito (**Figura 3.3**), usando o banco de dados internamente consistente (Holland & Powell, 1990) do THERMOCALC, considerando equilíbrios entre clorita, cloritóide, biotita, granada, estauroлита, cianita, sillimanita, andaluzita e cordierita, com muscovita, quartzo e água em excesso.

Ao comparar as grades petrogenéticas das **Figuras 3.2** e **3.3** observamos que as topologias são praticamente as mesmas e que ambas foram determinadas com base em dados

experimentais de reações dos subsistemas KFLASH e KMASH, mas as diferenças estão no método de obtenção. Na grade da **Figura 3.2**, dos quatro pontos invariantes, apenas dois foram determinados experimentalmente (Spear, 1993), os demais foram fixados com base em observações de paragêneses naturais. Já para a grade da **Figura 3.3**, todos os pontos invariantes e curvas univariantes foram calculados com base em banco de dados internamente consistentes e, apesar da qualidade dos dados experimentais de equilíbrios minerais disponíveis na época, Powell & Holland (1990) conseguiram calcular todas as curvas para equilíbrios em baixa pressão com as fases citadas acima.

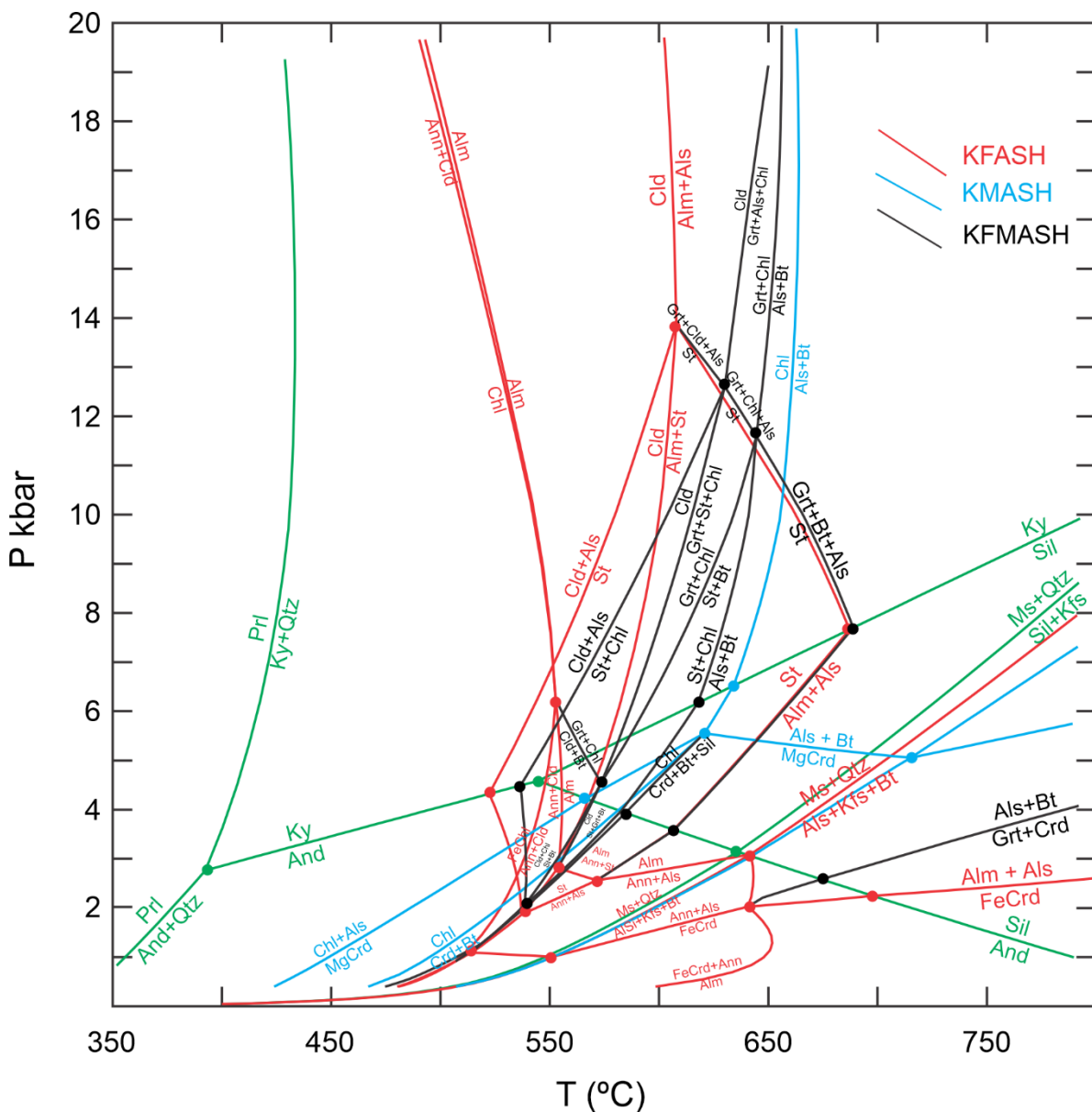


Figura 3.2: Grade petrogenética para o sistema KFMASH (linhas mais escuras) baseada nas grades KFLASH (linhas finas) e KMASH (linhas tracejadas). Pontos representam pontos invariantes nos sistemas KFLASH ou KMASH. Quadrados são pontos invariantes do sistema KFMASH. Extraído do site de Frank Spear, sendo versão levemente modificada de Spear & Cheney (1989), com a mudança de um ponto invariante envolvendo a reação $Ctd + Bt = Grt + Chl$, para posição de baixa P .

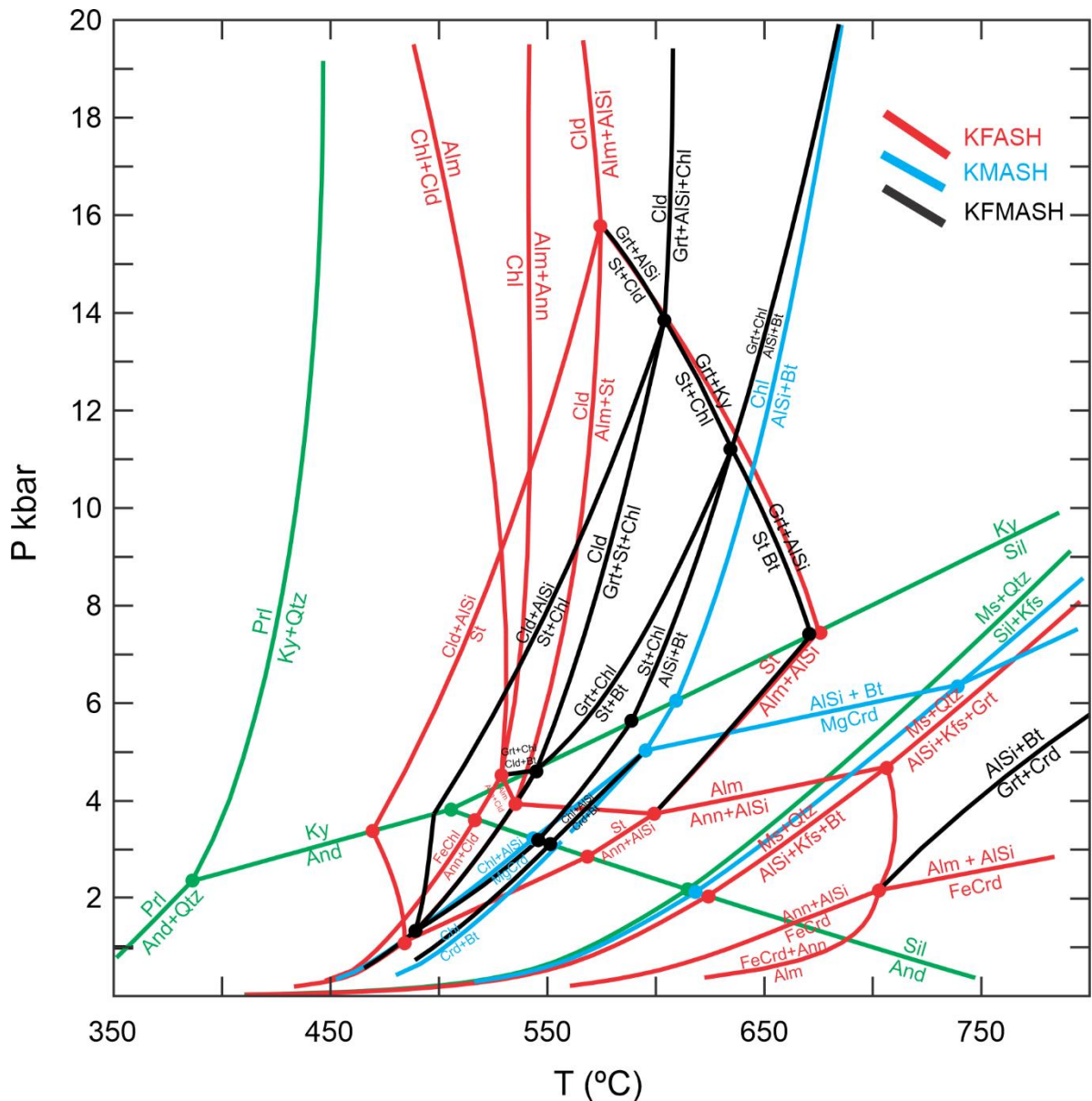


Figura 3.3: Grade petrogenética construída para o Sistema KFMASH. Extraído de Powell & Holland (1998).

A **Figura 3.4** apresenta uma pseudosseção calculada no sistema KFMASH para metapelito usando as relações de atividade-composição para membros finais a partir do banco de dados internamente consistentes de Holland & Powell (2011), mas uma maior variedade de componentes deve ser incluída nos minerais para que a modelagem seja mais confiável e próxima da realidade (White et al., 2014a), uma vez que componentes “extras”, não considerados no sistema KFMASH, podem ter efeitos significativos na formação e estabilidade das associações minerais das rochas metapelíticas. Além disso, “a ordem-desordem em minerais que apresentam troca $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Mg}^{2+}$ em mais de um sítio catiônico também deve ser levada em consideração nos modelos de atividade mais realistas” (White et al., 2014a).

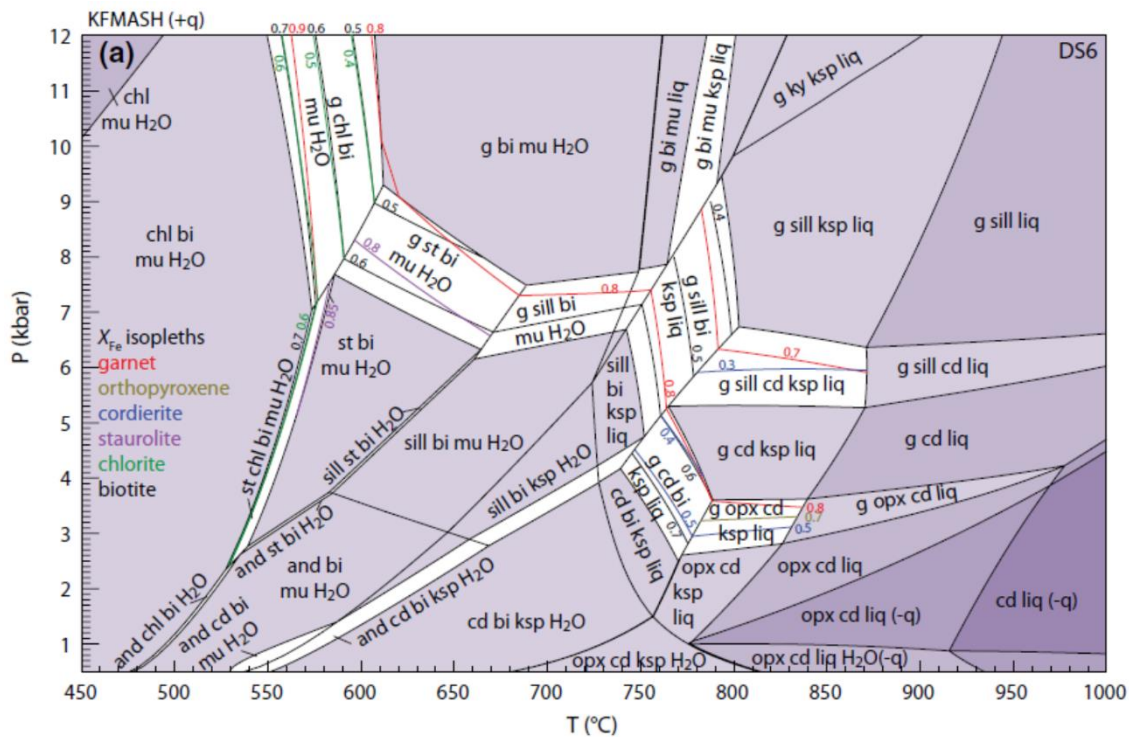


Figura 3.4: Pseudosseção P-T calculada no sistema KFMASH a partir do banco de dados internamente consistente de Holland e Powell (2011) para um metapelito com as seguintes composições, em % molar: SiO₂ (68.76); Al₂O₃ (9.87); FeO (7.64); MgO (4.01); K₂O (3.16); e H₂O (6.56). Extraído de White et al (2014a).

A inclusão de Na₂O e CaO permite que fases como epidoto, plagioclásio e a solução sólida na mica branca (muscovita, margarita e paragonita) sejam consideradas nos cálculos, especialmente em equilíbrios estabelecidos sob condições de fácies xisto verde e anfibolito (White et al., 2014a). O CaO também pode particionar na granada, alterando sua estabilidade, entretanto, como ele também estabiliza outras fases, apenas muda um pouco a produção ou estabilidade da granada (Spear, 1993). No caso da margarita e paragonita, apesar das baixas proporções modais, aparecem em campos de estabilidade de tamanho relativamente moderados, o que pode refletir que as relações atividade-composição para minerais com CaO e Na₂O ainda não sejam bem estabelecidas e, portanto, para que as comparações com associações naturais sejam válidas, são necessários mais estudos sobre equilíbrios envolvendo Na₂O e CaO (White et al., 2014a).

Apesar dos silicatos de rochas metapelíticas apresentarem baixa concentração de TiO₂ e Fe₂O₃, eles são componentes que podem influenciar no equilíbrio de algumas fases importantes e de algumas fases acessórias, que podem incluir membros das séries ilmenita – hematita e ulvoespínélio – magnetita. Historicamente estes óxidos são ignorados na avaliação de equilíbrios metamórficos, ou porque os efeitos de pequenas quantidades não afetam grosseiramente a estabilidade de associações com silicatos (White et al., 2000), ou devido à

dificuldade de determinar a proporção real de Fe_2O_3 nos minerais e nas rochas. É importante levar em consideração o teor real de Fe_2O_3 , pois, ao ignorar seus efeitos no sistema químico, assumindo todo o Fe como divalente, ou não determinando seu teor de forma adequada, as pseudosseções podem não representar a realidade (White et al., 2014a).

O Fe_2O_3 era considerado apenas como componente importante em granada, biotita, cloritóide e óxidos de Fe-Ti, apesar da sua importância em outros minerais, como clorita e estauroлита (White et al., 2014a). No caso da biotita, que é abundante em amplo intervalo *P-T* dos metapelitos e, entre os silicatos, é geralmente a fase mais rica em TiO_2 e Fe_2O_3 (White et al., 2000). Esses óxidos afetam sua estabilidade, permitindo sua presença em rochas em condições de temperatura mais alta (White et al., 2014b). Além da biotita, as demais fases minerais de rochas metapelíticas não incorporam grandes quantidades de Fe^{3+} , assim, ilmenita está presente mesmo nas composições mais reduzidas e mudanças no teor de Fe^{3+} podem levar à introdução de magnetita ou hematita nas rochas (Diener e Powell, 2010).

White et al., (2000, 2007) e Diener & Powell (2010) estudaram os efeitos do TiO_2 e Fe_2O_3 em associações minerais de metapelitos típicos, a partir de modelos termodinâmicos para soluções sólidas entre ilmenita-hematita e magnetita-ulvoespínélio, o que permitiu calcular a distribuição desses componentes não só nos óxidos, como também nos silicatos, demonstrando que quantidades baixas a moderadas de TiO_2 e Fe_2O_3 têm pouco efeito nos equilíbrios entre silicatos formados sob condições de fácies xisto verde a anfíbolito. Grandes quantidades de TiO_2 também têm pouco efeito na estabilidade das fases envolvendo silicatos, por outro lado, rochas ricas em Fe_2O_3 apresentam sucessão mineral distinta das sequências barrobianas clássicas, com acentuada redução no campo de estabilidade de estauroлита e granada para pressões elevadas (White et al., 2000, 2007). A inclusão de Fe_2O_3 e TiO_2 nos cálculos das pseudosseções pode ter efeito significativo na estabilidade de associações envolvendo silicatos nas rochas metapelíticas, possibilitando ainda a inclusão de novas fases minerais, antes não consideradas (White et al., 2000, 2007). Por exemplo, ao incluir esses componentes, a reação $g + chl = bi + st$ passa a considerar ilmenita nos reagentes para a formação de magnetita ou rutilo, dependendo do estado de oxidação do equilíbrio e das condições de pressão em que a reação ocorre (Diener & Powell, 2010).

Quando um maior número de componentes é considerado, mais fases minerais aparecem e, conseqüentemente, as pseudosseções geradas são mais complexas. Apesar disso, as relações e topologias de subsistemas mais simples se mantêm (White et al., 2014a). A construção de diagramas no sistema NCKFMASHTO, por exemplo, sobrepõe três subsistemas mais “simples” para estabelecer as relações entre suas fases, KFMASH, e suas

relações com $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-FeO-TiO}_2$ e $\text{CaO-Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$. As interdependências surgem quando minerais ferromagnesianos incorporam Fe_2O_3 e TiO_2 , estabelecendo a conexão entre os sistemas AFM e $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-FeO-TiO}_2$ ou quando a rocha tem plagioclásio o que também permite a entrada de CaO na granada e Na_2O e CaO na mica branca (White et al., 2014a).

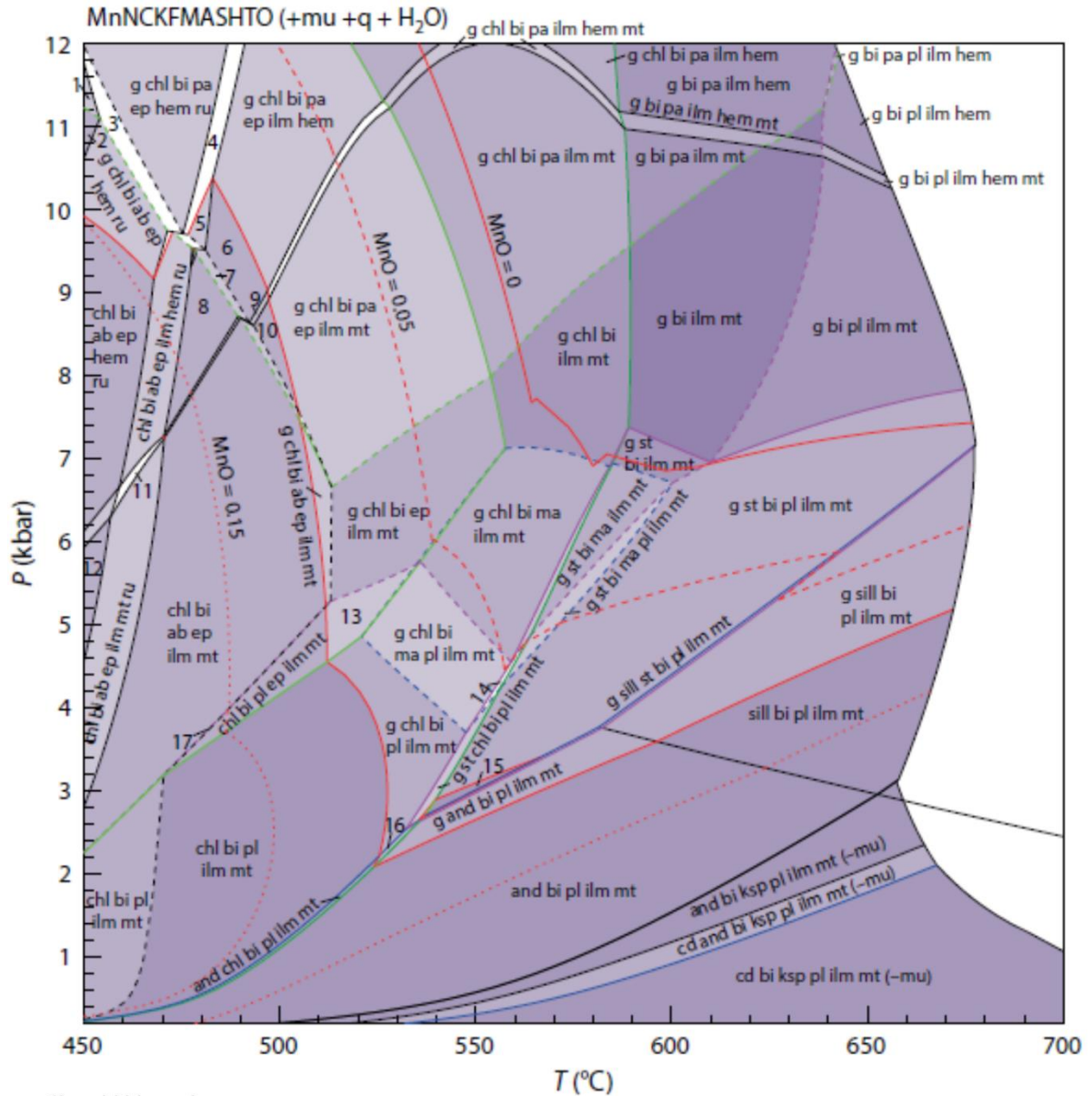
Apesar das vantagens da inclusão de TiO_2 e Fe_2O_3 nos equilíbrios de rochas metapelíticas, devemos tratar com cautela equilíbrios envolvendo FeO, Fe_2O_3 e TiO_2 , uma vez que a distribuição de TiO_2 e Fe_2O_3 entre silicatos e óxidos ainda não é bem compreendida, em parte pela falta de conhecimento do comportamento do oxigênio durante o metamorfismo, o que dita o grau de oxidação do sistema (White et al., 2000, 2007).

Rochas metapelíticas apresentam baixos conteúdos de MnO, no entanto é um óxido que pode ter efeitos significativos no equilíbrio das fases, em especial daqueles que envolvem granada, devido ao intenso particionamento de MnO que ocorre no mineral. A associação granada + biotita + clorita + quartzo + H_2O é uma das mais comuns e importantes no metamorfismo de fácies xisto verde até, em algumas composições, anfibolito de pelitos, no entanto, observamos que seu campo de estabilidade é muito restrito no diagrama KFMASH (**Figura 3.2**). O que ocorre, na verdade, é que a simples adição de um componente extra muda os limites da reação, de modo que a granada incorpora a maior parte do MnO e terá seu campo de estabilidade expandido para temperaturas mais baixas, ampliando sobremaneira o campo de pressão e temperatura da referida associação (Spear, 1993).

O sistema MnNCKFMASHTO incorpora os efeitos de todos os componentes discutidos acima no cálculo de pseudosseções para rochas metapelíticas (White et al., 2014b), gerando a representação mais próxima de sistema natural, levando-se em consideração os modelos de atividade e os dados termodinâmicos atualmente disponíveis, considerando 0,1 % de MnO (**Figura 3.5**). Os efeitos do MnO são mais expressivos para associações minerais formadas sob condições de fácies xisto verde a anfibolito, até a transição para a fácies granulito de baixa a média pressão, mas são menos intensos em condições de maior pressão e temperatura, já que granada é uma fase comum na maioria dos metapelitos formados nessas condições (White et al., 2014b).

Para mostrar os efeitos do MnO no sistema, na **Figura 3.5** são mostradas as linhas para quantidades variáveis de MnO. A adição de MnO, como apontada por Spear (1993), resulta na expansão dos campos de estabilidade da granada, em especial com relação à pressão, permanecendo estável para temperaturas desde a fácies xisto verde, até condições supra-sólidos, o que já observamos na natureza. Para temperaturas mais baixas, sob condições de fácies xisto verde, a adição de MnO expande o campo de estabilidade da granada para

menores temperaturas, enquanto que, para condições de fácies anfibolito, as linhas são mais planas, de modo que a adição de MnO irá aumentar o campo de estabilidade da granada para pressões mais elevadas (White et al., 2014b).



- | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------|
| 1) g chl bi pa ab ep ru | 10) chl bi pa ep ilm mt | Moda zero | - - - albita |
| 2) g chl bi ab ep ru | 11) chl bi ab ep ilm hem mt ru | | |
| 3) g chl bi pa ab ep hem ru | 12) chl bi ab ep mt ru | - - - margarita | - - - epidoto |
| 4) g chl bi pa ep ilm hem ru | 13) g chl bi pl ep ilm mt | - - - outras | |
| 5) chl bi pa ep ilm hem ru | 14) g st chl bi ma pl ilm mtr | | |
| 6) chl bi pa ep ilm hem | 15) st bi pl ilm mt | | |
| 7) chl bi pa ab ep ilm hem | 16) g and chl bi pl ilm mt | | |
| 8) chl bi ab ep ilm hem | 17) chl bi pl ab ep ilm mt | | |
| 9) chl bi pa ep ilm hem mt | | | |

Figura 3.5: Pseudosseção calculada no sistema MnNCKFMASHTO. SiO₂ (74.021), Al₂O₃ (9.452), FeO (7.530), MgO (3.844), CaO (0.296), K₂O (3.031), Na₂O (0.602), TiO₂ (0.659), O (0.565) e MnO (0,1). Extraído de White et al., (2014b).

Quando comparamos as pseudosseções para os sistemas KFMASH e MnKFMASH (**Figuras 3.4 e 3.5**) observamos que, embora MnO tenha efeito distinto no campo de estabilidade da granada, ele pouco influencia na estabilidade das demais fases, o que pode ser visto pelas topologias semelhantes entre os dois diagramas (White et al., 2014b), isso em parte pode ser porque a granada é a fase que mais absorve o MnO do sistema.

4 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudo se insere ao longo de uma faixa de direção E-W/NW-SE geotectonicamente posicionada na borda sul do Cráton do São Francisco, onde predominam rochas com idades arqueanas e paleoproterozoicas reunidas em terrenos granito-*greenstone* atribuídos ao Complexo Campos Gerais (Kaefer et al., 1979), faixas de *Greenstone Belts* – Morro do Ferro ou Fortaleza de Minas (Teixeira, 1978; Teixeira & Danni, 1979), Bom Jesus da Penha-Jacuí (Teixeira et al., 1987) e Alpinópolis (Szabó, 1996), e unidades que em parte são embasamento da Faixa Brasília.

As rochas desses terrenos foram intensamente retrabalhadas no Neoproterozoico, durante a Colagem Orogênica Brasileira (**Figura 4.1**, Brito Neves et al., 1999), e são considerados como representantes da zona de sutura entre a Paleoplaca São Francisco - Congo (margem passiva) e o Bloco Paranapanema, (margem ativa), caracterizada como Zona de Paleosutura de Alterosa (**Figura 4.2**; Zanardo et al., 2006), ou Zona de Cisalhamento Campo do Meio (Morales et al., 1991 e Morales, 1993), resultante da convergência durante o fechamento do paleo-oceano Goianides (Campos Neto & Caby, 2000; Trouw et al., 2000).

4.1 O Complexo Campos Gerais

O Complexo Campos Gerais (CCG) foi definido durante mapeamentos regionais em escala 1:250.000 do Projeto Sapucaí, feito pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e apresentado em 1979. Nele foi destacada a intensa compartimentação tectônica, com rochas caracteristicamente miloníticas e cataclásticas, além da presença de sequências vulcanossedimentares e diversos corpos metaultrabásicos.

O Complexo Campos Gerais constitui uma faixa de direção WNW-ESSE condicionada ao Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio (Morales & Hasui, 1993; Turbay et al., 2008; Turbay & Valeriano, 2012). É, em parte, uma janela estrutural (**Figura 4.2**), onde, a norte e oeste cavalgam sequências metassedimentares psamo-pelíticas neoproterozoicas do Grupo Araxá – Canastra, a nordeste faz contato abrupto com cobertura cratônica carbonático-pelítica neoproterozoica do Grupo Bambuí, a leste não se distingue das rochas de outros complexos cratônicos e, ao sul é cavalgado por *Nappes* neoproterozoicas do sistema de *nappes* Andrelândia e parte do domínio norte da *Nappe* Socorro-Guaxupé (Campos Neto, et al. 2004 e 2010).

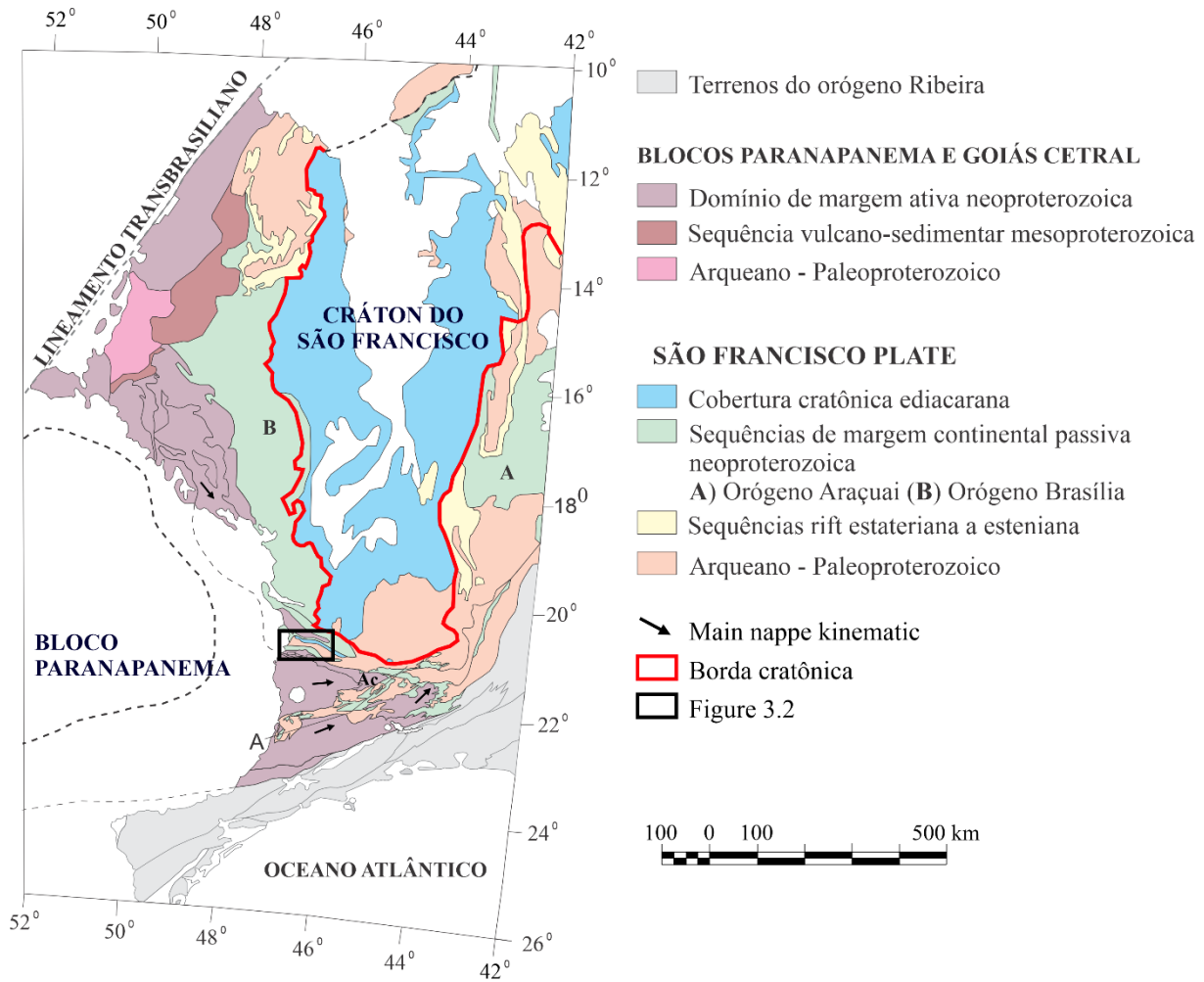


Figura 4.1: Sistemas orogênicos da porção sudeste e central do Brasil. Modificado de Westin et al. (2016).

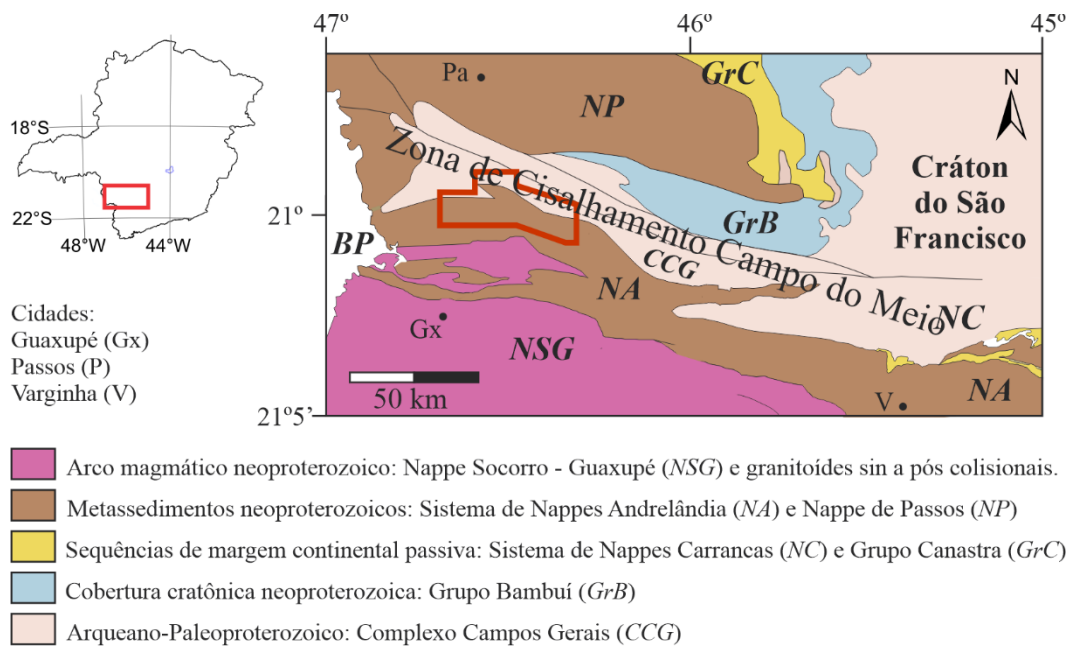


Figura 4.2: Mapa geológico esquemático de parte do Orógeno Brasília Meridional com os principais domínios tectônicos. Modificado e adaptado de Campos Neto et al. (2011) e Zanardo et al. (2006), com indicação da área de estudo.

Embora o Complexo Campos Gerais ocupe posição chave no contexto geotectônico da geologia da região, ainda não há consenso para seu significado, compartimentação e extensão, em especial para leste e sul. Sua primeira compartimentação foi baseada em descontinuidades tectônicas e conjuntos litológicos delimitados por um ou mais litotipos característicos, resultando na correlação de seus gnaisses à Associação Barbacena, os xistos aos Grupos Andrelândia e os quartzitos e micaxistos ao Grupo São João Del Rei (Kaefer et al., 1979).

Na primeira tentativa de compartimentar o Complexo Campos Gerais foram definidos os Domínios Conceição de Aparecida, Jacuí e Nova Resende (Kaefer et al., 1979), mas considerados informais por Fonseca et al., 1979. Outra compartimentação proposta consistia nos Domínio Granito-*Greenstone* e migmatito, Domínio dos Gnaisses e Paragnaisses e Domínio dos Granitos Isolados (Crosta et al., 1986).

A compartimentação atual do CCG consiste em dois domínios (Schrank et al., 1993; Zanardo, 1992; Roig, 1993; Szábo et al., 1993; Szábo, 1996). Em trabalho de compilação litológica, estrutural, metamórfica, geofísica, geoquímica e geocronológica, a região de Guaxupé, Passos e Delfinópolis foi dividida em quatro grandes domínios delimitados por zonas de cisalhamento de alto e baixo ângulo de mergulho – Domínios Norte (I), Central (II e III) e Sul (IV) (**Figura 4.3**; Zanardo, 1992). Os domínios II e III correspondem, respectivamente, aos Domínios Alóctone (Sul) e Autóctone (Norte) do Complexo Campos Gerais (Roig, 1993; Szábo et al., 1993; Szábo, 1996).

Lentes de rochas metaultramáficas separam os Domínios II e III, configurando nítida descontinuidade. A norte (Domínio III), em contato com a Sinforme de Passos, ocorrem terrenos nitidamente mais antigos, compostos por gnaiss, granitoide e migmatito de afinidades geoquímicas tipo TTG, com enclaves tectônicos de sequências metavulcanossedimentares tipo *greenstone belt*, e a sul (Domínio II), ao sul das Zonas de Cisalhamento de Riacho Fundo e Mumbuca, ocorrem rochas metassedimentares intercaladas aos corpos de ortognaiss (Zanardo, 1992).

O Domínio Autóctone é dividido em três unidades: Ortognaiss Campos Gerais, metatexito estromático tonalítico e monzogranítico; Ortognaiss Serra do Quilombo, com bandamento composicional irregular herdado da deformação de suíte de rochas tonalíticas e graníticas; e, Ortognaiss Mandembo, diatexito tonalítico e sienogranítico com estrutura *schlieren* a nebulítica (Turbay et al., 2008; Turbay & Valeriano, 2012). O conjunto foi intrudido por corpos de tonalito, pelo granito Grão Mogol e leucogranitos Córrego do Sapateiro e Itapixé (Turbay & Valeriano, 2012).

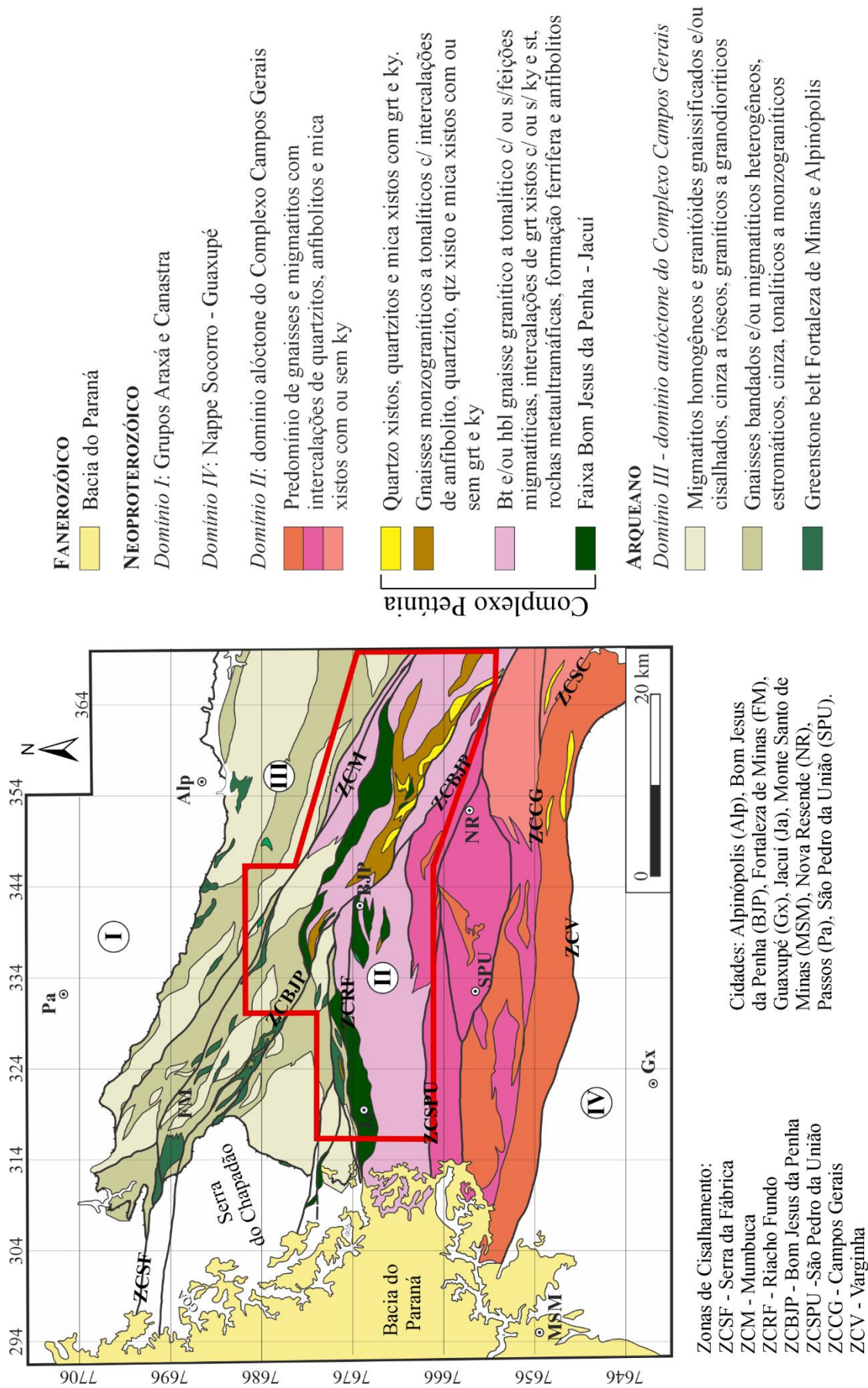


Figura 4.3: Esboço tectônico com destaque para os domínios Campos Gerais e Petúnia. Extraído e modificado de Zanardo (1992). O polígono vermelho indica a área de estudo.

As rochas metaultramáficas e mineralizações associadas são característica distintiva entre os dois domínios. No Domínio Autóctone (norte) as rochas metaultramáficas apresentam filiação komatiítica, com textura *spinifex* localmente preservada, associadas a BIFs, anfíbolito e mineralizações de Fe-Ni-Cu. Processo metassomático formou serpentinito e a presença de talco é restrita. Já no Domínio Alóctone (sul), BIFs são substituídas por formação ferrífero-manganesífera, com cromitito podiforme associado e nas rochas metaultramáficas predominam paragêneses com talco, clorita, tremolita, antofilita e hornblenda (Szábo, 1996).

Um dos problemas ao estabelecer o limite sul do Complexo Campos Gerais reside no fato de que as rochas pelíticas e psamíticas presentes no Domínio Alóctone (Sul) confundem-se com as rochas metassedimentares neoproterozoicas e, inclusive, são correlacionadas aos Grupos Andrelândia (Roig, 1993), Carrancas (Campos Neto et al., 2004) e Araxá-Canastra (Morales, 1993). Unidades do sistema de Nappes Andrelândia ora são estendidas até a Bacia do Paraná, separando o CCG dos granulitos de Guaxupé (Vasconcelos, 1988), ora são interrompidas na região de Alfenas, e a partir daí, para oeste, o contato do CCG se dá diretamente com a nappe Socorro - Guaxupé (Hasui e Oliveira, 1984; Zanardo, 1992; Del Lama et al., 1994 e 2000).

Vários autores reconhecem a correlação entre o Complexo Campos Gerais e o Complexo Campos Belo (Turbay, 2010) ou Complexo Barbacena (*e.g.* Oliveira et al., 1983; Morales et al., 1983; Wernick e Artur, 1983; Artur e Wernick, 1984), ambos correspondem a terrenos granito-*greenstone* com diferenças litológicas pouco expressivas, mas que no Complexo Campos Gerais estão intensamente tectonizadas.

Uma compilação dos dados geocronológicos disponíveis para os Complexos Campos Gerais e Petúnia é apresentada na **Tabela 4-1**. As primeiras idades obtidas para o Complexo Campos Gerais foram determinadas a partir de isócronas Rb-Sr em ortognaisse, com valores de cristalização dos protólitos a 2,8 Ga, e intrusões de granitoides a 2,1 e 1,9 Ga (Teixeira et al., 1989). No Domínio Autóctone (Sul), idades U-Pb em zircão usando ablação a laser e ICP-MS indicam cristalização dos protólitos a 2,95 Ga para o Ortognaisse Campos Gerais, e 2,82 a 2,81 Ga, para o Ortognaisse Mandembo (Valeriano et al., 2006). Na região de Areado, ao sul de Alterosa, grãos de zircão do Ortognaisse Gaspar Lopes foram datados com ablação a laser e ICP-MS e fornecem idade de 2,07 Ga para a cristalização da rocha, mas não foi possível determinar a idade do metamorfismo (Lopes, 2013).

Quanto ao metamorfismo no CCG, gnaisses e migmatitos presentes no Domínio Alóctone (sul) exibem paragêneses indicativas de fácies granulito de alta pressão e o

metamorfismo decresce para norte, chegando à fácies anfibolito de baixa pressão, caracterizada pela presença de sillimanita em rochas metassedimentares nos arredores de Alpinópolis. Reequilíbrio metamórfico para fácies xisto verde a anfibolito médio foi condicionado pela instalação das zonas de cisalhamento dúcteis/rúpteis de alto ângulo (Zanardo et al., 1990; Zanardo, 1992).

Rochas metassedimentares da Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí tiveram o pico metamórfico com temperaturas em torno de 650-700 °C e pressões de 6 a 7 kbar (Del Lama, 1993), enquanto granada anfibolito e granada-hornblenda gnaiss presentes na porção meridional do Domínio Alóctone (sul) alcançaram o pico metamórfico em condições entre 700 e 750 °C e pressões entre 10,5 e 13 kbar. Granada anfibolito, localizado a norte da Zona de Cisalhamento de Varginha, apresenta auge metamórfico em 830-900 °C de temperatura com 12,5-15 kbar de pressão, indicando ambiente de transição da fácies eclogito para granulito (Del Lama et al., 1994).

Tabela 4-1: Dados geocronológicos compilados para idades de cristalização de rochas dos Complexos Campos Gerais e Petúnia. Referências: 1-Kaefer et al. (1979); 2-Turbay (2010); 3-Lopes (2013), 4- Schrank & Silva (1993), 5-Campos Neto et al., 2004; 6- Pinheiro (2013).

Método	Rocha	Idade (Ma)	Observações	Ref.
Isócrona Rb/Sr	Bt-hbl gnaiss	1588 ± 112	Próximo à Represa de Furnas	1
U-Pb (Zr)	Ortognaiss Campos Gerais	2984 ± 60	Domínio Autóctone (Norte) <i>intercepto superior</i>	2
U-Pb (Zr)	Ortognaiss Mandembo	2812 ± 15	Domínio Autóctone (Norte), <i>intercepto superior</i>	2
U-Pb (Zr)	Ortognaiss Mandembo	587 ± 20	Domínio Autóctone (Norte) <i>intercepto inferior</i>	2
U-Pb (Zr)	Metatonalito	2775 ± 13	Domínio Autóctone (Norte) <i>intercepto superior</i>	2
U-Pb (Tt)	Granito Itaxipé	1976 ± 29	Domínio Autóctone (Norte) <i>intercepto superior</i>	2
U-Pb (Zr)	Grt metagranito	2073 ± 7	Domínio alóctone (Sul) <i>intercepto superior</i>	3
Isócrona Rb/Sr	Gnaiss	2900 ± 110	Domínio Autóctone (Norte)	4
U-Pb (Zr)	Hornblenda gnaiss	2947 ± 80	Complexo Petúnia <i>intercepto superior</i>	5
Pb-Pb (Zr)	Metagabro	2963 ± 5,7	Complexo Petúnia <i>concórdia age</i>	6

4.2 O Complexo Petúnia

O Domínio Alóctone do CCG corresponde ao Complexo Petúnia, informalmente subdividido em três unidades: Unidade Gnáissica, formada por gnaiss fino com intercalações de metapelitos e anfibolito; Unidade Metassedimentar-Metaultramáfica, formada por metapelitos com proporções variáveis de granada e cianita, xisto com tremolita, clorita e antofilita, além de metadunito; e, Unidade Metapsamítica, formada por quartzitos e mica xistos (**Figura 4.3**; Roig, 1993).

Quatro fases deformacionais são reconhecidas no Complexo Petúnia. A fase 1 (F_1) foi preservada como dobras isoclinais e intrafoliais D_1 com foliação plano axial em biotita gnaisses e xistos pelíticos, arcos poligonais em biotitas e porfiroblastos de granada sin cinemática com foliação interna preservada. F_2 formou a foliação principal, regional S_2 , e as zonas de cisalhamento dúcteis. F_3 desenvolveu dobras em chevron a isópacas e uma lineação de crenulação Lcr_3 , porém, sem desenvolver S_3 , e a F_4 representa a fase rúptil, onde foram desenvolvidos os sistemas de Falhas de Mumbuca e Bom Jesus da Penha, ambas sub-verticais e de direção geral NW-SE (Roig, 1993).

Feições texturais preservadas da deformação nas rochas máfico-ultramáficas sugerem que elas correspondam a corpos diferenciados compatíveis tanto com complexos estratiformes intensamente tectonizados, como com complexos ofiolíticos (Roig, 1993), neste caso interpretados como prováveis restos de crosta oceânica neoproterozoica (Choudhuri et al., 1995). “O contato entre as unidades é marcado por descontinuidades tectônicas expressas geomorfologicamente por nítidas quebras de relevo” (Roig, 1993).

Granada anfibolito presente na Unidade Gnáissica é compatível com basaltos N, E-MORB, até de arco vulcânico, sugerindo formação a partir de magmas de composições transicionais a partir de fonte mantélica fértil em ambientes dinâmicos associados a zonas de suprasubducção (Pinheiro, 2013).

Condições metamórficas para o Complexo Petúnia foram determinadas apenas para granada anfibolito, cujas condições são de 7,5-8 kbar de pressão e 635-675 °C de temperatura estimada no par hornblenda-plagioclásio (Pinheiro, 2013). Nos metapelitos, paragêneses $Bt + Qtz + Pl + Grt + St + Ky \pm Ms$, indicam condições metamórficas sob fácies anfibolito, atuante também nas rochas metaultramáficas, com formação de antofilita a partir de paragêneses mais antigas formadas por $Ol + Opx + Spl$ (Roig, 1993).

4.3 As Faixas Vulcanossedimentares

As seqüências vulcanossedimentares (**Figura 4.4**) presentes no Complexo Campos Gerais foram inicialmente reunidas sob a denominação de Sequência Vulcanossedimentar Morro do Ferro - SVSMF (Teixeira & Danni, 1979), posteriormente subdividida nas Faixas Fortaleza de Minas, Alpinópolis e Bom Jesus da Penha-Jacuí (Teixeira et al., 1987).

A Faixa Fortaleza de Minas, ou *Greenstone Belt* Fortaleza de Minas, ocorre encaixada no Complexo Campos Gerais, sua coluna estratigráfica é dividida em três unidades que compreendem rochas ultramáficas, máficas e metassedimentares com metamorfismo em fácies xisto verde a anfíbolito (Teixeira & Danni, 1979). Idades de 2,86 Ga foram determinadas através de isócrona Sm-Nd em komatiitos da unidade basal da seqüência, sendo comparável, ou marginalmente mais jovem que o *Greenstone Belt* Piumhi (ca. 2,9 - 3,1 Ga) (Pimentel & Ferreira Filho, 2002).

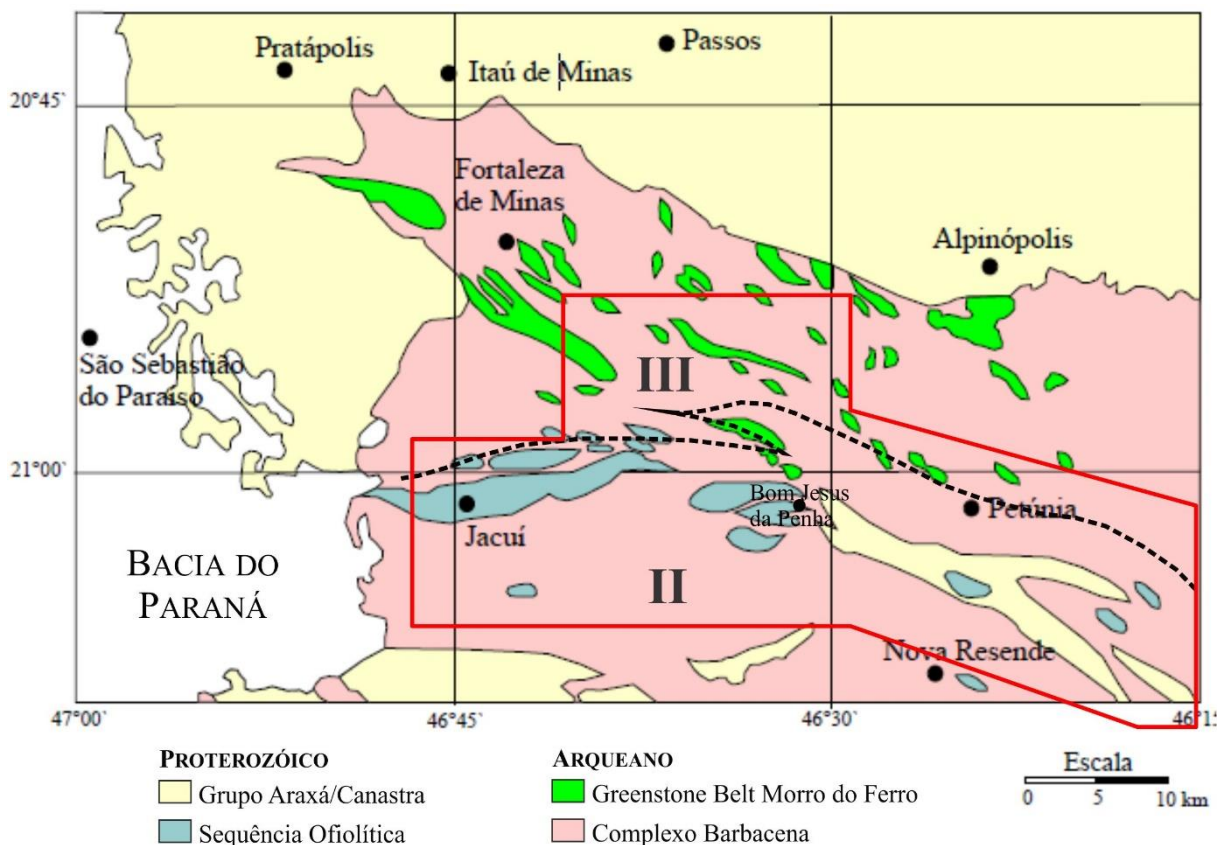


Figura 4.4: Mapa geológico simplificado com destaque para as faixas vulcanossedimentares associadas aos complexos Campos Gerais e Petúnia. A linha tracejada indica a divisão entre os domínios II e III do Complexo Campos Gerais, como proposto por Zanardo (1992), e o polígono vermelho indica a localização aproximada da área de estudo. A seqüência ofiolítica equivale a Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí. Extraído e modificado de Feola (2004).

A Sequência Vulcanossedimentar Alpinópolis, ou *Greenstone Belts* Alpinópolis (Szabó, 1989; Carvalho, 1990; Carvalho et al., 1993; Szabó, 1996), corresponde a Faixa Serra do Dondó, a norte, formada por rochas metaultramáficas de filiação komatiítica, com textura *spinifex* preservada, em meio a ortognaisses tonalíticos-granodioríticos cisalhados, mas com núcleos porfiríticos preservados (Szabó, 1996).

A Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí corresponde à faixa que ocorre ao sul da Faixa Fortaleza de Minas, onde as rochas metaultramáficas passam a estar associadas a rochas metavulcânicas básicas e metassedimentares aluminosas (Teixeira *et al.*, 1987). A faixa é dividida em duas unidades: Colônia, formada por xisto magnésiano, anfíbolito, metachert, gondito e granada-cianita micaxisto; e, Serra do Ibituruna, com o mesmo conteúdo litológico, mas diferindo nas proporções, com predomínio de rochas metassedimentares psamo-pelíticas (Szabó, 1996).

As rochas metaultramáficas da Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí podem corresponder à zona de sutura rotacionada pela ação de zonas de cisalhamento (Zanardo, 1992) com complexos de subducção resultantes da colisão oblíqua entre o Bloco Paraná e outras placas durante o Ciclo Brasileiro, seguida de convergência para E-NE, envolvendo zonas de cisalhamento dúctil, de cavalgamento e transcorrência, sob condições de alta pressão e temperatura, registrada nas rochas da *Nappe* Três Pontas-Varginha e posteriormente na direção E-W (Soares *et al.*, 1990 e 1991). Neste contexto, rochas metaultramáficas do Domínio Alóctone do CCG, de caráter diferenciado, com cromitito podiforme e rocha metabásica com assinatura de basalto tipo MORB (Zanardo, 1992) estão associadas, o que sugere que correspondam à corpos diferenciados, compatíveis tanto com complexos estratiformes intensamente tectonizados, como com complexos ofiolíticos (Roig e Schrank, 1992; Roig, 1993), neste caso interpretados como prováveis restos de crosta oceânica neoproterozoica (Choudhuri *et al.*, 1995).

5 ASPECTOS DA GEOLOGIA LOCAL

5.1 O Complexo Petúnia

A compartimentação do Complexo Petúnia em unidades litoestratigráficas é dificultada pela presença das numerosas zonas de cisalhamento e falhas que ocorrem na região. A divisão litológica nas unidades Metapsamítica, Metapelítica - Metaultramáfica e dos Gnaisses “Indiferenciados”, apresentada por Roig (1993), tem caráter informal e foi revisada nesta tese.

Para as unidades Metapsamítica e Metapelítica – Metaultramáfica, foram adotadas as nomenclaturas originais propostas por Teixeira et al. (1987), Unidades Serra do Ibituruna e Colônia, respectivamente, e a Unidade dos Gnaisses “Indiferenciados” foi desmembrada nas Unidades Petúnia e Gnaissse Ribeirão da Conquista. A seguir será apresentada breve descrição das unidades de mapeamento da região.

A *Unidade Serra do Ibituruna*, é formada por muscovita quartzito branco a bege e muscovita – quartzo xisto, bege acinzentado (**Figura 5.1a**) que afloram em cristas que sustentam as serras da região, Serra do Estanho, Serra Pelada e Morro do Ibituruna, entre as mais expressivas, e que compõem alinhamento NW-SE, limitado a sul pela Falha/Zona de Cisalhamento Bom Jesus da Penha (Mapa Geológico – **Apêndice C**). Ao longo das encostas das serras é comum a presença de depósitos de tálus, com blocos e matações subangulosos em meio a matriz areno-siltosa. As rochas da unidade apresentam variável grau de alteração, de baixo a alto, e afloram no chão, em canaletas e taludes de corte das estradas.

A foliação do muscovita - quartzo xisto exibe duas direções de crenulação superimpostas, definindo padrão de interferência em domos-e-bacias, no entanto, pouco foi preservado dessas estruturas, não sendo possível melhor caracterizar esses eventos deformacionais. Intercalações de lentes granoblásticas de espessura máxima de 2 cm, descontínuas ou configurando dobras apertadas com espessamento de carneira e S_2 plano axial são comuns.

A *Unidade Colônia* é caracterizada por uma sub-unidade metapelítica dominante, formada por cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita xisto e muscovita-cianita-granada-biotita xisto com intercalações subordinadas de quartzito placoso, formação ferrífera, gonditos e muscovita-quartzo xisto e uma sub-unidade metaultramáfica associada, que pode ocorrer como intercalações centimétricas a decimétricas em meio aos metapelitos. Quando frescas, com exceção do talco xisto, que exibe cor branca, essas rochas exibem cor verde escuro a verde claro - amarelado. Já quando alteradas exibem cor amarelo ocre e desenvolvem solos

residuais argilosos de cor marrom escuro, característica muitas vezes usada como critério de mapeamento.

Os xistos pelíticos raramente afloram em blocos e matacões com grau de alteração baixo a médio, o que impossibilitou separá-los no mapa geológico. O reconhecimento dos xistos pelíticos foi feito principalmente pelos solos residuais jovens, ou saprolíticos, que ocorrem em canaletas, taludes de corte e no próprio chão das estradas de terra. São solos silto-argilosos de cor avermelhada com estrutura xistosa preservada, onde muitas vezes é possível obter medidas estruturais de planos de foliação e lineações de estiramento e de crenulação. Na ausência de rocha sã, granada e cianita, quando presentes, ocorrem como fases primárias residuais e superficiais sobre o solo. Granada chega a ter 1 cm de diâmetro, enquanto cianita atinge até 2 cm ao longo do eixo c.

A *Unidade Petúnia* tem a maior distribuição em área e é formada por gnaisses tonalíticos a granodioríticos cinza, homogêneos (**Figura 5.1b**). Os litotipos são reconhecidos apenas em raros blocos e matacões de rocha com variável grau de alteração. Em sua área de ocorrência predominam solos residuais jovens, ou saprolíticos, onde o bandamento gnáissico foi preservado (**Figura 5.1c**) e intercala bandas avermelhadas, silto-arenosas, de espessura milimétrica a centimétricas, bandas de argila vermelho-arroxeadas com até 1 cm de espessura, bandas centimétricas de argila branca (caulinita) e bandas centimétricas silto-argilosas de cor amarelo-ocre. Melhores exposições dos perfis de solo residual de gnaissos ocorrem em cicatrizes de escorregamento em taludes de corte das estradas e, eventualmente, em sulcos e ravinas nas canaletas das estradas.

Intercalações de rochas metaultramáficas e de corpos de metagabro e anfibolito são comuns na unidade e têm como diferencial o fato de apresentarem menor grau de alteração, preservando-se como cristas de rocha sã a pouco alterada, em meio ao solo residual de gnaissos (**Figura 5.1d**), o que pode, em muitas regiões, levar à superestimação das espessuras de suas camadas, como ocorre nos mapas existentes na região. Em regiões mais afetadas pelas zonas de cisalhamento, essas camadas de rochas metaultramáficas aparecem como *boudins*, onde é possível observar a passagem para clorititos formados durante o metassomatismo, resultando em zonas de *blackwalls*. Nessas regiões também é comum a presença veios de quartzo de espessura milimétrica a decimétrica. Metagabro e anfibolito ocorrem como corpos lenticulares ou arredondados que ressaltam na topografia na forma de morrotes formados por solo residual com blocos e matacões (**Figura 5.1e**).

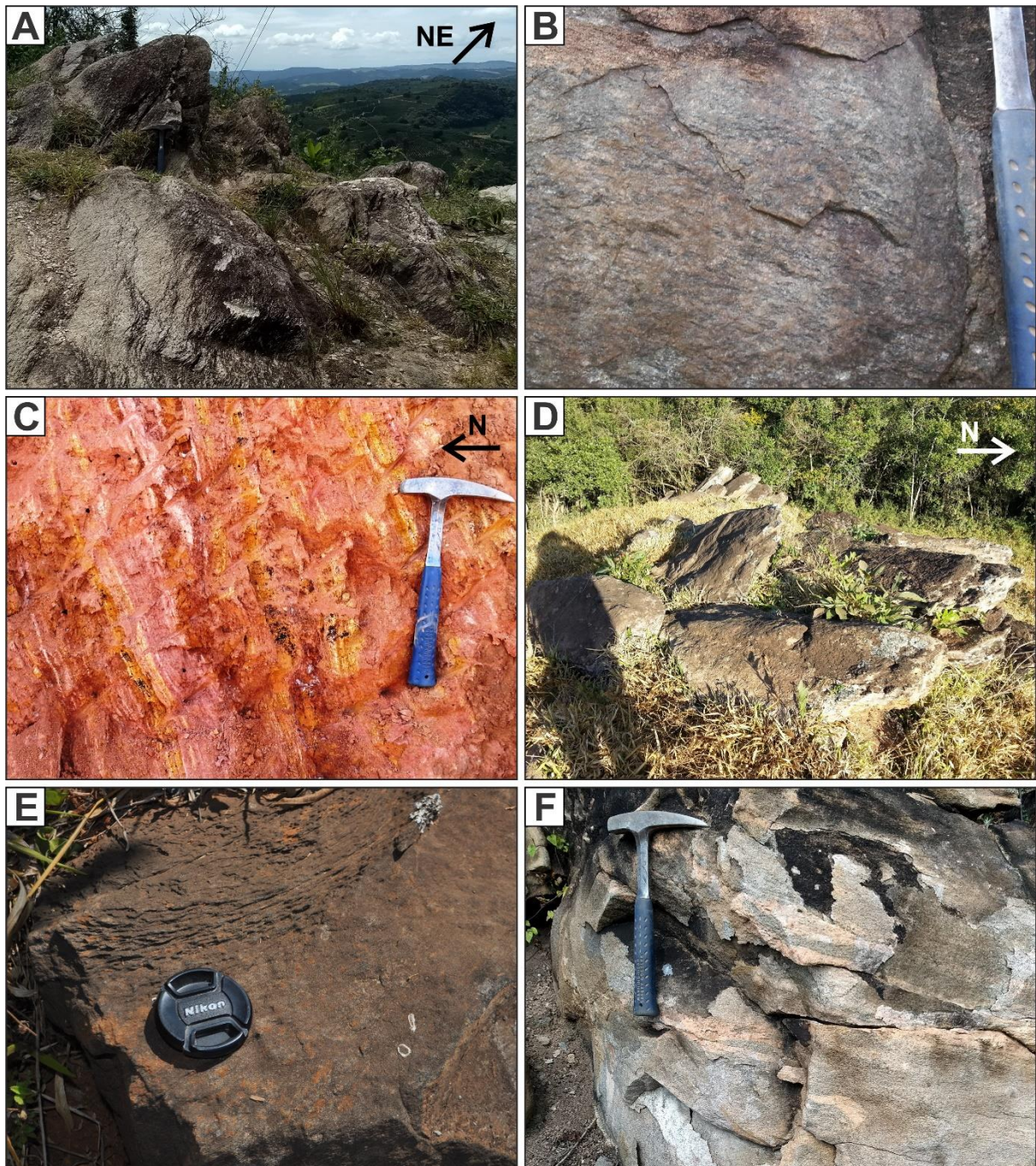


Figura 5.1: a) Cristas de muscovita – quartzo xisto da Unidade Serra do Ibituruna, ponto CP-286; b) Hornblenda – biotita gnaiss granodiorítico da Unidade Petúnia, ponto CP-105; c) Exposição típica do gnaiss da Unidade Petúnia em talude de corte da estrada, ponto CP-54; d) Cristas de xistos ultramáficos *in situ*, do outro lado da estrada, ponto CP-54; e) Bloco de *boudin* de anfíbolito da Unidade Petúnia, ponto CP-39. Notar núcleo maciço e bordas deformadas; f) Matação de biotita gnaiss fresco - Gnaiss Ribeirão da Conquista, ponto CP-265.

O *Gnaiss Ribeirão da Conquista*, ao contrário dos gnaisses da Unidade Petúnia, aflora em blocos e matações de rocha pouco alterada ao longo das encostas (**Figura 5.1f**) e como cristas *in situ* no chão e nos taludes de corte das estradas. Consiste em biotita gnaiss cinza rosado com bandamento heterogêneo. Quando próximo às zonas de cisalhamento exibe foliação milonítica regular.

Além destas quatro unidades, que já integravam o Complexo Petúnia, uma quinta unidade foi definida nesta tese. Trata-se do *Metagranito Bom Jesus da Penha*, que, assim como o Gnaissé Ribeirão da Conquista, aflora em blocos e matacões de rocha sã a pouco alterada. As relações de contato do Metagranito Bom Jesus da Penha com os gnaisses da Unidade Petúnia indicam que aquele trata-se de um corpo intrusivo, isotrópico, formado por biotita metagranito maciço, às vezes com foliação incipiente, de cor cinza médio (**Figura 6c – Apêndice A**).

5.2 A Faixa Mamote

Os litotipos descritos a seguir, em conjunto com a Unidade Petúnia e o Gnaissé Ribeirão da Conquista, constituem o conjunto reunido por Zanardo (1992) como “Unidade GMA” (ou *Gnaissic Unit* – **Figura 2 – Apêndice A**), formada por gnaisses diversos, ou como Unidade São Vicente, predominantemente metassedimentar (CODEMIG, 2015). No entanto, ao sul das Zonas de Cisalhamento de Jacuí e Bom Jesus da Penha (**Apêndice C**) a frequência das intercalações de xistos pelíticos, formações ferríferas, anfíbolitos e rochas metaultramáficas é muito baixa, ou mesmo ausente para alguns desses litotipos, em relação à disposição das rochas do Complexo Petúnia típico. Feições migmatíticas, tais como bolsões irregulares e bandas, dobradas ou não, formadas por leucossoma granítico, são quase sempre presentes, a frequência de afloramentos de rocha é maior e são distintos os padrões de deformação.

Ao sul da zona de cisalhamento de Jacuí ocorre uma faixa onde o litotipo dominante é hornblenda – biotita metatexito estromático cinza escuro, fino, com leucossoma branco. A essa faixa foi dado o nome de *Faixa Mamote*, em referência ao Ribeirão do Mamote, que atravessa a região. Intercalações de corpos lenticulares de anfíbolito, quartzito e gondito são subordinadas e não mapeáveis na escala adotada. Hornblenda – biotita metatexito ocorre em blocos e matacões de rocha sã a pouco alterada (**Figura 5.2a**) e seu perfil de solo residual é observado apenas em taludes de corte das estradas e rodovias, onde é possível identificar a estrutura estromática preservada (**Figura 5.2b**). A Faixa Mamote é limitada a sul por biotita metatexito cinza-rosado, com leucossoma rosado, atribuído à *Nappe Socorro-Guaxupé*. Na área as rochas afloram ao longo da Serra do Zundum, em taludes de corte da rodovia BR-146 e em abundantes blocos e matacões com baixo grau de alteração (**Figuras 5.2c e 5.2d**).

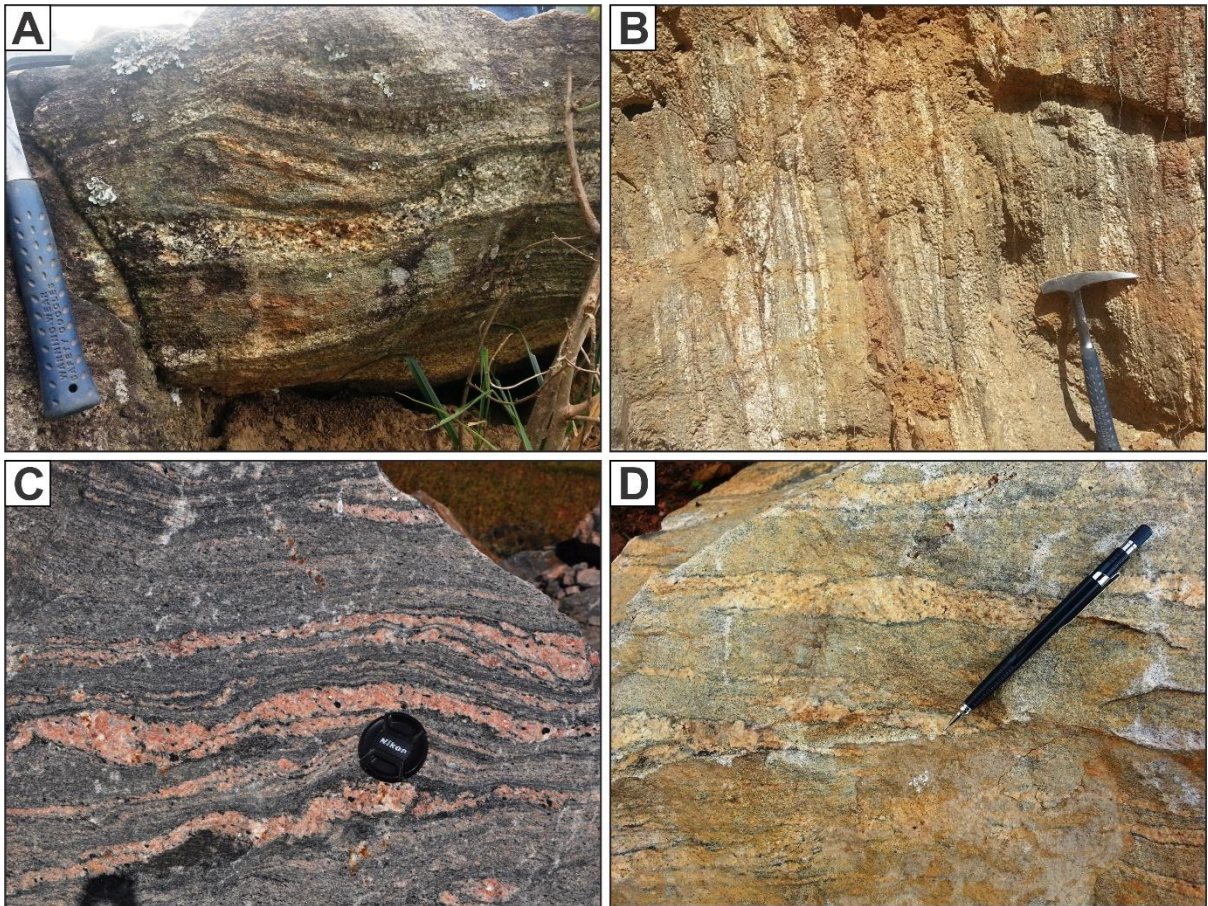


Figura 5.2: Hornblenda-biotita metatexito estromático da Faixa Mamote, em (a) fresco, ponto CP-65 e em (b) saprolítico com estrutura preservada e foliação milonítica de alto ângulo, ponto CP-83; Biotita metatexito cinza rosado da *Nappe* Socorro – Guaxupé, em (c) blocos frescos em corte da rodovia BR-146, ponto CP-34 e em (d) matacão de rocha pouco alterada, ponto CP-77.

6 REDEFININDO O COMPLEXO PETÚNIA

Artigo a ser submetido ao periódico *Journal of South American Earth Science*. O conteúdo está disponível no **Apêndice A**.

The Archean and Paleoproterozoic rocks of the Petunia Complex and its relationship with the Campos Gerais Complex as a basement window in the Brasília Orogen, southeastern Minas Gerais, Brazil

Rafaela Machado Gengo (rafaela.gengo@usp.br)

Vinicius Hector Abud Louro (vilouro@usp.br)

Renato de Moraes (rmoraes@usp.br)

Gergely Andres Julio Szabó (gajszabo@usp.br)

Elton Luiz Dantas (elton@unb.br)

Pedro Machado Simões (pedro.simoese@alumni.usp.br)

Abstract

On the southern margin of the São Francisco Craton, between Neoproterozoic nappes of the Southern Brasília Orogen, there is a structural window defined by elongated belts in the WNW-ESE direction, formed by fragments of rocks that were compartmentalized by a complex arrangement of overthrusts and high angle ductile-ruptile shear zones. We integrated field data with aerogeophysical surveys and U-Pb zircon dating to position the rocks of the Petunia Complex in the regional tectonic context of the evolution of the southern margin of the São Francisco Craton. The Petúnia Complex is characterized by the highest degree of deformation and the highest incidence of supracrustal units and tectonically imbricated metaultramafic rocks, so that they result in a radiometric signature characterized by low U-Th-K counts.

In the Petúnia Complex two Archean units were identified: Petúnia Unit (2993 ± 6 Ma) and Ribeirão da Conquista Gneiss (2835 ± 12 Ma). These units integrate, along with the orthogneisses of the Campos Gerais Complex, the reworked Archean infrastructure in the final stages of Minas Orogenesis, recorded in the Petúnia Complex through the Bom Jesus da Penha Metagranite (2004 ± 5 Ma). Subsequently, through the reactivation of deep shear zones, the transport to NW along the Bom Jesus da Penha Shear Zone records the final tectonic accommodation, in response to the deformation from the transport to ENE of the Neoproterozoic nappes of the Southern Brasília Orogen.

7 PROVENIÊNCIA SEDIMENTAR DA UNIDADE SERRA DO IBITURUNA

A Unidade Serra do Ibituruna é formada por muscovita quartzito e muscovita-quartzo xisto milonítico (**Figura 5.1a**), cuja distribuição é estruturalmente controlada pelas Zonas de Cisalhamento de Riacho Fundo e de Bom Jesus da Penha. As rochas são formadas essencialmente por muscovita (10-40 %) e quartzo (60-90 %) e os minerais acessórios incluem cianita, zircão, monazita, rutilo, apatita e minerais opacos. Cianita é restrita aos leitos lepidoblásticos e pode compor intercalações de níveis decimétricos de rutilo-quartzo-muscovita cianita fels (**Figura 7.1a**).

No muscovita-quartzo xisto milonítico, a muscovita está estirada ao longo das bandas de cisalhamento e localmente ocorre concentrada ao longo de C', conferindo textura lepidoblástica, às vezes com relíquias de crenulações anteriores à foliação milonítica (**Figura 7.1b**). Os cristais de muscovita também preservam superfícies dobradas D₁ com S₂ em posição plano axial, ou somente foram recristalizados na forma de peixe de mica. A textura granoblástica é dada por quartzo de granulação fina a média que define domínios com distintos registros de recristalização dinâmica, sugerindo superposição de deformações progressivamente em regimes de menor temperatura, incluindo contatos interlobados/ameboides formados por migração de borda (*GBM – Grain Boundary Migration*) em maior temperatura, domínios com cristais exibindo mesma orientação ótica, rotacionados durante a recristalização (*SGR – Subgrain Rotation Recrystallization* – **Figura 7.1c-d**), até recristalizações de baixa temperatura através de *bulging* (*BLG – Bulging Recrystallization*).

Todas as amostras investigadas, três de muscovita-quartzo xisto (CP-05, CP-27 e CP-35) e uma de muscovita quartzito (CP-98B), possuem alta proporção de cristais de zircão, diferindo apenas na fração das populações presentes de uma amostra para outra (**Tabela 7-1**).

Tabela 7-1: Distribuição das populações de cristais de zircão nas amostras, com a quantidade de cristais datados por população e o número de análises válidas para a avaliação da proveniência sedimentar.

População	CP-05			CP-27			CP-35			CP-98B		
	total	datado	válido	total	datado	válido	total	datado	válido	total	datado	válido
1	22	3	3	95	43	13	126	69	15	58	26	4
2	97	52	34	63	35	15	47	24	13	70	45	29
3	27	16	13	13	9	2	8	8	3	23	7	7
4	54	21	18	51	24	6	49	10	3	60	38	9
Total	200	92	68	222	111	39	230	111	35	211	116	49

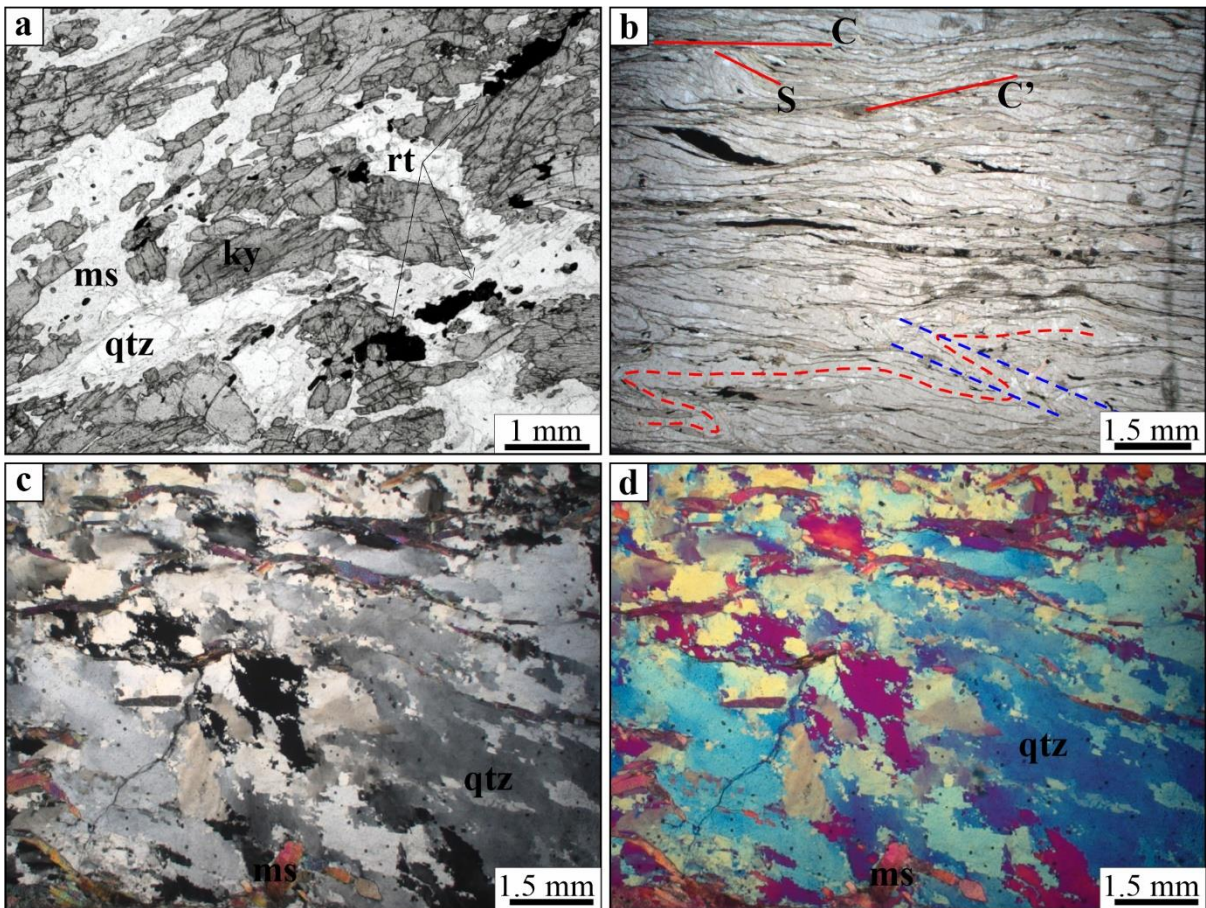


Figura 7.1: a) Rutilo-quartzo-muscovita-cianita fels, amostra CP-244; b) Foliação milonítica em muscovita-quartzo xisto, amostra CP-35 com aumento de 1,25x; c) Muscovita quartzito, amostra CP-98B, com polarizadores cruzados e aumento de 1,25x. Notar domínios com extinção próxima; d) Muscovita quartzito, amostra CP-98B, om placa de gipso e aumento de 1,25x. Notar domínios com mesma orientação óptica, recristalizados por SGR (*Subgrain Rotation Recrystallisation*).

Quatro populações de zircão foram distinguidas com base no hábito e cor dos cristais:

- (i) População formada por cristais prismáticos de cor amarela, escurecida pela metamictização, com inclusões de minerais opacos e apatita. Os cristais possuem terminações subarredondadas, relações de comprimento/largura de 2:1 a 3:1 e ocorrem em duas frações, uma de 140-200 μm , outra de 250-300 μm . Internamente predominam texturas com zoneamento oscilatório concêntrico ou irregular e raros cristais com setores zonados, ambos exibindo média a baixa intensidade de luminescência (CL) e recristalização pontual. Parte desses cristais exibem zonas de recristalização progressiva que truncam o zoneamento oscilatório (cristais 23, CP-27 e 56, CP-98B, **Figura 7.2**). Nessa população também estão incluídos cristais de alta luminescência, geralmente aqueles com maior grau de metamictização, com ou sem núcleo herdado de baixa luminescência e fraturas radiais (cristais 90, CP-35 e 15, CP-98B, **Figura 7.2**);

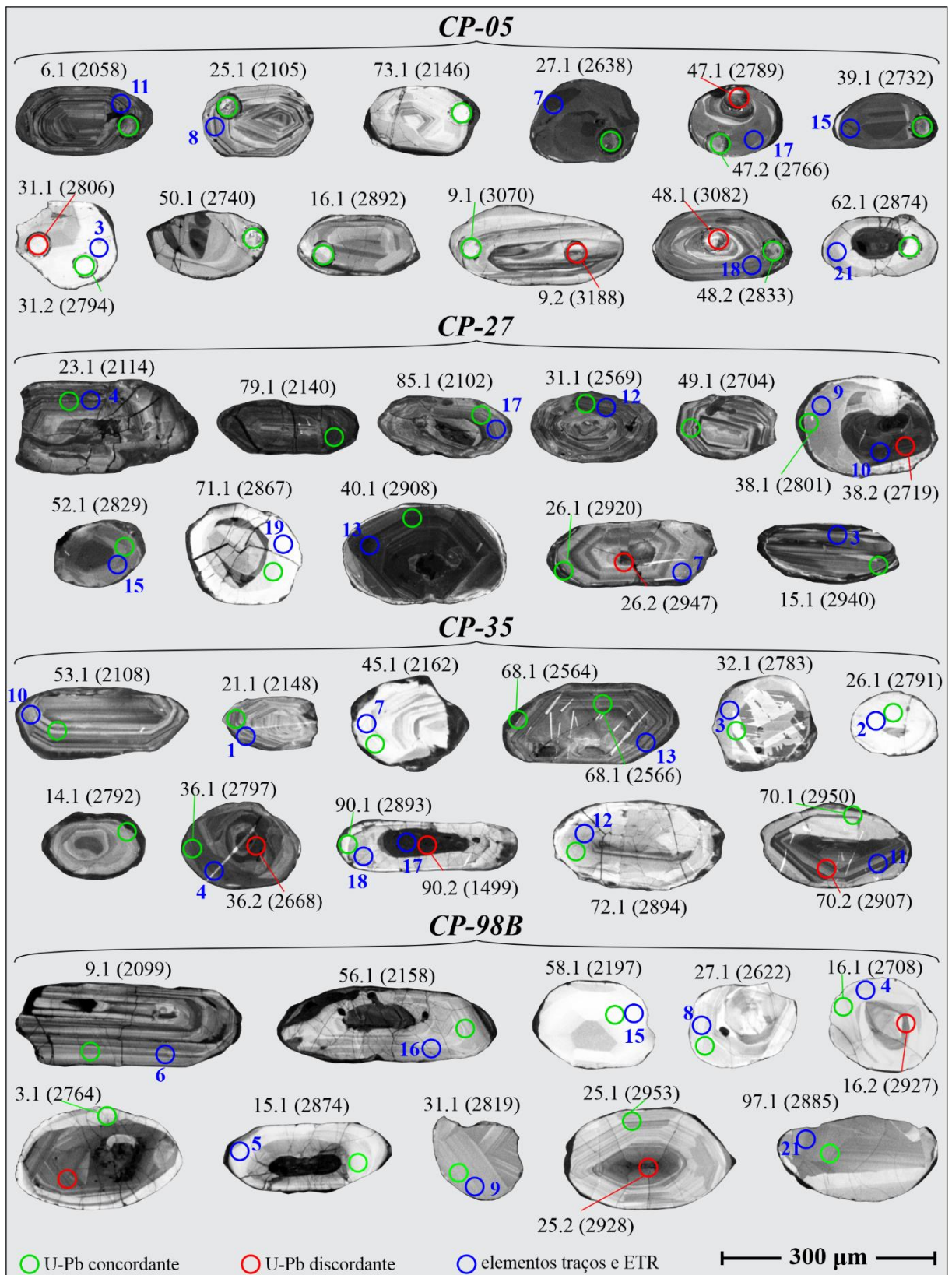


Figura 7.2: Imagens de catodoluminescência de cristais detríticos de zircão representativos das amostras da Unidade Serra do Ibituruna. Estão indicadas as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ em Ma. Os círculos verdes e vermelhos representam os locais onde foram feitas as datações, concordantes e discordantes, respectivamente. Os círculos azuis representam os locais onde foram feitas as análises de elementos traço e terras raras.

(ii) População formada por cristais ovoides a arredondados, com tamanho entre 100 e 230 μm , incolores a levemente amarelados, límpidos, às vezes com inclusões de apatita e de minerais opacos. Internamente predominam cristais homogêneos com luminescência muito alta com núcleo herdado preservado (31, CP-05 e 16, CP-98B, **Figura 7.2**) ou em variável grau de reabsorção (26, CP-35 e 58, CP-98B, **Figura 7.2**). Núcleos herdados exibem zoneamento oscilatório, irregular ou tipo *fir-tree zoning* (cristal 27, CP-05, **Figura 7.2**), sempre com luminescência média a alta. Nessa população também estão incluídos cristais com zoneamento oscilatório, luminescência média, sem núcleo herdado e bordas de sobrecrecimento metamórfico;

(iii) População formada por cristais prismáticos incolores, límpidos, com raras inclusões. Possuem terminações subarredondadas, tamanho entre 90 e 160 μm e relação comprimento/largura de 2:1 a 3:1. Internamente predominam cristais com zoneamento oscilatório ou setores zonados, ambos com delgado sobrecrecimento metamórfico de alta luminescência. Cristais homogêneos com luminescência muito alta e resquícios de núcleos herdados são raros.

(iv) População formada por cristais ovoides de cor amarela, escurecidos pela metamictização, com tamanho entre 170 e 230 μm . Internamente exibem as mesmas texturas que os cristais da população (ii), mas com menor luminescência, com exceção dos cristais intensamente metamictizados, que exibem luminescência muito alta. Alguns núcleos herdados apresentam zoneamento convoluto.

7.1 U-Pb em zircão detrítico

Os dados com concordância dentro do limite $100 \pm 10\%$ obtidos em zircão detrítico das amostras da Unidade Serra do Ibituruna mostram distribuição bimodal ao longo da concórdia (**Figura 7.3**) e datações $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ similares nos diagramas de frequência e probabilidade relativa (**Figura 7.4a-d**), não havendo relações entre as idades obtidas com as populações de cristais identificadas.

A distribuição das idades compreende um pico menor para idades do período Riaciano, entre 2058 ± 23 e 2202 ± 26 Ma, com 2σ entre 13 e 49 Ma, um hiato de registro no período Sideriano e um intervalo com picos maiores de idades neo a mesoarqueanas (**Figura 7.4**). Nas amostras CP-27 e CP-35 esse pico não está igualmente representado em virtude do menor número de análises concordantes (**Tabela 2-3, Capítulo 2**). Cristais com idades neo e mesoarqueanas correspondem respectivamente à 42 e 33 % do conjunto e variam de 2521 ± 18 a 2799 ± 29 Ma e de 2800 ± 42 a 3070 ± 22 Ma, com 2σ entre 12 e 43 Ma.

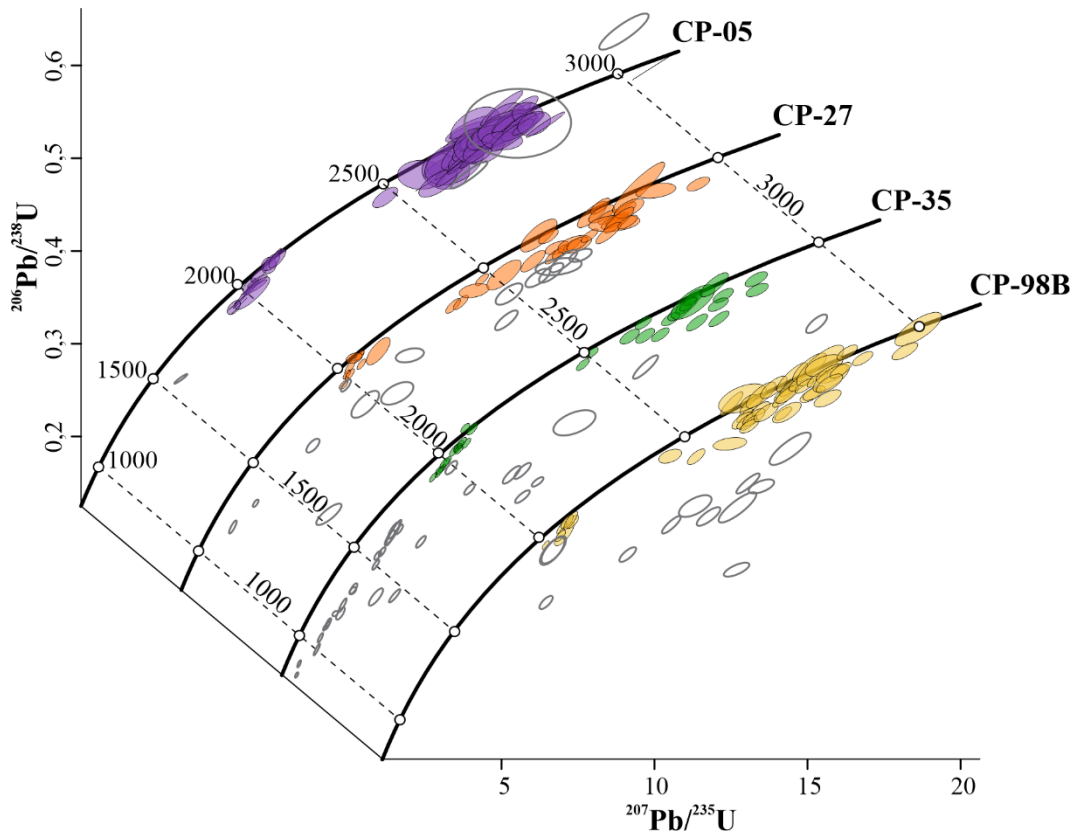


Figura 7.3: Diagrama concórdia $^{207}\text{U}/^{235}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{U}/^{238}\text{Pb}$ para as amostras da Unidade Serra do Ibituruna. Elipses de cor cinza representam as datações com concordância fora do limite $100 \pm 10\%$.

No diagrama de distribuição cumulativa é possível observar as variações nos espectros de idades. As amostras CP-05 e CP-27 exibem maior semelhança entre si, com 77 % de probabilidade de as idades estarem entre o neoarqueano e mesoarqueano, enquanto na amostra CP-98B essa probabilidade aumenta para 85 % e, para a amostra CP-35, diminui para 59 % (**Figura 7.5a**). Tais diferenças podem ter sido causadas pelos dados que puderam ser considerados (**Tabela 7-1**), uma vez que, devido ao maior grau de metamictização nos cristais das populações 1 e 4, as datações apresentaram maiores índices de discordância, o que, proporcional e, especialmente nas amostras CP-35 e CP-98B, afetou a distribuição de idades obtidas.

Para validar as diferenças observadas na **Figura 7.5a**, o Teste K-S foi executado incorporando as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ com 2σ de incerteza. As probabilidades “P” são apresentadas na **Tabela 7-2**.

Segundo Guynn e Gehrels (2010), para um nível de confiança de 95 %, $P = 0,05$ e duas hipóteses são avaliadas:

- $P > 0,05$: é improvável que as amostras sejam de fontes diferentes
- $P < 0,05$: é provável que as amostras sejam de fontes diferentes

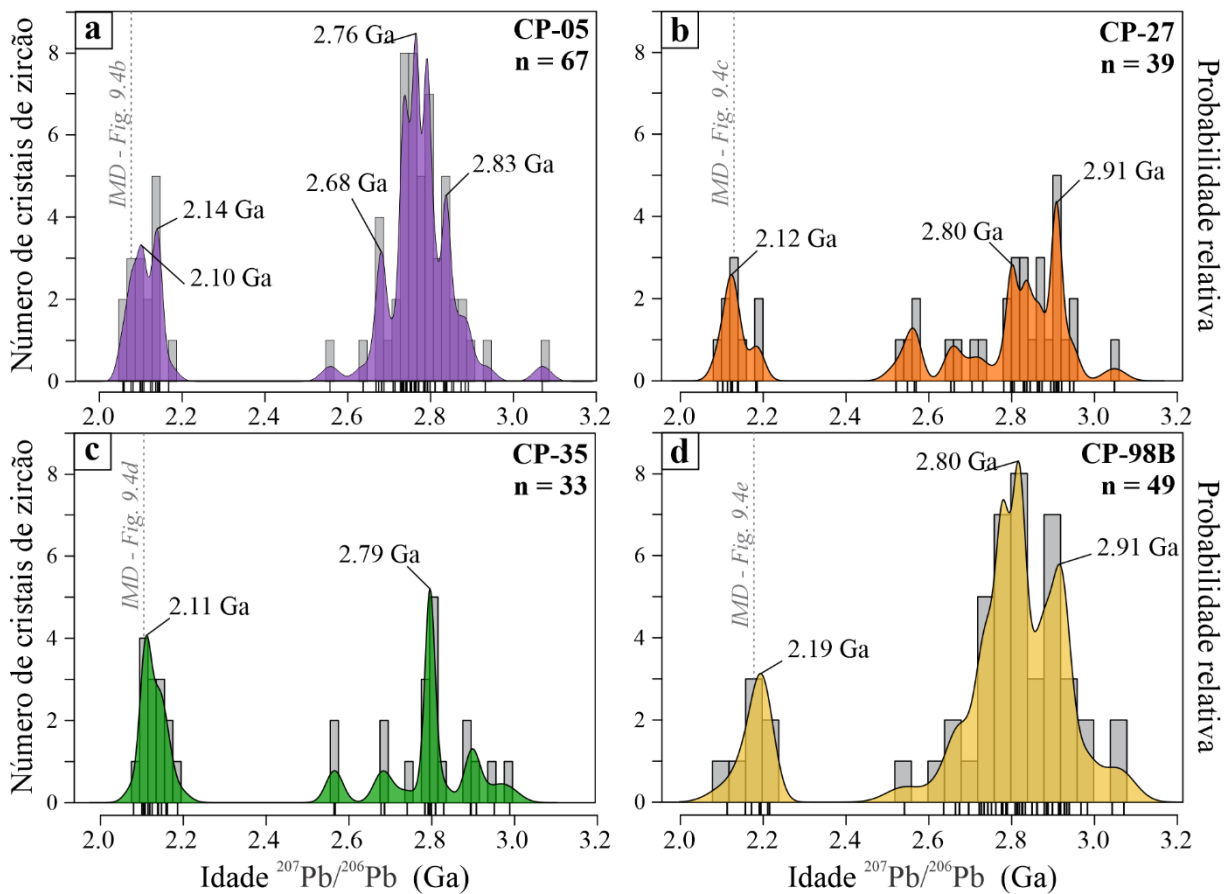


Figura 7.4: Diagramas Idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. Probabilidade Relativa utilizando a estimativa de densidade de Kernel (KDE – *Kernel Density Estimator*) para as amostras da Unidade Serra do Ibituruna. (a), (b) e (c) representam as amostras de muscovita-quartzo xisto e (d) representa a amostra de muscovita quartzito. IMD: Idade Máxima de Deposição.

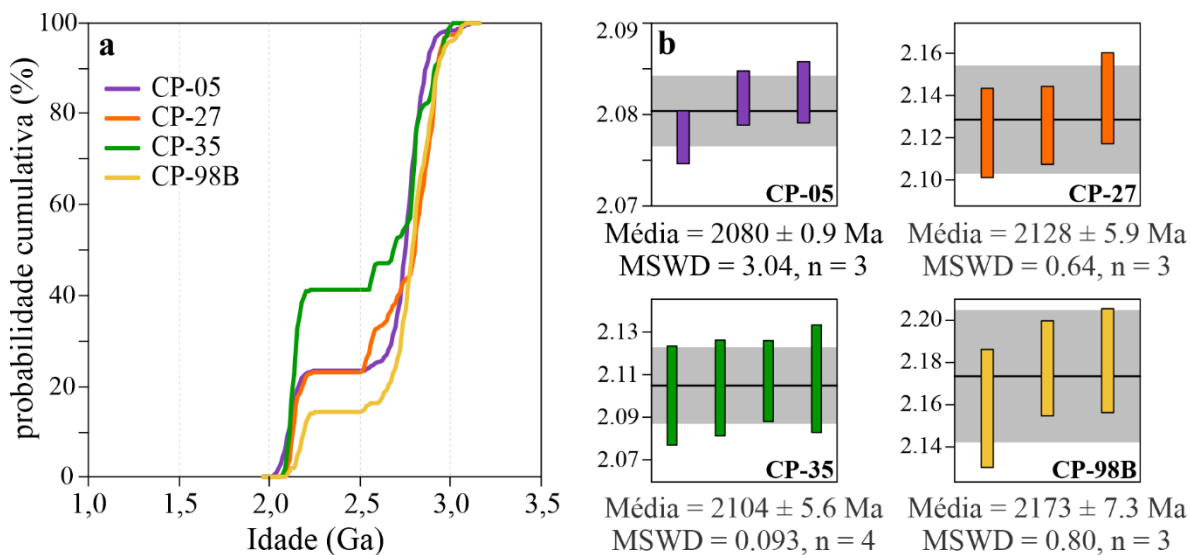


Figura 7.5: a) Diagrama de Distribuição Cumulativa (CAD – *Cumulative Age Distribution*) para zircão detrítico das amostras da Unidade Serra do Ibituruna; b) Gráficos *weighted average* com as idades máximas de deposição obtidas a partir da média ponderada do grupo de idades mais jovem com 1σ de incerteza.

Tabela 7-2: Valores da probabilidade “P” obtidos no Teste K-S as idades na função de densidade cumulativa para as amostras da Unidade Serra do Ibituruna.

K-S P-values using error in the CDF				
	CP-05	CP-27	CP-35	CP-98B
CP-05		0.179	0.188	0.300
CP-27	0.179		0.324	0.627
CP-35	0.188	0.324		0.039
CP-98B	0.300	0.627	0.039	

O teste K-S serve para mostrar que, mesmo com proporções de idades ligeiramente diferentes (**Figura 7.4a-d**) e o reduzido número de dados (**Tabela 7-1**), é possível inferir que as fontes são as mesmas nas quatro amostras. O par de amostras CP-35/CP-98B, possui $P < 0,05$, entretanto, uma vez que na amostra CP-27, mesmo com um número reduzido de dados ($n=39$), a semelhança com a amostra CP-98B é alta ($P = 0.627$), não se pode afirmar que a amostra CP-35 tenha fonte diferente. O teste K-S é sensível às proporções de idades similares nas amostras (Guynn & Gehrels, 2010), portanto, essa diferença pode ser atribuída ao reduzido número de dados arqueanos na amostra CP-35 e não às fontes diferentes em si.

Para efeito de discussão, na **Tabela 7-3** são mostradas as idades calculadas pela média ponderada dos dados mais jovens com 1σ de incerteza (**Figura 7.5b**) e a idade individual do zircão mais jovem com 1σ de incerteza. As idades máximas de deposição determinadas pelo zircão mais jovem exibem um intervalo de pelo menos 40 Ma de anos (confiabilidade do método foi discutida no Capítulo 2). Pela média ponderada esse intervalo é de aproximadamente 100 Ma e o melhor resultado obtido foi na amostra CP-35, que forneceu $2104 \pm 5,6$ Ma com MSDW = 0,093 (**Tabela 7-3**). No entanto, a amostra CP-35 é a que tem menos dados (**Figura 7.4c**) e, apesar de ter passado no teste K-S, a contribuição das idades arqueanas é menor, e isso não exclui a possibilidade de uma contribuição diferente também para as idades mais jovens.

Tabela 7-3: Idades máximas de deposição determinadas para cada amostra da Unidade Serra do Ibituruna. Estão indicadas as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ com 1σ de incerteza.

Litotipo	Amostra	Idade máxima de deposição	
		Idade do zircão mais jovem (Ma)	Média ponderada do grupo mais jovem (Ma)
<i>Muscovita – quartzoxisto</i>	CP-05	$2060 \pm 0,02$	$2080 \pm 0,9$
	CP-27	$2090 \pm 26,1$	$2128 \pm 5,9$
	CP-35	$2080 \pm 8,8$	$2104 \pm 5,6$
<i>Muscovita quartzito</i>	CP-98B	$2100 \pm 8,6$	$2173 \pm 7,3$

7.2 Assinatura de elementos traços e terras raras (ETR) em zircão detrítico

Em todos os padrões de distribuição de ETR em zircão detrítico da Unidade Serra do Ibituruna (**Figura 7.6a**), observam-se as típicas anomalias positivas de Ce, enquanto as anomalias de Eu podem ser negativas, com variável magnitude, ou ausente em alguns cristais. Algumas análises forneceram valores abaixo do limite de detecção para La, Pr, Nd, Sm e Eu, e por essa razão não são mostrados valores para Ce/Ce* ou Eu/Eu* (**Apêndice I**).

Os cristais de zircão do Paleoproterozoico exibem zoneamento oscilatório regular e baixa a média intensidade de luminescência, indicando proveniência a partir de rochas ígneas. Cristais com sobrecrescimento de textura homoganeamente clara sobre núcleo herdado (spot U-Pb 45.1 – CP-35, **Figura 7.2**), típico de cristalização em ambiente metamórfico de alto grau (Corfu et al., 2003), são raros e ocorrem apenas na população 2.

A despeito do maior ou menor enriquecimento em ETR leves e da magnitude das anomalias de Ce (Ce/Ce* entre 2,7 e 38,2) e Eu (Eu/Eu* entre 0,9 e 4,9), os padrões ETR pesados para cristais paleoproterozoicos exibem inclinações semelhantes (**Figura 7.6b**) e as populações de cristais são visualmente indistinguíveis, portanto, com exceção dos cristais em que a textura é de zircão formado em ambiente metamórfico, os padrões não são bons traçadores de proveniência para os cristais paleoproterozoicos.

Padrões de enriquecimento em ETR pesados planos indicam que o zircão pode ser proveniente de kimberlitos e carbonatitos (Belousova et al., 2002), ou que cresceu em ambiente com granada e/ou ortopiroxênio (Rubatto, 2017). Pontos que mostram esse tipo de padrão tem $(Yb/Sm)_N$ baixo, variando de 0,9 a 5,3, e são observados apenas em zircão neo- e mesoarqueano (**Figura 7.6c e 7.6d**), em que, em todos os casos, as texturas são de zircão formado em rocha metamórfica de alto grau (i.e. *fir tree zoning*, zoneamento oscilatório irregular e amplos domínios homogêneos).

Nos cristais de zircão do neoarqueano há zoneamento magmático, mas predominam cristais com sobrecrescimento em volta de núcleo herdado, tal como as zonas de recristalização transgressiva, às vezes truncando zonas de crescimento magmático, em cristais da população 1, e, nas populações 2 e 4, cristais em que o novo crescimento exhibe textura tipo *fir tree zoning*, spot U-Pb 27.1 – CP-05 (**Figura 7.2**), ou em domínios homogêneos (spot 26.1 – CP-35, **Figura 7.2**), indicando formação em ambiente metamórfico de alto grau.

Os padrões de ETR nos cristais neoarqueanos a magnitude das anomalias de Ce e Eu varia respectivamente de 1,8 a 34,2 e de 0 a 9,7 (**Figura 7.6c**), não havendo relações nem entre as populações reconhecidas, nem quanto à textura interna dos cristais. Excluindo os pontos que exibem padrões de ETR pesados planos, o fracionamento em ETR pesados

também mostra inclinações semelhantes no conjunto, com $(Yb/Sm)_N$ entre 6 e 26 (**Figura 7.6c**), mas não há diferenças entre as populações. O enriquecimento em ETR leves observado em alguns pontos não é atribuído a presença de micro inclusões de fosfatos, pois o conteúdo de P é baixo, sendo característico do zircão nos pontos 7 (CP-05) e 4 (CP-98B) (**Figura 7.2**), e resultado de alterações no ponto 13 (CP-98B), onde há aumento na concentração de Ca e ETR leves.

Nos cristais de zircão do mesoarqueano também predominam texturas de zircão formado em metamorfismo de alto grau, tal como as descritas anteriormente, e a inclinação dos padrões ETR pesados também é semelhante, mas o grau de fracionamento é maior (**Figura 7.6d**), com $(Yb/Sm)_N$ entre 6 e 65. Dos pontos onde o padrão de enriquecimento em ETR pesados é plano, nos pontos 10 e 20 (amostra CP-98B) o padrão é característico do zircão, enquanto no ponto 14 (amostra CP-98B) ele é fruto da alteração, pois há também enriquecimento em Al, Mn, Li e ETR leves, em geral. A magnitude das anomalias de Ce (3,2 a 26,0) e Eu (0 a 4,8) também não mostram relações com as populações identificadas.

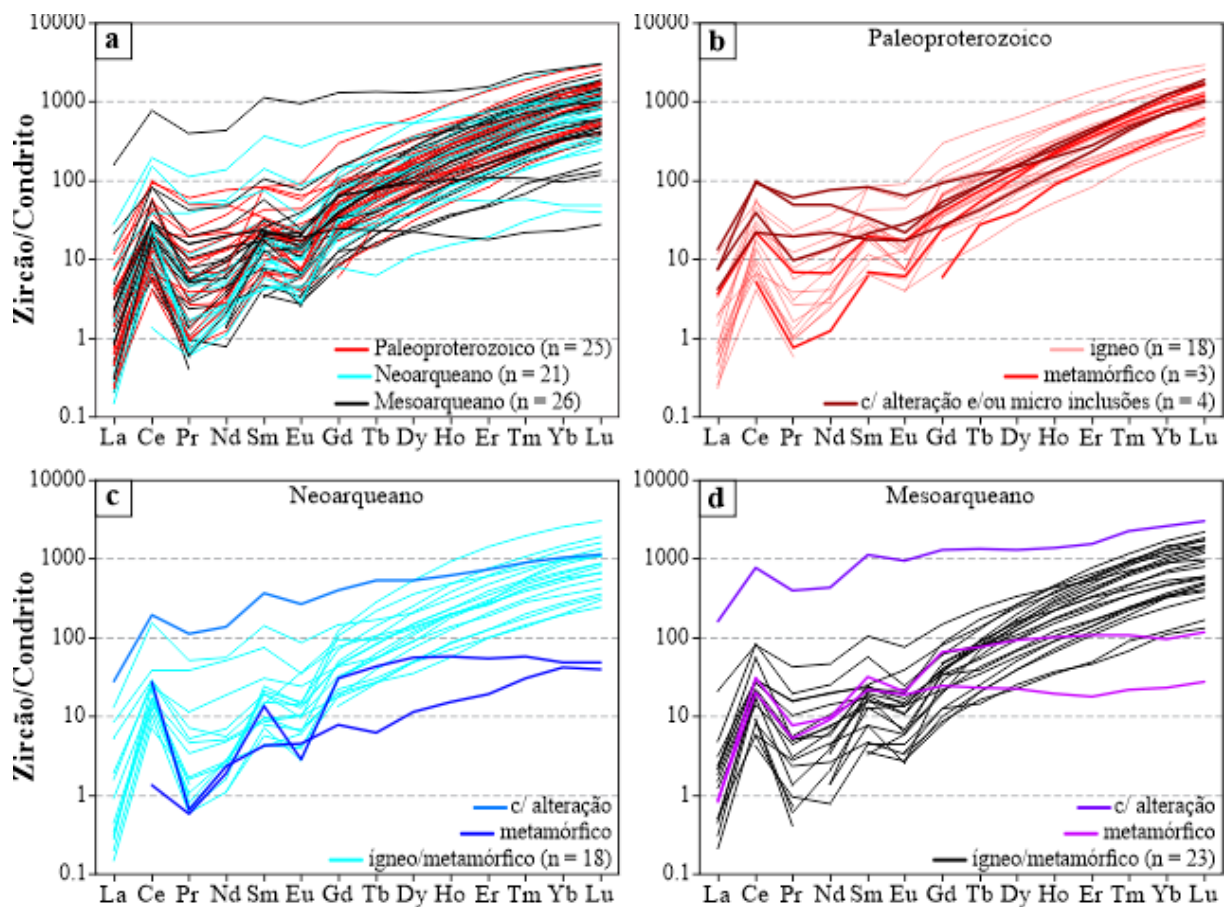


Figura 7.6: Padrões de distribuição dos elementos terras raras (ETR) em zircão detritico da Unidade Serra do Ibituruna normalizados pelo condrito de acordo com Sun & McDonough (1989). Em (a) todo o conjunto, (b), (c) e (d) separados por Era.

Antes de identificar possíveis rochas fontes nos diagramas discriminantes, é necessário avaliar o grau de modificações pelas quais os cristais de zircão passaram durante ou após os processos de cristalização/recristalização, pois o conteúdo de elementos traço e ETR pode ser alterado, levando a interpretações dúbias.

Os danos causados pela radiação na estrutura cristalina do zircão podem ser indicados pelo maior conteúdo de ETR médios e leves (Whitehouse e Kamber, 2002). No gráfico Th+U vs. $(La/Gd)_N$ nota-se maior espalhamento para cristais das populações 1 e 4, que têm maior grau de metamictização, mas não há nenhuma tendência (**Figura 7.7a**). Em zircão metamictico, além da maior substituição de Zr por ETR, há maior teor de Th e U (Belousova et al., 2002), assim, deverá haver correlação positiva entre o conteúdo de ETR com Th e U. Os cristais das populações 1 e 4 apresentam maior grau de metamictização e, como esperado, mostram maior espalhamento no gráfico Th+U vs. ΣETR , ancorados por pontos onde, além de maiores concentrações de Th e U, há maiores teores de Fe e Al (**Figura 7.7b**).

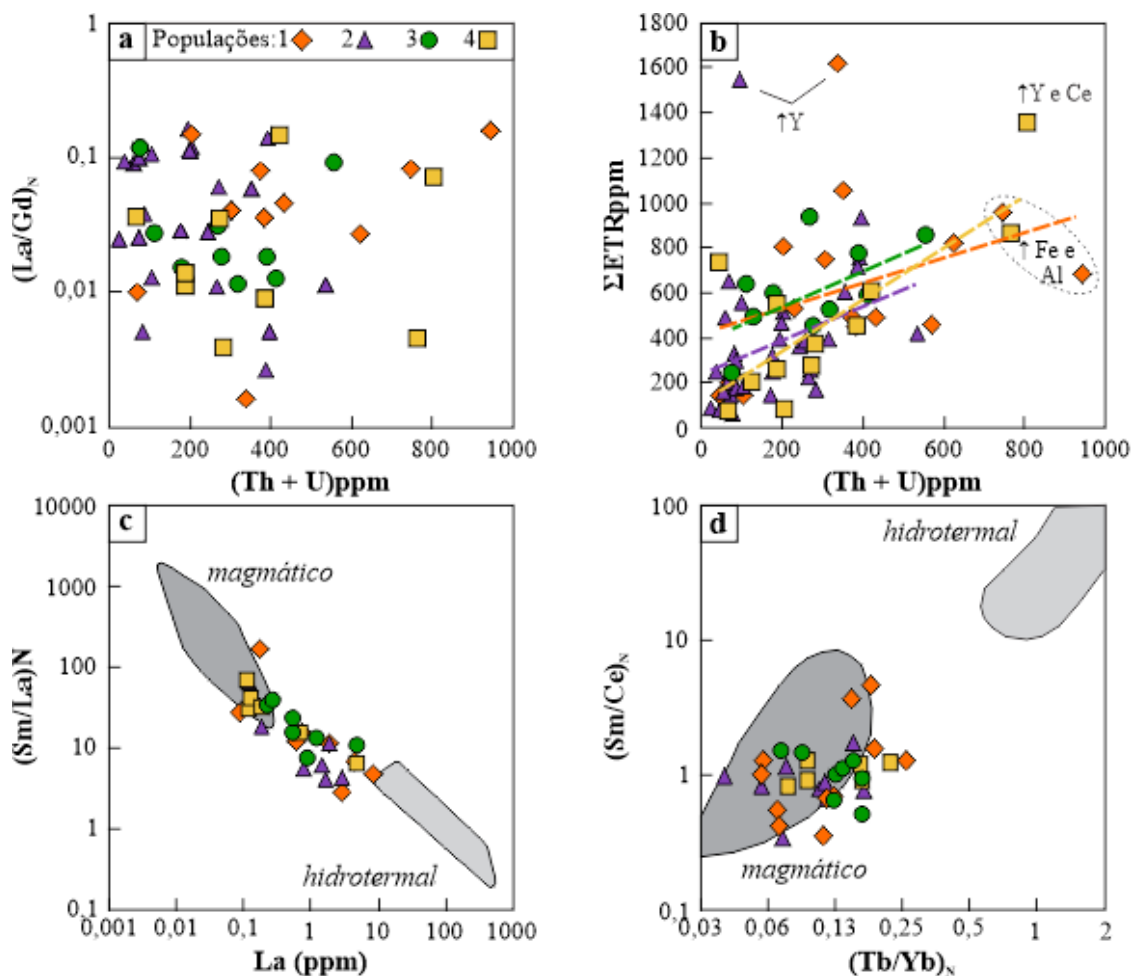


Figura 7.7: Gráficos para avaliar o grau de modificações nos cristais de zircão. Para grau de metamictização e alteração – a) Gráfico Th+U vs. $(La/Gd)_N$ de Whitehouse & Kamber (2002) e b) Th+U vs. ΣETR ; Para zircão magmático e hidrotermal – c) Gráfico La vs. $(Sm/La)_N$ de Hoskin (2005) e d) Gráfico $(Tb/Yb)_N$ vs. $(Sm/Ce)_N$, modificado de Toscano et al. (2014). Legenda dos símbolos na Figura a.

Nos gráficos das **Figuras 7.7c, 7.7d e 7.8c-e** foram plotados apenas os pontos feitos em cristais com texturas de cristalização magmática, desconsiderando pontos indicativos de maior grau de alteração. No gráfico La vs. (Sm/La)_N de Hoskin, (2005) a maioria dos pontos situa-se entre os campos “magmático” e “hidrotermal” (**Figura 7.7c**). Isso se deve ao maior conteúdo de La em geral acompanhado de maiores teores de Y, ΣETR, Fe, Mn e Al. Já no gráfico (Tb/Yb)_N vs. (Sm/Ce)_N de Toscano et al. (2014), o caráter magmático dos cristais de zircão é melhor atestado (**Figura 7.7d**).

A identificação dos cristais de zircão metamórfico foi baseada essencialmente em critérios texturais, pois a distribuição de ETR só é distinta dos padrões de zircão ígneo quando ele coexiste com granada e/ou ortopiroxênio. Texturas como amplos domínios de alta intensidade de luminescência, zoneamento oscilatório irregular, caótico ou tipo *fir tree* e zonas de recristalização transgressiva são características de zircão de granulito, migmatitos e gnaisses de alto grau (Hoskin e Black, 2000; Corfu et al., 2003; Rubatto, 2017).

Razões Th/U tipicamente menores que 0,1 para zircão metamórfico (Rubatto e Gebauer, 2000) ocorrem em apenas 5 pontos de todas as análises de U-Pb. Zircão metamórfico pode ter razão Th/U maior que 0,1 em determinadas situações, entre elas, condições de metamorfismo de temperatura ultra alta, quando há perda de fusão, resultando em aumento da temperatura da *solidus* e, dependendo do tempo de cristalização, onde maior razão Th/U é favorecida pela resfriamento rápido e cristalização do fundido em ausência de monazita (Yakymchuk et al., 2018). As concentrações de Th, U e ETR leves no sistema também influenciam a razão Th/U no zircão, uma vez que ocorre particionamento de Th e ETR leves com monazita e apatita (Yakymchuk et al., 2018; Rubatto, 2017).

No gráfico Idade vs. razão Th/U estão plotados todos os pontos onde foi feita análise de U-Pb (**Figura 7.8a**). Nele é possível observar que os cristais das populações 1 e 4 estão distribuídos entre o Paleoproterozoico e o Neoarqueano, enquanto os cristais das populações 2 e 3 ocorrem no Paleoproterozoico, mas predominam entre o Neo- e Mesoarqueano. Além disso, observamos que as variações nas razões Th/U são mais amplas nos cristais das populações 2 (0,05 a 5,28) e 4 (0,14 a 2,48), onde predominam cristais com texturas de zircão metamórfico. Nos cristais das populações 1 e 3, com exceção de dois cristais com elevado grau de fraturamento e metamictização, a amplitude das variações na razão Th/U é menor, de 0,11 a 0,78 na população 1 e de 0,06 a 1,44 na população 3.

