unesp

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

A PALEOZONA DE SUTURA DE ALTEROSA ENTRE AS ZONAS DE CISALHAMENTO VARGINHA E CAMPOS GERAIS (SW DO ESTADO DE MINAS GERAIS): METAMORFISMO DE FÁCIES GRANULITO DE ALTA PRESSÃO

Thaís Güitzlaf Leme

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

Rio Claro/SP
2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

THAÍS GÜITZLAF LEME

A PALEOZONA DE SUTURA DE ALTEROSA ENTRE AS ZONAS DE CISALHAMENTO VARGINHA E CAMPOS GERAIS (SW DO ESTADO DE MINAS GERAIS): METAMORFISMO DE FÁCIES GRANULITO DE ALTA PRESSÃO

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Guillermo Rafael Beltran Navarro

Rio Claro - SP

2023

L551p

Leme, Thaís Güitzlaf
A paleozona de sutura de Alterosa entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais (SW do estado de Minas Gerais): metamorfismo de fácies granulito de alta pressão / Thaís Güitzlaf Leme. -- Rio Claro, 2023
360 f. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Guillermo Rafael Beltran Navarro

1. Rochas Metamórficas. 2. Petrografia. 3. Geocronologia. 4. Granulito. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta tese discute temas relacionados à petrologia e petrogênese de rochas metamórficas de alto grau. Tal discussão é feita com base na integração de uma abordagem multi-parâmetro de diversos campos das Geociências, em especial, da Geologia, por meio de estudos mineralógicos, petrológicos, geoquímicos e geocronológicos, em congruência com trabalho de campo de uma área específica. A área de estudo é constituída por rochas que preservam importantes registros da evolução geológica da formação do Gondwana Ocidental. Os principais potenciais impactos dessa pesquisa são de âmbito científico, uma vez que discute temas de relevância para o campo da petrologia metamórfica, e que serão divulgados por meio de artigos científicos de alcance nacional e internacional para pesquisadores do tema. Entre os potenciais impactos sociais, está a formação de recurso humano para atuação no ensino de graduação e técnico e em pesquisa, cujos resultados contribuem para a melhoria do conhecimento nas várias áreas que compõem as Geociências. Os potenciais impactos econômicos são indiretos, sendo que os produtos da pesquisa, como o mapa geológico e a caracterização das rochas da área podem ser utilizados como base para futuras pesquisas geológicas, como por exemplo, de prospecção mineral na região, trabalhos de geotecnia e agronomia.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This thesis discusses topics related to the petrology and petrogenesis of high-grade metamorphic rocks. This discussion is based on integrating a multi-parameter approach from various fields of Geosciences, especially Geology, through mineralogical, petrological, geochemical and geochronological studies in congruence with fieldwork of a specific area. The study area consists of rocks that preserve essential records of the geological evolution of Western Gondwana. The main potential impacts of this research are scientific since it discusses topics of relevance to the metamorphic petrology field and will be disseminated through scientific papers of national and international scope for researchers on the subject. Among the potential social impacts is the training of human resources to work in undergraduate and technical education and research, the results of which contribute to improving knowledge in the various areas of Geosciences. The potential economic impacts are indirect, and the research products, such as the geological map and the characterization of the area's rocks, can be used as a basis for future geological research, like into mineral prospecting, geotechnical and agronomy in the region.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

THAÍS GÜITZLAF LEME

A PALEOZONA DE SUTURA DE ALTEROSA ENTRE AS ZONAS DE CISALHAMENTO VARGINHA E CAMPOS GERAIS (SW DO ESTADO DE MINAS GERAIS): METAMORFISMO DE FÁCIES GRANULITO DE ALTA PRESSÃO

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Guillermo Rafael Beltran Navarro (orientador)
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Antenor Zanardo
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Norberto Morales
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Ticiano José Saraiva dos Santos
IG/UNICAMP/Campinas (SP)

Prof. Dr. Filipe Goulart Lima
IG/UFU/Monte Carmelo (MG)

Conceito: Aprovada

Rio Claro, 06 de novembro de 2023

Aos meus pais e irmã,
pelo apoio e incentivo de sempre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, por proporcionar as melhores oportunidades possíveis e por estar sempre presente.

Aos professores Dr. Guillermo Rafael Beltran Navarro e Dr. Antenor Zanardo pela orientação, colaboração, confiança e incentivo, que foram fundamentais na elaboração deste trabalho.

Aos professores Dr. Filipe G. Lima. Dr. Norberto Morales, Dr. Ticiano J. S. dos Santos pela colaboração, contribuição e discussões, que foram de grande importância.

Aos técnicos: Nelson Pereira Lopes Júnior, pela confecção das seções delgadas e Dr. Daniel Françoso de Godoy pela realização das análises de química mineral.

Aos funcionários do IGCE, em especial às funcionárias Rosângela Vacello e Lauren Grimaldi, pela eficiência e ajuda nos trâmites burocráticos.

Aos amigos (todos), pela amizade, companheirismo, parceria, apoio, incentivo e por toda ajuda e auxílio no decorrer do trabalho e da pós-graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente.

A todos, que de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho e da minha formação ao longo desses anos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

A área de estudo está situada na porção sul da Faixa Brasília Meridional, no sudoeste do estado de Minas Gerais e compreende uma faixa na região dos municípios de Guaxupé, Monte Belo, Nova Resende e São Pedro da União. Geologicamente situa-se entre as zonas de cisalhamento Varginha (ZCV) e Campos Gerais (ZCCG). A estruturação regional, reconhecida pela gravimetria, mostra blocos crustais justapostos, a norte (cráton do São Francisco) e a sul (Bloco/Paleocontinente Paranapanema), cujos limites foram definidos por grandes descontinuidades gravimétricas (anomalias *Bouguer*). O limite dos blocos corresponde a uma faixa de deformação intensa, marcada pela atuação do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio, que corresponde a Paleozona de Sutura de Alterosa. A área de estudo está situada na porção mais meridional desta paleozona de sutura (entre as ZCV e ZCCG). Este trabalho integra resultados de petrografia, química mineral, geotermobarometria, geoquímica de rocha total, geoquímica isotópica Sm/Nd de rocha total e de geocronologia U/Pb em zircão dos litotipos que ocorrem entre as ZCV e ZCCG. O principal objetivo da pesquisa foi caracterizar a petrografia, as condições *P-T* e idade do metamorfismo dessas rochas. Na área de estudo, os litotipos são constituídos por rochas metassedimentares pelíticas, psamo-pelíticas, psamíticas e grauvaqueanas contendo granada, cianita, oligoclásio/andesina, ortoclásio e rutilo, com intercalações de granada ortognaisses contendo anfibólio, biotita, clinopiroxênio, ortoclásio e oligoclásio/andesina, além de intercalações subordinadas de rochas metamáficas constituídas por granada, clinopiroxênio, anfibólio, plagioclásio e rutilo, e rochas metaultramáficas. A foliação principal (Sn) é paralela ao bandamento composicional, representada por xistosidade marcada por feições blastomiloníticas, anastomosadas e forte deformação dúctil associada. A foliação Sn apresenta direção WNW-ESE e ângulo de mergulho médio a alto para SW, desenvolvida após o pico metamórfico. A estruturação observada entre as ZCV e ZCCG resulta da superposição do arranjo em rampa frontal + rampa oblíqua com movimentação sinistral (em porções crustais intermediárias a profundas para as rochas em estudo). Os dados apresentados mostram pico metamórfico em condições de fácies granulito de alta pressão para todos os litotipos que ocorrem entre a ZCV e ZCCG, com temperaturas entre 850-900ºC e pressões entre 14-15,5 kbar. As condições de reequilíbrio são balizadas entre 700-820°C e 10-13,5 kbar, em fácies granulito a anfibolito superior, dentro do campo de estabilidade da cianita, indicando trajetória metamórfica no sentido horário. Os resultados mostram que esta faixa de litotipos, entre as ZCV e ZCCG, representa um cinturão metamórfico de alta pressão. Nesse contexto também foram descritas ocorrências de retroeclogito. As características geoquímicas dos retroeclogitos sugerem que essas rochas têm como protólito basaltos do tipo E-MORB com baixo grau de contaminação crustal. A geoquímica de rocha total e geoquímica isotópica Sm/Nd dos retroeclogitos indicam que o protólito deriva de crosta oceânica com fonte mantélica juvenil neoproterozoica, metamorfisados em fácies eclogito durante a subducção. As idades geocronológicas U/Pb em cristais de zircão de amostras de metassedimento, ortoderivada quartzo feldspática e rochas metamáficas resultaram em concórdias com idades entre ca. de 640 a 600 Ma, associadas ao evento metamórfico brasiliano. Os resultados de geocronologia isotópica Sm/Nd em rocha total sugerem que os litotipos que ocorrem entre a ZCV e ZCCG são constituídos por rochas orto e paraderivadas de idade paleo/mesoproterozoica a neoproterozoica. A presença predominante de rochas metassedimentares com intercalações rochas metamáficas (crosta oceânica), rochas ortoderivadas (de idade paleo/mesoproterozoicas a neoproterozoicas), com lentes de rochas metaultramáficas, intensamente deformadas, corrobora a hipótese que esta faixa corresponde a uma *mélange* tectônica.

Palavras-chave: cinturão granulítico de alta pressão, retroeclogito, *mélange* tectônica, Paleozona de Sutura de Alterosa, Faixa Brasília Meridional.

ABSTRACT

The study area is located in the southern portion of the Southern Brasília Belt, southwest of Minas Gerais state. It comprises a strip/belt in Guaxupé, Monte Belo, Nova Resende and São Pedro da União region. Geologically, it lies between the Varginha (VSZ) and Campos Gerais (CGSZ) shear zones. The regional structure, recognized by gravimetry, shows juxtaposed crustal blocks to the north (São Francisco craton) and to the south (Paranapanema Block/Paleocontinent), whose boundaries were defined by wide gravimetric discontinuities (Bouguer anomalies). The block's boundary corresponds to a band/belt of intense deformation, marked by the Campo do Meio Shear Belt, which corresponds to the Alterosa Suture Paleozone. The study area is located in the southernmost part of this suture paleozone (between the VSZ and CGSZ). This work integrates results from petrography, mineral chemistry, geothermobarometry, whole-rock geochemistry, Sm/Nd isotopic whole-rock geochemistry and U/Pb zircon geochronology of the lithotypes that occur between the VSZ and CGSZ. The main objective of the research was to characterize the petrography, P-T conditions and age of metamorphism of these rocks. In the study area, the lithotypes are composed of pelitic, psamo-pelitic, psammitic and greywacke metasedimentary rocks containing garnet, kyanite, oligoclase/andesine, orthoclase and rutile, with intercalations of garnet orthogneisses bearing amphibole, biotite, clinopyroxene, orthoclase and oligoclase/andesine, with subordinate metamafic rocks intercalations bearing garnet, clinopyroxene, amphibole, plagioclase and rutile, and metaultramafic rocks. The main foliation (Sn) parallels the compositional banding, represented by schistosity marked by blastomylonitic, anastomosed features and ductile intense deformation. The Sn foliation has a WNW-ESE direction and SW-medium to high dip angles developed after the metamorphic peak. The structure results from the superposition of the frontal ramp + oblique ramp arrangement with sinistral movement (in intermediate to deep crustal levels for the rocks under study). The data show a metamorphic peak in high-pressure granulite facies for all the lithotypes between the VSZ and CGSZ, with temperatures between 850-900ºC and pressures between 14-15.5 kbar. Reequilibrium conditions vary between 700-820°C and 10-13.5 kbar in granulite to upper amphibolite facies within the kyanite stability field, indicating a clockwise metamorphic path. The results show that the VSZ and CGSZ lithotypes represent a high-pressure metamorphic belt. In this context, retroeclogite occurrences were described. The geochemical characteristics of the retroeclogites suggest that these rocks have an E-MORB-type basalt protolith with a low degree of crustal contamination. The whole rock geochemistry and the Sm/Nd isotope geochemistry of the retroeclogites indicate that the protolith derives from oceanic crust with a Neoproterozoic juvenile mantle source and metamorphosed into eclogite facies during subduction. U/Pb geochronological ages on zircon crystals from metasediment, quartzofeldspathic orthogneiss and metamafic rocks samples resulted in concordia ages between ca. 640 and 600 Ma, associated with the Brazilian metamorphic event. The results of Sm/Nd whole-rock isotopic geochronology suggest that the lithotypes that occur between the VSZ and CGSZ include ortho- and para- derived rocks of Paleo/Mesoproterozoic to Neoproterozoic ages. The predominant presence of metasedimentary rocks with metamafic rocks intercalations (oceanic crust), orthoderived rocks (Paleo/Mesoproterozoic to Neoproterozoic ages), with metaultramafic rocks lenses, intensely deformed, corroborates the hypothesis that this belt corresponds to a tectonic mélange.

Keywords: High-pressure granulite belt; retroeclogite, tectonic mélange, Alterosa Suture Paleozone, Southern Brasília Belt.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - Localização da área de estudo e principais vias de acesso (Modificado de LEME, 2016). 32

Figura 3.1 - Estruturação da porção sul do Escudo Brasileiro segundo Ebert (1957). 43

Figura 3.2 - Esboço tectônico da região central da Plataforma Sul Americana segundo Almeida et al. (1976). 45

Figura 3.3 - Esboço dos cinturões metamórficos no Leste do Brasil segundo Fyfe e Leonardos (1974). 46

Figura 3.4 - Configuração geotectônica e estruturas associadas ao Cráton do São Francisco e ao Cráton do Paramirim (ALMEIDA, 1981). 48

Figura 3.5 - Arcabouço estrutural da borda sul do Cráton do São Francisco segundo Wernick e Fiori (1981). 49

Figura 3.6 - Esboço geológico-tectônico da porção centro-leste do Brasil (ALMEIDA et al., 1980). 51

Figura 3.7 - Estruturação de blocos pré-Brasilianos, com destaque para as anomalias gravimétricas (HARALYI e HASUI, 1982a, b). 52

Figura 3.8 - Configuração dos terrenos arqueanos em parte do Brasil segundo Haralyi e Hasui (1982a, b). 54

Figura 3.9 - Configuração dos terrenos proterozoicos em parte do Brasil segundo Haralyi e Hasui (1982a, b). 55

Figura 3.10 - Mapa geológico da região sul de Minas Gerais e leste de São Paulo, com destaque para a Cunha de Guaxupé e para as vergências dos cinturões de transcorrência (HASUI et al., 1990). 56

Figura 3.11 - Modelo da colisão oblíqua modificado segundo Soares et al. (1990). 58

Figura 3.12 – Faixa Alto Rio Grande e *Napp*e de Empurrão Socorro-Guaxupé segundo Campos Neto et al. (1990). 59

Figura 3.13 - Esboço tectônico do Centro-Leste do Brasil, com destaque para a Província Tocantins. (A): Localização da Província Tocantins no Brasil. (B): Destaque para a Província Tocantins, seus cinturões e limites. (Modificado de HASUI, 2012). 60

Figura 3.14 - Unidades tectônicas da Faixa Brasília (Modificado de HEINECK et al., 2004; LACERDA FILHO et al., 2004; LEITE et al., 2004; SOUZA et al., 2004; VALENTE et al., 2004; VALERIANO et al., 2004a; HASUI, 2012; BRITO NEVES et al., 2014). 62

Figura 3.15 – Mapa geológico simplificado da região da área de estudo mostrando os limites dos blocos/paleocontinentes (Modificado de FONSECA et al., 1979; ZANARDO, 1992; LEITE et al., 2004; EBERT, 2005; ZANARDO et al., 2006; HASUI, 2012; TROUW et al., 2013). 63

Figura 3.16 – Mapa geológico regional simplificado mostrando os terrenos associados a Paleozona de Sutura de Alterosa (Modificado de ZANARDO et al., 2006). 65

Figura 3.17 – Mapa litológico simplificado mostrando o Complexo Campos Gerais e as principais unidades geológicas adjacentes segundo o Projeto Sapucaí (Modificado de CAVALCANTE et al., 1979). 68

Figura 3.18 – Mapa geológico simplificado com destaque para o Complexo Campos Gerais e unidades geológicas adjacentes de acordo com o Projeto "Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF.24) e Iguape (SG.23)" (Modificado de FONSECA et al., 1979). 69

Figura 3.19 – Mapa geológico simplificado com destaque para o Complexo Campos Gerais e unidades geológicas limítrofes segundo o Projeto "RADAMBRASIL – Folhas SF. 23/24 – Rio de Janeiro/Vitória (Modificado de MACHADO FILHO et al., 1983). 71

Figura 3.20 – Distribuição dos Domínios de associações litológicas para o Complexo Campos Gerais de acordo com Crósta et al. (1986). 74

Figura 3.21 – Mapa geológico simplificado da região do Complexo Campos Gerais mostrando os limites entre o Grupo Araxá, Complexo Varginha-Guaxupé e o Complexo Barbacena. (Modificado de ZANARDO, 1992, 2003; ZANARDO et al. 1996a). 79

Figura 3.22 - Mapa geológico simplificado da região do Complexo Campos Gerais mostrando os limites entre o Grupo Araxá, Complexo Varginha-Guaxupé e o Complexo Barbacena e as unidades que compõem o Grupo Araxá na área (Modificado de ZANARDO, 1992, 2003; ZANARDO et al. 1996a). 82

Figura 3.23 – Mapa geológico das unidades tectônicas da Faixa Brasília Meridional mostrando a localização das ocorrências de retroeclogito na faixa (Modificado de FONSECA et al., 1979; ZANARDO, 1992; LEITE et al., 2004; TROUW et al., 2013). A localização das ocorrências de retroeclogito está de acordo com suas referências (CHOUDHURI et al., 1978; HOPPE et al., 1985, 1989; CAMPOS NETO e CABY, 1999; GARCIA e CAMPOS NETO, 2003; LUVIZOTTO, 2003; TROUW, 2008; RENO, 2009, COELHO et al., 2017; TEDESCHI et al., 2017; LEME et al., 2019; SANTOS et al., 2021). 87

Figura 4.1 – Aspectos macroscópicos e microscópicos das rochas que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais, com destaque para as feições estruturais. (A), (B), (C), (D), (E): Bandamento composicional paralelo à foliação principal (Sn); (F), (G): Foliação Sn marcada por xistosidade com padrão anastomosado (Polarizadores paralelos em G); (H): Foliação marcada por arranjo tipo S-C, representada por cristais de muscovita *fish* (Polarizadores cruzados). Grt: granada, Ms: muscovita, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo, Bc: bandamento composicional; Sn: foliação principal. 94

Figura 4.2 – Estereogramas com projeção no hemisfério inferior da esfera de referência. A): Estereograma de polos do plano da foliação principal (105 medidas); B) Estereograma da lineação principal (mineral/estiramento) (18 medidas). 95

Figura 4.3 – Aspectos macroscópicos dos granada paragnaisses na área de estudo. (A): Afloramento em chão de estrada de terra, bastante alterado; (B): Afloramento em lajedo de drenagem; (C): Afloramento em chão de estrada de terra, bastante alterado; (D), (E), (F), (G): Estrutura gnáissica mal definida marcada pela alternância de leitos quartzo-feldspáticos descontínuos e leitos porfiroblásticos/porfiroclásticos difusos e lentiformes descontínuos constituídos por granada. 98

Figura 4.4 – Aspectos microscópicos dos granada paragnaisses. (A): Fotografia de seção delgada de granada paragnaisse mostrando textura porfiroblástica/porfiroclástica e bandamento gnáissico difuso, descontínuo e anastomosado (blastomilonito); (B), (C): Leitos anastomosados, alongados e descontínuos de cristais de plagioclásio e de *ribbon*s de quartzo (Polarizadores paralelos em B e polarizadores cruzados em C); (D), (E): Textura granoblástica inequigranular a blastomilonítica com domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos difusos constituídos por granada destacando a trama amoldada em torno dos cristais de granada (Polarizadores paralelos em D e polarizadores cruzados em E); (F), (G): *Ribbons* de quartzo amoldados em torno de cristais de granada (Polarizadores paralelos em F e polarizadores cruzados em G). Grt: granada, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo. 99

Figura 4.5 – Fotomicrografias de granada paragnaisses. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica inequigranular a blastomilonítica com domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos difusos constituídos por granada destacando a trama amoldada em torno dos cristais de granada (Polarizadores paralelos em A e C, polarizadores cruzados em B e D); (E), (F): Leitos descontínuos lepidoblásticos fortemente orientados associados a domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Agregados de cristais de cianita, ortoclásio e de granada com formas lenticulares e ocelares (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Bt: biotita, Grt: granada, Ky: cianita, Or: Ortoclásio; Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo. 100

Figura 4.6 – Fotomicrografias de granada paragnaisses. (A), (B): Agregados de cristais de plagioclásio com forma ocelar (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): *Ribbons* de quartzo fortemente orientados (Polarizadores cruzados); (E): *Ribbons* de quartzo amoldados em torno de poiquiloblasto de granada (Polarizadores cruzados); (F): Cristais de granada com bordas corroídas por biotita (Polarizadores paralelos); (G), (H): Destaque para acículas de rutilo organizadas preferencialmente em duas direções em cristal de granada (Polarizadores cruzados). Bt: biotita, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo, Rt: rutilo. 101

Figura 4.7 – Fotomicrografias de granada paragnaisses. (A): Leitos descontínuos lepidoblásticos fortemente orientados constituídos por biotita (Polarizadores paralelos); (B): Leitos lepidoblásticos descontínuos contornando cristal de granada (Polarizadores paralelos); (C): Cristais de biotita constituindo sombras de pressão em torno de cristais de granada (Polarizadores paralelos); (D): Cristais de cianita com formas anédricas e lenticulares, fortemente orientados (Polarizadores paralelos); (E), (F): Cristais de cianita com inclusões de pequenos cristais de granada (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Cristais de rutilo fortemente orientados na matriz granoblástica (Polarizadores

paralelos). Aln: allanita; Bt: biotita, Grt: granada, Ky: cianita, Or: ortoclásio, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo; Rt: rutilo.....104

Figura 4.8 – Aspectos microscópicos dos granada-quartzo xistos na área de estudo. (A): Fotografia de seção delgada de granada-quartzo xisto com estrutura xistosa e textura granoblástica associada a domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos; (B), (C): Textura granoblástica orientada associada a domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos constituídos por cristais de granada (Polarizadores paralelos em B e polarizadores cruzados em C); (D), (E): Textura marcada pela orientação de *ribbons* de quartzo e leitos descontínuos nematoblásticos constituídos por cianita (Polarizadores paralelos em D e polarizadores cruzados em E); (F), (G): Textura granoblástica fortemente orientada (Polarizadores paralelos em F e polarizadores cruzados em G). Bt: biotita, Grt: granada, Ky: cianita, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo. 107

Figura 4.9 – Fotomicrografias de granada-quartzo xistos. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica inequigranular fortemente orientada, com domínios descontínuos nematoblásticos constituídos por cianita e porfiroblásticos/porfiroclásticos compostos por granada (Polarizadores paralelos em A e C, polarizadores cruzados em B e D); (E), (F): Textura marcada pela orientação de *ribbons* de quartzo e leitos descontínuos nematoblásticos constituídos por cianita (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Textura bandada marcada pela alternância de leitos constituídos por granada fortemente alongada e orientada e *ribbons* de quartzo (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Bt: biotita, Grt: granada, Kfs: feldspato potássico, Ky: cianita, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo. 108

Figura 4.10 – Fotomicrografias de granada-quartzo xistos. (A): *Ribbons* de quartzo fortemente orientados (Polarizadores cruzados); (B): Cristais de quartzo fortemente orientados mostrando extinção ondulante forte e formação de subgrãos (Polarizadores cruzados); (C) Poiquiloblasto de granada com bordas de biotita (Polarizadores paralelos); (D): Leitos descontínuos e alongados de granada (Polarizadores paralelos); (E), (F): Leitos descontínuos nematoblásticos constituídos por cianita com destaque para cristais arqueados e com extinção ondulante (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G): Cristais de cianita alongados e arqueados amoldados em torno de cristal de granada (Polarizadores paralelos); (H): Cristal poiquiloblástico de cianita com inclusões de granada e quartzo (Polarizadores paralelos). Bt: biotita, Grt: granada, Ky: cianita, Qtz: quartzo, Rt: rutilo. 109

Figura 4.11 – Fotomicrografias de granada-quartzo xistos. (A), (B): Porfiroblasto de cristal de cianita envolto por coroa de sericita (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Cristal de cianita mostrando geminação lamelar simples e inclusões de cristais de granada (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Cristais de ortoclásio formando sombras de pressão em cristal de granada (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Cristais de minerais opacos fortemente alongados e orientados formando leitos descontínuos (Polarizadores paralelos). Grt: granada, Ky: cianita, Op: minerais opacos, Or: ortoclásio, Qtz: quartzo, Ser: sericita...110

Figura 4.12 – Aspectos macroscópicos dos granada quartzitos na área de estudo. (A), (B), (C), (D): Exposições mais comuns de cianita-granada quartzito; (E): Afloramento de granada quartzito; (F): Estrutura anisotrópica a milonítica marcada pela orientação de cristais achatados e estirados de quartzo e granada; (G), (H): *Ribbons* de quartzo fortemente orientados em granada quartzito.....113

Figura 4.13 – Aspectos microscópicos dos granada quartzitos na área de estudo. (A): Fotografia de seção delgada de granada-cianita quartzito; (B), (C): Textura granoblástica fortemente orientada marcada por *ribbons* de quartzo associada a leitos nematoblásticos descontínuos constituídos por cianita (Polarizadores paralelos em B e polarizadores cruzados em C); (D) Fotografia de seção delgada de granada quartzito com muscovita; (E), (F): Textura granoblástica inequigranular milonítica com mica *fish*, formando foliações S-C (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F). Grt: granada, Ky: cianita, Ms: muscovita, Qtz: quartzo. 114

Figura 4.14 - Fotomicrografias de granada quartzito. (A), (B): Textura granoblástica inequigranular milonítica com formas lenticulares e domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos constituídos por granada (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Textura granoblástica a milonítica com destaque para cristais alongados de granada e cianita com formas lenticulares e *ribbons* de quartzo (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Textura nematoblástica marcada pela orientação de cristais alongados a lenticulares de cianita e *ribbons* de quartzo (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Textura granoblástica inequigranular orientada formada por *ribbons* de quartzo com nítida orientação dimensional (Polarizadores cruzados). Grt: granada, Ky: cianita, Ms: muscovita, Qtz: quartzo. 115

Figura 4.15 – Fotomicrografias de granada quartzitos. (A): Domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos constituídos por cristais granada arredondados e lenticulares (Polarizadores paralelos); (B): Cristais lenticulares de granada fortemente orientados (Polarizadores paralelos); (C), (D): Cristais lenticulares de cianita orientados (Polarizadores paralelos); (E), (F): Cristais tabulares a subtabulares de cianita amoldando-se em torno de cristal de granada (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G): Cristais de muscovita com formas lenticulares a sigmoidais orientados (Polarizadores cruzados); (H): Cristais tabulares a subtabulares de cianita associados a cristais de rutilo (Polarizadores paralelos). Grt: granada, Ky: cianita, Ms: muscovita, Qtz: quartzo, Rt: rutilo..... 117

Figura 4.16 – Aspectos macroscópicos dos granada ortognaisses na área de estudo. (A), (B), (C), (D): Principais formas de ocorrência dos granada ortognaisses na área de estudo; (E): Injeção quartzo-feldspática subparalela a foliação principal do ortognaisse; (F): Bandamento gnáissico descontínuo definido pela alternância de leitos félsicos e leitos máficos em biotita-granada-anfibólio ortognaisse; (G), (H): Feições blastomiloníticas com cristais de feldspato com forma ocelar. 119

Figura 4.17 – Fotografias de seções delgadas mostrando os aspectos microscópicos dos granada ortognaisses. (A), (B): Textura granoblástica fortemente orientada associada a leitos nematoblásticos e lepidoblásticos descontínuos; (C), (D): Textura granoblástica fortemente orientada com leitos nematoblásticos e lepidoblásticos descontínuos e com domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos difusos. Am: anfibólio, Bt: biotita, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Kfs: feldspato potássico, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo. 121

Figura 4.18 – Fotomicrografias de granada ortognaisses. (A), (B): Textura granoblástica fortemente orientada com leitos lepidoblásticos descontínuos constituídos por biotita e cristais de granada alongados (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Textura granoblástica fortemente orientada com domínios lepidoblásticos difusos constituídos por biotita, com destaque para *ribbon* de quartzo (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Textura granoblástica orientada com domínios

porfiroblásticos/porfiroclásticos e formas lenticulares (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Textura granoblástica lobulada pouco orientada com domínios nematoblásticos constituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Am: anfibólio, Bt: biotita, Grt: granada, Mc: microclínio, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo. 122

Figura 4.19 – Fotomicrografias de granada ortognaisses. (A): Cristal de plagioclásio com textura antipertítica (Polarizadores cruzados); (B): Cristal de plagioclásio com intercrescimento venular de quartzo (textura mirmequítica) (Polarizadores cruzados); (C), (D): Agregados de cristais tabulares a subtabulares de plagioclásio com contatos poligonais (Polarizadores cruzados); (E): Cristal de ortoclásio com textura pertítica (Polarizadores cruzados); (F): Agregado de cristais tabulares de ortoclásio parcialmente triclinizados com contatos poligonais (Polarizadores cruzados); (G), (H): Textura granoblástica inequigranular fortemente orientada com destaque para os *ribbons* de quartzo (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Kfs: feldspato potássico, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo. ... 123

Figura 4.20 – Fotomicrografias de granada ortognaisses. (A), (B): Leitos lepidoblásticos orientados constituídos por biotita, corroendo cristais de granada (Polarizadores paralelos); (C): Textura de reação na qual a biotita está corroendo o anfibólio, o clinopiroxênio e a granada (Polarizadores paralelos); (D): Cristais anédricos de granada com coroas de anfibólio (Polarizadores paralelos); (E): Cristal de plagioclásio parcialmente saussuritizado exibindo coroa formada por cristais de granada (Polarizadores paralelos); (F): Cristais de clinopiroxênio (hedenberguita) parcialmente substituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos); (G): Cristais de clinopiroxênio (diopsídio/sahlita) corroídos por biotita e epidoto (Polarizadores paralelos); (H): Cristais euédricos e subédricos de titanita orientados nos leitos granoblásticos (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Bt: biotita, Cpx: clinopiroxênio, Ep: epidoto, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Ttn: titanita..... 126

Figura 4.21 – Aspectos mesoscópicos das rochas metamáficas na área de estudo. (A), (B): Lentes de rochas metamáficas intercaladas em metassedimentos; (C), (D), (E), (F), (G): Blocos de rocha metamáfica; (H): *Boudin* de rocha metamáfica em metassedimento. 128

Figura 4.22 – Aspectos microscópicos dos granada anfibolitos e granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos. (A), (B), (C): Textura nematoblástica em granada anfibolito; (D), (E), (F): Textura granoblástica inequigranular poligonal em anfibólio-granada-clinopiroxênio gnaisse metamáfico. Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo. 129

Figura 4.23 – Fotomicrografias de granada anfibolitos e granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos. (A), (B): Textura nematoblástica fortemente orientada com leitos granoblásticos descontínuos orientados constituídos por granada e plagioclásio (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Textura nematoblástica inequigranular fortemente orientada com intercalação de leitos descontínuos granoblásticos constituídos por escapolita (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Textura nematoblástica inequigranular com intercalação de leitos descontínuos granoblásticos constituídos por plagioclásio (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Textura granoblástica inequigranular constituída por clinopiroxênio, plagioclásio e escapolita associada a domínios descontínuos porfiroblásticos/porfiroclásticos (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Scp: escapolita..... 130

Figura 4.24 – Fotomicrografias de granada anfibolitos e granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos. (A), (B): Cristais subédricos prismáticos a anédricos de anfibólio formando leitos nematoblásticos associados a cristais de plagioclásio e escapolita (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Cristais de anfibólio com epidoto e anfibólio simplectítico (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F), (G), (H): Leitos granoblásticos descontínuos constituídos por cristais de clinopiroxênio, com destaque para cristais de clinopiroxênio corroídos por anfibólio (Polarizadores paralelos em E e G; polarizadores cruzados em F e H). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Ep: epidoto, Pl: plagioclásio, Scp: escapolita. 133

Figura 4.25 – Fotomicrografias de granada anfibolitos e granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos. (A): Cristal de granada poiquiloblástico com inclusões de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos); (B): Cristal de granada com inclusões de rutilo, envolto por anfibólio (Polarizadores paralelos); (C), (D): Agregados de cristais subédricos tabulares de plagioclásio mostrando contatos poligonais e textura de equilíbrio (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Cristal de clinopiroxênio e anfibólio mostrando intercrescimento com epidoto+clinozoisita (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G): Cristais tabulares de biotita fortemente orientados corroendo cristais de anfibólio (Polarizadores paralelos); (H): Cristais de rutilo associado a cristais de anfibólio (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Bt: biotita, Cpx: clinopiroxênio, Czo: clinozoisita, Ep: epidoto, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo. 134

Figura 4.26 – Feições macroscópicas do granulito máfico. (A), (B), (C), (D): *Boudins* de granulitos máficos intercalados em metassedimentos pelíticos; (E): Amostra de granulito máfico com estrutura bandada descontínua. 136

Figura 4.27 – Aspectos microscópicos texturais do granulito máfico. (A): Fotografia de seção delgada mostrando textura granoblástica inequigranular poligonal a lobulada; (B): Fotografia de seção delgada mostrando bandamento composicional marcado pela alternância de leitos descontínuos granoblásticos inequigranulares e leitos descontínuos nematoblásticos. Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo. 137

Figura 4.28 – Fotomicrografias de granulito máfico. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica constituída por clinopiroxênio, granada e rutilo (Polarizadores paralelos em A e C; polarizadores cruzados em B e D); (E), (F), (G), (H): Textura granoblástica com leitos nematoblásticos descontínuos orientados constituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos em E e G; polarizadores cruzados em F e H). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Rt: rutilo. 138

Figura 4.29 – Fotomicrografias de granulito máfico. (A), (B), (C), (D): Cristais de granada envoltos ou parcialmente envoltos por coroas de anfibólio (Polarizadores paralelos em A e C; polarizadores cruzados em B e D); (E), (F), (G), (H): Agregados de cristais euédricos a subédricos tabulares de plagioclásio com contatos retos mostrando textura de equilíbrio (Polarizadores paralelos em E e G; polarizadores cruzados em F e H). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo. 139

Figura 4.30 – Aspectos macroscópicos e microscópicos do retroeclogito. (A), (B): Amostras de retroeclogito; (C): Fotografia de seção delgada de retroeclogito mostrando as principais feições texturais da amostra; (D), (E): Textura granoblástica composta predominantemente por cristais de clinopiroxênio associada aos domínios nematoblásticos constituídos por

anfibólio, com destaque para os domínios porfiroblásticos compostos por granada (Polarizadores paralelos em D e polarizadores cruzados em E); (F), (G): Textura granoblástica composta predominantemente por cristais de clinopiroxênio, com destaque para os domínios porfiroblásticos compostos por granada (Polarizadores paralelos em F e polarizadores cruzados em G). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: Plagioclásio. 141

Figura 4.31 – Fotomicrografias do retroeclogito. (A), (B), (C), (D), (E), (F): Cristais de granada anédricos, ricos em inclusões, envoltos por finas coroas de plagioclásio (Polarizadores paralelos em A, C e E; polarizadores cruzados em B, D e F); (G), (H): Cristais de clinopiroxênio envoltos por finas coroas plagioclásio inclusos em granada (Polarizadores paralelos). Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo, Ttn: titanita. 143

Figura 4.32 – Fotomicrografias do retroeclogito. (A), (B): Cristais simplectíticos de clinopiroxênio + plagioclásio (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Cristais simplectíticos de clinopiroxênio + plagioclásio parcialmente consumidos por anfibólio (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Agregados de cristais subédricos tabulares de plagioclásio com contatos retos mostrando textura de equilíbrio (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Intercrescimento vermiforme entre ilmenita e clinopiroxênio, envolto por agregado de cristais de titanita (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Ilm: ilmenita, Pl: plagioclásio, Ttn: titanita.....144

Figura 4.33 – Aspectos microscópicos do xisto calciossilicático na área de estudo. (A): Fotografia de seção delgada de xisto calciossilicático; (B), (C): Textura granoblástica inequigranular orientada constituída por clinopiroxênio, escapolita e plagioclásio associada a leitos nematoblásticos constituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos em B e polarizadores cruzados em C); (D): Leitos granoblásticos constituídos por clinopiroxênio (Polarizadores paralelos); (E): Cristais euédricos a subédricos prismáticos de escapolita mostrando textura de equilíbrio (Polarizadores cruzados); (F): Cristais de anfibólio corroendo cristais de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos); (G): Pequenos cristais anédricos de granada dispersos (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Ep: epidoto, Grt: granada, Op: minerais opacos, Pl: plagioclásio, Scp: escapolita, Ttn: titanita.....146

Figura 4.34 – Aspectos microscópicos dos anfibólios xistos na área de estudo. (A): Fotografia de seção delgada de antofilita-hornblenda xisto; (B), (C): Textura nematoblástica inequigranular orientada constituída por hornblenda, antofilita e subordinadamente por cummingtonita (Polarizadores paralelos em B e polarizadores cruzados em C); (D): Fotografia de seção delgada de cummingtonita-hornblenda xisto; (E), (F): Cristais de clorita e talco substituindo hornblenda e antofilita (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F). Ath: antofilita, Chl: clorita, Cum: cummingtonita, Hbl: hornblenda, Tlc: talco.....149

Figura 4.35 – Aspectos microscópicos dos anfibólios *fels* na área de estudo. (A), (B): Textura granoblástica inequigranular de talco-anfibólio *fels* (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C): Fotografia de seção delgada de serpentina-anfibólio *fels* com diopsídio; (D), (E): Pseudomorfos (olivina?) de cristais de serpentina e cristais de hornblenda parcialmente substituídos por serpentina (Polarizadores paralelos em D e polarizadores cruzados em E); (F), (G): Relictos de cristais de diopsídio e cristais de hornblenda parcialmente substituídos por anfibólio fibroso (Polarizadores paralelos em F e polarizadores cruzados em G). Ath: antofilita, Cum: cummingtonita, Di: diopsídio Hbl: hornblenda, Op: minerais opacos, Srp: serpentina, Tlc: talco, Tr: tremolita.....152

Figura 5.1 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de granada-biotita paragnaisse quartzoso com cianita, muscovita e rutilo (amostra TGL-39-E). 156

Figura 5.2 – (A), (B), (C): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo (amostra TGL-57-A). 157

Figura 5.3 – (A), (B), (C): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo e muscovita (amostra TGL-74). 158

Figura 5.4 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de clinopiroxênio-anfibólio-biotita-granada ortognaisse monzogranítico (amostra TGL-79-B). 160

Figura 5.5 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de granada-biotita-anfibólio ortognaisse monzogranítico (amostra TGL-79-CF). 161

Figura 5.6 – (A), (B), (C): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de anfibólio-biotita-granada ortognaisse monzogranítico com clinopiroxênio (amostra TGL-83-B). 162

Figura 5.7 – (A), (B), (C): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita (amostra TGL-34-A). 163

Figura 5.8 – Composição do núcleo de 15 cristais de granada da amostra de granada-clinopiroxênio-biotita ortognaisse quartzo monzodiorítico (amostra TGL-42). 163

Figura 5.9 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21). 165

Figura 5.10 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-A). 166

Figura 5.11 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-GR). 167

Figura 5.12 – Composição de núcleos de sete cristais de granada da amostra de xisto calciossilicático (amostra TGL-69-A). 168

Figura 5.13 – (A), (B), (C): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio gnaisse metamáfico (amostra TGL-72-B). 168

Figura 5.14 – Diagrama ternário Ca-Mg-Fe para classificação de piroxênios (MORIMOTO, 1988). (A): Amostras de rochas ortoderivadas – TGL-79-B, TGL-83-B e TGL-42; (B): Amostras de rochas metamáficas – TGL-17-21, TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B. 170

Figura 5.15 – Diagramas binários para cristais de clinopiroxênio. (A), (B): Diagrama binário Al (em a.p.u.f.) *vs*. Na (em a.p.u.f.) para cristais de clinopiroxênio para rochas ortoderivadas e

metamáficas; (C), (D): Diagrama binário Al+Na (em a.p.u.f.) *vs*. (Mg, Fe^{2+})+Ca (em a.p.u.f.) para cristais de clinopiroxênio para rochas ortoderivadas e metamáficas. 171

Figura 5.16 – Diagrama ternário de classificação de feldspatos. (A): Amostras de rochas metassedimentares – TGL-39-E, TGL-57-A e TGL-74; (B): Amostras de rochas ortoderivadas – TGL79-B, TGL-79-CF, TGL83-B, TGL-34-A e TGL-42; (C): Amostras de rochas metamáficas – TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B. 173

Figura 5.17 – Diagrama ternário de classificação de feldspatos. (A): Amostra de rocha metassedimentar – TGL-39-E; (B): Amostras de rochas ortoderivadas – TGL-79-B, TGL-79-CF, TGL-83-B e TGL-34-A. 175

Figura 5.18 – Diagrama de classificação de anfibólios cálcicos (Modificado de LEAKE et al., 1997). (A): Amostras de rochas ortoderivadas – TGL-79-B, TGL-79-CF e TGL-83-B; (B): Amostras de rochas metamáficas – TGL-17-21, TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B. 176

Figura 5.19 – Diagrama de classificação de biotita. (A): Amostras de metassedimentos – TGL-39-E, TGL-57-A e TGL-74; (B): Amostras de rochas ortoderivadas – TGL-79-B, TGL-79-CF, TGL-83-B, TGL-34-A e TGL-42; (C) Amostra de rocha metamáfica – TGL-72-B. 178

Figura 5.20 – Gráfico binário Ti *vs.* Al + Fe^{3+} (em a.p.u.f.) para cristais de titanita da amostra de retroeclogito (TGL-38-GR). 181

Figura 6.1 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (*average P-T*) para amostras de rochas metassedimentares e ortoderivadas. (A): Amostra TGL-39-E (As linhas contínuas representam os cálculos para a associação mineral sem muscovita e as linhas pontilhadas representam as condições calculadas incluindo muscovita na associação mineral); (B): Amostra TGL-74; (C): Amostra TGL-79-B; (D) Amostra TGL-83-B; (E) Amostra TGL-79-CF; (F): Amostra TGL-42. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971). 185

Figura 6.2 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (*average P-T*) para rochas metamáficas. (A): Amostra TGL-38-A; (B): Amostra TGL-38-GR; (C): Amostra TGL-69-A; (D): Amostra TGL-72-B. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971). 187

Figura 6.3 – Diagrama *P-T* mostrando as isopletas máximas e mínimas e isopletas médias do termômetro de Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para a amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (amostra TGL-39-E). (A): Isopletas do termômetro de Zr-em-rutilo em cristais de rutilo da matriz; (B): Isopletas do termômetro de Zr-em-rutilo em cristais de rutilo inclusos em granada. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971). 189

Figura 6.4 – Diagrama *P-T* mostrando as isopletas máximas e mínimas e isopletas médias do termômetro de Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para a amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo (amostra TGL-57-A). (A): Isopletas do termômetro de Zr-em-rutilo em cristais de rutilo da matriz; (B): Isopletas do termômetro de Zr-em-rutilo em cristais de rutilo inclusos em granada. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971). 190

Figura 6.5 – Diagrama *P-T* mostrando as isopletas máxima, média e mínima do termômetro de Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para a amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21). Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971). 191

Figura 6.6 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de temperaturas calculadas com termômetro Ti-em-biotita segundo calibração de Wu e Chen (2015) para as amostras de rochas metassedimentares. (A): Amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (TGL-39-E); (B): Amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo (TGL-57-A); (C): Amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo e muscovita (TGL-74); (D) Amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático (TGL-39-2) de Leme (2019). Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971). 193

Figura 7.1 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (*average P-T*), isopletas do geotermômetro Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) e estimativas de condições de temperatura segundo o geotermômetro Ti-em-biotita de Wu e Chen (2015) para as rochas metassedimentares. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971). 203

Figura 7.2 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (*average P-T*) para as amostras de rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971). 203

Figura 7.3 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (*average P-T*) e isopletas do geotermômetro Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para amostras de rochas metamáficas. (A): Amostras de rochas metamáficas; (B): Amostras de retroeclogitos. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971). 204

Figura 7.4 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas neste trabalho para amostras de rochas metassedimentares, ortoderivadas quartzo-feldspáticas e metamáficas. Neste diagrama também são aspresentadas as condições *P-T* estimadas por

Zanardo (1992) e as condições *P-T* calculadas por Del Lama et al. (1994) e Leme (2019). As flechas indicam a trajetória metamórfica horária, (3) para os retroeclogitos e (4) para as amostras que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971). 206

Figura 8.1 – Diagramas para discriminação de rochas espilitizadas e alteração por processos pós-magmáticos. (A): Diagrama binário CaO *vs.* Na_2O (VALLANCE, 1974); (B): Diagrama binário $Na_2O + K_2O$ *vs.* Na_2O/K_2O (MIYASHIRO, 1975). 208

Figura 8.2 – Diagramas de classificação geoquímica. (A): Diagrama Zr/TiO_2*0,0001 *vs.* SiO_2 (WINCHESTER e FLOYD, 1977); (B): Diagrama Nb/Y *vs.* Zr/Ti (PEARCE, 1996); (C): Diagrama de álcalis *vs.* sílica (IRVINE e BARAGAR, 1971), mostrando a natureza sub-alcalina das amostras analisadas; (D): Diagrama ternário AFM (A = $Na_2O + K_2O$; F = FeOT; M = MgO) mostrando o caráter toleítico das amostras analisadas (IRVINE e BARAGAR, 1971). 209

Figura 8.3 – *continuação* 211

Figura 8.4 - Diagramas de ETR (A) e elementos traço (B) das amostras de retroeclogito, normalizados pelo manto primitivo de Sun e McDonough (1989), comparadas com os padrões de rochas básicas oceânicas. Padrão E-MORB e N-MORB segundo Sun e McDonough, 1989; padrões de basaltos de arco oceânico e continental segundo Kelemen et al. (2003). 212

Figura 8.5 – Diagramas de assinatura geoquímica para basaltos oceânicos. (A): Diagrama TiO_2/Yb-Nb/Yb (PEARCE, 2008); (B): Diagrama Zr/Yb-Nb/Yb (PEARCE, 2008); (C): Diagrama Th/Yb-Nb/Yb (PEARCE, 2008); (D): Diagrama Th/Yb-Ta/Yb (PEARCE, 1982). Círculos vermelhos: amostras de retroeclogito deste trabalho. Quadrados verdes: dados compilados de análises de geoquímica de rocha total de eclogitos/retroeclogitos de várias regiões do mundo (ER). Th: toleítico; Alk: alcalino. 212

Figura 8.6 – Diagramas discriminantes de assinatura geoquímica e de ambientes tectônicos. (A): Diagrama ternário Hf/3-Th-Ta (WOOD, 1980); (B): Diagrama ternário Hf/3-Th-Nb/16 (WOOD, 1980); (C): Diagrama ternário Nb*2-Zr/4-Y (MESCHEDE, 1986); (D): Diagrama V-Ti/1000 (SHERVAIS, 1982). Círculos vermelhos: amostras de retroeclogito deste trabalho. Quadrados verdes: dados compilados de análises de geoquímica de rocha total de eclogitos/retroeclogitos de várias regiões do mundo (ER). MORB: Basaltos de cadeia meso-oceânica, WPB: Basaltos intra-placa, CAB: Basaltos cálcio-alcalinos, IAT: Toleítos de arco de ilha, WPA: Basaltos intra-placa alcalinos, WPT: Toleítos intra-placa, VAB: Basaltos de arco vulcânico, IAB: Basaltos de arco de ilha, OFB: Basaltos de fundo oceânico. 213

Figura 9.1 – Resultados das análises isotópicas Sm/Nd. (A): Diagrama mostrando variação das razões $^{143}Nd/^{144}Nd$ *vs.* idades modelo (T_{DM}) para rochas ortoderivada quartzo-feldspática e metamáficas;(B): Diagrama de evolução de ε_{Nd} com o tempo. 216

Figura 9.2 – Imagens de catodoluminescência dos cristais de zircão da amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (amostra TGL-39-E), com a localização dos *spots* das análises por LA-ICP-MS indicada pelo círculo vermelho (20 μm de

diâmetro) e a idade $^{206}Pb/^{238}U$ correspondente. *Spots* sem idade $^{206}Pb/^{238}U$ representam análises com erro analítico. 217

Figura 9.3 – Idades $^{206}Pb/^{238}U$ e diagramas $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ dos cristais de zircão da amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (amostra TGL-39-E). (A): Idades $^{206}Pb/^{238}U$ de núcleos (barra vermelha) e bordas (barra azul) de todos os cristais zircão analisados; (B): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando as idades dos núcleos dos cristais de zircão analisados; (C): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando as idades das bordas dos cristais de zircão analisados; (D): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando idade de concórdia de 639,35 ±1,45 Ma (MSWD = 0,71; n = 88). Os erros das elipses são reportados em 2σ. 218

Figura 9.4 – Imagens de catodoluminescência dos cristais de zircão da amostra de rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita (amostra TGL-34-A), com a localização dos *spots* das análises por LA-ICP-MS indicada pelo círculo vermelho (20 μm de diâmetro) e a idade $^{206}Pb/^{238}U$ correspondente.....219

Figura 9.5 – Diagramas $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ dos cristais de zircão da amostra rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita (amostra TGL-34-A). (A), (B): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando as idades de todos os cristais de zircão analisados; (C): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando idade de concórdia de 625,14 ±2,95 Ma (MSWD = 1,0; n = 16); (D): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando idade de intercepto superior de 1.659,2 ±34,3 Ma. Os erros das elipses são reportados em 2σ. 220

Figura 9.6 – Imagens de catodoluminescência dos cristais de zircão da amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21), com a localização dos *spots* das análises por LA-ICP-MS indicada pelo círculo vermelho (20 μm de diâmetro) e a idade $^{206}Pb/^{238}U$ correspondente. *Spots* sem idade $^{206}Pb/^{238}U$ representam análises com erro analítico. 221

Figura 9.7 – Diagramas $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ dos cristais de zircão da amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21). (A): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando as idades de todos os cristais de zircão analisados; (B): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando a idade de concórdia de 625,62 ±1,68 Ma (MSWD = 0,008; n = 66). Os erros das elipses são reportados em 2σ.....222

Figura 9.8 – Imagens de catodoluminescência dos cristais de zircão da amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-GR), com a localização dos *spots* das análises por LA-ICP-MS indicada pelo círculo vermelho (20 μm de diâmetro) e a idade $^{206}Pb/^{238}U$ correspondente. *Spots* sem idade $^{206}Pb/^{238}U$ representam análises com erro analítico. 223

Figura 9.9 – Diagramas $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ dos cristais de zircão da amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-GR). (A): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando as idades de todos os cristais de zircão analisados; (B): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando idade de concórdia de 606,60 ±3,70 Ma (MSWD = 0,46; n = 25). Os erros das elipses são reportados em 2σ. 223

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Elementos, parâmetros e padrões utilizados nas análises de química mineral por microssonda eletrônica 36

Tabela 5.1 - Minerais analisados por microssonda eletrônica em cada amostra 154

Tabela 6.1 – Condições *P-T* calculadas pelo *software THERMOCALC* 184

Tabela 6.2 – Valores de X_{Ti}, X_{Mg} e X_{Fe} e temperaturas calculadas usando o geotermômetro Ti-em-biotita, calibração de Wu e Chen (2015) para amostras de rochas metassedimentares ... 192

Tabela 9.1 – Análises isotópicas Sm/Nd para amostras de rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas e metamáficas 215

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 29

1.1 Objetivos 31

1.1.1 Objetivo Geral 31

1.1.2 Objetivos Específicos 31

1.2 Localização da área de estudo 31

2. MATERIAIS E MÉTODOS 33

2.1 Levantamento Bibliográfico e Compilação de Dados 33

2.2 Trabalho de Campo 33

2.3 Petrografia 34

2.4 Análises de Química Mineral 35

2.5 Geotermobarometria 38

2.6 Geoquímica de Rocha Total 38

2.7 Geoquímica Isotópica Sm/Nd 39

2.8 Geocronologia U/Pb em zircão 39

2.9 Análise e Integração dos Dados 40

2.10 Confecção da Tese 40

3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL 42

3.1 Revisão do conhecimento geológico dos modelos de evolução da região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais e áreas adjacentes: Da Teoria Geossinclinal à Teoria das Placas Tectônicas 42

3.2 Contexto Geotectônico: A Faixa Brasília Meridional 59

3.3 A Paleozona de Sutura de Alterosa 62

3.4 Unidades Litoestratigráficas 65

3.4.1 O Complexo Campos Gerais e sua correlação com o Grupo Araxá na área de estudo 66

3.4.2 Complexo Guaxupé 84

3.5 Retroeclogitos na porção sul da Faixa Brasília Meridional 87

4. GEOLOGIA LOCAL 92

4.1 Geologia Estrutural 93

4.2 Litotipos aflorantes na área de estudo 96
4.2.1 Metassedimentos 96
4.2.2 Ortoderivadas quartzo-feldspáticas 118
4.2.3 Metamáficas 127
4.2.4 Metaultramáficas 148

5. QUÍMICA MINERAL 154

5.1 Granada 155
5.1.1 Metassedimentos 155
5.1.2 Ortoderivadas 158
5.1.3 Metamáficas 164
5.2 Piroxênio 169
5.2.1 Ortoderivadas 169
5.2.2 Metamáficas 169
5.3 Feldspato 172
5.3.1 Plagioclásio 172
5.3.2 Feldspato potássico 174
5.4 Anfibólio 175
5.4.1 Ortoderivadas 175
5.4.2 Metamáficas 176
5.5 Biotita 177
5.5.1 Metassedimentos 177
5.5.2 Ortoderivadas 179
5.5.3 Metamáficas 179
5.6 Muscovita 180
5.7 Escapolita 180
5.8 Titanita 180
5.9 Cianita 181
5.10 Epidoto 181
5.11 Rutilo 181
5.11.1 Metassedimentos 182
5.11.2 Metamáficas 182

6. GEOTERMOBAROMETRIA 183

6.1 *Average P-T* (Média *P-T*) 183
6.1.1 Metassedimentos 183
6.1.2 Ortoderivadas quartzo-feldspáticas 186
6.1.3 Metamáficas 186
6.2 Zircônio em rutilo (Zr-em-rutilo) 188
6.2.1 Metassedimentos 188
6.2.2 Metamáficas 190
6.3 Ti em biotita (Ti-em-biotita) 191

7. METAMORFISMO E EVOLUÇÃO DA TRAJETÓRIA *P-T* 195

7.1 Aspectos mineralógicos, texturais, microestruturais e químico-mineralógicos 195
7.2 Condições *P-T* e geotermobarometria 202
7.3 Evolução da trajetória *P-T* 204

8. GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL DE RETROECLOGITOS 208

9. GEOCRONOLOGIA ISOTÓPICA 215

9.1 Geocronologia Isotópica Sm/Nd em Rocha Total 215
9.1.1 Ortoderivada quartzo-feldspática 215
9.1.2 Metamáficas 215
9.2 Geocronologia U/Pb em zircão 216
9.2.1 Metassedimento 216
9.2.2 Ortoderivada quartzo-feldspática 218
9.2.3 Metamáficas 221
9.3 A idade de metamorfismo 224
9.4 Idade dos protólitos 226

10. IMPLICAÇÕES GEOTECTÔNICAS E EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO NO CONTEXTO DA FAIXA BRASÍLIA MERIDIONAL 228

10.1 Evolução geológica da área de estudo 229

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES 232

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 236

APÊNDICE I 270

APÊNDICE II 272

APÊNDICE III.....345

APENDICE IV.....349

APÊNDICE V.....351

1. INTRODUÇÃO

Zonas de sutura são cinturões intensamente deformados que marcam o limite entre terrenos e/ou blocos e/ou unidades tectônicas com diferentes evoluções geológicas, que foram amalgamados durante a evolução de cinturões orogênicos ou de cisalhamento. Essas zonas geralmente são identificadas pela ocorrência de fortes anomalias gravimétricas e frequentemente contêm remanescentes de sequências ofiolíticas, *mélanges* tectônicas, terrenos metamórficos de alta a ultra-alta pressão, além de eclogitos e/ou retroclogitos preservados (CHETTY et al., 2011, 2016; CHETTY, 2017). Esses sítios de intensa deformação e de ampla variedade litológica são de difícil reconhecimento, principalmente em níveis profundos de sistemas orogênicos erodidos (DEWEY, 1977).

O reconhecimento e estudo de áreas que correspondem a zonas de sutura e de rochas diagnósticas de alta e ultra-alta pressão e de suas encaixantes, desempenham papel significativo na compreensão dos processos físicos e químicos que atuaram na crosta em zonas de subducção e colisão continental (CHOPIN, 2003; BROWN, 2007; MÖLLER et al., 2018). Essas rochas carregam informações essenciais de porções profundas da crosta, que podem ser usadas para reconstruir a evolução geodinâmica de uma região (BROWN, 2007; PAULY et al., 2016).

A caracterização das relações de campo, das litologias, das estruturas e texturas (mesoscópica e microscópica), das associações minerais, reações de metamorfismo e da variação da composição mineral e composição de rocha total, associados à geocronologia, permitem, em muitos casos, compreender a evolução da trajetória metamórfica de pressão-temperatura-tempo (*P-T-t*) das rochas (BROWN, 1993, 2002).

A Paleozona de Sutura de Alterosa (PSA) é delineada por grandes anomalias gravimétricas (anomalias *Bouguer*) (ALMEIDA et al., 1980; HARALYI e HASUI, 1982a, b; HARALYI et al., 1985; EBERT e HASUI, 1998; MALAGUTTI FILHO et al., 1996; EBERT, 2005; BRAGA e EBERT, 2006), e é interpretada como o limite entre os blocos/paleocontinentes do São Francisco e Paranapanema, aglutinados/justapostos durante a formação do supercontinente Gondwana Ocidental, no Neoproterozoico.

No sudoeste do estado de Minas Gerais, a PSA separa o Complexo Guaxupé (terrenos granulíticos) dos terrenos arqueanos atribuídos ao Complexo Barbacena (terrenos tonalíticos-trondhjemíticos-granodioríticos *greenstone*) e corresponde a uma faixa de rochas intensamente deformadas, estruturada segundo a direção E-W a WNW-ESE, com

aproximadamente 20 km de largura. Essa faixa de rochas associada à PSA é constituída por metassedimentos pelíticos a psamo-pelíticos, com intercalações de ortognaisses e granitoides e intercalações subordinadas de rochas metamáficas e metaultramáficas, metamorfisados em fácies anfibolito a granulito, no campo de estabilidade da cianita (ZANARDO, 1992, 2003; DEL LAMA, 1993; DEL LAMA et al., 1994; ZANARDO et al., 1996a, 2006; LEME, 2019). O limite norte da PSA é marcado por concentração de rochas metamáficas/metaultramáficas atribuídas a uma sequência ofiolítica (SOARES et al., 1990, 1991; ZANARDO, 1992, 2003; ROIG, 1993; ZANARDO et al., 1996a, c; LIMA, 2014; LIMA et al., 2016).

Os litotipos que compõem a PSA receberam diferentes denominações no decorrer da evolução do conhecimento geológico, devido a sua complexidade tectono-litológica, sendo incluídos como parte do Complexo Campos Gerais e posteriormente foram correlacionados aos grupos Araxá e Andrelândia (CAVALCANTE et al., 1979; FONSECA et al, 1979; SOARES et al., 1990; ZANARDO, 1992; MORALES, 1993; ZANARDO et al., 1996a, 2006; entre outros).

Estudos realizados na PSA tiveram como foco principal o mapeamento geológico, litológico e estrutural de caráter mais regional (ZANARDO et al., 1990, 1996a, 2006; ZANARDO, 1992; MORALES, 1993). As primeiras quantificações das condições *P-T* dessas rochas foram descritas nos trabalhos de Del Lama (1993) e Del Lama et al. (1994), que utilizaram métodos de geotermobarometria convencional por pares. Trabalhos mais recentes (Leme, 2016, 2019; Leme et al. 2019, 2020a) detalharam as condições metamórficas das rochas que ocorrem na porção mais meridional da PSA (entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais) e descreveram a ocorrência de retroeclogitos e granulitos de alta pressão.

Apesar dos dados já publicados, não existem estudos petrológicos detalhados ao longo da faixa separada pelas zonas de cisalhamento; ou ainda dados geocronológicos e isotópicos das rochas que compõem esta sequência na PSA.

Os dados mostram que existem algumas rochas que registram condições de mais alta pressão, entretanto algumas lacunas no conhecimento permanecem, como: todos os litotipos que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais alcançaram condições metamórficas de granulito de alta pressão? Quais as condições do auge metamórfico? Qual a idade do metamorfismo? O que essas rochas representam no contexto da PSA?

Nesse contexto, a pesquisa se concentrou na porção da PSA que ocorre entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais, onde ocorrem rochas submetidas a condições de metamorfismo de alta pressão e que preservam importantes registros para a compreensão da

evolução geológica da área. A obtenção e compreensão de dados petrológicos detalhados, da trajetória metamórfica *P-T* e de dados de geocronologia visa melhorar o entendimento da evolução tectono-metamórfica dessas rochas na região, além de investigar o registro das condições impostas no processo metamórfico, contribuindo para as discussões acerca da evolução da Faixa Brasília Meridional e da PSA.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo da tese foi investigar e caracterizar as litologias que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais, através do estudo petrográfico, geotermobarométrico e geocronológico (U/Pb em zircão). A obtenção destas informações permitiu estimar as condições *P-T* dessas rochas e determinar a idade do(s) evento(s) metamórfico(s) que afetou essas rochas.

1.1.2 Objetivos Específicos

i) Caracterização litológica das rochas que ocorrem na área de estudo por meio de descrição mesoscópica e microscópica a fim de confeccionar um mapa geológico em escala 1:100.000 da área;

ii) Investigação e caracterização das condições de metamorfismo das rochas por meio de descrição de mineralogia, texturas e estruturas, de dados de química mineral, de cálculos geotermobarométricos, além da obtenção de idades de metamorfismo (geocronologia U/Pb em zircão);

iii) Correlacionar os dados obtidos nesta tese com os dados já existentes em outras unidades que compõem a Faixa Brasília Meridional;

iv) Refinar o modelo de evolução geológica da área de estudo no contexto da Paleozona de Sutura de Alterosa associando os dados obtidos com a literatura existente.

1.2 Localização da área de estudo

A área de estudo está localizada no sudoeste do estado de Minas Gerais e compreende uma faixa retangular orientada na direção leste-oeste entre os municípios de Guaxupé, São Pedro da União, Monte Belo e Nova Resende (Figura 1.1). É delimitada pelas coordenadas em UTM 310.000 W/7658.000 S e 350.000 W/7650.000 S, abrangendo a parte sudeste da Folha Topográfica Monte Santo de Minas (SF-23-V-C-III-1), porção sul da Folha

Topográfica Jacuí (SF-23-V-C-III-2), parte sudoeste da Folha Topográfica Nova Resende (SF-23-V-D-I-1), nordeste da Folha Topográfica Guaranésia (SF-23-V-C-III-3), porção norte da Folha Topográfica Guaxupé (SF-23-V-C-III-4) e parte noroeste da Folha Topográfica Monte Belo (SF-23-V-D-I-3).

O acesso à área de estudo a partir de Rio Claro, localizado a 225 km da área, pode ser realizado utilizando-se a BR-050 passando pelos municípios de Araras e Pirassununga, seguindo-se pela BR-225 até a rodovia SP-340 e SP-350 até a divisa dos estados de São Paulo e Minas Gerais, passando pela cidade de Guaxupé (Figura 1.1). A partir de Belo Horizonte, o acesso pode ser feito pela MG-050, passando pelas cidades de Divinópolis, Formiga e Capitólio até a MG-446, onde se segue no sentido a Alpinópolis, de onde se tem acesso à rodovia que liga Alpinópolis – São Pedro da União – Guaxupé. O acesso à área, partindo-se de Belo Horizonte, também pode ser feito pela rodovia BR-381, até Oliveira, seguindo-se pelas rodovias BR-369, passando pelas cidades de Campo Belo e Boa Esperança. Após Boa Esperança, segue-se pela rodovia BR-265 até Alpinópolis, onde se tem acesso à rodovia Alpinópolis – São Pedro da União – Guaxupé (Figura 1.1).

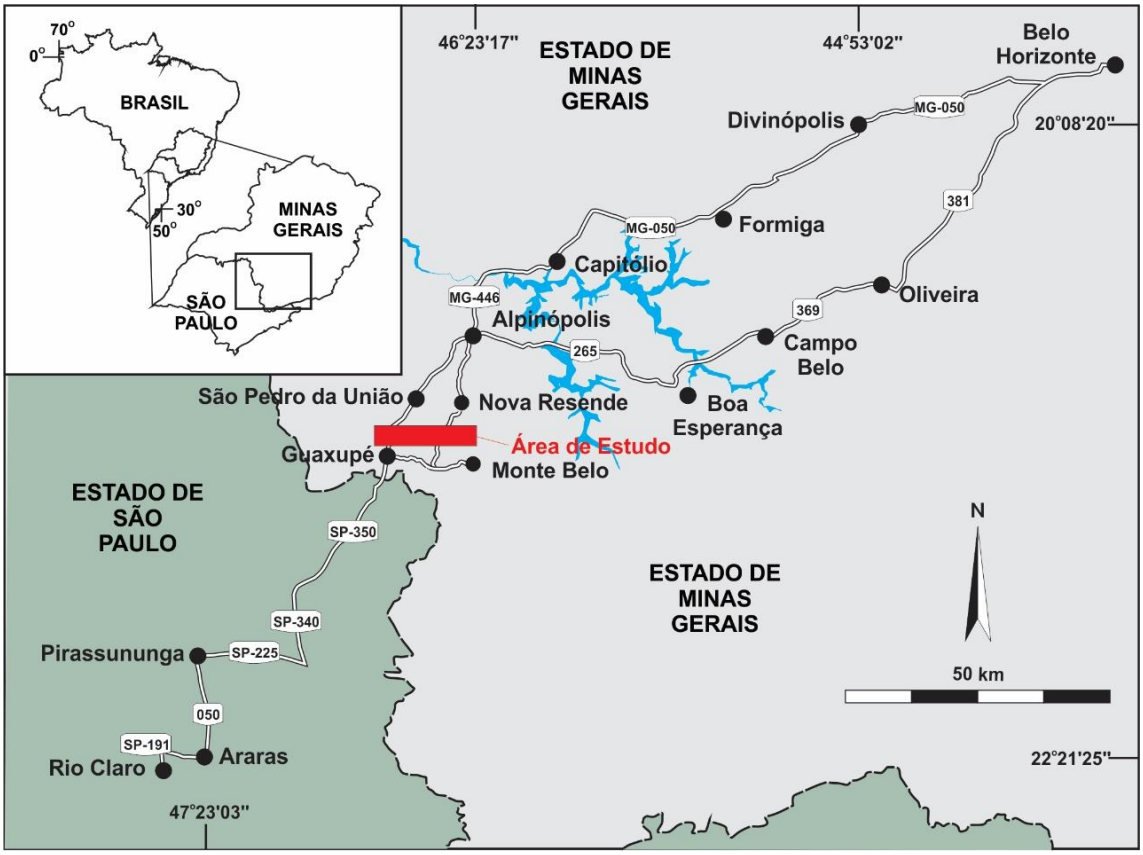


Figura 1.1 - Localização da área de estudo e principais vias de acesso (Modificado de LEME, 2016).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram executadas dez etapas principais para a elaboração desta pesquisa, compreendendo: (1) Levantamento Bibliográfico e Compilação de Dados; (2) Trabalho de Campo; (3) Petrografia; (4) Análises de Química Mineral; (5) Geotermobarometria; (6) Geoquímica de Rocha Total; (7) Geoquímica Isotópica Sm/Nd de Rocha Total; (8) Geocronologia U/Pb em zircão; (9) Análise e Integração dos Dados; e (10) Confecção da Tese.

2.1 Levantamento Bibliográfico e Compilação de Dados

Esta etapa foi contínua durante o desenvolvimento da pesquisa e abrangeu a compilação de material bibliográfico acerca do contexto geológico da região de estudo, bem como textos referentes à fundamentação teórica das técnicas utilizadas em análises de química mineral, de estudos e aplicação de geotermobarometria e geocronologia isotópica Sm/Nd de rocha total e U/Pb em zircão, para tratamento e interpretação dos dados. Essa etapa também compreendeu a sistematização e compilação de dados litológicos, petrográficos, de química mineral, geotermobarométricos e geocronológicos já existentes de estudos realizados na região. Bibliografias específicas foram consultadas ao longo do desenvolvimento do trabalho.

A pesquisa bibliográfica utilizou como base de dados o sistema *Athena* da Biblioteca da UNESP de Rio Claro e o Portal de Periódicos CAPES, bem como as bases *Web of Science*, *Science Direct* e *SciELO*.

Dentre os materiais compilados e digitalizados, encontram-se também mapas topográficos, geológicos, geomorfológicos, fotografias aéreas e imagens do *Google Earth*, coligidos pelo *software ArcGis 10.1* para geração de mapas auxiliares para direcionar as etapas de campo.

2.2 Trabalho de Campo

O trabalho de campo compreendeu o reconhecimento e a descrição de afloramentos na área de estudo, além de coleta de amostras para análise em laboratório.

Nos levantamentos de campo foram utilizadas as folhas topográficas (escala 1:50.000) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (disponíveis em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html?edicao=16041&t=downloads) de Monte Santo de Minas (SF-23-V-C-III-1), Jacuí (SF-23-V-C-III-2), Nova Resende (SF-23-V-D-I-1), Guaranésia (SF-23-V-C-III-3),

Guaxupé (SF-23-V-C-III-4) e de Monte Belo (SF-23-V-D-I-3), além de imagens do *Google Earth* e mapas geológicos compilados de projetos anteriores. Como base para a elaboração do mapa geológico, foram utilizados os mapas de Morales et al. (1983) em escala 1:200.000, de Zanardo (1992) em escala 1:180.000, de Del Lama (1993) em escala 1:125.000 e de Del Lama (1998) em escala 1:100.000.

O levantamento de campo com intuito de obter dados cartográficos, mineralógicos, litológicos e estruturais, foi iniciado com as atividades relativas à Monografia de Formatura ("Petrografia e geoquímica da ocorrência de clinopiroxênio-hastingsita-biotita-granada ortognaisse na região de Santa Cruz do Prata-MG") de Leme (2016) e Dissertação de Mestrado ("Geotermobarometria das rochas do Grupo Araxá e do Complexo Guaxupé na região de Guaxupé – Nova Resende, MG") de Leme (2019). Desse modo, foram realizados 15 dias de campo, divididos em cinco etapas com o escopo de refinar a cartografia de algumas áreas mais complexas e coleta de amostras.

Durante os trabalhos de campo foram descritos 170 afloramentos, nomeados pelo prefixo TGL seguido do número do afloramento. Foram coletadas 150 amostras representativas de rochas, denominadas conforme a nomenclatura dos afloramentos e, quando necessário, discriminadas por letras (A, B, C...) e números em caso de mais de uma amostra coletada. O mapa geológico está apresentado no APÊNDICE I.

2.3 Petrografia

Parte das amostras coletadas durante os trabalhos de campo foi encaminhada para a confecção de lâminas delgadas (com cobertura por lamínula de vidro) e lâminas polidas para reconhecer mineralogia, texturas e estruturas. Ademais, a petrografia orientou a seleção de amostras para as análises das etapas posteriores.

No total, 80 lâminas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia (DG), do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) – UNESP, Campus Rio Claro, com comprimento da ordem de 3,0 cm e largura de 2,0 a 2,5 cm e espessura aproximada de 30 a 35 μm. Nessa etapa, também foram analisadas seções delgadas de outros trabalhos realizados na região: 45 seções delgadas de Zanardo (1992) (nomeadas pelo prefixo "Ja" e "NR") e 25 seções delgadas de Leme (2016) (nomeadas pelo prefixo "SCP").