“Assinaturas U/Yb e Nb/Yb relativamente enriquecidas aparentemente podem se desenvolver por meio de uma infinidade de processos e fontes” (Grimes et al., 2015), limitando o uso desse critério, como pode ser visto na **Figura 7.8b**, no gráfico Y vs. U/Yb de

Grimes et al. (2007). O gráfico fornece uma classificação geral para a origem do zircão, em que, com exceção de dois pontos, todos os demais plotam no campo de zircão de rochas de crosta continental. O ponto 2 da amostra CP-35, além do maior teor em Y, há maior concentração de P e ETR, indicando que se trata da solução sólida com xenotímio através do vetor de substituição acoplada (ETR,Y)P Zr-Si. e não de uma origem a partir de rochas de crosta oceânica, o mesmo ocorre nos pontos que plotam na interface entre os campos de crosta oceânica e continental. O ponto que plota no campo dos kimberlitos possui baixo conteúdo em ETR (55 ppm) e menor fracionamento em ETR pesados, assim como em zircão de kimberlitos (Belousova et al., 1998), mas textural e morfológicamente diferem destes, além de mostrarem maior magnitude de anomalia de Ce* (34,2). Zircão de kimberlitos, carbonatitos e granitoides tem menor amplitude de anomalias de Ce, variando de 1 a 10 (Belousova et al., 2002).

O gráfico Yb/Sm vs. Y de Belousova et al. (2002) mostra que, independente da população de cristais, os pontos concentram-se na interface dos campos de granitos, granodioritos, tonalitos, sienitos pegmatíticos, rochas máficas, carbonatitos e lamproitos (**Figura 7.8c**). Já o gráfico Th vs. Nb de Nardi et al. (2013) mostra concentração dos pontos no campo dos monzonitos shoshoníticos, na interface com o campo dos granitos tipo I, sienitos e quartzo sienitos (**Figura 7.8d**).

Já no gráfico Hf vs. Y de Pupin (2000), os pontos plotam entre os campos de rochas anorogênicas, campos 1c, 1d e 1e, e anorogênicas/orogênicas, campos 5a e 5b (**Figura 7.8e**). A distribuição das populações de cristais de zircão com as prováveis rochas fontes de acordo com a classificação de Pupin (2000) está sintetizada na **Tabela 7-4**.

Tabela 7-4: Distribuição das populações nos campos de ocorrência de rochas ígneas discriminadas com base no conteúdo de Hf e Y, de acordo com Pupin (2000).

População	Campos	Rochas
1	1c, 1d, 1e,	álcali basaltos, álcali granitos/riolitos, sienitos/traquitos, gabros, dioritos, tonalitos, quartzo dioritos, andesitos, dacitos, granitos/riolitos
2	5a	subalcalinos, cálcio-alcalinos, cálcio-alcalinos de alto K ou Mg-K
3	1c, 1d	álcali basaltos, álcali granitos/riolitos, sienitos/traquitos
4	1c, 1d, 5a, 5b	álcali basaltos, álcali granitos/riolitos, sienitos/traquitos, gabros, dioritos, tonalitos, quartzo dioritos, andesitos, dacitos, granitos/riolitos subalcalinos, cálcio-alcalinos, cálcio-alcalinos de alto K ou Mg-K

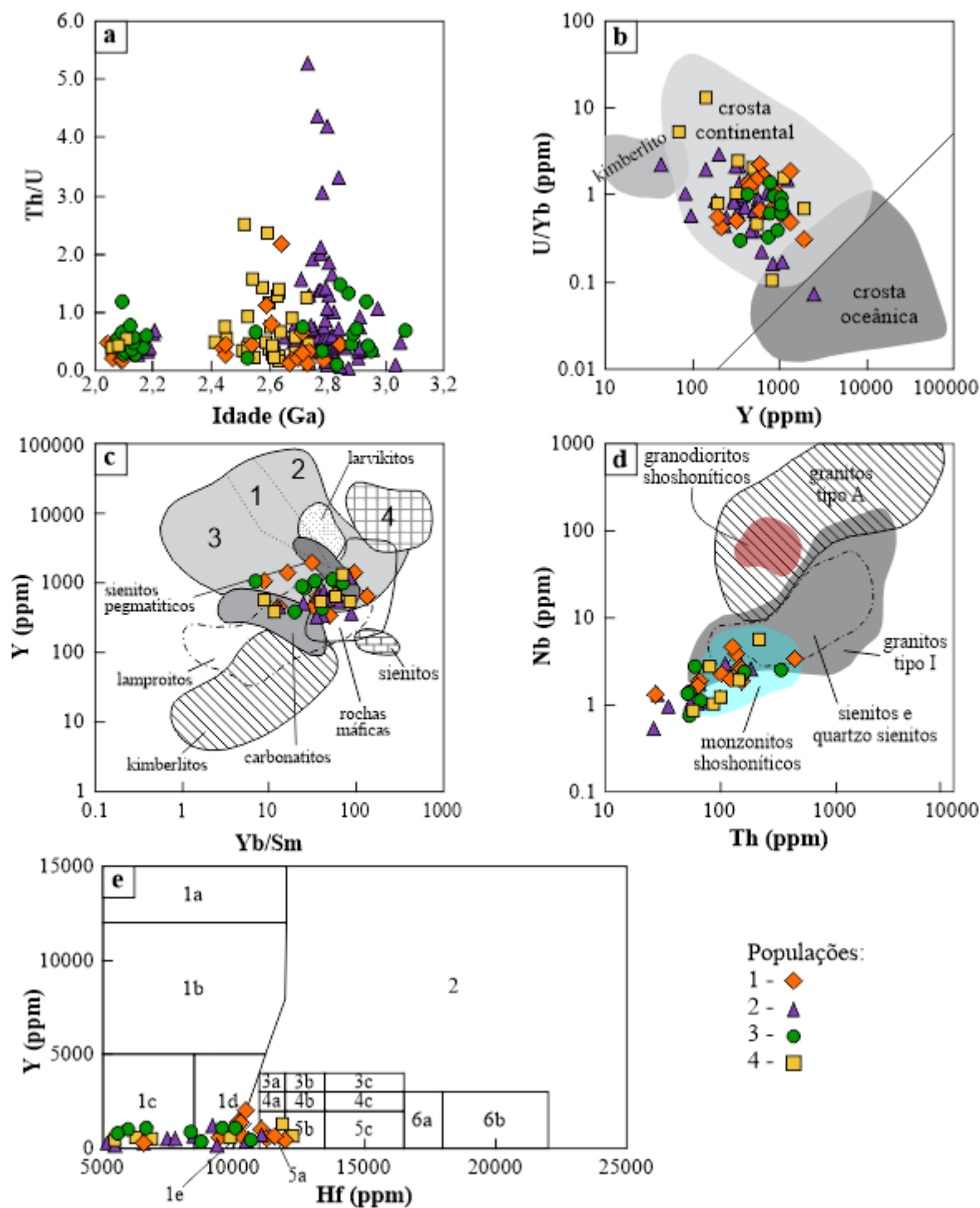


Figura 7.8: a) Gráfico da variação da razão Th/U em cristais de zircão da Unidade Serra do Ibituruna; b) Gráfico Y vs. U/Yb de Grimes et al., (2007) para diferenciação de zircão de rochas de crosta oceânica e continental; c) Gráfico Yb/Sm vs. Y de Belousova et al. (2002) para diferenciação de zircão de origem magmática. 1- Aplitos e Leucogranitos, 2 – Granitos, 3 – Granodioritos e Tonalitos, 4 – Nefelina sienitos e sienitos pegmatíticos; d) Gráfico Th vs. Nb de Nardi et al., (2013), também para diferenciação de zircão de origem ígnea; e) Gráfico Hf vs. Y de Pupin (2000) para identificação do ambiente tectônico de rochas ígneas. Os campos indicados, correspondem às rochas anorogênicas (1 e 2) e orogênicas (5 e 6), enquanto os campos 3 e 4 correspondem à um domínio intermediário, onde ocorrem rochas de ambas as origens. Para mais detalhes, ver o texto e Pupin (2000).

7.4 U-Pb em Monazita

A monazita das amostras da Unidade Serra do Ibituruna ocorre como prismas com relação comprimento/largura de 2:1 e 100 a 230 μm ao longo do eixo c ou como cristais equidimensionais com 80 a 170 μm . Em ambas morfologias as bordas são subangulosas a subarredondadas e as cores variam de amarelo pálido a acastanhado, às vezes com inclusões fluidas e de minerais opacos. Internamente os cristais menores são homogêneos, enquanto os cristais maiores exibem zoneamento oscilatório sutil ou são homogêneos.

Apenas as amostras CP-27 e CP-35 forneceram dados reproduzíveis (**Apêndice H**). Na amostra CP-27, vinte e quatro, das vinte e seis datações definem discórdia com idade de 574 ± 11 Ma, com MSWD de 0,69 (**Figura 7.9a**). Já a amostra CP-35 forneceu idade concórdia aplicada para todos os pontos analisados em 584 ± 3 Ma, com MSWD de 0,51 (**Figura 7.9b**).

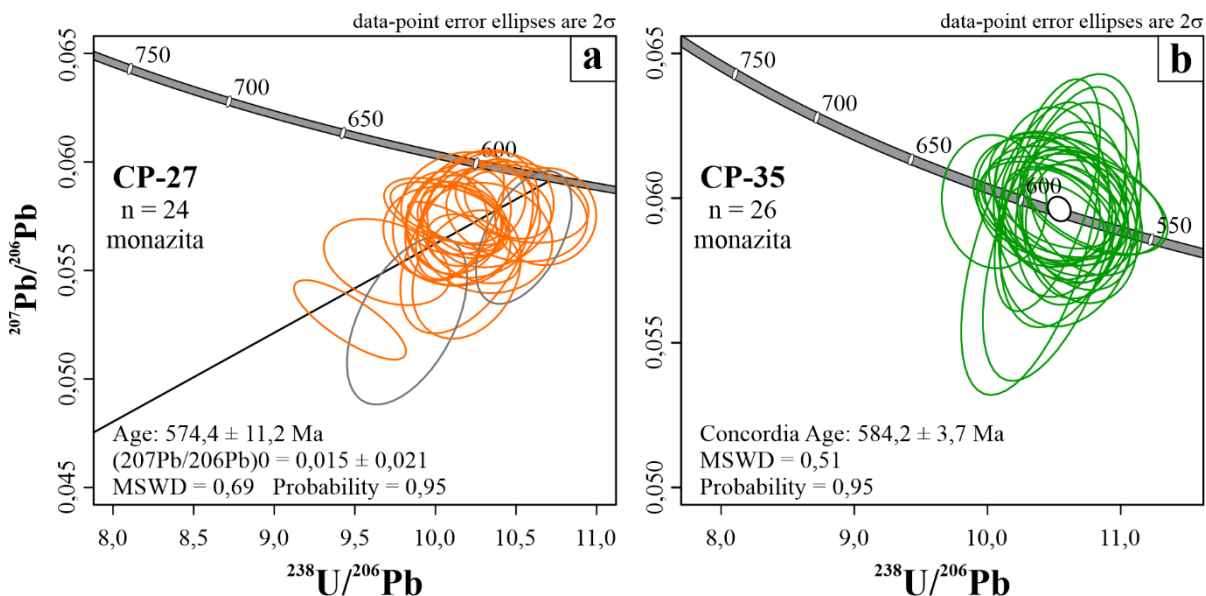


Figura 7.9: Diagramas Tera-Wasserburg para idade U-Pb em monazita das amostras da Unidade Serra do Ibituruna – a) Idade discórdia, amostra CP-27; b) Idade concórdia, amostra CP-35.

7.5 Discussões

7.5.1 Prováveis áreas fonte

Antes de iniciar a discussão sobre as prováveis áreas fonte é importante salientar que há dois fatores que podem acarretar inconsistências na identificação das áreas fonte baseada na assinatura de elementos traço de zircão, como visto nos diagramas classificatórios apresentados nas **Figuras 7.8c-e**. O primeiro é com relação ao conjunto amostral insuficiente, pois geralmente é utilizado um número muito menor de grãos de zircão para as análises

químicas. A eficiência do método está ligada à boa base estatística e deve seguir a mesma abordagem adotada para a geocronologia de zircão detrítico (Grimes et al., 2015).

O segundo problema é com relação ao grau de modificações pós-magmáticas e metamórficas no zircão, que podem ser oriundas tanto das alterações causadas por hidrotermalismo e metamictização, como também pelo próprio grau de fracionamento. As taxas de difusão dos ETR são lentas, assim, esses elementos podem ser considerados imóveis (Cherniak et al., 1997b). Todavia, para rochas muito antigas, podem gerar diferenças significativas, pois “os processos que produzem as assinaturas geoquímicas provavelmente serão diferentes dos que atuam em ambientes magmáticos modernos” (Grimes et al., 2015). Assim, interpretações quanto ao tipo de ambiente tectônico baseado apenas na química de zircão cristalizado durante o arqueano pode levar a interpretações equivocadas.

A distribuição das idades obtidas nas amostras da Unidade Serra do Ibituruna mostra maior aporte sedimentar a partir de fontes neo- a mesoarqueanas, com contribuição secundária de fontes paleoproterozoicas do período Riáciano (**Figura 7.10**). Nos cristais de zircão neo- e mesoarqueanos predominam domínios com texturas metamórficas cujos intervalos de datações são compatíveis com os intervalos de datações em cristais com texturas de cristalização magmática, podendo assim refletir eventos metamórficos das áreas fontes em si. Além disso, a ausência de sobrecrescimento metamórfico na maioria dos cristais sugere que não houve formação expressiva de zircão no evento metamórfico que afetou as rochas da Unidade Serra do Ibituruna, conforme será discutido no tópico 7.4.3.

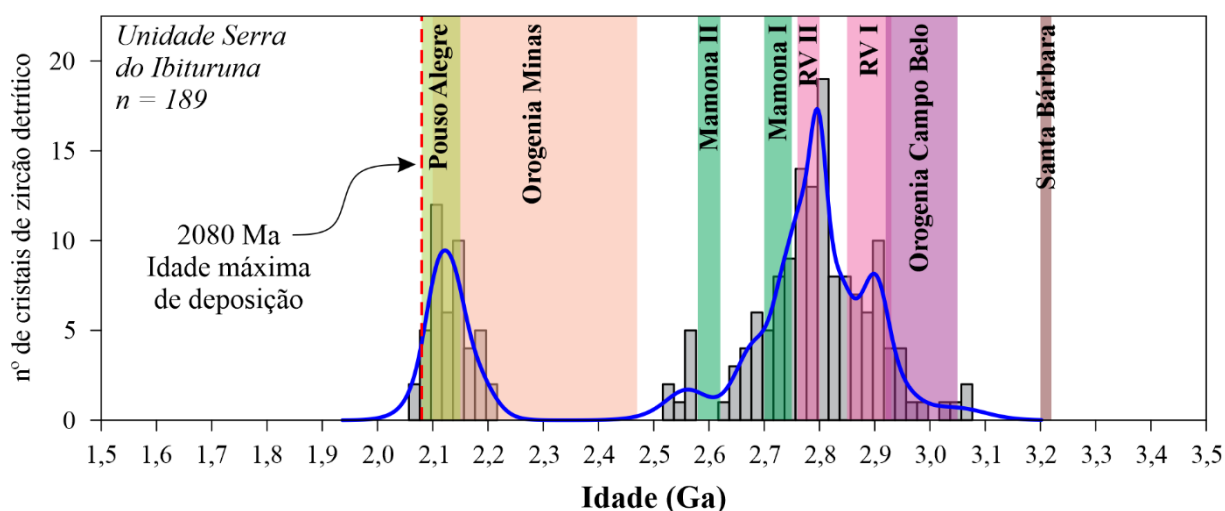


Figura 7.10: Diagrama Idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. Probabilidade Relativa utilizando a estimativa de densidade de Kernel (KDE – *Kernel Density Estimator*) para zircão detrítico da Unidade Serra do Ibituruna com a indicação das faixas etárias das rochas da porção meridional do Cráton do São Francisco: *Orogenia Minas*, 2,35-2,0 Ga (Teixeira et al., 2015); *Evento Mamona II*, 2,62-2,58 Ga e *Mamona I*, 2,75-2,70 Ga (Farina et al., 2015; Martínez Dopico et al., 2017); *Evento Rio das Velhas II*, 2,8-2,76 Ga, *Rio das Velhas I*, 2,93-2,85 Ga e *Santa Bárbara*, 3,22-3,20 Ga (Lana et al., 2013); *Orogenia Campo Belo* (Teixeira et al., 2017).

As idades neo- e mesoarqueanas podem ser encontradas nos complexos gnáissico-graníticos e migmatíticos da porção sul do Cráton do São Francisco e no embasamento do Orógeno Brasília Meridional. Os complexos gnáissico-graníticos foram formados durante os eventos Rio das Velhas II (2800 – 2760 Ma, Lana et al., 2013) e Mamona I (2750 – 2700 Ma e II, 2620 – 2580 Ma, Farina et al., 2015; Dopico et al., 2017), enquanto os complexos gnáissico-migmatíticos foram formados durante o evento Rio das Velhas I (2930 – 2850 Ma, Lana et al., 2013) e na orogênese Campo Belo (3200 – 2900 Ma, Teixeira et al., 2017).

Cristais detríticos de zircão com texturas de cristalização magmática, datados do neoarqueano, podem ser provenientes de granitoides cálcio-alcalinos do Complexo Passa Tempo (Granitoide Rio do Amparo, Morro do Ferro e Bom Sucesso), do metatonalito do Complexo Campos Gerais e do leucogranito do Batólito Mamona. Já os cristais com texturas metamórficas podem ser encontrados nos ortognaisses migmatíticos do Complexo Campo Belo (Gnaiss Fernão Dias, Gnaiss Candeias, Migmatito Kinawa), nos ortognaisses monzoníticos a quartzo-sieníticos do Complexo Passa Tempo, no Gnaiss Alberto Flores do Complexo Bonfim e nos domos gnáissico-migmatíticos Bação e Santa Bárbara (**Tabela 7-5**).

Nos cristais detríticos de zircão datados do mesoarqueano, apenas três cristais da amostra CP-27 exibem textura de cristalização magmática e idades que podem ser encontradas no ortognaisse granodiorítico do Complexo Serra Negra e nos ortognaisses trondjemíticos dos Complexos Bação e Heliadora-Minduri. Os cristais com texturas metamórficas podem ser encontrados nos ortognaisses Mandembo e Campos Gerais, no Complexo Campos Gerais e no Gnaiss Fernão Dias, no Complexo Campo Belo.

Os cristais detríticos de zircão que datam do Paleoproterozoico predominantemente indicam proveniência a partir de granitoides, com prováveis áreas fontes de idades entre 2057 e 2217 Ma pertencentes ao Cinturão Mineiro, formado durante a Orogenia Minas (Teixeira et al., 2015) e detalhadas na **Tabela 7-6**. Outras possíveis áreas fontes estão no embasamento do Orógeno Brasília Meridional (Ortognaisse Gaspar Lopes e granito porfiroclástico do Complexo Pouso Alegre) e no próprio embasamento cratônico, na forma de leucossoma dos complexos migmatíticos, tal como no Migmatito Kinawa (Carvalho et al., 2017a). Já os raros cristais de zircão formados em ambiente metamórfico de alto grau podem ser encontrados em granitoides afetados pelo metamorfismo paleoproterozoico no Cinturão Mineiro, entre 2250 e 2170 Ma (Ávila et al., 2008) – granodiorito da Suíte Serrinha, ortognaisse granítico do Pluton Represa de Camargos e granodiorítico do Batólito Morro do Resende –, nos granulitos do Complexo Mantiqueira – Granulito Pedra Dourada e Acaiaca – e nos metatexitos do Complexo Pouso Alegre.

Tabela 7-5: Histograma parcial da Figura 7.10 indicando as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ neo- a mesoarqueanas obtidas em zircão detrítico da Unidade Serra do Ibituruna com os intervalos de idades U-Pb em zircão disponíveis na literatura para as prováveis áreas fontes. Referências: 1-Turbay, 2010; 2-Campos Neto et al., 2004; 3-Gengo et al., (em preparação); 4-Teixeira et al., 1998; 5-Carvalho et al., 2017a; 6-Oliveira, 2004; 7-Campos, 2004; 8-Quéméneur et al., 2003; 9-Machado e Carneiro, 1992 10-Romano et al., 2013; 11-Farina et al., 2015; 12-Lana et al., 2013; 13-Cioffi et al., 2016b. *Idade Pb-Pb em zircão e **Idade de cristalização do protólito do Gnaiss Engenheiro Correia.

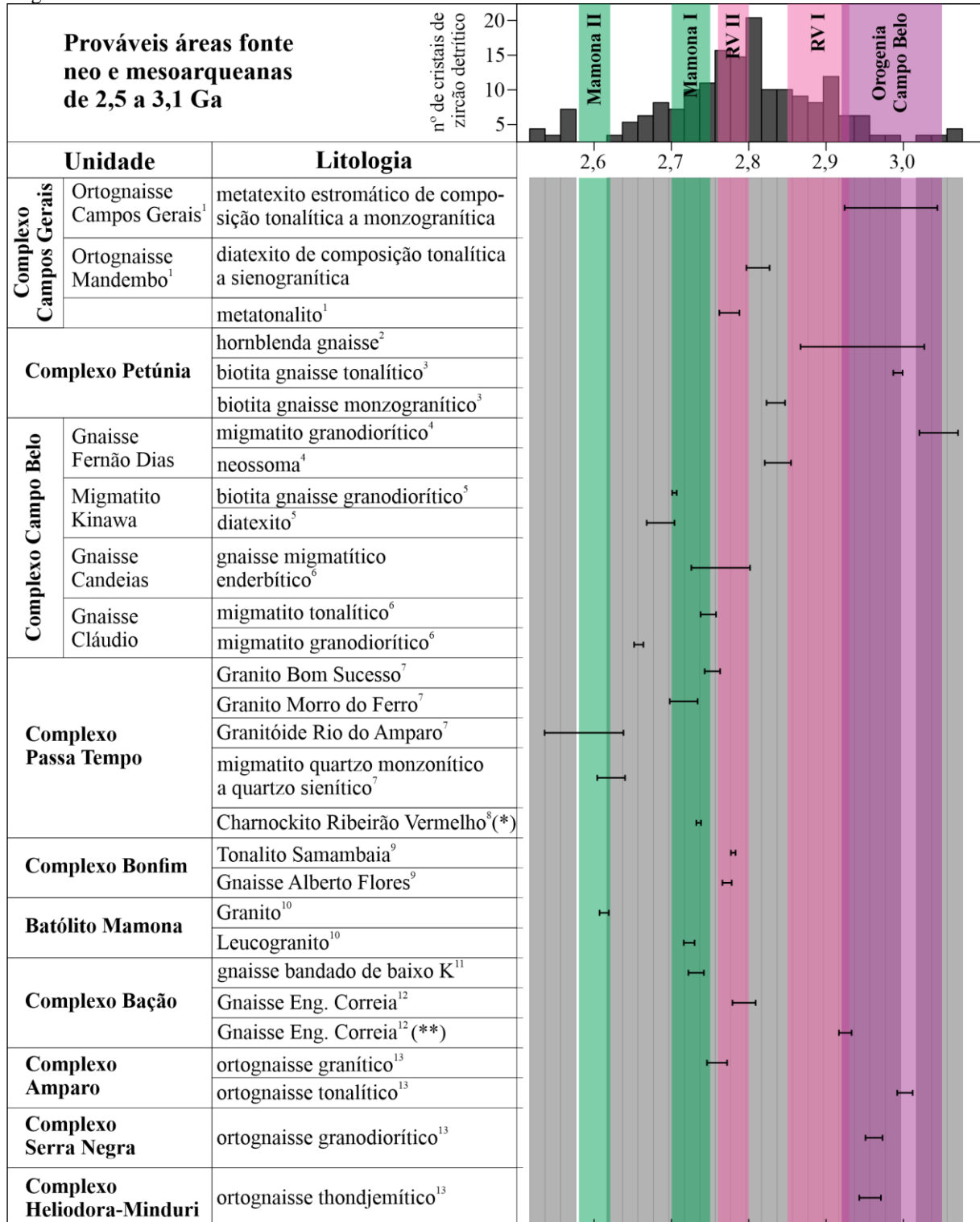
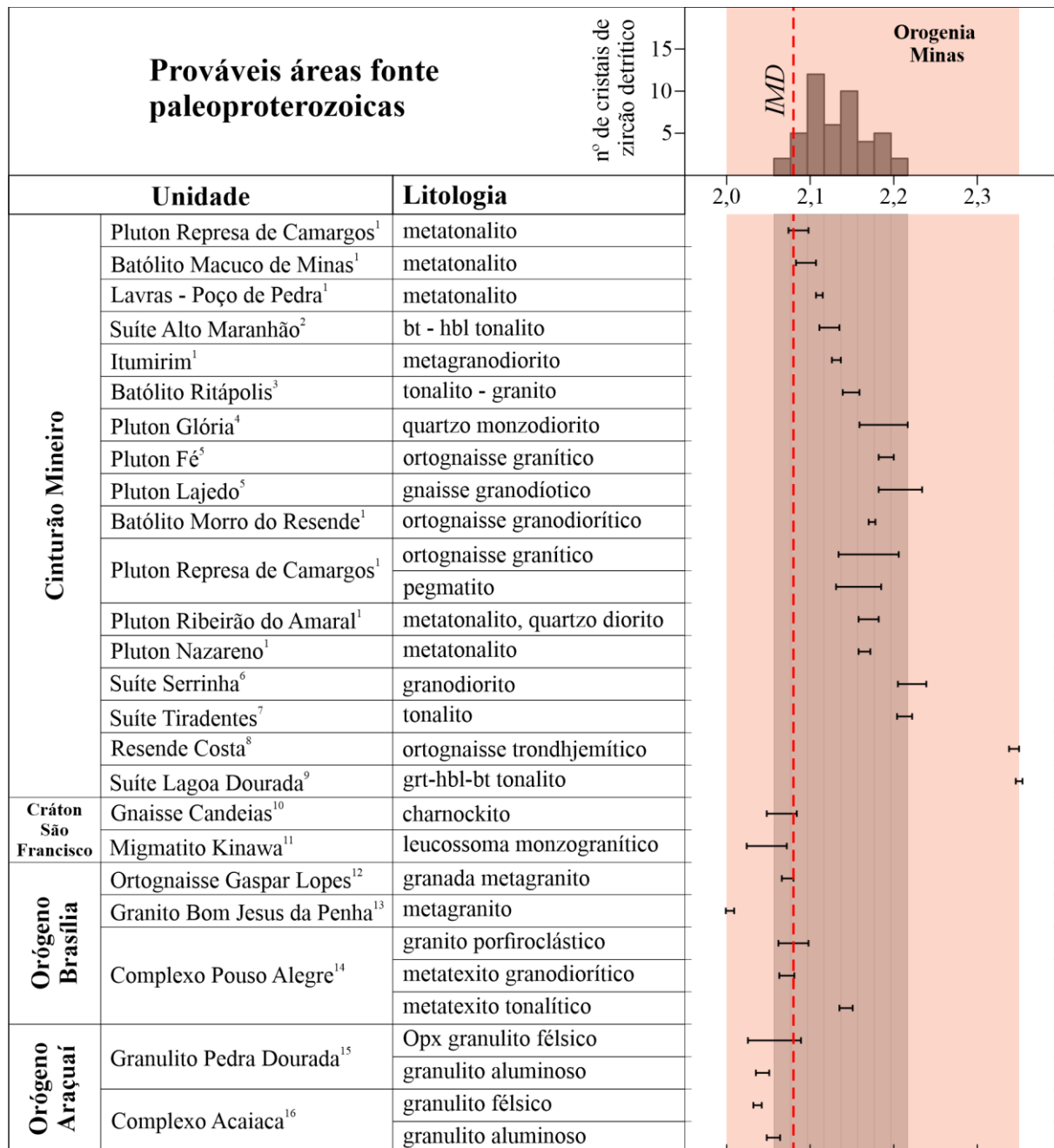


Tabela 7-6: Histograma parcial da Figura 7.10 indicando as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ paleoproterozoicas obtidas em zircão detrítico da Unidade Serra do Ibituruna e os intervalos de idades U-Pb em zircão disponíveis na literatura para as prováveis áreas fontes. Referências: 1- Barbosa et al. 2015; 2- Seixas et al., 2013; 3- Teixeira et al., 2014; 4-Ávila et al., 2006; 5- Teixeira et al., 2008; 6-Ávila et al., 2010; 7-Ávila et al., 2014; 8-Teixeira et al., 2015; 9-Seixas et al., 2012; 10-Oliveira, 2004; 11-Carvalho et al., 2017a; 12-Lopes, 2013; 13-Gengo et al. (em preparação); 14-(Cioffi et al., 2016a); 15-Marinho (2014); 16-Medeiros Junior (2016). A linha tracejada em vermelho representa a idade máxima de deposição (IMD) determinada para a unidade.



Quimicamente foi possível caracterizar apenas os cristais com texturas de cristalização magmática e cristais metamórficos coexistentes com granada e/ou piroxênio. O gráfico Yb/Sm vs. Y de Belousova et al., (2002) (**Figura 7.8c**), apesar da ampla sobreposição dos campos, foi o que apresentou de forma mais satisfatória a identificação das prováveis

áreas fontes, com cristais de zircão arqueanos provavelmente pertencentes à leucogranitos (Batólito Mamona), sienogranitos (Granito Bom Sucesso), monzogranitos (Granitoide Rio do Amparo), granodioritos (Granito Morro do Ferro) e tonalitos (Tonalito Samambaia), além de ortognaisses dos Complexos Bação, Serra Negra e Heliadora-Minduri. Essas composições para zircão também aparecem no gráfico de Pupin (2000), porém, de forma mais conturbada (**Tabela 7-4 e Figura 7.8e**).

Os padrões de enriquecimento em ETR planos observados em cristais de zircão neoarqueano podem ser compatíveis com zircão do Gnaiss Candeias, que tem composição enderbítica (Oliveira, 2004), do ortopiroxênio – biotita granodiorito Santo Antônio do Amparo (Campos, 2004), ambos do Complexo Passa Tempo, e de *schollens* em meio ao migmatitos Kinawa, que podem apresentar clinopiroxênio + hornblenda + plagioclásio (Carvalho et al., 2017b).

Para os cristais de zircão magmático do paleoproterozoico, as prováveis áreas fontes seriam sienitos pegmatíticos, granitos, granodioritos, tonalitos e rochas máficas (**Figura 7.8c**). Nesses cristais o maior grau de fracionamento em ETR pesados pode ser usado para distinguir pegmatitos e rochas ígneas evoluídas (Belousova et al., 2002) ou, se associado com forte esgotamento em ETR leves, pode ser indicativo de coexistência com titanita, alanita e monazita (Rubatto, 2017). Entre as áreas fontes menos evoluídas estão os (meta)tonalitos de Represa de Camargos, Macuco de Minas, Lavras - Poço da Pedra, Alto Maranhão, Ritópolis, Ribeirão do Amaral, Nazareno e Tiradentes, quartzo diorito do Pluton Ribeirão do Amaral e quartzo monzodiorito do Pluton Glória. Áreas fontes intermediárias são representadas pelos granodioritos e ortognaisses granodioríticos de Itumirim, Lajedo, Morro do Resende e da Suíte Serrinha. Finalmente, as áreas fontes mais evoluídas podem ser representadas por granitos e ortognaisses graníticos dos Plutons Fé e Represa de Camargos, metagranito Gaspar Lopes, pegmatito da Represa de Camargos e granito porfiroblástico do Complexo Pouso Alegre.

7.5.2 Idade de deposição e correlações

Na Unidade Serra do Ibituruna não é possível reconstituir qualquer posição litoestratigráfica em virtude do grau de deformação atingido ao longo do Cinturão de Cisalhamento de Campo do Meio, uma vez que a unidade está restrita às zonas de cisalhamento ou como lascas isoladas em meio ao embasamento. Além disso, na unidade não foram reconhecidas intercalações de rochas associadas ao magmatismo sin-deposicional, o que dificulta a determinação de idades mínimas de deposição.

Apesar das diferenças observadas nas proporções da contribuição das diferentes populações de zircão e dos dados concordantes que puderam ser considerados (**Tabela 7-1**), o teste K-S (**Tabela 7-2**) e os valores calculados para a idade máxima de deposição (**Tabela 7-3**) mostram que as quatro amostras são correlatas entre si e isso dá um certo grau de liberdade na escolha da amostra cuja idade melhor representa a máxima deposição da unidade.

Segundo Spencer et al. (2016) a idade máxima de deposição não deve ser definida com base no pico de idades mais jovens ou da média ponderada de múltiplos grãos pois estes métodos pressupõem um único evento de crescimento de zircão. “A média ponderada só pode ser usada quando se lida com análises de uma única população, por exemplo, uma erupção vulcânica ou um pluton rapidamente colocado” (Spencer et al., 2016). Os sistemas magmáticos costumam ser caracterizados por eventos prolongados (Spencer et al., 2016), como é o caso do arco magmático da Orogenia Minas (2,35 – 2,0 Ga, Teixeira et al., 2015). A idade máxima de deposição da Unidade Serra do Ibituruna estaria representada com maior exatidão se houvesse mais grãos com idades entre 2,1 e 2,0 Ga, entretanto, se a geologia do terreno de origem foi tal que a fonte mais nova produziu significativamente menos grãos de zircão do que outras fontes, ou porque esses grãos não foram depositados na bacia sedimentar precursora, essa população pode ter passado despercebida (Andersen, 2005).

A idade de $2080 \pm 0,9$ Ma obtida na amostra CP-05 (**Tabela 7-3**) foi escolhida para representar a idade máxima de deposição por se tratar da amostra que melhor contempla o intervalo de idades encontradas nos grãos detríticos de zircão da unidade, além disso, é a idade mais jovem obtida pela média ponderada dentro do intervalo de duração do arco magmático da Orogenia Minas (2,35 – 2,0 Ga, Teixeira et al., 2015).

A **Figura 7.11** mostra gráfico comparativo da distribuição das idades U-Pb obtidas em cristais de zircão detrítico para a unidade Serra do Ibituruna e unidades pertencentes aos Grupos Canastra (Rodrigues et al., 2010), Araxá (Falci et al., 2018), Carrancas (Westin et al., 2019), Andrelândia (Frugis et al., 2018) e ao Complexo São Vicente (Westin et al., 2016). Apesar do Complexo Petúnia estar localizado em posição geográfica favorável à correlação entre as rochas do Grupo Canastra, a norte, e Carrancas, a sul, os dados U-Pb obtidos em cristais detríticos de zircão da Unidade Serra do Ibituruna revelam ausência de qualquer registro do Neoproterozoico, ou mesmo do Mesoproterozoico.

Mapeamentos realizados em 2015 nas Folhas Guaxupé e Nova Resende caracterizaram as rochas da Unidade Serra do Ibituruna como pertencentes à Unidade São Vicente, formada por xistos e quartzitos intercalados com paragnaisse de sequências autóctones e para-autóctones (Trouw et al., 2013; CODEMIG, 2015). O pico de idades em

torno de 2,16 e 2,1 Ga representado por cristais de zircão provenientes das áreas-fonte secundárias da Unidade Serra do Ibituruna poderia ser correlacionado ao Complexo São Vicente (**Figura 7.11**), que tem picos de idades entre 2,17 e 2,13 (Westin et al., 2016), entretanto, no Complexo São Vicente, a contribuição de fontes arqueanas é insignificante e sua sucessão litológica, formada por uma fácies de paragnaisse e outra por intercalação de paragnaisse com quartzitos, xistos, rochas calciossilicáticas, anfibolitos e metaultramáficas (Westin et al., 2016), é distinta do que é observado no Complexo Petúnia (Gengo et al., em preparação).

Espectros de idades U-Pb em zircão detrítico similares aos da Unidade Serra do Ibituruna podem ser encontrados nos Grupos Sabará e Itacolomi (**Figura 7.12**). O Grupo Sabará é formado por metapelitos e metagrauvacas com lentes e camadas de metadiamectitos, metaconglomerados, metarenitos, metavulcanoclásticas e metatufitos que caracterizam sequência turbidítica correspondente à unidade mais jovem do Supergrupo Minas, separado das demais sequências por inconformidades regionais (Dorr, 1969; Alkmim e Marshak, 1998; Reis et al., 2002; Alkmim & Noce, 2006). Já o Grupo Itacolomi é formado por sucessão de metarenitos e metaconglomerados com estruturas sedimentares primárias preservadas, depositados em ambientes de leques aluviais, além de metapelitos subordinados, separados das unidades do Supergrupo Minas por discordâncias angulares, sendo restrito à porção sul do Quadrilátero Ferrífero (Dorr, 1969; Alkmim & Noce, 2006; Alkmim *et al.*, 2014; Duque et al., 2020).

Para atestar a similaridade entre a Unidade Serra do Ibituruna e os Grupos Sabará e Itacolomi, o teste K-S foi executado para idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ com 2σ de incerteza, adotando um nível de confiança de 95 %, onde $P = 0,05$. Os resultados são apresentados na **Tabela 7-8**.

De acordo com Guynn & Gehrels (2010), as duas hipóteses do teste K-S serão:

$P > 0,05$: é improvável que as amostras sejam de fontes diferentes;

$P < 0,05$: é provável que as amostras sejam de fontes diferentes.

O teste K-S mostra que, com exceção da amostra CP-98B, as demais amostras da Unidade Serra do Ibituruna provavelmente tiveram as mesmas áreas fontes que as rochas do Grupo Itacolomi, com maior probabilidade de fonte comum entre os pares de amostras CP-27/TR-312 e CP-35/TR-315 (**Tabela 7-8**). Já com o Grupo Sabará, apenas a amostra CP-35 mostra similaridade, inclusive com a maior probabilidade obtida no teste ($P = 0,642$).

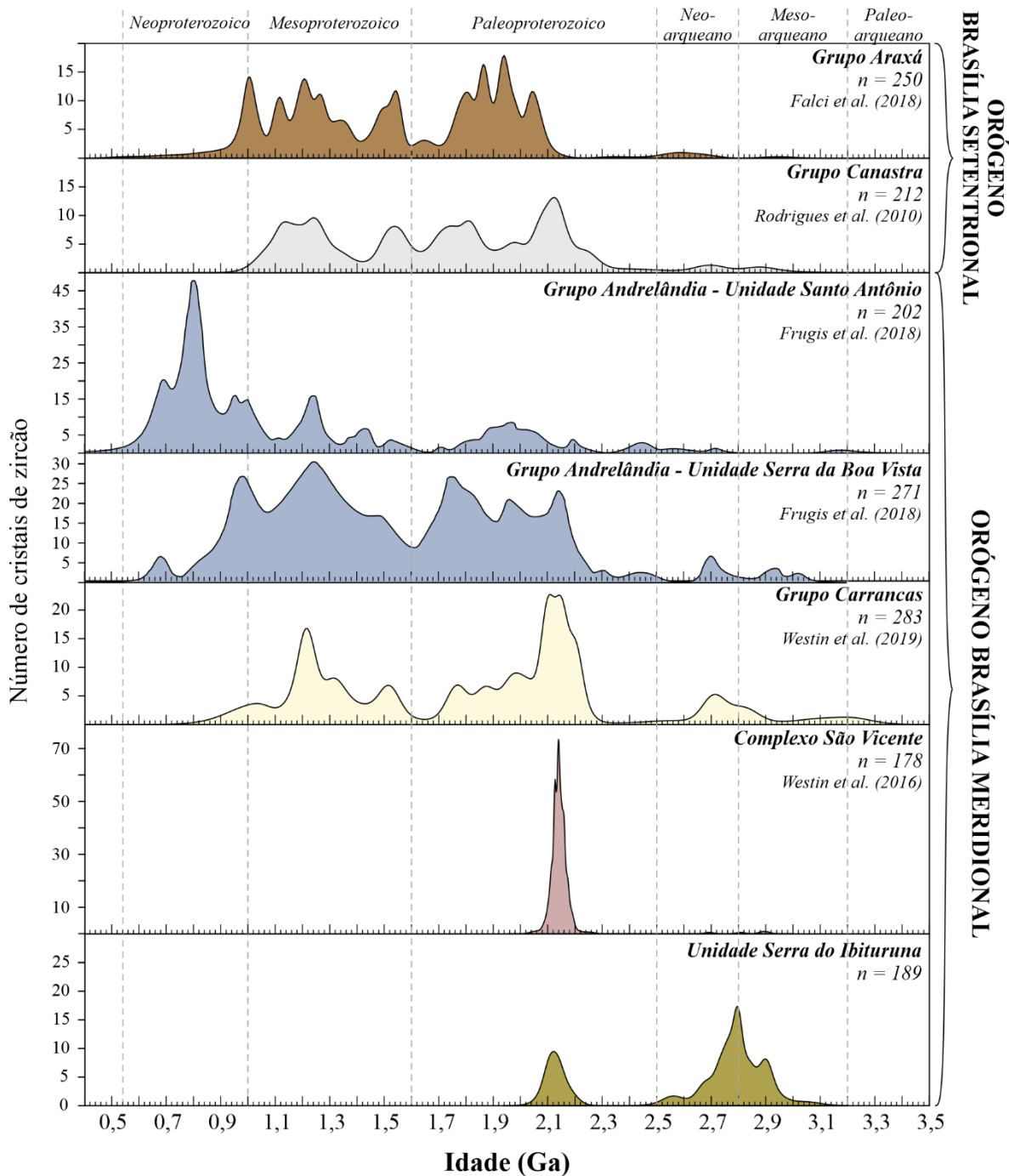


Figura 7.11: Gráfico comparativo mostrando os diagramas Idade vs. Probabilidade Relativa para a Unidade Serra do Ibituruna e unidades correlatas na literatura. Dados compilados de Falci et al., 2018, Rodrigues et al., 2010, Frugis et al., 2018 e Westin et al., 2016 e 2019.

Existem dois problemas com esse tipo de correlação, o primeiro porque a amostra CP-35 é àquela com o menor número de dados concordantes (n=33, **Figura 7.4c**), levando à possibilidade de contribuições errôneas de todas as suas áreas fontes, ou porque de fato ela teve menor contribuição de fontes arqueanas. Se a segunda possibilidade for verdadeira, podemos admitir que existe correlação entre a Unidade Serra do Ibituruna e os Grupos Sabará ou Itacolomi.

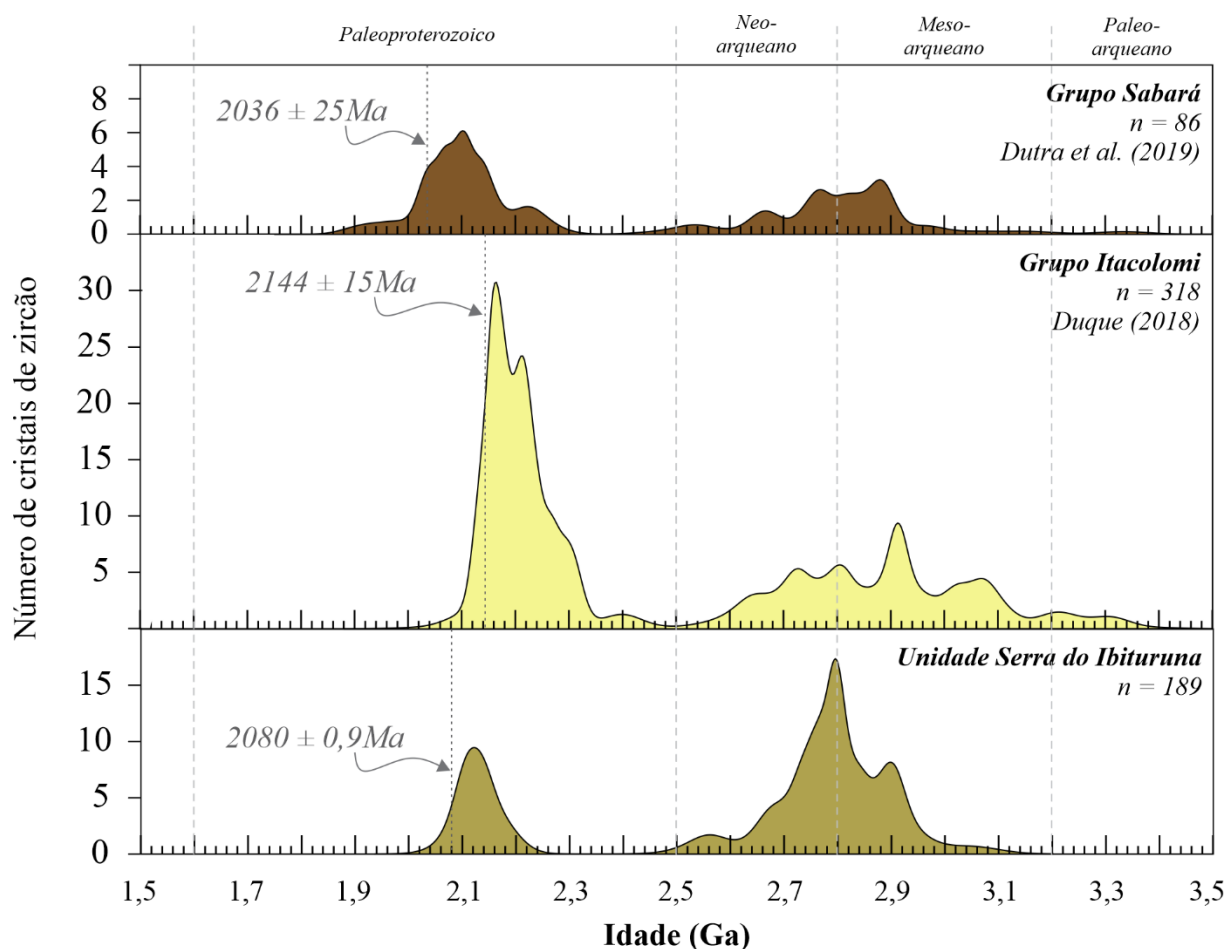


Figura 7.12: Gráfico comparativo mostrando os diagramas Idade vs. Probabilidade Relativa para a Unidade Serra do Ibituruna e os Grupos Sabará e Itacolomi. Estão indicadas as idades máximas de deposição para cada unidade. Dados compilados de Dutra et al. (2019) e Duque, 2018.

Tabela 7-7: Valores da probabilidade “P” obtidos no Teste K-S usando os erros das idades em função de densidade cumulativa para as amostras da Unidade Serra do Ibituruna e amostras dos Grupos Sabará e Itacolomi. As idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ utilizadas no teste foram extraídas de Duque (2018) e Dutra et al. (2019).

K-S P-values using error in the CDF										
Amostra	Unidade Serra do Ibituruna				Grupo Sabará	Grupo Itacolomi				
	CP-05	CP-27	CP-35	CP-98B	GD-05	TR-310	TR-312	TR-314	TR-315	TR-316
CP-05		0.179	0.188	0.300	0.000	0.033	0.074	0.000	0.001	0.000
CP-27	0.179		0.324	0.627	0.005	0.089	0.378	0.000	0.004	0.000
CP-35	0.188	0.324		0.039	0.642	0.278	0.099	0.027	0.395	0.068
CP-98B	0.300	0.627	0.039		0.000	0.003	0.012	0.000	0.000	0.000
GD-05	0.000	0.005	0.642	0.000		0.010	0.001	0.016	0.012	0.001
TR-310	0.033	0.089	0.278	0.003	0.010		0.967	0.014	0.221	0.029
TR-312	0.074	0.378	0.099	0.012	0.001	0.967		0.003	0.132	0.007
TR-314	0.000	0.000	0.027	0.000	0.016	0.014	0.003		0.296	0.788
TR-315	0.001	0.004	0.395	0.000	0.012	0.221	0.132	0.296		0.497
TR-316	0.000	0.000	0.068	0.000	0.001	0.029	0.007	0.788	0.497	

Apesar de ser mais improvável que as rochas da Unidade Serra do Ibituruna e do Grupo Itacolomi tenham tido áreas fontes diferentes, a idade máxima de deposição da Unidade Serra do Ibituruna, de $2080 \pm 0,9$ Ma, é mais próxima da idade máxima de deposição do Grupo Sabará (2036 ± 25 Ma, Dutra et al., 2019) do que a do Grupo Itacolomi (2129 ± 11 Ma, Duque et al., 2020). Além disso, o Grupo Sabará também mostra hiato no registro de áreas fontes siderianas, entre 2,40 - 2,35 Ga, assim como a Unidade Serra do Ibituruna (**Figuras 7.3 e 7.11**).

Inferências quanto ao regime deposicional das bacias paleoproterozoicas precursoras da Unidade Serra do Ibituruna são limitadas devido à ausência de dados geoquímicos e isotópicos. Outra maneira de inferir o contexto geotectônico das bacias sedimentares é a partir da forma das curvas de distribuição cumulativa “CAD” obtidas pela diferença entre as idades de cristalização/metamorfismo da área fonte dos cristais detríticos de zircão e a idade máxima de deposição (IC-ID, Cawood et al., 2012).

De acordo com Cawood et al. (2012, p. 876)

A interação entre tectônica, tipo de bacia e de sedimentos indica que o registro do zircão detrítico é a somatória de duas variáveis principais: (1) da presença ou ausência de atividade magmática sin-sedimentar, e (2) da propagação geral e proporção de diferentes idades registradas. O impacto dessas variáveis pode ser representado graficamente.

Devido à ausência de idades mínimas de deposição para a Unidade Serra do Ibituruna, para o gráfico da **Figura 7.12** foram utilizadas as idades máximas de deposição, inclusive para os Grupos Sabará e Itacolomi. No caso destes últimos a escolha da idade máxima de deposição é devida à relativa proximidade ao pico de idades mais jovens (**Figura 7.12**), o que já descaracteriza deposição em ambiente extensional, onde há predomínio de idades de zircão detrítico muito mais antigas que o tempo de acumulação dos sedimentos (Cawood et al., 2012).

No conjunto de dados concordantes da Unidade Serra do Ibituruna ($n = 189$), 21,2 % tem IC-ID < 100 Ma e curvas de densidade cumulativa que plotam no campo de bacias depositadas em ambiente colisional (**Figura 7.13**), tal como os Grupos Sabará e Itacolomi (Duque et al., 2020; Dutra et al., 2019). Para explicitar a diferença, no Complexo São Vicente, “cerca de 90 % de todas as idades detríticas de zircão estão dentro de 50 Ma da idade estimada de deposição de sedimentos” (Westin et al., 2016), implicando em ambiente deposicional em margem ativa (Cawood et al., 2012).

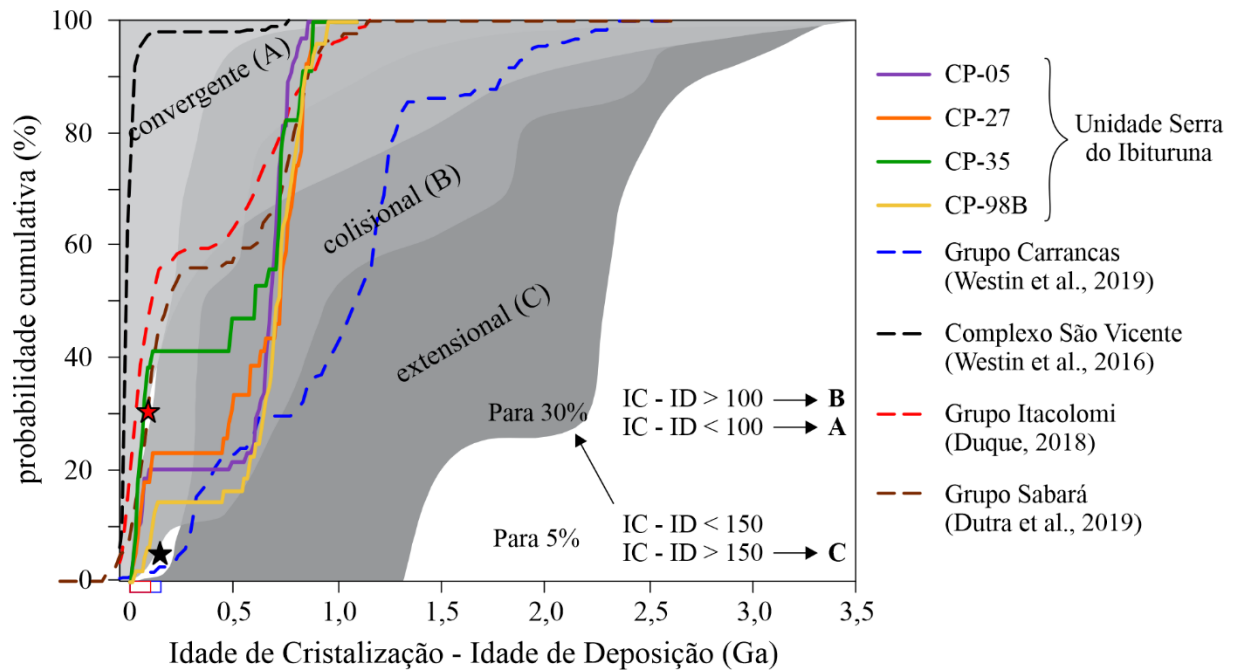


Figura 7.13: Gráfico IC-ID (Idade de Cristalização – Idade de Deposição) vs. Probabilidade Cumulativa para inferências de regime deposicional segundo Cawood *et al.* (2012) das amostras da Unidade Serra do Ibituruna, as possíveis unidades correlatas e, comparativamente, unidades neoproterozoicas do Orógeno Brasília Meridional. Dados compilados de Westin *et al.* (2016, 2019), Duque *et al.*, (2020) e Dutra *et al.* (2019).

8 METAMORFISMO DA UNIDADE COLÔNIA

Os metapelitos da Unidade Colônia foram escolhidos para avaliar com precisão as condições $P-T-t$ do metamorfismo que atuou no Complexo Petúnia através da construção de pseudosseções e de cálculos geotermobarométricos. Duas amostras foram investigadas, um cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita xisto (CP-07) e um muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita xisto (CP-333). As idades de metamorfismo foram abordadas através das assinaturas geoquímicas em zircão e dos dados U-Pb obtidos em zircão e monazita da amostra CP-07.

8.1 Cianita – estaurolita – muscovita – granada – biotita xisto (CP-07)

A rocha apresenta matriz xistosa formada por biotita e muscovita em textura lepidoblástica fina a média, com cianita e estaurolita associadas. Intercalações de leitos descontínuos de composição quartzo-feldspáticas são abundantes. Essas intercalações têm espessura submilimétrica a centimétrica e forma lenticular a ovoide, assimétrica, com eixo maior paralelo à foliação principal S_2 (**Figura 8.1a**).

Cianita ocorre como cristais subidioblásticos a idioblásticos, muitas vezes como porfiroblastos sin- S_2 , orientados segundo a foliação principal (**Figura 8.1b**), podendo apresentar extinção ondulante, resultante da deformação interna por *kink bands*. Duas gerações de estaurolita podem ser reconhecidas, a primeira caracterizada por cristais subidioblásticos sin- S_2 , orientados segundo a foliação principal, com bordas irregulares, sugerindo consumo parcial, e a segunda caracterizada por cristais idioblásticos, pós- S_2 , que cresceram sobre a foliação principal (**Figuras 8.2a e 8.2b**). Ambas as gerações podem conter inclusões de quartzo, rutilo, ilmenita e biotita. Biotita e muscovita raramente preservaram arcos poligonais da S_1 e os poucos cristais discordantes da foliação principal são retrometamórficos. Quando associados à clorita, biotita e muscovita são produtos do retrometamorfismo, substituindo a granada.

Granada ocorre como porfiroblastos com diâmetro variado entre 2 e 5 mm em dois tipos distintos (**Figuras 8.1a e 8.1b**), ambos amoldados pela foliação principal, um com foliação interna mal definida e zonas ricas em inclusões de minerais opacos e mica muito fina separadas de zonas pobres em inclusões (granada tipo I, **Figura 8.4a**) e outro rico em inclusões de quartzo com foliação interna bem marcada (granada tipo II). As foliações internas são discordantes da foliação externa, indicando que os porfiroblastos são intercinemáticos, e são também discordantes entre si, sugerindo que os porfiroblastos foram

rotacionados de maneira heterogênea durante o desenvolvimento da foliação milonítica, regional, S_2 (**Figura 8.2c**).

Plagioclásio raramente ocorre na matriz compondo domínios de textura granoblástica ou como cristais subidioblásticos isolados em meio às micas. Fases acessórias incluem zircão, monazita, rutilo, ilmenita, apatita, turmalina, magnetita e clorita.

As lentes quartzo-feldspáticas com dimensões centimétricas possuem películas ricas em biotita (**Figuras 8.2e e 8.2f**) e internamente são maciças, com textura inequigranular hipidiomórfica recristalizada (**Figura 8.2d**) e com pouca deformação, registrada apenas pelo quartzo através dos contatos interlobados a poligonizados. O plagioclásio é subidiomórfico e exibe zoneamento composicional visível através da forte extinção concêntrica. A biotita ocorre entre os cristais de plagioclásio, sem definir foliação, e como inclusões no plagioclásio. As inclusões são idiomórficas ou tem bordas arredondadas e difusas, sugerindo borda reacional.

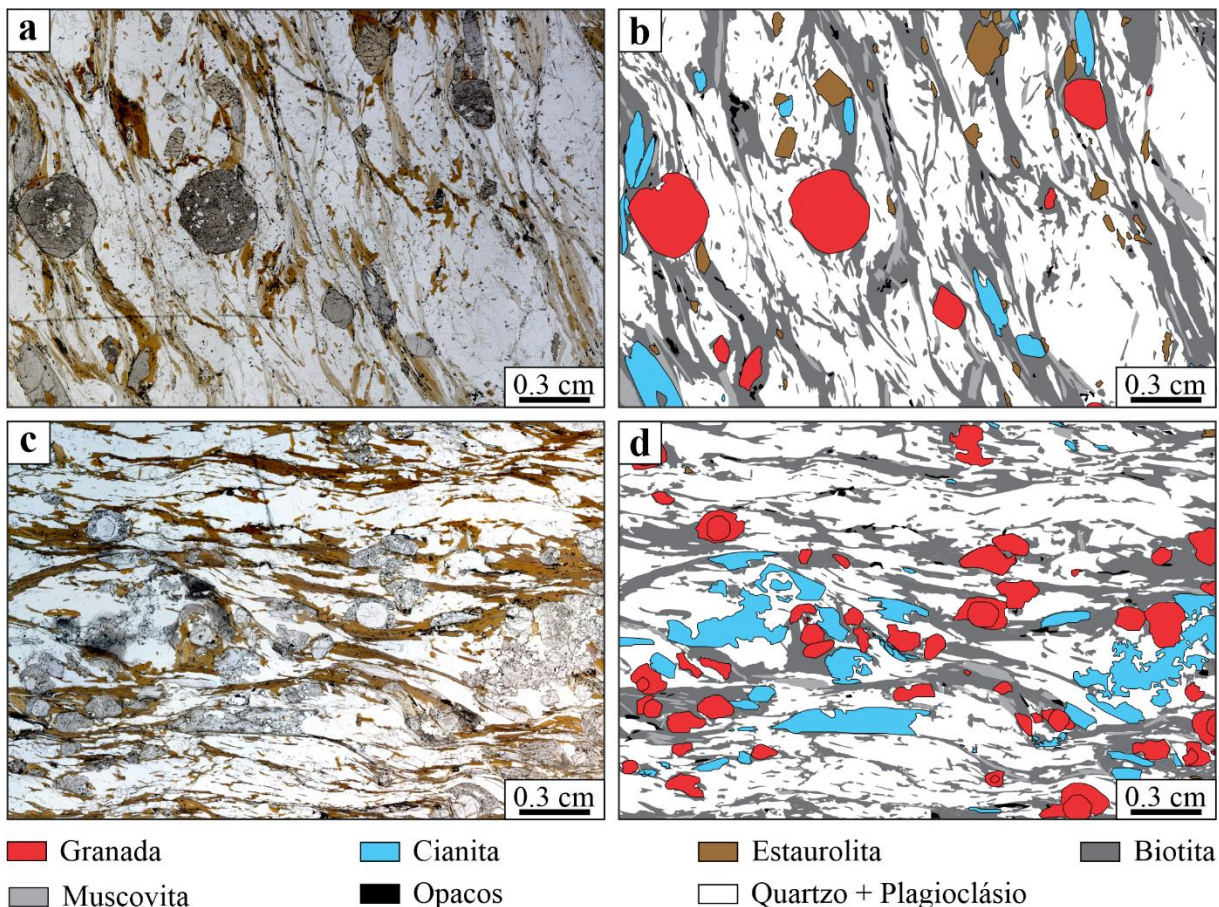


Figura 8.1: a-b) Cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita xisto, amostra MP-27; c-d) Muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita xisto milonítico, amostra CP-333.

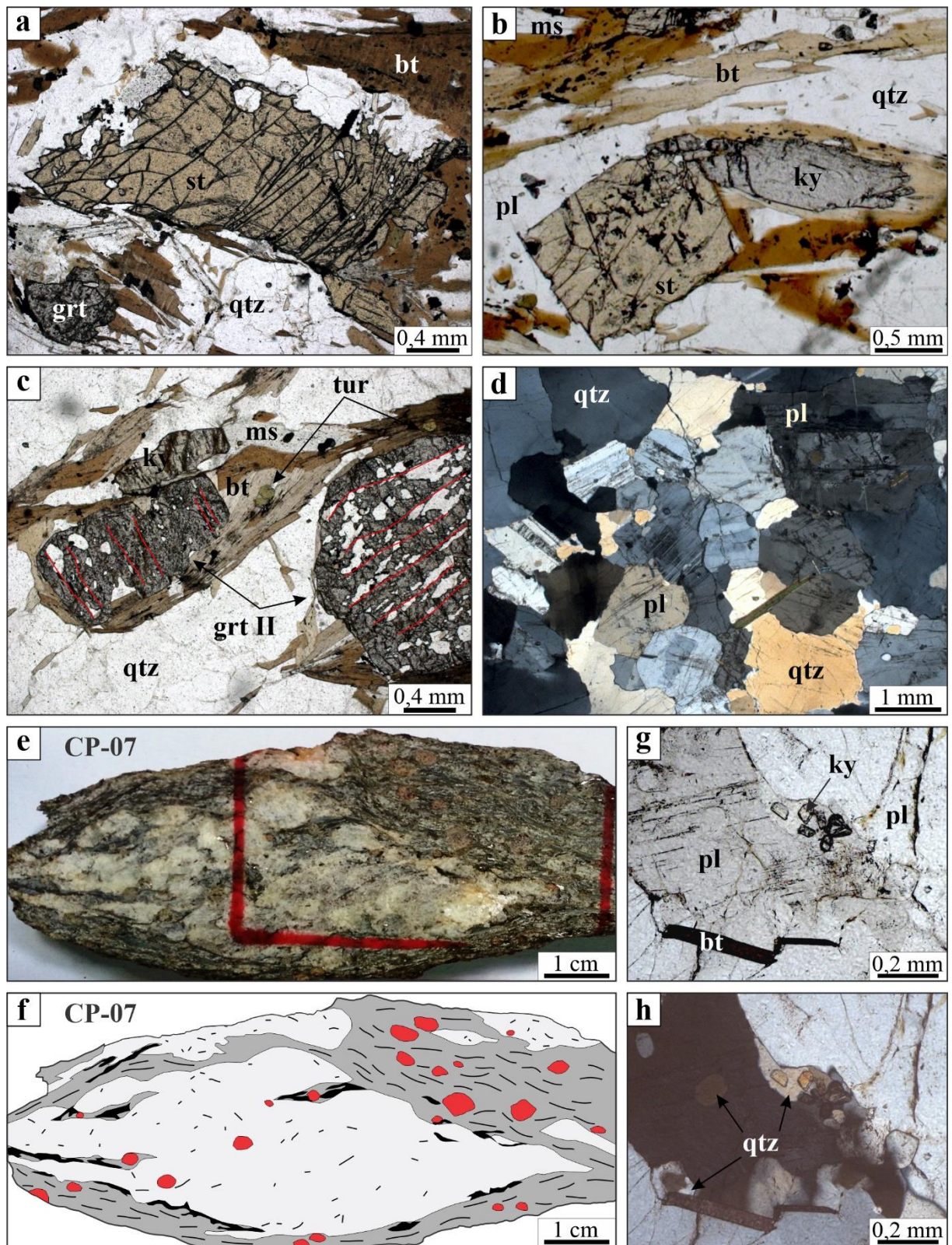


Figura 8.2: Porfiroblastos de estaurolita – a) da primeira geração e b) da segunda geração; c) Porfiroblastos de granada, inter-cinmáticos e rotacionados pela foliação, amostra MP-27; d) Textura inequigranular hipidiomórfica em lente quartzo-feldspática, amostra CP-07; e) Cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita-quartzo xisto com intercalações lenticulares formadas por quartzo, plagioclásio e biotita; f) Esboço do cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita-quartzo xisto com as intercalações de lentes quartzo-feldspáticas e destaque para os *selvedges* de biotita; g-h) Cristais de plagioclásio com quartzo intersticial e cristais de cianita, interpretada como peritética, amostra CP-07.

Quartzo também ocorre nos interstícios entre cristais de plagioclásio, onde engloba cristais idioblásticos muito finos de estaurolita e cianita (**Figuras 8.2g e 8.2h**). As relações de cristalização/recristalização dos minerais com as foliações podem ser vistas na **Tabela 8-1**.

As lentes quartzo-feldspáticas intercaladas com o xisto podem corresponder à heterogeneidades composicionais originais do protólito, no entanto, levando em consideração que a Unidade Colônia tem disposição geral controlada por zonas de cisalhamento dúcteis-rúpteis (Gengo et al. – em preparação), seria esperado encontrar feições com maior grau de deformação. A forma assimétrica das lentes quartzo-feldspáticas, os cristais subidiomórficos de plagioclásio com filmes de quartzo, com ou sem cristais de cianita e estaurolita interpretados como peritéticos e os *selvedges* de biotita no contato com o xisto sugerem que essas lentes tenham sido originadas por fusão parcial do cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita xisto. Este será o ponto de partida para a modelagem metamórfica que será abordada no item 8.4.

Tabela 8-1: Relações de crescimento mineral com as foliações nos metapelitos da Unidade Colônia.

Foliação Mineral	CP-07				CP333			
	S ₁	Pré-S ₂	S ₂	Pós-S ₂	S ₁	Pré-S ₂	S ₂	Pós-S ₂
Quartzo	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Plagioclásio	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Muscovita	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Biotita	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Clorita				-----				-----
Granada	? -----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Estaurolita		-----	-----	-----		-----	-----	-----
Cianita			-----	-----	-----	-----	-----	-----
Sillimanita							-----	-----
Rutilo		-----	-----	-----		-----	-----	-----
Ilmenita			-----	-----			-----	-----

8.2 Muscovita – cianita – plagioclásio – granada – biotita xisto (CP-333)

A rocha é xistosa, tem granulação fina a média e foliação marcada por intercalações irregulares de bandas granoblásticas de granulação média, quartzo – feldspáticas, e bandas lepidoblásticas, formadas por biotita e muscovita, com esparsos *pods* assimétricos ricos em cianita, quartzo, plagioclásio e rutilo (**Figuras 8.1c e 8.1d**). Fases acessórias incluem estaurolita, sillimanita, ilmenita, magnetita, clorita, turmalina, zircão, monazita e apatita.

Cianita ocorre em duas formas distintas, uma como porfiroblastos subidioblásticos a idioblásticos orientados segundo S_2 e outra, nos *pods*, como cristais xenoblásticos que englobam granada idioblástica (**Figura 8.3a**). Esta cianita possui bordas ameboides (**Figura 8.3b**), e é associada a quartzo e plagioclásio ricos em inclusões de biotita e muscovita (**Figura 8.3c**). Plagioclásio ocorre como cristais subidioblásticos orientados segundo a foliação principal, às vezes assimétricos, ou como cristais xenoblásticos, em interstícios entre cristais de granada e nos *pods* assimétricos (**Figuras 8.3d e 8.3e**). A granada exibe quatro feições cujas relações texturais permitem identificar pelo menos duas gerações de crescimento:

- I) Cristais idioblásticos de granada inclusos na cianita dos *pods* assimétricos (**Figuras 8.3a e 8.5a**). Possuem inclusões muito finas de quartzo, plagioclásio, muscovita, apatita e ilmenita que definem foliação interna (S_1) discordante da foliação principal (S_2/S_3), e representam a primeira geração de crescimento. Esta geração de granada raramente mostra contato com os minerais da matriz;
- II) Cristais idioblásticos como os da feição em (I), com coronas de granada e reduzido número de inclusões (**Figuras 8.5b**). A granada da corona é poiquiloblástica, rica em inclusões de quartzo, minerais opacos, biotita e, às vezes, estaurolita e rutilo. A foliação interna nem sempre está presente. Essa feição é predominante e a granada da corona representa a segunda geração de crescimento;
- III) Cristais poiquiloblásticos da segunda geração com relíquias de cristais da primeira geração (**Figura 8.5c**). O contato entre as duas gerações de granada é difuso e irregular, muitas vezes acompanhado de maior quantidade de inclusões de quartzo;
- IV) Granada poiquiloblástica da segunda geração de crescimento. Comumente possuem forma alongada com eixo maior paralelo à foliação, ou são assimétricas (**Figura 8.5d**).

Rutilo é xenoblástico, ocorre como inclusões na granada da primeira geração, mas predomina como inclusões nas duas gerações de cianita e, neste caso está intimamente associado com ilmenita (**Figura 8.3d**). Ilmenita também ocorre como cristais subidioblásticos a xenoblásticos orientados segundo a foliação principal ou em regiões associadas com clorita, muscovita e biotita tardias. Estaurolita é fase acessória e ocorre como cristais idioblásticos orientados segundo a foliação principal, como cristais xenoblásticos inclusos na granada da segunda geração, ou como cristais idioblásticos inclusos no plagioclásio, em feição similar à da **Figura 8.2e**. As relações de cristalização/recristalização dos minerais com as foliações podem ser vistas na **Tabela 8-1**.

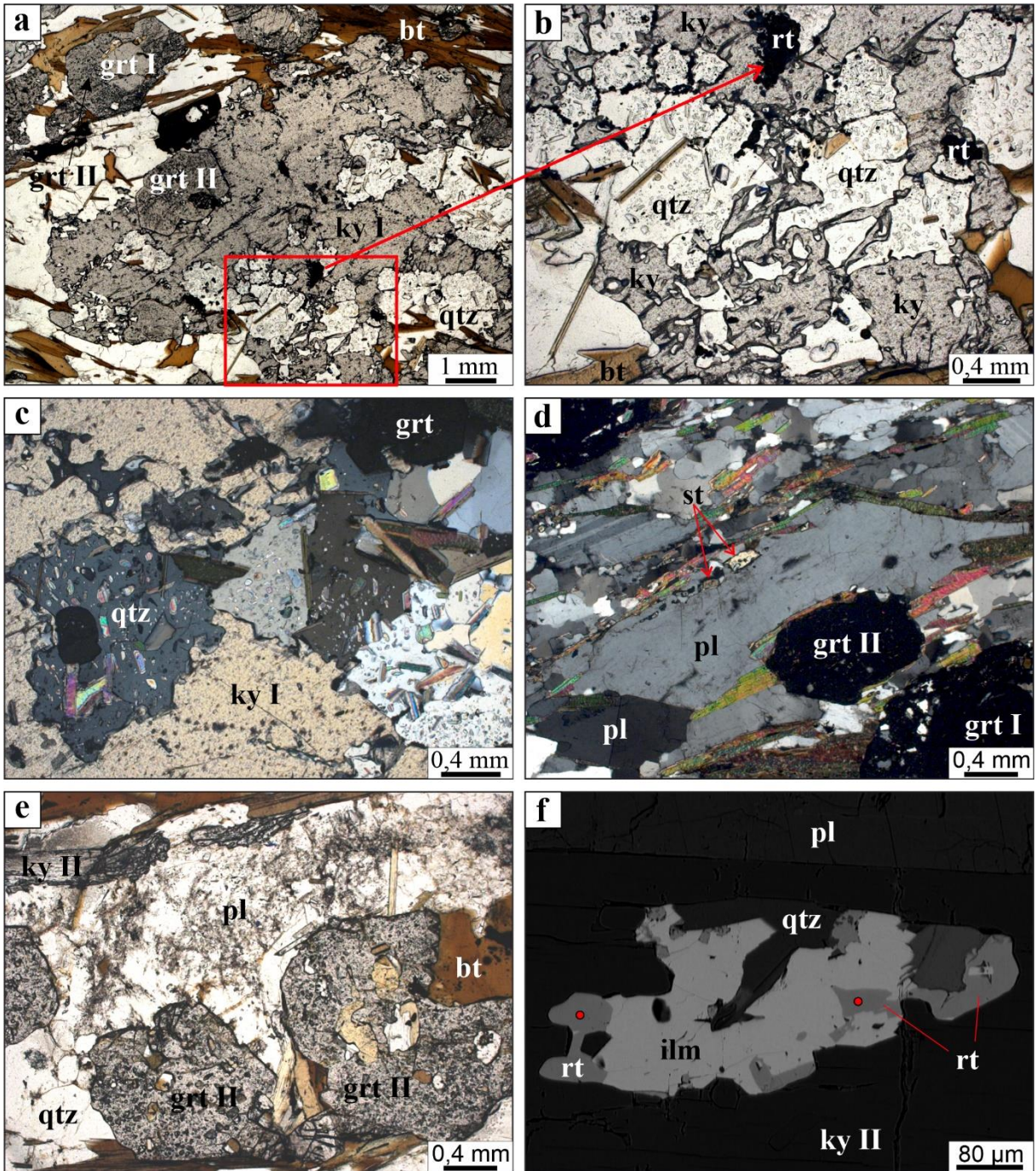


Figura 8.3: Muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita-quartzo xisto milonítico (CP-333). a) *Pods* assimétrico de cianita com inclusões de quartzo, rutilo e granada da primeira geração (feição I). Notar granadas com coronas de granada da segunda geração no canto superior esquerdo; b) Detalhe para as bordas ameboides da cianita; c) Cristais de quartzo e plagioclásio ricos em inclusões de micas; d) Cristal de plagioclásio assimétrico e amoldado pela foliação. Notar microinclusões idioblásticas de estauroлита; e) Cristais de granada da segunda geração de crescimento (feição IV) com plagioclásio intersticial; e) Cianita com inclusão de cristal de ilmenita parcialmente substituído por rutilo. Círculos vermelhos representam os locais de análise química.

8.3 Química Mineral

8.3.1 Granada

Na amostra CP-07 o comportamento das variações composicionais é distinto nos dois tipos de porfiroblastos de granada, mas ambos têm a almandina como molécula dominante. Nos porfiroblastos com zonas ricas em inclusões (granada tipo I – **Figura 8.4a**), as concentrações de Fe e Mg decrescem em direção ao núcleo (**Figuras 8.4b-d**), com $alm_{73,9-77,8}$ nas bordas e $alm_{64,7-72,2}$ no núcleo. Ca tem comportamento inverso, aumentando em direção ao núcleo (**Figuras 8.4b e 8.4e**), com $grs_{4,7-10,8}$ nas bordas e $grs_{12,4-18,3}$ no núcleo. Mn ocorre em menores concentrações, com aumento das bordas ($sps_{0,3-3,8}$) para o núcleo ($sps_{8,2-12,6}$), no entanto, no mapa composicional é possível verificar que ocorre fina película enriquecida em Mn, praticamente imperceptível em perfil (**Figuras 8.4b e 8.4f**).

Nos porfiroblastos ricos em inclusões de quartzo (tipo II – **Figura 8.4g**), as variações composicionais são sutis (**Figura 8.4h**). A concentração de Fe é similar à da borda da granada tipo I, com $alm_{73,6-76,7}$ e ligeiro aumento nas bordas, porém acompanhado por diminuição de Mg, com $prp_{14,2-16,9}$. A concentração de Ca e Mn é praticamente constante, com $grs_{4,3-5,5}$ e $sps_{4-4,6}$, respectivamente.

Na granada da amostra CP-333 a molécula dominante também é a almandina. Apesar de texturalmente distintas, as duas gerações de crescimento mostram perfis com comportamento similar dos membros finais almandina, piropo, grossulária e espessartita (**Figuras 8.5e e 8.5h**). As concentrações de Mg, Ca e Mn definem patamares planos e contínuos, com mudanças restritas às bordas, onde há diminuição de Mg e Ca ($prp_{17,3-9,2} / grs_{11,3-7,5}$ e $prp_{17,4-13,6} / grs_{10,3-6,9}$, respectivamente nas granadas da 1ª e 2ª geração) e aumento de Mn ($sps_{0,93-2,7}$ e $sps_{1,4-2,81}$ respectivamente nas granadas da 1ª e 2ª geração), que é acompanhado por aumento da concentração de Fe, com variações mais expressivas ao longo dos cristais, $alm_{70,9-80,7}$ na granada da 1ª geração e $alm_{71,4-77,0}$ na granada da 2ª geração.

Nos mapas composicionais é possível observar melhor o contraste entre as duas gerações de granada. A granada da 1ª geração mostra variação composicional concêntrica para Fe, Mg, Ca e Mn, perturbada apenas na região rica em inclusões de quartzo (**Figuras 8.6a-d**), enquanto a granada da 2ª geração mostra distribuição de Fe praticamente uniforme e similar à das bordas da granada da 1ª geração e variações heterogêneas para Ca e Mn (**Figuras 8.6m, o-p**). Já a concentração de Mg diminui quando a granada da 2ª geração faz contato com as micas e a estaurolita na matriz (**Figuras 8.5d e 8.6n**).

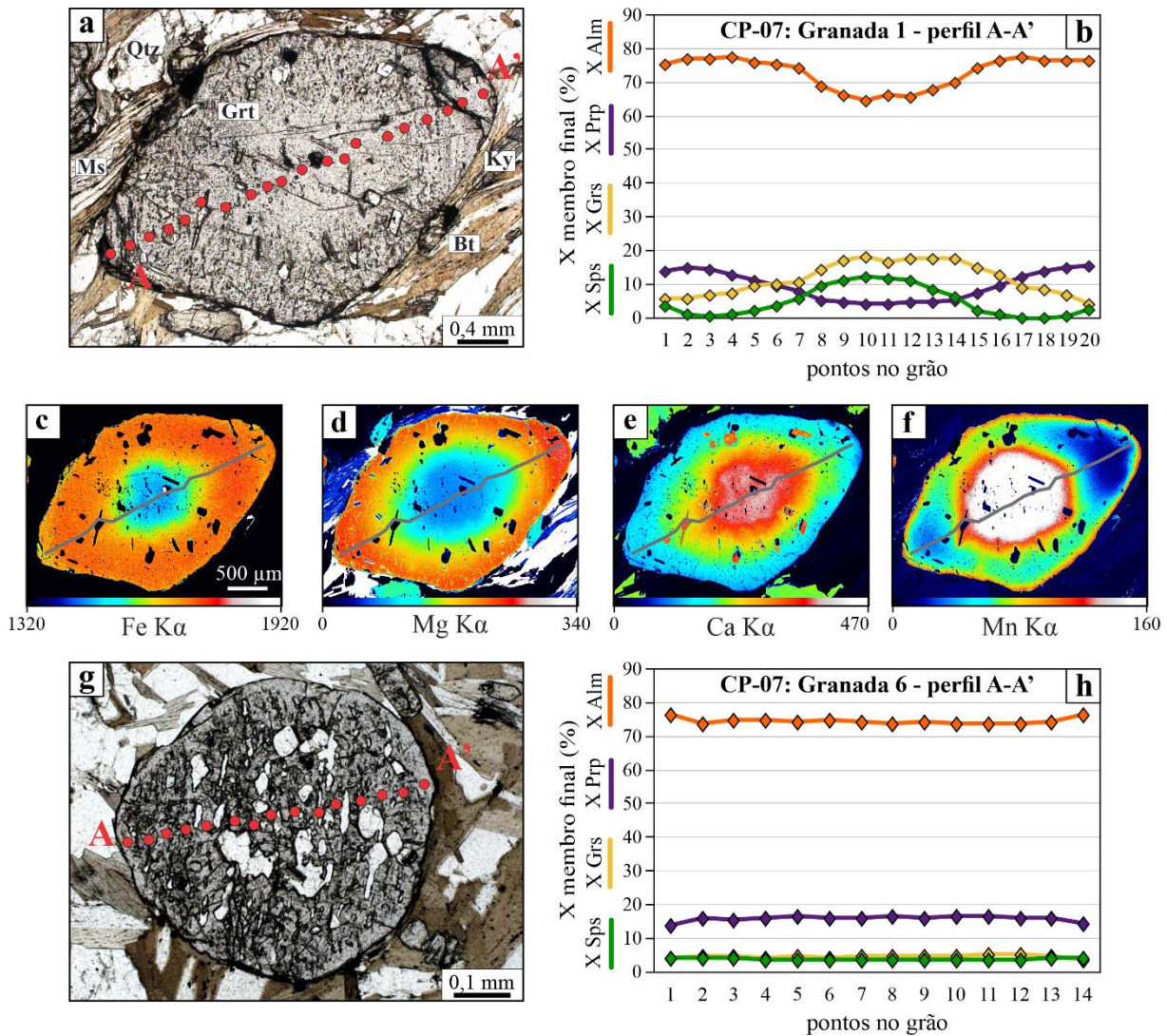


Figura 8.4: a) Porfiroblasto de granada tipo I da amostra CP-07, com a indicação do perfil composicional; b) Gráfico da distribuição da concentração dos membros finais almandina, piropo, grossulária e espessartita ao longo do perfil na granada tipo I; c-f) Mapas composicionais para concentrações de Fe, a Mg, Ca e Mn com indicação do perfil; g) Porfiroblasto de granada tipo II da amostra CP-07, com a indicação do perfil composicional; h) Gráfico da distribuição da concentração dos membros finais almandina, piropo, grossulária e espessartita ao longo do perfil na granada tipo II.

Na granada da 1ª geração com coronas de granada da 2ª geração há nítido contraste composicional (feição ii, **Figura 8.5b**). Há maior concentração de Fe nas bordas da granada da 2ª geração ($alm_{74,8-79,1}$), que diminui em direção à borda da granada da 1ª geração, de onde passa a diminuir abruptamente, com $alm_{75,2}$ a $alm_{69,1}$ (**Figura 8.5f**). No mapa de contagens de Fe é possível observar que a concentração de Fe na granada da 1ª geração torna-se menor em presença das coronas da 2ª geração de granada (**Figuras 8.6a e 8.6e**).

A concentração de Mg aumenta ao longo da granada da 2ª geração ($prp_{11,8-15,3}$) e permanece constante na granada da 1ª geração, com $prp_{16-17,5}$ (**Figura 8.5f**), no entanto, no mapa de contagens de Mg há sutil diminuição no núcleo da granada da 1ª geração

(**Figura 8.6f**). Para o Ca as variações mais são sutis. Na granada da 1ª geração a concentração do Ca é constante, com $grs_{5,7-6,7}$, e similar a das bordas da granada inclusa na cianita (feição i, **Figuras 8.5a, 8.6c e 8.6g**), enquanto a granada da corona mostra variações heterogêneas, com $grs_{6,1-8,2}$, e similares à da granada na feição iv (**Figura 8.5d**). A distribuição do Mn é inversa à do Fe (**Figura 8.5f**), com pouca variação ao longo da granada da 2ª geração, com $sps_{2,53-3,12}$, aumentando na granada da 1ª geração, com $sps_{4,4-9,2}$. Tal comportamento é distinto ao observado na granada da feição i, sugerindo que a cianita agiu como isolante para as trocas catiônicas envolvendo Mn^{2+} .

A granada da feição iii mostra distribuições irregulares para Fe e Ca ao longo do perfil, com $alm_{72,5-75,9}$ e $grs_{5,9-10,3}$ (**Figura 8.5g**). Mn não mostra variação significativa ($sps_{1,9-3,2}$) e, para Mg, a variação é menor na granada da 2ª geração ($prp_{13,5-15,3}$) e maior na granada da 1ª geração ($prp_{14,1-18,1}$). Tais irregularidades para Fe, Ca e altos de Mg são compatíveis com relíquias da granada da 1ª geração (**Figuras 8.6i-k**). A variação no conteúdo de Mn é dependente da posição relativa da granada da 1ª geração, quando está no núcleo da granada da 2ª geração, a concentração de Mn é maior e a variação é tal como ocorre na feição ii (**Figuras 8.6h e 8.6l**) e, quando exibe contatos mal definidos com a granada da 2ª geração, as concentrações são menores e a concentração do Mn aumenta do núcleo em direção às bordas (**Figura 8.6l**).

8.3.2 Estauroлита

Na estauroлита, X_{Mg} , é constante em cristais da amostra CP-07, com 4,0-4,16, e não foram verificadas variações sistemáticas núcleo-borda, porém, embora as variações composicionais sejam restritas, há correlação positiva entre Fe^{2+} e Mg^{2+} na estauroлита da amostra CP-333 (**Figura 8.7a**). Esta correlação é reflexo da maior variação no valor de X_{Mg} , de 3.68 a 4.0. Na amostra CP-07 o conteúdo de Zn na estauroлита é constante, de 0.08 - 0.09 a.p.f.u., mas na estauroлита da amostra CP-333 há correlação negativa entre Fe^{2+} e Zn^{2+} indicando a presença do vetor $Fe^{2+}Zn^{-1}$, que controla a variação composicional (**Figura 8.7b**).

8.3.3 Micas

Para as micas foram analisados cristais de biotita e muscovita da matriz das amostras CP-07 e CP-333, de inclusões em granada na amostra CP-333 e cristais de biotita do leucossoma da amostra CP-07. Há pouca variação composicional intra-amostra, sendo mais expressivas as variações interamostras (**Figuras 8.7c-8.7i**).

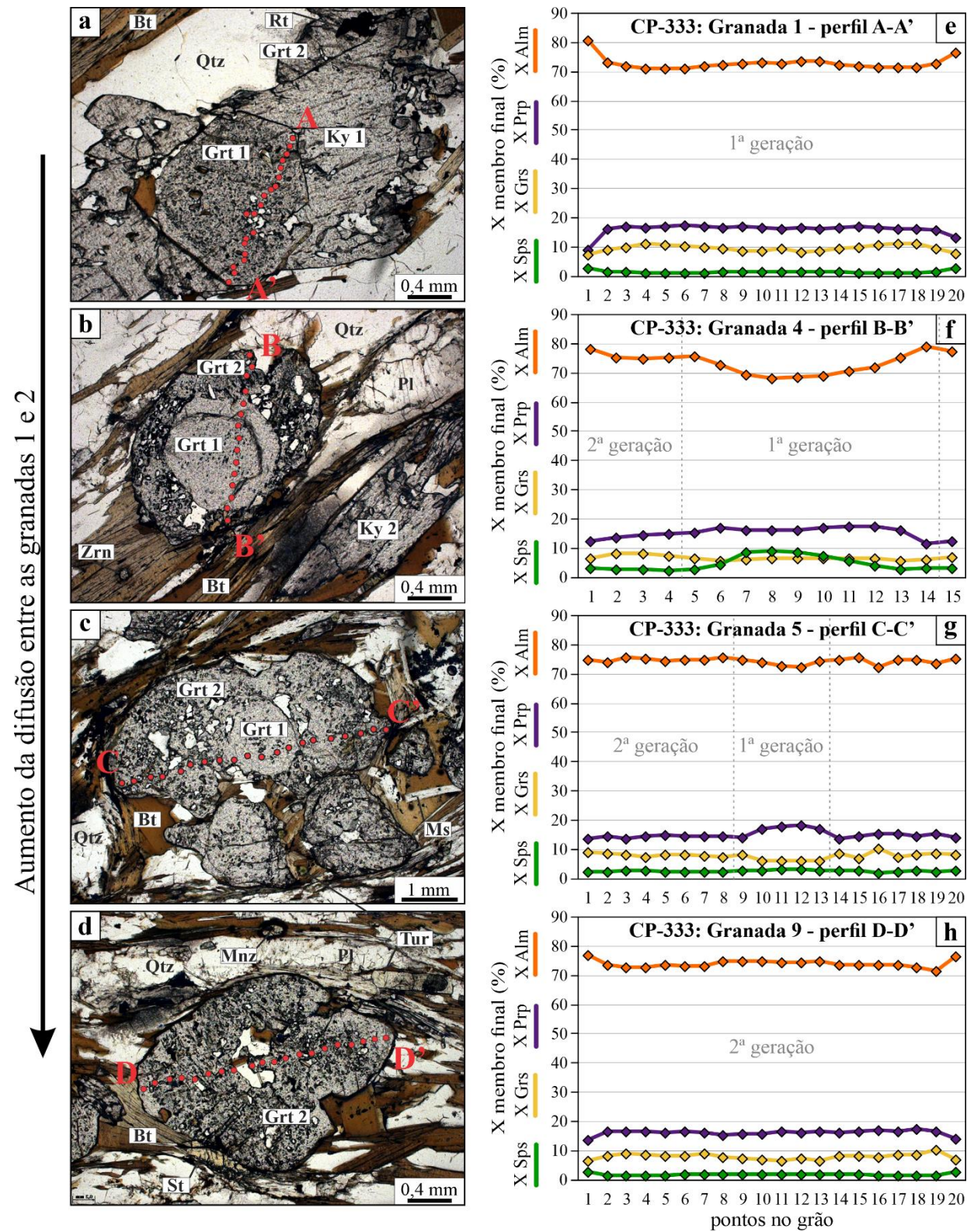


Figura 8.5: Cristais de granada da amostra CP-333 – a) Granada idioblástica da primeira geração, preservada como inclusões em cianita; b) Granada da primeira geração com corona de granada da segunda geração; c) Granada da segunda geração com relíquias da granada anterior preservada; d) Granada da segunda geração, sem indícios de restos da granada anterior; e-h) Gráficos da distribuição das concentrações dos membros finais, respectivamente das granadas descritas de (a) a (d).

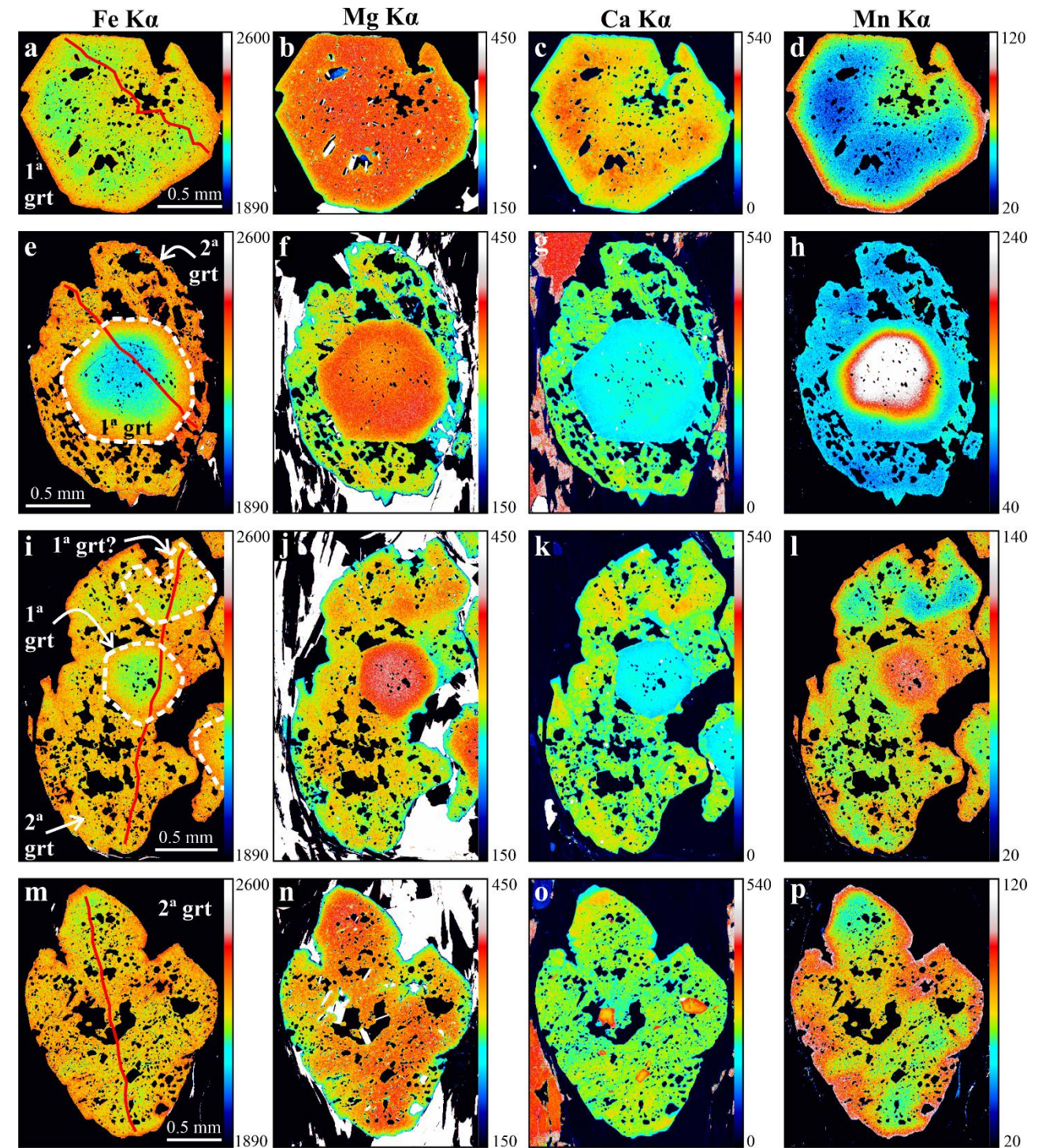


Figura 8.6: Mapas composicionais para concentrações de Fe, Mg, Ca e Mn. a-d) Granada da primeira geração de crescimento; e-h) Granada da primeira geração com corona de granada da segunda geração de crescimento; i-l) Granada da segunda geração com relíquias de granada da primeira geração de crescimento; m-p) Granada da segunda geração de crescimento, com maior grau de homogeneização.

A biotita da matriz de ambas as amostras apresenta pouca variação no valor de X_{Mg} , de 0,5 a 0,55, e conteúdo de Al total entre 1,68-1,81 a.p.f.u., o que sugere pouca substituição tschermakítica ($Al^{VI}Al^{IV}Mg_{-1}Si_{-1}$), sendo que na amostra CP 07, cristais da matriz e do leucossoma apresentam diferenças mais pronunciadas entre si (**Figura 8.7d**). Biotita da matriz na amostra CP-07, teve maior substituição $Fe^{2+}Mg_{-1}$ em relação à biotita do leucossoma e à biotita da matriz da amostra CP-333 (**Figura 8.7c**), enquanto a biotita inclusa na granada da amostra CP-333 tem maior X_{Mg} (0,57-0,63) e, conseqüentemente, mostra que houve maior substituição via $Fe^{2+}Mg_{-1}$ em relação à biotita da matriz. Já o comportamento das substituições edenítica $KAl^{IV}□_{-1}Si_{-1}$ e $TiAl^{IV}Al^{VI}_{-1}Si_{-1}$ é semelhante, com maiores substituições na biotita da amostra CP07 (**Figuras 8.7e-f**).

A substituição tschermakítica na muscovita da amostra CP-333 é a única que exibe maior variação intra-amostra, com substituição mais expressiva na muscovita da amostra CP-07 (**Figura 8.7g**). Na muscovita da amostra CP-07 e das inclusões em granada da amostra CP-333 a substituição edenítica ($NaAl^{IV}□_{-1}Si_{-1}$) foi mais expressiva (**Figura 8.7h**), em consequência do conteúdo de Na^{+} (0,21 a 0,24 a.p.f.u.) ligeiramente superior ao da muscovita da matriz da amostra CP-333 (0,14 a 0,2 a.p.f.u.). O conteúdo de Ti é muito baixo (0,02 a 0,04 a.p.f.u.), mas o suficiente para causar substituições $TiAl^{IV}Al^{VI}_{-1}Si_{-1}$, maiores também na muscovita da amostra CP-07 e das inclusões em granada da amostra CP-333 (**Figura 8.7i**).

8.3.4 Plagioclásio

Foram analisados cristais de plagioclásio da matriz e cristais subidiomórficos do leucossoma da amostra CP-07, sendo todos os cristais classificados como oligoclásio. Na matriz da amostra CP-07 a variação composicional não é significativa, $An_{15,9 - 18,7}$, enquanto na matriz da amostra CP-333, o teor de anortita apresenta maior variação, $An_{16,9-28,6}$, embora não haja padrão de zoneamento (**Figura 8.8**). O plagioclásio do leucossoma da amostra CP-07 exibe padrão de zoneamento composicional bem definido (**Figura 8.8**), com borda sódicas, similares à composição dos cristais da matriz ($An_{14,8 - 17,7}$), e ampla variação no teor de anortita no núcleo ($An_{17,3 - 26,7}$).

8.4 Modelagem metamórfica

A modelagem metamórfica foi feita de forma direta, através da construção de pseudosseções no sistema químico NCKFMASHTO, pois este contempla todas as fases presentes nas associações observadas na petrografia dos metapelitos. A exclusão do MnO , que é importante apenas para equilíbrios envolvendo granada (Capítulo 3), não afeta a estabilidade

das demais fases de interesse, nem da granada dentro da janela P - T investigada. Os cálculos foram feitos dentro do intervalo de 550 a 800 °C de temperatura e de 3 a 12 kbar de pressão, considerando quartzo como fase em excesso.

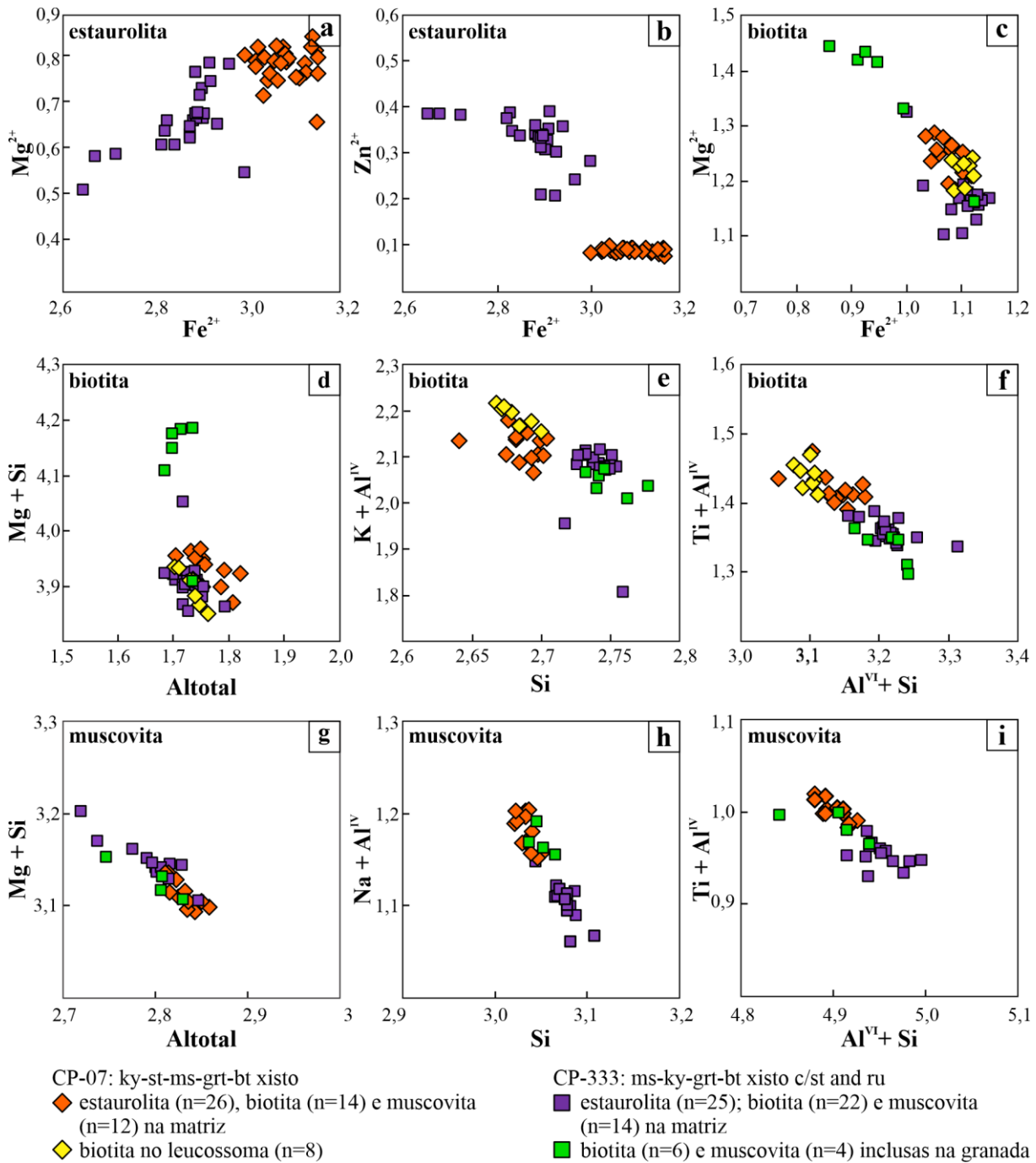


Figura 8.7: Gráficos das variações composicionais em estaurolita, biotita e muscovita. (a) e (b) para vetores de substituição simples na estaurolita; substituição simples (c) e acopladas (d-f) na biotita; (g-i) para substituições acopladas na muscovita.

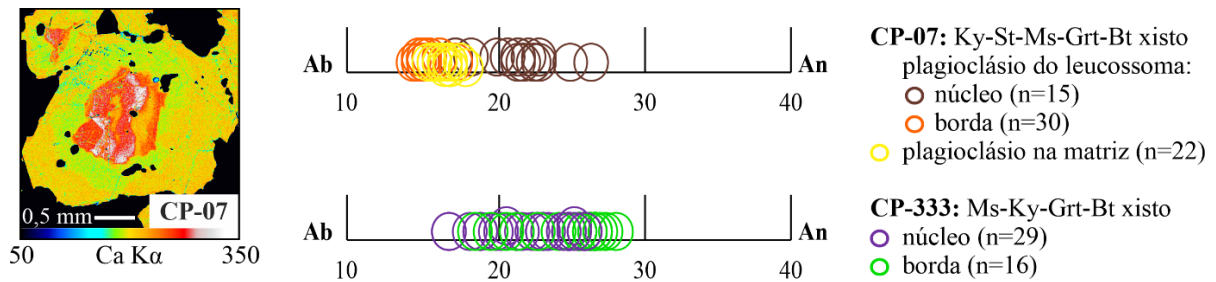


Figura 8.8: Cristal de plagioclásio subidiomórfico presente no leucossoma da amostra CP-07 e variação composicional dos cristais das amostras CP-07 e CP-333.

A composição química dos metapelitos, amostras CP-07 e CP-333, é similar. Ambos são classificados como pelitos de baixo alumínio e, portanto, não são esperadas associações com cloritóide ou a ocorrência de cianita antes da fácies anfíbolito. A quantidade de água foi considerada em excesso para equilíbrios *subsolidus* e, para equilíbrios *suprasolidus*, na amostra CP-07 foi usada a quantidade de água obtida pela análise de perda ao fogo, 4,9 % (proporção molecular), que é a quantidade mínima de água presente na rocha. A quantidade média de água nas lamelas sem interferência do intemperismo é de ~2,7 % (Nesbitt e Young, 1996) e, nas rochas metapelíticas de baixo grau, em torno de 4 % (Shaw, 1956). Devido à ausência de feições de fusão na amostra CP-333, foi usado 7 % de água para garantir total saturação em água em condições *subsolidus*.

A quantidade de ferro férrico foi escolhida de modo que equilíbrios com ilmenita e magnetita pudessem ser previstos pela pseudosseção. O conteúdo de Fe_2O_3 obtido através da titrimetria de oxirredução representa a quantidade máxima de Fe_2O_3 na rocha (Diener e Powell, 2010), com $X_{\text{Fe}^{3+}}$ de 0.21 e 0.16, respectivamente nas amostras CP-07 e CP-333. Valores muito elevados de $X_{\text{Fe}^{3+}}$ estabilizam hematita, enquanto para valores de $X_{\text{Fe}^{3+}}$ inferiores a ~0,07, o programa não consegue identificar equilíbrios com magnetita, que está presente nas amostras. Assim, foram utilizados valores de $X_{\text{Fe}^{3+}}$ de 0,075 (CP-07) e 0,08 (CP-333).

As pseudosseções construídas mostram topologias semelhantes, especialmente no domínio *suprasolidus*, com amplos campos de estabilidade tri- a pentavariantes e campos divariantes com menores dimensões (**Figuras 8.9 e 8.10**). As curvas univariantes tem dimensões restritas, ocorre apenas uma na amostra CP-07 (associação 16, **Figura 8.9b**) e três na amostra CP-333 (associações 21, 27 e 31, **Figura 8.10a**).

A granada ocorre em topologias similares entre as duas amostras e ao longo de todo o intervalo *P-T* calculado. Para condições de temperatura inferiores a 595 °C, a pressão na qual ocorre o aparecimento da granada varia aproximadamente de 3,6 a 7,0 kbar, enquanto, a

partir dessa temperatura, até 715-725 °C, a granada aparece em pressão superior a 4 kbar (**Figuras 8.9 e 8.10**). A curva de quebra da clorita ocorre a partir de 575 °C, sendo controlada principalmente pela temperatura, e se estende até 605-615 °C, já em condições de fácies anfíbolito médio nas pseudosseções construídas.

Grande parte da janela *P-T* mostra associações com proporção modal de plagioclásio em torno de 17 a 21 %, que diminuem drasticamente apenas após cruzar a curva de entrada da paragonita. As curvas de quebra do plagioclásio e de entrada de paragonita são subparalelas. Na pseudosseção da amostra CP-07 a curva do plagioclásio aparece a partir de 7,5 kbar de pressão e a curva da paragonita já ocorre a partir de 3,4 kbar de pressão, definindo campos mais extensos de coexistência para essas fases. Já na pseudosseção da amostra CP-333 a curva de entrada da paragonita ocorre em pressão superior a 6 kbar, definindo campos mais estreitos para a coexistência de plagioclásio e paragonita (**Figuras 8.9 e 8.10**). Com a quebra do plagioclásio, maior conteúdo de sódio estabiliza associações com muscovita e paragonita.

A proporção modal de estaurólita, calculada através da pseudosseção, é similar nas amostras. As diferenças entre as topologias são mínimas, com deslocamento de 10 a 15 °C para maiores temperaturas na amostra CP-07 e alguns campos com associações sem plagioclásio na amostra CP-333. Para baixa pressão, onde não há estabilidade com granada, ocorre apenas quebra de clorita, formando associações com cordierita e estaurólita (**Figuras 8.9 e 8.10**). Com o aumento da temperatura há progressivo consumo da estaurólita até sua quebra, formando associações com granada, biotita e Al_2SiO_5 . A partir de 7,8 kbar, esse consumo passa a ser condicionado pela pressão (**Figuras 8.11a e 8.11b**).

Ilmenita é estável em todo o intervalo de condições *P-T* calculado. Apesar do distinto estado de oxidação considerado em cada amostra, as topologias para associações com ilm + mag e ilm + rt são similares nas duas pseudosseções construídas. Magnetita aparece a partir de 570-575 °C de temperatura e não ultrapassa 5,1-5,2 kbar de pressão. A curva de entrada do rutilo aparece em pressão mínima de 9,7 e 10 kbar, respectivamente, nas amostras CP-333 e CP-07. Em condições *subsólidas* desta, o aparecimento do rutilo ocorre em pressões deslocadas para maiores condições de pressão (**Figura 8.9**).

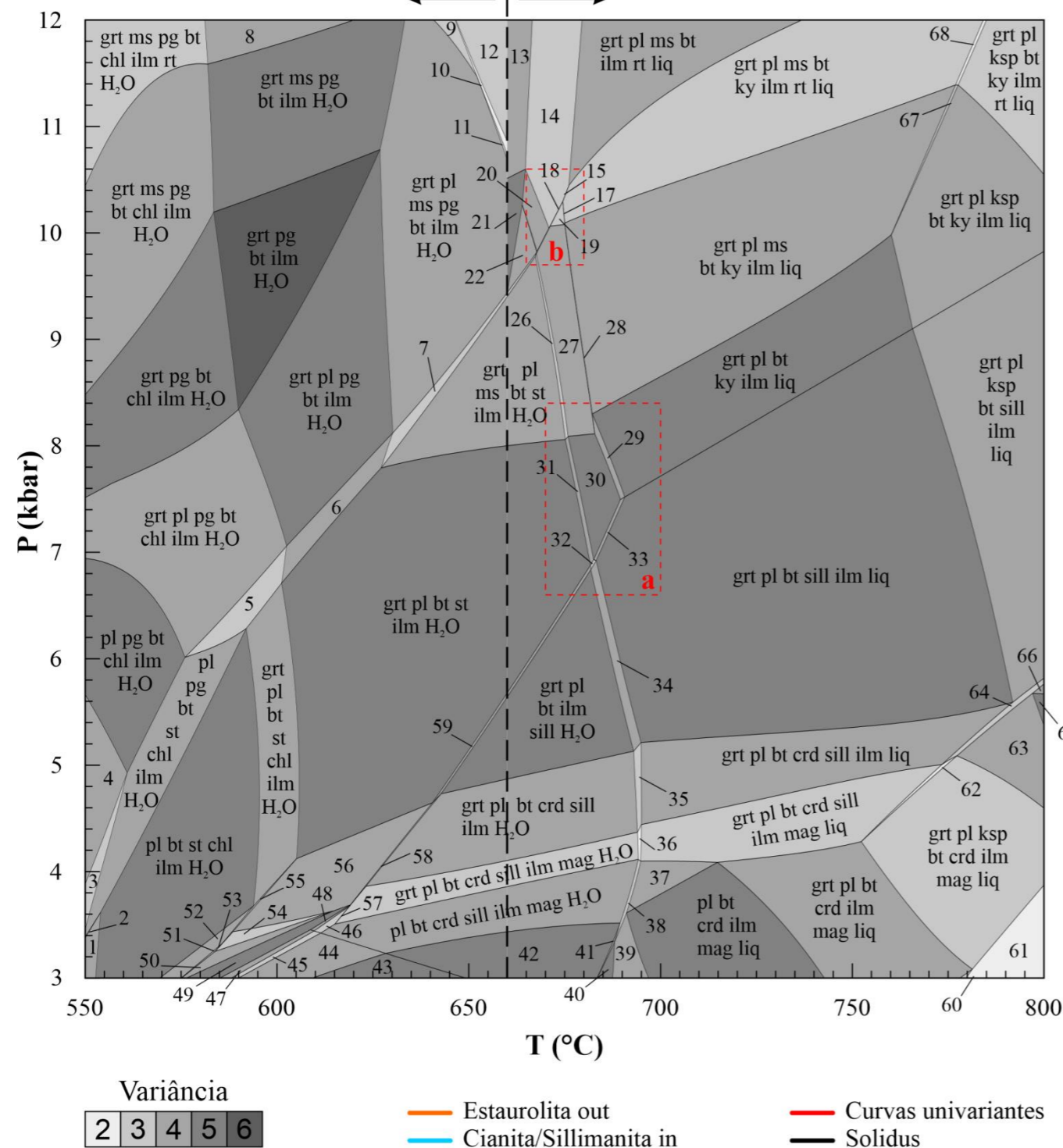
A curva de quebra da biotita ocorre em temperaturas superiores à 800 °C, fazendo da biotita fase estável ao longo de todo o intervalo *P-T* considerado. Já a muscovita é a fase que promove as diferenças mais significativas entre as pseudosseções construídas. Em condições *suprassólidas*, acima de 8 kbar, as pseudosseções mostram proporções modais de muscovita similares nas duas amostras e quebra para formar feldspato potássico a partir de 760 e 765 °C de temperatura, respectivamente, nas amostras CP-07 e CP-333 (**Figuras 8.11a e 8.11b**).

CP-07: ky-st-ms-grt-bt xisto c/ ru e ilm

NCKFMASHTO + q

H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	O
4,85	67,30	9,92	1,05	4,49	8,02	1,61	1,89	0,56	0,3

H₂O em excesso | 4,85% de H₂O



1. ab pl bt st chl ilm H₂O
2. ab pl pq bt st chl ilm H₂O
3. pl ms pg bt st chl ilm H₂O
4. pl ms pg bt chl ilm H₂O
5. grt pl pg bt st chl ilm H₂O
6. grt pl pg bt st ilm H₂O
7. grt pl ms pg bt st ilm H₂O
8. grt ms pg bt ilm rt H₂O
9. grt pl ms pg bt ilm rt H₂O
10. grt pl ms pg bt ilm rt liq H₂O
11. grt pl ms pg bt ilm liq H₂O
12. grt ms pg bt ilm rt liq H₂O
13. grt pl ms pg bt ilm rt
14. grt pl ms pg bt ilm rt liq
15. grt pl ms pg bt ky ilm rt liq
16. grt pl ms pg bt st ky ilm rt liq
17. grt pl ms bt st ky ilm rt liq
18. grt pl ms pg bt st ilm rt liq
19. grt pl ms bt st ilm rt liq
20. grt pl ms pg bt ilm liq
21. grt pl ms pg bt ilm
22. grt pl ms pg bt ilm H₂O
23. grt pl ms pg bt ilm liq H₂O
24. grt pl ms pg bt st ilm liq
25. grt pl ms pg bt st ilm liq H₂O
26. grt pl ms bt st ilm liq H₂O
27. grt pl ms bt st ilm liq
28. grt pl ms bt st ky ilm liq
29. grt pl bt st ky ilm liq
30. grt pl bt st ilm liq
31. grt pl bt st ilm liq H₂O
32. grt pl bt st sill ilm liq H₂O
33. grt pl bt st sill ilm liq
34. grt pl bt sill ilm liq H₂O
35. grt pl bt crd sill ilm liq H₂O
36. grt pl bt crd sill ilm mag liq H₂O
37. pl bt crd sill ilm mag liq
38. pl bt crd sill ilm mag liq H₂O
39. pl bt crd ilm mag liq H₂O
40. pl bt crd ilm liq H₂O
41. pl bt crd sill ilm liq H₂O
42. pl bt crd sill ilm H₂O
43. pl bt crd and ilm H₂O
44. pl bt crd and ilm mag H₂O
45. pl bt st crd and ilm mag H₂O
46. pl bt st crd sill ilm mag H₂O
47. pl bt st crd and ilm H₂O
48. pl bt st crd sill ilm H₂O
49. pl bt st crd ilm H₂O
50. pl bt st crd ilm mag H₂O
51. pl bt chl st crd ilm mag H₂O
52. pl bt chl st crd ilm H₂O
53. grt pl bt chl st crd ilm mag H₂O
54. grt pl bt st crd ilm mag H₂O
55. grt pl bt chl st crd ilm H₂O
56. grt pl bt st crd ilm H₂O
57. grt pl bt st crd sill ilm mag H₂O
58. grt pl bt st crd sill ilm H₂O
59. grt pl bt st sill ilm H₂O
60. grt opx pl bt crd ilm mag liq
61. grt opx pl ksp bt crd ilm mag liq
62. grt pl ksp bt crd sill ilm mag liq
63. grt pl ksp bt crd ilm liq
64. grt pl ksp bt crd sill ilm liq
65. grt pl ksp crd ilm liq
66. grt pl ksp crd sill ilm liq
67. grt pl ksp ms bt ky ilm liq
68. grt pl ksp ms bt ky ilm rt liq

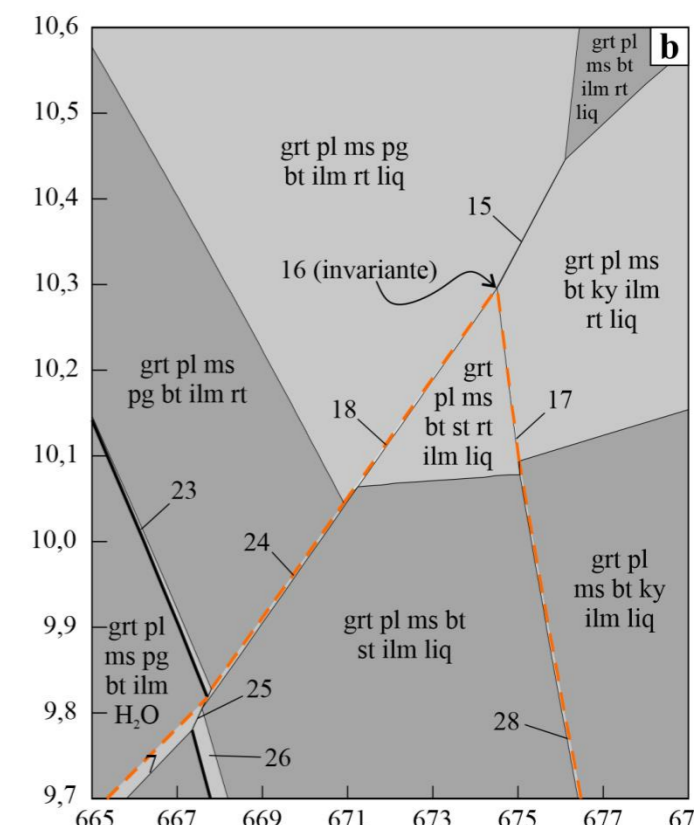
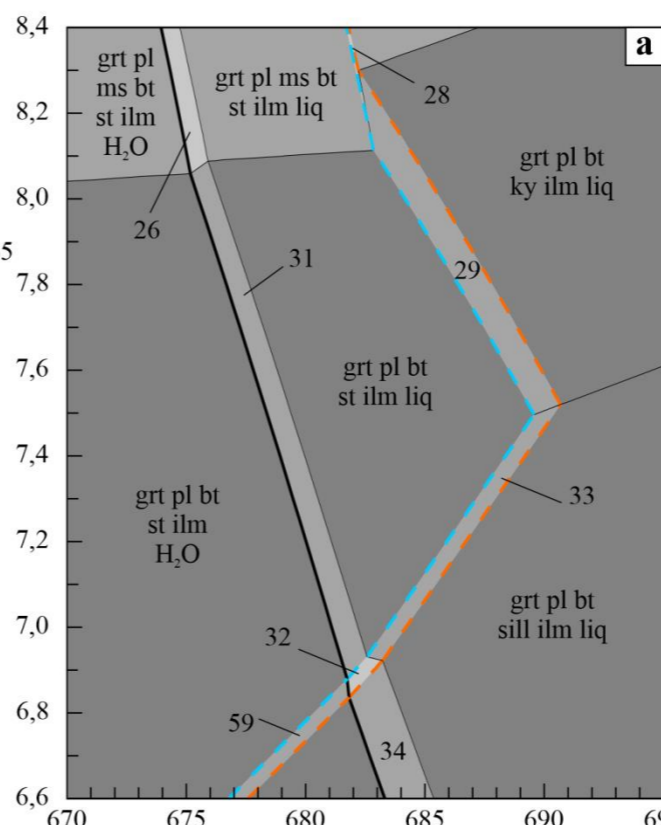
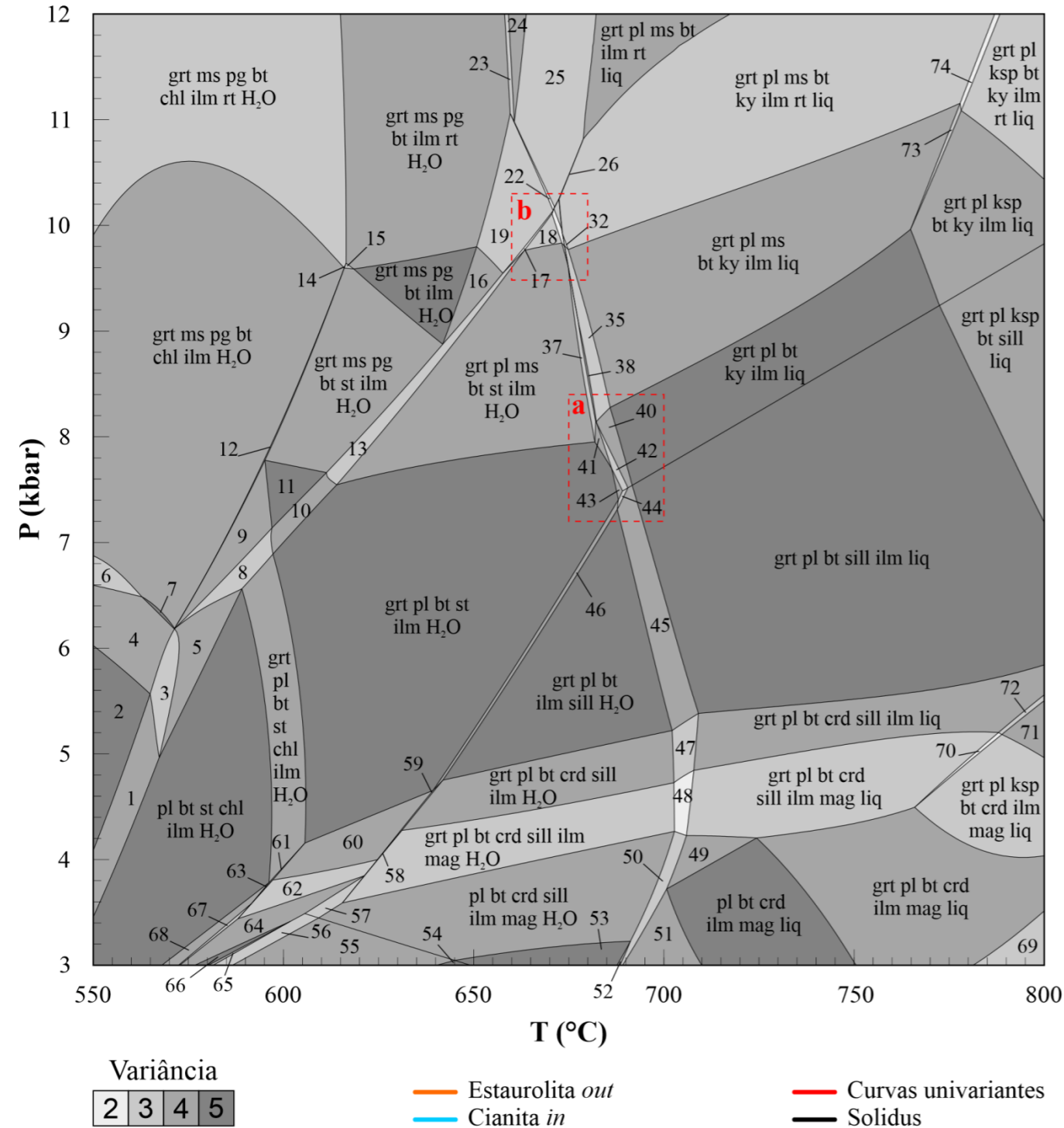


Figura 8.9: Pseudosseção construída para a amostra CP-07 no sistema NCKFMASHTO. a) Detalhe para o intervalo de condições P-T onde a curva *solidus* ocorre no campo da estaurolita; b) Detalhe para as associações que ocorrem nas vizinhanças da associação em equilíbrio da amostra.