As análises microscópicas foram realizadas em microscópio petrográfico da marca *Olympus* modelo *BX40F4*, com aumentos de 40, 100 e 500 vezes. A documentação fotomicrográfica das fases minerais, texturas e estruturas foi feita utilizando câmera *Canon*

modelo *DS126201* acoplada ao microscópio *Zeiss* modelo *Axioskop 40*. A identificação do nome dos minerais nas fotomicrografias foi realizada com base na lista de abreviações recomendada pela União Internacional de Ciências Geológicas (*International Union of Geological Sciences* - IUGS) de Siivola e Schmid (2007).

2.4 Análises de Química Mineral

As análises de química mineral foram realizadas no Laboratório de Microssonda Eletrônica, no DG, IGCE, UNESP, Rio Claro, utilizando microssonda eletrônica (*Electron Probe Micro Analyzer* - EPMA) da marca *JEOL* modelo *JXA-8230 superprobe*, equipada com cinco espectrômetros WDS (com cristais PET, TAP, LDE e LIF).

Treze seções representativas foram selecionadas após a caracterização petrográfica. As lâminas foram polidas e metalizadas com carbono em câmara de vácuo e então analisadas por EPMA. Foram realizadas análises em cristais de granada, clinopiroxênio, anfibólio, feldspatos, biotita, muscovita, escapolita, cianita, epidoto e titanita, escolhidos por critérios petrográficos de acordo com a associação mineral de interesse.

As análises foram realizadas sob condições de aceleração de 15 kV, corrente de 20 nA, diâmetro do feixe de 10 μm, com padrões de óxidos naturais e sintéticos para calibração de rotina. O tempo de contagem para os elementos maiores foi de 10 segundos no pico e 5 segundos em cada *background*. Para os elementos menores o tempo de contagem foi de 20 segundos no pico e 10 segundos para cada *background*.

Também foram selecionadas três seções com associação mineral rutilo–quartzo–zircão para análises EPMA de elementos traço em rutilo. As análises de elementos traço foram realizadas sob condições de 20 kV de aceleração, corrente de 80 nA e diâmetro do feixe de 5 μm. Os materiais de referência R10 e Sy (LUVIZOTTO et al., 2009) foram usados como padrões secundários para as análises de elementos traço em rutilo.

A Tabela 2.1 apresenta os elementos analisados em cada mineral, os cristais e linhas utilizados e o tempo de análise (em segundos) no pico e em cada *background*.

O cálculo dos átomos por unidade de fórmula (a.p.u.f.) para as análises de química mineral, as fórmulas estruturais dos minerais e a classificação mineral foram realizados por meio do programa *AX* (disponível em http://ccp14.cryst.bbk.ac.uk/ccp/web-mirrors/crush/astaff/holland/ax.html), pelo *software MINPET* versão *2.02* (RICHARD, 1995), além da utilização de planilhas de cálculo de fórmula estrutural seguindo Deer et al. (1992, 1997a, b, c, 2004).

Tabela 2.1 - Elementos, parâmetros e padrões utilizados nas análises de química mineral por microssonda eletrônica

Elemento	Cristal	Linha	Padrão	Pico	*Background*
Granada					
Si	TAP	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Ti	PET	Kα	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	Kα	Almandina	10 s	5 s
Cr	PET	Kα	Cromita	20 s	10 s
Fe^{2+}	LIF	Kα	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	Kα	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	Kα	Diopsídio	10 s	5 s
Ca	PET	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	Kα	Albita	10 s	5 s
K	PET	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Clinopiroxênio					
Si	TAP	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Ti	PET	Kα	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	Kα	Anortita	10 s	5 s
Cr	PET	Kα	Cromita	20 s	10 s
Fe^{2+}	LIF	Kα	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	Kα	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	Kα	Diopsídio	10 s	5 s
Ca	PET	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	Kα	Albita	10 s	5 s
K	PET	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Feldspatos					
Si	TAP	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Al	TAP	Kα	Anortita	10 s	5 s
Fe^{3+}	LIF	Kα	Ilmenita	10 s	5 s
Ba	PET	Lα	Barita	20 s	10 s
Ca	PET	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	Kα	Albita	10 s	5 s
K	PET	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Anfibólio					
Si	TAP	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Ti	PET	Kα	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	Kα	Anortita	10 s	5 s
Cr	PET	Kα	Cromita	20 s	10 s
Fe^{2+}	LIF	Kα	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	Kα	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	Kα	Diopsídio	10 s	5 s
Ca	PET	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	Kα	Albita	10 s	5 s
K	PET	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Biotita					
Si	TAP	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Ti	PET	Kα	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	Kα	Anortita	10 s	5 s
Cr	PET	Kα	Cromita	20 s	10 s
Fe^{2+}	LIF	Kα	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	Kα	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	Kα	Diopsídio	10 s	5 s
Ba	PET	Lα	Barita	20 s	10 s
Ca	PET	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	Kα	Albita	10 s	5 s
K	PET	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s

Tabela 2.1 - *continuação*

Muscovita					
Si	TAP	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Ti	PET	Kα	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	Kα	Anortita	10 s	5 s
Cr	PET	Kα	Cromita	20 s	10 s
Fe^{3+}	LIF	Kα	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	Kα	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	Kα	Diopsídio	10 s	5 s
Ba	PET	Lα	Barita	20 s	10 s
Ca	PET	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	Kα	Albita	10 s	5 s
K	PET	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Escapolita					
Si	TAP	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
Ti	PET	Kα	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	Kα	Anortita	10 s	5 s
Cr	PET	Kα	Cromita	20 s	10 s
Fe^{3+}	LIF	Kα	Ilmenita	10 s	5 s
Mn	LIF	Kα	Rodonita	10 s	5 s
Mg	TAP	Kα	Diopsídio	10 s	5 s
Ca	PET	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	Kα	Albita	10 s	5 s
K	PET	Kα	Ortoclásio	10 s	5 s
SO_3	PET	Kα	Pirita	20 s	10 s
Titanita					
Si	TAP	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Ti	PET	Kα	Ilmenita	10 s	5 s
Al	TAP	Kα	Almandina	20 s	10 s
Cr	PET	Kα	Cromita	20 s	10 s
Fe^{3+}	LIF	Kα	Ilmenita	20 s	10 s
Mn	LIF	Kα	Rodonita	20 s	10 s
Mg	TAP	Kα	Diopsídio	20 s	10 s
Ca	PET	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Na	TAP	Kα	Albita	20 s	10 s
K	PET	Kα	Ortoclásio	20 s	10 s
Cianita					
Si	TAP	Kα	Wollastonita	10 s	5 s
Ti	PET	Kα	Ilmenita	20 s	10 s
Al	TAP	Kα	Almandina	10 s	5 s
Cr	PET	Kα	Cromita	20 s	10 s
Fe^{3+}	LIF	Kα	Ilmenita	20 s	10 s
Ca	PET	Kα	Wollastonita	20 s	10 s
Na	TAP	Kα	Albita	20 s	10 s
K	PET	Kα	Ortoclásio	20 s	10 s
Rutilo					
Si	TAP	Kα	Wollastonita	300 s	150 s
Al	TAP	Kα	Coríndon	300 s	150 s
V	PET	Kα	Metálico	150 s	50 s
Sn	PET	Lα	Metálico	150 s	50 s
Cr	PET	Kα	Metálico	150 s	50 s
Sb	PET	Lα	Metálico	150 s	50 s
Ta	LIF	Lα	Metálico	150 s	50 s
Fe	LIF	Kα	Hematita	150 s	50 s
W	LIF	Lα	Metálico	150 s	50 s
Hf	LIF	Lα	Metálico	150 s	50 s
Zr	PET	Lα	Zircão	150 s	50 s
Nb	PET	Lα	Metálico	150 s	50 s
Ti	PET	Kα	Metálico	20 s	10 s

2.5 Geotermobarometria

Esta etapa compreendeu a execução de cálculos geotermobarométricos com a finalidade de avaliar e determinar as condições de metamorfismo.

Os cálculos das condições de temperatura e pressão foram realizados por meio do *software THERMOCALC* versão *3.26*, utilizando o método "*Average PT*" (modo *avPT*) (POWELL e HOLLAND, 1994) e o banco de dados ds55. O *software* utiliza um conjunto de dados termodinâmicos internamente consistentes para realizar cálculos de geotermobarometria (POWELL e HOLLAND, 1988; HOLLAND e POWELL, 1998). O método *Average P-T* (*avPT*) envolve cálculos termodinâmicos de um conjunto de reações linearmente independentes entre os membros finais de uma assembleia mineral (presumidamente em equilíbrio) pelo método dos mínimos quadrados, para gerar um resultado de pressão e temperatura a partir do cruzamento dessas reações. Essas reações são deslocadas dentro de suas barras de erro até definirem uma elipse com o menor erro possível. A confiabilidade dos cálculos é balizada por propagação de erros simples (POWELL e HOLLAND; 1994).

As condições *P-T* obtidas pelo *THERMOCALC* foram plotadas na planilha "*avept*" (disponível em: https://www.earth.ox.ac.uk/~davewa/pt/th_tools.html). Os cálculos da atividade mineral das fases analisadas foram realizados pelo programa *AX* (HOLLAND e POWELL, 2000).

Além do *software THERMOCALC*, foram utilizados os geotermômetros Zr-em-rutilo, calibração de Tomkins et al. (2007) e Ti-em-biotita, calibração de Wu e Chen (2015).

2.6 Geoquímica de Rocha Total

Após a caracterização petrográfica, sete amostras representativas de rochas metamáficas (retroeclogitos) foram selecionadas para análise geoquímica de rocha total de elementos maiores, menores e traço. As análises foram executadas no Laboratório SGS GEOSOL Ltda., Brasil.

Depois de cominuídas, as amostras foram decompostas em um procedimento de fusão em metaborato de lítio e digestão total em solução ácida ($C_4H_6O_6$ e HNO_3). Os elementos maiores foram analisados por Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-AES). Os elementos menores, traço e elementos terras raras (ETR) foram analisados por Espectrometria de Massa em Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS). A perda ao fogo (*Loss on Ignition* - LOI) foi determinada por método termogravimétrico a 1.000ºC por quatro horas.

Para a manipulação e tratamento dos dados geoquímicos e elaboração de diagramas, foram utilizados os *software MINPET* versão *2.02* (RICHARD, 1995) e *GCDkit* versão *4.1*. (JANOUŠEK et al., 2006).

2.7 Geoquímica Isotópica Sm/Nd

Três amostras foram selecionadas para análise isotópica Sm/Nd de rocha total e determinação de Idade Modelo (T_{DM}).

As análises isotópicas foram realizadas no Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo), do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP). Depois de pulverizadas, a dissolução da amostra foi feita por digestão ácida realizada em duas etapas utilizando HNO_3 + HF e HCl em um béquer de teflon (®*Savillex*), à temperatura de 100°C. Em seguida, a extração de Sm e Nd da rocha total foi separada utilizando-se resina *Ln-Spec*® (*EIChroM Industries Inc*.). As razões isotópicas de Sm e Nd foram obtidas por meio do Multicoletor de Espectrometria de Massa de Plasma Indutivamente Acoplado (MC-ICP-MS) *Neptune Plus Thermo Fisher Scientific*. As incertezas foram reportadas no nível 2σ. As razões isotópicas $^{143}Nd/^{144}Nd$ foram normalizadas de acordo com $^{146}Nd/^{144}Nd = 0{,}7219$. As idades modelo ($T_{DM}$) foram calculadas seguindo o modelo do manto empobrecido de DePaolo (1981).

2.8 Geocronologia U/Pb em zircão

Quatro amostras foram selecionadas para datação geocronológica U/Pb em zircão por espectrometria de massa por ablação a laser indutivamente acoplado (*Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* - LA-ICP-MS).

O concentrado de zircão foi obtido a partir de 5,0 a 10,0 kg de rocha. Após a desagregação da rocha por meio de um britador de mandíbulas, a fração mineral foi extraída por meio de peneiramento mecânico, bateias mecanizadas, separador magnético isodinâmico *Frantz* e técnicas de líquidos pesados (bromofórmio), realizadas no Laboratório do IGCE/UNESP, Rio Claro. Cerca de 100 a 150 grãos de zircão foram selecionados manualmente em uma lupa binocular da marca *Leica* modelo *MZ6* para cada amostra, montados em um disco de resina epóxi e depois polidos para expor uma superfície regular e plana dos grãos.

Antes da análise isotópica, imagens de catodoluminescência (CL) foram adquiridas com um detector *Gatan Chroma CL* acoplado a um Microscópio Eletrônico de Varredura *LEO 430i* no Instituto de Geociências da Universidade de Campinas (Unicamp), a fim de

identificar texturas internas e selecionar os *spots* dos grãos. As imagens de CL foram obtidas sob aceleração de 15 kV, corrente de 6-10 nA e distância de trabalho de 16 mm.

As análises isotópicas LA-ICP-MS foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica do Instituto de Geociências da Unicamp, utilizando um ICP-MS *Element XR* (*Thermo Scientific*) acoplado a um sistema de ablação a laser *Photon Machine Excite 193*, equipado com célula de ablação *HelEx* de dois volumes. O protocolo de aquisição seguiu Navarro et al. (2015) com detalhes em Verma et al. (2016), incluindo 30s de aquisição do branco de gás seguido de ablação da amostra por 60s em He ultrapuro, com frequência de laser de 10Hz, tempo de ablação de 40s, diâmetro do *spot* de 25μm e fluência do laser de 4,74 J/cm^{-2}.

O processamento dos dados brutos foi reduzido *offline* usando o *software Iolite* (versão *2.5*), de acordo com o método descrito em Paton et al. (2010), que envolve a subtração do branco de gás seguido de correção do fracionamento de fundo em comparação com a referência padrão de zircão 91500 (WIEDENBECK et al., 1995). A referência do zircão Peixe (idade ID-TIMS de 564 ± 4 Ma; DICKINSON e GEHRELS, 2003) foi usada como padrão secundário para monitorar a qualidade dos procedimentos de redução.

O tratamento dos dados e elaboração dos diagramas de concordia e histogramas foram realizados com o *software IsoplotR* (VERMEESCH, 2018), considerando concordância de 100% ±10. Todos os erros foram reportados no nível 2σ.

2.9 Análise e Integração dos Dados

Os resultados obtidos a partir da caracterização petrográfica, inicialmente na forma de fichas descritivas, foram reorganizados em texto e mapa. Os produtos obtidos a partir da química mineral, geotermobarometria, geoquímica e geocronologia foram reorganizados em forma de gráficos e diagramas para interpretação dos dados obtidos. A integração dos dados buscou caracterizar as condições de metamorfismo e inferir trajetórias *P-T* na região de estudo; caracterizar a geoquímica e a assinatura geoquímica da fonte e natureza dos protólitos de alguns litotipos; obtenção de dados de geocronologia U/Pb em zircão para restringir a idade dos eventos metamórficos; além de correlacionar e comparar os resultados com dados de trabalhos anteriores realizados na região.

2.10 Confecção da Tese

Ao tratamento dos dados e à interpretação dos resultados seguiu-se a etapa de consolidação dos produtos da pesquisa e a elaboração do trabalho final, contendo as

conclusões às quais a autora do estudo se dedicou, após tratar os dados e reordená-los de acordo com a metodologia proposta.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudo está localizada no sudoeste do estado de Minas Gerais, na região dos municípios de Guaxupé – Monte Belo – Nova Resende – São Pedro da União. Está situada na parte sul da Província Estrutural Tocantins (ALMEIDA et al., 1981), na Faixa Brasília Meridional (VALERIANO et al., 2004a), no contexto do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio (CAVALCANTE et al., 1979).

Esta região compreende uma zona com blocos crustais aglutinados na orogênese brasiliana durante a amalgamação do Gondwana Ocidental, no Neoproterozoico. No final do processo colisional, as unidades foram fortemente afetadas pela atuação do Cinturão de Cisalhamento dúctil a dúctil-rúptil Campo do Meio (CAVALCANTE et al., 1979; ZANARDO, 1992; MORALES, 1993).

A área em estudo é caracterizada por litotipos atribuídos a Paleozona de Sutura de Alterosa (PSA) (ZANARDO et al., 2006), que marca o limite entre terrenos granulíticos associados ao Complexo Guaxupé e rochas intensamente retrabalhadas associadas ao Complexo Barbacena (embasamento do Cráton do São Francisco). Os litotipos em estudo foram envolvidos no processo colisional e pós colisional, atribuídos ao Grupo Araxá (ZANARDO, 1992; ZANARDO et al., 1996b, 2006).

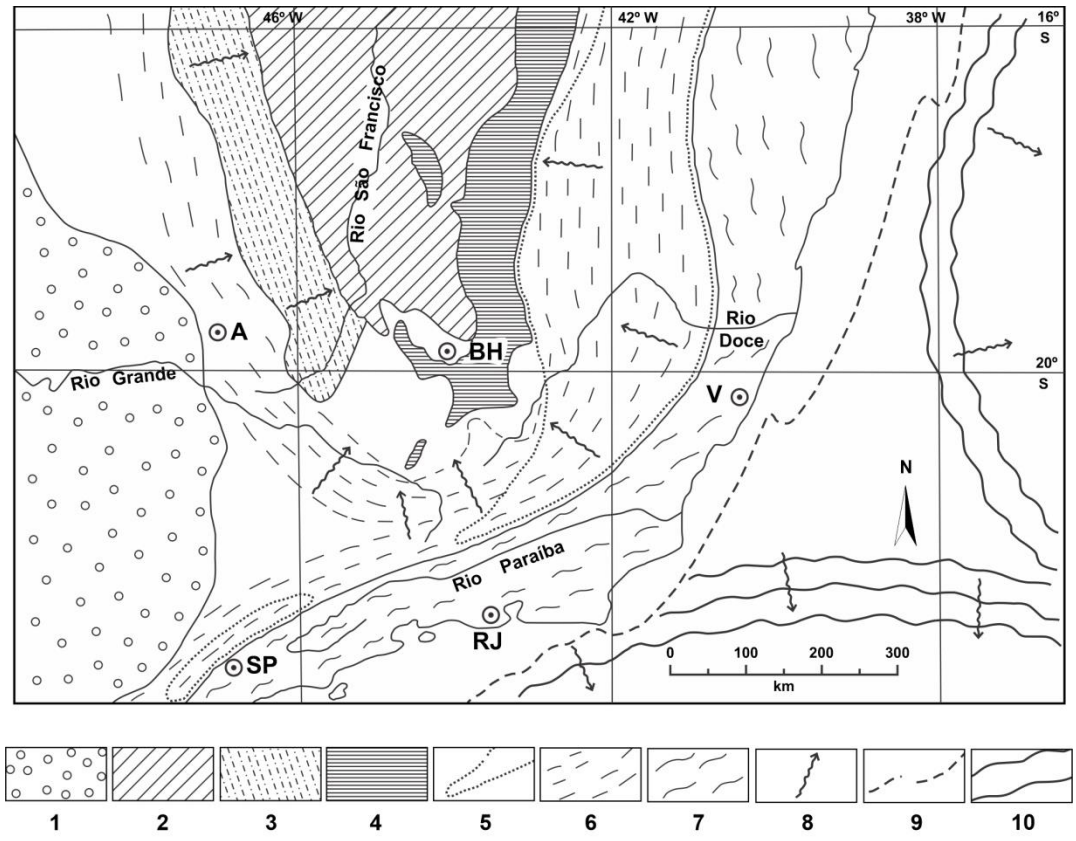
Este capítulo tem por objetivo descrever os principais modelos evolutivos propostos para a área de estudo e áreas adjacentes, além de apresentar o contexto geotectônico da Faixa Brasília Meridional, a evolução do conhecimento geológico do Grupo Araxá na área de estudo (inicialmente atribuído como parte do Complexo Campos Gerais – CCG), e as principais unidades litoestratigráficas que ocorrem na área.

3.1 Revisão do conhecimento geológico dos modelos de evolução da região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais e áreas adjacentes: Da Teoria Geossinclinal à Teoria das Placas Tectônicas

A porção sul/sudoeste do estado de Minas Gerais compreende terrenos pré-cambrianos, constituídos por áreas cratônicas de idade arqueana a paleoproterozoica circundadas por sequências metassedimentares alóctones, autóctones e para-autóctones e zonas de cisalhamento neoproterozoicas, que evidenciam uma história tectono-metamórfica complexa.

As primeiras considerações evolutivas a respeito da região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais e áreas adjacentes foram elaboradas a partir da metade da década de 50 com trabalhos de Ebert (1955, 1957, 1967, 1968, 1971, 1984) e outros colaboradores (ROSIER, 1957, 1965). Os primeiros modelos geotectônicos propostos foram explicados a partir da Teoria Geossinclinal, dividindo as unidades em embasamento ensiálico, rochas supracrustais e rochas granitoides intrusivas.

O quadro estrutural, esboçado inicialmente por Ebert (1955, 1957, 1967, 1968), propôs a existência de um cinturão orogenético geossinclinal de idade assíntica (Neoproterozoico Superior), denominado de Paraíba ou Paraibides. Este cinturão contorna a faixa costeira e se bifurca em dois ramos a sul da cidade de Belo Horizonte, a oeste do município de São João del Rei: o ramo principal (Paraibides), disposto paralelamente à costa oriental do Brasil, que se prolonga para SW e passa pelos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina; e o ramo Araxaides, que inflete para NW e contorna a bacia do Rio São Francisco, atravessa o estado de Goiás e dirige-se para a Bacia Amazônica (Figura 3.1).



1 - Bacia do Paraná. 2 - Bambuí (fácies calcárias da Bacia do São Francisco não dobradas). 3 - Indaiá (fácies clásticas finas do Bambuí dobradas?). 4 - Zona-Espinhaço. 5 - Províncias pegmatíticas Assínticas. 6 - Externídio Assíntico. 7 - Internídio Assíntico. 8 - Vergência. 9 - Costa africana pré-deriva continental. 10 - Contornos estruturais na África. A - Araxá. BH - Belo Horizonte. RJ - Rio de Janeiro. SP - São Paulo. V - Vitória.

Figura 3.1 - Estruturação da porção sul do Escudo Brasileiro segundo Ebert (1957).

Foram reconhecidas quatro zonas estruturais principais neste cinturão orogenético, as duas primeiras associadas ao internides e correspondentes ao Grupo Paraíba, de natureza dominantemente catazonal (parte mais profunda da crosta), e as duas últimas associadas ao externides, correspondentes aos então definidos grupos Andrelândia e São João del Rei, de natureza dominantemente epizonal (porção mais superficial da crosta) (EBERT, 1968).

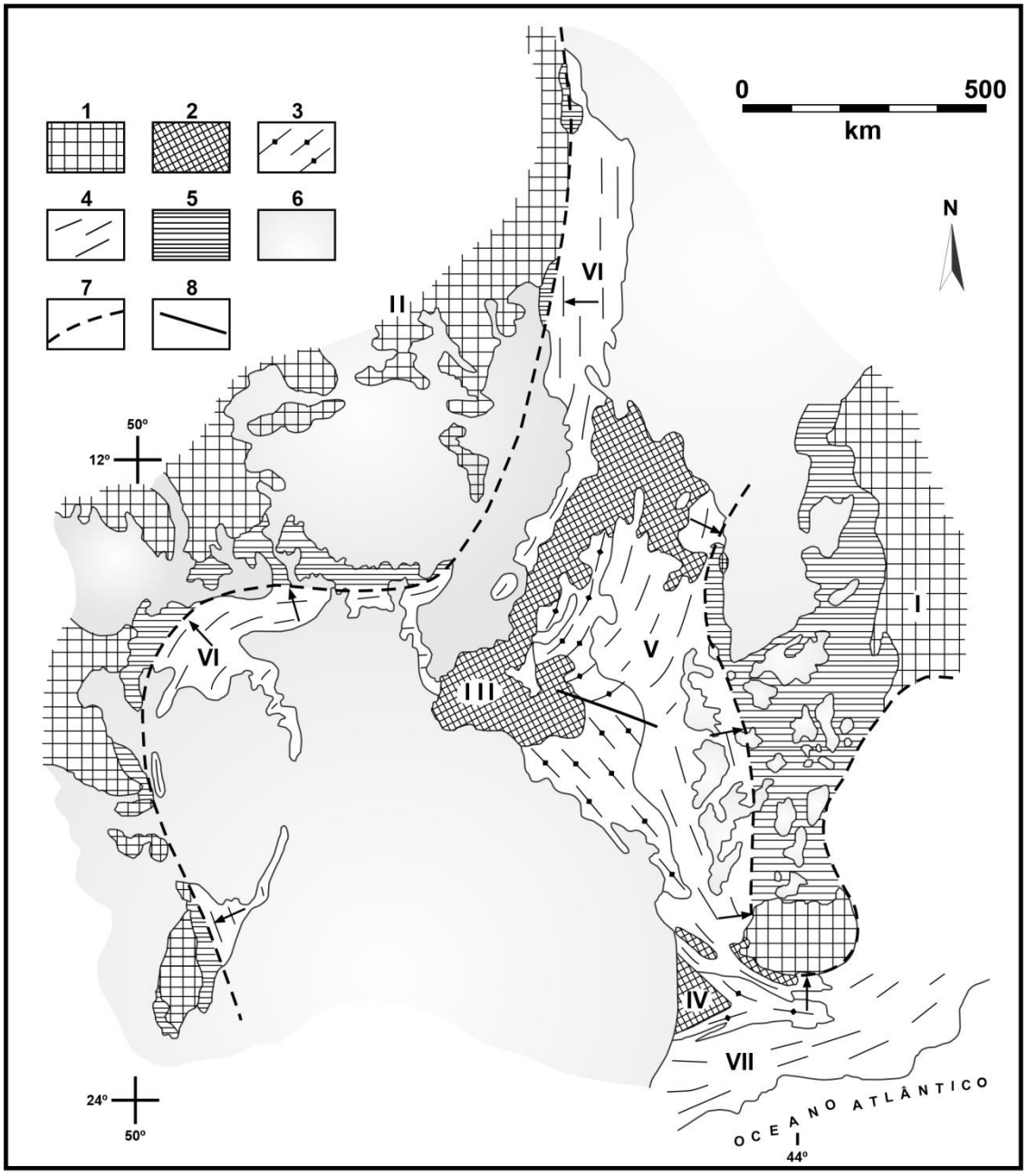
O cinturão orogenético Paraibides desenvolveu-se sobre um geossinclíneo mais antigo, de idade laurenciana (Pós-Arqueano), representado pelo Grupo Barbacena e pela Formação Lafaiete (EBERT, 1955). Esses conjuntos litológicos, por sua vez, sobrepõem rochas mais antigas do embasamento, representadas principalmente por migmatitos com idades de 2.300 Ma, atribuídos por Ebert (1962) ao Complexo Basal.

Nesse modelo, foi sugerida a existência da chamada tectônica de escamas, que permitiu grande transporte de massa através de falhas de empurrão e resultou em uma complexa estrutura imbricada, formada pela alternância de rochas de graus metamórficos distintos, de rochas supracrustais do cinturão geossinclinal e do embasamento (EBERT, 1957, 1962, 1968, 1984).

O avanço do conhecimento da geologia do Brasil e os primeiros progressos no campo da geocronologia permitiram importantes avanços a respeito da geologia do Pré-Cambriano na plataforma brasileira. Na região em questão, Almeida (1967, 1968) correlacionou a faixa de dobramentos Brasília, de natureza miogeossinclinal e de idade baicaliana (brasiliana) ao ramo Araxaides da faixa geossinclinal de Ebert (1957, 1967, 1968, 1984).

A partir da integração de dados litológicos, estruturais e, sobretudo, geocronológicos, Almeida e colaboradores (ALMEIDA, 1971, 1976a, b, 1978; ALMEIDA et al., 1973, 1976; ALMEIDA e WERNICK, 1976) propuseram um modelo de faixas de dobramentos, maciços medianos e cinturões móveis, baseado na existência de faixas de rochas supracrustais dobradas em diferentes ciclos geotectônicos, circundando áreas cratônicas estáveis, maciços medianos ou áreas retrabalhadas do embasamento.

De acordo com os trabalhos de Almeida e colaboradores, foi reconhecida na região, a existência de duas faixas de dobramentos mais ou menos paralelas: i) a Faixa Uruaçu (Proterozoico Médio), localizada entre o Maciço Mediano de Goiás e a Faixa Brasília, constituída por metassedimentos e metabasitos de fácies xisto-verde alto a anfibolito de alta pressão, na qual foram incluídas rochas do Grupo Araxá; e ii) a Faixa Brasília (Proterozoico Superior), que contorna a porção oeste do Cráton do São Francisco e é constituída por rochas metamorfisadas em fácies xisto-verde, associada ao Ciclo Geotectônico Brasiliano (Figura 3.2).



1 - Crátons: São Francisco (I) e Amazônico (II). 2 - Maciços: Goiás (III) e Guaxupé (IV). 3 - Faixa de dobramentos Uruaçu. 4 - Faixa de dobramentos e região do Ciclo Brasiliano: Brasília (V), Paraguai-Araguaia (VI), Sudeste (VII). 5 - Coberturas sedimentares correlacionadas ao Ciclo Brasiliano. 6 - Coberturas sedimentares e vulcano-sedimentares Fanerozoicas. 7 - Bordas do cráton. 8 - Feição estrutural de Pirenópolis. As setas indicam as vergências.

Figura 3.2 - Esboço tectônico da região central da Plataforma Sul Americana segundo Almeida et al. (1976).

Em direção à porção meridional do Cráton do São Francisco, o Grupo São João Del Rei (EBERT, 1968) representa a extensão da Faixa Brasília e a Série Andrelândia (EBERT, 1957) corresponde à extensão da Faixa Uruaçu. Nesta altura, a Série Andrelândia apresenta uma ramificação em direção a SW, marcada por litotipos atribuídos ao Grupo Itapira (EBERT, 1971). A porção compreendida entre esses dois ramos da Faixa Uruaçu separa uma área mais ou menos triangular definida como o Maciço Mediano de Guaxupé (unidade pré-

Uruaçuana) (ALMEIDA et al., 1976), constituído principalmente por granulitos migmatizados (Figura 3.2). Nesse modelo, o Cráton do São Francisco é considerado como o antepaís dos cinturões de dobramentos do Ciclo Brasiliano localizado em suas bordas (ALMEIDA et al., 1976).

Para Fyfe e Leonardos (1974), os terrenos associados ao Maciço de Guaxupé corresponderiam ao Cráton do Paraná, de idade arqueana, recoberto pelos sedimentos fanerozoicos da Bacia do Paraná. De acordo com os autores, na região, ocorrem dois núcleos cratônicos de idade arqueana, representados pelo Cráton do São Francisco e pelo Cráton do Paraná. As unidades arqueanas são circundadas por cinturões de dobramentos de idade transamazônica e de baixa pressão (incluindo granulitos, charnockitos e migmatitos), denominado Cinturão Atlântico. Os cinturões transamazônicos são superpostos por faixas de dobramentos mais jovens (ciclos Uruaçuano e Brasiliano) e de alta pressão, representados pelos cinturões Espinhaço, Brasília e São Roque (Figura 3.3).

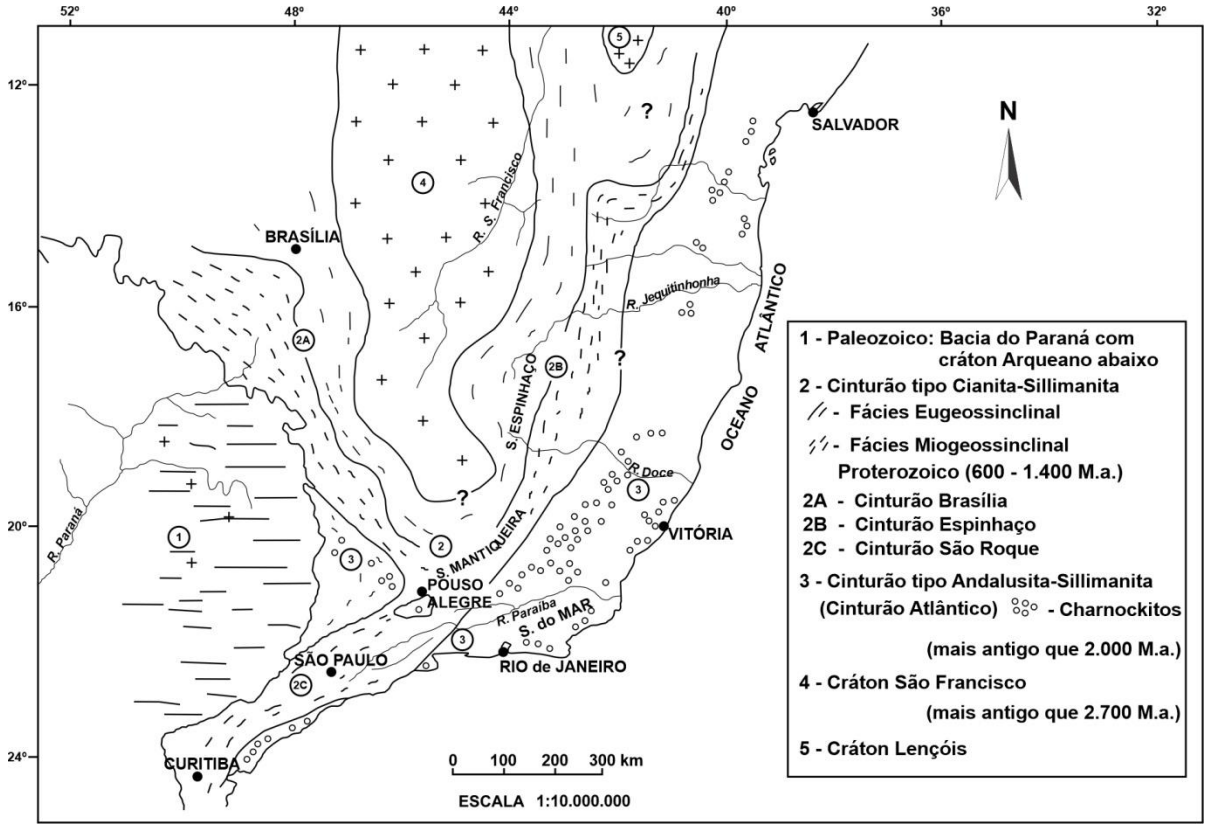


Figura 3.3 - Esboço dos cinturões metamórficos no Leste do Brasil segundo Fyfe e Leonardos (1974).

O constante progresso no campo da geocronologia em várias áreas do território brasileiro no final dos anos 1970 e início dos anos 1980 impulsionou o conceito de retrabalhamento crustal e evolução policíclica, baseado principalmente na ideia de

sobreposição de deformação e metamorfismo de faixas de dobramentos mais jovens implantadas sobre áreas ou cinturões mais antigos.

Com base na integração de diversos trabalhos geológicos na região do Cráton do São Francisco e áreas adjacentes, Almeida (1981) apresentou o Cráton do Paramirim (ALMEIDA, 1978) como um segmento crustal de idade pré-Transamazônica, estabilizado no final do Arqueano ou início do Proterozoico, circundado por cinturões móveis de evolução policíclica, retrabalhados nos ciclos geotectônicos posteriores (Figura 3.4).

De acordo com Almeida (1981), os cinturões que contornam o Cráton do Paramirim são: o Cinturão Móvel Alfenas (ALMEIDA et al., 1980) a sul e sudoeste; o Cinturão Móvel Ceres, a oeste; o Cinturão Móvel Costeiro, a leste; e o Domínio Caririano a norte do Cráton (Figura 3.4). No decorrer do Proterozoico, as regiões próximas aos limites do Cráton do Paramirim foram retrabalhadas por sucessivos episódios de tectonismo, metamorfismo, magmatismo e remobilização e suas bordas foram modificadas.

Nesse modelo de Almeida (1981), o Cráton do São Francisco é interpretado como antepaís dos cinturões móveis de dobramentos brasilianos, constituído por uma área interna estável do Cráton do Paramirim, anexada ao longo de parte do Cinturão Móvel Costeiro, retrabalhado no Brasiliano.

O Cinturão Móvel Alfenas origina-se da bifurcação do Cinturão Móvel Costeiro na altura do município de Três Corações e segue na direção noroeste, contornando os limites sul e sudoeste do Cráton do Paramirim, rumo a Goiás (Figura 3.4). As litologias do Cinturão Móvel Alfenas correspondem a condições de fácies anfibolito a granulito e são incluídas no Grupo Amparo (WERNICK, 1967; EBERT, 1968, 1971) ou no Complexo Varginha-Guaxupé de Fonseca et al., (1979) (ALMEIDA, 1981). Essa configuração retomou em parte o modelo tectônico proposto por Ebert (1956, 1957).

A ideia de evolução policíclica de cinturões móveis levou Wernick e Fiori (1981) a propor um modelo de cruzamento de cinturões móveis para limite sul do Cráton do São Francisco. Os autores sugeriram a existência de um grande segmento crustal ensiálico de idade arqueana, que sofreu sucessivo retrabalhamento através de duas faixas móveis com direções N-NE e NW.

A faixa N-NE inclui os Cinturões Móveis Atlântico, Paraíba e Ribeira, com disposição paralela a subparalela à costa e de idades arqueana, transamazônica e brasiliana, respectivamente, com os mais jovens sucessivamente implantados sobre os mais antigos. A faixa NW é constituída pelo Cinturão Móvel Araxá-Canastra, de provável idade uruaçuana. No cruzamento entre as duas faixas móveis desenvolveu-se uma importante zona rúptil (zona

Cássia-Barbacena), ativa no Ciclo Brasiliano (Figura 3.5). O Cinturão Móvel Araxá-Canastra mostra correspondência com a Faixa Móvel Uruaçu de Almeida et al. (1976). A zona rúptil Cássia-Barbacena representa o Sistema de Cisalhamento Campos Gerais de Cavalcante et al. (1979).

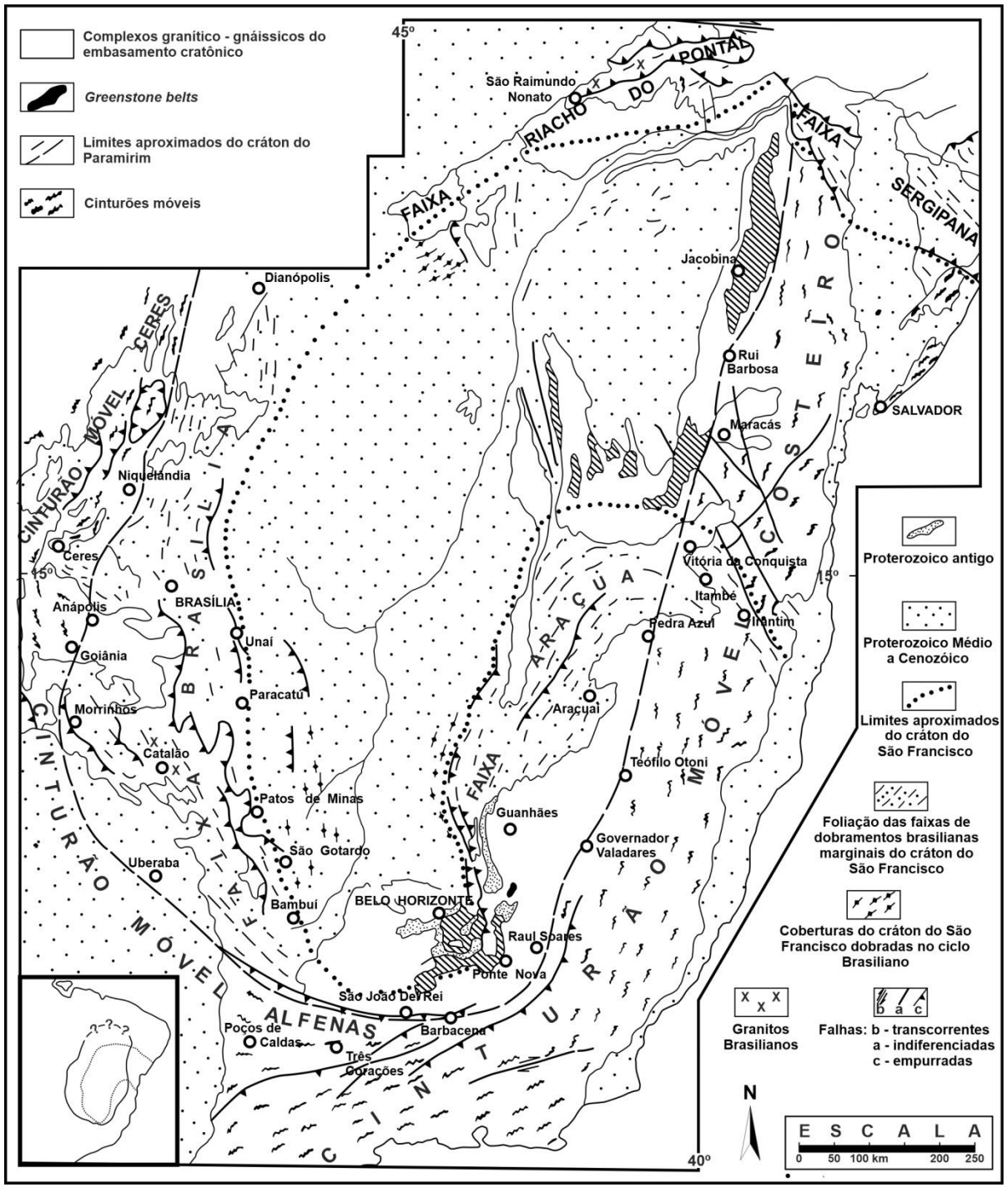
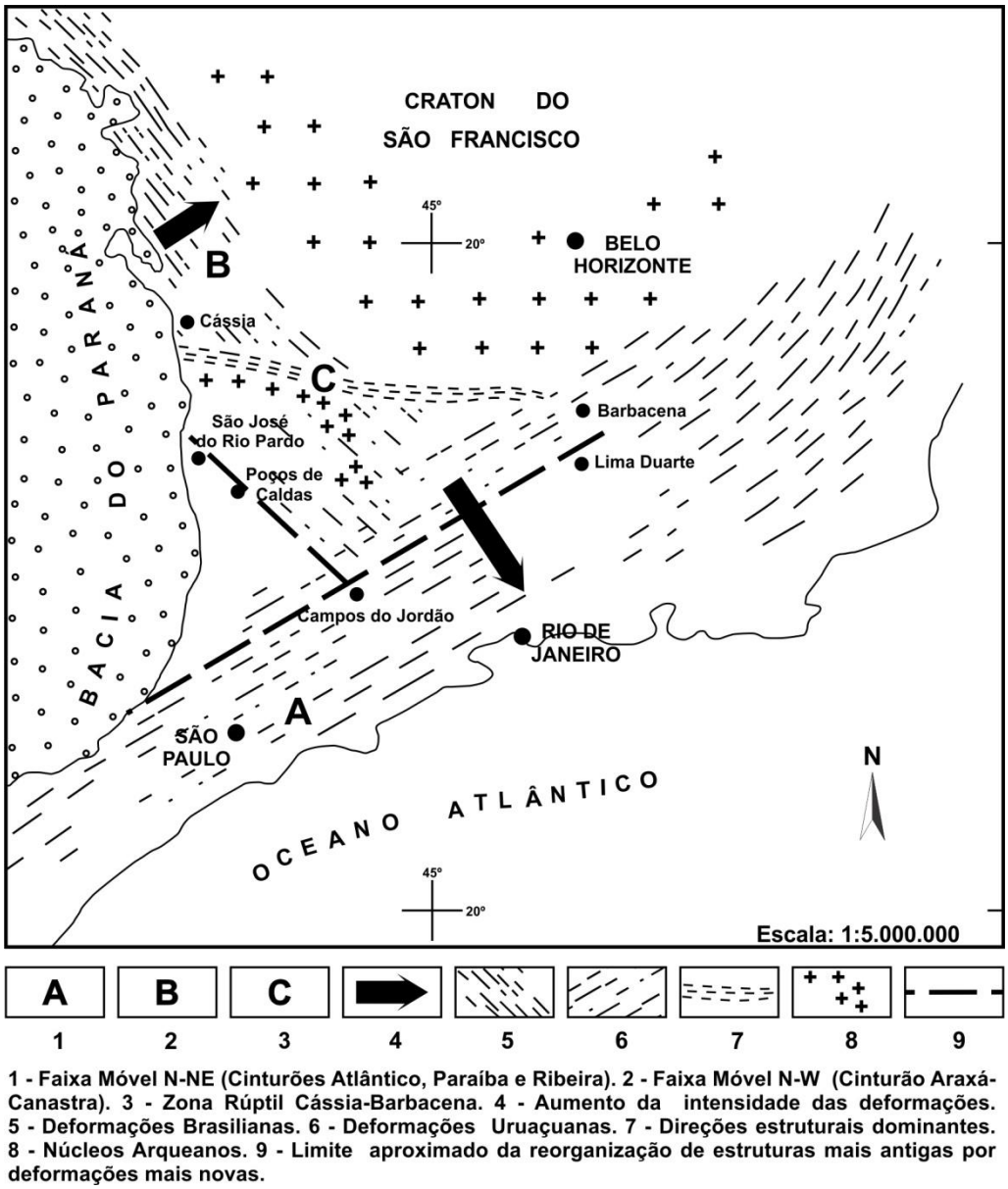


Figura 3.4 - Configuração geotectônica e estruturas associadas ao Cráton do São Francisco e ao Cráton do Paramirim (ALMEIDA, 1981).

A interação das faixas móveis N-NE e NW e da zona rúptil Cássia-Barbacena resultou numa feição entendida como um grande arco. Este arco é constituído por unidades tectônicas

muito distintas que se desenvolveram em épocas diferentes e representa uma feição de evolução policíclica, heterogênea e desprovida de continuidade petrológica e geocronológica (WERNICK e FIORI, 1981). Para os autores, o Maciço de Guaxupé representa um "nó estrutural" resultante da intersecção das faixas móveis de *trend* NNE e NW (Figura 3.5).

A zona rúptil Cássia-Barbacena (WERNICK e FIORI, 1981), caracterizada principalmente por cisalhamentos em regime de transcorrência, separa as rochas de fácies anfibolito e xisto verde da borda sul do Cráton do Paramirim e de suas coberturas metassedimentares, das rochas granulíticas do Cinturão Móvel Alfenas. O limite do Cráton nesta região coincidiria aproximadamente com o CCG e com a PSA.



1 - Faixa Móvel N-NE (Cinturões Atlântico, Paraíba e Ribeira). 2 - Faixa Móvel N-W (Cinturão Araxá-Canastra). 3 - Zona Rúptil Cássia-Barbacena. 4 - Aumento da intensidade das deformações. 5 - Deformações Brasilianas. 6 - Deformações Uruaçuanas. 7 - Direções estruturais dominantes. 8 - Núcleos Arqueanos. 9 - Limite aproximado da reorganização de estruturas mais antigas por deformações mais novas.

Figura 3.5 - Arcabouço estrutural da borda sul do Cráton do São Francisco segundo Wernick e Fiori (1981).

Por meio da análise das principais feições geológicas identificadas na região e da discussão dos diferentes modelos propostos para a evolução geológica do contexto, Artur e Wernick (1986) propuseram um modelo de colisão continental oblíqua, cujos vetores de convergência registraram direção E-W. A presença de um cinturão rúptil (*shear belt* e *thrust belt*), áreas de indentação tectônica, *nappes* e zonas de cisalhamento, granitogênese bimodal, áreas de estabilidade tectônica, além da complexa estruturação geológica (padrão de litologias, metamorfismo, geocronologia e presença de diferentes níveis crustais) reforçaram esse modelo.

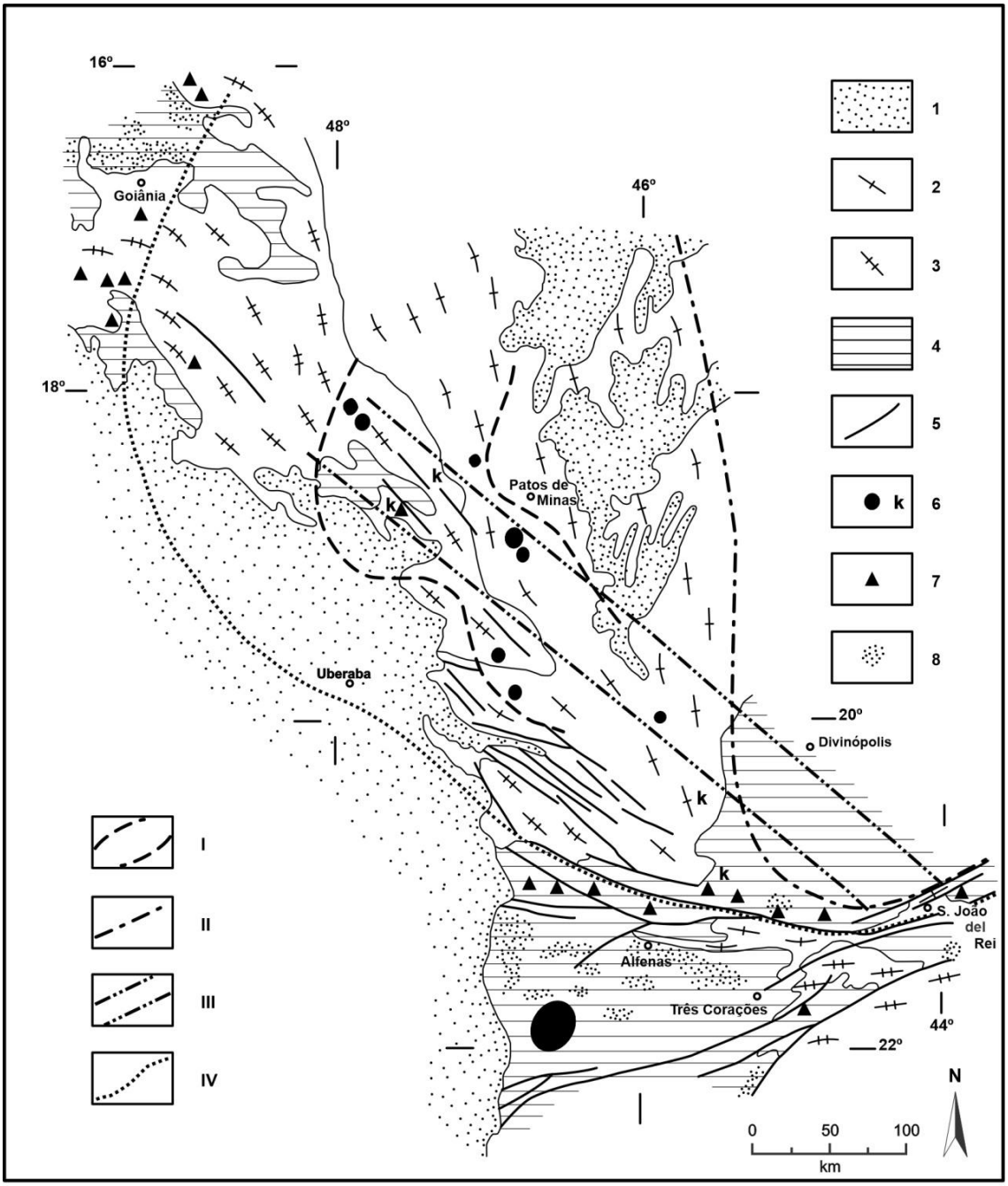
O desenvolvimento de mapeamentos regionais sistemáticos no sul/sudoeste do Estado de Minas Gerais e nordeste do Estado de São Paulo em escalas mais detalhadas a partir do final da década de 70, integrado à utilização de dados geofísicos do leste do Brasil, permitiram reconhecer a estruturação geológica regional e delinear os limites de grandes estruturas geológicas (BOSUM, 1973; HARALYI et al., 1978; HARALYI, 1979, 1980; DAVINO, 1979, 1980; ALMEIDA et al., 1980; LESQUER et al., 1981), que representaram importantes avanços nos modelos de evolução geotectônica da região e reconstituições geológicas mais fiéis.

Dados gravimétricos e aeromagnetométricos do oeste de Minas Gerais e sul de Goiás (DAVINO, 1979; ALMEIDA et al., 1980) mostraram acentuadas descontinuidades geofísicas (contrastes aeromagnéticos e anomalias *Bouguer*), interpretadas como resultantes da existência de uma geossutura marginal.

As descontinuidades geofísicas delimitaram a borda sul-sudoeste do Cráton do Paramirim, considerada como mais espessa e flexurada, de rochas infracrustais de alto grau metamórfico que constituem o Cinturão Móvel Alfenas. As anomalias separaram a crosta mais densa e elevada do cinturão granulítico, da crosta mais leve das áreas cratônicas (ALMEIDA et al., 1980) (Figura 3.6).

Para Davino (1979), a geossutura marginal é resultante de colisão e subsequente subducção de crostas continental e oceânica, que originou expressivo tectonismo tangencial e falhamentos de empurrão, associados aos eventos geológicos de grande amplitude e intensidade nas bordas do cráton.

De acordo com Almeida et al. (1980), as bordas do Cráton do Paramirim foram retrabalhadas nos ciclos geotectônicos Uruaçuano e Brasiliano, com desenvolvimento de processos sedimentares, tectônicos, metamórficos e magmáticos, que deram origem às faixas de dobramentos Uruaçu e Brasília.



1 - Coberturas fanerozoicas (Bacia do Paraná à esquerda, Bacia Alto-Sanfranciscana à nordeste). 2 - Faixa Brasília. 3 - Faixa Uruaçu. 4 - Complexo Pré-Uruaçuano. 5 - Falhas maiores. 6 - Intrusões alcalinas mesozoicas e kimberlitos (K). 7 - Corpos de rochas máficas e ultramáficas pré-cambrianas. 8 - Áreas de incidência de rochas granulíticas e charnockíticas. I - Soerguimento do Alto Paranaíba. II - Borda do Cráton do São Francisco. III - Faixa de incidência de anomalias magnéticas lineares de grande extensão. IV - Limite entre o Cráton do Paramirim e o Cinturão Móvel Alfenas.

Figura 3.6 - Esboço geológico-tectônico da porção centro-leste do Brasil (ALMEIDA et al., 1980).

As descontinuidades geofísicas de Davino (1979) e Almeida et al. (1980) no limite sul-sudoeste do Cráton do Paramirim coincidem com a zona rúptil Cássia-Barbacena de Wernick e Fiori (1981) e delimitam aproximadamente a PSA.

Haralyi e Hasui (1982a, b) e Haralyi et al. (1985) integraram as informações geofísicas disponíveis do leste do Brasil e reconheceram para a região em estudo uma compartimentação regional de blocos crustais justapostos. Os blocos crustais são constituídos por terrenos

graníticos-gnáissicos associados a *greenstone belts*, separados por cinturões de alto grau metamórfico. Os blocos foram delimitados por descontinuidades crustais profundas (Figura 3.7), marcados por zonas de espessamento crustal/acavalamento crustal, que coincidem com zonas de cisalhamento empinadas, que cortam estruturas mais antigas.

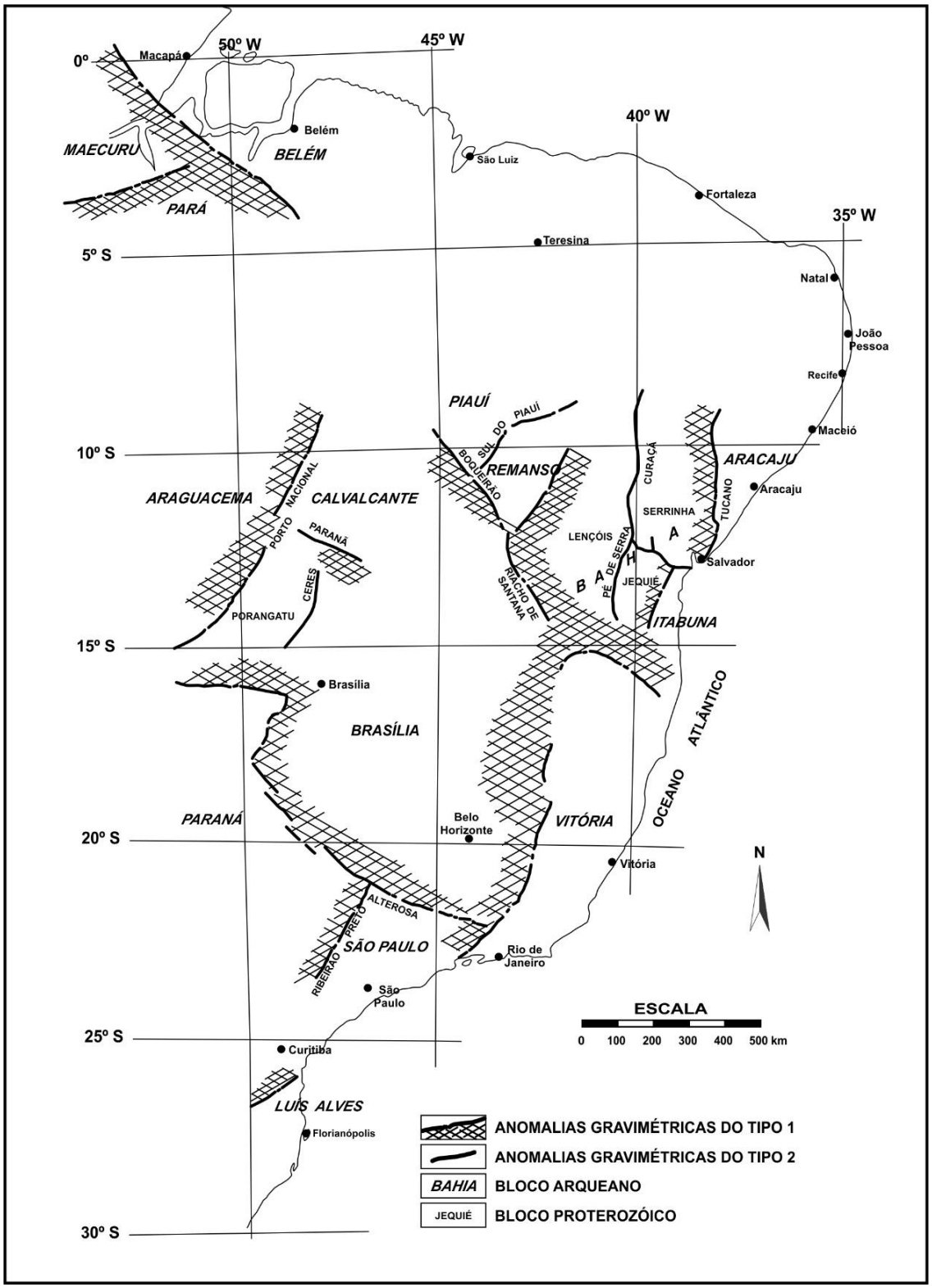


Figura 3.7 - Estruturação de blocos pré-Brasilianos, com destaque para as anomalias gravimétricas (HARALYI e HASUI, 1982a, b).

Os dados geofísicos e geológicos mostraram estruturação crustal em blocos que remonta o final do Arqueano, atribuída ao Evento Jequié (cerca de 2,7 ±0,2 Ga) pouco modificada pelos processos litogenéticos, de retrabalhamento e termo-tectônicos superimpostos do Proterozoico (HARALYI e HASUI, 1982a, b; HARALYI et al., 1985). De acordo com os mesmos autores, apesar dos processos proterozoicos, somente alguns deslocamentos modificaram o quadro estrutural do final do Arqueano (Figuras 3.8 e 3.9).

Para Haralyi et al. (1985), os cinturões de alto grau do sul e leste do estado de Minas Gerais representam níveis crustais inferiores dos Blocos Vitória, São Paulo e Paraná, alçados sobre o Bloco Brasília por meio de zonas de cisalhamento de baixo ângulo. A estruturação regional arqueana em blocos é cortada e deslocada por conjuntos de falhas NW, ENE, NE e NS, associadas principalmente a zonas de cisalhamento de alto ângulo proterozoicas. As descontinuidades crustais marcadas por espessamento crustal foram relacionadas à articulação dos blocos de acordo o modelo de subducção do tipo A. Nesse modelo, a PSA corresponde aproximadamente ao limite entre os blocos Brasília e São Paulo e o Complexo Guaxupé é representado pelo Bloco São Paulo.

O modelo de evolução apresentado por Hasui (1982), Hasui et al. (1984) e Hasui e Oliveira (1984) considerou ativa regeneração, desenvolvimento de faixas de dobramentos e fortes efeitos termo-tectônicos durante o Ciclo Brasiliano, envolvendo retrabalhamento. A estruturação geotectônica da região mostrou áreas estáveis antigas de provável idade arqueana e constituição gnáissica-granítica com *greenstone belts* associados (Cráton do Paramirim) circundado por faixas de rochas de alto grau com exposição de rochas granulíticas e evolução policíclica, os Cinturões Móveis Alfenas e Costeiro. Os ciclos tectônicos seguintes levaram a implantação de faixas de dobramentos e constantes retrabalhamentos. A Faixa Paraíba do Sul, correspondente aos grupos Amparo e Paraíba, se desenvolveu no Proterozoico Inferior. No Proterozoico Médio ocorreu a implantação da Faixa Uruaçu, representada pelos grupos Araxá e Canastra e o Proterozoico Superior foi associado com a formação das faixas de dobramentos Alto Rio Grande, São Roque e Apiaí.

Na definição de Hasui (1982) e Hasui e Oliveira (1984), a Faixa de Dobramentos Alto Rio Grande incluiu as unidades dos grupos Andrelândia e São João del Rei, interpretada como uma faixa marginal situada na borda sul do Cráton do São Francisco, associada ao Ciclo Brasiliano.

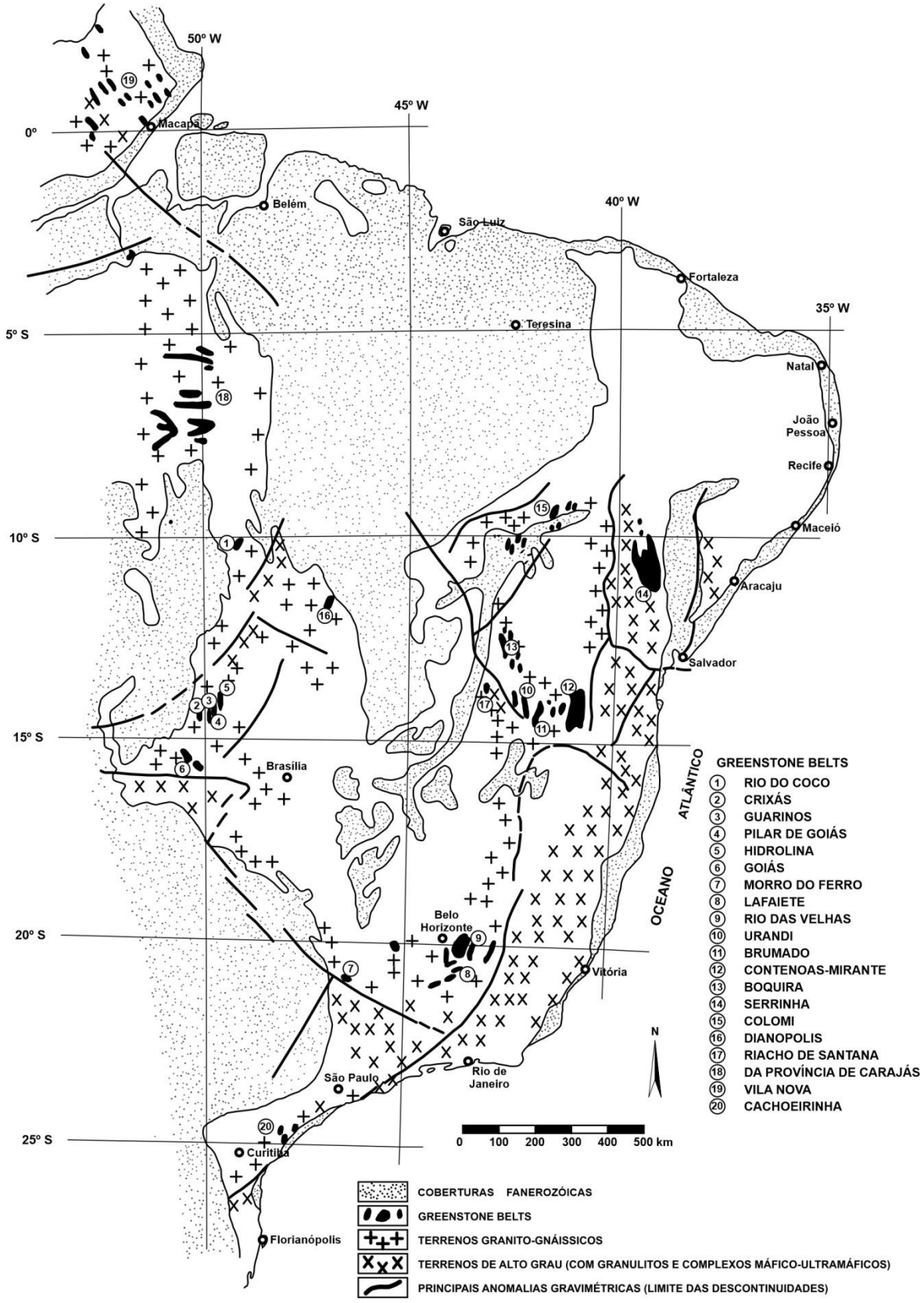


Figura 3.8 - Configuração dos terrenos arqueanos em parte do Brasil segundo Haralyi e Hasui (1982a, b).

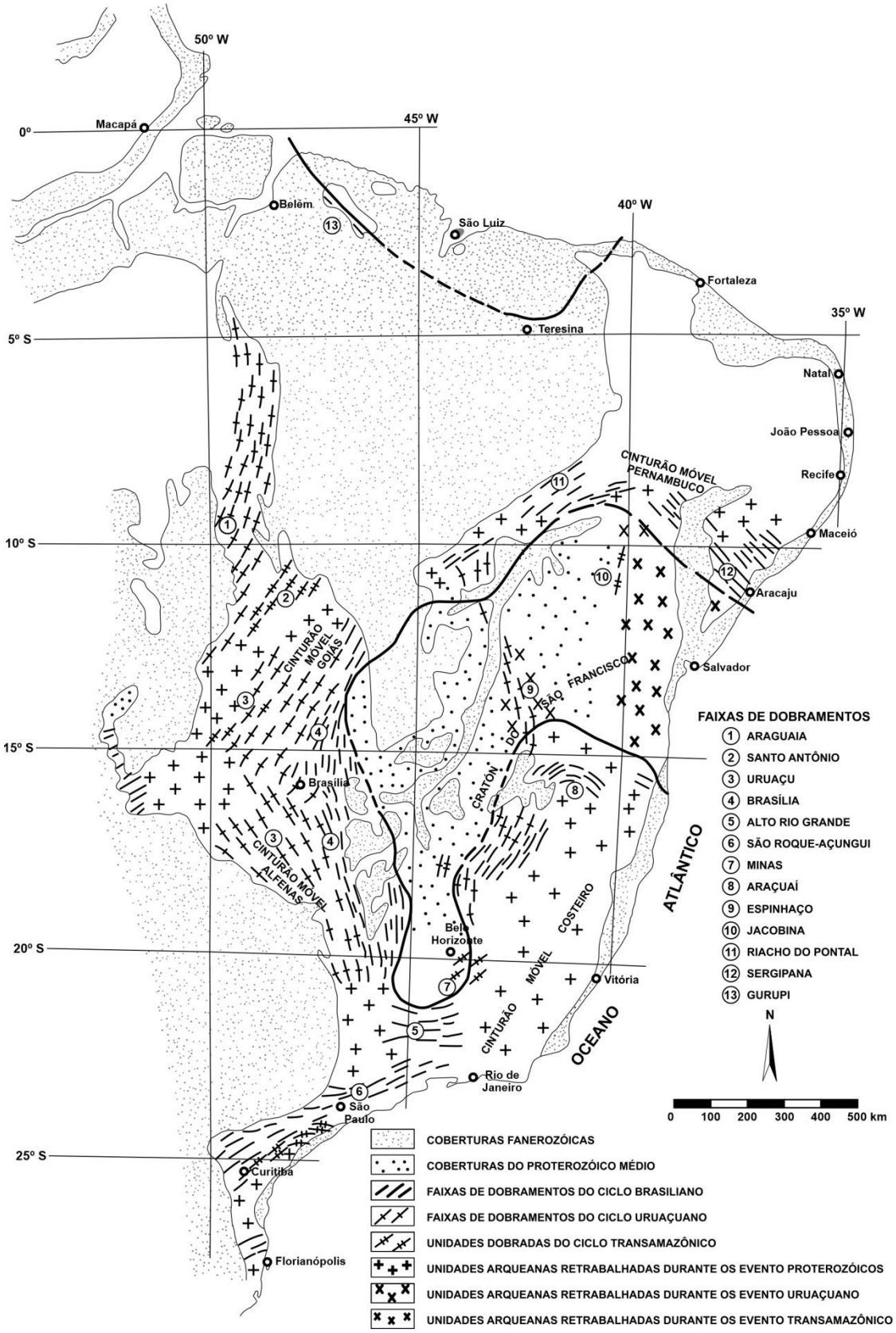


Figura 3.9 - Configuração dos terrenos proterozoicos em parte do Brasil segundo Haralyi e Hasui (1982a, b).

Hasui et al. (1990) retomaram o modelo de blocos baseado nos trabalhos de Haralyi e Hasui (1982a, b) e Haralyi et al. (1985) e apresentaram a evolução da região baseada no

modelo de colisão oblíqua com desenvolvimento de cinturões transcorrentes. De acordo com Hasui et al. (1990), o arranjo estrutural em torno do bloco triangular (Complexo Guaxupé) foi assim organizado por transcorrência dúctil, devido à forte atuação do Cinturão Transcorrente Campo do Meio, sinistral e de orientação E-W (a leste) passando a WNW-ESE e NW-SE (a oeste) a norte do bloco; e a sul, pelo Cinturão Transcorrente Paraíba do Sul, destral, de orientação ENE-WSW, que se estende ao longo de toda a faixa do Sudeste, desde o Espírito Santo até o Paraná e trunca o bloco na sua porção meridional.

Para Hasui et al. (1990), as zonas de transcorrências representam zonas de concentração de deformação que controlaram todo o rearranjo das unidades litológicas e das estruturas tectônicas mais antigas. Assim, o limite dos Blocos Brasília (a norte) e São Paulo (a sul) corresponde a uma zona de sutura crustal (PSA) e coincide com o limite norte dos terrenos granulíticos atribuídos ao Complexo Guaxupé. A estruturação final desses terrenos foi originada a partir da convergência do Bloco Vitória em direção aos Blocos São Paulo e Brasília gerando esforços com *trend* E-W (Figura 3.10).