CP-333: ms-ky-grt-pl-bt xisto c/ st, ilm e rt

NCKFMASHTO + q

H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	O
6,68	61,94	11,02	1,38	5,46	9,24	1,93	1,31	0,66	0,38



1. pl ms bt chl st ilm H₂O
2. pl ms bt chl ilm H₂O
3. pl ms pg bt chl st ilm H₂O
4. pl ms pg bt chl ilm H₂O
5. pl pg bt chl st ilm H₂O
6. grt pl ms pg bt chl ilm H₂O
7. ms pg bt chl ilm H₂O
8. grt pl pg bt chl st ilm H₂O
9. grt pg bt chl st ilm H₂O
10. grt pl pg bt st ilm H₂O
11. grt pg bt st ilm H₂O
12. grt ms pg bt chl st ilm H₂O
13. grt pl ms pg bt st ilm H₂O
14. grt ms pg bt chl st ilm rt H₂O
15. grt ms pg bt st ilm rt H₂O
16. grt ms pg bt st ilm H₂O
17. grt pl ms pg bt st ilm rt H₂O
18. grt pl ms bt st ilm rt H₂O
19. grt ms pg bt st ilm rt H₂O
20. grt pl ms bt st ilm rt liq H₂O
21. grt pl ms pg bt st ilm rt liq H₂O
22. grt pl ms pg bt ilm rt liq H₂O
23. grt ms pg bt ilm rt liq H₂O
24. grt ms pg bt ilm rt liq
25. grt pl ms pg bt ilm rt liq
26. grt pl ms pg bt ky ilm rt liq
27. grt pl ms pg bt st ky ilm rt liq
28. grt pl ms pg bt st ilm rt liq
29. grt pl ms bt st ilm rt liq
30. grt pl ms bt st ky ilm rt liq
31. grt pl ms bt st ky ilm rt liq H₂O
32. grt pl ms bt ky ilm rt liq H₂O
33. grt pl ms bt st ilm liq H₂O
34. grt pl ms bt st ky ilm liq H₂O
35. grt pl ms bt ky ilm liq H₂O
36. grt pl ms bt st ky ilm liq H₂O
37. grt pl ms bt st ky ilm H₂O
38. grt pl ms bt ky ilm H₂O
39. grt pl bt ky ilm H₂O
40. grt pl bt ky ilm liq H₂O
41. grt pl bt st ky ilm H₂O
42. grt pl bt st ky ilm liq H₂O
43. grt pl bt st ilm liq H₂O
44. grt pl bt st sill ilm liq H₂O
45. grt pl bt sill ilm liq H₂O
46. grt pl bt st sill ilm H₂O
47. grt pl bt cd sill ilm liq H₂O
48. grt pl bt cd sill ilm mag liq H₂O
49. pl bt cd sill ilm mag liq
50. pl bt cd sill ilm mag liq H₂O
51. pl bt cd ilm mag liq H₂O
52. pl bt cd sill ilm liq H₂O
53. pl bt cd sill ilm H₂O
54. pl bt cd and ilm H₂O
55. pl bt cd and ilm mag H₂O
56. pl bt st cd and ilm mag H₂O
57. pl bt st cd sill ilm mag H₂O
58. grt pl bt st cd sill ilm mag H₂O
59. grt pl bt cd sill ilm mag H₂O
60. grt pl bt st cd ilm H₂O
61. grt pl bt chl st cd ilm H₂O
62. grt pl bt st cd ilm mag H₂O
63. grt pl bt chl st cd ilm mag H₂O
64. pl bt st cd ilm mag H₂O
65. pl bt st cd and ilm H₂O
66. pl bt st cd ilm H₂O
67. pl bt st cd chl ilm mag H₂O
68. pl bt st cd chl ilm H₂O
69. grt liq opx pl bt cd mag ilm
70. grt pl ksp bt cd sill ilm mag liq
71. grt pl ksp bt cd ilm liq
72. grt pl ksp bt cd sill ilm liq
73. grt pl ksp ms bt ky ilm liq
74. grt pl ksp ms bt ky ilm rt liq

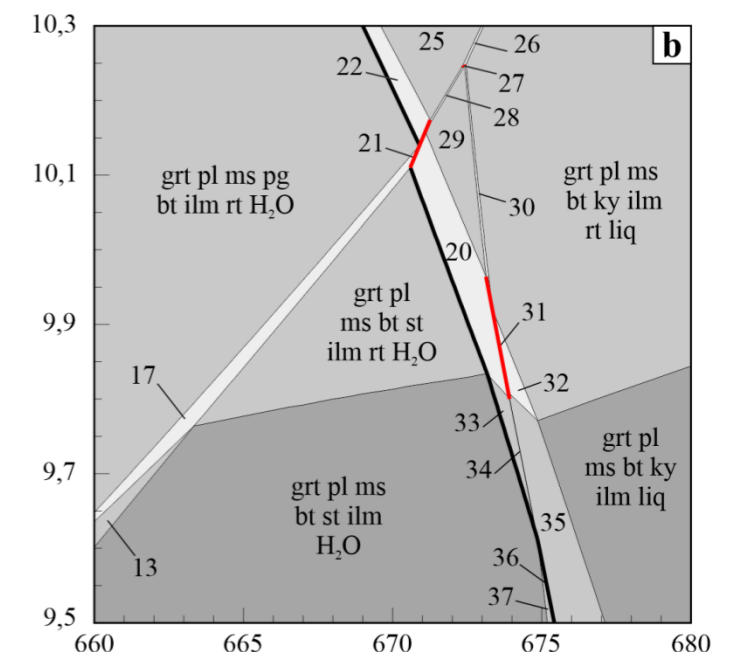
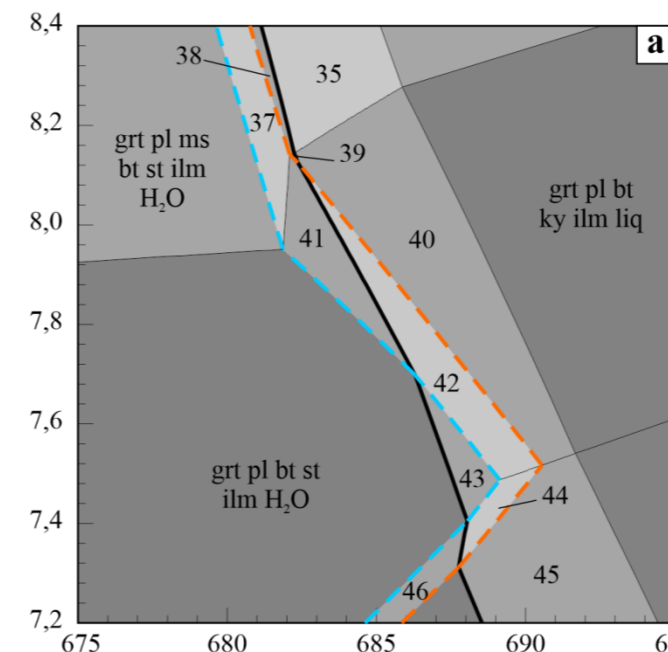


Figura 8.10: Pseudosseção construída para a amostra CP-333 no sistema NCKFMASHTO. a) Detalhe para o intervalo de condições P-T onde a curva *solidus* ocorre no campo da estaurolita; b) Detalhe para as associações que ocorrem nas vizinhanças da associação em equilíbrio da amostra.

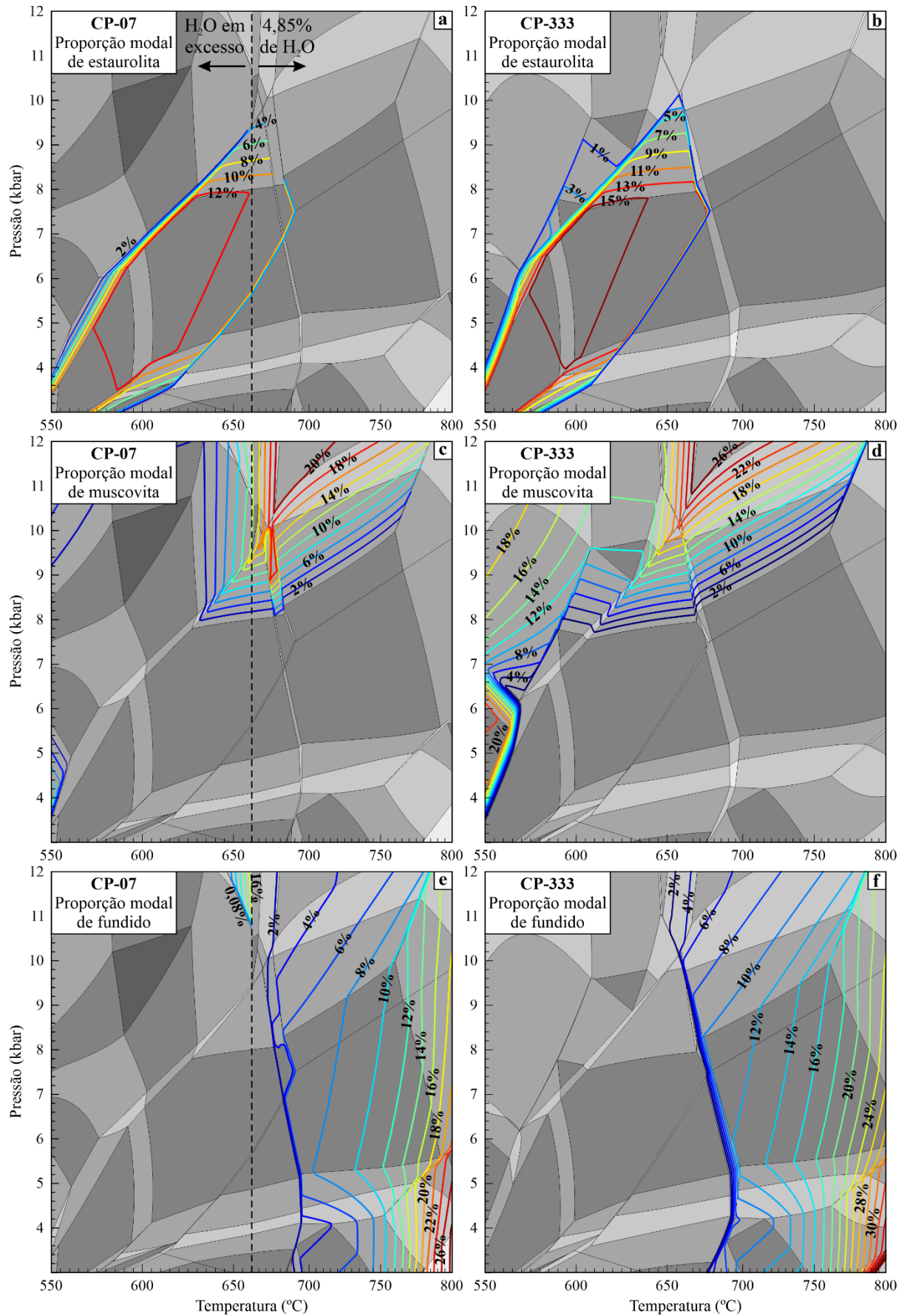


Figura 8.11: Isopletas calculadas para a proporção modal de: estaurolita – (a) amostra CP-07 e (b) amostra CP-333; muscovita – (c) amostra CP-07 e (d) amostra CP-333; e fundido (e) amostra CP-07 e (f) amostra CP-333.

Para condições *subsolidus*, em condições de alta pressão e baixa temperatura, a pseudosseção da amostra CP-07 mostra baixa proporção modal de muscovita em associações com paragonita, e aumento na proporção controlado pela temperatura a partir de 630 °C. Na pseudosseção da amostra CP-333 a proporção modal de muscovita aumenta continuamente para condições de maior pressão e menor temperatura e há maior coexistência com paragonita (**Figuras 8.11c e 8.11d**).

A quebra da clorita e das micas brancas fornece água para o sistema, promovendo a geração do fundido ainda no campo da estauroлита em pressões intermediárias nas duas amostras (**Figuras 8.9a e 8.10b**). Com água em excesso e em condições de 12 kbar, a fusão na pseudosseção da amostra CP-07 já ocorre a partir de 644 °C e, com o mínimo de água para saturação do fundido, a curva *solidus* aparece entre 665 e 693 °C. Na pseudosseção da amostra CP-333 a curva *solidus* aparece em maior intervalo de temperatura, entre 658 e 702 °C (**Figuras 8.9 e 8.10**).

Nas duas pseudosseções a proporção de fundido produzido no campo da estauroлита é inferior a 6 % (**Figuras 8.11e e 8.11f**). O volume de fundido aumenta gradativamente com a temperatura, mas, à medida que a moda da biotita diminui, maior volume de fundido é gerado, chegando até 30 %, o que é esperado, já que a curva de quebra da biotita aparece acima de 800 °C. Para o intervalo *P-T* calculado, a pseudosseção prevê ocorrência de ortopiroxênio em condições de temperatura superior a 780 °C e pressão inferior a 3,5 kbar.

8.5 Isopletas e associações minerais em equilíbrio

8.5.1 Cianita-estauroлита-muscovita-granada-biotita xisto (CP-07)

No cianita-estauroлита-muscovita-granada-biotita xisto a associação mineral em equilíbrio consiste em $Ky + St + Grt + Bt + Ms + Pl + Qtz + Ilm \pm Rt + Liq$. Na pseudosseção, essa associação ocorre em dois campos restritos, um divariante, outro trivariante (campos 17 e 28, **Figura 8.9b**). Clorita ocorre como fase retrometamórfica, substituindo biotita na matriz ou em zonas de sombra de pressão de poucos porfiroblastos de granada, porém, sem definir associação em equilíbrio. A magnetita também é fase retrometamórfica, de ocorrência restrita, associada com biotita e ilmenita na matriz.

A granada e a biotita, tem X_{Mg} praticamente constante, de 0,06 a 0,19 e de 0,52 a 0,55, respectivamente. No diagrama AFM, granada não mostra variação, enquanto a biotita, apesar do conteúdo de Al^{total} variar pouco, de 1,70 a 1,82, mostra clara distinção entre a composição dos cristais do leucossoma e da matriz, estes exibem maior espalhamento no diagrama AFM (**Figura 8.12a**). As isopletas composicionais para X_{Mg} ao longo do intervalo

P - T calculado mostram distribuição semelhante para granada e biotita, ambas com valores crescentes em direção a condições de maior pressão e temperatura (**Figura 8.12b**).

Para condições de pressão superiores a 7,5 kbar a distribuição das isopletras de X_{Ca} na granada são controladas pela temperatura, com conteúdo de Ca diminuindo continuamente com o aumento da temperatura, até cerca de 585 °C. Ao entrar no campo de estabilidade do plagioclásio, as isopletras de X_{Ca} na granada passam a ser controladas também pela temperatura. Nessas condições, X_{Ca} na granada diminui rapidamente de 0,30 a 0,08 e, ao entrar no campo de estabilidade da estauroлита, as isopletras tornam-se mais espaçadas, com progressiva diminuição de X_{Ca} até 0,03, com a diminuição da pressão e aumento da temperatura (**Figura 8.12c**).

No plagioclásio há pouca variação composicional no conteúdo de Ca ao longo de grande parte do intervalo P - T da pseudosseção. Em condições *suprasolidus*, X_{Ca} praticamente não varia (0,20 – 0,28) até atingir pressão de aproximadamente 8 kbar, quando então X_{Ca} passa a diminuir continuamente com o aumento da pressão até atingir valores de 0,10. Em condições *subsolidus*, antes da curva de quebra da paragonita, a composição do plagioclásio é constante, com X_{Ca} entre 0,16 e 0,20. Com a formação de paragonita e ainda no campo de estabilidade da estauroлита o plagioclásio torna-se rapidamente mais cálcico, com X_{Ca} entre 0,16 e 0,36. Já fora do campo de estabilidade da estauroлита as isopletras de X_{Ca} no plagioclásio passam a ser controladas prioritariamente pela pressão (**Figura 8.12c**).

As isopletras de X_{Mg} modeladas para a estauroлита mostram distribuição controlada pela temperatura sob condições de pressão inferior a 8 kbar, onde X_{Mg} varia de 0,14 a 0,24. Acima desta pressão, X_{Mg} aumenta com o aumento da pressão (**Figura 8.12d**). Já o X_{Ti} é constante, em média 0,08, mas as isopletras modeladas mostram valores inferiores a 0,06. Na biotita, as isopletras modeladas para X_{Ti} mostram que a concentração de Ti aumenta progressivamente com a temperatura (**Figura 8.12e**).

Na muscovita o conteúdo de Na aumenta com a diminuição da proporção modal de paragonita e as isopletras de X_{Na} mostram distribuição controlada igualmente pela pressão e pela temperatura. Após passar da curva de quebra da paragonita, X_{Na} passa a diminuir em direção a curva de quebra da muscovita para então formar o feldspato potássico, já em condições *suprasolidus* (**Figura 8.12e**). Para o conteúdo de Al^{VI} na muscovita a pseudosseção fornece distinta distribuição de isopletras nos campos sub e *suprasolidus* e valores muito elevados para X_{AlVI} em relação aos minerais analisados. Em presença de paragonita, as isopletras de X_{AlVI} aumentam em direção a curva de quebra da paragonita e, após a passagem por esta curva, X_{AlVI} passa a ter diminuição controlada principalmente pela temperatura. Para

a biotita as isopletas modeladas para X_{AlVI} mostram valores muito inferiores aos valores reais obtidos, 0,28 a 0,36 (**Figura 8.12f**).

Com exceção do X_{AlVI} das micas e do X_{Ti} da estauroлита, a composição dos minerais pode ser refletida nas isopletas calculadas a partir da pseudosseção, porém nem sempre são compatíveis com os campos das associações em equilíbrio, como é o caso da granada. A granada tipo II e as bordas da granada tipo I possuem X_{Mg} equivalentes, entre 0,10 e 0,16, com X_{Mg} no núcleo da granada tipo I ainda mais baixo, entre 0,05 e 0,09. Ambos os intervalos não são compatíveis com as associações de equilíbrio da rocha. O mesmo padrão é observado para a distribuição de X_{Ca} . No núcleo da granada tipo I, X_{Ca} é elevado, entre 0,16 e 0,21, compatível com as isopletas fora do campo de estabilidade da estauroлита e cianita. Na granada tipo II e nas bordas da granada tipo I, X_{Ca} é menor, entre 0,04 e 0,10, com isopletas compatíveis com os campos das associações em equilíbrio.

Na biotita da matriz e do leucossoma, X_{Mg} é similar, entre 0,52 e 0,55, e as isopletas deste intervalo passam pelo campo da associação em equilíbrio. Já X_{Ti} é muito baixo, de 0,07 a 0,09 na biotita da matriz e de 0,09 a 0,10 na biotita do leucossoma. Em ambas, as isopletas ocorrem em condições de temperatura inferiores as da associação em equilíbrio. Situação semelhante é observada para X_{Mg} da estauroлита, cujos valores de 0,17 a 0,21 ocorrem em isopletas já no campo de estabilidade da clorita (**Figura 8.12d**).

No plagioclásio da matriz e nas bordas do plagioclásio do leucossoma, X_{Ca} é similar, entre 0,15 e 0,17, com isopletas compatíveis com a associação de equilíbrio, enquanto no núcleo do plagioclásio do leucossoma X_{Ca} é maior, entre 0,21 e 0,27.

Para testar a compatibilidade das isopletas calculadas com a composição química dos minerais analisados, foram definidos 3 conjuntos de minerais da associação em equilíbrio na rocha, diferenciados quanto ao tipo de porfiroblasto de granada presente no equilíbrio. Dois conjuntos, I-1 e I-2, são formados por Ky, St, Grt tipo I (**Figura 8.4a**), Bt, Ms, Pl e Qtz, e um conjunto, II-1, formado por Ky, St, Grt tipo II (**Figura 8.4g**), Bt, Ms, Pl e Qtz. De todas as isopletas apresentadas, apenas as de X_{Ca} na granada e no plagioclásio mostraram cruzamento nos conjuntos I-1 e I-2, que forneceram condições P - T de aproximadamente 8,9 kbar e 680 °C, dentro do campo 28 (**Figuras 8.9 e 8.12c**).

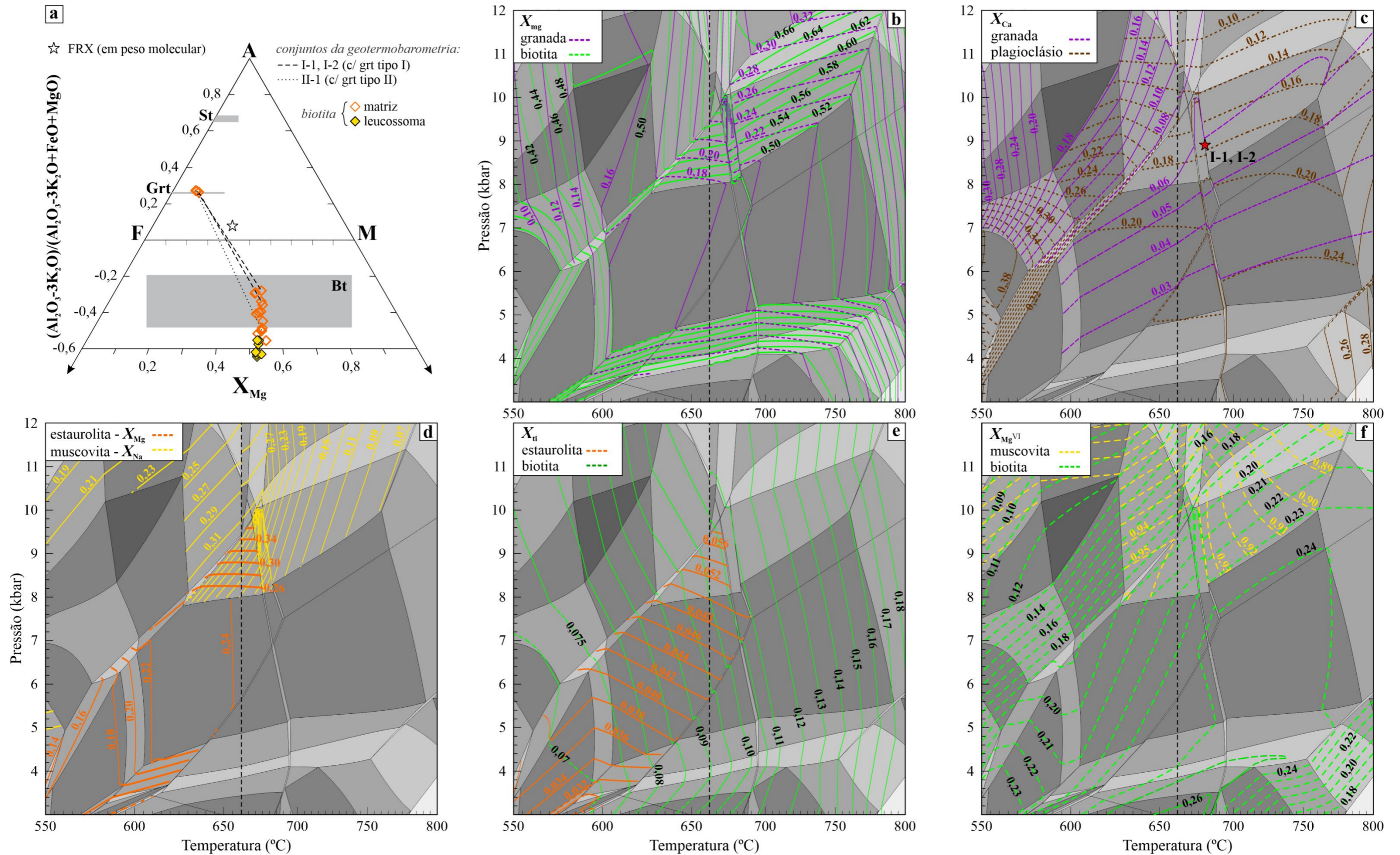


Figura 8.12: a) Variação composicional da biotita da amostra CP-07 plotada no diagrama AFM, modificado de Thompson (1957); Isopletas calculadas para parâmetros composicionais dos minerais da amostra CP-07; b) X_{Mg} da granada e da biotita; c) X_{Ca} da granada e do plagioclásio; d) X_{Mg} da estaurolita e X_{Na} da muscovita; e) X_{Ti} da biotita e da estaurolita; f) X_{Al}^{VI} das micas. A estrela indica cruzamento de isopletas composicionais.

8.5.2 Muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita xisto (CP-333)

No muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita xisto foram reconhecidas três associações minerais, “A”, “B” e “C”, divididas com base no contexto textural das duas gerações de granada e cianita (**Tabela 8-2**).

A associação “A” ocorre exclusivamente nos *pods* assimétricos amoldados pela foliação externa, mas internamente não estão deformados, podendo ser considerados relíquias do metamorfismo pré-deformacional. A associação mineral “B” representa a associação mineral em equilíbrio dominante na rocha. Nesta associação estão presentes as segundas gerações de cianita, *sin-S₂* , e granada, *inter a sin-S₂* (feições II, III e IV). A associação “C” ocorre localmente, e é marcada pelo equilíbrio de sillimanita tardia, *sin- a pós-S₂* . Esta associação, apesar de ter sillimanita, como visto na pseudosseção (**Figura 8.14b**), é de temperatura mais baixa. Clorita e magnetita ocorrem no mesmo contexto da amostra CP-07, sem definir associação em equilíbrio e são consideradas retrometamórficas.

Tabela 8-2: Associações minerais da amostra CP-333 e feições definidas para aplicação dos métodos geotermobarométricos.

Associação mineral	Associação - feição da granada - conjunto
A. ky + grt + bt + ms + pl + qtz + ru + ilm + liq	A-I-1, A-I-2 e A-I-3
B. ky ± st + grt + bt ± ms + pl + qtz + ilm ± ru ± liq	B-II-1, B-IV-1
C. st + grt + bt + ms + pl + qtz + ilm ± mt ± sill	-----

A pseudosseção construída reflete os campos de equilíbrio das associações definidas na petrografia. A preservação da associação “A” é condicionada pela presença dos porfiroblastos de cianita. Essa associação pode ser encontrada em dois campos da pseudosseção, um amplo e trivalente, formado por grt + pl + ms + bt + ky + ilm + rt + qtz + liq, e outro divalente, com adição de H₂O ao equilíbrio trivalente (campo 32, **Figura 8.10b**).

A associação “B”, em função da presença de estauroлита, muscovita, rutilo e líquido, aparece em onze campos distintos penta- a divariantes (campos 20, 31, 33 a 39, 41 e 42, **Figuras 8.10a e 8.10b**). A associação “C” pode ocorrer em três campos de equilíbrio em função da presença ou ausência de sillimanita e muscovita. Essa associação pode conter magnetita tardia, formada a partir da ilmenita e associada à biotita, no entanto, o modelo prevê a ocorrência de magnetita estável em associações com cordierita, fase que não ocorre na rocha.

A granada mostra diminuição nos valores de X_{Mg} à medida que muda seu contexto textural. Na primeira geração de crescimento (feição I, **Figura 8.5a**), X_{Mg} é maior e varia de 0,18 a 0,20, com abrupta diminuição nas bordas, onde X_{Mg} varia de 0,15 a 0,17. A granada da segunda geração de crescimento tem bordas com menor X_{Mg} , de 0,15 a 0,16 (feição IV, **Figura 8.5d**), e, ao longo dos cristais, X_{Mg} varia de 0,17 a 0,19, mas os valores elevados podem ser compatíveis com relíquias de granada da primeira geração de crescimento.

Biotita inclusa no núcleo da primeira geração de granada possui valores de X_{Mg} mais elevados (0,57 a 0,63) em relação à biotita da matriz, com X_{Mg} de 0,50 a 0,54 (**Figura 8.13a**). Com o aumento da temperatura a biotita se torna mais rica em Mg e sua composição varre o diagrama AFM (Spear, 1993), em virtude da substituição $Fe^{2+} \leftrightarrow Mg^{2+}$ que ocorre entre granada e biotita. No entanto, as isopletras calculadas para X_{Mg} na biotita mostram que as variações são controladas também pela pressão, efeito similar é observado para as isopletras de X_{Mg} na granada (**Figura 8.13b**).

A similaridade dos perfis composicionais das duas gerações de granada (**Figuras 8.5e e 8.5h**) também pode ser vista através dos valores de X_{Mg} , com ambas mostrando intervalo de 0,15 a 0,17, enquanto a granada das feições II e III mostram variação levemente superior, com X_{Mg} entre 0,13 a 0,19. Variações no conteúdo de Ca nas duas gerações de granada são heterogêneas e sutis, com X_{Ca} entre 0,06 e 0,12. As isopletras entre tais valores são espaçadas e controladas pela pressão e pela temperatura (**Figura 8.13c**).

A distribuição das isopletras de X_{Ca} no plagioclásio é distinta para condições *sub-* e *suprasolidus*. Em condições *subsolidus*, antes de coexistir com paragonita, entre 3 e 8 kbar e entre 550 °C e o início da fusão em 675 - 693 °C, a composição do plagioclásio é praticamente constante, com X_{Ca} de 0,30 a 0,36, e na pseudosseção as isopletras são espaçadas. Em associações com paragonita, X_{Ca} aumenta rapidamente até 0,50, quando então o plagioclásio se torna instável. O mesmo efeito de mudança abrupta em sua composição ocorre assim que o fundido é gerado, sob pressão inferior a 8 kbar. O plagioclásio rapidamente se torna mais cálcico, com X_{Ca} de 0,32 a 0,38, enquanto ainda há H₂O. Quando a água é consumida, as isopletras de X_{Ca} se tornam mais espaçadas e o Ca vai diminuindo com o aumento da pressão (**Figura 8.13c**).

As isopletras modeladas para estaurolita, muscovita, X_{Ti} e X_{AlVI} na biotita mostram valores e distribuição similares às apresentadas para a amostra CP-07. Na estaurolita da amostra CP-333, X_{Mg} varia de 0,16 a 0,21 e X_{Ti} também é constante, em média 0,08, superior aos valores das isopletras modeladas (**Figuras 8.13d e 8.13e**).

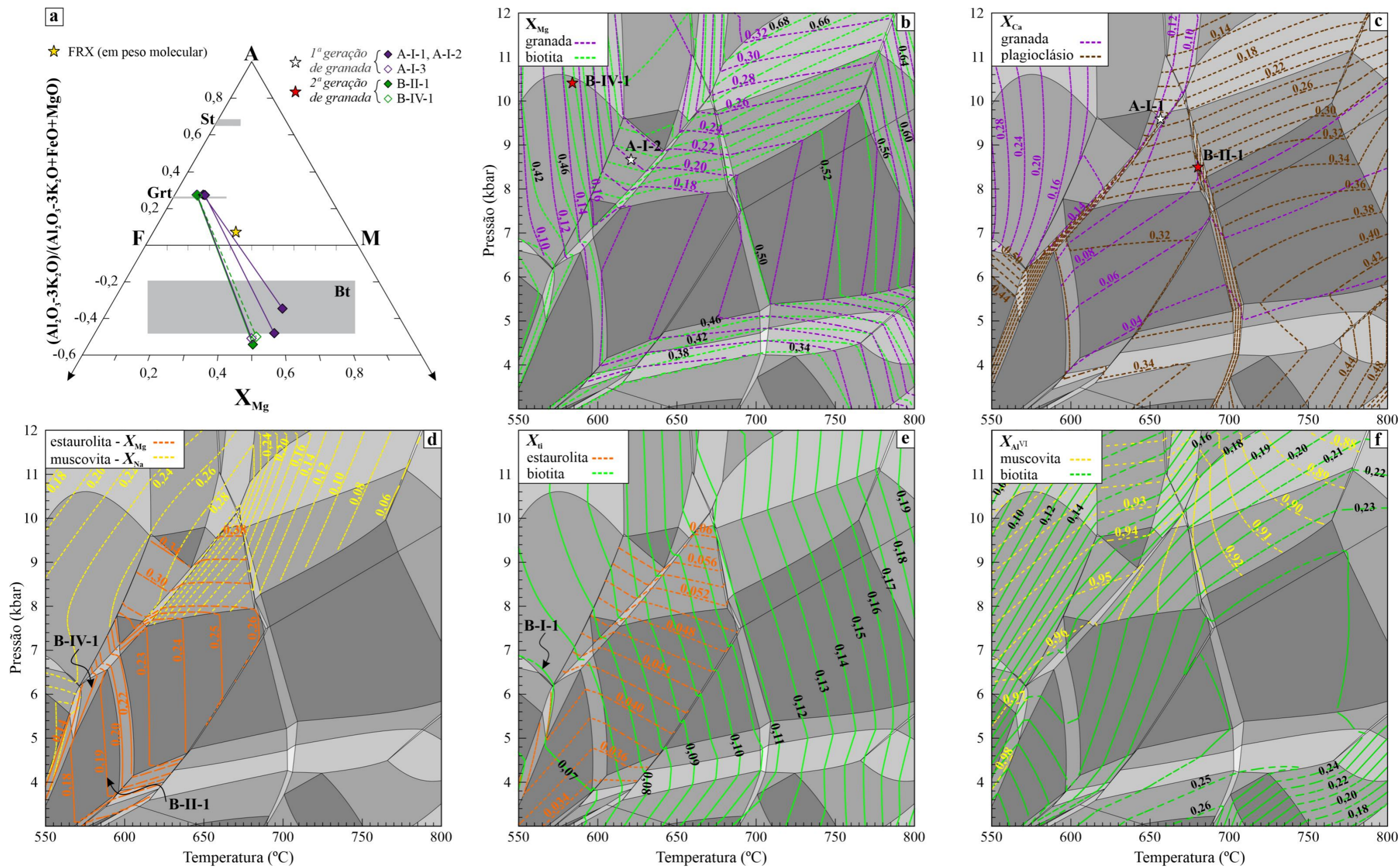


Figura 8.13: a) Variação composicional da biotita da amostra CP-333 plotada no diagrama AFM, modificado de Thompson (1957); Isopletas calculadas para parâmetros composicionais dos minerais da amostra CP-333; b) X_{Mg} da granada e da biotita; c) X_{Ca} da granada e do plagioclásio; d) X_{Mg} da estaurolita e X_{Na} da muscovita; e) X_{Ti} da biotita e da estaurolita; f) $X_{Al^{VI}}$ das micas. As estrelas indicam o cruzamento das isopletas de minerais em uma mesma associação em equilíbrio.

Na biotita, os menores valores para X_{Ti} são encontrados nos cristais inclusos na primeira geração de granada, onde X_{Ti} varia entre 0,036 e 0,054. Mas estes valores ocorrem em temperaturas inferiores a 550 °C e não são mostrados na pseudosseção. A biotita inclusa na segunda geração de granada possui concentração de Ti ligeiramente superior, mas apenas dois cristais foram analisados, com X_{Ti} de 0,061 e 0,066, não sendo coerente afirmar que há variação composicional. Na biotita da matriz a concentração de Ti é maior e mais variável, com X_{Ti} entre 0,06 e 0,09. As isopletras modeladas para X_{AlVI} na biotita também mostram valores muito inferiores aos valores reais obtidos, 0,37 a 0,41 (**Figuras 8.13e e 8.13f**).

Os valores para as isopletras modeladas, de maneira geral, ou passam em campos de equilíbrio distintos aos das associações minerais presentes na rocha, ou não aparecem para as condições $P-T$ apresentadas na pseudosseção. A granada das duas gerações tem composição química similar e, portanto, as isopletras calculadas mostram os mesmos intervalos, no entanto, nos cristais de granada que não foram reequilibrados, era esperado as isopletras fornecessem intervalos distintos, o que não é observado no modelo. Isopletras de X_{Fe} na granada compatíveis com a composição química analisada ocorrem em condições $P-T$ inferiores às das associações observadas. Já para X_{Ca} no plagioclásio, só há isopletras compatíveis para pressão superior a 8 kbar.

As composições para as isopletras de estauroлита, quando aparecem no intervalo $P-T$ definido, estão sempre associadas à equilíbrios com clorita, sugerindo forte reequilíbrio dessa fase durante o retrometamorfismo. Para a muscovita, X_{Na} mostra isopletras compatíveis com os campos onde ocorrem as associações A, B e C, enquanto X_{AlVI} , para condições de pressão superiores a 9 kbar, mostra valores compatíveis apenas com associação A.

Dos conjuntos de minerais definidos para as associações “A” e “B” (**Tabela 8-2**), em três foi possível cruzar isopletras na tentativa de identificar condições $P-T$. As isopletras de X_{Mg} para granada e biotita se cruzam em intervalo onde predominam equilíbrios contendo paragonita, fornecendo condições $P-T$ incompatíveis com as associações que caracteristicamente contem cianita estável (**Figura 8.13b**). O conjunto B-II-1 foi o que melhor se ajustou, através do cruzamento das isopletras de X_{Ca} na granada e no plagioclásio, fornecendo condições $P-T$ de 8,5 kbar e 680,5 °C (**Figuras 8.10b e 8.13c**).

8.6 Geotermobarometria

8.6.1 Average P-T

Para os cálculos via geotermobarometria otimizada foram escolhidas composições químicas de minerais presentes em um mesmo domínio textural das associações em equilíbrio

identificadas apresentadas na seção 8.5. Alguns dos conjuntos podem ser vistos nas figuras apresentadas na seção 8.3 (amostra CP-07, conjunto II-1, **Figura 8.4g**; amostra CP-333, conjunto B-IV-1, **Figura 8.5d**; conjuntos A-I-1 e A-I-3, **Figura 8.5a**). Os resultados obtidos estão sumarizados na **Tabela 8-3** e as reações linearmente independentes definidas em cada conjunto são apresentadas no **Apêndice G**.

Tabela 8-3: Dados calculados pelo average P-T.

Amostra	Conjunto	T (°C)	σ	P (kbar)	σ	correlação
CP-07	I-1	651	11	8,2	0,6	0,67
	I-2	682	17	8,6	0,8	0,71
	II-1	658	13	7,7	0,9	0,74
CP-333	A-I-3	713	16	9,4	0,6	0,78
	B-II-1	683	12	8,3	0,5	0,71
	B-IV-1	689	15	8,5	0,6	0,71

Na cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita xisto (CP-07) os conjuntos I-1 e II-1 forneceram condições *P-T* dentro do campo da estaurolita, porém, fora do campo de estabilidade da cianita, enquanto o conjunto I-2, forneceu condições *P-T* ligeiramente acima da curva de quebra da estaurolita, em 682 °C e 8,6 kbar, porém muito próximas das condições *P-T* definidas através do cruzamento entre as isopletras de X_{Ca} na granada e no plagioclásio (**Figuras 8.12c** e **8.14a**). Para o muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita xisto (CP-333), os conjuntos estabelecidos para a associação “B” forneceram condições *P-T* que condizem, dentro das incertezas, com os campos de equilíbrio definidos na pseudosseção (**Figura 8.14b**).

Apesar de que o *dataset* utilizado para os cálculos das condições *P-T* não contém fases com ferro férrico e titânio, os resultados obtidos para as duas composições de rocha nas associações minerais do equilíbrio dominante, $Ky + St + Grt + Bt + Ms + Pl + Qtz + Ilm \pm Rt + Liq$, forneceram condições *P-T* compatíveis, em torno de 683 °C e 8,3 kbar. As inconsistências dos resultados obtidos para as associações que envolvem a granada tipo I na amostra CP-07 podem ser oriundas de uma junção de fatores, entre eles o maior reequilíbrio das micas durante o retrometamorfismo e a persistência da cianita no campo da estaurolita.

Para os equilíbrios envolvendo a primeira geração de granada na amostra CP-333, os conjuntos A-I-1 e A-I-2 os cálculos forneceram número insuficiente de reações devido à ausência de análises de plagioclásio. Foram feitos cálculos de P e T separadamente, mas apenas a pressão pôde ser determinada, $9,9 \pm 1$ e $8,6 \pm 0,9$ kbar, respectivamente. Tais

condições de pressão não possuem significado, pois além de não considerar o plagioclásio, a micas inclusas na granada não necessariamente estão em equilíbrio com a cianita. Além disso a difusão nas micas é mais rápida do que em outras fases e, para cristais muito finos, como é o caso das inclusões, é ainda mais rápida.

No conjunto A-I-3, onde a primeira geração de granada faz contato com a biotita da matriz, os cálculos forneceram condições *P-T*, em 713 °C e 9,4 kbar, porém fora do campo de estabilidade do rutilo. Isto pode estar relacionado ao reequilíbrio da granada com a matriz ou a escolha inadequada da quantidade de ferro férrico para a construção da pseudosseção, uma vez que, ao diminuir o conteúdo de Fe³⁺, a pressão na qual o rutilo aparece diminui.

8.6.2 Geotermômetro Zr em rutilo

Para o cálculo da temperatura com o termômetro *Zr-in-rutilo* foi utilizada a calibração de Tomkins et al., (2007), que, além da dependência da temperatura (Zack et al., 2004; Watson et al. 2006), insere a dependência da pressão na incorporação de Zr pelo rutilo (Tomkins et al., 2007). A pressão foi escolhida baseada na média dos resultados obtidos pela geotermobarometria otimizada (**Tabela 8-3**). Os resultados obtidos, bem como as concentrações dos elementos traço em ppm, acima do limite de detecção são mostrados na **Tabela 8-4**. Outros dados referentes aos resultados estão disponíveis nos **Apêndices E e G**.

Na amostra CP-07, rutilo ocorre na matriz como cristais orientados segundo a foliação principal, associados ao quartzo e às micas, ou incluso na estauroлита. Os cristais são homogêneos, com finas lamelas de ilmenita, ou apresentam coronas de ilmenita, às vezes com magnetita associada (**Figuras 8.15a-c**).

As análises forneceram teores de Sn, Ta, Sb, W e Hf abaixo do limite de detecção e concentrações de Zr entre 252 e 614 ppm, independentemente da posição do cristal e da coexistência ou não com ilmenita (**Figura 8.15e**). O teor de Si é amplamente variável, de 75 a 1360 ppm, e, mesmo para os valores superiores a 300 ppm, não está associado com elevado teor de Zr, descartando a possibilidade da presença de microinclusões de zircão (Luzivotto et al., 2009). Apesar do conteúdo de Fe não exercer influência na incorporação de Zr (Zack et al., 2004), análises com Fe > 12000 ppm foram descartadas por suspeita de mistura com micro lamelas de ilmenita.

Cristais de rutilo com corona de ilmenita parcial, ou bem desenvolvida, forneceram temperaturas de 686 ± 10 a 694 ± 11 °C nas bordas e 702 ± 14 °C no núcleo (**Figuras 8.15a e 8.15b**). Um cristal de rutilo homogêneo, incluso na estauroлита, apresentou conteúdo uniforme de Zr (481 a 511 ppm) e temperaturas entre 680 ± 9 e 686 ± 10 °C (**Figura 8.15c**),

compatíveis com as temperaturas nas bordas dos cristais com corona de ilmenita. Já o cristal de rutilo homogêneo, na matriz e sem corona de ilmenita, apresenta as menores concentrações de Zr (252 a 437 ppm) e forneceu a temperatura mais baixa, 627 ± 11 °C na borda e 672 ± 17 °C no núcleo (**Tabela 8-4**).

Na amostra CP-333, rutilo ocorre apenas como inclusões na cianita e na granada. Quando incluso na granada e na primeira geração de cianita, rutilo ocorre como agregados policristalinos irregulares, mas texturalmente homogêneos e com micro lamelas de ilmenita, ou como cristais granulares muito finos dispersos que mimetizaram os de ilmenita (**Figura 8.15d**). Quando incluso na segunda geração de cianita, rutilo ocorre de forma irregular e subordinada à ilmenita, que ainda preserva forma subidioblástica e alongada (**Figura 8.3f**). Esta feição é indicativa de crescimento de rutilo a partir da quebra da ilmenita durante o metamorfismo progressivo, tal como observado por Luzivotto et al. (2009).

Tabela 8-4: Concentração em ppm dos elementos traço em rutilo e resultado das temperaturas calculadas.

	Ponto	Posição	Si	Al	V	Sn	Cr	Fe	Zr	Nb	P (kbar)	T (°C)	σ
CP-07	1.1	borda	131	85	4576	-	1505	5581	533	5655	8.0	689	3
	1.2	núcleo	93	74	4680	-	1519	7190	614	7466	8.0	702	3
	1.3	borda	439	619	4840	-	1587	3918	533	8535	8.0	689	3
	2.1	borda	108	64	5135	-	2196	5262	511	10416	8.0	686	3
	2.3	borda	98	26	4502	-	1594	2347	548	4551	8.0	692	3
	3.1	borda	495	212	4521	-	1204	3117	481	9234	8.0	680	3
	3.2	núcleo	126	127	4428	-	1669	7594	503	9661	8.0	684	3
	3.3	borda	168	206	4459	-	1745	2930	511	9577	8.0	686	3
	4.1	núcleo	79	164	5620	-	2135	6117	474	16707	8.0	679	3
	5.1	borda	1360	1180	3139	-	363	1384	252	1852	8.0	627	3
	5.2	núcleo	612	677	5276	-	1676	4757	437	13701	8.0	672	5
	5.3	borda	238	196	2942	-	62	490	318	1824	8.0	646	4
	6.3	borda	318	191	4459	-	2456	1718	563	5453	8.0	694	5
CP-333	1.1	borda	-	223	-	150	980	868	267	2057	8.4	634	9
	1.2	núcleo'	596	257	-	145	987	739	186	1967	8.4	606	12
	1.3	núcleo'	-	116	-	109	984	787	244	2039	8.4	627	9
	1.4	borda	-	105	-	98	989	843	271	2003	8.4	635	9
	2.1	núcleo	257	170	-	134	879	1268	315	4115	9.4	651	8
	3.1	núcleo	342	181	-	174	843	1391	288	3745	9.4	644	8
	4.1	núcleo	66	199	-	141	894	1353	309	3348	9.4	650	8
	5.1	borda	40	154	-	116	1234	1677	345	4196	8.4	654	7
	5.2	núcleo	-	112	-	142	1448	3380	274	4130	8.4	636	9
	6.1	borda	-	159	-	-	829	6642	304	4879	9.4	648	8
	6.2	núcleo	-	123	-	113	774	2403	205	2863	9.4	618	11
	6.3	núcleo	-	66	-	132	794	2395	143	1766	9.4	591	15
	6.4	núcleo	58	104	-	106	841	3648	201	3073	9.4	616	11
	7.1	borda	-	116	-	128	813	1797	165	2923	8.4	597	13
	7.2	núcleo	-	131	-	98	835	2708	209	3633	8.4	615	11
7.3	núcleo	619	180	-	159	965	3136	250	6353	8.4	629	9	

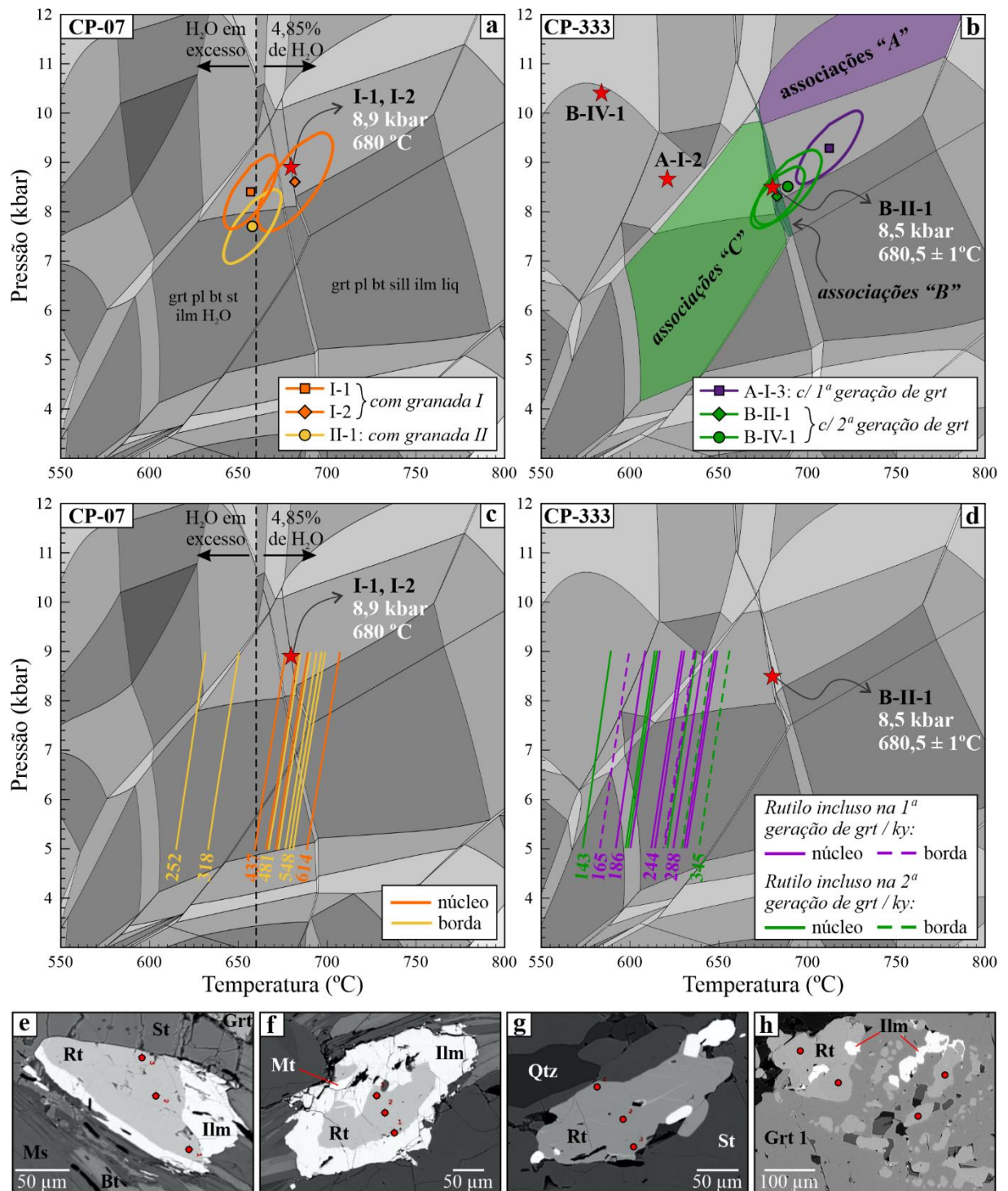


Figura 8.14: Resultados dos cálculos por geotermobarometria otimizada para os conjuntos de associações em equilíbrio – a) amostra CP-07 e b) amostra CP-333. As estrelas indicam o cruzamento de isopletas minerais das associações em equilíbrio; Isopletas de Zr no rutilo – c) amostra CP-07 e d) amostra CP-333; e) Rutilo (Rt-1) na matriz, com corona parcial de ilmenita, amostra CP-07; f) Rutilo (Rt-2) na matriz, com corona de ilmenita bem desenvolvida e associada com magnetita, amostra CP-07; g) Rutilo (Rt-3) incluído em porfiroblasto de estaurolita; h) Cristais granulares de rutilo (Rt-6) homogêneo, associado com pouca ilmenita, incluídos na primeira geração de granada da amostra CP-333.

As análises forneceram teores de V, Sb, W e Hf abaixo do limite de detecção. Ao contrário da amostra CP-07, na amostra CP-333, rutilo possui teor de Sn baixo, entre 98 e

174 ppm, Si nem sempre é detectável e concentrações de Cr e Nb mais baixas. O teor de Zr é menor, de 143 a 345 ppm, também varia independentemente da posição do cristal, e forneceu temperaturas são mais baixas, de 591 ± 15 a 654 ± 7 °C (**Figura 8.15f**).

Mais do que a posição relativa do cristal, o teor de Zr e a temperatura estão relacionados ao contexto textural em que se encontra o rutilo. As maiores temperaturas foram registradas nos cristais granulares de rutilo inclusos na primeira geração de granada inclusa na cianita dos *Pods*, de 644 ± 9 a 651 ± 8 °C, e na borda do rutilo incluso na segunda geração de cianita, 654 ± 7 °C. Conforme aumenta a interação entre granada e cianita dos *Pods* com a matriz, o rutilo incluso nestas fases mostra diminuição do teor de Zr e, conseqüentemente, registra menores temperaturas, de 591 ± 15 a 635 ± 8 °C.

8.7 Geoquímica Isotópica Mineral

8.7.1 U-Pb em zircão

Na amostra CP-07, cianita-estauroлита-muscovita-granada-biotita xisto, três populações de zircão foram reconhecidas e são descritas em ordem decrescente de abundância:

(i) População formada por cristais prismáticos bipiramidais, incolor a rosa pálido, com terminações subangulosas a subarredondadas, relações comprimento/largura de 3:1 a 4:1 e tamanho entre 75 e 130 μm ao longo do eixo c. Internamente exibem baixa intensidade de luminescência e zoneamento oscilatório discreto (cristais 12 e 60, **Figura 8.15a**), muitas vezes acompanhado por zonas de alteração concêntrica (cristais 11 e 107, **Figura 8.15a**). Núcleo detríticos, quando presentes, mostram alta intensidade de luminescência e não preservaram a forma original do grão, apenas bordas irregulares, difusas, indicando reabsorção parcial (cristais 60 e 75, **Figura 8.15a**);

(ii) População formada por cristais prismáticos bipiramidais de cor amarela, com terminações subarredondadas, relações comprimento/largura de 2:1 a 3:1 e tamanho entre 150 e 250 μm ao longo do eixo c. Os cristais possuem fraturamento e escurecimento causado pela metamictização e inclusões de minerais opacos. Internamente exibem baixa intensidade de luminescência, zoneamento oscilatório discreto, às vezes acompanhado por zonas de alteração concêntrica (cristal 120, **Figura 8.15a**) ou com domínios de recristalização penetrativa, invadindo núcleos detríticos (cristal 15, **Figura 8.15a**). Os núcleos detríticos exibem bordas regulares e/ou ameboides, maior intensidade de luminescência, zoneamento oscilatório ou em setor

(cristais 24, 50 e 67), podendo ainda ser homogêneos, com intensidade de luminescência muito alta ou exibir textura esponjosa (cristais 71 e 120, **Figura 8.15a**); (iii) População formada por cristais ovoides de tamanho entre 150 e 200 μm . São incolores ou amarelados, fraturados e moderadamente metamictizados. Nesta população o sobrecrecimento é menos desenvolvido e não desenvolveu faces prismáticas. Internamente as bordas exibem baixa intensidade de luminescência e zonas de alteração concêntrica (cristais 168 e 171), ou são homogêneas, por vezes penetrativas (cristal 139, **Figura 8.15a**). Os núcleos detríticos são subarredondados ou têm bordas irregulares e internamente são homogêneos ou exibem zoneamento oscilatório, ambos com alta intensidade de luminescência (ou escuros ao BSE).

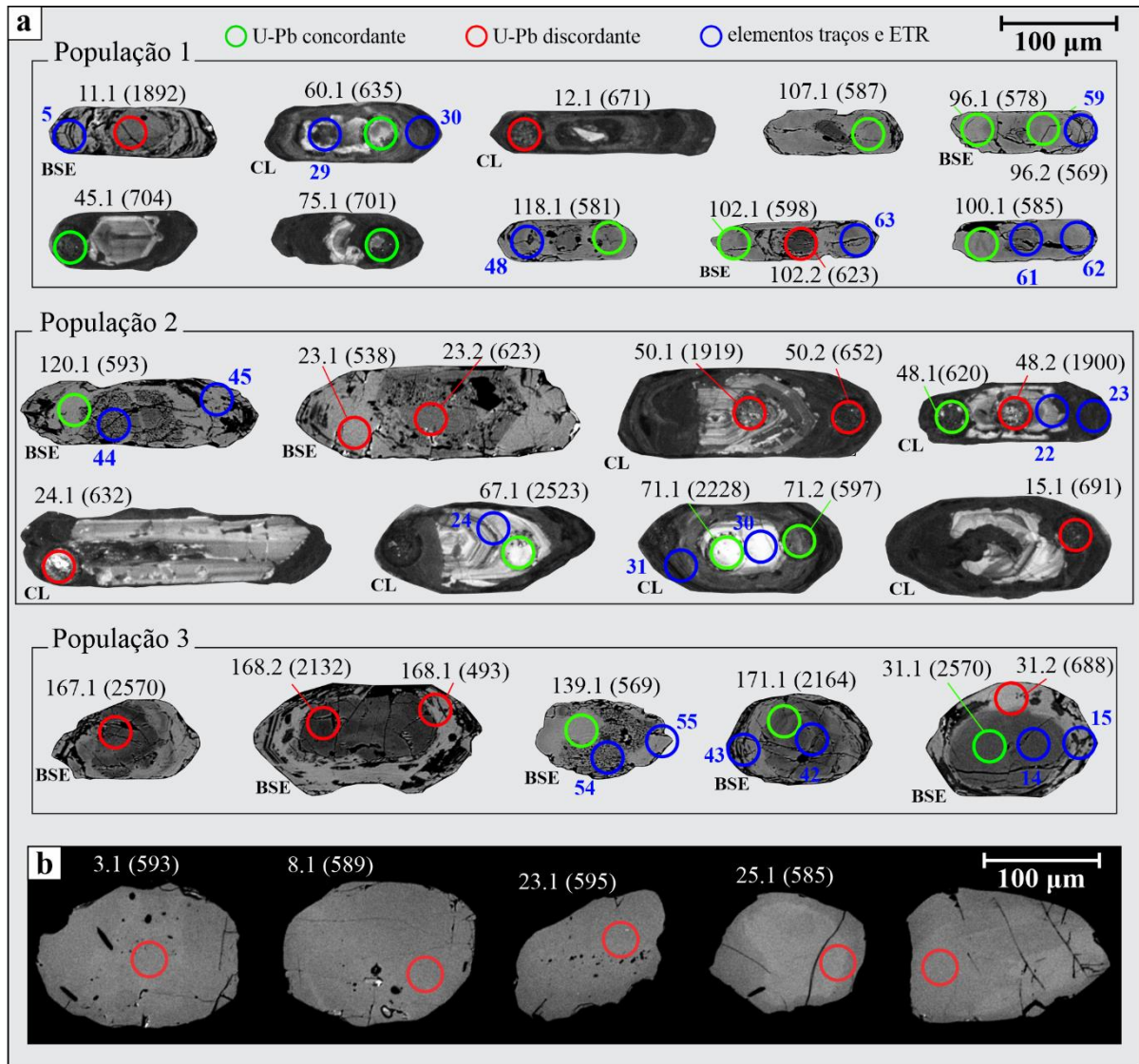


Figura 8.15: Imagens de catodoluminescência (CL) e de elétrons retroespalhados (BSE) de cristais de zircão (a) e monazita (b) representativos do cianita-estaurólita-muscovita-granada-biotita xisto (amostra CP-07) da Unidade Colônia. Estão indicadas as idades em Ma com 2σ de incerteza, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ para idades > 1000 e $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ para idades < 1000 .

Os cristais de zircão da amostra CP-07 apresentaram elevados índices de discordância na maioria das análises realizadas (**Apêndice H**), causadas pelo alto teor de chumbo comum e pela presença de microporosidades nos núcleos detríticos. Além disso, devido à granulação muito fina nos cristais da população 1, os cristais muitas vezes não suportaram todos os ciclos de contagem durante as análises e nem sempre foi possível isolar cada domínio textural. As relíquias de texturas primárias dentro de áreas recristalizadas observadas podem ser responsáveis por misturar as razões isotópicas (Corfu et al., 2003; Hoskin & Black, 2000), resultando também em discordâncias elevadas. Por estas razões foi adotada outra abordagem para o tratamento dos dados de U-Pb em zircão, descrita a seguir.

As análises obtidas foram separadas em quatro domínios texturais independentes das populações identificadas: núcleo detrítico; zonas de substituição/recristalização; zonas com mistura de domínios na borda, e; zona com mistura de domínios no núcleo. Os domínios texturais com mistura referem-se às porções onde há relíquias de texturas primárias dentro de áreas recristalizadas. Já as zonas de recristalização correspondem às porções homogêneas ou com zoneamento oscilatório discreto e/ou irregular.

Nos núcleos detríticos preservados, a razão Th/U varia de 0,27 a 2,76 (**Figura 8.16a**), enquanto nos demais domínios texturais, mesmo naqueles com zoneamento oscilatório, ela é inferior à 0,1, tal como em zircão de origem metamórfica (Rubatto et al., 1999; Hoskin & Black, 2000), sendo praticamente constante nos domínios recristalizados e mais variável nas porções com mistura de domínios (**Figura 8.16b**).

Do total de análises, 63 % dos dados têm concordância 100 ± 10 %, mas essa porcentagem diminui quando desconsideramos análises em porções recristalizadas ou com mistura de domínios. O gráfico de distribuição de densidade de probabilidades das idades (**Figura 8.16c**) mostra predomínio de idades no período Riaciano, no entanto, como muitos cristais não puderam ser considerados, devido ao elevado grau de discordância e às misturas de domínios texturais, a identificação da proveniência e estimativas de idade máxima de deposição para a Unidade Colônia não são estatisticamente viáveis.

Para avaliar o grau de comprometimento das datações obtidas, na **Figura 8.16d** estão plotadas todas as análises em zonas de recristalização e com mistura de domínios que forneceram concordância de 100 ± 5 %. Nas zonas com mistura de domínios no núcleo a perda de chumbo é mais significativa, enquanto nas bordas e nas zonas recristalizadas há variável grau de perda ou ganho de chumbo. As análises em zonas de mistura de domínios nas bordas dos cristais apresentam maior intervalo de datações, de 559 a 835 Ma, entretanto, sem significado geológico aparente.

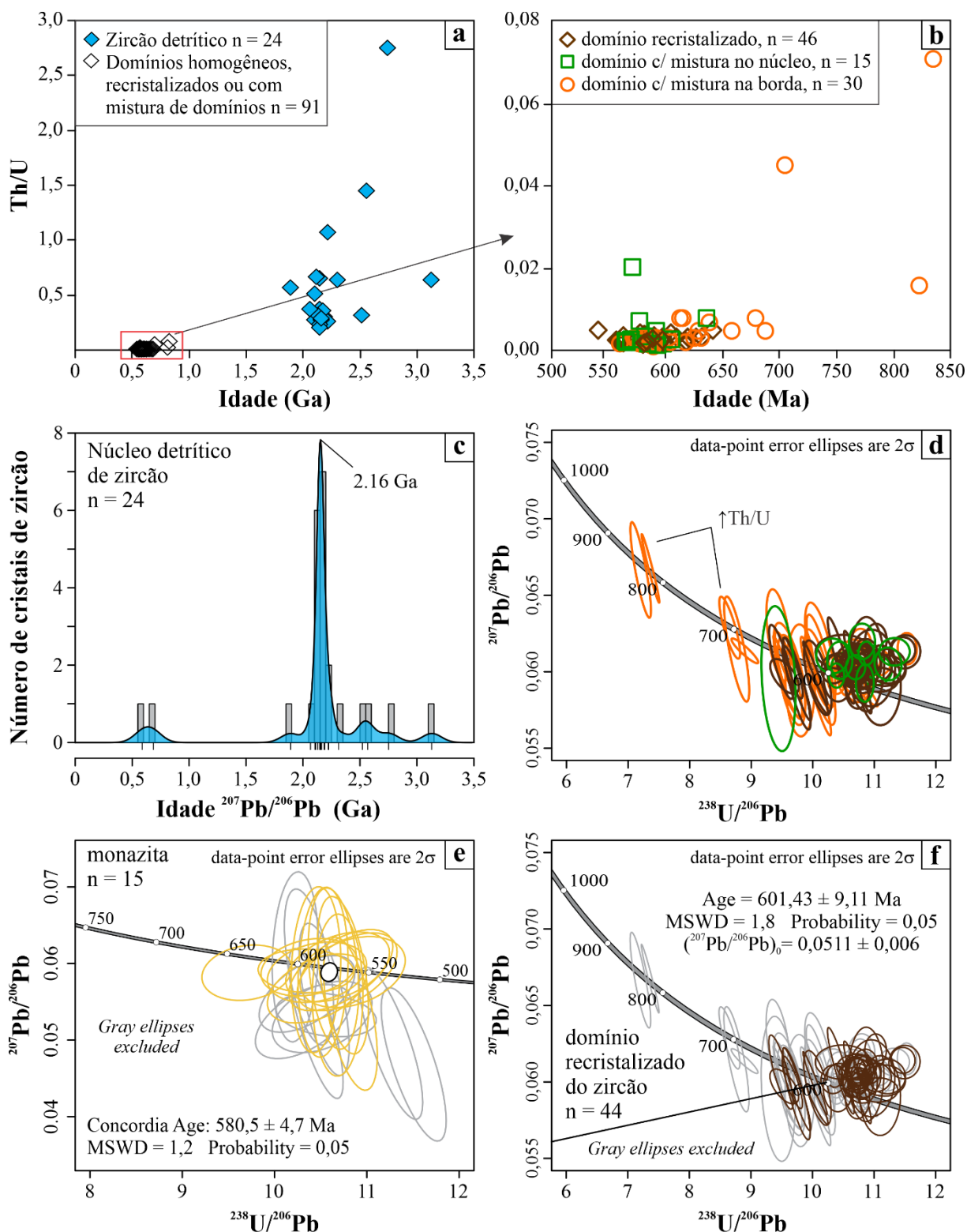


Figura 8.16: a) Gráfico da variação da razão Th/U em cristais de zircão do cianita-estaurólita-muscovita-granada-biotita xisto (CP-07), b) Gráfico da variação da razão Th/U nos diferentes domínios texturais onde houve recristalização; c) Diagrama Idade vs. Probabilidade Relativa utilizando a estimativa de densidade de Kernel (KDE – Kernel Density Estimator); d) Diagrama com a curva concórdia de Tera-Wasserburg com os pontos plotados sem os erros; e) Diagrama com a curva concórdia de Tera-Wasserburg para os cristais de monazita; f) Diagrama com a curva concórdia de Tera-Wasserburg para as porções recristalizadas do zircão.

As zonas de recristalização observadas nos cristais de zircão da amostra CP-07 são estruturas secundárias que geralmente apresentam zoneamento irregular, catodoluminescência homogênea e química de elementos traços contrastantes (Hoskin & Black, 2000; Rubatto, 2017). Quando o processo de recristalização do zircão é avançado, leva à extensas alterações, com total reabsorção dos núcleos detríticos e redefinição do sistema isotópico, “podendo gerar idades precisas e reproduzíveis” (Rubatto, 2017).

O grau de reabsorção dos núcleos detríticos foi maior nos cristais da população 1 e menor nos cristais das populações 2 e 3, estando diretamente relacionado com o tamanho dos cristais (**Figura 8.15a**). Considerando apenas as análises em zonas recristalizadas, 44 datações forneceram curva discórdia com intercepto em 601 ± 9 Ma, com MSWD de 1,8 (**Figura 8.16f**).

8.7.2 U-Pb em monazita

Os cristais de monazita da amostra CP-07 exibem cor amarelo pálido, escurecido quando há maior número de inclusões e impregnações de minerais opacos. O tamanho dos cristais varia de 130 – 240 μm e quanto à forma, não desenvolveram faces, podendo ser subarredondados a bem arredondados. Internamente predominam cristais homogêneos com raras relíquias de zonas difusas e irregulares (**Figura 8.15b**).

As análises nos cristais de monazita da amostra CP-07 forneceram elevados índices de discordância. Foram obtidos quinze pontos concordantes em cristais homogêneos que forneceram idade concórdia de 580 ± 4 Ma, com MSWD de 1,2 (**Figura 8.16e**).

8.8 Assinatura de Elementos Traço e Terras Raras em Zircão

As concentrações de elementos terras raras (ETR) em zircão do metapelito da Unidade Colônia são mais elevadas e não definem padrões de distribuição típicos para zircão (**Tabela 8-5, Figuras 8.17a e b**), tais como os padrões observados nos cristais de zircão da Unidade Serra do Ibituruna (Capítulo 7), mostrando diferenças em cada domínio textural, em geral como resultado do maior conteúdo de ETR (**Tabela 8-5**). Parte dos núcleos detríticos e das zonas recristalizadas preservaram parcialmente as formas típicas dos padrões de ETR em zircão, com anomalias bem definidas, positivas de Ce e negativas de Eu (**Figura 8.17a**), enquanto nas zonas com mistura de domínios nas bordas e nos núcleos os padrões mostram anomalias de Ce fracamente positivas, de baixa magnitude, Ce/Ce* entre 3,4 e 13,2, e anomalias de Eu fracamente negativas, também de baixa magnitude, Eu/Eu* entre 3,4 e 12,8 (**Figura 8.17b**).

Tabela 8-5: Intervalos das concentrações em ppm de elementos terras raras leves, médios e pesados por domínio textural. Valores de referência para o padrão do zircão 91500 extraídos de <http://georem.mpch-mainz.gwdg.de/>

Domínio textural	ETR leves	ETR médios	ETR pesados
Núcleo detrítico	28,1 – 192,9	25,7 – 214,1	347,6 – 1465,7
Mistura no núcleo	51,8 – 171,5	94 – 279,8	517,5 – 978,9
Mistura na borda	17,9 – 342,2	31,11 – 479,1	275,6 – 1144,3
Zona recristalizada	4,8 – 169,8	9,6 – 243,6	331,7 – 910,6
Zircón 91500	2,63	3,18	136,56

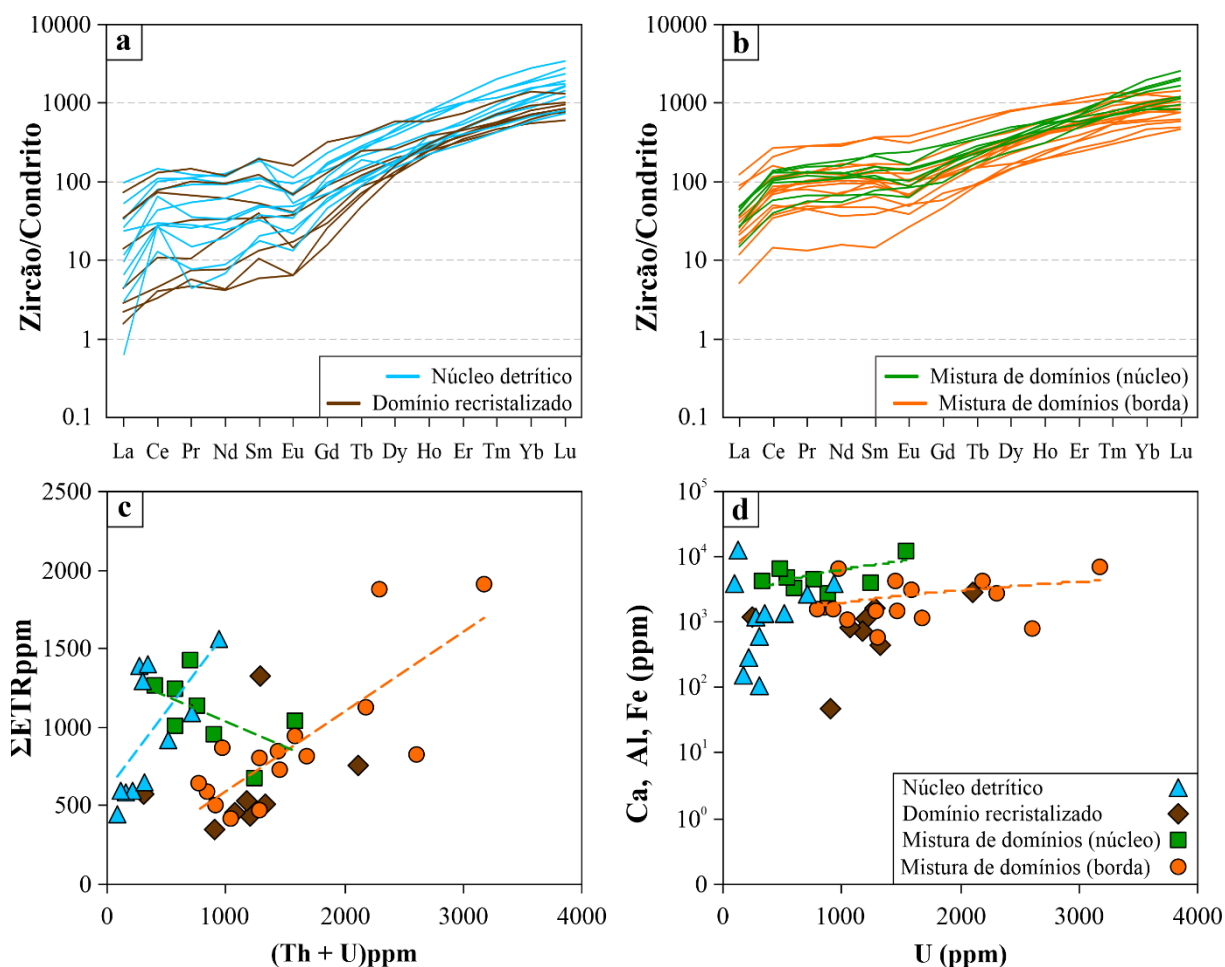


Figura 8.17: Padrões de distribuição dos elementos terras raras (ETR) em zircão do metapelito da Unidade Colônia, amostra CP-07. Em (a) para núcleos detríticos e zonas recristalizadas e homogêneas e em (b) para zonas com mistura de domínios. Valores normalizados pelo condrito de acordo com Sun & McDonough (1989); c) gráfico Th+U vs. Σ ETR; d) gráfico Ca+Al+Fe vs. U, adaptado de Rayner et al. (2005).

O aumento do teor de ETR é acompanhado por aumento de Th + U nos núcleos detríticos e nas zonas com misturas de domínios nas bordas dos cristais (**Figura 8.17c**). Esta maior concentração de ETR pode ser resultado de soluções sólidas com xenotímio (Bea, 1996), uma vez que está acompanhada por maiores teores de Y e P, ou mesmo do maior teor também de ETR leves. Os danos causados pela metamictização também levam ao aumento no conteúdo Th, U e de ETR médios e leves (Whitehouse & Kamber, 2002; Belousova et al.,

2002). Além da maior concentração de ETR, os cristais de zircão mostram maiores teores de Ca, Fe e Al, com as zonas com mistura de domínios no núcleo mais enriquecidas, de 2832 ppm a 1,26 %, seguidas pelas bordas, com 579 ppm a 0,66 % e zonas recristalizadas com 45 ppm a 0,28 % (**Figura 8.17d**).

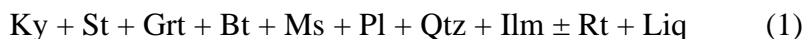
8.9 Discussões

8.9.1 Paragêneses e reações de equilíbrio

As duas amostras da Unidade Colônia investigadas neste trabalho mostram grande similaridade composicional, todavia, apresentam contraste mineralógico e textural, apesar de ambas terem sido coletadas próximas à Zona de Cisalhamento Cássia – Fortaleza de Minas. Em linhas gerais, enquanto o cianita-estaurolita-muscovita-granada-biotita xisto (CP-07) exibe feições indicativas de fusão parcial (tópico 8.1), no muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita xisto (CP-333) granada e cianita preservam texturas que registram diferentes etapas da evolução metamórfica da rocha.

Na amostra CP-333 as feições de fusão não são tão evidentes devido à maior taxa de deformação da rocha, ainda assim, localmente foram preservadas na forma de cristais de plagioclásio intersticial, com ou sem quartzo associado, mimetizando líquido silicático (**Figura 8.e**). Mesmo a forma alongada e subidioblástica de alguns cristais de plagioclásio sugere cristalização em condições inter a sin-deformacionais (**Figura 8.3d**). Em algumas intercalações de lentes com textura granoblástica, o plagioclásio ocorre como cristais subidioblásticos ao longo das bordas, enquanto o núcleo é formado por amplos cristais de quartzo com contatos interlobados, formados pelo resfriamento e cristalização das bordas em direção ao núcleo, sugerindo que a cristalização do fundido foi sin-S₂.

Admitindo que os metapelitos da Unidade Colônia cruzaram a curva *solidus*, independente da proporção relativa entre os minerais e as texturas geradas, a associação em equilíbrio nas duas amostras consiste em (1):



Nas topologias das pseudosseções construídas para os metapelitos da Unidade Colônia, os pontos invariantes [ms, liq] e [st, liq] indicam, no sistema NCKFMASHTO, que as reações de fusão para as amostras CP-07 e CP-333 podem ser expressas, respectivamente, pelas reações (2) e (3). Já para condições de pressão inferior a 8 kbar, a geração de fundido fica restrita à desidratação e fusão envolvendo estaurolita, através das reações (4) e (5)



Nas pseudosseções, dois aspectos são notáveis nas reações que deram origem à associação em equilíbrio dessas rochas (1), o primeiro é com relação à formação da cianita. Na amostra CP-07, cianita é formada após a fusão e o consumo de toda a água do sistema (**Figura 8.18a**). Já na amostra CP-333, a curva de entrada da cianita pode ocorrer antes ou depois da fusão, dependendo das condições de pressão (**Figuras 8.10a, 8.10b e 8.18b**). Essa diferença pode ser atribuída à maior quantidade de H₂O utilizada para a construção da pseudosseção da amostra CP-333 e às diferenças na composição das rochas.

O segundo aspecto é com relação à proporção modal de muscovita prevista nas pseudosseções. Nas duas amostras essa proporção é a mesma antes de atingir os campos de estabilidade da paragonita, em condições *subsólidas* (**Figuras 8.11c e 8.11d**). Na amostra CP-333 essa proporção é relativamente condizente com o que é observado na petrografia, enquanto na amostra CP-07, a proporção calculada é muito mais baixa do que a proporção real de muscovita na rocha, e para a maioria dos campos de estabilidade com paragonita, muscovita é ausente (**Figura 8.11c**). Este efeito pode ter sido causado devido à impossibilidade de separar o leucossoma da amostra CP-07 para a análise química de rocha total, resultando em expansão do campo de estabilidade do plagioclásio e excesso de paragonita sendo estabilizada no lugar da muscovita (**Figura 8.9**).

As reações 2-5 geram de 2 a 8 % de fundido (**Figura 8.11e**), que é uma quantidade muito pequena em relação a proporção de leucossoma presente na amostra CP-07, e, ao mesmo tempo, elevada quando comparada ao volume esperado de fundido gerado nessas condições de pressão e temperatura (Thompson e Connolly, 1995; Spear et al., 1999; García-Casco et al., 2003). A água residual liberada pelas reações de desidratação das micas em condições *subsólidas* é capaz de produzir menos de 0,5 % de fundido na curva *sólida* em condições saturadas (Thompson e Connolly, 1995). A desidratação de outras fases, tais como talco, clorita, cloritóide e estauroilita, produzem proporções ainda menores de fundido (Thompson e Connolly, 1995). Estauroilita contém pouca H₂O, sendo necessário a quebra de ~10 % em proporção modal, em condições onde haja pelo menos 10 % em peso de H₂O no fundido, para produzir apenas ~2 % de fundido sob condições de temperatura < 700 °C e pressão superior a 6 kbar (Thompson e Connolly, 1995; Spear et al., 1999; García-Casco et

al., 2003). Essa proporção de fundido é dificilmente detectável petrograficamente (Spear et al., 1999), o que não é o caso da amostra CP-07, que desenvolveu bolsões de leucossoma com dimensões milimétricas a centimétricas (**Figuras 8.2d-h**).

Trabalhos que reportam a ocorrência natural de estaurólita em alto grau são escassos. Ashworth (1975) descreve semipelitos sem muscovita e com estaurólita formada durante o retrometamorfismo precoce, pós migmatização, na zona da sillimanita/ feldspato potássico. Na ausência de muscovita, estaurólita pode ocorrer em condições de maior temperatura e formar associações com cordierita e sillimanita (Ashworth, 1975), tal como pode ser observado nas pseudosseções calculadas para os metapelitos da Unidade Colônia, mas para condições *subsolidus*, sem feldspato potássico (**Figuras 8.9 e 8.10**).

Outro ponto apresentado por Ashworth (1975) é com relação ao maior teor de zinco na estaurólita de alto grau, cujo papel é mais importante que o Mg na estabilidade da estaurólita para maiores temperaturas. No muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita xisto (CP-333) a proporção de estaurólita é inferior a 3 % e ela é caracteristicamente enriquecida em Zn através do vetor de substituição $ZnFe_{-1}$ (**Figura 8.8b**), o que pode suportar que a estaurólita ocorre como fase metaestável para condições *suprasolidus* na amostra CP-333.

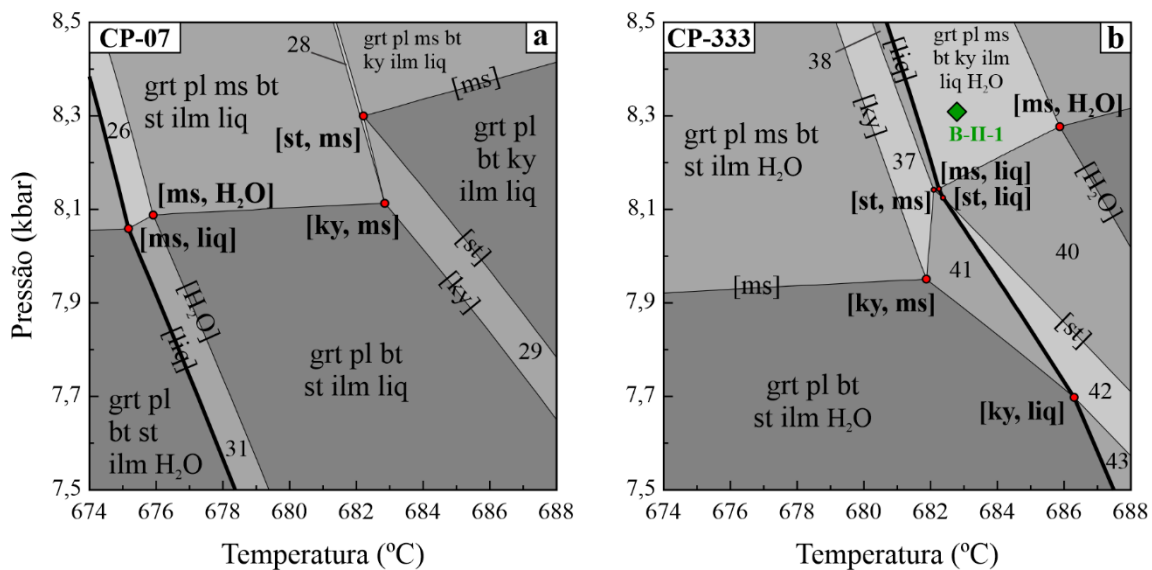


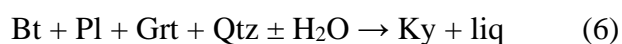
Figura 8.18: Detalhe para os campos de equilíbrio e as topologias que indicam as reações de fusão para os metapelitos da Unidade Colônia. Os pontos vermelhos indicam os pontos invariantes calculados - a) para a amostra CP-07; b) para a amostra CP-333.

García-Casco et al. (2003) sintetizaram estaurólita em condições de temperatura entre 675 e 700 °C e pressão entre 6 e 10 kbar, através da fusão em presença de fluidos a partir de amostras de metapelito. Além do maior teor de Zn, a estaurólita formada em equilíbrio com o fundido possui maiores teores de Mg e Ti (García-Casco et al., 2003). A

ausência de variações composicionais sistemáticas na estauroлита da amostra CP-07 não permite distinguir as duas gerações observadas, mas as bordas irregulares observadas nos cristais da primeira geração sugerem que eles possam ter parcialmente resistido à fusão e se reestabilizado durante o resfriamento da rocha (**Figuras 8.2a e 8.2b**). Já os cristais idiomórficos de estauroлита que ocorrem junto ao leucossoma podem representar a geração de estauroлита em equilíbrio com o fundido, mas esses cristais são escassos e não puderam ser analisados. Deve-se salientar que a fusão em baixa temperatura pela quebra da estauroлита, como indicado por García-Casco et al. (2003) e aqui observado, não está em intervalo de temperatura muito abaixo que a quebra da muscovita em presença de água, havendo praticamente uma sobreposição destas condições.

A grade petrogenética no sistema NKFMAASH, desenvolvida por García-Casco et al. (2001 e 2003) considera estauroлита estável com fundido e feldspato potássico em topologias com condições *P-T* similares às obtidas nas pseudosseções construídas para os metapelitos da Unidade Colônia (**Figuras 8.9a e 8.10a**), entretanto, eles não possuem feldspato potássico em sua composição. O leucossoma gerado na fusão parcial do cianita-estauroлита-muscovita-granada-biotita xisto tem composição tonalítica e caráter levemente peraluminoso (**Apêndice D**). Mesmo tratando-se de um pelito pobre em alumínio, era esperado caráter mais aluminoso para o leucossoma da rocha.

Com relação a composição do fundido gerado, as isopletras calculadas indicam que próximo à curva *solidus*, em condições de maior pressão, a desidratação da paragonita e da muscovita resultam em fundido inicialmente mais rico em Na. Fora do campo de estabilidade da muscovita, a medida em que aumenta a temperatura, sob pressão constante, o fundido se torna mais rico em K e Ca e mais pobre em Na, indicando que biotita e plagioclásio são os reagentes para a formação do fundido, resultando na associação “A” (**Tabela 8.2**) formada durante o pico metamórfico, representada pela reação (6)



8.9.2 Idades do equilíbrio de fases acessórias

As estruturas internas e a composição química do zircão dos metapelitos da Unidade Colônia apontam que o tratamento dos dados de U-Pb em zircão detrítico de rochas metamórficas deve ser feito de forma mais criteriosa. O zircão formado durante o metamorfismo pode gerar estruturas distintas de acordo com as condições *P-T* (Rubatto, 2017), obliterando as estruturas do zircão pré-existentes. As texturas internas dos cristais de

zircão dos metapelitos da Unidade Colônia registram o progresso dos processos de substituição/recristalização. A presença de cristais com variável grau de preservação do núcleo detrítico indica que tais processos ocorreram de forma heterogênea (**Figura 8.15a**), porém, afetando principalmente os cristais mais finos da população 1, e implicam na impossibilidade de interpretações quanto à proveniência sedimentar para os metapelitos da Unidade Colônia.

Durante os processos de substituição/recristalização, os elementos traço dos núcleos detríticos podem ser removidos e particionados com as frentes de recristalização (Hoskin & Black, 2000) e, assim como as razões isotópicas, a abundância de elementos traço também pode ser afetada pela presença de relíquias de texturas primárias dentro de áreas recristalizadas se ela não for eficiente ou ocorrer em sistema aberto (Corfu et al., 2003; Hoskin & Black, 2000).

Os cristais com núcleo detrítico total ou parcialmente preservados tendem a apresentar maior grau de metamictização e, conseqüentemente, mostram correlação positiva entre o conteúdo de ETR e Th + U. Os danos na estrutura cristalina são representados pelas microporosidades e fraturas concentradas nos núcleos detríticos. As bordas dos cristais são límpidas e aparentam homogeneidade, entretanto as imagens de elétrons retroespalhados (BSE) revelam zonas de alteração concêntrica enriquecidas em Ca, Fe, Al e ETR leves. Estes elementos não são compatíveis com a estrutura do zircão, mas podem penetrar em suas microporosidades e fraturas durante o metamorfismo de baixo grau com fluidos associados (Geisler et al., 2003a, 2007; Nasdala et al., 2010; Rubatto, 2017).

A recuperação de zircão metamictizado é lenta (Geisler et al., 2001a), mas pode ser aprimorada pelo aumento de temperatura e pela presença de fluidos (Geisler et al., 2001b), que facilitam o processo de recristalização e podem gerar zircão prismático (Geisler et al., 2003a; Corfu et al., 2003). O elevado grau de metassomatização das rochas metaultramáficas intercaladas aos metapelitos (Capítulo 10) e as mineralizações auríferas e de sulfetos de Cu-Fe-Zn (Feola, 2004) presentes na Unidade Colônia são reflexo de atividade hidrotermal e podem responder pelas formas e texturas observadas nos cristais de zircão das populações 1 e 2. O gráfico La vs. $(Sm/La)_N$ mostra que, mesmo os núcleos detríticos que forneceram datações concordantes (**Apêndice H**) tiveram a distribuição de elementos traço comprometida, resultando em características de zircão hidrotermal (**Figura 8.19a**).

Além da atuação de fase fluida, a fusão nos metapelitos da Unidade Colônia também pode ter tido importante papel durante a recuperação do zircão. Geisler et al. (2007) apontam dois mecanismos de reequilíbrio no zircão, (i) por reações de difusão no estado sólido em

presença de fluidos, a partir de estruturas metamicticas, e (ii) por dissolução e reprecipitação em presença de fluidos ou fundido, a partir de uma solução sólida de zircão. Estes mecanismos podem ser distinguidos quimicamente, com maiores concentrações de elementos exóticos à estrutura cristalina do zircão, tais como Ca, Fe, Mn e Al, em (i) e menores concentrações de elementos traço em (ii) (Geisler et al., 2003b, 2007; Rubatto, 2017).

O enriquecimento em Ca, Fe e Al é acompanhado por perdas de Zr, Si, U, Th, Hf, ETR e Pb radiogênico, resultando em realce na intensidade de luminescência e dados discordantes (Geisler et al., 2007; Nasdala et al., 2010). No entanto, as zonas recristalizadas ou com mistura de domínios exibem altos teores de U e ETR, gerando caracteristicamente baixa intensidade de luminescência, podendo mostrar tanto perda, como ganho de Pb radiogênico, e dados com mais de 95 % de concordância (**Figura 8.19b**), sugerindo reequilíbrio das razões isotópicas. Assim, os cristais de zircão da Unidade Colônia registram tanto o reequilíbrio por processos de dissolução-reprecipitação gerados pela interação com o fundido, como também por processos de difusão no estado sólido através da interação com fluidos tardios.

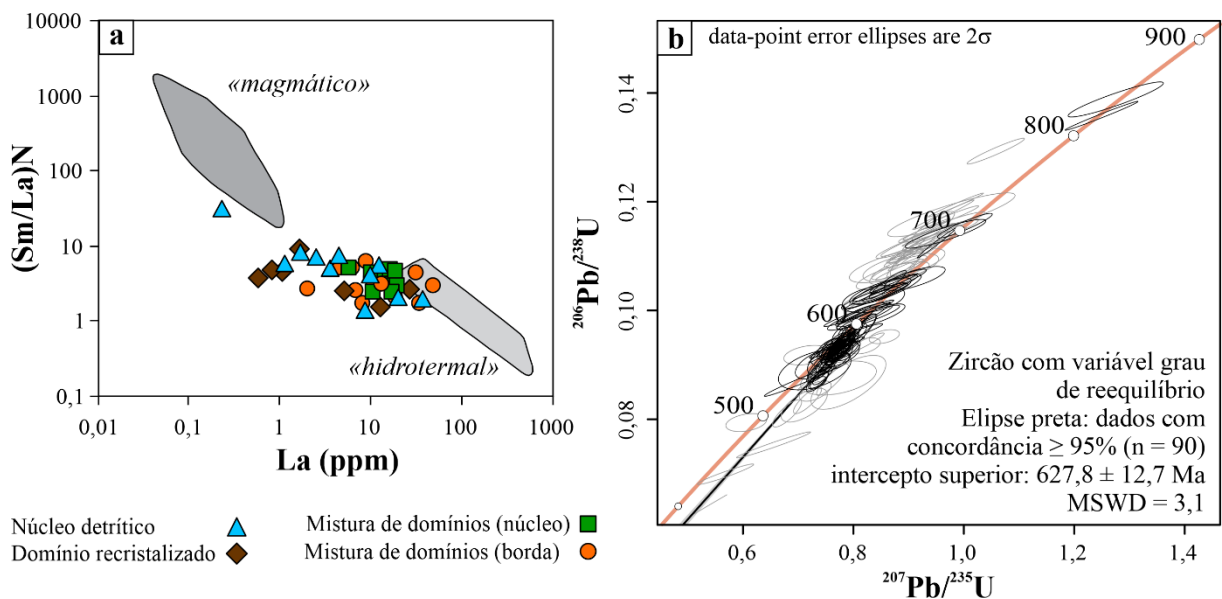


Figura 8.19: a) Gráfico La vs. $(Sm/La)_N$ de Hoskin (2005); b) Diagrama concórdia para zircões. As elipses cinzas correspondem aos dados discordantes em mais de 5 %.

A idade de 601 ± 9 Ma obtida nas zonas recristalizadas homogêneas, ou com zoneamento oscilatório, representa o completo reequilíbrio dos cristais de zircão detríticos com o zircão reprecipitado durante o pico metamórfico (**Figura 8.20a**). A baixa amplitude das anomalias de Eu observadas nos padrões ETR (**Figuras 8.17a e 8.17b**) implica que a reprecipitação de zircão durante o pico metamórfico ocorreu antes da cristalização do

plagioclásio no leucossoma, do contrário, o zircão competiria pelo Eu com o feldspato, gerando as anomalias mais pronunciadas (Rubatto, 2002). Com relação ao enriquecimento em ETR pesados, o maior fracionamento indica cristalização de zircão em ausência de granada (Rubatto, 2017), portanto, antes da formação da segunda geração de granada.

O desenvolvimento da foliação milonítica durante o retrometamorfismo contribuiu com o aporte de fluidos para o reequilíbrio do zircão por difusão no estado sólido, responsável pelo enriquecimento em elementos traço. Além da ação hidrotermal, o enriquecimento em ETR leves pode ser ligado também à cristalização a partir de fundido enriquecidos em ETR leves (Whitehouse e Kamber, 2002). O reequilíbrio secundário do zircão com enriquecimento em ETR leves persistiu até atingir as condições P - T de formação da monazita, cuja idade concórdia de 580 ± 4 Ma corresponde à idade de retrometamorfismo da Unidade (**Figura 8.20a**).

8.9.3 Reconstruindo as trajetórias P - T

Utilizando a modelagem direta, feita através da construção de pseudosseções, foi possível estimar as condições P - T da associação em equilíbrio nos metapelitos da Unidade Colônia (1), com intervalos de 674 - 682 °C e 8,3 - 10,3 kbar na amostra CP-07 e de 672 - 682 °C e 7,9 - 10,2 kbar na amostra CP-333 (**Figuras 8.9 e 8.10**). Ainda que não tenha sido considerado o mesmo conteúdo de H_2O e Fe_2O_3 , as condições P - T obtidas nas duas amostras são similares, indicando que os resultados são confiáveis. Esse resultado é validado pelas condições P - T obtidas através do cruzamento das isopletras de X_{Ca} na granada e no plagioclásio, que forneceram condições P - T muito próximas para as duas amostras (**Figuras 8.14a e 8.14b**).

Na amostra CP-333, a pseudosseção forneceu diversos campos possíveis para a associação em equilíbrio. Muitos deles, embora teoricamente possíveis, são muito restritos, sendo improvável que a rocha realmente tenha se equilibrado em todos eles. O mais provável é que uma ou mais fases tenham localmente se mantido como metaestáveis nesse curto intervalo de condições P - T determinado (**Figura 8.10b**).

Parte das isopletras calculadas mostraram condições P - T inconsistentes com os campos das associações em equilíbrio (1) e com as condições P - T obtidas através da modelagem inversa (**Figuras 8.12, 8.13, 8.14b**). Essas inconsistências podem ser relacionadas à diversos fatores, entre eles o volume de equilíbrio, a existência de heterogeneidades na composição química da rocha, ao zoneamento composicional observado na granada, às reações retrógradas de troca Fe-Mg entre granada e biotita (Kohn e Spear, 2000) e às próprias

taxas de difusão nas fases em equilíbrio, que podem ser mais rápidas nas micas, especialmente de rochas com matriz de granulação mais fina (Carlson e Gordon, 2004), e em rochas com maiores taxas de deformação.

Com relação ao zoneamento composicional na granada, as características contrastantes observadas entre as amostras, contribuíram para melhor posicionar as trajetórias *P-T*. Na amostra CP-07 a granada tipo I exhibe zoneamento típico de metamorfismo progressivo, nas zonas da estauroлита e da cianita, com aumento de Fe e Mg e diminuição de Ca e Mn em direção às bordas dos cristais (**Figura 8.4b**), formados por *growth zoning* (Spear, 1993), pois há preservação da composição química dos núcleos (**Figuras 8.4c-f**). O ligeiro enriquecimento em Mn nas bordas mais externas da granada tipo I (**Figura 8.4f**) é resultante da dissolução da granada através de *net transfer reactions*, com troca de Fe-Mg entre granada e biotita. No processo, o Mn, que não tem afinidade com a estrutura da biotita, ou outros minerais da matriz é reabsorvido pela granada (Kohn e Spear, 2000).

Na granada tipo II da amostra CP-07 a maior homogeneidade poderia ter sido atingida através de processos de difusão. A difusão é favorecida pelo aumento de temperatura, assim, granada de alto grau é mais homogênea (Spear, 1993), embora condições hidratadas contribuam para maior extensão da difusão na granada (Zhang et al., 2019). A granada tipo II forneceu condições *P-T* ligeiramente mais baixas que a granada tipo I (**Figura 8.14a**), e, se tivesse ocorrido difusão, a granada tipo I também deveria mostrar maior grau de homogeneidade. Assim, a homogeneidade da composição da granada tipo II indica que a taxa de resfriamento da rocha foi mais rápida do que a modificação do zoneamento por difusão, já em condições de retrometamorfismo.

As texturas observadas entre as duas gerações de granada da amostra CP-333 indicam que o crescimento da segunda geração de granada foi rápido, sem que houvesse tempo para desenvolver zoneamento por crescimento contínuo (**Figuras 8.6e-h**). A primeira geração de granada é mais homogênea e os perfis de distribuição dos membros finais diferem dos perfis esperados para granada formada em condições de fácies xisto verde a anfibólito. Seu zoneamento é significativo apenas nas bordas, quando em contato com a biotita da matriz, indicando a participação da troca Fe-Mg.

Ainda que os resultados obtidos para os conjuntos A-I-1 e A-I-2 não sejam confiáveis, as condições *P-T* determinadas nestes conjuntos são compatíveis com o campo de estabilidade previsto na pseudosseção (**Figuras 8.10 e 8.14b**). Além disso, os maiores valores para X_{Mg} na primeira geração de granada e na biotita inclusa (**Figura 8.13a**), aliado ao contexto textural da associação A (**Figuras 8.3a e 8.3b**), permitem condicionar a formação

desta associação em pressão entre 10 e 12 kbar (**Figura 8.20b**). No conjunto A-I-3, onde a primeira geração de granada foi reequilibrada com a biotita da matriz, as condições de 713 °C e 9,4 kbar representam a melhor aproximação das condições *P-T* para o pico metamórfico da amostra CP-333. A ocorrência de relíquias de associação metaestáveis reflete o incompleto reequilíbrio da amostra CP-333 frente às novas condições metamórficas, já na zona da estaurolita.

A segunda geração de granada não mostra zoneamento regular como o que é desenvolvido por zoneamento de crescimento. Os perfis para as variações dos membros finais são relativamente homogêneos e mostram zoneamento regular apenas nas bordas mais externas (**Figura 8.5d**), assim como os da primeira geração da granada. O crescimento da segunda geração de granada, além de ter sido rápido, aproveitou parcialmente os núcleos da granada pré-existente e, tal como na granada tipo II da amostra CP-07, a taxa de resfriamento foi mais rápida do que a taxa de difusão, indicando que a segunda geração de granada da amostra CP-333 também foi gerada durante o retrometamorfismo.

Estender

As particularidades observadas durante o crescimento da granada sugerem evolução *P-T* para os metapelitos da Unidade Colônia através de trajetória horária de aquecimento, com pico metamórfico atingido antes do desenvolvimento da foliação principal, *S*₂, seguido por descompressão e consequente fusão parcial das rochas (**Figura 8.20b**). A presença de sillimanita tardia, sin-*S*₂, na amostra CP-333 indica que a descompressão persistiu para condições *subsolidus*.

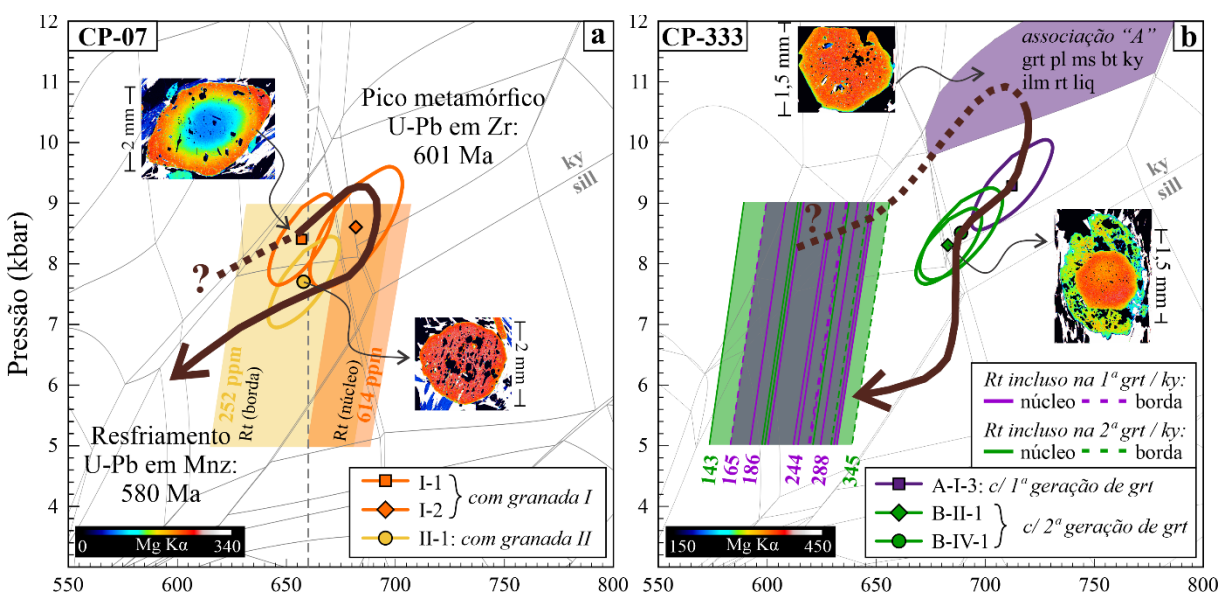


Figura 8.20: a) Trajetórias horárias *P-T-t* construída para a amostra CP-07 e *P-T* para a amostra CP-333.

As temperaturas atingidas para a fusão são relativamente baixas, mas possíveis em ambientes onde há influxo de água. García-Casco et al. (2001) sugerem que a descompressão contribui para a fusão hidratada, gerando fundidos trondhjemíticos a pressões acima de 4-5 kbar.

A origem das diferentes direções de discordância entre a foliação interna dos porfiroblastos de granada da amostra CP-07 com foliação externa está relacionada à rotação da granada durante o desenvolvimento da foliação milonítica, facilitada pela presença do fundido ainda em cristalização, uma vez que no leucossoma não são observadas feições de deformação. A presença de fundido, mesmo em baixa proporção, pode facilitar o processo.

O reequilíbrio de X_{Ti} na biotita e de X_{Mg} na estauroлита para temperaturas inferiores à 600 °C, a presença de clorita e magnetita retrometamórficas e as temperaturas obtidas pelo geotermômetro de Zr em rutilo indicam que a trajetória de resfriamento persistiu até condições em torno de 600 °C de temperatura e de 6 a 7 kbar de pressão (**Figuras 8.14c-d e 8.20**).

9 AS ROCHAS METAULTRAMÁFICAS DO COMPLEXO PETÚNIA

As rochas metaultramáficas do Complexo Petúnia ocorrem como intercalações nos metapelitos da Unidade Colônia, parte da Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí, e nos gnaisses da Unidade Petúnia, não sendo possível distinguir litotipos metaultramáficos específicos de uma unidade para outra. Três conjuntos foram reconhecidos, um formado por xistos ultramáficos diversos, um formado por hornblenditos e outro com rochas cuja mineralogia foi preservada aos processos metassomáticos, sendo que este só ocorre na Unidade Colônia.

9.1 Xistos e fels ultramáficos

No conjunto dos xistos ultramáficos, os litotipos variam desde xistos com proporções variáveis entre talco, clorita, antofilita e tremolita, até clorititos e talco xistos. Devido à essas extensas e heterogêneas variações mineralógicas, não serão dados nomes específicos aos xistos metaultramáficos com talco, clorita, antofilita e tremolita, mas texturalmente essas rochas podem ser divididas em três subconjuntos:

- i)* Xistos com xistosidade de granulação fina definida por textura lepidoblástica a nematoblástica, dependendo da proporção relativa na paragênese antofilita + tremolita + clorita \pm talco, podendo também definir bandamento, intercalando bandas ricas em clorita e bandas ricas em anfibólio (**Figura 9.1a**). O desenvolvimento de foliação milonítica é sutil e ocorre em rochas com proporção similar entre clorita e anfibólio. Porfiroblastos pós-cinemáticos de antofilita e/ou tremolita que truncam a foliação são comuns (**Figura 9.1b**);
- ii)* Xistos com foliação anastomosada com domínios em que a textura lepidoblástica a nematoblástica, definida por antofilita + tremolita + clorita de granulação fina a média, foi preservada em meio a textura decussada, que é mais comum e tem granulação muito fina, dada por talco;
- iii)* Fels com textura decussada fina a grossa formada por antofilita + tremolita + clorita \pm talco. Localmente ocorre granulação muito grossa composta por cristais de antofilita fibrorradiados com até 6 cm ao longo do eixo maior.

A relação de crescimento mineral com as foliações é apresentada na **Tabela 9-1**. Antofilita e tremolita são subidioblásticas a idioblásticas e definem a foliação principal. Em rochas com foliação anastomosada, antofilita ocorre como aglomerados pseudomórficos de até 1 cm, ou como cristais pós-cinemáticos rompidos e/ou geminados, ambos sobre a foliação.

Tremolita às vezes apresenta fraturas ortogonais à direção de maior alongação do cristal, formadas em resposta ao cisalhamento rúptil, e cristais com lamelas de exsolução muito finas, não distinguíveis ao microscópio. É comum a presença de antofilita e/ou cummingtonita nas bordas de tremolita, sobretudo em rochas com maior proporção de clorita (**Figura 9.1c**).

Talco e clorita são placóides e subidioblásticos, quando em maiores proporções, substituíram completamente tremolita e antofilita, formando clorititos e talco xistos. Em menores proporções, talco é muito fino e xenoblástico e, junto à clorita define esparsas intercalações submilimétricas com textura lepidoblástica.

Tabela 9-1: Relações de crescimento mineral com as foliações para os xistos ultramáficos.

Mineral	Pré-S2	S2	Pós-S2
Tremolita	?	-----	-----
Antofilita		-----	-----
Cummingtonita		-----	
Clorita		-----	
Talco			-----
Minerais opacos			-----
		<i>Fácies Anfíbolito</i>	<i>Anfíbolito/Xisto Verde</i>

9.2 Hornblenditos

Rocha foliada com textura nematoblástica poligonizada de granulação fina a média, marcada por hornblenda subidioblástica a idioblástica. Cristais de granulação média exibem microlamelas de exsolução de cummingtonita, ou zoneamento composicional, com bordas límpidas e núcleo rico em inclusões muito finas de minerais opacos e que, muitas vezes, acompanham seus planos de clivagem.

Antofilita e tremolita, são subidioblásticas a idioblásticas e ocorrem associadas, com antofilita nas bordas de tremolita. Ambas são incolores e orientadas segundo a foliação principal. Minerais acessórios incluem zircão, titanita, rutilo, clorita, talco e minerais opacos.

9.3 Meta ortopiroxenito

Rocha maciça, com textura decussada grossa a muito grossa definida por porfiroblastos de ortopiroxênio sobre matriz decussada fina a média. O ortopiroxênio (~55 %) ocorre como cristais de no mínimo 2 cm ao longo do eixo c, com bordas irregulares, extinção ondulante e geminação polissintética (**Figura 9.1d**) e inúmeras inclusões de clorita, olivina reliquiar e minerais opacos finos a muito finos, muitas vezes distribuídos na forma de glomérulos que foram incorporados pelo cristal durante a cristalização (**Figura 9.1e**).

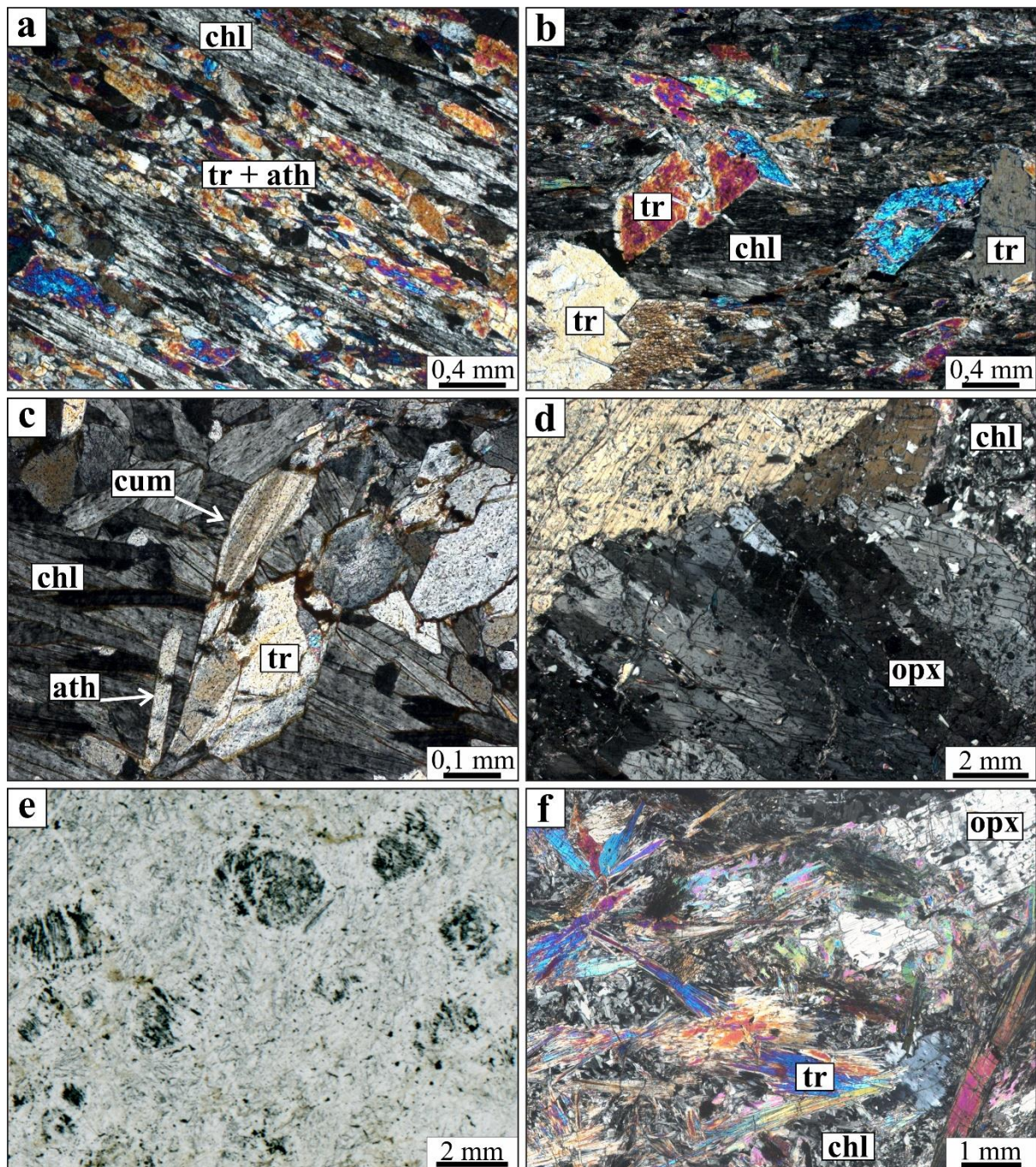


Figura 9.1: a) Aspecto textural do Antofilita-clorita-tremolita xisto do conjunto (i), amostra CP-16; b) Porfiroblastos de tremolita pós-S2 sobre foliação dada pela clorita, amostra CP-54A do conjunto (i); c) Cristal de tremolita, pós-S2, com bordas de antofilita-cummingtonita, amostra FAM-07A do conjunto (i); Talco-tremolita-clorita-ortopiroxênio-clinopiroxênio fels porfiroblástico – d) Porfiroblasto de ortopiroxênio com geminação polissintética; e) Glomérulos máficos incluídos em ortopiroxênio; f) Glomero-porfiroblastos de anfibólio fibrorradiados sobre matriz formada por clorita e talco.

A matriz tem granulação fina formada por clorita (30 %) e talco (5 %), que muitas vezes substituem ortopiroxênio ao longo de suas fraturas e planos de clivagem. Na matriz também ocorrem glomero-porfiroblastos de tremolita e cummingtonita fibrorradiados, subidioblásticos a idioblásticos (**Figura 9.1f**), às vezes substituindo bordas do ortopiroxênio.

Minerais acessórios são restritos à minerais opacos subidioblásticos a idioblásticos, heterogeneamente disseminados, representados por magnetita e ilmenita ricos em exsoluções. Outros minerais acessórios incluem zircão e serpentina. As relações de contemporaneidade podem ser vistas na **Tabela 9-2**.

Outras rochas metaultramáficas com associações minerais preservadas dos processos metassomáticos são raras no Complexo Petúnia e, além do meta-ortopiroxenito, ocorrem metagabro, metadunito, olivina-ortopiroxenito e derivados metamórficos descritos por Pinheiro (2013).

Tabela 9-2: Relações de contemporaneidade entre os minerais que compõem o talco-tremolita-clorita-ortopiroxênio fels porfiroblástico (amostra DCF-22).

Mineral	Metamórfico	Retrometamórfico
Olivina	-----	
Enstatita	-----	
Minerais opacos	-----	
Cummingtonita	-----	
Clorita		-----
Tremolita	-----	
Antofilita	-----	
Talco		-----
Serpentina		-----
	<i>Anfíbolito</i>	<i>Xisto Verde</i>

9.4 Química Mineral

9.4.1 Clorita

Nas amostras CP-06 e CP-54A, a clorita é classificada como clinocloro, enquanto no talco-tremolita-clorita-ortopiroxênio fels, amostra DCF-22, há clinocloro, mas predomina penninita (**Apêndice E**). O conteúdo de Al total varia pouco, de 4,21 a 4,48 a.p.f.u. no clinocloro dos xistos ultramáficos é de 3,34 a 3,68 a.p.f.u. em clinocloro e penninita da amostra DCF-22.

A clorita não mostra variações composicionais intra-amostras significativas, com exceção da substituição simples ($FeMg_{-1}$) que define tendência positiva nos cristais da amostra CP-06 (**Figura 9.2a**). Por outro lado, as variações interamostras definem tendências negativas para as substituições simples ($FeMg_{-1}$) e tschermakítica ($Al^{VI}Al^{IV}Mg_{-1}Si_{-1}$). Clorita do talco-tremolita-clorita-ortopiroxênio fels tem maior X_{Mg} 0,94 e, conseqüentemente, teve maior substituição de Fe por Mg nas folhas octaédricas (**Figura 9.2a**). O teor de Al^{total} é menor e varia pouco, de 3,34 a 3,68 a.p.f.u., ainda assim há tendência com correlação

negativa mostrando a variação ao longo do vetor de substituição tschermakítica (**Figura 9.2c**). Já nos xistos ultramáficos a clorita exibe maior teor de Al^{total} , de 4,21 a 4,48, e o grau de substituição tschermakítica foi maior na amostra CP-06 em relação à amostra CP-54A (**Figura 9.2c**).

Os elevados teores de Al são próximos ao conteúdo máximo de Al na clorita, como sugerido por Frost (1975) e experimentalmente obtido por Jenkins & Chernosky (1986) para o limite da estabilidade de clorita magnésiana durante o metamorfismo progressivo, quando então ela quebra para formar paragêneses com espinélio como fase aluminosa dominante. Apesar do talco-tremolita-clorita-ortopiroxênio fels ter paragênese indicativa de fácies anfibolito superior a granulito, o teor de Al total na clorita mais baixo pode indicar que se trata de clorita retrometamórfica.

9.4.2 Anfibólio

Nos xistos ultramáficos o anfibólio foi analisado em porfiroblastos e em cristais que compõem a matriz. No antofilita-tremolita-clorita xisto (CP-06) os porfiroblastos são constituídos por núcleos de tremolita e bordas de antofilita (**Apêndice E**), enquanto na matriz os cristais têm núcleos de antofilita e bordas de tremolita (**Figura 9.3a**). O teor de alumínio total (Al^{VI+IV}) varia pouco, entre 0.018 e 0.162 a.p.f.u. nos porfiroblastos, mas é superior nos cristais da matriz, entre 0.023 e 0.272 a.p.f.u.