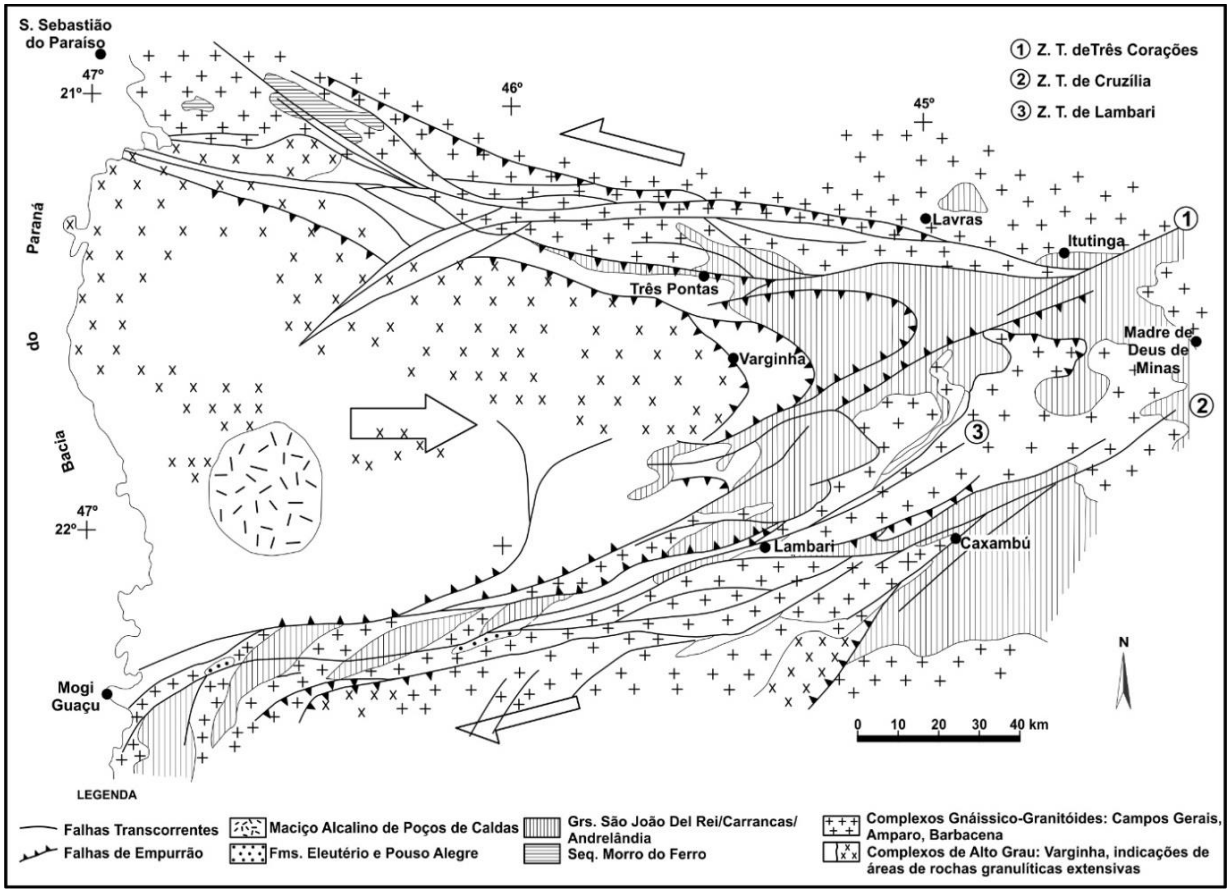


Figura 3.10 - Mapa geológico da região sul de Minas Gerais e leste de São Paulo, com destaque para a Cunha de Guaxupé e para as vergências dos cinturões de transcorrência (HASUI et al., 1990).

Soares (1988) e Soares et al. (1990, 1991) interpretaram a configuração geológica desses terrenos da região como gerados e retrabalhados no Ciclo Brasiliano, associado a

tectônica colisional oblíqua em torno do Bloco Paraná. Os terrenos granulíticos atribuídos ao Maciço de Guaxupé representam uma porção exposta do Bloco Paraná (que corresponde aproximadamente aos blocos Paraná e São Paulo de Haralyi e Hasui (1982a, b)).

Esses autores reconheceram quatro grandes conjuntos litológicos na região, que foram amalgamados por colisão continental oblíqua durante o Ciclo Brasiliano, com convergência na direção ENE associada ao desenvolvimento de cavalgamentos com transposição dúctil em regime de alta pressão e temperatura, seguido por transcorrências na direção E-W (Figura 3.11). Nesse modelo, Soares et al. (1991) consideraram as rochas máficas-ultramáficas do CCG como pertencentes a um complexo de subducção tectonicamente embutido em terrenos mais antigos.

O mapeamento estrutural detalhado de Morales (1993) da área que envolve o CCG e os terrenos granulíticos do Complexo Guaxupé apresentou um modelo de evolução próximo aos de Soares et al. (1990, 1991) e de Hasui et al. (1990). Segundo Morales (1993), a configuração tectônica entre o CCG (a norte), Complexo Guaxupé (a sul) e a faixa metassedimentar do Grupo Araxá resultou da colisão oblíqua entre os blocos Brasília e São Paulo, separados pelo Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio. O Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio foi implantado na faixa metassedimentar correspondente ao Grupo Araxá, intermediário entre os dois blocos, e corresponde a parte da PSA.

Campos Neto et al. (1984, 1990), Campos Neto (1985, 1991) e Campos Neto e Figueiredo (1985) sugeriram um modelo evolutivo baseado no deslocamento de *nappes* infracrustais em direção ao Cráton do São Francisco em consequência de um processo de subducção do tipo A. Os autores reconheceram uma complexa estrutura alóctone e dúctil, a *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé (Figura 3.12).

Campos Neto et al. (1990) reconheceram um empilhamento do tipo Alpino de três grandes sistemas deposicionais: um sistema do Arqueano-Proterozoico Inferior, correspondente aos complexos Itapira e São Gonçalo do Sapucaí; um sistema do Proterozoico Médio, representado pelo Grupo Itapira e unidades correlatas; e outro sistema do Proterozoico Superior, equivalente a *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé, representada por uma pilha de terrenos granulito-granito-migmatíticos situada acima da Faixa Alto Rio Grande e interpretada como um terreno “suspeito”. Para Campos Neto et al. (1990), durante o Cambriano ocorreu o avanço da *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé sobre a Faixa Alto Rio Grande envolvendo um processo de subducção e *underthrusting*.

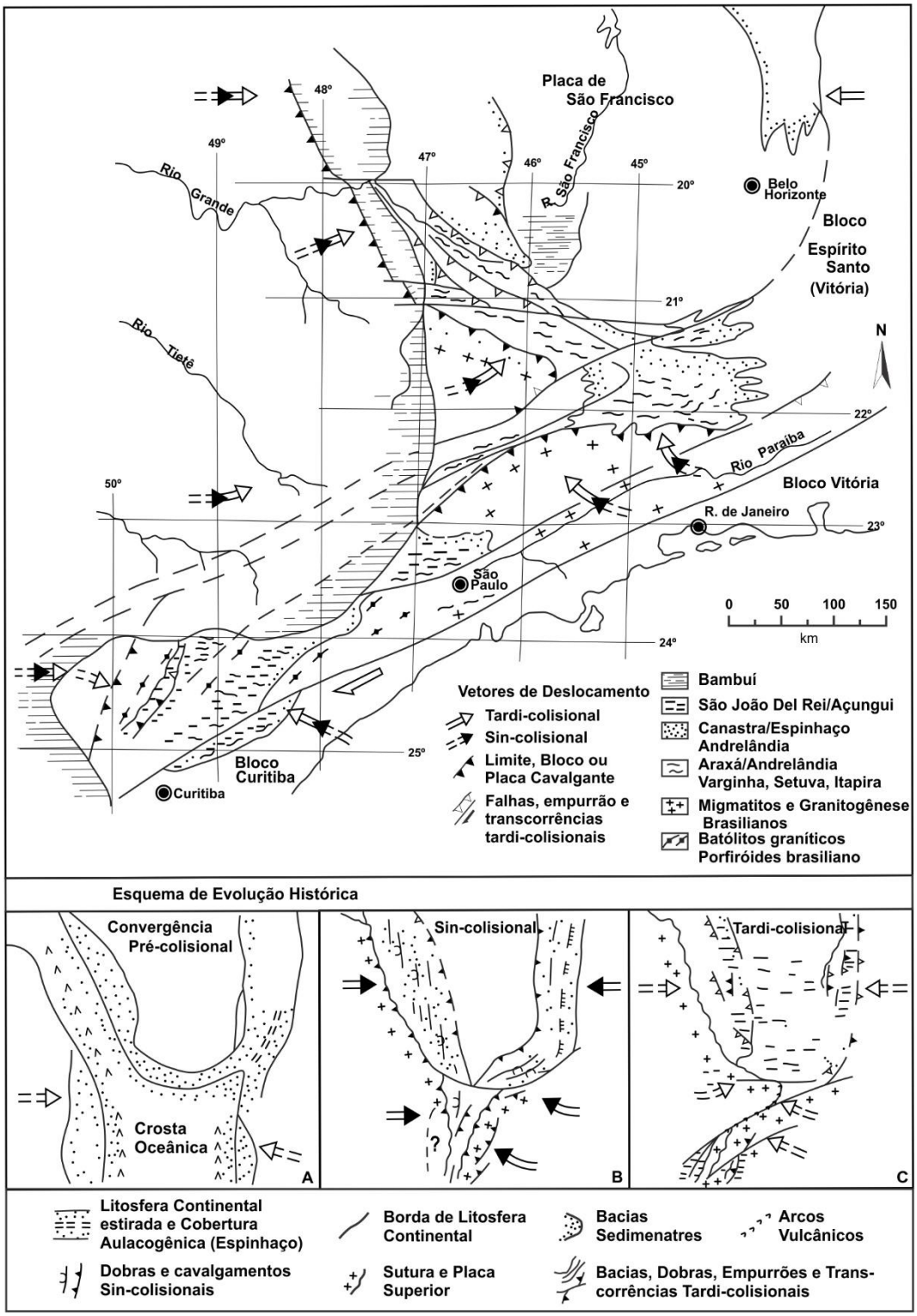
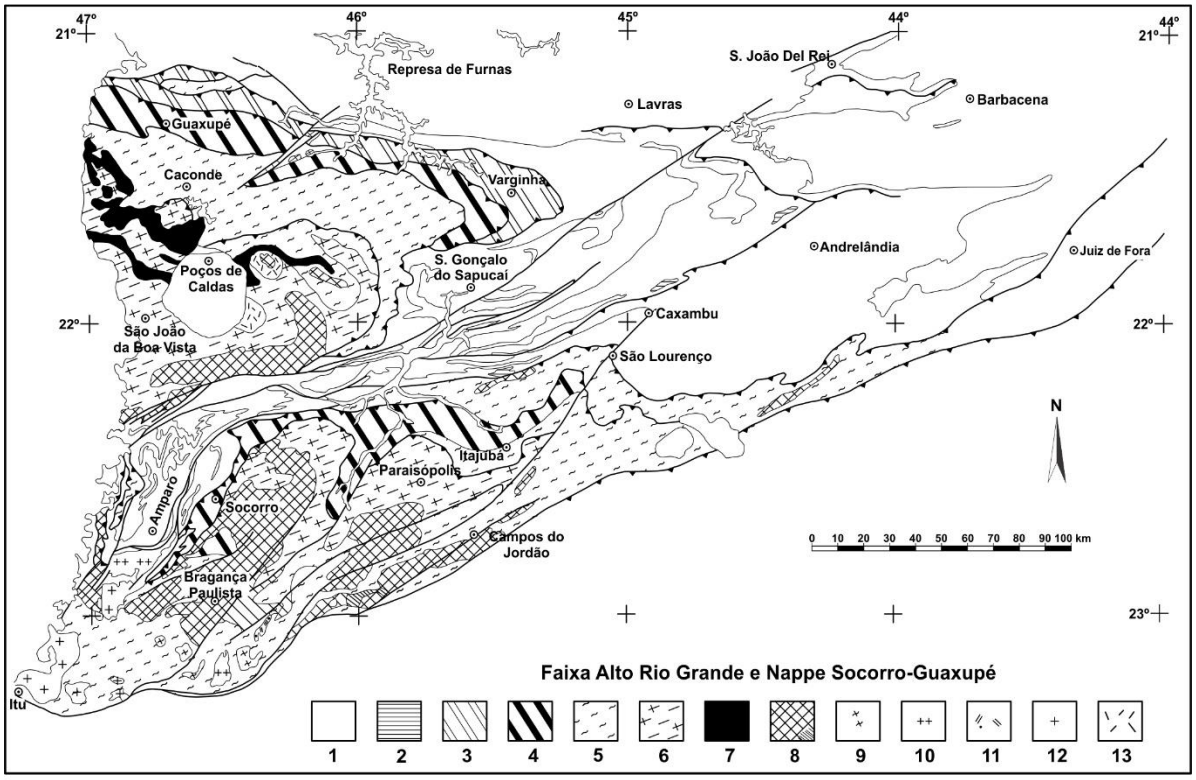


Figura 3.11 - Modelo da colisão oblíqua modificado segundo Soares et al. (1990).

Nesse contexto, a Faixa de Dobramentos Alto Rio Grande foi interpretada como uma associação de rochas supracrustais que incluiu os grupos São João del Rei, Andrelândia e Itapira, representada por terrenos alóctones associados a uma margem continental passiva, formados no Ciclo Uruaçuano e acrescidos à borda meridional do Cráton do São Francisco (CAMPOS NETO, 1991).



FAIXA ALTO RIO GRANDE: 1 - Ortognaisses e migmatitos do Arqueano-Proterozoico Inferior. 2 - Sequências metassedimentares e metavulcano-sedimentares do Proterozóico Médio.

NAPPE SOCORRO-GUAXUPÉ (Terreno suspeito agregado no Cambriano) - *Unidades granulito-granito-migmatíticas Proterozóicas:* 3 - Granada granitóides miloníticos e gnaisses diatexíticos. 4 - Granulitos e charnockitos associados a gnaisses diatexíticos. 5 - Sequências metassedimentares migmatíticas com 'núcleos' ortognáissicos. 6 - Migmatitos diatexíticos e granitos variados. *Séries magmáticas plutônicas do Ciclo Brasiliano:* 7 - Série mangerítica do tipo A (1000-900 M.a.). 8 - Série cálcio-alcalina com fácies charnockíticas (650 M.a.). 9- Série granítica peraluminosa a granada.10 - Granitos porfiróides do tipo I Caledoniano. 11 - Maciço monzodiorítico-monzonítico. 12 - Série granítica rósea ou rapakivi (590 M.a.). 13 - Sientitos.

Figura 3.12 – Faixa Alto Rio Grande e *Napp*e de Empurrão Socorro-Guaxupé segundo Campos Neto et al. (1990).

3.2 Contexto Geotectônico: A Faixa Brasília Meridional

A Província Estrutural Tocantins (ALMEIDA et al., 1981) é um sistema orogênico localizado na porção centro-leste do Brasil, situado entre os crátons do São Francisco, Amazônico e Bloco Paranapanema, limitado a norte pela Bacia do Parnaíba e a sul pela Bacia do Paraná.

Nesse contexto, o Bloco/Paleocontinente Paranapanema compreende um segmento litosférico continental definido por informações gravimétricas, encoberto pelas rochas fanerozoicas da Bacia do Paraná (MANTOVANI e BRITO NEVES, 2005, 2009). Neste trabalho, o Bloco/Paleocontinente Paranapanema inclui os blocos Paraná e São Paulo de Haralyi e Hasui (1982a, b), cujo Bloco São Paulo corresponde mais ou menos à extremidade oriental do Bloco/Paleocontimente Paranapanema (EBERT, 2005).

Essa província compreende três cinturões orogênicos de evolução diacrônica: as faixas Paraguai, Araguaia e Brasília. As faixas Paraguai e Araguaia contornam as margens sudeste e leste do Cráton Amazônico. A Faixa Brasília desenvolveu-se ao longo da margem oeste e sul

do Cráton do São Francisco e da porção norte do Bloco/Paleocontinente Paranapanema (encoberto pelas rochas fanerozoicas da Bacia do Paraná), na porção oriental da Província Tocantins (Figura 3.13) (ALMEIDA et al., 1981; TROMPETE, 1994; VALERIANO et al., 2004a; HASUI, 2012; VALERIANO, 2017).

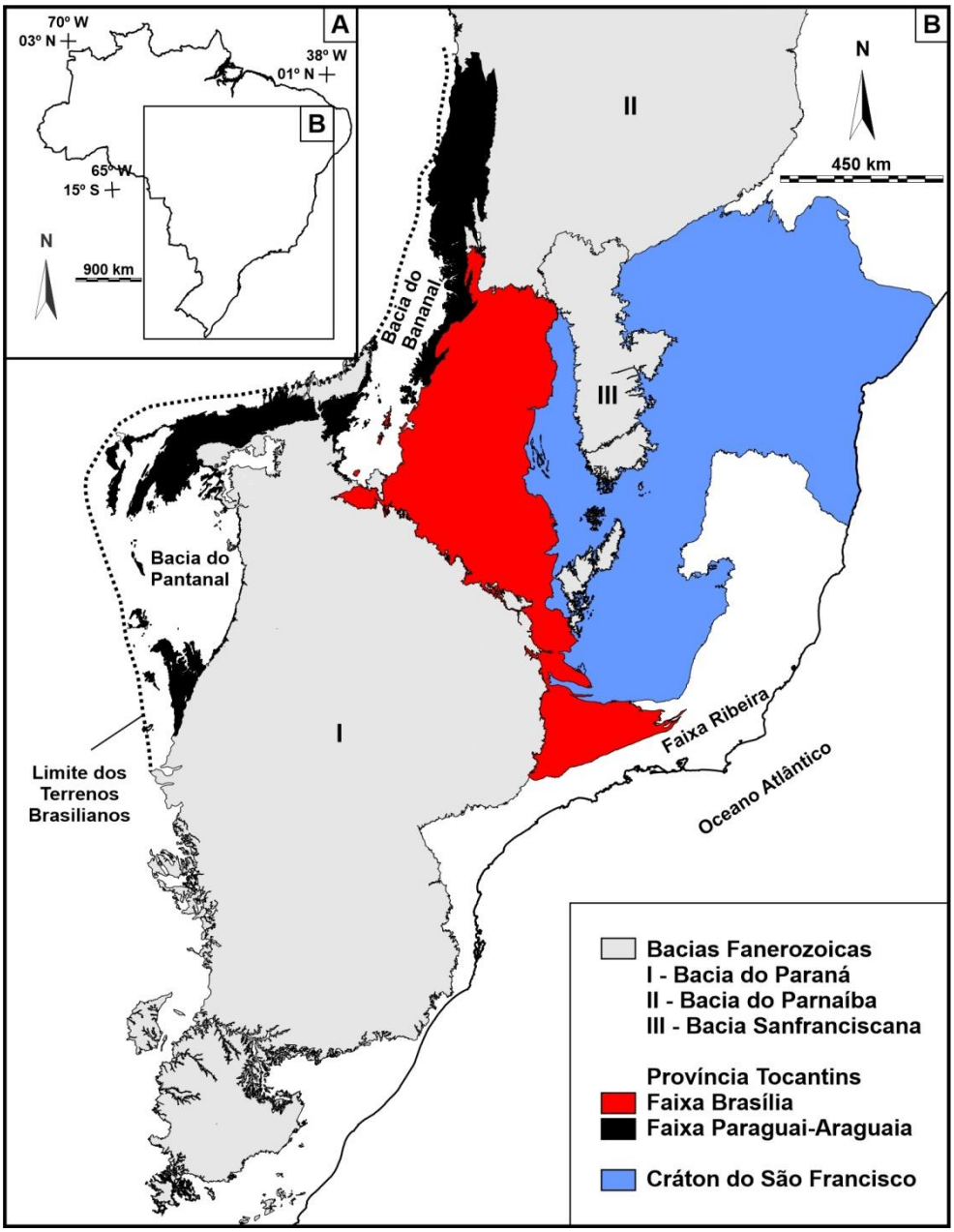


Figura 3.13 - Esboço tectônico do Centro-Leste do Brasil, com destaque para a Província Tocantins. (A): Localização da Província Tocantins no Brasil. (B): Destaque para a Província Tocantins, seus cinturões e limites. (Modificado de HASUI, 2012).

A Faixa Brasília forma um sistema orogênico que se estende por mais de 1.200 km, prolongando-se desde o sul do Estado de Tocantins até a porção oeste do Estado de Minas Gerais, orientada segundo direção N-S a NNE-SSW. Esse sistema orogênico resultou da convergência dos blocos/paleocontinentes Amazônico, São Francisco e Paranapanema

durante a amalgamação do Gondwana Ocidental, no Evento Brasiliano – Pan Africano, no Neoproterozoico (BRITO NEVES et al., 1999, 2014; DARDENNE, 2000; ALKMIM et al., 2001; CORDANI et al., 2003; HASUI, 2012; FUCK et al., 2017; VALERIANO, 2017).

A evolução da Faixa Brasília ocorreu ao longo de um prologando intervalo de tempo (~900 – 600 Ma) e registrou longa e complexa história de metamorfismo, deformação e acresção de terrenos, incluindo cinturões supracrustais de dobramentos e empurrões, terrenos de alto grau, sequências ofiolíticas e terrenos de arco de ilha (BRITO NEVES et al., 2014; BRITO NEVES e FUCK, 2014; PIMENTEL, 2016).

A compartimentação tectônica da Faixa Brasília, de leste para oeste, é definida pelos terrenos que se acrescionaram à borda ocidental do Cráton do São Francisco e compreendem: um cinturão de dobramentos e empurrões de antepaís/zona *foreland* do Cráton do São Francisco (metassedimentos para-autóctones do Grupo Bambuí); complexo metamórfico (metassedimentos alóctones externos e internos de margem passiva neoproterozoica e porções de seu embasamento); Maciço Goiano (rochas arqueanas a mesoproterozoicas) e o Arco Magmático de Goiás (VALERIANO et al., 2004a, 2008; VALERIANO, 2017) (Figura 3.14).

Essa faixa é dividida em dois segmentos de orientação e estilos metamórfico-deformacionais distintos: a Faixa Brasília Setentrional, de orientação NNE e a Faixa Brasília Meridional, de orientação NW, onde se situa a área de estudo (VALERIANO et al., 2004a, 2008; FUCK et al., 2017; VALERIANO, 2017). Os segmentos norte e sul da faixa são separados pela Sintaxe dos Pirineus, situada próximo ao paralelo do Distrito Federal (COSTA e ANGEIRAS, 1970; MARINI et al., 1984; ARAÚJO FILHO, 2000) (Figura 3.14).

A Faixa Brasília Meridional (FBM) compreende um empilhamento tectônico de extensas *nappes* com vergência para leste, resultado da colisão neoproterozoica entre as margens ativa do Bloco Paranapanema e passiva do Cráton do São Francisco. Os terrenos tectono-estratigráficos da FBM são limitados por importantes superfícies de cavalgamento (CAMPOS NETO e CABY, 1999, 2000; DARDENNE, 2000; TROUW et al., 2000, 2013; VALERIANO et al., 2004a, 2008; MANTOVANI e BRITO NEVES, 2005, 2009; VALERIANO, 2017).

Dados de geocronologia indicam que o evento metamórfico principal na FBM ocorreu entre 640 e 600 Ma (CAMPOS NETO e CABY, 2000; VALERIANO et al., 2004b; CAMPOS NETO et al., 2011; RENO et al., 2012; TROUW et al., 2013; SALAZAR-MORA et al., 2014; ROCHA et al., 2017; COELHO et al., 2017; VALERIANO, 2017; TEDESCHI et al., 2018; WESTIN et al., 2021; entre outros).

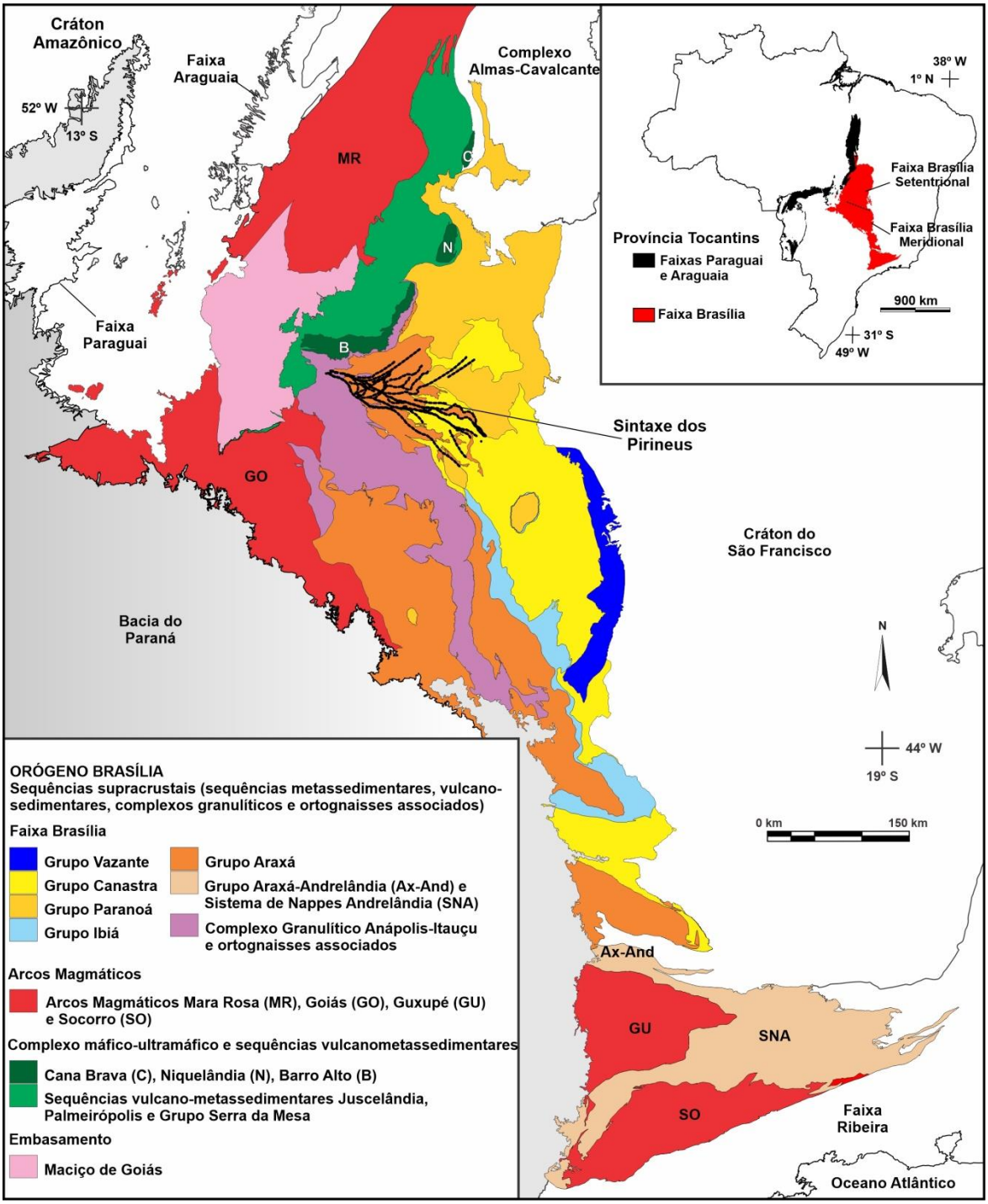


Figura 3.14 - Unidades tectônicas da Faixa Brasília (Modificado de HEINECK et al., 2004; LACERDA FILHO et al., 2004; LEITE et al., 2004; SOUZA et al., 2004; VALENTE et al., 2004; VALERIANO et al., 2004a; HASUI, 2012; BRITO NEVES et al., 2014).

3.3 A Paleozona de Sutura de Alterosa

A Paleozona de Sutura de Alterosa (PSA) representa o limite entre os paleocontinentes São Francisco e Paranapanema e é delineada por grandes anomalias gravimétricas (anomalias tipo *Bouguer*) (ALMEIDA et al., 1980; HARALYI e HASUI, 1982a, b; HARALYI et al., 1985; EBERT e HASUI, 1998; MALAGUTTI FILHO et al., 1996; EBERT, 2005; BRAGA e

EBERT, 2006). A PSA separa unidades do Complexo Guaxupé (*Nappe* Socorro-Guaxupé de Campos Neto e Caby, 1999, 2000) de litotipos atribuídos ao Grupo Araxá e terrenos arqueanos-paleoproterozoicos do Complexo Barbacena e sequências *greenstone belts* associadas. Na área de estudo, esse limite é marcado por rochas metamórficas de alto grau em ambos lados, compreendendo rochas granulíticas paraderivadas e ortoderivadas que alcançaram condições de alta a ultra-alta temperatura (DEL LAMA et al., 2000; CAMPOS NETO e CABY, 2000; GARCIA e CAMPOS NETO, 2003; ROCHA et al., 2017, 2018; TEDESCHI et al., 2018; LEME et al., 2020b), associadas ao Complexo Guaxupé a sul, relacionadas ao Paleocontinente Paranapanema; e por rochas paraderivadas e ortoderivadas de alto grau com ocorrências localizadas de retroeclogitos e granulitos de alta pressão associadas a Grupo Araxá e Grupo Andrelândia (Sistema de *Nappes* Andrelândia) a norte (HOPPE et al., 1985, 1989; CAMPOS NETO e CABY, 1999; GARCIA e CAMPOS NETO, 2003; TROUW, 2008; RENO et al., 2009; COELHO et al., 2017; TEDESCHI et al., 2017; LEME et al., 2019) (Figura 3.15).

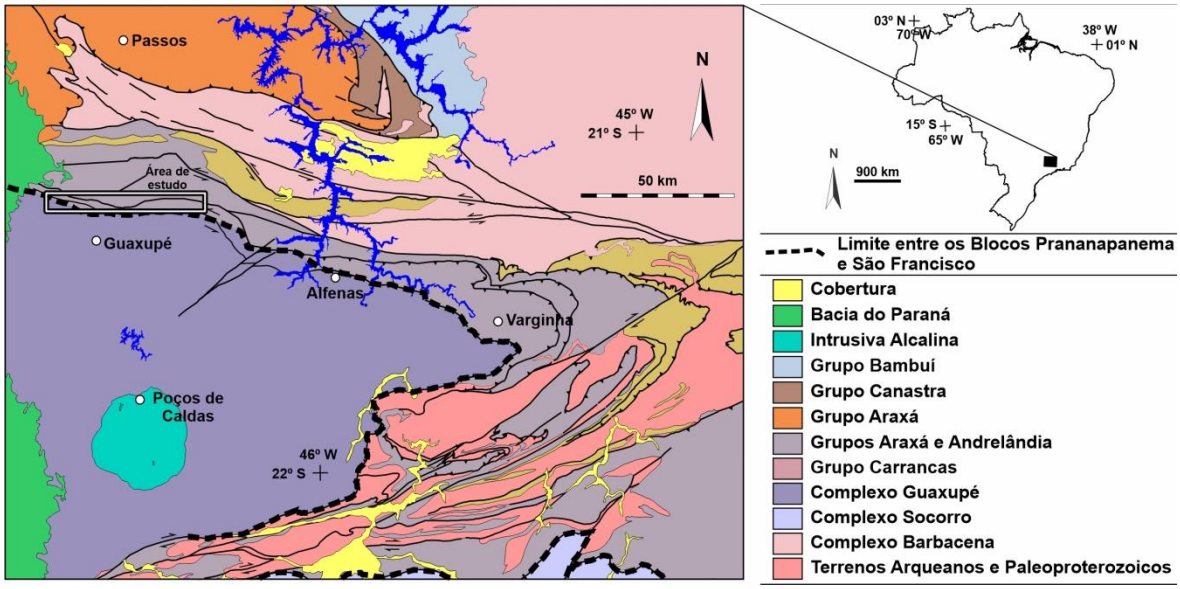


Figura 3.15 – Mapa geológico simplificado da região da área de estudo mostrando os limites dos blocos/paleocontinentes (Modificado de FONSECA et al., 1979; ZANARDO, 1992; LEITE et al., 2004; EBERT, 2005; ZANARDO et al., 2006; HASUI, 2012; TROUW et al., 2013).

O Complexo Guaxupé representa uma seção espessa da crosta continental inferior, interpretado como a raiz de um arco magmático antigo desenvolvido na margem ativa do Paleocontinente Paranapanema (Figura 3.15). É constituído por granulitos, migmatitos e granitoides sin a pós-colisionais (CAMPOS NETO e CABY, 1999, 2000; TROUW et al., 2000, 2013; entre outros) e registra condições metamórficas de alta a ultra-alta temperatura em torno de ~900-1.100ºC e 10-14,5 kbar no pico metamórfico (DEL LAMA et al., 2000;

CAMPOS NETO e CABY, 2000; GARCIA e CAMPOS NETO, 2003; ROCHA et al., 2017, 2018; TEDESCHI et al., 2018; LEME et al., 2020b).

As unidades situadas abaixo da paleozona de sutura incluem *nappes* constituídas por rochas metassedimentares alóctones fortemente deformadas, além de lascas do embasamento arqueano/paleoproterozoico dos Complexos Amparo e Pouso Alegre, interpretados como parte do Paleocontinente do São Francisco (ex. OLIVEIRA et al., 2019, entre outros) (Figura 3.15). As *nappes* superiores (*Nappes* Andrelândia/Carmo da Cachoeira, Liberdade e Três Pontas-Varginha) compõem o Sistema de *Nappes* Andrelândia (CAMPOS NETO et al., 2007), interpretadas como a parte distal/segmento externo da margem passiva do Paleocontinente do São Francisco (RIBEIRO et al., 1995; TROUW et al., 2000, 2013; COELHO et al., 2017; KUSTER et al., 2020; MARIMON et al., 2021). Essas rochas também foram interpretadas como derivadas de uma cunha acrescionária – *foreland* – sequências de bacia do *forearc*, envolvidas na subducção, relacionadas à margem ativa do Paleocontinente Paranapanema (CAMPOS NETO e CABY, 1999, 2000; CAMPOS NETO et al., 2010, 2011; entre outros). As *nappes* inferiores são constituídas por rochas metassedimentares parautóctones em um Sistema de *Nappes* Inferior relacionado à margem continental passiva do Paleocontinente São Francisco (RIBEIRO et al., 1995; TROUW et al. 2000, 2013; CAMPOS NETO et al. 2007, 2010, 2011; WESTIN e CAMPOS NETO, 2013; WESTIN et al., 2019; MARIMON et al., 2020).

Na região da área de estudo, o limite norte da PSA é representado pelo Complexo Barbacena, constituído por terrenos arqueanos-paleoproterozoicos intensamente retrabalhados que compõem o embasamento do Paleocontinente do São Francisco e sequências *greenstone belt* associadas. Em diversos trabalhos, o Complexo Barbacena é atribuído à porção norte do CCG.

Na região entre os terrenos do Complexo Barbacena e do Complexo Guaxupé, ocorrem litotipos intensamente deformados, organizados numa faixa/sequência com direção E-W a WNW-ESE, que recebeu diferentes denominações durante a evolução do conhecimento geológico e que marca a PSA (ZANARDO et al., 1996a, 2006) (Figura 3.16).

O desenvolvimento de mapeamentos em escalas mais detalhadas na área permitiu interpretar esta sequência de rochas como um prolongamento a sudeste do Grupo Araxá e/ou um prolongamento a noroeste do Grupo Andrelândia (ZANARDO, 1992; MORALES, 1993; ZANARDO et al., 1996a; ZANARDO et al., 2006; entre outros).

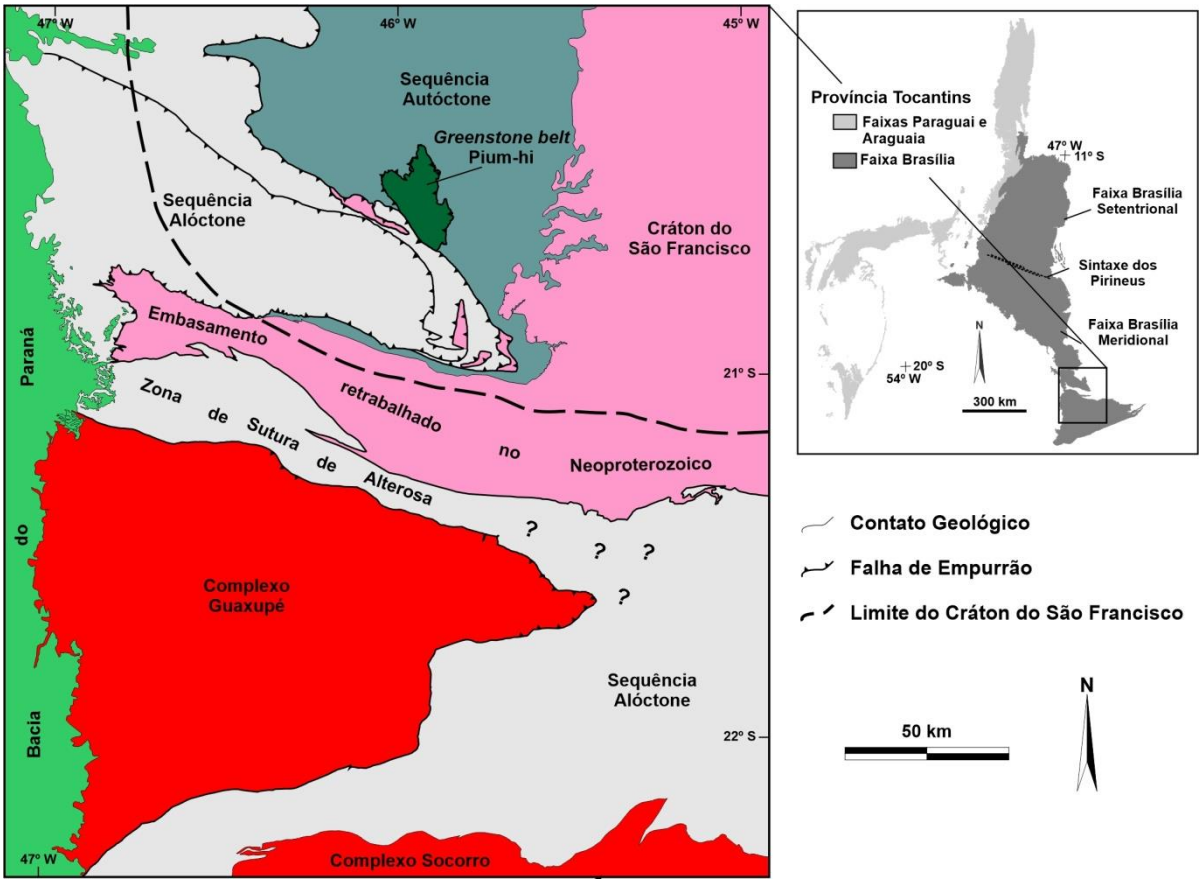


Figura 3.16 – Mapa geológico regional simplificado mostrando os terrenos associados a Paleozona de Sutura de Alterosa (Modificado de ZANARDO et al., 2006).

Os litotipos que ocorrem na PSA incluem metassedimentos pelíticos a psamíticos com intercalações de ortognaisses e granitoides, além de ocorrências de rochas metamáficas e metaultramáficas (interpretadas como parte de sequências ofiolíticas), afetadas pelo Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio. O metamorfismo atingiu condições de fácies granulito na porção sul da sequência, gradando para fácies anfibolito inferior em direção ao norte. A área de estudo está localizada na porção mais a sul da PSA, que compreende rochas de fácies granulito associada a ocorrências de lentes retroeclogíticas e de granulitos de alta pressão (ZANARDO, 1992; MORALES, 1993; DEL LAMA, 1993; DEL LAMA et al., 1994; ZANARDO et al., 1996a, 2006; LEME, 2019; LEME et al., 2019) (Figura 3.16).

3.4 Unidades Litoestratigráficas

A seguir são apresentadas as principais unidades litoestratigráficas que ocorrem na região da área de estudo, bem como os principais aspectos litológicos, estruturais, metamórficos e geocronológicos destas unidades, com a finalidade de compreender o arcabouço geológico da área.

Apesar dos litotipos em foco serem atribuídos ao Grupo Araxá (no contexto da PSA), a definição, extensão, limites, compartimentação interna e significado geotectônico dessa sequência de rochas não se encontram completamente estabelecidos na região da área de estudo. Os primeiros mapeamentos regionais na área incluíram, inicialmente, essa faixa de rochas como parte do Complexo Campos Gerais, como é apresentado ao longo dessa seção.

Neste trabalho não se pretende formalizar nenhuma proposta tectono-estratigráfica definitiva, visto a pequena área foco desta pesquisa, mas descrever a situação tectono-litológica em que se inserem as rochas em estudo para posterior discussão do seu significado geotectônico.

3.4.1 O Complexo Campos Gerais e sua correlação com o Grupo Araxá na área de estudo

O Grupo Araxá foi definido por Barbosa (1955), na região de Araxá, sob a denominação de Série Araxá, compreendendo um conjunto de rochas de caráter eugeossinclinal, composto por mica xistos, normalmente com granada, intercalados a quartzitos e migmatitos. Posteriormente, Barbosa et al. (1970) passaram a usar o termo "Grupo" para a referida unidade e restringiram o Grupo Araxá aos xistos com granada, rutilo, zircão, turmalina, cianita e estaurolita, intercalados aos quartzitos, considerando as rochas gnáissicas como um conjunto mais antigo.

Desde a definição de Barbosa et al. (1970), a utilização do termo "Grupo Araxá" vem sendo constantemente revisada por diversos autores, devido, principalmente, a dificuldade de se obter colunas estratigráficas guias que tenham valor regional, decorrentes da ampla distribuição do grupo e suas variações faciológicas, tanto de origem sedimentar quanto tectono-metamórfica.

Na região da área de estudo, o Grupo Araxá ocorre como uma faixa de aproximadamente 20 km de largura, que aflora entre o Complexo Barbacena (embasamento do Cráton do São Francisco) na região de Jacuí – Bom Jesus da Penha, a norte, e o Complexo Guaxupé na região de Santa Cruz do Prata – Juruaia – Monte Belo, a sul, interpretado como correspondente a PSA (ZANARDO et al., 1996a, 2006) (Figura 3.16).

Esse conjunto ocorre estruturado segundo a direção E-W a WNW-ESE, constituído por uma sequência metassedimentar psamo-pelítica, com intercalações de ortognaisses e granitoides sin-tectônicos, além de intercalações de rochas metamáficas/metaultramáfica interpretadas como uma sequência ofiolítica (ZANARDO, 1992; MORALES, 1993; DEL LAMA, 1993; ZANARDO et al., 1996a, b). A faixa atribuída ao Grupo Araxá apresenta

contato tectônico com o Complexo Guaxupé por meio da Zona de Cisalhamento Varginha ao sul e contato tectônico com o Complexo Barbacena pela Zona de Cisalhamento Riacho Fundo a noroeste, e pela Zona de Cisalhamento Petúnia a nordeste (ZANARDO, 2003, ZANARDO et al., 2006).

Parte desses litotipos foram atribuídos inicialmente ao Grupo Araxá por Brandalise et al. (1971) durante o mapeamento Folha do Rio de Janeiro (escala 1:250.000). Mapeamentos posteriores incluíram a faixa de rochas como parte do Complexo Campos Gerais (CCG).

O CCG foi definido durante a execução do Projeto Sapucaí entre 1974-1979 (escala 1:250.000) e representa um conjunto litológico bastante compartimentado tectonicamente, localizado entre o Cráton do São Francisco e o Maciço de Guaxupé. É constituído dominantemente por rochas metamórficas de fácies anfibolito, pertencente à Associação Barbacena (CAVALCANTE et al., 1977; 1979).

A Associação Barbacena, em termos do Projeto Sapucaí, incluiu unidades arqueanas e proterozoicas que afloram desde o Sistema de Falhas Mantiqueira (Falhas de Jundiuvira, Campos do Jordão e Sapucaí) até o Sistema de Falhas Canastra (Zona Cataclástica Campo do Meio), compartimentada nos complexos Socorro, Varginha, Paraisópolis, Andrelândia, Amparo, Campos Gerais, Itapira e São João del Rei.

De acordo com Cavalcante et al. (1979), o CCG é organizado em blocos tectônicos com geometrias diversas, em geral acunhados lateral e longitudinalmente (Figura 3.17), constituído por diversos tipos petrográficos, quase sempre com evidências de processo fluxional cataclástico. As litologias desse complexo foram correlacionadas a rochas da Formação Lambari do Grupo São João del Rei (faixa Coqueiral – Santana da Vargem – Nepomuceno) da faixa Araxaídes de Ebert (1957, 1968). Também foram correlacionadas a rochas atribuídas ao Grupo Araxá (na região entre Nova Resende e Jacuí) e ao seu respectivo embasamento por Brandalise et al. (1971) e Santos et al. (1977).

A compartimentação tectônica e a diversidade petrográfica da unidade permitiram a divisão das litologias em grandes domínios, incluindo: i) Domínio Conceição da Aparecida, predominado por rochas gnáissicas, com ocorrências localizadas de mica xistos e fácies com evidências de processos fluxionais cataclásticos e plásticos; ii) Domínio Jacuí, sob o qual foram incluídos corpos de metaultrabasitos xistosos e anfibolitos frequentemente encaixados em rochas miloníticas e mica xistos; e iii) Domínio Nova Resende, composto por unidades granitoides a biotita, muscovita e hornblenda, associadas a migmatitos, além de rochas gnáissicas de aspecto ortognáissico e lentes quartzíticas milonitizadas, incluindo ainda uma estruturação de rochas granulíticas na região de Nova Resende (CAVALCANTE et al., 1979).

No CCG também ocorre uma extensa zona de falhamentos, de caráter compressivo, denominada de Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio. O cinturão é constituído por estruturas que mostram tectonismo rúptil e traços de falhamentos e inclui uma zona tectonítica composta por grande incidência de rochas cataclásticas (CAVALCANTE et al., 1979). Os falhamentos são frequentemente transcorrentes ou mistos, muitas vezes sobrepondo-se aos falhamentos inversos e formam um mosaico estrutural bastante complexo, gerando as formas acunhadas dos blocos. O Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio corresponde a Zona Rúptil Cássia-Barbacena de Wernick e Fiori (1981).

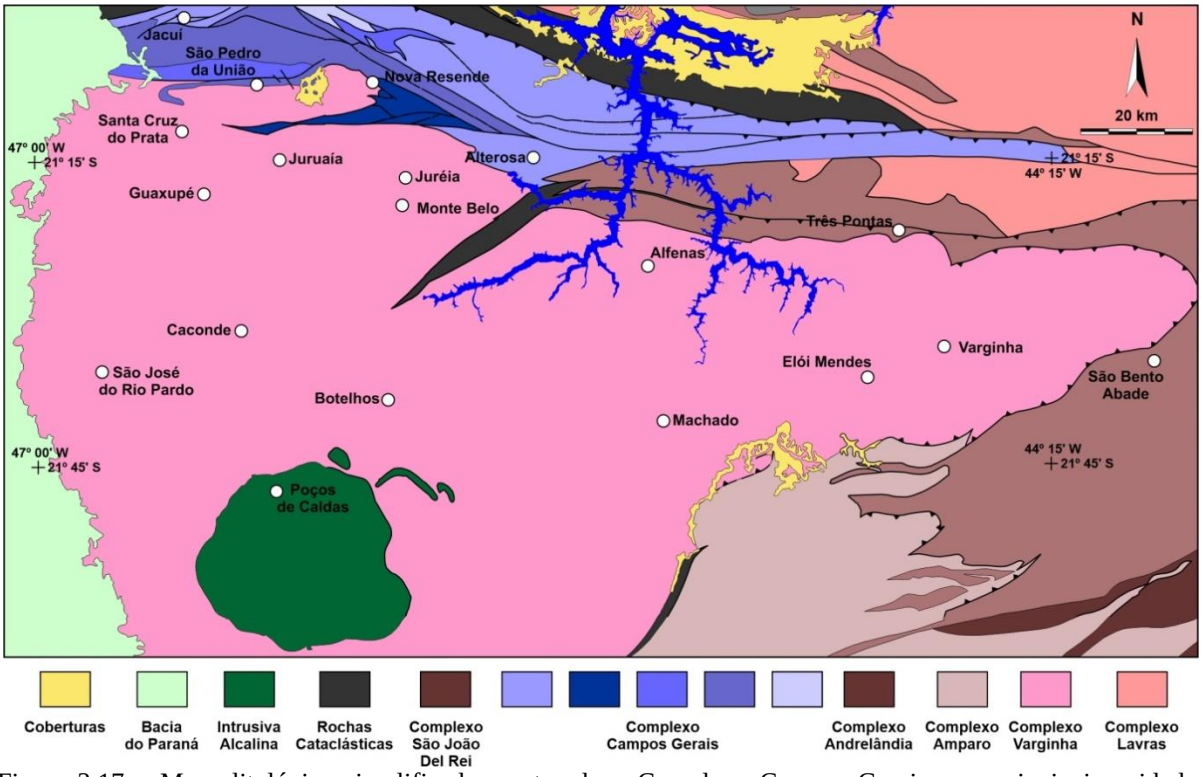


Figura 3.17 – Mapa litológico simplificado mostrando o Complexo Campos Gerais e as principais unidades geológicas adjacentes segundo o Projeto Sapucaí (Modificado de CAVALCANTE et al., 1979).

O Projeto "Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF.24) e Iguape (SG.23)", em escala 1:1.000.000, atribuiu o CCG a um conjunto de rochas heterogêneas, provavelmente associadas a diferentes ciclos geotectônicos, que não puderam ser correlacionadas às unidades adjacentes (FONSECA et al., 1979).

Na Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, o CCG ocorre sob a forma de cunha estreita, orientada segundo a direção WNW/ESE, adelgaçada na direção leste e interdigitada com os gnaisses migmatíticos do Complexo Barbacena. O limite norte da unidade é estendido até a região de Alpinópolis, onde faz contato tectônico por uma superfície de empurrão com as rochas do Grupo Canastra (Figura 3.18).

De acordo com Fonseca et al. (1979), as litologias descritas no CCG são heterogêneas, dominando gnaisses com feições variadas. Os mica xistos ocorrem como corpos subordinados aos gnaisses, são em geral granatíferos, associados a quartzitos e frequentemente dispostos em faixas descontínuas entre os gnaisses miloníticos. Ocorrem também rochas básicas e ultrabásicas, principalmente na região de Conceição da Aparecida, Nova Resende e Jacuí, entre as quais está incluído o maciço ultrabásico Morro do Níquel.

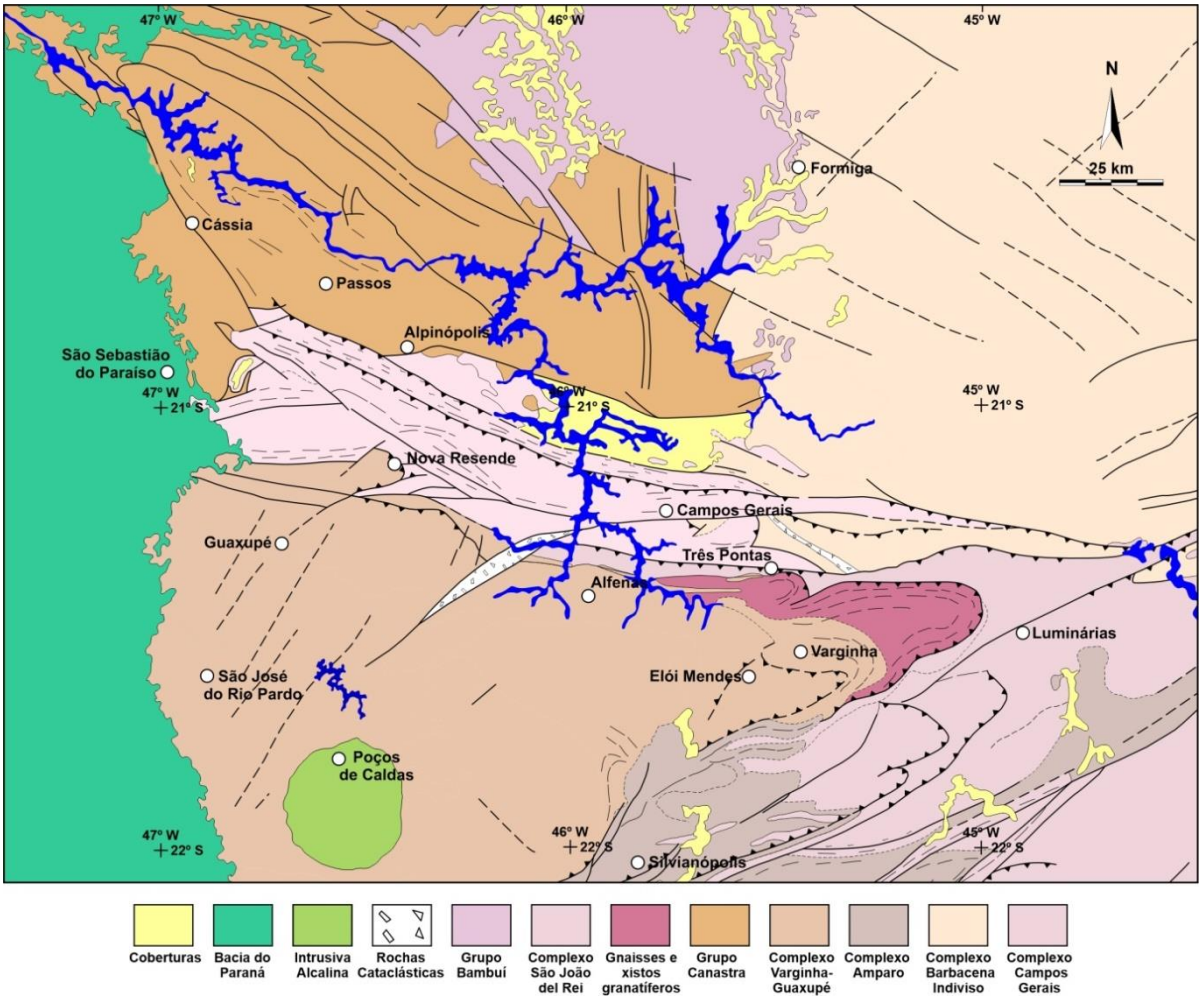


Figura 3.18 – Mapa geológico simplificado com destaque para o Complexo Campos Gerais e unidades geológicas adjacentes de acordo com o Projeto "Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF.24) e Iguape (SG.23)" (Modificado de FONSECA et al., 1979).

Nos arredores do município de Fortaleza de Minas, Teixeira (1978) e Teixeira e Danni (1979a, b) caracterizaram litotipos associados a sequências vulcano-sedimentares, sob a denominação de Sequência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro. Para os autores, a sequência vulcano-sedimentar corresponde a remanescentes de um *greenstone belt* disrupto, organizado como uma faixa descontínua orientada próxima a direção W-NW, encaixado em ortognaisses, migmatitos e rochas miloníticas do CCG. O maciço ultrabásico Morro do Níquel foi incluído como unidade base da Sequência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro.

Dados geocronológicos Rb-Sr obtidos por Hama et al. (1979) em gnaisse do CCG mostraram idade de 1.703 ±59 Ma. Wernick et al. (1981a) conduziram um estudo de reavaliação dos dados geocronológicos disponíveis e obtiveram novos dados de unidades geológicas no nordeste do estado de São Paulo e sul/sudoeste do estado de Minas Gerais. Os novos dados geocronológicos indicaram uma isócrona Rb-Sr de 2.918 ±105 Ma em neossoma de migmatito nos arredores de Fortaleza de Minas (WERNICK et al., 1981a).

No Projeto "RADAMBRASIL – Folhas SF. 23/24 – Rio de Janeiro/Vitória" (escala 1:250.000), Machado Filho et al. (1983) mantiveram a denominação de CCG para um conjunto de gnaisses miloníticos, filonitos, granitoides cataclasados, metabasitos e calcossilicatadas que ocorrem ao norte das cidades de Alterosa e Alfenas até a altura dos municípios de Boa Esperança e São Sebastião do Paraíso, estendendo-se até as proximidades de Lavras. Nesse projeto, a unidade é limitada a norte pelo Complexo Barbacena, recoberto pelas rochas dos grupos Canastra e Andrelândia e a sul pelos metassedimentos do Grupo Andrelândia (Figura 3.19). Incluso nos gnaisses dessa unidade também foi descrito a sequência *greenstone belt* Grupo Fortaleza de Minas, correspondente a Sequência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro de Teixeira (1978) e Teixeira e Danni (1979), além de diversas lentes alongadas atribuídas a rochas do Grupo Canastra.

A distribuição espacial das rochas vulcano-sedimentares do Grupo Fortaleza de Minas nesse projeto se estende para sudeste até a cidade de Nova Resende, organizada na forma de duas faixas, uma de direção WNW-ESE, que se inicia nos arredores de Fortaleza de Minas e a outra, de direção próxima a E-W, que se estende de Jacuí até Petúnia (MACHADO FILHO et al., 1983) (Figura 3.19). Essas sequências semelhantes ao Grupo Fortaleza de Minas nos arredores de Jacuí, Bom Jesus da Penha e sul de Alpinópolis também foram reconhecidas por Choudhuri et al. (1979, 1983) e por Morales et al. (1983).

Determinações isotópicas Rb-Sr em rocha total, obtidas pelo Projeto RADAMBRASIL, apresentaram a idade de 1.571 ±54 Ma para um granitoide cataclasado no complexo. Esses dados atribuíram a unidade constituição por rochas mais antigas, até mesmo arqueanas, provavelmente submetidas a tectonismo durante o Ciclo Transamazônico. As idades radiométricas apresentadas correspondem ao evento de fechamento de um mar existente a sul da região cratônica, que provocou deformação cataclástica e milonitização numa faixa do embasamento antigo, originando o CCG (MACHADO FILHO et al., 1983).

No mapa geológico do Projeto RADAMBRASIL, a distribuição do CCG corresponde, em grandes traços, ao apresentado por Fonseca et al. (1979) no Projeto "Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo".

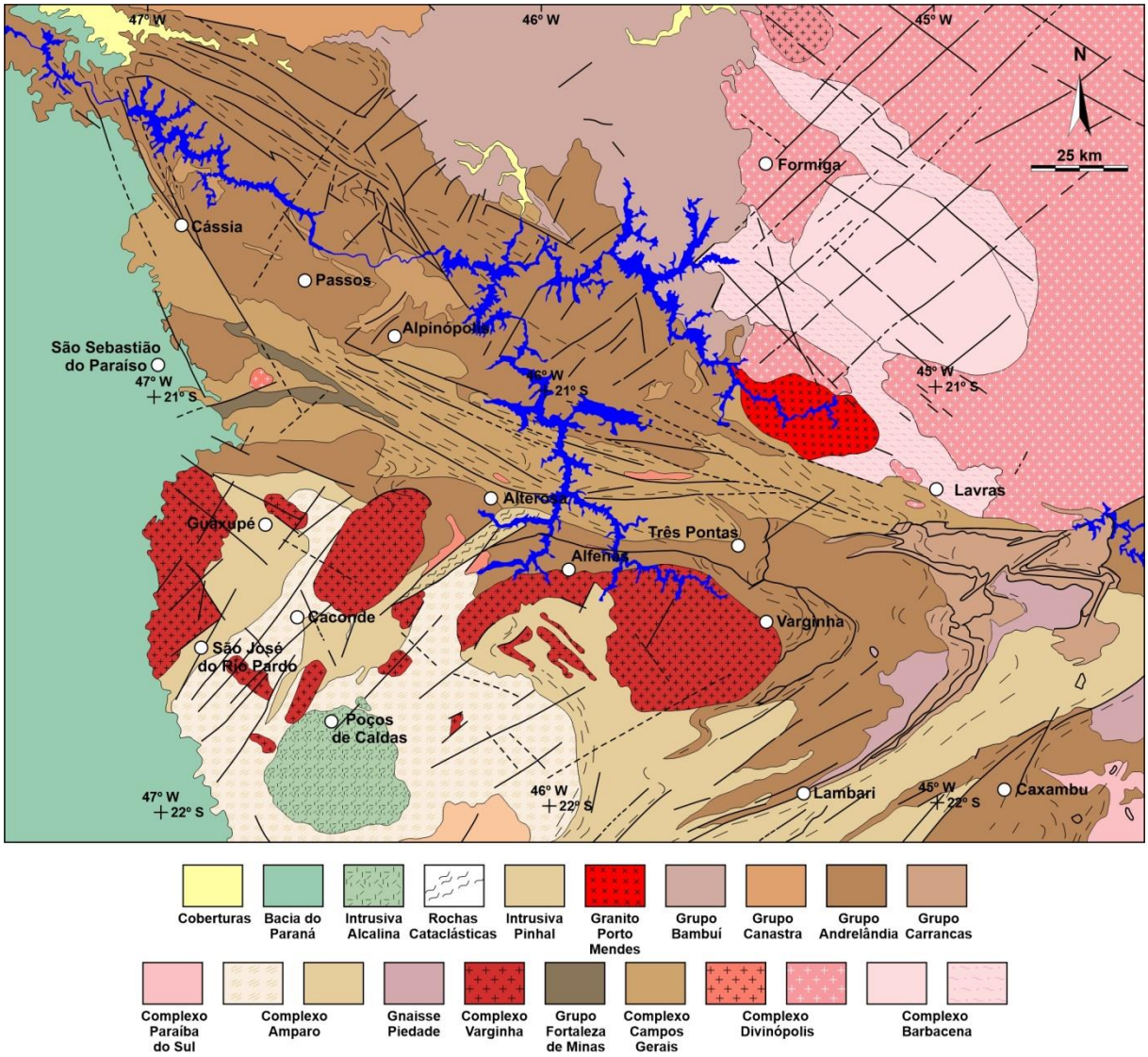


Figura 3.19 – Mapa geológico simplificado com destaque para o Complexo Campos Gerais e unidades geológicas limítrofes segundo o Projeto "RADAMBRASIL – Folhas SF. 23/24 – Rio de Janeiro/Vitória (Modificado de MACHADO FILHO et al., 1983).

Mapeamentos de semi-detalhe (escala 1:50.000) foram realizados pelo Departamento de Petrologia e Metalogenia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Unesp de Rio Claro em convênio com o Departamento Nacional de Produção Mineral na região de Cássia – São Sebastião do Paraíso – Fortaleza de Minas – Jacuí – Bom Jesus da Penha – São Pedro da União – Nova Resende – Alpinópolis. Os resultados desses mapeamentos foram apresentados no "Projeto Jacuí" (CHOUDHURI et al., 1979) e "Projeto Alpinópolis" (OLIVEIRA et al., 1980).

Os produtos desses mapeamentos foram apresentados de forma resumida por Morales et al. (1983) e Oliveira et al. (1983). A distribuição das unidades geológicas de sul para norte incluiu: o Complexo Varginha-Guaxupé, o CCG que contém a Sequência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro e o conjunto alóctone metassedimentar Grupo Araxá-Canastra mais a norte.

Esses trabalhos de mapeamento descreveram o CCG como uma unidade constituída principalmente por migmatitos, granodioritos e granitos, com intercalações lenticulares de quartzitos, gnaisses anfibolíticos e anfibolitos, além de rochas metaultrabásicas e gonditos, geralmente metamorfisados em condições de fácies anfibolito. Para Morales et al. (1983) e Oliveira et al. (1983), as litologias que compõem o complexo representam uma extensão com feições particulares do Grupo/Complexo Barbacena, distinguidas pelo intenso retrabalhamento dos seus litotipos. Também foram incluídas uma série de ocorrências de rochas metamáficas/metaultramáficas e metassedimentares associadas à Sequência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro. Esses litotipos ocorrem como corpos estreitos e alongados, organizados em uma faixa descontínua concordante com a estruturação regional, normalmente intercalados com os migmatitos.

Morales et al. (1983) e Oliveira et al. (1983) agruparam as falhas presentes no CCG em dois conjuntos principais: o primeiro com direção geral NW-SE, associado às rochas cataclásticas, representadas pela Zona Rúptil Cássia-Barbacena. O outro conjunto apresenta direções E-W, representado principalmente pela Falha de Campos Gerais.

Para Wernick e Artur (1983a, b) e Artur e Wernick (1984), o CCG representa uma unidade brasiliana, essencialmente cataclástica, constituída por litologias atribuíveis ao Grupo Barbacena, sequências vulcano-sedimentares, Complexo Varginha-Guaxupé, Grupo Amparo e Grupo Pinhal, associadas a remanescentes de sequências de supracrustais, afetadas pela Zona Rúptil Cássia-Barbacena. Os autores caracterizaram a unidade como uma associação de retrabalhamento brasiliana, modificada a partir do retrabalhamento por cataclase, laminação tectônica e lineagênese de associações originais de idade arqueana e associações secundárias transamazônicas, resultado da movimentação em direção ao Cráton do São Francisco e do imbricamento tectônico da cunha de Guaxupé, relacionada à fase tafrogênica do final do Pré-Cambriano Inferior.

As diferenças metamórficas e variações faciológicas reconhecidas por Teixeira et al. (1984) nos domínios das sequências vulcano-sedimentares conduziram a um estudo mais detalhado das faixas. Uma nova divisão estratigráfica foi apresentada por Teixeira et al. (1987), na qual foram individualizadas três faixas principais, a de Fortaleza de Minas (área-

tipo da Sequência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro), constituída pelas unidades Morro do Níquel e Morro do Ferro; a Faixa de Alpinópolis; e a Faixa Bom Jesus da Penha – Jacuí, composta pelas unidades Colônia e Serra da Ibituruna.

O amplo predomínio de rochas metassedimentares psamo-pelíticas e o metamorfismo de grau mais alto, de fácies anfibolito superior a pressões mais elevadas na faixa Bom Jesus da Penha – Jacuí, levaram Teixeira et al. (1987) a propor uma nova possibilidade de interpretação geotectônica para a faixa. Teixeira et al. (1987) apresentaram a ideia de que esta faixa não faria parte de uma sequência *greenstone belt*, mas constituiria terrenos dominados por faixas de alto grau, distintos da sequência vulcano-sedimentar.

A grande variedade litológica e a diversidade das feições estruturais e do metamorfismo no que era compreendido como parte do CCG levaram a elaboração de várias propostas de compartimentação interna da unidade em domínios e a tentativa de estabelecer relações entre os litotipos, modelos tectono-estratigráficos e geodinâmicos.

Crósta et al. (1986) estabeleceram relações entre os tipos litológicos e as estruturas regionais associadas na região do CCG. Os autores propuseram a divisão de domínios de associações litológicas como conjuntos de rochas internamente consistentes quanto aos litotipos presentes, metamorfismo e características estruturais, que puderam ser individualizados em imagens de satélite e no campo.

O CCG foi pormenorizado em três domínios principais: Domínio dos Terrenos Tipo Granito-*Greenstone* e Terrenos Migmatíticos, que ocorre predominantemente na porção norte da unidade; Domínio de Terrenos de Gnaisses e Paragnaisses, que ocupa grande extensão do complexo e domina na porção sul da unidade em questão; e Domínio de Granitos Individualizados, correspondente a corpos isolados de rochas granitoides, inclusas no Domínio dos Terrenos de Gnaisses e Paragnaisses (CRÓSTA et al., 1986). Ainda é individualizado um domínio de coberturas metassedimentares a norte do complexo, correspondente ao Grupo Araxá-Canastra (Figura 3.20). Para Crósta et al. (1986), é provável que porções de rochas do Domínio de Gnaisses e Paragnaisses seja correlacionável aos metassedimentos dos grupos Andrelândia-São João del Rei e Araxá-Canastra.

Os trabalhos que se seguiram no CCG e áreas adjacentes, principalmente os de cunho estrutural e metamórfico, passaram a compartimentar o complexo em dois grandes domínios/unidades lito-estratigráficas. Um domínio a norte, informalmente chamado de Bloco/Domínio Norte, incluindo terrenos gnáissicos-graníticos-*greenstone* de idade arqueana; e outro domínio a sul, informalmente denominado de Bloco/Domínio Sul, compreendendo dominantemente metassedimentos psamo-pelíticos metamorfisados em condições de fácies

anfibolito intermediário a alto, de provável idade proterozoica, no qual está incluída a área de estudo. As propostas de compartimentação do complexo mostraram algumas diferenças e modificações quanto às divisões e interpretações dos domínios, mas frequentemente ressaltaram as dissemelhanças entre os litotipos metamáficos/metaultramáficos de Fortaleza de Minas e Alpinópolis dos de Jacuí - Bom Jesus da Penha - Conceição da Aparecida e também a possível correlação do conjunto meridional com os grupos Araxá-Canastra e Andrelândia.

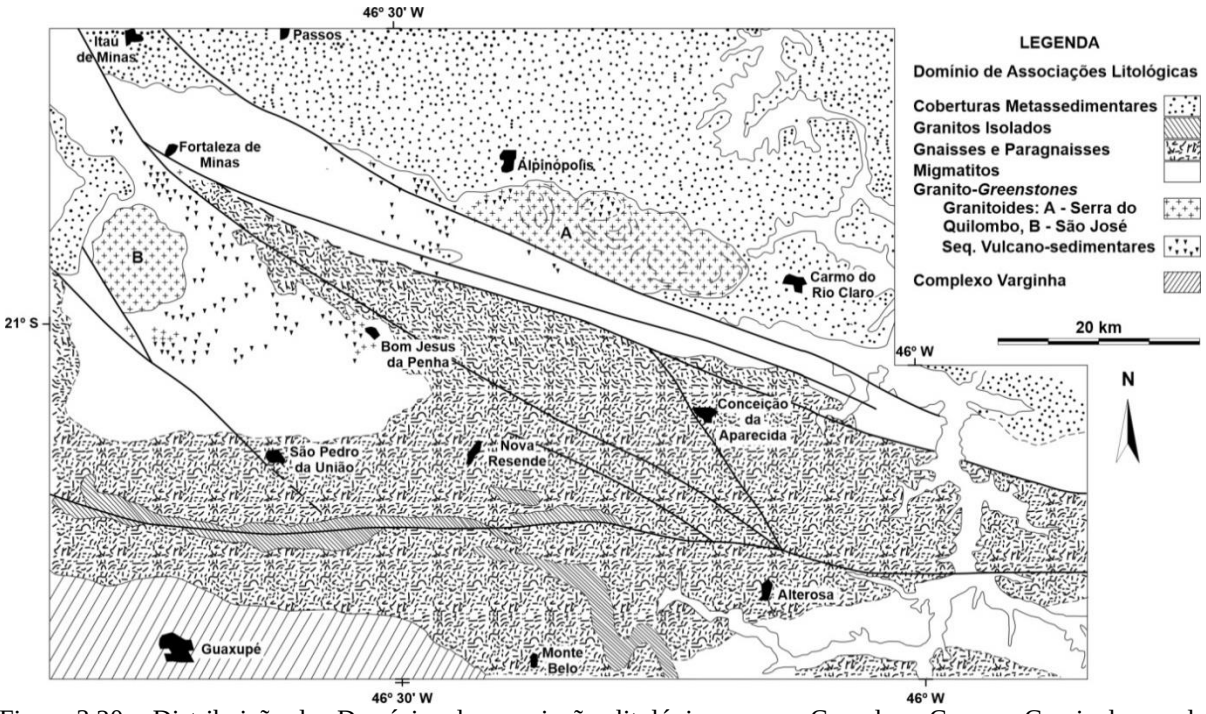


Figura 3.20 – Distribuição dos Domínios de associações litológicas para o Complexo Campos Gerais de acordo com Crósta et al. (1986).

Soares et al. (1990) dividiu a unidade em Complexos de Migmatitos e Granitos Gnáissicos e Complexos de Paragnaisses-Migmatitos. Os Complexos de Migmatitos e Granitos Gnáissicos ocorrem na porção setentrional do CCG, a norte do município de Jacuí e a sul da cidade de Alpinópolis. Além de litologias migmatíticas e gnaisses de origem ortoderivada, este domínio inclui as associações de terrenos *greenstone* de Fortaleza de Minas, Alpinópolis e Petúnia, geralmente preservados nos núcleos das sinformes.

Os Complexos de Paragnaisses-Migmatitos ocupam a parte meridional do CCG, limitados a sul pelas litologias do Grupo Varginha-Guaxupé. Os paragnaisses são constituídos por granada e cianita, com intercalações de quartzitos, anfibolitos granatíferos, gnaisses granodioríticos e migmatitos, que ocorrem como faixas com direções próximas de leste-oeste. A faixa de rochas metamáficas/metaultramáficas de Jacuí-Bom Jesus da Penha foi incluída neste conjunto, não atribuível aos terrenos *greenstone belt* (SOARES et al., 1990). A geração

dos protólitos deste domínio de Complexos de Paragnaisses-Migmatitos é correlata com o mesmo ciclo do Grupo Araxá, em continuação física com esta unidade.

Schrank et al. (1990) e Roig e Schrank (1992) compartimentam o CCG em dois grandes domínios tectono-estratigráficos, o dos terrenos autóctones (embasamento arqueano) a norte e o dos terrenos alóctones (rochas supracrustais retrabalhadas) a sul, considerando principalmente a análise cinemática das estruturas tectônicas e os dados geocronológicos existentes.

Os terrenos autóctones correspondem a associações do tipo granito-*greenstone*, incluindo as faixas vulcano-sedimentares de Fortaleza de Minas e Alpinópolis, encaixadas em ortognaisses granodioríticos-tonalíticos e migmatitos, constituindo o CCG. Este cinturão ocorre como uma faixa de direção WNW, com largura média de 30 km, estendendo-se por cerca de 180 km, de Itaú de Minas a Lavras, correspondendo aproximadamente ao Domínio Granito-*Greenstone* de Crósta et al. (1986) (SCHRANK et al., 1990).