No antofilita-talco-tremolita-clorita xisto (CP-54A), porfiroblastos e cristais da matriz podem ter núcleo de antofilita com bordas de tremolita e vice-versa. O teor de alumínio total apresenta maior variação, entre 0.025 e 0.459 a.p.f.u. No talco-tremolita-clorita-ortopiroxênio fels (DCF-22), além da tremolita, há também cristais de cummingtonita (**Figura 9.3b**), e ambos não apresentam variações composicionais entre núcleo e borda (**Figuras 9.4b e 9.4c**).

As variações composicionais em função dos vetores das substituições edenítica ($KAl^{IV}_{\square-1}Si_{-1}$) e tschermakítica ($Al^{VI}Al^{IV}Mg_{-1}Si_{-1}$) mostram distribuição dos valores de Al^{IV} e Na+K no sítio A definindo tendência com predomínio da substituição tschermakítica e pequena participação da substituição edenítica (**Figura 9.4a**). A variação composicional ao longo do vetor da substituição tschermakítica ($Al^{VI}Al^{IV}Mg_{-1}Si_{-1}$) é mais significativa na antofilita, da matriz da amostra CP-54A, nos porfiroblastos da amostra CP-06, na tremolita da matriz da amostra CP-06 e nos porfiroblastos da amostra CP-54A (**Figura 9.4b**). Não há variações significativas intra-amostras em termos do vetor de substituição titânio-

tschermakítica ($\text{TiAl}_2^{\text{VI}}\text{Mg}_{-1}\text{Si}_{-2}$), entretanto, tremolita da matriz da amostra CP-06 e dos porfiroblastos da amostra CP-54A apresentam maior grau dessa substituição (**Figura 9.4c**).

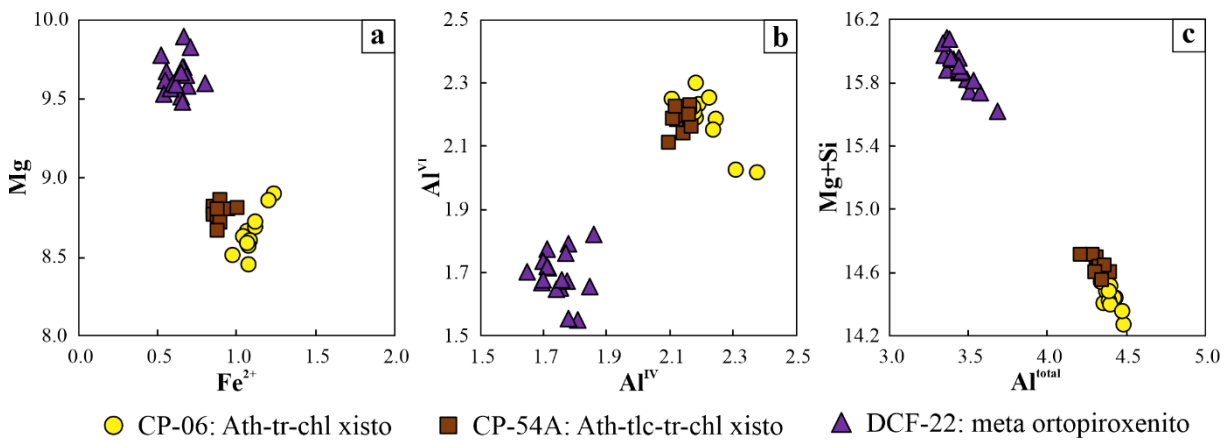


Figura 9.2: Gráficos das variações composicionais da clorita - a) Variação entre Fe e Mg; b) Variação entre Al^{VI} e Al^{IV} segundo critérios de Hey (1954); c) Variação composicional em termos da substituição tschermakítica.

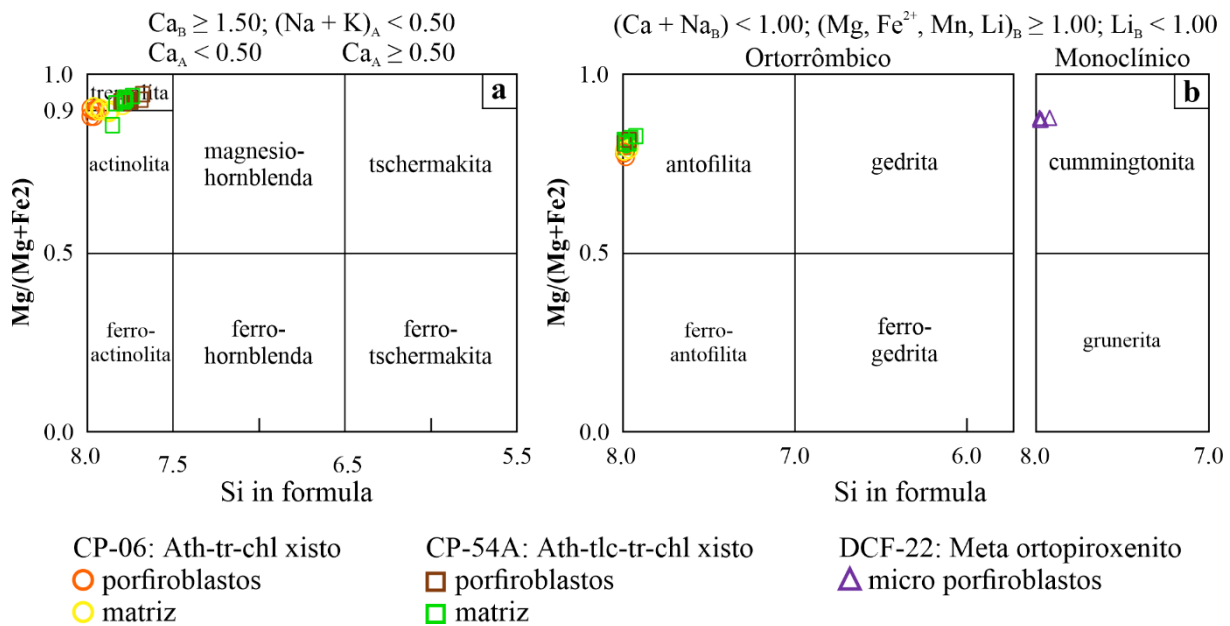


Figura 9.3: Diagramas de classificação de anfibólios de acordo com Leake et al. (1997), em (a) para anfibólios cálcicos e em (b) para anfibólios de Mg-Fe-Mn-Li.

9.4.3 Piroxênio

A molécula dominante no ortopiroxênio é a enstatita ($\text{En}_{89,1-91,2}$). Os teores de Ca e Al são desprezíveis, inferior 0,005 a.p.f.u. para Ca e entre 0,001 e 0,007 a.p.f.u para o Al.

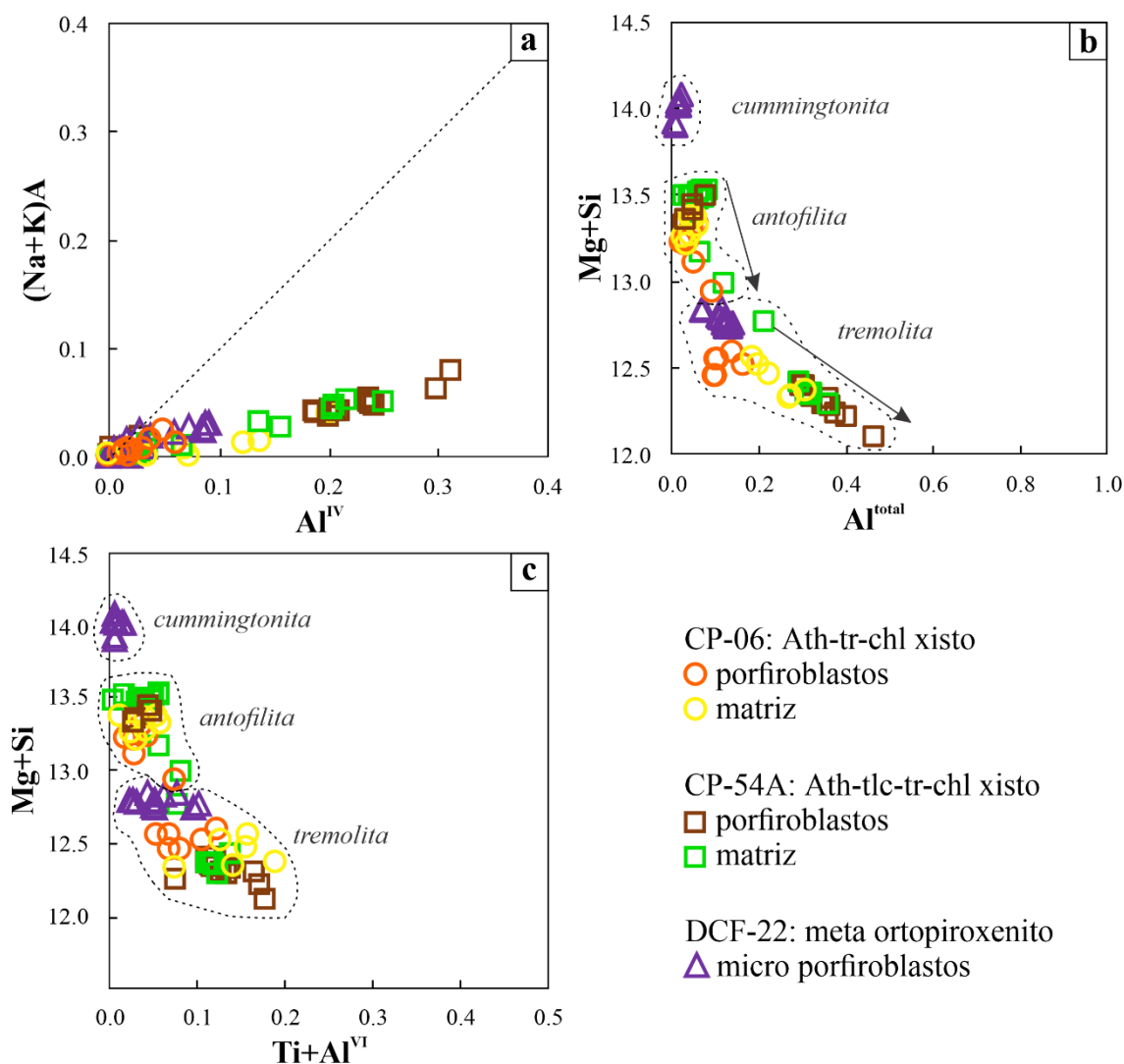


Figura 9.4: a) Gráfico da participação relativa das variações composicionais no anfibólio em função dos vetores das substituições edenítica ($KAl^{IV}_{\square-1}Si_{-1}$) e tschermakítica ($Al^{VI}Al^{IV}Mg_{-1}Si_{-1}$) mostrando a distribuição dos valores de Al^{IV} no sítio T e $Na+K$ no sítio A; Variação composicional do anfibólio em termos da substituição tschermakítica (b) e titânio-tschermakítica (c).

9.5 Metamorfismo

As disparidades observadas nas composições e variações composicionais na clorita dos xistos ultramáficos e no meta-ortopiroxenito podem não corresponder apenas ao distinto grau metamórfico das rochas. Tais disparidades podem ser reflexo também das variações químicas que ocorreram durante o metassomatismo generalizado dos xistos ultramáficos, com aumento no teor de Al culminando com a cloritização generalizada que formou os clorititos.

Durante o desenvolvimento da foliação S_2 , o metassomatismo atuou na formação de clorita, através da cloritização, que ocorre quando é cessado o transporte de Al, localmente formando bandas milimétricas a decimétricas de clorititos. Concomitante a esse processo, e após o pico deformacional, fases fluidas ricas em sílica + H_2O foram responsáveis pela

talcificação, que ocorreu em muitos locais de forma generalizada, formando camadas de espessura decimétrica a métrica de talco xisto. Nessa fase foram formados os minerais opacos com o ferro extraído da antofilita e da cummingtonita. A formação de antofilita fels pode ser atribuída a processos metassomáticos tardios e pós-deformacionais que distribuíram de maneira heterogênea os fluidos ricos em sílica.

A formação de paragêneses com antofilita + cummingtonita + tremolita marca condições de pico metamórfico em fácies anfibolito durante o desenvolvimento da foliação principal S_2 (**Figura 9.5**). Admitindo equilíbrio entre os metapelitos e xistos ultramáficos, para condições de ~8 kbar, o intervalo de temperatura durante o pico metamórfico nos xistos ultramáficos varia de 710 a 775 °C. A presença de cristais de tremolita e antofilita pós- S_2 indica que tais condições persistiram após o pico deformacional.

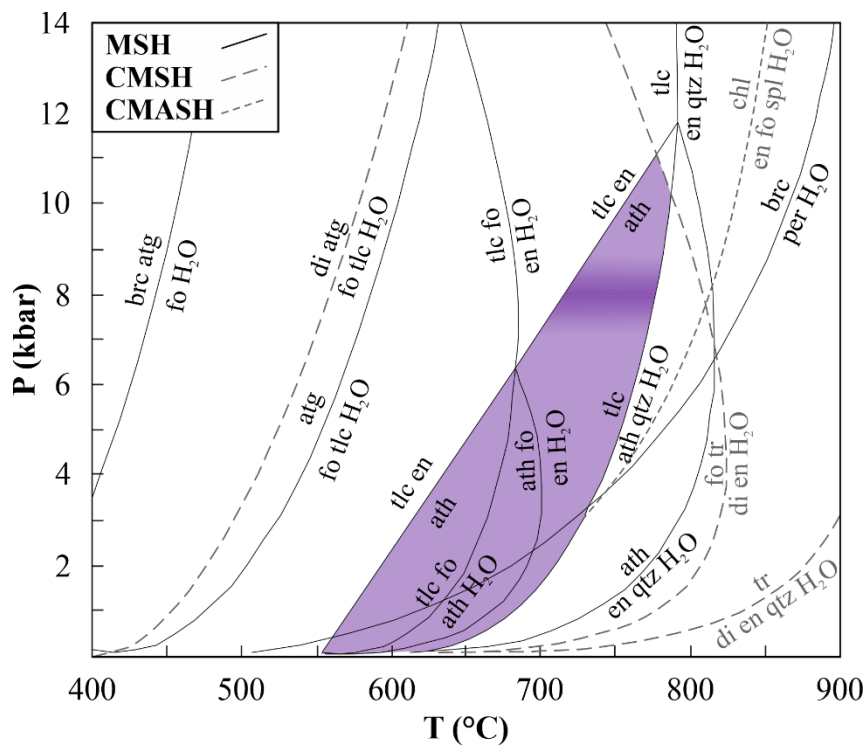


Figura 9.5: Grade petrogenética do sistema $\text{SiO}_2\text{-MgO-H}_2\text{O}$ construída a partir do banco de dados de Berman (1988) com as curvas dos sistemas CMSH e CMASH indicadas em tracejado. O campo roxo representa as condições de equilíbrio dos xistos metaultramáficos das amostras CP-06 e CP-54a e em roxo escuro as condições estimadas para o pico térmico em ~8 kbar.

10 MODELO EVOLUTIVO DO COMPLEXO PETÚNIA

Antes de redefinir o contexto tectônico do Complexo Petúnia, o primeiro passo foi determinar a disposição geral de suas unidades para além dos limites definidos por Roig (1993), ou seja, o que de fato pertence ao Complexo Petúnia, e quais suas relações com o Complexo Campos Gerais. Esta tarefa agrega dificuldades inerentes ao amplo caráter tectônico das unidades e às deformações decorrentes da colocação das *nappes* durante a orogenia Brasileira.

Até o momento, o Complexo Petúnia era interpretado como domínio alóctone do Complexo Campos Gerais, com rochas metapelíticas e metapsamíticas correlacionadas com unidades do Orógeno Brasília, porém, sem qualquer critério cronoestratigráfico. A origem a partir de sequências ofiolíticas atribuída para as rochas metamáficas e metaultramáficas do Complexo Petúnia (Soares et al., 1990; Roig e Schrank, 1992; Roig, 1993; Zanardo et al., 1996) levou o Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio ao *status* de paleosutura (Zona de Paleosutura de Alterosa, Zanardo et al., 2006), o que, por si só, leva ao questionamento sobre a relevância da colocação do Complexo Petúnia como domínio alóctone do Complexo Campos Gerais e não como um domínio independente, pois a presença das sequências ofiolíticas remete à subducção entre estes complexos.

O mapeamento geológico em maior escala, agregado às informações extraídas dos levantamentos aerogeofísicos permitiram dividir o Complexo Petúnia em três unidades de infraestrutura, Unidade Petúnia, Gnaiss Ribeirão da Conquista e Metagranito Bom Jesus da Penha, e duas unidades supracrustais, Unidades Colônia e Serra do Ibituruna.

10.1 Arcabouço arqueano - paleoproterozoico

A similaridade entre os Complexos Petúnia e Campos Gerais reside apenas na infraestrutura, que é formada por terrenos arqueanos a paleoproterozoicos heterogeneamente deformados pela tectônica transcorrente dúctil-rúptil sinistral. No Complexo Petúnia esses terrenos são representados pelos gnaisses tonalíticos da Unidade Petúnia (2993 ± 6 Ma), Gnaiss Ribeirão da Conquista (2877 ± 5 Ma) e pelo Metagranito Bom Jesus da Penha (2004 ± 5 Ma). O alto contraste observado na distribuição de U-Th-K é reflexo do grau de deformação, menor no Complexo Campos Gerais, na medida em que se caminha em direção aos núcleos entre as zonas de cisalhamento anastomosadas, onde estão preservadas as estruturas migmatíticas, e maior no Complexo Petúnia, em que, além da maior extensão da

deformação, ocorre intensa e complexa justaposição de unidades supracrustais e rochas metaultramáficas.

Considerando apenas os terrenos arqueanos, as Unidades Petúnia e o Gnaiss Ribeiro da Conquista poderiam ser parte tanto do próprio Complexo Campos Gerais, como também de outras unidades da borda sul do Cráton São Francisco (**Tabela 7-5**). O ortognaiss tonalítico da Unidade Petúnia (2,99 Ga) e o Ortognaiss Campos Gerais (2,98 Ga – Turbay, 2010) poderiam, inclusive, junto aos Complexos Amparo, Serra Negra e Heliodora-Minduri compor crosta mesoarqueana formada na lacuna de atividade magmática da borda sul do Cráton do São Francisco (Cioffi et al., 2016a). Entretanto, a rara ocorrência de idades mesoarqueanas, entre 3,20 e 2,93 Ga, na borda sul do Cráton do São Francisco não implica em interpretar esses ortognaisses como terrenos exóticos à borda sul do Cráton do São Francisco, pois o conhecimento geocronológico da infraestrutura arqueana-paleoproterozoica ao longo do Cinturão de Cisalhamento de Campo do Meio ainda é escasso, porém, já é estabelecido que o Complexo Campos Gerais corresponde à extensão do Complexo Campo Belo para oeste, como concluído anteriormente (Capítulo 4).

O Metagrânito Bom Jesus da Penha (2004 ± 5 Ma), intrusivo nos gnaisses da Unidade Petúnia, os granitos Itapixé (1976 ± 29 Ma, Turbay, 2010) e Porto Mendes (1978 ± 25 Ma, Paciullo et al., 2008), intrusivos no Complexo Campos Gerais, e o Ortognaiss Gaspar Lopes, como lascas em meio às unidades neoproterozoicas do Orógeno Brasília Meridional (Ribeiro et al., 2010) correspondem à extensão do Cinturão Mineiro para oeste e incluem as idades mais jovens reportadas para a Orogenia Minas.

As rochas do arcabouço do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio registraram de forma heterogênea os efeitos do evento deformacional relacionado a Orogenia Brasileira. O gnaiss da Unidade Petúnia e o Gnaiss Ribeiro da Conquista possuem idades de intercepto inferior em 845 e 959 Ma, respectivamente, indicando distúrbios no sistema isotópico tardios em relação a Orogenia Minas, enquanto os ortognaisses do Complexo Campos Gerais mostram idades de intercepto inferior entre 651 e 507 Ma (Turbay, 2010), compatíveis com distúrbios proporcionados pela deformação relacionada à colisão durante a Orogenia Brasileira, proveniente do transporte da *nappe* de Passos sobre o embasamento cratônico. Se as rochas da infraestrutura do Complexo Petúnia, que mostram evidências de deformação mais intensa que as rochas do Complexo Campos Gerais registram idades de metamorfismo neoproterozoico, permanece como uma das questões em aberto para futuros trabalhos na região.

10.2 Unidade supracrustais

Se considerarmos as Unidades Serra do Ibituruna e Colônia como parte de um mesmo ciclo deposicional, o pico de idades meso- a neoproterozoicas, que têm destaque nos cristais de zircão da Unidade Serra do Ibituruna (**Figura 7.4**), pode não estar tão bem registrado nos cristais de zircão da Unidade Colônia devido às diferentes energias envolvidas no transporte sedimentar dos protólitos. Cristais de zircão da Unidade Serra do Ibituruna possuem maior granulometria, entre 200 e 400 μm , e alto grau de arredondamento e esfericidade, evidenciando maior energia e tempo de retrabalhamento durante o transporte. Já na Unidade Colônia predominam cristais de menor granulometria, entre 75 e 130 μm , o que reflete que houve menor energia para transporte, uma vez que a primeira unidade é psamítica e a última pelítica.

A despeito das considerações acima, deve-se levar em conta que a intensa deformação ao longo do Cinturão de Cisalhamento Campos do Meio torna inviável reconstruir a litoestratigrafia das unidades supracrustais do Complexo Petúnia. Além disso, mais do que morfologia dos grãos, as assinaturas geoquímicas e as texturas internas dos cristais de zircão trazem um fator agravante relacionado ao grau de preservação dos cristais detríticos de zircão frente ao metamorfismo neoproterozoico.

Enquanto os cristais detríticos de zircão da Unidade Serra do Ibituruna preservam texturas e assinaturas geoquímicas condizentes com os protólitos, sejam eles ígneos ou metamórficos, e ausência de sobrecrecimentos de idade neoproterozoica, os cristais de zircão da Unidade Colônia mostram variável grau de modificações texturais causadas por processos de substituição e recristalização relacionadas aos diferentes estágios da trajetória P - T durante o metamorfismo (seção 8.10.2), resultando no reequilíbrio das assinaturas geoquímicas e consequente distúrbio das razões isotópicas causado pela sobreposição metamórfica durante o Neoproterozoico.

A ausência de registros de proveniência a partir de áreas fontes meso- a neoproterozoicas descarta a conexão entre os Grupos Carrancas e Canastra através das rochas da Unidade Serra do Ibituruna e seus espectros de idades abrem a possibilidade para estabelecer correlações com os Grupos Sabará e Itacolomi (**Figura 7.12**). O Grupo Sabará tem idades modelo T_{DM} de 2,3 Ga e pequeno ϵNd negativo (-1), indicando que as áreas fontes paleoproterozoicas tiveram curto tempo de permanência na crosta (Brueckner et al., 2000; Alkmin & Teixeira, 2017), como reflexo da mudança de um regime precursor de bacia de margem passiva para sistema ativo, representado por bacias de antepaís sin-orogênicas relacionadas à Orogenia Minas, com deposição até o final do Riaciano (Renger et al., 1994;

Machado et al., 1996; Reis et al., 2002; Alkmim & Teixeira, 1998; Alkmim & Teixeira, 2017; Dutra et al., 2019). Este processo de inversão culminou com a deposição do Grupo Itacolomi, que é associado à deposição em ambientes fluviais em bacias intermontanas pós-Orogenia Minas, (Machado et al., 1996; Alkmim e Marshak, 1998; Alkmim & Noce, 2006; Alkmim & Teixeira, 2017; Duque et al., 2020).

Neste contexto, a Unidade Serra do Ibituruna pode ter tido menor contribuição de sedimentos de áreas fontes paleoproterozoicas devido a menor proximidade do arco magmático que originou o Cinturão Mineiro. A idade máxima de deposição em 2080 Ma e o hiato no registro de fontes siderianas revelam maior similaridade entre a Unidade Serra do Ibituruna e o Grupo Sabará. Trabalhos futuros que contemplem a geoquímica elemental e isotópica dessas rochas podem contribuir para melhor fundamentar esta nova proposta.

A configuração litológica do Complexo Petúnia envolvendo um arcabouço arqueano com intrusões paleoproterozoicas e sucessões metassedimentares com idade máxima de deposição no período Riáciano reforçam a interpretação da extensão do Cinturão Mineiro para oeste e indicam que o Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio, aqui como Paleosutura de Alterosa (Zanardo et al., 2006), registra evolução policíclica, pelo menos desde a Orogenia Minas, durante o Paleoproterozoico, até estágios finais da Orogenia Brasileira, o que será discutido a seguir.

Na Unidade Colônia os dados obtidos para o zircão não suportam interpretações relacionadas à proveniência sedimentar em virtude do variável grau de reabsorção dos núcleos detríticos. Considerando a lenta recuperação geoquímica, textural e isotópica do zircão, ao utilizar apenas os dados com concordância acima de 95 %, excluindo aqueles que atingiram total reequilíbrio durante o metamorfismo, a distribuição de idades obtidas guarda semelhanças com a distribuição de idades do Xisto Santo Antônio (**Figura 10.1**).

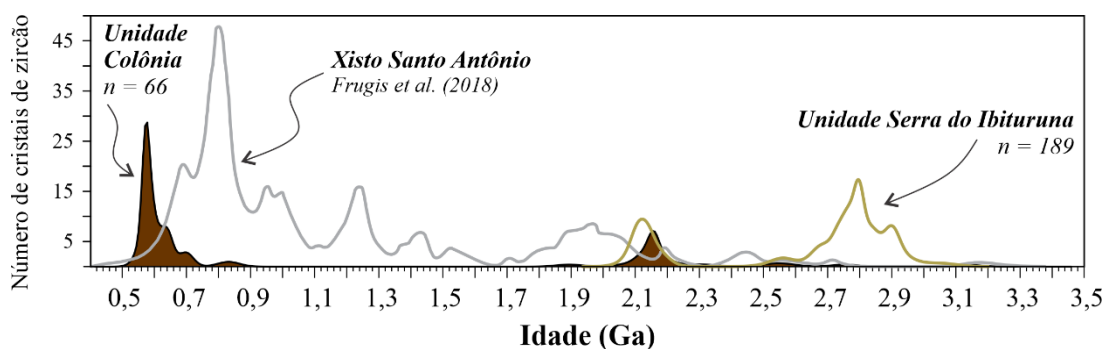


Figura 10.1: Diagrama Idade vs. Probabilidade Relativa para a Unidade Colônia utilizando apenas dados com concordância acima de 95% em núcleos detríticos e em zonas com mistura de domínios, i.e., relíquias de grão detrítico em meio às áreas parcialmente recrystalizadas. São mostrados os espectros de distribuição de idades para a Unidade Serra do Ibituruna e para o Xisto Santo Antônio, com dados compilados de Frugis et al., 2018.

Os espectros de idade mostrados na **Figura 10.1** evidenciam que as Unidades Serra do Ibituruna e Colônia não podem ser parte de um mesmo ciclo deposicional. No entanto, a Unidade Colônia poderia estar relacionada com algumas das unidades metapelíticas do Orógeno Brasília, principalmente dos Grupos Carrancas, Andrelândia ou Araxá, mas os dados de zircão aqui levantados, ainda não permitem fazer essa correlação com total segurança e, talvez, ela nem seja possível. Além disso, a distribuição de idades da Unidade Colônia mostra pico em torno de 580 Ma e essa idade, como será exposto adiante, representa a idade de retrometamorfismo no Complexo Petúnia.

Nas zonas recristalizadas, embora tenha ocorrido enriquecimento em elementos traço no zircão, associados às zonas de alteração, i.e. Ca, Al, Fe e Pb, as razões isotópicas do zircão não foram novamente afetadas e o reequilíbrio atingido durante o metamorfismo foi eficiente ao ponto de fornecer dados com concordância acima de 95 %. A idade de 601 ± 9 Ma corresponde à recuperação do zircão durante o pico metamórfico, concomitante com a fusão dos metapelitos. Fusão parcial de metapelitos no campo da estauroлита é rara na natureza, mas pode ocorrer em ambientes com influxo de fluidos, tal como em extensos cinturões de cisalhamento. A estauroлита formada em equilíbrio com o fundido sugere que sua estabilidade pode ultrapassar a curva *solidus* em presença de fluidos, caracterizando migmatização de “baixa” temperatura (García-Casco et al., 2003), a qual ocorre conjuntamente ou algo antes da quebra da muscovita, por fusão em presença de água. A metassomatização generalizada das rochas metaultramáficas do Complexo Petúnia corrobora com o caráter hidratado dessa fusão.

O volume de fundido é baixo, com segregação incipiente, e a foliação de cisalhamento gerada durante o retrometamorfismo mascara as feições indicativas de fusão. As condições *P-T* determinadas para a associação em equilíbrio formada durante o desenvolvimento da foliação milonítica, em 7,7 a 8,5 kbar de pressão e de 680 a 690 °C de temperatura são compatíveis com as condições *P-T* obtidas por Pinheiro (2013) em granada anfíbolito da Unidade Petúnia. Na Unidade Serra do Ibituruna, a associação mineral formada por rutilo + cianita + muscovita + quartzo, desenvolvida em leitos mais aluminosos (**Figura 7.1a**) indicam condições de pico metamórfico também em fácies anfíbolito, porém, com temperaturas insuficientes para afetar os cristais de zircão detrítico da unidade, uma vez que estes não registraram recristalização neoproterozoica.

A associação “A”, formada pelas primeiras gerações de granada e cianita (reação 6, tópico 8.9.1) no muscovita-cianita-plagioclásio-granada-biotita xisto remete à uma composição mais residual, com menos fundido gerado, e preserva paragênese de pico de alta pressão (Kriegsman, 2001). As feições preservadas nos *pods*, tais como cianita esquelética

com rutilo parcialmente transformado em ilmenita, ausência de zoneamento composicional no plagioclásio e quartzo rico em inclusões de micas, sugerem texturas de desequilíbrio formadas por descompressão e resfriamento rápido do fundido gerado, antes do desenvolvimento da foliação milonítica. Indícios de rápido resfriamento também são observados na segunda geração de granada, que forma coronas em torno de núcleos pré-existentes. As condições *P-T* aproximadas para a associação de pico bórico, de 713 °C de temperatura e 9,4 kbar de pressão para granada reequilibrada com a biotita da matriz, indicam formação em ambiente de alta pressão, tal como o de unidades do Sistema de *Nappes* Andrelândia (Campos Neto et al., 2007; Motta et al., 2017) e do Grupo Araxá, na Nappe de Passos (Fumes et al., 2020), mas certamente a história metamórfica dos metapelitos da Unidade Colônia pode ser ainda mais complexa, como sugerido pela trajetória na **Figura 8.20b**.

A idade de 580 ± 4 Ma obtida nos cristais de monazita da Unidade Colônia representam a idade de retrometamorfismo, compatível com a idade concórdia de 584 ± 3 Ma, obtida para os cristais de monazita da amostra CP-35 da Unidade Serra do Ibituruna e também com o retrometamorfismo do Xisto Santo Antônio (Motta et al., 2017). A trajetória horária com intervalo de ~20 Ma entre a fusão e a cristalização do fundido, sin-S₂, corrobora para a interpretação de uma trajetória de descompressão e resfriamento rápidos, compatíveis com orógenos colisionais (Jamieson et al., 2004).

As idades obtidas através da monazita permitem estabelecer a cronologia de importantes zonas de cisalhamento dentro do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio. A idade da amostra CP-35 representa a idade da deformação (reativação?) ao longo da Zona de Cisalhamento de Riacho Fundo, enquanto a idade de 574 ± 11 Ma, obtida na amostra CP-27, data a transporte tectônico para NW ao longo da Zona de Cisalhamento de Bom Jesus da Penha, resultante da acomodação final na Paleosutura de Alterosa. O intervalo de idades entre 600 e 575 Ma, obtidas respectivamente em zircão metamórfico e monazita, correspondem ao período onde metamorfismo e deformação foram controlados pela colisão frontal e migração das *nappes* para ENE no Neoproterozoico (Campos Neto et al., 2004).

11 CONCLUSÕES

- Os dados obtidos ao longo desta tese permitiram redefinir o Complexo Petúnia, que agora, assim como o Complexo Campos Gerais, está restrito ao arcabouço formado por rochas arqueanas a paleoproterozoicas, representadas por gnaisses da Unidade Petúnia (2993 ± 6 Ma), pelo Gnaiss Ribeirão da Conquista (2835 ± 12 Ma), e pelo Metagranito Bom Jesus da Penha (2004 ± 5 Ma), sendo as duas últimas unidades definidas neste trabalho;
- A Unidade Serra do Ibituruna, com idade máxima de deposição em $2080 \pm 0,9$ Ma e características de bacia de ambientes colisionais, pode ser correlacionada com os Grupos Sabará ou Itacolomi, representando a ocorrência inédita dessas unidades fora do Quadrilátero Ferrífero;
- O Metagranito Bom Jesus da Penha representa a idade mais jovem para granitoides formados durante a Orogenia Minas e, em conjunto com as unidades arqueanas e a Unidade Serra do Ibituruna, podem corresponder a extensão do Cinturão Mineiro para oeste, em direção à *Nappe* de Passos;
- Os metapelitos da Unidade Colônia revelaram duas problemáticas no estudo voltado para a determinação da proveniência sedimentar e das condições de pico metamórfico em zonas de cisalhamento: (i) a presença de água diminui a temperatura da *solidus*, então, em condições com alta atividade de fluidos, que é o que se espera ao longo de cinturões de cisalhamento, pode haver fusão em baixa temperatura, caracterizando “migmatitos de baixa temperatura” e, (ii) nesses ambientes tectônicos, processos de substituição/recristalização do zircão detrítico são comuns e favorecidos pela presença de fases fluidas e/ou fundido, podendo resultar em reequilíbrio total ou parcial das assinaturas isotópicas e geoquímicas do zircão, tornando inviável a identificação das áreas fonte.
- As associações de equilíbrio das fases principais e as texturas de equilíbrio das fases acessórias, aliados aos dados de U-Pb em zircão e monazita permitiram reconstruir a trajetória *P-T-t* do cianita-estauroilita-muscovita-granada-biotita xisto (CP-07) da Unidade Colônia. A evolução petrocronológica da rocha define trajetória horária de aquecimento até a fusão, durante o pico metamórfico em 601 Ma, sob condições de 680 °C de temperatura e 8,9 kbar de pressão, seguido de resfriamento para condições de temperatura inferiores a 620 °C, em 580 Ma,.

- Na Unidade Serra do Ibituruna, as condições *P-T-fluidos*, durante o metamorfismo neoproterozoico, não foram capazes de reequilibrar/recristalizar os cristais detríticos de zircão, enquanto a monazita registrou a idade da deformação associada ao transporte tectônico ao longo do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio. Em 584 Ma, o transporte para W ocorreu ao longo da Zona de Cisalhamento Riacho Fundo e, em 574 Ma, o transporte para NW ocorreu ao longo da Falha/Zona de Cisalhamento de Bom Jesus da Penha, como resultado da consolidação do Orógeno Brasília Meridional.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim, F.F., Teixeira, W., 2017, The Paleoproterozoic Mineiro Belt and the Quadrilátero Ferrífero, in Heilbron, M., Cordani, U.G., Alkmim, F.F., eds., São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent: Springer International Publishing, New York, Regional Geology Reviews, p. 71-94, doi:10.1007/978-3-319-01715-0_5.
- Alkmim, F.F., Lana, C., Duque, T.R.F., 2014, Zircões detríticos do Grupo Itacolomi e o registro do soerguimento do Cinturão Mineiro, in Congresso Brasileiro de Geologia, 47, Salvador. *Anais*, p. 1802.
- Alkmim, F.F. e Noce, C.M., 2006, Outline of the geology of the Quadrilátero Ferrífero, in Alkmim, F.F. e Noce, C.M., eds., The Paleoproterozoic Record of the Sao Francisco Craton: IGCP 509 Field workshop, Bahia and Minas Gerais, Brazil, Field Guide & Abstracts, 114 p.
- Alkmim, F.F., e Marshak, S., 1998, Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: Evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero: *Precambrian Research*, v. 90, p. 29–58, doi:10.1016/s0301-9268(98)00032-1.
- Andersen, T., 2005, Detrital zircons as tracers of sedimentary provenance: Limiting conditions from statistics and numerical simulation: *Chemical Geology*, v. 216, p. 249–270, doi:10.1016/j.chemgeo.2004.11.013.
- Andrade, S., Ulbrich, H.H., Gomes, C.B., e Martins, L., 2014, Methodology for the Determination of Trace and Minor Elements in Minerals and Fused Rock Glasses with Laser Ablation Associated with Quadrupole Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-Q-ICPMS): *American Journal of Analytical Chemistry*, v. 05, p. 701–721, doi:10.4236/ajac.2014.511079.
- Andrade, S., Hypolito R., Ulbrich H.H., Silva M.L., 2002, Iron (II) oxide determination in rocks and minerals: *Chemical Geology*, v. 182, p. 85–89, doi:10.1016/S0009-2541(01)00274-1.
- Araújo, A.J.D., Bongioiolo, E.M., e Ávila, C.A., 2019, The southern São Francisco Craton puzzle: Insights from aerogeophysical and geological data: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 94, p. 102203, doi:10.1016/j.jsames.2019.05.019.
- Armstrong, J.T., 1991, Quantitative Elemental Analysis of Individual Microparticles with Electron Beam Instruments, in Heinrich K.F.J., Newbury D.E., eds., *Electron Probe Quantitation*. Springer, Boston, MA. doi:10.1007/978-1-4899-2617-3 15
- Artur, A.C., Wernick, E., 1984, Terrenos Policíclicos e Estágios de Evolução Crustal, in Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, v. 7, p. 3081-3090.
- Ashworth, J.R., 1975, Staurolite at anomalously high grade: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 53, p. 281-291, doi:10.1007/BF00382444
- Ávila, C.A., Teixeira, W., Bongioiolo, E.M., Dussin, I.A., e Vieira, T.A.T., 2014, Rhyacian evolution of subvolcanic and metasedimentary rocks of the southern segment of the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil: *Precambrian Research*, v. 243, p. 221–251, doi:10.1016/j.precamres.2013.12.028.
- Ávila, C.A., Teixeira, W., Cordani, U.G., Barrueto, H.R., Pereira, R.M., Martins, V.T.S., e Dunyi, L., 2006, The Glória quartz-monzodiorite: Isotopic and chemical evidence of arc-related magmatism in the central part of the paleoproterozoic Mineiro belt, Minas Gerais State, Brazil: *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 78, p. 543–556, doi:10.1590/s0001-37652006000300013.
- Ávila, C.A., Teixeira, W., Cordani, U.G., Moura, C.A.V., e Pereira, R.M., 2010, Rhyacian

- (2.23-2.20 Ga) juvenile accretion in the southern São Francisco craton, Brazil: Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 464–482, doi:10.1016/j.jsames.2009.07.009.
- Ávila, C.A., Cherman, A.F., Valença, J.G., 2008, Dioritos Brumado e Rio Grande: geologia e relação com o metamorfismo paleoproterozoico do Cinturão Mineiro, borda meridional do Cráton São Francisco, Minas Gerais: *Arquivos do Museu Nacional*, 67, 248–277.
- Barbosa, N.S., Teixeira, W., Ávila, C.A., Montecinos, P.M., e Bongiorno, E.M., 2015, 2.17-2.10Ga plutonic episodes in the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil: U-Pb ages, geochemical constraints and tectonics: *Precambrian Research*, v. 270, p. 204–225, doi:10.1016/j.precamres.2015.09.010.
- Bea, F., 1996, Residence of REE, Y, Th and U in Granites and Crustal Protoliths; Implications for the Chemistry of Crustal Melts: *Journal of Petrology*, v. 37, p. 521–552, doi:10.1093/petrology/37.3.521.
- Belousova, E.A., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y., e Fisher, N.I., 2002, Igneous zircon: Trace element composition as an indicator of source rock type: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 143, p. 602–622, doi:10.1007/s00410-002-0364-7.
- Belousova, E.A., Griffin, W.L., e Pearson, N.J., 1998, Trace element composition and cathodoluminescence properties of southern African kimberlitic zircons: *Mineralogical Magazine*, v. 62, p. 355–366, doi:10.1180/002646198547747.
- Berman, R.G., 1988, Internally-Consistent Thermodynamic Data for Minerals in the System Na₂O-K₂O-CaO-MgO-FeO-Fe₂O₃-Al₂O₃-SiO₂-TiO₂-H₂O-CO₂: *Journal of Petrology*, v. 29, p. 445–522, doi:10.1093/petrology/29.2.445.
- Botev, Z.I., Grotowski, J.F., e Kroese, D.P., 2010, Kernel density estimation via diffusion: *Annals of Statistics*, v. 38, p. 2916–2957, doi:10.1214/10-AOS799.
- Brito Neves, B.B., Campos Neto, M.C., Fuck, R.A., 1999, From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes* v.22, no.3, p. 155-166. doi:10.18814/epiugs/1999/v22i3/002.
- Brueckner, H.K., Cunningham, D., Alkmin, F.F., Marshak, S., 2000, Tectonic implications of Precambrian Sm–Nd dates from the southern São Francisco craton and adjacent Araçuaí and Ribeira belts, Brazil: *Precambrian Research*, v. 99, p. 255–269, doi:10.1016/S0301-9268(99)00065-0.
- Bühn, B., Pimentel, M.M., Matteini, M., Dantas, E.L., 2009, High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS): *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 81, p. 99–114, doi: 10.1590/S0001-37652009000100011
- Campos, J.C.S., 2004, O Lineamento Jeceaba-Bom Sucesso como Limite dos Terrenos Arqueanos e Paleoproterozoicos do Cráton São Francisco Meridional: Evidências Geológicas, Geoquímicas (Rocha Total) e Geocronológicas (U–Pb) [Tese de Doutorado]: Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 191 p.
- Campos Neto, M.C., Basei, M.A.S., Janasi, V.A., Moraes, R., 2011, Orogen migration and tectonic setting of the Andrelândia Nappe system: an Ediacaran western Gondwana collage, south of São Francisco craton: *Journal of South American Earth Science*, v. 32, p. 393–406, doi:10.1016/j.jsames.2011.02.006.
- Campos Neto, M.C., Cioffi, C.R., Moraes, R., et al., 2010, Structural and metamorphic control on the exhumation of high-P granulites: the Carvalhos Klippe example, from the oriental Andrelândia Nappe system, southern portion of the Brasília Orogen, Brazil: *Precambrian Research*, v. 180, p. 125–142, doi:10.1016/j.precamres.2010.05.010

- Campos Neto, M.C.; 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
- Campos Neto, M.C., Janasi, V.A., Basei, M.A.S., e Siga Jr, O., 2007, Sistema de nappes Andrelândia, setor oriental: litoestratigrafia e posição estratigráfica: *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, p. 47–60, doi:10.25249/0375-7536.200737s44760.
- Campos Neto, M.C., Basei, M.A.S., Vlach, S.R.F., Caby, R., Szabó, G.A.J., Vasconcelos, P., 2004, Migração de orógenos e superposição de orogêneses: um esboço da colagem brasileira no sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil. *Revista do Instituto de Geociências – USP. São Paulo*, v.4, p. 13-40, doi:10.5327/S1519-874X2004000100002
- Carlson, W.D., Gordon, C.L., 2004, Effects of matrix grain size on the kinetics of intergranular diffusion: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 22, p.733-742, doi: doi:10.1111/j.1525-1314.2004.00545.x
- Carvalho, B.B., Janasi, V.A., e Sawyer, E.W., 2017a, Evidence for Paleoproterozoic anatexis and crustal reworking of Archean crust in the São Francisco Craton, Brazil: A dating and isotopic study of the Kinawa migmatite: *Precambrian Research*, v. 291, p. 98–118, doi:10.1016/j.precamres.2017.01.019.
- Carvalho, B.B., Sawyer, E.W., e Janasi, V.A., 2017b, Enhancing maficity of granitic magma during anatexis: Entrainment of infertile mafic lithologies: *Journal of Petrology*, v. 58, p. 1333–1362, doi:10.1093/petrology/egx056.
- Carvalho, S.G., Soares, P.C., Antonio, M.C., Zanardo, A., Oliveira, M.A.F., 1993, Geologia da Sequência Vulcano-Sedimentar de Alpinópolis (MG): *Revista Brasileira de Geociências*, v. 23, p. 38-51, doi:10.25249/0375-7536.19932313851.
- Carvalho, S.G., 1990, Geologia, petrografia e metalogenia da sequência vulcanossedimentar de Alpinópolis, Minas Gerais [Tese de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 216 p.
- Cavosie, A.J., Valley, J.W., Wilde, S.A., 2006, Correlated microanalysis of zircon: Trace element, $\delta^{18}\text{O}$, and U–Th–Pb isotopic constraints on the igneous origin of complex >3900Ma detrital grains: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 70, p. 5601-5616, doi:10.1016/j.gca.2006.08.011.
- Cawood, P.A., Hawkesworth, C.J., e Dhuime, B., 2012, Detrital zircon record and tectonic setting: *Geology*, v. 40, p. 875–878, doi:10.1130/G32945.1.
- Cherniak, D.J., Hanchar, J.M., e Watson, E.B., 1997a, Diffusion of tetravalent cations in zircon: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 127, p. 383–390, doi:10.1007/s004100050287.
- Cherniak, D.J., Hanchar, J.M., e Watson, E.B., 1997b, Rare-earth diffusion in zircon: *Chemical Geology*, v. 134, p. 289-301, doi: 10.1016/S0009-2541(96)00098-8.
- Choudhuri, A., Schrank, A., Roig, H.L., Szabó, G.A.J., 1995, Negative Ce anomaly in mafic rocks of a possible Late Proterozoic ophiolite from SW Minas Gerais, Brazil, *in* Srivastava, R.K., Chandra, R., eds., *Magmatism in relation to diverse tectonic settings*. Oxford: IBH Publishing Co., p. 283-290.
- Cioffi, C.R., Campos Neto, M. da C., Möller, A., e Rocha, B.C., 2016a, Paleoproterozoic continental crust generation events at 2.15 and 2.08Ga in the basement of the southern Brasília Orogen, SE Brazil: *Precambrian Research*, v. 275, p. 176–196, doi:10.1016/j.precamres.2016.01.007.
- Cioffi, C.R., Campos Neto, M. da C., Möller, A., e Rocha, B.C., 2016b, Tectonic significance of the Meso- to Neoproterozoic complexes in the basement of the southern Brasília Orogen: *Precambrian Research*, v. 287, p. 91–107, doi:10.1016/j.precamres.2016.10.009.
- Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, 2015, Projeto Fronteiras de Minas Gerais – Folha Nova Resende, SF.23-V-D-I, escala 1:100.000, Por Antônio Carlos

- Pedrosa Soares e outros. Minas Gerais, CODEMIG/UFMG.
- Connolly, J.A.D., 1990, Multivariable phase-diagrams-an algorithm based on generalized thermodynamics: *American Journal of Science*, v. 290, p. 666-718, doi:10.2475/ajs.290.6.666.
- Connolly, J.A.D., Kerrick D.M., 1987, An algorithm and computer program for calculating composition phase diagrams, disponível em http://www.perplex.ethz.ch/perplex/tutorial/Marks_C2C_workshop_Sevilla/distributed%20files/papers/ (acesso em junho de 2017).
- Corfu, F., Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O., e Kinny, P., 2003, Atlas of zircon textures: Zircon, *in* *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. Ed. Mineralogical Society of America, p. 469-500, doi:10.2113/0530469.
- Crosta, A.P., Choudhuri, A., Szabó, G.A.J., Schrank, A., 1986, Relações entre tipos litológicos e suas estruturas regionais nos terrenos arqueanos e paleoproterozoicos do sudoeste de Minas Gerais, in *Congresso Brasileiro de Geologia*, 34, Goiânia, Goiás, p. 720-721.
- Del Lama, E.A., Zanardo, A., Oliveira, M.A.F., Morales, N., 2000, Exhumation of highpressure granulites of the Guaxupé complex, southeastern Brazil: *Geological Journal*, v. 35, p. 231-249, doi: 10.1002/gj.859.
- Del Lama, E.A., Oliveira, M.A.F., Zanardo, A., 1994, Geotermobarometria em rochas do Complexo Campos Gerais ao norte da Zona de Cisalhamento de Varginha. *Revista Brasileira de Geociências*. v. 24, p. 233-239, doi:10.25249/0375-7536.1994233239.
- Del Lama, E.A., 1993, Petrologia das rochas metamórficas de alto grau do Complexo Campos Gerais e correlação com as do Complexo Varginha-Guaxupé: estudos termobarométricos [Dissertação de Mestrado]: Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 132 p.
- Dickinson, W.R., e Gehrels, G.E., 2009, Use of U-Pb ages of detrital zircons to infer maximum depositional ages of strata: A test against a Colorado Plateau Mesozoic database: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 288, p. 115-125, doi:10.1016/j.epsl.2009.09.013
- Dickson, B.L., e Scott, K.M., 1997, Interpretation of aerial gamma-ray surveys - adding the geochemical factors: *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, v. 17, p. 187-200, doi: <http://pid.geoscience.gov.au/dataset/ga/81502>.
- Diener, J.F.A., e Powell, R., 2010, Influence of ferric iron on the stability of mineral assemblages: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 28, p. 599-613, doi:10.1111/j.1525-1314.2010.00880.x.
- Dorr II, J.V.N., 1969, Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil: U.S. Geology Survey Professional Paper, v. 641-A, p. 1-110, doi:10.3133/pp641A.
- DPP, CGPLAN, IPR/DNIT, 2013, Mapa Multimodal, Minas Gerais: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, escala 1:1.580.000.
- _____ Mapa Multimodal, São Paulo: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, escala 1:1.580.000.
- Duque, T.R.F., 2018, O Grupo Itacolomi em sua área tipo: estratigrafia, estrutura e significado tectônico [Dissertação de Mestrado]: Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 101 p.
- Duque, T.R.F. Alkmim, F.F., Lana, C.C., 2020, Grão detríticos de zircão do grupo Itacolomi em sua área tipo, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: idades, proveniência e significado tectônico: *Geologia USP, Série Científica*, v. 20, p. 101-123, doi:10.11606/issn.2316-9095.v20-151397
- Dutra, L.F., Martins, M., e Lana, C., 2019, Sedimentary and U-Pb detrital zircons provenance of the Paleoproterozoic Piracicaba and Sabará groups, Quadrilátero Ferrífero, Southern São

- Francisco craton, Brazil: *Brazilian Journal of Geology*, v. 49, doi:10.1590/2317-4889201920180095.
- Elhlou, S., Belousova, E., Griffin, W.L., Pearson, N.J., O'reilly, S.Y., 2006, Trace element and isotopic composition of GJ-red zircon standard by laser ablation, *in* *Geochimica et Cosmochimica Acta*: <http://hdl.handle.net/1959.14/1245004> (acesso em setembro de 2019).
- Falci, A., Caxito, F. de A., Seer, H.J., Valeriano, C. de M., Dias, P.H.A., e Pedrosa-Soares, A.C., 2018, Provenance shift from a continental margin to a syn-orogenic basin in the Neoproterozoic Araxá nappe system, southern Brasília belt, Brazil: *Precambrian Research*, v. 306, p. 209–219, doi:10.1016/j.precamres.2018.01.004.
- Farina, F., Albert, C., e Lana, C., 2015, The Neoproterozoic transition between medium- and high-K granitoids: Clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil): *Precambrian Research*, v. 266, p. 375–394, doi:10.1016/j.precamres.2015.05.038.
- Fayad, D.A.C., 2013, Cromititos dos Complexos Campos Gerais e Petúnia (Faixa Brasília Meridional) na região de Alpinópolis e Nova Resende (MG): Geologia, petrografia, química mineral e ambientação tectono-magmática [Dissertação de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 99 p.
- Fedo, C.M., Sircombe, K.N., e Rainbird, R.H., 2003, Detrital zircon analysis of the sedimentary record: Zircon, *in* *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. Ed. Mineralogical Society of America, p. 277–303, doi:10.2113/0530277.
- Feola, J.L., 2004, Mineralizações auríferas hospedadas na Faixa Metavulcanossedimentar Jacuí-Bom Jesus da Penha – sudoeste de Minas Gerais [Tese de Doutorado]: Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 211 p.
- Frost, B.R., 1975, Contact Metamorphism of Serpentinite, Chloritic Blackwall and Rodingite at Paddy-Go-Easy Pass, Central Cascades, Washington: *Journal of Petrology*, v. 16, p. 272–313, doi:10.1093/petrology/16.1.272
- Frugis, G.L., Campos Neto, M. da C., e Lima, R.B., 2018, Eastern Paranapanema and southern São Francisco orogenic margins: Records of enduring Neoproterozoic oceanic convergence and collision in the southern Brasília Orogen: *Precambrian Research*, v. 308, p. 35–57, doi:10.1016/j.precamres.2018.02.005.
- Fu, B., Page, F.Z., Cavosie, A.J., Fournelle, J., Kita, N.T., Lackey, J.S., Wilde, S.A., e Valley, J.W., 2008, Ti-in-zircon thermometry: Applications and limitations: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 156, p. 197–215, doi:10.1007/s00410-008-0281-5.
- Fumes, R.A., Luvizotto, G., Moraes, R., Lanari, P., Valeriano, C., Zack, T., Caddick, M., Simões, L.S., 2020, P–T–t path of high-pressure granulite facies rocks from Southern Brasília Orogen, SE Brazil: combining quantitative compositional mapping, single-element thermometry and geochronology: *Journal of Metamorphic Geology* (submetido)
- García-Casco, A., Haissen, F., Castro, A., El-Hmidi, H., Torres-Roldán, R.L., Millán, G., 2003, Synthesis of Staurolite in Melting Experiments of a Natural Metapelite: Consequences for the Phase Relations in Low-Temperature Pelitic Migmatites: *Journal of Petrology*, v. 44, p. 1727–1757, doi:10.1093/petrology/egg056
- García-Casco, A., Torres-Roldán, R. L., Millán, G., Monié, P., Haissen, F., 2001, High-grade metamorphism and hydrous melting of metapelites in the Pinos terrane (W Cuba): evidence for crustal thickening and extension in the northern Caribbean collisional belt: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 19, p. 699–715, doi:10.1046/j.0263-4929.2001.00343.x
- Gehrels, G., 2014, Detrital Zircon U-Pb Geochronology Applied to Tectonics: Annual Review of Earth and Planetary Sciences, v. 42, p. 127–149, doi:10.1146/annurev-earth-050212-124012.
- Gehrels, G., 2013, Determining Max Depositional Ages, disponível em:

- <https://sites.google.com/a/laserchron.org/laserchron/home>. (acesso em janeiro de 2017).
- Gehrels, G., Giesler, D., Pecha, M., 2012, Detrital zircon geochronology with n=1000. Geological Society of America *Abstracts with Programs*, v. 44, p. 71, <https://gsa.confex.com/gsa/2012AM/webprogram/Paper211517.html>. (acesso em agosto de 2019).
- Geisler, T., Pidgeon, R.T., Kurtz, R., van Bronswijk, W., Schleicher, H., 2003a, Experimental hydrothermal alteration of partially metamict zircon: *American Mineralogist*, v. 88, p. 1496–1543, doi:10.2138/am-2003-1013
- Geisler, T., Rashwan, A.A., Rahn, M.K.W., Poller, U., Zwingmann, H., Pidgeon, R.T., Schleicher, H., Tomaschek, F., 2003b, Low-temperature hydrothermal alteration of natural metamict zircons from the Eastern Desert, Egypt: *Mineralogical Magazine*, v. 67, p. 485-508, doi: 10.1180/0026461036730112
- Geisler, T., Pidgeon, R.T., van Bronswijk, W., Pleyzier, R., 2001a, Kinetics of thermal recovery and recrystallization of partially metamict zircon: a Raman spectroscopic study: *European Journal of Mineralogy*, v. 13, p. 1163-1176, doi: 10.1127/0935-1221/2001/0013-1163
- Geisler, T., Ulonska, M., Schleicher, H., Pidgeon, R.T., van Bronswijk, W., 2001b, Leaching and differential recrystallization of metamict zircon under experimental hydrothermal conditions: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 141, p. 53-65, doi: 10.1007/s004100000202
- Geisler, T., Schaltegger, Urs, Tomaschek, F., 2007, Re-equilibration of Zircon in Aqueous Fluids and Melts: *Elements*, v. 3, p. 43-50, doi:10.2113/gselements.3.1.43 <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:28473>
- Griffin, E. L., Powell, W.J., Pearson, N. J., O'Reilly, S. Y., 2008, GLITTER: Data reduction software for laser ablation ICP-MS, in Sylvester, P., ed., *Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: current practices and outstanding issues*. Vancouver: Mineralogical Association of Canada Short Course Series, p- 307-311.
- Grimes, C.B., Wooden, J.L., Cheadle, M.J., John, B.E., 2015, “Fingerprinting” tectono-magmatic provenance using trace elements in igneous zircon: *Contributions of Mineralogy and Petrology*, v. 170, p. 1-26, doi:10.1007/s00410-015-1199-3.
- Grimes, C.B., John, B.E., Kelemen, P.B., Mazdab, F.K., Wooden, J.L., Cheadle, M.J., Hanghøj, K., e Schwartz, J.J., 2007, Trace element chemistry of zircons from oceanic crust: A method for distinguishing detrital zircon provenance: *Geology*, v. 35, p. 643–646, doi:10.1130/G23603A.1.
- Grimes, C.B., Wooden, J.L., Cheadle, M.J., e John, B.E., 2015, “Fingerprinting” tectono-magmatic provenance using trace elements in igneous zircon: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 170, p. 1–26, doi:10.1007/s00410-015-1199-3.
- Grohmann, C.H., Campanha, G.A.C., Soares Junior, A.V., 2011, OPENSTEREO: Um programa livre e multiplataforma para análise de dados estruturais, in *Simpósio Nacional De Estudos Tectônicos*, 13, Campinas, São Paulo.
- Guo, L., Zhang, H.F., Harris, N., Xu, W.C., e Pan, F. Bin, 2017, Detrital zircon U–Pb geochronology, trace-element and Hf isotope geochemistry of the metasedimentary rocks in the Eastern Himalayan syntaxis: Tectonic and paleogeographic implications: *Gondwana Research*, v. 41, p. 207–221, doi:10.1016/j.gr.2015.07.013.
- Guynn, J., e Gehrels, G., 2010, Comparison of Detrital Zircon Age Distributions Using the K–S Test Visualization and representation of age-distribution data Histograms, <https://sites.google.com/a/laserchron.org/laserchron/home> (acesso em maio de 2017).
- Hasui Y., Oliveira, M.A.F., 1984, Província Mantiqueira - Setor Central. O Pré-cambriano do Brasil, Edgard Blücher, São Paulo, p. 308-344.
- Hey, M., 1954, A new review of the chlorites: *Mineralogical Magazine and Journal of the*

- Mineralogical Society, v. 30(224), p. 277-292, doi:10.1180/minmag.1954.030.224.01
- Holland, T.J.B., e Powell, R., 2011, An improved and extended internally consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest, involving a new equation of state for solids: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 29, p. 333–383, doi:10.1111/j.1525-1314.2010.00923.x.
- Holland, T.J.B., Powell, R., 1998, An internally consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 16, p. 309-344, doi:10.1111/j.1525-1314.1998.00140.x.
- Holland, T. J. B., Powell, R., 1990, An internally-consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: the system Na₂O–K₂O–CaO–MgO–MnO–FeO–Fe₂O₃–Al₂O₃–SiO₂–TiO₂–C–H₂–O₂: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 8, p. 89–124, doi:10.1111/j.1525-1314.1990.tb00458.x
- Hoskin, P.W.O., 2005, Trace-element composition of hydrothermal zircon and the alteration of Hadean zircon from the Jack Hills, Australia: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 69, p. 637–648, doi:10.1016/j.gca.2004.07.006.
- Hoskin, P.W.O., e Schaltegger, U., 2003, The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis: Zircon, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. Ed. Mineralogical Society of America, p. 27–62, doi:10.2113/0530027.
- Hoskin, P.W.O., 2000, Patterns of chaos: Fractal statistics and the oscillatory chemistry of zircon: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 64, p. 1905–1923, doi:10.1016/S0016-7037(00)00330-6.
- Hoskin, P.W.O., e Black, L.P., 2000, Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 18, p. 423–439, doi:10.1046/j.1525-1314.2000.00266.x.
- Hoskin, P.W.O., e Ireland, T.R., 2000, Rare earth element chemistry of zircon and its use as a provenance indicator: *Geology*, v. 28, p. 627–630, doi:10.1130/0091-7613(2000)028<0627:REECOZ>2.3.CO;2.
- Hurford, A., Fitch, F., Clarke, A., 1984, Resolution of the age structure of the detrital zircon populations of two Lower Cretaceous sandstones from the Weald of England by fission track dating: *Geological Magazine*, v. 121, p. 269–396.
- International Atomic Energy Agency, 2003, Mapping Using Gamma Ray: *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, v. 4, p. 1549-1555., disponível em: http://cdiac.esd.ornl.gov/oceans/GLODAP/glodap_pdfs/Thermohaline.web.pdf.
- Jamieson, R.A., Beaumont, C., Medvedev, S., Nguyen, M.H., 2004, Crustal channel flows: 2. Numerical models with implications for metamorphism in the Himalayan-Tibetan orogen. *Journal of Geophysical Research*, v. 109, p. 1-24, doi:10.1029/2003JB002811
- Jenkins, D.M., Chernosky J.V., 1986, Phase equilibria and crystallochemical properties of Mg-chlorite: *American Mineralogist*, v. 71, p. 924-936, disponível em: http://www.minsocam.org/ammin/AM71/AM71_924.pdf, acesso em junho de 2017.
- Jochum, K.P., Weis, U., Stoll, B., et al., 2011, Determination of Reference Values for NIST SRM 610-617 Glasses Following ISO Guidelines: *Geostandards and Geoanalytical Research*, v. 35, p. 397-429, doi:10.1111/j.1751-908X.2011.00120.x.
- Kafer, L.Q. et al., 1979, Projeto Sapucaí, estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Relatório final de geologia. Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, Superintendência Regional de São Paulo, 299 p.
- Kohn, M.J., Spear, F., 2000, Retrograde net transfer reaction insurance for pressure-temperature estimates: *Geology*, v. 28, p. 1127-1130, doi:10.1130/0091-7613(2000)28<1127:RNTRIF>2.0.CO;2
- Kriegsman, L.M., 2001, Partial melting, partial melt extraction and partial back reaction in anatectic migmatites: *Lithos*, v.56, p. 75-96, doi:10.1016/S0024-4937(00)00060-8

- Lana, C., Alkmim, F.F., Armstrong, R., Scholz, R., Romano, R., e Nalini, H.A., 2013, The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil: *Precambrian Research*, v. 231, p. 157–173, doi:10.1016/j.precamres.2013.03.008.
- Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., et al., 1997, Nomenclature of amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names: *Canadian Mineralogist*, v. 35, p. 219–246.
- Lopes, L.B.L., 2013, Granitogênese e metamorfismo da fácies granulito da porção sul da Faixa Brasília, Areado, Minas Gerais [Monografia de Conclusão de Curso]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 52 p.
- Ludwig, K.R., 1998, On the treatment of concordant uranium-lead ages: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 62, p. 665–676, doi:10.1016/S0016-7037(98)00059-3.
- Luvizotto, G.L., Zack, T., Triebold, S., von Eynatten, H., 2009, Rutile occurrence and trace element behavior in medium-grade metasedimentary rocks: example from the Erzgebirge, Germany: *Mineralogy and Petrology*, v. 97, p. 233–249, doi: 10.1007/s00710-009-0092-z.
- Luvizotto G., 2003, Caracterização metamórfica das rochas do Grupo Araxá na região de São Sebastião do Paraíso, sudoeste de Minas Gerais [Dissertação de Mestrado]: Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 152 p.
- Machado Filho, L., Ribeiro, M.W., Gonzalez, S.R., et al. 1983, Geologia, in Departamento Nacional de Produção Mineral, Folhas SF. 23/24, Rio de Janeiro/Vitoria: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra/ Projeto RADAM Brasil, Levantamento de Recursos Naturais, 32, Rio de Janeiro, 780 p.
- Machado, N., e Carneiro, M., 1992, U-Pb evidence of late Archean tectono-thermal activity in the southern Sao Francisco shield, Brazil: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 29, p. 2341–2346, doi:10.1139/e92-182.
- Machado, N., Schrank, A., Noce, C.M., e Gauthier, G., 1996, Ages of detrital zircon from archaean - Paleoproterozoic sequences: Implications for greenstone belt setting and evolution of a transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 141, p. 259–276, doi:10.1016/0012-821x(96)00054-4.
- Marinho, K.S.M., 2014, Petrogênese do Granulito Pedra Dourada [Dissertação de Mestrado]: Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 115 p.
- Martínez Dopico, C.I., Lana, C., Moreira, H.S., Cassino, L.F., e Alkmim, F.F., 2017, U–Pb ages and Hf-isotope data of detrital zircons from the late Neoproterozoic Minas Basin, SE Brazil: *Precambrian Research*, v. 291, p. 143–161, doi:10.1016/j.precamres.2017.01.026.
- Medeiros-Junior, E.B., 2016, Evolução petrogenética de terrenos granulíticos nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo [Tese de Doutorado]: Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 165 p.
- Miller, H.G. e Singh, V., 1994, Potential Field Tilt a New Concept for Location of Potential Field Sources: *Journal of Applied Geophysics*, v. 32, p. 213–217, doi:10.1016/0926-9851(94)90022-1.
- Minty, B.R.S., 1997, Fundamentals of airborne gamma-ray spectrometry: *Journal of Australian Geology & Geophysics*, v. 17, p. 39–50.
- Mogk, D., Gibbs' Phase Rule: Where it all Begins, disponível em: http://serc.carleton.edu/research_education/equilibria/phaserule.html. Acesso junho de 2017.
- Monteiro, C.F., Marques, G.C., de Oliveira, C.G., Silva, A.M., Dantas, E.L., 2007, Análise e Interpretação de Dados Aerogeofísicos Aplicados ao Mapeamento Geológico no Arco

- Magmático de Mara Rosa, Goiás, Brasil Central, *in* International Congresso of the Brazilian Geophysical Society, 10, p. 1028–1033, doi:10.1190/sbgf2007-197.
- Morales N., 1993, Evolução Tectônica do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio na sua porção ocidental [Tese de Doutorado]: Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 270 p.
- Morales, N., Carvalho, S.G., Choudhuri, A., Fiori, A.P., Oliveira, M.A.F., Rodrigues, M.F.B., Soares, P.C., Zanardo, A., 1983, Geologia das folhas de Fortaleza de Minas, Alpinópolis, Jacuí e Nova Resende, MG, *in* Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 2, Belo Horizonte, Minas Gerais, p. 411-422.
- Morales, N., Hasui, Y., 1993, Evolução tectônica da porção ocidental do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio, *in* Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 4, Belo Horizonte, Minas Gerais, p. 292-296.
- Morales, N., Zanardo, A., Simões, L.S.A., Godoy, A.M., 1991, A zona de cisalhamento Campo do Meio na região entre Fortaleza de Minas e Alpinópolis, sul de Minas Gerais. *in* Simpósio Nacional De Estudos Tectônicos, 3, UNESP, Rio Claro, p. 34-60
- Mori, P.E., Reeves, S., Correia, C.T., Haukka, M., 1999, Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo: *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, p. 441–446.
- Motta, R.G., Moraes, R., 2017, Pseudo- and real-inverted metamorphism caused by the superposition and extrusion of a stack of nappes: a case study of the Southern Brasília Orogen, Brazil. *International Journal Earth Science*, v. 106, p. 2407-2427, doi:10.1007/s00531-016-1436-7.
- Motta, R.G., De Moraes, R., Trouw, R.A.J., e Da Costa Campos Neto, M., 2010, Reconstrução e comparação de trajetórias P-T no sistema de nappes andrelândia, sul da faixa Brasília, MG: *Geologia USP - Serie Científica*, v. 10, p. 79–96.
- Moya, F.A., Szabó, G.A.J., 2000, Implicações das variações composicionais e texturais de cloritas e anfibólios em rochas metaultramáficas de domínios tectono-estratigráficos distintos do Complexo Campos Gerais (sudoeste de Minas Gerais). Resumo SIICUSP.
- Nardi, L.V.S., Formoso, M.L.L., Müller, I.F., Fontana, E., Jarvis, K., e Lamarão, C., 2013, Zircon/rock partition coefficients of REEs, Y, Th, U, Nb, and Ta in granitic rocks: Uses for provenance and mineral exploration purposes: *Chemical Geology*, v. 335, p. 1–7, doi:10.1016/j.chemgeo.2012.10.043.
- Nasdala, L., Hanchar, J.M., Rhede, D., Kennedy, A.K., Váczi, T., 2010, Retention of uranium in complexly altered zircon: An example from Bancroft, Ontario: *Chemical Geology*, v. 269, p. 290-300, doi:10.1016/j.chemgeo.2009.10.004.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1996, Petrogenesis of sediments in the absence of chemical weathering: effects of abrasion and sorting on bulk composition and mineralogy: *Sedimentology*, v. 43, p. 341-358, doi:10.1046/j.1365-3091.1996.d01-12.x
- Oliveira, A.H., 2004, Evolução tectônica de um fragmento do Cráton São Francisco Meridional com base em aspectos estruturais, geoquímicos (rocha total) e geocronológicos (Rb–Sr, Sm–Nd, Ar–Ar, U–Pb) [Tese de Doutorado]: Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 196 p.
- Oliveira, M.A.F., Carvalho, S.G., Morales, N., Rodrigues, M.F.B., Zanardo, A., 1983, Geologia das quadrículas de Cássia e São Sebastião do Paraíso, MG, *in* Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 2, Belo Horizonte, Minas Gerais, p. 432-439.
- Paciullo, F.V.P., Ribeiro, A., Cherman, A., Chrispim, S., Maciel, R.R., 2008, Programa Geologia do Brasil: Folha Nepomuceno, SF-23-V-D-III, escala 1:100.000. Nota explicativa, Brasília: CPRM, 92 p.
- Pearce, M.A., White, A.J.R., e Gazley, M.F., 2015, TCIInvestigator: Automated calculation of mineral mode and composition contours for thermocalc pseudosections: *Journal of*

- Metamorphic Geology, v. 33, p. 413–425, doi:10.1111/jmg.12126.
- Perkins, D., Mogk, D., Method of Schreinemakers – A Geometric Approach to Constructing Phase Diagrams. Disponível em: https://serc.carleton.edu/research_education/equilibria/schreinemakers.html. Acesso em junho de 2017.
- Pidgeon, R.T., 1992, Recrystallisation of oscillatory zoned zircon: some geochronological and petrological implications: Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 110, p. 463–472, doi:10.1007/BF00344081.
- Pidgeon, R.T., Nemchin, A.A., e Kinny, P.D., 2000, Fir-Tree and Nebulously Zoned Zircons from Granulite Facies Rocks: Evidence for Zircon Growth and Interaction with Metamorphic Fluids: Journal of Conference Abstracts, v. 5, p. 798.
- Philpotts, A.R., Ague, J.J., 2009, Principles of Igneous and Metamorphic Geology: New York, Cambridge University Press, 667 p.
- Pimentel, M.M., Ferreira Filho, M.F., 2002, Idades Sm-Nd de komatiitos do *greenstone belt* do Morro do Ferro, Fortaleza de Minas (MG): Revista Brasileira de Geociências, v. 32, p. 147-148.
- Pinheiro, M.A.P., 2013, Geologia e petrogênese de corpos máfico-ultramáficos da Faixa Brasília Sul, borda sul do Cráton São Francisco – Minas Gerais [Tese de Doutorado]: Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 248 p.
- Powell, R., Guiraud, M., White, R.W., 2005, Truth and beauty in metamorphic phase-equilibria: Conjugate variables and phase diagrams: Canadian Mineralogist, v. 43, p. 21–33, doi:10.2113/gscanmin.43.1.21.
- Powell, R., Holland, T.J.B., White, R., 2009, Thermocalc Short Course. Praga, República Checa. Disponível em: <http://www.metamorph.geo.uni-mainz.de/thermocalc/>. Acesso em maio de 2017.
- Powell, R., Holland, T.J.B., Worley, B., 1998, Calculating phase diagrams involving solid solutions via nonlinear equations, with examples using THERMOCALC: Journal of Metamorphic Geology, v. 16, p. 577-588, doi: 10.1111/j.1525-1314.1998.00157.x.
- Powell, R., e Holland, T., 1994, Optimal geothermometry and geobarometry: American Mineralogist, v. 79, p. 120–133, doi:10.1007/1-4020-4496-8_148.
- Powell, R., Holland, T.J.B., 1990, Calculated mineral equilibria in the pelite system. KFMASH (K₂O–FeO–MgO–Al₂O₃–SiO₂–H₂O): American Mineralogist, v. 75, p. 367–380.
- Powell, R., Holland, T.J.B., 1988, An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: application methods, worked examples and a computer program: Journal of Metamorphic Geology, v. 6, p. 173–204, doi:10.1111/j.1525-1314.1988.tb00415.x.
- Pupin, J.P., 2000, Granite genesis related to geodynamics from Hf-Y in zircon: Special Paper of the Geological Society of America, v. 350, p. 245–256, doi:10.1130/0-8137-2350-7.245.
- Quéméneur, J.J.G., Ribeiro, A., Trouw, R.A.J., Paciullo, F.V.P., Heilbron, M., 2003, Geologia da Folha Lavras: Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Mineiro, Projeto Sul de Minas – Etapa I, relatório final, v. 1, p. 259-319.
- Rayner, N., Stern, R.A., e Carr, S.D., 2005, Grain-scale variations in trace element composition of fluid-altered zircon, Acasta Gneiss Complex, northwestern Canada: Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 148, p. 721–734, doi:10.1007/s00410-004-0633-8.
- Reis, L.A., Martins-neto, M.A., Gomes, N.S., Endo, I., e Jordt-Evangelista, H., 2002, a Bacia De Antepaís Paleoproterozóica Sabará , Quadrilátero: Revista Brasileira de Geociências, v. 32, p. 27–42.
- Renger, F.E., Noce, C.M., Romano, A.W., e Machado, N., 1994, Evolução Sedimentar do

- Supergrupo Minas: 500 Ma. de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil: Geonomos, doi:10.18285/geonomos.v2i1.227.
- Ribeiro, A., Campos, M.T., Paciullo, F.V.P., Carvalho, M.V., Valeriano, C., Nascimento, D., 2010, Programa Geologia do Brasil: Folha Alfenas, SF-23-V-D-III, Brasília: CPRM, escala 1:100.000.
- Ribeiro, V.B., Mantovani, M., e Louro, V.H.A., 2013, Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico: *Terrae Didactica*, v. 10, p. 29, doi:10.20396/td.v10i1.8637386.
- Rodrigues, J.B., Pimentel, M.M., Dardenne, M.A., e Armstrong, R.A., 2010, Age, provenance and tectonic setting of the Canastra and Ibiá Groups (Brasília Belt, Brazil): Implications for the age of a Neoproterozoic glacial event in central Brazil: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 512–521, doi:10.1016/j.jsames.2009.08.008.
- Roest, W.R., Verhoef, J. and Pilkington, M., 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Geophysics*, v. 57, p. 116-125, doi:10.1190/1.1443174.
- Roig, H.L., 1993, Caracterização da "Zona de Sutura" Jacuí-Conceição da Aparecida, MG - limite norte do Cinturão Alto Rio Grande: implicações geotectônicas e metalogenéticas [Dissertação de Mestrado]: Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 136 p.
- Roig, H.L., Schrank, A., 1992, Caracterização da zona de sutura Jacuí-Conceição da Aparecida – limite norte do complexo de nappes de Guaxupé, in Congresso Brasileiro de Geologia, 37, São paulo, SP, p.283-285
- Romano, R., Lana, C., Alkmim, F.F., Stevens, G., e Armstrong, R., 2013, Stabilization of the southern portion of the São Francisco craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism: *Precambrian Research*, v. 224, p. 143–159, doi:10.1016/j.precamres.2012.09.002.
- Rubatto, D., 2017, Zircon: The Metamorphic Mineral: v. 83, 261–295 p., doi:10.2138/rmg.2017.83.09.
- Rubatto, D., 2002, Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U–Pb ages and metamorphism: *Chemical Geology*, v. 184, p. 123-138, doi:10.1016/S0009-2541(01)00355-2.
- Rubatto, D., Chakraborty, S., e Dasgupta, S., 2013, Timescales of crustal melting in the Higher Himalayan Crystallines (Sikkim, Eastern Himalaya) inferred from trace element-constrained monazite and zircon chronology: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 165, p. 349–372, doi:10.1007/s00410-012-0812-y.
- Rubatto, D., Gebauer, D., 2000, Use of cathodoluminescence for U–Pb zircon dating by ion microprobe: some examples from the Western Alps, *in* Pagel, M., Barbin, V., Blanc, P., Ohnenstetter, D., eds., *Cathodoluminescence in geosciences*: Springer, Berlin Heidelberg New York, p. 373-400.
- Rubatto, D., Gebauer, D., Compagnoni, R., 1999, Dating of eclogite-facies zircons: the age of Alpine metamorphism in the Sesia–Lanzo Zone (Western Alps): *Earth and Planetary Science Letters*, v. 167, p. 141-158, doi:10.1016/S0012-821X(99)00031-X.
- Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C., DeZonia, B. E., Walter, A. E., Arena, E. T., & Eliceiri, K. W., 2017, ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*, v. 18:529, doi:10.1186/s12859-017-1934-z.
- Schaltegger, U., 2007, Hydrothermal zircon: *Elements*, v. 3, doi:10.2113/gselements.3.1.51.
- Schaltegger, U., Fanning, C.M., Günther, D., Maurin, J.C., Schulmann, K., e Gebauer, D., 1999, Growth, annealing and recrystallization of zircon and preservation of monazite in high-grade metamorphism: Conventional and in-situ U-Pb isotope, cathodoluminescence and microchemical evidence: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 134, p. 186–201, doi:10.1007/s004100050478.
- Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E., Kaynig, V., Longair, M., Pietzsch, T., ...

- Cardona, A., 2012, Fiji: an open-source platform for biological-image analysis: *Nature Methods*, v. 9(7), p. 676–682, doi:10.1038/nmeth.2019.
- Schrank A., Silva M.G., 1993, Greenstone belt do Cráton do São Francisco, Brasil, *in* Dominguez, J.M.L., Misi, A., eds, *O Cráton do São Francisco: SBG/SGM/CNPq*, Salvador, p.85-118.
- Schumacher, J.C., 2007, *Metamorphic Amphiboles: Composition and Coexistence: Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, v. 67, p. 359-416, doi:10.2138/rmg.2007.67.10
- Seixas, L.A.Ô.R., Bardintzeff, J.M., Stevenson, R., Bonin, B., 2013, Petrology of the high-Mg tonalites and dioritic enclaves of the ca. 2130 Ma Alto Maranhão suite: Evidence for a major juvenile crustal addition event during the Rhyacian orogenesis, Mineiro Belt, southeast Brazil: *Precambrian Research*, v. 238, p. 18–41, doi:10.1016/j.precamres.2013.09.015.
- Seixas, L.A.R., David, J., e Stevenson, R., 2012, *Geochemistry, Nd isotopes and U-Pb geochronology of a 2350Ma TTG suite, Minas Gerais, Brazil: Implications for the crustal evolution of the southern São Francisco craton: Precambrian Research*, v. 196–197, p. 61–80, doi:10.1016/j.precamres.2011.11.002.
- Shaw, D.M., 1956, *Geochemistry of pelitic rocks. Part III: major elements and general geochemistry: Bulletin of Geological Society of America*, v. 67, p. 919-934, doi: 10.1130/0016-7606(1956)67[919:GOPRPI]2.0.CO;2
- Sircombe, K.N., 2004, AgeDisplay: An EXCEL workbook to evaluate and display univariate geochronological data using binned frequency histograms and probability density distributions: *Computers and Geosciences*, v. 30, p. 21–31, doi:10.1016/j.cageo.2003.09.006.
- Sircombe, K.N., 2000, The usefulness and limitations of binned frequency histograms and probability density distributions for displaying absolute age data. Radiogenic age and isotopic studies, Report 13, Geological Survey of Canada, Current Research 2000-F2, 11pp.
- Silva, M., 2010, Modelamento metamórfico de rochas das fácies xisto-verde e anfibolito com o uso de pseudosseções: exemplo das rochas da Klippe Carrancas, sul de Minas Gerais [Dissertação de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 138 p.
- Simões, L.S.A., 1995, Evolução tectono-metamórfica da nappe de Passos, sudoeste de Minas Gerais [Tese de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 149 p.
- Soares, P.C., Carvalho, S.G., Fiori, A.P., 1991, Evolução tectônica dos terrenos máfico-ultramáficos na margem sul do Cráton do São Francisco, in *Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, 3, Rio Claro, São Paulo, p. 66-68.
- Soares, P.C., Fiori, A.P., 1990, Tectônica Colisional Oblíqua entre o Bloco Paraná e a margem sul do Cráton do São Francisco, no Maciço de Guaxupé, in *Congresso Brasileiro de Geologia*, 36, Natal, Rio Grande do Norte, p. 2723-2734.
- Spear, F.S., Cheney, J.T., 1989, A petrogenetic grid for polytictic schists in the system SiO₂–Al₂O₃–FeO–MgO–K₂O–H₂O: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 101, p. 149–164, doi:10.1007/BF00375302.
- Spear, F., Kohn, M., Cheney, J., 1999, *P-T* paths from anatectic pelites: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 134, p. 17-32, doi:10.1007/s004100050466.
- Spear, F.S., 1993, *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*. Mineralogical Society of America, Washington, D. C., 799 p.
- Spencer, C.J., Kirkland, C.L., e Taylor, R.J.M., 2016, Strategies towards statistically robust interpretations of in situ U-Pb zircon geochronology: *Geoscience Frontiers*, v. 7, p. 581–589, doi:10.1016/j.gsf.2015.11.006.
- Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989. *Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes*. Geological Society, London, Special

- Publications, v. 42, p. 313–345, doi:10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19.
- Stüwe, K., 1997, Effective bulk composition changes due to cooling: a model predicting complexities in retrograde reaction textures: Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 129, p. 43–52, doi:10.1007/s004100050322.
- Szabó, G.A.J., Rolo, H.L., Schrank, A., Choudhuri, A., 1993, Duas faixas litoestruturais distintas e o limite das Províncias Tocantins e Mantiqueira, entre Alpinópolis e Nova Resende (MG), in Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, Salvador, BA, p. 272-274.
- Szabó, G.A.J., 1996, Petrologia da Suíte Metaultramáfica da Sequência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro na Região de sul a oeste de Alpinópolis, MG (Domínio Norte do Complexo Campos Gerais) [Tese de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 354 p.
- Szabó, J.A.G., 1989, Contexto Geológico e Petrologia das Rochas Metaultramáficas de Alpinópolis, Minas Gerais [Dissertação de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 203 p.
- Teixeira, N.A., 1978, Geologia, petrologia e prospecção geoquímica da sequência vulcanossedimentar Morro do Ferro, Fortaleza de Minas (MG) [Dissertação de Mestrado]: Brasília, Universidade de Brasília.
- Teixeira, N.A., Danni, J.C.M., 1979, Geologia da raiz de um *greenstone belt* na região de Fortaleza de Minas, MG: Revista Brasileira de Geociências, v. 9, p. 17-26.
- Teixeira, N.A., Gaspar, J.C., Brenner, T.L., Cheney, J.T., Marchetto, C.M.L., 1987, Geologia e implicações geotectônicas do *Greenstone Belt* Morro do Ferro (Fortaleza de Minas-MG). Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 17, p. 209-220.
- Teixeira W., Oliveira E.P., Marques L.S. 2017. Nature and Evolution of the Archean Crust of the Sao Francisco Craton, in Heilbron, M., Cordani, U.G., Alkmim, F.F., eds., São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent: Springer International Publishing, New York, Regional Geology Reviews, p. 29-56, doi:10.1007/978-3-319-01715-0_3
- Teixeira, W., Ávila, C.A., Dussin, I.A., Corrêa Neto, A. V., Bongiorno, E.M., Santos, J.O., e Barbosa, N.S., 2015, A juvenile accretion episode (2.35-2.32Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: Zircon U-Pb-Hf and geochemical evidences: Precambrian Research, v. 256, p. 148–169, doi:10.1016/j.precamres.2014.11.009.
- Teixeira, W., Ávila, C.A., Bongiorno, E.M., Hollanda, M.H.B., Barbosa, N.S., 2014, Age and tectonic significance of the Ritópolis batholith, Mineiro belt (Southern São Francisco Craton): U-Pb LA-ICPMS, Nd isotopes and geochemical evidence, in South American Symposium on Isotope Geology, 9th, p. 2014.
- Teixeira, W., Ávila, C.A., e Nunes, L.C., 2008, Nd-Sr Isotopic geochemistry and U-Pb geochronology of the Fé granitic gneiss and Lajedo granodiorite: Implications for paleoproterozoic evolution of the Mineiro Belt, Southern São Francisco Craton, Brazil: Geologia USP - Serie Científica, v. 8, p. 53–74, doi:10.5327/Z1519-874X2008000100005.
- Teixeira, W., Cordani, U.G., Nutman, A.P., Sato, K., 1998, Polyphase archaean evolution in the Campo Belo metamorphic complex, Southern São Francisco Craton, Brazil: SHRIMP U-Pb zircon evidence: Journal of South American Earth Sciences, v. 11, p. 279-289, doi:10.1016/S0895-9811(98)00011-X.
- Teixeira, W., Akimoto, H., Siga Jr., O., Sato, K., 1989, A evolução geocronológica dos terrenos granítico-gnáissico migmatíticos ao sul da Faixa Canastra, sudoeste de Minas Gerais, in Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 5, Belo Horizonte, Minas Gerais, p. 243-246.
- Thompson, A.B., Connolly, J.A.D., 1995, Melting of the continental crust: some thermal and petrological constraints on anatexis in continental collision zones and other tectonic settings: Journal of Geophysical Research, v. 100, p. 15565-15579, doi:

10.1029/95JB00191

- Thompson Jr., J.B., 1957, The graphical analysis of mineral assemblages in pelitic schists: *American Mineralogist*, v. 42, p. 842-858, disponível em: http://www.minsocam.org/ammin/AM42/AM42_842.pdf, acesso em março de 2020.
- Tomkins, H.S., Powell, R., e Ellis, D.J., 2007, The pressure dependence of the zirconium-in-rutile thermometer: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 25, p. 703–713, doi:10.1111/j.1525-1314.2007.00724.x.
- Toscano, M., Pascual, E., Nesbitt, R.W., Almodóvar, G.R., Sáez, R., e Donaire, T., 2014, Geochemical discrimination of hydrothermal and igneous zircon in the Iberian Pyrite Belt, Spain: *Ore Geology Reviews*, v. 56, p. 301–311, doi:10.1016/j.oregeorev.2013.06.007.
- Trouw, R.A.J., Peternel, R., Ribeiro, A., Heilbron, M., Vinagre, R., Duffles, P., Trouw, C.C., Fontainha, M., e 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.
- Trouw, R.A.J., Heilbron, M., Ribeiro, A., Paciullo, F., Valeriano, C.M., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M., Andreis, R.R., 2000. The central segment of Ribeira belt, in Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A., eds., *Tectonic Evolution of South America*, International Geological Congress, 31th, Rio de Janeiro, Brazil, p. 287-310.
- Trouw, R.A.J., Ribeiro, A., Paciullo, F.V.P., Heilbron, M.L., 1984, Os grupos São João Del Rei, Carrancas e Andrelândia, interpretados como a continuação dos grupos Araxá e Canastra, in *Congresso Brasileiro de Geologia*, 33, Rio de Janeiro, RJ, p. 3227-3240.
- Turbay C.V.G., Valeriano C.M., Rossi A., Rocha E Silva V.G.M., 2008, Geologia do Complexo Campos Gerais ao sul de Alpinópolis, sudoeste de Minas Gerais: *Geonomos*, v. 16, p. 79-90, doi:10.18285/geonomos.v16i2.86.
- Turbay C.V.G., Valeriano C.M., 2012, Litogeoquímica do Complexo Campos Gerais e granitoides intrusivos, Arqueano/Paleoproterozoico, Brasil: *Revista Brasileira de Geociências*, v. 42, p. 663-689, doi:10.5327/Z0375-75362012000400003.
- Turbay, C.V.G., 2010, Caracterização petrológica e geocronológica do Complexo Campos Gerais (Arqueano/Paleoproterozóico), Minas Gerais, Brasil [Tese de Doutorado]: Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 176 p.
- Valeriano C.M., Simonetti A., Turbay C., Rossi A., Nogueira J.R., 2006, U-Pb zircon ages by LA-MCICPMS from orthogneisses south of Alpinópolis (Minas Gerais, SE-Brazil): reconstructing Paleoproterozoic cratons on the southwestern margin of the São Francisco paleocontinent, in *Annual Meeting of Geological Association of Canada*, Montreal, Canada.
- Vasconcelos, A.C.B.C., 1988, O Grupo Andrelândia na região norte de Ouro Fino, MG [Dissertação de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 199 p.
- Vermeesch, P., 2018, IsoplotR: a free and open toolbox for geochronology: *Geoscience Frontiers*, v. 9, p. 1479-1493, doi:10.1016/j.gsf.2018.04.001.
- Vermeesch, P., 2012, On the visualisation of detrital age distributions: *Chemical Geology*, v. 312–313, p. 190–194, doi:10.1016/j.chemgeo.2012.04.021.
- Vermeesch, P., 2007, Quantitative geomorphology of the White Mountains (California) using detrital apatite fission track thermochronology: *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, v. 112, p. 1–11, doi:10.1029/2006JF000671.
- Vermeesch, P., 2004, How many grains are needed for a provenance study? *Earth and Planetary Science Letters*, v. 224, p. 441–451, doi:10.1016/j.epsl.2004.05.037.
- Wang, Q., Zhu, D.C., Zhao, Z.D., Guan, Q., Zhang, X.Q., Sui, Q.L., Hu, Z.C., e Mo, X.X., 2012, Magmatic zircons from I-, S- and A-type granitoids in Tibet: Trace element characteristics and their application to detrital zircon provenance study: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 53, p. 59–66, doi:10.1016/j.jseaes.2011.07.027.

- Wernick, E., Artur, A.C., 1983, Regenerações Sucessivas de Terrenos Arqueanos no Leste do Estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais, *in* Simpósio Regional Geologia, 4, São Paulo, São Paulo, p. 17-31.
- Westin, A., Campos Neto, M.C., Cawood, P.A., Hawkesworth, C.J., Dhuime, B., e Delavault, H., 2019, The Neoproterozoic southern passive margin of the São Francisco craton: Insights on the pre-amalgamation of West Gondwana from U-Pb and Hf-Nd isotopes: *Precambrian Research*, v. 320, p. 454–471, doi:10.1016/j.precamres.2018.11.018.
- Westin, A., Campos Neto, M.C., Hawkesworth, C.J., Cawood, P.A., Dhuime, B., e Delavault, H., 2016, A paleoproterozoic intra-arc basin associated with a juvenile source in the Southern Brasilia Orogen: Application of U-Pb and Hf-Nd isotopic analyses to provenance studies of complex areas: *Precambrian Research*, v. 276, p. 178–193, doi:10.1016/j.precamres.2016.02.004.
- White, R.W., Powell, R., Holland, T.J.B., Johnson, T.E., e Green, E.C.R., 2014a, New mineral activity-composition relations for thermodynamic calculations in metapelitic systems: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 32, p. 261–286, doi:10.1111/jmg.12071.
- White, R.W., Powell, R., e Johnson, T.E., 2014b, The effect of Mn on mineral stability in metapelites revisited: New a-x relations for manganese-bearing minerals: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 32, p. 809–828, doi:10.1111/jmg.12095.
- White, R.W., Powell, R., e Holland, T.J.B., 2007, Progress relating to calculation of partial melting equilibria for metapelites: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 25, p. 511–527, doi:10.1111/j.1525-1314.2007.00711.x.
- White, Powell, Holland, e Worley, 2000, The effect of TiO₂ and Fe₂O₃ on metapelitic assemblages at greenschist and amphibolite facies conditions: Mineral equilibria calculations in the system K₂O-FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O-TiO₂-Fe₂O₃: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 18, p. 497–511, doi:10.1046/j.1525-1314.2000.00269.x.
- Whitehouse, M.J., e Kamber, B.S., 2002, On the overabundance of light rare earth elements in terrestrial zircons and its implication for Earth's earliest magmatic differentiation: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 204, p. 333–346, doi:10.1016/S0012-821X(02)01000-2.
- Whitney, D.L., e 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., Hanchar, J.M., Peck, W.H., et al., 2004, Further characterization of the 91500 zircon crystal. *Geostandards and Geoanalytical Research*, v. 28, p. 9-39, doi: 10.1111/j.1751-908X.2004.tb01041.x
- Will, T.M., 1998, *Phase Equilibria in Metamorphic Rocks: Thermodynamic Background and Petrological Applications*: Springer-Verlag, v. 71, 315 p, doi: 10.1007/BFb0117723
- Woodhead, J.D., Hergt, J.M., 2001, Strontium, neodymium, and lead isotope analyses of NIST glass certified reference materials SRM 610, 612 and 614. *Geostandards Newsletter*, v. 25, p. 261-266, doi:10.1111/j.1751-908X.2001.tb00601.x.
- Xie, S., Wu, Y., Zhang, Z., Qin, Y., Liu, X., Wang, H., Qin, Z., Liu, Q., e Yang, S., 2012, U-Pb ages and trace elements of detrital zircons from Early Cretaceous sedimentary rocks in the Jiaolai Basin, north margin of the Sulu UHP terrane: Provenances and tectonic implications: *Lithos*, v. 154, p. 346–360, doi:10.1016/j.lithos.2012.08.002.
- Yakymchuk, C, Kirkland, C.L., Clark, C., 2018, Th/U ratios in metamorphic zircon: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 36, p. 715-737, doi:10.1111/jmg.12307.
- Zack, T., Moraes, R. & Kronz, A., 2004, Temperature dependence of Zr in rutile: empirical calibration of a rutile thermometer: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 148, p. 471–488, doi:10.1007/s00410-004-0617-8.
- Zanardo A., 1992, Análise petrográfica, estratigráfica e microestrutural da região de Guaxupé-Passos-Delfinópolis (MG) [Tese de Doutorado] Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 288 p.

- Zanardo, A., Morales, N., Oliveira, M.A.F., Del Lama, E.A., 2006, Tectono-Lithologic Associations of the Alterosa Paleo Suture Zone – Southeastern Brazil Associação Tectono-Litológica da Paleozona de Sutura, *Revista Geociências UNG*, v. 5, p. 103–117.
- Zanardo, A., Morales, N., Carvalho, S., Simões, L., Oliveira, M.A.F., 1990, Evolução Metamórfica da Porção Sul do Craton Paramirim, in *Congresso Brasileiro de Geologia*, 36, Natal, RN, p. 1945-1955.
- Zanardo, A., Oliveira, M.A.F., Del Lama, E.A., 1996, Rochas máficas e ultramáficas da Faixa Jacuí-Bom Jesus da Penha-Conceição da Aparecida (MG): *Geociências*, v. 15, p. 279-297.
- Zen, E-an, 1966, Construction of pressure temperature diagrams for multicomponent systems after the method of Schreinemakers – a geometric approach: *United States Geological Survey Bulletin*, v. 1225, 68 p, disponível em <https://pubs.usgs.gov/bul/1225/report.pdf>.
- Zhang, B., Li, B., Zhao, C., Yang, X., 2019, Large effect of water on Fe–Mg interdiffusion in garnet: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 505, p. 20-29, doi: 10.1016/j.epsl.2018.10.015.
- Zhong, S., Feng, C., Seltmann, R., Li, D., e Qu, H., 2018, Can magmatic zircon be distinguished from hydrothermal zircon by trace element composition? The effect of mineral inclusions on zircon trace element composition: *Lithos*, v. 314–315, p. 646–657, doi:10.1016/j.lithos.2018.06.029.
- Zhou, J.B., Wilde, S.A., Liu, F.L., e Han, J., 2012, Zircon U-Pb and Lu-Hf isotope study of the Neoproterozoic Haizhou Group in the Sulu orogen: Provenance and tectonic implications: *Lithos*, v. 136–139, p. 261–281, doi:10.1016/j.lithos.2011.01.015.

APÊNDICE A

Artigo a ser submetido ao periódico *Journal of South American Earth Science*.

The Archean and Paleoproterozoic rocks of the Petunia Complex and its relationship with the Campos Gerais Complex as a basement window in the Brasília Orogen, Southeastern Minas Gerais, Brazil

Rafaela Machado Gengo (rafaela.gengo@usp.br)

Vinicius Hector Abud Louro (vilouro@usp.br)

Renato de Moraes (rmoraes@usp.br)

Gergely Andres Julio Szabó (gajszabo@usp.br)

Elton Luiz Dantas (elton@unb.br)

Pedro Machado Simões (pedro.simoies@alumni.usp.br)

Abstract

In the southern margin of the São Francisco Craton, between Neoproterozoic nappes of the Southern Brasília Orogen, there is a structural window defined by elongated belts in the WNW-ESE direction, formed by fragments of rocks that were compartmentalized by a complex arrangement of overthrusts and high angle ductile-ruptile shear zones. We integrated field data with aerogeophysical surveys and U-Pb zircon dating to position the rocks of the Petúnia Complex in the regional tectonic context of the evolution of the southern margin of the São Francisco Craton. The Petúnia Complex is characterized by the highest degree of deformation and the highest incidence of supracrustal units tectonically imbricated and metaultramafic rocks, so that they result in a radiometric signature characterized by low U-Th-K counts.

In the Petúnia Complex two Archean units were identified: Petúnia Unit (2993 ± 6 Ma) and Ribeirão da Conquista Gneiss (2835 ± 12 Ma). These units integrate, along with the orthogneisses of the Campos Gerais Complex, the reworked Archean infrastructure in the final stages of Minas Orogenesis, recorded in the Petúnia Complex through the Bom Jesus da Penha Metagranite (2004 ± 5 Ma). Subsequently, through the reactivation of deep shear zones, the transport to NW along the Bom Jesus da Penha Shear Zone records the final tectonic accommodation, in response to the deformation with the transport to ENE of the Neoproterozoic nappes of the Southern Brasília Orogen.

Introduction

In the Southern Brasília Orogen (Fuck et al., 1994; Dardenne, 2000; Fig. 1), Paleoproterozoic and Archean rocks emerge in a structural window between the Neoproterozoic Passos Nappe and part of the set of Socorro-Guaxupé Nappe and Andrelândia Nappe Systems (Campos Neto & Caby, 1999; Campos Neto et al., 2010; 2011). In this region, gravimetric anomalies (Haralyi & Hasui, 1982; Malagutti et al., 1996), indicate the presence of marginal suture between crustal blocks (Hasui et al., 1993), which are related to the intense transcurrent tectonics present in the Campo do Meio Shear Belt (Morales & Hasui, 1993).

The Campo do Meio Shear Belt is a transpressive belt (Hasui, 2010), developed along the southwestern edge of the São Francisco Craton and affect rocks attributed to the Petúnia (Roig, 1993) and Campos Gerais complexes (Kaefer et al., 1979). The Campos Gerais Complex corresponds to the Archean to Paleoproterozoic terrane of the Southern Brasília Orogen basement (Valeriano et al., 2004), while the Petúnia Complex corresponds to its allochthonous portion (Roig, 1993; Szabó et al., 1993) with metapelitic and metapsammitic rocks correlated to Neoproterozoic units of the orogen (Trouw et al., 1984; Zanardo, 1992; Roig, 1993; Zanardo et al., 2006; Campos Neto et al., 2004) and meta-ultramafic rocks related to ophiolitic complexes (Choudhuri et al., 1995).

With such lithological content, it cannot be said that Petunia and Campos Gerais Complexes have the same genesis or record the same evolutionary stage. Thus, in this paper, we present a review of the Petunia Complex, which proposes a new lithological compartmentalization based on field surveys and aerogeophysical data, updating the cartographic knowledge of the region. Additionally, we present geochronological data that will contribute to the positioning of the Petunia Complex in the regional context.

Geological Setting

The Campo do Meio Shear Belt, with directions WNW-ESSE, contains rocks from Petúnia and Campos Gerais Complexes, migmatites correlated to the Andrelândia Group (CPRM, 2003), or São Vicente Complex (CODEMIG, 2015) and Paleoproterozoic intrusive granitoids (Lopes, 2013). These terranes were intensely reworked during the Brasiliano-pan African cycle and orogenic collage (Brito Neves et al., 1999) and are considered part of the suture zone between the Paleoplate São Francisco - Congo and Paranapanema Block. (Trouw et al., 2000; Campos Neto et al., 2004, 2010 e 2011; **Fig. 1**).

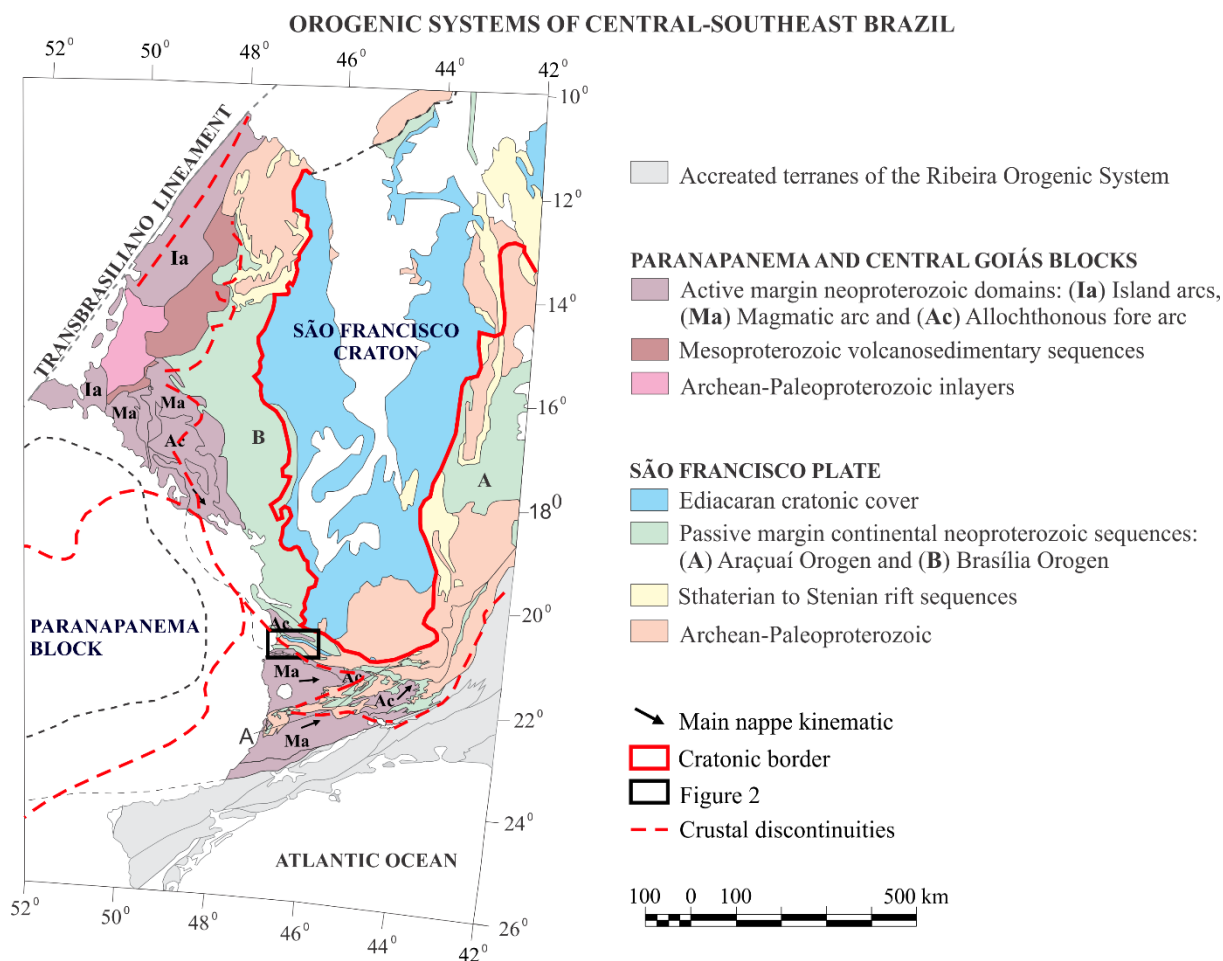


Fig. 1: Tectonic map showing the Brasília Orogen between São Francisco Craton and Paranapanema Block. The polygonal area is focused in this work. Modified from Westin et al., 2016) with crustal discontinuities pointed out by gravimetry are in accordance with Hasui et al. (1993).

The Campos Gerais Complex stands out for its tectonic compartmentalization, with mylonitic and cataclastic rocks correlated to the São Francisco Craton units (Kaefer et al., 1979; Morales et al., 1983; Wernick and Arthur, 1983). The classical division of the Campos Gerais Complex consists of two domains (Schrank et al., 1993; Zanardo, 1992; Szabó et al., 1993), with one Autochthon in the north and the other Allochthon in the south (Roig, 1993; Szabó et al., 1993; Szabó, 1996; **Fig. 2**), separated by the Bom Jesus da Penha-Jacuí Belt.

There are three sub-areas with NW-SE direction in the Autochthonous Domain: the Mumbuca, Córrego das Almas and Serra do Dondó sub-areas (Szabó, 1996), which are separated by high-angle transcurrent shear zones. The sub-areas are mainly formed by Meso to Neoproterozoic gneisses, Paleoproterozoic intrusive granites (Turbay & Valeriano, 2012) and the Fortaleza de Minas (Teixeira & Danni, 1979) and Alpinópolis Greenstone Belts, with meta ultramafic rocks of komatiitic affiliation (Szabó, 1996; Pimentel & Ferreira Filho, 2002), serpentinized and associated with BIFs, amphibolites and platinoid mineralizations (Marchetto, 1986) and Fe-Ni-Cu-Co sulfides (Carvalho & Batista, 1983; Lima, 2017).

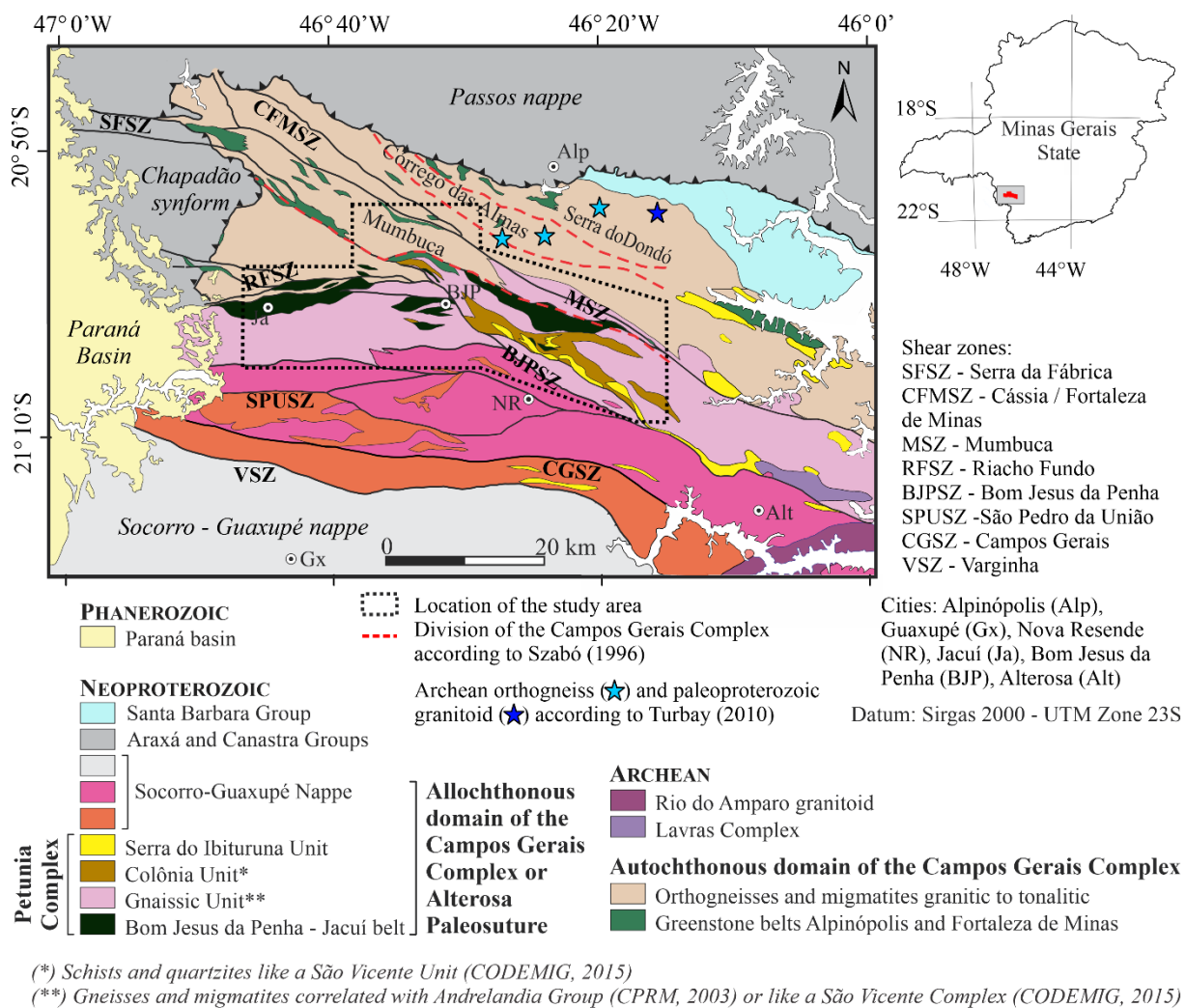


Fig. 2: Campo do Meio Shear Belt and the division of the Campos Gerais Complex into autochthonous and allochthonous domains. Modified from Zanardo (1992) and CODEMIG (2015).

The Bom Jesus da Penha-Jacuí Belt was previously considered greenstone belt (Teixeira & Danni, 1979), formed by Colônia and Serra do Ibituruna units (Teixeira et al., 1987), incorporated into the Petúnia Complex (Roig, 1993), and corresponds to the Allochthonous Domain of the Campos Gerais Complex (Roig, 1993; Szabó et al., 1993). Zanardo et al. (2006) present the allochthonous domain of the Campos Gerais Complex as Alterosa Paleosuture Zone, which involves these rocks in the area between the Varginha (VSZ), Riacho Fundo (RFSZ) and Mumbuca (MSZ) shear zones (**Fig. 2**).

In the metaultramafic rocks of the Petúnia Complex mineral assemblages resulting from intense metasomatism, predominate talc, chlorite, tremolite, anthophyllite, hornblende, and replacing the BIFs, manganese-ferriferous formations associated with podiform chromite (Szabó, 1996; Fayad, 2013). Preserved textural features suggest correspondence to differentiated bodies compatible with stratiform complexes intensely tectonized or ophiolitic

complexes (Soares et al., 1990; Roig and Schrank, 1992; Zanardo et al., 1996), interpreted as probable remnants of Neoproterozoic oceanic crust (Choudhuri et al., 1995). Auriferous and Cu-Fe-Zn sulfide mineralizations hosted in the rocks of the Colônia unit and are distributed according to the main shear zones of the region, showing the tectonic control associated with the hydrothermal action, especially silicification (Feola, 2004).

Methodology

The update of the conception of the Petunia Complex was the result of the compilation of published geological data and included new field surveys integrated with the aerogeophysical database. The geological contacts have been adjusted. Along with the use of Digital Terrain Models observation, constructed from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data with 30 m resolution and aerogeophysical data.

The aerogeophysical data were provided by the Minas Gerais Economic Development Company (CODEMIG) for the Area 7 Project. This project performed magnetometric and gamma-spectrometric aerial surveys at a nominal height of 100 m, on North-South lines which were 400 m spaced and with east-west controlled lines 8000 m spaced. The aircraft used maintained an average speed of about 280 km/h, with magnetic data collected every 0.1 s and gamma spectrometry every 1 s, resulting in measurements at approximately 7.8 m and 78 m, respectively. These acquisitions took place between the years of 2006 and 2007, in which the geomagnetic field remained with slope averages of -31.3° , declination 339.6° and intensity of 23218 nT.

U-Pb in situ analysis were performed on zircon crystals of three gneisses of the Petunia Complex (**Table 1** - supplementary material). These samples, which were prepared at the Separation Laboratory of the Geochronological Research Center (CPGEO), in the Geosciences Institute of the University of São Paulo (IGc-USP), followed ground to 100-250 and $<250 \mu\text{m}$ fractions. The concentrated of zircon crystals was separated with by using heavy-mineral separation Wilfley table, Frantz magnetic separator and dense liquids (bromoform and methylene iodide). The zircon crystals of interest were manually separated and placed on adhesive tape, later covered with epoxy resin. The mounts were polished to expose the crystal core, and the cathodoluminescence (CL) images were obtained by scanning electron microscope (SEM) with cathodoluminescence detector.

The analysis were performed at the Geochronology Laboratory of the Institute of Geosciences of the University of Brasília, using Thermo Finnigan Neptune com laser New Wave 213 coupled. Laser ablation operated 40 cycles with 10 Hz frequency at $25 \mu\text{m}$ spot

size. Fractionation and possible variations in calibration were corrected by measurements in the reference material GJ-1 (Jackson et al., 2004) and 91500 (Wiedenbeck et al., 2004). Valid analyzes showed common Pb below the detection limit and, therefore, no corrections were made. Diagrams were constructed on IsoplotR (Vermeesch, 2018) and discordia lines were calculated according to the method of Ludwig (1998).

The Petunia Complex

The Petunia Complex comprises five lithodemic units: Serra do Ibituruna, Colônia, Petúnia, Ribeirão da Conquista Gneiss and Bom Jesus da Penha Metagranite. With the exception of the Metagranite, the contact between the units is marked by shear zones subordinated to the larger shear zones, with intense imbricating of lithotypes, especially near the BJPSZ, where there is a higher incidence of breccias, cataclasites and of quartz veins centimeter-to-metric sizes.

The Bom Jesus da Penha Shear Zone divides the Petunia Complex into two belts: the first one with NW-SE direction, in concordance with the Mumbuca and Córrego das Almas Belts; and the second one with EW direction (**Fig. 2**), limited to the north by the Riacho Fundo Shear Zone (RFSZ), and overlapped to the south by the Mamote Belt metatexites. The Mamote Belt is limited to the south by stromatic metatexites attributed to the Socorro-Guaxupé Nappe, which is also in contact with the Petunia Complex to the east, through the Bom Jesus da Penha Shear Zone.

Serra do Ibituruna Unit

The Serra do Ibituruna Unit consists of muscovite-quartz schist and muscovite quartzite. The muscovite-quartz schist (**Fig. 3a**) presents fine to medium lepidoblastic texture with sparse intercalations of discontinuous granoblastic texture lenses and, when deformed, it presents mylonitic texture with well-developed S-C fabric. Quartz and muscovite compose the essential mineralogy, having as accessory minerals kyanite, zircon, monazite, tourmaline, rutile, apatite, ilmenite, and magnetite. In muscovite quartzite the deformation formed incipient S-C fabrics and there are feldspar relics.

The rocks of the unit sustain high topographic areas, with often outcropping rock, which shows that the variations of the contents of K, Th and U, in relation to the other areas of the unit, are primarily lithological. The gamma-spectrometric signature differs from adjacent units, with a predominance of K over intermediate values of Th and, in a lesser extent, U (**Fig. 4a-d**). The pervasive development of the S-C fabric, together with the

predominance of potassium over thorium, reflects the hydrothermal character behavior by the Bom Jesus da Penha Shear Zone (BJPSZ, Zanardo et al., 2006), which may have resulted in rocks with higher muscovite proportions. The presence of accessory minerals such as monazite, rutile and zircon guarantee Th and U counts, although they are less expressive. Superficially this unit has no characteristic magnetic signature, being confused with the magnetic lineament of the Bom Jesus da Penha Shear Zone (**Fig. 5a**).

Colônia Unit

The Colônia Unit is formed by metapelites with intercalations of lenses of decimetric to metric thickness of meta-ultramafic rocks, placous quartzite, graphite schist, gondites and, subordinately, muscovite-quartz schist, iron-manganese formations and podiform chromitites. The metapelites are represented by kyanite-staurolite-muscovite-garnet-biotite schist with fine to medium grained feldspar and muscovite-kyanite-garnet-biotite schist with fine-grained feldspar. In both, the texture is lepidoblastic, with pre to inter-kinematic garnet porphyroblasts, shaped by external foliation, and millimeter-to-centimeter discontinuous lenses, formed by quartz and plagioclase, sometimes folded with an axial plane parallel to the main foliation. Accessory minerals include zircon, monazite, rutile, apatite, tourmaline, ilmenite, magnetite, and chlorite.

Meta-ultramafic rocks have anastomosed mylonitic foliation and include chloritite, talc schist, hornblende schist and meta-ultramafic schists with variable proportions of talc, chlorite, anthophyllite and tremolite. Massive rocks with preserved mineral associations from the metasomatic processes are rare and include metadunite, olivine-orthopyroxene and metamorphic derivatives (Pinheiro, 2013) such as anthophyllite fels and talc-anthophyllite-tremolite-chlorite-orthopyroxene fels.

The gamma-spectrometric signature shows a predominance of K and U throughout the whole unit, except in the high topographic regions, where high Th contents predominate (**Fig. 4b** and **4d**). This behavior occurs due to the lower mobility of Th in relation to K and U, which are removed from the source rock by grain transport. Much of the unit, however, has low counts of the three elements attached to the meta-ultramafic rocks present in its extension (**Figure 4e**). Ultramafic rocks typically have low U, Th and K counts (Dickson & Scott, 1997), which remain at their metamorphic equivalents.

The northern boundary of the Colônia Unit is marked by the Cassia-Fortaleza de Minas Shear Zone, which is well defined by magnetic data, which shows magnetic lineaments following the NW-SE regional trend (**Fig. 5a, 5c** and **5d**). On the southern boundary, where it

is overlapped by the Petunia Unit gneisses, it has distinct lineament, possibly associated with the magnetic susceptibility contrast between the Ribeirão da Conquista Gneiss (with lower susceptibility) and the Petunia Unit granodiorite gneisses (with higher susceptibility; Gleizes et al., 2006). The unit includes several meta-ultramafic bodies that extend and align in the same direction, generating a lineament of magnetic anomalies of normal polarity, with no direct evidence of remaining magnetization (**Fig. 5a**).

Petúnia Unit

The Petunia Unit consists of epidote-biotite and hornblende-biotite tonalitic gneiss and tonalitic to granodioritic gray-colored biotite gneiss, homogeneous and finely banded to mylonitic (**Fig. 3b**), with formation of fish minerals in ductile deformation (**Fig. 3c**). Near the shear zones there are sub millimetric to decimetric cataclastic bands, rich in epidote and quartz (**Fig. 3d**). The rocks are constituted by oligoclase, quartz, microcline, biotite, hornblende and epidote. In mylonites, muscovite and chlorite set the essential mineralogy, replacing biotite and epidote. Accessory minerals include zircon, apatite, titanite, allanite, opaque minerals and interstitial carbonate, as secondary alteration product.

Intersections of meta-ultramafic rocks and amphibolites are common and abundant, occur as centimetric to metric intersections, not always mappable, and are like those occurring in the Colônia Unit. The amphibolite bodies are lenticular and zoned, with metagabbro in the core of the boudins, where there is preservation of the igneous texture in areas of low deformation and hydration, and edges formed by garnet mylonitic amphibolite.

The radiometric features of the unit are distinct in the two belts of the Petunia Complex. In the NW-SE belt, north of the Cassia-Fortaleza de Minas Shear Zone, from east to west occur high-K intercalations and U- and Th-rich zones (**Fig. 4e**), consistent with heterogeneities in the unit gneisses. In the south of the Colônia Unit, the counts are medium to low for the three elements, with predominance of U and K. This behavior may be related to the U and K remobilization of the Colônia Unit pelitic schists and meta-ultramafic rocks that are intercalated with the gneisses, which are structurally limited by the Bom Jesus da Penha Shear Zone. The E-W belt presents inverse behavior, with Th predominating over U and K (**Fig. 4b** and **4d**). The close relationship of meta-ultramafic rocks with the Bom Jesus da Penha and Riacho Fundo Shear Zones, as well as the absence of topographic elements that mechanically remobilize sediments from these rocks to distal areas, preserve the high signature of Th.

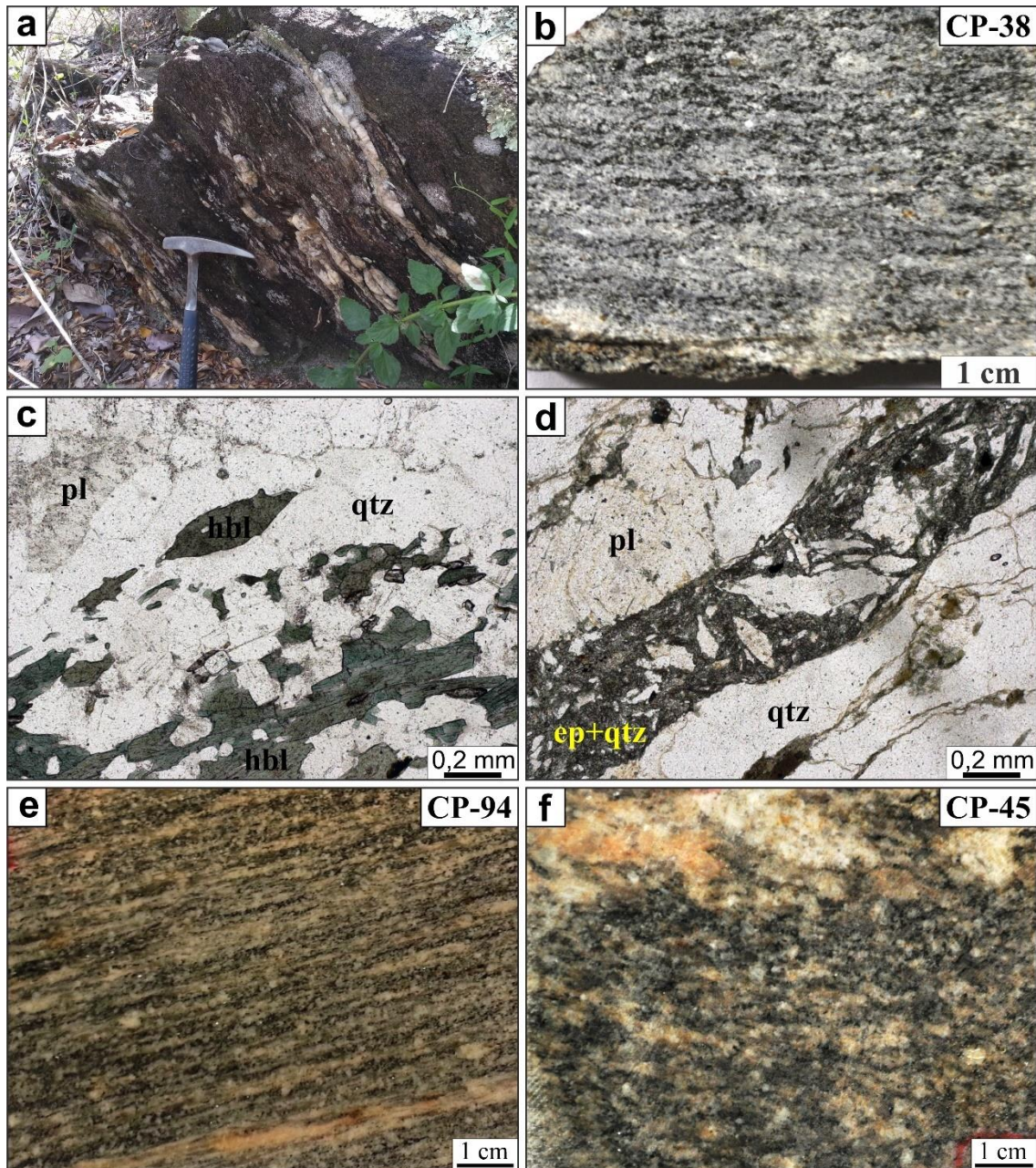


Fig. 3: a) Muscovite-quartz schist from the Serra do Ibituruna Unit; b) Biotite gneiss tonalitic from the Petunia Unit, sample CP-38; Microscopic aspect of the biotite gneiss tonalitic from the Petunia Unit, in c) Foliation marked by crystals of hornblende and hornblende fish, formed in ductile regime and, in d) Intercalations of cataclastic bands formed in brittle regime; e) Biotite gneiss monzogranitic, Ribeirão da Conquista Gneiss, sample CP-94; f) Bom Jesus da Penha Metagranite, sample CP-45.

The magnetic signature behavior is repeated for the meta-ultramafic rocks of the Colônia and Petunia Units. The high content of paramagnetic minerals such as tremolite and anthophyllite and ferromagnetic minerals such as ilmenite and magnetite reflect in magnetic anomalies of normal polarization to the southern hemisphere (**Fig. 5b**). In these rocks, the magnetizations are dominated by the induced component or, in a different hypothesis, with possible magnetizations remaining parallel to the magnetic field at the time of the survey.

Short wavelength magnetic lineaments follow the structuring of the area, with direction ENE-WSW in the western portion of the unit and south of the RFSZ, and NE-SE in the north BJPSZ. These lineaments may be associated with small structures subordinate to the main shear zones of the region.

Ribeirão da Conquista Gneiss

The Ribeirão da Conquista Gneiss is present in the southeast of the area and overlaps the other units of the Petúnia Complex. It consists of pinkish gray biotite monzogranitic gneiss, with mylonitic foliation marked by heterogeneous banding, defined by plagioclase bands, microcline bands and millimeter-sized quartz ribbons (**Fig. 3e**). The rock has simple mineralogy, formed by microcline, oligoclase, quartz and biotite. Accessory minerals include muscovite, zircon, opaque minerals, apatite, epidote and allanite. Rocks with less intense deformation have less quartz and preserve sub-idiomorphic to idiomorphic feldspar, while deformation was followed by enrichment in silica, changing the original mineralogical proportions. Mafic minerals are restricted to sparse biotite crystals and fine opaque minerals.

The gamma-spectrometric signature shows a predominance of Th over the other elements, characteristic of gneisses and monzogranites, grading to low counts of the three elements as it approaches towards contact with the Serra do Ibituruna Unit (**Fig. 4b** and **4e**). There are no characteristic magnetic features in the unit, except for a magnetic lineament at the southern limit, possibly associated with the Bom Jesus da Penha Shear Zone.

Bom Jesus da Penha Metagranite

The Bom Jesus da Penha metagranite is massive rock, with granoblastic matrix formed essentially by plagioclase, microcline and quartz (**Fig. 3f**). Foliation is incipient and given by the orientation of sparse agglomerations formed by quartz and microcline. Biotite (~10 %) is the dominant mafic mineral and has a homogeneous distribution and occurs as idiomorphic crystals, sometimes included in plagioclase. Accessory minerals include zircon, apatite, epidote, allanite, chlorite and fine opaque minerals. Plagioclase (~35 %) occurs as early crystals, sub-idiomorphic and with concentric extinction indicating compositional zoning. Microcline (~30 %) occurs as xenomorphic and interstitial crystals, indicating late crystallization. In the bands where the plagioclase predominates, the contacts are interlobate to polygonized and in the agglomerations, next to the quartz, it occurs as sub-idiomorphic to idiomorphic crystals. Quartz (~25 %) in the matrix exhibits polygonized contacts, but predominates in the bands, next to the microcline, where it shows curved contacts and

moderate wavy extinction. Mineralogy does not favor sufficient magnetization contrast to generate a magnetic anomaly. Biotite can be interpreted as the source of K enrichment over the other components (**Fig. 4a** and **4d**).

Mamote belt

In the Mamote Belt, a hornblende-biotite stromatic metatexite predominates with or without garnet and epidote-hornblende gneiss. Amphibolite, quartzite and gondite garnet occur as subordinate lenticular intercalations. Epidote-hornblende gneiss has millimeter banding, medium granulation and mineralogy formed by plagioclase, quartz, hornblende, and epidote. Accessory minerals include clinopyroxene, apatite, zircon, and opaque minerals.

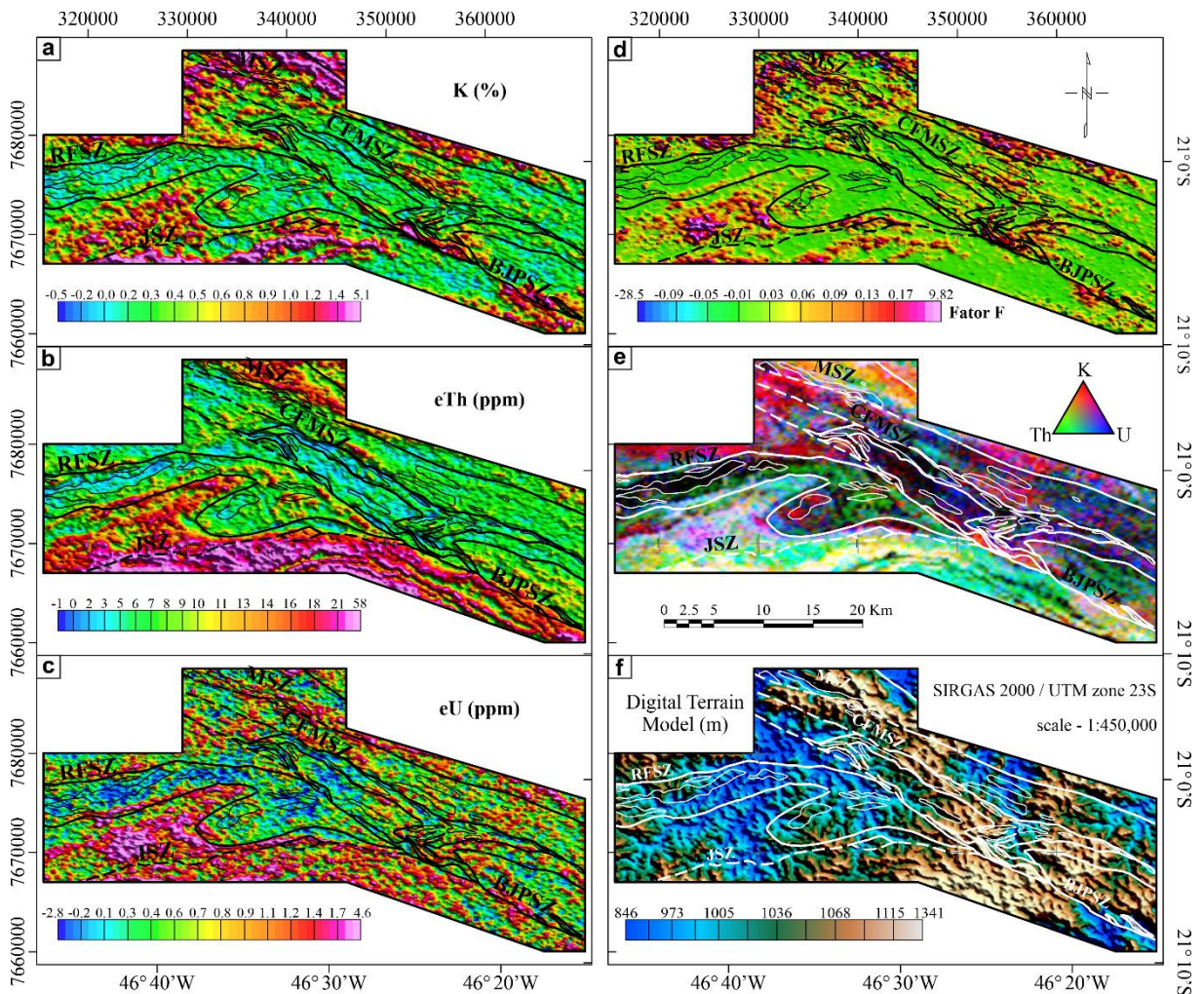


Fig. 4: Gamma-spectrometric maps showing the radiometric concentrations of K (a), Th (b) and U (c) with the structural contacts of the geological map; d) F-factor map showing areas with K and U enrichment in relation to Th; e) RGB ternary map; f) Digital elevation model.

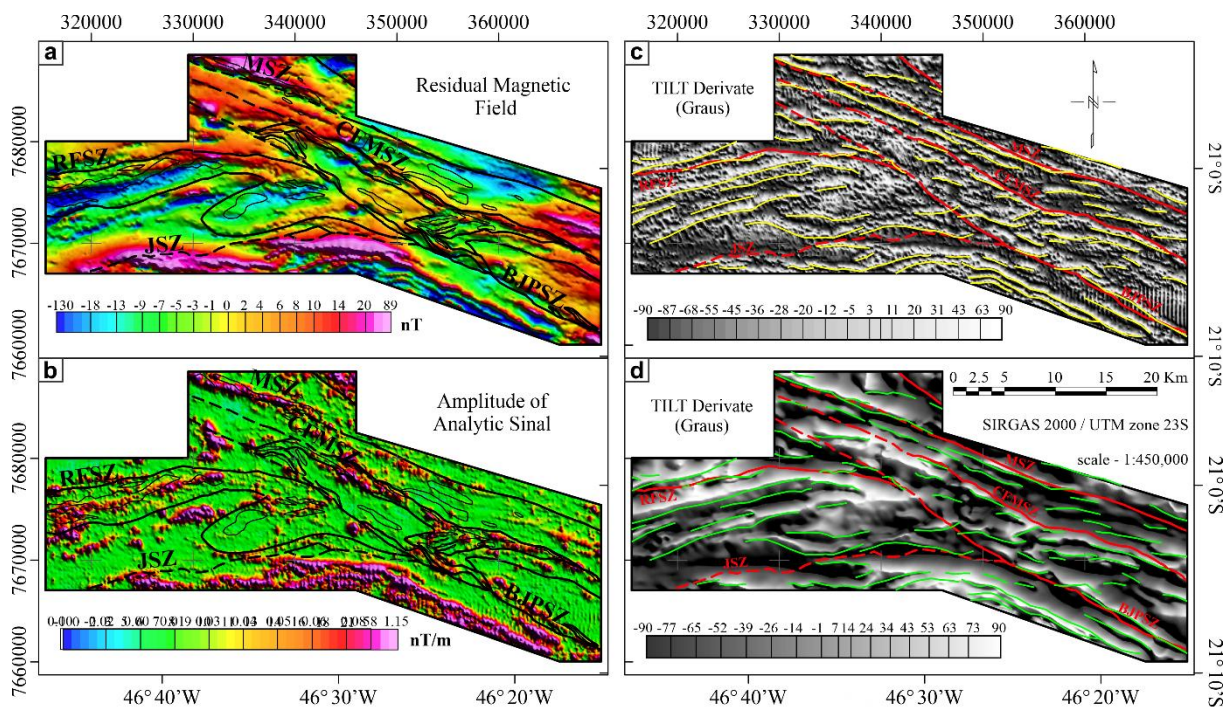


Fig. 5: Residual magnetic field maps (a) and Analytical Signal Amplitude (ASA, b) with the indicated structural contacts; c-d) Maps built by calculating the TDR (Tilt Derivative).

Hornblende-biotite metatexite stromatic has a dark and fine gray residue, formed by plagioclase, microcline, quartz, biotite, hornblende, and garnet (**Fig. 6a**). Accessory minerals include epidote, titanite, allanite, apatite, zircon, opaque minerals, and late interstitial carbonate. The leucosome has medium to coarse granulation and composes aggregates or intercalations of millimetric to centimetric thickness, sometimes folded, with an axial plane parallel to the foliation. It has mineralogy like that of the residue, but with a higher proportion of microcline.

The northwestern portion of the Mamote Belt presents a calm magnetic domain, with lower frequency of magnetic anomalies than the anomalies in the Petunia and Campos Gerais Complexes (**Fig. 5a**). Despite this behavior, it is a region marked by long-wavelength magnetic lineament in the ENE direction (**Fig. 5a-b**), also visible in radiometric data (**Fig. 4a-c**). Gamma emissions separate the rocks of Socorro-Guaxupé Nappe, rich in U, Th and K, to the south, from the lithologies of the E-W belt of the Petunia Complex (**Fig. 4e**). Magnetic anomalies of normal polarization, elongated in the same direction as ENE, mark this lineament and are possibly associated with the structurally controlled intrusion of the granite body (**Fig. 5a**).

Still in the NW portion of the Mamote Belt, an anomaly rich in K and U is observed, with low Th counts (**Fig. 4a-c**). In the Factor F map (Gnojek & Prichystal, 1985), this behavior is evidenced and is commonly associated with hydrothermal alteration (**Fig. 4d**).

The absence of outcrops, topographic elements and a discrete magnetic anomaly, added to the geological scenario and its association with a magnetic lineament, suggests that the source of this anomaly is a low content of ferromagnetic minerals body intruded close to the surface. Towards Socorro-Guaxupé Nappe, the metatexites of the Mamote Belt show an enrichment of Th typical of evolved rocks, with occasional variations in the K count, high for residues rich in biotite and low for amphibolites and meta-ultramafic rocks.

Socorro - Guaxupé Nappe

The Socorro-Guaxupé Nappe has the highest topographic expression in the region, being represented by biotite metatexite stromatic, granodioritic, with syenogranitic leucosome (**Fig. 6b**) and amphibolite intercalations. Magnetic lineaments of high magnitude in the WNW-ESSE direction, smoothly folded and with a north direction axis (**Fig. 5a** and **5b**), reflect the presence of ferromagnetic minerals, such as biotite, hornblende, titanite and opaque minerals that mark the foliation of the rock. Their normal polarizations follow the regional pattern, where induced magnetization predominates. The gamma-spectrometric signature is marked by high counts of K, Th and U, with a predominance of Th, and the described fold is observed as an arc with intercalations of high and low counts of U, Th and K (**Fig. 4e**).

Campos Gerais Complex

The contact between the Petúnia and Campos Gerais Complexes occurs through the Mumbuca and Riacho Fundo shear zones (**Fig. 2**). In the studied area, at north of the Riacho Fundo shear zone, the Campos Gerais Complex is represented by mylonitic granitoid rocks. In this area, the radiometric features occur with a predominance of K over the other elements to the north and an abrupt E-W contrast for zones of predominance of U (**Fig 4a** and **4c**). This contrast is typical of lithological changes, although not observed in the field. In the northern areas with a predominance of K, there are still subareas with low Th counts and intermediate U counts, indicating the occurrence of possible hydrothermal processes. Its limits are marked by well-defined shear zones in magnetic lineaments to the south (RFSZ) and to the northeast, in a continuation of the BJPSZ without superficial expression. Adjacent to the shear zones, magnetic anomalies of normal polarization occur that may represent bodies structurally controlled by these zones.

The Mumbuca Belt is formed by gray to pink orthogneiss, granodioritic to granitic, sheared and locally with preserved migmatitic features. This belt has a strong influence of the Mumbuca Shear Zone (MSZ), observed on the surface and in magnetic lineaments parallel to

the high amplitude MSZ (**Fig. 5a, e**). The high amplitudes can be associated with the presence of ferromagnetic minerals common in the constitution of granodiorites. The Mumbuca Belt is marked by three different radiometric domains: (1) High K domain; (2) High U domain; and (3) High K and Th domains (**Fig. 4a-c**). The high U and high K domains follow the trend observed in the portion of the Campos Gerais Complex to the north of the RFSZ, intercalating in the same direction as the lineaments. These intercalations are common in areas dominated by gneisses, showing a more regional variation of metamorphized compositions. The high K and Th domain extends across the northern limit of the study area, from the magnetic lineaments that define the northern limit of domains (1) and (2) and the southern of the domain (3). In the Córrego das Almas Belt, gray granodioritic orthogneisses, mylonitic, predominate, with intercalations of biotite metatonalite. This belt appears in a limited way in the studied area (**Fig. 2**), being characterized by a high magnetic gradient when compared to the Mumbuca Belt (**Fig. 5b**). High K values predominate in the belt, possibly linked to the mylonitic structures that tend to accumulate this element during their formation (**Fig 4a, 4e**).

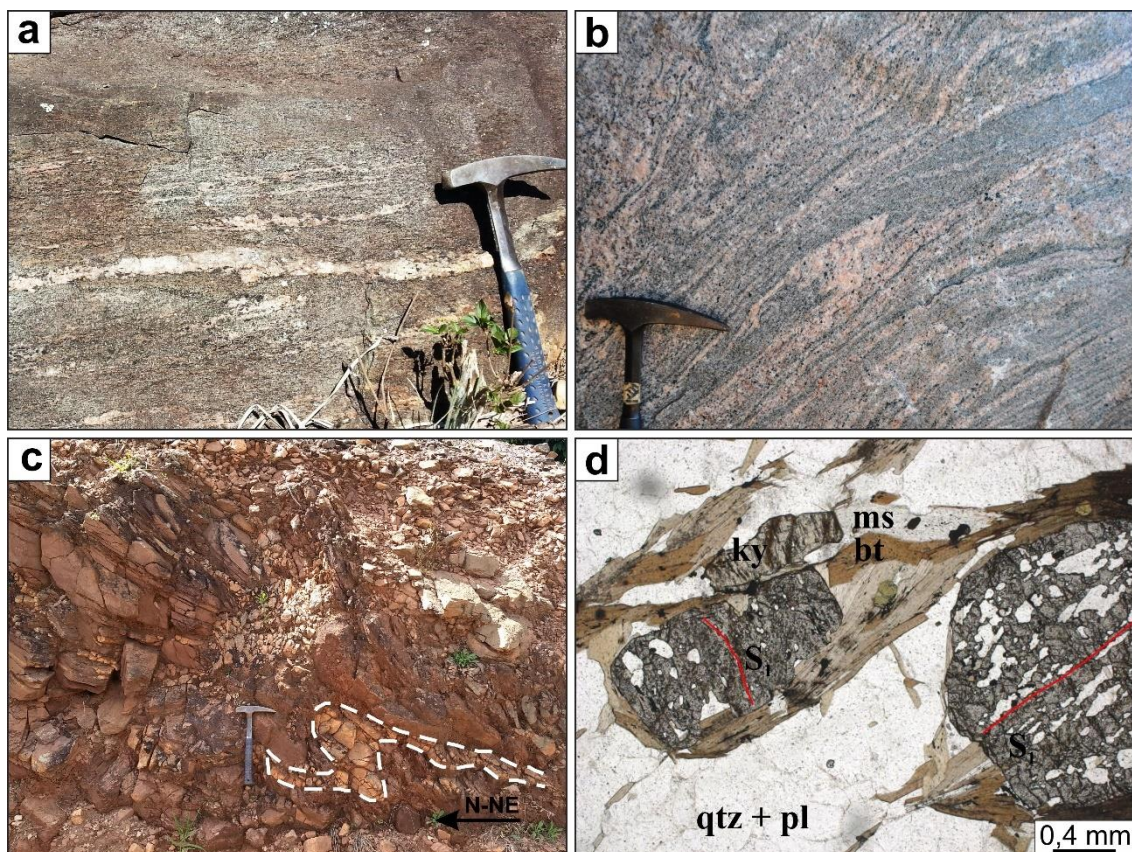


Fig. 6: a) Hornblende-biotite stromatic metathexite predominant in the Mamote Belt; b) Socorro - Guaxupé Nappe biotite stromatic metathexite; c) Outcrop of the Colônia Unit with parasitic folds of D₂ developed in the most competent beds; d) Garnet porphyroblasts with inclusion trails marking internal foliations discordant with each other, in kyanite-staurolite-muscovite-garnet-biotite schist of the Colônia Unit.

Structural Geology

Morphostructural lineaments present in the Petúnia and Campos Gerais Complexes have a broad geomorphological expression, demarcate clear relief breaks and are associated with regional shear zones (**Fig. 4f**). These lines are compatible with extensive magnetic lineaments identified on the maps of Total Magnetic Field, Analytical Signal Amplitude (Roest et al., 1992) and TILT Derivative (Miller & Singh, 1994; **Fig. 5c-d**). The Mumbuca and Córrego das Almas Belts and the NW-SE domains of the Petunia Complex are marked by a high frequency of NW-SE directional magnetic lineaments, subordinated to long wavelength lineaments, usually associated with deep structures and concomitant with shear zones that delimit these belts. In the E-W belt of the Petúnia Complex, in the Mamote Belt and in Socorro-Guaxupé Nappe, there are subparallel high-intensity magnetic lineaments of E-W direction (**Fig. 5d**), which even extend under sedimentary units in the Paraná Basin.

In the NW-SE belt of the Petúnia Complex, three deformational phases are recognized. The first one developed a S_1 foliation, preserved in rare biotite polygonal arcs and in inclusion trails in inter-kinematic garnet porphyroblasts in the metapelites of the Colônia Unit. The second one developed a S_2 foliation, and in the most competent beds, D_2 folds, formed by granoblastic quartz lenses in the middle of the schists, configuring millimeter to centimeter isoclinal folds, intrafolial, with an S_2 axial plane, and rare decimetric parasitic folds preserved (**Fig. 6c**). The D_2 folds have a 265/33 constructed axis (**Fig. 7a** – stereogram 2). Registers of deformations superimposed on S_2 are rare, as the structures were obliterated by the mylonitization / cataclasis. They are characterized as two crenulation directions superimposed on D_2 , defining an interference pattern in dome-and-basin structures, however, little has been preserved from these structures, and it is not possible to better characterize these deformational events.

Garnet porphyroblasts with internal foliations that are discordant with each other (**Fig. 6d**) suggest that S_2 admits a rotational component related to the installation of the Bom Jesus da Penha, Mumbuca and Cássia-Fortaleza de Minas transcurrent shear zones. These shear zones were also responsible for the transposition of S_2 , forming the regional foliation S_3 (**Fig. 7a** – stereogram 2). The shear zones have ductile-brittle characteristics, are sub-vertical, and have a general NW-SE direction, with stretching lineation L_3 200/10 (**Fig. 7a** – stereogram 3) and kinematic indicators of sinistral movement. The S_3 foliation is mylonitic, with C-S pairs and that generated S tectonites, with dipping foliation predominantly to 150/65. This structural pattern is repeated in the Mumbuca Belt (**Fig. 7a** – stereogram 1) and

is also pointed out in the Campos Gerais Orthogneiss (Turbay, 2010), in the Serra do Dondó Belt (**Fig. 2**).

In the E-W belt of the Petúnia Complex the foliations are subvertical, with dips from 70° to 80° to the south, controlled by the RFSZ (**Fig. 7b** – stereogram 4). In the Mamote Belt, the stretch lineations, with a medium direction 270/20, are related to the transcurrent tectonics (**Fig. 7b** – stereogram 6), but their rocks still exhibit past medium dipping foliations and preserved large folds (**Fig. 7b** – stereogram 5).

U-Pb results

From the Petúnia Unit, a sample of epidote - biotite tonalitic gneiss (CP-38) was collected, which is the dominant rock type in the unit. The zircon crystals are prismatic, with rounded terminations and 80-220 µm along the c axis. They are yellow colored, with opaque mineral inclusions, fracturing and varying degrees of metamictization. The luminescence is varied, and typical textures of igneous crystallization predominate internally, such as concentric oscillatory zoning and zoned sectors, both at the edges and in the inherited core, when they are present (**Fig. 8a**). Thin, homogeneous edges and sparse resorption points, both with high luminescence, which indicate low U content, are interpreted as metamorphic recrystallization products. More metamictization reflects a greater abundance of these recrystallization points and, together with the constant loss of Pb, is one of the causes of the observed discrepancies (**Fig. 9c**).

Intermediate portions and core inherited from the crystals were analyzed. Due to its limited size, the outer edges were not analyzed. Fifteen out of forty analyzes were selected to calculate the age, most of which were discordant. Regardless of the degree of discordance, the Th / U ratio varies from 0.13 to 0.57, and the data show dispersion aligned in a discord whose superior intercept at 2993 ± 6 Ma (MSWD = 0.65) is interpreted as the age of crystallization of the igneous protolith (**Fig. 9c**). The lower intercept at 845 ± 17 Ma reflects loss of lead and mixture of domains, suggesting a Neoproterozoic overlap.

In the Ribeirão da Conquista Gneiss, sample CP-94, two populations of zircon crystals are recognized: the first one formed by prismatic crystals with 120 to 180 µm along the c axis and proportions of 4:1; and the second one is formed by prismatic crystals to ovoids with 180 to 360 µm along the c axis and proportions of 3:1. In both crystals they are colorless or yellowish, with variable degree of fracturing and metamictization, systematically more intense at the edges (**Fig. 8b**).

The crystals of both populations have the same internal textures. The edges of the crystals are dark, exhibit oscillatory zoning, sometimes with convoluted domains, and provided highly discordant results due to loss of Pb. Only six out of twenty-five edge analyzes (**Table 3 – supplementary material**) define a discord line with the superior intercept at 2835 ± 12 Ma (MSWD = 3.1) and Th / U ratio from 0.025 to 0.19 (**Fig. 9a**).

Inherited cores exhibit zoned sectors or concentric oscillatory zoning, both with higher luminescence, indicating lower U content, or lower luminescence convoluted zoning, and higher U content, and may also exhibit a combination of these textures, suggesting multiple stages of crystallization. Two sets of inherited cores provided discordant lines, one of them formed by eleven crystals with greater variation in the Th / U ratio, from 0.09 to 0.85, and upper intercept at 2877 ± 5 Ma (MSWD = 0.57), and another one formed by seven crystals with less variation in the Th / U ratio, 0.09 to 0.38, and older ages (points 5.2, 19.1 and 30.1 - **Fig. 8b**), with the upper intercept at 3027 ± 8 Ma (MSWD = 0.95) (**Fig. 9b**).

A sample (CP-45) of Bom Jesus da Penha metagranite was collected, from which were separated prismatic, euhedral and bipyramidal zircon crystals, with 100-200 μm along the c axis. Two populations are distinguishable: the first one formed by colorless crystals with rare inclusions of opaque minerals and low or absent fracturing, and the second one predominantly formed by light yellow crystals, rich in inclusions and impregnations of opaque minerals, where fracturing is always present and followed by metamictization.

Internally there are no textural differences between the two populations and the crystals exhibit low luminescence. In both crystals they have inherited core with oscillatory zoning or zoned sectors and homogeneous dark edges (**Fig. 8c**), locally with visible oscillatory zoning, but always with less luminescence, indicating a higher U content. Punctual recrystallization and thin overgrowth of metamorphic edges with higher luminescence and lower U content are not always present and have too small dimensions to analyze. The data show a variable degree of discordia due to loss of Pb and mixture of domains. Eleven out of nineteen analysis on the inner edges, with Th / U from 0.021 to 0.281, define a discordia line with the upper intercept at 2004 ± 5 Ma (MSWD = 0.5), interpreted as the age of crystallization of the igneous protolith (**Fig. 9d**). Inherited core record ages from the Archean to the Rhyacian period, but the degree of discordance is variable, and the data do not define any noteworthy discord curves.

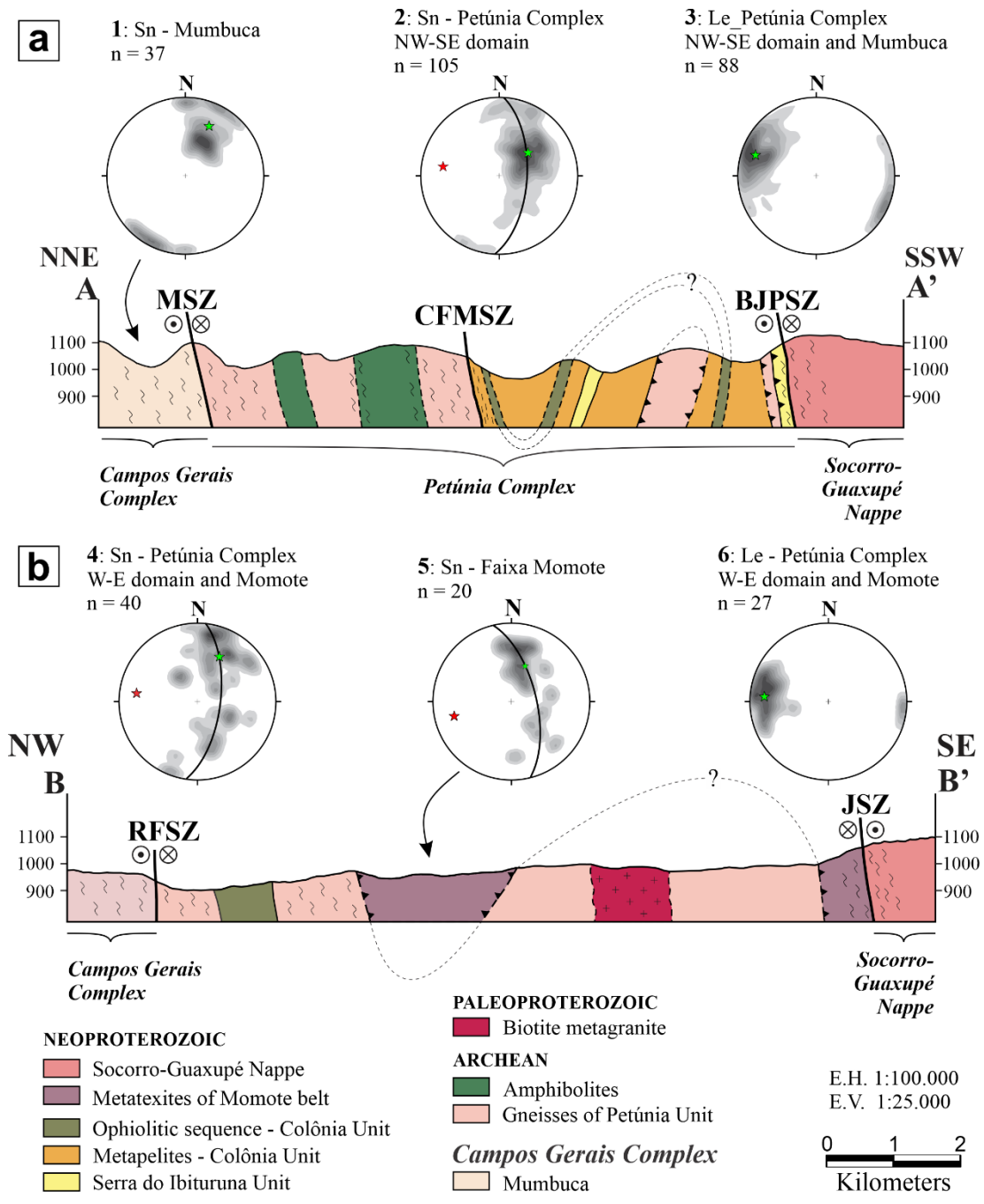


Fig. 7: Geological sections of the Petunia Complex (a) and of the Mamote Belt (b).

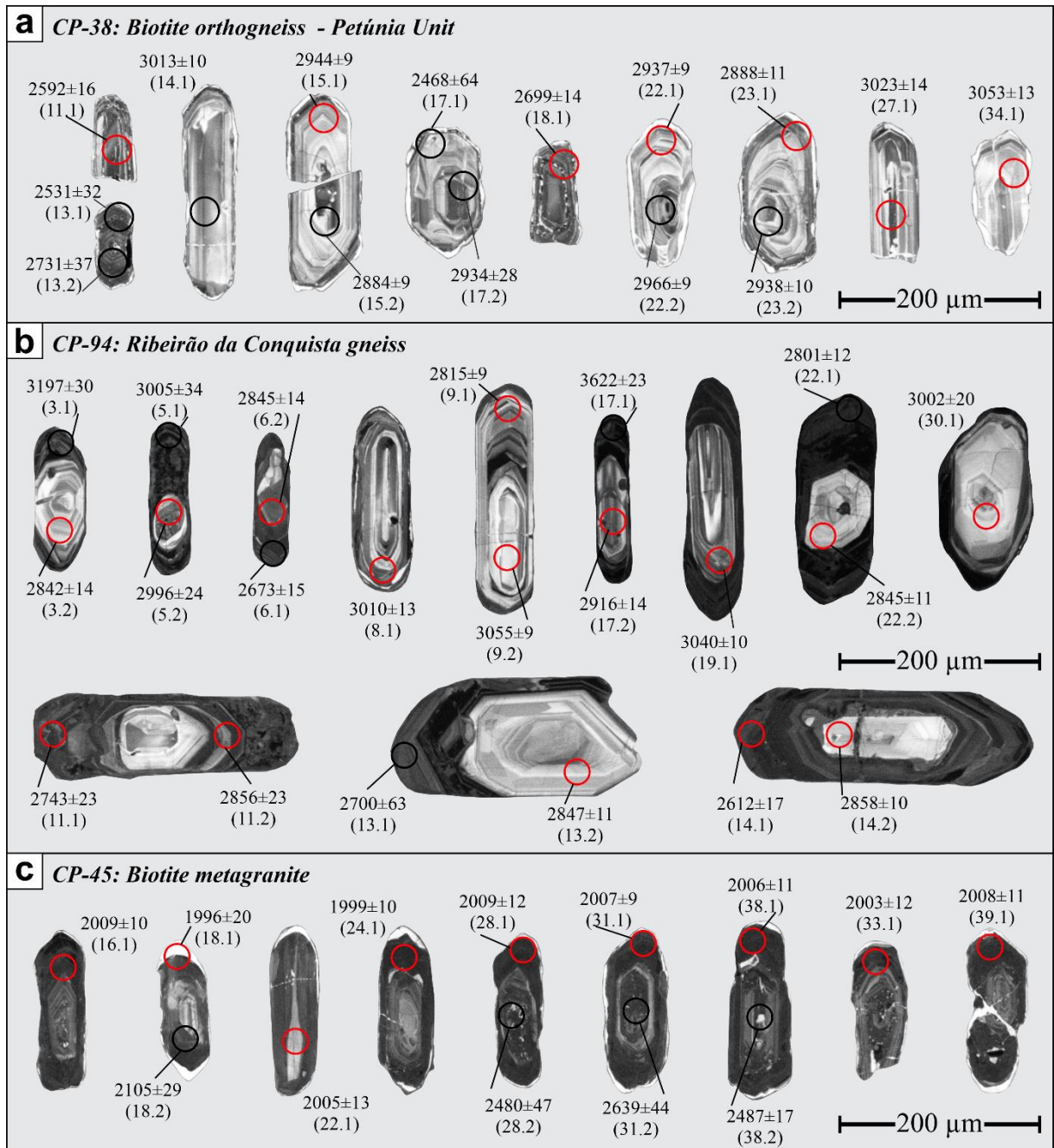


Figure 8: Catodoluminescence images of zircon crystals representative of the samples, placed on the same scale for comparison. a) Petunia Unit, sample CP-38; b) Ribeirão da Conquista Gneiss, sample CP-94; c) Bom Jesus da Penha Metagranite, sample CP-45. The $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$ ages, with 2σ error, are indicated in red circles for concordant ages and black for discordant ages.

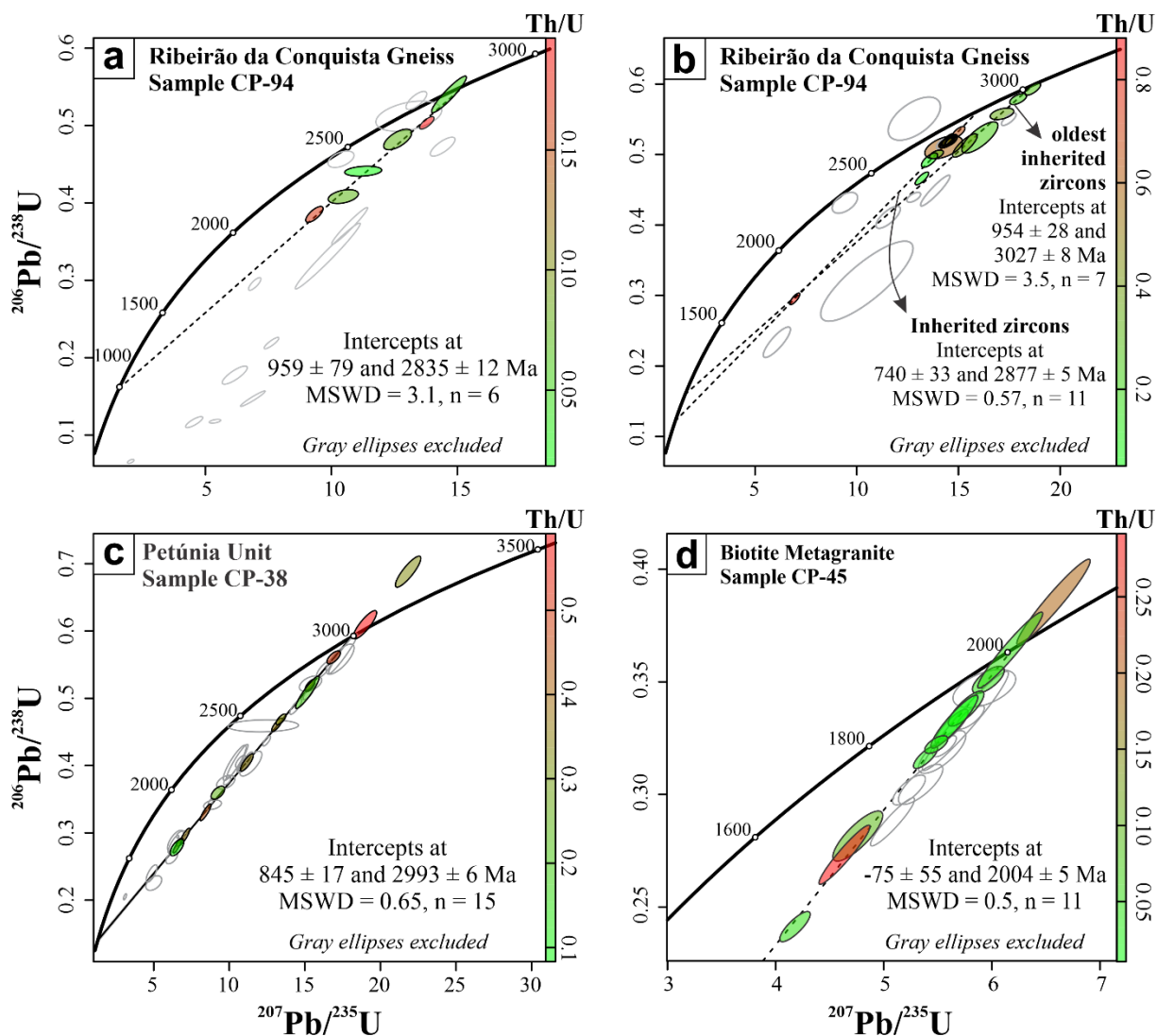


Figure 9: Concordia diagrams for zircon U-Pb LA-ICP-MS. Crystallization age of the Ribeirão da Conquista Gneiss – a) for protolith, sample CP-94; b) for inheritances; c) Crystallization age of the biotite gneiss tonalitic from the Petunia Unit, sample CP-38; d) Crystallization age for Bom Jesus da Penha Metagranite, sample CP-45. Error ellipses are 2σ .

Discussions

The Campos Gerais Complex, in its stricto sensu conception (Kaefer et al., 1979), corresponds to a TTG type Archean terrane (Turbay & Valeriano, 2012) with Greenstone Belts that compose part of the southwest edge of the São Francisco Craton reworked by the Campo do Meio Shear Belt, developed during the consolidation of the Brasília Meridional Orogen. Despite the intense reworking along the Campo do Meio Shear Belt, the Campos Gerais Complex preserves less deformed Archean nuclei with intrusions of Paleoproterozoic granitoids, which is one of the characteristics that led to the status of an autochthonous domain.

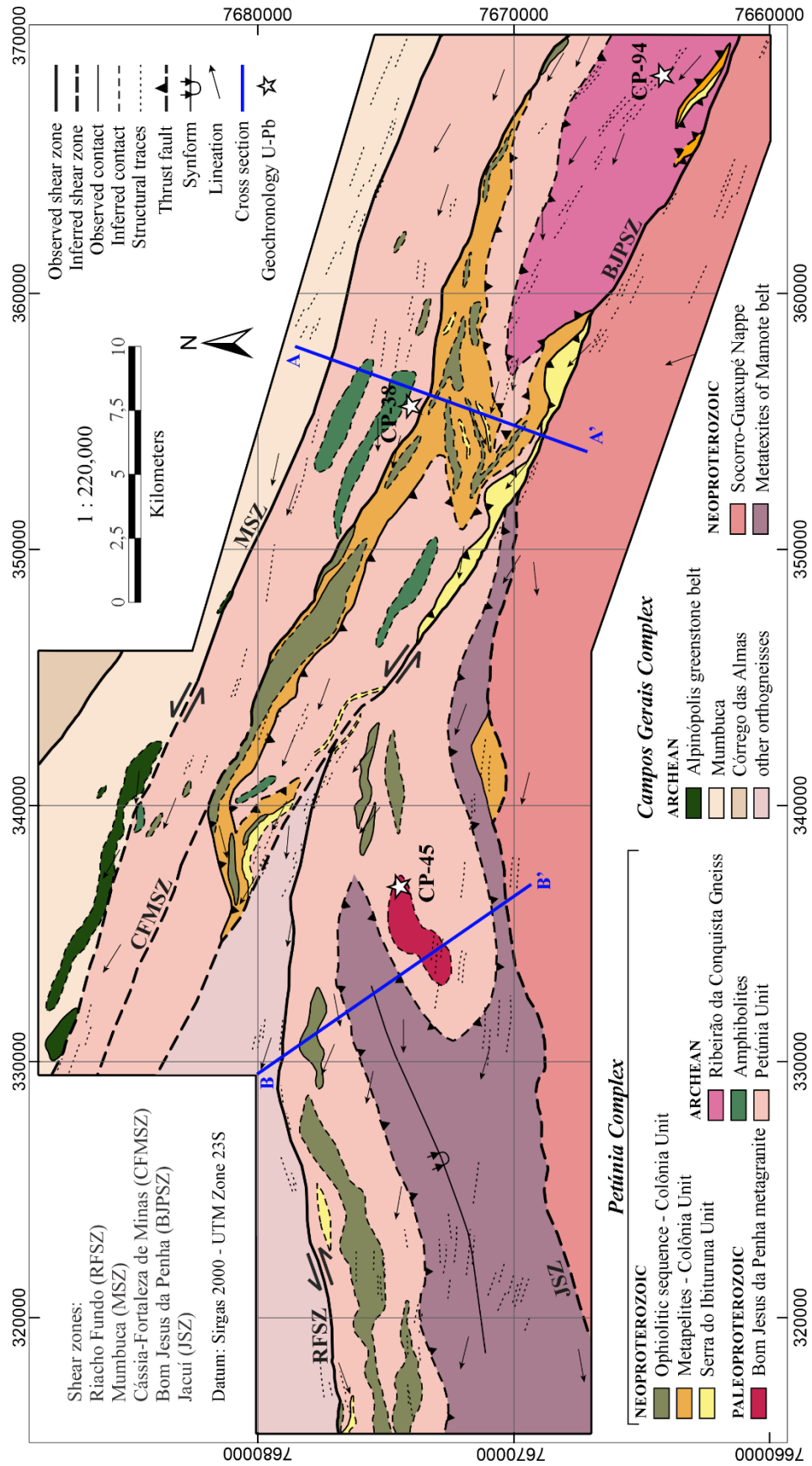


Fig. 10: Geologic Map for Petúnia Complex.

The intense hydrothermal activity associated with the transcurrent shear zones was also responsible for the widespread metasomatization observed in the meta-ultramafic rocks of the Petunia and Colônia Units and in the gneisses of the Petunia Unit, forming intercalations of silicified muscovite-quartz schist. Despite the absence of geochemical data in the literature these intercalations led to the interpretation of a paraderivative origin for the gneisses of the Petunia Unit (Crosta et al., 1986; Zanardo, 1992; Roig, 1993), reinforcing the idea of allochthonous domain of the Campos Gerais Complex. However, the formation of these schists results from the substitution of feldspars for muscovite, catalyzed by hydration associated with the shear zones, which also justifies the low U-Th and K airborne gamma-spectrometric counts observed in the Petunia Unit (**Fig. 4a-c**).

The structural pattern of the Petunia and Campos Gerais Complexes is similar, and both have a structural framework formed by a sinistral transcurrent zone framework, with brittle-ductile characteristics and distribution in an anastomosed pattern, with mineral stretch lineations and kinematic indicators registering tectonic transport for WNW (**Fig. 10**). Several groups of magnetic lineaments appear parallel to the main shear zones in the region, showing the effects of tectonism within both complexes.

The Mumbuca Belt presents typical metasedimentary sequences of the Petunia Complex and its meta-ultramafic rocks do not have spinifex relict textures such as those present in the Alpinópolis Greenstone Belt (Szabó, 1996), but this is only due to the tectonic mixture that occurs in the contact between these complexes. The distribution of radio-elements, with high counts in the Campos Gerais Complex and low counts in the Petunia Complex (**Fig. 4a-c**) corroborates that the southern limit of the Campos Gerais Complex is established by the shear zones of Mumbuca and Riacho Fundo, which were responsible for the juxtaposition of the Petunia Complex at south of them (**Fig. 10**). Both magnetic anomalies and radiometric signatures show that the meta-ultramafic rocks respect the limits observed on the surface, following the Riacho Fundo, Bom Jesus da Penha, Cássia-Fortaleza de Minas and Mumbuca Shear Zones (**Fig. 3**), suggesting that they facilitated tectonic transport along them. The separation of the complexes, although hardly visible in the field outcrops, is clearly defined in the geophysical data (**Fig.4** and **Fig.5**).

The structural framework of the EW portion of the Petunia Complex and the Mamote Belt is controlled by the Riacho Fundo and Jacuí Shear Zones. However, there are two less deformed domains between these shear zones, with the first one represented by past folds in the Mamote Belt, related to the convergence between the paleoplates São Francisco-Congo and Paranapanema, and another one represented by the metagranite body whose contact

relations were interpreted as being of an intrusive nature due to its low degree of deformation in relation to the enclosing rocks.

The Paleoproterozoic age obtained for this metagranite (2004 ± 5 Ma) may represent the extension of the Mineiro Belt to the west along the edge of the São Francisco Craton, which registers plutonism, metamorphism and deformations that occurred in the interval between 2.2-1.9 Ga due to the Transamazonian Cycle (Alkmim & Teixeira, 2017).

Until now, two occurrences of Archean rocks in the Petúnia Complex were known, a biotite gneiss of 2.95 Ga (Campos Neto, et al., 2004) and a metagabbro of 2.96 Ga (Pinheiro, 2013), both from the Petúnia Unit. The crystallization ages of the gneiss protolith of the Petunia Unit, at 2.99 Ga, and for the Ribeirão da Conquista Gneiss, at 2.83 Ga, obtained in this study reveal that, like the Campos Gerais Complex, the Petunia Complex framework can also be correlated with units from the southern portion of the São Francisco Craton, despite this, in the Petúnia Complex, the presence of splinters of tectonically embedded Neoproterozoic units (ie Colônia and Serra do Ibituruna units) and meta-ultramafic rocks interpreted as remnants of the Neoproterozoic oceanic crust (Choudhuri et al., 1995), allows the interpretation that the Petunia Complex is a terrane independent from the Campos Gerais Complex, restricted to Archean and Paleoproterozoic terrains.

The ages of the Petunia Unit (2.99 Ga) and the Campos Gerais Orthogneiss (2.98 Ga) may represent registers of early stages of pre-cratonization magmatic activity during the Mesoarchean and which peaked during the Rio das Velhas I event, 2.92 - 2.85 Ga (Lana et al., 2013; Farina et al., 2015) or, in another approach, which considers that the ages obtained are located during the magmatic activity gap, between 3.20 and 2.93 Ga, in the southern portion of the São Francisco Craton (Cioffi et al., 2016), the Petúnia and Campos Gerais Complexes may represent amalgamated terranes before the Mesoproterozoic magmatic activity. Data from element and isotope geochemistry analysis may contribute to the understanding of the relationship between the Petunia and Campos Gerais Complexes with the construction of the southern portion of the São Francisco Craton.

Conclusions

- The Petúnia Complex is formed by a Mesoarchean framework, correlated with units of the São Francisco Craton, and tectonically embedded neoproterozoic units, while the Campos Gerais Complex is restricted to TTG meso to neoarchean terranes with greenstone belts. The set was juxtaposed due to the installation of the Campo do Meio Shear Belt and in

this sense the terms allochthonous and autochthonous for the Campos Gerais Complex lose their meaning;

- The presence of gneisses whose protoliths were granitoids with crystallization ages between 2.07 and 1.98 Ga, ie Metagranite and Itaxipé Granite respectively intrusive in the Petunia and Campos Gerais Complexes, besides representing the extension of the Mineiro Belt to the west, indicate a polycyclic evolution for the Campo do Meio Shear Belt, with the oldest reworking in the Transamazonic Cycle, during the Paleoproterozoic, followed by the reworking in the Brasiliano Cycle, when it served as a suture zone between the São Francisco and Paranapanema paleoplates, nowadays registered by the remains of Neoproterozoic oceanic crust;
- While the tectonic transport of the Neoproterozoic nappes of the orogen has a general ENE direction (Campos Neto et al., 2004), in the Campo do Meio Shear Belt the tectonic transport to WNW represents the final stages of consolidation and, when already in a brittle regime, reactivated old basement faults, such as the Bom Jesus da Penha Fault.

Bibliographic references

- Alkmim, F.F., Teixeira, W., 2017, The Paleoproterozoic Mineiro Belt and the Quadrilátero Ferrífero, *in* Heilbron, M., Cordani, U.G., Alkmim, F.F., eds., São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent: Springer International Publishing, New York, Regional Geology Reviews, p. 71-94, doi:10.1007/978-3-319-01715-0_5.
- Brito Neves, B.B., Campos Neto, M.C., Fuck, R.A., 1999, From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes* v.22, no.3, p. 155-166. doi:10.18814/epiiugs/1999/v22i3/002.
- Campos Neto, M.C., Basei, M.A.S., Janasi, V.A., Moraes, R., 2011, Orogen migration and tectonic setting of the Andrelândia Nappe system: an Ediacaran western Gondwana collage, south of São Francisco craton: *Journal of South American Earth Science*, v. 32, p. 393–406, doi:10.1016/j.jsames.2011.02.006.
- Campos Neto, M.C., Cioffi, C.R., Moraes, R., et al., 2010, Structural and metamorphic control on the exhumation of high-P granulites: the Carvalhos Klippe example, from the oriental Andrelândia Nappe system, southern portion of the Brasília Orogen, Brazil: *Precambrian Research*, v. 180, p. 125-142, doi:10.1016/j.precamres.2010.05.010
- Campos Neto, M.C., Basei, M.A.S., Vlach, S.R.F., Caby, R., Szabó, G.A.J., Vasconcelos, P.,

- 2004, Migração de orógenos e superposição de orogêneses: um esboço da colagem brasileira no sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, São Paulo, v.4, p. 13-40, doi:10.5327/S1519-874X2004000100002
- Campos Neto, M.C.; Caby, R., 1999, Neoproterozoic high-pressure metamorphism and tectonic constraint from the nappe system south of the São Francisco Craton, Southeast Brazil: *Precambrian Research*, v. 97, p. 3-26, doi:10.1016/S0301-9268(99)00010-8
- Choudhuri, A., Schrank, A., Roig, H.L., Szabó, G.A.J., 1995, Negative Ce anomaly in mafic rocks of a possible Late Proterozoic ophiolite from SW Minas Gerais, Brazil, *in* Srivastava, R.K., Chandra, R., eds., *Magmatism in relation to diverse tectonic settings*. Oxford: IBH Publishing Co., p. 283-290.
- Cioffi, C.R., Campos Neto, M. da C., Möller, A., e Rocha, B.C., 2016a, Paleoproterozoic continental crust generation events at 2.15 and 2.08Ga in the basement of the southern Brasília Orogen, SE Brazil: *Precambrian Research*, v. 275, p. 176–196, doi:10.1016/j.precamres.2016.01.007.
- Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, 2015, Projeto Fronteiras de Minas Gerais – Folha Nova Resende, SF.23-V-D-I, escala 1:100.000, Por Antônio Carlos Pedrosa Soares e outros. Minas Gerais, CODEMIG/UFMG.
- Commission for the Geological Map of the World, 2001. Geological Map of South America.
- Crosta, A.P., Choudhuri, A., Szabó, G.A.J., Schrank, A., 1986, Relações entre tipos litológicos e suas estruturas regionais nos terrenos arqueanos e paleoproterozoicos do sudoeste de Minas Gerais, *in* Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia, Goiás, p. 720-721.
- Dardenne, M.A., 2000, The Brasília fold belt, *in* Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A., eds., *Tectonic Evolution of South America*, 31th International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, p. 231-257.
- Dickson, B.L., e Scott, K.M., 1997, Interpretation of aerial gamma-ray surveys - adding the geochemical factors: *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, v. 17, p. 187–200, doi: <http://pid.geoscience.gov.au/dataset/ga/81502>.
- Farina, F., Albert, C., e Lana, C., 2015, The Neoproterozoic transition between medium- and high-K granitoids: Clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil): *Precambrian Research*, v. 266, p. 375–394, doi:10.1016/j.precamres.2015.05.038.
- Fayad, D.A.C., 2013, Cromititos dos Complexos Campos Gerais e Petúnia (Faixa Brasília Meridional) na região de Alpinópolis e Nova Resende (MG): *Geologia, petrografia,*

- química mineral e ambientação tectono-magmática [Dissertação de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 99 p.
- Feola, J.L., 2004, Mineralizações auríferas hospedadas na Faixa Metavulcanossedimentar Jacuí-Bom Jesus da Penha – sudoeste de Minas Gerais [Tese de Doutorado]: Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 211 p.
- Fuck, R.A., Pimentel, M.M., Del Rey Silva, L.J.H., 1994, Compartimentação tectônica da porção oriental da província Tocantins: Congresso Brasileiro de Geologia, 38th, Camboriu, SC, Anais, p. 215-216.
- Gleizes, G., Crevon, G., Asrat, A., Barbey, P., 2006, Structure, age and mode of emplacement of the Hercynian Bordères-Louron pluton (Central Pyrenees, France): *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)*, v. 95, p. 1039-1052, doi:10.1007/s00531-006-0088-4
- Gnojek I., Prichystal A., 1985, A new zinc mineralization detected by airborne gamma-ray spectrometry in northern Moravia (Czechoslovakia): *Geoexploration*, v. 23, p. 491-502, doi:10.1016/0016-7142(85)90076-6
- Haralyi, N.L.E., Hasui, Y., 1982. The gravimetric information and the archean-proterozoic structural framework of eastern Brazil: *Revista Brasileira de Geociências*, v.12, p. 160-166.
- Hasui, Y.A., 2010, A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. *Geociências*, v. 29, p. 141-169.
- Hasui, Y., Haralyi, N.L.E., Costa, J.B.S., 1993, Megaestruturação pré-cambriana do território brasileiro baseada em dados geofísicos e geológicos. *Geociências*, v. 12, p. 7-31.
- Jackson, S.E., Pearson, N.J., Griffin, W.L., Belousova, E.A., 2004, The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in-situ U-Pb zircon geochronology: *Chemical Geology*, v. 211, p. 47–69, doi: 10.1016/j.chemgeo.2004.06.017
- Kaefer, L.Q. et al., 1979, Projeto Sapucaí, estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Relatório final de geologia. Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, Superintendência Regional de São Paulo, 299 p.
- Lana, C., Alkmim, F.F., Armstrong, R., Scholz, R., Romano, R., e Nalini, H.A., 2013, The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil: *Precambrian Research*, v. 231, p. 157–173, doi:10.1016/j.precamres.2013.03.008.
- Lopes, L.B.L., 2013, Granitogênese e metamorfismo da fácies granulito da porção sul da Faixa Brasília, Areado, Minas Gerais [Monografia de Conclusão de Curso]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 52 p.
- Ludwig, K.R., 1998, On the treatment of concordant uranium-lead ages: *Geochimica et*

- Cosmochimica Acta, v. 62, p. 665–676, doi:10.1016/S0016-7037(98)00059-3.
- Malagutti Filho, W., Ebert, H.D., Hasui, Y., Haralyi, N.L.E., Hackspacher, P.C., Sturaro, J.R., Souza, C.A., Almeida, S.H.S., 1996, Gravimetria e compartimentação crustal do sul de Minas Gerais: Geociências, v. 15, p. 199-217.
- Miller, H.G. e Singh, V., 1994, Potential Field Tilt a New Concept for Location of Potential Field Sources: Journal of Applied Geophysics, v. 32, p. 213-217, doi:10.1016/0926-9851(94)90022-1.
- Morales, N., Hasui, Y.A., 1993, Evolução tectônica da porção ocidental do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio, in Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 4º, Belo Horizonte, MG, p. 292-296.
- Morales, N., Carvalho, S.G., Choudhuri, A., Fiori, A.P., Oliveira, M.A.F., Rodrigues, M.F.B., Soares, P.C., Zanardo, A., 1983, Geologia das folhas de Fortaleza de Minas, Alpinópolis, Jacuí e Nova Resende, MG, in Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 2, Belo Horizonte, Minas Gerais, p. 411-422.
- Paciullo, F.V.P., Ribeiro, A., Cherman, A., Chrispim, S., Maciel, R.R., 2008, Programa Geologia do Brasil: Folha Nepomuceno, SF-23-V-D-III, escala 1:100.000. Nota explicativa, Brasília: CPRM, 92 p.
- Pimentel, M.M., Ferreira Filho, M.F., 2002, Idades Sm-Nd de komatiitos do *greenstone belt* do Morro do Ferro, Fortaleza de Minas (MG): Revista Brasileira de Geociências, v. 32, p. 147-148.
- Pinheiro, M.A.P., 2013, Geologia e petrogênese de corpos máfico-ultramáficos da Faixa Brasília Sul, borda sul do Cráton São Francisco – Minas Gerais [Tese de Doutorado]: Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 248 p.
- Roest, W.R., Verhoef, J. and Pilkington, M., 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. Geophysics, v. 57, p. 116-125, doi:10.1190/1.1443174.
- Roig, H.L., 1993, Caracterização da "Zona de Sutura" Jacuí-Conceição da Aparecida, MG - limite norte do Cinturão Alto Rio Grande: implicações geotectônicas e metalogenéticas [Dissertação de Mestrado]: Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 136 p.
- Roig, H.L., Schrank, A., 1992, Caracterização da zona de sutura Jacuí-Conceição da Aparecida – limite norte do complexo de nappes de Guaxupé, in Congresso Brasileiro de Geologia, 37, São paulo, SP, p.283-285
- Schrank, A., Abreu, F.R., Roig, H.L., Choudhuri, A., Carvalho, E.D.R., 1990, Determinação dos vetores de transporte tectônico na borda sudoeste do Cráton do São Francisco, in Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, RN, p. 2276-2283.

- Soares, P.C., Fiori, A.P., 1990, Tectônica Colisional Oblíqua entre o Bloco Paraná e a margem sul do Cráton do São Francisco, no Maciço de Guaxupé, in Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, Rio Grande do Norte, p. 2723-2734.
- Szabó, G.A.J., 1996, Petrologia da Suíte Metaultramáfica da Sequência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro na Região de sul a oeste de Alpinópolis, MG (Domínio Norte do Complexo Campos Gerais) [Tese de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, 354 p.
- Szabó, G.A.J., Rolo, H.L., Schrank, A., Choudhuri, A., 1993, Duas faixas litoestruturais distintas e o limite das Províncias Tocantins e Mantiqueira, entre Alpinópolis e Nova Resende (MG), in Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, Salvador, BA, p. 272-274.
- Teixeira, N.A., Gaspar, J.C., Brenner, T.L., Cheney, J.T., Marchetto, C.M.L., 1987, Geologia e implicações geotectônicas do *Greenstone Belt* Morro do Ferro (Fortaleza de Minas-MG). Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 17, p. 209-220.
- Teixeira, N.A., Danni, J.C.M., 1979, Geologia da raiz de um *greenstone belt* na região de Fortaleza de Minas, MG: Revista Brasileira de Geociências, v. 9, p. 17-26.
- Teixeira, W., Cordani, U.G., Nutman, A.P., Sato, K., 1998, Polyphase archean evolution in the Campo Belo metamorphic complex, Southern São Francisco Craton, Brazil: SHRIMP U-Pb zircon evidence: Journal of South American Earth Sciences, v. 11, p. 279-289, doi:10.1016/S0895-9811(98)00011-X.
- Trouw, R.A.J., Heilbron, M., Ribeiro, A., Paciullo, F., Valeriano, C.M., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M., Andreis, R.R., 2000. The central segment of Ribeira belt, in Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A., eds., Tectonic Evolution of South America, International Geological Congress, 31th, Rio de Janeiro, Brazil, p. 287-310.
- Trouw, R.A.J., Ribeiro, A., Paciullo, F.V.P., Heilbron, M.L., 1984, Os grupos São João Del Rei, Carrancas e Andrelândia, interpretados como a continuação dos grupos Araxá e Canastra, in Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, RJ, p. 3227-3240.
- Turbay C.V.G., Valeriano C.M., 2012, Litogeoquímica do Complexo Campos Gerais e granitoides intrusivos, Arqueano/Paleoproterozoico, Brasil: Revista Brasileira de Geociências, v. 42, p. 663-689, doi:10.5327/Z0375-75362012000400003.
- Turbay, C.V.G., 2010, Caracterização petrológica e geocronológica do Complexo Campos Gerais (Arqueano/Paleoproterozóico), Minas Gerais, Brasil [Tese de Doutorado]: Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 176 p.
- Valeriano, C.M., Dardenne, M.A., Fonseca, M.A., Simões, L.S.A., Seer, H.J., 2004, A evolução tectônica da faixa Brasília, in Mantesso Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro C.D.R.,

- Brito-Neves, B.B., eds., *Geologia do continente sul-americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, p. 575-592.
- Vermeesch, P., 2018, IsoplotR: a free and open toolbox for geochronology: *Geoscience Frontiers*, v. 9, p. 1479-1493, doi:10.1016/j.gsf.2018.04.001.
- Wernick, E., Artur, A.C., 1983, Regenerações Sucessivas de Terrenos Arqueanos no Leste do Estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais, *in* Simpósio Regional Geologia, 4, São Paulo, São Paulo, p. 17-31.
- Westin, A., Campos Neto, M.C., Hawkesworth, C.J., Cawood, P.A., Dhuime, B., e Delavault, H., 2016, A paleoproterozoic intra-arc basin associated with a juvenile source in the Southern Brasilia Orogen: Application of U-Pb and Hf-Nd isotopic analyses to provenance studies of complex areas: *Precambrian Research*, v. 276, p. 178–193, doi:10.1016/j.precamres.2016.02.004.
- Wiedenbeck, M., Hanchar, J.M., Peck, W.H., et al., 2004, Further characterization of the 91500 zircon crystal. *Geostandards and Geoanalytical Research*, v. 28, p. 9-39, doi: 10.1111/j.1751-908X.2004.tb01041.x
- Zanardo, A., Morales, N., Oliveira, M.A.F., Del Lama, E.A., 2006, Tectono-Lithologic Associations of the Alterosa Paleo Suture Zone – Southeastern Brazil Associação Tectono-Litológica da Paleozona de Sutura, *Revista Geociências*, v. 5, p. 103–117.
- Zanardo, A., Oliveira, M.A.F., Del Lama, E.A., 1996, Rochas máficas e ultramáficas da Faixa Jacuí-Bom Jesus da Penha-Conceição da Aparecida (MG): *Geociências*, v. 15, p. 279-297.
- Zanardo A., 1992, Análise petrográfica, estratigráfica e microestrutural da região de Guaxupé-Passos-Delfinópolis (MG) [Tese de Doutorado] Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 288 p.

APÊNDICE B

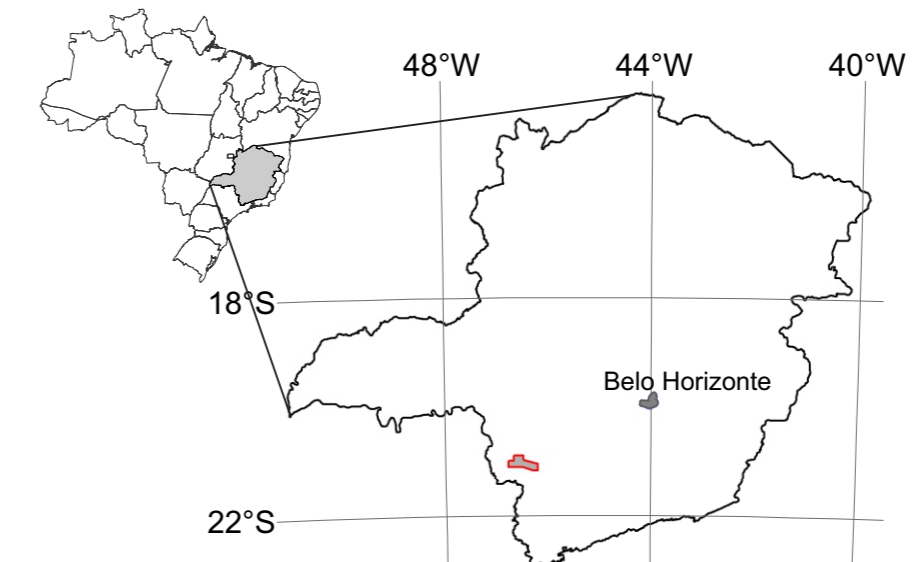
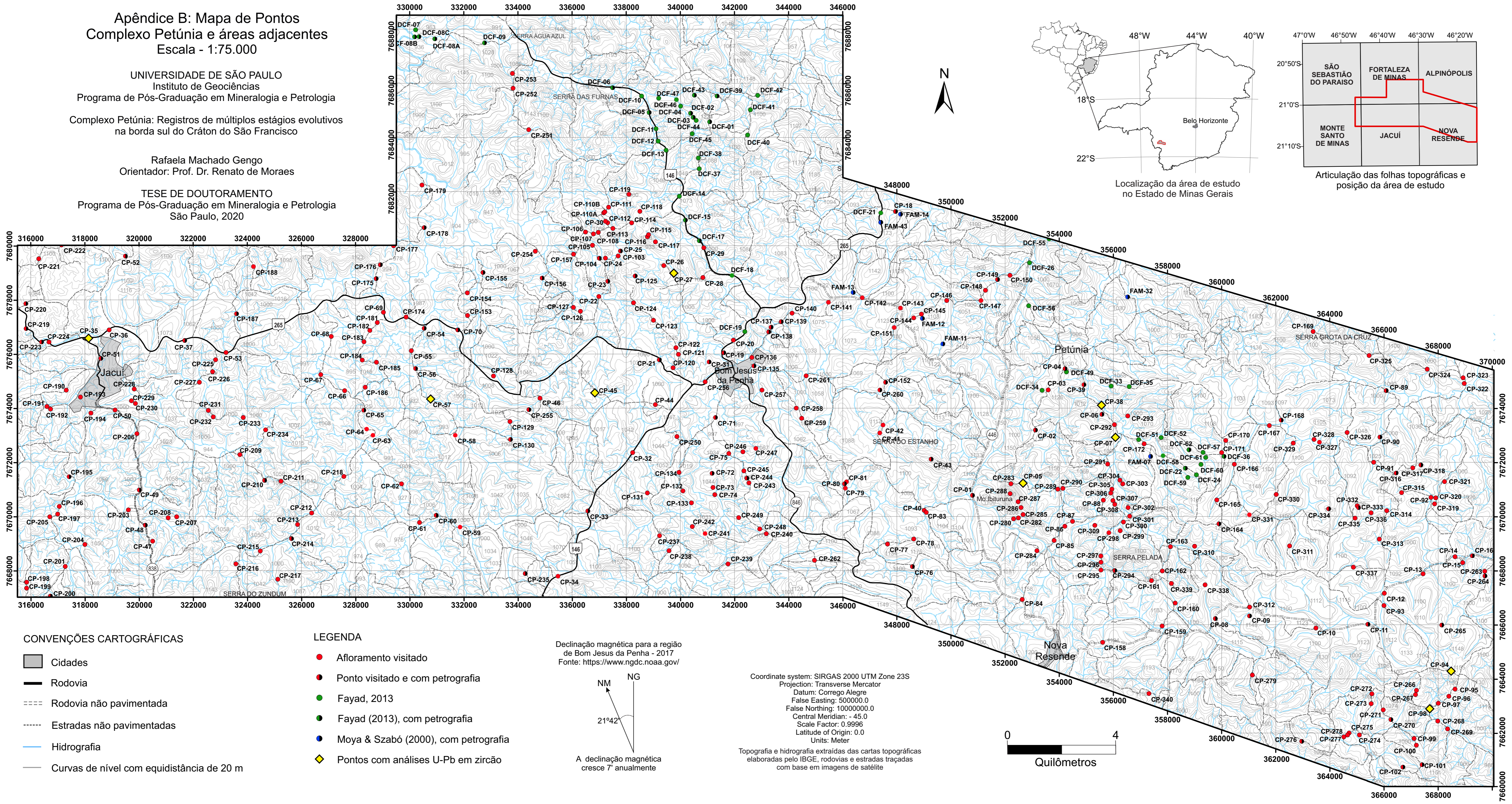
Mapa de Pontos

Apêndice B: Mapa de Pontos
Complexo Petúnia e áreas adjacentes
Escala - 1:75.000

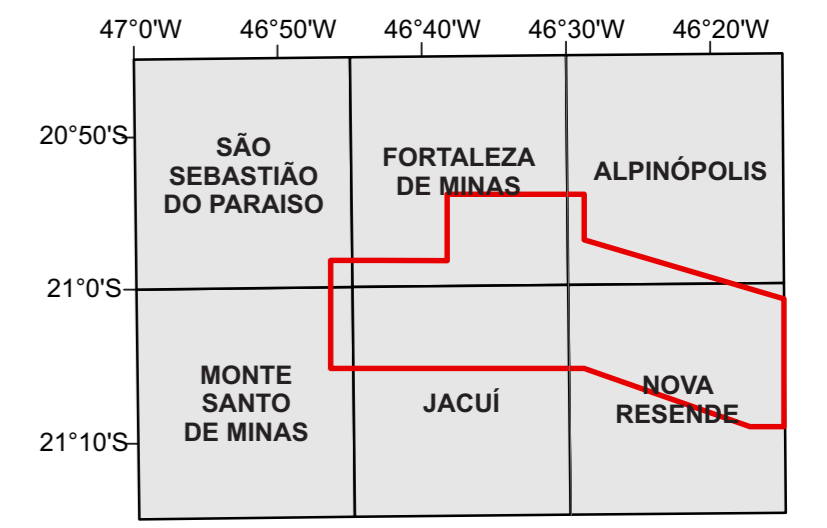
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia
Complexo Petúnia: Registros de múltiplos estágios evolutivos
na borda sul do Cráton do São Francisco

Rafaela Machado Gengo
Orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

TESE DE DOUTORAMENTO
Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia
São Paulo, 2020



Localização da área de estudo no Estado de Minas Gerais



Articulação das folhas topográficas e posição da área de estudo

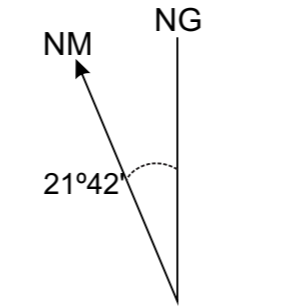
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Cidades
- Rodovia
- Rodovia não pavimentada
- Estradas não pavimentadas
- Hidrografia
- Curvas de nível com equidistância de 20 m

LEGENDA

- Afloramento visitado
- Ponto visitado e com petrografia
- Fayad, 2013
- Fayad (2013), com petrografia
- Moya & Szabó (2000), com petrografia
- Pontos com análises U-Pb em zircão

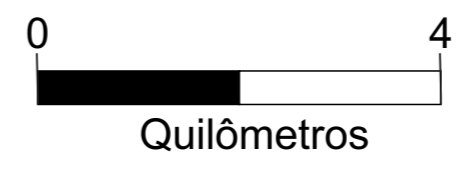
Declinação magnética para a região de Bom Jesus da Penha - 2017
Fonte: <https://www.ngdc.noaa.gov/>



A declinação magnética cresce 7' anualmente

Coordinate system: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S
Projection: Transverse Mercator
Datum: Corrego Alegre
False Easting: 500000.0
False Northing: 10000000.0
Central Meridian: - 45.0
Scale Factor: 0.9996
Latitude of Origin: 0.0
Units: Meter

Topografia e hidrografia extraídas das cartas topográficas elaboradas pelo IBGE, rodovias e estradas traçadas com base em imagens de satélite



APÊNDICE C

Mapa Geológico do Complexo Petúnia e áreas adjacentes

Apêndice C: Mapa Geológico
Complexo Petúnia e áreas adjacentes
Escala - 1:75.000

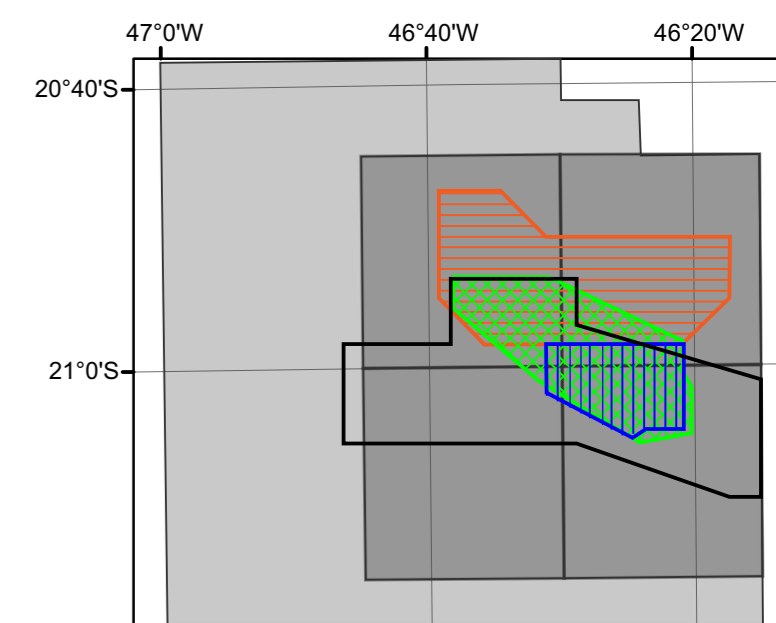
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

COMPLEXO PETÚNIA: Registro de múltiplos estágios evolutivos
na borda sul do Cráton São Francisco

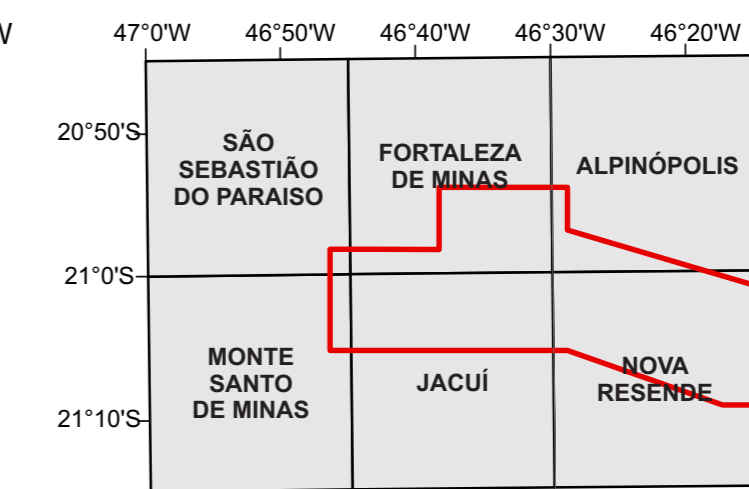
Rafaela Machado Gengo
Orientador: Prof. Dr. Renato de Moraes

TESE DE DOUTORAMENTO
Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia
São Paulo, 2020

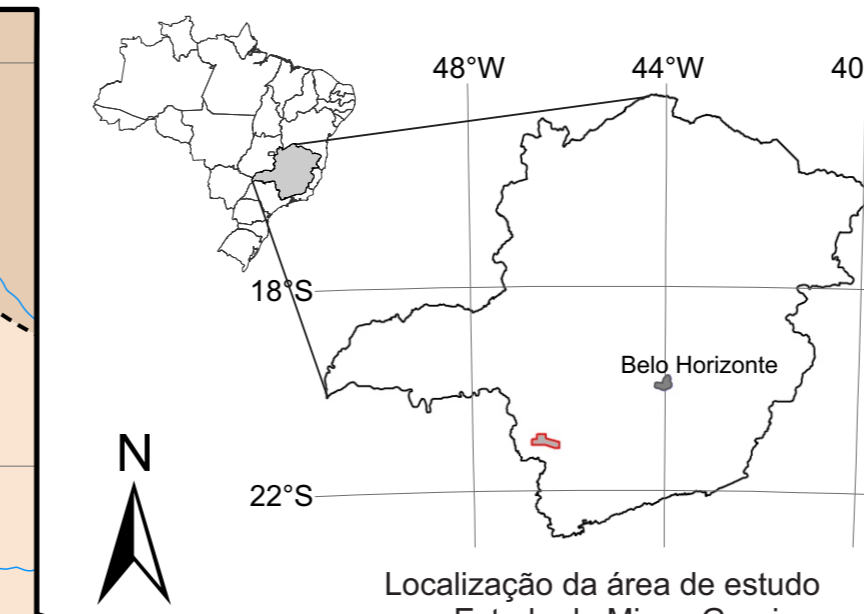
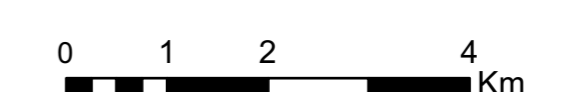
FONTES UTILIZADAS



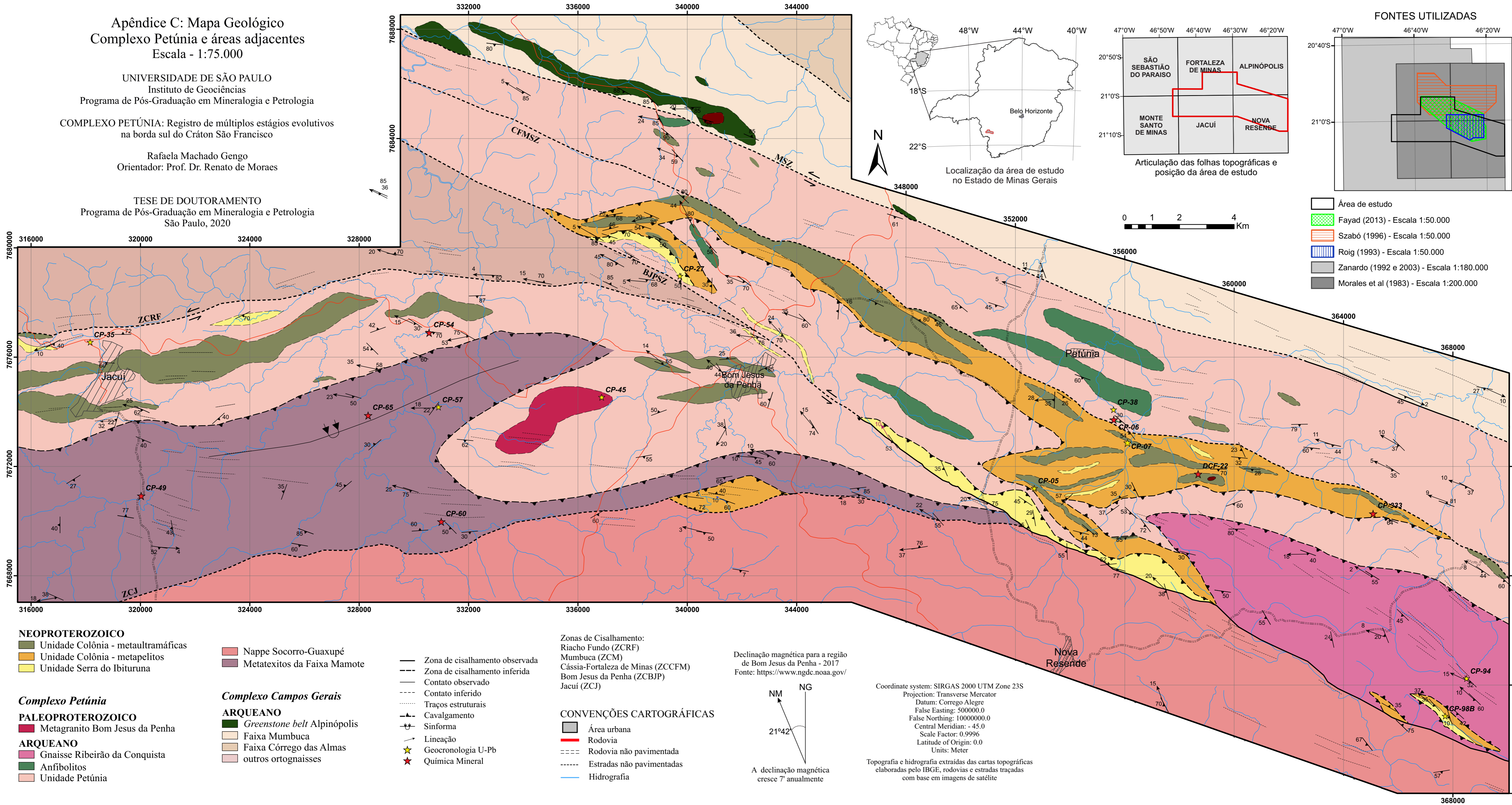
- Área de estudo
- Fayad (2013) - Escala 1:50.000
- Szabó (1996) - Escala 1:50.000
- Roig (1993) - Escala 1:50.000
- Zanardo (1992 e 2003) - Escala 1:180.000
- Morales et al (1983) - Escala 1:200.000



Articulação das folhas topográficas e
posição da área de estudo



Localização da área de estudo
no Estado de Minas Gerais



- NEOPROTEROZOICO**
- Unidade Colônia - metaultramáficas
 - Unidade Colônia - metapelitos
 - Unidade Serra do Ibituruna

- Nappe Socorro-Guaxupé
- Metatexitos da Faixa Mamote

- Complexo Petúnia**
- PALEOPROTEROZOICO**
- Metagranito Bom Jesus da Penha
- ARQUEANO**
- Gnaiss Ribeirão da Conquista
 - Anfibolitos
 - Unidade Petúnia

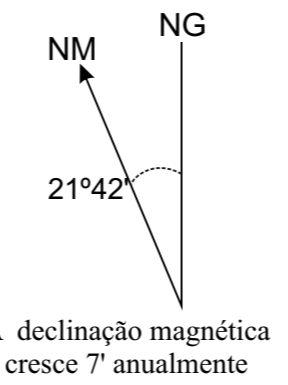
- Complexo Campos Gerais**
- ARQUEANO**
- Greenstone belt Alpinópolis
 - Faixa Mumbuca
 - Faixa Córrego das Almas
 - outros ortognaisses

- Zona de cisalhamento observada
- Zona de cisalhamento inferida
- Contato observado
- Contato inferido
- Traços estruturais
- Cavalcamento
- Sinforma
- Lineação
- Geocronologia U-Pb
- Química Mineral

Zonas de Cisalhamento:
Riacho Fundo (ZCRF)
Mumbuca (ZCM)
Cássia-Fortaleza de Minas (ZCCFM)
Bom Jesus da Penha (ZCZBJP)
Jacuí (ZCJ)

- CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**
- Área urbana
 - Rodovia
 - Rodovia não pavimentada
 - Estradas não pavimentadas
 - Hidrografia

Declinação magnética para a região
de Bom Jesus da Penha - 2017
Fonte: <https://www.ngdc.noaa.gov/>



Coordinate system: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S
Projection: Transverse Mercator
Datum: Corrego Alegre
False Easting: 500000.0
False Northing: 10000000.0
Central Meridian: - 45.0
Scale Factor: 0.9996
Latitude of Origin: 0.0
Units: Meter

Topografia e hidrografia extraídas das cartas topográficas
elaboradas pelo IBGE, rodovias e estradas traçadas
com base em imagens de satélite

APÊNDICE D

Resultados das análises de elementos maiores, menores e traços obtidos via FRX

Padrão	JB 1a		JG 1a		LD
	Obtida	Recomendada	Obtida	Recomendada	
SiO ₂	52.6	52.16	71.72	72.19	0.03
TiO ₂	1.279	1.3	0.229	0.25	0.003
Al ₂ O ₃	14.6	14.51	14.05	14.22	0.02
Fe ₂ O ₃	9.03	9.1	2.00	2.05	0.01
MnO	0.147	0.15	0.06	0.06	0.002
MgO	7.78	7.75	0.67	0.69	0.01
CaO	9.33	9.23	2.12	2.13	0.01
Na ₂ O	2.74	2.74	3.27	3.41	0.02
K ₂ O	1.39	1.42	3.96	4.01	0.01
P ₂ O ₅	0.259	0.26	0.079	0.08	0.003
LoI	1.1	1.1	0.59	0.59	0.01
Total	100.26	99.72	98.75	99.68	
Ba	510	497	459	458	37
Ce	57	66.1	42	45.2	35
Co	39	39.5	< 6	5.7	6
Cr	400	415	28	18.6	13
Cu	56	55.5	< 5	1.3	5
Ga	18	18	16	17	9
La	43	38.1	< 28	21.8	28
Nb	26	27	10	12	9
Nd	24	25.5	19	21	14
Ni	140	140	< 5	6.4	5
Pb	< 4	7.2	12	27	4
Rb	40	41	178	180	3
Sc	24	27.9	< 14	6.31	14
Sr	440	443	181	185	2
Th	7	8.8	< 7	12.1	7
U	5	1.6	5	4.7	3
V	203	220	21	23	9
Y	23	24	30	31.6	2
Zn	81	82	39	38.8	2
Zr	136	146	118	121	2
F	493	170	628		50
Cl	< 500	385	< 500	450	500
S	< 550	9	< 550	10	550

	AQ-1 obtido	AQ-1 recom.
FeO	9,91	10,03±0,33

	CP-07	CP-07melt	CP-333	CP-06	CP-54a
SiO₂	64.80	82.94	60.52	45.66	48.15
TiO₂	0.727	0.065	0.861	0.154	0.135
Al₂O₃	16.21	9.52	18.27	8.21	6.18
Fe₂O₃	8.10	1.03	9.96	8.53	8.63
FeO	5.35	-	7.13	-	-
MnO	0.150	0.022	0.129	0.143	0.084
MgO	2.90	0.33	3.58	26.30	26.16
CaO	0.94	1.40	1.25	4.53	4.02
Na₂O	1.88	3.57	1.32	< 0.02	0.02
K₂O	2.44	0.30	2.95	< 0.01	0.01
P₂O₅	0.117	0.097	0.150	0.009	0.003
LoI	1.40	0.26	0.95	5.94	5.42
Total	99.66	99.53	99.94	99.48	98.81
Ba	500	84	540	< 37	< 37
Ce	39	< 35	44	< 35	< 35
Co	26	< 6	33	86	99
Cr	231	14	263	3233	2424
Cu	45	6	59	< 5	< 5
Ga	21	8	23	< 9	9
La	< 28	< 28	< 28	< 28	29
Nb	9	< 9	10	< 9	< 9
Nd	20	< 14	20	< 14	< 14
Ni	109	5	139	1343	1738
Pb	14	16	12	< 4	< 4
Rb	112	15	134	< 3	< 3
Sc	< 14	< 14	17	17	18
Sr	88	156	95	9	6
Th	< 7	< 7	14	< 7	< 7
U	5	4	7	5	5
V	130	14	164	100	75
Y	23	8	21	7	8
Zn	100	8	123	56	112
Zr	153	24	143	16	21
F	408	84	318	< 50	319
Cl	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
S	< 550	< 550	< 550	< 550	< 550

APÊNDICE E

Resultados das análises de química mineral obtidos via Microsonda
Eletrônica

ESTAUROLITA – amostra CP-07

Ponto	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
SiO₂	27.07	27.02	27.22	27.42	27.32	27.75	27.51	27.34	27.23	26.85	27.17	27.12	27.49
TiO₂	0.62	0.63	0.57	0.75	0.64	0.56	0.69	0.62	0.73	0.79	0.71	0.76	0.72
Al₂O₃	54.01	53.88	53.72	53.56	53.61	53.67	53.51	53.53	53.34	53.64	53.82	53.61	53.55
FeO	13.06	13.41	13.51	13.25	12.95	13.01	13.06	13.42	13.20	13.31	13.35	13.05	13.03
MnO	0.11	0.10	0.13	0.11	0.11	0.10	0.12	0.12	0.13	0.12	0.13	0.10	0.11
MgO	1.82	1.91	2.05	2.00	1.92	1.90	1.94	1.86	1.95	1.82	1.84	1.85	1.74
ZnO	0.41	0.40	0.39	0.42	0.41	0.44	0.42	0.42	0.45	0.45	0.42	0.40	0.48
CaO	0.01	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.04	0.00	0.01
Total	97.11	97.35	97.63	97.51	97.01	97.43	97.25	97.34	97.05	96.97	97.47	96.90	97.12

Si	7.57	7.55	7.59	7.64	7.64	7.72	7.67	7.64	7.63	7.53	7.58	7.60	7.68
Ti	0.13	0.13	0.12	0.16	0.14	0.12	0.14	0.13	0.15	0.17	0.15	0.16	0.15
Al	17.79	17.74	17.64	17.58	17.67	17.60	17.59	17.62	17.60	17.73	17.69	17.70	17.63
Fe²⁺	3.05	3.13	3.15	3.09	3.03	3.03	3.05	3.13	3.09	3.12	3.11	3.06	3.04
Mn	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
Mg	0.76	0.80	0.85	0.83	0.80	0.79	0.81	0.77	0.81	0.76	0.77	0.77	0.72
Zn	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10
Ca	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Total	29.41	29.45	29.47	29.41	29.39	29.36	29.38	29.42	29.42	29.44	29.43	29.39	29.35

Ponto	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
SiO₂	27.43	27.50	27.23	27.08	27.24	27.48	27.21	27.51	27.05	27.22	27.21	27.20	26.96
TiO₂	0.65	0.81	0.77	0.66	0.66	0.80	0.75	0.64	0.66	0.89	0.72	0.69	0.71
Al₂O₃	53.78	53.79	53.67	53.66	53.60	53.77	53.76	53.44	53.36	53.36	53.54	53.46	53.51
FeO	13.56	13.23	13.26	13.24	12.96	13.20	12.85	13.55	13.46	13.54	13.14	13.47	13.12
MnO	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.13	0.12	0.10	0.12	0.10	0.13	0.11	0.12
MgO	1.61	1.83	1.92	1.93	1.99	1.93	1.95	1.86	1.97	1.94	2.00	1.99	1.90
ZnO	0.45	0.45	0.45	0.41	0.42	0.41	0.41	0.37	0.43	0.43	0.45	0.43	0.44
CaO	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Total	97.61	97.73	97.45	97.10	97.01	97.74	97.04	97.48	97.06	97.51	97.18	97.35	96.75

Si	7.64	7.64	7.60	7.58	7.62	7.63	7.60	7.67	7.59	7.60	7.61	7.60	7.57
Ti	0.14	0.17	0.16	0.14	0.14	0.17	0.16	0.14	0.14	0.19	0.15	0.15	0.15
Al	17.66	17.62	17.64	17.70	17.67	17.61	17.70	17.57	17.63	17.56	17.64	17.61	17.71
Fe²⁺	3.16	3.07	3.09	3.10	3.03	3.07	3.00	3.16	3.16	3.16	3.07	3.15	3.08
Mn	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
Mg	0.67	0.76	0.80	0.81	0.83	0.80	0.81	0.77	0.82	0.81	0.83	0.83	0.80
Zn	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Ca	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Total	29.39	29.38	29.42	29.43	29.41	29.39	29.39	29.41	29.46	29.43	29.42	29.45	29.43

ESTAUROLITA – amostra CP-333

Ponto	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	4.1
SiO₂	27.92	27.93	27.89	27.83	27.71	27.53	27.52	27.32	27.85	28.18	27.70	27.82	27.74
TiO₂	0.62	0.67	0.66	0.66	0.63	0.70	0.69	0.72	0.59	0.62	0.70	0.58	0.66
Al₂O₃	54.81	54.50	54.12	54.31	54.22	53.80	53.95	54.10	53.67	55.46	54.51	54.37	54.49
FeO	12.59	12.33	12.49	12.79	12.62	12.54	12.64	12.52	12.49	12.56	12.56	12.58	12.29
MnO	0.07	0.10	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.05	0.07	0.09	0.06	0.07
MgO	1.57	1.63	1.54	1.61	1.64	1.79	1.83	1.75	1.87	1.52	1.63	1.64	1.57
ZnO	1.67	1.71	1.67	1.75	1.72	1.60	1.47	1.49	1.52	1.68	1.64	1.67	1.90
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.24	98.87	98.44	99.02	98.60	98.03	98.17	97.96	98.04	100.10	98.85	98.72	98.71

Si	7.65	7.68	7.71	7.66	7.65	7.65	7.63	7.59	7.72	7.65	7.63	7.67	7.65
Ti	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.15	0.14	0.15	0.12	0.13	0.15	0.12	0.14
Al	17.71	17.66	17.62	17.62	17.65	17.61	17.63	17.71	17.54	17.75	17.69	17.66	17.70
Fe²⁺	2.89	2.84	2.89	2.94	2.91	2.91	2.93	2.91	2.90	2.85	2.89	2.90	2.83
Mn	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
Mg	0.64	0.67	0.63	0.66	0.67	0.74	0.76	0.72	0.77	0.62	0.67	0.67	0.65
Zn	0.34	0.35	0.34	0.36	0.35	0.33	0.30	0.31	0.31	0.34	0.33	0.34	0.39
Ca	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	29.37	29.35	29.34	29.39	29.39	29.40	29.41	29.40	29.38	29.35	29.38	29.38	29.37

Ponto	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2
SiO₂	27.74	27.80	28.21	27.97	27.77	27.60	28.02	28.08	27.62	27.78	27.66	27.60
TiO₂	0.62	0.66	0.70	0.67	0.71	0.63	0.64	0.65	0.69	0.65	0.65	0.67
Al₂O₃	53.87	54.01	54.99	54.74	54.71	54.39	54.37	54.43	54.81	54.41	54.17	54.24
FeO	12.43	12.63	11.57	11.85	12.28	11.54	12.59	12.77	13.06	12.92	12.52	12.55
MnO	0.09	0.06	0.05	0.07	0.07	0.07	0.04	0.05	0.08	0.04	0.09	0.05
MgO	1.59	1.66	1.27	1.46	1.51	1.43	1.89	1.94	1.36	1.93	1.66	1.67
ZnO	1.76	1.91	1.90	1.88	1.85	1.87	1.03	1.02	1.39	1.18	1.62	1.65
CaO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.10	98.73	98.70	98.62	98.89	97.54	98.58	98.95	99.01	98.92	98.38	98.43

Si	7.70	7.68	7.74	7.69	7.64	7.67	7.71	7.70	7.60	7.64	7.65	7.63
Ti	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.13	0.14
Al	17.62	17.58	17.78	17.75	17.73	17.81	17.62	17.59	17.77	17.63	17.66	17.68
Fe²⁺	2.88	2.92	2.65	2.73	2.82	2.68	2.90	2.93	3.00	2.97	2.90	2.90
Mn	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
Mg	0.66	0.69	0.52	0.60	0.62	0.59	0.78	0.80	0.56	0.79	0.68	0.69
Zn	0.36	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.21	0.21	0.28	0.24	0.33	0.34
Ca	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	29.37	29.40	29.23	29.30	29.35	29.29	29.35	29.37	29.37	29.41	29.38	29.39

GRANADA – Amostra CP-07

Point	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20
SiO₂	37.37	37.95	37.75	37.82	37.45	37.37	37.68	37.57	37.27	37.19	37.68	37.79	37.46	37.54	37.62	37.52	37.58	37.81	37.96	37.82
TiO₂	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.07	0.07	0.05	0.09	0.07	0.37	0.04	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00
Al₂O₃	21.23	21.04	21.47	21.23	20.94	21.01	21.18	20.87	21.26	20.84	21.02	21.09	20.82	21.08	21.16	21.23	21.25	21.38	21.49	21.51
Cr₂O₃	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	33.65	34.09	35.02	34.75	34.46	34.24	33.85	31.39	29.61	29.58	30.03	29.71	31.05	31.76	34.02	34.84	35.25	34.50	34.74	34.81
MnO	1.81	0.63	0.42	0.69	1.10	1.84	2.64	4.47	5.17	5.45	5.44	5.05	3.92	2.95	1.04	0.49	0.13	0.12	0.33	1.27
MgO	3.50	3.73	3.75	3.27	2.91	2.46	2.09	1.44	1.21	1.13	1.18	1.24	1.28	1.43	1.96	2.43	3.16	3.57	3.93	4.00
CaO	2.22	2.11	2.51	2.78	3.40	3.64	3.92	5.24	6.02	6.36	5.93	6.27	6.30	6.29	5.41	4.52	3.28	3.18	2.59	1.69
Total	99.80	99.57	100.95	100.58	100.28	100.60	101.39	101.04	100.61	100.64	101.36	101.26	100.92	101.45	101.27	101.07	100.67	100.58	101.10	101.12
Si	2.998	3.036	2.990	3.011	2.999	2.992	2.998	3.005	2.988	2.984	3.004	3.009	2.996	2.985	2.990	2.984	2.993	3.002	2.998	2.991
Ti	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.004	0.004	0.003	0.005	0.004	0.022	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Al	2.008	1.984	2.005	1.993	1.977	1.983	1.987	1.968	2.009	1.971	1.975	1.980	1.963	1.976	1.983	1.990	1.995	2.001	2.001	2.006
Cr	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
Fe³⁺	0.000	0.000	0.013	0.000	0.024	0.031	0.016	0.015	0.006	0.053	0.009	0.000	0.035	0.009	0.032	0.038	0.019	0.000	0.000	0.011
Fe²⁺	2.258	2.281	2.307	2.314	2.284	2.262	2.237	2.084	1.979	1.932	1.993	1.978	2.042	2.103	2.229	2.279	2.329	2.291	2.294	2.291
Mn	0.123	0.043	0.028	0.047	0.075	0.125	0.178	0.303	0.351	0.370	0.367	0.341	0.266	0.199	0.070	0.033	0.009	0.008	0.022	0.085
Mg	0.418	0.445	0.443	0.388	0.347	0.293	0.248	0.172	0.145	0.135	0.140	0.147	0.153	0.169	0.232	0.288	0.375	0.422	0.462	0.471
Ca	0.191	0.181	0.213	0.237	0.292	0.312	0.334	0.449	0.517	0.547	0.507	0.535	0.540	0.536	0.461	0.385	0.280	0.271	0.219	0.143
Total	8.00	7.97	8.00	7.99	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Alm	0.755	0.773	0.771	0.775	0.762	0.756	0.746	0.693	0.661	0.647	0.663	0.659	0.680	0.699	0.745	0.763	0.778	0.766	0.765	0.766
Py	0.140	0.151	0.148	0.130	0.116	0.098	0.083	0.057	0.048	0.045	0.047	0.049	0.051	0.056	0.078	0.096	0.125	0.141	0.154	0.158
Gr	0.064	0.061	0.071	0.079	0.097	0.104	0.111	0.149	0.173	0.183	0.169	0.178	0.180	0.178	0.154	0.129	0.094	0.091	0.073	0.048
Sps	0.041	0.015	0.009	0.016	0.025	0.042	0.059	0.101	0.117	0.124	0.122	0.114	0.089	0.066	0.023	0.011	0.003	0.003	0.007	0.028

GRANADA – Amostra CP-07 (continuação)

Point	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20
SiO₂	38.24	37.82	37.59	37.52	37.32	37.72	37.64	35.66	37.24	37.54	37.38	33.96	36.95	37.21	37.59	37.67	37.69	37.56	37.93	37.61
TiO₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	1.67	0.05	0.07	0.02	2.13	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Al₂O₃	21.75	21.42	21.20	21.07	21.17	20.98	21.08	20.35	21.17	20.85	20.95	24.09	20.78	21.15	21.14	21.19	21.23	21.41	21.63	21.32
Cr₂O₃	0.05	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03	0.04	0.06	0.05	0.03	0.05	0.02	0.05
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	34.47	34.63	35.10	35.24	34.94	34.18	32.68	30.89	29.83	29.77	31.62	29.61	31.45	32.56	33.59	34.38	34.48	34.60	34.12	34.08
MnO	1.68	0.50	0.39	0.51	1.08	1.58	2.88	4.07	5.15	5.58	4.63	3.59	3.58	2.38	1.45	0.68	0.46	0.41	0.44	1.08
MgO	3.82	4.10	3.53	3.20	2.50	2.22	1.79	1.39	1.21	1.23	1.74	1.67	1.45	1.51	1.72	2.54	3.25	3.63	3.90	4.02
CaO	1.64	2.35	2.86	3.16	3.76	4.07	5.02	5.35	5.97	5.79	4.58	4.00	5.50	5.92	5.62	4.29	3.57	2.90	2.67	2.13
Total	101.65	100.86	100.69	100.74	100.79	100.79	101.15	99.39	100.65	100.85	100.96	99.07	99.80	100.81	101.20	100.81	100.71	100.57	100.71	100.29
Si	3.005	2.992	2.989	2.988	2.980	3.014	3.001	2.911	2.986	3.008	2.991	2.747	2.989	2.975	2.993	3.001	2.996	2.985	3.000	2.994
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.103	0.003	0.004	0.001	0.130	0.004	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Al	2.015	1.998	1.987	1.978	1.993	1.976	1.981	1.958	2.001	1.969	1.976	2.297	1.982	1.994	1.984	1.990	1.990	2.006	2.017	2.001
Cr	0.003	0.003	0.001	0.003	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.002	0.003	0.004	0.003	0.002	0.003	0.001	0.003
Fe³⁺	0.000	0.015	0.033	0.043	0.046	0.000	0.012	0.016	0.019	0.005	0.038	0.000	0.032	0.050	0.023	0.003	0.016	0.019	0.000	0.008
Fe²⁺	2.265	2.276	2.301	2.304	2.288	2.284	2.166	2.093	1.982	1.989	2.078	2.003	2.096	2.127	2.213	2.288	2.276	2.281	2.257	2.261
Mn	0.112	0.034	0.026	0.034	0.073	0.107	0.194	0.281	0.350	0.379	0.314	0.246	0.245	0.161	0.098	0.046	0.031	0.028	0.029	0.073
Mg	0.447	0.483	0.418	0.380	0.298	0.264	0.213	0.169	0.145	0.147	0.207	0.201	0.175	0.180	0.204	0.302	0.385	0.430	0.460	0.477
Ca	0.138	0.199	0.244	0.270	0.322	0.348	0.429	0.468	0.513	0.497	0.393	0.347	0.477	0.507	0.479	0.366	0.304	0.247	0.226	0.182
Total	7.99	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.97	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.99	8.00
Alm	0.765	0.761	0.770	0.771	0.768	0.761	0.722	0.695	0.663	0.660	0.695	0.716	0.700	0.715	0.739	0.762	0.760	0.764	0.759	0.755
Py	0.151	0.161	0.140	0.127	0.100	0.088	0.071	0.056	0.048	0.049	0.069	0.072	0.058	0.061	0.068	0.101	0.129	0.144	0.155	0.159
Gr	0.047	0.067	0.082	0.090	0.108	0.116	0.143	0.155	0.172	0.165	0.131	0.124	0.159	0.170	0.160	0.122	0.101	0.083	0.076	0.061
Sps	0.038	0.011	0.009	0.011	0.024	0.036	0.065	0.093	0.117	0.126	0.105	0.088	0.082	0.054	0.033	0.015	0.010	0.009	0.010	0.024

GRANADA – Amostra CP-07 (continuação)

Point	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.9	6.10	6.11	6.12	6.13	6.14	6.15
SiO₂	37.65	37.74	37.86	36.64	37.58	38.09	37.94	37.94	38.01	37.89	37.84	37.81	37.83	37.61
TiO₂	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al₂O₃	21.41	21.54	21.53	20.84	21.62	21.56	21.60	21.66	21.57	21.57	21.61	21.52	21.47	21.40
Cr₂O₃	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01
Fe₂O₃	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
FeO	34.22	33.62	33.82	32.25	33.77	34.16	33.45	33.59	33.70	33.40	33.55	33.48	33.74	34.26
MnO	1.97	1.93	2.04	1.80	1.81	1.84	1.86	1.79	1.83	1.79	1.86	1.85	1.91	1.92
MgO	3.56	4.19	4.04	3.91	4.23	4.14	4.19	4.32	4.23	4.23	4.27	4.14	4.12	3.76
CaO	1.62	1.88	1.71	1.57	1.72	1.62	1.78	1.80	1.75	1.83	1.90	1.92	1.85	1.49
Total	100.43	100.93	101.00	97.01	100.74	101.42	100.82	101.13	101.10	100.72	101.06	100.72	100.93	100.45
Si	3.002	2.984	2.996	3.009	2.977	3.000	3.000	2.991	2.999	2.998	2.986	2.995	2.993	2.998
Ti	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	2.013	2.008	2.008	2.017	2.019	2.002	2.013	2.013	2.006	2.012	2.011	2.010	2.003	2.011
Cr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001
Fe³⁺	0.000	0.021	0.000	0.000	0.027	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.015	0.001	0.010	0.000
Fe²⁺	2.282	2.203	2.238	2.215	2.210	2.250	2.212	2.213	2.224	2.210	2.199	2.217	2.223	2.284
Mn	0.133	0.129	0.137	0.125	0.121	0.123	0.125	0.120	0.122	0.120	0.124	0.124	0.128	0.130
Mg	0.423	0.494	0.476	0.478	0.499	0.486	0.494	0.508	0.497	0.499	0.502	0.489	0.486	0.447
Ca	0.138	0.159	0.145	0.138	0.146	0.137	0.151	0.152	0.148	0.155	0.161	0.163	0.157	0.127
Total	7.99	8.00	8.00	7.98	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Alm	0.767	0.738	0.747	0.749	0.743	0.751	0.742	0.739	0.744	0.741	0.736	0.741	0.742	0.764
Py	0.142	0.165	0.159	0.162	0.168	0.162	0.166	0.170	0.166	0.167	0.168	0.163	0.162	0.150
Gr	0.046	0.053	0.048	0.047	0.049	0.046	0.051	0.051	0.049	0.052	0.054	0.054	0.052	0.043
Sps	0.045	0.043	0.046	0.042	0.041	0.041	0.042	0.040	0.041	0.040	0.042	0.041	0.043	0.044

GRANADA – Amostra CP-07 (continuação)

Point	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.1	7.11	7.12	7.13	7.14	7.15	7.16	7.17	7.18	7.19	7.20
SiO₂	38.01	38.19	37.82	37.97	37.85	37.99	37.76	37.54	37.80	37.48	37.74	37.73	37.99	37.89	37.79	37.83	37.99	37.68	37.86	37.78
TiO₂	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.61	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Al₂O₃	21.65	21.65	21.61	21.27	21.39	21.32	21.35	21.36	21.39	21.28	21.33	21.44	21.27	21.47	21.46	21.65	21.46	21.51	21.63	21.62
Cr₂O₃	0.06	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.03	0.02	0.04	0.01	0.06	0.03	0.04
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	34.50	34.69	34.47	34.29	34.27	34.27	34.03	34.00	33.57	33.80	33.86	33.55	33.87	33.71	34.11	34.61	34.45	34.07	34.50	34.89
MnO	1.64	0.89	0.76	0.71	0.93	1.06	1.37	1.44	1.76	1.87	1.87	1.98	1.87	1.73	1.51	1.13	0.88	0.66	0.53	0.99
MgO	4.02	4.45	4.34	4.24	4.22	4.08	4.09	4.05	4.04	4.08	4.15	4.05	4.01	3.98	3.93	3.92	4.17	4.21	4.41	4.26
CaO	1.28	1.43	1.80	2.04	2.09	2.11	2.00	1.89	1.77	1.71	1.67	1.67	1.76	2.01	2.19	2.06	2.02	2.17	1.63	1.39
Total	101.17	101.31	100.82	100.58	100.77	100.85	100.61	100.28	100.36	100.25	101.25	100.48	100.79	100.83	101.02	101.24	100.98	100.36	100.60	100.97
Si	3.001	3.003	2.990	3.009	2.996	3.007	2.997	2.990	3.005	2.988	2.979	2.998	3.011	3.000	2.990	2.986	3.002	2.992	2.996	2.988
Ti	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.036	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Al	2.015	2.007	2.014	1.987	1.996	1.989	1.998	2.006	2.005	2.000	1.985	2.009	1.988	2.004	2.002	2.015	1.999	2.014	2.018	2.016
Cr	0.004	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.004	0.002	0.003
Fe³⁺	0.000	0.000	0.006	0.000	0.010	0.000	0.007	0.016	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.010	0.000	0.000	0.000	0.006
Fe²⁺	2.278	2.281	2.273	2.273	2.259	2.269	2.252	2.249	2.232	2.231	2.235	2.230	2.245	2.232	2.240	2.275	2.276	2.263	2.283	2.302
Mn	0.110	0.059	0.051	0.048	0.062	0.071	0.092	0.097	0.119	0.126	0.125	0.133	0.126	0.116	0.101	0.076	0.059	0.044	0.036	0.066
Mg	0.473	0.521	0.511	0.501	0.498	0.481	0.484	0.481	0.479	0.485	0.488	0.480	0.474	0.470	0.463	0.461	0.491	0.498	0.520	0.502
Ca	0.108	0.120	0.152	0.173	0.177	0.179	0.170	0.161	0.151	0.146	0.141	0.142	0.149	0.171	0.186	0.174	0.171	0.185	0.138	0.118
Total	7.99	7.99	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.99	8.00	7.99	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.99	8.00
Alm	0.767	0.765	0.761	0.759	0.754	0.756	0.751	0.753	0.749	0.747	0.748	0.747	0.750	0.747	0.749	0.762	0.759	0.757	0.767	0.770
Py	0.159	0.175	0.171	0.167	0.166	0.160	0.161	0.161	0.161	0.162	0.163	0.161	0.158	0.157	0.155	0.154	0.164	0.167	0.175	0.168
Gr	0.036	0.040	0.051	0.058	0.059	0.060	0.057	0.054	0.051	0.049	0.047	0.048	0.050	0.057	0.062	0.058	0.057	0.062	0.046	0.039
Sps	0.037	0.020	0.017	0.016	0.021	0.024	0.031	0.032	0.040	0.042	0.042	0.045	0.042	0.039	0.034	0.025	0.020	0.015	0.012	0.022

GRANADA – Amostra CP-333

Granada tipo 1, anterior, sem corona, inclusa na ky

Point	I-1.1	I-1.2	I-1.3	I-1.4	I-1.5	I-1.6	I-1.7	I-1.8	I-1.9	I-1.10	I-1.11	I-1.12	I-1.13	I-1.14	I-1.15	I-1.16	I-1.17	I-1.18	I-1.19	I-1.20
SiO₂	40.36	38.29	38.22	38.23	38.25	38.35	38.04	38.26	38.13	38.20	38.01	38.09	38.30	38.35	38.30	38.15	38.07	38.28	38.24	37.97
TiO₂	0.02	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.09	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00
Al₂O₃	29.56	21.50	21.50	21.74	21.53	21.60	21.63	21.59	21.64	21.55	21.89	21.56	21.59	21.62	21.72	21.83	21.65	21.79	21.66	21.64
Cr₂O₃	0.03	0.03	0.03	0.02	0.05	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	19.77	33.37	32.59	32.12	32.48	32.59	32.73	32.97	33.03	33.07	33.19	33.53	33.28	33.00	33.08	32.81	32.51	32.81	33.25	34.19
MnO	0.63	0.71	0.63	0.47	0.46	0.50	0.55	0.60	0.64	0.70	0.69	0.70	0.72	0.60	0.54	0.49	0.42	0.50	0.66	1.20
MgO	1.26	4.18	4.30	4.24	4.40	4.44	4.35	4.26	4.28	4.20	4.15	4.18	4.12	4.23	4.35	4.25	4.14	4.12	4.06	3.30
CaO	1.43	3.21	3.44	3.98	3.80	3.71	3.48	3.34	3.10	3.04	3.31	2.92	3.09	3.37	3.51	3.89	3.99	3.98	3.42	2.70
Total	93.06	101.29	100.72	100.82	101.00	101.22	100.88	101.09	100.83	100.78	101.24	100.99	101.14	101.21	101.51	101.45	100.80	101.54	101.32	101.02
Si	3.154	3.007	3.010	3.002	3.003	3.004	2.993	3.005	3.002	3.010	2.984	3.001	3.009	3.008	2.996	2.984	2.997	2.994	3.001	3.004
Ti	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000
Al	2.724	1.990	1.996	2.013	1.993	1.995	2.006	1.999	2.009	2.002	2.026	2.003	2.000	1.999	2.003	2.013	2.009	2.009	2.004	2.019
Cr	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	1.292	2.192	2.146	2.110	2.132	2.135	2.154	2.165	2.175	2.179	2.174	2.209	2.187	2.165	2.159	2.130	2.140	2.146	2.182	2.263
Mn	0.042	0.047	0.042	0.031	0.031	0.033	0.037	0.040	0.043	0.047	0.046	0.047	0.048	0.040	0.036	0.032	0.028	0.033	0.044	0.080
Mg	0.147	0.489	0.505	0.496	0.515	0.518	0.510	0.499	0.502	0.493	0.486	0.491	0.482	0.494	0.507	0.495	0.486	0.480	0.475	0.389
Ca	0.120	0.270	0.290	0.335	0.320	0.311	0.293	0.281	0.262	0.257	0.278	0.247	0.260	0.283	0.294	0.326	0.337	0.334	0.288	0.229
Total	7.5	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Alm	0.807	0.731	0.719	0.710	0.711	0.712	0.719	0.725	0.729	0.732	0.729	0.738	0.735	0.726	0.721	0.714	0.715	0.717	0.730	0.764
Py	0.092	0.163	0.169	0.167	0.172	0.173	0.170	0.167	0.168	0.166	0.163	0.164	0.162	0.166	0.169	0.166	0.162	0.160	0.159	0.131
Gr	0.075	0.090	0.097	0.113	0.107	0.104	0.098	0.094	0.088	0.086	0.093	0.082	0.087	0.095	0.098	0.109	0.113	0.112	0.096	0.077
Sps	0.026	0.016	0.014	0.010	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014	0.016	0.015	0.016	0.016	0.013	0.012	0.011	0.009	0.011	0.015	0.027