Os terrenos alóctones equivalem a parte sul da unidade e de acordo com Schrank et al. (1990), são atribuídos a porção externa do Complexo de *Nappes* Guaxupé, constituída pela Sequência de Paragnaisses. Esta sequência agrupa principalmente biotita gnaisses, contendo intercalações variadas de xistos pelíticos e psamíticos, além de corpos de metagabros e metaultramáficas e de formações ferríferas e gonditos. Segundo Roig e Schrank (1992), as rochas metamáficas e metaultramáficas atribuídas a este domínio formam uma faixa descontínua de Jacuí a Conceição da Aparecida e apresentam diferenças litológicas e metamórficas em relação aos litotipos encontrados nas sequências *greenstone belts* a norte.

Refinamentos posteriores realizados por Roig (1993) mantiveram a definição do Cinturão Campos Gerais (SCHRANK et al. 1990) para a porção norte, interpretada como terrenos pertencentes à infra-estrutura (correspondente ao embasamento), compartimentado em três subdomínios: i) Ortognáissico-Migmatítico; ii) Sequências Vulcano-Sedimentares; e iii) Corpos Granitoides Intrusivos. Os terrenos ao sul, pertencentes a supra-estrutura, foram denominados pelo mesmo autor de Complexo Petúnia, incluindo gnaisses paraderivados, com intercalações variadas de xistos psamíticos e pelíticos, além de corpos de metagabros e metaultramáficas, e foram subdivididos em duas unidades: i) Unidade Gnáissica; e ii) Unidade Metassedimentar-Metaultramáfica.

A estruturação dos domínios setentrional e meridional do CCG também mostrou características distintas. A norte foram descritas zonas de cisalhamento de alto ângulo, associadas a uma evolução tectono-termal polifásica, sob condições variando de fácies anfibolito superior a xisto-verde. A sul, as zonas de cisalhamento mostraram médio/baixo

ângulo e as feições estruturais-metamórficas dos litotipos indicaram evolução monofásica, com pico termal em fácies anfibolito superior (SCHRANK et al., 1990; SOARES et al., 1991; ROIG e SCHRANK, 1992; ROIG, 1993; SZABÓ et al., 1993).

Dentro deste contexto, o Cinturão Campos Gerais representaria o prolongamento do Complexo Barbacena para oeste, parcialmente retrabalhado. A sul, o Complexo Petúnia seria correlacionável a porções basais do Grupo Andrelândia e/ou Grupo Araxá, com afinidades com a Faixa de Dobramentos Alto Rio Grande (SCHRANK et al., 1990; ROIG e SCHRANK, 1992; ROIG, 1993; SZABÓ et al., 1993), incluindo a área de estudo.

O detalhamento geológico das concentrações de rochas metaultramáficas/metamáficas atribuídas até então ao CCG também contribuíram para dividir a unidade em dois grandes domínios. No Domínio Norte, os metaultramafitos de Fortaleza de Minas e Alpinópolis são caracteristicamente de filiação komatiítica, com texturas do tipo *spinifex* localmente preservadas, acompanhados de formações ferríferas bandadas e mineralizações de sulfetos de Fe-Ni-Cu. Já os metaultramafitos do Domínio Sul, que inclui a faixa Jacuí - Bom Jesus da Penha - Conceição da Aparecida, ocorrem como corpos lenticulares-tabulares delgados e disruptos, intercalados à sequência de rochas metassedimentares psamo-pelíticas contendo cianita e apresentam um padrão de deformação mais acentuado, acompanhados de corpos de cromititos podiformes (SZABÓ, 1989, 1996; SOARES et al., 1990, 1991; SCHRANK et al., 1990; ZANARDO et al., 1990; ROIG e SCHRANK, 1992; ZANARDO, 1992, 2003; SZABÓ et al., 1992, 1993; ROIG, 1993). Essas diferenças petrográficas, estruturais e de associação litológica, em congruência com alguns estudos litogeoquímicos, levaram a interpretação das metaultramáficas/metamáficas do Domínio Sul como representantes de complexos estratiformes e/ou de uma sequência ofiolítica desmembrada pela tectônica colisional, que foram embutidas tectonicamente ao longo de uma zona de sutura que separa os terrenos graníticos-gnáissicos-migmatíticos com *greenstone belts* intercalados, a norte, dos terrenos paragnáissicos a sul (ZANARDO, 1992, 2003; ROIG e SCHRANK, 1992; ROIG, 1993; CHOUDHURI et al., 1995).

Zanardo (1992) realizou uma extensa análise petrográfica, estratigráfica e microestrutural dos litotipos do CCG e áreas adjacentes e também fez uma revisão detalhada dos dados até então disponíveis de projetos de mapeamentos anteriores desenvolvidos nesta área pelo DPM-IGCE-Unesp. Esse estudo resultou num mapa geológico na escala de 1:180.000, que é utilizado como base para este trabalho de pesquisa.

No mapa geológico de Zanardo (1992), o CCG representa um núcleo alongado na direção WNW-ESE, limitado a norte por uma superfície de cavalgamento com os

metassedimentos do Grupo Araxá-Canastra (localizada logo a sul do município de Alpinópolis) e delimitado a sul por uma superfície de cavalgamento marcada pela Zona de Cisalhamento Varginha (a norte da cidade de Guaxupé) dos litotipos do Complexo Varginha-Guaxupé.

O CCG também foi compartimentado em dois grandes domínios, um a norte e outro a sul, separados pelas zonas de cisalhamento Riacho Fundo e Mumbuca, localizadas logo a norte das cidades de Jacuí e Bom Jesus da Penha. Esses dois domínios foram subdivididos em várias sub-unidades de mapeamento, de acordo com o predomínio de determinado litotipo ou associação litológica, normalmente controlados por zonas de cisalhamento ou por falhas (ZANARDO, 1992).

O domínio a norte é representado por um conjunto de terrenos gnáissicos-graníticos-*greenstone*, que inclui o Cinturão Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro, além de intercalações tectônicas do Grupo Araxá-Canastra, mais frequentes na porção setentrional deste domínio. O domínio a sul é constituído por um conjunto de metassedimentos intercalados com migmatitos e gnaisses graníticos, exibindo condições de metamorfismo de grau médio a alto e regime bárico médio a alto. O domínio sul também inclui o cinturão de rochas máficas e ultramáficas, possível correspondente de uma sequência ofiolítica, que delimita o contato entre os Domínios Norte e Sul. O conjunto de litologias do domínio sul foi atribuído ao Grupo Araxá-Canastra (ZANARDO, 1992).

O trabalho de Zanardo (1992) também destacou o caráter heterogêneo do metamorfismo em ambos domínios, condicionado, principalmente, pelos processos de retrometamorfismo de grau variável, provocados pela atuação das zonas de cisalhamento e dos falhamentos tardios.

Trabalhos de Morales et al. (1991) e Morales (1993) mostraram a intensa deformação dos domínios do CCG ao longo das zonas de cisalhamento dúcteis, descrevendo um padrão de faixas miloníticas estreitas, contínuas e anastomosadas.

Morales (1993) realizou uma análise estrutural, geométrica e cinemática detalhada do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio e a relação deste cinturão com as unidades geológicas que afetou. O arranjo litológico, a assinatura estrutural e o quadro da lineação e dos indicadores de rotação, levaram ao reconhecimento de dois domínios dentro do CCG.

O domínio a norte foi denominado de Campos Gerais e representa o embasamento do Bloco Brasília. Esse domínio é constituído por gnaisses, migmatitos e granitoides, além de enclaves tectônicos das sequências metavulcano-sedimentares tipo *greenstone belt* (Sequência Morro do Ferro) e metassedimentares (Grupo Araxá-Canastra). A estrutura desse domínio é

marcada pelo desenvolvimento de zonas de cisalhamento empinadas, dúctil a rúptil, contornando porções migmatíticas menos deformadas. A orientação geral das zonas de cisalhamento é N70W/85SW, com lineações sub-horizontais e movimento sinistral (MORALES, 1993). Para Morales (1993), as características desse conjunto mostram correspondência litológica com o Complexo Barbacena, denominação que considerou mais adequada para o Domínio Campos Gerais, uma vez que preserva as características de embasamento arqueano com supracrustais, modificadas ao longo de zonas de cisalhamento ligadas ao Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio.

A sul, ocorre o chamado Domínio Santa Cruz do Prata – Jacuí, compreendido entre Jacuí e Juruaia, constituído por gnaisses orto- e paraderivados, granitoides sin-tectônicos e rochas máficas/ultramáficas associadas. Esse domínio representa a porção limítrofe entre os Blocos São Paulo (Complexo Varginha-Guaxupé) e Brasília (Complexo Barbacena), já integrado aos domínios do segundo bloco (blocos em termos da definição de Haralyi e Hasui (1982a, b)). A foliação apresenta orientação geral N75W/60SW, portadora de lineação sub-horizontal. As zonas de cisalhamento, representadas por maior deformação, tem orientação geral mais próxima a E-W (MORALES, 1993). Para Morales (1993), esse conjunto corresponde à extensão para leste do Grupo Araxá-Canastra e também à extensão para oeste da Faixa Alto Rio Grande, por meio do Grupo Andrelândia. O autor sugere que seria mais adequado uma terminologia de cunho regional para nomear este domínio, como Grupo Araxá-Canastra ou Grupo Andrelândia.

Os sistemáticos estudos litológicos, estruturais e metamórficos no CCG, em concordância com os dados litogeoquímicos, geofísicos e geocronológicos existentes, permitiram que Zanardo et al. (1996a) dividisse oficialmente o complexo em duas unidades com evoluções distintas e mapeáveis, mesmo em escalas menores que 1:50.000, como já vinha sendo discutido ao longo dos trabalhos de Morales et al. (1983), Crósta et al. (1986), Schrank et al. (1990), Soares et al. (1990), Roig e Schrank (1992), Zanardo (1992), Morales (1993), Roig (1993) e Del Lama (1993).

Zanardo et al. (1996a) enfeixaram a unidade correspondente a porção norte do CCG ao Complexo Barbacena, representada por terrenos granito-*greenstone*, de idade arqueana, parcialmente retrabalhados pela atuação das zonas de cisalhamento dúcteis a dúcteis/rúpteis. De acordo com os autores, essa porção corresponde à borda de uma entidade cratônica envolvida em uma colisão continental e representa o prolongamento para oeste do Complexo Barbacena, sendo, por este motivo, assim denominado (Figura 3.21).

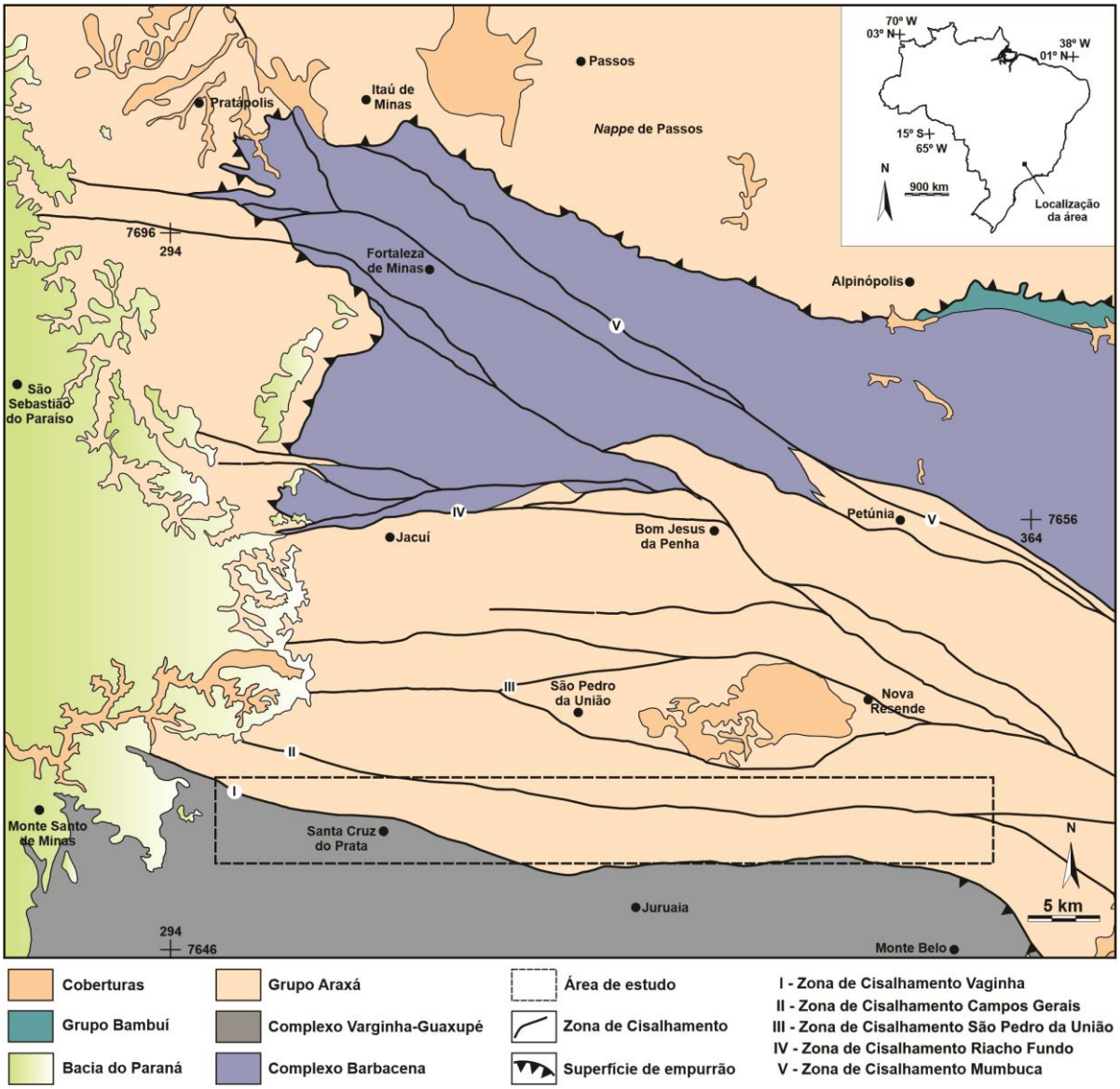


Figura 3.21 – Mapa geológico simplificado da região do Complexo Campos Gerais mostrando os limites entre o Grupo Araxá, Complexo Varginha-Guaxupé e o Complexo Barbacena. (Modificado de ZANARDO, 1992, 2003; ZANARDO et al. 1996a).

A outra unidade, correspondente a parte sul do CCG, ocorre embutida tectonicamente entre o antepaís representado pelo Complexo Barbacena e os terrenos associados à crosta inferior do Complexo Varginha-Guaxupé, denominada de Grupo Araxá, no qual está incluída a área de estudo. Essa porção ocorre formando uma faixa estruturada na direção WNW/ESE e equivale a uma sequência metavulcano-sedimentar correlacionável por critérios litológicos, metamórficos e estruturais às porções intermediárias e superiores da unidade alóctone do Grupo Araxá (ZANARDO et al., 1996a). Para Zanardo et al. (1996a), as maiores diferenças entre os litotipos dessa porção e da unidade do Grupo Araxá a norte (região de Passos), são a presença marcante de rochas ultramáficas e de granitos sin-colisionais frequentemente alojados em zonas de cisalhamento. Apesar da sequência apresentar continuidade física com

as unidades que ocorrem a leste (Grupo Andrelândia e São João del Rei), Zanardo et al. (1996a) mantém o termo "Grupo Araxá" por ser uma denominação mais antiga.

Separando as duas unidades, ocorrem zonas de cisalhamento de mergulhos moderados a altos, que promovem intercalações tectônicas entre as rochas dos dois conjuntos. No limite norte do Grupo Araxá, ocorre uma faixa rica em rochas máficas/ultramáficas, localmente associada a formações ferríferas e outros possíveis sedimentos químicos ou de águas profundas, posicionada na PSA. Essas características, em consonância ao contexto geológico, sugerem que essa faixa representa uma sequência ofiolítica intensamente tectonizada, de colocação tectônica profunda (ZANARDO et al., 1996a, c), como já sugerido por Roig e Schrank (1992), Zanardo (1992), Roig (1993). Zanardo et al. (1996a) mantiveram as sub-unidades de mapeamento propostas por Zanardo (1992) para essa sequência de rochas atribuídas ao Grupo Araxá.

Visto o que foi apresentado ao longo dos trabalhos a respeito da evolução do conhecimento do CCG até sua divisão bem estabelecida em duas unidades mapeáveis, nesta tese é utilizada a denominação de Complexo Barbacena para o que foi identificado como Domínio Norte/Autóctone do CCG, interpretado como embasamento do Cráton do São Francisco associado aos terrenos *greenstone belts*; e a denominação de Grupo Araxá para o que foi identificado como a Porção Sul/Domínio Alóctone do CCG, onde está localizada a área de estudo, no contexto da PSA (Figura 3.21). Maior detalhamento a respeito dos litotipos, feições estruturais, dados geoquímicos, geotermobarométricos e geocronológicos existentes até o momento para a área de estudo são apresentados na próxima subseção.

3.4.1.1 O Grupo Araxá entre o Complexo Barbacena e o Complexo Guaxupé

Diversos trabalhados realizados na região do CCG sugeriram a correspondência do Domínio Sul do conjunto com as sequências metassedimentares proterozoicas dos grupos Araxá-Canastra e Andrelândia (TROUW et al., 1984; CRÓSTA et al., 1986; HASUI et al., 1988; SCHRANK et al., 1990; SOARES et al., 1990; ROIG e SCHRANK, 1992; ZANARDO, 1992, 2003; ROIG, 1993; MORALES, 1993; DEL LAMA, 1993; DEL LAMA et al., 1994; ZANARDO et al. 1996a, b, 2006).

Entre o Complexo Barbacena e sequências *greenstone belt* associadas (embasamento do Cráton do São Francisco) e os terrenos do Complexo Guaxupé ocorre uma faixa de rochas com deformação intensa constituída por litotipos atribuídos ao Grupo Araxá, que representa a PSA (ALMEIDA et al., 1980; HARALYI e HASUI, 1982a; HARALYI et al., 1985;

ZANARDO, 1992; MORALES, 1993; MALAGUTTI FILHO et al., 1996; ZANARDO et al., 1996, 2006; EBERT, 2005).

Nessa região, o Grupo Araxá é constituído por rochas metassedimentares intercaladas com rochas ortoderivadas, além de intercalações subordinadas de rochas metamáficas e metaultramáficas, metamorfisados em condições de fácies anfibolito a granulito, no campo de estabilidade da cianita (ZANARDO, 1992, 2003; DEL LAMA, 1993; DEL LAMA et al., 1994; ZANARDO et al., 1996, 2006; LEME, 2019; LEME et al., 2019).

As análises litoestratigráficas, petrográficas e microestruturais detalhadas de Zanardo (1992) permitiram a compartimentação do Grupo Araxá nessa região em blocos/faixas, delimitados por zonas de cisalhamento de alto ângulo, dispostas mais ou menos subparalelamente, representando grandes unidades de mapeamento (Figura 3.22).

As unidades de mapeamento foram definidas de acordo com as associações litológicas, características petrológicas e tectono-metamórficas predominantes em cada bloco/faixa, compreendendo de sul para norte: i) Unidade GQA, constituída por granada gnaisses e granada xistos, com intercalações de quartzitos e gnaisses quartzosos, gnaisses quartzo feldspáticos, anfibolitos e rochas calciossilicáticas; ii) Unidade GXQ, que inclui intercalações de gnaisses com feições migmatíticas, quartzo xistos, metagrauvacas, anfibólio gnaisses, mica xistos e quartzitos; iii) Unidade HGA, composta por hastingsita e/ou biotita gnaisses sienograníticos a granodioríticos, localmente com granada, fluorita e intercalações de gnaisses anfibolíticos e anfibolitos; iv) Unidade QX, que ocorre como lentes distribuídas por toda área, constituída por intercalações de quartzo xistos, quartzitos e xistos; v) Unidade CGX, que inclui intercalações de gnaisses monzograníticos a tonalíticos com gnaisses anfibolíticos ou dioríticos, granada quartzitos, quartzo xistos e mica xistos com ou sem granada e cianita; vi) Unidade GMA, composta por hornblenda e/ou biotita gnaisses, com intercalações frequentes de xistos pelíticos, rochas ultramáficas, granada quartzitos e gnaisses anfibolíticos e/ou anfibolitos; e vii) Unidade Uo, que compreende uma faixa de rochas metamáficas/metaultramáficas com intercalações de gnaisses e metassedimentos, formando a Faixa de Jacuí – Bom Jesus da Penha – Conceição da Aparecida, em contato com litotipos do Complexo Barbacena (ZANARDO, 1992, 2003; ZANARDO et al., 1996a, b) (Figura 3.22).

De acordo com Zanardo et al. (1990, 1996a) e Zanardo (1992), os litotipos associados a essa sequência do Grupo Araxá mostram condições metamórficas de grau médio a alto e regime de pressão em condições médias a altas. Cada bloco/faixa, delimitado pelas zonas de cisalhamento, exibe assinatura metamórfica com alguma diferença. As mudanças são gradacionais entre os blocos/faixas e podem ser nítidas ou apenas aparentes. As condições de

metamorfismo tendem a diminuir em direção ao norte dentro desta faixa, com paragêneses indicativas de fácies granulito na sua porção mais meridional até condições de fácies anfibolito inferior na porção mais setentrional.

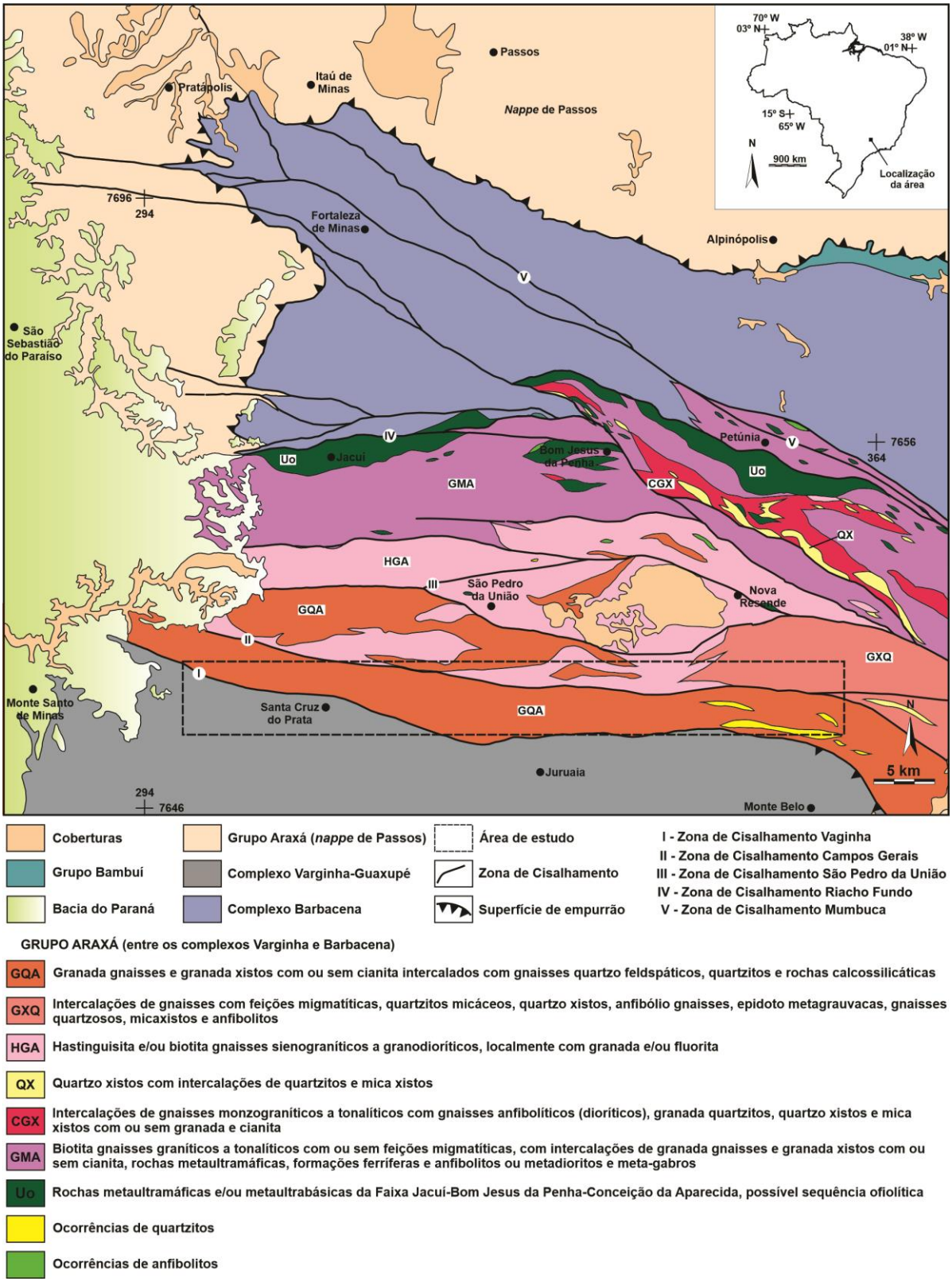


Figura 3.22 - Mapa geológico simplificado da região do Complexo Campos Gerais mostrando os limites entre o Grupo Araxá, Complexo Varginha-Guaxupé e o Complexo Barbacena e as unidades que compõem o Grupo Araxá na área (Modificado de ZANARDO, 1992, 2003; ZANARDO et al. 1996a).

No contexto da PSA, as rochas metassedimentares são representadas por gnaisses aluminosos a quartzosos, com ou sem cianita; por xistos com ou sem granada, feldspatos, cianita e estaurolita; além de quartzitos que podem ou não conter granada, feldspato, biotita, muscovita e cianita (ZANARDO, 1992, 2003; DEL LAMA, 1993; DEL LAMA et al., 1994; ZANARDO et al., 1996c, 2006; LEME, 2019).

As intercalações de ortognaisses e granitoides incluem corpos tabulares a lenticulares com dimensões que podem variar de alguns metros a até 2,0 km, de composição sienogranítica a tonalítica, predominando monzogranitos, cujos minerais máficos dominantes são biotita e anfibólio (ZANARDO, 1992; 2003; MORALES, 1993; DEL LAMA, 1993; ZANARDO et al., 1996a, b, 2006; GODOY et al., 1999). Os granitoides e ortognaisses que ocorrem na região de São Pedro da União apresentam afinidade geoquímica potássica a cálcio-alcalina, com caráter peraluminoso a metaluminoso. Esses litotipos mostram características geoquímicas semelhantes às de rochas geradas em ambiente de arco de ilha ou arco continental associado a um evento colisional (ZANARDO et al., 1996a; GODOY et al., 1999). A maioria das rochas ortoderivadas foi controlada pelas zonas de cisalhamento, em fases transtensivas e localmente evidenciam ter-se originado por fusão parcial dos metassedimentos aluminosos (ZANARDO, 1992; DEL LAMA, 1993; ZANARDO et al., 1996a).

As rochas de origem máfica/ultramáfica atribuídas à sequência ofiolítica se concentram no limite norte do Grupo Araxá na PSA. Ocorrem como corpos lenticulares, intensamente tectonizados, formando faixas descontínuas (SOARES et al., 1990, 1991; ZANARDO, 1992, 2003; ROIG, 1993; ZANARDO et al., 1996a, c; LIMA, 2014; LIMA et al., 2016). São representadas principalmente por anfibolitos, antofilita-tremolita xistos, clorita-talco-antigorita xistos, clinopiroxenitos, metaperidotitos e rochas calciossilicáticas. As principais características geoquímicas dessas rochas indicam associação com um complexo de subducção, com afinidades com material de fundo oceânico (ZANARDO, 1992, 2003; ROIG e SCHRANK, 1992; ROIG, 1993; CHOUDHURI et al., 1995; LIMA, 2014; LIMA et al., 2016). Para Lima et al. (2016), algumas modificações geoquímicas nessas rochas metamáficas/metaultramáficas podem ser atribuídas a contaminação crustal durante a evolução tectono-metamórfica.

A foliação principal desse conjunto mostra orientação próxima de ESE-WNW, desenhando porções de médio a alto ângulo de mergulho para SSW, com formas anastomosadas frequentes. A lineação principal está contida na foliação, próximo a E-W, com baixo ângulo de mergulho (MORALES, 1993; MORALES et al., 1996).

O arranjo e os indicadores cinemáticos dessa sequência mostram transporte em rampa oblíqua para o conjunto Araxá, com cavalgamento lateral de oeste para leste sobre os domínios do Complexo Barbacena. As feições estruturais indicam que esse conjunto experimentou deformação cisalhante penetrativa, servindo como "sítio" de movimento entre os blocos Brasília e São Paulo, cuja deformação se concentrou ao longo das faixas de alto ângulo, direcionais, que marcam o Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio (MORALES, 1993; MORALES et al., 1996).

As primeiras quantificações das condições *P-T* das rochas do Grupo Araxá na região de Santa Cruz do Prata – São Pedro da União – Nova Resende foram descritas nos trabalhos de Del Lama (1993) e Del Lama et al. (1994), que utilizaram métodos de geotermobarometria convencional por pares. A sequência foi metamorfisada em fácies anfibolito em condições de 700-750ºC e 10,5-13,0 kbar e localmente atingiu fácies granulito com condições de 830-900ºC e 12,5-15,0 kbar. Mesmo nas áreas de metamorfismo mais brando, a presença constante de feições migmatíticas indica condições de anatexia.

Trabalhos de Leme (2016, 2019) e Leme et al. (2019, 2020a) iniciaram um detalhamento das condições de pressão e temperatura da porção mais meridional dessa faixa de rochas (entre as zonas de Cisalhamento Varginha e Campos Gerais) e utilizaram métodos de geotermobarometria otimizada (*average P-T - THERMOCALC*) e geotermômetros de elementos traço Zr-em-rutilo e Ti-em-quartzo. Esses estudos mostraram a presença de retroeclogitos e granulitos de alta pressão nessa porção, com temperaturas máximas de ordem de 900ºC e pressões de 15,0 kbar e condições de reequilíbrio de 850 a 700ºC e 13,5 a 11,0 kbar.

Os primeiros resultados de geocronologia isotópica $T_{DM(Nd)}$ para essa área foram publicados por Leme et al. (2020a) para descrever e caracterizar a ocorrência de um corpo de hedenbergita-hastingsita-biotita-granada ortognaisse na região de Santa Cruz do Prata. O litotipo apresenta características geoquímicas semelhantes à de rochas geradas em arcos, além de elevado tempo de residência crustal ($\varepsilon_{Nd(0)}$ de -21,7) e protólito de idade modelo paleoproterozoica ($T_{DM(Nd)}$ de 2,2 Ga).

3.4.2 Complexo Guaxupé

O Complexo Guaxupé configura um bloco de forma triangular com vértice voltado para leste. A norte/nordeste é delimitado por rochas supracrustais atribuídas aos grupos Araxá e Andrelândia por meio da Zona de Cisalhamento Varginha; a sudeste é delimitado pelo Cinturão de Cisalhamento Ouro Fino, de direção NE/SW, por rochas do Complexo Itapira

intercaladas tectonicamente a rochas do Complexo Amparo; e a oeste, ocorre encoberto pelas rochas sedimentares fanerozoicas da Bacia do Paraná (ZANARDO 1992, 2003; ZANARDO et al., 2006).

O conjunto foi definido por Cavalcante et al. (1979) sob a denominação de Complexo Varginha, incluindo rochas metamorfisadas em fácies anfibolito e granulito nas regiões de Varginha, Alfenas, Guaxupé, São José do Rio Pardo, Machado e São João da Boa Vista. No entanto, várias denominações foram criadas para a unidade no decorrer da evolução do conhecimento geológico, como Complexo Varginha-Guaxupé (FONSECA et al., 1979), Cunha de Guaxupé (WERNICK et al., 1981b), Bloco São Paulo (HARALYI e HASUI, 1982a), Associação Guaxupé (WERNICK e ARTUR, 1983b), Sintaxis Guaxupé (EBERT e HASUI, 1998), *Nappe* Socorro-Guaxupé (CAMPOS NETO et al., 1984; CAMPOS NETO e CABY, 1999) e Complexo Guaxupé (ZANARDO, 1992, 2003; DEL LAMA, 1998; DEL LAMA et al., 2000; ZANARDO et al., 2006).

Para alguns autores, o termo "*Nappe* Socorro-Guaxupé" (CAMPOS NETO et al., 1984) abrange os complexos Guaxupé (a norte) e Socorro (a sul) em uma mesma unidade, separados pelo Cinturão de Cisalhamento Ouro Fino. Essa estrutura representa uma seção espessa da crosta continental inferior, interpretada como a raiz de um ambiente de arco magmático antigo desenvolvido na margem ativa do Bloco Paranapanema (CAMPOS NETO e FIGUEIREDO, 1992; CAMPOS NETO e CABY, 1999, 2000; CAMPOS NETO et al. 2004). Nesse contexto, a *Nappe* Socorro-Guaxupé é constituída por três unidades: (i) Unidade Granulítica Basal, composta principalmente por granulitos bandados e leucossomas charnockíticos a enderbíticos; (ii) Unidade Diatexítica, constituída por ortognaisses e migmatitos metaluminosos; e (iii) Unidade Metatexítica, representada por paragnaisses e migmatitos metassedimentares (CAMPOS NETO e CABY, 1999, 2000; CAMPOS NETO et al., 2011; SALAZAR-MORA, 2014). Idades de cristalização do magmatismo pré-colisional do arco foram registradas entre 790-640 Ma (JANASI, 1999; RENO et al., 2009; SALAZAR-MORA et al., 2014; VINAGRE et al., 2014; ROCHA et al., 2017, 2018; TEDESCHI et al., 2018; entre outros).

O termo Complexo Guaxupé, utilizado neste trabalho, representa uma unidade formada por um bloco tectônico continental alóctone de crosta inferior, que foi colocado sobre um embasamento arqueano e rochas metassedimentares neoproterozoicas durante colisão continental, e afetado por cinturões de transcorrências, resultando na atual configuração geológica (HASUI et al., 1990; ZANARDO, 1992, 2003; MORALES, 1993; ZANARDO et al., 1996; 2006; DEL LAMA, 1998; DEL LAMA et al., 2000).

O Complexo Guaxupé é constituído por litologias ortoderivadas de natureza intermediária a ácida, com intercalações de metassedimentos (pelíticos, psamíticos e carbonáticos), de rochas metamáficas e, mais raramente, rochas metaultramáficas. Os litotipos principais são representados por granulitos félsicos a máficos, gnaisses de composição granítica, paragnaisses e quartzitos, xistos, mármores e lentes de calciossilicatadas (DEL LAMA et al., 2000; ZANARDO et al., 2006). As litologias ortoderivadas podem ser subdivididas em três conjuntos ou associações: charnockítica/mangerítica, migmatítica e gnáissico/granítica (ZANARDO, 2003).

O padrão estrutural do Complexo Guaxupé é marcado por foliação penetrativa, frequentemente blastomilonítica, com direção W-NW paralela ao bandamento composicional, com mergulho para SSW de baixo a médio ângulo. Os ângulos de mergulho mais elevados são resultantes da atuação de zonas de cisalhamento empinadas que rotacionaram a foliação de baixo ângulo. Na porção norte do Complexo Guaxupé, a foliação torna-se progressivamente mais inclinada, até vertical (MORALES, 1988, 1993; ZANARDO, 1992, 2003; ZANARDO et al., 2006).

Segundo Del Lama et al. (2000), o Complexo Guaxupé pode ser dividido em três porções de acordo com seu gradiente bárico: i) uma porção a N-NE de mais alta pressão (basal); ii) uma porção intermediária, de pressão média a alta; e iii) uma porção mais a S-SW, de pressão média a baixa (superior).

O metamorfismo da unidade atingiu fácies granulito em seu auge (ex. OLIVEIRA, 1973; OLIVEIRA e HYPÓLITO, 1978; CHOUDHURI, 1984; MORALES et al., 1988; ZANARDO et al., 1990, 2006; JANASI, 1992; ZANARDO, 1992, 2003; DEL LAMA, 1993, 1998; DEL LAMA et al., 1998, 2000; CAMPOS NETO e CABY, 1999; NASCIMENTO, 2010; entre outros). Idades do evento metamórfico na unidade são registradas entre 670 e 590 Ma (CAMPOS NETO e CABY, 2000; SALAZAR-MORA et al., 2014; VINAGRE et al., 2014; ROCHA et al., 2017, 2018; TEDESCHI et al., 2018; entre outros).

Estudos de geotermobarometria convencional e otimizada, termômetros de elementos traço e diagramas de fases isoquímicos mostraram que o Complexo Guaxupé alcançou condições de temperatura alta a ultra-alta, em torno de 900-1.100°C, e pressões da ordem de 10-14,5 kbar no auge metamórfico (DEL LAMA, 1998; DEL LAMA et al., 2000; CAMPOS NETO e CABY, 2000; GARCIA e CAMPOS NETO, 2003; NASCIMENTO, 2010; ROCHA et al., 2017, 2018; TEDESCHI et al., 2018; LEME, 2019; LEME et al., 2020b).

3.5 Retroeclogitos na porção sul da Faixa Brasília Meridional

É apresentada uma seção sobre as ocorrências de retroeclogito na porção sul da FBM, devido à importância geológica desses litotipos, que são essenciais para o entendimento da evolução da faixa.

Ocorrências de lentes de rochas anfibolíticas com granada e clinopiroxênio e texturas de desequilíbrio foram descritas em sequências metassedimentares do Grupo Andrelândia e Grupo Araxá (*Nappe* de Passos) na FBM. Essas rochas, interpretadas como retroeclogitos, ocorrem encaixadas em metassedimentos de alto grau e/ou lascas do embasamento arqueano/paleoproterozoico (Complexo Pouso Alegre), distribuídas em diversas localidades no sudoeste de Minas Gerais (Figura 3.23).

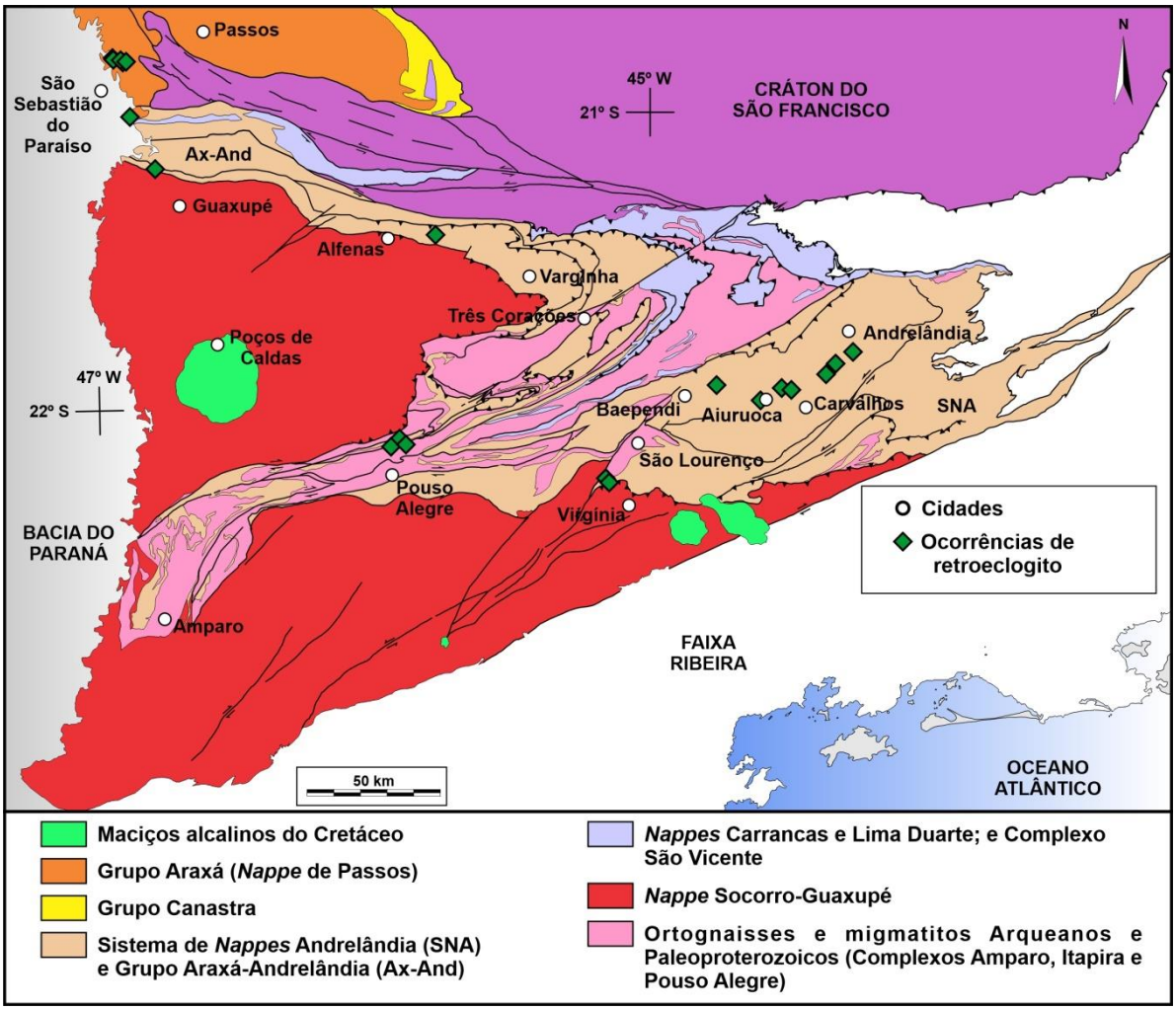


Figura 3.23 – Mapa geológico das unidades tectônicas da Faixa Brasília Meridional mostrando a localização das ocorrências de retroeclogito na faixa (Modificado de FONSECA et al., 1979; ZANARDO, 1992; LEITE et al., 2004; TROUW et al., 2013). A localização das ocorrências de retroeclogito está de acordo com suas referências (CHOUDHURI et al., 1978; HOPPE et al., 1985, 1989; CAMPOS NETO e CABY, 1999; GARCIA e CAMPOS NETO, 2003; LUVIZOTTO, 2003; TROUW, 2008; RENO, 2009, COELHO et al., 2017; TEDESCHI et al., 2017; LEME et al., 2019; SANTOS et al., 2021).

Choudhuri et al. (1978) descreveram, pela primeira vez, a ocorrência de pequenos corpos de retroeclogito associados a granada gnaisses anatéticos contendo cianita, ao norte da região de Pouso Alegre, destacando a presença de intercrescimento simplectítico entre clinopiroxênio + plagioclásio. Hoppe et al. (1985) detalharam as texturas retrógradas (reações de simplectitos e coronas) e os aspectos químicos-mineralógicos do retroeclogito de Pouso Alegre (ocorrência de Choudhuri et al. 1978). No trabalho de Hoppe et al. (1985) também foi reportada uma ocorrência de retroeclogito na região do município de São Sebastião do Paraíso (Grupo Araxá). As primeiras estimativas termobarométricas utilizaram a composição da onfacita reliquiar e mostraram condições metamórficas mínimas de 630°C e 7,0-8,0 kbar para o retroeclogito de São Sebastião do Paraíso (HOPPE et al., 1985). A combinação de novos geotermobarômetros convencionais registraram condições *P-T* em torno de 630-700°C e 12,0-14,0 kbar para o retroeclogito de São Sebastião do Paraíso (HOPPE et al., 1989). Estudos geoquímicos de rocha total indicaram protólitos de afinidade toleítica para amostras das regiões de Pouso Alegre e São Sebastião do Paraíso (HOPPE et al., 1985, 1989).

Trouw (1992) reportou a ocorrência de rochas retroeclogíticas no Grupo Andrelândia e estimou condições mínimas de pressão entre 13,0 e 14,0 kbar e temperaturas da ordem de 700°C. Por meio de análises isotópicas Sm/Nd (granada, rocha total e fração residual), Trouw e Pankhurst (1993) apresentaram idades em torno de 600 Ma para essas rochas, associadas ao metamorfismo. As análises de rocha total combinadas definiram uma isócrona de referência de 1.780 ±105 Ma, interpretada como a idade de cristalização do magma máfico. Para os autores, as rochas eclogíticas são sugestivas de rochas máficas intrusivas submetidas ao metamorfismo de alta pressão dentro do Ciclo Deposicional Andrelândia.

Campos Neto e Caby (1999) descreveram lentes de granada clinopiroxenito interpretadas como retroeclogitos na *Nappe* Liberdade, a norte da região de Carvalhos-Aiuruoca. Além das texturas coroníticas e simplectíticas, foram observados relictos de onfacita e de lamelas de jadeíta, cuja termobarometria convencional estimou pressões máximas de 17,5 kbar para a temperatura de 660°C. Análises geoquímicas de rocha total mostraram que essas rochas retroeclogíticas são equivalentes a basaltos, com afinidade toleítica, classificadas nos campos de basaltos oceânicos (CAMPOS NETO et al., 2007). Os dados de geocronologia isotópica U/Pb em zircão (SHRIMP) apresentaram dois agrupamentos concordantes de idades para o retroeclogito, um em 669 ±25 Ma e outro em 498 ±18 Ma. A idade mais antiga foi interpretada como idade do magmatismo sin-sedimentar e a mais jovem foi relacionada à provável perda de Pb por processo hidrotermal. Os dados isotópicos de rocha total Sm/Nd e $^{87}Sr/^{86}Sr$ mostraram razões próximas ao reservatório do

manto e idades modelo variando de 1,15-1,48 Ga, sugerindo produto de um episódio magmático juvenil do Criogeniano (CAMPOS NETO et al., 2011).

Garcia e Campos Neto (2003) estimaram condições *P-T* de 18,5 kbar e 818°C para relictos de retroeclogitos na *Nappe* Carmo da Cachoeira, a noroeste de Varginha.

Durante o mapeamento detalhado da região de São Sebastião do Paraíso (*Nappe* de Passos), Luvizotto (2003) descreveu novas ocorrências de retroeclogito na área. As ocorrências são restritas e associadas a granada-biotita gnaisses e biotita gnaisses. As condições *P-T,* estimadas por termobarometria convencional, mostraram condições de temperatura e pressão entre 711-799ºC e 12,5-13,5 kbar. Recentemente, Santos et al. (2021) utilizaram a combinação de modelagem de diagrama de fase, termobarometria de elementos traço e geocronologia U/Pb em rutilo para restringir as condições *P-T* e idades de um hornblenda-granada-clinopiroxênio xisto com simplectitos de clinopiroxênio-plagioclásio da *Nappe* de Passos, região de São Sebastião do Paraíso. As estimativas *P-T* combinadas resultaram em temperaturas da ordem de 725 ±30°C no auge e pressões mínimas em torno de 16,0 kbar. Os dados U/Pb em rutilo apresentaram idade de intercepto inferior de 579 ±23 Ma.

Trouw (2008) apresentou dados de geocronologia U/Pb em zircão (SHRIMP) para rochas metabásicas interpretadas como retroeclogitos, localizadas a oeste do município de Virgínia, entre as *Nappes* Andrelândia e Socorro. O autor também apresentou resultados de estudos geocronológicos para uma amostra de retroeclogito da região de Baependi. As determinações isotópicas resultaram em idades de 670 Ma para o auge de pressão pré-colisional. Idades de ca. 620 Ma foram relacionadas ao auge metamórfico principal e idades em torno de 1,4 Ga foram associadas à cristalização ígnea dos protólitos. Os dados U/Pb (SHRIMP) em zircão de duas dessas amostras de retroeclogito (uma da região oeste do município de Virgínia e outra da região leste do município de Baependi) foram retrabalhados e apresentaram idades de concórdia para os sobrecrescimentos metamórficos de 610 ±10 Ma e 616 ±9 Ma (MARIMON et al., 2022).

Reno et al. (2009) apresentaram dados U/Pb em zircão obtidos por SIMS de alta resolução de amostras de retroeclogito localizadas entre as *Nappes* Liberdade e Andrelândia, na região de Aiuruoca. A geocronologia resultou em idade de 678 ±29 Ma, interpretada como o registro do auge de pressão do metamorfismo de fácies eclogito. Apesar dessa interpretação, os autores também discutiram a possibilidade de os zircões registrarem a idade de cristalização dos protólitos.

Coelho et al. (2017) determinaram condições metamórficas e idades U/Pb SHRIMP em zircão de ocorrências de retroeclogito intercaladas com lascas do embasamento gnáissico

na *Nappe* Liberdade, na região de Pouso Alegre e de Baependi. Essas rochas apresentaram condições *P-T* em torno de 12,0-16,0 kbar e 700-825ºC, sugerindo que a assembleia do auge metamórfico foi parcialmente substituída. As determinações isotópicas U/Pb em zircão resultaram em idade metamórfica de 624,9 ±6,1 Ma, interpretada como a idade de eclogitização para a amostra de Pouso Alegre. Os zircões metamórficos da amostra de Baependi registraram idades de concórdia em 632 ±6,8 Ma e 603,1 ±6,5 Ma. As idades de cristalização dos protólitos foram restringidas entre 1,5 e 1,45 Ga e interpretadas como paleodiques intrudidos no embasamento paleoproterozoico do Paleocontinente do São Francisco.

Com o objetivo de refinar a história *P-T-t* de um granada-clinopiroxênio anfibolito da região de Pouso Alegre, anteriormente classificado como retroeclogito, Tedeschi et al. (2017) utilizaram abordagem multi-parâmetro, incluindo mapeamento composicional quantitativo, modelagem termodinâmica direta, termometria de elementos traço, datação U-Th-Pb em zircão e composição de elementos traço em granada e zircão. A modelagem metamórfica e reconstruções de composição estimaram condições *P-T* de auge metamórfico em torno de 690 ±35°C e 13,4 ±2,8 kbar e estágio regressivo local marcado por simplectitos e textura coronítica em condições de 4,8 ±1,5 kbar e 595-600 ±26°C. Análises isotópicas nas bordas metamórficas dos cristais de zircão mostraram média de idade de 603 ±7 Ma, associada ao estágio descompressivo. Idades concordantes mais antigas de 1.513,3 ±17,1 Ma, obtidas em núcleos de zircão, restringiram a idade mínima de cristalização. Tedeschi et al. (2017) destacaram que o alto gradiente geotérmico do clinopiroxênio-granada anfibolito é incompatível com um gradiente de subducção.

Frugis et al. (2018) apresentaram os resultados de estudos geoquímicos e isotópicos obtidos para uma amostra de retroeclogito intercalado em rochas metassedimentares da *Nappe* Liberdade, a sudeste do município de Andrelândia. Com base em dados LA-ICP-MS U/Pb e Lu/Hf em zircão, combinados com análises isotópicas Sm/Nd e Rb/Sr de rocha total e geoquímica de rocha total, os autores associaram essa rocha retroeclogítica como blocos exóticos de idade Calimiana (1.480 ±43 Ma) de um evento de magmatismo juvenil.

Leme et al. (2019) descreveram uma lente de rocha metabásica contendo granada, clinopiroxênio, anfibólio, plagioclásio e rutilo associada a texturas simplectíticas e coroníticas a nordeste do município de Guaxupé. A possibilidade de ocorrência de rochas retroeclogíticas no mesmo contexto geológico na região foi sugerida anteriormente por Zanardo (1992) e Del Lama et al. (1994). Estimativas *P-T* por geotermobarometria de elementos traço para o auge metamórfico dessas rochas indicaram condições de 763°C e 14,4 kbar. Condições

metamórficas em torno 12,5 ±0,8 kbar e 799 ±37ºC, calculadas por média *P-T* (*software THERMOCALC*), foram associadas ao reequilíbrio metamórfico (LEME et al., 2019).

Além das ocorrências de retroeclogito, também foram descritas evidências de condições de ultra-alta pressão no contexto da FBM, na *Nappe* Varginha, região do município de Varginha. Parkinson et al. (2001) descreveram a ocorrência de micro-inclusões de coesita (+ cianita + K-feldspato) em granada granulito com cianita, hiperstênio e diopsídio.

4. GEOLOGIA LOCAL

Neste capítulo são descritos os principais aspectos mesoscópicos, microscópicos e mineralógicos dos litotipos que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais, na região dos municípios de Guaxupé – Monte Belo – Nova Resende. A divisão das unidades geológicas seguiu as propostas de Zanardo (1992, 2003) e Zanardo et al. (1996a).

O contato entre Grupo Araxá e o Complexo Guaxupé (a sul da Zona de Cisalhamento Varginha) é tectônico, marcado por zona de cisalhamento de alto ângulo e zona de empurrão para leste. O contato entre as unidades é de alto ângulo (sub-vertical a vertical), com mergulho para sudoeste, e parece ser abrupto, em parte de difícil caracterização, devido à falta de afloramentos e continuidade entre os tipos de rochas.

Neste trabalho foram caracterizados somente os litotipos atribuídos ao Grupo Araxá, incluindo rochas paraderivadas sem sillimanita e rochas ortoderivadas félsicas a máficas sem ortopiroxênio, além de rochas metaultramáficas situadas a norte da Zona de Cisalhamento Varginha.

Os litotipos que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais são constituídos por rochas metassedimentares pelíticas, psamo-pelíticas, psamíticas e grauvaqueanas com intercalações de rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas e intercalações subordinadas de rochas metamáficas e metaultramáficas.

As litologias ocorrem como faixas e camadas centimétricas a decamétricas, comumente descontínuas, que se afunilam em detrimento de outros litotipos ou lentes na área de estudo. Os litotipos mais comuns são representados por granada paragnaisses, granada paragnaisses quartzosos, cianita-granada paragnaisses, cianita-granada-quartzo xistos (feldspáticos ou não), cianita-granada quartzitos, granada quartzitos, granada ortognaisses (com anfibólio, biotita e clinopiroxênio), além de rochas metamáficas como anfibolitos com granada e clinopiroxênio, granada-clinopiroxênio gnaisses anfibolíticos a metamáficos, retroeclogitos, granulitos máficos e lentes subordinadas de rochas metaultramáficas, geralmente representadas por anfibólio xistos e anfibólio *fels*. Intercaladas nessas litologias, é comum a ocorrência de camadas centimétricas descontínuas constituídas por mais de 50% de granada.

A estrutura geral dessas rochas é marcada por forte anisotropia, com foliação principal (Sn) de direção EW a WNW, paralela ao bandamento composicional, com ângulo de mergulho médio a alto. A foliação principal é penetrativa e bem marcada, blastomilonítica a

milonítica e constitui tectonitos “S” a “SL”. Apresenta características anastomosadas, gerando formas lenticulares, fusiformes ou amendoadas em escala mesoscópica e microscópica.

Com base nos levantamentos de campo, a descrição dos litotipos foi compartimentada em domínios dentro da área de estudo, de acordo com predominância de um litotipo sobre outro, para melhor ilustrar a variação mineralógica, textural e composicional das rochas. As diferentes litologias e subtipos petrográficos foram agrupados baseados na natureza dos protólitos das rochas aflorantes, divididos em metassedimentares, ortoderivados quartzo-feldspáticos, metamáficos e metaultramáficos. As rochas metamáficas e metaultramáficas não são cartografáveis em escala de mapa e são indicadas como pontos (APÊNDICE I – Mapa Geológico). Algumas litologias foram descritas separadamente devido a sua importância petrogenética.

4.1 Geologia Estrutural

A principal estrutura presente na área corresponde a uma foliação principal (Sn) de médio a alto ângulo de mergulho, anastomosada, paralela ao bandamento composicional, observada em toda a área de estudo.

O bandamento composicional é frequentemente descontínuo, representado pela alternância de cores (principalmente em litotipos alterados); pela alternância de agregados minerais lenticulares e *ribbons* de quartzo; pela alternância de bandas e/ou lâminas de composição contrastante, geralmente entre bandas ricas em minerais máficos e bandas ricas em minerais félsicos, bandas micáceas e quartzíticas em metassedimentos, bandas de rochas metamáficas intercaladas em ortognaisses e metassedimentos; pela alternância de bandas com texturas diferentes, marcadas por intercalações de bandas granoblásticas, lepidoblásticas e nematoblásticas; e pela alternância de bandas com granulação diferente (Figura 4.1 – A, B, C, D, E).

A orientação do bandamento paralelo à foliação Sn é coincidente, de modo geral, com o contato entre os diferentes litotipos. O bandamento apresenta direção paralela a subparalela aos lineamentos geomorfológicos da área de estudo, marcados principalmente pelas cristas das serras alinhadas que ocorrem na região, orientadas próximo ao *trend* E-W.

A foliação Sn é marcada por forte anisotropia, representada por xistosidade, com padrão lenticular, observada em todos os litotipos (Figura 4.1 – F, G). A xistosidade é definida por forte orientação de agregados lenticulares de minerais, de *ribbons* de quartzo, pela orientação de minerais prismáticos (anfibólios, piroxênios, cianita), pela orientação de filossilicatos (biotita) e por cristais de granada estirados.

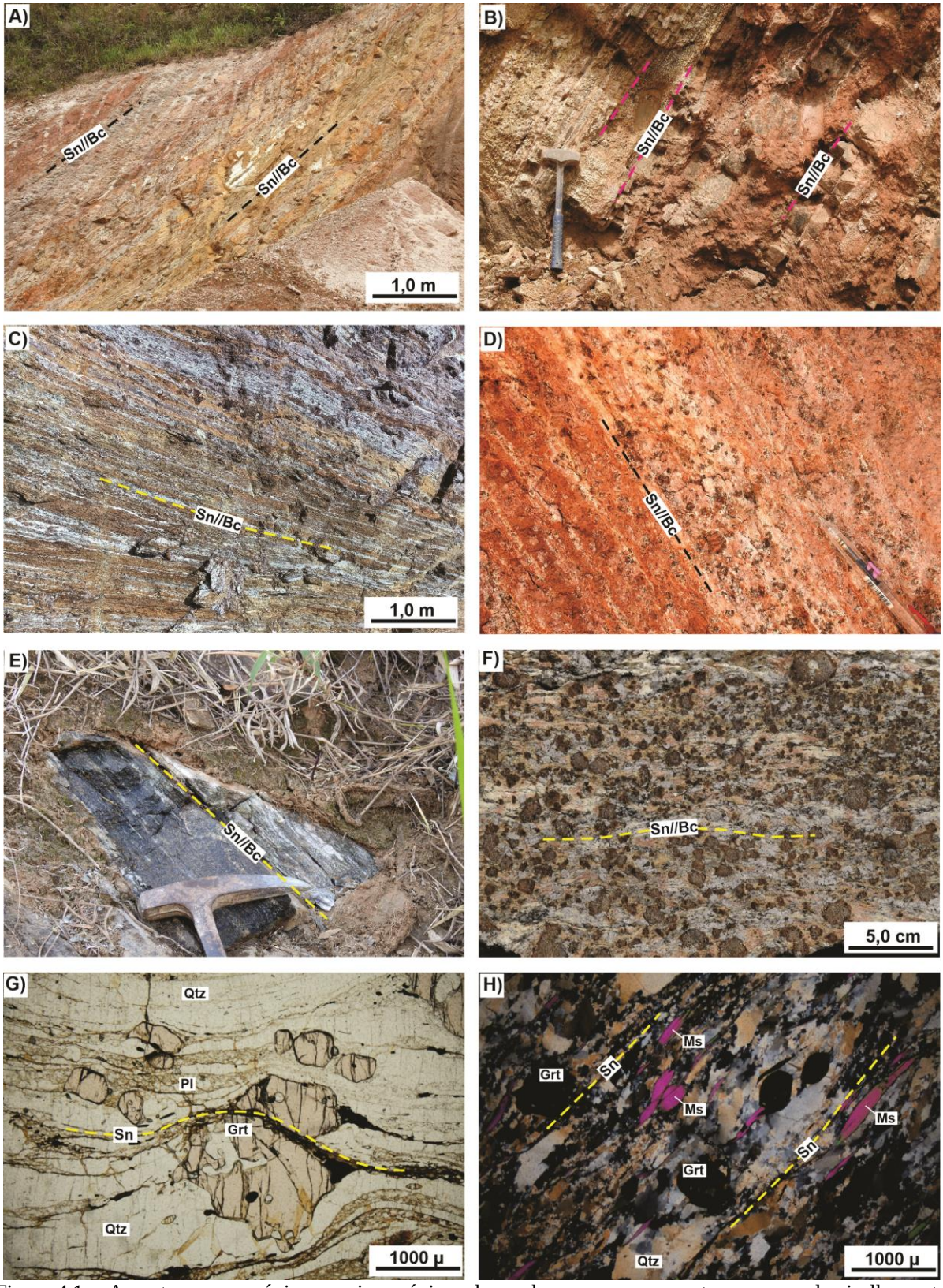


Figura 4.1 – Aspectos macroscópicos e microscópicos das rochas que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais, com destaque para as feições estruturais. (A), (B), (C), (D), (E): Bandamento composicional paralelo à foliação principal (Sn); (F), (G): Foliação Sn marcada por xistosidade com padrão anastomosado (Polarizadores paralelos em G); (H): Foliação marcada por arranjo tipo S-C, representada por cristais de muscovita *fish* (Polarizadores cruzados). Grt: granada, Ms: muscovita, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo, Bc: bandamento composicional; Sn: foliação principal.

A foliação principal apresenta direção preferencialmente WNW-ESE, com mergulhos moderados a altos para SW, apresentando máximo de concentração em N85W/70SW no diagrama da figura 4.2 – A. Os polos dos planos da foliação Sn se distribuem no diagrama, apresentando diferentes submáximos de concentração (Figura 4.2 – A). Essa variação observada ocorre devido ao padrão anastomosado da foliação.

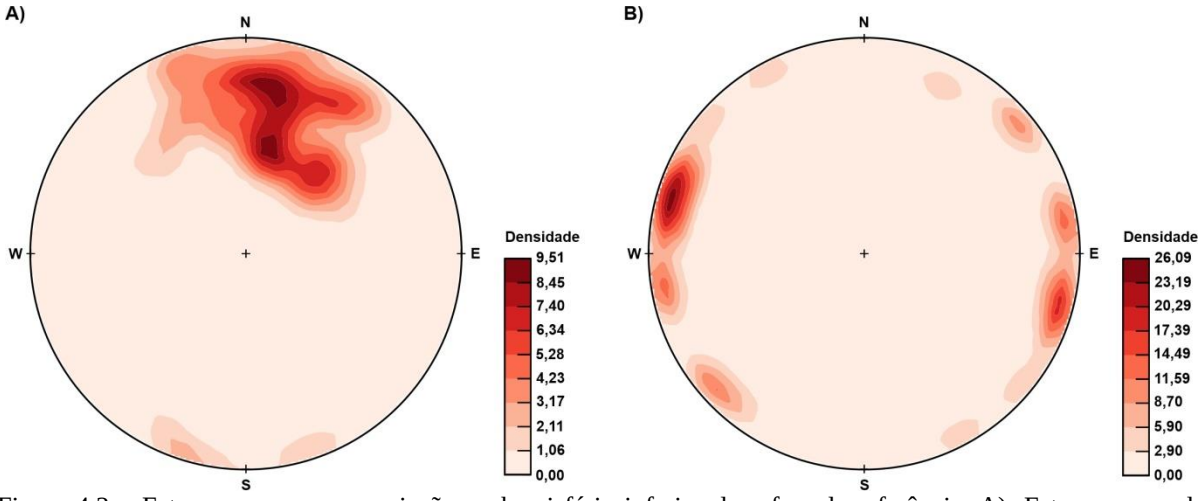


Figura 4.2 – Estereogramas com projeção no hemisfério inferior da esfera de referência. A): Estereograma de polos do plano da foliação principal (105 medidas); B) Estereograma da lineação principal (mineral/estiramento) (18 medidas).

O padrão anastomosado da foliação Sn apresenta domínios lenticulares marcantes em alguns tipos litológicos, representados por arranjos de foliação tipo S-C com mergulhos para SW, geralmente assimétricos. As duas orientações são melhor observadas em escala microscópica, frequentemente caracterizadas por cristais de muscovita *fish* (Figura 4.1 – H) e cristais de cianita e de granada com formas sigmoidais.

Contida na foliação principal, observa-se uma lineação principal (mineral e/ou de estiramento), marcada principalmente pela orientação de agregados lenticulares de minerais, *ribbons* de quartzo, cristais de cianita, cristais de granada estirados e de filossilicatos. A orientação preferencial da lineação está próxima de E-W, com inclinação de baixo ângulo (variando dominantemente entre 5º e 10º) para W. A atitude da lineação principal apresenta concentração máxima em N75W/7 (Figura 4.2 – B).

Muito raramente, são observadas dobras, cujos flancos são representados pelo bandamento composicional dobrado e os planos axiais são paralelos à foliação Sn, sugerindo que esta trama é pré-sin- desenvolvimento da foliação principal.

Os indicadores cinemáticos mais comuns são porfiroblastos/porfiroclastos de granada com caudas assimétricas, lentes de quartzo e feldspatos sigmoidais, cristais de cianita e

granada estirados ou com formas lenticulares, além de mica *fish*, com transporte (movimento) de W para E e movimentação sinistral relativa (para todo o conjunto).

A foliação Sn na área está associada à principal fase de deformação, de caráter dúctil, representada pela recristalização, deformação com forte blastomilonitização e orientação dos minerais. A forte orientação dos minerais associados à paragênese do auge metamórfico (granada, cianita, feldspatos, clinopiroxênios, quartzo) e dos minerais resultantes de reações de reequilíbrio metamórfico indica que a foliação principal desenvolveu-se após o pico metamórfico.

4.2 Litotipos aflorantes na área de estudo

4.2.1 Metassedimentos

Os metassedimentos associados ao Grupo Araxá na área de estudo incluem metapelitos, metapsamitos e metagrauvacas, representados principalmente por granada paragnaisses com ou sem cianita, quartzosos ou não; granada-quartzo xistos, geralmente contendo cianita, feldspáticos ou não; e por granada quartzitos com ou sem cianita, às vezes feldspáticos. As rochas metassedimentares predominam na porção leste da área de estudo e tendem a ser menos frequentes a oeste da área (APÊNDICE I – Mapa Geológico).

4.2.1.1 Granada paragnaisses

Sob a denominação de granada paragnaisses foram incluídos litotipos com composição modal de feldspato superior a 20% e conteúdo de quartzo entre 25-50%. Essas rochas são representadas dominantemente por granada gnaisses, geralmente quartzosos, cianita-granada gnaisses, quartzosos ou não, com ou sem biotita e biotita-granada gnaisses, quartzosos ou não, com ou sem cianita. Nos termos quartzosos, o conteúdo de quartzo chega a alcançar 50% da constituição modal da rocha.

Os granada paragnaisses ocorrem como faixas ou camadas, geralmente descontínuas, de espessura decimétrica, métrica a decamétrica, que dominam na porção leste da área de estudo e tendem a adelgaçar para a porção centro-oeste e oeste. Mostram diferenças composicionais de um afloramento para o outro ou de banda para banda, originando subtipos petrográficos.

Essas rochas apresentam coloração cinza claro a azulado a marrom amarelado, com pontuações de cor vermelho a rosado, marcadas pelos cristais de granada. Quando intemperizadas, as rochas mostram coloração bege esbranquiçada com as pontuações de

granada alteradas para óxido/hidróxido de ferro. As exposições mais comuns dessas litologias ocorrem em calhas, chão de estrada de terra, bancos tabulares bastante alterados ou mais raramente como lajedos tabulares em leitos de drenagem (Figura 4.3 – A, B, C, D, E).

Mostram estrutura gnáissica nítida a mal definida, marcada pela alternância de leitos quartzo-feldspáticos, geralmente alongados e anastomosados. Os leitos quartzo-feldspáticos também ocorrem com intercalações subordinadas de bandas difusas e alongadas constituídas por cianita bem orientada e por leitos descontínuos constituídos por biotita (Figura 4.3 – F, G).

Esses litotipos exibem textura porfiroblástica/porfiroclástica, com matriz granoblástica inequigranular a blastomilonítica difusa. A trama dos granada paragnaisses é formada por leitos anastomosados descontínuos e lentes alongadas de feldspatos ou agregados de feldspatos com formas ocelares, envolvidos por leitos alongados de cristais de quartzo, com granulação superior a dos feldspatos, que frequentemente formam *ribbons*. Os *ribbons* de quartzo também podem amoldar-se em torno dos cristais de granada (Figura 4.4 – A, B, C, D, E, F, G). Nos termos mais ricos em cianita ocorrem leitos descontínuos de textura nematoblástica inequigranular orientada. O aumento do teor modal de biotita forma domínios difusos de textura lepidoblástica inequigranular orientada (Figura 4.5 – A, B, C, D, E, F, G).

A mineralogia principal é constituída por plagioclásio (5-50%), quartzo (25-50%), feldspato potássico (1-25%), granada (5-20%), biotita (0-25%), cianita (0-15%) e muscovita (0-5%), e como minerais acessórios ocorrem minerais opacos (<2%), rutilo (<2%), zircão/monazita (traços) e apatita (traços), além de traços de sericita, clorita e carbonato. Localmente foram observados cristais de titanita (<1%) e traços de allanita.

O plagioclásio (oligoclásio/andesina) ocorre com formas dominantemente anédricas a subédricas tabulares, é normalmente alongado, formando leitos descontínuos. Frequentemente os cristais ocorrem como agregados com formas sigmoidais e lenticulares (Figura 4.6 – A, B). As dimensões variam 0,3 a 5,0 mm. Os contatos são dominantemente lobulados a retos. Podem exibir geminação polissintética (Lei da Albita) nítida a difusa. Os cristais exibem sinais de recristalização e extinção ondulante em diferentes graus. Também podem ocorrer concentrados em zonas de sombra de pressão de granada com contatos poligonais, formando textura em mosaico. Alguns cristais mostram textura antipertítica. O plagioclásio pode apresentar variados graus de saussuritização, podendo dar origem a muscovita/sericita e traços de carbonato. Localmente observa-se processo tardio de albitização e corrosão por feldspato potássico.



Figura 4.3 – Aspectos macroscópicos dos granada paragnaisses na área de estudo. (A): Afloramento em chão de estrada de terra, bastante alterado; (B): Afloramento em lajedo de drenagem; (C): Afloramento em chão de estrada de terra, bastante alterado; (D), (E), (F), (G): Estrutura gnáissica mal definida marcada pela alternância de leitos quartzo-feldspáticos descontínuos e leitos porfiroblásticos/porfiroclásticos difusos e lentiformes descontínuos constituídos por granada.