GRANADA – Amostra CP-333

Granada tipo 1, anterior, sem corona, inclusa na ky

Point	II-1.1	II-1.2	II-1.3	II-1.4	II-1.5	II-1.6	II-1.7	II-1.8	II-1.9	II-1.10	II-1.11	II-1.12	II-1.13	II-1.14	II-1.15	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
SiO₂	37.85	38.30	38.28	38.00	38.20	38.40	38.39	38.44	38.23	38.13	38.32	38.37	38.38	38.36	38.35	37.96	38.38	38.43	38.41	38.39
TiO₂	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.10
Al₂O₃	21.38	21.63	21.76	21.65	21.71	21.68	21.72	21.60	21.65	21.66	21.72	21.71	21.54	21.62	21.72	21.54	21.66	21.81	21.93	21.57
Cr₂O₃	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.05	0.03	0.02	0.02	0.06
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	34.35	32.99	32.51	32.61	32.68	33.22	32.47	32.81	32.75	33.33	32.69	32.57	32.90	33.40	34.69	33.38	32.55	32.59	33.21	33.18
MnO	1.13	0.69	0.53	0.44	0.38	0.47	0.44	0.41	0.41	0.40	0.45	0.44	0.58	0.65	1.04	0.85	0.56	0.39	0.39	0.35
MgO	3.65	4.12	4.10	4.25	4.16	4.26	4.32	4.30	4.10	4.14	4.40	4.34	4.33	4.20	3.82	3.85	4.08	4.14	4.19	4.05
CaO	2.37	3.36	3.96	3.82	4.40	3.51	3.73	3.62	3.98	3.67	3.86	3.84	3.34	3.16	2.19	3.30	3.96	3.98	3.44	3.84
Total	100.75	101.13	101.17	100.79	101.62	101.56	101.09	101.20	101.15	101.38	101.45	101.31	101.09	101.39	101.83	100.94	101.22	101.38	101.59	101.54
Si	3.004	3.008	3.001	2.992	2.983	3.003	3.007	3.011	3.000	2.990	2.995	3.002	3.012	3.007	3.007	2.997	3.008	3.004	3.000	3.004
Ti	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.006
Al	2.000	2.002	2.011	2.010	1.999	1.999	2.006	1.995	2.003	2.002	2.002	2.003	1.993	1.998	2.007	2.005	2.001	2.010	2.019	1.990
Cr	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.003	0.002	0.001	0.001	0.004
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.006	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	2.280	2.167	2.132	2.142	2.109	2.173	2.127	2.150	2.150	2.172	2.130	2.131	2.159	2.190	2.274	2.204	2.133	2.131	2.169	2.172
Mn	0.076	0.046	0.035	0.029	0.025	0.031	0.029	0.027	0.027	0.027	0.030	0.029	0.039	0.043	0.069	0.057	0.037	0.026	0.026	0.023
Mg	0.432	0.482	0.479	0.499	0.484	0.496	0.504	0.502	0.480	0.484	0.513	0.506	0.506	0.491	0.446	0.453	0.477	0.482	0.488	0.472
Ca	0.202	0.283	0.333	0.322	0.368	0.294	0.313	0.304	0.335	0.308	0.323	0.322	0.281	0.265	0.184	0.279	0.333	0.333	0.288	0.322
Total	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Alm	0.763	0.728	0.716	0.716	0.706	0.726	0.715	0.721	0.719	0.726	0.711	0.713	0.723	0.733	0.765	0.736	0.716	0.717	0.730	0.727
Py	0.144	0.162	0.161	0.167	0.162	0.166	0.170	0.168	0.160	0.162	0.171	0.169	0.170	0.164	0.150	0.151	0.160	0.162	0.164	0.158
Gr	0.068	0.095	0.112	0.108	0.123	0.098	0.105	0.102	0.112	0.103	0.108	0.108	0.094	0.089	0.062	0.093	0.112	0.112	0.097	0.108
Sps	0.025	0.015	0.012	0.010	0.008	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.013	0.014	0.023	0.019	0.012	0.009	0.009	0.008

GRANADA – Amostra CP-333

Granada tipo 1, anterior, sem corona, inclusa na ky

Point	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15
SiO₂	38.50	38.20	38.29	38.13	37.69	37.79	38.30	38.09	38.58	38.40	38.48	37.99	38.29	38.56	37.72	38.67	38.30	38.29	38.18	38.31
TiO₂	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.28	0.00	0.00
Al₂O₃	21.69	21.48	21.60	21.71	21.59	21.51	21.46	21.75	21.56	21.66	21.78	21.51	21.64	21.73	21.32	21.68	21.64	21.50	21.56	21.92
Cr₂O₃	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	33.03	33.04	32.44	32.75	34.44	33.44	32.89	32.55	33.03	33.01	33.40	33.36	33.34	33.38	33.63	33.16	33.08	33.09	33.53	33.52
MnO	0.31	0.28	0.32	0.54	1.08	0.94	0.59	0.51	0.57	0.63	0.80	0.80	0.79	0.77	0.85	0.68	0.62	0.61	0.92	0.96
MgO	4.08	4.14	4.13	4.12	3.38	3.81	4.43	4.49	4.36	4.25	4.15	4.08	4.10	4.11	3.86	4.23	4.34	4.36	3.89	3.82
CaO	3.97	3.89	3.86	4.07	2.41	3.22	3.41	3.30	3.35	3.38	3.01	2.75	3.09	3.25	2.68	3.26	3.27	3.08	3.13	3.00
Total	101.61	101.09	100.68	101.34	100.61	100.74	101.10	100.71	101.47	101.34	101.65	100.51	101.26	101.83	100.12	101.77	101.27	101.24	101.23	101.56
Si	3.007	3.002	3.013	2.988	2.997	2.991	3.007	2.996	3.016	3.008	3.008	3.006	3.006	3.009	3.004	3.015	3.003	3.002	3.005	3.001
Ti	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.000	0.017	0.000	0.000
Al	1.998	1.990	2.004	2.006	2.024	2.007	1.986	2.017	1.987	2.000	2.007	2.007	2.003	1.999	2.002	1.993	2.000	1.987	2.000	2.025
Cr	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	2.158	2.172	2.135	2.129	2.290	2.206	2.160	2.141	2.159	2.162	2.183	2.208	2.189	2.179	2.240	2.162	2.169	2.170	2.207	2.196
Mn	0.021	0.019	0.021	0.036	0.073	0.063	0.039	0.034	0.038	0.042	0.053	0.054	0.053	0.051	0.057	0.045	0.041	0.041	0.061	0.064
Mg	0.475	0.485	0.484	0.481	0.401	0.449	0.518	0.526	0.508	0.496	0.483	0.481	0.480	0.478	0.458	0.492	0.507	0.509	0.456	0.446
Ca	0.332	0.328	0.325	0.342	0.205	0.273	0.287	0.278	0.281	0.284	0.252	0.233	0.260	0.272	0.229	0.272	0.275	0.259	0.264	0.252
Total	7.993	8.000	7.984	8.000	7.991	8.000	7.999	7.995	7.990	7.992	7.988	7.990	7.992	7.990	7.993	7.984	7.997	7.987	7.995	7.986
Alm	0.723	0.723	0.720	0.713	0.771	0.738	0.719	0.719	0.723	0.725	0.735	0.742	0.734	0.731	0.751	0.728	0.725	0.728	0.739	0.742
Py	0.159	0.161	0.163	0.161	0.135	0.150	0.172	0.177	0.170	0.166	0.163	0.162	0.161	0.160	0.153	0.166	0.169	0.171	0.153	0.151
Gr	0.111	0.109	0.110	0.114	0.069	0.091	0.096	0.093	0.094	0.095	0.085	0.078	0.087	0.091	0.077	0.092	0.092	0.087	0.088	0.085
Sps	0.007	0.006	0.007	0.012	0.025	0.021	0.013	0.011	0.013	0.014	0.018	0.018	0.018	0.017	0.019	0.015	0.014	0.014	0.020	0.022

GRANADA – Amostra CP-333

Granada tipo 2, reliquiar com corona de granada

Point	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.13	4.14	4.15	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
SiO₂	38.05	38.34	38.22	38.24	38.11	38.37	38.33	38.32	38.25	38.21	38.35	38.44	38.13	37.73	37.71	38.12	38.12	37.88	37.95	38.12
TiO₂	0.00	0.00	0.02	0.32	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al₂O₃	21.71	21.47	21.66	21.43	21.58	21.80	21.68	21.79	21.67	21.67	21.85	21.85	21.73	21.31	21.49	21.75	21.63	21.41	21.46	21.26
Cr₂O₃	0.01	0.08	0.06	0.08	0.03	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	34.91	33.98	33.54	33.97	34.25	32.93	31.41	30.74	30.71	31.06	32.17	32.41	34.21	35.53	34.83	33.99	33.81	33.94	34.04	33.77
MnO	1.37	1.21	1.16	1.12	1.21	1.96	3.78	4.11	3.74	3.28	2.47	1.77	1.21	1.35	1.37	1.06	1.11	1.26	1.17	1.06
MgO	3.07	3.48	3.63	3.76	3.90	4.30	4.11	4.06	4.09	4.24	4.43	4.42	4.18	2.97	3.12	3.46	3.75	3.41	3.70	3.75
CaO	2.25	2.84	2.87	2.64	2.25	2.07	2.17	2.30	2.23	2.35	2.36	2.29	2.02	2.15	2.51	3.25	3.06	2.82	2.67	2.88
Total	101.37	101.40	101.16	101.56	101.33	101.44	101.51	101.34	100.72	100.84	101.66	101.20	101.49	101.08	101.03	101.65	101.50	100.74	101.01	100.86
Si	3.007	3.019	3.010	3.004	3.003	3.007	3.007	3.007	3.016	3.009	2.998	3.011	2.996	3.003	2.996	2.996	2.998	3.006	3.002	3.016
Ti	0.000	0.000	0.001	0.019	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	2.023	1.993	2.011	1.985	2.004	2.014	2.005	2.016	2.014	2.012	2.014	2.018	2.013	1.999	2.013	2.015	2.005	2.003	2.001	1.983
Cr	0.001	0.005	0.004	0.005	0.002	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	2.307	2.237	2.209	2.232	2.257	2.158	2.061	2.018	2.025	2.046	2.103	2.123	2.248	2.365	2.314	2.234	2.224	2.253	2.252	2.234
Mn	0.092	0.081	0.077	0.075	0.081	0.130	0.251	0.273	0.250	0.219	0.164	0.117	0.081	0.091	0.092	0.071	0.074	0.085	0.078	0.071
Mg	0.362	0.408	0.426	0.440	0.458	0.502	0.481	0.475	0.481	0.498	0.516	0.516	0.489	0.352	0.369	0.405	0.439	0.403	0.436	0.442
Ca	0.191	0.240	0.242	0.222	0.190	0.174	0.182	0.193	0.188	0.198	0.198	0.192	0.170	0.183	0.214	0.274	0.258	0.240	0.226	0.244
Total	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Alm	0.782	0.754	0.748	0.752	0.756	0.728	0.693	0.682	0.688	0.691	0.705	0.720	0.752	0.791	0.774	0.749	0.743	0.756	0.753	0.747
Py	0.123	0.138	0.144	0.148	0.153	0.169	0.162	0.161	0.163	0.168	0.173	0.175	0.164	0.118	0.123	0.136	0.147	0.135	0.146	0.148
Gr	0.065	0.081	0.082	0.075	0.064	0.059	0.061	0.065	0.064	0.067	0.066	0.065	0.057	0.061	0.072	0.092	0.086	0.081	0.076	0.082
Sps	0.031	0.027	0.026	0.025	0.027	0.044	0.084	0.092	0.085	0.074	0.055	0.040	0.027	0.030	0.031	0.024	0.025	0.029	0.026	0.024

GRANADA – Amostra CP-333

Granada tipo 2, reliquiar com corona de granada

Point	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10	5.11	5.12	5.13	5.14	5.15	5.16	5.17	5.18	5.19	5.20	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
SiO₂	37.95	38.17	37.92	38.10	38.15	38.17	38.13	37.92	38.07	38.02	38.44	37.78	37.76	38.05	37.81	37.95	37.89	38.22	38.36	38.11
TiO₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Al₂O₃	21.60	21.52	21.30	21.51	21.72	21.74	21.70	21.60	21.61	21.65	21.33	21.32	21.45	21.58	21.36	21.20	21.45	21.55	21.65	21.86
Cr₂O₃	0.04	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	0.01	0.02	0.04	0.06	0.03	0.00	0.01	0.01
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	34.02	33.90	34.28	33.83	33.47	32.88	32.68	33.81	33.71	34.19	32.77	34.16	34.46	33.61	34.15	34.53	32.93	32.32	32.07	31.50
MnO	1.11	1.08	1.13	1.16	1.21	1.46	1.36	1.23	1.28	1.20	0.86	1.01	1.15	1.00	1.15	1.29	1.41	1.80	2.19	2.53
MgO	3.67	3.69	3.69	3.58	4.37	4.53	4.58	4.29	3.46	3.67	3.87	3.89	3.67	3.92	3.58	3.11	4.22	4.47	4.49	4.62
CaO	2.91	2.79	2.62	2.96	2.09	2.21	2.18	2.14	2.98	2.42	3.65	2.64	2.86	3.06	2.85	2.69	2.40	2.22	2.40	2.19
Total	101.30	101.16	100.96	101.16	101.05	101.03	100.67	101.00	101.13	101.17	100.95	100.82	101.36	101.24	100.94	100.96	100.33	100.58	101.17	100.82
Si	2.993	3.010	3.004	3.007	3.001	3.000	3.004	2.992	3.005	3.001	3.026	2.993	2.980	2.997	2.996	3.013	3.004	3.015	3.009	2.997
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	2.009	2.001	1.989	2.001	2.015	2.014	2.015	2.009	2.011	2.015	1.979	1.991	1.995	2.004	1.996	1.984	2.005	2.004	2.002	2.026
Cr	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.003	0.004	0.002	0.000	0.001	0.001
Fe³⁺	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.020	0.045	0.002	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	2.242	2.236	2.270	2.233	2.202	2.161	2.153	2.225	2.226	2.257	2.157	2.243	2.229	2.212	2.254	2.293	2.184	2.132	2.104	2.072
Mn	0.074	0.072	0.076	0.078	0.081	0.097	0.091	0.082	0.086	0.080	0.057	0.068	0.077	0.067	0.077	0.087	0.095	0.120	0.146	0.169
Mg	0.431	0.434	0.436	0.421	0.512	0.531	0.538	0.504	0.407	0.432	0.454	0.459	0.432	0.460	0.423	0.368	0.499	0.525	0.525	0.541
Ca	0.246	0.236	0.222	0.250	0.176	0.186	0.184	0.181	0.252	0.205	0.308	0.224	0.242	0.258	0.242	0.229	0.204	0.188	0.202	0.185
Total	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.985	7.992	7.984	7.989	7.990
Alm	0.749	0.751	0.756	0.749	0.741	0.726	0.726	0.744	0.749	0.759	0.725	0.749	0.748	0.738	0.752	0.770	0.732	0.719	0.707	0.698
Py	0.144	0.146	0.145	0.141	0.172	0.178	0.181	0.168	0.137	0.145	0.153	0.153	0.145	0.153	0.141	0.124	0.167	0.177	0.176	0.182
Gr	0.082	0.079	0.074	0.084	0.059	0.063	0.062	0.060	0.085	0.069	0.103	0.075	0.081	0.086	0.081	0.077	0.068	0.063	0.068	0.062
Sps	0.025	0.024	0.025	0.026	0.027	0.033	0.031	0.027	0.029	0.027	0.019	0.023	0.026	0.022	0.026	0.029	0.032	0.040	0.049	0.057

GRANADA – Amostra CP-333

Granada tipo 2, reliquiar com corona de granada

Point	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10	6.11	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.10	8.12
SiO₂	38.33	38.00	38.12	37.88	38.12	38.06	37.91	38.04	38.15	38.41	38.18	38.09	37.92	38.10	38.00	38.20	38.22
TiO₂	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Al₂O₃	21.69	21.47	21.26	21.35	21.58	21.52	21.55	21.62	21.44	21.46	21.40	21.59	21.53	21.44	21.41	21.44	21.27
Cr₂O₃	0.02	0.03	0.09	0.05	0.05	0.07	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.03	0.03	0.02	0.04
Fe₂O₃	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
FeO	31.63	34.41	33.72	34.34	33.71	33.97	33.91	33.38	33.63	33.85	34.06	33.76	34.69	34.14	34.50	34.11	33.33
MnO	2.32	1.32	1.11	1.17	1.00	1.04	0.99	0.80	0.92	1.04	1.10	0.90	1.20	1.28	1.29	1.08	1.19
MgO	4.45	3.72	3.64	3.50	3.83	3.80	3.35	3.89	3.81	3.71	3.91	4.18	3.65	3.32	3.41	3.50	3.34
CaO	2.26	2.14	3.07	2.70	2.77	2.77	3.56	3.53	3.16	2.90	2.50	2.29	2.08	2.72	2.42	2.85	3.33
Total	100.71	101.09	101.01	100.99	101.08	101.35	101.29	101.29	101.12	101.39	101.16	100.83	101.07	101.03	101.06	101.20	100.73
Si	3.016	3.005	3.013	3.002	3.005	2.998	2.993	2.992	3.008	3.020	3.011	3.006	3.001	3.015	3.010	3.015	3.026
Ti	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Al	2.012	2.002	1.981	1.995	2.006	1.998	2.006	2.004	1.993	1.989	1.990	2.009	2.009	2.000	1.999	1.995	1.986
Cr	0.001	0.002	0.006	0.003	0.003	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.003
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	2.081	2.276	2.229	2.276	2.223	2.238	2.232	2.185	2.218	2.226	2.247	2.228	2.296	2.259	2.285	2.251	2.207
Mn	0.155	0.088	0.074	0.079	0.067	0.069	0.066	0.053	0.061	0.069	0.073	0.060	0.080	0.086	0.087	0.072	0.080
Mg	0.522	0.438	0.429	0.413	0.450	0.446	0.394	0.456	0.448	0.435	0.460	0.492	0.431	0.392	0.402	0.412	0.394
Ca	0.191	0.181	0.260	0.229	0.234	0.234	0.301	0.297	0.267	0.244	0.211	0.194	0.176	0.231	0.205	0.241	0.283
Total	7.977	7.993	7.993	7.998	7.989	7.994	8.000	8.000	7.995	7.985	7.993	7.989	7.994	7.984	7.990	7.987	7.979
Alm	0.706	0.763	0.745	0.759	0.747	0.749	0.746	0.731	0.741	0.748	0.751	0.749	0.770	0.761	0.767	0.756	0.745
Py	0.177	0.147	0.143	0.138	0.151	0.149	0.132	0.152	0.150	0.146	0.154	0.165	0.144	0.132	0.135	0.138	0.133
Gr	0.065	0.061	0.087	0.076	0.079	0.078	0.101	0.099	0.089	0.082	0.071	0.065	0.059	0.078	0.069	0.081	0.095
Sps	0.053	0.030	0.025	0.026	.023	0.023	0.022	0.018	0.020	0.023	0.024	0.020	0.027	0.029	0.029	0.024	0.027

GRANADA – Amostra CP-333

Granada tipo 2, reliquiar com corona de granada

Point	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.10	7.11	7.12	7.13	7.14	7.15	7.16	7.17	7.18	7.19	7.20
SiO₂	37.99	38.28	38.30	38.13	38.06	37.84	37.83	38.15	37.80	38.03	37.94	38.16	38.25	38.04	37.86	38.32	37.95	38.29	38.15	38.06
TiO₂	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al₂O₃	21.72	21.89	21.54	21.79	21.48	21.57	21.31	21.63	21.57	21.69	21.70	21.68	21.57	21.69	21.43	21.56	21.51	21.48	21.56	21.37
Cr₂O₃	0.04	0.00	0.04	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.03	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	33.92	33.34	33.72	33.46	33.49	33.85	34.04	34.67	34.75	33.91	33.40	33.56	33.87	33.11	33.82	33.62	33.87	33.71	33.20	33.84
MnO	1.04	0.67	0.74	0.81	0.87	0.92	1.00	1.02	0.95	0.86	0.79	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.84	0.80	0.74	1.08
MgO	3.69	4.21	4.05	3.89	3.83	3.75	3.49	3.83	4.03	4.19	4.25	4.33	4.52	4.55	4.59	4.42	3.85	3.93	3.88	3.53
CaO	2.68	3.27	3.17	3.37	3.25	3.16	3.03	2.15	2.08	2.40	2.62	2.43	2.38	2.38	2.40	2.50	3.05	3.15	3.68	3.38
Total	101.08	101.66	101.57	101.45	101.00	101.12	100.71	101.48	101.20	101.11	100.74	100.95	101.38	100.54	100.87	101.17	101.08	101.37	101.24	101.29
Si	2.998	2.993	3.004	2.993	3.003	2.987	3.004	3.003	2.984	2.995	2.994	3.003	3.001	3.001	2.985	3.010	2.995	3.009	3.000	3.003
Ti	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	2.021	2.017	1.992	2.017	1.998	2.007	1.995	2.007	2.007	2.014	2.019	2.012	1.995	2.017	1.992	1.996	2.001	1.990	1.999	1.988
Cr	0.002	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.000	0.007	0.000	0.000	0.003
Fe²⁺	2.239	2.180	2.212	2.197	2.210	2.217	2.261	2.282	2.271	2.234	2.205	2.209	2.223	2.184	2.194	2.208	2.228	2.216	2.184	2.230
Mn	0.070	0.044	0.049	0.054	0.058	0.062	0.067	0.068	0.064	0.057	0.053	0.051	0.050	0.050	0.049	0.049	0.056	0.053	0.049	0.072
Mg	0.434	0.491	0.473	0.455	0.450	0.441	0.413	0.449	0.474	0.492	0.500	0.508	0.529	0.535	0.539	0.517	0.453	0.460	0.455	0.415
Ca	0.227	0.274	0.266	0.283	0.275	0.267	0.258	0.181	0.176	0.203	0.222	0.205	0.200	0.201	0.203	0.210	0.258	0.265	0.310	0.286
Total	7.990	7.999	7.999	7.999	7.997	8.000	7.998	7.993	8.000	7.997	7.995	7.990	8.000	7.990	8.000	7.992	8.000	7.995	7.999	8.000
Alm	0.754	0.729	0.737	0.735	0.738	0.742	0.754	0.766	0.761	0.748	0.740	0.743	0.741	0.735	0.735	0.740	0.744	0.740	0.728	0.743
Py	0.146	0.164	0.158	0.152	0.150	0.148	0.138	0.151	0.159	0.165	0.168	0.171	0.176	0.180	0.181	0.173	0.151	0.154	0.152	0.138
Gr	0.076	0.092	0.089	0.095	0.092	0.089	0.086	0.061	0.059	0.068	0.074	0.069	0.067	0.068	0.068	0.070	0.086	0.089	0.103	0.095
Sps	0.024	0.015	0.016	0.018	0.019	0.021	0.022	0.023	0.021	0.019	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.016	0.019	0.018	0.016	0.024

GRANADA – Amostra CP-333

Granada tipo 3, posterior

Point	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	9.10	9.11	9.12	9.13	9.14	9.15	9.16	9.17	9.18	9.19	9.20
SiO₂	37.47	38.17	38.13	37.90	38.01	38.19	38.13	38.26	38.01	38.03	38.21	37.89	38.18	40.77	37.32	38.26	38.04	38.11	38.28	38.57
TiO₂	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Al₂O₃	21.51	21.69	21.79	21.67	21.40	21.52	21.43	21.81	21.48	21.67	21.67	21.58	21.54	20.62	21.03	21.60	21.46	21.65	21.64	21.79
Cr₂O₃	0.03	0.01	0.08	0.08	0.05	0.10	0.06	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.03	0.04	0.09	0.04	0.03	0.00
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	34.73	33.54	33.24	33.03	33.37	33.29	33.12	33.92	33.83	34.01	33.83	33.99	33.83	32.01	33.54	33.55	33.63	33.12	32.64	34.54
MnO	1.24	0.70	0.66	0.72	0.75	0.79	0.79	0.83	0.88	0.89	0.87	0.85	0.90	0.83	0.81	0.77	0.65	0.63	0.65	1.15
MgO	3.41	4.30	4.28	4.27	4.16	4.23	4.11	3.89	3.97	4.03	4.26	4.14	4.19	3.92	4.11	4.32	4.20	4.45	4.28	3.54
CaO	2.33	2.91	3.15	3.13	2.98	2.91	3.17	2.78	2.57	2.51	2.36	2.62	2.36	2.74	2.82	2.71	3.04	3.03	3.67	2.37
Total	100.72	101.32	101.33	100.82	100.72	101.04	100.82	101.57	100.76	101.16	101.22	101.09	101.01	100.89	99.66	101.25	101.11	101.03	101.20	101.96
Si	2.982	2.996	2.991	2.988	3.004	3.005	3.008	3.000	3.006	2.996	3.003	2.987	3.008	3.172	2.985	3.004	2.995	2.996	3.002	3.018
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Al	2.018	2.007	2.015	2.014	1.994	1.996	1.993	2.016	2.003	2.013	2.008	2.006	2.001	1.891	1.983	2.000	1.992	2.006	2.000	2.010
Cr	0.002	0.001	0.005	0.005	0.003	0.006	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002	0.006	0.002	0.002	0.000
Fe³⁺	0.016	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.045	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	2.295	2.202	2.180	2.175	2.205	2.191	2.185	2.224	2.238	2.241	2.224	2.223	2.229	2.083	2.199	2.203	2.202	2.177	2.140	2.260
Mn	0.084	0.047	0.044	0.048	0.050	0.053	0.053	0.055	0.059	0.059	0.058	0.057	0.060	0.055	0.055	0.051	0.043	0.042	0.043	0.076
Mg	0.404	0.503	0.500	0.502	0.490	0.496	0.483	0.455	0.468	0.473	0.499	0.486	0.492	0.454	0.490	0.506	0.493	0.521	0.500	0.413
Ca	0.199	0.245	0.265	0.264	0.252	0.245	0.268	0.234	0.218	0.212	0.199	0.221	0.199	0.228	0.242	0.228	0.256	0.255	0.308	0.199
Total	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Alm	0.770	0.735	0.729	0.728	0.736	0.734	0.731	0.749	0.750	0.751	0.746	0.744	0.748	0.739	0.736	0.737	0.735	0.727	0.715	0.767
Py	0.135	0.168	0.167	0.168	0.163	0.166	0.162	0.153	0.157	0.158	0.167	0.163	0.165	0.161	0.164	0.169	0.165	0.174	0.167	0.140
Gr	0.067	0.082	0.089	0.088	0.084	0.082	0.090	0.079	0.073	0.071	0.067	0.074	0.067	0.081	0.081	0.076	0.086	0.085	0.103	0.068
Sps	0.028	0.016	0.015	0.016	0.017	0.018	0.018	0.019	0.020	0.020	0.019	0.019	0.020	0.020	0.018	0.017	0.014	0.014	0.014	0.026

GRANADA – Amostra CP-333

Granada tipo 3, posterior

Point	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	11.10	11.11	11.12	11.13	11.14	11.15
SiO₂	38.21	38.13	38.15	38.43	38.15	38.38	38.12	37.66	38.08	38.12	38.64	38.21	38.37	38.21	38.10	38.24	38.22	38.15	38.13	38.13	37.92	37.92	37.75
TiO₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.10	0.01	0.02	0.03	0.02
Al₂O₃	21.56	21.70	21.60	21.70	21.40	21.76	21.40	21.40	21.59	21.69	21.66	21.52	21.54	21.54	21.28	21.56	21.48	21.50	21.45	21.57	21.44	21.65	21.44
Cr₂O₃	0.03	0.02	0.03	0.00	0.03	0.05	0.04	0.09	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.05	0.02	0.05	0.03	0.01	0.00	0.03	0.07	0.07
Fe₂O₃	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	33.83	33.59	33.11	32.78	33.36	33.21	33.27	34.23	34.17	32.67	32.39	32.64	32.75	33.16	33.45	33.50	33.13	33.55	33.26	33.21	33.80	33.36	33.83
MnO	1.15	0.93	0.77	0.79	0.82	0.84	0.89	1.19	1.13	0.62	0.52	0.55	0.58	0.64	0.74	0.75	0.71	0.73	0.72	0.78	0.87	0.90	1.18
MgO	3.51	3.86	3.98	3.95	4.02	4.05	3.98	3.43	3.46	4.07	4.20	4.24	4.17	4.12	4.04	4.03	3.99	3.99	4.03	4.04	3.96	3.87	3.38
CaO	2.90	2.87	3.24	3.34	3.17	3.35	3.07	2.69	2.84	4.03	3.75	3.45	3.39	3.34	3.19	3.37	3.45	3.20	3.35	3.11	3.00	3.11	3.09
Total	101.2	101.1	100.9	100.9	100.9	101.7	100.8	100.7	101.3	101.2	101.2	100.6	100.9	101.0	100.9	101.5	101.0	101.2	101.1	100.9	101.0	100.9	100.8
Si	3.013	3.003	3.006	3.018	3.009	3.002	3.011	2.995	3.004	2.992	3.023	3.011	3.017	3.006	3.009	3.001	3.009	3.004	3.003	3.006	2.993	2.993	2.997
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.006	0.001	0.001	0.002	0.001
Al	2.004	2.015	2.007	2.009	1.990	2.006	1.993	2.006	2.008	2.007	1.998	1.999	1.996	1.998	1.981	1.995	1.993	1.996	1.991	2.005	1.995	2.015	2.006
Cr	0.002	0.001	0.002	0.000	0.002	0.003	0.002	0.006	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.003	0.002	0.001	0.000	0.002	0.004	0.004
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000
Fe²⁺	2.231	2.212	2.182	2.153	2.200	2.172	2.198	2.276	2.254	2.135	2.119	2.151	2.153	2.182	2.209	2.197	2.181	2.209	2.191	2.190	2.216	2.202	2.246
Mn	0.077	0.062	0.051	0.053	0.055	0.056	0.060	0.080	0.076	0.041	0.034	0.037	0.039	0.043	0.050	0.050	0.047	0.049	0.048	0.052	0.058	0.060	0.079
Mg	0.412	0.453	0.467	0.462	0.472	0.472	0.468	0.406	0.407	0.476	0.490	0.498	0.489	0.483	0.476	0.471	0.468	0.468	0.473	0.475	0.466	0.455	0.400
Ca	0.245	0.242	0.274	0.281	0.268	0.281	0.260	0.229	0.240	0.339	0.314	0.291	0.286	0.282	0.270	0.283	0.291	0.270	0.283	0.263	0.254	0.263	0.263
Total	7.984	7.989	7.989	7.977	7.996	7.993	7.992	7.999	7.991	8.000	7.978	7.989	7.983	7.994	7.998	8.000	7.993	7.998	7.995	7.991	8.000	7.995	7.997
Alm	0.752	0.745	0.734	0.730	0.735	0.729	0.736	0.761	0.757	0.714	0.717	0.723	0.726	0.730	0.735	0.732	0.730	0.737	0.732	0.735	0.740	0.739	0.752
Py	0.139	0.153	0.157	0.157	0.158	0.158	0.157	0.136	0.137	0.159	0.166	0.167	0.165	0.162	0.158	0.157	0.157	0.156	0.158	0.159	0.156	0.153	0.134
Gr	0.083	0.082	0.092	0.095	0.089	0.094	0.087	0.077	0.081	0.113	0.106	0.098	0.096	0.094	0.090	0.094	0.097	0.090	0.094	0.088	0.085	0.088	0.088
Sps	0.026	0.021	0.017	0.018	0.018	0.019	0.020	0.027	0.026	0.014	0.011	0.012	0.013	0.014	0.017	0.017	0.016	0.016	0.016	0.017	0.019	0.020	0.026

GRANADA – amostra CP-60

Point	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
SiO₂	37.79	37.80	37.73	37.82	37.75	37.90	38.06	37.52	38.03	37.73	37.55	37.84	37.42	37.94	37.59	37.73	37.84	38.07	37.78	37.47	37.97	37.92
TiO₂	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.05	0.02	0.06	0.36	0.02	0.00	0.00	0.04	0.01	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.10
Al₂O₃	21.68	21.96	21.85	21.93	21.73	21.85	21.79	21.66	21.86	21.81	21.93	21.79	21.67	21.68	21.77	21.71	21.75	21.83	21.86	21.88	22.02	21.95
Cr₂O₃	0.04	0.06	0.03	0.04	0.00	0.04	0.04	0.03	0.05	0.03	0.05	0.02	0.01	0.04	0.01	0.03	0.02	0.06	0.01	0.02	0.02	0.02
Fe₂O₃	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	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	33.25	33.99	34.07	34.37	33.54	33.72	34.06	34.10	33.89	33.71	33.30	33.69	33.17	33.35	33.39	33.38	33.65	33.47	34.49	33.78	33.79	33.90
MnO	0.30	0.36	0.37	0.38	0.38	0.34	0.37	0.36	0.38	0.33	0.36	0.36	0.33	0.35	0.37	0.38	0.36	0.36	0.32	0.32	0.34	0.34
MgO	3.68	5.38	5.41	5.44	4.96	5.09	5.39	5.42	5.44	5.55	5.30	5.37	5.41	5.50	5.74	5.60	5.64	5.31	5.43	5.27	5.18	5.01
CaO	2.14	1.37	0.99	1.18	1.92	1.54	1.16	1.11	1.24	1.09	1.61	1.24	1.47	1.16	1.09	1.09	1.10	1.54	1.36	1.49	1.52	1.62
Total	98.89	100.93	100.46	101.16	100.30	100.48	100.88	100.24	100.91	100.31	100.47	100.34	99.48	100.03	100.00	99.93	100.40	100.70	101.25	100.23	100.84	100.86
Si	3.047	2.966	2.976	2.962	2.984	2.990	2.989	2.966	2.984	2.976	2.960	2.986	2.975	3.000	2.970	2.986	2.981	2.993	2.957	2.961	2.983	2.982
Ti	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.003	0.001	0.003	0.021	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.006
Al	2.060	2.031	2.031	2.024	2.025	2.031	2.017	2.018	2.022	2.028	2.037	2.027	2.030	2.021	2.027	2.025	2.019	2.023	2.016	2.038	2.039	2.035
Cr	0.003	0.004	0.002	0.002	0.000	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.001	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001
Fe³⁺	0.000	0.032	0.015	0.048	0.005	0.000	0.002	0.042	0.005	0.011	0.000	0.000	0.019	0.000	0.027	0.001	0.012	0.000	0.069	0.039	0.000	0.000
Fe²⁺	2.242	2.199	2.232	2.204	2.213	2.225	2.236	2.212	2.219	2.212	2.195	2.223	2.186	2.206	2.180	2.208	2.204	2.201	2.188	2.193	2.220	2.230
Mn	0.020	0.024	0.025	0.025	0.025	0.023	0.025	0.024	0.025	0.022	0.024	0.024	0.022	0.023	0.025	0.026	0.024	0.024	0.021	0.021	0.022	0.022
Mg	0.442	0.629	0.636	0.635	0.585	0.599	0.631	0.639	0.636	0.653	0.623	0.632	0.641	0.648	0.676	0.661	0.662	0.622	0.634	0.621	0.607	0.587
Ca	0.185	0.115	0.083	0.099	0.163	0.130	0.098	0.094	0.104	0.092	0.136	0.105	0.125	0.099	0.092	0.092	0.093	0.130	0.114	0.126	0.128	0.137
Total	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Alm	0.776	0.741	0.750	0.744	0.741	0.747	0.748	0.745	0.743	0.743	0.737	0.745	0.735	0.741	0.733	0.739	0.739	0.739	0.740	0.741	0.746	0.749
Py	0.153	0.212	0.214	0.214	0.196	0.201	0.211	0.215	0.213	0.219	0.209	0.212	0.216	0.218	0.227	0.221	0.222	0.209	0.214	0.210	0.204	0.197
Gr	0.064	0.039	0.028	0.033	0.054	0.044	0.033	0.032	0.035	0.031	0.046	0.035	0.042	0.033	0.031	0.031	0.031	0.044	0.039	0.043	0.043	0.046
Sps	0.007	0.008	0.008	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008	0.009	0.007	0.008	0.008	0.007	0.008	0.008	0.009	0.008	0.008	0.007	0.007	0.008	0.008

GRANADA – amostra CP-65A

Point	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3
SiO₂	37.80	37.78	37.26	37.63	37.46	37.68	37.99	37.58	37.84	37.68	37.69	37.42	37.52	37.44	37.89	37.79	37.30	37.63	37.89	37.64	37.59
TiO₂	0.08	0.08	0.10	0.06	0.10	0.12	0.10	0.06	0.08	0.10	0.07	0.09	0.11	0.12	0.01	0.09	0.12	0.07	0.03	0.10	0.12
Al₂O₃	20.66	20.67	20.55	20.85	20.69	20.39	20.45	20.70	20.41	20.56	20.40	20.52	20.41	20.42	20.61	20.59	20.51	20.65	20.54	20.52	20.53
Cr₂O₃	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.03
Fe₂O₃	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	0.00	0.00	0.00
FeO	23.32	22.72	22.23	22.17	22.32	22.12	22.23	24.06	21.89	22.13	23.94	22.24	21.47	21.91	22.77	23.53	21.61	22.44	23.57	22.04	21.91
MnO	3.42	4.30	4.95	4.99	4.90	5.14	3.83	3.52	4.99	4.93	3.08	4.48	5.58	4.94	4.70	3.66	5.37	4.98	3.41	5.30	6.12
MgO	0.90	0.73	0.68	0.66	0.72	0.69	0.78	0.93	0.67	0.67	0.97	0.67	0.62	0.72	0.72	0.93	0.69	0.68	0.87	0.66	0.60
CaO	14.11	14.05	13.80	14.17	13.79	13.91	14.49	13.78	14.13	14.05	13.75	14.08	14.10	14.16	13.86	13.74	14.10	14.00	14.12	13.88	13.33
Total	100.28	100.34	99.57	100.54	99.99	100.07	99.87	100.63	100.01	100.12	99.94	99.51	99.82	99.72	100.57	100.35	99.71	100.49	100.43	100.15	100.23
Si	2.992	2.993	2.977	2.975	2.979	2.997	3.019	2.968	3.008	2.993	2.997	2.989	2.990	2.985	2.997	2.993	2.974	2.979	2.997	2.991	2.990
Ti	0.005	0.005	0.006	0.003	0.006	0.007	0.006	0.004	0.005	0.006	0.004	0.005	0.007	0.007	0.001	0.006	0.007	0.004	0.002	0.006	0.007
Al	1.928	1.930	1.935	1.943	1.939	1.911	1.915	1.927	1.912	1.925	1.912	1.932	1.917	1.918	1.921	1.922	1.927	1.927	1.915	1.922	1.925
Cr	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.002
Fe³⁺	0.079	0.074	0.099	0.099	0.090	0.080	0.036	0.129	0.061	0.078	0.085	0.079	0.089	0.097	0.083	0.081	0.110	0.104	0.089	0.084	0.080
Fe²⁺	1.465	1.431	1.386	1.367	1.394	1.391	1.441	1.460	1.395	1.392	1.507	1.406	1.342	1.363	1.424	1.478	1.331	1.381	1.470	1.381	1.378
Mn	0.229	0.289	0.335	0.334	0.330	0.346	0.258	0.236	0.336	0.332	0.207	0.303	0.377	0.334	0.315	0.245	0.363	0.334	0.228	0.357	0.412
Mg	0.106	0.086	0.080	0.078	0.085	0.081	0.092	0.110	0.079	0.079	0.115	0.080	0.074	0.086	0.085	0.109	0.082	0.080	0.103	0.078	0.071
Ca	1.197	1.192	1.181	1.200	1.175	1.185	1.234	1.166	1.204	1.196	1.171	1.205	1.204	1.209	1.175	1.166	1.205	1.188	1.197	1.182	1.136
Total	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Alm	0.489	0.477	0.465	0.459	0.467	0.463	0.476	0.491	0.463	0.464	0.502	0.469	0.447	0.456	0.475	0.493	0.446	0.463	0.490	0.461	0.459
Py	0.035	0.029	0.027	0.026	0.029	0.027	0.031	0.037	0.026	0.026	0.0384	0.027	0.025	0.029	0.028	0.036	0.028	0.027	0.034	0.026	0.024
Gr	0.399	0.399	0.396	0.403	0.394	0.395	0.408	0.392	0.399	0.399	0.3903	0.402	0.402	0.404	0.392	0.389	0.404	0.398	0.399	0.394	0.379
Sps	0.076	0.096	0.112	0.112	0.111	0.115	0.085	0.079	0.112	0.111	0.0691	0.101	0.126	0.112	0.105	0.082	0.122	0.112	0.076	0.119	0.138

GRANADA

Point	amostra CP-65A				amostra CP-65B																	
	6.1	6.2	6.3	6.4	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.2	2.3	2.4	2.6	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	3.8
SiO₂	37.85	37.62	37.85	37.53	37.53	37.58	37.61	37.68	37.70	37.65	37.79	37.57	37.68	37.86	37.82	37.67	37.78	37.86	37.91	37.54	37.60	37.53
TiO₂	0.03	0.04	0.04	0.08	0.08	0.07	0.11	0.16	0.12	0.13	0.11	0.14	0.07	0.12	0.10	0.10	0.12	0.18	0.13	0.17	0.16	0.08
Al₂O₃	20.75	20.90	20.79	20.71	20.72	20.56	20.72	20.52	20.43	20.44	20.53	20.47	20.49	20.69	20.60	20.50	20.54	20.37	20.66	20.27	20.37	20.43
Cr₂O₃	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01
Fe₂O₃	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	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	23.98	22.01	22.16	21.99	24.62	23.47	23.70	22.43	22.55	22.69	22.32	22.55	23.31	22.27	22.28	22.54	23.13	22.36	22.15	21.93	22.42	23.68
MnO	3.44	6.55	5.47	5.96	3.09	3.83	3.96	4.14	4.57	4.32	4.39	4.37	3.85	4.89	4.84	4.76	4.07	4.56	4.74	4.90	4.55	3.70
MgO	0.98	0.69	0.69	0.80	0.99	0.80	0.81	0.76	0.71	0.74	0.64	0.71	0.84	0.67	0.63	0.68	0.72	0.60	0.63	0.62	0.61	0.79
CaO	13.68	12.74	13.54	12.74	13.46	14.02	14.05	14.31	14.46	14.48	14.46	14.04	13.90	14.45	14.44	14.52	14.23	14.68	14.57	14.69	14.53	14.19
Total	100.7	100.5	100.5	99.8	100.5	100.3	100.9	100.0	100.6	100.5	100.3	99.9	100.2	100.9	100.7	100.8	100.6	100.6	100.8	100.1	100.3	100.4
Si	2.986	2.983	2.996	2.994	2.969	2.978	2.963	2.992	2.982	2.980	2.996	2.991	2.991	2.981	2.986	2.973	2.987	2.993	2.989	2.982	2.984	2.973
Ti	0.002	0.002	0.002	0.005	0.005	0.004	0.006	0.010	0.007	0.008	0.007	0.008	0.004	0.007	0.006	0.006	0.007	0.011	0.007	0.010	0.009	0.005
Al	1.929	1.953	1.939	1.947	1.932	1.920	1.924	1.921	1.904	1.907	1.918	1.921	1.917	1.920	1.917	1.907	1.914	1.898	1.920	1.898	1.905	1.907
Cr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000
Fe³⁺	0.095	0.078	0.064	0.055	0.120	0.115	0.138	0.074	0.118	0.119	0.076	0.079	0.092	0.103	0.098	0.135	0.098	0.095	0.086	0.118	0.108	0.138
Fe²⁺	1.487	1.382	1.402	1.412	1.509	1.440	1.424	1.416	1.374	1.383	1.403	1.422	1.455	1.364	1.373	1.353	1.431	1.384	1.375	1.339	1.380	1.431
Mn	0.230	0.440	0.367	0.403	0.207	0.257	0.264	0.278	0.306	0.290	0.295	0.295	0.259	0.326	0.324	0.318	0.273	0.305	0.317	0.330	0.306	0.248
Mg	0.115	0.081	0.081	0.095	0.117	0.095	0.095	0.090	0.084	0.087	0.076	0.085	0.099	0.079	0.074	0.080	0.085	0.071	0.074	0.073	0.072	0.094
Ca	1.156	1.082	1.148	1.089	1.141	1.190	1.186	1.218	1.225	1.228	1.228	1.198	1.182	1.219	1.222	1.228	1.205	1.243	1.231	1.250	1.235	1.204
Total	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Alm	0.498	0.463	0.469	0.471	0.507	0.483	0.479	0.472	0.459	0.463	0.467	0.474	0.486	0.456	0.459	0.454	0.478	0.461	0.459	0.447	0.461	0.481
Py	0.038	0.027	0.027	0.032	0.039	0.032	0.032	0.030	0.028	0.029	0.025	0.028	0.033	0.026	0.025	0.0268	0.028	0.024	0.025	0.0244	0.024	0.031
Gr	0.387	0.363	0.383	0.363	0.384	0.399	0.399	0.405	0.409	0.411	0.409	0.399	0.394	0.408	0.408	0.412	0.403	0.414	0.411	0.418	0.413	0.404
Sps	0.077	0.147	0.122	0.134	0.069	0.086	0.089	0.093	0.102	0.097	0.098	0.098	0.086	0.109	0.1081	0.107	0.091	0.101	0.106	0.110	0.102	0.083

GRANADA – amostra CP-49C

Ponto	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
SiO₂	37.46	37.48	37.83	37.63	37.72	37.52	37.27	37.54	36.99	37.48	37.86	37.38	37.74	37.57	37.38	37.62
TiO₂	0.07	0.04	0.01	0.04	0.03	0.01	0.03	0.04	0.07	0.03	0.03	0.06	0.05	0.07	0.04	0.03
Al₂O₃	21.28	21.42	21.27	21.05	21.33	21.12	21.34	21.12	21.11	21.32	21.29	21.32	21.27	21.43	21.17	21.13
Cr₂O₃	0	0	0	0.01	0	0	0	0.02	0	0	0.01	0	0	0	0	0.01
Fe₂O₃	1.28	0.65	0	0.63	0.27	0.45	0.5	1.03	1.79	1.03	0.6	0.79	0.53	0.2	1.18	0.47
FeO	26.19	28.02	28.63	29.68	27.73	28.75	29.23	29.4	27.85	26.45	26.81	25.98	27.38	27.88	28.32	26.88
MnO	1.1	1.27	1.33	1.56	1.49	1.54	1.39	1.32	1.22	1.16	1.22	1.12	1	0.99	1.42	1.36
MgO	1.99	2.44	2.52	2.68	2.38	2.43	2.27	2.04	2.1	2	2.37	2.28	1.97	2.4	2.88	2.55
CaO	10.92	8.73	8.19	6.98	9.08	7.98	7.72	8.16	8.94	10.64	10.14	10.58	10.34	9.22	7.67	9.51
Total	100.29	100.06	99.78	100.27	100.02	99.8	99.75	100.68	100.07	100.12	100.34	99.51	100.28	99.76	100.05	99.56
Si	2.965	2.976	3.008	2.993	2.993	2.993	2.979	2.98	2.95	2.971	2.99	2.974	2.989	2.986	2.971	2.993
Ti	0.004	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002	0.004	0.003	0.004	0.002	0.002
Al	1.986	2.005	1.994	1.974	1.995	1.986	2.011	1.976	1.985	1.9925	1.982	2	1.986	2.008	1.984	1.982
Cr	0	0	0	0.001	0	0	0	0.001	0	0	0.001	0	0	0	0	0
Fe³⁺	0.075	0.038	0	0.038	0.015	0.026	0.029	0.061	0.107	0.061	0.036	0.046	0.031	0.011	0.07	0.028
Fe²⁺	1.735	1.862	1.904	1.974	1.841	1.919	1.955	1.952	1.858	1.754	1.77	1.73	1.815	1.854	1.883	1.789
Mn	0.074	0.085	0.09	0.105	0.1	0.104	0.094	0.089	0.082	0.078	0.082	0.075	0.067	0.067	0.096	0.092
Mg	0.235	0.289	0.299	0.318	0.281	0.289	0.27	0.241	0.25	0.236	0.279	0.27	0.233	0.284	0.341	0.302
Ca	0.926	0.743	0.698	0.595	0.772	0.682	0.661	0.694	0.764	0.904	0.858	0.902	0.877	0.785	0.653	0.811
Total	8.00	8.00	7.99	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Alm	0.5842	0.625	0.6366	0.6598	0.6149	0.6409	0.656	0.6559	0.629	0.5902	0.5922	0.5811	0.6066	0.6201	0.6334	0.5975
Py	0.0791	0.097	0.1	0.1063	0.0939	0.0965	0.0906	0.081	0.0846	0.0794	0.0933	0.0907	0.0779	0.095	0.1147	0.1009
Gr	0.3118	0.2494	0.2334	0.1989	0.2578	0.2278	0.2218	0.2332	0.2586	0.3042	0.2871	0.303	0.2931	0.2625	0.2196	0.2709
Sps	0.0249	0.0285	0.0301	0.0351	0.0334	0.0347	0.0315	0.0299	0.0278	0.0262	0.0274	0.0252	0.0224	0.0224	0.0323	0.0307

GRANADA – amostra CP-49C (continuação)

Ponto	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
SiO₂	37.82	38	37.85	37.43	37.3	37.72	38.22	38.1	37.55	37.81	37.97	38.18	38.09	38.06	38	37.71
TiO₂	0.03	0.06	0.02	0.04	0.02	0.09	0.02	0.04	0.03	0	0	0.02	0.04	0.03	0.08	0.01
Al₂O₃	21.17	21.31	21.24	21.34	21.28	20.95	21.49	21.57	21.91	21.84	21.54	21.71	21.45	21.68	21.51	21.6
Cr₂O₃	0	0.01	0.02	0	0	0.02	0	0	0	0.01	0	0.02	0.02	0.01	0	0
Fe₂O₃	0.4	0.16	0	1.55	0.98	0.35	0.08	0.19	0.57	0.55	0.7	0.15	0	0	0.52	1.18
FeO	26.92	26.89	26.23	26.13	26.33	28.05	24.91	25.26	26.47	25.35	23.73	26.2	25.57	25.96	26	26.28
MnO	1.41	1.13	1.27	1.12	1.52	1.59	0.96	1.08	1.22	1.09	1.02	0.93	1.02	0.85	0.89	1.19
MgO	2.31	2.12	2.29	2.09	2.47	2.52	2.87	2.99	3.3	2.99	2.72	3.05	2.83	2.74	2.88	3
CaO	9.97	10.63	10.46	10.76	9.63	8.54	11.48	10.85	8.84	10.45	12.31	10.15	10.7	10.7	10.51	9.57
Total	100.04	100.32	99.41	100.45	99.53	99.84	100.03	100.08	99.88	100.09	99.99	100.42	99.74	100.04	100.39	100.54
Si	2.997	3.001	3.008	2.958	2.971	3.002	3.002	2.993	2.963	2.972	2.983	2.992	3.004	2.995	2.984	2.964
Ti	0.002	0.003	0.001	0.002	0.001	0.005	0.001	0.002	0.002	0	0	0.001	0.002	0.002	0.005	0.001
Al	1.978	1.984	1.99	1.988	1.998	1.966	1.99	1.998	2.038	2.024	1.995	2.006	1.995	2.011	1.992	2.002
Cr	0	0.001	0.001	0	0	0.001	0	0	0	0.001	0	0.001	0.001	0.001	0	0
Fe³⁺	0.024	0.009	0	0.091	0.058	0.021	0.004	0.01	0.033	0.032	0.04	0.009	0	0	0.03	0.069
Fe²⁺	1.784	1.776	1.744	1.728	1.754	1.867	1.637	1.66	1.747	1.666	1.56	1.717	1.687	1.708	1.709	1.728
Mn	0.095	0.076	0.086	0.075	0.103	0.107	0.064	0.072	0.082	0.073	0.068	0.062	0.068	0.057	0.059	0.079
Mg	0.273	0.249	0.271	0.246	0.293	0.299	0.336	0.35	0.388	0.35	0.318	0.356	0.333	0.321	0.337	0.351
Ca	0.847	0.899	0.891	0.911	0.822	0.728	0.966	0.913	0.747	0.88	1.036	0.852	0.904	0.902	0.884	0.806
Total	8.00	8.00	7.99	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.99	8.00	8.00	8.00
Alm	0.5949	0.592	0.5829	0.5838	0.5902	0.6221	0.5451	0.5543	0.5894	0.5611	0.5231	0.5748	0.5638	0.5716	0.5718	0.583
Py	0.091	0.083	0.0906	0.0831	0.0986	0.0996	0.1119	0.1169	0.1309	0.1179	0.1066	0.1192	0.1113	0.1074	0.1127	0.1184
Gr	0.2824	0.2997	0.2978	0.3078	0.2766	0.2426	0.3217	0.3048	0.252	0.2964	0.3474	0.2852	0.3021	0.3019	0.2958	0.2719
Sps	0.0317	0.0253	0.0287	0.0253	0.0347	0.0357	0.0213	0.024	0.0277	0.0246	0.0228	0.0208	0.0227	0.0191	0.0197	0.0267

ORTOPIROXÊNIO – amostra DCF-22

Ponto	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
SiO₂	57.40	57.81	57.87	57.26	57.73	57.43	57.39	57.84	57.89	57.79	57.41	57.71	57.74	57.50	57.53	57.49	56.62	58.01	57.62	57.25
TiO₂	0.01	0.03	0.02	0.04	0.04	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.07	0.00	0.01	0.01	0.03
Al₂O₃	0.11	0.08	0.05	0.14	0.10	0.17	0.17	0.10	0.03	0.05	0.09	0.10	0.10	0.10	0.14	0.09	0.07	0.07	0.09	0.15
Cr₂O₃	0.00	0.04	0.03	0.05	0.09	0.08	0.08	0.02	0.00	0.00	0.05	0.06	0.02	0.07	0.00	0.03	0.07	0.04	0.07	0.02
Fe₂O₃	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	0.00	0.00
FeO	6.13	6.06	6.08	7.07	6.29	6.51	6.76	6.24	6.13	6.29	6.66	6.22	6.31	6.19	7.36	6.64	6.68	5.97	6.32	6.97
MnO	0.17	0.14	0.16	0.19	0.14	0.13	0.17	0.16	0.16	0.15	0.17	0.13	0.17	0.17	0.18	0.15	0.15	0.14	0.15	0.16
MgO	34.76	35.13	35.18	34.42	35.01	34.88	34.81	35.08	34.86	34.82	34.39	34.73	34.87	34.85	34.03	34.68	34.05	35.19	34.83	34.22
CaO	0.08	0.06	0.08	0.11	0.13	0.09	0.10	0.07	0.07	0.06	0.07	0.11	0.07	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.12
Na₂O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Total	98.66	99.35	99.47	99.27	99.52	99.29	99.48	99.53	99.18	99.17	98.85	99.09	99.30	98.94	99.33	99.22	97.74	99.50	99.17	98.93
Si	2.002	2.001	2.000	1.992	1.997	1.992	1.988	1.999	2.009	2.006	2.003	2.006	2.002	2.000	2.004	1.997	1.998	2.004	2.001	1.999
Ti	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001
Al	0.004	0.003	0.002	0.006	0.004	0.007	0.007	0.004	0.001	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.006	0.003	0.003	0.003	0.004	0.006
Cr	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.008	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	0.179	0.175	0.176	0.198	0.182	0.180	0.182	0.180	0.178	0.183	0.194	0.181	0.183	0.180	0.214	0.193	0.197	0.172	0.184	0.203
Mn	0.005	0.004	0.005	0.006	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005
Mg	1.807	1.812	1.813	1.785	1.805	1.803	1.798	1.808	1.803	1.802	1.789	1.799	1.802	1.807	1.767	1.796	1.791	1.812	1.803	1.781
Ca	0.003	0.002	0.003	0.004	0.005	0.003	0.004	0.003	0.003	0.002	0.003	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
XMg	0.910	0.912	0.912	0.900	0.908	0.909	0.908	0.909	0.910	0.908	0.902	0.909	0.908	0.909	0.892	0.903	0.901	0.913	0.908	0.897

CLINOPIROXÊNIO – amostra CP-49C

Ponto	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	5.1	5.2	5.3
SiO₂	51.20	52.33	51.90	49.59	52.11	50.84	49.80	52.01	49.92	51.06	52.02	52.41	52.40	52.37	52.07	52.14
TiO₂	0.28	0.09	0.22	0.37	0.10	0.39	0.48	0.10	0.37	0.23	0.12	0.09	0.09	0.07	0.06	0.10
Al₂O₃	2.33	1.03	1.76	4.20	0.86	3.71	3.96	1.02	3.96	2.37	1.52	1.09	1.29	1.04	1.13	1.21
Cr₂O₃	0.02	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.06	0.00	0.00	0.02	0.03	0.11
Fe₂O₃	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
FeO	13.00	12.37	12.78	14.68	11.84	16.93	14.31	12.04	14.53	13.06	12.13	12.27	12.58	11.86	12.17	12.78
MnO	0.14	0.16	0.13	0.12	0.17	0.12	0.12	0.18	0.12	0.15	0.15	0.13	0.16	0.18	0.14	0.15
MgO	10.96	10.94	10.83	10.61	11.13	12.35	10.56	11.19	10.83	10.94	11.10	11.14	10.67	11.14	11.08	10.55
CaO	21.18	23.01	21.71	17.81	23.25	12.10	18.20	22.85	18.10	20.94	22.21	22.83	22.01	22.79	22.63	22.01
Na₂O	0.50	0.50	0.50	0.69	0.39	0.56	0.69	0.44	0.68	0.55	0.43	0.66	0.93	0.58	0.67	1.01
Total	99.60	100.47	99.85	98.08	99.85	96.99	98.15	99.82	98.53	99.32	99.73	100.62	100.13	100.05	99.97	100.06
Si	1.948	1.974	1.971	1.918	1.976	1.989	1.925	1.972	1.920	1.947	1.974	1.969	1.979	1.978	1.968	1.971
Ti	0.008	0.003	0.006	0.011	0.003	0.012	0.014	0.003	0.011	0.007	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003
Al	0.104	0.046	0.079	0.191	0.038	0.171	0.180	0.045	0.180	0.107	0.068	0.048	0.058	0.046	0.050	0.054
Cr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003
Fe³⁺	0.021	0.036	0.003	0.004	0.033	0.000	0.000	0.037	0.008	0.027	0.007	0.056	0.048	0.035	0.058	0.069
Fe²⁺	0.393	0.354	0.403	0.471	0.342	0.554	0.463	0.344	0.459	0.389	0.378	0.329	0.350	0.340	0.327	0.335
Mn	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.006	0.004	0.005	0.005	0.004	0.005	0.006	0.004	0.005
Mg	0.621	0.615	0.613	0.612	0.629	0.720	0.608	0.632	0.621	0.622	0.628	0.624	0.601	0.627	0.624	0.595
Ca	0.863	0.930	0.883	0.738	0.944	0.507	0.754	0.928	0.746	0.855	0.903	0.919	0.890	0.922	0.917	0.891
Na	0.037	0.036	0.037	0.052	0.029	0.042	0.052	0.032	0.051	0.041	0.032	0.048	0.068	0.043	0.049	0.074
Total	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
XMg	0.613	0.635	0.604	0.565	0.648	0.565	0.568	0.647	0.575	0.615	0.624	0.655	0.632	0.649	0.656	0.639

ANFIBÓLIO – amostra CP-06

Ponto	porfiroblasto				matriz			porfiroblasto				matriz		
	<i>borda</i>	<i>borda-núcleo</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3
SiO₂	57.58	57.77	57.66	57.26	58.20	57.90	57.58	57.79	57.37	57.57	56.89	57.17	57.53	57.58
TiO₂	0.06	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.05	0.00	0.07	0.03	0.00	0.06	0.02	0.08
Al₂O₃	0.22	0.62	0.63	0.27	0.35	0.29	0.26	0.35	0.57	0.62	0.29	1.36	0.23	1.12
Cr₂O₃	0.03	0.10	0.09	0.05	0.06	0.04	0.04	0.07	0.09	0.10	0.05	0.12	0.03	0.13
FeO	12.99	5.09	4.62	12.94	12.39	12.59	12.60	12.58	5.08	4.52	13.14	4.35	12.97	4.09
MnO	0.36	0.21	0.16	0.34	0.33	0.34	0.36	0.34	0.22	0.16	0.38	0.10	0.37	0.12
MgO	25.19	21.75	22.32	25.63	25.59	26.15	26.24	25.74	21.70	22.37	24.56	21.99	25.31	22.28
CaO	0.89	12.06	11.87	0.47	0.47	0.50	0.48	0.50	12.05	12.08	1.64	11.50	0.70	11.24
Na₂O	0.05	0.11	0.12	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.07	0.09	0.02	0.22	0.01	0.21
K₂O	0.00	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
Total	97.38	97.74	97.51	97.01	97.45	97.84	97.62	97.38	97.25	97.54	96.98	96.88	97.17	96.84
Si	8.012	7.979	7.962	7.990	8.048	7.993	7.965	8.012	7.968	7.950	7.981	7.926	8.016	7.966
Ti	0.006	0.001	0.003	0.002	0.001	0.002	0.006	0.000	0.007	0.003	0.000	0.007	0.002	0.008
Al	0.037	0.101	0.102	0.044	0.057	0.047	0.042	0.057	0.094	0.100	0.047	0.223	0.038	0.183
Cr	0.004	0.010	0.010	0.006	0.006	0.004	0.004	0.008	0.009	0.011	0.006	0.013	0.003	0.014
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	1.512	0.588	0.534	1.510	1.433	1.453	1.444	1.459	0.590	0.522	1.542	0.504	1.511	0.473
Mn	0.043	0.024	0.019	0.040	0.038	0.039	0.042	0.039	0.026	0.018	0.045	0.012	0.044	0.014
Mg	5.225	4.478	4.595	5.332	5.275	5.381	5.411	5.320	4.493	4.605	5.137	4.545	5.257	4.595
Ca	0.133	1.785	1.756	0.070	0.070	0.074	0.071	0.074	1.793	1.787	0.247	1.708	0.105	1.666
Na	0.013	0.029	0.031	0.006	0.009	0.003	0.005	0.005	0.018	0.024	0.005	0.059	0.002	0.055
K	0.000	0.006	0.005	0.001	0.003	0.001	0.000	0.000	0.007	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000
Total	14.98	15.00	15.02	15.00	14.94	15.00	15.00	14.97	15.00	15.02	15.01	15.00	14.98	14.97
XMg	0.776	0.884	0.896	0.779	0.786	0.787	0.789	0.785	0.884	0.898	0.769	0.900	0.777	0.907

ANFIBÓLIO – amostra CP-06 (continuação)

Ponto	matriz				porfiroblasto 6					matriz		
	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda-núcleo</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda-núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>
	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	7.1	7.2	7.3
SiO₂	57.56	56.67	57.23	57.01	57.34	57.61	57.57	57.56	57.62	57.13	57.34	56.46
TiO₂	0.01	0.09	0.02	0.00	0.00	0.04	0.02	0.04	0.00	0.08	0.00	0.08
Al₂O₃	0.33	1.85	1.20	0.14	0.11	0.83	0.16	1.00	0.54	1.68	0.19	1.63
Cr₂O₃	0.01	0.19	0.20	0.01	0.01	0.11	0.04	0.09	0.09	0.17	0.04	0.19
FeO	12.28	4.58	4.54	13.25	13.49	4.25	13.53	4.30	10.57	4.58	13.08	4.53
MnO	0.35	0.13	0.12	0.41	0.42	0.10	0.38	0.11	0.31	0.09	0.37	0.12
MgO	25.91	21.70	22.23	25.14	24.94	22.35	25.15	22.28	24.00	21.85	24.91	21.98
CaO	0.51	11.26	11.24	0.71	0.71	11.35	0.78	11.94	4.46	12.01	0.93	12.17
Na₂O	0.03	0.30	0.20	0.01	0.01	0.15	0.02	0.16	0.10	0.24	0.03	0.30
K₂O	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00
Total	96.98	96.77	96.99	96.68	97.02	96.80	97.65	97.49	97.72	97.83	96.89	97.46
Si	8.005	7.876	7.930	8.003	8.024	7.981	8.007	7.938	7.986	7.862	8.024	7.800
Ti	0.001	0.009	0.002	0.000	0.000	0.004	0.002	0.004	0.000	0.008	0.000	0.008
Al	0.054	0.303	0.195	0.023	0.018	0.136	0.027	0.162	0.089	0.272	0.031	0.266
Cr	0.001	0.021	0.022	0.001	0.001	0.012	0.004	0.009	0.010	0.019	0.004	0.021
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.096
Fe²⁺	1.428	0.532	0.526	1.556	1.579	0.492	1.574	0.496	1.225	0.521	1.531	0.427
Mn	0.042	0.015	0.014	0.049	0.050	0.012	0.044	0.013	0.037	0.011	0.044	0.014
Mg	5.372	4.496	4.592	5.261	5.203	4.616	5.214	4.581	4.958	4.482	5.197	4.527
Ca	0.076	1.677	1.669	0.107	0.106	1.685	0.116	1.764	0.662	1.771	0.139	1.801
Na	0.007	0.082	0.055	0.002	0.003	0.041	0.004	0.041	0.026	0.063	0.008	0.079
K	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.005	0.001	0.002	0.000
Total	14.99	15.01	15.01	15.00	14.98	14.98	14.99	15.01	15.00	15.01	14.98	15.04
XMg	0.790	0.894	0.897	0.772	0.767	0.904	0.768	0.902	0.802	0.896	0.772	0.914

ANFIBÓLIO – amostra CP-54

Ponto	<i>Porfiroblasto</i>						<i>Porfiroblasto</i>						<i>Porfiroblasto</i>					
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
SiO₂	55.68	57.87	56.13	57.85	56.46	56.36	56.35	56.10	56.19	56.18	55.27	57.60	57.81	56.57	57.43	56.22	56.13	56.23
TiO₂	0.15	0.02	0.18	0.02	0.02	0.11	0.14	0.07	0.10	0.05	0.13	0.02	0.01	0.12	0.01	0.18	0.10	0.08
Al₂O₃	2.82	0.16	2.11	0.45	1.81	1.80	2.46	1.87	2.21	1.84	2.27	0.15	0.26	2.17	0.27	2.19	1.90	1.95
Cr₂O₃	0.26	0.02	0.19	0.00	0.17	0.19	0.19	0.18	0.15	0.22	0.19	0.04	0.03	0.15	0.01	0.17	0.25	0.21
FeO	4.34	12.25	4.05	11.35	4.19	3.93	4.26	4.23	4.11	3.94	4.24	12.37	11.74	4.20	11.55	4.36	4.35	3.77
MnO	0.07	0.21	0.07	0.21	0.08	0.06	0.06	0.07	0.05	0.05	0.06	0.21	0.19	0.07	0.23	0.08	0.06	0.05
MgO	21.39	25.89	22.02	26.92	22.26	22.26	21.76	22.04	22.00	22.17	22.00	25.55	26.46	21.90	26.00	22.18	22.07	22.07
CaO	11.89	0.93	11.86	0.57	11.66	11.66	11.84	11.68	11.85	11.61	11.89	0.88	0.68	11.79	0.93	11.41	11.49	12.10
Na₂O	0.62	0.04	0.46	0.09	0.36	0.40	0.52	0.38	0.49	0.36	0.52	0.03	0.04	0.42	0.05	0.45	0.39	0.40
K₂O	0.05	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.06	0.05	0.00	0.06	0.05	0.01	0.04	0.03	0.01
Total	97.28	97.42	97.10	97.47	97.03	96.80	97.63	96.63	97.20	96.48	96.62	96.86	97.27	97.44	96.48	97.29	96.77	96.86
Si	7.70	8.02	7.76	7.97	7.81	7.81	7.76	7.80	7.76	7.81	7.69	8.03	8.00	7.80	8.01	7.76	7.79	7.79
Ti	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
Al	0.46	0.03	0.34	0.07	0.30	0.29	0.40	0.31	0.36	0.30	0.37	0.02	0.04	0.35	0.04	0.36	0.31	0.32
Cr	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02
Fe³⁺	0.13	0.00	0.10	0.00	0.08	0.07	0.09	0.08	0.11	0.06	0.19	0.00	0.00	0.05	0.00	0.09	0.08	0.09
Fe²⁺	0.37	1.42	0.37	1.31	0.41	0.38	0.40	0.41	0.37	0.40	0.30	1.44	1.36	0.43	1.35	0.41	0.43	0.35
Mn	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01
Mg	4.41	5.35	4.54	5.53	4.59	4.60	4.47	4.57	4.53	4.60	4.56	5.31	5.46	4.50	5.41	4.57	4.57	4.56
Ca	1.76	0.14	1.76	0.08	1.73	1.73	1.75	1.74	1.75	1.73	1.77	0.13	0.10	1.74	0.14	1.69	1.71	1.80
Na	0.17	0.01	0.12	0.02	0.10	0.11	0.14	0.10	0.13	0.10	0.14	0.01	0.01	0.11	0.01	0.12	0.11	0.11
K	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
Total	15.06	14.99	15.05	15.02	15.04	15.04	15.05	15.04	15.06	15.04	15.08	14.96	15.00	15.04	14.99	15.05	15.04	15.04
XMg	0.922	0.790	0.925	0.809	0.919	0.923	0.917	0.918	0.925	0.920	0.938	0.786	0.801	0.912	0.801	0.917	0.915	0.929

ANFIBÓLIO – amostra CP-54 (continuação)

Ponto	<i>Matriz</i>																			
	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	7.3	8.1	8.2
SiO₂	58.47	57.70	56.68	56.03	57.35	56.47	56.65	57.41	57.70	57.74	57.97	57.80	58.45	57.74	57.49	57.87	56.99	56.43	57.65	56.14
TiO₂	0.03	0.00	0.07	0.17	0.01	0.11	0.05	0.01	0.02	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.06	0.06	0.02	0.10	0.05	0.06
Al₂O₃	0.27	0.36	1.76	2.18	0.38	1.88	1.26	0.71	0.28	0.16	0.44	0.26	0.39	0.35	0.48	0.35	0.03	1.92	0.23	1.95
Cr₂O₃	0.04	0.05	0.11	0.12	0.02	0.14	0.05	0.03	0.05	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.05	0.03	0.09	0.04	0.01
FeO	11.36	11.70	4.10	3.90	11.81	3.84	7.84	9.64	11.48	12.21	11.48	11.94	11.19	11.23	11.04	11.53	8.62	4.21	11.67	4.18
MnO	0.21	0.21	0.07	0.07	0.23	0.06	0.16	0.15	0.21	0.22	0.18	0.23	0.18	0.19	0.18	0.18	0.29	0.06	0.18	0.07
MgO	26.70	26.75	22.24	22.06	24.97	22.20	23.74	24.35	26.62	26.82	27.01	26.34	27.22	26.77	27.22	26.87	18.87	22.14	26.70	22.16
CaO	0.49	0.49	11.59	12.08	2.26	12.07	6.93	4.81	0.47	0.41	0.54	0.90	0.51	0.48	0.52	0.50	12.34	11.82	0.45	11.83
Na₂O	0.06	0.04	0.33	0.43	0.06	0.39	0.30	0.12	0.05	0.01	0.08	0.03	0.07	0.06	0.08	0.06	0.02	0.42	0.02	0.40
K₂O	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03
Total	97.63	97.30	96.95	97.06	97.09	97.20	96.97	97.25	96.89	97.57	97.73	97.55	98.05	96.83	97.08	97.48	97.20	97.22	96.99	96.83
Si	8.03	7.97	7.84	7.75	7.99	7.80	7.86	7.96	8.00	7.98	7.96	7.98	7.99	8.00	7.93	7.98	8.05	7.79	7.99	7.78
Ti	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Al	0.04	0.06	0.29	0.36	0.06	0.31	0.21	0.12	0.05	0.03	0.07	0.04	0.06	0.06	0.08	0.06	0.01	0.31	0.04	0.32
Cr	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Fe³⁺	0.00	-0.01	0.04	0.11	0.00	0.08	0.07	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.04	-0.02	0.00	0.09	-0.03	0.11
Fe²⁺	1.30	1.36	0.44	0.34	1.38	0.36	0.84	1.15	1.33	1.41	1.32	1.40	1.28	1.30	1.23	1.35	1.02	0.40	1.38	0.38
Mn	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01
Mg	5.47	5.51	4.59	4.55	5.19	4.57	4.91	5.04	5.50	5.52	5.53	5.42	5.55	5.53	5.60	5.52	3.97	4.56	5.52	4.58
Ca	0.07	0.07	1.72	1.79	0.34	1.79	1.03	0.71	0.07	0.06	0.08	0.13	0.07	0.07	0.08	0.07	1.87	1.75	0.07	1.76
Na	0.01	0.01	0.09	0.12	0.01	0.11	0.08	0.03	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.11	0.01	0.11
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Total	14.96	15.00	15.03	15.05	14.99	15.04	15.03	15.01	14.99	15.03	15.01	15.00	15.00	14.99	15.01	15.00	14.96	15.05	15.00	15.05
XMg	0.81	0.80	0.91	0.93	0.79	0.93	0.85	0.81	0.81	0.80	0.81	0.79	0.81	0.81	0.82	0.80	0.80	0.92	0.80	0.92

ANFIBÓLIO – amostra DCF-22

	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>núcleo</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>		<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>		<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	
Ponto	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	3.1	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	7.3
SiO₂	57.48	57.58	57.42	57.37	57.85	57.39	58.27	58.05	57.60	57.62	57.79	58.20	58.87	58.23	58.77	58.63	58.96	58.46	59.30	60.69
TiO₂	0.03	0.06	0.00	0.06	0.03	0.01	0.03	0.05	0.04	0.08	0.03	0.08	0.03	0.04	0.00	0.07	0.00	0.03	0.02	0.00
Al₂O₃	0.68	0.81	0.76	0.83	0.72	0.66	0.39	0.72	0.66	0.64	0.42	0.74	0.08	0.11	0.08	0.08	0.11	0.07	0.02	0.04
Cr₂O₃	0.07	0.08	0.04	0.05	0.03	0.07	0.01	0.04	0.05	0.05	0.02	0.05	0.00	0.00	0.04	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00
FeO	2.55	2.39	2.50	2.43	2.31	2.34	2.11	2.25	2.33	2.09	2.22	2.37	7.71	7.74	7.55	7.91	7.44	7.69	8.37	7.94
MnO	0.07	0.07	0.10	0.11	0.08	0.06	0.09	0.08	0.07	0.09	0.09	0.06	0.27	0.28	0.27	0.25	0.25	0.27	0.29	0.32
MgO	23.67	23.58	23.63	23.63	23.92	23.76	23.70	23.36	23.82	23.67	23.74	23.42	29.66	30.37	29.52	29.86	30.01	29.77	29.10	28.96
CaO	11.41	12.16	11.88	11.94	12.23	12.07	12.30	12.14	12.16	12.15	12.19	12.25	0.36	0.35	0.35	0.35	0.39	0.36	0.30	0.30
Na₂O	0.17	0.21	0.16	0.21	0.18	0.19	0.13	0.17	0.18	0.19	0.10	0.19	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
K₂O	0.02	0.01	0.06	0.05	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
Total	96.16	96.96	96.55	96.68	97.39	96.55	97.04	96.86	96.92	96.61	96.61	97.38	97.01	97.19	96.59	97.20	97.21	96.70	97.43	98.29
Si	7.96	7.91	7.93	7.91	7.91	7.91	8.00	7.98	7.91	7.94	7.97	7.97	8.01	7.92	8.02	7.97	7.99	7.98	8.05	8.13
Ti	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.11	0.13	0.12	0.14	0.12	0.11	0.06	0.12	0.11	0.10	0.07	0.12	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01
Cr	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe³⁺	0.00	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe²⁺	0.30	0.25	0.27	0.25	0.22	0.22	0.24	0.26	0.22	0.23	0.26	0.27	0.88	0.88	0.86	0.90	0.84	0.88	0.95	0.89
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
Mg	4.89	4.83	4.86	4.86	4.88	4.88	4.85	4.79	4.88	4.86	4.88	4.78	6.01	6.16	6.01	6.05	6.06	6.06	5.89	5.78
Ca	1.69	1.79	1.76	1.76	1.79	1.78	1.81	1.79	1.79	1.79	1.80	1.80	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04
Na	0.04	0.06	0.04	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
K	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	15.02	15.02	15.03	15.03	15.03	15.03	15.01	15.00	15.03	15.02	15.02	15.01	15.00	15.08	14.99	15.03	15.00	15.02	14.97	14.89
XMg	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96	0.95	0.95	0.96	0.95	0.95	0.95	0.87	0.87	0.87	0.87	0.88	0.87	0.86	0.87

ANFIBÓLIO – amostra CP-49C

	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>núcleo</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>
Ponto	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
SiO₂	43.03	43.98	43.36	44.22	44.45	44.93	45.52	45.21	44.59	43.38	44.06	43.24	45.02	44.26	43.90	43.92	45.01
TiO₂	1.20	1.07	1.27	1.02	1.10	1.04	0.93	0.93	0.97	0.69	0.65	0.78	0.86	1.00	0.97	0.94	0.82
Al₂O₃	11.07	10.46	10.69	9.74	9.52	8.92	9.69	10.17	10.67	12.18	11.56	12.65	10.74	11.63	11.59	11.51	10.47
Cr₂O₃	0.04	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01	0.00
FeO	18.45	18.57	19.12	18.57	18.76	18.09	15.70	16.23	16.56	16.48	16.34	16.18	16.61	16.37	16.77	16.61	16.43
MnO	0.11	0.14	0.14	0.13	0.11	0.13	0.11	0.12	0.13	0.12	0.11	0.11	0.11	0.13	0.11	0.10	0.12
MgO	8.98	9.41	9.08	9.55	9.57	9.91	11.50	11.38	10.54	10.25	10.79	10.22	10.66	10.17	10.19	10.23	10.78
CaO	10.73	10.73	10.92	10.97	10.61	10.84	10.83	10.85	11.03	10.72	10.72	10.91	10.85	10.81	10.93	10.94	10.95
Na₂O	1.61	1.56	1.53	1.41	1.45	1.41	1.43	1.45	1.52	1.69	1.58	1.64	1.45	1.56	1.54	1.56	1.44
K₂O	0.85	0.84	0.83	0.74	0.74	0.72	0.63	0.63	0.74	0.79	0.75	0.77	0.68	0.75	0.79	0.75	0.68
Total	96.08	96.75	96.96	96.38	96.32	96.01	96.34	96.97	96.80	96.31	96.56	96.49	96.99	96.73	96.80	96.57	96.71
Si	6.556	6.639	6.561	6.705	6.732	6.817	6.778	6.700	6.662	6.506	6.570	6.468	6.689	6.605	6.564	6.578	6.708
Ti	0.138	0.121	0.145	0.117	0.125	0.119	0.104	0.103	0.109	0.078	0.073	0.087	0.096	0.112	0.109	0.106	0.092
Al	1.988	1.861	1.907	1.740	1.699	1.595	1.701	1.776	1.879	2.153	2.032	2.230	1.881	2.045	2.042	2.032	1.839
Cr	0.005	0.000	0.002	0.003	0.001	0.003	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.006	0.001	0.002	0.000
Fe³⁺	0.294	0.327	0.327	0.304	0.354	0.278	0.338	0.394	0.284	0.365	0.408	0.334	0.339	0.286	0.317	0.304	0.319
Fe²⁺	2.057	2.017	2.093	2.050	2.022	2.018	1.617	1.618	1.785	1.702	1.630	1.690	1.725	1.757	1.780	1.776	1.729
Mn	0.014	0.017	0.018	0.017	0.014	0.016	0.014	0.015	0.017	0.015	0.013	0.014	0.014	0.016	0.014	0.013	0.016
Mg	2.040	2.118	2.048	2.159	2.161	2.242	2.553	2.514	2.347	2.292	2.399	2.279	2.361	2.262	2.271	2.284	2.395
Ca	1.752	1.735	1.771	1.782	1.722	1.762	1.728	1.723	1.766	1.723	1.713	1.749	1.727	1.728	1.751	1.756	1.749
Na	0.476	0.457	0.449	0.414	0.426	0.415	0.413	0.417	0.440	0.491	0.457	0.476	0.418	0.451	0.446	0.453	0.416
K	0.165	0.162	0.161	0.143	0.144	0.140	0.119	0.119	0.141	0.152	0.142	0.146	0.129	0.144	0.151	0.142	0.130
Total	15.48	15.45	15.48	15.43	15.40	15.40	15.36	15.38	15.44	15.48	15.44	15.47	15.38	15.41	15.45	15.45	15.39
XMg	0.498	0.512	0.495	0.513	0.517	0.526	0.612	0.608	0.568	0.574	0.595	0.574	0.578	0.563	0.561	0.562	0.581

ANFIBÓLIO

Ponto	CP-49C (continuação)										CP-65A									
	borda	núcleo	núcleo	núcleo	borda	borda	núcleo	núcleo	núcleo	borda	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2
SiO₂	43.33	44.22	43.62	43.71	44.20	43.56	44.66	43.90	43.58	43.51	38.99	38.99	39.14	39.18	39.07	39.33	39.06	39.01	39.12	39.12
TiO₂	0.92	0.95	1.05	1.09	0.95	0.97	0.90	0.99	0.85	1.00	1.45	1.35	1.36	1.21	1.04	1.38	1.04	1.41	1.14	1.25
Al₂O₃	11.62	11.13	12.01	11.76	11.17	11.07	10.25	10.72	10.66	10.68	12.86	12.87	12.68	12.90	12.77	12.96	12.85	12.80	12.79	12.71
Cr₂O₃	0.11	0.15	0.33	0.27	0.28	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.03	0.04	0.03
FeO	16.37	16.14	16.04	16.23	16.43	18.13	18.03	18.22	18.56	18.75	24.47	24.08	24.79	24.39	24.33	24.01	24.49	24.53	24.67	24.43
MnO	0.09	0.12	0.11	0.12	0.13	0.11	0.12	0.12	0.13	0.12	0.48	0.54	0.48	0.43	0.42	0.43	0.42	0.42	0.46	0.45
MgO	10.14	10.28	9.95	10.10	10.52	9.15	9.80	9.33	9.49	9.35	5.01	4.92	4.98	5.18	5.03	5.28	4.85	5.02	4.76	4.98
CaO	11.06	11.09	10.97	11.00	11.01	11.00	11.03	10.90	10.88	11.04	10.78	10.78	10.84	10.79	10.78	10.77	10.84	10.87	10.74	10.76
Na₂O	1.59	1.43	1.51	1.49	1.52	1.50	1.43	1.52	1.45	1.41	1.50	1.53	1.59	1.48	1.53	1.48	1.49	1.53	1.52	1.54
K₂O	0.78	0.76	0.76	0.74	0.72	0.78	0.65	0.74	0.75	0.70	2.09	1.99	1.88	1.98	1.83	1.99	1.80	1.94	1.85	1.90
Total	96.00	96.27	96.34	96.51	96.93	96.26	96.87	96.44	96.35	96.56	97.64	97.07	97.74	97.54	96.82	97.65	96.84	97.56	97.08	97.16
Si	6.541	6.639	6.545	6.549	6.591	6.608	6.705	6.640	6.600	6.583	6.106	6.138	6.121	6.122	6.150	6.133	6.151	6.109	6.155	6.147
Ti	0.104	0.107	0.118	0.123	0.106	0.110	0.101	0.113	0.097	0.114	0.170	0.160	0.160	0.142	0.123	0.162	0.123	0.166	0.135	0.147
Al	2.067	1.969	2.124	2.077	1.963	1.979	1.814	1.911	1.903	1.904	2.373	2.388	2.337	2.376	2.369	2.382	2.385	2.363	2.371	2.354
Cr	0.013	0.018	0.039	0.032	0.033	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.000	0.004	0.004	0.003
Fe³⁺	0.270	0.240	0.246	0.272	0.317	0.256	0.298	0.284	0.382	0.376	0.402	0.340	0.438	0.458	0.440	0.397	0.432	0.419	0.412	0.405
Fe²⁺	1.797	1.786	1.766	1.761	1.732	2.044	1.966	2.021	1.969	1.997	2.802	2.830	2.805	2.729	2.763	2.734	2.794	2.794	2.834	2.805
Mn	0.011	0.016	0.014	0.016	0.017	0.014	0.015	0.016	0.016	0.015	0.063	0.072	0.063	0.056	0.056	0.057	0.056	0.056	0.061	0.060
Mg	2.282	2.301	2.226	2.256	2.339	2.069	2.193	2.104	2.143	2.109	1.170	1.155	1.161	1.207	1.180	1.227	1.139	1.172	1.116	1.167
Ca	1.789	1.784	1.764	1.766	1.759	1.788	1.774	1.767	1.765	1.790	1.809	1.818	1.816	1.806	1.818	1.799	1.829	1.824	1.810	1.812
Na	0.465	0.416	0.439	0.433	0.439	0.441	0.416	0.446	0.426	0.414	0.455	0.467	0.482	0.448	0.467	0.447	0.455	0.465	0.464	0.469
K	0.150	0.145	0.145	0.141	0.138	0.150	0.125	0.143	0.144	0.135	0.418	0.400	0.375	0.395	0.368	0.396	0.362	0.388	0.371	0.381
Total	15.49	15.42	15.43	15.43	15.43	15.46	15.41	15.44	15.45	15.44	15.77	15.77	15.76	15.74	15.74	15.74	15.73	15.76	15.73	15.75
XMg	0.559	0.563	0.558	0.562	0.575	0.503	0.527	0.510	0.521	0.514	0.294	0.290	0.293	0.307	0.299	0.310	0.290	0.295	0.283	0.294

ANFIBÓLIO – amostra CP-65B

Ponto	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	5.3
SiO₂	39.33	39.51	39.10	39.18	39.19	39.44	38.80	39.00	39.01	39.24	39.81	39.52	39.23
TiO₂	1.36	1.24	1.23	0.91	1.33	1.13	1.64	1.21	1.25	1.25	1.13	1.41	1.29
Al₂O₃	12.30	12.89	12.90	13.90	13.24	13.08	12.32	13.11	12.45	13.31	12.46	13.07	12.78
Cr₂O₃	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
FeO	24.75	24.30	24.10	23.61	23.69	24.30	24.52	24.43	24.74	24.22	24.87	24.26	24.72
MnO	0.35	0.36	0.37	0.32	0.36	0.37	0.32	0.35	0.48	0.42	0.39	0.40	0.46
MgO	4.82	4.96	4.91	4.51	4.97	4.98	4.98	4.82	4.81	4.86	4.73	4.86	4.67
CaO	10.75	10.51	10.49	9.78	10.63	10.44	10.74	10.52	10.69	10.49	10.66	10.50	10.58
Na₂O	1.57	1.72	1.66	1.37	1.66	1.71	1.56	1.62	1.56	1.69	1.62	1.52	1.60
K₂O	1.89	2.00	2.00	1.57	1.89	2.07	1.96	2.12	1.90	2.12	1.91	2.10	2.00
Total	97.12	97.50	96.78	95.15	96.97	97.55	96.86	97.19	96.89	97.60	97.58	97.63	97.34
Si	6.199	6.185	6.168	6.203	6.155	6.168	6.134	6.136	6.160	6.139	6.241	6.174	6.170
Ti	0.161	0.146	0.145	0.108	0.157	0.133	0.196	0.144	0.149	0.147	0.134	0.165	0.152
Al	2.285	2.378	2.398	2.593	2.451	2.411	2.295	2.431	2.317	2.454	2.302	2.406	2.369
Cr	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Fe³⁺	0.332	0.318	0.321	0.456	0.286	0.344	0.364	0.338	0.408	0.324	0.307	0.325	0.330
Fe²⁺	2.930	2.864	2.858	2.670	2.825	2.834	2.878	2.876	2.859	2.845	2.953	2.844	2.921
Mn	0.047	0.047	0.049	0.043	0.048	0.049	0.043	0.047	0.064	0.055	0.052	0.053	0.061
Mg	1.133	1.158	1.155	1.064	1.164	1.161	1.174	1.131	1.132	1.133	1.105	1.132	1.095
Ca	1.815	1.763	1.773	1.659	1.789	1.749	1.819	1.773	1.809	1.758	1.790	1.757	1.783
Na	0.480	0.522	0.508	0.420	0.505	0.518	0.478	0.494	0.478	0.513	0.492	0.460	0.488
K	0.380	0.399	0.402	0.317	0.379	0.413	0.395	0.426	0.383	0.423	0.382	0.418	0.401
Total	15.76	15.78	15.78	15.53	15.76	15.79	15.78	15.80	15.76	15.79	15.76	15.74	15.77
XMg	0.279	0.288	0.288	0.285	0.292	0.291	0.290	0.282	0.284	0.285	0.272	0.285	0.273

MUSCOVITA – amostra CP-07

Ponto	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3
SiO₂	44.77	44.71	44.81	44.41	44.64	44.58	42.51	44.56	44.63	44.76	44.75	44.36
TiO₂	0.81	0.83	0.73	0.72	0.71	0.49	0.70	0.65	0.74	0.77	0.67	0.66
Al₂O₃	35.71	35.59	35.42	35.08	35.09	35.62	33.80	34.86	35.01	35.49	35.17	35.40
FeO	0.89	0.88	0.95	0.84	0.85	0.76	0.94	0.85	0.91	0.89	0.89	0.89
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00
MgO	0.71	0.81	0.77	0.75	0.77	0.64	0.70	0.84	0.94	0.71	0.81	0.74
CaO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.02	0.03	0.04	0.01	0.03
Na₂O	1.65	1.62	1.49	1.79	1.83	1.75	1.64	1.57	1.67	1.55	1.51	1.50
K₂O	8.72	8.79	8.51	8.66	8.85	8.58	8.43	8.44	8.44	8.62	8.48	8.48
Cl	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00
F	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Total	93.26	93.24	92.68	92.25	92.74	92.42	88.77	91.80	92.38	92.83	92.32	92.06
Si	3.024	3.022	3.039	3.034	3.037	3.034	3.023	3.051	3.040	3.034	3.047	3.030
Ti	0.041	0.042	0.037	0.037	0.036	0.025	0.037	0.034	0.038	0.039	0.034	0.034
Al total	2.843	2.836	2.832	2.825	2.815	2.858	2.834	2.814	2.811	2.836	2.823	2.850
AlIV	0.976	0.978	0.961	0.966	0.963	0.966	0.977	0.949	0.960	0.966	0.953	0.970
AlVI	1.867	1.858	1.871	1.859	1.852	1.892	1.857	1.865	1.851	1.870	1.870	1.880
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	0.050	0.050	0.054	0.048	0.048	0.043	0.056	0.049	0.052	0.050	0.051	0.051
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Mg	0.071	0.082	0.078	0.076	0.078	0.065	0.074	0.086	0.096	0.072	0.082	0.075
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.002	0.003	0.000	0.002
Na	0.216	0.212	0.196	0.237	0.241	0.231	0.226	0.208	0.221	0.204	0.199	0.199
K	0.751	0.758	0.736	0.755	0.768	0.745	0.765	0.737	0.733	0.745	0.737	0.739
Total	6.998	7.003	6.974	7.013	7.025	7.001	7.019	6.981	6.994	6.984	6.976	6.980

MUSCOVITA – amostra CP-333

Point	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	5.2	5.3	6.1	7.1	8.1	8.2	8.3	9.1	9.2	10.1	10.2	10.3	11.1
SiO₂	46.57	46.49	45.24	45.56	46.34	45.64	45.96	46.85	46.58	46.24	46.22	47.16	45.92	46.21	46.35	46.01	46.63	46.88
TiO₂	0.60	0.87	0.72	0.45	0.71	0.66	0.55	0.70	0.42	0.62	0.62	0.77	0.55	0.50	0.62	0.58	0.60	0.83
Al₂O₃	36.18	35.57	35.76	36.13	35.63	35.46	35.75	36.53	35.84	35.35	35.79	35.00	35.74	35.74	35.75	35.66	36.31	35.25
FeO	1.45	1.92	1.22	1.35	0.95	1.01	0.94	1.59	1.14	1.21	1.08	1.18	0.95	0.96	0.92	0.88	0.95	1.70
MnO	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
MgO	0.67	1.09	0.69	0.60	0.72	0.64	0.61	0.65	0.54	0.82	0.68	0.95	0.61	0.62	0.70	0.62	0.62	0.82
CaO	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
Na₂O	1.73	1.87	1.59	1.49	1.35	1.35	1.46	1.71	1.58	1.40	1.39	1.38	1.47	1.49	1.43	1.40	1.12	1.40
K₂O	8.13	8.21	8.49	8.09	8.75	8.79	8.71	8.54	8.56	8.78	9.00	9.02	8.83	8.68	8.84	8.11	7.73	8.79
Cl	0.01	0.00	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	0.00	0.00	0.00
Total	95.55	96.18	93.82	94.14	94.88	93.98	94.40	96.73	95.05	94.51	94.86	95.72	94.46	94.69	95.03	93.65	94.34	96.03
Si	3.066	3.047	3.038	3.045	3.080	3.067	3.071	3.054	3.088	3.080	3.069	3.109	3.068	3.079	3.077	3.083	3.083	3.089
Ti	0.030	0.043	0.036	0.023	0.035	0.033	0.028	0.034	0.021	0.031	0.031	0.038	0.028	0.025	0.031	0.029	0.030	0.041
Al total	2.808	2.748	2.831	2.847	2.792	2.809	2.816	2.807	2.801	2.776	2.802	2.720	2.815	2.807	2.798	2.817	2.830	2.738
AlIV	0.934	0.953	0.962	0.955	0.920	0.933	0.929	0.946	0.912	0.920	0.931	0.891	0.932	0.921	0.923	0.917	0.917	0.911
AlVI	1.874	1.795	1.869	1.892	1.872	1.876	1.887	1.861	1.889	1.856	1.871	1.829	1.883	1.886	1.875	1.900	1.913	1.827
Fe³⁺	0.000	0.049	0.000	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.000
Fe²⁺	0.080	0.057	0.069	0.040	0.053	0.057	0.053	0.087	0.063	0.067	0.060	0.065	0.053	0.053	0.051	0.049	0.016	0.094
Mn	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Mg	0.066	0.106	0.069	0.060	0.071	0.064	0.061	0.063	0.053	0.081	0.067	0.093	0.061	0.062	0.069	0.062	0.061	0.081
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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.221	0.238	0.207	0.193	0.174	0.176	0.189	0.216	0.203	0.181	0.179	0.176	0.190	0.192	0.184	0.182	0.144	0.179
K	0.683	0.686	0.727	0.690	0.742	0.754	0.742	0.710	0.724	0.746	0.762	0.759	0.753	0.738	0.749	0.693	0.652	0.739
Total	6.953	6.975	6.978	6.934	6.948	6.960	6.960	6.972	6.955	6.964	6.971	6.961	6.969	6.958	6.960	6.917	6.852	6.961

BIOTITA – amostra CP-07

Ponto	<i>borda Grt 1</i>			<i>borda Grt 2</i>			<i>borda Grt 4</i>			<i>matriz</i>				
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2
SiO₂	35.03	34.84	35.46	34.48	33.57	33.67	34.97	35.12	34.31	34.80	34.89	34.86	34.41	34.28
TiO₂	2.12	1.86	2.03	1.73	1.86	1.97	1.69	1.80	1.71	2.06	1.71	1.61	1.73	1.90
Al₂O₃	19.23	19.15	19.51	18.96	18.14	19.70	19.37	19.33	19.38	19.34	19.08	19.15	19.42	19.59
FeO	16.45	16.34	16.88	17.10	16.01	15.78	16.84	16.84	16.86	16.37	17.05	16.67	15.95	16.60
MnO	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.06	0.00	0.03	0.03	0.04
MgO	11.31	10.83	10.52	10.40	10.78	10.97	11.04	11.01	10.45	10.95	10.87	10.96	10.61	10.16
CaO	0.07	0.03	0.04	0.15	0.14	0.15	0.05	0.05	0.08	0.09	0.13	0.08	0.23	0.15
Na₂O	0.44	0.44	0.42	0.33	0.39	0.40	0.39	0.40	0.26	0.35	0.39	0.31	0.36	0.28
K₂O	8.78	8.44	8.67	7.62	7.67	7.76	8.63	8.63	8.21	8.38	8.15	8.14	7.91	7.73
BaO	0.23	0.14	0.06	0.14	0.13	0.12	0.15	0.07	0.07	0.09	0.09	0.15	0.16	0.13
Cl	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Total	93.46	91.95	93.55	91.23	89.59	90.47	93.01	93.21	91.29	92.39	92.27	91.82	90.64	90.73
Si	2.676	2.699	2.704	2.695	2.675	2.641	2.686	2.690	2.682	2.682	2.698	2.702	2.693	2.684
Ti	0.122	0.108	0.116	0.102	0.111	0.116	0.098	0.104	0.101	0.119	0.099	0.094	0.102	0.112
Al total	1.732	1.749	1.754	1.747	1.704	1.821	1.754	1.746	1.786	1.757	1.739	1.750	1.792	1.808
AlIV	1.324	1.301	1.296	1.305	1.325	1.359	1.314	1.310	1.318	1.318	1.302	1.298	1.307	1.316
AlVI	0.408	0.448	0.458	0.442	0.379	0.462	0.440	0.436	0.468	0.439	0.437	0.452	0.485	0.492
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.026	0.060	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	1.051	1.059	1.076	1.117	1.066	1.034	1.082	1.079	1.102	1.055	1.102	1.081	1.044	1.087
Mn	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.004	0.000	0.002	0.002	0.003
Mg	1.288	1.250	1.195	1.211	1.280	1.282	1.264	1.257	1.217	1.258	1.253	1.266	1.237	1.186
Ca	0.005	0.002	0.003	0.012	0.012	0.013	0.004	0.004	0.007	0.007	0.011	0.007	0.019	0.012
Na	0.065	0.066	0.062	0.049	0.060	0.060	0.058	0.059	0.040	0.052	0.058	0.046	0.054	0.043
K	0.856	0.834	0.843	0.760	0.780	0.776	0.846	0.843	0.819	0.824	0.804	0.805	0.790	0.772
Total	7.797	7.768	7.755	7.721	7.751	7.749	7.794	7.784	7.756	7.758	7.764	7.753	7.733	7.707

BIOTITA

CP-07

CP-333

Ponto	<i>"leucossoma"</i>																			
	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	8.1	8.2	8.3		<i>in. Grt 1</i>	<i>borda Grt 1</i>	<i>In.Grt 2</i>	<i>in. Grt 3</i>			<i>borda Grt 4</i>				
										1.1	2.1	3.1	3.2	4.1	5.1	6.1	7.1	7.2	7.3	7.4
SiO₂	34.74	35.00	35.04	34.51	34.81	34.38	34.63	34.74		36.95	37.21	36.25	36.44	44.65	36.21	45.91	36.30	36.53	34.83	34.46
TiO₂	1.97	2.06	1.98	2.38	2.13	2.19	2.06	1.94		1.30	1.64	2.20	2.26	0.83	1.32	0.73	1.89	1.93	1.70	1.61
Al₂O₃	18.63	19.18	19.21	19.34	19.26	18.90	19.11	18.68		19.46	19.99	19.31	19.42	31.32	18.64	35.84	19.27	19.19	18.69	19.00
FeO	17.27	17.04	17.38	16.79	17.16	16.65	17.39	16.98		14.59	13.94	17.84	17.46	3.94	15.49	1.23	17.66	17.65	17.92	17.04
MnO	0.05	0.03	0.04	0.05	0.07	0.05	0.03	0.04		0.00	0.02	0.01	0.04	0.01	0.03	0.02	0.00	0.04	0.02	0.07
MgO	10.76	10.74	10.76	10.27	10.36	10.70	10.52	10.65		12.75	13.16	10.03	9.82	3.28	11.65	0.69	10.29	10.33	10.25	9.23
CaO	0.02	0.05	0.02	0.04	0.02	0.07	0.00	0.07		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
Na₂O	0.38	0.49	0.41	0.32	0.48	0.47	0.43	0.46		0.50	0.58	0.38	0.40	1.57	0.40	1.15	0.33	0.35	0.22	0.22
K₂O	8.80	8.72	8.72	8.96	8.91	8.84	8.95	8.62		8.09	8.21	8.57	8.57	7.94	8.31	7.97	8.46	8.75	6.75	5.55
BaO	0.12	0.16	0.11	0.16	0.10	0.16	0.17	0.16		0.09	0.13	0.28	0.23	0.12	0.02	0.19	0.19	0.17	0.11	0.12
Cl	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01		0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.09	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Total	92.62	93.31	93.56	92.66	93.20	92.25	93.12	92.18		93.76	94.90	94.88	94.67	93.66	92.15	93.74	94.42	94.97	90.51	87.43
Si	2.693	2.685	2.684	2.668	2.679	2.672	2.673	2.700		2.763	2.741	2.737	2.750	3.056	2.778	3.069	2.747	2.752	2.718	2.760
Ti	0.115	0.119	0.114	0.138	0.123	0.128	0.120	0.113		0.073	0.091	0.125	0.128	0.043	0.076	0.037	0.108	0.109	0.100	0.097
Al	1.702	1.735	1.735	1.763	1.748	1.731	1.739	1.711		1.715	1.736	1.719	1.728	2.527	1.686	2.824	1.719	1.704	1.719	1.794
AlIV	1.307	1.315	1.316	1.332	1.321	1.328	1.327	1.300		1.237	1.259	1.263	1.250	0.944	1.222	0.931	1.253	1.248	1.282	1.240
AlVI	0.395	0.420	0.419	0.431	0.427	0.403	0.412	0.411		0.478	0.477	0.456	0.478	1.583	0.464	1.893	0.466	0.456	0.437	0.554
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.140	0.072
Fe²⁺	1.120	1.093	1.113	1.086	1.105	1.082	1.122	1.104		0.912	0.859	1.127	1.102	0.226	0.994	0.069	1.118	1.112	1.030	1.069
Mn	0.003	0.002	0.003	0.003	0.005	0.003	0.002	0.003		0.000	0.001	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.000	0.003	0.001	0.005
Mg	1.243	1.228	1.228	1.183	1.188	1.239	1.210	1.233		1.421	1.445	1.129	1.105	0.335	1.332	0.069	1.161	1.160	1.192	1.102
Ca	0.001	0.004	0.002	0.004	0.002	0.006	0.000	0.006		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
Na	0.058	0.073	0.061	0.048	0.072	0.070	0.065	0.069		0.072	0.083	0.056	0.059	0.208	0.059	0.149	0.048	0.051	0.033	0.034
K	0.870	0.853	0.852	0.884	0.875	0.876	0.881	0.855		0.772	0.772	0.826	0.825	0.693	0.813	0.680	0.817	0.841	0.672	0.567
Total	7.805	7.792	7.792	7.777	7.797	7.807	7.812	7.794		7.729	7.728	7.719	7.700	7.089	7.740	6.897	7.719	7.733	7.606	7.511

BIOTITA – amostra CP-333

	borda Grt 6			in Grt 7		borda Grt 7				in Grt 9		borda grt9			borda Grt 10			in Grt 11		borda Grt 11			
Ponto	8.1	8.2	8.3	9.1	10.1	10.2	10.3	10.4	11.1	12.1	13.1	14.1	14.2	14.3	15.1	16.1	16.2	16.3	16.4				
SiO₂	36.11	36.03	36.11	36.81	36.21	36.27	36.43	35.93	36.47	36.03	36.01	35.82	35.85	35.53	36.51	36.53	36.04	35.99	36.35				
TiO₂	1.82	1.86	1.75	1.57	1.54	1.56	1.56	1.50	1.89	1.61	1.68	1.55	1.54	1.69	1.71	1.78	1.81	1.78	1.76				
Al₂O₃	18.94	19.15	18.74	19.35	19.58	19.32	19.50	19.36	19.49	19.32	19.50	19.33	19.35	19.05	19.25	19.49	19.21	19.63	19.67				
FeO	17.51	17.79	18.05	14.85	17.86	17.63	17.94	17.86	16.01	17.62	17.53	17.30	17.71	16.96	15.12	17.77	17.65	17.54	17.10				
MnO	0.01	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.02				
MgO	10.30	10.19	10.28	12.92	10.35	10.40	10.36	10.25	11.90	10.24	10.44	10.50	10.35	10.15	12.70	10.40	10.24	10.23	10.19				
CaO	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	0.00				
Na₂O	0.31	0.31	0.32	0.43	0.33	0.33	0.33	0.33	0.37	0.32	0.30	0.32	0.31	0.33	0.42	0.37	0.36	0.37	0.32				
K₂O	8.78	8.52	8.57	8.42	8.51	8.58	8.57	8.59	8.49	8.41	8.63	8.69	8.63	8.70	8.36	8.53	8.44	8.59	8.53				
BaO	0.16	0.22	0.12	0.16	0.13	0.15	0.14	0.17	0.15	0.18	0.16	0.14	0.10	0.16	0.16	0.21	0.16	0.22	0.10				
Cl	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03				
Total	93.96	94.12	93.97	94.52	94.55	94.28	94.88	94.00	94.80	93.79	94.30	93.71	93.89	92.60	94.24	95.12	93.94	94.40	94.06				
Si	2.752	2.742	2.755	2.742	2.738	2.750	2.746	2.738	2.726	2.746	2.731	2.733	2.733	2.743	2.733	2.745	2.743	2.727	2.750				
Ti	0.104	0.106	0.100	0.088	0.088	0.089	0.088	0.086	0.106	0.092	0.096	0.089	0.088	0.098	0.096	0.101	0.104	0.101	0.100				
Al	1.701	1.718	1.685	1.699	1.745	1.727	1.733	1.739	1.718	1.736	1.743	1.739	1.739	1.734	1.699	1.727	1.723	1.754	1.755				
AlIV	1.248	1.258	1.245	1.258	1.262	1.250	1.254	1.262	1.274	1.254	1.269	1.267	1.267	1.257	1.267	1.255	1.257	1.273	1.250				
AlVI	0.453	0.460	0.440	0.441	0.483	0.477	0.479	0.477	0.444	0.482	0.474	0.472	0.472	0.477	0.432	0.472	0.466	0.481	0.505				
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
Fe²⁺	1.116	1.132	1.152	0.925	1.129	1.118	1.131	1.138	1.001	1.123	1.112	1.104	1.129	1.095	0.947	1.117	1.123	1.112	1.082				
Mn	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.001				
Mg	1.170	1.156	1.169	1.434	1.166	1.175	1.164	1.164	1.326	1.163	1.180	1.194	1.176	1.168	1.417	1.165	1.161	1.155	1.149				
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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
Na	0.046	0.046	0.047	0.062	0.048	0.049	0.048	0.049	0.054	0.047	0.044	0.047	0.046	0.049	0.061	0.054	0.053	0.054	0.047				
K	0.854	0.827	0.834	0.800	0.821	0.830	0.824	0.835	0.810	0.818	0.835	0.846	0.839	0.857	0.798	0.818	0.819	0.830	0.823				
Total	7.74	7.73	7.74	7.75	7.74	7.74	7.74	7.75	7.74	7.73	7.74	7.76	7.75	7.75	7.75	7.73	7.73	7.74	7.71				

BIOTITA – amostra CP-60

	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
SiO₂	36.52	35.85	35.83	35.52	34.82	34.47	35.87	35.74
TiO₂	1.42	1.44	2.01	2.22	2.23	2.19	2.84	2.42
Al₂O₃	20.37	19.85	19.39	18.81	18.65	18.30	19.24	19.24
FeO	16.47	17.39	15.56	15.44	16.42	16.03	16.08	16.77
MnO	0.06	0.05	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01
MgO	12.11	11.15	12.03	11.43	12.14	11.92	10.57	10.83
CaO	0.02	0.03	0.05	0.03	0.09	0.10	0.08	0.03
Na₂O	0.13	0.08	0.10	0.10	0.07	0.07	0.10	0.08
K₂O	7.81	6.83	6.72	6.37	7.08	7.03	6.74	7.83
BaO	0.29	0.18	0.23	0.15	0.20	0.24	0.23	0.15
Cl	0.15	0.19	0.14	0.18	0.18	0.15	0.16	0.12
Total	95.13	92.96	91.98	90.09	91.79	90.39	91.52	92.95
Si	2.696	2.706	2.712	2.744	2.669	2.681	2.745	2.722
Ti	0.079	0.082	0.114	0.129	0.129	0.128	0.163	0.139
Al total	1.773	1.766	1.730	1.713	1.685	1.678	1.736	1.728
AlIV	1.304	1.294	1.288	1.256	1.331	1.319	1.255	1.278
AlVI	0.469	0.472	0.442	0.457	0.354	0.359	0.481	0.450
Fe (iii)	0.121	0.165	0.146	0.093	0.158	0.156	0.000	0.000
Fe (ii)	0.896	0.933	0.839	0.904	0.895	0.886	1.029	1.068
Mn	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Mg	1.332	1.254	1.357	1.316	1.387	1.382	1.206	1.229
Ca	0.002	0.002	0.004	0.002	0.007	0.008	0.007	0.002
Na	0.019	0.012	0.015	0.015	0.010	0.011	0.015	0.012
K	0.736	0.658	0.649	0.628	0.692	0.698	0.658	0.761
Total	7.656	7.582	7.568	7.546	7.633	7.628	7.560	7.662

BIOTITA – amostra CP-65

	CP-65A						CP-65B						6.1-inclu	
	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	1.1	1.2	2.1	3.1	4.1	5.1		5.2
SiO2	33.34	33.65	34.16	34.09	34.02	34.05	34.12	33.85	34.19	34.00	34.45	34.72	34.11	34.12
TiO2	2.29	2.54	2.80	3.02	2.71	2.28	2.77	2.66	1.99	2.41	2.70	2.89	2.77	3.66
Al2O3	14.88	14.88	15.40	15.08	15.22	15.15	15.48	15.39	15.53	15.21	15.32	15.57	15.49	15.04
FeO	26.15	26.32	25.68	26.14	25.85	25.80	26.84	27.27	27.32	27.88	27.05	26.00	26.44	26.67
MnO	0.30	0.35	0.40	0.42	0.38	0.38	0.48	0.48	0.36	0.42	0.26	0.26	0.28	0.27
MgO	6.98	6.88	6.35	6.50	6.69	6.67	5.76	5.87	6.04	5.71	6.15	6.15	6.30	5.85
CaO	0.06	0.03	0.02	0.03	0.31	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.04	0.01
Na2O	0.13	0.06	0.10	0.12	0.06	0.06	0.05	0.07	0.07	0.07	0.04	0.10	0.06	0.07
K2O	9.50	9.75	9.72	9.74	9.26	9.59	9.85	9.71	9.83	9.70	9.76	9.73	9.88	9.76
BaO	0.34	0.28	0.26	0.37	0.29	0.31	0.25	0.31	0.29	0.30	0.26	0.29	0.25	0.22
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Total	93.77	94.53	94.63	95.14	94.5	94.02	95.37	95.3	95.38	95.4	95.75	95.44	95.37	95.45
Si	2.702	2.710	2.736	2.724	2.727	2.746	2.728	2.715	2.738	2.730	2.739	2.752	2.720	2.722
Ti	0.140	0.154	0.169	0.181	0.163	0.138	0.167	0.160	0.120	0.146	0.161	0.172	0.166	0.220
Al	1.422	1.413	1.454	1.421	1.438	1.441	1.459	1.455	1.466	1.440	1.436	1.455	1.456	1.414
AlIV	1.298	1.290	1.264	1.276	1.273	1.254	1.272	1.285	1.262	1.270	1.261	1.248	1.280	1.278
AlVI	0.124	0.123	0.190	0.145	0.165	0.187	0.187	0.170	0.204	0.170	0.175	0.207	0.176	0.136
Fe3	0.081	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	1.692	1.732	1.720	1.747	1.733	1.740	1.795	1.829	1.830	1.869	1.799	1.724	1.764	1.779
Mn	0.021	0.024	0.027	0.029	0.026	0.026	0.033	0.033	0.024	0.029	0.018	0.017	0.019	0.018
Mg	0.843	0.826	0.758	0.774	0.799	0.802	0.686	0.702	0.721	0.683	0.729	0.726	0.749	0.695
Ca	0.005	0.003	0.002	0.002	0.026	0.003	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.002	0.003	0.001
Na	0.021	0.010	0.015	0.018	0.009	0.009	0.008	0.011	0.011	0.011	0.006	0.015	0.009	0.011
K	0.982	1.002	0.993	0.993	0.947	0.987	1.005	0.994	1.004	0.994	0.990	0.984	1.005	0.993
Total	7.91	7.915	7.874	7.89	7.869	7.894	7.883	7.9	7.917	7.906	7.88	7.848	7.893	7.854

CLORITA

Reformatted oxide percentages based on 28 oxygens (with Fe2+/Fe3+ and OH calculated assuming full site occupancy)

Ponto	CP-06											CP-54A								
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	6.1	6.2	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	
SiO ₂	29.66	29.46	28.85	28.28	29.43	29.47	29.34	29.44	29.05	28.48	29.03	29.74	29.71	29.56	29.49	29.49	29.43	29.52	29.45	
TiO ₂	0.08	0.08	0.07	0.11	0.06	0.12	0.01	0.06	0.09	0.17	0.07	0.06	0.09	0.07	0.11	0.11	0.08	0.06	0.05	
Al ₂ O ₃	18.58	18.82	18.86	18.69	19.02	18.86	19.16	18.86	19.12	18.37	18.76	18.64	18.47	18.87	18.29	18.48	18.52	18.69	17.82	
Fe ₂ O ₃	0.64	0.09	0.00	0.00	0.21	0.22	0.42	0.22	0.18	0.00	0.00	0.39	0.34	0.35	0.13	0.36	0.14	0.24	0.10	
FeO	5.92	6.54	6.67	6.66	6.37	6.59	6.51	6.55	6.45	6.67	6.59	5.19	5.17	5.20	5.40	5.29	5.71	5.32	6.02	
MnO	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.05	0.04	0.05	0.03	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	
MgO	28.74	29.45	29.23	30.04	29.34	29.23	28.60	29.07	28.98	29.74	29.49	29.90	29.93	29.80	29.93	29.55	29.80	29.85	29.50	
ZnO	0.04	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	0.02	0.03	0.05	0.02	0.00	0.03	0.00	
CaO	0.07	0.05	0.02	0.03	0.00	0.02	0.06	0.10	0.01	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	
Na ₂ O	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
K ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	
BaO	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.09	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	
F	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	
Cl	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	
H ₂ O*	12.04	12.15	12.01	12.00	12.15	12.14	12.08	12.12	12.06	11.97	12.07	12.12	12.11	12.13	12.05	12.04	12.06	12.10	11.96	
Total	95.82	96.69	95.75	95.88	96.62	96.68	96.23	96.48	96.02	95.55	96.23	96.14	95.84	96.04	95.58	95.40	95.88	95.88	94.98	
Si	5.891	5.813	5.750	5.619	5.806	5.817	5.816	5.823	5.772	5.687	5.759	5.863	5.877	5.836	5.858	5.864	5.833	5.841	5.903	
Al iv	2.109	2.187	2.250	2.381	2.194	2.183	2.184	2.177	2.228	2.313	2.241	2.137	2.123	2.164	2.142	2.136	2.167	2.159	2.097	
Al vi	2.249	2.192	2.185	2.018	2.232	2.208	2.299	2.223	2.253	2.026	2.152	2.200	2.187	2.231	2.143	2.201	2.163	2.203	2.114	
Ti	0.011	0.012	0.010	0.016	0.008	0.018	0.002	0.009	0.013	0.026	0.011	0.009	0.013	0.011	0.017	0.016	0.012	0.009	0.008	
Fe ³⁺	0.096	0.014	0.000	0.000	0.031	0.033	0.063	0.033	0.027	0.000	0.000	0.058	0.050	0.053	0.020	0.054	0.021	0.035	0.015	
Fe ²⁺	0.984	1.079	1.126	1.241	1.051	1.088	1.079	1.083	1.071	1.211	1.124	0.856	0.855	0.859	0.897	0.879	0.947	0.880	1.009	
Mn	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.004	0.009	0.007	0.008	0.006	0.003	0.005	0.002	0.005	0.002	0.001	0.003	
Mg	8.510	8.663	8.685	8.898	8.629	8.601	8.452	8.571	8.584	8.852	8.722	8.787	8.825	8.770	8.862	8.760	8.805	8.804	8.814	
Zn	0.005	0.000	0.001	0.004	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.005	0.002	0.004	0.007	0.002	0.001	0.005	0.000	
Ca	0.016	0.011	0.004	0.005	0.000	0.004	0.014	0.022	0.003	0.013	0.010	0.000	0.000	0.000	0.009	0.007	0.008	0.010	0.008	
Na	0.000	0.006	0.005	0.000	0.000	0.000	0.011	0.010	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.008	0.011	0.010	0.009	0.005	
K	0.000	0.007	0.000	0.007	0.003	0.005	0.004	0.005	0.008	0.001	0.006	0.000	0.001	0.001	0.014	0.000	0.000	0.000	0.010	
Ba	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.005	0.014	0.003	0.000	0.000	0.004	0.000	0.007	0.000	0.000	
F	0.010	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.001	0.011	0.011	0.006	0.029	0.008	0.000	
Cl	0.005	0.000	0.012	0.013	0.002	0.001	0.000	0.000	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.005	0.001	0.000	
OH*	15.98	16.00	15.98	15.98	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	15.96	16.00	15.99	15.98	15.99	15.97	15.99	16.00	
Total	35.88	35.99	36.02	36.19	35.96	35.96	35.92	35.96	35.97	36.14	36.06	35.92	35.94	35.93	35.98	35.93	35.98	35.96	35.99	

CLORITA

Reformatted oxide percentages based on 28 oxygens (with Fe²⁺/Fe³⁺ and OH calculated assuming full site occupancy)

	CP-54A		DCF-22																
Ponto	4.1	4.2	1.1	1.2	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	7.2	8.1	9-incl	10-incl	11-incl	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1
SiO₂	29.77	29.68	31.23	31.50	31.78	31.63	32.26	31.58	30.98	31.48	30.85	31.45	31.85	31.45	31.86	31.41	31.62	31.40	31.93
TiO₂	0.13	0.09	0.01	0.02	0.08	0.02	0.02	0.09	0.04	0.00	0.09	0.09	0.07	0.00	0.06	0.05	0.07	0.06	0.03
Al₂O₃	18.41	18.57	14.33	14.61	14.40	14.61	14.42	14.85	14.94	15.36	15.70	14.44	14.73	14.26	14.76	15.12	14.87	14.66	14.51
Fe₂O₃	0.42	0.53	0.00	0.04	0.03	0.00	0.27	0.33	0.00	0.03	0.00	0.00	0.26	0.00	0.16	0.04	0.00	0.00	0.01
FeO	5.45	5.31	3.45	3.35	4.21	3.85	3.35	3.24	4.42	3.94	3.99	3.79	3.54	3.76	3.64	3.74	3.98	3.79	3.17
MnO	0.02	0.04	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.06	0.01	0.00	0.03	0.01	0.04	0.00	0.01	0.04	0.01	0.01
MgO	29.56	29.36	33.49	32.56	32.41	32.95	32.77	32.11	32.43	32.33	31.97	32.70	32.44	33.33	32.64	32.43	32.91	32.64	33.23
ZnO	0.07	0.02	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01
CaO	0.00	0.03	0.02	0.03	0.04	0.01	0.04	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.05	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02
Na₂O	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
K₂O	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00
BaO	0.00	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00
F	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02
Cl	0.00	0.02	0.01	0.00	0.04	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
H₂O*	12.10	12.08	12.03	12.00	12.06	12.10	12.14	12.03	12.02	12.13	12.03	12.04	12.09	12.08	12.12	12.09	12.17	12.05	12.13
Total	95.96	95.79	94.64	94.20	95.12	95.28	95.35	94.35	94.97	95.36	94.71	94.58	95.02	95.02	95.31	94.90	95.70	94.71	95.06
Si	5.891	5.882	6.190	6.281	6.302	6.247	6.352	6.289	6.152	6.218	6.139	6.259	6.301	6.222	6.287	6.230	6.223	6.241	6.302
Al iv	2.109	2.118	1.810	1.719	1.698	1.753	1.648	1.711	1.848	1.782	1.861	1.741	1.699	1.778	1.713	1.770	1.777	1.759	1.698
Al vi	2.190	2.227	1.551	1.717	1.670	1.653	1.703	1.777	1.658	1.795	1.823	1.650	1.739	1.558	1.722	1.765	1.676	1.679	1.679
Ti	0.019	0.014	0.002	0.003	0.012	0.002	0.003	0.013	0.006	0.000	0.014	0.014	0.010	0.000	0.008	0.007	0.011	0.008	0.004
Fe³⁺	0.063	0.080	0.000	0.007	0.005	0.000	0.040	0.049	0.000	0.004	0.000	0.000	0.039	0.000	0.024	0.005	0.000	0.000	0.002
Fe²⁺	0.902	0.880	0.671	0.559	0.698	0.669	0.552	0.540	0.803	0.652	0.664	0.658	0.586	0.711	0.601	0.620	0.687	0.657	0.523
Mn	0.003	0.006	0.005	0.001	0.005	0.004	0.003	0.003	0.011	0.002	0.000	0.004	0.002	0.006	0.000	0.001	0.006	0.002	0.002
Mg	8.719	8.674	9.895	9.679	9.581	9.701	9.619	9.532	9.599	9.519	9.484	9.701	9.566	9.829	9.601	9.588	9.654	9.670	9.777
Zn	0.011	0.004	0.000	0.006	0.000	0.004	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001
Ca	0.000	0.007	0.005	0.007	0.009	0.003	0.009	0.013	0.004	0.004	0.003	0.005	0.000	0.010	0.004	0.003	0.008	0.005	0.004
Na	0.018	0.000	0.006	0.010	0.002	0.005	0.013	0.000	0.007	0.012	0.000	0.005	0.006	0.008	0.000	0.001	0.004	0.000	0.002
K	0.000	0.001	0.004	0.006	0.011	0.004	0.012	0.011	0.009	0.011	0.009	0.004	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.016	0.000
Ba	0.000	0.009	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.002	0.000
F	0.004	0.000	0.019	0.021	0.000	0.000	0.015	0.000	0.026	0.005	0.016	0.000	0.021	0.008	0.027	0.003	0.005	0.008	0.020
Cl	0.000	0.010	0.007	0.000	0.030	0.028	0.016	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
OH*	16.00	15.99	15.97	15.98	15.97	15.97	15.97	16.00	15.97	16.00	15.98	16.00	15.98	15.99	15.97	16.00	16.00	15.99	15.97
Total	35.93	35.90	36.14	35.99	35.99	36.05	35.95	35.94	36.10	36.00	36.00	36.04	35.95	36.13	35.97	35.99	36.05	36.04	35.99

PLAGIOCLÁSIO – amostra CP-07 (continuação)

Ponto	4.5	4.6	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10	5.11	5.12	5.13	5.14	5.15	6.1	6.2	6.3
SiO₂	64.39	64.22	64.82	63.05	64.47	64.66	64.54	62.54	62.90	63.63	62.98	62.16	62.76	64.73	64.29	64.79	63.92	64.30	64.35	64.18
TiO₂	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	0.00	0.00
Al₂O₃	22.80	22.87	23.28	22.38	22.63	22.55	22.48	23.80	24.09	23.41	23.69	24.29	24.07	22.44	22.90	22.99	22.72	22.70	22.65	22.71
Cr₂O₃	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	0.00	0.00
Fe₂O₃	0.02	0.00	0.07	0.01	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.06	0.01	0.00	0.00
FeO	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	0.00	0.00
MnO	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	0.00	0.00
MgO	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	0.00	0.00
CaO	3.61	3.60	3.62	3.53	3.24	3.14	3.18	4.64	4.76	4.22	4.50	5.35	4.81	3.15	3.53	3.42	3.57	3.51	3.60	3.49
Na₂O	9.47	9.67	9.67	9.05	9.79	9.75	9.67	8.76	8.76	9.08	8.98	8.65	8.82	9.91	9.66	9.65	9.49	9.52	9.57	9.43
K₂O	0.07	0.05	0.07	0.10	0.11	0.13	0.14	0.12	0.12	0.13	0.12	0.10	0.11	0.11	0.08	0.07	0.07	0.07	0.10	0.11
Total	100.36	100.41	101.53	98.12	100.29	100.25	100.03	99.88	100.66	100.47	100.28	100.56	100.58	100.36	100.47	100.93	99.84	100.12	100.28	99.92
Si	2.827	2.821	2.815	2.829	2.833	2.840	2.841	2.769	2.764	2.796	2.777	2.740	2.761	2.842	2.821	2.828	2.823	2.830	2.829	2.829
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	1.180	1.184	1.192	1.184	1.172	1.168	1.167	1.242	1.248	1.213	1.231	1.262	1.248	1.162	1.185	1.183	1.183	1.178	1.174	1.180
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe³⁺	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.170	0.169	0.168	0.170	0.153	0.148	0.150	0.220	0.224	0.199	0.213	0.253	0.227	0.148	0.166	0.160	0.169	0.166	0.170	0.165
Na	0.806	0.824	0.814	0.787	0.834	0.830	0.825	0.752	0.746	0.774	0.768	0.739	0.752	0.844	0.822	0.817	0.813	0.812	0.816	0.806
K	0.004	0.003	0.004	0.006	0.006	0.007	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.004	0.004	0.004	0.004	0.006	0.006
Total	4.988	5.001	4.995	4.976	4.999	4.994	4.991	4.990	4.989	4.989	4.996	5.000	4.994	5.002	4.999	4.992	4.994	4.990	4.995	4.986
An	0.17	0.17	0.17	0.18	0.15	0.15	0.15	0.22	0.23	0.20	0.22	0.25	0.23	0.15	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17
Ab	0.82	0.83	0.83	0.82	0.84	0.84	0.84	0.77	0.76	0.79	0.78	0.74	0.76	0.85	0.83	0.83	0.82	0.83	0.82	0.82
Or	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01

PLAGIOCLÁSIO

Ponto	CP-07 (continuação)							CP-333												
	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	2.1	2.2	2.3
SiO₂	64.47	64.38	64.73	64.76	65.02	64.75	64.67	61.22	63.66	63.80	63.67	64.08	64.27	64.42	63.25	63.57	63.84	61.85	62.01	62.23
TiO₂	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	0.00	0.00
Al₂O₃	22.59	22.67	22.56	22.53	22.69	22.48	22.58	24.79	23.40	23.11	23.06	23.03	22.75	22.74	23.26	23.20	23.36	24.59	24.67	24.24
Cr₂O₃	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	0.00	0.00
Fe₂O₃	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.04	0.16	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.00	0.02
FeO	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	0.00	0.00
MnO	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	0.00	0.00
MgO	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	0.00	0.00
CaO	3.40	3.55	3.31	3.16	3.21	3.24	3.45	5.69	4.26	3.94	3.80	3.81	3.52	3.53	4.17	4.01	3.85	5.63	5.20	5.31
Na₂O	9.35	9.58	9.77	9.72	9.82	9.71	9.65	8.24	8.99	9.27	9.27	9.04	9.49	9.47	9.18	9.07	9.35	8.45	8.62	8.64
K₂O	0.09	0.07	0.12	0.10	0.10	0.09	0.06	0.07	0.08	0.07	0.09	0.10	0.10	0.08	0.08	0.09	0.07	0.06	0.10	0.12
Total	99.90	100.27	100.50	100.29	100.83	100.27	100.44	100.17	100.42	100.19	99.89	100.07	100.13	100.26	99.95	99.97	100.48	100.60	100.61	100.55
Si	2.839	2.830	2.838	2.843	2.839	2.843	2.836	2.708	2.793	2.805	2.806	2.816	2.824	2.826	2.790	2.800	2.798	2.722	2.727	2.739
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	1.173	1.175	1.166	1.166	1.168	1.164	1.168	1.299	1.216	1.203	1.204	1.199	1.184	1.182	1.216	1.211	1.213	1.282	1.285	1.264
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe³⁺	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Fe²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.160	0.167	0.156	0.149	0.150	0.152	0.162	0.271	0.201	0.186	0.180	0.180	0.167	0.167	0.198	0.190	0.182	0.267	0.246	0.252
Na	0.798	0.817	0.831	0.827	0.832	0.827	0.821	0.710	0.769	0.794	0.796	0.774	0.812	0.809	0.789	0.778	0.798	0.725	0.739	0.741
K	0.005	0.004	0.007	0.006	0.006	0.005	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.006	0.006	0.004	0.005	0.005	0.004	0.003	0.006	0.007
Total	4.975	4.993	4.998	4.992	4.995	4.991	4.991	4.992	4.980	4.992	4.992	4.974	4.988	4.984	4.994	4.981	4.991	4.995	5.002	4.998
An	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.15	0.16	0.28	0.21	0.19	0.18	0.19	0.17	0.17	0.20	0.20	0.18	0.27	0.25	0.25
Ab	0.83	0.83	0.84	0.84	0.84	0.84	0.83	0.72	0.79	0.81	0.81	0.81	0.82	0.83	0.80	0.80	0.81	0.73	0.75	0.74
Or	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01

PLAGIOCLÁSIO – amostra CP-333 (continuação)

Ponto	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7
SiO₂	61.73	61.80	61.90	62.38	61.50	61.84	61.48	61.68	62.08	61.68	62.17	61.48	61.39	60.91	61.86	62.59	59.13	63.05	63.35	63.51
TiO₂	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	0.00	0.00
Al₂O₃	24.38	24.64	24.65	24.20	24.67	24.51	24.41	24.42	24.50	24.31	24.30	24.32	24.55	24.26	24.15	23.51	22.34	23.54	23.38	23.76
Cr₂O₃	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	0.00	0.00
Fe₂O₃	0.02	0.00	0.00	0.02	0.06	0.03	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.07	0.01	0.01	0.07	0.03	0.05	0.16
FeO	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	0.00	0.00
MnO	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	0.00	0.00
MgO	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	0.00	0.00
CaO	5.48	5.35	5.41	5.27	5.66	5.52	5.45	5.34	5.28	5.11	5.26	5.31	5.52	5.27	5.22	4.48	4.12	4.49	4.28	4.50
Na₂O	8.47	8.35	8.43	8.37	8.43	8.36	8.39	8.45	8.47	8.53	8.56	8.39	8.24	8.39	8.67	8.96	8.67	9.01	9.18	9.07
K₂O	0.09	0.07	0.08	0.11	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	0.08	0.10	0.10	0.07	0.05	0.05	0.10	0.11	0.11	0.11	0.07
Total	100.17	100.20	100.47	100.36	100.39	100.31	99.81	99.96	100.39	99.71	100.41	99.63	99.80	98.95	99.96	99.65	94.44	100.24	100.36	101.07
Si	2.728	2.727	2.726	2.747	2.714	2.728	2.726	2.729	2.734	2.735	2.739	2.730	2.722	2.724	2.738	2.773	2.767	2.776	2.786	2.774
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	1.276	1.288	1.286	1.263	1.290	1.280	1.282	1.280	1.278	1.277	1.268	1.279	1.289	1.285	1.267	1.234	1.238	1.229	1.218	1.229
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe³⁺	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002
Fe²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.261	0.254	0.256	0.250	0.269	0.262	0.260	0.254	0.250	0.244	0.249	0.254	0.263	0.254	0.249	0.214	0.208	0.213	0.203	0.212
Na	0.729	0.718	0.723	0.718	0.725	0.718	0.725	0.729	0.726	0.737	0.735	0.726	0.712	0.731	0.748	0.773	0.790	0.773	0.786	0.772
K	0.005	0.004	0.005	0.006	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.006	0.006	0.004	0.003	0.003	0.006	0.007	0.006	0.006	0.004
Total	4.996	4.990	4.995	4.979	4.999	4.987	4.992	4.992	4.987	4.997	4.992	4.991	4.986	4.994	4.999	4.995	5.007	4.994	4.996	4.991
An	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.26	0.25	0.22	0.21	0.21	0.20	0.21
Ab	0.73	0.74	0.73	0.74	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74	0.75	0.74	0.74	0.73	0.74	0.75	0.78	0.79	0.78	0.79	0.78
Or	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00

PLAGIOCLÁSIO – amostra CP-333 (continuação)

Ponto	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6
SiO₂	61.88	62.52	62.83	62.97	62.70	63.03	61.82	61.76	62.36	62.51	61.66	60.89
TiO₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al₂O₃	24.34	23.82	23.93	23.89	24.08	24.07	24.66	24.64	24.12	24.14	24.62	24.89
Cr₂O₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe₂O₃	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.08	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	5.15	4.84	4.81	4.72	4.74	4.79	5.45	5.60	5.03	4.92	5.42	5.77
Na₂O	8.86	8.79	8.79	8.78	8.98	8.85	8.30	8.43	8.55	8.76	8.52	8.07
K₂O	0.06	0.09	0.09	0.08	0.10	0.08	0.05	0.06	0.07	0.10	0.09	0.05
Total	100.30	100.06	100.45	100.46	100.60	100.91	100.28	100.48	100.14	100.42	100.32	99.67
Si	2.731	2.760	2.762	2.766	2.754	2.759	2.725	2.721	2.750	2.750	2.721	2.705
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	1.273	1.246	1.247	1.243	1.253	1.249	1.288	1.286	1.260	1.258	1.287	1.310
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe³⁺	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
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
Ca	0.245	0.230	0.228	0.223	0.224	0.226	0.259	0.266	0.239	0.233	0.258	0.276
Na	0.762	0.756	0.753	0.751	0.769	0.755	0.713	0.723	0.735	0.751	0.733	0.698
K	0.003	0.005	0.005	0.005	0.006	0.004	0.003	0.003	0.004	0.006	0.005	0.003
Total	5.010	4.993	4.994	4.985	5.006	4.990	4.983	4.999	4.984	4.994	4.999	4.991
An	0.24	0.23	0.23	0.23	0.22	0.23	0.27	0.27	0.24	0.24	0.26	0.28
Ab	0.75	0.76	0.76	0.77	0.77	0.77	0.73	0.73	0.75	0.76	0.74	0.71
Or	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00

PLAGIOCLÁSIO

Point	CP-65A (resíduo)															CP-65B (leucossoma)				
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.2	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2
SiO₂	62.44	62.60	62.34	63.09	64.02	63.27	67.31	63.21	63.54	63.30	63.90	63.40	64.53	62.89	64.12	63.55	64.58	64.24	63.95	64.52
TiO₂	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.06	0.07	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.01
Al₂O₃	23.31	23.75	23.59	23.94	22.74	23.21	19.88	23.67	22.74	22.81	22.67	22.91	22.20	23.28	22.52	23.24	22.21	22.69	23.05	22.53
Cr₂O₃	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	0.00	0.00
Fe₂O₃	0.19	0.07	0.10	0.12	0.09	0.11	0.08	0.12	0.05	0.14	0.03	0.05	0.15	0.07	0.11	0.09	0.08	0.09	0.21	0.10
FeO	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	0.00	0.00
MnO	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
MgO	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	4.43	4.73	4.79	4.66	3.55	4.02	0.43	4.63	3.75	3.82	3.64	4.00	3.10	4.39	3.48	3.90	3.09	3.61	2.54	3.35
BaO	0.02	0.00	0.05	0.00	0.07	0.05	0.16	0.03	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.06	0.00	0.04	0.00
Na₂O	9.01	8.85	8.79	8.73	9.56	9.15	10.41	8.83	9.40	9.32	9.27	9.19	9.46	9.12	9.50	9.07	9.65	9.30	9.74	9.54
K₂O	0.26	0.10	0.25	0.11	0.13	0.18	1.73	0.15	0.17	0.25	0.25	0.22	0.36	0.14	0.17	0.19	0.31	0.20	0.15	0.29
Total	99.69	100.13	99.91	100.66	100.16	100.01	100.04	100.65	99.69	99.69	99.78	99.83	99.87	99.89	99.91	100.1	100.0	100.2	99.7	100.3
Si	2.775	2.767	2.766	2.771	2.822	2.796	2.965	2.778	2.814	2.807	2.825	2.806	2.847	2.785	2.830	2.802	2.848	2.827	2.824	2.836
Ti	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Al	1.221	1.237	1.233	1.239	1.181	1.209	1.032	1.226	1.187	1.192	1.181	1.195	1.155	1.215	1.172	1.208	1.154	1.177	1.200	1.167
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe³⁺	0.006	0.002	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.001	0.005	0.001	0.001	0.005	0.002	0.004	0.003	0.003	0.003	0.007	0.003
Fe²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	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
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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.211	0.224	0.228	0.219	0.168	0.190	0.020	0.218	0.178	0.182	0.172	0.190	0.147	0.208	0.165	0.184	0.146	0.170	0.120	0.158
Ba	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Na	0.776	0.758	0.756	0.743	0.817	0.784	0.889	0.752	0.807	0.801	0.795	0.788	0.809	0.783	0.813	0.775	0.825	0.794	0.834	0.813
K	0.015	0.005	0.014	0.006	0.007	0.010	0.097	0.008	0.010	0.014	0.014	0.012	0.020	0.008	0.010	0.010	0.018	0.011	0.008	0.016
Total	5.006	4.995	5.001	4.982	4.999	4.995	5.010	4.988	4.999	5.002	4.988	4.995	4.985	5.002	4.993	4.98	4.99	4.98	4.99	4.99
An	0.21	0.23	0.23	0.23	0.17	0.19	0.02	0.22	0.18	0.18	0.18	0.19	0.15	0.21	0.17	0.19	0.15	0.17	0.12	0.16
Ab	0.77	0.77	0.76	0.77	0.82	0.80	0.88	0.77	0.81	0.80	0.81	0.80	0.83	0.78	0.82	0.80	0.83	0.81	0.87	0.82
Or	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02

FELDSPATO ALCALINO – amostra CP-65B

Point	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
SiO₂	64.22	64.11	68.35	64.76	64.36	64.65	64.37	64.35	64.58	64.15	64.51	65.17	64.43	64.44	64.17
TiO₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00
Al₂O₃	18.94	18.68	19.88	18.87	18.81	18.88	18.82	18.77	18.77	18.70	18.89	19.13	18.88	18.83	18.72
Cr₂O₃	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
Fe₂O₃	0.00	0.06	0.00	0.05	0.08	0.08	0.09	0.03	0.00	0.00	0.08	0.01	0.06	0.05	0.05
FeO	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
MnO	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
CaO	0.03	0.05	0.39	0.06	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.07	0.05	0.02	0.01
BaO	1.18	0.80	0.04	0.80	0.84	0.93	0.99	0.87	0.88	1.06	0.84	0.94	0.75	0.83	0.98
Na₂O	1.45	0.63	11.28	0.80	0.96	0.49	0.92	1.04	1.21	0.78	1.06	3.64	1.16	1.01	0.74
K₂O	13.98	15.45	0.13	15.10	14.94	15.64	14.97	14.82	14.52	15.14	15.05	11.34	14.47	14.86	15.00
Total	99.82	99.79	100.08	100.44	100.06	100.70	100.19	99.89	99.97	99.86	100.49	100.32	99.79	100.07	99.67
Si	2.974	2.979	2.991	2.982	2.977	2.979	2.977	2.980	2.992	2.985	2.974	2.972	2.980	2.979	2.982
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Al	1.034	1.023	1.025	1.024	1.026	1.025	1.026	1.025	1.025	1.025	1.026	1.028	1.029	1.026	1.025
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe³⁺	0.000	0.002	0.000	0.002	0.003	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.002	0.002
Fe²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.001	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	0.000
Mg	0.000	0.001	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	0.002	0.002	0.018	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.003	0.002	0.001	0.000
Ba	0.021	0.015	0.001	0.014	0.015	0.017	0.018	0.016	0.016	0.019	0.015	0.017	0.014	0.015	0.018
Na	0.130	0.057	0.957	0.071	0.086	0.044	0.083	0.094	0.109	0.070	0.094	0.322	0.104	0.091	0.067
K	0.826	0.916	0.007	0.887	0.882	0.919	0.883	0.876	0.858	0.899	0.885	0.660	0.854	0.876	0.889
Total	4.987	4.995	5.000	4.984	4.992	4.989	4.991	4.991	5.000	5.000	5.001	5.004	4.984	4.990	4.983
An	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ab	0.14	0.06	0.97	0.07	0.09	0.05	0.09	0.10	0.11	0.07	0.10	0.33	0.11	0.09	0.07
Or	0.86	0.94	0.01	0.92	0.91	0.95	0.91	0.90	0.89	0.93	0.90	0.67	0.89	0.91	0.93

RUTILO – amostra CP-07

	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	5.1	5.2	5.3	6.1	6.2	6.3
TiO₂	97.88	97.12	96.82	96.22	95.93	97.38	96.18	95.38	96.91	95.51	97.15	94.48	97.76	75.94	87.97	96.16
Cr₂O₃	0.22	0.22	0.23	0.32	0.22	0.23	0.18	0.24	0.26	0.31	0.05	0.25	0.01	0.61	0.29	0.36
Al₂O₃	0.02	0.01	0.12	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.04	0.03	0.22	0.13	0.04	11.73	0.02	0.04
Nb₂O₅	0.81	1.07	1.22	1.49	0.60	0.65	1.32	1.38	1.37	2.39	0.27	1.96	0.26	2.19	0.85	0.78
FeO	0.72	0.93	0.50	0.68	1.78	0.30	0.40	0.98	0.38	0.79	0.18	0.61	0.06	3.03	11.06	0.22
V₂O₃	0.75	0.76	0.79	0.84	0.72	0.73	0.74	0.72	0.73	0.92	0.51	0.86	0.48	0.73	0.64	0.73
ZrO₂	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.03	0.06	0.04	0.05	0.07	0.08
SiO₂	0.03	0.02	0.09	0.02	0.02	0.02	0.11	0.03	0.04	0.02	0.29	0.13	0.05	4.74	0.03	0.07
Total	100.49	100.22	99.85	99.65	99.34	99.40	99.03	98.82	99.78	100.03	98.70	98.47	98.70	99.02	100.93	98.43
Ti	0.981	0.978	0.977	0.975	0.977	0.985	0.978	0.975	0.978	0.966	0.986	0.969	0.992	0.756	0.920	0.982
Cr	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.001	0.003	0.000	0.006	0.003	0.004
Al	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.004	0.002	0.001	0.183	0.000	0.001
Nb	0.005	0.006	0.007	0.009	0.004	0.004	0.008	0.008	0.008	0.015	0.002	0.012	0.002	0.013	0.005	0.005
Fe	0.008	0.010	0.006	0.008	0.020	0.003	0.005	0.011	0.004	0.009	0.002	0.007	0.001	0.034	0.129	0.003
V	0.008	0.008	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.010	0.006	0.009	0.005	0.008	0.007	0.008
Zr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Si	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.001	0.063	0.000	0.001
Total	1.005	1.006	1.004	1.005	1.012	1.003	1.003	1.006	1.003	1.004	1.003	1.004	1.001	1.063	1.066	1.003

RUTILO – amostra CP-333

	1.1	1.2	1.3	1.4	2	3	4	5.1	5.2	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1	7.2	7.3
TiO₂	99.45	99.33	99.56	99.63	99.15	99.25	99.43	99.21	99.25	98.88	99.76	100.09	99.60	99.84	99.78	99.23
Cr₂O₃	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	0.13	0.18	0.21	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.14
Al₂O₃	0.04	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Nb₂O₅	0.29	0.28	0.29	0.29	0.59	0.54	0.48	0.60	0.59	0.70	0.41	0.25	0.44	0.42	0.52	0.91
FeO	0.11	0.10	0.10	0.11	0.16	0.18	0.17	0.22	0.43	0.85	0.31	0.31	0.47	0.23	0.35	0.40
ZrO₂	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
Ta₂O₅	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
SnO₂	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
SiO₂	0.00	0.13	0.00	0.00	0.06	0.07	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.13
Total	100.11	100.08	100.17	100.25	100.19	100.26	100.34	100.31	100.58	100.64	100.66	100.81	100.71	100.68	100.85	100.94
Ti	0.995	0.994	0.996	0.995	0.992	0.992	0.993	0.992	0.991	0.988	0.994	0.995	0.992	0.994	0.993	0.987
Cr	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Al	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Nb	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.005
Fe	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005	0.009	0.003	0.003	0.005	0.003	0.004	0.004
Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Si	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Total	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.002	1.004	1.002	1.002	1.003	1.001	1.002	1.002

RUTILO – amostra CP-60

Point	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	3-reliquiar.1	3-reliquiar.1	3-reliquiar.2	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	5.1	5.2
TiO2	98.43	98.31	97.73	96.85	97.22	97.17	97.96	97.55	97.16	68.33	92.17	61.87	57.10	98.21	98.06	98.14	98.21	98.42	97.03	98.36
Cr2O3	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.06	0.04	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.15	0.15
V2O3	0.84	0.82	0.82	0.93	0.90	0.92	1.09	1.10	1.10	0.87	1.07	0.59	0.51	0.89	0.88	0.89	0.90	0.90	0.92	0.90
Al2O3	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	5.10	0.20	0.00	0.08	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Nb2O5	0.52	0.40	0.36	0.60	0.40	0.49	0.64	0.66	0.64	0.72	0.65	0.31	0.20	0.36	0.35	0.33	0.33	0.32	0.45	0.57
FeO	0.10	0.12	0.22	0.14	0.12	0.23	0.14	0.09	0.15	9.00	0.48	22.63	33.44	0.24	0.15	0.14	0.16	0.31	0.37	0.22
ZrO2	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10	0.07	0.07	0.10	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.11	0.10
SiO2	0.03	0.03	0.12	0.11	0.03	0.03	0.07	0.04	0.05	5.98	0.52	0.04	0.20	0.06	0.02	0.02	0.01	0.04	0.18	0.08
Total	0.73	0.64	0.81	0.95	0.62	0.84	0.94	0.90	0.95	20.88	1.97	23.05	33.99	0.74	0.59	0.55	0.57	0.73	1.13	0.98

Apêndice F

Scriptfiles das Pseudosseções

```
% CP-07
axfile 6NCKFMASHTO
setexcess q
which no
omit
setdefTwindow 500 900
setdefPwindow 2 14
seta no
setmu no
setiso no
usecalcq no
calcq yes
dogmin no
calctatp ask
project yes
pseudo yes
calcah2o no
calcsdnle no
printbulkinfo no
pseudosection yes
% -----
%          H2O   SiO2   Al2O3   CaO   MgO   FeO   K2O   Na2O   TiO2   O2
setbulk yes 4.90  67.99  10.02  1.06  4.54  8.10  1.63  1.91  0.57  0.3
% -----
project no
setmodeiso yes
zeromodeiso yes
infolevel 1
c8 no
incax yes
incthermo no
incnler no
smath no
tabsmath no
xinsmath no
drawpd yes
cmath yes
printxyz yes
samecoding mu pa
*
```

% CP-333

axfile 6NCKFMASHTO

setexcess q

which no
omit

setdefTwindow 500 900

setdefPwindow 2 14

seta no
setmu no
setiso no

usecalcq no

calcg yes
dogmin no

calctatp ask

project yes
pseudo yes

calcah2o no
calcsdnl no

printbulkinfo no

pseudosection yes

```
% -----  
%          H2O  SiO2  Al2O3  CaO  MgO  FeO  K2O  Na2O  TiO2  O2  
setbulk yes  7.00  64.86  11.54  1.44  5.72  9.67  2.02  1.37  0.69  0.4  
% -----
```

project no

setmodeiso yes
zeromodeiso yes

infolevel 1
c8 no

incax yes
incthermo no
incnlr no

smath no
tabsmath no
xinsmath no
drawpd yes
cmath yes
printxyz yes

samecoding mu pa
*

Apêndice G

Resultados dos cálculos geotermobarométricos

=====

Average PT (for x(H2O) = 1.0)

Single end-member diagnostic information

avP, avT, sd's, cor, fit are result of doubling the uncertainty on ln a:

a ln a suspect if any are v different from 1sq values.

e* are ln a residuals normalised to ln a uncertainties:

large absolute values, say >2.5, point to suspect info.

=====

CP-07-I-1

Activities and their uncertainties

	py	gr	alm	phl	ann	east	mu
a	0.00540	0.000360	0.410	0.0550	0.0290	0.0630	0.650
sd(a)/a	0.20397	0.42172	0.15000	0.11719	0.15000	0.11220	0.10000

	cel	fcel	pa	mst	fst	an	ab
a	0.0319	0.0201	0.760	0.00160	0.410	0.300	0.830
sd(a)/a	0.31348	0.49751	0.05000	0.25600	0.20000	0.05000	0.05000

	q	H2O	ky
a	1.00	1.00	1.00
sd(a)/a	0		0

Independent set of reactions

- 1) $gr + q + 2ky = 3an$
- 2) $23gr + 6fst + 48q = 8alm + 69an + 12H2O$
- 3) $gr + 2pa + 3q = 3an + 2ab + 2H2O$
- 4) $ann + 3an = gr + alm + mu$

Calculations for the independent set of reactions (for x(H2O) = 1.0)

	P(T)	sd(P)	a	sd(a)	b	c	ln_K	sd(ln_K)
1	8.4	0.55	42.01	0.57	-0.13943	6.383	4.317	0.448
2	8.4	0.57	1511.79	14.01	-3.74093	141.875	97.519	10.434
3	8.2	0.46	141.47	0.69	-0.26194	7.998	4.494	0.469
4	8.7	0.55	-35.61	1.15	0.12483	-7.328	-2.099	0.505

hat are the diagonal elements of the hat matrix:

large values, say >0.38, point to influential data.

For 95% confidence, fit (= sd(fit)) < 1.73

	avP	sd	avT	sd	cor	fit		
lsg	8.4	0.6	657	12	0.715	0.99		
	P	sd(P)	T	sd(T)	cor	fit	e*	hat
gr	8.27	0.88	655	14	0.778	0.98	0.15	0.66
alm	8.37	0.66	656	13	0.764	0.98	0.12	0.17
ann	8.38	0.60	657	12	0.712	0.75	-0.75	0.01
mu	8.39	0.60	657	12	0.713	0.85	0.50	0.00
pa	8.40	0.60	653	15	0.617	0.94	-0.28	0.36
fst	8.60	0.65	662	14	0.763	0.82	0.63	0.18
an	8.38	0.66	656	12	0.728	0.98	-0.05	0.08
ab	8.40	0.60	653	15	0.617	0.94	0.28	0.36
q	8.41	0.60	657	12	0.715	0.99	0	0
H2O	8.41	0.60	657	12	0.715	0.99	0	0
ky	8.41	0.60	657	12	0.715	0.99	0	0

T = 657jC, sd = 12,

P = 8.4 kbars, sd = 0.6, cor = 0.715, sigfit = 0.99

=====

CP-07-I-2

Activities and their uncertainties

	gr	alm	phl	ann	east	mu
a	0.000400	0.410	0.0630	0.0300	0.0660	0.670
sd(a)/a	0.40716	0.15000	0.11220	0.15000	0.11044	0.10000
	cel	fcel	pa	fst	an	ab
a	0.0212	0.0150	0.620	0.390	0.290	0.830
sd(a)/a	0.47170	0.66667	0.05000	0.20000	0.05041	0.05000
	q	H2O	ky			
a	1.00	1.00	1.00			
sd(a)/a	0		0			

Independent set of reactions

- 1) $gr + q + 2ky = 3an$
- 2) $23gr + 6fst + 48q = 8alm + 69an + 12H2O$
- 3) $gr + 2pa + 3q = 3an + 2ab + 2H2O$
- 4) $phl + cel + 2ky = 2east + 5q$
- 5) $2cel + 2ky = east + mu + 5q$
- 6) $ann + 3an = gr + alm + mu$
- 7) $2phl + 4ann + 9an = 3gr + 3alm + 3east + 3fcel$

calculations for the independent set of reactions (for $x(H2O) = 1.0$)

	P(T)	sd(P)	a	sd(a)	b	c	ln_K	sd(ln_K)
1	7.8	0.50	42.05	0.57	-0.13973	6.410	4.110	0.434
2	7.6	0.53	1527.71	14.01	-3.76279	142.313	93.057	10.133

3	6.7	0.42	142.29	0.69	-0.26336	8.051	4.694	0.457
4	7.3	1.29	13.18	0.95	-0.05055	3.080	1.182	0.533
5	9.1	2.08	-9.31	0.90	-0.06250	3.362	4.589	0.955
6	8.1	0.51	-36.23	1.15	0.12578	-7.355	-1.896	0.494
7	9.0	0.82	-14.87	4.49	0.38816	-23.039	-16.204	2.534

hat are the diagonal elements of the hat matrix:
 large values, say >0.47, point to influential data.
 For 95% confidence, fit (= sd(fit)) < 1.49

	avP	sd	avT	sd	cor	fit
lsg	8.6	0.8	682	17	0.713	1.35

	P	sd(P)	T	sd(T)	cor	fit	e*	hat
gr	7.98	0.93	676	17	0.752	1.24	0.97	0.56
alm	8.67	0.81	684	18	0.755	1.34	-0.30	0.15
phl	8.72	0.71	683	16	0.712	1.24	-0.89	0.03
ann	8.57	0.69	683	15	0.711	1.23	-1.06	0.01
east	8.79	0.70	684	15	0.712	1.21	1.24	0.07
mu	8.59	0.76	682	17	0.709	1.35	0.19	0.01
cel	8.54	0.75	681	17	0.718	1.32	0.69	0.04
fcel	8.57	0.76	682	17	0.717	1.34	0.33	0.02
pa	8.55	0.74	675	20	0.635	1.30	-0.52	0.36
fst	8.96	0.69	692	16	0.757	1.14	1.34	0.17
an	8.45	0.81	681	17	0.722	1.32	-0.36	0.08
ab	8.55	0.74	675	20	0.635	1.30	0.52	0.36
q	8.60	0.76	682	17	0.713	1.35	0	0
H2O	8.60	0.76	682	17	0.713	1.35	0	0
ky	8.60	0.76	682	17	0.713	1.35	0	0

T = 682;C, sd = 17,
 P = 8.6 kbars, sd = 0.8, cor = 0.713, sigfit = 1.35

=====

CP-07-II-1

Activities and their uncertainties

	py	gr	alm	phl	ann	east	mu
a	0.00450	0.000180	0.430	0.0630	0.0340	0.0640	0.650
sd(a)/a	0.20912	0.53133	0.15000	0.11220	0.15000	0.11161	0.10000
	cel	fcel	pa	mst	fst	an	ab
a	0.0277	0.0210	0.720	0.00210	0.380	0.280	0.830
sd(a)/a	0.36101	0.47619	0.05000	0.24707	0.20000	0.05184	0.05000
	q	H2O	ky				
a	1.00	1.00	1.00				
sd(a)/a	0		0				

Independent set of reactions

- 1) $gr + q + 2ky = 3an$
- 2) $23gr + 6fst + 48q = 8alm + 69an + 12H_2O$
- 3) $gr + 2pa + 3q = 3an + 2ab + 2H_2O$
- 4) $2phl + mu + 2ky = 3east + 5q$
- 5) $ann + 3an = gr + alm + mu$

Calculations for the independent set of reactions (for $x(H_2O) = 1.0$)

	P(T)	sd(P)	a	sd(a)	b	c	ln_K	sd(ln_K)
1	7.8	0.67	41.48	0.57	-0.13905	6.405	4.804	0.554
2	7.8	0.70	1511.92	14.01	-3.75339	143.259	109.538	12.846
3	7.7	0.54	141.75	0.69	-0.26394	8.189	5.088	0.571
4	6.3	1.19	35.85	1.10	-0.03911	2.834	-2.287	0.415
5	8.0	0.65	-35.16	1.15	0.12463	-7.359	-2.697	0.601

What are the diagonal elements of the hat matrix :
 large values, say >0.38 , point to influential data.
 For 95% confidence, $fit (= sd(fit)) < 1.61$

	avP	sd	avT	sd	cor	fit
lsq	7.7	0.6	658	13	0.742	0.87

	P	sd(P)	T	sd(T)	cor	fit	e*	hat
gr	7.51	0.84	656	14	0.789	0.84	0.31	0.53
alm	7.55	0.71	655	14	0.790	0.81	0.45	0.19
phl	7.83	0.66	659	13	0.744	0.74	-0.59	0.04
ann	7.69	0.64	658	13	0.740	0.76	-0.61	0.01
east	7.90	0.67	660	13	0.745	0.66	0.88	0.09
mu	7.69	0.65	658	13	0.738	0.86	0.14	0.02
pa	7.71	0.64	658	15	0.635	0.87	0.02	0.36
fst	7.76	0.70	659	15	0.791	0.86	0.15	0.20
an	7.68	0.68	658	13	0.751	0.86	-0.09	0.05
ab	7.71	0.64	658	15	0.635	0.87	-0.02	0.36
q	7.71	0.64	658	13	0.742	0.87	0	0
H2O	7.71	0.64	658	13	0.742	0.87	0	0
ky	7.71	0.64	658	13	0.742	0.87	0	0

$T = 658jC$, $sd = 13$,

$P = 7.7$ kbars, $sd = 0.6$, $cor = 0.742$, $sigfit = 0.87$

=====

CP-333

Apêndice H

Dados de U-Pb em zircão obtidos via LA-MC-ICP-MS

Legenda para a descrição das características texturais do ponto analisado (segunda coluna da planilha de dados analíticos de acordo com as populações descritas no texto).

SITE (posição do spot)	HABIT (forma do grão)	CL/BSE PETROGRAPHY (estrutura interna)
m = middle	p = prism (comprimento/largura>2)	osc = oscillatory zoning
e = end or edge	rd = round	sz = sector zoning
c = core	ov = ovoid	ic = inherited core
	eq = equant	r = rim/overgrowth
	fr = fragment	hb = homogeneous bright
	anh - anhedral	hd = homogeneous dark
		rx = recrystallization

Observações para as planilhas:

- Valores de 1 e 2 σ em %;
- Pontos destacados em cinza não foram utilizados;
- Zircão com análise química de traços e ETR estão destacados em verde;
- pop. = população de cristais com mesmas características.

Unidade Petúnia: amostra CP-38

spot	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1 σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1 σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ	Rho	t.76	2 σ	t.68	2 σ	t.75	2 σ	concordância
1	c	p	ic/rx	0.0465	32	0.151	33016	49.08	0.16215	2.50	6.443	3.38	0.2881	2.25	0.67	2478.7	84.6	1632	64.8	2038.2	59.4	65.8
2	e	p	osc/ic	0.2026	128	0.251	7505	11.69	0.18649	1.60	9.246	1.98	0.3596	1.11	0.56	2711.4	54.2	1980.3	37.8	2362.7	36.2	73.0
3	c	p	osc/ic	0.0190	44	0.307	76482	34.86	0.22521	1.40	17.331	2.19	0.5581	1.64	0.75	3018.4	46.4	2858.8	75.8	2953.3	42	94.7
4	c	p	ic/rx	0.0734	55	0.285	20546	41.93	0.18585	1.30	10.355	2.99	0.4041	2.66	0.89	2705.8	45	2187.9	98.8	2467	55.4	80.9
5	c	fr	ic	0.0666	95	0.211	23060	36.69	0.17068	1.20	6.732	1.48	0.2860	0.79	0.53	2564.7	42	1621.5	23	2076.8	26.2	63.2
6	m	fr	rx	0.0139	53	0.364	107521	56.68	0.20720	0.51	13.160	1.11	0.4606	0.91	0.82	2883.9	20.6	2442.2	36.6	2691.2	21	84.7
7	c	p	sz/ic	0.0810	50	0.258	18619	40.20	0.18809	0.86	10.528	2.76	0.4059	2.59	0.94	2725.8	31	2196.1	96.4	2482.4	51.2	80.6
8	c	p	ic/osc/rx	0.3697	53	0.151	4171	26.62	0.14720	2.03	4.862	3.02	0.2396	2.21	0.73	2313.3	70.8	1384.6	55	1795.7	50.8	59.9
9	e	ov	osc/rx	0.4660	399	0.232	3302	6.14	0.17083	2.07	6.196	2.54	0.2631	1.43	0.56	2565.5	70.4	1505.7	38.4	2003.9	44.4	58.7
10	e	p	rx	0.5920	182	0.388	2575	17.03	0.18865	2.54	8.892	2.70	0.3418	0.84	0.31	2730.7	84.6	1895.3	28	2327	49.2	69.4
11	c	fr	sz	0.0443	68	0.365	34619	70.11	0.17351	0.88	7.064	1.88	0.2952	1.62	0.86	2592.2	32	1667.5	47.6	2119.5	33.4	64.3
12	c	p	sz	0.0726	64	0.354	20774	30.12	0.20011	0.81	11.165	1.57	0.4046	1.30	0.82	2827.3	29.4	2190.2	48.2	2537	29.2	77.5
13.1	e	p	osc	0.0126	108	0.292	121274	54.24	0.16722	1.85	6.852	2.05	0.2971	0.81	0.40	2530.5	63	1676.9	23.6	2092.5	36.4	66.3
13.2	c	p	osc	0.0702	70	0.451	21617	34.93	0.18873	2.23	9.766	2.52	0.3753	1.11	0.44	2731.1	74.6	2054.3	39	2412.9	46.4	75.2
14	c	p	sz	0.0064	41	0.565	225757	47.63	0.22445	0.51	17.527	2.24	0.5663	2.15	0.96	3013	20.2	2892.6	100.2	2964.1	43	96.0
15.1	m	p	osc	0.0088	25	0.386	166321	33.69	0.21509	0.43	15.342	0.84	0.5173	0.62	0.74	2944.36	18.5	2687.7	26.4	2836.71	16.2	91.3
15.2	c	p	ic/rx	0.0083	26	0.538	180946	29.44	0.20725	0.39	12.473	0.86	0.4365	0.68	0.78	2884.13	17.32	2335	27.4	2640.69	15.98	81.0
16	e	p	osc	0.1127	90	0.436	13550	50.51	0.18508	0.73	8.434	1.75	0.3305	1.54	0.88	2698.9	27.4	1840.8	49.4	2278.8	31.8	68.2
17.1	e	ov	osc/rx	0.0550	76	0.102	28101	67.68	0.16119	3.79	5.007	4.29	0.2253	1.97	0.46	2468.1	128.6	1309.8	46.8	1820.5	72.6	53.1
17.2	c	ov	ic	0.2892	258	0.440	5078	16.19	0.21372	1.72	15.376	1.97	0.5217	0.90	0.46	2934.3	56.6	2706.4	39.8	2838.8	37.6	92.2
18	e	p	osc/rx	0.0943	76	0.368	16293	24.11	0.16982	0.76	6.583	1.84	0.2811	1.63	0.89	2556.2	28	1596.9	46.2	2057.1	32.4	62.5
19	e	fr	osc/hb	0.2342	50	0.248	6555	36.91	0.16148	1.18	6.306	2.28	0.2832	1.91	0.84	2471.4	41.8	1607.5	54.4	2019.3	40	65.0
20	c	p	rx	0.1505	221	0.491	10278	5.80	0.10969	0.94	3.101	1.35	0.2050	0.89	0.66	1794.6	37	1202.12	19.74	1432.9	20.8	67.0
21	e	p	sz	0.3816	153	0.129	4026	19.26	0.17036	2.13	6.537	2.83	0.2783	1.82	0.64	2561.2	72.8	1582.8	51	2050.9	49.8	61.8
22.1	e	p	osc	0.0155	49	0.324	94643	75.82	0.21406	0.45	15.340	0.85	0.5197	0.63	0.73	2936.67	18.8	2697.9	28.6	2836.59	16.2	91.9
22.2	c	p	osc	0.0118	62	0.457	124664	52.07	0.21800	0.46	15.224	0.91	0.5065	0.69	0.76	2965.95	18.86	2641.7	30.4	2829.36	17.16	89.1
23.1	e	p	osc	0.0047	36	0.325	318559	26.40	0.20766	0.58	13.422	0.99	0.4687	0.72	0.72	2887.6	22.6	2477.9	28.8	2709.81	18.9	85.8
23.2	c	p	ic	0.0083	56	0.541	177623	33.88	0.21424	0.52	14.402	1.14	0.4875	0.95	0.83	2938.1	20.6	2559.9	40.2	2776.6	21.6	87.1
24	m	p	osc/hb	0.0061	29	0.483	238017	28.18	0.21861	0.70	16.904	1.07	0.5608	0.71	0.67	2970.5	25.6	2869.9	32.4	2929.4	20.6	96.6
25	m	fr	ic/rx	0.0078	58	0.496	192368	62.74	0.19175	0.79	10.743	1.26	0.4063	0.91	0.72	2757.4	28.8	2198	33.6	2501.1	23.4	79.7
26	c	p	sz	0.0179	101	0.397	83233	63.77	0.19341	7.76	12.243	7.81	0.4590	0.79	0.10	2772	254	2435.1	32.4	2623.2	146.4	87.8

Unidade Petúnia: amostra CP-38 (continuação)

spot	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
27	c	p	sz	0.0085	32	0.572	166781	35.40	0.22582	0.81	18.972	1.67	0.6093	1.41	0.85	3022.7	28.2	3067.2	68.8	3040.4	32.2	101.5
28	c	p	ic/rx	0.0215	72	0.419	70166	47.37	0.19773	0.77	10.835	1.17	0.3974	0.80	0.68	2807.7	28	2157.1	29.4	2509.1	21.8	76.8
29.1	e	p	osc/hb	0.0711	114	0.304	21423	12.29	0.18399	0.45	8.786	0.86	0.3463	0.63	0.73	2689.33	19.22	1916.9	21.6	2316.04	15.5	71.3
29.2	c	p	sz	0.0070	41	0.485	215741	29.61	0.19823	0.77	11.072	1.76	0.4051	1.53	0.87	2811.7	28.4	2192.5	56.8	2529.2	32.8	78.0
30	c	ov	ic/osc	0.0193	46	0.396	75461	56.00	0.21703	0.65	16.254	1.22	0.5431	0.96	0.79	2959	24.2	2796.4	43.2	2891.9	23.4	94.5
31	m	p	hd	0.0075	42	0.202	197500	52.20	0.21619	0.76	15.170	2.12	0.5089	1.94	0.92	2952.6	26.8	2651.9	84.4	2826	40.4	89.8
32	c	p	ic/rx	0.5047	464	0.290	2991	15.67	0.20556	1.77	11.422	2.61	0.4030	1.88	0.72	2870.8	58.8	2182.8	69.6	2558.2	48.8	76.0
33	c	p	osc	0.0969	289	0.505	15649	16.69	0.18960	0.65	9.866	0.98	0.3774	0.64	0.65	2738.7	25	2064.1	23	2422.34	18.44	75.4
34	m	p	osc	0.0225	64	0.330	61043	66.69	0.23006	0.71	21.830	1.58	0.6882	1.37	0.86	3052.5	25.8	3375.7	72	3176.2	30.6	110.6

Gnaise Ribeirão da Conquista: amostra CP-94

spot	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
1	c	p	sz	1.5653	185	0.225	930	7.75	0.16890	3.38	12.831	4.09	0.5509	2.27	0.56	2547	113.6	2828.9	104	2667.3	77	111.1
2	c	p	sz	0.0051	248	0.589	288957	64.18	0.20293	2.29	14.277	2.66	0.5102	1.30	0.49	2850	75.6	2657.5	56.6	2768.3	50.4	93.2
3.1	e	p	osc	2.8871	5043	0.182	537	11.77	0.25183	1.87	6.164	3.31	0.1775	2.71	0.82	3197	60	1053.3	52.6	1999.4	57.8	33.0
3.2	c	p	ic	0.0204	57	0.300	72358	44.06	0.20195	0.75	13.925	0.98	0.5001	0.50	0.51	2842	28	2614.2	21.4	2744.62	18.94	92.0
4	e	p	osc	n.a.	6243	0.175	193	5.78	0.34341	3.40	-2.713	12.23	-0.0573	11.74	0.96		0		0		0	
5.1	e	p	osc	9.6851	6514	0.018	161	1.34	0.22333	2.08	2.035	2.64	0.0661	1.58	0.60	3005	67.8	412.62	12.64	1127.3	36	13.7
5.2	c	p	ic	2.0527	7162	0.247	715	24.73	0.22212	1.43	16.056	2.27	0.5242	1.73	0.76	2996	47.4	2717	76.8	2880.1	43.4	90.7
6.1	e	p	osc	0.0072	363	0.530	203434	18.89	0.18218	0.78	13.375	1.26	0.5324	0.91	0.72	2673	29	2751.6	40.4	2706.5	23.8	102.9
6.2	c	p	ic/hd	0.0102	65	0.546	144185	58.61	0.20223	0.76	14.395	1.02	0.5162	0.56	0.55	2845	27.8	2683	24.2	2776.1	19.36	94.3
7	e	p	osc/hd	0.7237	2511	0.013	2063	18.42	0.16502	1.75	10.384	2.04	0.4564	0.97	0.48	2508	60.2	2423.6	38.4	2469.6	37.8	96.6
8	e	p	osc	0.7391	1182	0.312	2024	6.12	0.22398	0.69	13.862	2.14	0.4488	1.99	0.93	3010	25.2	2389.9	79.4	2740.3	40.6	79.4
9.1	e	p	osc	0.1158	144	0.190	12742	9.45	0.19868	0.43	13.791	0.86	0.5034	0.64	0.75	2815	18.38	2628.4	28	2735.46	16.1	93.4
9.2	c	p	ic	0.1969	215	0.614	7393	8.30	0.23048	0.41	17.478	0.83	0.5500	0.63	0.75	3055	18	2825.2	29.8	2961.45	16.32	92.5
10.1	e	p	hd	0.4637	1452	0.076	3252	7.57	0.18608	2.13	10.473	2.34	0.4082	0.90	0.38	2708	71.4	2206.7	33.6	2477.5	43.4	81.5
10.2	c	p	rx/hd	0.0996	653	0.082	15486	17.54	0.18847	2.39	6.073	4.49	0.2337	3.78	0.84	2729	80.2	1353.9	92.4	1986.4	78.2	49.6
11.1	e	p	rx	0.0149	870	0.077	99869	95.92	0.19008	1.35	12.633	1.80	0.4820	1.13	0.63	2743	46	2536	47.4	2652.7	33.8	92.5
11.2	m	p	ic/osc	0.8871	2508	0.115	1699	5.69	0.20372	1.39	11.545	2.12	0.4110	1.56	0.74	2856	46.4	2219.5	58.6	2568.2	39.6	77.7
12.1	e	p	osc/rx	0.4018	3594	0.162	3799	30.13	0.21564	1.13	9.855	5.36	0.3314	5.23	0.98	2949	34.4	1845.2	168.4	2421.3	98.6	62.6
12.2	c	p	ic	0.3633	680	0.087	4101	6.04	0.20547	0.51	13.206	1.03	0.4661	0.81	0.79	2870	20.6	2466.4	32.8	2694.49	19.44	85.9

Gnaiss Ribeirão da Conquista: amostra CP-94 (continuação)

spot	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
13.1	e	p	osc	3.6542	9444	0.056	403	20.09	0.18515	3.76	13.075	4.09	0.5121	1.56	0.38	2700	125	2665.6	68.2	2685.1	77.2	98.7
13.2	m	p	osc/hb	0.3790	252	0.458	3876	8.01	0.20255	0.54	14.529	0.91	0.5202	0.62	0.69	2847	21.2	2700	26.4	2784.9	17.1	94.8
14.1	e	p	osc	0.0055	1	0.164	273972	23.78	0.17564	0.98	9.328	1.51	0.3852	1.09	0.72	2612	34.8	2100.5	39	2370.8	27.6	80.4
14.2	c	p	ic/sz	0.0201	62	0.117	72989	53.07	0.20393	0.48	14.624	0.89	0.5200	0.65	0.73	2858	20	2699.2	28.6	2791.09	17.1	94.4
15.1	e	p	osc/rx	12.3363	13883	0.109	126	3.84	0.33938	0.78	6.884	2.91	0.1471	2.78	0.96	3660	25	884.7	46	2096.6	51.6	24.2
15.2	c	p	osc/rx	0.0128	51	0.850	114934	49.26	0.20470	0.44	14.655	0.79	0.5192	0.55	0.69	2864	18.84	2695.8	24.2	2793.11	15.2	94.1
16.1	e	p	hd	0.1777	693	0.025	8429	11.16	0.18524	2.58	11.265	2.67	0.4410	0.59	0.22	2701	86	2355.1	23.6	2545.3	49.8	87.2
16.2	c	p	ic	0.0169	80	0.797	90637	67.60	0.17086	0.80	6.957	1.44	0.2953	1.13	0.79	2566	29.6	1668	33.2	2106	25.6	65.0
17.1	e	p	rx/hd	25.3799	13535	0.016	61	1.90	0.33103	1.44	5.381	1.72	0.1179	0.87	0.50	3622	45.6	718.47	11.56	1881.8	29.4	19.8
17.2	c	p	ic/sz	1.1247	870	0.472	1332	4.42	0.21139	0.77	12.804	1.08	0.4393	0.66	0.61	2916	27.8	2347.5	25.6	2665.3	20.4	80.5
18.1	e	p	osc	13.9507	18024	0.018	112	2.87	0.28276	1.75	4.553	3.06	0.1168	2.48	0.81	3378	56	712.1	33.4	1740.7	51	21.1
18.2	c	p	ic/rx	14.9126	21868	0.034	104	1.98	0.28201	1.22	5.256	1.55	0.1352	0.88	0.57	3374	39.8	817.46	13.82	1861.7	26.4	24.2
19	m	p	ic/osc	0.0071	34	0.276	202104	34.71	0.22823	0.48	18.656	0.87	0.5928	0.62	0.71	3040	19.18	3000.8	28.8	3024.2	16.38	98.7
20.1	e	p	osc	0.7792	2539	0.491	1997	18.94	0.28407	2.17	4.320	18.66	0.1103	18.53	0.99	3385	82	674	238	1697	308	19.9
20.2	c	p	ic/osc	0.0093	43	0.641	157327	32.48	0.20473	0.48	15.016	0.84	0.5319	0.58	0.69	2864	20	2749.5	26.8	2816.25	16.18	96.0
21.1	e	p	hd	1.2871	1975	0.204	1179	7.88	0.21003	0.56	10.725	2.72	0.3703	2.63	0.97	2906	21.4	2030.8	91.6	2499.6	50.6	69.9
21.2	c	p	rx/hd	1.8864	4153	0.035	819	8.19	0.20633	0.63	6.216	1.58	0.2185	1.40	0.89	2877	23.4	1273.9	32.4	2006.7	27.6	44.3
22.1	e	p	hd	0.9537	3920	0.052	1531	9.90	0.19692	0.62	14.670	1.93	0.5402	1.79	0.93	2801	23.2	2784.3	81	2794.1	36.6	99.4
22.2	c	p	ic	0.0294	37	0.455	50044	35.37	0.20233	0.54	14.441	0.93	0.5176	0.66	0.71	2845	21.8	2689	28.6	2779.13	18.04	94.5
23	e	ov	osc	0.0167	41	0.228	86459	32.13	0.22479	0.69	17.938	0.97	0.5787	0.57	0.59	3016	24.6	2943.4	26	2986.41	18.28	97.6
24.1	e	p	osc	0.0976	456	0.098	15198	52.71	0.12515	14.93	8.389	15.68	0.4861	4.77	0.30	2031	530	2554	202	2274	284	125.8
24.2	c	p	ic/hd	18.3866	19878	0.029	85	4.35	0.43176	1.74	3.951	2.97	0.0664	2.37	0.80	4023	53.2	414.43	19.02	1624.2	48.2	10.3
25.1	e	p	osc	2.4368	970	0.220	610	1.57	0.22123	0.83	14.420	1.39	0.4727	1.06	0.76	2990	29	2495.4	43.8	2777.7	26.4	83.5
25.2	c	p	ic/hd	3.8259	6294	0.274	400	3.09	0.23773	5.05	10.499	8.86	0.3203	7.26	0.82	3105	161.4	1791	226	2479.8	164	57.7
26.1	e	p	osc	5.1661	8435	0.120	299	5.42	0.25255	0.69	7.623	1.58	0.2189	1.37	0.87	3201	24.6	1276.1	31.8	2187.6	28.4	39.9
26.2	c	p	ic/osc	0.2678	116	0.288	5486	5.83	0.20157	0.43	14.466	0.91	0.5205	0.71	0.78	2839	18.36	2701.3	30.8	2780.77	17.1	95.2
27.2	c	p	ic/osc	0.0073	22	0.443	202258	25.20	0.19948	0.41	14.207	0.87	0.5165	0.67	0.77	2822	17.72	2684.3	28.6	2763.62	16.12	95.1
28	c	ov	ic	3.6869	4052	0.367	407	17.78	0.15825	2.29	9.417	2.71	0.4315	1.40	0.51	2437	79	2312.5	54.4	2379.5	49.8	94.9
29.1	e	p	hb	0.0286	26	0.375	51544	29.06	0.21665	0.86	15.320	1.62	0.5128	1.32	0.82	2956	30	2668.6	57.6	2835.3	30.8	90.3
29.2	c	p	ic	0.0095	28	0.088	155136	30.51	0.20014	0.78	13.577	1.20	0.4920	0.84	0.70	2827	28	2579.3	36.2	2720.7	22.6	91.2
30	c	ov	ic/osc	0.1113	163	0.356	13046	17.19	0.22292	1.19	17.144	1.39	0.5577	0.61	0.44	3002	40.2	2857.1	27.6	2942.9	26.6	95.2

Metagranito Bom Jesus da Penha: amostra CP-45

spot	site	habit	CL	206* (%)	204Pb cps	Th/U	206Pb/204Pb	1σ	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
1	e	p	hd	0.1499	106	0.045	10098	50.41	0.12124	1.16	6.465	2.20	0.3867	1.83	0.83	1974.7	21.9	2107.5	32.9	2041.1	19.3	106.7
2	c	p	sz	0.0711	86	0.091	21178	59.10	0.11879	3.47	6.782	4.02	0.4141	1.99	0.49	1938	62.7	2233.6	37.6	2083.4	35.6	115.3
3	e	p	hd	0.7230	157	0.960	2087	12.12	0.11071	1.65	6.162	3.21	0.4036	2.73	0.85	1811.4	30.7	2185.6	50.6	1999.1	28	120.7
4	m	p	osc	0.0521	733	0.081	29396	83.74	0.15983	1.73	6.626	1.95	0.3006	0.82	0.42	2454.3	29.9	1694.3	11.9	2062.8	17.2	69.0
5.1	e	p	hd	0.2424	473	0.107	6305	8.15	0.12556	0.41	5.562	0.82	0.3213	0.60	0.74	2036.58	9.52	1796.07	9.41	1910.24	6.89	88.2
5.2	c	p	ic	0.0127	150	0.045	116938	85.17	0.17494	6.01	11.310	6.56	0.4689	2.60	0.40	2605	100	2478.7	53.5	2549	61.1	95.2
6	e	p	osc	0.2791	304	0.112	5400	18.78	0.18115	3.39	10.253	3.55	0.4105	0.98	0.28	2663.4	56.5	2217.2	18.8	2457.9	32.8	83.2
7	c	p	ic	0.2263	260	0.079	6709	4.89	0.15259	1.82	7.721	2.10	0.3670	0.98	0.47	2375.1	31.6	2015.3	17.3	2199	18.9	84.9
8	m	p	hd	0.2296	407	0.041	6672	7.35	0.12573	0.71	5.233	1.19	0.3018	0.88	0.74	2039.5	14.2	1700.2	13.5	1858	10.1	83.4
9	m	p	ic	0.2727	661	0.145	5625	3.63	0.15057	1.42	6.066	1.87	0.2922	1.17	0.62	2352.3	25.1	1652.5	17.1	1985.4	16.3	70.3
10	m	p	osc	0.1429	272	0.056	10661	11.59	0.12395	1.69	5.930	2.00	0.3469	1.00	0.50	2014.3	30.7	1919.8	16.6	1965.6	17.4	95.3
11	c	p	hd	0.4619	792	0.072	3294	41.64	0.13991	0.91	6.839	1.34	0.3545	0.92	0.68	2226.2	17	1956.1	15.2	2090.8	11.9	87.9
12	m	p	hd	0.0782	367	0.042	19529	26.14	0.12367	0.47	5.628	1.11	0.3300	0.94	0.84	2010.1	10.7	1838.4	15.2	1920.4	9.57	91.5
13	c	p	sz/ic	0.0825	259	0.100	18605	6.71	0.13746	1.52	5.463	1.75	0.2882	0.78	0.44	2195.7	27.3	1632.5	11.5	1894.8	15	74.3
14	m	p	osc	0.0270	136	0.132	55223	80.31	0.17692	1.57	11.385	1.77	0.4667	0.72	0.40	2624.3	27	2469.1	14.4	2555.2	16.5	94.1
15	e	p	hd	0.0475	259	0.032	32155	20.06	0.12589	0.45	5.802	0.89	0.3342	0.67	0.75	2041.7	10.5	1858.7	10.5	1946.71	7.79	91.0
16	m	p	hd	0.1363	178	0.191	11111	8.37	0.12364	0.48	6.570	2.11	0.3854	2.02	0.96	2009.4	10.5	2101.5	36.2	2055.3	18.6	104.6
17	e	p	osc	0.1713	422	0.127	8887	6.04	0.16219	0.64	7.847	1.11	0.3509	0.83	0.75	2478.6	12.4	1938.9	14.2	2213.61	10	78.2
18.1	e	p	hd/hb	0.3882	83	0.099	3957	47.06	0.12270	1.08	4.760	1.98	0.2813	1.62	0.82	1996.2	20.1	1597.9	22.9	1777.9	16.6	80.0
18.2	m	p	hd	0.0533	85	0.070	28510	15.94	0.13052	1.63	6.631	2.16	0.3684	1.37	0.63	2105.3	29.4	2021.9	23.8	2063.5	19.1	96.0
19	e	p	osc	0.1403	255	0.110	10861	9.69	0.14977	1.05	7.098	1.37	0.3437	0.80	0.59	2343.4	18.9	1904.4	13.2	2123.8	12.2	81.3
20	e	p	hd	0.2223	610	0.064	6815	10.91	0.14108	0.97	7.426	1.66	0.3818	1.29	0.78	2240.3	18	2084.7	23	2164.1	14.9	93.1
21	e	p	hd	0.4728	554	0.078	3240	44.57	0.12732	0.95	5.341	1.57	0.3043	1.20	0.76	2061	18	1712.6	18	1875.4	13.4	83.1
22	c	p	sz	0.0550	123	0.052	27693	29.94	0.12337	0.63	5.967	1.01	0.3508	0.70	0.69	2005.5	13	1938.4	11.7	1971.05	8.78	96.7
23	e	p	osc/hd	0.2113	298	0.082	7228	9.15	0.13228	0.54	5.983	1.15	0.3280	0.95	0.82	2128.7	11.5	1828.7	15.1	1973.4	10	85.9
24	e	p	hd	0.0836	359	0.055	18172	22.18	0.12292	0.43	6.169	1.99	0.3640	1.90	0.96	1998.99	9.9	2001.1	32.7	2000.1	17.4	100.1
25	e	p	hd	0.1922	130	0.032	7929	29.20	0.11779	0.73	5.582	1.67	0.3437	1.45	0.87	1923	14.8	1904.4	23.9	1913.3	14.4	99.0
26.1	e	p	osc	0.2184	319	0.077	6984	7.35	0.14410	1.19	6.722	1.64	0.3383	1.07	0.65	2277.2	21.5	1878.5	17.4	2075.5	14.5	82.5
26.2	c	p	ic/osc	0.3156	442	0.117	4830	3.60	0.17301	1.65	8.179	1.89	0.3428	0.86	0.45	2587.3	28.2	1900.1	14	2251	17.1	73.4
27	e	p	hd/rx	1.5700	850	0.040	983	14.51	0.13089	1.76	4.250	2.63	0.2355	1.91	0.73	2109.9	31.5	1363.3	23.5	1683.7	21.6	64.6
28.1	e	p	hd	0.2215	424	0.040	6884	14.05	0.12361	0.55	5.762	1.17	0.3380	0.97	0.82	2009.4	11.9	1877	15.5	1940.7	10.1	93.4

Metagranito Bom Jesus da Penha: amostra CP-45 (continuação)

spot	site	habit	CL	206* (%)	204Pb cps	Th/U	206Pb/204Pb	1σ	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
28.2	c	p	ic/rx	0.2335	275	0.059	6520	11.68	0.16233	2.74	7.817	2.97	0.3492	1.07	0.36	2480.3	46.7	1930.8	17.9	2210.2	26.7	77.8
29	e	p	osc/hd	0.2880	572	0.048	5324	10.14	0.13148	0.46	5.367	1.25	0.2960	1.11	0.88	2118.1	10.4	1671.4	16.3	1879.6	10.7	78.9
30	e	p	osc	0.0247	41	0.118	60694	24.82	0.16384	1.78	9.812	2.04	0.4343	0.94	0.46	2495.9	30.5	2325.1	18.5	2417.3	18.8	93.2
31.1	e	p	hd	0.0994	340	0.037	15382	7.76	0.12346	0.38	5.387	0.85	0.3164	0.66	0.78	2007.16	9.44	1772.1	10.1	1882.79	7.28	88.3
31.2	c	p	ic	0.0256	471	0.130	59567	87.99	0.17850	2.59	8.153	2.80	0.3312	0.98	0.35	2639.3	43.6	1844.2	16	2248.1	25.3	69.9
32	c	p	ic	0.0233	346	0.159	64183	83.01	0.19446	2.48	12.145	2.84	0.4529	1.34	0.47	2780.5	41.1	2408.1	26.9	2615.7	26.6	86.6
33	e	p	osc	0.7160	595	0.281	2147	9.93	0.12318	0.55	4.637	2.08	0.2730	1.97	0.95	2002.9	11.5	1556	27.2	1756	17.4	77.7
34.1	e	p	hd	0.7498	1133	0.158	2047	13.83	0.12810	0.49	5.081	1.64	0.2876	1.52	0.93	2072.5	10.6	1629.5	21.9	1832.9	13.9	78.6
34.2	m	p	ic	0.0535	116	0.219	28298	3.79	0.16991	0.50	9.152	0.89	0.3906	0.64	0.72	2557	10.5	2125.6	11.8	2353.32	8.24	83.1
35	c	p	ic	0.0484	919	0.100	31640	88.48	0.13497	3.29	5.794	3.52	0.3113	1.19	0.34	2163.9	57.7	1747.1	18.2	1945.5	30.5	80.7
36.1	e	p	hd	0.6925	472	0.054	2204	6.26	0.12550	0.71	5.754	2.83	0.3325	2.71	0.96	2036	14	1850.5	43.6	1939.5	24.5	90.9
36.2	c	p	ic/rx	0.0577	133	0.188	26133	18.26	0.18545	0.44	10.446	0.90	0.4085	0.70	0.77	2702.34	9.48	2208.1	13.1	2475.14	8.34	81.7
37	e	p	hd	0.5493	359	0.054	2808	8.65	0.12573	0.69	4.179	1.38	0.2410	1.14	0.82	2039.6	14	1391.9	14.3	1669.9	11.3	68.2
38.1	e	p	hd	0.0176	181	0.021	86706	19.93	0.12341	0.47	5.653	1.57	0.3322	1.45	0.92	2006.2	10.9	1849	23.3	1924.2	13.5	92.2
38.2	c	p	ic/rx	0.1842	277	0.180	8319	8.30	0.16297	0.96	6.738	1.47	0.2998	1.05	0.71	2487.1	17.4	1690.3	15.6	2077.6	13	68.0
39	e	p	hd	0.4047	640	0.042	3776	11.04	0.12354	0.49	5.485	0.79	0.3220	0.50	0.63	2008	11	1799.49	7.85	1898.25	6.87	89.6
40	c	p	ic	0.3267	404	0.072	4680	5.67	0.15623	1.76	6.888	2.32	0.3197	1.48	0.63	2415.6	30.6	1788.3	23.1	2097.1	20.6	74.0
41	m	p	ic/hd	0.0019	74	0.426	768324	95.61	0.21082	1.54	15.458	1.99	0.5318	1.20	0.60	2911.8	25.8	2749	26.9	2843.9	19	94.4
42	e	p	hd	0.0382	70	0.047	40018	26.84	0.12608	1.00	5.540	1.62	0.3187	1.22	0.75	2043.9	18.9	1783.4	19	1906.8	13.9	87.3

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-05

spot	pop.	site	habit	CL	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	Rho	207Pb/206Pb	1σ	208/206	1σ	Pb total	Pb rad	Th/U	t.68	1σ	t.75	1σ	t.76	1σ	concordância
1.1	1	e	p	hb	12.3950	0.2480	0.4731	0.0062	0.69	0.1900	0.0038	0.3662	0.0103	0.29	29	1.12	2497	27	2635	19	2742	32	95
2.1	4	e	rd	osc	7.1266	0.1089	0.3878	0.0038	0.65	0.1333	0.0019	0.1718	0.0028	0.08	76	0.52	2113	18	2127	14	2142	26	99
3.1	2	m	ov	ic	14.5548	0.2193	0.5268	0.0053	0.30	0.2004	0.0028	0.0611	0.0031	0.11	58	0.20	2728	22	2787	14	2829	23	98
4.1	2	m	rd	osc	6.7351	0.1034	0.3751	0.0036	0.80	0.1302	0.0019	0.1000	0.0043	0.08	73	0.34	2054	17	2077	14	2101	26	99
5.1	4	c	p	ic	7.3912	0.1447	0.3906	0.0046	0.77	0.1372	0.0027	0.3447	0.0060	0.80	28	1.11	2126	21	2160	18	2193	35	98
6.1	2	e	ov	osc	5.9398	0.0853	0.3390	0.0031	0.55	0.1271	0.0017	0.0951	0.0026	0.00	103	0.29	1882	15	1967	12	2058	23	96
7.1	2	e	rd	hb	13.6943	0.3262	0.5134	0.0080	0.17	0.1934	0.0046	0.5467	0.0126	0.61	16	1.98	2671	34	2729	22	2772	40	98
8.1	3	m	p	hd	13.6509	0.1908	0.5070	0.0048	0.38	0.1953	0.0026	0.0974	0.0055	0.00	56	0.30	2644	20	2726	14	2787	22	97

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-05 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1 σ	208/206	1 σ	Pb total	Pb rad	Th/U	t.68	1 σ	t.75	1 σ	t.76	1 σ	concordância
9.1	3	e	p	hb	19.2077	0.2690	0.5988	0.0058	1.00	0.2327	0.0032	0.1573	0.0208	0.13	54	0.64	3025	23	3052	14	3070	22	99
9.2	3	m	p	ic	21.3639	0.4136	0.6187	0.0088	0.41	0.2505	0.0051	0.2081	0.0311	0.16	22	0.65	3105	36	3155	20	3188	32	98
10.1	3	c	p	hd	10.7274	0.1619	0.4576	0.0045	0.69	0.1700	0.0025	0.1958	0.0018	0.09	65	0.62	2429	20	2500	14	2558	24	97
11.1	2	e	rd	hb	6.5032	0.0958	0.3606	0.0034	0.91	0.1308	0.0018	0.2397	0.0128	1.65	138	0.67	1985	16	2046	12	2109	23	97
12.1	2	m	ov	hd	7.0470	0.0970	0.3845	0.0036	0.16	0.1329	0.0019	0.1623	0.0047	0.11	138	0.53	2097	17	2117	12	2137	25	99
13.1	2	m	rd	ic	14.1182	0.1922	0.5201	0.0051	0.61	0.1969	0.0028	0.3736	0.0168	0.21	63	1.48	2700	22	2758	13	2800	24	98
14.1	2	e	eq	hb	14.6549	0.2278	0.5363	0.0061	0.62	0.1982	0.0033	0.1132	0.0053	0.11	45	0.42	2768	25	2793	15	2811	27	99
15.1	2	m	rd	ic	13.7557	0.1884	0.5079	0.0050	0.45	0.1964	0.0028	0.0768	0.0034	0.08	28	0.29	2647	21	2733	13	2797	23	97
16.1	3	m	p	osc	15.4335	0.2144	0.5375	0.0053	0.32	0.2082	0.0030	0.1434	0.0144	0.12	68	0.59	2773	22	2842	13	2892	23	98
17.1	4	e	rd	hb	6.4417	0.0879	0.3627	0.0033	0.65	0.1288	0.0019	0.1183	0.0046	0.00	118	0.39	1995	16	2038	12	2082	25	98
18.1	3	e	p	sz	7.1658	0.1116	0.3928	0.0041	0.98	0.1323	0.0022	0.1303	0.0097	0.37	45	0.33	2136	19	2132	14	2129	29	100
19.1	2	c	eq	ic	12.8463	0.1838	0.5048	0.0051	0.01	0.1846	0.0028	0.2275	0.0232	0.14	70	0.96	2634	22	2668	13	2694	25	99
19.2	2	e	eq	hb	14.4074	0.2746	0.5538	0.0077	0.94	0.1887	0.0042	1.3190	0.1029	0.18	46	5.28	2841	32	2777	18	2731	36	102
20.1	2	c	eq	hb	14.8363	0.2952	0.5469	0.0083	0.88	0.1968	0.0048	0.3754	0.0956	0.19	20	1.29	2812	35	2805	20	2800	42	100
21.1	2	m	ov	hd	13.1843	0.1891	0.5004	0.0051	0.76	0.1911	0.0029	0.1992	0.0187	0.08	69	0.70	2615	22	2693	14	2752	25	97
22.1	2	e	rd	hd	12.4591	0.1732	0.4932	0.0049	0.25	0.1832	0.0027	0.1390	0.0230	0.04	77	0.61	2585	21	2640	13	2682	24	98
23.1	2	c	rd	ic	16.6603	0.3510	0.5717	0.0060	0.95	0.2113	0.0049	0.3077	0.0293	0.27	39	1.16	2915	25	2915	20	2916	37	100
24.1	3	c	p	hd	6.2006	0.0995	0.3490	0.0024	1.00	0.1289	0.0026	0.1013	0.0338	0.55	94	0.49	1930	12	2005	17	2083	38	96
25.1	4	e	rd	osc	6.4635	0.1205	0.3592	0.0028	0.99	0.1305	0.0028	0.1304	0.0092	0.00	76	0.40	1978	13	2041	17	2105	38	97
26.1	3	e	p	osc/rx	6.6506	0.1326	0.3614	0.0031	0.91	0.1335	0.0029	0.1040	0.0350	0.22	57	0.24	1989	15	2066	18	2144	38	96
27.1	4	m	ov	hd	11.8619	0.3052	0.4822	0.0064	0.01	0.1784	0.0054	0.1438	0.0173	0.76	12	0.33	2537	28	2594	25	2638	51	98
28.1	2	m	rd	hd	13.8411	0.3076	0.5220	0.0057	0.57	0.1923	0.0048	1.4269	0.0167	0.10	67	4.37	2708	24	2739	21	2762	41	99
29.1	2	m	eq	hd	13.3749	0.3036	0.5316	0.0058	0.84	0.1825	0.0047	0.0785	0.0659	0.17	31	0.47	2748	25	2706	22	2676	43	102
30.1	2	m	p	sz	14.4275	0.2643	0.5188	0.0040	0.01	0.2017	0.0040	0.1147	0.0158	0.41	18	0.46	2694	17	2778	17	2840	30	97
31.1	2	e	fr	ic	14.6524	0.2895	0.5380	0.0051	0.92	0.1975	0.0044	0.3976	0.0134	0.18	58	1.39	2775	22	2793	19	2806	36	99
31.2	4	m	fr	hb	14.2736	0.3965	0.5280	0.0079	0.69	0.1961	0.0064	0.3839	0.0095	0.23	21	1.33	2733	33	2768	26	2794	52	99
32.1	4	e	rd	hd	13.6229	0.2545	0.5160	0.0038	0.35	0.1915	0.0037	0.0820	0.0088	0.07	97	0.36	2682	16	2724	16	2755	30	98
33.1	2	e	ov	hb	14.9174	0.6891	0.5376	0.0152	0.02	0.2013	0.0113	0.2138	0.0226	1.56	9	0.69	2773	64	2810	44	2836	91	99
34.1	4	c	eq	ic	12.0539	0.2448	0.5189	0.0046	0.53	0.1685	0.0035	0.0782	0.0083	0.67	8	0.25	2695	19	2609	18	2543	32	103
35.1	2	c	p	ic	15.1269	0.2721	0.5373	0.0045	0.82	0.2042	0.0038	0.1966	0.0070	0.06	67	0.62	2772	19	2823	17	2860	30	98
35.2	2	e	p	hb	14.2966	0.2692	0.5308	0.0047	0.91	0.1953	0.0038	0.2051	0.0035	0.06	83	0.85	2745	20	2770	18	2788	32	99

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-05 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	208/206	1σ	Pb total	Pb rad	Th/U	t.68	1σ	t.75	1σ	t.76	1σ	concordância
36.1	4	e	ov	hd/rx	13.2870	0.2226	0.5302	0.0038	0.89	0.1818	0.0032	0.0873	0.0058	0.20	147	0.44	2742	16	2700	16	2669	28	102
37.1	2	e	rd	hb	14.1553	0.2815	0.5235	0.0050	0.18	0.1961	0.0041	0.3046	0.0112	0.14	49	1.05	2714	21	2760	19	2794	34	98
38.1	2	c	anh	sz	13.1870	0.2616	0.5132	0.0048	0.46	0.1864	0.0039	0.2135	0.0037	0.11	48	0.68	2670	20	2693	19	2710	34	99
39.1	2	e	ov	hd/rx	13.4591	0.2367	0.5168	0.0041	0.74	0.1889	0.0034	0.2030	0.0156	0.10	92	0.69	2686	18	2712	17	2732	30	99
40.1	2	m	eq	osc/hb	14.6039	0.3905	0.5344	0.0075	0.50	0.1982	0.0057	0.2014	0.0151	0.26	18	0.58	2760	32	2790	25	2811	47	99
41.1	3	m	p	hd	6.6863	0.1262	0.3674	0.0029	0.86	0.1320	0.0026	0.1159	0.0047	2.22	66	0.73	2017	14	2071	16	2125	34	97
42.1	2	c	rd	ic	13.5865	0.3018	0.5119	0.0054	0.83	0.1925	0.0043	0.1226	0.0516	0.09	56	0.11	2665	23	2721	20	2764	36	98
43.1	3	e	p	hb	12.2687	0.2411	0.4762	0.0048	1.00	0.1868	0.0043	0.0935	0.0143	0.99	58	0.72	2511	22	2625	20	2715	38	96
44.1	3	e	p	sz	4.2646	0.0841	0.2621	0.0021	0.95	0.1180	0.0022	0.0876	0.0149	1.03	116	0.33	1501	11	1687	15	1926	33	89
45.1	2	e	eq	ic/osc	13.7193	0.2054	0.5209	0.0050	0.67	0.1910	0.0030	0.2629	0.0051	0.11	55	0.92	2703	21	2731	14	2751	26	99
46.1	4	m	rd	ic	15.6043	0.3213	0.5516	0.0073	0.29	0.2052	0.0044	0.2007	0.0064	0.37	25	0.68	2832	30	2853	19	2868	35	99
47.1	2	m	eq	ic	14.3436	0.1893	0.5321	0.0044	0.37	0.1955	0.0026	0.0585	0.0071	0.06	91	0.25	2750	19	2773	12	2789	21	99
47.2	2	e	eq	hd/rx	13.9068	0.1913	0.5233	0.0047	0.61	0.1927	0.0027	0.3227	0.0193	0.19	74	1.36	2713	20	2743	13	2766	24	99
48.1	3	c	p	ic	19.1558	0.2553	0.5927	0.0052	0.35	0.2344	0.0032	0.0146	0.0026	0.43	16	0.10	3000	21	3050	12	3082	21	98
48.2	3	e	p	osc	14.5396	0.1917	0.5250	0.0046	0.78	0.2008	0.0027	0.0149	0.0021	0.12	85	0.06	2720	19	2786	12	2833	22	98
49.1	4	e	rd	rx/hb	13.5001	0.2656	0.5121	0.0063	0.74	0.1912	0.0040	0.2500	0.0082	2.35	31	1.15	2666	27	2715	19	2752	34	98
50.1	2	e	rd	hb	13.4391	0.2162	0.5136	0.0053	0.16	0.1898	0.0032	0.0956	0.0066	0.10	36	0.45	2672	22	2711	15	2740	28	99
51.1	2	e	rd	hd/osz	13.1169	0.1646	0.4941	0.0041	0.97	0.1925	0.0026	0.1597	0.0160	0.03	88	0.55	2588	18	2688	12	2764	22	96
52.1	1	e	p	hb	6.0495	0.1118	0.3447	0.0034	1.00	0.1273	0.0028	0.1281	0.0136	0.95	50	0.47	1909	17	1983	18	2061	39	96
53.1	3	m	p	hb	15.7894	0.2497	0.5362	0.0056	0.97	0.2135	0.0035	0.3807	0.0154	0.26	46	1.16	2768	23	2864	15	2933	26	97
54.1	2	e	eq	rx	12.3897	0.1793	0.4903	0.0046	0.86	0.1833	0.0027	0.1690	0.0312	0.20	53	0.76	2572	20	2634	13	2683	25	98
55.1	2	c	eq	ic	13.5289	0.3417	0.5208	0.0091	0.77	0.1884	0.0059	0.9093	0.0902	0.11	32	2.45	2702	38	2717	24	2728	51	99
55.2	2	e	eq	hb	13.7138	0.2043	0.5143	0.0053	0.65	0.1934	0.0032	0.5376	0.0060	0.07	68	2.11	2675	23	2730	14	2771	28	98
56.1	4	e	eq	hb	12.7466	0.1839	0.4885	0.0049	0.96	0.1893	0.0030	0.0946	0.0207	0.26	48	0.46	2564	21	2661	13	2736	26	96
57.1	4	e	fr	hb	14.1204	0.2062	0.5252	0.0053	0.93	0.1950	0.0032	0.3702	0.0106	0.11	72	1.26	2721	23	2758	14	2785	27	99
58.1	2	m	rd	hb	13.3787	0.2387	0.4820	0.0060	0.93	0.2013	0.0043	0.1337	0.0056	0.18	28	0.39	2536	26	2707	17	2837	35	94
59.1	4	e	rd	rx	6.1337	0.0871	0.3462	0.0032	0.98	0.1285	0.0020	0.0705	0.0082	0.07	71	0.34	1916	15	1995	12	2078	28	96
60.1	4	e	rd	hb	13.3689	0.3536	0.5097	0.0094	0.76	0.1902	0.0062	0.7069	0.0161	0.48	21	2.36	2655	40	2706	25	2744	54	98
61.1	4	m	eq	hb	13.5596	0.3134	0.5348	0.0084	0.50	0.1839	0.0054	0.0605	0.0102	0.26	15	0.20	2762	36	2719	22	2688	48	102
62.1	1	m	p	hb	15.2496	0.2062	0.5369	0.0050	0.89	0.2060	0.0031	0.0796	0.0060	0.05	61	0.25	2770	21	2831	13	2874	24	98
63.1	2	e	rd	osc/hb	15.2269	0.1993	0.5479	0.0050	0.01	0.2016	0.0029	0.0152	0.0038	0.04	83	0.06	2816	21	2830	12	2839	24	100

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-05 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	208/206	1σ	Pb total	Pb rad	Th/U	t.68	1σ	t.75	1σ	t.76	1σ	concordância
64.1	2	m	ov	hd	14.6267	0.2153	0.5350	0.0055	0.70	0.1983	0.0033	0.1222	0.0046	0.11	56	0.40	2762	23	2791	14	2812	27	99
65.1	2	c	eq	ic	14.0700	0.1826	0.5212	0.0047	0.20	0.1958	0.0028	0.1025	0.0450	0.20	60	0.39	2704	20	2754	12	2791	23	98
66.1	3	m	p	sz	6.1130	0.0972	0.3408	0.0035	1.00	0.1301	0.0020	0.2423	0.0312	0.70	107	1.16	1891	17	1992	15	2099	27	95
67.1	2	m	rd	ic	16.1831	0.4073	0.5458	0.0104	0.72	0.2151	0.0058	0.3512	0.0150	0.34	21	1.01	2808	44	2888	25	2944	44	97
68.1	4	e	rd	hb	18.2739	0.3188	0.6393	0.0080	0.87	0.2073	0.0033	0.0564	0.0055	0.23	57	0.20	3186	32	3004	17	2885	26	106
69.1	2	e	rd	hb	14.4929	0.2523	0.5432	0.0067	0.52	0.1935	0.0030	0.1108	0.0070	0.16	58	0.34	2797	28	2783	17	2772	26	101
70.1	2	m	eq	hb	14.1749	0.2857	0.5274	0.0076	0.60	0.1949	0.0038	0.2454	0.0067	0.19	33	0.74	2731	32	2761	19	2784	32	99
71.1	2	e	ov	rx	14.5158	0.3332	0.5373	0.0090	0.95	0.1959	0.0047	0.4229	0.0106	0.16	26	1.42	2772	38	2784	22	2793	40	100
72.1	2	e	ov	hb	14.7506	0.2771	0.5250	0.0071	0.88	0.2038	0.0036	0.0897	0.0053	0.29	33	0.37	2720	30	2799	18	2857	29	97
73.1	2	e	ov	hb	6.5306	0.2242	0.3544	0.0072	0.85	0.1336	0.0050	0.1715	0.0200	1.92	15	0.45	1956	34	2050	30	2146	65	95
74.1	4	m	rd	hb	12.6482	0.3079	0.4871	0.0084	0.01	0.1883	0.0047	0.4582	0.0233	2.90	28	1.41	2558	37	2654	23	2728	41	96
75.1	2	m	rd	ic	13.9143	0.6768	0.5302	0.0188	0.80	0.1903	0.0109	0.1475	0.0172	0.57	6	0.54	2742	80	2744	47	2745	94	100
76.1	2	m	ov	hb	13.7220	0.2591	0.5058	0.0068	0.96	0.1967	0.0035	0.1673	0.0082	0.32	39	0.56	2639	29	2731	18	2799	29	97
77.1	2	m	eq	ic	14.2241	0.2354	0.5267	0.0060	0.55	0.1959	0.0028	0.0747	0.0160	0.08	52	0.36	2727	25	2765	15	2792	23	99
78.1	2	m	eq	ic	14.8804	0.2134	0.5336	0.0064	0.75	0.2023	0.0024	0.2077	0.0094	0.07	76	0.59	2757	27	2808	14	2845	19	98
79.1	2	c	rd	ic	12.7783	0.2054	0.4945	0.0065	0.28	0.1874	0.0026	0.1503	0.0106	0.13	44	0.47	2590	28	2663	15	2720	23	97
80.1	2	m	ov	rx/hb	14.8184	0.2190	0.5354	0.0061	0.93	0.2007	0.0025	0.1762	0.0267	0.12	37	0.53	2764	26	2804	15	2832	20	99
81.1	2	c	rd	hb	12.9069	0.3791	0.4952	0.0098	0.39	0.1890	0.0051	0.0430	0.0165	0.52	6	0.11	2593	42	2673	28	2734	44	97
82.1	4	e	p	hb/rx	13.1591	0.1988	0.4965	0.0057	0.91	0.1922	0.0024	0.2072	0.0084	0.08	43	0.73	2599	24	2691	14	2761	21	97
83.1	4	m	ov	hb/rx	14.9461	0.2276	0.5335	0.0062	0.78	0.2032	0.0026	0.3008	0.0119	0.19	35	0.88	2756	26	2812	15	2852	21	98
84.1	3	e	p	osc	7.3126	0.1111	0.3919	0.0043	0.73	0.1353	0.0017	0.1001	0.0039	0.13	42	0.36	2132	20	2150	14	2168	22	99
85.1	4	e	rd	hb	12.8452	0.2063	0.4834	0.0058	0.93	0.1927	0.0026	0.0778	0.0047	0.45	27	0.25	2542	25	2668	15	2766	23	95

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-27

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
1	2	m	fr	rx	0.3996	102	0.327	3701	6.06	0.19755	0.37	13.492	0.81	0.4953	0.63	0.77	2806	8	2594	14	2715	8	92
2	2	m	eq	hd	0.1244	122	0.438	11749	7.87	0.20067	0.80	14.845	1.16	0.5365	0.76	0.65	2832	14	2769	17	2805	11	98
3	4	e	ov	hb/osc	0.8470	472	0.162	1836	2.88	0.19111	1.71	3.209	4.99	0.1218	4.67	0.94	2752	28	741	33	1459	39	27
4	2	m	fr	osc	0.3004	137	0.299	4938	9.91	0.20357	0.72	13.611	1.32	0.4849	1.04	0.79	2855	13	2549	22	2723	13	89
5.1	3	e	fr	hb	1.3833	140	0.117	1090	8.40	0.20306	1.32	11.433	3.19	0.4083	2.88	0.90	2851	23	2207	54	2559	30	77
5.2	3	c	fr	ic/hd	0.1375	116	0.073	10778	6.93	0.19593	0.38	13.157	0.77	0.4870	0.55	0.72	2793	9	2558	12	2691	7	92

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-27 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
6.1	3	e	p	hb	0.6373	133	0.487	2335	11.14	0.20275	0.72	13.198	1.23	0.4721	0.93	0.75	2849	13	2493	20	2694	12	88
6.2	3	m	p	hd	0.0538	271	0.047	28492	75.19	0.20509	2.76	8.272	2.93	0.2925	0.92	0.31	2867	45	1654	13	2261	27	58
7	1	m	p	hb/rx	0.2049	194	0.341	7226	3.56	0.20912	0.78	14.163	1.05	0.4912	0.60	0.57	2899	14	2576	13	2761	10	89
8	2	m	ov	ic	0.3422	103	0.428	4327	12.32	0.18604	0.55	12.600	0.87	0.4912	0.57	0.65	2708	11	2576	12	2650	8	95
9	2	m	rd	osc	0.0861	85	0.477	16804	16.99	0.22946	0.52	18.008	0.85	0.5692	0.55	0.65	3048	10	2905	13	2990	8	95
10	1	m	p	ic/osc	0.0747	91	0.582	19756	60.06	0.20479	1.11	14.241	1.69	0.5043	1.22	0.72	2865	19	2632	26	2766	16	92
11	1	m	p	ic/hd	0.1196	110	0.381	12139	12.00	0.22324	1.69	17.187	1.82	0.5584	0.59	0.32	3004	28	2860	14	2945	18	95
12	1	e	p	hd/rx	0.0399	98	0.308	36624	62.29	0.20952	0.53	15.589	1.00	0.5396	0.77	0.76	2902	11	2782	17	2852	10	96
13.1	1	e	p	osc	0.2204	472	0.281	6911	15.15	0.12940	3.52	6.186	3.59	0.3467	0.60	0.17	2090	62	1919	10	2003	31	92
13.2	1	c	p	ic	0.2163	262	0.287	7081	5.75	0.12827	0.51	5.388	1.41	0.3046	1.27	0.90	2075	11	1714	19	1883	12	83
14.1	2	e	ov	hd	0.1026	75	3.042	14394	52.95	0.19452	0.96	13.396	1.20	0.4994	0.61	0.51	2781	17	2611	13	2708	11	94
14.2	2	c	ov	ic/sz	0.1104	84	3.026	13330	58.69	0.20268	0.46	14.400	0.80	0.5153	0.54	0.68	2848	10	2679	12	2776	8	94
15	3	e	p	sz	0.0261	78	0.378	55562	65.64	0.21453	1.45	16.622	1.61	0.5619	0.60	0.37	2940	24	2875	14	2913	15	98
16	2	c	rd	ic	0.0232	77	0.056	62846	67.96	0.20827	0.55	15.499	1.17	0.5397	0.96	0.83	2892	11	2782	22	2846	11	96
17	3	e	p	sz	0.1304	84	0.293	11241	10.18	0.21585	0.45	15.700	0.83	0.5275	0.59	0.71	2950	10	2731	13	2859	8	93
18	2	m	fr	osc	0.1318	72	0.326	11513	14.41	0.13644	0.40	6.998	0.84	0.3720	0.64	0.76	2182	10	2039	11	2111	8	93
19	2	c	rd	ic	0.0487	70	0.457	30315	47.13	0.20140	0.72	13.963	1.02	0.5028	0.63	0.62	2838	13	2626	14	2747	10	93
20	1	e	p	osc	0.1549	118	0.371	9676	10.15	0.16907	0.50	10.248	0.97	0.4396	0.74	0.77	2549	10	2349	15	2457	9	92
21	1	m	p	sz/ic	0.4409	314	0.149	3512	4.72	0.12735	0.48	3.368	1.80	0.1918	1.69	0.94	2062	11	1131	18	1497	14	55
22	4	m	ov	ic/osc	0.0643	79	0.368	22927	56.40	0.19840	0.52	13.826	1.01	0.5054	0.78	0.77	2813	11	2637	17	2738	10	94
23	1	m	p	osc	0.2359	125	0.319	6443	6.91	0.13117	0.40	6.525	0.79	0.3607	0.57	0.72	2114	10	1985	9	2049	7	94
24	1	m	p	hd	0.0565	115	0.188	26118	9.89	0.20224	0.69	14.049	1.00	0.5038	0.62	0.62	2844	13	2630	13	2753	9	92
25	2	c	rd	hb/rx	0.0720	68	0.924	20353	38.56	0.21017	0.63	15.354	0.97	0.5298	0.64	0.66	2907	12	2741	15	2837	9	94
26.1	1	e	p	osc	0.1202	105	0.315	12241	11.60	0.21195	0.52	15.072	1.13	0.5157	0.94	0.83	2921	10	2681	21	2820	11	92
26.2	1	c	p	ic	0.9826	430	0.532	1505	5.87	0.21550	1.35	14.755	1.71	0.4966	0.97	0.57	2947	23	2599	20	2800	16	88
27	3	c	ov	ic/hb	0.9880	98	0.366	1463	12.08	0.21158	0.96	16.659	1.45	0.5710	1.01	0.70	2918	17	2912	24	2915	14	100
28.1	4	e	rd	hb	0.2076	96	0.398	7091	74.67	0.18090	1.22	12.795	1.91	0.5129	1.43	0.75	2661	21	2669	31	2665	18	100
28.2	4	c	rd	ic	0.0011	95	0.304	1310196	98.52	0.20140	1.51	15.160	1.69	0.5459	0.67	0.40	2838	25	2808	15	2825	16	99
29.1	1	e	p	hb	0.8318	148	0.893	1809	12.05	0.20258	0.65	11.734	1.29	0.4201	1.05	0.81	2847	12	2261	20	2583	12	79
29.2	1	c	p	ic	4.4283	2553	0.307	352	3.08	0.16765	1.03	1.495	2.06	0.0647	1.74	0.84	2534	19	404	7	928	13	16
30	2	e	ov	hb	1.0541	142	0.721	1384	10.09	0.21046	0.89	15.748	1.25	0.5426	0.80	0.64	2909	16	2794	18	2862	12	96

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-27 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	204Pb cps	Th/U	206Pb/204Pb	1σ	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
31	4	e	ov	osc	0.2316	193	0.519	6451	5.70	0.17118	1.71	10.682	1.88	0.4525	0.70	0.37	2570	29	2406	14	2496	18	94
32	1	m	p	sz	0.1046	156	0.351	14366	19.27	0.20896	0.52	12.305	1.89	0.4271	1.78	0.94	2898	11	2293	34	2628	18	79
33	1	c	ov	ic/osc	2.1572	903	0.172	719	2.55	0.17551	0.59	3.819	1.67	0.1578	1.51	0.91	2611	12	945	13	1597	13	36
34	2	c	ov	ic	0.0440	82	0.080	33561	47.16	0.20447	0.60	14.150	0.99	0.5019	0.70	0.70	2862	12	2622	15	2760	9	92
35	3	m	ov	hb	0.9759	189	0.337	1525	5.87	0.19207	2.43	12.492	4.96	0.4717	4.30	0.87	2760	40	2491	89	2642	47	90
36.1	4	e	ov	osc	0.3601	463	0.459	4165	13.92	0.16632	0.53	9.995	0.99	0.4358	0.75	0.76	2521	11	2332	15	2434	9	92
36.2	4	c	ov	ic	0.4221	496	0.448	3618	7.21	0.16021	0.39	7.214	1.22	0.3266	1.10	0.90	2458	9	1822	18	2138	11	74
37	2	e	rd	osc	0.0791	98	0.691	18759	71.44	0.18861	0.74	12.606	1.29	0.4847	0.99	0.77	2730	14	2548	21	2651	12	93
38.1	2	e	rd	hb/rx	0.0609	66	1.844	23940	47.43	0.19696	0.47	14.803	0.89	0.5450	0.66	0.74	2801	10	2804	15	2803	9	100
38.2	2	m	rd	ic/sz	0.0271	118	0.151	55909	58.69	0.18729	2.90	10.047	3.29	0.3890	1.52	0.46	2719	48	2118	27	2439	30	78
39	1	m	p	sz	0.2427	86	0.507	6243	12.78	0.13181	0.51	6.928	0.87	0.3812	0.60	0.69	2122	11	2082	11	2102	8	98
40	2	e	ov	osc	0.0309	121	0.312	47492	66.35	0.21032	2.11	15.262	2.25	0.5263	0.71	0.32	2908	35	2726	16	2832	21	94
41	2	m	ov	ic/osc	0.6795	138	0.424	2174	8.04	0.18655	0.79	12.873	1.13	0.5004	0.73	0.64	2712	14	2616	16	2670	11	96
42	1	e	ov	hb/rx	1.2294	162	2.156	1189	10.63	0.19679	0.74	14.542	1.38	0.5359	1.10	0.80	2800	14	2766	25	2786	13	99
43	4	c	rd	ic	0.5167	149	0.388	2858	7.78	0.19425	0.70	13.415	1.01	0.5008	0.63	0.63	2779	13	2617	14	2709	10	94
44	1	m	fr	osc	0.0516	125	0.564	29386	64.03	0.16304	2.00	8.581	2.19	0.3817	0.82	0.38	2488	34	2084	14	2295	20	84
45	2	c	fr	ic/sz	0.2775	95	1.519	5219	11.33	0.19734	0.50	15.391	0.94	0.5656	0.71	0.75	2805	10	2890	16	2840	9	103
46	1	e	p	hd	0.0202	113	0.129	73095	64.58	0.20127	1.35	13.966	1.61	0.5032	0.80	0.50	2837	23	2628	17	2747	15	93
47	1	e	p	hd/rx	0.2820	173	0.199	5136	8.29	0.20588	0.74	16.055	2.17	0.5655	2.00	0.92	2874	14	2889	47	2880	21	101
48	2	c	ov	ic/sz	0.0943	93	0.752	15441	29.53	0.20645	0.67	15.603	0.99	0.5481	0.64	0.64	2878	13	2817	15	2853	10	98
49	2	e	ov	osc	0.2240	95	0.370	6572	11.38	0.18567	0.66	13.109	1.00	0.5120	0.65	0.65	2704	13	2665	14	2688	9	99
50	1	e	p	osc	1.6895	3022	0.614	872	16.93	0.19554	2.60	13.734	2.79	0.5094	0.93	0.34	2789	43	2654	21	2732	26	95
51	4	m	ov	hd	0.1147	246	0.169	12992	8.27	0.19837	0.85	12.757	1.29	0.4664	0.89	0.70	2813	15	2468	19	2662	12	88
52	2	m	ov	osc	0.1166	100	0.169	12666	20.15	0.20029	0.42	13.868	0.78	0.5022	0.54	0.70	2828	9	2623	12	2741	8	93
53	4	e	p	osc	0.2880	200	0.722	5175	6.40	0.17075	0.39	10.937	0.79	0.4645	0.58	0.74	2565	9	2459	12	2518	7	96
54	1	e	p	hb/osc	0.8902	161	0.276	1711	7.53	0.13503	0.56	6.492	1.03	0.3487	0.78	0.76	2164	12	1928	13	2045	9	89
55.1	1	e	p	hd	0.5776	832	0.171	2675	6.43	0.11690	0.64	3.543	1.06	0.2198	0.76	0.72	1910	13	1281	9	1537	8	67
55.2	1	c	p	hd	0.6802	567	0.205	2276	2.23	0.10468	0.90	2.797	1.79	0.1938	1.50	0.84	1709	18	1142	16	1355	13	67
56	4	m	ov	osc	0.3145	110	0.564	4681	7.26	0.20446	0.36	14.453	0.78	0.5126	0.59	0.75	2862	9	2668	13	2780	8	93
57	4	m	fr	hb	1.1648	98	0.632	1284	9.86	0.19105	1.03	11.823	1.52	0.4488	1.06	0.70	2751	18	2390	21	2591	14	87
58	2	e	ov	hb	0.5731	108	0.392	2639	71.79	0.13663	1.43	7.367	2.15	0.3910	1.57	0.73	2185	26	2128	28	2157	19	97

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-27 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	204Pb cps	Th/U	206Pb/204Pb	1σ	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
59	4	c	p	ic/sz	0.2614	267	0.462	5833	4.53	0.22807	0.60	10.710	1.57	0.3406	1.40	0.89	3039	12	1890	23	2498	15	62
60	1	c	p	ic/osc	0.1793	187	0.272	8016	10.80	0.24080	1.02	19.487	1.37	0.5869	0.83	0.61	3125	17	2977	20	3066	13	95
61	4	c	ov	hb	0.7437	93	0.777	2022	23.49	0.13417	1.10	7.809	1.60	0.4221	1.10	0.69	2153	20	2270	21	2209	14	105
62	4	m	ov	osc	0.2042	106	0.362	7158	10.51	0.20755	0.50	15.368	0.88	0.5370	0.62	0.70	2887	10	2771	14	2838	9	96
63	1	m	ov	ic	0.9745	769	0.176	1583	12.59	0.12801	1.06	4.177	4.27	0.2367	4.12	0.96	2071	21	1370	51	1670	35	66
64	2	c	rd	ic	0.1911	115	0.470	7687	8.66	0.20179	0.35	14.502	0.72	0.5212	0.51	0.71	2841	8	2704	11	2783	7	95
65	1	m	p	osc	0.3161	227	0.203	4857	8.39	0.12651	0.46	4.975	1.23	0.2852	1.08	0.88	2050	10	1618	15	1815	10	79
66	2	e	p	hb	2.0358	180	1.418	760	8.48	0.20723	1.59	5.934	2.83	0.2077	2.31	0.82	2884	26	1217	26	1966	25	42
67	1	c	p	ic	7.8495	1974	0.399	199	1.47	0.16225	1.79	0.730	2.86	0.0326	2.19	0.77	2481	31	207	4	557	12	8
68	1	c	p	sz	0.5109	688	0.224	2972	17.40	0.12115	2.33	6.118	2.54	0.3662	0.93	0.37	1974	42	2012	16	1993	22	102
69.1	1	e	p	osc	0.8959	554	0.430	1705	12.89	0.15740	1.79	7.122	2.59	0.3281	1.84	0.71	2428	31	1829	29	2127	23	75
69.2	1	c	p	osc	0.8295	695	0.620	1859	7.45	0.15947	0.67	5.334	1.74	0.2426	1.56	0.90	2450	13	1400	20	1874	15	57
70	2	m	p	sz	0.1478	110	0.973	9649	46.74	0.21667	0.74	18.162	1.64	0.6079	1.41	0.86	2956	14	3062	34	2998	16	104
71	2	m	rd	hb	0.0687	77	0.048	21316	56.10	0.20504	0.64	15.073	0.96	0.5331	0.61	0.64	2867	12	2755	13	2820	9	96
72	2	e	ov	hb	0.0158	77	0.545	96458	94.05	0.17422	2.14	8.170	2.64	0.3401	1.49	0.56	2599	37	1887	24	2250	24	73
73	1	e	p	osc	0.1894	249	0.113	7734	24.26	0.21105	0.58	15.414	1.29	0.5297	1.10	0.85	2914	11	2740	25	2841	12	94
74	2	m	fr	hd	0.0270	82	0.166	54383	57.73	0.20410	1.79	14.759	1.91	0.5244	0.54	0.29	2860	30	2718	12	2800	18	95
75	1	c	p	hd	0.0672	79	0.452	22541	25.93	0.13206	0.40	6.955	0.81	0.3819	0.60	0.74	2126	9	2085	11	2106	7	98
76	4	c	fr	ic	0.5576	376	0.386	2767	3.10	0.12430	0.87	4.059	1.86	0.2368	1.60	0.86	2019	17	1370	20	1646	15	68
77	1	m	p	hb/ic	0.0328	316	0.604	44597	88.28	0.20340	2.51	15.096	2.93	0.5382	1.46	0.50	2854	41	2776	33	2821	28	97
78	3	c	p	osc	0.0427	85	0.451	35556	71.10	0.13303	0.50	6.621	0.94	0.3609	0.70	0.75	2139	11	1986	12	2062	8	93
79	1	m	p	hd/osc	0.1396	144	0.334	10903	10.45	0.13314	0.55	6.413	0.88	0.3493	0.57	0.65	2140	12	1931	9	2034	8	90
80	2	c	ov	rx/ic	0.0976	88	0.491	15380	13.00	0.17223	0.43	10.228	0.91	0.4307	0.71	0.78	2579	9	2309	14	2456	8	90
81	1	c	p	rx/ic	0.0198	73	0.260	74419	57.37	0.20458	0.45	14.176	0.89	0.5025	0.67	0.75	2863	10	2625	14	2762	9	92
82	2	m	fr	hb	0.0202	84	0.497	72886	48.06	0.19898	0.42	14.246	0.91	0.5192	0.71	0.78	2818	9	2696	15	2766	9	96
83	4	m	p	osc	0.0655	654	0.177	23099	79.54	0.12397	1.87	6.728	3.24	0.3936	2.62	0.81	2014	34	2140	48	2076	29	106
84	4	m	ov	osc	0.2227	234	0.194	6815	19.29	0.13285	0.41	6.808	2.40	0.3716	2.33	0.97	2136	10	2037	41	2087	21	95
85	1	e	p	osc	0.0375	163	0.420	40475	80.62	0.13033	0.52	6.628	1.07	0.3688	0.86	0.80	2103	11	2024	15	2063	9	96
86	4	e	p	osc	0.0277	83	0.244	53425	61.17	0.19661	0.42	13.283	0.89	0.4900	0.69	0.78	2798	9	2571	15	2700	9	92
87	4	c	p	osc/ic	1.2833	1029	0.104	1186	14.81	0.19138	5.49	9.288	6.23	0.3520	2.93	0.47	2754	91	1944	49	2367	57	71
88	1	e	p	osc	0.7450	422	0.533	2061	3.14	0.13877	1.13	5.414	1.61	0.2829	1.09	0.68	2212	21	1606	16	1887	14	73

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-27 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
89	1	m	p	hb	0.0356	85	0.291	41127	49.42	0.20856	0.57	15.168	0.91	0.5274	0.61	0.67	2895	11	2731	13	2826	9	94
90	2	c	rd	rx/ic	0.0088	52	0.069	165305	28.94	0.21920	0.77	16.633	1.10	0.5503	0.70	0.63	2975	14	2826	16	2914	11	95
91	1	e	p	hb/rx	0.0281	163	0.508	53984	46.31	0.12942	1.44	6.760	1.61	0.3788	0.63	0.39	2090	26	2071	12	2081	14	99
92	2	c	rd	ic	0.0434	69	0.438	34030	42.62	0.20037	0.49	13.931	1.03	0.5042	0.83	0.80	2829	10	2632	18	2745	10	93
93	4	m	fr	ic	0.0461	72	0.449	32910	44.59	0.13101	0.55	6.685	0.90	0.3701	0.61	0.68	2112	12	2030	10	2071	8	96
94	1	c	p	sz	1.0927	685	1.204	1341	10.67	0.20419	0.57	14.921	0.99	0.5299	0.71	0.72	2860	11	2741	16	2810	10	96
95	1	m	p	osc	0.8426	591	0.177	1825	7.63	0.13006	0.62	4.817	3.31	0.2686	3.23	0.98	2099	12	1534	44	1788	28	73
96	4	c	rd	hb/ic	0.0353	71	0.616	41435	47.12	0.20395	0.40	14.950	0.80	0.5316	0.59	0.73	2858	9	2748	13	2812	8	96
97	4	e	rd	osc/hd	0.0628	104	0.539	23659	62.15	0.20357	2.11	13.441	2.29	0.4788	0.80	0.35	2855	35	2522	17	2711	22	88
98	2	e	ov	hb	0.2060	62	0.564	7225	60.28	0.18002	1.31	11.660	1.98	0.4697	1.43	0.73	2653	22	2482	30	2578	19	94
99	4	c	ov	sz/ic	0.1606	176	0.447	9517	27.78	0.18184	0.61	8.061	1.24	0.3215	1.01	0.82	2670	12	1797	16	2238	11	67
100	2	c	rd	rx/ic	0.0129	60	0.081	113493	37.29	0.20582	0.51	15.060	0.90	0.5306	0.64	0.71	2873	10	2744	15	2819	9	96

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-35

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
1.1	1	e	p	hb	0.4967	320	0.196	2726	9.68	0.22734	1.69	22.366	2.05	0.7135	1.09	0.53	3034	28	3472	29	3200	20	114
1.2	1	c	p	sz/ic	0.1546	118	0.480	9687	38.06	0.19788	0.88	12.085	1.36	0.4429	0.98	0.72	2809	15	2364	20	2611	13	84
2	1	c	ov	ic	0.3689	328	0.089	4206	5.06	0.13167	0.57	2.906	0.94	0.1601	0.65	0.69	2120	12	957	6	1383	7	45
3	1	m	p	osc	0.8936	1052	0.205	1738	12.46	0.08251	3.85	1.688	3.96	0.1483	0.81	0.21	1259	76	891	7	1004	25	71
4	3	m	p	osc/ic	0.1143	123	0.559	12713	12.48	0.20831	0.44	15.951	0.80	0.5553	0.56	0.70	2893	9	2847	13	2874	8	98
5.1	3	e	p	osc	0.1552	88	0.341	9922	15.23	0.12022	0.65	4.245	1.07	0.2560	0.77	0.72	1960	13	1469	10	1683	9	75
5.2	3	c	p	ic	0.5355	287	0.471	2878	4.33	0.12253	0.67	4.222	1.54	0.2499	1.34	0.87	1993	14	1438	17	1678	13	72
6	2	m	ov	hb	1.7132	92	0.621	903	9.69	0.17777	2.17	4.962	9.83	0.2024	9.58	0.97	2633	40	1188	104	1813	83	45
7	4	c	fr	ic/rx	0.0233	68	0.594	65614	73.25	0.12676	0.60	5.514	2.72	0.3155	2.63	0.97	2054	12	1768	41	1903	23	86
8	4	m	p	sz	0.0774	64	1.550	19033	56.05	0.18354	0.52	12.924	0.86	0.5106	0.57	0.66	2685	11	2659	12	2674	8	99
9	1	m	p	hd	0.8931	439	0.217	1741	3.11	0.12436	1.06	2.148	2.10	0.1253	1.78	0.85	2019	20	761	13	1164	15	38
10	4	m	rd	hb	0.4039	81	0.143	3627	17.41	0.19640	0.61	14.345	1.03	0.5297	0.74	0.72	2797	12	2740	17	2773	10	98
11	1	c	p	ic	0.5459	539	0.050	2844	3.43	0.12583	3.00	2.659	3.57	0.1532	1.89	0.53	2041	54	919	16	1317	26	45
12	1	m	p	rx	0.4326	73	0.445	3419	21.27	0.18264	0.69	12.479	1.04	0.4955	0.68	0.66	2677	13	2594	15	2641	10	97
13	2	c	rd	ic/hb	0.1380	78	1.047	10638	71.54	0.19397	0.62	13.943	1.07	0.5213	0.79	0.74	2776	12	2705	18	2746	10	97
14	2	e	rd	osc	0.0221	70	0.144	65963	41.13	0.19582	0.42	14.560	0.83	0.5392	0.61	0.73	2792	10	2780	14	2787	8	100

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-35 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
15	1	c	p	sz/ic	0.3862	155	0.037	4012	6.33	0.14875	1.87	3.770	3.89	0.1838	3.39	0.87	2332	33	1088	34	1586	31	47
16	1	c	ov	ic	0.1292	91	0.320	11802	34.25	0.17266	0.94	8.059	3.65	0.3385	3.51	0.96	2584	17	1879	57	2238	33	73
17	3	m	ov	osc	0.2915	180	0.107	5314	34.51	0.16563	2.86	4.233	12.60	0.1853	12.27	0.97	2515	52	1096	124	1680	103	44
18	1	c	p	ic	0.0758	91	0.581	19254	14.21	0.22022	2.06	16.412	2.19	0.5405	0.65	0.30	2982	34	2786	15	2901	21	93
19	2	e	rd	hb	0.7045	106	0.758	2099	8.46	0.18973	0.59	12.985	0.97	0.4963	0.67	0.69	2740	11	2598	14	2679	9	95
20	1	m	p	osc	0.9312	740	0.291	1665	13.63	0.11022	5.13	2.666	5.74	0.1754	2.55	0.44	1803	94	1042	25	1319	43	58
21	2	m	ov	osc	0.0443	84	0.282	34232	57.03	0.13374	0.48	6.989	0.91	0.3790	0.68	0.75	2148	10	2072	12	2110	8	96
22	1	m	p	osc	0.0270	124	0.153	57508	64.45	0.10696	0.70	2.256	1.88	0.1530	1.71	0.91	1748	14	918	15	1199	13	52
23	1	e	p	osc	0.2408	182	0.161	6418	9.49	0.11450	1.06	3.433	1.35	0.2174	0.76	0.56	1873	20	1268	9	1512	11	68
24	1	e	p	rx	0.5217	416	0.813	2963	5.51	0.16439	0.59	4.800	1.57	0.2118	1.41	0.90	2501	12	1238	16	1785	13	50
25	1	m	p	rx	0.4240	330	0.244	3597	6.60	0.20466	1.17	9.566	3.57	0.3390	3.35	0.94	2864	20	1882	55	2394	33	66
26	2	m	rd	hb	0.0347	82	0.349	42273	48.48	0.19570	0.70	14.112	1.12	0.5230	0.80	0.71	2791	13	2712	18	2757	11	97
27.1	1	e	p	osc	0.2564	226	0.155	6066	5.96	0.09259	0.95	1.597	1.41	0.1251	0.97	0.69	1479	19	760	7	969	9	51
27.2	1	m	p	rx/hd	0.2018	147	0.201	7615	9.19	0.12224	0.69	4.640	1.46	0.2753	1.24	0.85	1989	14	1568	17	1757	12	79
28.1	1	e	p	osc/rx	1.2025	1592	0.047	1290	0.97	0.12365	0.68	2.927	0.99	0.1716	0.61	0.62	2010	14	1021	6	1389	8	51
28.2	1	m	p	osc	0.1909	158	0.328	8101	7.92	0.14426	1.26	4.187	2.26	0.2105	1.84	0.81	2279	23	1232	21	1672	19	54
29	1	c	p	ic	0.6888	269	0.093	2258	5.63	0.11720	4.41	1.979	11.15	0.1225	10.23	0.92	1914	78	745	72	1108	75	39
30	4	m	ov	osc	0.1167	75	1.368	12545	26.16	0.19651	0.37	14.385	0.78	0.5309	0.58	0.74	2797	9	2745	13	2775	8	98
31	1	c	p	ic	0.0788	72	0.398	18588	30.34	0.21444	0.43	15.628	0.74	0.5285	0.48	0.65	2940	9	2735	11	2854	7	93
32	2	m	rd	rx	0.2585	95	0.561	5692	6.90	0.19475	0.56	13.824	0.89	0.5148	0.59	0.66	2783	11	2677	13	2738	9	96
33	1	m	p	osc	0.2893	191	0.381	5349	13.23	0.11157	0.70	3.100	1.72	0.2015	1.53	0.89	1825	14	1183	17	1433	13	65
34	4	c	p	ic/sz	0.1234	170	0.193	11944	14.78	0.21826	0.93	15.270	1.86	0.5074	1.56	0.84	2968	16	2646	34	2832	18	89
35	1	m	fr	osc	0.2603	183	0.213	5959	6.11	0.10380	0.74	2.374	1.52	0.1659	1.27	0.84	1693	15	990	12	1235	11	58
36.1	2	e	rd	osc	0.0220	68	0.091	66553	41.92	0.19642	0.54	14.545	0.86	0.5370	0.56	0.65	2797	11	2771	12	2786	8	99
36.2	2	c	rd	osc	0.1774	142	0.123	8589	6.54	0.18160	0.65	8.620	1.37	0.3442	1.15	0.84	2668	12	1907	19	2299	13	71
37	2	c	ov	ic	0.0566	70	0.542	25443	60.20	0.21135	0.52	16.986	0.98	0.5829	0.75	0.76	2916	11	2961	18	2934	10	102
38	1	m	p	osc	0.2041	128	0.370	7586	8.74	0.11413	1.21	3.028	1.91	0.1924	1.43	0.75	1866	23	1134	15	1415	15	61
39.1	1	m	fr	osc	0.0345	95	0.542	44181	72.18	0.18682	0.58	8.977	1.24	0.3485	1.03	0.83	2714	11	1927	17	2336	11	71
39.2	1	c	fr	ic	0.0608	139	0.573	24960	75.26	0.18225	2.50	9.329	7.76	0.3712	7.33	0.95	2674	40	2035	128	2371	71	76
40	1	m	p	hb	0.0933	72	0.343	16031	38.02	0.20901	0.64	12.860	1.44	0.4462	1.23	0.86	2898	12	2378	25	2669	14	82
41	3	m	fr	rx/hd	0.0387	71	0.226	39049	59.25	0.13041	0.54	7.107	0.86	0.3952	0.55	0.64	2104	12	2147	10	2125	8	102