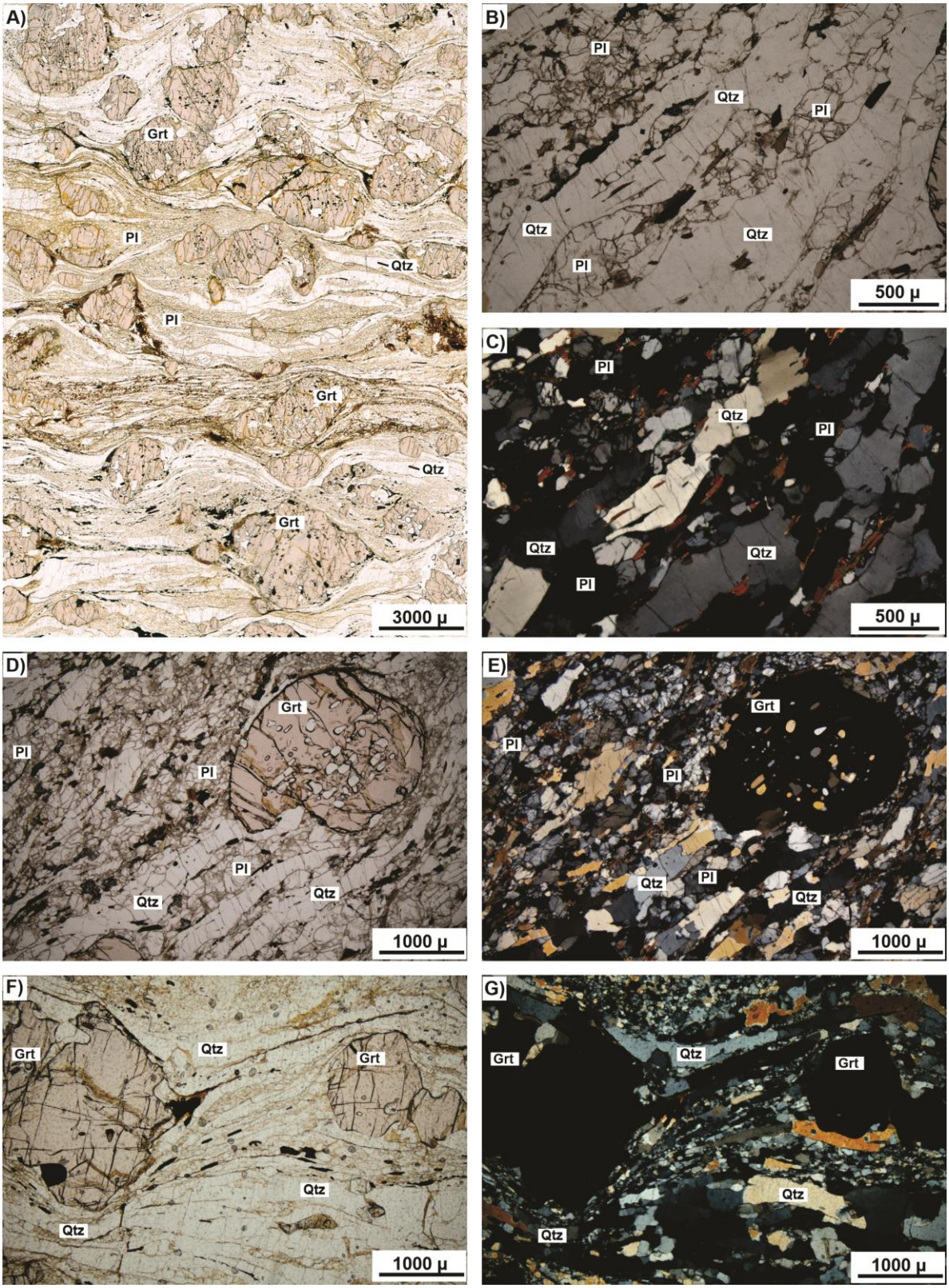


Figura 4.4 – Aspectos microscópicos dos granada paragnaisses. (A): Fotografia de seção delgada de granada paragnaisse mostrando textura porfiroblástica/porfiroclástica e bandamento gnáissico difuso, descontínuo e anastomosado (blastomilonito); (B), (C): Leitos anastomosados, alongados e descontínuos de cristais de plagioclásio e de *ribbon*s de quartzo (Polarizadores paralelos em B e polarizadores cruzados em C); (D), (E): Textura granoblástica inequigranular a blastomilonítica com domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos difusos constituídos por granada destacando a trama amoldada em torno dos cristais de granada (Polarizadores paralelos em D e polarizadores cruzados em E); (F), (G): *Ribbons* de quartzo amoldados em torno de cristais de granada (Polarizadores paralelos em F e polarizadores cruzados em G). Grt: granada, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo.

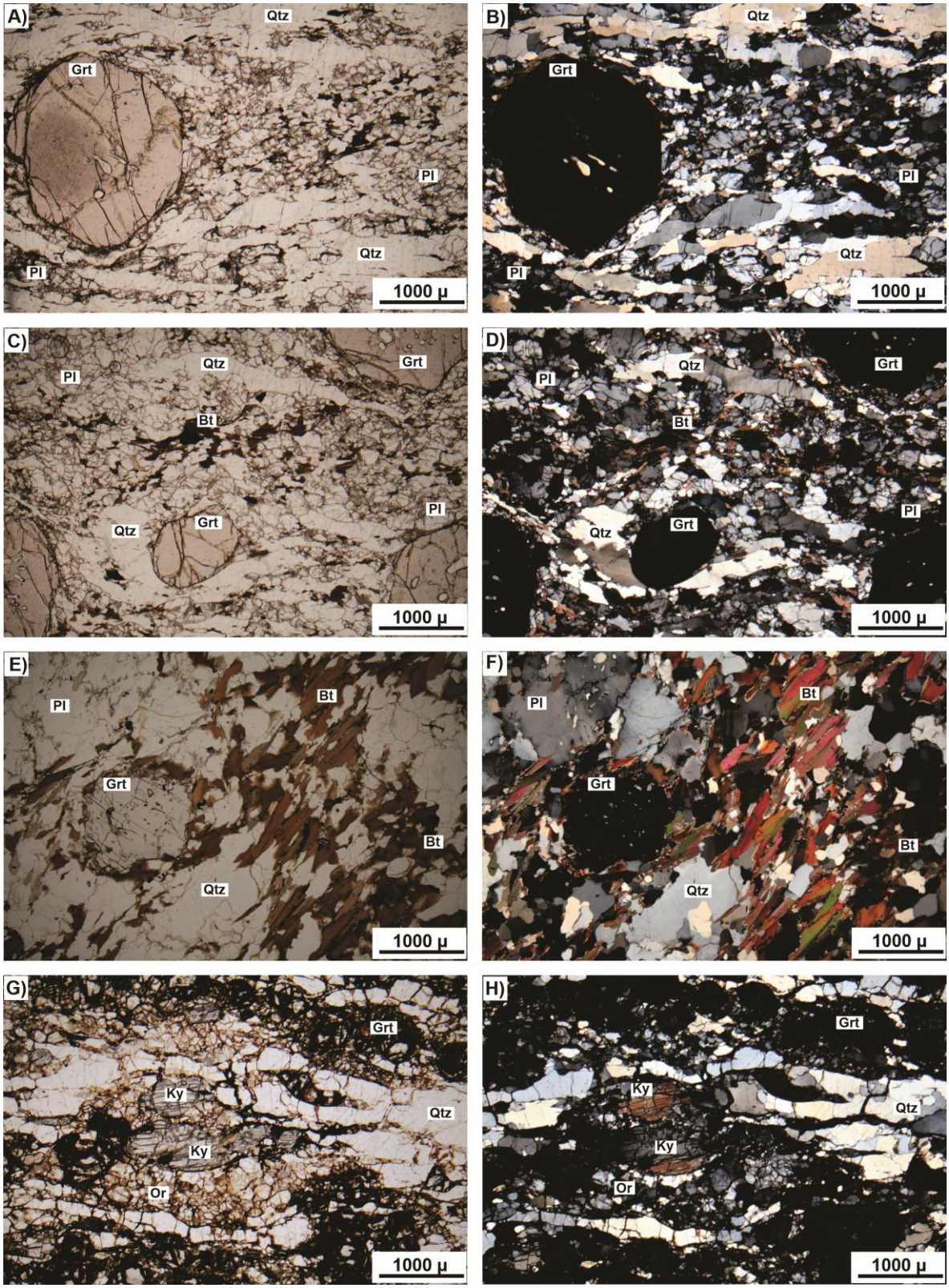


Figura 4.5 – Fotomicrografias de granada paragnaisses. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica inequigranular a blastomilonítica com domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos difusos constituídos por granada destacando a trama amoldada em torno dos cristais de granada (Polarizadores paralelos em A e C, polarizadores cruzados em B e D); (E), (F): Leitos descontínuos lepidoblásticos fortemente orientados associados a domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Agregados de cristais de cianita, ortoclásio e de granada com formas lenticulares e ocelares (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Bt: biotita, Grt: granada, Ky: cianita, Or: Ortoclásio; Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo.

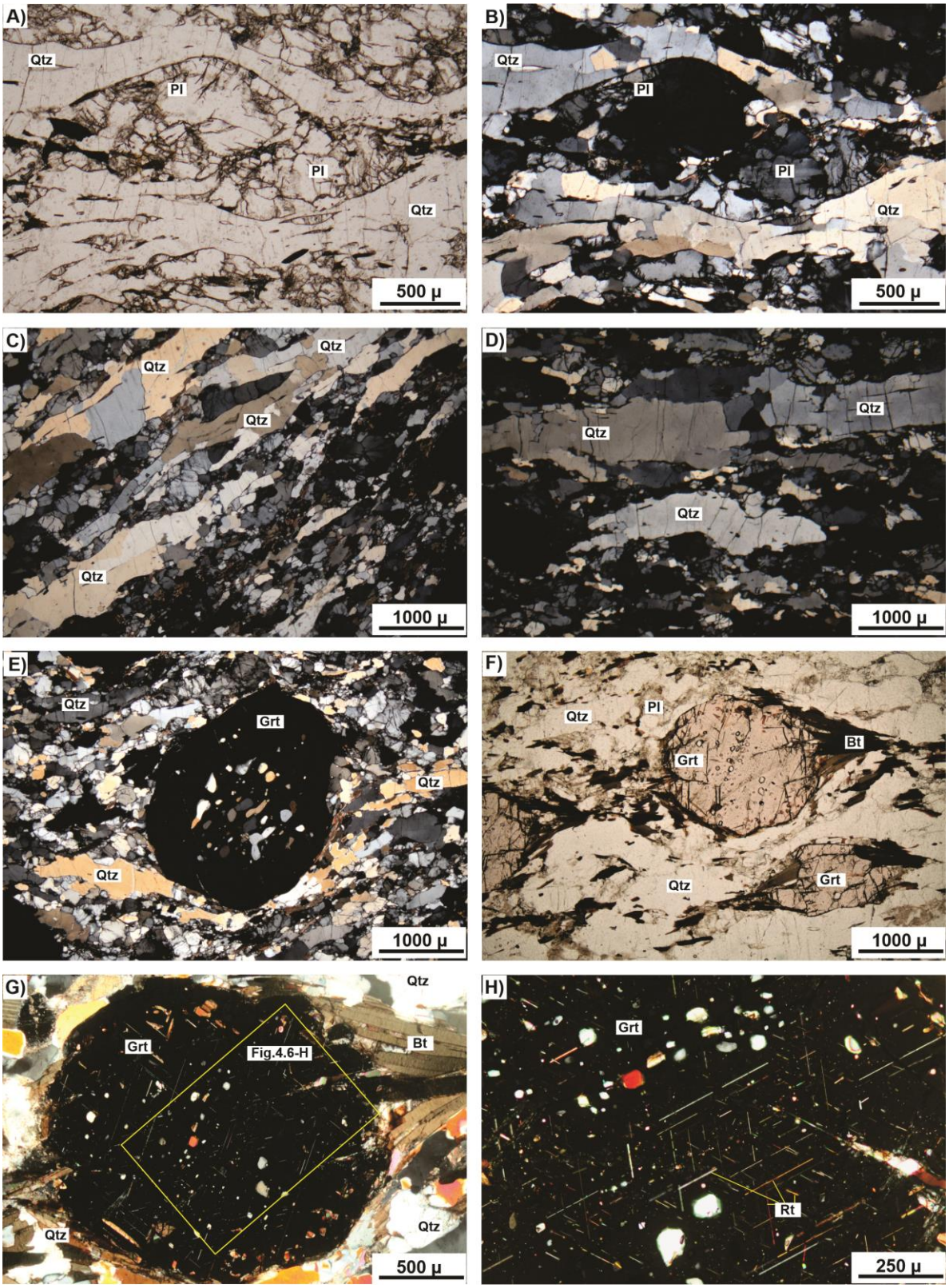


Figura 4.6 – Fotomicrografias de granada paragnaisses. (A), (B): Agregados de cristais de plagioclásio com forma ocelar (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): *Ribbons* de quartzo fortemente orientados (Polarizadores cruzados); (E): *Ribbons* de quartzo amoldados em torno de poiquiloblasto de granada (Polarizadores cruzados); (F): Cristais de granada com bordas corroídas por biotita (Polarizadores paralelos); (G), (H): Destaque para acículas de rutilo organizadas preferencialmente em duas direções em cristal de granada (Polarizadores cruzados). Bt: biotita, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo, Rt: rutilo.

O quartzo ocorre formando leitos descontínuos alongados. Os cristais são anédricos, alongados, com contatos lobulados a localmente retos e imbricados. As dimensões dos cristais podem alcançar até 9,0 mm de comprimento, constituindo *ribbons* e dimensões médias em torno de 1,5 mm (Figura 4.6 – C, D). Os cristais mostram evidências de forte migração de limites, recristalização, recuperação, formação de subgrãos e extinção ondulante em diferentes graus. Os *ribbons* podem amoldar-se na trama da rocha, contornando cristais de granada (Figura 4.6 – E). Geralmente os cristais são límpidos, podendo ser pouco fraturados. Localmente exibe inclusões de finas acículas de rutilo.

Os cristais de feldspato potássico (ortoclásio e microclínio) ocorrem formando leitos difusos descontínuos alongados, muitas vezes com formas lenticulares. Os cristais são subédricos tabulares a dominantemente anédricos, com dimensões variando entre 0,1 mm e 1,5 mm e contatos lobulados. Apresentam extinção ondulante moderada a forte e sinais de recristalização e recuperação. Os cristais podem ou não apresentar geminação em grade difusa a pouco nítida, além de combinação de geminação em grade e geminação carlsbad difusas, indicando tratar-se de ortoclásio parcialmente triclinizado. Podem exibir textura pertítica. Nos subtipos petrográficos plagioclasíticos, o ortoclásio é intersticial.

Os cristais de granada são anédricos a subédricos arredondados, com dimensões que variam de 0,4 mm a 1,2 cm e limites lobulados a ameboides. Os cristais podem ser alongados e apresentarem-se sob formas lenticulares. A granada é frequentemente poiquiloblástica, com inclusões de quartzo, plagioclásio, rutilo, biotita, cianita, zircão e ilmenita. Além das inclusões de cristais de rutilo, os cristais podem exibir finas acículas de rutilo com dimensões inframilimétricas, em arranjo quase ortogonal (provavelmente arranjadas segundo os planos dodecaédricos da granada), que sugerem resultar de exsolução (Figura 4.6 – F, G, H). A granada mostra-se corroída, cujas bordas ocorrem substituídas principalmente por biotita e secundariamente por muscovita. No geral, os cristais mostram-se fraturados, cujas fraturas podem estar preenchidas com óxido/hidróxido de ferro e também por biotita+muscovita+clorita.

A biotita, quando presente, apresenta-se formando leitos descontínuos ou domínios difusos lepidoblásticos inequigranulares. Ocorre sob a forma de cristais tabulares a subtabulares, com contatos lobulados e dimensões que variam de inferiores a 0,1 a 4,0 mm de comprimento (Figura 4.7 – A, B). Apresentam pleocroísmo em tons de laranja, marrom escuro e marrom acastanhado. Podem constituir sombras de pressão em cristais de granada ou ainda ocorrer organizadas de modo a contornar os cristais de granada e também agregados de cristais de feldspato (Figura 4.7 – B, C). Alguns cristais ocorrem substituídos por muscovita

ou por muscovita+clorita. Frequentemente, os cristais de biotita também ocorrem associados ao rutilo e aos minerais opacos. Alguns cristais mostram inclusões de minerais radioativos (zircão e monazita) e mais localmente de allanita, formando halos pleocroicos. Raros cristais podem apresentar acículas de rutilo arranjadas de acordo com os planos de clivagem da biotita.

A cianita, quando presente, ocorre como cristais tabulares subédricos a anédricos, com dimensões variando de 0,1 a 3,0 mm e contatos dominantemente lobulados (Figura 4.7 – D). Ocorrem formando domínios inequigranulares nematoblásticos fortemente orientados. Apresentam-se parcialmente substituídas por muscovita/sericita e mais raramente por biotita. Alguns cristais são poiquiloblásticos, com inclusões de granada, rutilo, minerais opacos, biotita e quartzo (Figura 4.7 – E, F). Frequentemente os cristais mostram-se arqueados, com extinção ondulante em diferentes graus e geminação lamelar simples.

A muscovita ocorre como palhetas incolores e irregulares, ou como pequenos cristais tabulares, com dimensões que não ultrapassam 1,5 mm. Ocorre substituindo a biotita, plagioclásio e cianita. Em domínios onde os agregados de biotita mostram-se bastante corroídos, se observa cristais de muscovita intercrescidos com clorita.

Os minerais opacos são representados por ilmenita e ocorrem sob a forma de cristais subprismáticos a anédricos, às vezes com aspecto vermiforme, com dimensões que podem alcançar até 1,5 mm. Ocorrem associados aos minerais máficos e granada.

Os cristais de rutilo são prismáticos, subprismáticos a anédricos. Mostram dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm a 1,2 mm. Podem ocorrer nos leitos descontínuos félsicos orientados segundo a foliação principal, inclusos em cristais de granada e cianita, ou ainda, associado à biotita (sugerindo que parte do rutilo se formou a partir da biotita) (Figura 4.7 – G, H). Localmente ocorrem englobando ilmenita ou intercrescido com esta.

O zircão e a monazita ocorrem dominantemente como pequenos cristais subprismáticos a arredondados, com dimensões variando de inferiores a 0,1 mm a 0,8 mm. Podem ser zonados. A apatita ocorre como cristais prismáticos a geralmente arredondados, com dimensões que podem alcançar até 1,0 mm e ocorre dispersa pelos leitos granoblásticos. O carbonato e a clorita ocorrem principalmente associados ao processo de saussuritização do plagioclásio. A clorita também pode ocorrer como pequenos cristais subédricos subtabulares a anédricos, com pleocroísmo em tons de verde claro e dimensões que não ultrapassam 1,0 mm, intercrescida com biotita e muscovita. Localmente ocorrem agregados de cristais granulares de titanita com dimensões inframilimétricas nas bordas de cristais de biotita, sugerindo originar-se desta.

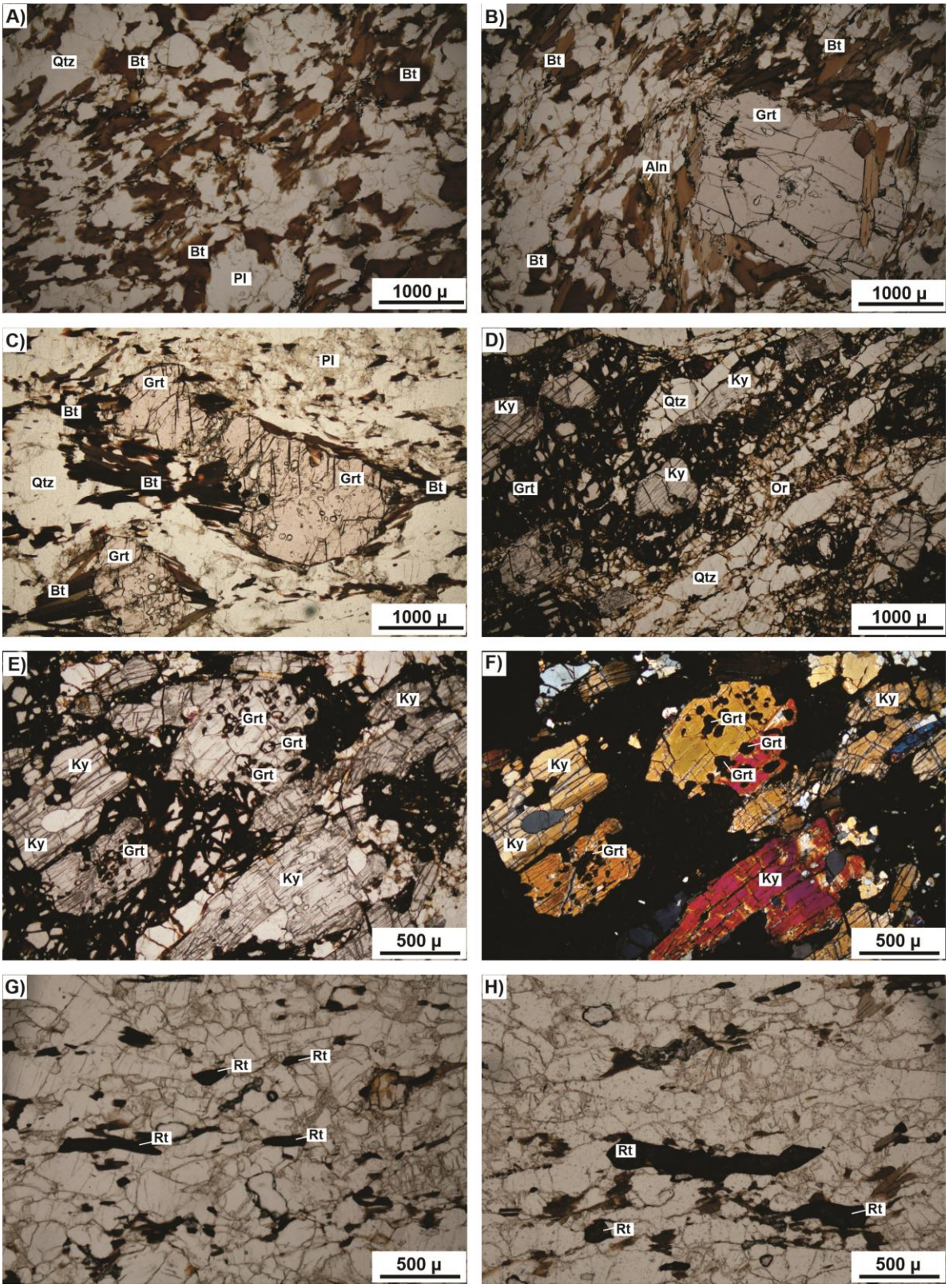


Figura 4.7 – Fotomicrografias de granada paragnaisses. (A): Leitos descontínuos lepidoblásticos fortemente orientados constituídos por biotita (Polarizadores paralelos); (B): Leitos lepidoblásticos descontínuos contornando cristal de granada (Polarizadores paralelos); (C): Cristais de biotita constituindo sombras de pressão em torno de cristais de granada (Polarizadores paralelos); (D): Cristais de cianita com formas anédricas e lenticulares, fortemente orientados (Polarizadores paralelos); (E), (F): Cristais de cianita com inclusões de pequenos cristais de granada (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Cristais de rutilo fortemente orientados na matriz granoblástica (Polarizadores paralelos). Aln: allanita; Bt: biotita, Grt: granada, Ky: cianita, Or: ortoclásio, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo; Rt: rutilo.

A allanita ocorre como cristais subédricos tabulares, com coloração em tons de amarelo a alaranjado e dimensões que podem alcançar até 1,0 mm. Ocorre inclusa em biotita, formando halos pleocroicos.

4.2.1.2 Granada-quartzo xistos

Foram incluídas nos granada-quartzo xistos, rochas com conteúdo modal de quartzo entre 35 e 60% e conteúdo feldspato inferior a 15%, comumente contendo cianita. Os granada-quartzo xistos incluem dominantemente cianita-granada-quartzo xistos, feldspáticos ou não, com e/ou sem biotita. Esses litotipos ocorrem frequentemente como camadas a faixas tabulares descontínuas, de espessura decimétrica a métrica, intercalados principalmente em granada paragnaisses quartzosos.

São rochas de coloração bege esbranquiçado a cinza claro azulado quando frescas, que adquirem coloração rosada a amarronzada quando intemperizadas. Os granada-quartzo xistos exibem forte anisotropia definida por estrutura xistosa, marcada pela isorientação de cristais alongados de quartzo, e frequentemente de cianita. Localmente apresentam textura bandada laminada.

Os granada-quartzo xistos apresentam textura granoblástica inequigranular fortemente orientada, com domínios descontínuos inequigranulares nematoblásticos constituídos por cianita e mais raramente domínios lepidoblásticos constituídos por biotita e muscovita. Frequentemente a trama é interrompida por domínios difusos porfiroblásticos/porfiroclásticos e a textura se amolda em torno dos porfiroblastos/porfiroclastos de granada. Quando apresentam estrutura bandada, essas rochas exibem textura granoblástica alongada difusa, com forte orientação, sem domínios porfiroblásticos (Figura 4.8 – A, B, C, D, E, F, G; Figura 4.9 – A, B, C, D, E, F, G., H).

A mineralogia essencial desse litotipo é constituída por: quartzo (35-60%), granada (10-40%), cianita (0-25%), feldspato potássico (0-15%), biotita (0-10%), plagioclásio (0-5%), muscovita/sericita (0-5%), minerais opacos (até 3%), rutilo (até 3%), além de traços de apatita e zircão.

O quartzo geralmente ocorre como cristais límpidos. Os cristais exibem formas anédricas, com contatos lobulados a mais localmente engrenados. As dimensões podem variar de 0,3 mm a 6,0 mm, com tamanhos médios da ordem de 2,0 mm. Frequentemente são alongados e formam *ribbons,* que podem alcançar dimensões de até 1,0 cm. Os cristais apresentam forte migração de limites, sinais de recristalização, recuperação, formação de subgrãos (localmente formando padrão *chessboard*), extinção ondulante em diferentes graus,

além de raramente exibir lamelas de deformação. Localmente apresentam finas acículas de rutilo. Em geral os cristais mostram nítida orientação dimensional paralela à foliação Sn (Figura 4.10 – A, B).

A granada ocorre como cristais arredondados, às vezes alongados, com dimensões médias da ordem de 2,5 mm, podendo alcançar dimensões de até 8,5 mm. Os cristais podem ser límpidos ou poiquiloblásticos, com inclusões de quartzo, cianita, rutilo e mais raramente de biotita. As inclusões exibem dimensões variáveis (de inferior a 0,1 mm a 1,0 mm) e tendem a ser mais frequentes nas porções centrais dos cristais (parecem diminuir em frequência em direção às bordas dos cristais). Os cristais de granada apresentam-se parcialmente substituídos por biotita e menos frequentemente por muscovita/sericita. Alguns cristais exibem exsoluções de cristais aciculares de rutilo em arranjo quase ortogonal, ocupando os planos dodecaédricos da granada. Em alguns subtipos petrográficos a granada ocorre sob a forma de trilhas, formando leitos contínuos a descontínuos alongados, às vezes com feições e formas lenticulares, fortemente orientados. Localmente ocorrem cristais euédricos de granada inclusos em cianita. Em geral a granada apresenta variados graus de alteração para óxido/hidróxido de ferro e/ou manganês (Figura 4.10 – C, D).

A cianita ocorre como cristais euédricos, subédricos a anédricos, com hábitos tabular, subtabular a granular e com contatos retos a lobulados. As dimensões variam de 0,2 mm a 6,0 mm, com dimensões médias da ordem de 1,5 mm. Frequentemente ocorre formando leitos nematoblásticos descontínuos e difusos, arranjados de modo que os cristais se amoldam em torno da granada. Os cristais podem mostrar-se arqueados a dobrados, com extinção ondulante em graus variados. Alguns cristais podem ser poiquiloblásticos, com inclusões de granada, minerais opacos, rutilo e quartzo (Figura 4.10 – E, F, G, H). Localmente parecem corroer os cristais de granada. Podem mostrar-se corroídas por biotita, muscovita/sericita, muitas vezes envolvidas em coroas formadas por filossilicatos fibrosos (Figura 4.11 – A, B). Raros cristais mostram *kink bands* e geminação lamelar simples (Figura 4.11 – C, D). São raros os subtipos petrográficos que não contém cianita.

O feldspato potássico (ortoclásio e microclínio) é o feldspato mais comum nesses litotipos. Ocorre dominantemente como agregados lenticulares, alongados, muitas vezes arranjados de forma a constituir leitos descontínuos e difusos. Os cristais são subédricos tabulares a anédricos, com contatos lobulados e dimensões máximas de 2,0 mm. Mostram extinção ondulante moderada a forte. Os cristais podem ou não exibir geminação em grade nítida a difusa combinada com geminação carlsbad, sugerindo ser resultado de triclinização do ortoclásio. Localmente são pertíticos.

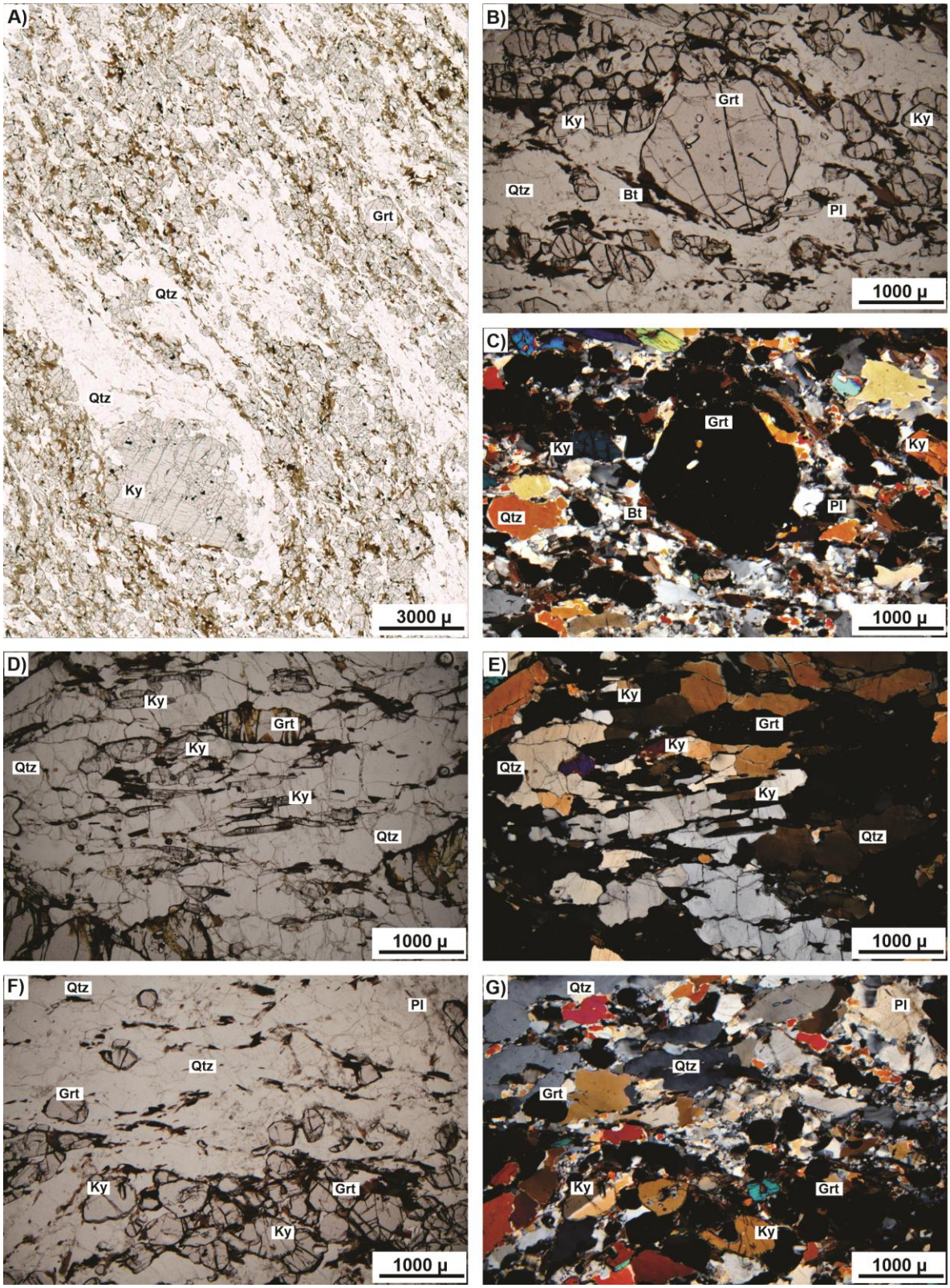


Figura 4.8 – Aspectos microscópicos dos granada-quartzo xistos na área de estudo. (A): Fotografia de seção delgada de granada-quartzo xisto com estrutura xistosa e textura granoblástica associada a domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos; (B), (C): Textura granoblástica orientada associada a domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos constituídos por cristais de granada (Polarizadores paralelos em B e polarizadores cruzados em C); (D), (E): Textura marcada pela orientação de *ribbons* de quartzo e leitos descontínuos nematoblásticos constituídos por cianita (Polarizadores paralelos em D e polarizadores cruzados em E); (F), (G): Textura granoblástica fortemente orientada (Polarizadores paralelos em F e polarizadores cruzados em G). Bt: biotita, Grt: granada, Ky: cianita, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo.

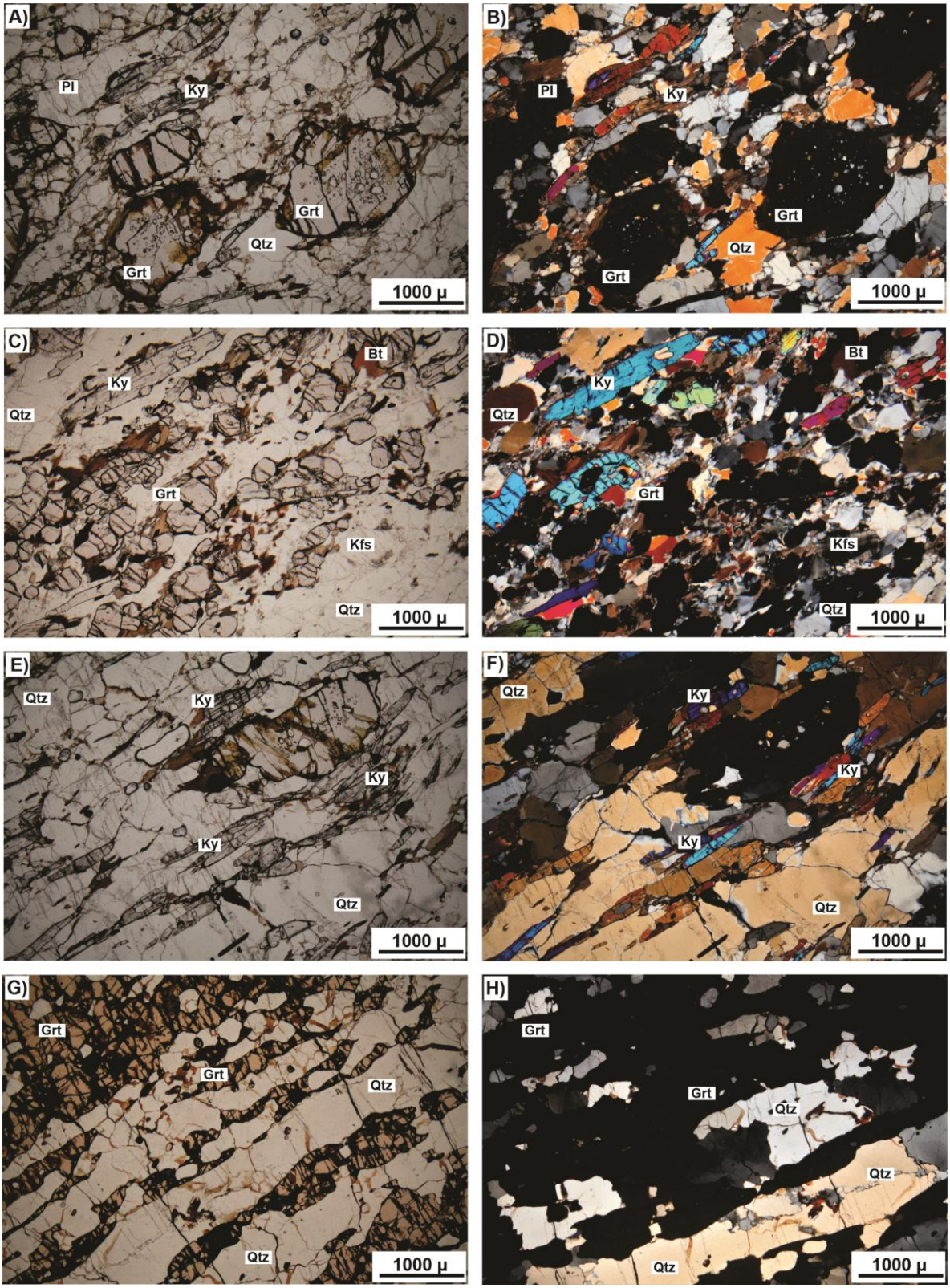


Figura 4.9 – Fotomicrografias de granada-quartzo xistos. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica inequigranular fortemente orientada, com domínios descontínuos nematoblásticos constituídos por cianita e porfiroblásticos/porfiroclásticos compostos por granada (Polarizadores paralelos em A e C, polarizadores cruzados em B e D); (E), (F): Textura marcada pela orientação de *ribbons* de quartzo e leitos descontínuos nematoblásticos constituídos por cianita (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Textura bandada marcada pela alternância de leitos constituídos por granada fortemente alongada e orientada e *ribbons* de quartzo (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Bt: biotita, Grt: granada, Kfs: feldspato potássico, Ky: cianita, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo.

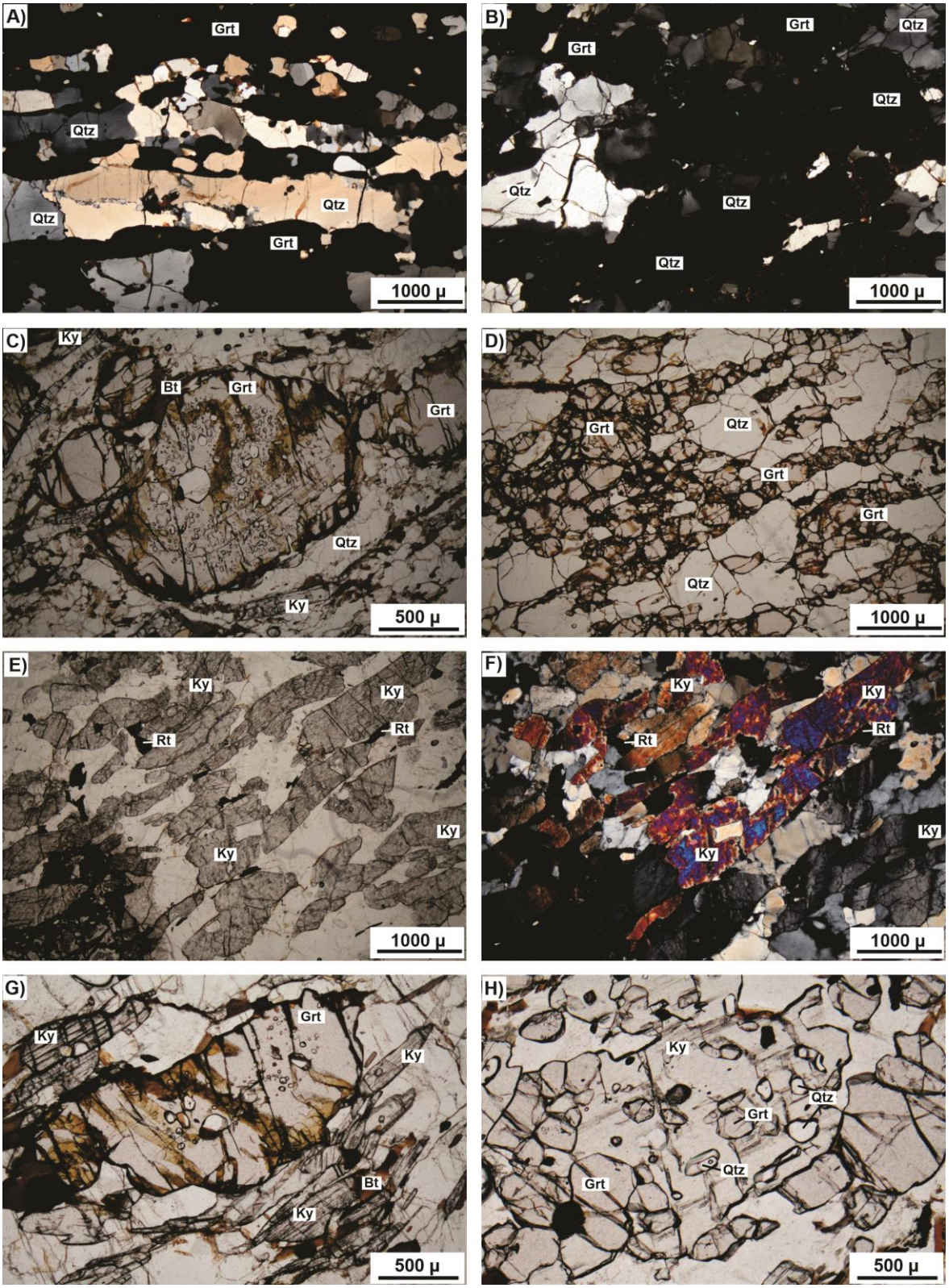


Figura 4.10 – Fotomicrografias de granada-quartzo xistos. (A): *Ribbons* de quartzo fortemente orientados (Polarizadores cruzados); (B): Cristais de quartzo fortemente orientados mostrando extinção ondulante forte e formação de subgrãos (Polarizadores cruzados); (C) Poiquiloblasto de granada com bordas de biotita (Polarizadores paralelos); (D): Leitos descontínuos e alongados de granada (Polarizadores paralelos); (E), (F): Leitos descontínuos nematoblásticos constituídos por cianita com destaque para cristais arqueados e com extinção ondulante (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G): Cristais de cianita alongados e arqueados amoldados em torno de cristal de granada (Polarizadores paralelos); (H): Cristal poiquiloblástico de cianita com inclusões de granada e quartzo (Polarizadores paralelos). Bt: biotita, Grt: granada, Ky: cianita, Qtz: quartzo, Rt: rutilo.

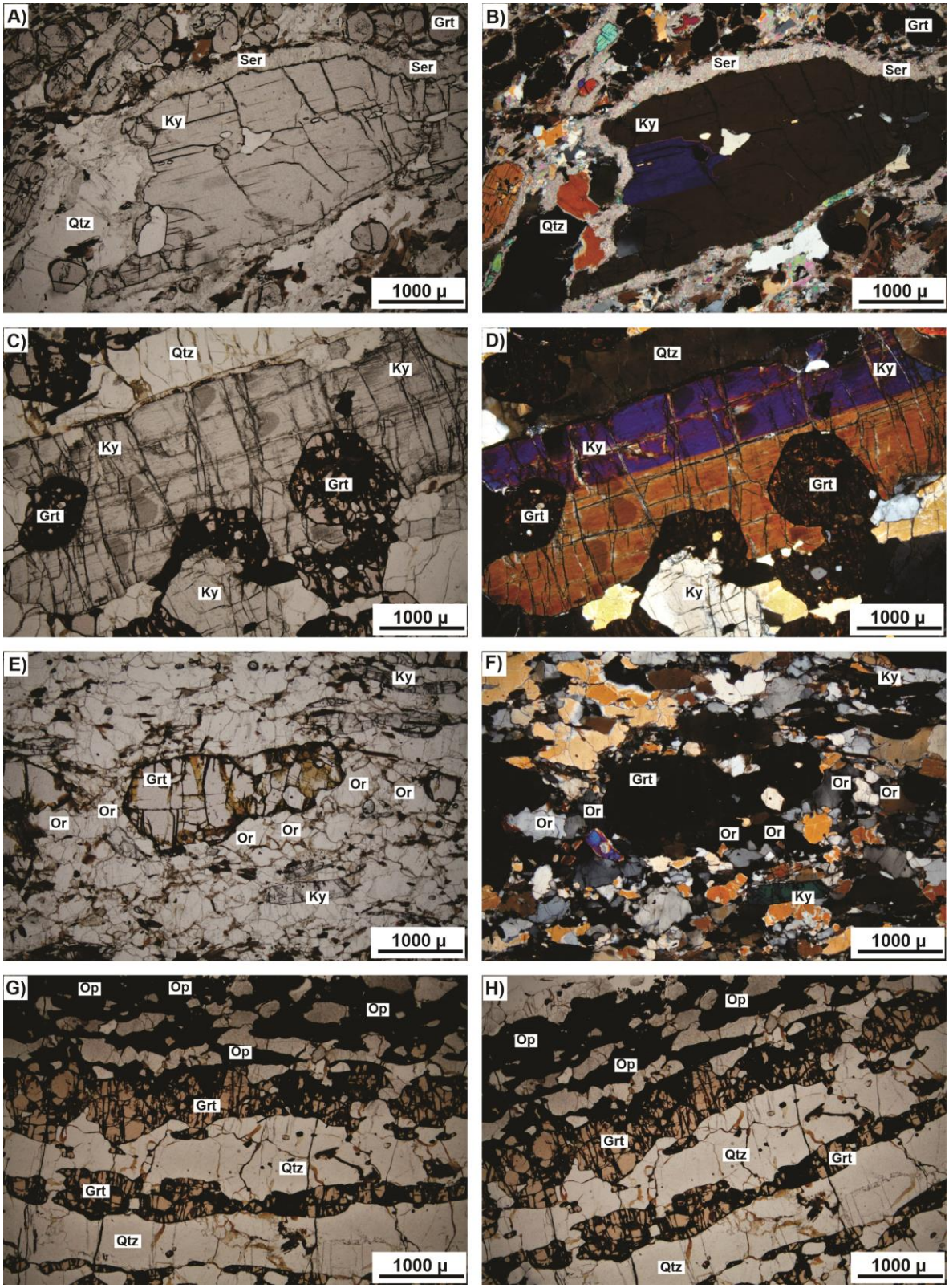


Figura 4.11 – Fotomicrografias de granada-quartzo xistos. (A), (B): Porfiroblasto de cristal de cianita envolto por coroa de sericita (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Cristal de cianita mostrando geminação lamelar simples e inclusões de cristais de granada (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Cristais de ortoclásio formando sombras de pressão em cristal de granada (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Cristais de minerais opacos fortemente alongados e orientados formando leitos descontínuos (Polarizadores paralelos). Grt: granada, Ky: cianita, Op: minerais opacos, Or: ortoclásio, Qtz: quartzo, Ser: sericita.

Ocorrem raros cristas de plagioclásio (oligoclásio/andesina), com formas sigmoidais, contatos lobulados e dimensões inferiores a 0,4 mm. Quando presente, a geminação polissintética é nítida. Localmente ocorrem mirmequitas e textura anti-pertítica. Menos frequentemente o feldspato potássico e o plagioclásio ocorrem concentrados em zonas de sombra de pressão de cristais de granada (Figura 4.11 – E, F). Os feldspatos podem apresentar-se parcialmente alterados para muscovita e sericita.

A biotita ocorre sob a forma de cristais tabulares a subtabulares ou anédricos com pleocroísmo em tons de marrom acastanhado e dimensões entre 0,2 mm a 2,0 mm. Pode constituir leitos descontínuos difusos orientados. A biotita ocorre consumindo ou envolvendo cristais de granada, às vezes constituindo sombras de pressão em torno desses cristais. Mais raramente corrói a cianita. Também ocorre associada ao rutilo e minerais opacos, podendo dar origem a estes em reações de queda de temperatura. Os cristais de biotita podem estar envolvidos por sericita fina fibrosa ou alterados para muscovita. A muscovita e a sericita ocorrem como cristais tabulares a subtabulares com dimensões máximas de 0,5 mm ou agregados de cristais fibrosos finos e ocorrem principalmente alterando e envolvendo cristais de cianita, de biotita e feldspatos.

Os minerais opacos incluem frequentemente ilmenita e grafita. Os cristais são tabulares, subtabulares a subarredondados, com dimensões médias da ordem de 0,35 mm. Podem estar associados a granada, biotita, rutilo e cianita. A grafita é observada principalmente associada aos domínios ricos em biotita e muscovita. Em alguns subtipos petrográficos, a ilmenita perfaz cerca de 5% do conteúdo modal da rocha; são anédricos e com dimensões médias da ordem de 0,5 mm ou inferiores, ou ocorrem formando leitos contínuos a descontínuos associado a óxido/hidróxido de ferro, resultado da alteração da granada (Figura 4.11 – G, H).

O rutilo ocorre sob formas subédricas prismáticas a predominantemente anédricas, com dimensões que variam de 0,3 mm a 1,5 mm, podendo alcançar dimensões de até 2,5 mm. Ocorre incluso em cristais de cianita e granada e geralmente está associado aos agregados de cianita, exibindo contatos retos. Localmente ocorre associado a biotita. Os cristais de zircão são arredondados, com dimensões da ordem de 0,15 mm. Ocorrem dispersos pela amostra ou inclusos em granada. A apatita ocorre sob a forma de cristais menores que 0,1 mm com formas euédricas a subédricas prismáticas. Pode formar agregados granulares ou ocorrer inclusa em quartzo.

4.2.1.3 Granada quartzitos

Sob a denominação de granada quartzitos foram incluídas rochas com conteúdo modal de quartzo superior a 75%, que podem ou não conter cianita. Essas rochas ocorrem associadas principalmente aos granada-quartzo xistos e granada paragnaisses quartzosos exibindo contatos gradacionais a nítidos. Esses litotipos aparecem sustentando as cristas das serras alinhadas segundo o *trend* regional E-W na área de estudo, a exemplo da Serra da Palestina na porção leste e a Serra do Caipora na porção centro-oeste da área, além de cristas de menor expressão distribuídas na área (APÊNDICE I – Mapa Geológico).

Os granada quartzitos são rochas de coloração bege esbranquiçada, com tons azulados (quando ricos em cianita), que adquirem coloração rosada a avermelhada quando intemperizados. As exposições mais comuns desses litotipos ocorrem sob a forma de cristas com espessura métrica a decamétrica e como blocos tabulares com diâmetro decimétrico a métrico, exibindo variados graus de alteração (Figura 4.12 – A, B, C, D, E).

Apresentam estrutura fortemente anisotrópica, são foliados, com xistosidade marcada pela isorientação de cristais achatados, alongados e estirados de quartzo, cristais alongados de cianita e por cristais de filossilicatos. Frequentemente essas rochas apresentam estrutura milonítica a blastomilonítica, anastomosada e feições sigmoidais (Figura 4.12 – F, G, H).

A textura é granoblástica inequigranular milonítica a blastomilonítica. A trama pode exibir leitos descontínuos ou domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos orientados, às vezes alongados, constituídos por granada. Com o aparecimento da cianita são observados domínios nematoblásticos descontínuos a lenticulares orientados. Nos termos mais micáceos/deformados observa-se foliações “Ss” e “Sc” (Figura 4.13 – A, B, C, D, E, F; Figura 4.14 – A, B, C, D, E, F).

A mineralogia principal é constituída por quartzo (75-90%), granada (5-10%), cianita (0-10%) e feldspato potássico (0-5%), além de muscovita (0-5%), biotita (0-3%), rutilo (traços-3%), minerais opacos (<1%) e traços de zircão e apatita.

O quartzo ocorre sob a forma de cristais anédricos, geralmente alongados e achatados, com contatos predominantemente lobulados e localmente engrenados. As dimensões dos cristais variam de 0,5 mm podendo formar *ribbons* de até 8,0 mm de comprimento (geralmente assimétricos) e dimensões médias da ordem de 2,0 mm (Figura 4.14 – G, H). Os cristais mostram sinais de recristalização, recuperação, forte migração de limites, formação de subgrãos, além de extinção ondulante em diferentes graus. Em algumas amostras ocorrem porções com cristais de quartzo com contatos engrenados, dimensões menores (da ordem de

0,5 mm) e leve extinção ondulante. Localmente foram observadas inclusões de acículas de rutilo. Os cristais podem ocorrer fraturados.



Figura 4.12 – Aspectos macroscópicos dos granada quartzitos na área de estudo. (A), (B), (C), (D): Exposições mais comuns de cianita-granada quartzito; (E): Afloramento de granada quartzito; (F): Estrutura anisotrópica a milonítica marcada pela orientação de cristais achatados e estirados de quartzo e granada; (G), (H): *Ribbons* de quartzo fortemente orientados em granada quartzito.

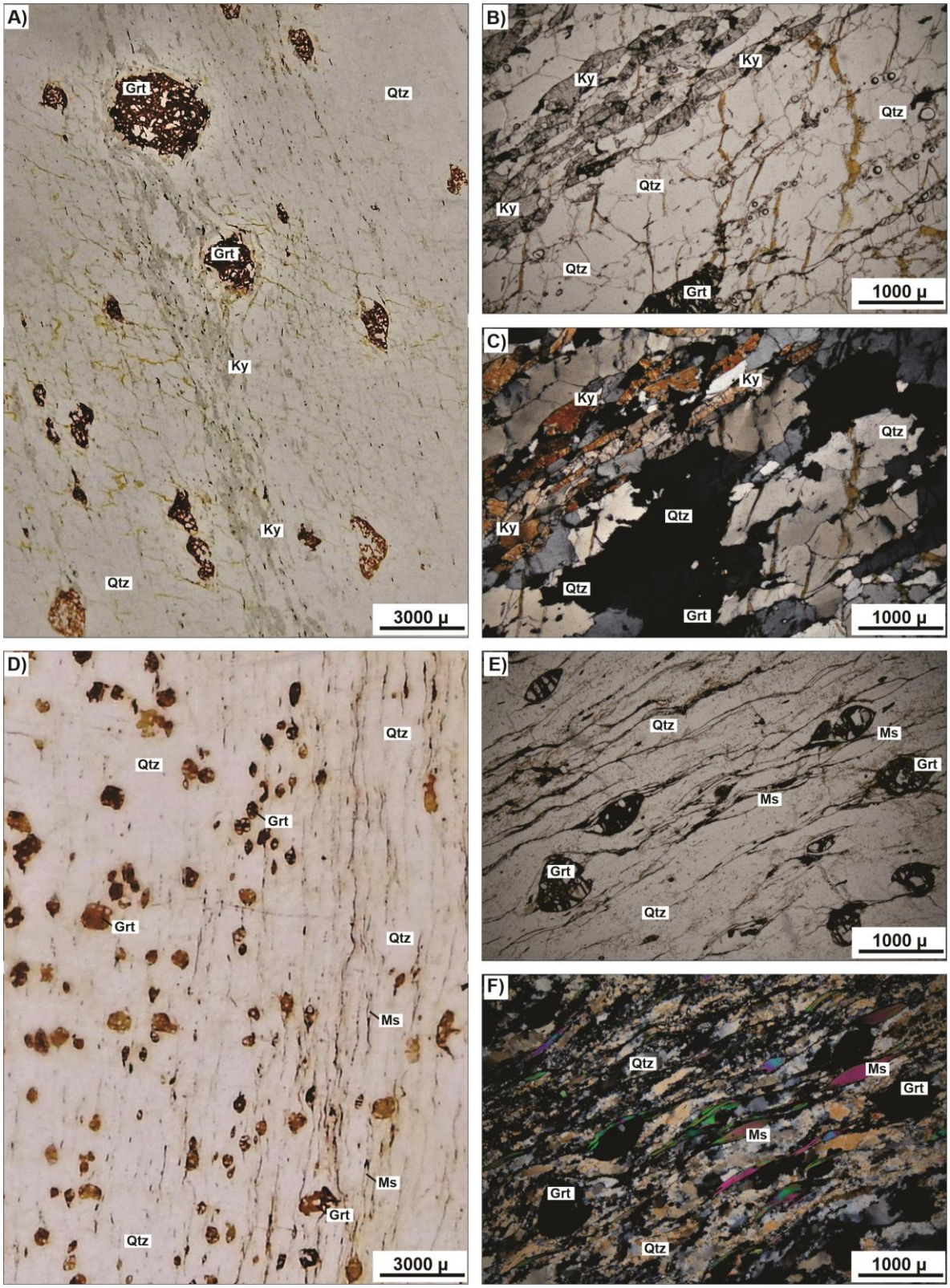


Figura 4.13 – Aspectos microscópicos dos granada quartzitos na área de estudo. (A): Fotografia de seção delgada de granada-cianita quartzito; (B), (C): Textura granoblástica fortemente orientada marcada por *ribbons* de quartzo associada a leitos nematoblásticos descontínuos constituídos por cianita (Polarizadores paralelos em B e polarizadores cruzados em C); (D) Fotografia de seção delgada de granada quartzito com muscovita; (E), (F): Textura granoblástica inequigranular milonítica com mica *fish*, formando foliações S-C (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F). Grt: granada, Ky: cianita, Ms: muscovita, Qtz: quartzo.

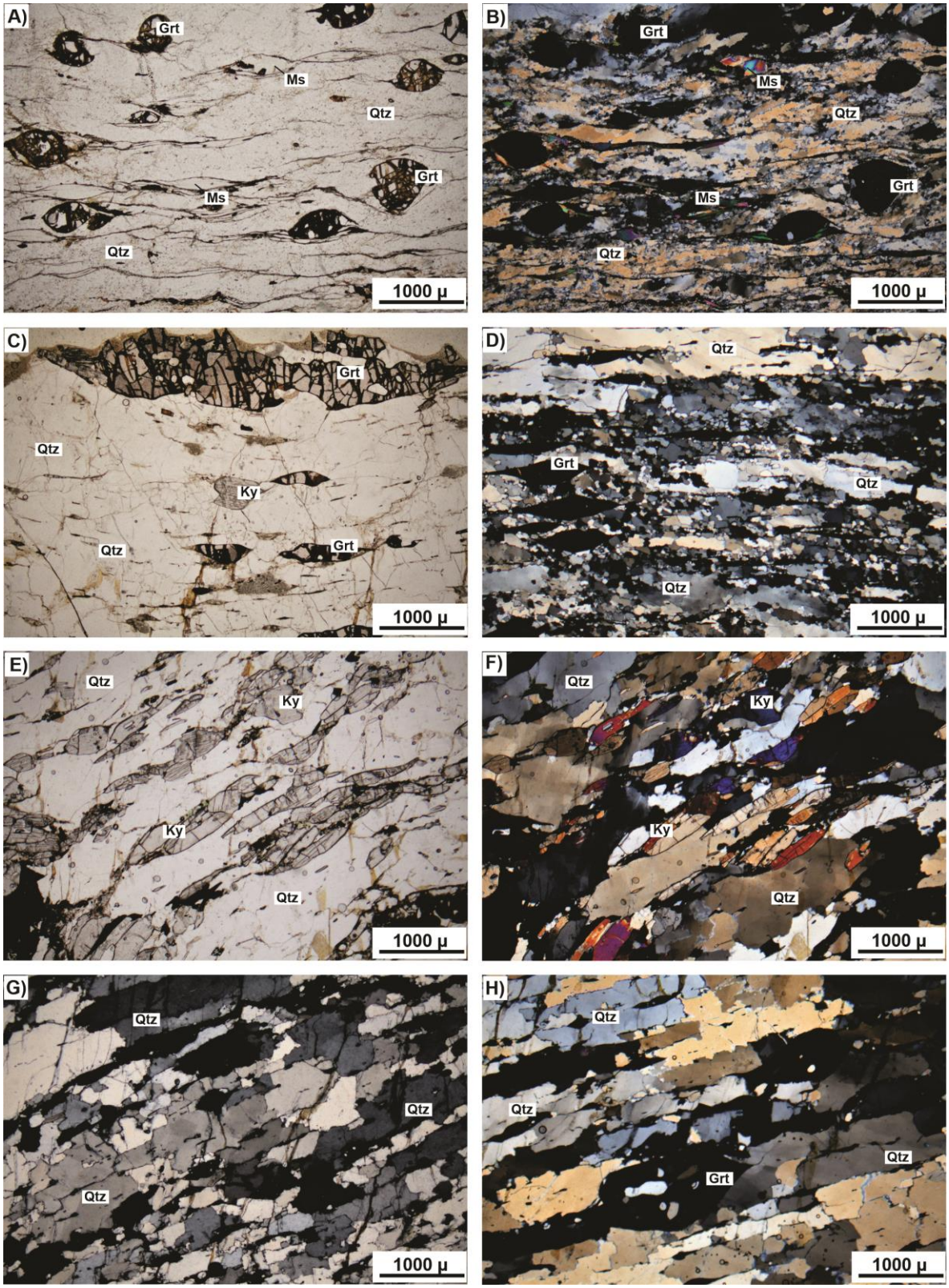


Figura 4.14 - Fotomicrografias de granada quartzito. (A), (B): Textura granoblástica inequigranular milonítica com formas lenticulares e domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos constituídos por granada (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Textura granoblástica a milonítica com destaque para cristais alongados de granada e cianita com formas lenticulares e *ribbons* de quartzo (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Textura nematoblástica marcada pela orientação de cristais alongados a lenticulares de cianita e *ribbons* de quartzo (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Textura granoblástica inequigranular orientada formada por *ribbons* de quartzo com nítida orientação dimensional (Polarizadores cruzados). Grt: granada, Ky: cianita, Ms: muscovita, Qtz: quartzo.

A granada ocorre como cristais anédricos, comumente alongados, muitas vezes com formas lenticulares (amendoadas), com dimensões que variam entre 0,1 mm e 5,0 mm e tamanhos médios da ordem de 2,0 mm (Figura 4.15 – A, B). Os limites dos cristais são irregulares, geralmente lobulados a ameboides. Os cristais são frequentemente poiquiloblásticos, com inclusões de quartzo, cianita e rutilo. Geralmente os cristais ocorrem fraturados, com graus variados de alteração para óxido/hidróxido de ferro. Em muitas amostras, a granada apresenta-se sob a forma de pseudomorfos de óxido/hidróxido de ferro. Localmente os cristais ocorrem alterados para biotita, muscovita e sericita.

Os cristais de cianita ocorrem sob formas subédricas subtabulares a anédricas, muitas vezes com formas lenticulares a sigmoidais, formando leitos descontínuos nematoblásticos (Figura 4.15 – C, D). As dimensões dos cristais variam de inferiores a 0,5 mm a 3,0 mm de comprimento. Frequentemente a cianita ocorre amoldando-se em torno dos cristais de granada (Figura 4.15 – F, G). Os cristais são arqueados e mostram extinção ondulante em diferentes graus. Alguns cristais exibem geminação lamelar simples, ou ainda inclusões de quartzo, rutilo e de minerais opacos. Localmente ocorre associada a cristais de rutilo, exibindo contato reto com estes. Frequentemente os cristais de cianita ocorrem parcialmente alterados para filossilicatos finos (muscovita e sericita).

O feldspato potássico (ortoclásio), quando presente, ocorre constituindo domínios lentiformes difusos orientados. Os cristais são anédricos, com dimensões máximas de 1,5 mm e geralmente formam agregados lenticulares. Mostram extinção ondulante leve a moderada.

A muscovita pode ocorrer como cristais tabulares com dimensões médias da ordem de 1,0 mm; como agregados fibrosos finos com tamanhos médios da ordem de 0,5 mm crescendo sobre o feldspato, cianita, biotita e granada; ou ainda com formas sigmoidais constituindo domínios descontínuos orientados formando foliação S-C (mica *fish*) (Figura 4.15 – G). A biotita ocorre como cristais de dimensões médias de 1,0 mm, com coloração em tons de marrom avermelhado, resultantes de alteração da granada.

Os cristais de rutilo são prismáticos a anédricos, às vezes com formas lenticulares, orientados paralelamente a Sn, com dimensões que podem alcançar até 1,0 mm. Ocorrem como inclusões em cristais de cianita e granada (Figura 4.14 – H).

Os minerais opacos são representados por ilmenita e constituem cristais anédricos a lenticulares, principalmente associados aos cristais de granada. Pode ocorrer também grafita associada à biotita e ao rutilo.

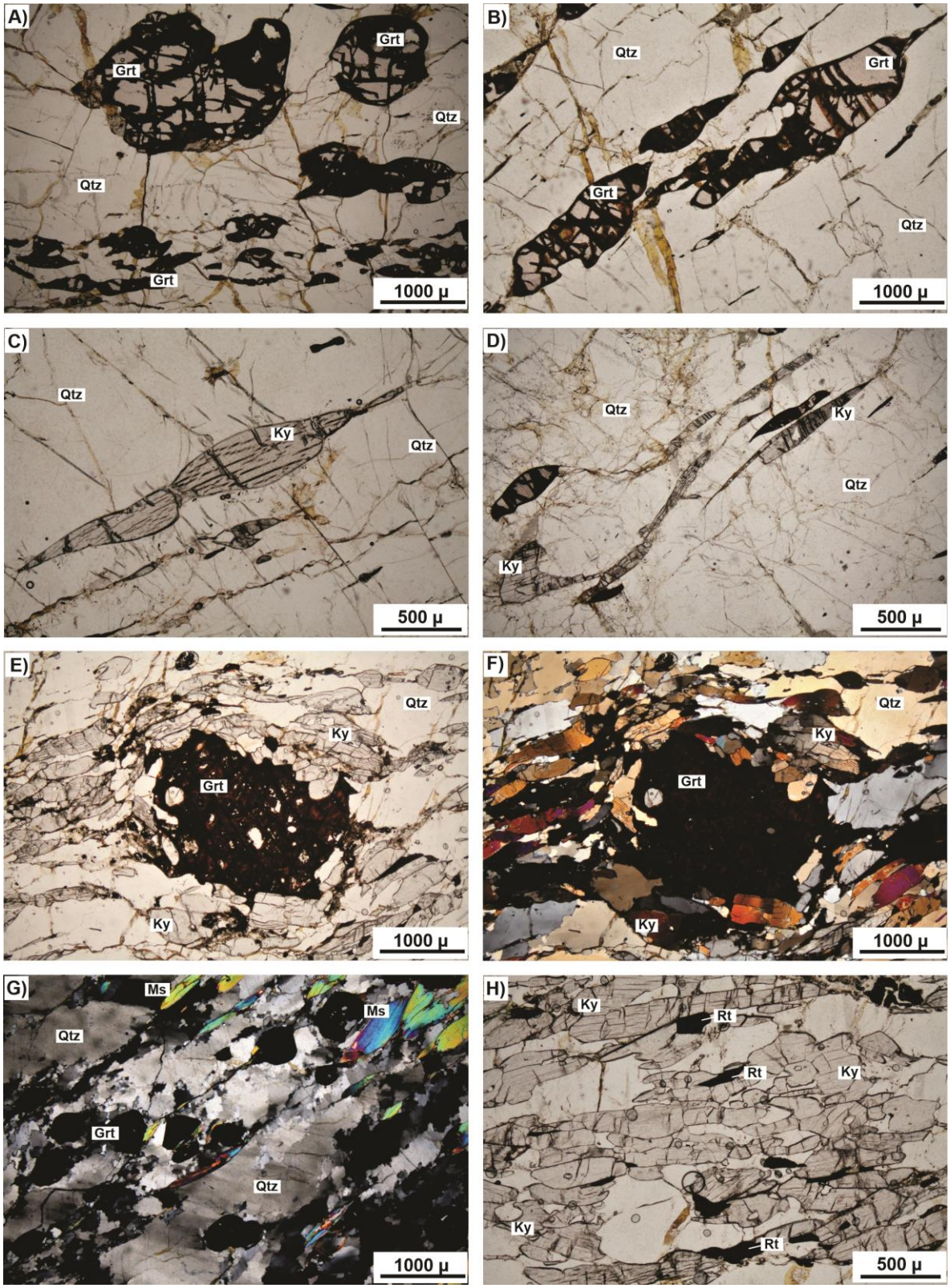


Figura 4.15 – Fotomicrografias de granada quartzitos. (A): Domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos constituídos por cristais granada arredondados e lenticulares (Polarizadores paralelos); (B): Cristais lenticulares de granada fortemente orientados (Polarizadores paralelos); (C), (D): Cristais lenticulares de cianita orientados (Polarizadores paralelos); (E), (F): Cristais tabulares a subtabulares de cianita amoldando-se em torno de cristal de granada (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G): Cristais de muscovita com formas lenticulares a sigmoidais orientados (Polarizadores cruzados); (H): Cristais tabulares a subtabulares de cianita associados a cristais de rutilo (Polarizadores paralelos). Grt: granada, Ky: cianita, Ms: muscovita, Qtz: quartzo, Rt: rutilo.

Minerais traços incluem cristais submilimétricos arredondados de zircão, que ocorrem dispersos. A apatita ocorre sob formas subprismáticas a subarredondadas, com dimensões inframilimétricas, dispersa. A sericita ocorre como agregados fibrosos resultantes da alteração do feldspato, cianita e granada.

4.2.2 Ortoderivadas quartzo-feldspáticas

Na área de estudo foram classificadas como rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas granada ortognaisses contendo anfibólio, biotita e/ou clinopiroxênio, com conteúdo modal de quartzo inferior a 35%, além da ausência de cianita. Esses litotipos ocorrem como faixas com maior expressão na porção centro-oeste e oeste da área de estudo, com direção paralela a subparalela à estruturação regional (APÊNDICE I – Mapa Geológico). Essas rochas apresentam diferenças composicionais, estruturais e texturais de um afloramento para outro ou de banda para banda, originando diversos subtipos petrográficos.

4.2.2.1 Granada ortognaisses

Os granada ortognaisses são representados por granada-biotita ortognaisses, biotita-granada ortognaisses, granada-anfibólio ortognaisses, granada-biotita-anfibólio ortognaisses e granada ortognaisses, podendo ou não conter clinopiroxênio. A composição dessas rochas varia de sienogranítica a tonalítica, com ocorrências locais de composição quartzo monzonítica a quartzo monzodiorítica.

As exposições mais comuns desses litotipos ocorrem em cortes de estrada com espessura métrica a decamétrica, além de blocos tabulares e arredondados com dimensões métricas (Figura 4.16 – A, B, C, D). Os granada ortognaisses podem ocorrer associados a mobilizados ou injeções de material quartzo-feldspático de coloração cinza esbranquiçada a rósea, dispostos com contatos concordantes com a foliação principal (Figura 4.16 – E).

São rochas de coloração cinza claro a cinza escuro esverdeado quando frescas, a bege esbranquiçado a rosado com máculas de cor vermelho amarronzado quando intemperizadas.

Exibem estrutura gnáissica nítida a comumente difusa, com feições blastomiloníticas frequentes. O bandamento é marcado pela alternância de leitos descontínuos, geralmente anastomosados, de espessura milimétrica a submilimétrica constituídos por minerais félsicos e por minerais máficos, às vezes fusiformes, ou ainda por *ribbons* de quartzo e ocelos de feldspatos (Figura 4.16 – F, G, H).



Figura 4.16 – Aspectos macroscópicos dos granada ortognaisses na área de estudo. (A), (B), (C), (D): Principais formas de ocorrência dos granada ortognaisses na área de estudo; (E): Injeção quartzo-feldspática subparalela a foliação principal do ortognaisse; (F): Bandamento gnáissico descontínuo definido pela alternância de leitos félsicos e leitos máficos em biotita-granada-anfibólio ortognaisse; (G), (H): Feições blastomiloníticas com cristais de feldspato com forma ocelar.

Os granada ortognaisses apresentam textura granoblástica inequigranular poligonal a lobulada, pouco orientada a blastomilonítica, com leitos descontínuos ou domínios difusos inequigranulares lepidoblásticos e nematoblásticos. Podem ainda exibir domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos constituídos por granada e feldspatos (Figura 4.17 – A, B, C, D; Figura 4.18 – A, B, C, D, E, F, G, H).

A mineralogia principal é constituída por plagioclásio (15-40%), feldspato potássico (<1 a 40%), quartzo (5-35%), granada (5-30%), biotita (traços-20%), anfibólio (0-10%) e clinopiroxênio (0-10%), além de minerais acessórios como minerais opacos (<3%), rutilo (<5%), titanita (0-5%), allanita (0-1%), apatita (<1%), zircão/monazita (<1%) e traços de carbonato, epidoto, clorita e sericita.

O plagioclásio (oligoclásio/andesina) ocorre formando leitos granoblásticos inequigranulares descontínuos. Os cristais são subédricos tabulares a anédricos, às vezes alongados, podendo exibir formas ocelares. Apresentam contatos retos a frequentemente lobulados e as dimensões variam de 0,2 mm a 5,0 mm. Localmente podem atingir dimensões centimétricas. Os cristais podem formar agregados poligonais com contatos retos (textura de equilíbrio). Apresentam extinção ondulante em diferentes graus, além de sinais de recristalização, recuperação e local formação de subgrãos. Podem ser antipertíticos (filetes e vênulas) por corrosão e mirmequíticos. A geminação polissintética (Lei da Albita), quando presente, pode ser nítida a difusa. Os cristais exibem grau variado de albitização, além de filmes ou filetes de carbonato. Localmente ocorre contornando cristais de granada ou contém gotas de quartzo (Figura 4.19 – A, B, C, D).

O feldspato potássico (ortoclásio e microclínio) constitui leitos granoblásticos inequigranulares descontínuos. Os cristais ocorrem sob formas subédricas tabulares a anédricas, muitas vezes alongados ou com formas ocelares e contatos frequentemente lobulados a retos e engrenados. As dimensões variam de inferiores a 0,1 mm a 6,0 mm. Localmente podem alcançar dimensões centimétricas. Podem ser pertíticos a mesopertíticos. Os cristais apresentam extinção ondulante em diferentes graus, além de sinais de recristalização, recuperação e local formação de subgrãos. Apresentam geminação carlsbad e geminação em grade nítida a mais comumente difusa. Os cristais de feldspato potássico podem exibir a combinação dessas duas geminações, sugerindo triclinização do ortoclásio. Alguns cristais exibem bordas albitizadas. Nos termos mais plagioclasíticos, é comum aparecer ortoclásio intersticial, que corrói o plagioclásio, formando textura antipertítica por corrosão. Podem conter inclusões de cristais de quartzo. Também ocorrem formando agregados de cristais com contatos poligonais (textura de equilíbrio) (Figura 4.19 – E, F).

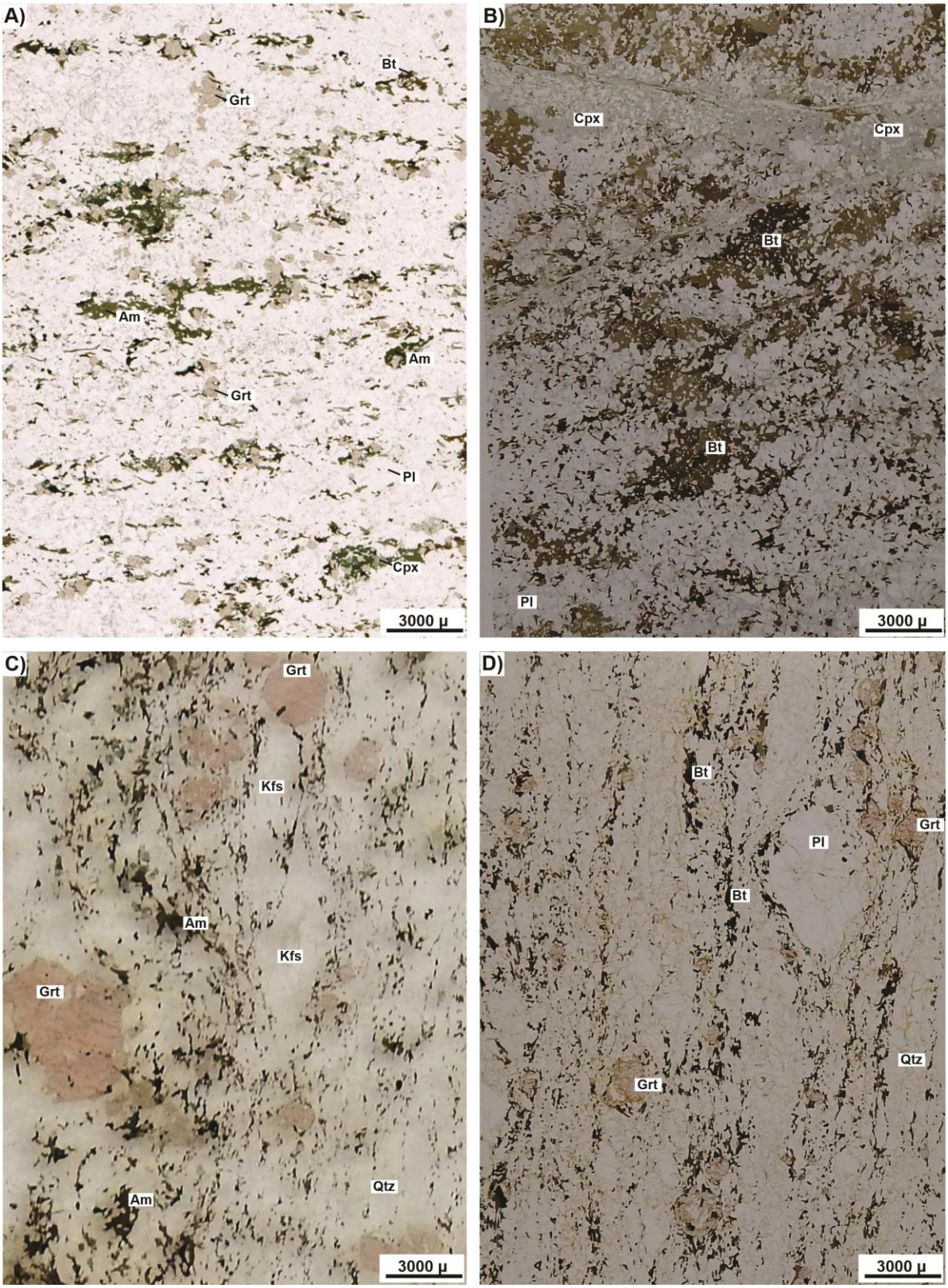


Figura 4.17 – Fotografias de seções delgadas mostrando os aspectos microscópicos dos granada ortognaisses. (A), (B): Textura granoblástica fortemente orientada associada a leitos nematoblásticos e lepidoblásticos descontínuos; (C), (D): Textura granoblástica fortemente orientada com leitos nematoblásticos e lepidoblásticos descontínuos e com domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos difusos. Am: anfibólio, Bt: biotita, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Kfs: feldspato potássico, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo.

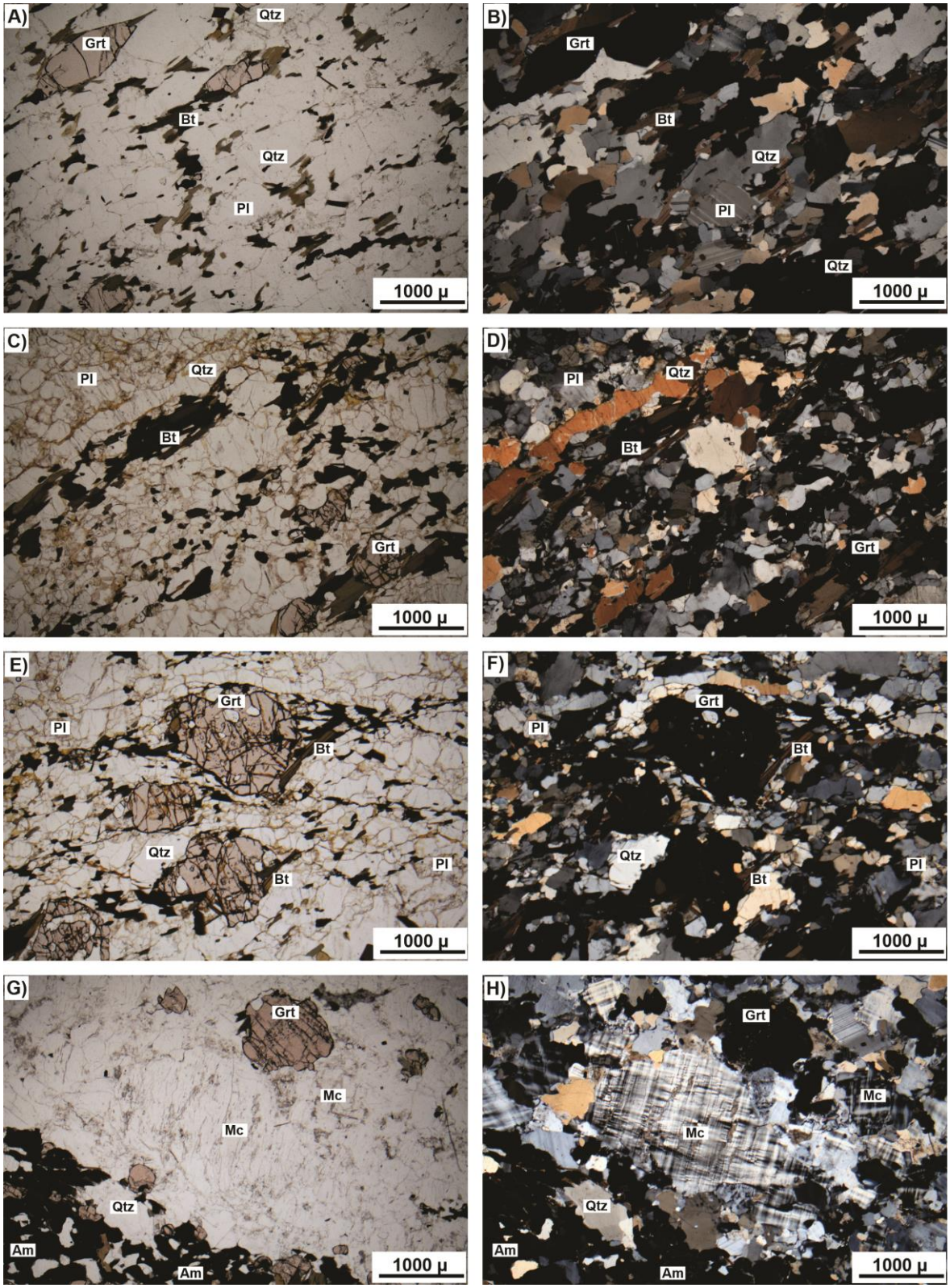


Figura 4.18 – Fotomicrografias de granada ortognaisses. (A), (B): Textura granoblástica fortemente orientada com leitos lepidoblásticos descontínuos constituídos por biotita e cristais de granada alongados (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Textura granoblástica fortemente orientada com domínios lepidoblásticos difusos constituídos por biotita, com destaque para *ribbon* de quartzo (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Textura granoblástica orientada com domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos e formas lenticulares (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Textura granoblástica lobulada pouco orientada com domínios nematoblásticos constituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Am: anfibólio, Bt: biotita, Grt: granada, Mc: microclínio, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo.

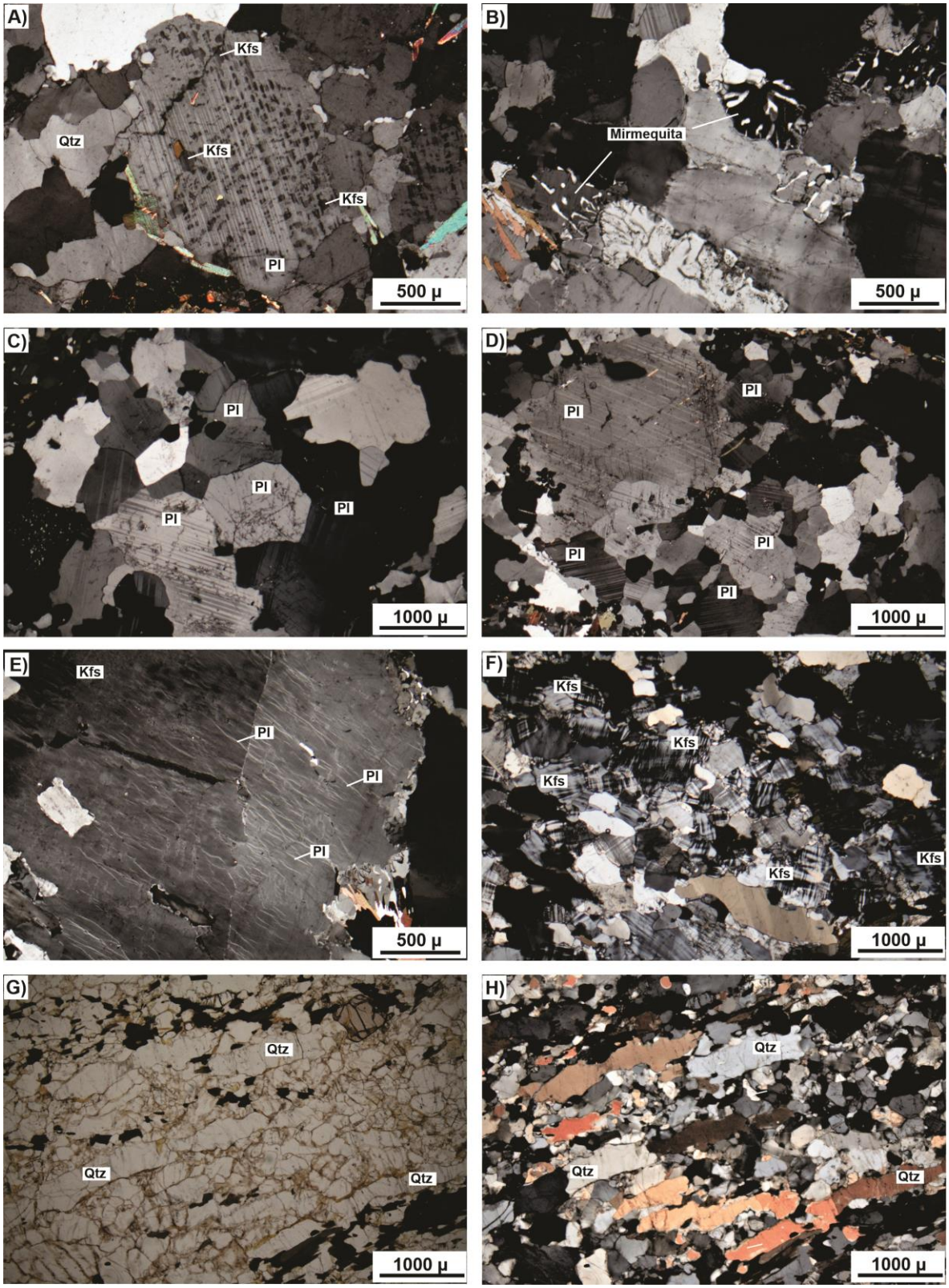


Figura 4.19 – Fotomicrografias de granada ortognaisses. (A): Cristal de plagioclásio com textura antipertítica (Polarizadores cruzados); (B): Cristal de plagioclásio com intercrescimento venular de quartzo (textura mirmequítica) (Polarizadores cruzados); (C), (D): Agregados de cristais tabulares a subtabulares de plagioclásio com contatos poligonais (Polarizadores cruzados); (E): Cristal de ortoclásio com textura pertítica (Polarizadores cruzados); (F): Agregado de cristais tabulares de ortoclásio parcialmente triclinizados com contatos poligonais (Polarizadores cruzados); (G), (H): Textura granoblástica inequigranular fortemente orientada com destaque para os *ribbons* de quartzo (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Kfs: feldspato potássico, Pl: plagioclásio, Qtz: quartzo.

Os cristais de quartzo são anédricos, com contatos dominantemente lobulados a menos comumente engrenados e dimensões que variam de 0,15 a 9,0 mm. Podem ser alongados e formar *ribbons*. Mostram sinais de recristalização, recuperação, forte migração de limites, extinção ondulante em diferentes graus, formação de subgrãos (localmente tipo *chessboard*) e deformação em bandas. Alguns cristais mostram inclusões aciculares de rutilo. Localmente ocorrem cristais de quartzo com gotas de plagioclásio (Figura 4.19 – G, H).

A biotita ocorre como pequenos cristais tabulares ou sob a forma de palhetas anédricas de coloração marrom claro, marrom escuro a ocre, formando leitos lepidoblásticos descontínuos ou domínios irregulares difusos. Mostram dimensões que variam de 0,1 a 3,5 mm. Comumente corroem cristais de granada, anfibólio e clinopiroxênio. Pode ocorrer intercrescida com muscovita e clorita. Está associada aos minerais opacos e ao rutilo. Pode conter inclusões de minerais radioativos (zircão, monazita ou allanita) que formam halos pleocroicos. A biotita pode ocorrer contornando os cristais de granada, localmente constituindo sombras de pressão (Figura 4.20 – A, B, C).

A granada ocorre sob a forma de cristais euédricos, subédricos e anédricos, frequentemente arredondados, às vezes alongados e lentiformes, com dimensões que variam de 0,2 mm a 1,2 cm. Os cristais também ocorrem formando leitos difusos descontínuos/trilhas orientadas paralelamente a foliação Sn. Comumente mostram bordas irregulares com feições ameboides de dissolução. Os cristais são frequentemente poiquiloblásticos, com inclusões de rutilo, quartzo, plagioclásio, minerais opacos, biotita e zircão. Frequentemente são fraturados e podem ocorrer parcialmente alterados para óxido/hidróxido de ferro. As bordas dos cristais de granada mostram-se corroídas por biotita e outros filossilicatos (sericita e muscovita) e também por anfibólio. Localmente os cristais de granada contornam cristal de plagioclásio (Figura 4.20 – D, E).

O anfibólio (hornblenda), quando presente, ocorre formando domínios difusos nematoblásticos fraca a fortemente orientados. Os cristais são subédricos prismáticos a dominantemente anédricos, com dimensões que podem alcançar até 4,0 mm e contatos retos a lobulados. Exibem pleocroísmo com coloração verde musgo, verde escuro a verde azulado. É comum apresentarem-se corroídos por biotita. Em algumas amostras formam coroas quase completas ao redor dos cristais de granada e clinopiroxênio. Localmente mostram inclusões de rutilo e zircão.

O clinopiroxênio, quando presente, ocorre sob a forma de cristais subédricos prismáticos a anédricos, com dimensões que podem alcançar até 1,5 mm. Indicam diferentes composições nas amostras que ocorrem, variando entre diopsídio e hedenberguita. Os cristais

mostram sútil pleocroísmo em tons de verde pálido (diopsídio/sahlita) a pleocroísmo nítido em tons de verde azulado (ferro-sahlita/hedenberguita). Ocorrem parcialmente a quase totalmente alterados para anfibólio ou ainda podem apresentar-se corroídos por biotita (Figura 4.20 – F, G).

Os minerais opacos são representados por ilmenita. Os cristais são prismáticos, subprismáticos a dominantemente anédricos, com dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm a 3,0 mm. Podem ocorrer como inclusões em cristais de granada. Localmente envolvem quase completamente os cristais de granada. Ocorrem associados aos minerais máficos, principalmente biotita e hornblenda. Localmente, os minerais opacos exibem lamelas ou bandas de exsolução de ilmeno-rutilo.

O rutilo ocorre sob formas prismáticas a anédricas, com dimensões que podem alcançar até 1,0 mm. Ocorre principalmente incluso em cristais de granada, disperso na matriz granoblástica félsica e associado aos minerais opacos e biotita. Também ocorrem cristais de rutilo aciculares finíssimos inclusos em quartzo.

A titanita frequentemente ocorre como cristais subédricos lamelares a anédricos, com dimensões médias da ordem de 0,3 mm e pode estar associada à biotita, dispersa pela amostra e formando coroas em minerais opacos. Localmente, a titanita ocorre como cristais euédricos a subédricos, com formas lamelares, pseudo-rômbicos, prismáticas e subprismáticas e dimensões que variam de 0,3 a 2,0 mm, com limites dominantemente retos, orientadas nos leitos granoblásticos (principalmente nas porções félsicas) (Figura 4.20 – H).

A allanita ocorre como cristais subédricos tabulares e pode apresentar-se zonada ou com coroas de epidoto. O zircão/monazita ocorre sob formas subédricas prismáticas e arredondadas, com dimensões que variam de 0,1 a 0,8 mm. Os cristais ocorrem dispersos ou inclusos em granada ou biotita. Podem mostrar zoneamento. A apatita é subprismática a arredondada, com dimensões inferiores a 0,3 mm e ocorre dispersa ou concentrada em domínios. Os cristais de epidoto são tabulares e arredondados, podendo atingir até 0,5 mm e frequentemente mostram-se associados aos domínios constituídos por diopsídio/sahlita, hornblenda e oligoclásio/andesina. A muscovita ocorre sob a forma de pequenos cristais tabulares a anédricos, de tamanho inferior a 0,3 mm e é principalmente resultado da substituição da biotita e dos feldspatos; localmente ocorre intercrescida com clorita. Os carbonatos, clorita e sericita ocorrem como minerais traços, resultantes de alteração do plagioclásio.

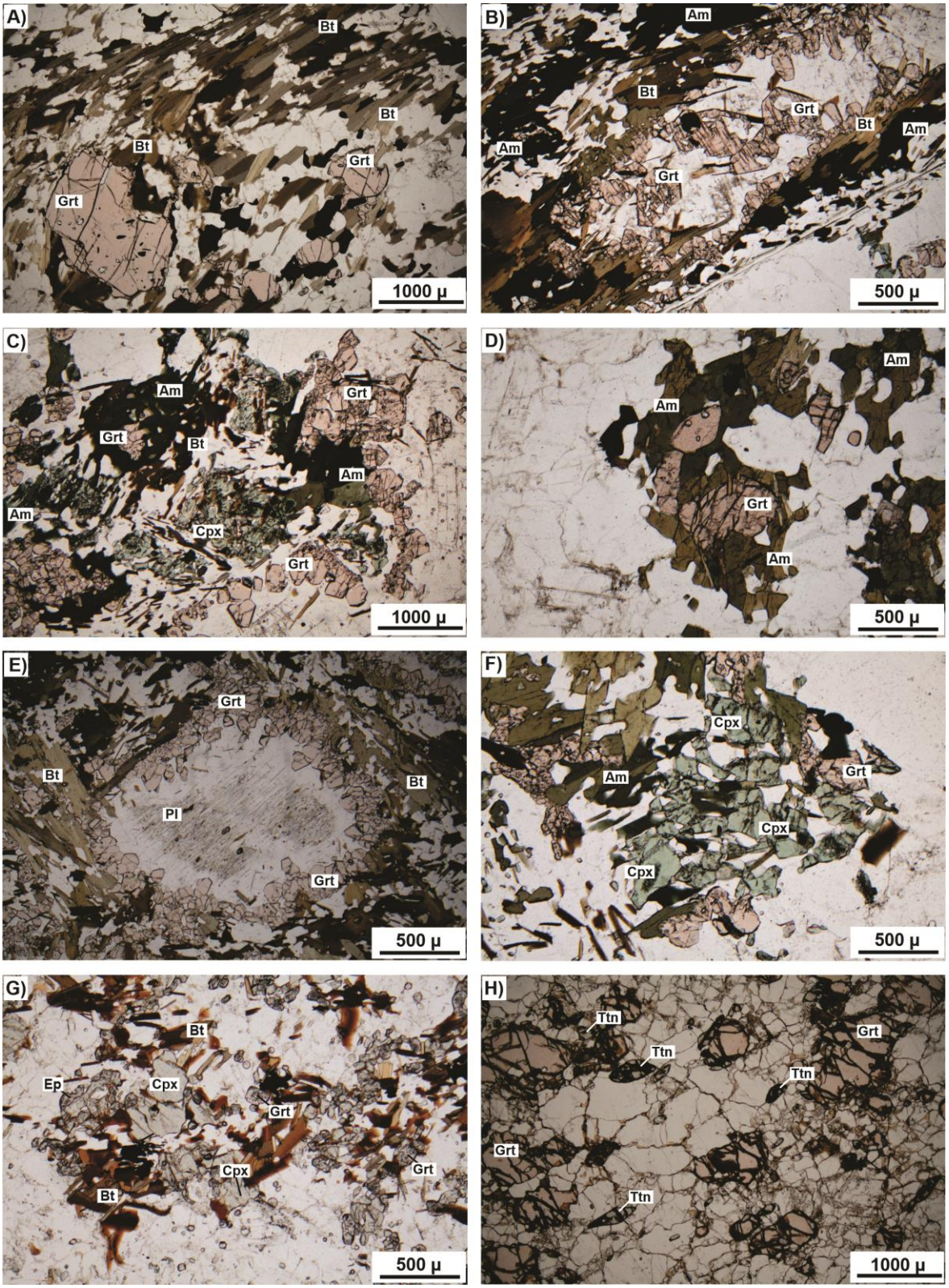


Figura 4.20 – Fotomicrografias de granada ortognaisses. (A), (B): Leitos lepidoblásticos orientados constituídos por biotita, corroendo cristais de granada (Polarizadores paralelos); (C): Textura de reação na qual a biotita está corroendo o anfibólio, o clinopiroxênio e a granada (Polarizadores paralelos); (D): Cristais anédricos de granada com coroas de anfibólio (Polarizadores paralelos); (E): Cristal de plagioclásio parcialmente saussuritizado exibindo coroa formada por cristais de granada (Polarizadores paralelos); (F): Cristais de clinopiroxênio (hedenberguita) parcialmente substituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos); (G): Cristais de clinopiroxênio (diopsídio/sahlita) corroídos por biotita e epidoto (Polarizadores paralelos); (H): Cristais euédricos e subédricos de titanita orientados nos leitos granoblásticos (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Bt: biotita, Cpx: clinopiroxênio, Ep: epidoto, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Ttn: titanita.

4.2.3 Metamáficas

As rochas metamáficas frequentemente constituem leitos ou bandas descontínuas, muitas vezes com formas lenticulares, de espessura decimétrica, métrica a decamétrica, intercaladas nos metassedimentos pelíticos e psamo-pelíticos. São concordantes em relação às rochas encaixantes e apresentam contatos abruptos. Em escala de afloramento podem mostrar-se boudinadas. Frequentemente essas rochas mostram coloração verde escuro a cinza esverdeado escuro, com grau variado de anisotropia (Figura 4.21 – A, B, C, D, E, F, G, H).

A estrutura varia de maciça pouco orientada a termos com estrutura gnáissica descontínua a contínua e xistosa. São constituídas basicamente por clinopiroxênio, granada, anfibólio e plagioclásio, com diferenças estruturais e texturais de um afloramento para outro. Ocorrem também rochas metamáficas com texturas simplectíticas (clinopiroxênio e plagioclásio) e coroníticas (coroas de plagioclásio em cristais de granada) interpretadas como retroeclogitos.

4.2.3.1 Granada anfibolitos a granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos

Sob a denominação de granada anfibolitos foram incluídas rochas com conteúdo modal mínimo de anfibólio de 70%, com estrutura anisotrópica marcada por xistosidade. A xistosidade dessas rochas é representada pela orientação de cristais prismáticos a subprismáticos de anfibólio. A diminuição do teor de anfibólio e o aumento do conteúdo modal de plagioclásio e clinopiroxênio origina os termos aqui classificados como granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos.

Os granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos apresentam bandamento gnáissico difuso contínuo a descontínuo, representado pela intercalação de leitos constituídos predominantemente por anfibólios, leitos constituídos por plagioclásio e leitos constituídos por clinopiroxênio. A textura desses litotipos varia de nematoblástica inequigranular a termos granoblásticos inequigranulares. Nos termos mais ricos em granada, a textura mostra domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos difusos. Os litotipos mais ricos em clinopiroxênio exibem bandas granoblásticas inequigranulares descontínuas constituídas por esses minerais. (Figura 4.22 – A, B, C, D, E, F; Figura 4.23 – A, B, C, D, E, F, G, H).

A mineralogia principal dessas rochas é constituída por anfibólio (40-60%), granada (5-35%), clinopiroxênio (1-35%), plagioclásio (10-35%), escapolita (0-20%), quartzo (<1-10%), epidoto/clinozoisita (0-10%), titanita (0-5%), biotita (0-5%), minerais opacos (<3%), rutilo (<2%), apatita (<1%), além de traços de zircão e clorita.



Figura 4.21 – Aspectos mesoscópicos das rochas metamáficas na área de estudo. (A), (B): Lentes de rochas metamáficas intercaladas em metassedimentos; (C), (D), (E), (F), (G): Blocos de rocha metamáfica; (H): *Boudin* de rocha metamáfica em metassedimento.

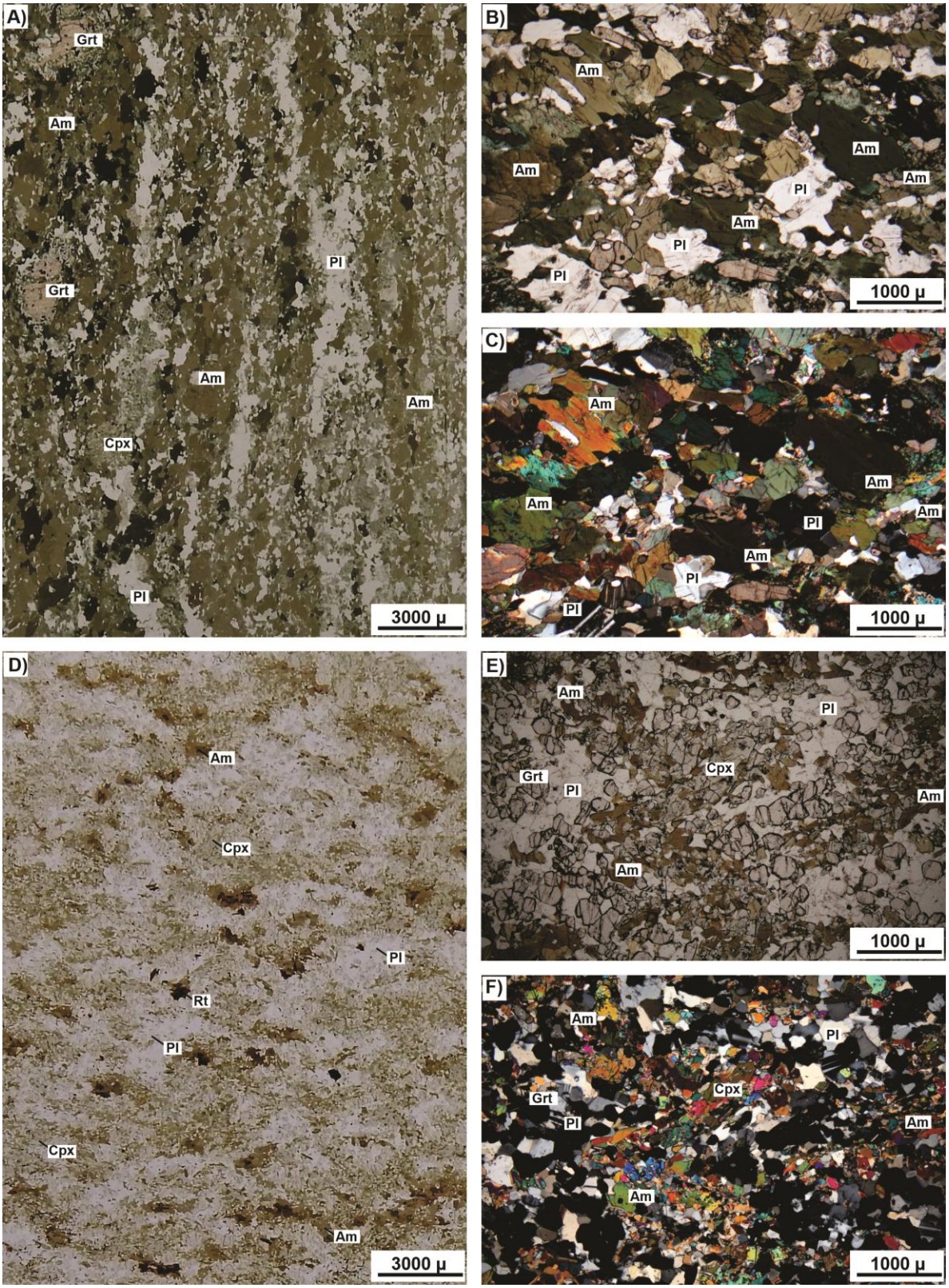


Figura 4.22 – Aspectos microscópicos dos granada anfibolitos e granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos. (A), (B), (C): Textura nematoblástica em granada anfibolito; (D), (E), (F): Textura granoblástica inequigranular poligonal em anfibólio-granada-clinopiroxênio gnaisse metamáfico. Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo.

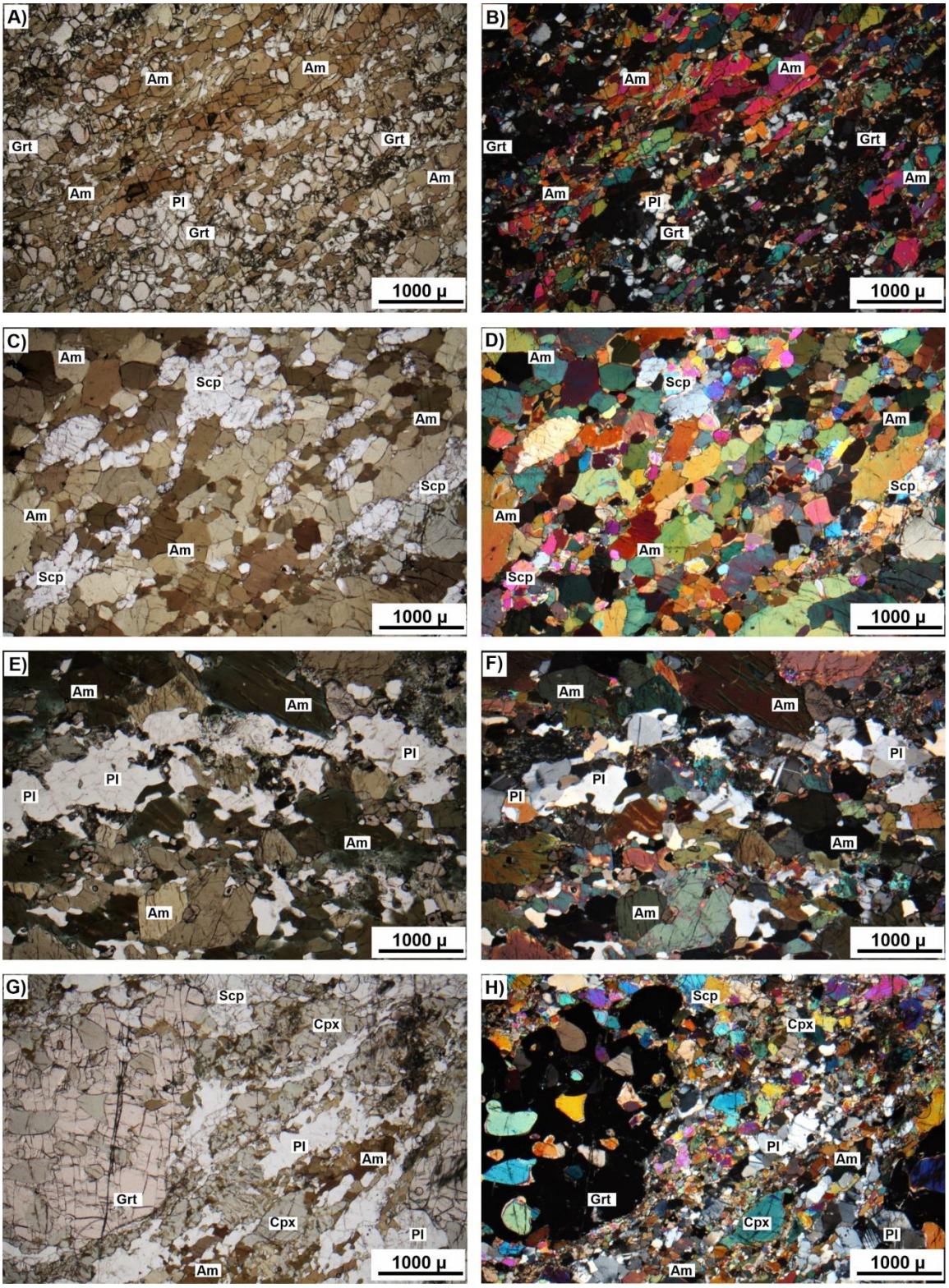


Figura 4.23 – Fotomicrografias de granada anfibolitos e granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos. (A), (B): Textura nematoblástica fortemente orientada com leitos granoblásticos descontínuos orientados constituídos por granada e plagioclásio (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Textura nematoblástica inequigranular fortemente orientada com intercalação de leitos descontínuos granoblásticos constituídos por escapolita (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Textura nematoblástica inequigranular com intercalação de leitos descontínuos granoblásticos constituídos por plagioclásio (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Textura granoblástica inequigranular constituída por clinopiroxênio, plagioclásio e escapolita associada a domínios descontínuos porfiroblásticos/porfiroclásticos (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Scp: escapolita.

Nesses litotipos, o anfibólio (hornblenda) apresenta coloração verde escuro amarronzado e verde azulado. Ocorre frequentemente formando leitos nematoblásticos inequigranulares descontínuos difusamente bandados fortemente orientados segundo a foliação principal. Raramente o anfibólio mostra orientação incipiente. Os cristais são dominantemente anédricos a subédricos prismáticos, com dimensões que variam de 0,2 a 7,0 mm de comprimento e contatos retos a lobulados. Também ocorrem sob a forma de agregados de cristais euédricos prismáticos e pseudo-rômbicos com contatos poligonais (textura de equilíbrio). Frequentemente ocorrem corroendo/consumindo os cristais de clinopiroxênio (diopsídio/sahlita). Ocorrem cristais de hornblenda simplectíticos com epidoto. Em alguns casos, ocorre contornando cristais de granada e localmente mostram-se corroídos por biotita (Figura 4.24 – A, B, C, D). Os cristais de hornblenda podem exibir inclusões de rutilo, com dimensões médias da ordem de 0,15 mm. Também ocorrem associados aos minerais opacos. Localmente os cristais podem mostrar extinção ondulante leve.

O clinopiroxênio exibe composição entre diopsídio e sahlita mostrando pleocroísmo incipiente a bem marcado em tons de verde pálido a tons de verde. Frequentemente ocorre sob a forma de leitos granoblásticos inequigranulares descontínuos a difusos intercalados aos leitos nematoblásticos constituídos por hornblenda. Os cristais são subédricos prismáticos a anédricos granulares, com contatos retos a dominantemente lobulados e dimensões que variam de 0,2 mm a 4,0 mm. Em geral, os cristais ocorrem parcialmente corroídos por hornblenda, podem se apresentar envolvidos por coroas de hornblenda ou ainda formar textura simplectítica com hornblenda. Em algumas amostras ocorre parcialmente alterado por epidoto+clinozoisita (Figura 4.24 – E, F, G, H).

A granada ocorre sob a forma de cristais subédricos e anédricos, com bordas ameboides e dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm e podem alcançar até 1,0 cm de diâmetro. Em algumas amostras ocorre formando domínios porfiroblásticos/porfiroclásticos difusos. Os cristais são comumente poiquiloblásticos, com inclusões de diopsídio/sahlita, hornblenda, andesina/labradorita, epidoto, meionita, minerais opacos, rutilo, titanita e zircão. Podem ser fraturadas, cujas fraturas raramente são preenchidas por óxidos/hidróxidos de ferro e/ou por epidoto+clorita. É comum os cristais mostrarem-se substituídos por biotita e hornblenda (Figura 4.25 – A, B).

O plagioclásio exibe composição variando de andesina a labradorita. Ocorre sob a forma de cristais subédricos tabulares e mais raramente anédricos, com dimensões que variam de 0,1 a 2,5 mm. Geralmente ocorrem como agregados com contatos poligonais, apresentando textura de equilíbrio bem definida (Figura 4.25 – C, D). Mais raramente os cristais exibem

contatos lobulados. Os agregados podem ser lentiformes, constituindo domínios descontínuos na trama da rocha. Apresentam geminação polissintética (Lei da Albita) nítida a difusa, e mais raramente geminação periclina-albita. Os cristais mostram sinais de recristalização, recuperação e extinção ondulante em diferentes graus. Alguns cristais podem exibir bordas mais sódicas quando associados à formação de epidoto e clorita. Localmente os cristais mostram-se parcialmente saussuritizados.

O quartzo ocorre como cristais anédricos, alongados, com contatos lobulados, frequentemente de caráter intersticial, com dimensões que podem alcançar até 3,5 mm e dimensões médias da ordem de 0,4 mm. Mostram sinais de recristalização, recuperação, extinção ondulante em diferentes graus e formação de subgrãos. Também ocorre como inclusões em cristais de hornblenda.

Os cristais de escapolita (meionita) ocorrem sob formas euédricas e subédricas prismáticas a anédricas, com dimensões que variam de 0,1 mm a 6,0 mm e tamanhos médios da ordem de 1,5 mm. Mostram contatos dominantemente retos (poligonais) entre si e contatos dominantemente lobulados com os outros minerais. Quando presente, a meionita forma agregados lenticulares, frequentemente associada aos leitos mais ricos em diopsídio/sahlita.

O epidoto ocorre sob a forma de cristais dominantemente subédricos tabulares a anédricos granulares, com dimensões médias da ordem de 0,5 mm. Os contatos são retos a lobulados. Ocorre associado principalmente à alteração do diopsídio/sahlita e hornblenda, geralmente formando texturas simplectíticas com esses minerais. Em algumas amostras ocorrem agregados irregulares e anédricos de epidoto/clinozoisita sobrecrescidos principalmente sobre diopsídio/sahlita, além de hornblenda e andesina/labradorita (Figura 4.25 – E, F).

A titanita constitui cristais com formas subédricas, anédricas a arredondadas, exibindo hábitos tabular, subprismático e granular, com dimensões que variam de 0,1 mm a 2,0 mm. Os cristais ocorrem associados aos minerais máficos, principalmente ao diopsídio/sahlita e hornblenda. Também ocorre associada aos minerais opacos, muitas vezes, formando coroas em torno destes. Localmente forma coroas em cristais de rutilo.

A biotita ocorre associada aos leitos mais ricos em hornblenda gerando textura nematoblástica a lepidoblástica. Ocorre sob a forma de cristais tabulares a subtabulares com dimensões que variam de 0,5 a 3,0 mm, com pleocroísmo em tons de amarelo-ocre a castanho/marrom escuro. A biotita corrói os cristais de hornblenda (Figura 4.25 – G). Localmente a biotita mostra inclusões de finas acículas de rutilo.

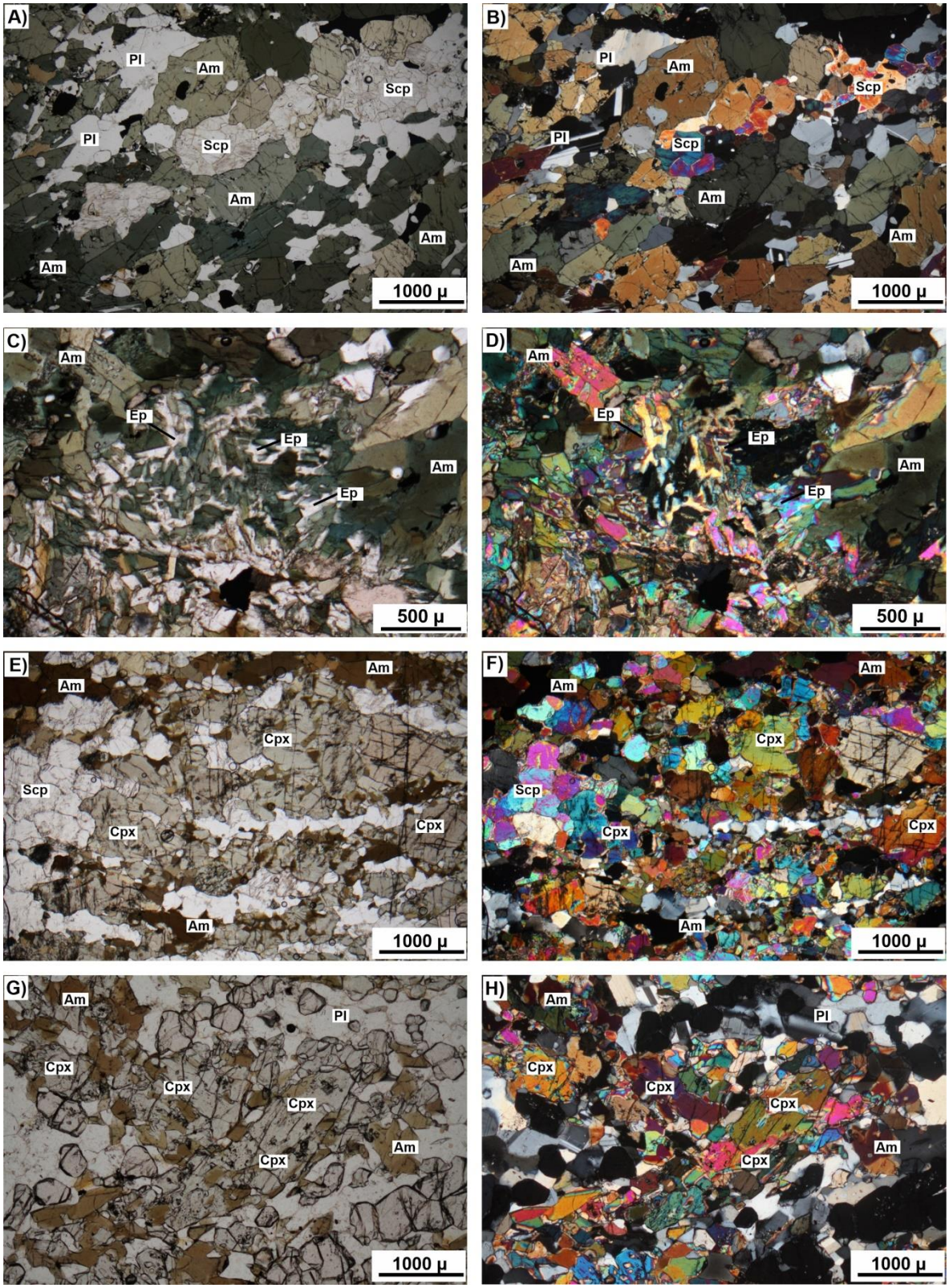


Figura 4.24 – Fotomicrografias de granada anfibolitos e granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos. (A), (B): Cristais subédricos prismáticos a anédricos de anfibólio formando leitos nematoblásticos associados a cristais de plagioclásio e escapolita (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Cristais de anfibólio com epidoto e anfibólio simplectítico (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F), (G), (H): Leitos granoblásticos descontínuos constituídos por cristais de clinopiroxênio, com destaque para cristais de clinopiroxênio corroídos por anfibólio (Polarizadores paralelos em E e G; polarizadores cruzados em F e H). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Ep: epidoto, Pl: plagioclásio, Scp: escapolita.

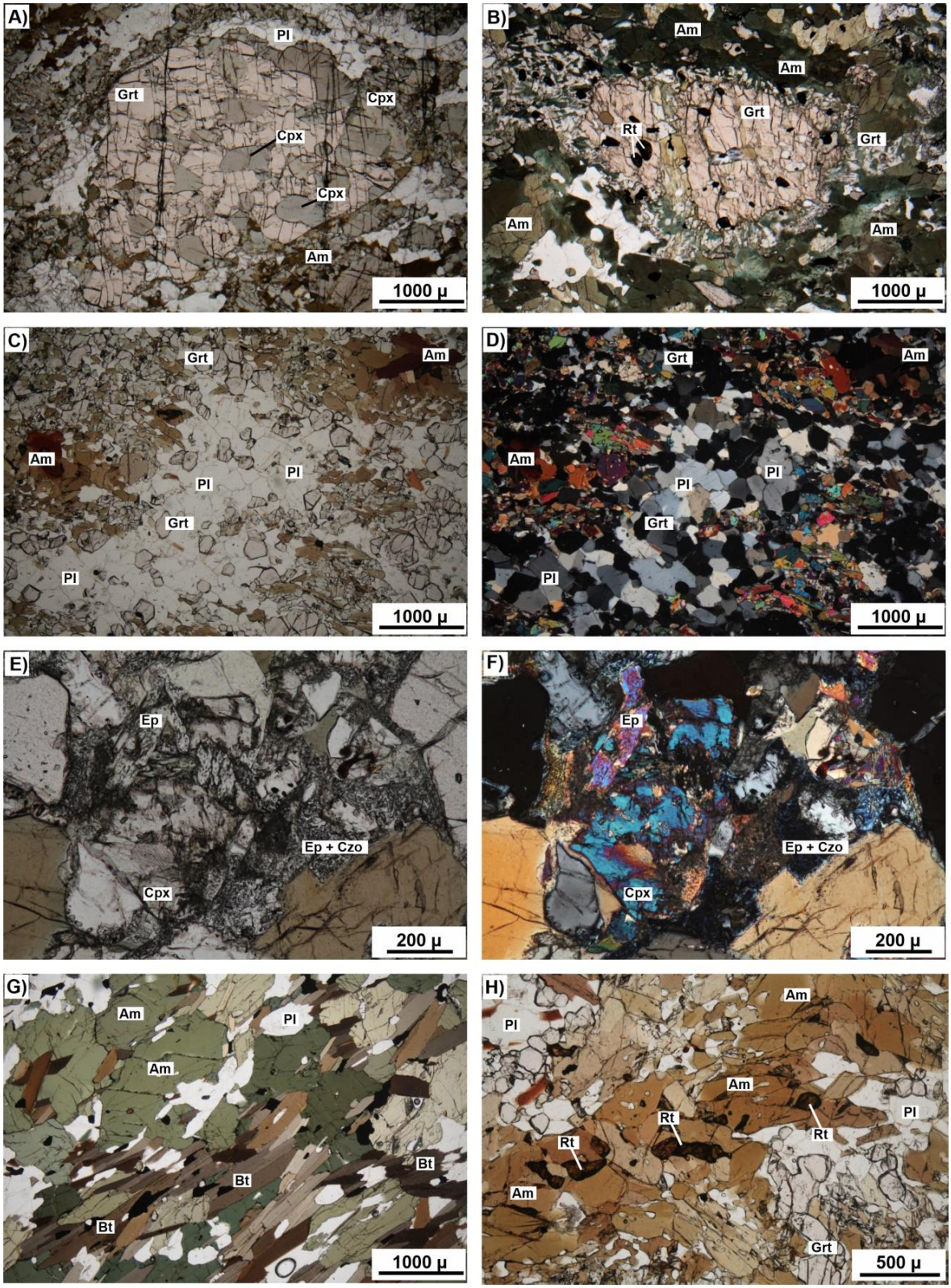


Figura 4.25 – Fotomicrografias de granada anfibolitos e granada-clinopiroxênio gnaisses metamáficos. (A): Cristal de granada poiquiloblástico com inclusões de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos); (B): Cristal de granada com inclusões de rutilo, envolto por anfibólio (Polarizadores paralelos); (C), (D): Agregados de cristais subédricos tabulares de plagioclásio mostrando contatos poligonais e textura de equilíbrio (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Cristal de clinopiroxênio e anfibólio mostrando intercrescimento com epidoto+clinozoisita (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G): Cristais tabulares de biotita fortemente orientados corroendo cristais de anfibólio (Polarizadores paralelos); (H): Cristais de rutilo associado a cristais de anfibólio (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Bt: biotita, Cpx: clinopiroxênio, Czo: clinozoisita, Ep: epidoto, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo.

Os minerais opacos são representados dominantemente por ilmenita e menos frequentemente por magnetita. Os cristais são anédricos, com dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm a dimensões que podem alcançar 2,5 mm. Ocorrem associados aos minerais máficos da rocha, principalmente ao diopsídio/sahlita e hornblenda, inclusos em hornblenda ou granada. Podem ocorrer com coroas de titanita. Em algumas amostras são representados por cristais com bandas ou lamelas de exsolução entre ilmenorutilo e ilmenita. O rutilo ocorre sob a forma de cristais prismáticos a anédricos, com dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm até 0,8 mm. Ocorre associado principalmente a granada, hornblenda e diopsídio/sahlita. Pode estar incluso em cristais de hornblenda (Figura 4.25 – H) e granada ou envoltos por titanita.

A apatita ocorre sob a forma de cristais prismáticos a granulares, dispersa pela rocha ou inclusa em outros minerais. Frequentemente exibe dimensões inferiores a 0,2 mm, localmente alcançando dimensões de 0,6 mm. O zircão é dominantemente arredondado, com dimensões inframilimétricas. Ocorre disperso ou associado aos leitos constituídos por hornblenda. A clorita ocorre localmente, geralmente associada à alteração de cristais de granada.

4.2.3.2 Granulito máfico

O granulito máfico ocorre sob a forma de lentes ou *boudins* decimétricos intercalados em cianita-granada quartzito, na parte leste da área de estudo. As lentes e *boudins* de granulito máfico são contornados pela foliação subvertical das rochas encaixantes, dispostos concordantemente à estruturação e a foliação principal. Esse litotipo mostra coloração verde escuro acinzentado quando fresco, adquirindo coloração ocre a verde escuro avermelhado quando intemperizado. Apresenta estrutura maciça a anisotrópica, geralmente granular a difusamente bandada (Figura 4.26 – A, B, C, D, E).

Algumas porções do litotipo mostram estrutura fracamente anisotrópica e granular, marcada por textura granoblástica inequigranular poligonal a lobulada constituída por clinopiroxênio, granada e rutilo. Em direção às porções mais externas das lentes de granulito máfico, a estrutura é marcada por difuso bandamento composicional descontínuo com orientação nítida. O bandamento é definido pela alternância de leitos descontínuos com textura granoblástica inequigranular, constituídos por clinopiroxênio, granada, plagioclásio e rutilo, e leitos irregulares descontínuos de textura nematoblástica inequigranular orientada compostos por anfibólio (Figura 4.27 – A, B; Figura 4.28 – A, B, C, D, E, F, G, H).

A mineralogia principal é constituída por clinopiroxênio (40-50%), granada (30-45%), anfibólio (0-20%), plagioclásio (0-10%), além de rutilo (até 3%) e traços de quartzo, minerais opacos, apatita e zircão.



Figura 4.26 – Feições macroscópicas do granulito máfico. (A), (B), (C), (D): *Boudins* de granulitos máficos intercalados em metassedimentos pelíticos; (E): Amostra de granulito máfico com estrutura bandada descontínua.

O clinopiroxênio (diopsídio) ocorre sob a forma de cristais subédricos prismáticos a anédricos, com tamanhos variando de 0,2 mm a 3,5 mm e dimensões médias da ordem de 0,5 mm. Exibe contatos dominantemente retos a lobulados. Nos termos menos deformados, ocorre organizado em leitos granoblásticos junto com os cristais de granada, indicando textura de equilíbrio. Nas porções mais deformadas, os cristais ocorrem como agregados lenticulares com contatos lobulados. Apresenta coloração levemente esverdeada e são fraturados.

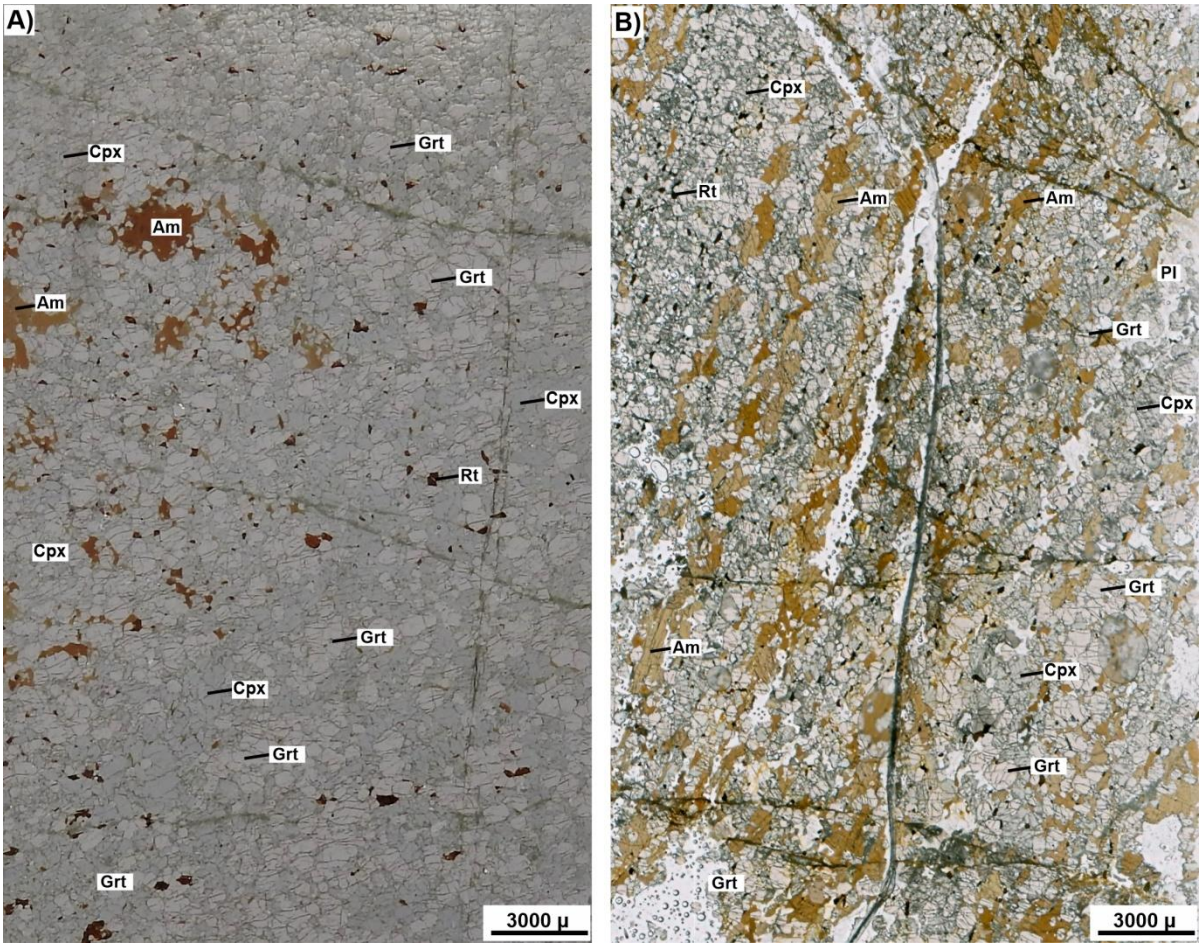


Figura 4.27 – Aspectos microscópicos texturais do granulito máfico. (A): Fotografia de seção delgada mostrando textura granoblástica inequigranular poligonal a lobulada; (B): Fotografia de seção delgada mostrando bandamento composicional marcado pela alternância de leitos descontínuos granoblásticos inequigranulares e leitos descontínuos nematoblásticos. Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo.

Os cristais de granada são subédricos a arredondados, com dimensões variando de inferiores a 0,1 mm a 3,0 mm. Apresentam-se límpidos, raramente mostram inclusões. Localmente os cristais de granada aparentam ser corroídos por hornblenda.

O anfibólio (hornblenda) ocorre organizado em leitos descontínuos com orientação nítida e ocorre sob a forma de cristais subédricos prismáticos a anédricos, com dimensões que podem atingir até 5,0 mm. Apresentam pleocroísmo em tons de alaranjado, amarelo alaranjado e amarelo mel. Pode ocorrer englobando cristais subédricos de granada (Figura 4.29 – A, B C, D). Localmente, os cristais mostram-se corroídos por biotita de cor avermelhada.

Os cristais de plagioclásio (oligoclásio) ocorrem concentrados em domínios associados aos leitos granoblásticos constituídos por diopsídio e granada, arranjados em domínios com formas lenticulares. Apresentam-se sob a forma de cristais subédricos tabulares, com contatos predominantemente retos e dimensões que variam de 0,1 a 1,0 mm e

tamanhos médios da ordem de 0,5 mm. Exibem geminação polissintética (Lei da Albita) nítida, e mais raramente geminação periclina-albita (Figura 4.29 – E, F, G, H).

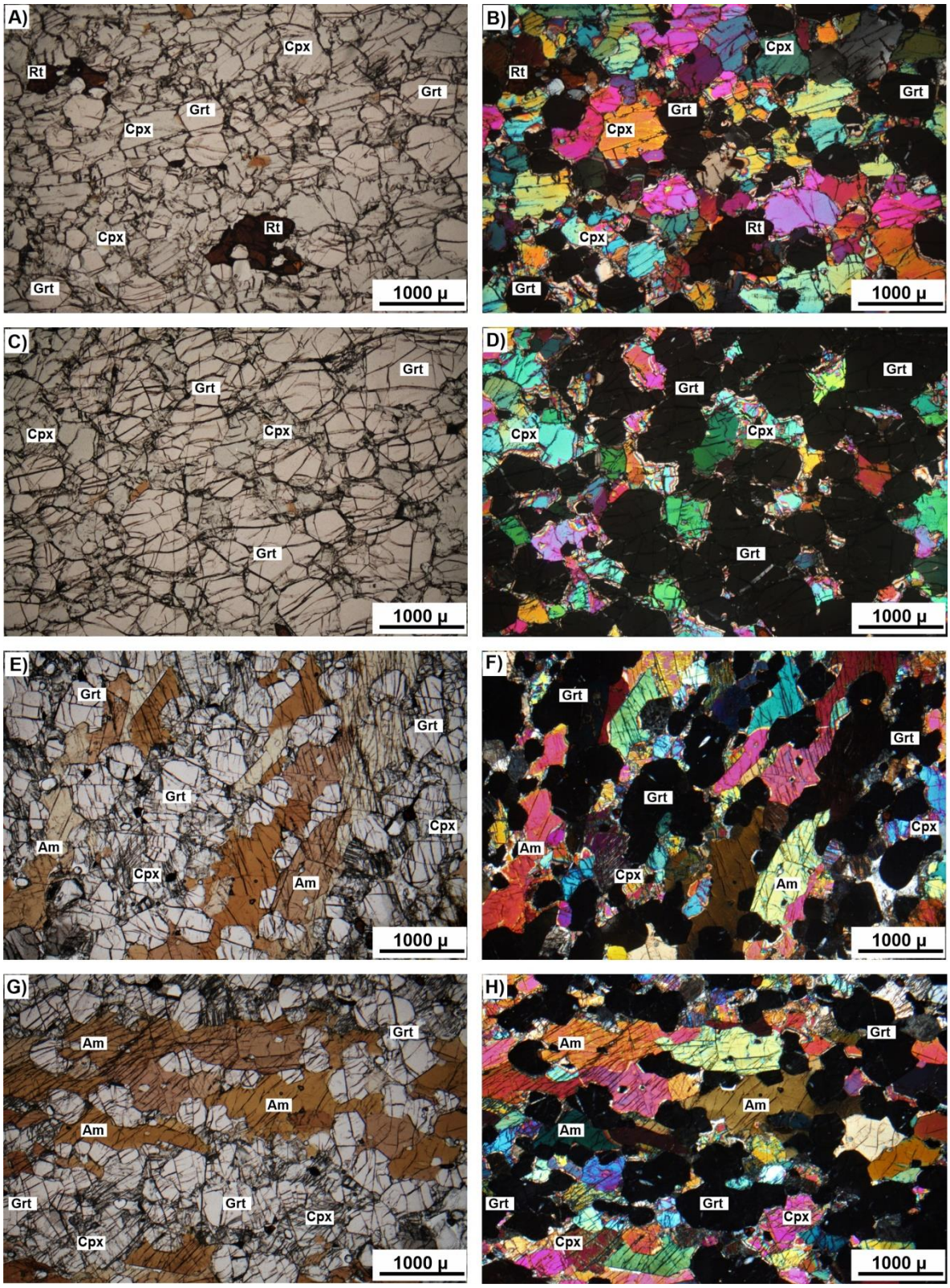


Figura 4.28 – Fotomicrografias de granulito máfico. (A), (B), (C), (D): Textura granoblástica constituída por clinopiroxênio, granada e rutilo (Polarizadores paralelos em A e C; polarizadores cruzados em B e D); (E), (F), (G), (H): Textura granoblástica com leitos nematoblásticos descontínuos orientados constituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos em E e G; polarizadores cruzados em F e H). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Rt: rutilo.

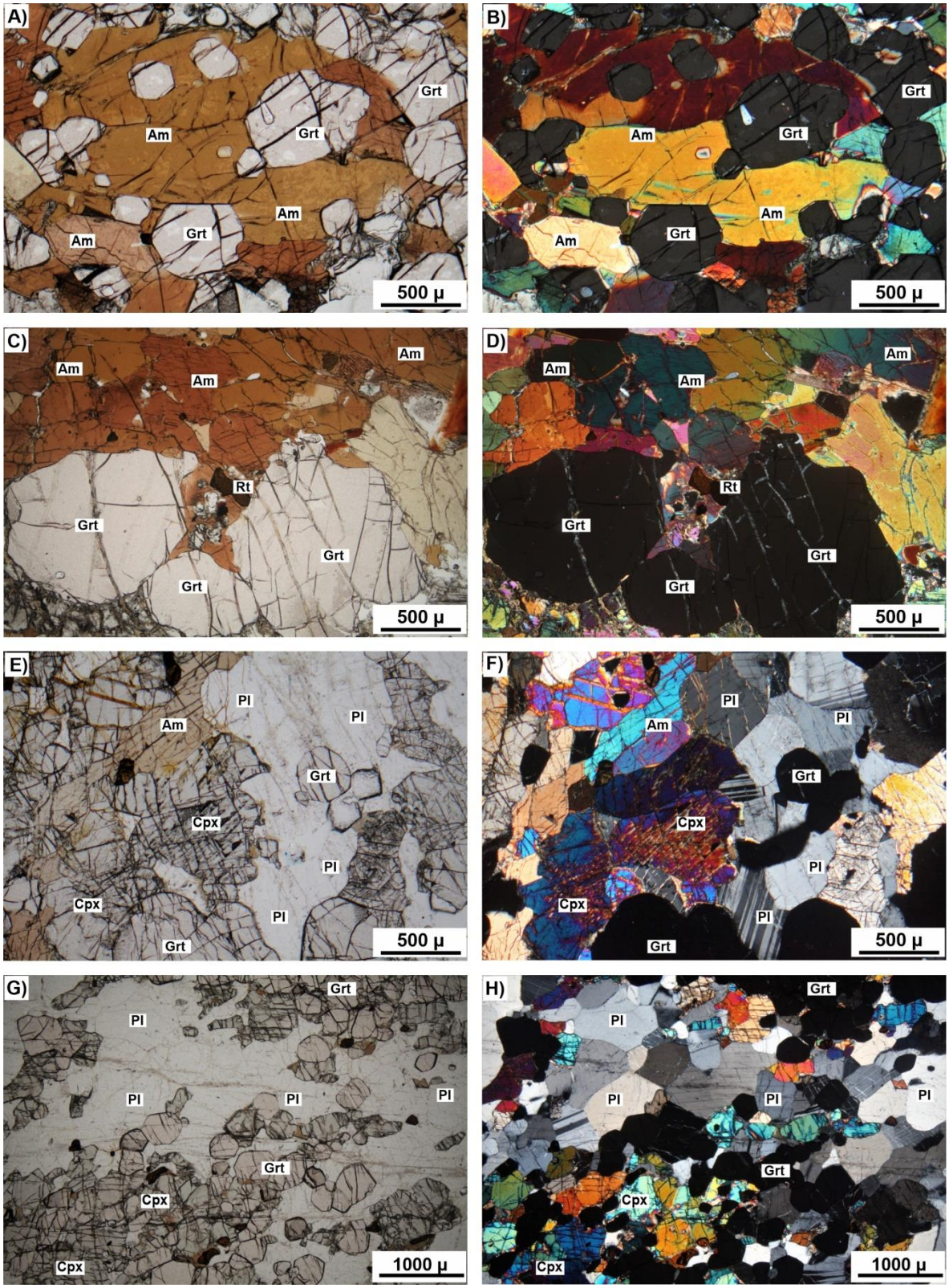


Figura 4.29 – Fotomicrografias de granulito máfico. (A), (B), (C), (D): Cristais de granada envoltos ou parcialmente envoltos por coroas de anfibólio (Polarizadores paralelos em A e C; polarizadores cruzados em B e D); (E), (F), (G), (H): Agregados de cristais euédricos a subédricos tabulares de plagioclásio com contatos retos mostrando textura de equilíbrio (Polarizadores paralelos em E e G; polarizadores cruzados em F e H). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo.

O rutilo ocorre sob a forma de cristais prismáticos a anédricos, com dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm até 1,0 mm. Apresenta-se distribuído heterogeneamente na matriz da rocha, disperso nos leitos granoblásticos.

Os cristais de quartzo são raros, anédricos, com dimensões geralmente inferiores a 0,1 mm e contatos predominantemente retos. Exibem caráter intersticial. Os minerais opacos são representados por ilmenita, são anédricos e irregulares, com dimensões inferiores a 0,1 mm, associados à alteração dos minerais máficos. Os cristais de apatita e zircão são arredondados com dimensões inferiores a 0,1 mm e apresentam-se dispersos.

4.2.3.3 Retroeclogito

As rochas interpretadas como retroeclogitos foram descritas na porção oeste da área de estudo e ocorrem como lentes decimétricas a métricas encaixadas em metassedimentos pelíticos na região do Ribeirão da Vargem.

O retroeclogito apresenta coloração verde escuro com pontuações milimétricas arredondadas de coloração marrom avermelhada, marcada por cristais de granada. Essas rochas mostram estrutura anisotrópica, marcada por foliação penetrativa pouco desenvolvida à nítida (Figura 4.30 – A, B).

Esse litotipo apresenta textura granoblástica inequigranular lobulada, constituída por clinopiroxênio, granada e plagioclásio, associada a leitos descontínuos com textura nematoblástica inequigranular constituídos por anfibólio. Ocorrem domínios irregulares porfiroblásticos, constituídos por granada (Figura 4.30 – C, D, E, F, G, H).

A mineralogia principal do retroeclogito é constituída por granada (30-45%), clinopiroxênio (30-35%), anfibólio (10-30%), plagioclásio (5-10%) e quartzo (1-5%). A mineralogia acessória inclui ilmenita (2-3%), titanita (até 3%), rutilo (<1-2%), apatita (<1%), além de traços de zircão.

A granada ocorre como cristais dominantemente arredondados, com bordas lobuladas a ameboides e dimensões variando de 0,1 a 5,0 mm. Os cristais são poiquiloblásticos, ricos em inclusões de plagioclásio (oligoclásio/andesina), quartzo, clinopiroxênio (diopsídio/sahlita), titanita, rutilo, ilmenita e zircão. As inclusões tendem a diminuir em tamanho e frequência em direção às bordas dos cristais. Muitas vezes as inclusões parecem formar trilhas e outras vezes parecem ter orientação aleatória. Frequentemente a granada exibe feições de dissolução geradas pela “entrada” de plagioclásio.

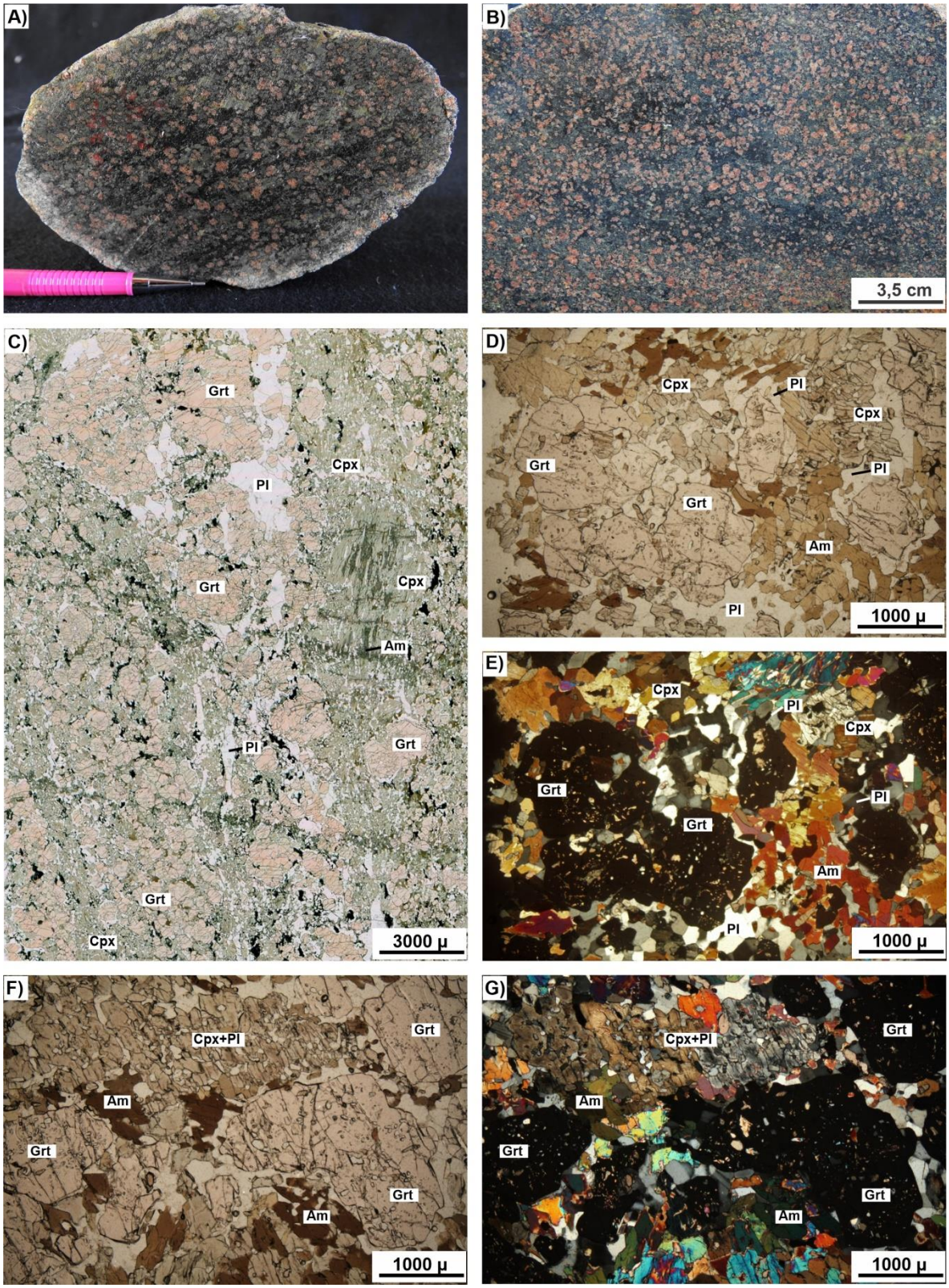


Figura 4.30 – Aspectos macroscópicos e microscópicos do retroeclogito. (A), (B): Amostras de retroeclogito; (C): Fotografia de seção delgada de retroeclogito mostrando as principais feições texturais da amostra; (D), (E): Textura granoblástica composta predominantemente por cristais de clinopiroxênio associada aos domínios nematoblásticos constituídos por anfibólio, com destaque para os domínios porfiroblásticos compostos por granada (Polarizadores paralelos em D e polarizadores cruzados em E); (F), (G): Textura granoblástica composta predominantemente por cristais de clinopiroxênio, com destaque para os domínios porfiroblásticos compostos por granada (Polarizadores paralelos em F e polarizadores cruzados em G). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: Plagioclásio.