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-35 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
42	2	m	p	osc	0.0547	56	0.562	26619	41.77	0.20022	0.65	15.246	1.23	0.5522	0.98	0.79	2828	12	2834	23	2831	12	100
43	2	c	eq	ic	0.0734	62	0.425	20001	46.21	0.19599	0.92	14.117	1.19	0.5224	0.65	0.55	2793	16	2709	14	2758	11	97
44	1	m	p	osc/hd	0.0656	154	0.155	23628	80.91	0.10471	0.80	2.635	1.38	0.1825	1.07	0.77	1709	16	1081	11	1311	10	63
45	2	e	rd	osc/hb	0.3284	101	0.481	4603	39.80	0.13481	0.60	7.335	1.00	0.3946	0.71	0.71	2162	12	2144	13	2153	9	99
46	2	e	ov	hb	0.0291	82	0.473	53313	70.21	0.14433	1.23	2.999	5.80	0.1507	5.65	0.98	2280	20	905	48	1407	44	40
47	1	e	p	osc	0.3766	331	0.081	4126	6.79	0.12384	1.86	2.415	4.85	0.1414	4.46	0.92	2013	34	853	36	1247	35	42
48	1	m	p	osc	0.1418	98	0.213	10749	16.57	0.12868	0.36	6.060	0.82	0.3415	0.64	0.78	2080	9	1894	11	1985	7	91
49	1	e	ov	hd/osc	0.8914	645	0.174	1743	2.25	0.08856	0.88	1.678	1.50	0.1374	1.16	0.77	1395	18	830	9	1000	10	60
50	1	m	p	osc	0.2246	119	0.242	6756	18.93	0.13201	0.58	6.756	1.01	0.3711	0.74	0.73	2125	12	2035	13	2080	9	96
51	1	e	p	hd	0.3732	178	0.179	4153	5.68	0.10328	0.55	2.519	0.98	0.1769	0.72	0.73	1684	13	1050	7	1278	7	62
52	3	e	p	sz	0.2632	93	0.525	5761	19.88	0.13306	0.57	6.889	0.99	0.3755	0.72	0.72	2139	12	2055	12	2097	9	96
53	1	m	p	osc	0.1745	80	0.411	8717	11.94	0.13073	0.62	6.436	0.99	0.3570	0.67	0.68	2108	13	1968	11	2037	9	93
54.1	4	e	ov	hb	2.3009	2278	0.307	661	15.01	0.19516	2.78	9.636	3.06	0.3581	1.23	0.40	2786	46	1973	21	2401	28	71
54.2	4	m	ov	ic	1.8531	74	0.187	775	10.44	0.21520	1.30	17.498	1.82	0.5897	1.23	0.67	2945	22	2988	29	2963	18	101
55	1	m	ov	osc	0.4109	272	0.173	3772	5.44	0.10525	0.62	2.609	1.32	0.1798	1.10	0.84	1719	13	1066	11	1303	10	62
56	1	c	ov	ic/hd	0.2450	185	0.157	6330	9.88	0.10680	1.18	2.476	4.81	0.1681	4.64	0.97	1746	21	1002	43	1265	35	57
57	4	c	ov	ic	0.1788	67	0.773	8211	27.89	0.19083	0.62	13.738	0.96	0.5221	0.63	0.66	2749	12	2708	14	2732	9	99
58	1	m	p	osc/ic	0.0593	143	0.066	25702	69.40	0.19269	1.28	9.134	1.75	0.3438	1.14	0.65	2765	22	1905	19	2352	16	69
59	1	e	fr	hb/ic	0.0349	76	0.278	42212	48.48	0.21685	0.42	15.399	0.88	0.5150	0.68	0.77	2958	9	2678	15	2840	9	91
60	2	m	ov	hb	0.2883	98	1.080	5196	12.29	0.19235	0.52	11.707	0.89	0.4414	0.61	0.69	2762	11	2357	12	2581	8	85
61	2	m	ov	hb	0.3041	74	0.319	4812	53.36	0.19780	1.33	14.547	2.01	0.5333	1.45	0.72	2808	23	2755	33	2786	19	98
62	3	c	p	ic	0.2705	119	0.404	5610	10.52	0.13187	0.61	6.732	1.05	0.3702	0.77	0.73	2123	13	2030	13	2077	9	96
63	2	m	fr	ic	0.4991	88	0.368	3034	17.91	0.13499	0.72	7.142	1.07	0.3837	0.70	0.66	2164	14	2094	13	2129	10	97
64	1	e	p	osc	0.2572	152	0.303	6019	5.94	0.10772	1.06	2.857	1.29	0.1923	0.63	0.49	1762	21	1134	7	1371	10	64
65.1	1	e	p	osc	1.5515	1987	0.225	973	16.42	0.19303	2.20	10.676	2.64	0.4011	1.41	0.53	2768	37	2174	26	2495	25	79
65.2	1	c	p	ic/hd	0.4829	292	0.284	3218	6.46	0.10449	0.89	1.997	2.85	0.1386	2.68	0.94	1706	18	837	21	1115	19	49
66	1	e	p	osc	0.2327	134	0.356	6599	14.48	0.12624	0.50	4.952	0.97	0.2845	0.75	0.77	2046	11	1614	11	1811	8	79
67	4	e	oc	hb	0.3256	145	0.383	4580	9.62	0.20393	0.46	12.998	1.28	0.4622	1.14	0.89	2858	10	2449	23	2680	12	86
68.1	1	e	p	osc	0.1689	103	0.269	8798	18.37	0.17062	0.44	11.242	0.76	0.4779	0.49	0.64	2564	10	2518	10	2543	7	98
68.2	1	m	p	osc	0.2370	127	0.451	6288	7.75	0.17083	0.39	10.949	0.79	0.4648	0.57	0.73	2566	9	2461	11	2519	7	96
69	1	e	p	osc/hd	0.1317	106	0.136	11666	13.13	0.12312	0.64	4.768	2.18	0.2809	2.05	0.94	2002	13	1596	29	1779	18	80

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-35 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
70.1	2	e	ov	hb	0.0607	101	0.355	23929	74.56	0.21584	0.56	16.616	0.90	0.5583	0.61	0.67	2950	11	2860	14	2913	9	97
70.2	2	m	ov	osc	0.0762	87	0.376	19225	31.63	0.21014	0.56	15.375	0.88	0.5306	0.57	0.64	2907	11	2744	12	2839	9	94
71	1	m	p	osc/ic	0.2929	215	0.356	5284	4.30	0.11059	0.81	2.978	1.95	0.1953	1.74	0.89	1809	16	1150	18	1402	15	64
72	1	m	ov	hb	0.4844	107	0.706	3015	7.61	0.20856	0.53	15.540	0.87	0.5404	0.59	0.67	2894	10	2785	14	2849	8	96
73	2	m	ov	sz/osc	0.0961	99	0.413	15778	67.06	0.13319	0.44	6.866	0.78	0.3739	0.52	0.67	2140	10	2048	9	2094	7	96
74	1	m	ov	hd	0.0738	99	0.011	19537	13.47	0.25379	1.44	20.226	1.64	0.5780	0.69	0.42	3209	24	2941	17	3102	16	92
75	1	c	p	hb/osc	0.0238	77	0.333	63673	62.02	0.13462	0.50	6.901	0.83	0.3718	0.54	0.66	2159	11	2038	10	2099	8	94
76	1	m	p	ic/rx	0.0318	57	0.351	47926	46.11	0.13135	0.37	6.150	0.77	0.3395	0.56	0.73	2117	9	1884	9	1997	7	89
77	1	m	ov	hd	0.2683	218	0.473	5685	4.47	0.20412	0.39	9.471	0.82	0.3365	0.62	0.76	2860	8	1870	10	2385	7	65
78	1	c	fr	hd	0.1588	85	0.182	9588	13.26	0.13128	0.40	6.359	0.78	0.3513	0.55	0.71	2115	10	1941	9	2027	7	92
79	1	e	p	sz	0.1917	105	0.174	7932	14.00	0.13163	0.50	6.515	0.87	0.3590	0.61	0.70	2120	11	1977	10	2048	7	93
80	1	m	p	osc	0.2629	206	0.289	5848	4.77	0.15144	0.53	5.657	1.17	0.2709	0.97	0.83	2362	11	1545	13	1925	10	65
81	1	e	p	osc	0.0398	110	0.239	38696	60.19	0.12341	0.49	4.182	1.10	0.2458	0.91	0.83	2006	11	1417	11	1671	9	71
82	1	e	fr	osc	0.1646	90	0.500	9207	17.02	0.13676	0.40	7.141	0.82	0.3787	0.62	0.75	2187	9	2070	11	2129	7	95
83	2	m	rd	osc	0.0394	79	0.570	37491	63.03	0.19651	0.51	13.482	0.88	0.4975	0.62	0.70	2798	11	2603	13	2714	9	93
84	2	c	rd	ic	0.7856	614	0.200	1981	2.79	0.12814	0.89	1.958	1.83	0.1108	1.55	0.85	2073	17	677	10	1101	12	33
85	1	e	p	osc	0.5363	579	0.462	2851	2.43	0.20316	0.53	8.974	1.10	0.3203	0.89	0.81	2852	11	1791	14	2335	10	63
86	1	e	p	osc/hd	0.3577	252	0.201	4348	8.95	0.09468	2.01	1.645	6.97	0.1260	6.67	0.96	1522	37	765	48	988	44	50
87	1	e	p	osc	0.0279	94	0.218	55072	78.64	0.12203	0.88	4.771	1.61	0.2835	1.30	0.81	1987	17	1609	19	1780	14	81
88	4	c	p	ic/hd	0.6990	736	0.301	2219	4.06	0.13220	0.51	3.028	0.99	0.1661	0.76	0.77	2128	11	991	7	1415	8	47
89	1	e	p	osc	0.1518	110	0.331	10059	9.16	0.16003	0.49	7.244	0.97	0.3283	0.74	0.77	2456	10	1830	12	2142	8	75
90.1	1	e	p	hb	0.2223	97	0.633	6627	30.45	0.20832	0.50	14.679	0.97	0.5110	0.74	0.76	2893	10	2661	16	2795	9	92
90.2	1	c	p	ic	0.2900	271	0.054	5367	7.40	0.09353	0.67	1.397	1.05	0.1083	0.72	0.68	1499	15	663	4	888	6	44
91	2	c	rd	ic	0.0992	91	0.365	14853	60.51	0.19696	0.43	13.805	0.87	0.5083	0.66	0.76	2801	9	2649	14	2736	8	95
92	3	m	p	hd	0.1690	96	0.297	9011	9.48	0.13066	0.40	6.259	0.90	0.3474	0.72	0.79	2107	10	1922	12	2013	8	91
93	1	c	p	ic/osc	0.3110	91	0.151	4969	12.02	0.11737	0.51	3.480	1.11	0.2150	0.91	0.82	1917	11	1255	10	1523	9	66
94	1	m	p	hd	0.0999	89	0.172	14596	10.11	0.22087	0.60	16.645	0.90	0.5465	0.55	0.62	2987	11	2811	13	2915	9	94
95	1	c	p	ic	0.6086	399	0.229	2554	4.13	0.09736	0.61	1.826	3.15	0.1360	3.07	0.97	1575	14	822	24	1055	21	52
96	1	m	p	osc	0.2717	158	0.372	5665	14.34	0.12249	0.55	4.389	1.05	0.2599	0.81	0.77	1993	12	1489	11	1710	9	75
97	1	e	ov	osc	0.2520	185	0.218	6041	15.92	0.13700	0.74	6.651	1.19	0.3521	0.85	0.71	2190	15	1945	14	2066	11	89
98	1	e	p	hd	0.0532	132	0.195	29047	61.72	0.11418	0.86	3.459	1.42	0.2197	1.07	0.75	1867	17	1280	12	1518	11	69

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-35 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
99	2	c	rd	ic/hd	0.1183	119	0.191	12457	17.83	0.20443	0.62	14.381	1.32	0.5102	1.11	0.84	2862	12	2658	24	2775	13	93
100	1	c	p	osc	0.1443	89	0.369	10556	12.70	0.13017	0.54	6.267	0.88	0.3492	0.58	0.66	2100	12	1931	10	2014	8	92

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-98B

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
1	4	m	ov	osc	7.8108	4343	1.654	192	1.51	0.23100	0.95	13.499	1.26	0.4238	0.74	0.59	3059	16	2278	14	2715	12	74
2	1	m	p	osc	3.5468	1479	0.324	437	1.94	0.12321	0.51	2.840	0.89	0.1672	0.63	0.71	2003	11	997	6	1366	7	50
3.1	4	e	ov	hb	9.8644	2339	3.103	156	4.56	0.32284	0.73	11.214	8.31	0.2519	8.26	1.00							40
3.2	4	m	ov	sz	0.1944	200	0.420	7612	9.14	0.19256	0.31	13.095	0.82	0.4932	0.66	0.81	2764	8	2585	14	2687	8	93
4	4	m	ov	sz	5.7615	3763	0.658	265	3.60	0.24379	2.04	11.416	2.99	0.3396	2.16	0.72	3145	33	1885	35	2558	28	60
5.1	2	e	rd	hb	0.0075	49	0.620	195542	76.92	0.18667	0.85	13.482	1.46	0.5238	1.12	0.77	2713	15	2715	25	2714	14	100
5.2	2	c	rd	hb	0.0185	52	1.378	78678	39.18	0.19349	0.65	14.499	1.41	0.5434	1.20	0.85	2772	12	2798	27	2783	13	101
6	1	m	p	sz	3.3625	2237	0.591	458	7.48	0.17247	0.83	6.006	3.04	0.2526	2.90	0.95	2582	16	1452	38	1977	27	56
7.1	1	e	p	hb	0.4377	135	0.441	3302	11.43	0.23063	0.55	18.186	0.95	0.5718	0.68	0.72	3057	11	2915	16	3000	9	95
7.2	1	m	p	osc	0.9107	1516	0.783	1634	17.32	0.19228	1.65	12.472	1.80	0.4704	0.61	0.34	2762	28	2485	12	2641	17	90
8	2	e	ov	hb	0.0054	37	0.286	274306	81.52	0.18321	0.44	13.071	0.81	0.5174	0.57	0.71	2682	9	2688	12	2685	8	100
9	3	e	p	sz	0.0251	54	0.615	60471	48.28	0.13010	0.33	6.452	0.74	0.3596	0.56	0.75	2100	9	1980	9	2039	7	94
10.1	1	e	p	osc	25.7520	14750	0.328	60	0.75	0.36315	1.22	8.166	2.14	0.1631	1.72	0.80	3763	20	974	16	2250	19	26
10.2	1	m	p	osc	39.7973	45828	0.846	39	0.91	0.49263	0.44	10.375	1.65	0.1527	1.54	0.94	4220	8	916	13	2469	15	22
11	2	m	ov	hb	0.1002	33	0.068	15179	30.29	0.13732	1.71	6.713	2.45	0.3545	1.72	0.70	2194	30	1956	29	2074	22	89
12	4	m	ov	sz	0.0376	52	0.200	39393	45.46	0.19392	0.62	13.098	0.97	0.4899	0.65	0.67	2776	12	2570	14	2687	9	93
13	1	m	p	osc	22.6233	13418	1.489	68	4.93	0.37876	4.42	17.019	4.62	0.3259	1.29	0.28	3827	67	1819	20	2936	44	48
14	3	m	p	hb	0.0645	128	1.444	22534	37.40	0.20263	1.31	15.542	1.62	0.5562	0.88	0.54	2848	22	2851	21	2849	16	100
15	3	m	p	hb	0.1254	42	1.290	11762	38.71	0.20592	0.88	14.330	1.33	0.5047	0.93	0.70	2874	15	2634	21	2772	13	92
16.1	2	e	rd	hb	0.0538	38	1.562	27359	29.66	0.18610	0.66	13.181	1.19	0.5137	0.91	0.77	2708	13	2672	20	2693	11	99
16.2	2	m	rd	osc	0.0743	64	1.039	19616	48.70	0.21283	0.49	15.975	1.10	0.5443	0.92	0.83	2927	10	2801	20	2875	11	96
17	2	e	rd	sz	0.0273	46	0.940	52281	38.23	0.18440	0.47	15.302	0.92	0.6018	0.69	0.76	2693	10	3037	17	2834	9	113
18	4	e	ov	osc	13.7057	10637	0.672	113	9.00	0.20229	6.62	5.685	6.67	0.2038	0.66	0.10							42
19.1	4	e	rd	hb	32.2750	6550	3.827	48	1.06	0.48756	1.32	15.970	3.66	0.2375	3.39	0.93	4204	20	1374	42	2875	35	33
19.2	4	m	rd	hd	11.0187	5109	0.362	141	1.89	0.20131	1.73	3.530	1.94	0.1272	0.80	0.41	2837	29	772	6	1534	15	27
20	3	m	p	osc	0.0313	64	0.185	47772	48.67	0.16695	1.24	10.517	1.47	0.4569	0.69	0.47	2527	22	2426	14	2481	14	96
21.1	1	e	p	osc	14.9175	7532	2.511	103	3.69	0.30219	3.48	12.968	3.74	0.3112	1.32	0.35	3482	54	1747	20	2677	35	50
21.2	1	c	p	ic	33.2580	9231	2.134	46	9.48	0.49977	3.09	16.150	4.02	0.2344	2.54	0.63	4240	46	1358	31	2886	38	32
22	2	c	ov	hb	0.0542	56	0.676	27928	40.23	0.13795	0.74	7.324	1.13	0.3850	0.77	0.68	2202	14	2100	13	2152	10	95

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-98B (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	204Pb cps	Th/U	206Pb/204Pb	1 σ	207Pb/206Pb	1 σ	207Pb/235U	1 σ	206Pb/238U	1 σ	Rho	t.76	2 σ	t.68	2 σ	t.75	2 σ	concordância
23	2	m	ov	hb	0.0367	21	1.641	39938	22.47	0.19832	0.63	14.350	1.07	0.5247	0.78	0.73	2813	12	2719	18	2773	10	97
24	2	m	ov	osc	2.7514	1773	0.440	538	18.84	0.26543	2.95	18.058	3.77	0.4934	2.32	0.62	3279	47	2585	49	2993	36	79
25.1	2	e	ov	osc	0.0129	30	0.357	112346	25.85	0.21624	0.45	16.808	0.81	0.5637	0.56	0.69	2953	9	2882	13	2924	8	98
25.2	2	c	ov	ic	0.3028	137	0.771	4849	5.55	0.21295	0.37	15.344	0.79	0.5226	0.59	0.75	2928	9	2710	13	2837	8	93
26	1	m	p	osc	0.3050	149	0.435	4970	9.53	0.13339	0.38	6.971	0.94	0.3790	0.77	0.83	2143	9	2072	13	2108	8	97
27	2	e	rd	hb	0.0240	56	0.389	61290	41.93	0.17664	0.48	12.528	1.21	0.5143	1.05	0.87	2622	10	2675	23	2645	11	102
28	4	m	eq	osc	3.7125	3028	2.099	416	12.92	0.30129	2.15	9.384	2.52	0.2259	1.27	0.50	3477	34	1313	15	2376	23	38
29	2	m	ov	hb	0.1428	62	1.911	10357	51.73	0.19060	0.56	13.013	0.99	0.4951	0.72	0.73	2748	11	2593	15	2681	9	94
30	2	m	rd	hb	0.4478	61	3.311	3245	64.18	0.20105	1.16	15.420	2.04	0.5562	1.64	0.80	2835	20	2851	38	2842	20	101
31	2	e	rd	sz	0.0416	52	0.988	35137	44.43	0.19910	0.58	14.766	1.02	0.5378	0.75	0.74	2819	11	2774	17	2800	10	98
32	2	c	rd	hb	0.0369	50	0.222	39734	39.26	0.20923	0.61	15.109	0.94	0.5237	0.62	0.66	2900	12	2715	13	2822	9	94
33	4	m	rd	hb	0.0501	38	0.439	29170	33.88	0.21249	0.71	15.724	1.12	0.5366	0.79	0.70	2925	13	2769	18	2860	11	95
34	2	m	rd	hb	0.1090	46	0.313	13362	38.21	0.20927	0.98	15.798	1.31	0.5475	0.79	0.60	2900	17	2815	18	2865	13	97
35	1	m	p	osc	8.6729	4789	0.438	178	10.08	0.33141	4.14	8.895	4.66	0.1946	2.11	0.45	3624	64	1146	22	2327	43	32
36	1	m	p	sz	2.7567	3507	0.835	529	18.99	0.14603	5.86	11.002	6.07	0.5464	1.55	0.26							122
37	1	m	p	ic	0.0128	45	0.181	103977	37.01	0.35640	0.37	36.542	0.80	0.7436	0.60	0.76	3735	8	3584	17	3681	8	96
38	4	m	ov	osc	0.1642	421	0.433	9225	81.47	0.20048	0.48	10.555	1.19	0.3818	1.02	0.86	2830	10	2085	18	2485	11	74
39	1	c	p	ic	1.1610	466	0.440	1320	9.77	0.14643	1.38	6.076	1.70	0.3009	0.93	0.54	2305	25	1696	14	1987	15	74
40	4	c	rd	ic	5.7166	1310	2.069	266	2.96	0.25186	1.16	12.348	1.61	0.3555	1.06	0.65	3197	19	1961	18	2631	15	61
41.1	4	e	rd	hb	11.1052	336	7.567	138	3.40	0.26454	1.69	9.899	3.42	0.2714	2.95	0.86	3274	27	1548	41	2425	32	47
41.2	4	c	rd	ic	18.7649	9807	1.161	83	2.95	0.32319	1.69	6.710	2.13	0.1506	1.23	0.58	3585	27	904	10	2074	19	25
42	1	e	p	sz	2.2168	744	1.254	684	5.14	0.25616	0.63	13.349	3.30	0.3779	3.22	0.98	3224	10	2067	57	2705	31	64
43	2	c	fr	hb/ic	0.0248	29	0.359	59733	30.44	0.18720	0.56	12.482	1.07	0.4836	0.84	0.78	2718	11	2543	18	2641	10	94
44	2	m	ov	hb	0.0240	34	0.331	61252	24.00	0.19811	0.52	14.255	1.11	0.5218	0.90	0.82	2811	10	2707	20	2767	11	96
45.1	2	e	ov	hb	0.0270	23	0.313	54706	27.99	0.19608	0.77	13.652	1.20	0.5049	0.84	0.70	2794	14	2635	18	2726	11	94
45.2	2	c	ov	ic	0.0171	22	0.251	85169	27.38	0.21819	0.43	16.590	0.82	0.5514	0.60	0.72	2968	9	2831	14	2911	8	95
46.1	1	e	p	osc	1.9556	578	0.659	794	91.43	0.55419	3.49	12.186	7.12	0.1595	6.19	0.87	4392	51	954	55	2619	67	22
46.2	1	m	p	hb	0.6499	78	1.119	2343	23.94	0.18957	0.69	9.130	1.22	0.3493	0.94	0.77	2738	13	1931	16	2351	11	71
47	4	m	ov	osc	4.4026	2352	1.562	349	8.57	0.21756	3.70	8.134	3.84	0.2711	0.97	0.25	2963	60	1546	13	2246	35	52
48	2	c	rd	hb	0.0501	63	0.344	29497	41.20	0.19252	0.72	13.259	1.12	0.4995	0.77	0.69	2764	13	2612	16	2698	11	94
49	1	e	p	osc	1.6104	12649	1.455	937	46.31	0.09631	7.37	5.367	7.75	0.4042	2.36	0.30	1554	139	2188	44	1880	66	141
50	3	m	ov	sz	0.4292	71	0.555	3527	20.20	0.13630	0.61	7.268	1.26	0.3867	1.04	0.82	2181	13	2108	19	2145	11	97
51	2	m	ov	ic	0.0344	50	0.661	42176	38.55	0.21383	0.49	16.518	0.96	0.5602	0.74	0.77	2935	10	2868	17	2907	9	98
52.1	4	e	ov	osc	1.7411	877	0.396	863	3.54	0.22183	0.42	13.060	1.19	0.4270	1.05	0.88	2994	9	2292	20	2684	11	77
52.2	4	c	ov	ic	19.1140	14600	0.734	81	4.62	0.35517	4.60	8.733	4.73	0.1783	1.07	0.23	3730	70	1058	10	2311	43	28

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-98B (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	204Pb cps	Th/U	206Pb/204Pb	1 σ	207Pb/206Pb	1 σ	207Pb/235U	1 σ	206Pb/238U	1 σ	Rho	t.76	2 σ	t.68	2 σ	t.75	2 σ	concordância
53	4	m	ov	osc	0.0665	65	0.263	21956	58.05	0.20542	0.45	15.333	0.91	0.5413	0.69	0.77	2870	9	2789	16	2836	9	97
54	1	e	p	sz	33.9258	23503	1.979	45	4.73	0.30189	26.64	15.131	27.01	0.3635	4.47	0.17							57
55.1	2	e	rd	osc	0.0284	44	0.290	51656	32.80	0.19678	0.53	14.250	0.97	0.5252	0.72	0.75	2800	10	2721	16	2766	9	97
55.2	2	m	rd	hb/ic	2.5418	577	1.234	585	3.14	0.24567	0.57	15.989	1.66	0.4720	1.51	0.91	3157	11	2492	31	2876	16	79
56	1	m	p	osc	0.1037	57	0.527	14602	52.35	0.13456	0.72	7.150	1.16	0.3854	0.82	0.71	2158	14	2102	14	2130	10	97
57	1	e	p	osc	1.8051	772	0.995	836	6.61	0.20435	1.44	11.336	1.92	0.4023	1.21	0.63	2861	24	2180	22	2551	18	76
58	2	m	rd	hb	0.0793	42	0.624	19133	35.66	0.13760	1.08	7.055	1.84	0.3718	1.44	0.78	2198	20	2038	25	2118	16	93
59	4	m	rd	hb	0.0613	44	1.244	23814	36.47	0.21094	0.96	15.777	1.54	0.5424	1.14	0.74	2913	17	2794	26	2863	15	96
60.1	2	e	ov	hb	0.1822	35	0.093	7870	59.32	0.21772	3.49	17.828	4.64	0.5939	3.03	0.65	2964	57	3005	73	2981	45	101
60.2	2	c	ov	ic	3.4037	1470	0.571	455	5.12	0.21104	1.05	5.794	1.86	0.1991	1.49	0.80	2914	18	1171	16	1946	16	40
61.1	4	e	ov	osc	14.7822	7317	0.358	105	5.16	0.30303	3.39	7.968	3.83	0.1907	1.75	0.46	3486	53	1125	18	2227	35	32
61.2	4	m	ov	osc	0.8232	427	1.106	1849	23.76	0.13687	1.69	6.665	2.47	0.3531	1.76	0.71	2188	30	1949	30	2068	22	89
62	2	m	rd	hd	0.4841	221	1.295	3024	27.23	0.18940	0.76	13.902	1.27	0.5323	0.95	0.75	2737	14	2751	21	2743	12	101
63	4	m	rd	hb	0.1133	91	2.482	12970	47.28	0.17969	2.13	12.885	2.50	0.5200	1.27	0.51	2650	36	2699	28	2671	24	102
64.1	2	e	ov	hb	2.2824	599	0.637	678	17.15	0.28343	3.39	8.076	7.14	0.2066	6.27	0.88	3382	53	1211	69	2240	65	36
64.2	2	c	ov	hb/ic	0.1180	60	0.641	12470	53.96	0.18578	1.26	13.165	1.97	0.5139	1.48	0.75	2705	22	2673	32	2692	19	99
65	2	m	fr	osc	0.0902	68	0.288	16221	64.44	0.19678	0.48	14.456	1.02	0.5328	0.82	0.80	2800	10	2753	18	2780	10	98
66	2	m	ov	hb	0.7899	91	0.093	1814	15.01	0.22667	1.02	18.624	1.67	0.5959	1.27	0.76	3029	17	3013	31	3023	16	99
67	2	m	rd	sz	0.0441	42	0.367	32989	52.10	0.21168	0.48	16.084	0.89	0.5510	0.65	0.73	2919	10	2829	15	2882	9	97
68	4	m	ov	hb	0.2225	30	0.312	6611	33.47	0.19317	3.45	13.739	5.17	0.5158	3.83	0.74	2770	57	2681	84	2732	49	97
69	4	m	rd	rx	2.8893	1734	0.332	524	3.81	0.21839	0.72	11.771	1.34	0.3909	1.06	0.80	2969	13	2127	19	2586	13	72
70	1	m	p	osc	18.7055	5546	0.581	83	1.74	0.28890	2.47	7.652	2.64	0.1921	0.85	0.32	3412	39	1133	9	2191	24	33
71	4	m	ov	osc	0.9861	513	0.745	1450	12.43	0.20461	0.78	16.946	2.37	0.6006	2.21	0.93	2864	14	3032	54	2932	23	106
72	2	m	ov	rx	0.0435	33	0.575	33947	33.96	0.18743	0.41	12.953	0.83	0.5012	0.62	0.75	2720	9	2619	13	2676	8	96
73	2	e	eq	hb	0.2529	27	0.563	6021	32.07	0.14641	4.13	7.065	6.14	0.3500	4.52	0.74	2304	71	1935	76	2120	55	84
74	4	m	ov	rx	0.2955	147	0.286	4995	4.99	0.20473	0.36	14.212	0.79	0.5034	0.59	0.75	2865	9	2628	13	2764	8	92
75	4	m	ov	hd	4.8360	2411	2.112	312	2.24	0.23002	0.96	12.716	1.98	0.4009	1.69	0.85	3052	17	2173	31	2659	19	71
76	4	e	ov	hb/osc	1.3196	542	0.780	1143	10.36	0.20346	0.65	11.445	1.07	0.4080	0.77	0.72	2854	12	2206	14	2560	10	77
77	4	e	ov	osc	7.8278	6260	1.188	197	17.46	0.40886	0.79	12.785	1.79	0.2268	1.56	0.87	3942	13	1318	19	2664	17	33
78	4	m	fr	rx	4.1228	20144	2.051	28	3.80	0.74150	13.73	134.388	16.17	1.3144	8.53	0.53							112
79	2	m	rd	hb	0.0101	14	0.339	145638	35.82	0.19224	0.54	13.484	0.90	0.5087	0.63	0.69	2762	11	2651	14	2714	9	96
80	2	c	rd	rx	0.0227	38	4.193	64524	35.78	0.19659	0.38	14.359	0.76	0.5297	0.55	0.72	2798	9	2740	12	2774	7	98
81	4	c	ov	osc/ic	0.0932	68	0.462	15814	23.23	0.21698	0.38	15.176	0.87	0.5072	0.68	0.79	2959	8	2645	15	2826	8	89
82	2	e	ov	hb	0.0339	29	0.356	43672	24.50	0.18841	0.70	12.886	1.12	0.4960	0.79	0.70	2729	13	2597	17	2671	11	95
83	1	e	fr	rx	2.1194	1283	1.899	720	16.01	0.27655	0.88	12.687	1.34	0.3327	0.94	0.70	3344	15	1852	15	2657	13	55

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-98B (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	204Pb cps	Th/U	206Pb/204Pb	1σ	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
84	2	m	eq	osc	0.0088	11	0.382	172812	16.86	0.13601	0.56	6.934	0.97	0.3697	0.70	0.72	2177	12	2028	12	2103	8	93
85	3	m	ov	osc/rx	0.0137	22	0.687	107074	22.90	0.20978	0.64	15.215	0.97	0.5260	0.62	0.64	2904	12	2725	13	2829	9	94
86	4	c	ov	hd	3.1931	1236	1.002	480	2.15	0.15793	0.86	6.463	1.36	0.2968	0.99	0.73	2434	16	1675	15	2041	12	69
87	2	m	ov	hd	0.7161	156	1.070	2052	6.56	0.21837	0.79	15.661	1.15	0.5201	0.75	0.65	2969	14	2700	17	2856	11	91
88	1	c	p	osc/ic	10.1580	3030	1.557	148	11.09	0.10186	14.65	6.001	14.81	0.4273	2.17	0.15							138
89	2	c	ov	rx	0.0074	27	0.468	198616	23.84	0.20253	0.41	14.903	0.83	0.5337	0.62	0.74	2847	9	2757	14	2809	8	97
90	4	c	rd	ic	0.6314	388	0.898	2330	10.11	0.20255	0.73	14.388	1.05	0.5151	0.65	0.62	2847	13	2678	14	2776	10	94
91	4	m	ov	rx/osc	12.8551	30692	1.583	37	2.36	0.61317	5.22	102.431	6.08	1.2115	3.10	0.51	4540	76	5116	109	4710	61	113
92	2	c	fr	hb	0.1747	60	0.918	8807	33.33	0.19138	2.17	6.981	4.26	0.2645	3.65	0.86	2754	36	1513	49	2109	38	55
93	1	m	fr	hd	5.1028	1088	2.082	292	3.53	0.22511	1.02	14.438	1.90	0.4651	1.56	0.82	3018	18	2462	32	2779	18	82
94	1	c	p	ic	0.7776	558	0.694	1922	7.45	0.22760	0.39	14.182	0.92	0.4519	0.75	0.81	3035	8	2404	15	2762	9	79
95	4	m	ov	osc	2.7761	660	3.097	548	2.20	0.20177	0.81	9.718	1.28	0.3493	0.93	0.72	2841	15	1931	16	2408	12	68
96	4	m	ov	ic	2.0024	7877	1.894	744	23.98	0.16887	8.62	10.899	8.68	0.4681	0.95	0.11							97
97	3	m	p	osc/hb	0.0095	35	0.426	152775	25.64	0.20728	0.47	16.303	0.85	0.5704	0.60	0.71	2885	10	2910	14	2895	8	101
98	4	m	ov	hb	0.0367	51	0.648	39663	31.70	0.19734	0.86	15.075	1.50	0.5540	1.17	0.78	2804	15	2842	27	2820	14	101
99	2	c	eq	hb	0.0841	27	1.502	18049	29.72	0.16485	4.67	8.393	4.99	0.3692	1.72	0.35	2506	79	2026	30	2274	45	81
100	4	m	ov	osc/rx	0.1544	144	0.913	9668	75.02	0.18073	0.61	11.369	1.04	0.4562	0.77	0.73	2660	12	2423	15	2554	10	91

Unidade Colônia: amostra CP-07

spot	pop.	site	habit	CL	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	Rho	207Pb/206Pb	1σ	Pb total	Pb rad	Th/U	t.68	1σ	t.75	1σ	t.76	1σ	concordância
1.1	2	e	p	r/hb	0.8959	0.0119	0.1089	0.0011	0.76	0.0596	0.0008	0.05	211	0.01	667	12.00	650	12	591	54	102.6
2.1	1	e	p	hb	0.8936	0.0135	0.1086	0.0011	0.89	0.0597	0.0009	0.03	62	0.00	665	12.00	648	14	592	66	102.6
3.1	2	e	p	hb	0.7756	0.0139	0.0934	0.0010	0.72	0.0603	0.0011	0.30	39	0.00	583	0.12	576	0	612	1	101.3
4.1	1	e	p	hb	0.8623	0.0137	0.1048	0.0011	0.92	0.0597	0.0009	0.23	58	0.00	631	0.13	642	0	592	1	98.3
5.1	2	e	p	r/hb	0.8361	0.0117	0.1017	0.0010	0.99	0.0596	0.0009	0.97	105	0.00	617	0.11	624	0	590	0	98.8
6.1	3	e	ov	r/hb	0.7251	0.0108	0.0874	0.0009	0.99	0.0602	0.0009	0.62	100	0.01	540	10.00	554	14	610	68	97.5
7.1	2	e	p	hb	0.7711	0.0129	0.0929	0.0010	0.76	0.0602	0.0010	0.28	47	0.00	580	0.11	573	0	611	1	101.3
8.1	2	e	ov	r/hb	0.9448	0.0157	0.1154	0.0012	0.86	0.0594	0.0010	0.04	64	0.00	704	14.00	675	16	581	74	104.3
9.1	1	e	p	osc/hb	0.9048	0.0114	0.1111	0.0010	0.99	0.0591	0.0008	0.19	171	0.00	679	12.00	654	12	570	58	103.8
10.1	2	e	p	r/hb	0.9506	0.0144	0.1124	0.0011	0.99	0.0614	0.0010	0.47	61	0.01	678	0.14	687	0	651	1	98.8
11.1	1	c	p	ic	5.4004	0.0781	0.3382	0.0036	0.95	0.1158	0.0017	38.98	48	0.57	1878	34.00	1885	26	1892	54	99.3
12.1	1	e	p	hb	0.8944	0.0128	0.1097	0.0010	0.98	0.0592	0.0009	0.39	137	0.01	671	12.00	649	14	573	66	103.4
13.1	2	e	p	r/hb	0.8698	0.0165	0.1068	0.0008	0.75	0.0590	0.0011	0.05	109	0.00	654	10.00	635	18	569	84	103.0
13.2	2	c	p	ic/rx	6.2454	0.1566	0.3452	0.0041	0.81	0.1312	0.0036	2.82	33	0.27	2011	2.74	1912	0	2114	5	95.1
14.1	1	e	p	r	0.8830	0.0205	0.1079	0.0009	0.84	0.0593	0.0014	0.12	66	0.00	661	10.00	643	22	579	102	102.8
15.1	2	e	ov	r/hb	0.9320	0.0175	0.1132	0.0009	0.93	0.0597	0.0011	0.07	123	0.01	691	10.00	669	18	594	82	103.3

Unidade Colônia: amostra CP-07 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Pb total	Pb rad	Th/U	t.68	1σ	t.75	1σ	t.76	1σ	concordância
16.1	2	e	ov	r/hb	0.8005	0.0128	0.0992	0.0007	0.98	0.0585	0.0009	0.20	253	0.00	597	0.12	610	0	550	1	97.9
17.1	2	e	p	r/hb	1.0018	0.0203	0.1156	0.0009	0.93	0.0629	0.0014	0.99	88	0.05	705	0.20	705	0	703	1	99.9
18.1	2	e	p	r/hb	0.8267	0.0233	0.0988	0.0009	0.91	0.0607	0.0018	0.56	46	0.01	612	0.22	607	0	628	1	100.7
18.2	2	m	p	rx	2.5609	0.0580	0.1791	0.0017	0.99	0.1037	0.0025	1.06	55	0.26	1062	20.00	1290	32	1691	90	62.8
19.1	2	m	p	r	5.7072	0.1331	0.3284	0.0036	0.88	0.1260	0.0031	0.18	29	0.24	1831	34.00	1932	40	2043	90	89.6
20.1	2	e	p	hb	0.9105	0.0207	0.1109	0.0009	0.96	0.0595	0.0015	0.15	87	0.00	678	10.00	657	22	587	106	103.2
21.1	2	m	p	rx/hb	0.8309	0.0160	0.1023	0.0008	0.99	0.0589	0.0011	0.17	168	0.00	628	10.00	614	18	564	80	102.3
22.1	2	e	p	osc/hb	0.9246	0.0162	0.1144	0.0008	1.00	0.0586	0.0011	0.00	143	0.00	698	10.00	665	18	553	84	105.0
23.1	2	c	p	ic/rx	0.7769	0.0208	0.0870	0.0008	0.98	0.0648	0.0016	4.49	44	0.33	538	10.00	584	22	766	106	92.1
23.2	2	e	p	hb	0.8167	0.0155	0.1015	0.0007	0.60	0.0584	0.0010	0.08	152	0.00	623	8.00	606	16	544	78	102.8
24.1	2	e	p	r/hb	0.8335	0.0167	0.1030	0.0008	0.94	0.0587	0.0011	0.64	118	0.00	632	10.00	616	18	557	86	102.6
25.1	2	m	p	rx	7.1768	0.1661	0.3890	0.0042	0.33	0.1338	0.0031	0.27	35	0.37	2134	2.96	2118	0	2149	6	99.3
26.1	3	c	ov	rx	13.3440	0.5744	0.5061	0.0143	0.60	0.1912	0.0089	0.45	11	2.76	2704	10.86	2640	1	2753	19	98.2
26.2	3	e	ov	r/hb	0.9108	0.0227	0.1059	0.0009	0.73	0.0624	0.0016	2.73	72	0.01	657	0.22	649	0	687	1	101.3
27.1	1	e	p	hb	1.2494	0.0270	0.1358	0.0011	0.99	0.0667	0.0017	0.22	58	0.02	823	0.30	821	0	829	1	100.3
28.1	1	m	p	hb	0.9039	0.0196	0.1101	0.0009	0.91	0.0595	0.0013	0.33	73	0.01	673	10.00	654	22	587	98	102.9
29.1	2	e	p	r/hb	0.8574	0.0240	0.1041	0.0010	0.93	0.0597	0.0017	0.31	77	0.01	629	0.22	638	0	594	1	98.5
30.1	2	c	p	rx	6.9297	0.1526	0.3753	0.0038	0.69	0.1339	0.0029	0.12	40	0.65	2102	2.70	2054	0	2150	5	97.8
31.1	3	c	ov	rx	11.4844	0.2677	0.4863	0.0059	0.73	0.1713	0.0040	0.40	33	1.45	2563	5.00	2555	0	2570	9	99.7
31.2	3	e	ov	hb	0.9344	0.0167	0.1126	0.0008	0.90	0.0602	0.0010	0.07	154	0.00	688	10.00	670	18	611	74	102.7
32.1	2	m	p	hb	0.8363	0.0231	0.1021	0.0010	0.41	0.0594	0.0016	0.61	83	0.00	617	0.22	627	0	582	1	98.5
33.1	1	e	p	hb	0.9173	0.0276	0.1130	0.0012	0.97	0.0589	0.0016	0.06	166	0.00	690	14.00	661	28	562	114	104.4
34.1	3	c	p	hd	20.7921	0.5685	0.6240	0.0094	0.40	0.2416	0.0064	0.18	30	0.65	3129	11.02	3126	0	3131	18	99.9
34.2	3	e	p	osc/hb	0.8608	0.0254	0.1039	0.0011	0.85	0.0601	0.0017	0.65	57	0.00	631	0.24	637	0	607	1	99.0
35.1	2	e	p	osc/hb	0.8383	0.0246	0.1027	0.0010	0.93	0.0592	0.0017	0.08	74	0.00	618	0.22	630	0	574	1	98.1
36.1	1	e	ov	hb	0.8149	0.0192	0.0992	0.0009	0.84	0.0596	0.0013	0.05	138	0.00	605	0.18	610	0	588	1	99.3
37.1	1	e	p	hb	0.8099	0.0258	0.0995	0.0010	0.97	0.0590	0.0019	1.17	49	0.00	602	0.24	611	0	568	1	98.5
38.1	1	e	p	r/hb	1.2751	0.0353	0.1388	0.0013	0.93	0.0666	0.0019	0.31	64	0.07	835	0.40	838	0	826	1	99.6
39.1	1	e	p	hb	0.8489	0.0228	0.1036	0.0010	0.79	0.0594	0.0015	1.22	97	0.00	624	0.22	635	0	583	1	98.2
40.1	1	e	p	hb	0.8793	0.0354	0.1083	0.0013	0.70	0.0589	0.0023	0.77	46	0.01	663	16.00	641	38	562	170	103.4
41.1	1	e	p	hb	0.8809	0.0210	0.1054	0.0009	0.92	0.0606	0.0014	0.00	71	0.01	641	0.20	646	0	626	1	99.3
42.1	1	e	p	hb	0.7038	0.0266	0.0870	0.0011	0.98	0.0587	0.0021	1.29	48	0.01	541	0.22	538	0	555	1	100.6
43.1	2	e	p	hb	0.8315	0.0254	0.0988	0.0010	0.81	0.0610	0.0018	0.38	82	0.01	614	0.24	607	0	641	1	101.2
44.1	2	e	p	hb	0.8122	0.0242	0.0988	0.0010	0.89	0.0596	0.0017	0.09	76	0.00	604	0.22	607	0	590	1	99.4
44.2	2	c	p	hd	7.4339	0.3781	0.3858	0.0085	0.33	0.1398	0.0077	0.46	12	1.08	2165	6.76	2103	0	2224	13	97.3
45.1	1	e	p	hb	0.9600	0.0320	0.1153	0.0012	0.95	0.0604	0.0021	0.11	73	0.01	704	14.00	683	34	617	158	103.1

Unidade Colônia: amostra CP-07 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Pb total	Pb rad	Th/U	t.68	1σ	t.75	1σ	t.76	1σ	concordância
46.1	1	e	p	hb	0.9774	0.0472	0.1176	0.0016	0.88	0.0603	0.0029	0.18	31	0.01	717	18.00	692	46	614	202	103.6
47.1	2	e	ov	hb	0.9351	0.0283	0.1123	0.0012	0.97	0.0604	0.0017	0.12	89	0.00	686	14.00	670	30	618	124	102.4
48.1	2	e	p	hb	0.8417	0.0233	0.1026	0.0010	0.97	0.0595	0.0016	1.36	130	0.00	620	0.22	630	0	585	1	98.5
48.2	2	c	p	hd	3.8042	0.1242	0.2372	0.0030	0.99	0.1163	0.0034	0.77	96	0.64	1372	30.00	1594	46	1900	96	72.2
49.1	2	e	p	hb	0.9335	0.0379	0.1132	0.0015	0.95	0.0598	0.0024	0.55	57	0.01	692	16.00	669	40	596	186	103.4
50.1	2	c	p	hd	4.5585	0.1155	0.2812	0.0029	0.99	0.1176	0.0031	5.66	70	0.19	1598	30.00	1742	46	1919	96	83.3
50.2	2	e	p	hb	0.8713	0.0270	0.1064	0.0011	0.75	0.0594	0.0018	0.00	94	0.00	652	12.00	636	30	581	130	102.5
51.1	1	e	p	hb	0.8858	0.0280	0.1079	0.0011	0.60	0.0595	0.0019	0.27	64	0.00	661	12.00	644	30	587	138	102.6
52.1	2	e	p	hb	0.7597	0.0166	0.0931	0.0011	0.99	0.0592	0.0011	0.10	146	0.00	574	0.15	574	0	574	1	100.0
53.1	2	e	p	hb	0.9082	0.0180	0.1114	0.0011	0.97	0.0591	0.0012	0.52	120	0.00	681	12.00	656	20	572	88	103.8
53.2	2	m	p	hd	0.8139	0.0171	0.0937	0.0009	0.95	0.0630	0.0013	3.00	64	0.15	577	10.00	605	20	708	88	95.4
54.1	2	c	p	hd	4.9107	0.1380	0.2808	0.0037	0.98	0.1268	0.0035	0.44	16	0.43	1596	36.00	1804	44	2054	92	77.7
54.2	2	e	p	hb	0.6554	0.0274	0.0753	0.0010	0.98	0.0632	0.0026	2.45	22	0.01	468	12.00	512	32	714	182	91.4
55.1	2	e	p	hb	0.9629	0.0227	0.1176	0.0011	0.99	0.0594	0.0016	0.80	79	0.00	717	14.00	685	24	581	112	104.7
56.1	2	c	p	osc	13.1918	0.2455	0.4601	0.0052	0.76	0.2080	0.0038	10.06	40	0.30	2440	46.00	2693	34	2890	58	84.4
56.2	2	e	p	osc	1.6231	0.0367	0.1194	0.0014	0.01	0.0986	0.0022	0.95	91	0.05	727	16.00	979	28	1598	82	45.5
57.1	2	e	p	hb	0.5417	0.0119	0.0644	0.0007	1.00	0.0610	0.0011	0.64	127	0.01	402	8.00	440	14	639	78	91.4
58.1	2	m	ov	hd	7.0691	0.1276	0.3924	0.0040	0.86	0.1307	0.0023	0.17	51	0.51	2120	2.28	2134	0	2107	4	100.6
59.1	2	e	p	hd	0.9816	0.0302	0.1141	0.0013	0.74	0.0624	0.0020	0.63	33	0.01	694	0.30	697	0	688	1	99.7
60.1	1	c	p	hd	0.8691	0.0322	0.1059	0.0013	0.51	0.0595	0.0022	1.26	20	0.01	635	0.30	649	0	586	1	97.9
61.1	2	c	p	hd	6.9084	0.1824	0.3735	0.0043	0.98	0.1341	0.0039	0.30	30	0.37	2100	3.24	2046	0	2153	6	97.5
62.1	1	e	p	hb	0.5686	0.0208	0.0699	0.0008	0.96	0.0590	0.0017	1.69	34	0.01	435	10.00	457	22	567	124	95.2
63.1	1	e	p	hb	0.9746	0.0213	0.1171	0.0009	0.97	0.0604	0.0014	0.34	96	0.01	714	10.00	691	22	617	100	103.3
64.1	1	e	p	hb	0.8833	0.0178	0.1075	0.0008	0.97	0.0596	0.0012	0.21	90	0.00	658	10.00	643	20	590	88	102.3
64.2	1	m	p	hb	0.8546	0.0153	0.1034	0.0007	0.93	0.0599	0.0011	0.16	117	0.00	627	0.14	634	0	602	1	98.9
65.1	3	m	ov	hd	6.8405	0.1270	0.3615	0.0030	0.82	0.1372	0.0027	0.30	51	0.30	2091	2.26	1989	0	2193	4	95.4
66.1	2	e	p	hb	1.0579	0.0213	0.1293	0.0010	0.96	0.0594	0.0012	0.16	138	0.00	784	10.00	733	20	580	86	107.0
67.1	2	m	p	hd	10.2381	0.1861	0.4460	0.0038	0.90	0.1665	0.0031	0.22	54	0.32	2457	3.44	2377	0	2523	6	97.4
68.1	1	e	p	hb	0.8225	0.0180	0.0996	0.0008	0.99	0.0599	0.0014	0.46	47	0.00	609	0.16	612	0	600	1	99.6
69.1	2	e	p	hb	0.9342	0.0188	0.1138	0.0008	0.99	0.0595	0.0013	4.05	69	0.05	695	10.00	670	20	586	96	103.7
70.1	2	e	p	hb	0.9668	0.0299	0.1141	0.0011	0.89	0.0614	0.0020	0.28	45	0.01	687	0.30	697	0	655	1	98.6
71.1	2	c	p	hd	7.6098	0.1757	0.3940	0.0041	0.70	0.1401	0.0036	0.18	22	0.27	2186	3.16	2141	0	2228	6	98.1
71.2	2	e	p	osc	0.8002	0.0216	0.0956	0.0008	0.96	0.0607	0.0018	0.27	35	0.00	597	0.19	589	0	629	1	101.4
72.1	1	m	p	hb	0.9856	0.0204	0.1194	0.0009	0.99	0.0599	0.0014	0.59	72	0.00	727	10.00	696	22	599	102	104.5
73.1	2	e	ov	hb	0.8743	0.0175	0.1049	0.0008	0.99	0.0604	0.0013	2.08	61	0.01	638	0.17	643	0	620	1	99.2
74.1	1	m	p	hd	0.7703	0.0204	0.0932	0.0008	0.97	0.0600	0.0018	1.23	45	0.00	580	0.18	574	0	602	1	101.0
75.1	1	e	p	hb	0.9325	0.0175	0.1149	0.0008	0.98	0.0589	0.0011	0.07	119	0.00	701	10.00	669	18	563	82	104.8

76.1	2	e	p	hd	7.1500	0.1266	0.3401	0.0028	1.00	0.1525	0.0031	0.28	51	0.40	1887	28.00	2130	34	2374	72	79.5
------	---	---	---	----	--------	--------	--------	--------	------	--------	--------	------	----	------	------	-------	------	----	------	----	------

Unidade Colônia: amostra CP-07 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	204Pb cps	Th/U	206Pb/204Pb	1σ	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
1	1	c	p	hd	0.1088	63	0.003	14319	27.74	0.06020	1.66	0.758	2.22	0.0913	1.43	0.64	573	19.44	563	15	611	74	101.7
2	1	m	p	hd	0.1756	82	0.003	8869	21.39	0.05960	1.02	0.789	1.43	0.0960	0.94	0.65	591	12.80	591	11	589	47	99.9
3	1	c	p	ic/rx	0.0793	100	0.003	19645	40.68	0.06063	1.40	0.717	1.82	0.0858	1.09	0.60	549	15.44	531	11	625	63	103.4
4	1	c	p	hd	1.3169	278	0.006	1184	19.16	0.06709	2.79	0.598	4.04	0.0647	2.89	0.72	476	30.80	404	23	839	117	117.8
5	1	m	p	hd/osc	0.0219	73	0.002	71096	70.74	0.05943	3.25	0.730	3.68	0.0891	1.69	0.46	557	31.60	550	18	583	142	101.2
6	1	m	p	osc	0.0219	58	0.002	71197	49.13	0.05944	0.41	0.741	1.32	0.0904	1.20	0.91	563	11.40	558	13	584	24	100.9
7	1	m	p	osc	0.0280	75	0.003	55603	71.92	0.05912	1.77	0.734	2.18	0.0901	1.22	0.56	559	18.74	556	13	570	79	100.5
8	2	m	p	osc	0.9542	180	0.009	1635	6.78	0.06885	2.25	0.502	3.51	0.0529	2.67	0.76	413	23.80	332	17	894	94	124.3
9	1	m	p	hd	0.2963	425	0.002	5256	10.93	0.06126	0.66	0.805	1.91	0.0953	1.75	0.92	600	17.30	587	20	649	32	102.2
10	1	m	p	hd	0.1598	140	0.004	9751	40.16	0.06244	1.81	0.711	2.41	0.0826	1.54	0.64	545	20.40	512	15	689	79	106.6
11	1	m	p	osc/rx	0.0368	67	0.002	42366	44.54	0.06005	0.59	0.742	1.46	0.0896	1.28	0.88	564	12.62	553	14	606	30	101.9
12	1	m	p	osc	0.5118	377	0.002	3044	9.76	0.06226	0.72	0.717	1.45	0.0835	1.20	0.83	549	12.30	517	12	684	35	106.2
13	1	m	p	hd	0.4931	334	0.004	3160	11.26	0.06326	0.61	0.762	1.54	0.0873	1.36	0.89	575	13.52	540	14	719	30	106.6
15.1	1	e	p	osc	0.7678	345	0.003	2029	23.66	0.06612	2.59	0.791	3.51	0.0868	2.34	0.67	592	31.40	537	24	809	109	110.3
15.2	1	c	p	ic/rx	0.1991	107	0.003	7824	24.67	0.06439	2.16	0.821	3.23	0.0925	2.37	0.74	609	29.60	570	26	754	92	106.7
16	1	m	p	osc/ic	0.0119	102	0.004	130601	80.42	0.06046	0.69	0.773	1.23	0.0927	0.95	0.77	581	10.90	571	10	621	34	101.7
17	1	e	p	hd/rx	0.0391	65	0.001	39861	25.54	0.06034	0.86	0.771	1.54	0.0927	1.22	0.79	580	13.62	571	13	615	41	101.5
18	1	m	p	hd/rx	0.3190	214	0.003	4882	12.93	0.06099	0.67	0.815	1.30	0.0969	1.05	0.81	605	11.86	596	12	639	33	101.5
19	1	c	p	ic/rx	0.0562	191	0.002	27724	77.35	0.06657	1.52	0.682	2.97	0.0743	2.53	0.85	528	24.40	462	23	824	65	114.3
20.1	1	e	p	osc	0.0570	39	0.004	27341	35.79	0.06045	2.05	0.767	2.35	0.0920	1.09	0.46	578	20.80	567	12	620	90	101.9
20.2	1	c	p	hd	0.0100	72	0.003	156172	52.04	0.06002	0.56	0.752	1.20	0.0908	1.00	0.83	569	10.46	560	11	606	29	101.6
21	1	m	p	hd	0.0307	170	0.003	50781	76.13	0.05901	0.59	0.758	1.03	0.0932	0.76	0.74	573	9.02	574	8	567	30	99.7
22	1	e	p	hd	0.0099	39	0.002	157674	43.20	0.06003	0.53	0.774	0.99	0.0936	0.75	0.76	582	8.78	577	8	603	28	100.9
23	1	m	p	hd	0.0229	62	0.002	67916	70.49	0.06042	0.60	0.778	0.97	0.0933	0.66	0.68	584	8.62	575	7	621	31	101.6
24	1	e	p	osc/rx	0.0278	60	0.002	56057	69.49	0.06045	0.67	0.779	1.27	0.0935	1.01	0.80	585	11.30	576	11	619	33	101.5
25	1	e	p	hd	0.1698	114	0.002	9177	29.36	0.06083	0.86	0.680	1.58	0.0811	1.27	0.81	527	12.98	503	12	633	40	104.8
26.1	1	e	p	hd	0.0437	54	0.003	35666	20.50	0.06016	0.52	0.802	1.00	0.0967	0.78	0.77	598	9.04	595	9	609	28	100.5
26.2	1	c	p	ic/rx	0.0606	97	0.008	25711	34.97	0.07391	2.63	0.847	3.22	0.0831	1.81	0.56	623	30.00	515	18	1039	108	59.9
27	1	m	p	osc/rx	0.0156	37	0.002	99859	43.38	0.06072	0.73	0.802	1.15	0.0958	0.80	0.70	598	10.40	590	9	629	35	101.4
28	1	c	p	ic/rx	0.0073	39	0.007	214285	32.93	0.06540	1.09	0.845	1.48	0.0937	0.94	0.63	622	13.76	577	10	787	48	107.7
29	1	m	p	mix ic	0.1236	156	0.006	12599	36.03	0.06300	0.59	0.815	0.94	0.0938	0.63	0.67	605	8.58	578	7	709	30	104.7
30	1	e	p	osc/rx	0.0081	51	0.003	191113	48.19	0.06069	0.39	0.780	0.75	0.0932	0.51	0.69	585	6.68	574	6	629	23	101.9
31	1	m	p	hd/rx	0.0434	119	0.003	35852	73.38	0.05988	0.90	0.782	1.12	0.0948	0.57	0.50	587	9.98	584	6	597	42	100.5
32	1	e	p	hd/rx	0.0048	18	0.002	324188	21.30	0.06028	0.51	0.753	1.10	0.0906	0.90	0.82	570	9.60	559	10	614	27	101.9

Unidade Colônia: amostra CP-07 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
33	1	c	p	ic/rx	0.0077	34	0.002	203054	41.57	0.06045	0.63	0.743	1.10	0.0891	0.82	0.75	564	9.52	550	9	621	31	102.5
34	1	m	p	hd/rx	0.0184	163	0.003	84770	52.72	0.05894	0.86	0.757	1.19	0.0932	0.73	0.62	572	10.42	574	8	564	41	99.6
35	1	m	p	osc	0.1035	78	0.002	15052	21.62	0.06123	0.63	0.735	1.14	0.0870	0.88	0.77	559	9.80	538	9	649	31	104.0
36	1	e	p	hd	0.0144	39	0.013	108005	53.08	0.07527	2.05	1.152	2.84	0.1110	1.93	0.68	778	30.80	679	25	1076	84	72.3
37	1	m	p	hd/rx	0.0056	14	0.003	276879	27.45	0.06027	0.67	0.742	1.34	0.0892	1.09	0.82	564	11.60	551	12	616	33	102.3
38.1	2	e	p	osc/rx	0.0060	36	0.003	258225	37.62	0.06061	0.43	0.755	0.93	0.0904	0.74	0.80	571	8.12	558	8	624	24	102.4
38.2	2	c	p	ic/rx	0.1045	96	0.119	14752	13.35	0.15055	1.06	5.000	2.12	0.2409	1.80	0.85	1819	35.80	1391	45	2352	38	77.4
39	2	m	p	rx	0.0211	68	0.002	73809	79.04	0.06219	1.29	0.731	1.62	0.0852	0.91	0.56	557	13.90	527	9	682	57	105.7
40	2	c	p	osc	0.0556	106	0.002	28028	14.19	0.06033	0.51	0.788	1.16	0.0947	0.98	0.84	590	10.38	583	11	616	27	101.2
41	1	e	p	osc/rx	0.0090	28	0.002	172836	35.89	0.06007	0.46	0.769	0.81	0.0929	0.55	0.68	579	7.16	573	6	605	26	101.1
42	1	e	p	hd	0.0489	58	0.004	31872	25.90	0.06069	0.52	0.773	1.28	0.0924	1.11	0.87	581	11.34	570	12	628	27	102.1
43	3	m	ov	hd	0.0044	13	0.276	343537	14.88	0.13502	0.56	6.603	0.86	0.3547	0.54	0.62	2060	15.16	1957	18	2164	24	95.2
44	2	m	p	hd/rx	0.0017	33	0.001	902920	31.95	0.05974	0.39	0.793	0.74	0.0963	0.51	0.69	593	6.64	593	6	594	23	100.0
45	2	m	p	rx	0.2423	173	0.003	6428	5.30	0.06174	0.58	0.790	0.95	0.0928	0.65	0.69	591	8.52	572	7	665	29	103.3
46	2	m	p	rx	0.0076	31	0.029	204459	23.42	0.06524	1.13	0.856	1.31	0.0952	0.55	0.42	628	12.26	586	6	781	50	107.1
47	1	m	p	hd/rx	0.0086	40	0.003	181984	36.16	0.06083	0.33	0.785	0.79	0.0935	0.61	0.78	588	7.06	576	7	635	21	102.1
48.1	2	e	p	hd	0.1094	103	0.002	14246	25.46	0.06144	0.56	0.735	0.89	0.0867	0.57	0.65	559	7.66	536	6	656	29	104.4
48.2	2	c	p	ic/rx	0.4437	1091	0.211	2898	18.53	0.40698	5.03	44.312	5.40	0.7896	1.92	0.35	3872	107.20	3752	109	3935	152	98.4
49	2	m	p	hb	0.0202	36	0.139	77133	33.90	0.09647	0.53	1.762	0.98	0.1324	0.73	0.75	1032	12.70	802	11	1558	24	66.2
50	1	e	p	hd/rx	0.0407	54	0.002	38257	23.88	0.05993	0.52	0.765	0.94	0.0926	0.69	0.73	577	8.28	571	8	601	28	101.0
51	3	c	ov	ic/rx	0.1409	120	0.457	10942	11.31	0.12450	0.68	4.188	1.65	0.2439	1.46	0.88	1672	27.00	1407	37	2022	28	82.7
52	2	m	p	hd/rx	0.0019	25	0.003	813692	21.12	0.06066	0.46	0.768	0.95	0.0918	0.75	0.79	579	8.38	566	8	628	25	102.2
53.1	2	e	p	rx	0.0170	64	0.001	91540	69.85	0.06061	0.52	0.781	0.93	0.0934	0.67	0.73	586	8.28	576	7	627	27	101.8
53.2	2	c	p	rx	0.0165	93	0.002	94817	67.35	0.06052	0.73	0.453	3.35	0.0542	3.25	0.97	379	21.20	340	22	626	35	111.5
54	2	c	p	rx	0.0313	52	0.033	49550	29.51	0.14065	1.10	3.230	1.75	0.1665	1.31	0.75	1464	27.20	993	24	2236	40	65.5
55	2	m	p	hd/rx	0.0249	46	0.002	62545	28.11	0.06129	0.41	0.778	0.88	0.0921	0.69	0.78	584	7.82	568	8	649	24	102.9
56	3	m	ov	rx	0.0163	51	0.013	95747	40.43	0.06401	3.30	0.773	3.63	0.0876	1.46	0.40	582	32.20	541	15	742	141	107.4
57	2	e	p	hd/rx	0.0027	30	0.002	577292	33.66	0.06080	0.52	0.772	0.82	0.0921	0.51	0.62	581	7.26	568	6	632	28	102.3
58	2	m	p	osc/rx	0.0051	23	0.002	302545	29.18	0.05995	0.33	0.768	0.70	0.0929	0.50	0.71	579	6.18	573	5	602	21	101.0
59	1	c	p	mix ic	0.0079	32	0.003	197414	34.40	0.06062	0.61	0.768	1.10	0.0918	0.83	0.76	579	9.70	566	9	628	31	102.2
60	1	m	p	hd/rx	0.0079	31	0.003	198314	36.37	0.06060	0.61	0.772	0.99	0.0924	0.69	0.69	581	8.76	570	8	625	31	102.0
61	2	m	p	hd	0.0136	32	0.002	114773	28.29	0.06116	0.37	0.776	0.71	0.0920	0.48	0.68	583	6.30	567	5	645	22	102.8
62	2	e	p	hd	0.0064	32	0.002	241680	29.48	0.06034	0.41	0.773	0.79	0.0929	0.57	0.72	581	7.00	573	6	616	24	101.5
63	3	m	ov	rx	0.0241	123	0.020	64661	59.79	0.05922	0.76	0.753	1.00	0.0922	0.54	0.54	570	8.72	569	6	576	37	100.2
64	3	m	ov	osc/rx	1.1800	1756	0.018	1320	13.30	0.10427	3.78	1.201	4.56	0.0835	2.52	0.55	801	50.60	517	25	1702	140	47.1
65	2	c	p	ic	0.0224	33	0.002	69469	35.42	0.06124	0.48	0.746	1.08	0.0883	0.89	0.83	566	9.38	545	9	649	26	103.7
66.1	2	e	p	osc	0.0341	64	0.003	45626	11.74	0.06044	0.36	0.787	0.74	0.0945	0.53	0.72	589	6.62	582	6	618	22	101.3

Unidade Colônia: amostra CP-07 (continuação)

spot	pop.	site	habit	CL	206* (%)	²⁰⁴ Pb cps	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Rho	t.76	2σ	t.68	2σ	t.75	2σ	concordância
66.2	2	c	p	ic	0.0131	52	0.359	117149	46.01	0.13185	0.48	5.482	1.37	0.3016	1.23	0.90	1898	23.60	1699	37	2123	21	89.4
67	3	c	ov	ic/rx	0.3233	444	0.002	4815	21.46	0.05421	1.50	0.761	1.94	0.1018	1.17	0.60	575	17.02	625	14	380	70	91.9
68	1	c	p	rx	0.1549	145	0.244	9990	19.69	0.11741	2.36	3.252	2.65	0.2009	1.16	0.44	1470	41.20	1180	25	1917	85	76.7
69	2	m	p	rx	0.0070	32	0.007	221600	36.78	0.06055	0.43	0.764	0.76	0.0916	0.50	0.66	576	6.68	565	5	621	25	102.0
70	1	c	p	ic/rx	0.0074	31	0.031	210727	47.61	0.07606	1.05	1.078	1.44	0.1028	0.91	0.63	743	15.18	631	11	1097	45	67.7
71	2	m	p	rx/hd	0.0024	13	0.002	656910	15.34	0.06003	0.38	0.768	0.79	0.0928	0.59	0.74	579	6.96	572	6	604	23	101.1
72.1	2	e	p	rx	0.0039	60	0.002	402508	83.61	0.06066	0.46	0.778	0.98	0.0931	0.78	0.80	584	8.70	574	9	625	25	101.8
72.2	2	c	p	ic/rx	3.4979	3048	0.093	444	14.08	0.18898	4.50	4.129	4.96	0.1584	2.04	0.41	1660	81.00	948	36	2734	149	60.7
73	1	m	p	osc/rx	0.0033	28	0.003	475394	28.63	0.06093	0.42	0.784	1.35	0.0933	1.23	0.91	588	12.04	575	14	637	24	102.2
74	2	m	p	sz	0.1050	132	0.025	14831	7.57	0.06359	1.23	0.820	1.44	0.0935	0.64	0.45	608	13.18	576	7	729	55	105.5
75	1	m	p	hd/rx	0.0150	44	0.002	103799	52.81	0.06033	0.34	0.803	0.71	0.0965	0.50	0.71	599	6.42	594	6	616	22	100.8
76	2	m	p	rx	0.0050	30	0.002	314602	33.47	0.06028	0.41	0.777	0.82	0.0935	0.61	0.74	584	7.28	576	7	613	24	101.3
77	2	m	p	rx	0.0871	126	0.011	17876	10.31	0.07895	0.88	1.133	1.24	0.1041	0.79	0.64	769	13.38	638	10	1171	38	65.7
78	3	m	ov	ic/rx	0.6249	276	0.012	2493	4.61	0.06894	0.84	0.846	1.05	0.0890	0.52	0.49	622	9.78	550	5	897	38	113.3
79	2	m	p	rx	0.0944	113	0.002	16510	4.67	0.06133	0.44	0.738	0.92	0.0872	0.72	0.78	561	7.94	539	7	653	25	104.1
80	2	m	p	rx	0.0067	20	0.003	233379	19.93	0.05976	0.54	0.763	0.97	0.0926	0.72	0.74	576	8.52	571	8	595	28	100.8
81	3	c	ov	ic/rx	0.5533	521	0.187	2810	4.49	0.10797	2.23	1.845	3.41	0.1239	2.55	0.75	1062	45.00	753	36	1766	82	60.1
82	2	c	p	hd/rx	0.0144	322	0.360	104987	54.54	0.13686	0.63	7.383	1.95	0.3912	1.81	0.93	2159	34.80	2128	66	2188	25	98.7
83	2	m	p	hb/rx	0.0127	63	0.235	119679	63.83	0.13432	0.65	6.203	1.35	0.3349	1.12	0.83	2005	23.60	1862	36	2155	26	93.0
84	1	e	p	hd/rx	0.0043	51	0.002	364829	47.62	0.05947	0.47	0.789	0.83	0.0963	0.57	0.69	591	7.44	593	6	583	26	99.6
86	2	e	p	hd/rx	0.3554	426	0.201	4384	17.76	0.12142	1.16	1.418	2.63	0.0847	2.33	0.89	897	31.40	524	23	1977	43	45.3
87	3	m	ov	ic/osc	0.0275	46	0.318	55516	39.96	0.13264	0.37	5.899	1.03	0.3226	0.89	0.86	1961	17.88	1802	28	2133	18	91.9
88	3	m	ov	hd/osc	55	0.002	70413	54.01	0.06057	0.36	0.768	0.73	0.0919	0.52	0.71	624	579	6.44	567	6	625	22	102.1
89	2	m	p	hd/osc	80	0.007	45019	22.60	0.05659	2.22	0.716	2.40	0.0918	0.82	0.34	476	548	20.40	566	9	475	100	96.8
90.1	2	e	p	hd/osc	20	0.002	449647	26.15	0.05981	0.47	0.775	0.82	0.0940	0.56	0.68	597	583	7.28	579	6	596	26	100.6
90.2	2	c	p	hb/rx	1.8927	786	0.636	803	8.10	0.14725	1.34	7.262	1.62	0.3577	0.84	0.52	2144	29.00	1971	29	2314	47	92.7
92.1	2	e	p	hd/osc	0.0518	80	0.017	30109	10.38	0.05531	2.33	0.606	2.50	0.0794	0.83	0.33	481	19.16	493	8	427	105	97.7
92.2	2	c	p	hb/ic	0.0335	152	0.664	45515	59.68	0.13258	1.16	6.157	1.38	0.3368	0.66	0.47	1998	24.20	1871	21	2133	43	93.7
93	3	c	ov	rx	4.9962	4048	0.530	311	4.77	0.15308	3.33	3.240	3.47	0.1535	0.91	0.26	1467	53.80	921	16	2381	114	61.6
94	2	c	p	ic/rx	0.0095	8	0.199	160577	25.62	0.13455	1.16	6.310	2.01	0.3401	1.60	0.80	2020	35.20	1887	52	2158	42	93.6
95	3	m	ov	hb/osc	0.0086	32	0.282	177252	29.11	0.13497	0.34	6.895	0.95	0.3705	0.80	0.85	2098	16.84	2032	28	2164	17	97.0
96	2	m	p	hd	0.0008	24	0.001	1877279	83.41	0.05985	0.36	0.781	0.74	0.0947	0.53	0.71	586	6.58	583	6	597	23	100.5
97	2	m	p	hd/osc	0.0046	28	0.001	338801	44.19	0.06000	0.55	0.786	0.84	0.0951	0.51	0.60	589	7.50	586	6	602	29	100.6
98	3	m	ov	mix ic	0.0173	58	0.005	89849	54.32	0.06196	0.67	0.791	1.11	0.0926	0.80	0.72	592	9.96	571	9	673	33	103.7
99	2	c	p	ic/rx	0.0179	43	0.378	85696	46.54	0.12779	0.83	5.335	1.47	0.3028	1.16	0.79	1875	25.20	1705	35	2068	32	90.7
100	2	m	p	hd/rx	0.0337	51	0.004	46240	40.79	0.06207	0.60	0.776	0.96	0.0907	0.65	0.68	583	8.52	560	7	676	30	104.2

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-27 (monazita)

spot	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ(abs)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ(abs)	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ(abs)	208/206	1σ(abs)	Pb total	Pb rad	Th ppm	U ppm	t.68	2σ	t.75	2σ	t.76	2σ	Concordância
1.1	0.7702	0.0178	0.0967	0.0015	0.59	0.0578	0.001	10.9824	1.0322	0.23	2342.9	3656	1662	595	9	580	10	521	41	102
2.1	0.7587	0.0194	0.0981	0.0016	0.08	0.0561	0.0011	14.8107	0.5579	0.25	2455.9	3679	1756	603	10	573	11	456	65	105
3.1	0.7562	0.0189	0.0952	0.0016	0.78	0.0576	0.0011	11.2268	3.0504	0.2	2321.7	3504	1735	586	10	572	11	515	35	102
4.1	0.7553	0.0194	0.097	0.0016	0.7	0.0564	0.0011	12.1174	0.4473	0.22	2141.7	3172	1824	597	9	571	11	471	41	104
5.1	0.7869	0.0175	0.0991	0.0015	0.92	0.0576	0.0009	8.3864	1.065	0.21	2759.9	3867	3154	609	9	589	10	514	23	103
6.1	0.7742	0.0191	0.0993	0.0016	0.75	0.0566	0.0011	13.2615	0.2566	0.25	2262.2	3199	1730	610	9	582	11	474	37	104
7.1	0.787	0.02	0.1031	0.0017	0.84	0.0553	0.0011	14.5234	1.2009	0.3	2412.9	3481	2047	633	10	590	11	427	33	107
8.1	0.7742	0.0182	0.0978	0.0016	0.43	0.0574	0.001	10.5262	0.3587	0.25	2052.3	2994	1997	602	9	582	10	507	49	103
9.1	0.7723	0.0189	0.0977	0.0016	0.62	0.0573	0.0011	10.3675	0.3335	0.26	1749.2	2601	1795	601	9	581	11	504	42	103
10.1	0.7605	0.0175	0.0949	0.0015	0.83	0.0581	0.001	10.7453	3.4494	0.28	2957.9	4347	1662	584	9	574	10	534	29	101
11.1	0.7392	0.0191	0.1018	0.0016	0.01	0.0527	0.0011	19.2993	6.5047	0.22	2157.9	2907	2997	625	9	562	11	314	68	111
12.1	0.7871	0.0169	0.0983	0.0015	0.64	0.0581	0.0009	8.6615	2.8434	0.26	2121.6	2651	3067	604	9	590	10	533	36	102
13.1	0.792	0.0174	0.0995	0.0015	0.9	0.0577	0.0009	8.6485	0.5389	0.24	2404.9	3171	2901	611	9	592	10	520	24	103
14.1	0.7767	0.0139	0.0981	0.0011	0.47	0.0574	0.0011	8.6314	0.2151	0.25	2033.2	743.4	2397	603	6	584	8	508	35	103
15.1	0.7782	0.014	0.099	0.0011	0.96	0.057	0.0011	11.9603	1.8775	0.22	2697.1	971.2	2868	609	6	584	8	492	18	104
16.1	0.7384	0.014	0.0948	0.0011	0.01	0.0565	0.0011	-6372.24	27460.7	0.22	3897.1	1581	2374	584	6	561	8	472	49	103
17.1	0.7767	0.0147	0.0982	0.0011	0.8	0.0574	0.0012	11.7416	1.059	0.22	2268.8	893.5	1696	604	6	584	8	506	27	103
18.1	0.7673	0.0212	0.1056	0.0016	0.95	0.0527	0.0015	21.4944	1.9471	0.38	1816.2	688.9	1048	647	9	578	12	316	32	111
19.1	0.7812	0.0143	0.0985	0.0011	0.04	0.0575	0.0011	9.3647	2.1803	0.32	2318.9	844.2	2093	606	6	586	8	512	46	103
20.1	0.7784	0.0157	0.0989	0.0012	0.59	0.0571	0.0013	12.0647	0.6287	0.27	2060.1	784.8	1688	608	7	585	9	495	36	103
21.1	0.7415	0.0146	0.0936	0.0011	0.59	0.0575	0.0012	10.8509	0.1674	0.26	1922.7	726.2	1936	577	7	563	9	509	35	102
22.1	0.7763	0.0141	0.0984	0.0011	0.77	0.0572	0.0011	11.9643	0.8913	0.28	2410.5	893.7	2308	605	6	583	8	500	26	103
23.1	0.7839	0.0164	0.0997	0.0012	0.51	0.057	0.0013	12.2973	1.5283	0.23	1754.8	626.3	1810	613	7	588	9	493	40	104
24.1	0.7653	0.0133	0.0957	0.001	0.8	0.058	0.001	7.1382	0.4097	0.37	1982	681.6	2824	589	6	577	8	530	24	102
25.1	0.7411	0.0168	0.0981	0.0013	0.34	0.0548	0.0014	17.7835	2.7091	0.34	1993.3	716	1719	603	8	563	10	404	50	107
26.1	0.754	0.0145	0.0977	0.0011	0.83	0.056	0.0011	12.5968	2.2669	0.28	2351.2	806.9	2598	601	7	571	8	451	26	105

Unidade Serra do Ibituruna: amostra CP-35 (monazita)

spot	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ(abs)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ(abs)	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ(abs)	208/206	1σ(abs)	Pb total	Pb rad	Th ppm	U ppm	t.68	2σ	t.75	2σ	t.76	2σ	Concordância
1.1	0.8211	0.019	0.0995	0.0016	0.73	0.0599	0.0012	2.6793	0.0947	0.09	3009.3	4796	9933	611	9	609	11	598	34	100
2.1	0.7779	0.0179	0.0949	0.0015	0.9	0.0595	0.0012	2.9937	0.0151	0.12	3311.5	5921	10293	584	9	584	10	584	24	100
3.1	0.777	0.0178	0.0954	0.0015	0.83	0.0591	0.0012	4.2978	0.3843	0.1	3797.3	6879	10023	587	9	584	10	570	29	100
4.1	0.7902	0.0191	0.0957	0.0015	0.79	0.0599	0.0013	2.035	0.2013	0.26	2036.6	2969	7994	589	9	591	11	600	33	99
5.1	0.7698	0.0178	0.095	0.0015	0.87	0.0588	0.0012	5.7819	0.4235	0.1	5384	10847	9273	585	9	580	10	559	27	100
6.1	0.7626	0.0191	0.0938	0.0015	0.82	0.0589	0.0014	6.6469	0.1497	0.1	4456	9179	6843	578	9	576	11	566	33	100
7.1	0.7574	0.0189	0.0934	0.0015	0.73	0.0588	0.0013	6.1762	1.487	0.13	2478.2	4777	6349	576	9	573	11	560	38	100
8.1	0.7713	0.019	0.0941	0.0015	0.49	0.0595	0.0013	4.3327	0.2257	0.15	2748.2	5831	5506	580	9	581	11	584	47	99
9.1	0.7871	0.022	0.0954	0.0016	0.6	0.0599	0.0016	4.3538	0.128	0.23	1710.6	3408	3760	587	10	590	13	598	49	99
10.1	0.7713	0.0205	0.0934	0.0016	0.51	0.0599	0.0015	3.1381	0.5377	0.06	1630.5	3228	4414	576	9	581	12	600	50	99
11.1	0.7927	0.0179	0.0957	0.0015	0.01	0.0601	0.0012	2.5112	0.0243	0.14	3544.8	6015	11760	589	9	593	10	606	59	99
12.1	0.77	0.019	0.094	0.0015	0.76	0.0594	0.0013	5.9478	0.1497	0.07	3962.3	8400	7186	579	9	580	11	582	35	99
13.1	0.7631	0.019	0.0931	0.0015	0.83	0.0594	0.0013	4.1237	0.4752	0.13	2700	4840	8283	574	9	576	11	584	32	99
14.1	0.7658	0.0214	0.0943	0.0019	0.57	0.0589	0.0011	4.4543	0.2041	0.06	3451.5	1802	7774	581	11	577	12	563	51	100
15.1	0.7623	0.0215	0.0925	0.0019	0.93	0.0598	0.0012	2.4577	0.1408	0.08	2079.7	975.2	6613	570	11	575	12	595	26	99
16.1	0.7647	0.0217	0.0927	0.0019	0.92	0.0598	0.0012	2.215	0.086	0.12	1682	679.5	6344	572	11	577	13	597	27	99
17.1	0.778	0.0227	0.0969	0.002	0.01	0.0582	0.0012	9.4338	3.3596	0.07	3279.9	1852	5194	596	12	584	13	539	78	102
18.1	0.7921	0.0216	0.0959	0.0019	0.82	0.0599	0.0011	3.3645	0.3904	0.07	2655.4	1223	7941	590	11	592	12	600	34	99
19.1	0.7892	0.0217	0.095	0.0019	0.88	0.0602	0.0011	2.7626	0.1336	0	2157.7	990.4	6790	585	11	591	12	613	30	99
20.1	0.7925	0.0226	0.0959	0.002	0.87	0.0599	0.0012	3.8092	0.9861	0.12	1652.8	786.1	4856	590	12	593	13	601	32	99
21.1	0.7741	0.0217	0.0941	0.0019	0.82	0.0596	0.0011	3.2234	0.467	0.11	2163.1	972.8	6943	580	11	582	12	591	36	99
22.1	0.7827	0.0223	0.0955	0.002	0.92	0.0595	0.0012	4.6442	0.1316	0.1	2566.4	1316	5587	588	12	587	13	583	27	100
23.1	0.7778	0.0216	0.0942	0.0019	0.25	0.0599	0.0012	3.0676	0.2262	0.1	2152.6	966.4	6895	580	11	584	12	599	65	99
24.1	0.7828	0.0223	0.0951	0.002	0.88	0.0597	0.0012	2.8597	0.2403	0.15	2078.5	910	6338	586	12	587	13	593	31	99
25.1	0.771	0.0221	0.0952	0.002	0.01	0.0587	0.0012	5.0501	3.0618	0.16	1488.1	550.5	7118	586	12	580	13	557	77	100
26.1	0.784	0.0219	0.0953	0.002	0.92	0.0596	0.0011	2.781	0.0843	0.08	2599.1	1284	7489	587	12	588	13	592	26	99

Unidade Colônia: amostra CP-07 (monazita)

spot	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ(abs)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ(abs)	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ(abs)	208/206	1σ(abs)	Pb total	Pb rad	Th ppm	U ppm	t.68	2σ	t.75	2σ	t.76	2σ	Concordância
1.1	0.7502	0.0577	0.0931	0.0010	0.54	0.0585	0.0045	1.7309	0.1412	0.08	248	7937	1039	574	6	568	34	546	157	100
2.1	0.5607	0.0543	0.0869	0.0011	0.79	0.0468	0.0047	0.6693	0.0583	0.15	41	1134	262	537	6	452	35	39	209	118
3.1	0.7910	0.0602	0.0964	0.0010	0.62	0.0595	0.0046	2.2652	0.3613	0.00	207	6886	723	593	6	592	34	586	152	100
4.1	0.6879	0.0592	0.0957	0.0011	0.83	0.0521	0.0046	1.5113	0.0581	0.10	49	1868	227	589	6	532	36	291	175	110
5.1	0.6804	0.0565	0.0924	0.0010	0.64	0.0534	0.0045	1.1584	0.0294	0.04	240	6200	1142	570	6	527	34	346	173	108
6.1	0.7686	0.0584	0.0940	0.0010	0.39	0.0593	0.0046	2.3657	0.1079	0.00	115	4124	345	579	6	579	34	578	158	100
7.1	0.7233	0.0584	0.0949	0.0010	0.70	0.0553	0.0047	1.1932	0.0567	0.06	103	2853	501	584	6	553	34	423	164	105
8.1	0.7805	0.0582	0.0957	0.0010	0.03	0.0591	0.0046	1.5889	0.0814	0.08	219	6365	877	589	6	586	33	573	163	100
9.1	0.7706	0.0588	0.0950	0.0010	0.01	0.0588	0.0046	2.3533	0.3534	0.11	279	9680	868	585	6	580	34	561	168	100
10.1	0.8204	0.0607	0.0978	0.0010	0.01	0.0608	0.0046	1.5958	0.0889	0.00	-95	-3313	-301	602	6	608	34	634	161	98
11.1	0.7207	0.0563	0.0936	0.0010	0.12	0.0558	0.0045	1.2666	0.0499	0.06	115	3021	555	577	6	551	33	446	172	104
12.1	0.6069	0.0558	0.0888	0.0011	0.83	0.0496	0.0046	0.9333	0.1725	0.05	73	1441	528	548	7	482	35	175	191	113
13.1	0.7528	0.0228	0.0927	0.0019	0.08	0.0589	0.0013	1.3908	0.0574	0.12	203	5671	923	572	11	570	13	563	77	100
14.1	0.8354	0.0248	0.1031	0.0021	0.55	0.0588	0.0013	1.3058	0.0279	0.07	240	6759	965	633	12	617	14	559	55	102
15.1	0.7604	0.0227	0.0933	0.0020	0.01	0.0591	0.0013	1.7571	0.1610	0.27	672	20392	2273	575	12	574	13	571	80	100
16.1	0.6956	0.0236	0.0947	0.0020	0.78	0.0533	0.0015	0.9483	0.0970	0.04	110	2513	637	583	12	536	14	340	50	108
17.1	0.7459	0.0227	0.0966	0.0020	0.01	0.0560	0.0013	1.0359	0.0760	0.17	374	9040	1842	595	12	566	13	452	81	105
18.1	0.7906	0.0229	0.0964	0.0020	0.50	0.0595	0.0013	1.8170	0.0270	0.00	141	4163	612	593	12	592	13	585	56	100
19.1	0.7475	0.0225	0.0956	0.0020	0.23	0.0567	0.0013	1.4366	0.0476	0.12	124	3693	515	589	12	567	13	480	72	103
20.1	0.7755	0.0233	0.0956	0.0020	0.47	0.0588	0.0013	1.2417	0.1083	0.07	295	8049	1274	589	12	583	13	561	60	100
21.1	0.7683	0.0229	0.0936	0.0020	0.29	0.0596	0.0013	1.5488	0.1102	0.04	43	1118	240	577	12	579	13	587	68	99
22.1	0.7482	0.0242	0.0922	0.0020	0.34	0.0588	0.0014	1.8964	0.0792	0.00	120	3692	432	569	12	567	14	562	70	100
23.1	0.7867	0.0230	0.0967	0.0020	0.74	0.0590	0.0014	1.1206	0.0524	0.09	425	10813	2008	595	12	589	13	567	43	100
24.1	0.7006	0.0223	0.0970	0.0020	0.01	0.0524	0.0013	1.7950	0.1176	0.09	284	9881	1040	597	12	539	13	302	86	110
25.1	0.6949	0.0234	0.0951	0.0020	0.20	0.0530	0.0013	2.7492	0.1153	0.09	390	14987	1093	586	12	536	14	329	82	109

APÊNDICE I

Resultados das análises de elementos traço e terras raras via LA-ICP-MS

Observações:

- Todas as concentrações medidas estão reportadas em ppm;
- Razões Ce/Ce*, Eu/Eu* e Yb/Sm foram calculadas com os valores normalizados pelo condrito de acordo com Sun & McDonough (1989);
- Os valores das concentrações obtidas no padrão Zr-91500 estão de acordo com as medições feitas em cada amostra;
- Dados destacados em cinza não foram utilizados.

Unidade Serra do Ibituruna: muscovita – quartzo xisto (CP-05)

zircão	spot	Zr	Si	Li	Mg	Al	P	Ca	Sc	Ti	Mn	Fe	Co	Rb	Sr	Y	Nb	Ta	Mo	Sn	Sb	Ba
2	e	496007	91349	3.18	2.42	101.47	282.82	97.75	214.60	4.80	10.50	560.01	0.99	0.22	0.30	343.59	0.95	0.63	2.04	<0.64	<0.39	<0.60
6	e	496007	83417	1.50	2.05	25.25	116.98	54.13	158.79	4.02	2.47	89.98	0.03	<0.099	0.23	326.80	1.08	0.46	1.62	<0.33	0.21	0.47
12	e	496007	118053	4.14	10.18	307.89	422.32	0.00	209.35	11.24	33.17	2298.76	0.96	<0.24	0.74	681.15	1.10	1.21	2.26	0.88	<0.52	1.36
17	e	496007	97856	3.03	3.37	254.18	207.04	99.21	157.10	11.41	5.47	485.16	0.17	0.75	2.99	358.27	0.99	0.44	1.57	<0.40	0.51	1.62
18	e	496007	119929	0.48	5.81	389.43	195.91	0.00	232.28	7.87	6.90	228.78	0.09	1.06	0.43	779.77	0.75	0.39	2.32	<0.69	<0.41	2.92
25	e	496007	110086	1.63	1.16	45.21	136.52	0.00	116.02	<2.52	2.15	584.98	<0.116	<0.27	0.40	149.01	0.54	0.29	1.45	<1.07	<0.53	<0.76
27	e	496007	94661	3.55	5.74	360.48	210.04	0.00	122.93	8.06	0.82	146.14	0.07	0.96	0.25	152.69	0.53	0.21	1.59	<0.56	<0.35	1.86
29	e	496007	102784	4.43	3.85	342.40	266.67	0.00	142.59	10.06	2.20	285.06	0.17	0.75	0.36	491.60	2.74	1.36	2.61	<1.12	<0.76	1.41
31	e	496007	101092	0.70	7.28	257.39	161.13	281.46	134.24	4.34	2.16	100.65	0.07	1.01	0.28	178.40	0.58	0.26	2.24	<0.51	<0.26	1.40
33	e	496007	90529	0.44	3.23	86.65	82.57	0.00	132.29	14.37	1.34	134.21	<0.043	<0.095	0.22	90.96	0.43	0.09	2.38	<0.36	<0.20	0.78
35	e	496007	113281	0.38	<0.85	<6.46	264.16	0.00	141.85	8.74	<0.55	12.38	<0.050	<0.205	0.14	480.93	1.73	0.87	1.55	0.89	<0.38	<0.61
36	e	496007	115511	2.29	1.53	125.40	258.11	0.00	139.65	9.22	3.50	331.61	0.18	<0.183	0.29	334.30	1.21	0.46	1.66	<0.75	0.61	0.99
39	e	496007	115387	1.23	<0.52	13.68	176.30	0.00	142.36	8.07	0.83	37.97	<0.052	<0.154	0.18	343.53	1.65	0.76	1.60	<0.66	<0.32	<0.65
40	m	496007	98230	0.42	0.54	20.18	75.74	0.00	123.98	3.08	<0.38	14.60	<0.045	<0.118	0.09	79.22	0.50	0.28	1.66	<0.48	<0.25	0.54
47	e	496007	152241	1.53	1.60	33.43	127.74	0.00	151.45	13.64	1.54	223.95	<0.094	<0.25	0.15	134.42	1.38	0.91	1.46	1.16	<0.60	<0.75
48	e	496007	116745	1.16	1.03	16.53	455.21	0.00	161.11	5.90	1.43	52.77	<0.098	<0.35	0.28	713.30	1.72	1.25	2.49	<1.38	<0.67	0.54
59	e	496007	136592	5.22	7.91	467.08	641.06	227.25	181.44	14.24	72.92	3839.55	0.71	<0.49	1.19	536.12	0.85	0.79	2.67	<1.82	1.88	4.26
62	m	496007	98019	0.78	0.78	28.52	124.06	0.00	113.61	4.39	0.87	157.53	<0.056	<0.165	0.20	205.55	0.60	0.23	1.44	<0.60	<0.28	<0.34
64	m	496007	102920	0.43	<0.77	<5.36	498.56	0.00	126.91	7.44	<0.46	<3.52	<0.079	<0.170	0.17	1028.26	6.19	1.36	1.51	0.83	<0.37	<0.70
72	e	496007	101907	0.98	<0.57	351.11	167.58	0.00	133.57	4.07	3.83	59.19	<0.050	0.21	0.20	237.84	0.34	0.50	1.65	<0.55	<0.30	0.64
84	e	496007	104247	1.46	7.31	109.10	263.69	0.00	158.95	26.16	8.91	439.40	<0.041	0.31	0.55	1010.90	2.74	1.64	2.34	<0.44	<0.24	0.59
Zr-91500		490085	105402	0.97	<0.63	<5.89	2xz	0.00	114.28	<1.79	<0.49	<3.81	<0.050	<0.167	0.13	70.85	0.64	0.28	2.21	1.06	0.31	<0.67

Unidade Serra do Ibituruna: muscovita – quartzo xisto (CP-05) (continuação)

Zr	spot	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U	Ce/Ce*	Eu/Eu*	Yb/Sm
2	e	1.58	21.22	2.68	15.71	4.16	1.53	8.21	2.46	29.37	11.65	58.93	15.92	179.27	38.97	6459	154.85	35.19	160.40	4.54	2.63	40.11
6	e	0.76	6.41	0.54	2.91	2.71	0.63	10.67	3.53	33.58	11.52	46.34	10.57	100.41	20.44	5110	348.35	62.28	211.35	2.74	1.07	34.49
12	e	2.79	95.60	6.81	35.64	7.82	1.91	16.58	5.13	59.91	21.10	105.27	26.71	301.49	64.34	8404	275.84	67.77	324.27	13.20	2.34	35.89
17	e	0.69	22.55	1.70	13.37	6.50	1.45	16.42	4.21	40.77	11.31	41.63	9.30	80.38	16.01	5502	350.87	85.88	190.54	6.24	1.84	11.52
18	e	0.54	25.61	1.08	10.04	7.65	1.20	30.57	7.70	84.39	27.21	116.33	23.10	214.34	41.18	5569	226.39	54.86	127.05	8.75	1.20	26.10
25	e	0.33	9.66	0.36	1.99	<0.66	0.36	2.63	0.91	11.89	4.47	21.03	5.67	60.57	14.34	5363	187.32	26.12	78.86	5.37	1.41	59.28
27	e	<0.072	1.30	0.08	1.35	3.13	0.25	9.50	2.53	21.32	4.96	13.56	2.07	12.16	1.87	6470	481.78	57.12	149.81	1.79	0.43	3.62
29	e	<0.085	16.09	0.13	<1.01	1.01	0.34	9.53	3.21	41.30	16.65	75.77	17.29	163.34	33.94	6683	332.39	154.01	105.99	17.07	0.66	151.06
31	e	0.17	13.60	0.47	3.39	1.99	0.89	5.48	1.61	18.41	6.01	25.16	5.26	49.10	9.46	5383	65.08	30.60	41.64	7.20	1.99	22.94
33	e	0.08	7.77	0.33	1.92	1.11	0.29	2.71	0.96	8.60	3.01	12.33	3.21	29.99	6.28	4507	24.08	5.56	17.22	5.02	0.90	25.20
35	e	0.06	7.48	<0.062	0.78	1.69	0.24	9.18	3.66	46.23	16.49	69.23	14.11	131.50	25.67	6917	180.42	34.97	49.75	20.26	0.45	72.63
36	e	0.35	15.83	0.65	3.67	2.19	0.92	9.94	3.20	35.40	11.79	47.94	10.12	87.23	16.47	7737	330.98	61.53	116.69	6.94	1.63	37.14
39	e	0.08	9.68	0.08	0.78	1.32	0.36	5.65	2.34	29.01	10.82	52.20	10.99	109.25	21.36	6606	361.23	80.81	110.16	11.28	0.85	77.15
40	m	<0.053	4.07	0.13	0.57	1.03	0.39	3.84	0.86	9.82	3.14	11.51	2.45	27.21	5.01	4898	68.44	20.26	27.61	4.32	1.09	24.60
47	e	<0.104	15.58	0.19	<1.10	1.80	0.59	6.00	1.58	13.67	4.74	25.29	4.86	50.34	11.65	7733	227.31	79.71	95.02	13.71	1.29	26.02
48	e	0.19	5.65	0.39	3.27	1.80	0.52	5.98	4.05	54.42	25.03	120.64	29.18	316.26	66.79	7117	316.12	13.57	101.98	3.22	1.15	164.12
59	e	4.91	90.64	8.35	54.20	19.36	5.66	28.90	7.03	56.97	16.79	70.86	17.21	180.81	38.64	6320	429.77	58.15	367.21	10.99	4.87	8.70
62	m	<0.043	5.60	0.10	<0.46	0.82	0.24	3.09	1.22	14.76	5.56	27.03	6.20	60.86	12.19	4989	107.48	11.27	34.37	6.80	0.74	69.52
64	m	<0.068	8.73	0.06	<0.57	0.78	0.52	10.96	5.43	75.79	32.78	144.99	30.51	279.63	53.28	5827	159.67	21.04	47.96	14.07	0.95	333.60
72	e	0.80	28.51	2.22	13.78	5.68	1.22	6.80	2.04	21.65	7.76	34.93	8.74	90.13	18.96	6169	103.75	23.45	49.01	6.94	2.05	14.79
84	e	1.22	42.54	2.67	17.82	10.00	3.89	33.28	10.74	122.19	41.47	179.30	36.56	359.45	65.93	6719	268.52	60.00	212.40	9.31	3.63	33.47
Zr-91500		<0.072	1.40	<0.061	0.59	<0.46	<0.153	1.18	0.35	5.90	2.37	12.47	3.05	36.45	7.07	3605	44.67	13.88	43.20			

Unidade Serra do Ibituruna: muscovita – quartzo xisto (CP-27)

zircão	spot	Zr	Si	Li	Mg	Al	P	Ca	Sc	Ti	Mn	Fe	Co	Rb	Sr	Y	Nb	Ta	Mo	Sn	Sb	Ba
12	e	496007	150967	2.32	9.54	362.71	206.18	0.00	247.23	6.27	4.13	131.42	<0.081	1.09	0.83	808.84	38.90	15.74	6.77	<0.70	<0.48	2.56
15	e	496007	170402	1.68	3.93	22.41	318.79	0.00	277.57	<2.42	14.75	398.89	<0.080	0.19	0.47	1044.84	2.37	1.11	7.02	<0.79	<0.59	1.19
18	e	496007	163087	0.91	2.01	14.48	129.35	107.29	248.79	8.75	2.58	38.21	<0.045	<0.191	0.42	519.02	1.88	1.00	7.33	<0.77	<0.49	<0.43
23	e	496007	183630	2.74	1.47	9.72	173.08	143.30	280.20	6.91	<0.98	8.77	<0.096	0.23	0.46	629.09	1.89	0.73	8.45	<0.93	1.05	<0.71
26	e	496007	164002	1.28	1.45	17.75	173.43	0.00	250.81	4.81	<0.96	10.85	<0.077	<0.26	0.41	622.85	1.90	0.69	6.27	1.59	<0.70	<0.54
28	e	496007	180306	<0.61	2.38	54.19	448.61	0.00	256.22	24.25	<1.21	<10.11	<0.109	<0.27	0.21	877.35	4.11	1.87	6.92	1.72	<0.79	<0.83
31	e	496007	126969	1.77	1.74	15.84	670.59	2524.46	172.78	4.03	41.11	45.00	<0.079	<0.20	1.46	497.36	1.19	0.64	3.38	1.60	<0.70	<0.60
38	e	496007	172796	0.83	3.24	12.43	298.48	0.00	273.22	12.20	<0.97	18.70	<0.130	<0.22	0.38	507.20	3.32	0.92	7.33	1.21	<0.76	<0.75
39	e	496007	168611	1.14	2.73	100.66	844.73	0.00	295.10	6.44	<1.34	76.46	0.14	0.47	0.30	2008.34	2.75	1.04	8.40	<1.51	<0.85	1.12
40	e	496007	122735	2.60	1.76	57.27	227.24	0.00	194.69	8.69	5.05	101.09	<0.094	<0.25	0.28	562.95	2.60	1.18	3.76	<1.32	<0.85	<1.09
52	m	496007	171795	1.74	2.49	13.98	98.17	0.00	243.19	6.06	0.99	33.65	<0.088	<0.29	0.25	187.62	1.06	0.58	5.81	<1.20	<0.83	<1.00
56	m	496007	199502	3.19	33.82	3105.48	386.69	0.00	247.77	22.76	4.34	375.81	0.28	6.05	0.61	605.88	2.69	1.00	6.20	<2.08	<1.61	23.28
58	e	496007	151020	0.69	2.90	14.47	92.34	0.00	221.69	3.07	<0.58	<5.75	0.08	<0.165	0.32	219.43	1.25	0.55	4.47	<0.80	<0.52	<0.63
69	e	496007	173089	5.71	20.86	601.36	227.54	0.00	242.12	112.02	14.63	202.50	0.10	2.20	1.12	451.80	2.31	0.79	5.47	<1.27	1.66	4.56
71	m	496007	168911	1.39	5.09	97.58	265.01	0.00	254.60	28.38	4.81	2738.25	<0.087	0.20	0.30	389.97	2.12	0.98	5.25	1.28	<0.72	<0.75
85	e	496007	164038	1.59	3.42	30.03	1507.96	5977.52	330.57	5.82	71.96	189.54	<0.088	0.33	3.09	762.51	2.97	1.27	5.06	<1.10	<0.70	<0.70
86	e	496007	158688	7.43	22.09	1152.79	378.56	0.00	275.62	75.45	184.24	1142.92	0.39	3.29	1.56	1216.14	5.58	2.08	5.57	<0.82	<0.46	19.29
Zr-91500		490085	170162	1.91	<0.97	13.79	<42.93	0.00	172.67	<2.67	<0.82	16.21	<0.102	<0.29	0.16	117.91	1.47	0.59	5.01	<1.15	<0.85	<0.74

Zr	spot	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U	Ce/Ce*	Eu/Eu*	Yb/Sm
12	e	0.69	21.68	0.77	7.50	4.27	0.95	14.42	4.71	65.64	27.82	135.15	32.26	360.99	65.01	11450	560.53	65.70	239.75	8.29	1.35	78.72
15	e	0.57	20.65	0.42	4.50	5.35	1.71	26.29	10.04	99.33	38.28	162.64	32.97	312.42	56.08	9563	684.80	161.19	231.55	10.08	1.88	54.39
18	e	0.12	12.06	<0.051	<0.76	2.28	1.14	11.64	3.85	41.46	17.48	82.91	18.60	209.82	42.22	9843	500.62	146.33	240.09	21.93	1.89	85.89
23	e	<0.095	5.38	0.18	3.34	4.78	0.67	21.72	6.32	61.93	19.92	88.14	18.43	184.80	34.76	10322	786.16	150.42	420.67	4.91	0.80	36.02
26	e	<0.091	7.40	<0.097	1.00	1.78	0.22	8.69	3.44	48.20	18.75	100.24	23.64	253.96	55.14	9422	537.12	65.23	167.54	0	0.43	133.17
28	e	<0.105	22.18	0.11	1.96	2.33	0.55	15.24	6.02	81.60	32.53	153.08	32.73	319.08	62.25	11525	101.59	13.20	32.18	25.90	0.82	127.64
31	e	0.13	12.07	0.15	1.99	3.33	3.14	28.74	5.44	49.23	17.24	64.24	15.18	141.29	25.22	6921	538.66	99.96	186.46	10.55	3.47	39.48
38	e	<0.102	27.75	<0.086	1.01	3.88	<0.24	14.73	5.15	61.41	18.81	80.98	14.66	133.58	22.90	10413	355.73	222.64	95.93	0	0.00	32.06
39	e	0.17	17.08	0.42	5.55	19.01	7.92	90.28	25.56	242.79	80.92	340.29	67.03	610.95	110.50	10396	450.63	142.48	194.68	9.49	4.69	29.94
40	e	0.17	19.48	0.68	5.27	3.56	1.17	12.22	4.53	47.73	18.84	83.38	16.87	168.04	30.38	7653	1016.19	182.03	353.28	8.73	1.81	44.03
52	m	<0.142	1.61	<0.105	<1.35	<0.62	0.24	2.43	1.20	15.18	6.06	30.40	6.94	80.51	17.92	9289	769.71	53.45	230.68	0	0.99	0
56	m	0.19	17.78	<0.206	3.07	3.77	0.93	11.34	5.26	57.56	23.99	106.64	23.00	237.73	49.37	12306	399.01	81.99	108.26	26.02	1.47	58.74
58	e	<0.089	5.02	0.10	0.90	1.42	<0.18	1.84	1.61	15.59	7.45	36.52	8.22	93.13	23.27	9595	82.45	23.26	40.73	6.02	0.00	60.96
69	e	0.73	23.33	1.56	13.29	7.13	2.12	13.18	3.29	34.58	15.13	71.77	20.31	238.17	44.44	11878	590.82	100.68	330.97	6.66	2.83	31.13
71	m	0.46	13.70	0.61	5.49	3.06	0.60	10.30	3.12	35.72	13.06	56.40	12.17	113.58	21.34	11173	267.29	7.97	81.11	5.97	1.01	34.59
85	e	1.38	29.21	1.32	9.21	5.56	1.04	19.84	6.12	67.28	24.49	113.10	24.66	245.84	47.85	11016	494.26	109.03	245.71	8.33	1.27	41.17
86	e	0.11	16.32	0.22	1.70	4.88	1.35	21.62	8.15	95.54	40.36	189.17	38.56	367.49	72.93	11893	1461.09	214.44	553.17	12.27	1.62	70.23
Zr-91500		0.08	2.17	<0.108	<1.10	<0.61	<0.25	1.64	0.67	8.31	4.23	19.43	5.64	58.17	11.75	5804.50	61.37	24.69	65.30			

Unidade Serra do Ibituruna: muscovita – quartzo xisto (CP-35)

zircão	spot	Zr	Si	Li	Mg	Al	P	Ca	Sc	Ti	Mn	Fe	Co	Rb	Sr	Y	Nb	Ta	Mo	Sn	Sb	Ba
21	e	496007	184270	3.84	11.37	43.39	139.94	0.00	232.91	6.00	<0.82	523.50	0.11	<0.27	0.28	363	1.71	0.70	6.51	<1.36	<0.89	<0.84
26	m	496007	173404	1.57	3.42	10.18	1059.22	0.00	276.55	23.09	<0.54	9.45	0.06	0.48	0.27	2409	4.71	1.69	4.23	<0.83	<0.56	<0.73
32	m	496007	163007	4.49	14.06	105.49	223.12	0.00	252.80	9.78	<0.52	54.47	<0.072	0.43	0.46	588	2.02	1.00	4.85	<0.84	0.58	<0.60
36	e	496007	172243	2.99	8.63	13.93	479.53	0.00	253.83	11.80	2.53	92.83	0.12	0.23	0.27	1186	13.88	6.57	5.42	2.17	<0.63	<0.75
41	e	496007	177528	4.12	5.68	19.87	184.13	0.00	315.23	11.83	<0.65	25.57	<0.068	0.20	0.24	750	1.46	0.69	4.80	<1.06	<0.74	<0.83
42	e	496007	191668	2.55	3.48	10.43	137.60	0.00	234.01	5.25	<0.78	<8.45	<0.088	<0.23	0.21	213	1.40	0.78	4.91	<1.24	<0.85	0.78
45	e	496007	178032	0.46	<0.98	<8.87	343.09	0.00	279.56	6.87	0.79	12.68	0.09	<0.228	0.24	586	1.36	0.66	4.92	<1.12	<0.75	<0.73
48	e	496007	176101	9.91	110.45	408.43	358.11	0.00	247.75	23.60	20.80	1350.30	0.67	0.96	1.47	1373	3.92	1.51	4.65	<1.17	4.15	4.03
52	e	496007	189040	5.42	2.61	61.94	119.71	602.99	237.95	6.67	1.34	42.20	<0.073	<0.25	0.36	413	1.09	0.59	4.21	<1.04	<0.75	1.07
68	e	496007	179345	8.03	3.49	139.55	174.27	0.00	248.67	9.08	1.50	1192.61	<0.067	<0.131	0.22	555	1.99	0.60	5.92	1.20	0.63	<0.61
70	e	496007	179076	2.57	4.90	90.48	358.55	0.00	331.02	14.78	1.25	34.63	<0.128	0.54	0.39	1209	3.08	0.79	4.12	1.14	<0.96	<1.25
72	m	496007	161878	6.71	17.29	280.19	315.75	0.00	249.63	11.93	2.95	142.28	0.05	0.56	0.74	988	3.23	1.07	3.18	<0.66	0.99	2.09
73	e	496007	163547	4.35	4.58	14.07	118.92	0.00	229.41	25.33	0.89	28.57	<0.075	<0.134	0.11	304	1.65	0.64	3.41	<0.82	<0.52	<0.62
75	c	496007	190462	12.80	31.88	494.45	376.96	0.00	251.05	12.91	49.06	1632.65	0.25	0.47	2.99	686	3.36	1.46	4.41	<1.92	4.92	9.20
82	m	496007	163896	1.62	3.75	70.26	340.00	0.00	257.34	4.21	0.75	35.29	<0.087	0.27	0.37	1387	4.67	1.72	4.01	<0.86	<0.58	0.85
90.1	e	496007	158807	4.31	18.49	282.31	350.74	100.98	239.74	64.42	4.76	607.59	<0.074	0.91	1.07	1045	1.68	0.93	4.34	<0.63	1.47	5.72
Zr-91500		493786	178282	0.57	<1.17	<8.67	<45.52	0	195.86	6.78	<0.71	<7.38	<0.130	<0.23	0.08	189.89	2.05	0.43	5.91	<1.13	<0.74	<0.73

Zr	spot	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U	Ce/Ce*	Eu/Eu*	Yb/Sm
21	e	0.18	8.51	0.14	1.67	2.02	<0.30	5.30	1.75	26.65	10.63	59.37	15.16	186.18	40.72	10369	389.96	64.25	181.14	7.28	0.00	85.70
26	m	<0.097	20.74	0.09	1.14	5.66	1.24	37.98	16.56	204.06	80.47	355.93	70.99	633.18	116.66	11377	149.55	51.10	44.79	26.69	1.17	104.25
32	m	1.98	27.72	1.00	3.97	3.52	1.23	13.84	4.82	57.42	20.02	96.93	20.00	212.21	42.03	12074	310.47	74.35	131.82	8.12	1.82	56.11
36	e	0.10	23.83	0.10	1.67	4.40	0.84	32.63	12.61	135.46	41.61	150.25	28.33	238.91	40.84	12317	1004.66	39.25	347.42	25.28	0.86	50.52
41	e	0.24	6.31	0.15	2.56	4.06	0.66	16.21	6.14	70.54	28.02	129.08	25.37	246.19	49.12	8698	682.07	90.90	322.80	5.03	0.90	56.50
42	e	<0.142	18.84	<0.108	<1.27	<0.81	0.31	3.84	1.48	19.58	7.68	35.14	7.88	83.60	17.94	11163	248.51	63.41	65.03	0.00	1.01	0.00
45	e	<0.115	10.56	<0.069	<1.02	1.60	0.53	7.67	3.10	42.13	19.67	102.36	24.02	274.89	61.90	10779	150.32	42.78	59.42	0.00	1.08	159.49
48	e	4.39	49.94	3.22	26.50	18.79	4.98	44.28	13.84	139.34	45.39	185.96	36.57	317.34	60.12	10147	703.83	136.63	612.31	8.76	3.81	15.73
52	e	0.24	13.78	0.23	2.29	4.91	1.52	10.97	3.64	35.96	14.07	70.23	19.33	216.69	50.85	10683	413.28	66.93	212.56	9.52	2.32	41.08
68	e	0.59	26.69	0.73	4.96	4.51	1.11	13.89	4.95	58.22	19.59	87.38	18.84	171.88	33.76	11203	663.56	122.00	263.26	10.62	1.58	35.47
70	e	0.11	16.95	0.19	2.78	4.77	1.90	18.73	7.38	101.21	39.21	193.29	41.76	418.75	83.29	9095	811.81	145.52	250.75	13.62	2.42	81.81
72	m	0.81	52.94	0.71	4.20	5.93	3.46	24.89	7.90	91.36	31.40	149.47	33.44	341.55	70.37	9829	785.28	255.75	368.48	20.38	3.85	53.63
73	e	0.10	3.90	0.08	<0.55	0.90	<0.170	7.29	2.32	28.17	9.39	42.62	9.81	95.94	19.35	9956	352.74	66.10	202.87	4.39	0.00	99.45
75	c	2.75	37.79	1.36	9.98	4.95	2.49	14.45	4.92	59.03	23.66	114.56	25.85	304.15	71.35	11441	657.42	436.10	509.75	9.46	3.45	57.18
82	m	<0.095	47.24	<0.097	2.16	4.71	0.66	20.32	7.72	100.24	41.80	210.44	47.88	469.03	96.82	10133	483.02	125.08	225.84	0.00	0.81	92.71
90.1	e	7.94	78.43	5.84	33.10	24.33	6.64	44.90	13.53	127.65	36.66	131.66	25.22	223.12	37.41	11026	278.44	63.47	139.86	10.22	4.81	8.54
21	e	0.18	8.51	0.14	1.67	2.02	<0.30	5.30	1.75	26.65	10.63	59.37	15.16	186.18	40.72	10369	389.96	64.25	181.14	7.28	0.00	85.70
Zr-91500		<0.136	18.01	<0.078	<0.93	<0.74	0.88	4.56	1.65	16.21	5.51	22.19	5.05	53.7	9.64	6310.25	113.34	14.48	232.14			

Unidade Serra do Ibituruna: muscovita quartzito (CP-98)

zircão	spot	Zr	Si	Li	Mg	Al	P	Ca	Sc	Ti	Mn	Fe	Co	Rb	Sr	Y	Nb	Ta	Mo	Sn	Sb	Ba
5	e	496007	169789	6.12	2.63	59.10	176.83	0.00	255.64	25.74	3.60	29.71	<0.146	<0.38	0.57	532.87	3.14	2.17	4.54	<1.52	<1.12	<1.48
7	e	496007	218410	9.31	3.02	74.23	351.27	0.00	270.34	46.19	5.81	570.62	<0.21	<0.45	0.89	466.49	2.58	1.35	3.30	<2.25	1.90	<1.41
9	e	496007	150662	4.05	1.30	24.22	266.98	0.00	257.64	9.41	0.92	21.13	<0.058	<0.201	0.31	838.15	2.15	0.76	3.08	<0.85	<0.61	<0.73
15	m	496007	164653	2.24	<0.60	16.80	235.80	0.00	272.01	13.59	3.49	48.39	<0.107	<0.182	0.27	354.61	1.40	0.49	2.74	<0.83	<0.70	<0.96
16	e	496007	156698	1.87	1.24	54.54	110.50	0.00	232.70	11.54	<0.74	12.77	<0.086	<0.128	0.16	41.65	0.93	0.18	3.42	<0.75	<0.57	<0.66
20	m	496007	155686	7.25	5.95	127.63	743.98	202.73	526.83	8.99	172.00	2129.47	0.16	0.51	2.29	1001.56	2.47	1.58	3.29	<0.66	0.90	2.53
27	e	496007	161761	3.68	1.03	21.76	426.22	608.16	288.39	8.78	1.19	97.43	<0.093	<0.173	0.17	288.56	0.98	0.34	2.77	<0.78	<0.59	<0.60
30	m	496007	185272	1.73	1.74	12.12	2185.44	0.00	322.95	15.29	<1.37	<47.21	<0.134	<0.42	0.19	282.79	1.27	0.35	3.48	<1.43	<1.21	<0.97
31	e	496007	203943	2.51	<1.32	<15.49	1241.10	0.00	362.47	13.98	<1.82	<52.95	<0.21	0.39	0.40	499.81	1.26	<0.22	4.30	<1.94	<1.56	<1.30
55	e	496007	179068	3.66	<0.99	<11.28	<-65.56	1378.09	378.84	40.27	<1.76	-35.65	<0.178	<0.34	0.23	308.02	1.02	0.43	3.58	<1.46	<1.15	<1.17
56	e	496007	155125	3.61	1.43	<7.19	<-42.30	0.00	384.01	9.23	<1.11	80.25	<0.118	<0.25	0.22	337.91	1.35	0.28	2.78	<0.85	<0.78	<0.78
57	e	496007	192750	21.81	84.13	1628.57	<-173.62	853.85	626.88	58.09	1120.29	<-407.32	7.60	5.77	20.82	5003.83	8.64	5.79	13.44	<2.39	18.10	35.73
58	e	496007	157157	1.13	<0.86	15.25	<-56.06	2483.74	500.94	12.54	20.16	<-81.29	1.01	<0.27	1.47	792.86	1.63	0.52	5.17	<0.96	<0.74	<1.00
63	m	496007	168586	4.57	6.57	192.93	<-124.22	1787.58	382.91	48.34	87.30	<-3883.12	4.30	<0.39	2.15	2064.00	2.73	1.39	19.91	<1.48	<1.22	2.47
66	m	496007	141534	2.55	1.31	26.74	<-28.03	196.57	389.69	22.10	24.13	<-23.72	0.11	<0.20	0.59	439.31	1.67	1.42	2.78	<0.72	<0.49	<0.55
84	e	496007	154432	4.18	<1.04	<8.13	<-33.03	0.00	430.73	15.43	1.70	-24.19	<0.178	<0.29	0.25	526.41	1.35	0.37	3.14	<0.91	<0.87	<0.87
97	m	496007	163391	10.29	<0.93	<11.24	<-45.07	0.00	636.38	16.53	<1.98	<-29.19	<0.22	<0.37	0.30	936.90	1.35	0.34	3.38	<1.12	<1.23	<0.88
98	m	496007	156265	4.36	0.92	51.24	<-32.43	0.00	411.11	52.05	3.03	<-24.83	<0.178	<0.27	<0.135	74.99	0.61	0.21	2.17	<1.09	<0.83	<1.04
Zr-91500		490085	149985	3.55	<0.54	7.62	-15.26	0	419.6	9.43	<1.41	10.58	<0.162	<0.24	<0.082	117.44	1.06	0.37	3.44	<0.86	<0.80	<0.70

Zr	spot	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U	Ce/Ce*	Eu/Eu*	Yb/Sm
5	e	3.17	37.02	5.27	36.45	17.29	3.08	23.45	6.14	52.11	17.24	67.74	15.10	145.01	30.79	10464	183.08	71.59	126.74	5.6	2.9	7.813
7	e	1.81	79.82	2.65	18.20	13.09	2.16	18.96	4.73	36.48	15.17	68.84	16.57	175.37	35.37	10447	611.18	149.57	225.12	16.9	2.3	12.478
9	e	0.28	56.85	0.78	6.79	6.76	1.14	20.46	6.83	67.78	24.63	97.78	18.49	175.91	31.81	8362	342.41	155.27	166.07	23.3	1.3	24.251
15	m	0.89	26.16	1.41	10.10	4.01	0.55	6.36	2.45	26.78	10.21	41.12	8.73	84.17	15.40	8772	81.48	54.58	24.74	7.7	1.0	19.550
16	e	<0.079	26.39	0.09	1.66	1.00	0.40	2.41	0.36	4.37	1.29	4.77	1.10	10.41	1.51	10404	74.70	54.60	22.58	34.2	1.3	9.693
20	m	4.93	148.70	7.15	39.85	33.16	7.66	45.11	9.81	78.39	26.65	118.42	25.16	251.17	52.40	10077	763.66	337.36	222.53	19.2	5.2	7.055
27	e	<0.070	6.73	0.24	1.93	0.97	0.53	6.93	1.76	18.91	7.42	31.94	7.11	69.25	13.56	6018	162.70	29.53	59.50	5.4	1.2	66.166
30	m	0.30	29.98	1.06	7.07	7.39	1.82	20.19	4.48	35.69	8.70	26.59	3.87	23.60	4.44	7596	84.44	85.23	18.82	10.7	2.1	2.974
31	e	<0.191	24.36	<0.167	2.44	4.51	1.31	11.82	4.49	41.34	14.81	62.40	12.27	115.81	22.48	7378	333.26	98.50	76.80	0.0	2.0	23.935
55	e	<0.127	5.65	<0.077	<1.05	0.91	<0.26	4.23	1.55	19.24	7.28	31.84	6.45	62.85	12.65	6078	159.85	16.27	39.01	0.0	0.0	64.489
56	e	0.09	17.91	<0.091	<0.72	1.54	0.49	7.32	2.05	21.81	8.17	34.48	7.71	79.27	16.15	6495	104.19	27.07	41.46	38.2	1.0	48.063
57	e	59.23	741.83	53.99	304.00	260.15	82.35	401.54	77.79	494.27	118.95	386.02	79.37	641.34	116.15	6504	1491.56	858.42	495.24	32.9	19.2	2.296
58	e	1.35	21.11	0.94	4.75	4.57	1.52	12.40	4.25	49.52	18.42	90.27	20.68	209.62	45.23	6129	70.11	24.97	33.93	6.8	2.3	42.690
63	m	10.38	189.30	15.60	97.51	85.00	23.50	123.41	31.39	202.73	53.03	186.39	32.58	257.52	43.76	7966	118.67	634.87	173.27	16.6	9.7	2.822
66	m	1.15	28.41	2.11	14.51	5.44	1.49	10.27	2.26	25.57	9.02	40.76	8.32	80.62	14.92	6227	62.00	5.78	30.39	6.9	2.3	13.804
84	e	<0.107	7.05	0.13	1.85	1.50	0.35	7.48	2.71	30.92	10.98	49.40	10.32	102.41	21.03	4889	139.13	27.98	61.41	7.6	0.7	63.433
97	m	<0.136	8.61	0.08	1.52	2.90	1.22	12.43	4.54	53.47	21.91	97.26	21.84	217.06	45.01	6008	333.38	51.82	82.63	11.5	1.9	69.739
98	m	0.33	19.42	0.72	6.51	5.10	1.67	7.58	1.34	8.53	1.65	4.53	0.79	5.71	1.05	6824	92.89	39.00	29.85	8.2	2.8	1.042
Zr-91500		<0.065	1.58	<0.063	<0.70	0.72	<0.100	0.91	0.48	6.57	2.37	13.75	3.24	35.53	6.83	3429	36.14	12.74	38.98			