A granada também ocorre como cristais anédricos, maiores (com dimensões de até 1,0 cm) e mais límpidos, que se apresentam englobando cristais dominantemente arredondados de diopsídio/sahlita envoltos por filmes ou finas coroas de oligoclásio/andesina. A granada poiquiloblástica é comumente circundada por coroas de oligoclásio/andesina (Figura 4.31 – A, B, C, D, E, F).

Os cristais de clinopiroxênio (diopsído/sahlita) ocorrem sob formas subédricas prismáticas/subprismáticas a dominantemente anédricas, com contatos lobulados, dimensões variando de 0,5 a 4,0 mm e tamanhos médios da ordem de 1,0 mm. Mostram pleocroísmo em tons de verde claro. Podem ser límpidos ou com textura simplectítica, marcada pelo intercrescimento lamelar e vermiforme de oligoclásio e mais raramente de quartzo. Os cristais ocorrem formando agregados granulares, frequentemente envoltos por finas coroas de oligoclásio/andesina. Mostram-se parcialmente substituídos por hornblenda. Cristais arredondados de diopsídio/sahlita com dimensões da ordem de 0,5 mm ocorrem inclusos em granada. O clinopiroxênio incluso exibe zoneamento composicional e apresenta-se envolto por finas coroas de oligoclásio/andesina (Figura 4.31 – G, H; Figura 4.32 – A, B, C, D).

O anfibólio (hornblenda) ocorre formando leitos descontínuos e/ou domínios difusos levemente orientados. Ocorre como cristais subédricos prismáticos/subprismáticos a dominantemente anédricos, com dimensões variando de 0,2 a 3,0 mm. Exibe pleocroísmo em tons de marrom escuro esverdeado a verde escuro. Ocorre substituindo o diopsídio/sahlita, intercrescido entre os cristais de diopsídio/sahlita simplectíticos (dimensões da ordem de 0,05 a 0,1 mm) e também formando coroas completas ou quase completas em torno de granada. Podem ocorrer formando coroas em torno de cristais de ilmenita.

O plagioclásio (oligoclásio/andesina) é lamelar, vermiforme e ameboide, com dimensões inferiores a 0,1 mm intercrescido nos cristais de diopsídio/sahlita. Também ocorre na matriz da rocha sob formas subédricas tabulares, contatos poligonais a mais raramente lobulados e dimensões médias da ordem de 0,1 mm, podendo alcançar dimensões máximas de 1,0 mm. Na matriz, geralmente formam agregados de cristais tabulares a subtabulares dispostos em domínios difusos na trama da rocha. Apresentam geminação polissintética (Lei da Albita) difusa à raramente nítida e extinção ondulante leve a moderada.

Os cristais de quartzo são dominantemente anédricos, de caráter intersticial. Exibem dimensões médias da ordem de 0,25 mm. Localmente, alcançam dimensões de 3,0 mm, geralmente com formas alongadas. Apresentam extinção ondulante moderada, além de sinais de recristalização e recuperação. Ocorre incluso em granada e também intercrescido nos cristais simplectíticos de clinopiroxênio + plagioclásio

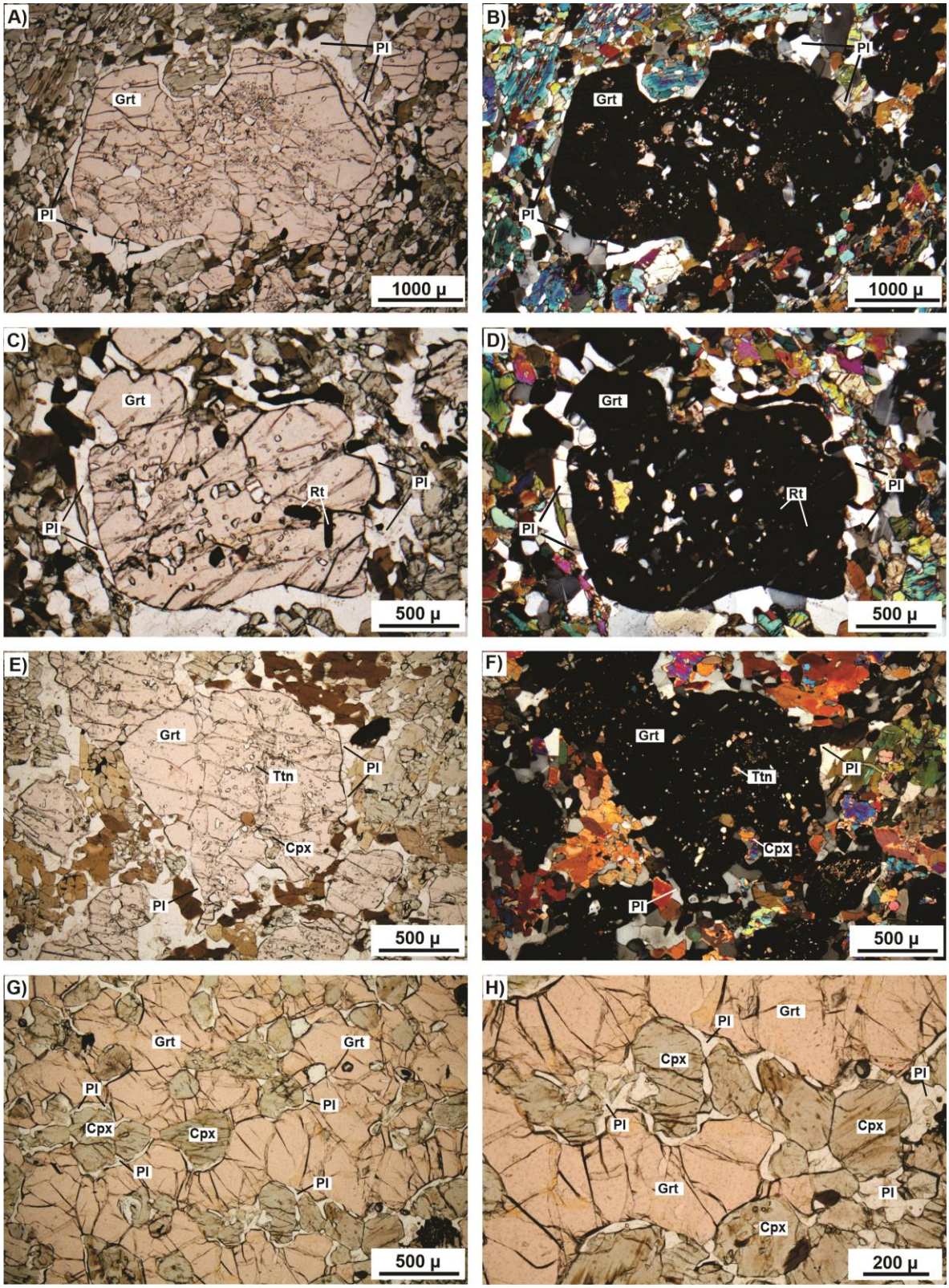


Figura 4.31 – Fotomicrografias do retroeclogito. (A), (B), (C), (D), (E), (F): Cristais de granada anédricos, ricos em inclusões, envoltos por finas coroas de plagioclásio (Polarizadores paralelos em A, C e E; polarizadores cruzados em B, D e F); (G), (H): Cristais de clinopiroxênio envoltos por finas coroas plagioclásio inclusos em granada (Polarizadores paralelos). Cpx: clinopiroxênio, Grt: granada, Pl: plagioclásio, Rt: rutilo, Ttn: titanita.

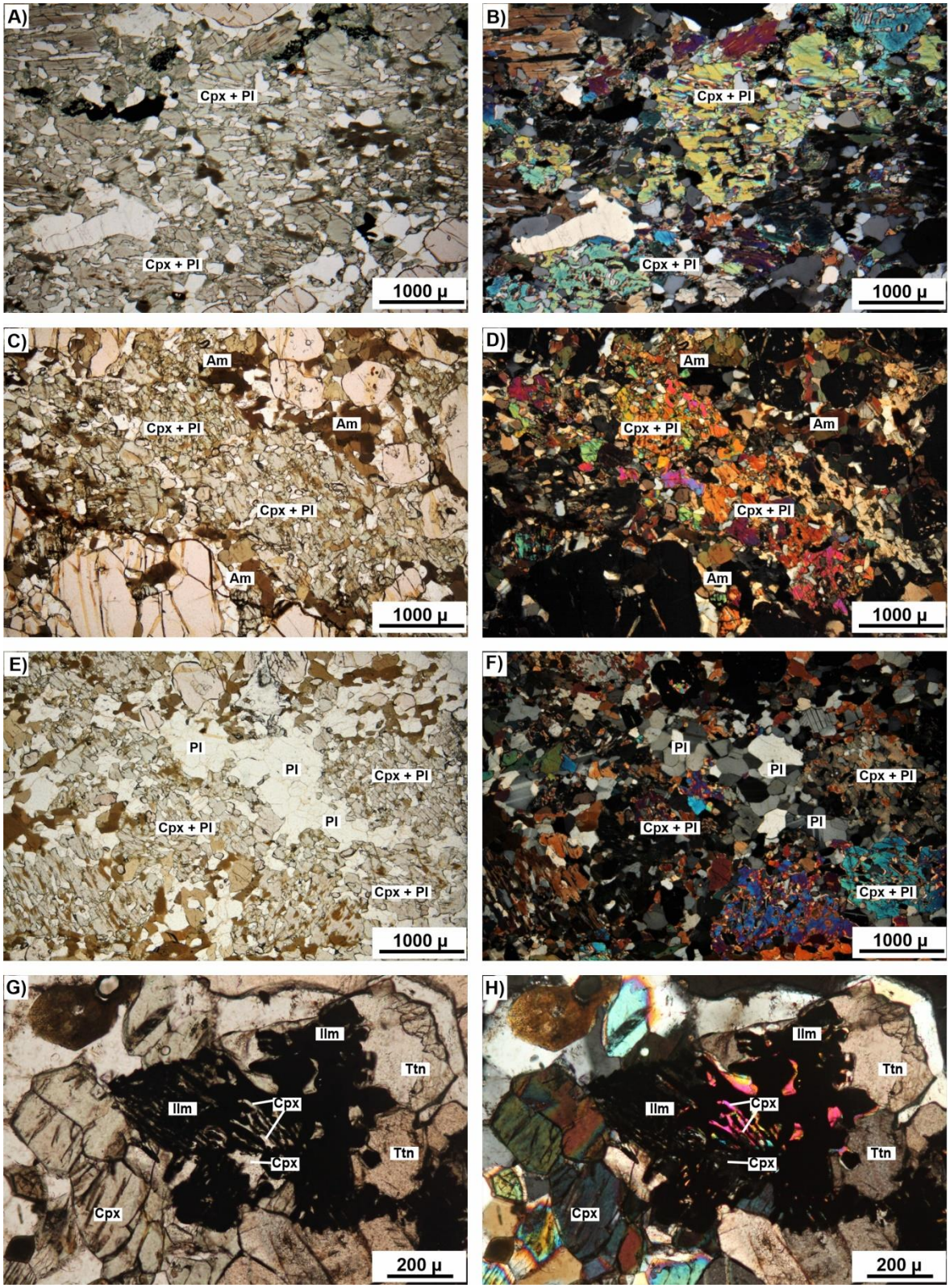


Figura 4.32 – Fotomicrografias do retroeclogito. (A), (B): Cristais simplectíticos de clinopiroxênio + plagioclásio (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C), (D): Cristais simplectíticos de clinopiroxênio + plagioclásio parcialmente consumidos por anfibólio (Polarizadores paralelos em C e polarizadores cruzados em D); (E), (F): Agregados de cristais subédricos tabulares de plagioclásio com contatos retos mostrando textura de equilíbrio (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F); (G), (H): Intercrescimento vermiforme entre ilmenita e clinopiroxênio, envolto por agregado de cristais de titanita (Polarizadores paralelos em G e polarizadores cruzados em H). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Ilm: ilmenita, Pl: plagioclásio, Ttn: titanita.

A titanita ocorre dominantemente com formas subédricas tabulares a anédricas, com dimensões de até 1,5 mm, formando agregados granulares. Esses agregados frequentemente ocorrem associados à ilmenita. A titanita também ocorre com dimensões submilimétricas/inframilimétricas, com formas arredondadas, que sugerem ser resultado de desmisturação/exsolução em cristais de granada. Localmente ocorrem cristais de titanita com coras de ilmenita.

A ilmenita ocorre associada aos minerais máficos, dominantemente a hornblenda. Os cristais exibem dimensões variando de inferiores a 0,1 mm até 1,0 mm e tamanhos médios da ordem de 0,2 mm. Ocorre inclusa em granada; como intercrescimento vermiforme com o diopsídio/sahlita (Figura 4.32 – G, H); ou ainda associada aos agregados de cristais de titanita, às vezes envolvida por coroas de titanita.

Os cristais de rutilo apresentam formas subédricas prismáticas a anédricas, com dimensões inferiores a 0,3 mm. Geralmente ocorrem inclusos em granada e em hornblenda. Raros cristais mostram coroas de titanita. Os cristais de zircão são arredondados, com dimensões inferiores a 0,1 mm e ocorrem dispersos ou inclusos em granada. A apatita é arredondada, com dimensões da ordem 0,1 mm e também ocorre dispersa.

As porções menos deformadas das lentes de retroeclogito apresentam menor conteúdo modal de hornblenda. Nessas amostras, também é comum inclusões de diopsídio/sahlita com coronas de oligoclásio/andesina em cristais de granada, além de coronas de oligoclásio/andesina em torno de cristais de clinopiroxênio na matriz. Os cristais de granada são mais ricos em inclusões.

4.2.3.4 Xisto calciossilicático

O litotipo classificado como xisto calciossilicático foi descrito em uma única localidade, na porção oeste da área de estudo. Aflora como blocos métricos em leito de drenagem, intercalado com granada anfibolito com biotita.

A rocha exibe coloração verde escuro e bandamento composicional descontínuo marcado pela alternância de leitos milimétricos constituídos por clinopiroxênio, escapolita e plagioclásio e por leitos constituídos por anfibólio. Apresenta forte anisotropia marcada por xistosidade, paralela ao bandamento composicional. A textura é granoblástica inequigranular fortemente orientada constituída por clinopiroxênio, escapolita e plagioclásio associada a leitos descontínuos nematobláticos inequigranulares constituídos por anfibólio (Figura 4.33 – A, B, C).

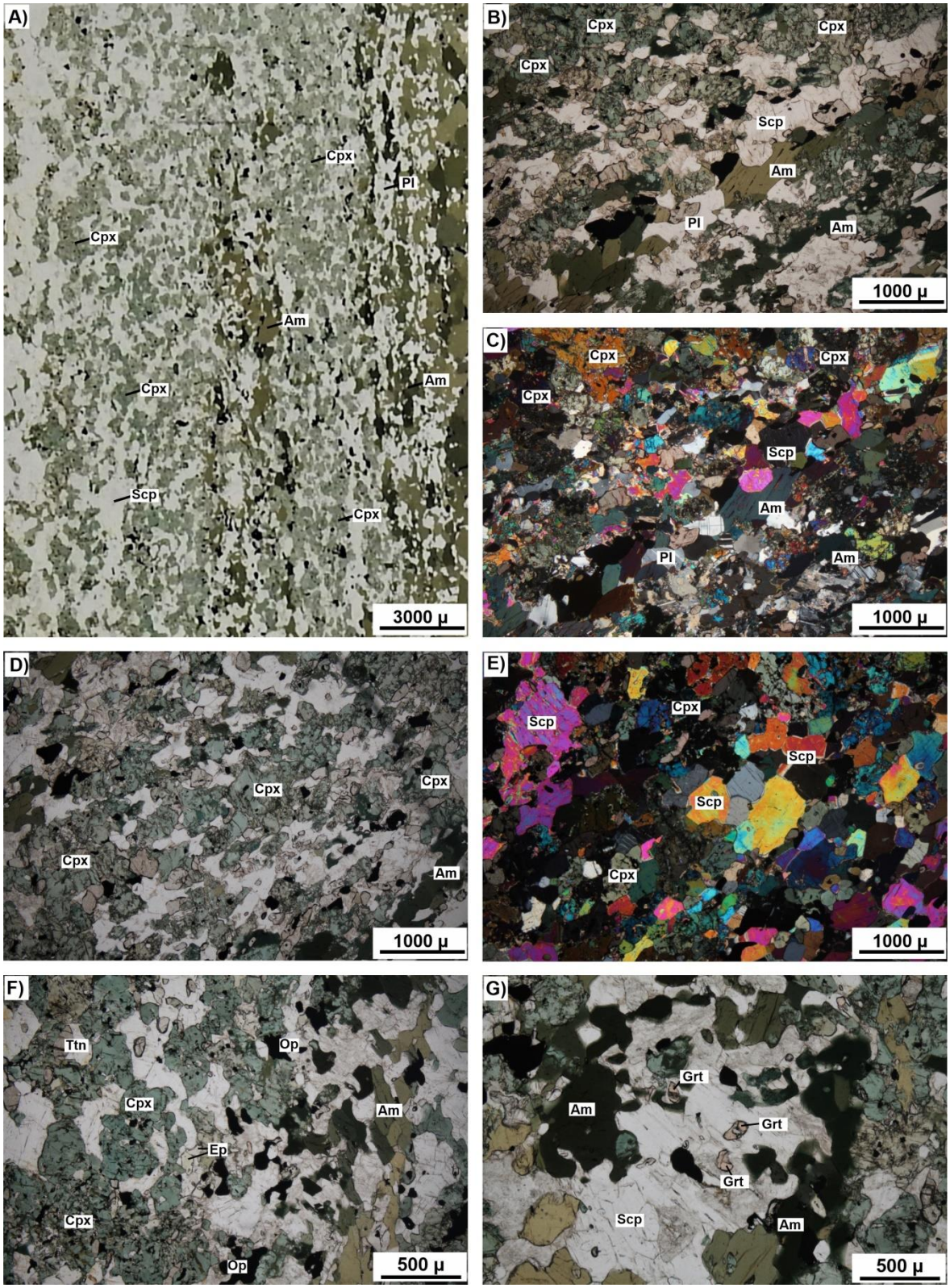


Figura 4.33 – Aspectos microscópicos do xisto calciossilicático na área de estudo. (A): Fotografia de seção delgada de xisto calciossilicático; (B), (C): Textura granoblástica inequigranular orientada constituída por clinopiroxênio, escapolita e plagioclásio associada a leitos nematoblásticos constituídos por anfibólio (Polarizadores paralelos em B e polarizadores cruzados em C); (D): Leitos granoblásticos constituídos por clinopiroxênio (Polarizadores paralelos); (E): Cristais euédricos a subédricos prismáticos de escapolita mostrando textura de equilíbrio (Polarizadores cruzados); (F): Cristais de anfibólio corroendo cristais de clinopiroxênio (Polarizadores paralelos); (G): Pequenos cristais anédricos de granada dispersos (Polarizadores paralelos). Am: anfibólio, Cpx: clinopiroxênio, Ep: epidoto, Grt: granada, Op: minerais opacos, Pl: plagioclásio, Scp: escapolita, Ttn: titanita.

A mineralogia principal é constituída por clinopiroxênio (diopsídio/sahlita – ±40%), escapolita (meionita – ±20%), anfibólio (hornblenda – ±15%), plagioclásio (bytownita – ±10%), titanita (±5%), epidoto (<5%), além de ilmenita (<3%) e traços de quartzo, granada, apatita e zircão.

Os cristais de diopsídio/sahlita são anédricos e alongados, com limites lobulados e dimensões médias da ordem de 1,0 mm, podendo alcançar dimensões de até 4,0 mm. Ocorrem formando leitos granoblásticos descontínuos (Figura 4.33 – D). Os cristais mostram pleocroísmo moderado variando de verde claro a verde-azulado. Apresentam-se parcialmente corroídos por anfibólio. Frequentemente ocorrem associados à ilmenita.

A meionita ocorre como cristais euédricos e subédricos prismáticos a anédricos, com dimensões que variam de 0,1 mm a 8,0 mm e tamanhos médios da ordem de 1,5 mm. Mostram contatos dominantemente retos (poligonais) entre si e contatos lobulados com os outros minerais (Figura 4.33 – E). Ocorre associada aos leitos descontínuos ricos em diopsídio/sahlita. Alguns cristais podem ocorrer substituídos por filossilicatos finos.

A hornblenda ocorre como leitos descontínuos nematoblásticos, com formas subédricas prismáticas a anédricas e dimensões da ordem de 0,25 mm, corroendo os cristais de diopsídio/sahlita (Figura 4.33 – F). Exibem pleocroísmo em tons de verde-azulado.

A bytownita ocorre como cristais subédricos tabulares a anédricos, com dimensões médias da ordem de 0,35 mm. Exibe contatos retos a lobulados e geminação polissintética (Lei da Albita).

A titanita ocorre como cristais com formas subédricas a anédricas, exibindo hábitos tabular, subprismático e granular e dimensões que variam de 0,1 mm a 1,5 mm. Os cristais ocorrem associados aos minerais máficos, principalmente ao diopsídio/sahlita. Pode ocorrer formando coroas em torno de ilmenita.

O epidoto ocorre sob a forma de cristais dominantemente subédricos, com hábitos subtabular e subprismático, e mais raramente anédricos, com contatos retos a lobulados. Apresentam dimensões médias da ordem de 0,5 mm. Os cristais mostram fraco pleocroísmo em tons de verde pálido a verde-amarelado. Ocorrem associados aos minerais máficos, principalmente a diopsídio/sahlita.

A ilmenita é anédrica, com dimensões que variam de inferiores a 0,1 mm a dimensões que podem alcançar 2,5 mm. Ocorre comumente associada aos cristais de diopsídio/sahlita – como minúsculas inclusões nesses cristais ou nos interstícios desses. Podem ocorrer com coroas de titanita. Frequentemente mostram bandas ou lamelas de exsolução de ilmenorutilo.

A apatita é prismática, subprismática e arredondada, com dimensões que podem alcançar até 0,6 mm, e ocorre dispersa pela amostra. Os cristais de granada são anédricos, com dimensões da ordem de 0,35 mm (Figura 4.33 – G). Os cristais de zircão são arredondados, com dimensões inframilimétricas. Ocorrem dispersos na amostra. O quartzo é anédrico, alongado, com contatos lobulados e dimensões que podem alcançar até 3,0 mm. Mostram sinais de recristalização, recuperação, extinção ondulante em diferentes graus e formação de subgrãos.

4.2.4 Metaultramáficas

As rochas metaultramáficas são raras na área de estudo e ocorrem como pequenos corpos lenticulares de espessura decimétrica a raramente métrica, intercaladas nos metassedimentos (quartzitos, xistos e gnaisses).

São rochas de coloração verde acinzentado, cinza escuro a verde escuro quando frescas, adquirindo coloração ocre esverdeado quando intemperizadas. Essas rochas mostram granulação fina a grossa, com estrutura variando de maciça isotrópica a anisotrópica foliada, frequentemente marcada por xistosidade. As rochas metaultramáficas descritas na área de estudo incluem anfibólio xistos, anfibólio *fels* e anfibólio *fels* com clinopiroxênio.

Os anfibólios xistos apresentam textura nematoblástica inequigranular e são constituídos por anfibólio (±95%), além de minerais opacos, clorita, talco e biotita/flogopita, com traços de zircão e rutilo (Figura 4.34 – A, B, C, D). Na área, os anfibólios xistos são representados por antofilita-hornblenda xistos com cummingtonita e cummingtonita-hornblenda xistos, frequentemente contendo actinolita/tremolita, clorita e talco.

A hornblenda (65%) sugere composição edenítica a pargasítica. Os cristais de hornblenda ocorrem sob formas dominantemente subédricas prismáticas a anédricas, com dimensões que variam de 0,5 a 8,0 mm e contatos predominantemente retos a lobulados. Exibe pleocroísmo em tons de verde a verde claro. Localmente os cristais ocorrem com delgadas lamelas de desmisturação de cummingtonita.

Os cristais de antofilita (20%) são dominantemente subédricos prismáticos a localmente anédricos, com dimensões que alcançam até 5,0 mm de comprimento. Muitas vezes mostra aspecto fibroso e dimensões menores, com tamanhos médios da ordem de 0,5 mm. A antofilita também ocorre intercrescida com clorita e talco.

A cummingtonita/grunerita (5%) ocorre como cristais subédricos prismáticos a anédricos, com dimensões máximas de 2,0 mm e contatos retos a lobulados. Pode ocorrer

intercrescida com hornblenda. Também ocorre como cristais aciculares e fibrosos com dimensões médias da ordem de 0,5 mm, sugerindo substituir a antofilita.

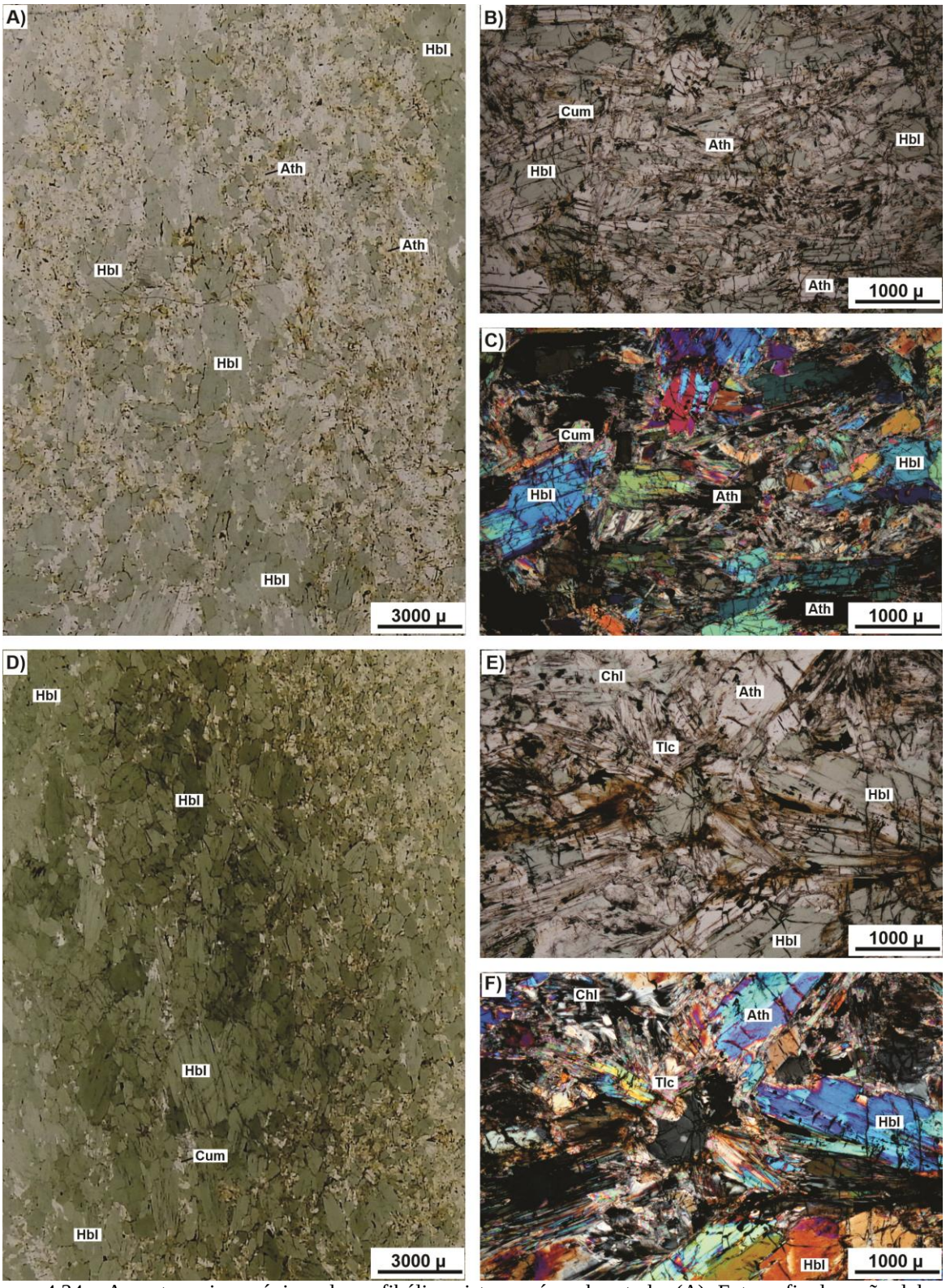


Figura 4.34 – Aspectos microscópicos dos anfibólios xistos na área de estudo. (A): Fotografia de seção delgada de antofilita-hornblenda xisto; (B), (C): Textura nematoblástica inequigranular orientada constituída por hornblenda, antofilita e subordinadamente por cummingtonita (Polarizadores paralelos em B e polarizadores cruzados em C); (D): Fotografia de seção delgada de cummingtonita-hornblenda xisto; (E), (F): Cristais de clorita e talco substituindo hornblenda e antofilita (Polarizadores paralelos em E e polarizadores cruzados em F). Ath: antofilita, Chl: clorita, Cum: cummingtonita, Hbl: hornblenda, Tlc: talco.

A actinolita/tremolita (<5%) frequentemente forma cristais fibrosos com dimensões de até 0,5 mm, e ocorre intercrescida com antofilita, e também nas terminações dos cristais de hornblenda.

A clorita (2%) é observada sob a forma de palhetas incolores lamelares subédricas a dominantemente anédricas, com dimensões máximas de 0,8 mm, sugerindo ser clorita magnesiana. É resultado da substituição da mineralogia principal. O talco (<1%) ocorre como pequenas palhetas subédricas e cristais subédricos lamelares, com dimensões médias da ordem de 0,3 mm, consumindo a antofilita e cummingtonita. Localmente o talco está intercrescido com clorita. O talco e a clorita dominam nas porções menos orientadas, formando agregados anédricos em meio aos cristais maiores (Figura 4.34 – E, F).

Os minerais opacos (2%) são representados por magnetita e ocorrem sob formas subédricas lamelares a anédricas, com dimensões que variam de inferior a 0,1 mm a 0,5 mm. Geralmente ocorrem como inclusões nos cristais de hornblenda e antofilita.

A biotita/flogopita (<1%) ocorre localmente como pequenos cristais anédricos e também fibrosos, com dimensões médias da ordem de 0,2 mm, associada à substituição de hornblenda e antofilita. O rutilo é inframilimétrico e ocorre sob formas subédricas prismáticas a arredondadas, disperso. O zircão também é inframilimétrico, arredondado e ocorre disperso.

Os anfibólio *fels* apresentam textura granoblástica inequigranular, de granulação média a fina e são representados por talco-anfibólio *fels*, frequentemente contendo clorita e magnetita (Figura 4.35 – A, B).

A hornblenda magnesiana (~50%) aparenta ser de composição edenítica e/ou pargasítica. Ocorre como cristais dominantemente subédricos prismáticos a anédricos, com dimensões que variam de 0,3 mm a 0,5 mm. Localmente constitui cristais com até 5,0 mm de comprimento. Exibe sutil pleocroísmo variando de incolor a verde claro. Apresenta contatos predominantemente retos a lobulados e graus variados de alteração/substituição para talco e anfibólio fibroso de granulação fina. Alguns cristais ocorrem com delgadas lamelas de desmisturação de cummingtonita.

A tremolita/actinolita (~30%) ocorre como cristais prismáticos subédricos a aciculares, com dimensões médias de 0,2 mm, localmente com dimensões de até 0,5 mm, intercrescida com antofilita e substituindo hornblenda. Ocorre formando agregados anédricos, fibro-radiais e em feixe.

Os cristais de antofilita (~10%) são subédricos prismáticos, longos a aciculares, com dimensões de até 2,0 mm. Muitas vezes mostram aspecto fibroso e dimensões menores, formando agregados com aspecto de feixes ou fibro-radiados, intercrescidos com

tremolita/actinolita, com tamanhos variando de 0,1 a 0,5 mm. Alguns cristais ocorrem intercrescidos com clorita e talco, sugerindo alteração para estes minerais.

O talco (10%) ocorre como cristais anédricos com dimensões menores que 1,0 mm ou formando agregados com formas anédricas entre os cristais de anfibólio, geralmente associado aos agregados de tremolita/actinolita. É produto de alteração dos cristais de anfibólio.

A clorita (traços) ocorre em forma de palhetas incolores anédricas a subédricas, com dimensões máximas de 0,1 mm, associada aos cristais de talco. Sugere ser clorita magnesiana. É resultado da substituição de anfibólios e talco.

A magnetita (traços) ocorre dispersa, com formas anédricas e dimensões médias da ordem de 0,1 a 0,2 mm.

Associadas às litologias metaultramáficas que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Vaginha e Campos Gerais, também foi registrada a ocorrência de rochas metaultrabásicas. Essas rochas apresentam aspecto maciço, estrutura isotrópica e textura inequigranular e são constituídas por hornblenda magnesiana, serpentina, tremolita/actinolita, relictos de diopsídio, além de magnetita, espinélio, cummingtonita e clorita (Figura 4.35 – C).

A hornblenda magnesiana (50-60%) aparenta ser de composição edenítica e/ou pargasítica. Ocorre como cristais prismáticos subédricos a anédricos, com dimensões variando entre 2,5 a 3,5 mm de comprimento, com contatos retos a lobulados. Exibe sutil pleocroísmo variando de verde claro a incolor. Os cristais substituem os relictos de diopsídio. Muitos cristais ocorrem quase que totalmente substituídos por tremolita/actinolita fibrosa e também por serpentina.

A tremolita/actinolita (30-40%) ocorre substituindo cristais de hornblenda, frequentemente formando agregados anédricos ou fibro-radiais, localmente constituindo pseudomorfos (hornblenda?). Ocorre como cristais prismáticos subédricos e aciculares, com dimensões da ordem de 0,1 mm, e com contatos retos a lobulados.

A serpentina (20-30%) ocorre constituindo pseudomorfos (olivina?) ou substituindo anfibólio (geralmente hornblenda) (Figura 4.35 – D, E). Os cristais são fibrosos a placoides subédricos, com dimensões médias da ordem de 0,2 mm, podendo atingir 0,6 mm de tamanho, geralmente exibindo extinção ondulante.

A magnetita (5%) ocorre como cristais subédricos a dominantemente anédricos, com dimensões de até 0,8 mm. Sugere ser originada a partir da serpentinização.

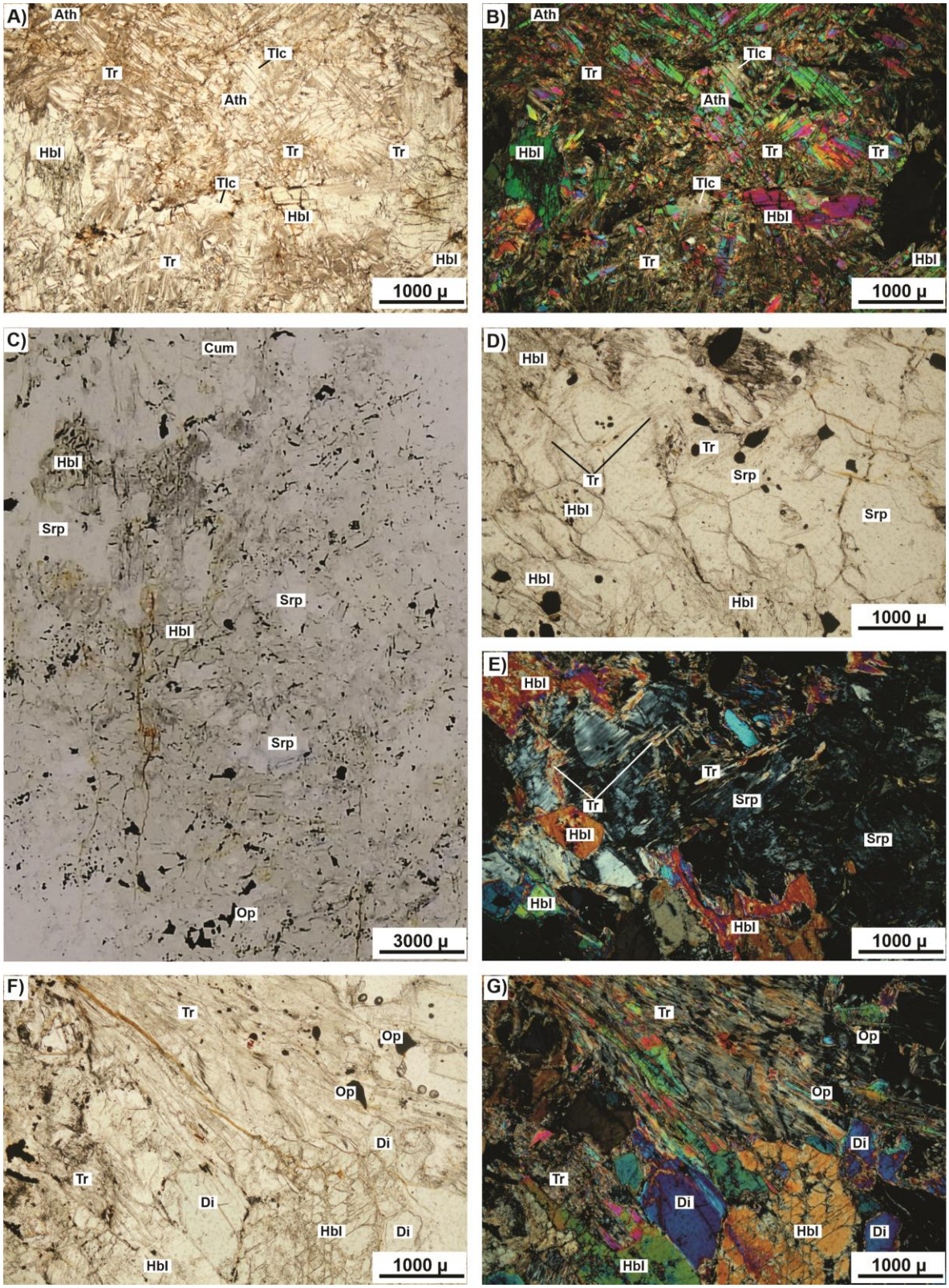


Figura 4.35 – Aspectos microscópicos dos anfibólios *fels* na área de estudo. (A), (B): Textura granoblástica inequigranular de talco-anfibólio *fels* (Polarizadores paralelos em A e polarizadores cruzados em B); (C): Fotografia de seção delgada de serpentina-anfibólio *fels* com diopsídio; (D), (E): Pseudomorfos (olivina?) de cristais de serpentina e cristais de hornblenda parcialmente substituídos por serpentina (Polarizadores paralelos em D e polarizadores cruzados em E); (F), (G): Relictos de cristais de diopsídio e cristais de hornblenda parcialmente substituídos por anfibólio fibroso (Polarizadores paralelos em F e polarizadores cruzados em G). Ath: antofilita, Cum: cummingtonita, Di: diopsídio Hbl: hornblenda, Op: minerais opacos, Srp: serpentina, Tlc: talco, Tr: tremolita.

Os cristais de diopsídio (<5%) são subédricos prismáticos a anédricos, com dimensões médias de 0,6 mm, localmente atingindo 2,5 mm de comprimento. Ocorrem parcialmente alterados para anfibólio fibroso (Figura 4.35 – F, G).

O espinélio (traços) é anédrico, apresenta dimensões da ordem de 0,4 mm e ocorre associado à magnetita. A cummingtonita (traços) ocorre intercrescida com cristais de tremolita com formas prismáticas subédricas a aciculares, com dimensões da ordem de 0,1 mm, e com contatos retos a lobulados. A clorita (traços) ocorre associada à serpentina, constituindo cristais anédricos a subédricos placoides e dimensões da ordem de 0,2 mm.

5. QUÍMICA MINERAL

As análises de química mineral foram realizadas por meio de microssonda eletrônica em 13 lâminas polidas representativas dos litotipos que ocorrem na área de estudo, escolhidas de acordo com suas associações minerais e diferenças texturais. Dessas 13 lâminas selecionadas, três são referentes a metassedimentos (amostras TGL-39-E, TGL-57-A e TGL-74), cinco são referentes a rochas ortoderivadas (amostras TGL-79-B, TGL-79-CF, TGL-83-B, TGL-34-A e TGL-42) e cinco referentes a rochas metamáficas (amostras TGL-17-21, TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B). Foram realizadas análises em cristais de granada, clinopiroxênio, feldspato (feldspato potássico e plagioclásio), anfibólio, biotita, muscovita, escapolita, titanita, epidoto e cianita. Os resultados são apresentados nas tabelas do APÊNDICE II.

Também foram selecionadas três lâminas com associação mineral rutilo–quartzo–zircão para análises por microssonda eletrônica de elementos traço em cristais de rutilo (amostras TGL-39-E, TGL-57-A e TGL-17-21).

A relação das amostras e dos minerais analisados está apresentada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Minerais analisados por microssonda eletrônica em cada amostra

Litologia	Amostra	Grt	Cpx	Pl	Fk	Am	Bt	Ms	Scp	Ttn	Ep	Ky	Rt
Metassedimentos	TGL-39-E	X		X	X		X	X				X	X
	TGL-57-A	X		X			X						X
	TGL-74	X		X			X	X					
Ortoderivadas	TGL-79-B	X	X	X	X	X	X						
	TGL-79-CF	X		X	X	X	X						
	TGL-83-B	X	X	X	X	X	X						
	TGL-34-A	X		X	X		X	X					
	TGL-42	X	X	X			X						
Metamáficas	TGL-17-21	X	X			X							X
	TGL-38-A	X	X	X		X							
	TGL-38-GR	X	X	X		X				X			
	TGL-69-A	X	X	X		X			X		X		
	TGL-72-B	X	X	X		X	X						

Amostras: TGL-39-E: biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita; TGL-57-A: biotita-granada paragnaisse com rutilo; TGL-74: biotita-granada paragnaisse com rutilo e muscovita; TGL-79-B: clinopiroxênio-anfibólio-biotita-granada ortognaisse monzogranítico; TGL-79-CF: granada-biotita-anfibólio ortognaisse monzogranítico; TGL-83-B: anfibólio-biotita-granada ortognaisse monzogranítico com clinopiroxênio; TGL-34-A: rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita; TGL-42: granada-clinopiroxênio-biotita ortognaisse quartzo monzodiorítico; TGL-17-21: granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo; TGL-38-A: retroeclogito; TGL-38-GR: retroeclogito; TGL-69-A: xisto calciossilicático; TGL-72-B: anfibólio-granada-clinopiroxênio gnaisse metamáfico.

As análises obtidas foram tratadas com os *softwares AX* (HOLLAND e POWELL, 2000) e *MINPET* (RICHARD, 1995) versão *2.02*, e também foram utilizadas tabelas de acordo com Deer et al. (1992, 1997a, b, c, 2004) para obtenção das fórmulas estruturais e proporções catiônicas.

As análises dos elementos traço foram realizadas em cristais de rutilo inclusos em granada e também em cristais de rutilo da matriz. Devido à ocorrência de inclusões de zircão em alguns cristais de rutilo e cristais de zircão em contato com rutilo, o Si foi incluído nas análises de elementos traço. As análises que apresentam conjuntamente concentrações de Si e Zr acima de 250 ppm foram descartadas.

5.1 Granada

Foram analisados 92 cristais de granada em 13 amostras, incluindo as três amostras de rochas metassedimentares, cinco amostras de rochas ortoderivadas e cinco amostras de rochas metamáficas (Tabela 5.1). As análises foram realizadas ao longo de perfis e pontos, dependendo do tamanho do cristal.

O conteúdo de átomos por unidade de fórmula da granada foi calculado na base para 12 oxigênios e oito cátions, recalculando todo ferro presente como Fe^{2+} e Fe^{3+}. As porcentagens dos membros almandina, piropo, espessartita, grossulária e andradita foram calculadas segundo as expressões:

% de Almandina (Alm): $[Fe^{2+}/Fe^{2+}+Mg+Mn+Ca] \times 100$
% de Piropo (Prp): $[Mg/Fe^{2+}+Mg+Mn+Ca] \times 100$
% de Espessartita (Sps): $[Mn/Fe^{2+}+Mg+Mn+Ca] \times 100$
% de Grossulária (Grs): $[Ca/Fe^{2+}+Mg+Mn+Ca] \times 100 – (And)$
% de Andradita (Adr): $[Fe^{3+}/Fe^{3+}+Al] \times 100$

5.1.1 Metassedimentos

Foram selecionadas três amostras de rochas metassedimentares para análises de química mineral em cristais de granada, incluindo os litotipos: biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, muscovita e rutilo (amostra TGL-39-E), biotita-granada paragnaisse com rutilo (amostra TGL-57-A) e biotita-granada paragnaisse com rutilo e muscovita (amostra TGL-74).

Na amostra TGL-39-E, a composição da granada é rica em almandina (Alm_{60-71}), com proporções intermediárias de piropo (Prp_{19-28}) e concentrações menores de grossulária (Grs_{6-}

$_{16}$), espessartita (Sps_{1-3}) e andradita (Adr_{0-3}). Os perfis composicionais tendem a ser mais homogêneos nas porções centrais dos cristais e exibem fraco zoneamento químico em direção às bordas, definido por aumento de almandina e diminuição de piropo. As concentrações de grossulária tendem a exibir sutil aumento seguido de diminuição em direção às bordas dos cristais. As proporções de espessartita e andradita são baixas e constantes ao longo dos cristais (Figura 5.1 – A, B, C, D).

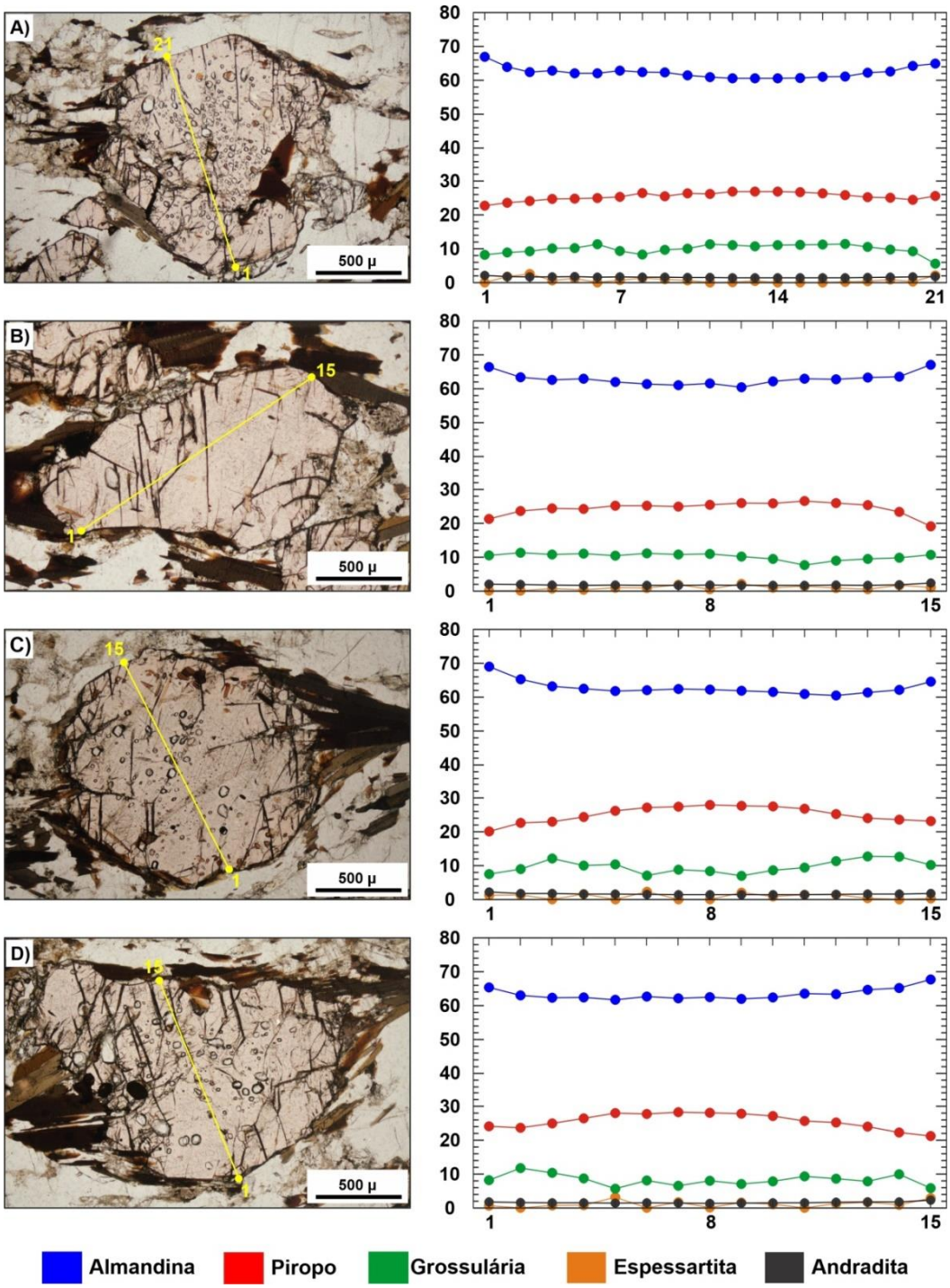


Figura 5.1 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de granada-biotita paragnaisse quartzoso com cianita, muscovita e rutilo (amostra TGL-39-E).

A composição da granada da amostra TGL-57-A é dominada pelas moléculas de almandina (Alm_{44-47}) e piropo (Prp_{42-44}), seguida por menores proporções de grossulária (Grs_{6-11}) e proporções inferiores de andradita (Adr_{1-4}) e espessartita (Sps_{0-1}). Os perfis composicionais são geralmente retos e homogêneos e exibem fraca tendência de aumento de almandina e empobrecimento de piropo em direção às bordas dos cristais. Os membros grossulária e andradita mostram perfis de tendência inversa, mas não exibem zoneamento químico definido. As concentrações de espessartita são homogêneas e baixas ao longo de todos os cristais analisados (Figura 5.2 – A, B, C).

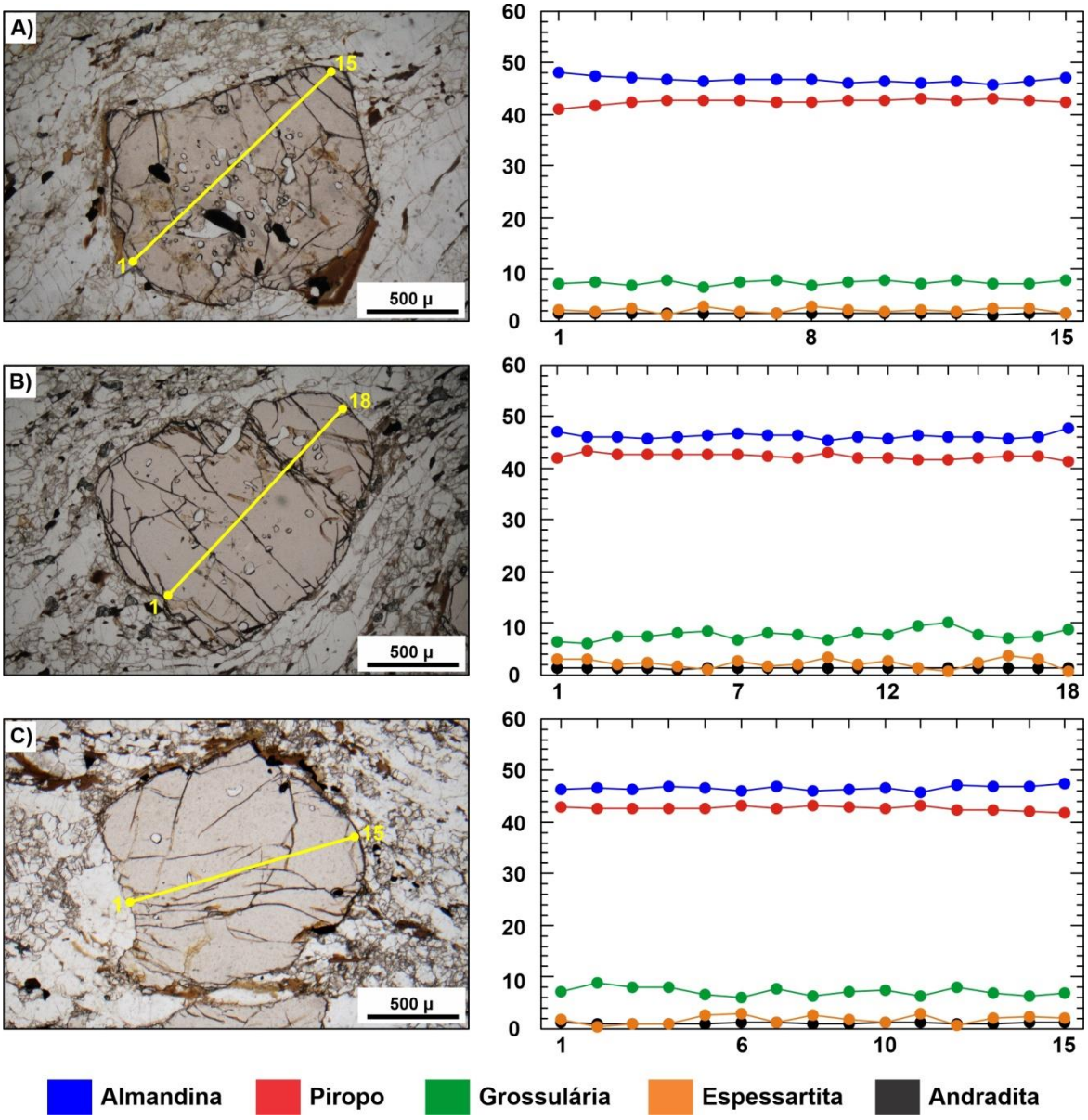


Figura 5.2 – (A), (B), (C): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo (amostra TGL-57-A).

A granada na amostra TGL-74 apresenta composição dominada pela molécula de almandina (Alm_{52-58}), seguida por proporções intermediárias de piropo (Prp_{24-31}) e menores

proporções de grossulária (Grs_{6-18}), andradita (Adr_{0-9}) e espessartita (Sps_{0-2}). Os perfis composicionais apresentam composição mais homogênea nas porções centrais e fraco zoneamento químico em direção às bordas dos cristais, marcado por enriquecimento de almandina e empobrecimento de piropo. As moléculas de grossulária e andradita mostram perfis de tendência inversa e os teores de espessartita são constantes e homogêneos ao longo dos cristais (Figura 5.3 – A, B, C).

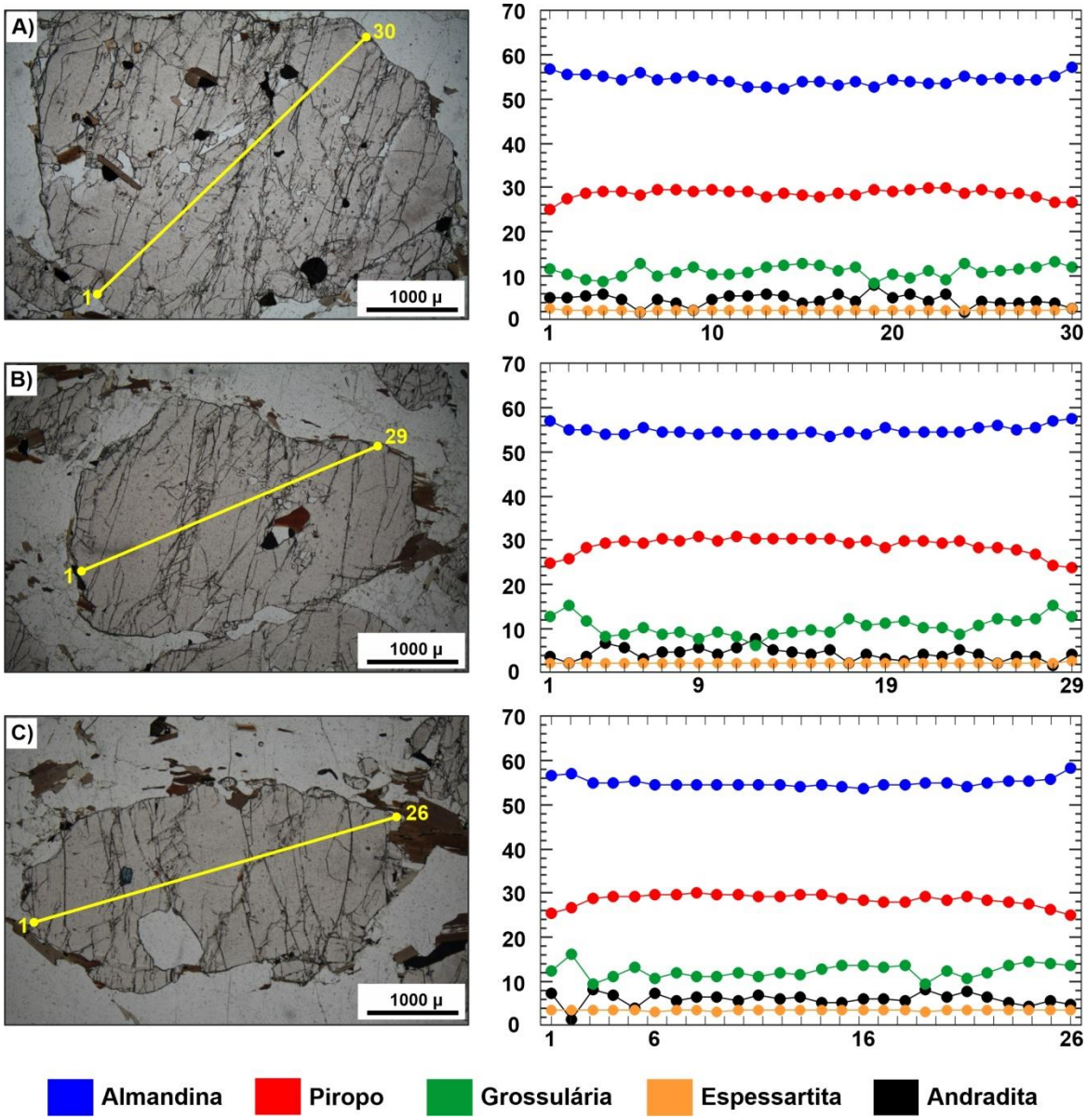


Figura 5.3 – (A), (B), (C): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo e muscovita (amostra TGL-74).

5.1.2 Ortoderivadas

Cinco amostras de rochas ortoderivadas foram selecionadas para análise de química mineral em cristais de granada, sendo três amostras de granada ortognaisse com anfibólio, biotita e clinopiroxênio de composição monzogranítica (amostras TGL-79-B, TGL-79-CF,

TGL-83-B), uma amostra de rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita (amostra TGL-34-A) e uma amostra de granada-clinopiroxênio-biotita ortognaisse quartzo monzodiorítico (amostra TGL-42).

Na amostra TGL-79-B, a granada apresenta composição dominada pela molécula de almandina (Alm_{65-73}), seguida por proporções intermediárias de grossulária (Grs_{10-25}) e menores proporções de andradita (And_{0-12}), piropo (Prp_{3-5}) e espessartita (Sps_{1-3}). Os perfis composicionais tendem a ser homogêneos nas porções centrais dos cristais e mostram fraco zoneamento químico em direção às bordas, definido por sutil diminuição de almandina e aumento de grossulária. Os membros grossulária e andradita exibem perfis de tendência inversa, mas não exibem zoneamento químico definido. As concentrações de piropo e espessartita são homogêneas e baixas ao longo de todos os cristais analisados (Figura 5.4 – A, B, C). Raros cristais mostram tendência de diminuição da molécula de grossulária em direção às bordas dos cristais (Figura 5.4 – D).

A composição da granada na amostra TGL-79-CF é constituída por maiores teores de almandina (Alm_{64-68}), com proporções intermediárias de grossulária (Grs_{23-29}) e menores conteúdos de andradita (And_{0-5}), piropo (Prp_{3-5}) e espessartita (Sps_{1-2}). Os perfis composicionais são quase planos (retos) nas porções centrais dos cristais, com sutil tendência de diminuição da molécula de almandina e aumento da molécula de grossulária em direção às bordas dos cristais (Figura 5.5 – A, B, C). Raros cristais exibem tendência de aumento da molécula de almandina em direção às bordas (Figura 5.5 – D).

Na amostra TGL-83-B, a granada apresenta composição química dominada pela molécula de almandina (Alm_{63-72}), seguida por proporções menores de grossulária (Grs_{8-14}) e andradita (And_{9-13}) e menores teores de piropo (Prp_{4-6}) e espessartita (Sps_{1-3}). A composição química da granada tende a ser homogênea nas porções centrais dos cristais, com perfis composicionais quase planos, mostrando fraca diminuição de almandina em direção às bordas dos cristais. Os membros grossulária e andradita mostram perfis de tendência inversa, mas não exibem zoneamento químico definido. As concentrações de piropo e espessartita são baixas e homogêneas ao longo de todos os cristais (Figura 5.6 – A, B, C).

A granada da amostra TGL-34-A é composta dominantemente por almandina (Alm_{64-73}), seguida por proporções intermediárias de piropo (Prp_{20-26}) e menores proporções de grossulária (Grs_{4-10}), andradita (And_{0-3}) e espessartita (Sps_{0-1}). Nessa amostra, a granada apresenta composição homogênea, com perfis composicionais frequentemente retos, sem zoneamento químico definido (Figura 5.7 – A, B, C).

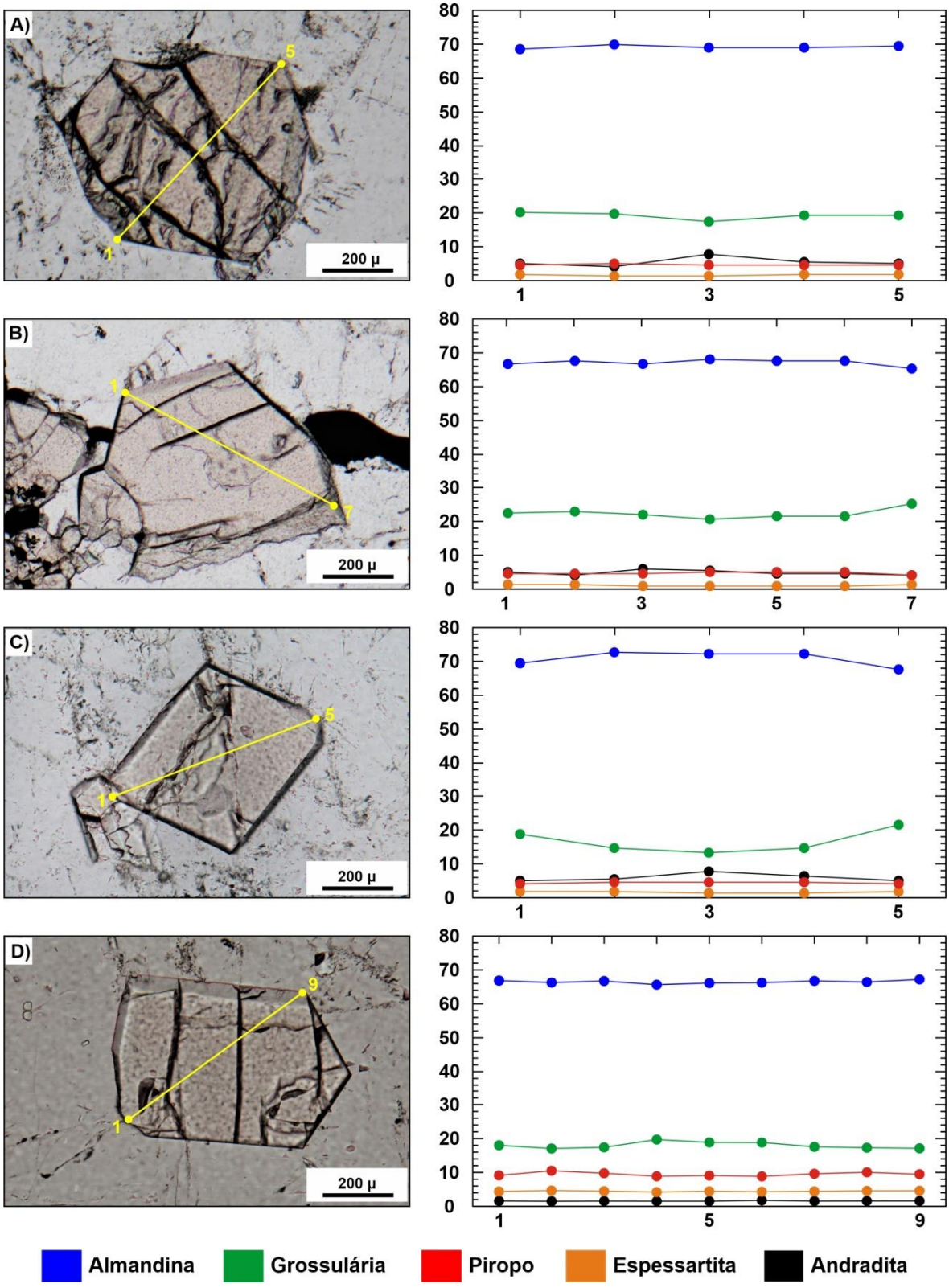


Figura 5.4 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de clinopiroxênio-anfibólio-biotita-granada ortognaisse monzogranítico (amostra TGL-79-B).

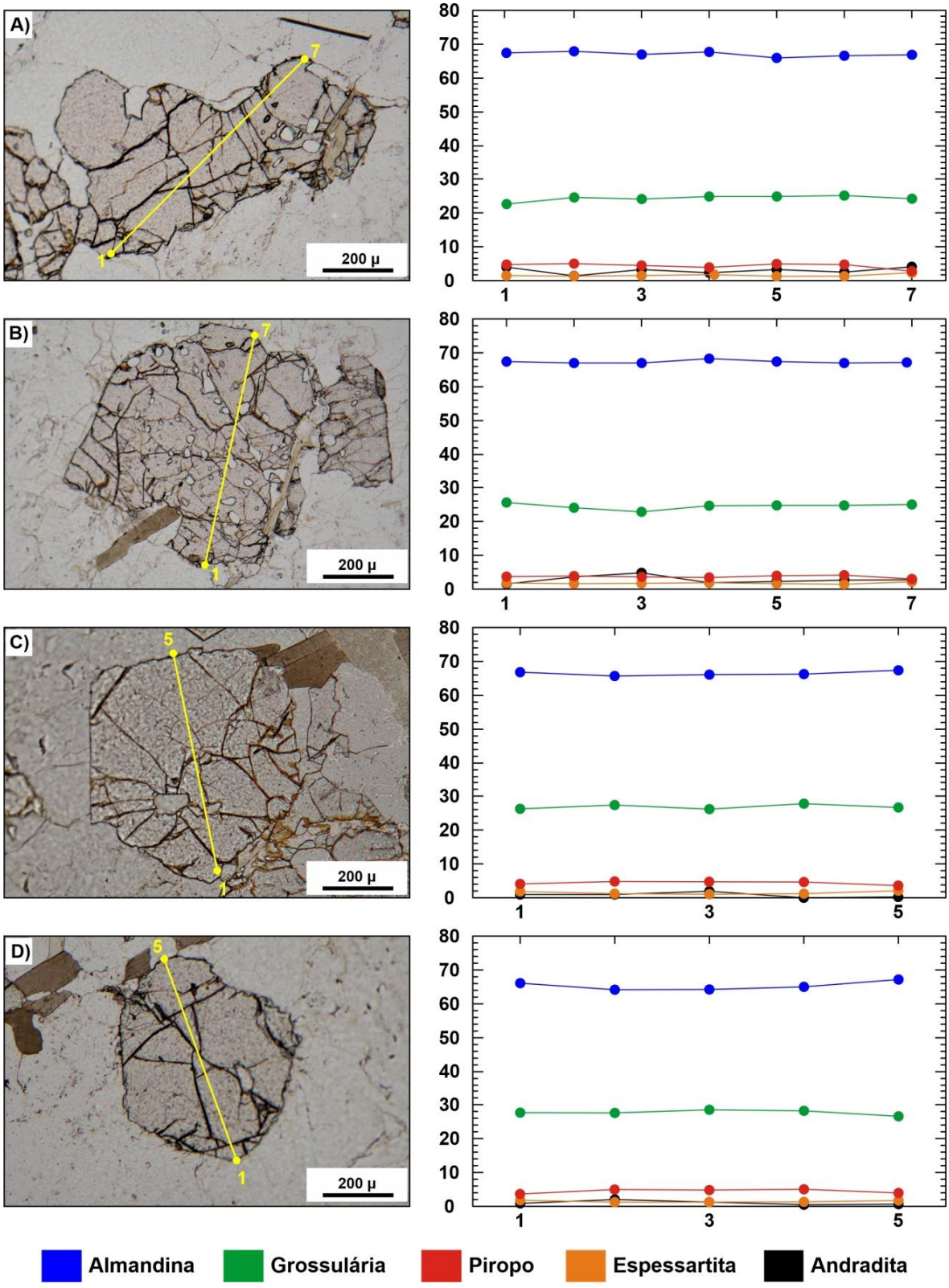


Figura 5.5 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de granada-biotita-anfibólio ortognaisse monzogranítico (amostra TGL-79-CF).

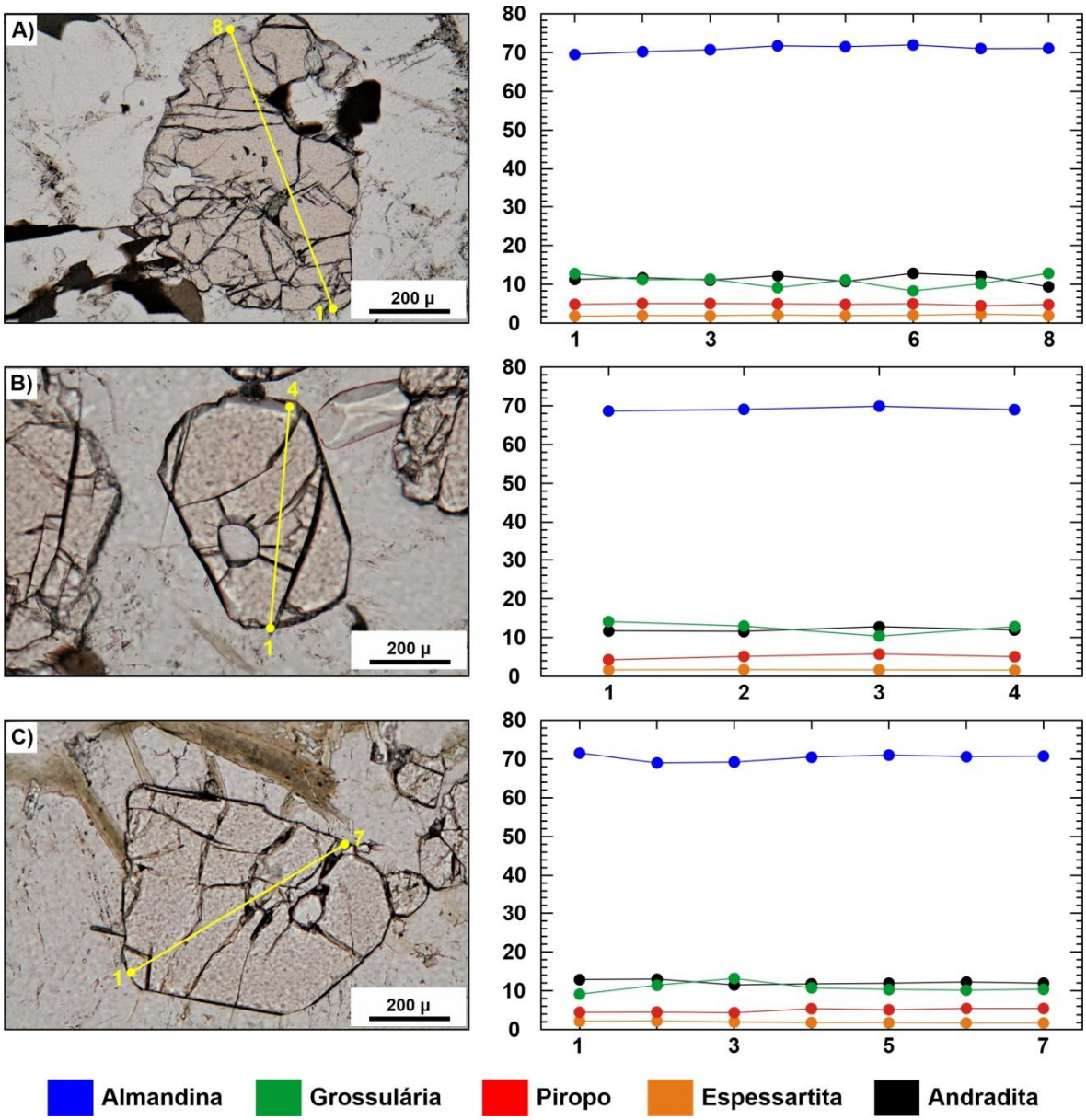


Figura 5.6 – (A), (B), (C): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de anfibólio-biotita-granada ortognaisse monzogranítico com clinopiroxênio (amostra TGL-83-B).

Na amostra TGL-42 foram realizadas análises pontuais em núcleos de 15 cristais de granada. A composição da granada é rica em almandina (Alm_{56-61}), com proporções intermediárias de grossulária (Grs_{17-31}) e piropo (Prp_{16-18}) e menores proporções de andradita (Adr_{2-4}) e espessartita (Sps_2). Não foram analisados perfis composicionais devido ao tamanho dos cristais de granada da amostra (Figura 5.8).

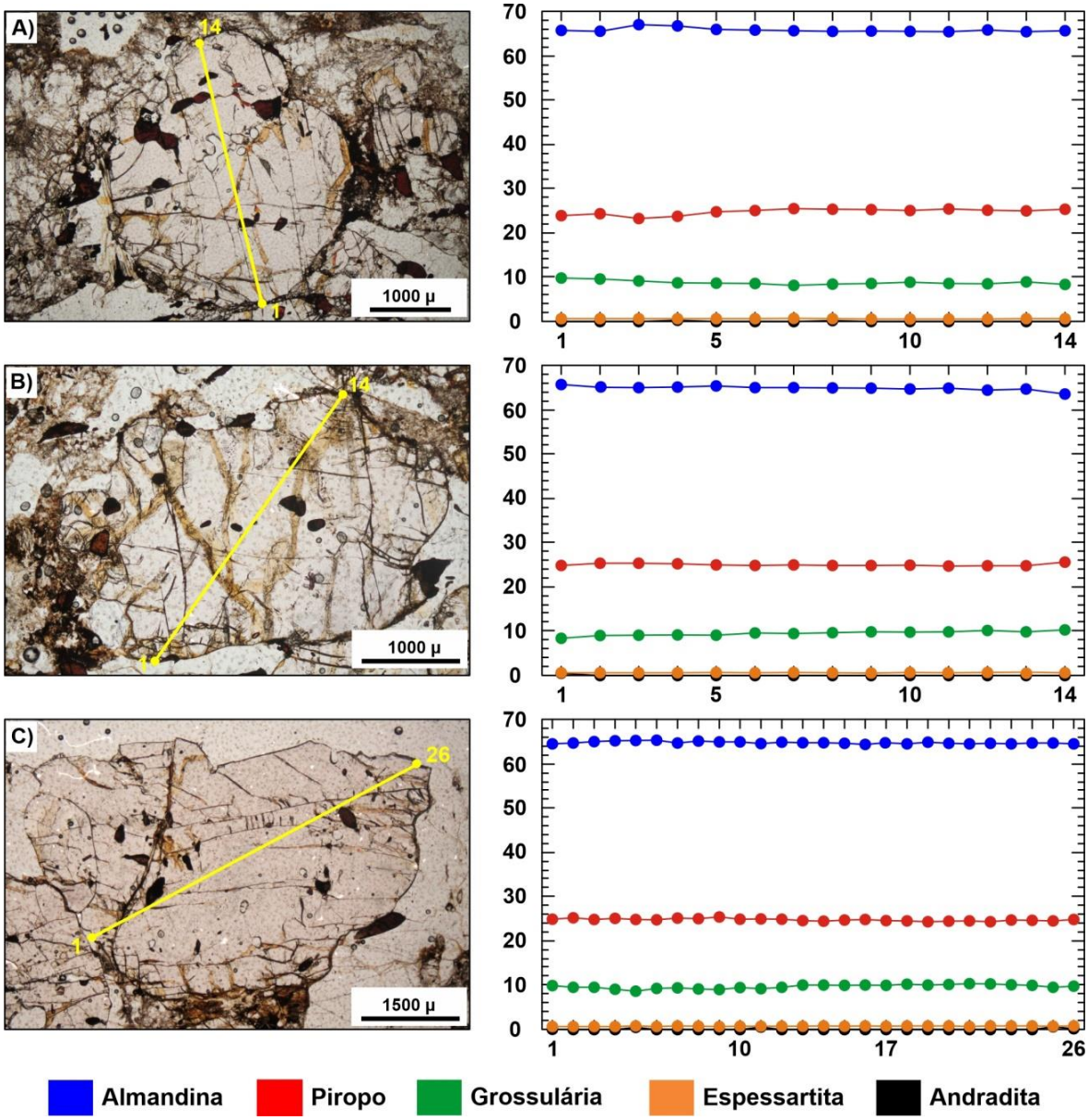


Figura 5.7 – (A), (B), (C): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita (amostra TGL-34-A).

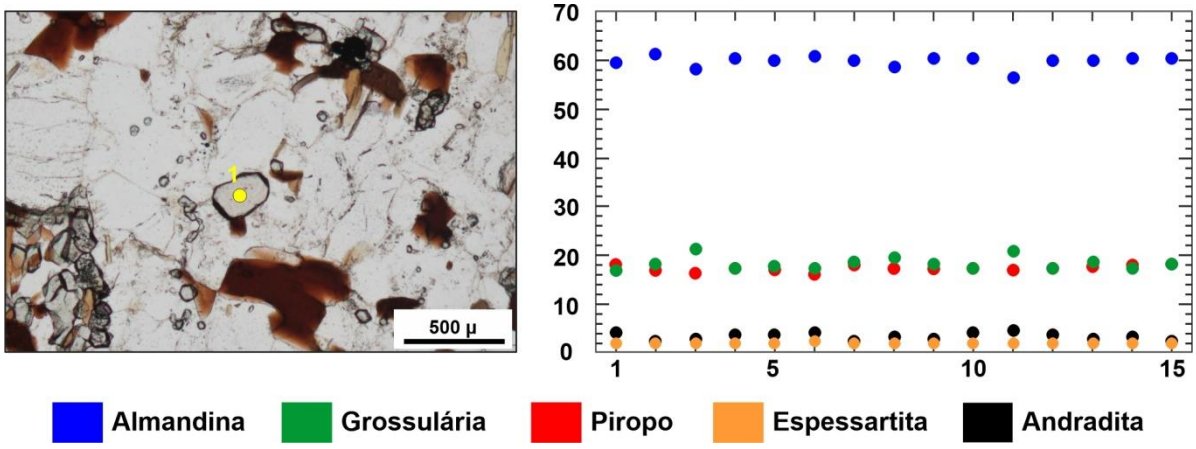


Figura 5.8 – Composição do núcleo de 15 cristais de granada da amostra de granada-clinopiroxênio-biotita ortognaisse quartzo monzodiorítico (amostra TGL-42).

5.1.3 Metamáficas

Foram selecionadas cinco amostras de rochas metamáficas para análise química mineral em cristais de granada, incluindo uma amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21), duas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38-A e TGL-38-GR), uma amostra de xisto calciossilicático (amostra TGL-69-A) e uma amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio gnaisse metamáfico (amostra TGL-72-B).

Na amostra TGL-17-21, a composição da granada é dominada pelas moléculas de almandina (Alm_{39-45}) e piropo (Prp_{37-41}), seguida por menores proporções de grossulária (Grs_{12-18}) e proporções inferiores de andradita (Adr_{0-10}) e espessartita (Sps_{0-1}). Os perfis composicionais tendem a ser mais planos e homogêneos nas porções centrais dos cristais, com fracas variações químicas em direção às bordas, marcadas por aumento de almandina e diminuição de piropo. Os conteúdos de grossulária frequentemente exibem tendência inversa aos teores de andradita (Figura 5.9 – A, B, C, D).

Apesar das amostras de retroeclogito analisadas (amostras TGL-38-A e TGL-38-GR) exibirem diferenças texturais e no conteúdo mineralógico modal, a composição da granada é semelhante em ambas. Nessas amostras, a granada é dominada pelas moléculas de almandina (Alm_{47-56}) e grossulária (Grs_{22-35}), seguida por proporções intermediárias de piropo (Prp_{13-21}) e menores proporções de andradita (Adr_{0-5}) e espessartita (Sps_{1-4}).

A amostra de retroeclogito TGL-38-A apresenta maior conteúdo modal de anfibólio e texturas simplectíticas mais desenvolvidas. De modo geral, os perfis composicionais tendem ser retos e homogêneos nas porções centrais dos cristais, com diminuição das concentrações de grossulária e piropo e aumento dos teores de almandina em direção às bordas. As concentrações de andradita mostram sutil aumento em direção às bordas (Figura 5.10 – A, B, C). Raros cristais exibem zoneamento químico mais nítido, definido por núcleos mais ricos em almandina seguido de empobrecimento e depois por sutil aumento em direção às bordas dos cristais, e núcleos com menores teores de grossulária e piropo, que enriquecem em direção às bordas (Figura 5.10 – D). A composição química é mais homogênea nesta amostra.

Na amostra de retroeclogito TGL-38-GR, que apresenta maior conteúdo modal de granada e texturas simplectíticas menos desenvolvidas, os perfis composicionais de granada são variados e exibem zoneamento químico mais nítido. Em alguns perfis, a molécula de almandina apresenta um padrão quase reto no centro dos cristais, exibindo enriquecimento em direção às bordas (Figura 5.11 – A, C). Em outros cristais, é observada a diminuição da molécula de almandina seguida de enriquecimento em direção às bordas dos cristais (Figura 5.11 – B). A molécula de grossulária tende a diminuir em direção às bordas (Figura 5.11 – A,

C, D). Menos frequentemente observa-se enriquecimento de grossulária em direção às bordas (Figura 5.11 – B). Nessa amostra, os teores de piropo também variam ao longo dos cristais, mostrando empobrecimento (Figura 5.11 – A, C, D) ou enriquecimento em direção às bordas (Figura 5.11 – B).

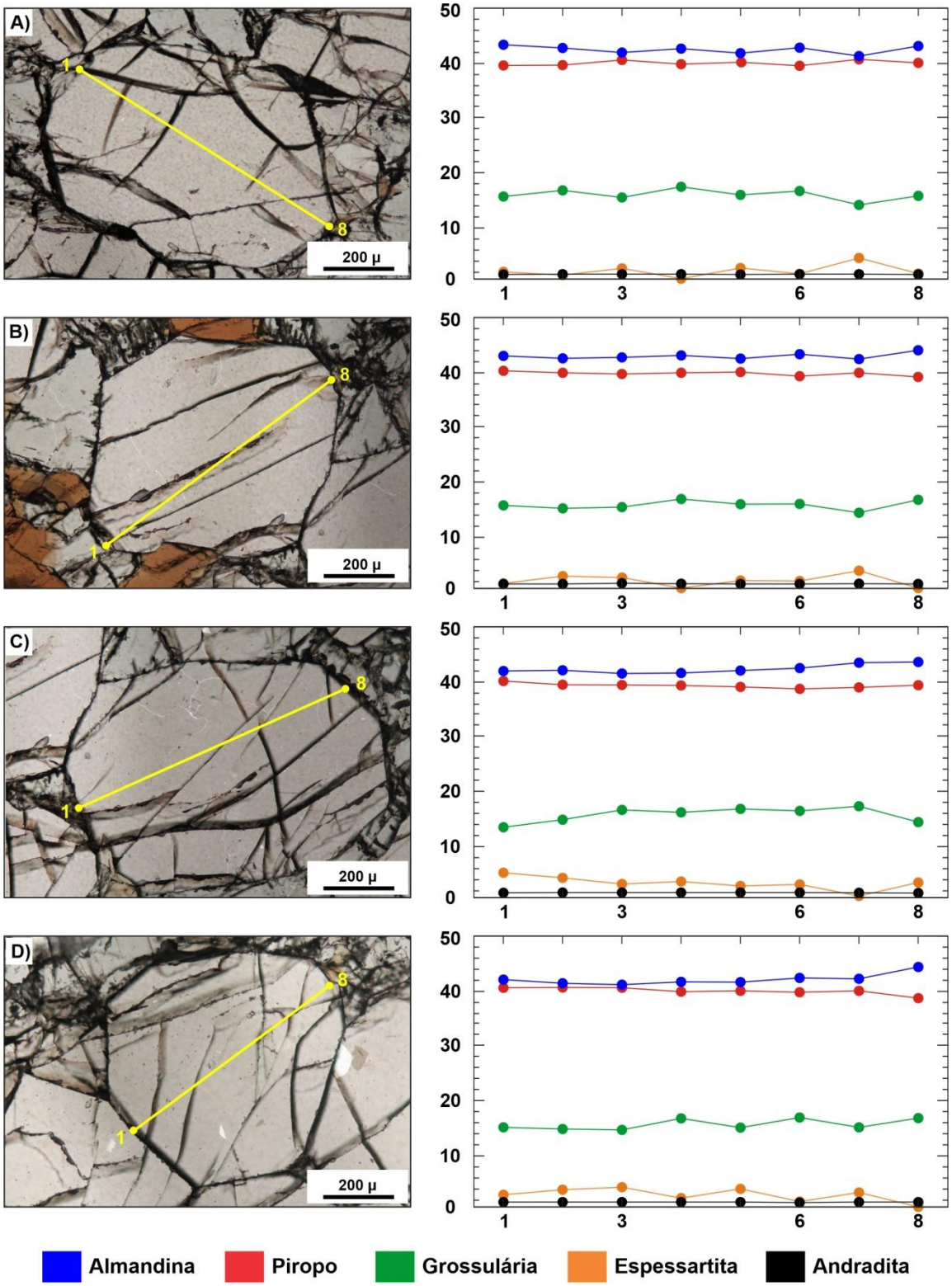


Figura 5.9 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21).

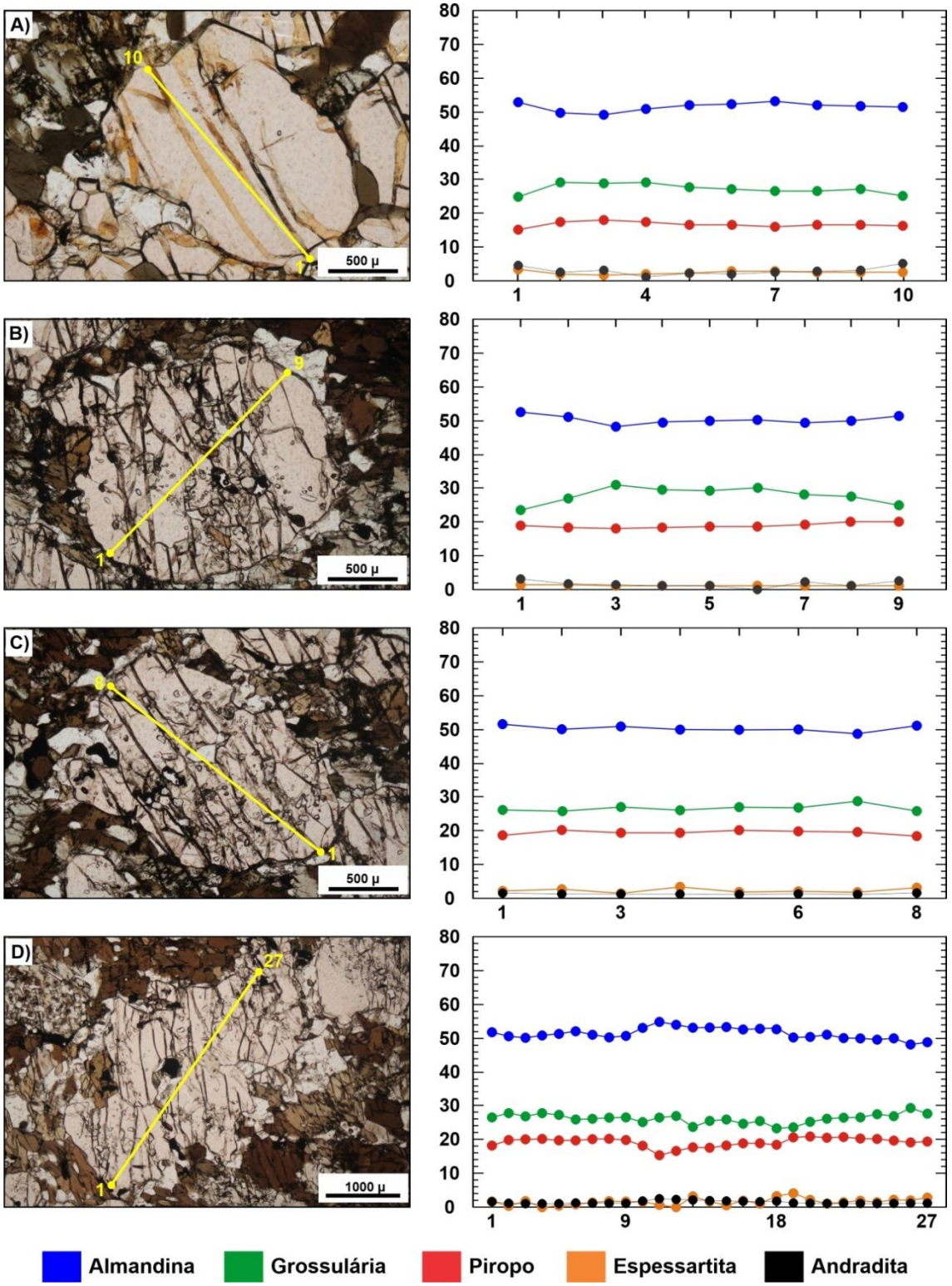


Figura 5.10 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-A).

Na amostra TGL-69-A, foi realizada apenas análises pontuais em núcleos de sete cristais de granada. A composição é dominada pelas moléculas de almandina (Alm_{41-43}) e grossulária (Gr_{32-34}), com menores proporções de piropo (Prp_{9-12}), andradita (And_{6-9}) e espessartita (Sps_{6-9}) (Figura 5.12).

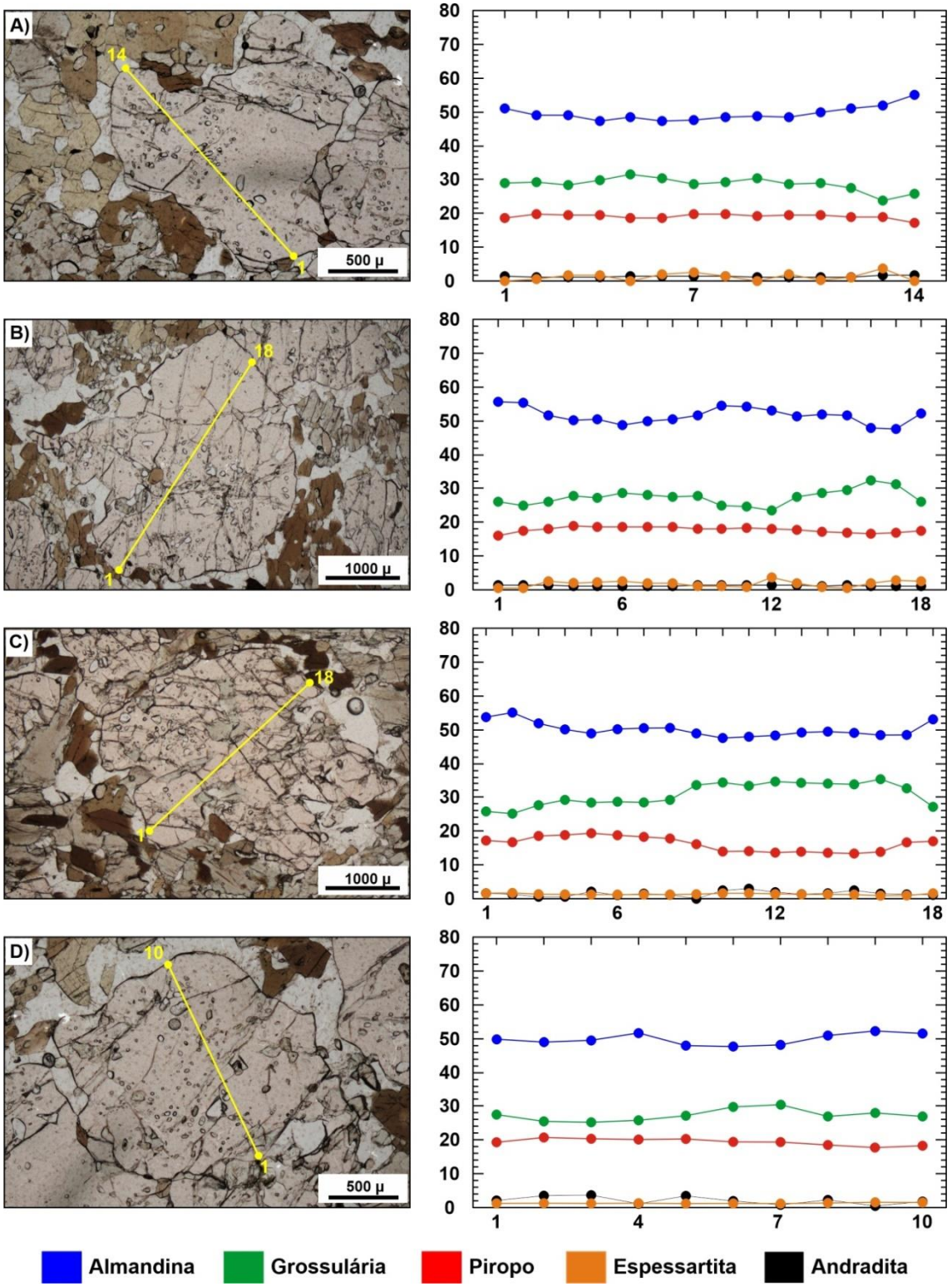


Figura 5.11 – (A), (B), (C), (D): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-GR).

Na amostra TGL-72-B, a composição da granada é dominada pelas moléculas de almandina (Alm_{39-49}) e piropo (Prp_{30-36}), seguida por proporções intermediárias de grossulária (Grs_{14-24}) e pequenas proporções de andradita (Adr_{2-5}) e espessartita (Sps_{0-1}). Os perfis composicionais mostram fraco zoneamento composicional em direção às bordas dos cristais,

com aumento de almandina e diminuição das proporções de piropo e grossulária. Os teores de andradita e espessartita são baixos e homogêneos ao longo de todos os cristais (Figura 5.13).

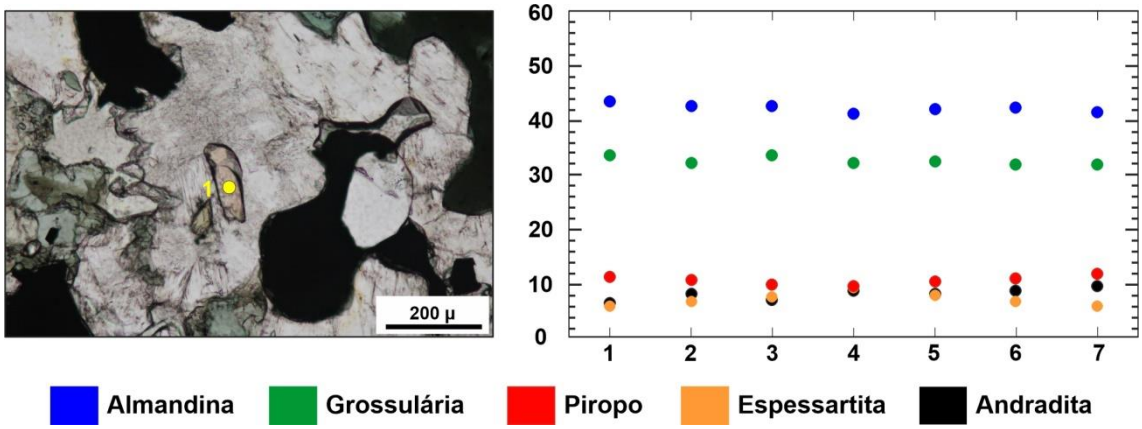


Figura 5.12 – Composição de núcleos de sete cristais de granada da amostra de xisto calciossilicático (amostra TGL-69-A).

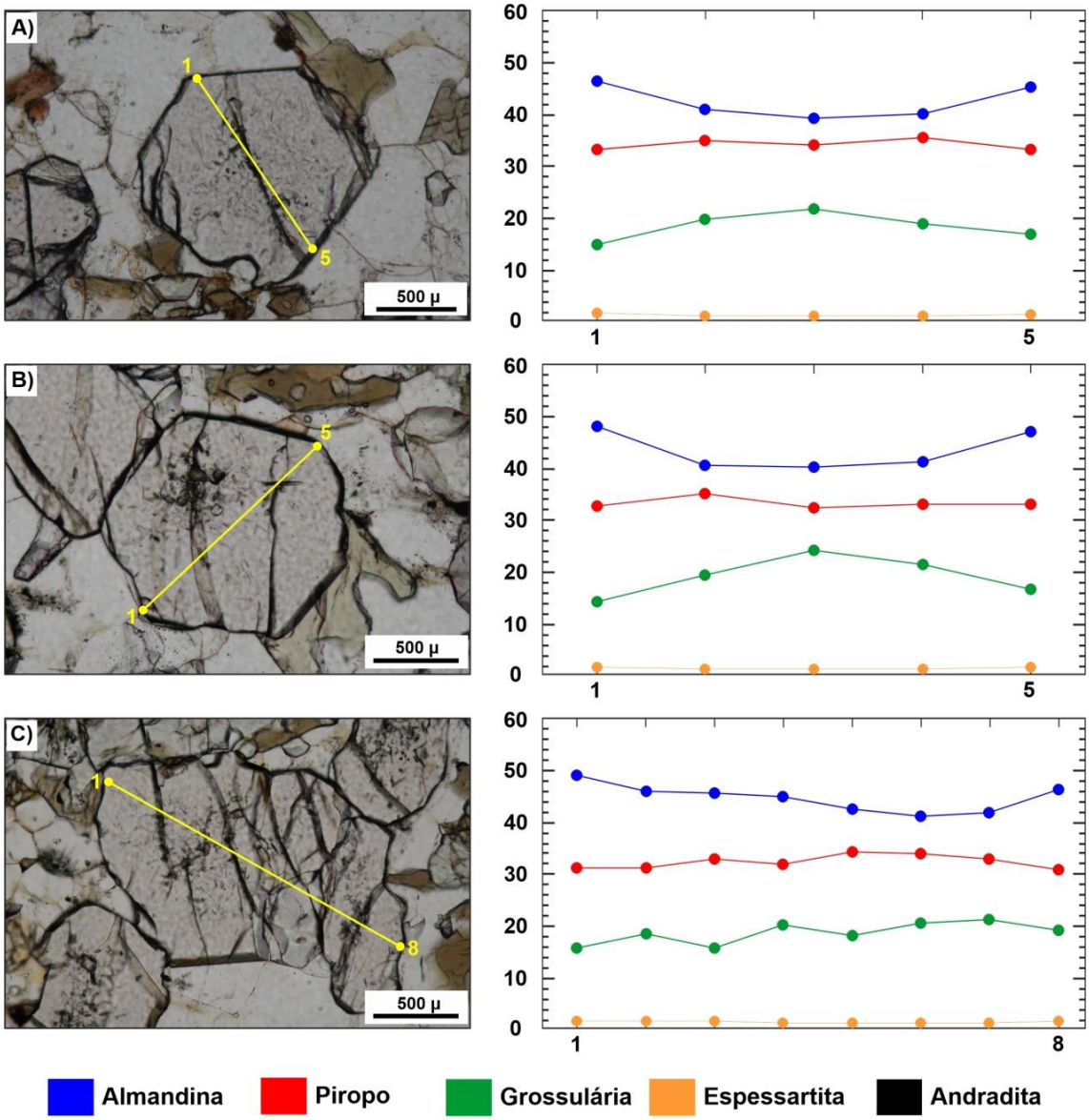


Figura 5.13 – (A), (B), (C): Perfis composicionais representativos de cristais de granada da amostra de anfibólio-granada-clinopiroxênio gnaisse metamáfico (amostra TGL-72-B).

5.2 Piroxênio

A composição do clinopiroxênio foi analisada em amostras de rochas ortoderivadas (amostras TGL-79-B, TGL-83-B e TGL-42) e em amostras de rochas metamáficas (amostras TGL-17-21, TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B). O conteúdo de átomos por unidade de fórmula (a.p.u.f.) do piroxênio foi calculado para seis oxigênios e quatro cátions, considerando todo ferro presente como Fe^{2+}.

5.2.1 Ortoderivadas

De acordo com o diagrama ternário de classificação química de piroxênios (MORIMOTO, 1988), o clinopiroxênio é classificado como hedenberguita ($Wo_{43-46}En_{16-19}Fs_{36-40}$) (Figura 5.14 – A) nas amostras TGL-79-B e TGL-83-B. A composição química do clinopiroxênio nas duas amostras é muito semelhante, com conteúdo de Ca variando de 0,85 a 0,92 a.p.u.f., de Mg entre 0,30 e 0,38 a.p.u.f. e de Fe^{2+} entre 0,69 e 0,80 a.p.u.f. Os teores de Al variam de 0,03 a 0,09 a.p.u.f. e de Na entre 0,04 e 0,07 a.p.u.f.

O clinopiroxênio na amostra TGL-42 é quimicamente classificado como diopsídio ($Wo_{45-46}En_{36-37}Fs_{17-19}$) (Figura 5.14-A), com conteúdos de Ca variando entre 0,84 e 0,90 a.p.u.f., teores de Mg entre 0,66 e 0,71 a.p.u.f. e de Fe^{2+} de 0,33 a 0,35 a.p.u.f.. Os teores de Al variam entre 0,05 e 0,13 a.p.u.f (Al^{IV} varia de 0,02 a 0,06 a.p.u.f. e Al^{VI} de 0,03 a 0,09 a.p.u.f.), com conteúdos de Na entre 0,03 e 0,06 a.p.u.f.

No diagrama binário Al *vs.* Na (em a.p.u.f.), os teores de Al e Na dos cristais de clinopiroxênio das amostras de rochas ortoderivadas mostram correlação positiva (Figura 5.15 – A).

5.2.2 Metamáficas

Nas amostras de rochas metamáficas analisadas, o clinopiroxênio ocorre como mineralogia principal e frequentemente os cristais mostram-se parcialmente corroídos por anfibólio em reações de reequilíbrio.

Em todas as cinco amostras analisadas (amostras TGL-17-21, TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B), o clinopiroxênio é quimicamente classificado como diopsídio (Figura 5.14 – B), exibindo diferenças composicionais quando comparado entre os litotipos. Nas amostras TGL-17-21 e TGL-72-B, o clinopiroxênio apresenta maiores conteúdos de magnésio e nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38-A e TGL-38-GR) e xisto calciossilicático (amostra TGL-69-A), a composição química dos cristais tende a exibir teores de ferro mais elevados (Figura 5.14 – B).

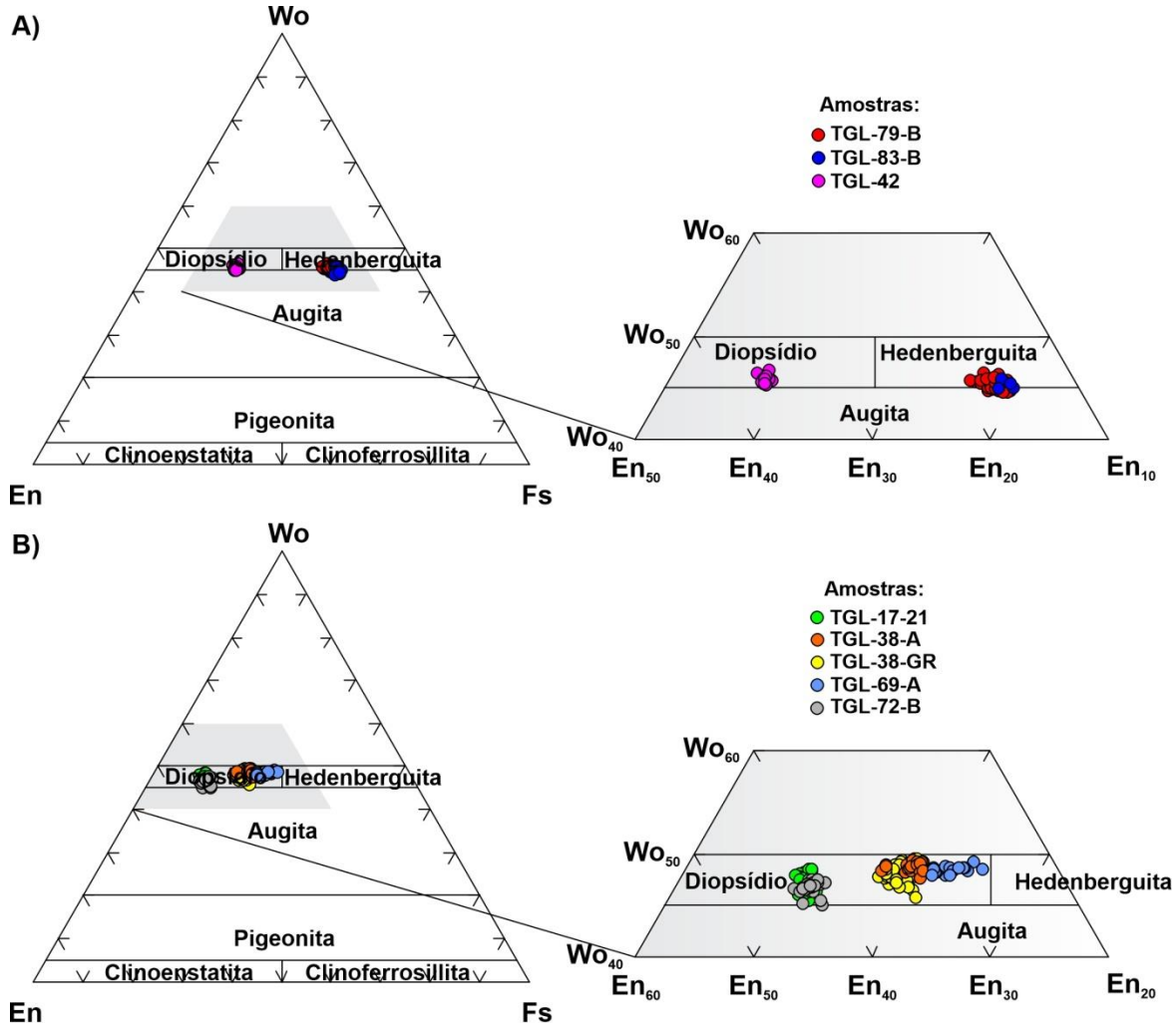


Figura 5.14 – Diagrama ternário Ca-Mg-Fe para classificação de piroxênios (MORIMOTO, 1988). (A): Amostras de rochas ortoderivadas – TGL-79-B, TGL-83-B e TGL-42; (B): Amostras de rochas metamáficas – TGL-17-21, TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B.

Na amostra TGL-17-21, a composição do clinopiroxênio ($Wo_{43-49}En_{40-43}Fs_{10-14}$) apresenta teores de Ca variando de 0,75 a 0,85 a.p.u.f., de Mg entre 0,70 e 0,76 a.p.u.f. e de Fe^{2+} de 0,17 a 0,24 a.p.u.f. As concentrações de Al são relativamente altas, variando de 0,19 a 0,23 a.p.u.f. e de Na de 0,08 a 0,12 a.p.u.f., com teores de Jd entre 9 e 12.

O clinopiroxênio ($Wo_{46-50}En_{31-36}Fs_{17-21}$) (Figura 5.14 – B) nas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38-A e TGL-38-GR) apresenta teores de Ca variando de 0,82 a 0,92 a.p.u.f., concentrações de Mg entre 0,55 e 0,67 a.p.u.f. e os teores de Fe^{2+} variam de 0,30 a 0,37 a.p.u.f. Os conteúdos de Al variam de 0,10 a 0,29 a.p.u.f., com concentrações de Al^{IV} entre 0,04 e 0,14 a.p.u.f. e de Al^{VI} entre 0,05 e 0,16 a.p.u.f. e os teores de Na variam de 0,04 a 0,16 a.p.u.f. O teor de Jd varia entre 4 e 10. Os cristais simplectíticos tendem a apresentar as menores concentrações de Al e Na em relação aos cristais da matriz. Cristais de clinopiroxênio inclusos em granada exibem sutil zoneamento químico, com fraco aumento de Si, Ca e Mg e diminuição de Al e Na em direção às bordas dos cristais.

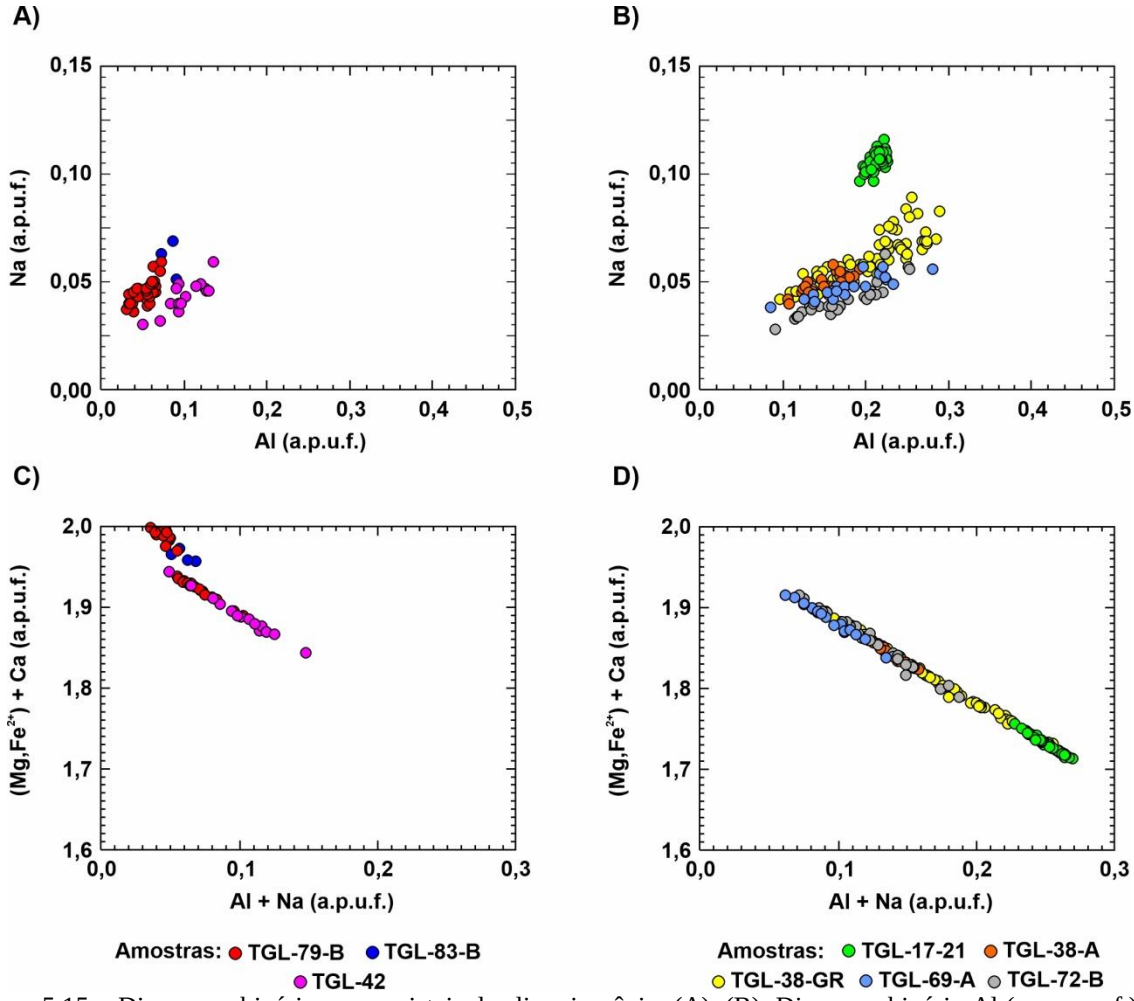


Figura 5.15 – Diagramas binários para cristais de clinopiroxênio. (A), (B): Diagrama binário Al (em a.p.u.f.) *vs.* Na (em a.p.u.f.) para cristais de clinopiroxênio para rochas ortoderivadas e metamáficas; (C), (D): Diagrama binário Al+Na (em a.p.u.f.) *vs.* (Mg, Fe^{2+})+Ca (em a.p.u.f.) para cristais de clinopiroxênio para rochas ortoderivadas e metamáficas.

Na amostra de xisto calciossilicático (amostra TGL-69-A), o clinopiroxênio (Wo_{48-49} $En_{26-34}Fs_{18-25}$) (Figura 5.14 - B) exibe teores de Ca que variam entre 0,91 e 0,94 a.p.u.f., conteúdos de Mg entre 0,49 e 0,66 a.p.u.f. e os teores de Fe^{2+} de 0,34 a 0,66 a.p.u.f. Os conteúdos de Al são relativamente altos e variam de 0,09 a 0,28 (Al^{IV} varia de 0,05 a 0,18 a.p.u.f. e Al^{VI} de 0,03 a 0,11 a.p.u.f.) e os teores de Na, de 0,04 a 0,06 a.p.u.f. O teor de Jd varia entre 4 e 6.

O clinopiroxênio ($Wo_{43-48}En_{40-45}Fs_{10-13}$) (Figura 5.14 - B) da amostra TGL-72-B exibe teores de Ca variando de 0,78 a 0,90 a.p.u.f., conteúdos de Mg entre 0,72 e 0,84 a.p.u.f. e teores de Fe^{2+} de 0,19 a 0,24 a.p.u.f. Os conteúdos de Al (em a.p.u.f.) são relativamente altos e variam de 0,09 a 0,25, com teores de Al^{IV} variando entre 0,04 e 0,13 e de Al^{VI} entre 0,05 e 0,13. Os teores de Na variam 0,03 a 0,06 a.p.u.f. O teor de Jd varia entre 3 e 7. Os maiores cristais de clinopiroxênio exibem fraco zoneamento composicional, apresentando sutil diminuição de Al e Na e aumento de Si, Ca e Mg em direção às bordas dos cristais.

No gráfico binário Al *vs.* Na, todos os cristais de clinopiroxênio analisados das amostras de rochas metamáficas apresentam correlação positiva entre essas variáveis (Figura 5.15 – B).

Nos gráficos binários (Al+Na) *vs*. (Mg, Fe^{2+})+Ca (Figura 5.15 – C, D), as análises de cristais de clinopiroxênio, tanto das rochas ortoderivadas como das rochas metamáficas, mostram correlação negativa, indicando que ocorreram reações de substituições acopladas do tipo (Mg, Fe^{2+}) + Ca e Al + Na nos sítios M1 e M2.

5.3 Feldspato

Os feldspatos são divididos em duas soluções binárias: i) plagioclásio, com os membros finais albita ($NaAlSi_3O_8$) e anortita ($CaAl_2Si_2O_8$); e ii) feldspato alcalino, com albita ($NaAlSi_3O_8$) e feldspato potássico ($KAlSi_3O_8$) como membros finais. O conteúdo de átomos por unidade de fórmula dos feldspatos foi calculado para oito oxigênios e cinco cátions, considerando todo o ferro presente como Fe^{3+}.

5.3.1 Plagioclásio

O plagioclásio foi analisado em 12 amostras, incluindo três amostras de rochas metassedimentares (amostras TGL-39-E, TGL-57-A e TGL-74), cinco amostras de rochas ortoderivadas (amostras TGL-79-B, TGL-79-CF, TGL-83-B, TGL-34-A e TGL-42) e em quatro amostras de rochas metamáficas (amostras TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B) (Tabela 5.1).

5.3.1.1 Metassedimentos

O plagioclásio da amostra TGL-39-E é classificado como andesina (An_{33-38}) (Figura 5.16 – A). O teor de Or varia entre 1 e 2%.

Na amostra TGL-57-A, o plagioclásio é quimicamente classificado como oligoclásio (An_{23-25}) (Figura 5.16 – A), com teores de Or variando de 2 a 4%.

Na amostra TGL-74, o plagioclásio analisado é classificado como andesina (An_{38-44}) (Figura 5.16 – A), com concentração de Or entre 1 e 2%.

5.3.1.2 Ortoderivadas

O plagioclásio apresenta composição química variando de oligoclásio a andesina (An_{13-39}) (Figura 5.16 – B) nas amostras de granada ortognaisse de composição

monzogranítica com anfibólio, biotita e clinopiroxênio (amostras TGL-79-B, TGL-79-CF e TGL-83-B).

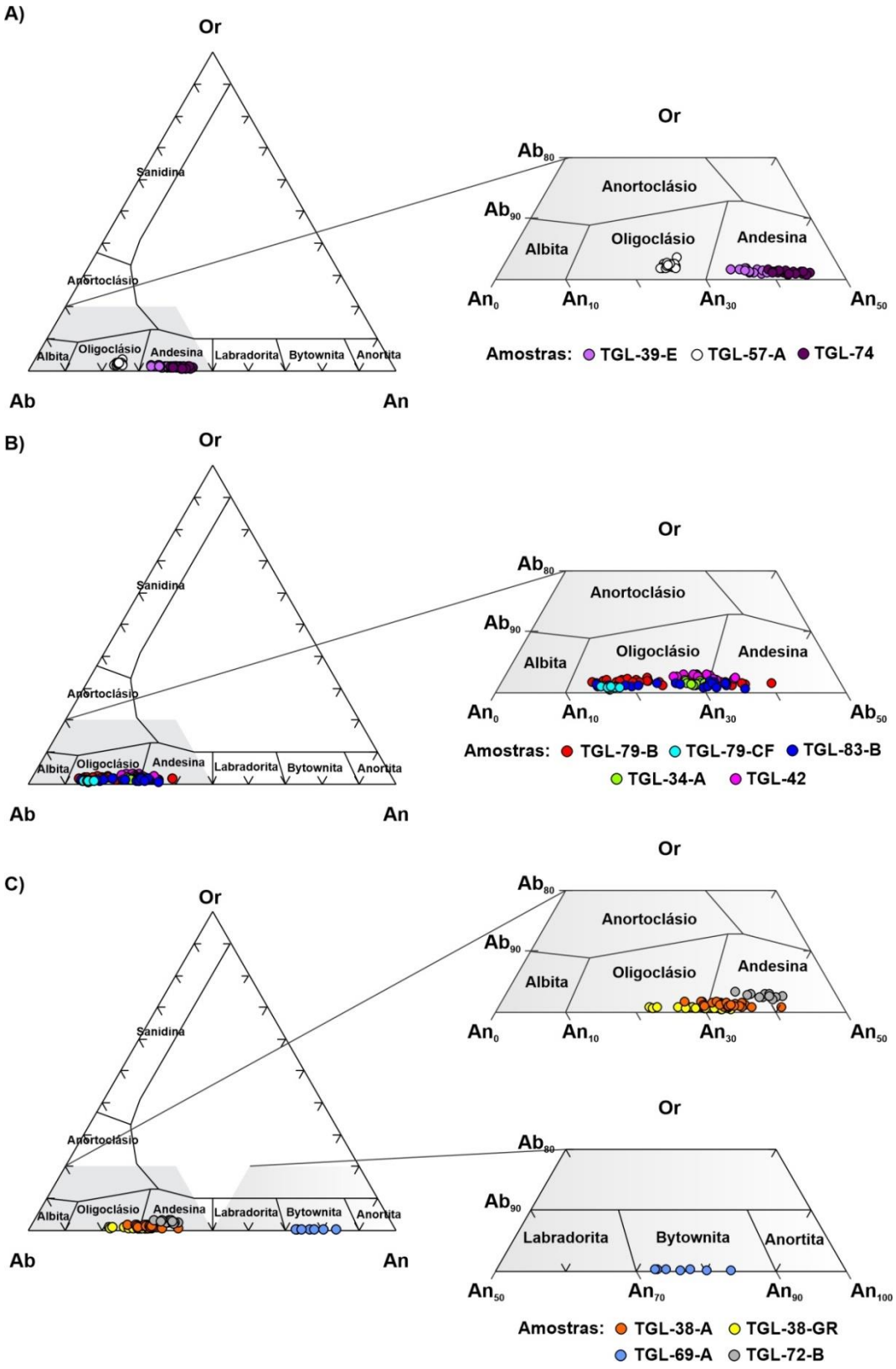


Figura 5.16 – Diagrama ternário de classificação de feldspatos. (A): Amostras de rochas metassedimentares – TGL-39-E, TGL-57-A e TGL-74; (B): Amostras de rochas ortoderivadas – TGL79-B, TGL-79-CF, TGL83-B, TGL-34-A e TGL-42; (C): Amostras de rochas metamáficas – TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B.

Nessas amostras, as concentrações de Or variam entre 1 e 2%. Na amostra TGL-79-CF, que exibe maior grau de deformação e não contém clinopiroxênio, o plagioclásio é oligoclásio (An_{15-17}).

Na amostra TGL-34-A, o plagioclásio é quimicamente classificado como oligoclásio (An_{26-30}) (Figura 5.16 – B), com teores de Or variando entre 1 e 2%.

O plagioclásio na amostra TGL-42 é classificado como oligoclásio a andesina (An_{24-33}) (Figura 5.16 – B), com teor de Or variando de 2 a 3%.

5.3.1.3 Metamáficas

Os cristais de plagioclásio das amostras de retroeclogito (amostras TGL-38-A e TGL-38-GR) apresentam composição variando entre oligoclásio e andesina (An_{22-40}) (Figura 5.16 – C), com teores de Or variando de 0 a 2%. Os cristais de plagioclásio intercrescidos nos simplectitos apresentam composição mais sódica em relação aos cristais da matriz da rocha.

Na amostra TGL-69-A, o plagioclásio é composicionalmente classificado como bytownita (An_{73-84}) (Figura 5.16 – C).

O plagioclásio é classificado como andesina (An_{33-40}) (Figura 5.16 – C) na amostra TGL-72-B, com teor de Or variando entre 2 e 3%.

5.3.2 Feldspato potássico

Foram analisados cristais de feldspato potássico em uma amostra de metassedimento (amostra TGL-39-E) e em quatro amostras de rochas ortoderivadas (TGL-79-B, TGL-79-CF, TGL-83-B e TGL-34-A).

5.3.2.1 Metassedimentos

Na amostra de metassedimento analisada (amostra TGL-39-E), o feldspato potássico exibe composição variando em aproximadamente 6% na concentração de ortoclásio (Or_{87-93}) (Figura 5.17 – A), com teor da molécula de albita variando de 7 a 12%.

5.3.2.2 Ortoderivadas

Nas amostras de granada ortognaisses com anfibólio, biotita e clinopiroxênio (amostras TGL-79-B, TGL-79-CF e TGL-83-B), o feldspato potássico varia em cerca de 10% na concentração de ortoclásio (Or_{82-93}) (Figura 5.17 – B). Os teores da molécula de albita variam de 7 a 18%.

O feldspato potássico analisado na amostra TGL-34-A apresenta composição variando em aproximadamente 9% na concentração de ortoclásio (Or_{82-91}) (Figura 5.17 – B), com molécula de Ab variando de 9 a 18%.

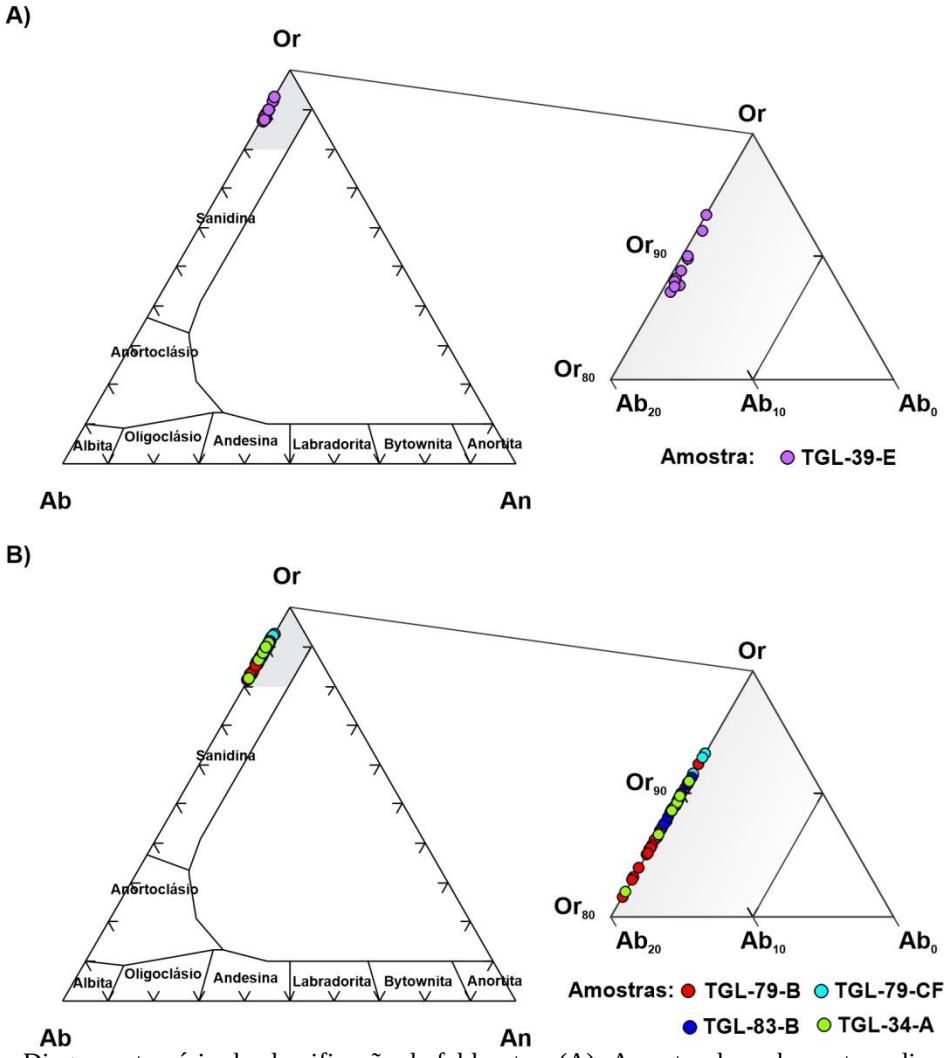


Figura 5.17 – Diagrama ternário de classificação de feldspatos. (A): Amostra de rocha metassedimentar – TGL-39-E; (B): Amostras de rochas ortoderivadas – TGL-79-B, TGL-79-CF, TGL-83-B e TGL-34-A.

5.4 Anfibólio

O anfibólio foi analisado em três amostras de rochas ortoderivadas (amostras TGL-79-B, TGL-79-CF e TGL-83-B) e em cinco amostras de rochas metamáficas (amostras TGL-17-21, TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B). O conteúdo de átomos por unidade de fórmula do anfibólio foi calculado em base anidra para 23 oxigênios e 15-16 cátions, considerando todo ferro presente como Fe^{2+}.

5.4.1 Ortoderivadas

Nos granada ortognaisses monzograníticos (amostras TGL-79-B, TGL-79-CF e TGL-83-B), a composição química dos cristais de anfibólio analisados é similar entre as amostras.

Quimicamente, o anfibólio apresenta composição cálcica ($Ca_B \geq 1,5$, $Na_A+K_A \geq 0,5$, $Ti \leq 0,5$ e $Si < 6,5$) e é classificado como hastingsita no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 5.18 – A). Os cristais apresentam teores de Ti variando de 0,03 a 0,25 a.p.u.f., concentrações de Al^{IV} entre 1,44 e 1,76 a.p.u.f. e de Al^{VI} entre 0,45 e 0,85 a.p.u.f. O valor de X_{Mg} varia de 0,13 a 0,24. Os teores de $Na_A + K_A$ são relativamente altos e variam entre 0,67 e 0,78 a.p.u.f.

Na amostra TGL-79-CF, com maior conteúdo modal de anfibólio entre os granada ortognaisses monzograníticos analisados, a variação composicional do anfibólio é mais restrita e exibe as menores concentrações de Si e Mg e teores de Al mais elevados.

5.4.2 Metamáficas

O anfibólio analisado na amostra TGL-17-21 apresenta composição cálcica ($Ca_B \geq 1,5$, $Na_A+K_A \geq 0,5$, $Ti \leq 0,5$ e $Si < 6,5$) e é classificado próximo do limite entre os campos da pargasita e magnésio-hastingsita no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 5.18 – B). A composição do anfibólio exibe teores de Ti variando de 0,24 a 0,26 a.p.u.f., conteúdos de Al^{IV} entre 1,43 e 1,65 a.p.u.f. e de Al^{VI} entre 0,56 e 0,69 a.p.u.f. O conteúdo de X_{Mg} varia de 0,74 a 0,78. Os teores de Na e K no sítio A são relativamente elevados, variando de 0,61 a 0,71 a.p.u.f. A composição química de alguns cristais mostra fraco zoneamento composicional do núcleo para borda, marcado por diminuição de Ti e Al^{VI} e aumento de Ca e Na_B.

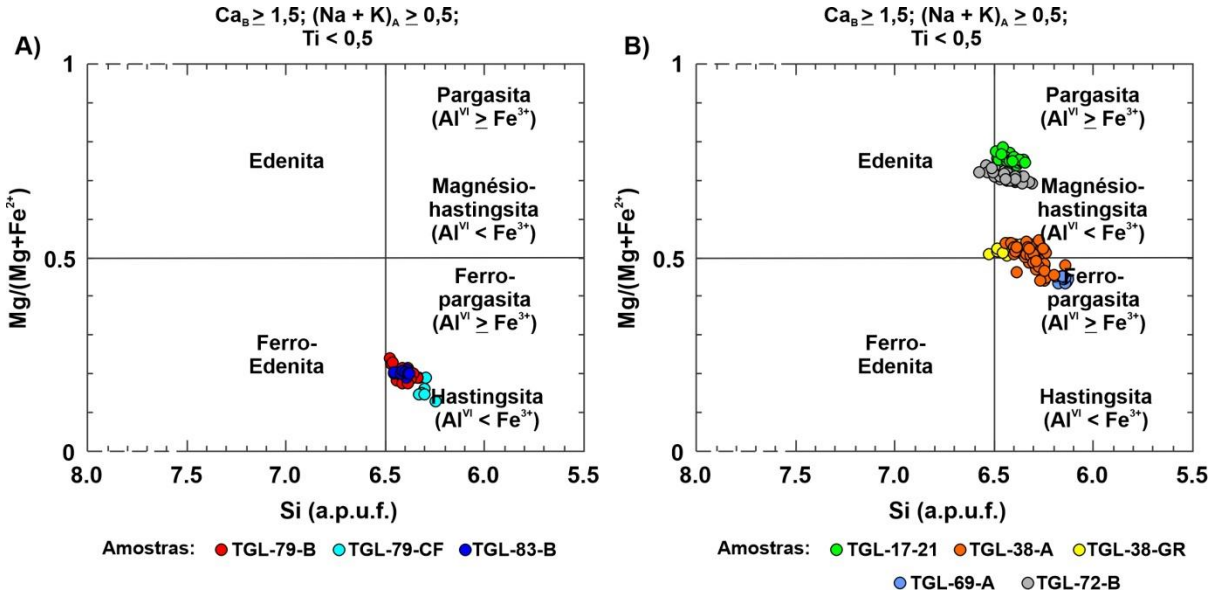


Figura 5.18 – Diagrama de classificação de anfibólios cálcicos (Modificado de LEAKE et al., 1997). (A): Amostras de rochas ortoderivadas – TGL-79-B, TGL-79-CF e TGL-83-B; (B): Amostras de rochas metamáficas – TGL-17-21, TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL-72-B.

Foram analisados cristais de anfibólio de duas amostras de retroeclogito (amostras TGL-38-A e TGL-38-GR). Em todas as texturas analisadas das duas amostras, o anfibólio apresenta composição cálcica ($Ca_B \geq 1,5$, $Na_A+K_A \geq 0,5$, $Ti \leq 0,5$ e $Si < 6,5$) e é classificado

dominantemente como magnésio-hastingsita e secundariamente como ferro-pargasita no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 5.18 – B). Os cristais apresentam conteúdos de Ti variando entre 0,19 e 0,27 a.p.u.f., de Al^{IV} entre 1,40 e 1,85 a.p.u.f. e de Al^{VI} variando de 0,55 a 0,80 a.p.u.f. O teor de X_{Mg} nos anfibólios analisados varia de 0,44 a 0,55 e os teores de Na_A+K_A são relativamente elevados e variam de 0,62 a 0,77 a.p.u.f.

O anfibólio da amostra TGL-38-A apresenta as maiores variações químicas. Em relação às texturas, o anfibólio associado à matriz e ao intercrescimento nos simplectitos é classificado como magnésio-hastingsita. Os cristais associados a reações de substituição, como o anfibólio substituindo o clinopiroxênio na matriz ou formando coroas em torno de granada pertencem ao campo da ferro-pargasita e apresentam teores mais elevados de Al e álcalis e conteúdos inferiores de Si e Mg.

Na amostra de xisto calciossilicático (amostra TGL-69-A), o anfibólio é quimicamente classificado como ferro-pargasita (Ca_B> 1,5, Na_A+K_A> 0,5, Ti< 0,5 e Si < 6,5; Leake et al., 1997) (Figura 5.18 – B). Apresenta teores de Ti variando de 0,14 a 0,16 a.p.u.f., de Al^{IV} de 1,81 a 1,87 a.p.u.f. e de Al^{VI} entre 0,58 e 0,64 a.p.u.f. Os conteúdos de X_{Mg} variam entre 0,43 e 0,45, com teores de $(Na+K)_A$ relativamente altos, variando de 0,76 a 0,83 a.p.u.f.

O anfibólio da amostra TGL-72-B também apresenta composição cálcica (Ca_B> 1,5, Na_A+K_A> 0,5, Ti< 0,5 e Si < 6,5) e é classificado como magnésio-hastingsita e edenita no diagrama de Leake et al. (1997) (Figura 5.18 – B). Os conteúdos de Ti variam de 0,12 a 0,30 a.p.u.f., de Al^{IV} entre 1,43 e 1,63 a.p.u.f. e de Al^{VI} variam de 0,58 a 0,68 a.p.u.f. O teor de X_{Mg} varia de 0,69 a 0,74, com conteúdos de Na+K no sítio A variando de 0,49 a 0,61 a.p.u.f.

5.5 Biotita

A química mineral da biotita foi analisada em nove amostras, sendo três amostras de metassedimentos (amostras TGL-39-E, TGL-57-A e TGL-74), cinco amostras de rochas ortoderivadas (amostras TGL-79-B, TGL-79-CF, TGL-83-B, TGL-34-A e TGL-42) e uma amostra de rocha metamáfica (amostra TGL-72-B). O conteúdo de átomos por unidade de fórmula da biotita foi calculado em base anidra para 22 oxigênios e 16 cátions, considerando todo ferro presente como Fe^{2+}.

5.5.1 Metassedimentos

Na amostra TGL-39-E, a biotita é classificada no limite dos campos siderofilita e eastonita do diagrama $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ *vs.* Al^{IV} (Figura 5.19 – A), com X_{Mg} entre 0,44 e 0,50 e teores de Fe^{2+} entre 2,17 e 2,39 a.p.u.f. As concentrações de Ti são relativamente altas,

variando de 0,41 a 0,50 a.p.u.f., assim como os conteúdos de Al^{IV}, entre 2,56 e 2,62 a.p.u.f. e Al^{VI} variando de 0,66 a 0,81 a.p.u.f. Os cristais que ocorrem consumindo bordas de granada tendem a mostrar menores concentrações de Ti.

Quimicamente, os cristais de biotita da amostra TGL-57-A são classificados como eastonita e flogopita de acordo com o diagrama $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ *vs.* Al^{IV} (Figura 5.19 – A). Os cristais apresentam X_{Mg} variando de 0,66 a 0,72, conteúdos de Fe^{2+} entre 1,34 e 1,59 a.p.u.f. e altos teores de Ti, entre 0,56 e 0,64 a.p.u.f. O conteúdo de Al^{IV} varia entre 2,46 e 2,56 a.p.u.f. e o de Al^{VI} de 0,21 a 0,28 a.p.u.f.

Na amostra TGL-74, os cristais de biotita analisados são quimicamente classificados como eastonita no diagrama $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ *vs.* Al^{IV} (Figura 5.19 – A). Apresentam X_{Mg} variando de 0,50 a 0,54, conteúdos de Fe^{2+} entre 2,12 e 2,34 a.p.u.f. e teores de Ti entre 0,38 e 0,58 a.p.u.f. O conteúdo de Al^{IV} varia entre 2,59 e 2,69 a.p.u.f. e o de Al^{VI} de 0,39 a 0,64 a.p.u.f.

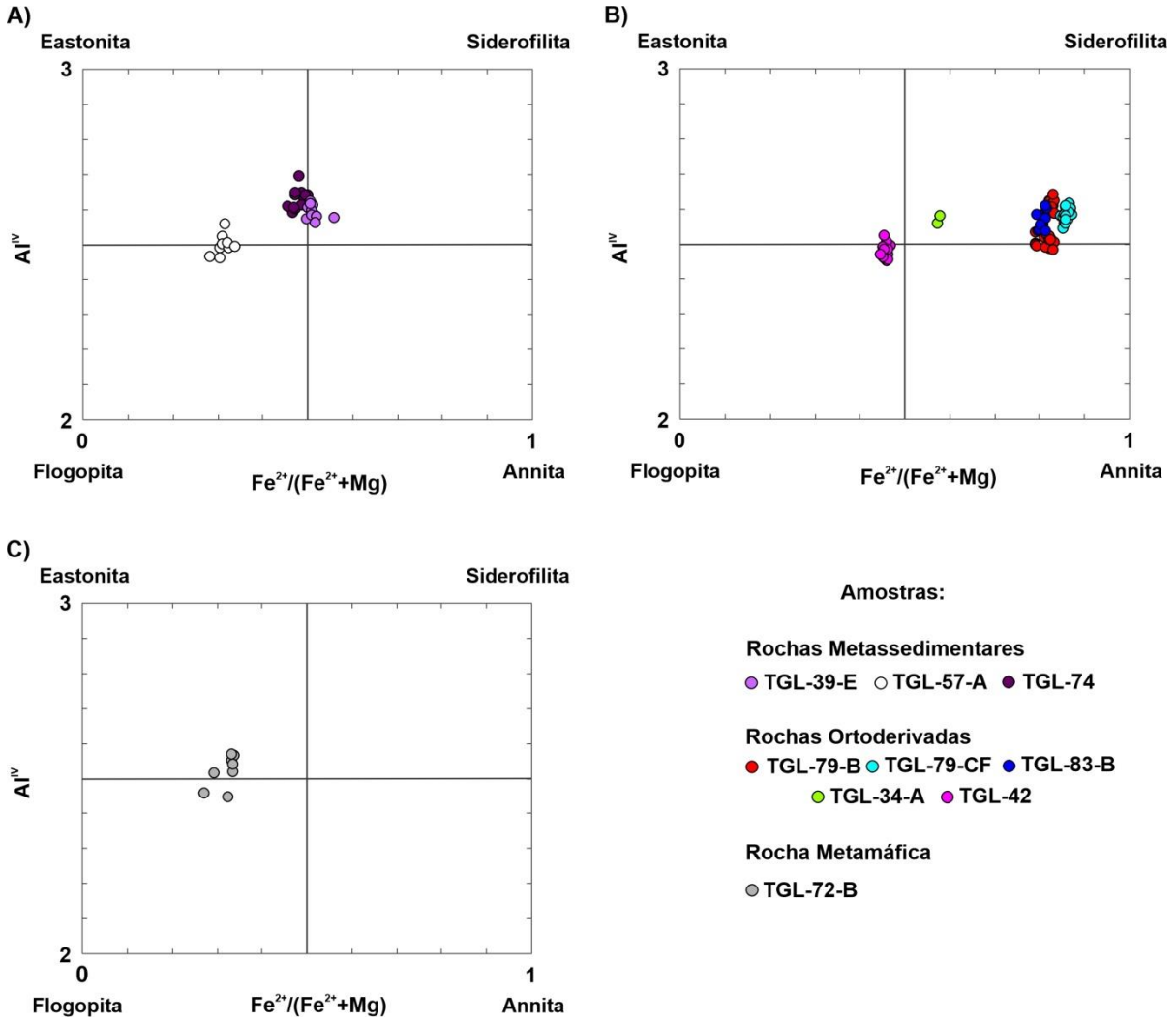


Figura 5.19 – Diagrama de classificação de biotita. (A): Amostras de metassedimentos – TGL-39-E, TGL-57-A e TGL-74; (B): Amostras de rochas ortoderivadas – TGL-79-B, TGL-79-CF, TGL-83-B, TGL-34-A e TGL-42; (C) Amostra de rocha metamáfica – TGL-72-B.

5.5.2 Ortoderivadas

Nas amostras analisadas de granada ortognaisses com anfibólio, biotita e clinopiroxênio (amostras TGL-79B, TGL-79-CF e TGL-83-B), a biotita é classificada dominantemente como siderofilita e menos frequentemente como annita de acordo com o diagrama $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ *vs.* Al^{IV} (Figura 5.19 – B). Os cristais de biotita da amostra TGL-79-B apresentam X_{Mg} variando de 0,17 a 0,21, conteúdos de Fe^{2+}entre 3,83 e 4,44 a.p.u.f. e teores de Ti relativamente elevados, entre 0,41 e 0,61 a.p.u.f. O conteúdo de Al^{IV} varia entre 2,48 e 2,64 a.p.u.f. e o de Al^{VI} de 0,06 a 0,29 a.p.u.f. Os cristais de biotita da amostra TGL-79-CF apresentam teor de X_{Mg} variando de 0,13 a 0,15, teores de Ti entre 0,29 e 0,44 a.p.u.f. e concentrações de Fe^{2+} variando de 4,16 a 4,51 a.p.u.f. O conteúdo de Al^{IV} é alto, variando entre 2,55 e 2,62 a.p.u.f. e o teor de Al^{VI} variando entre 0,38-0,53 a.p.u.f. A composição da biotita dessa amostra apresenta os maiores teores de ferro. Na amostra TGL-83-B, as concentrações de X_{Mg} variam de 0,18 a 0,21, com teores de Fe^{2+} entre 4,02 e 4,34 a.p.u.f. e valores de Ti variando de 0,32 a 0,48 a.p.u.f. Os teores de Al^{IV} variam de 2,54 a 2,61 a.p.u.f. e concentrações de Al^{VI} entre 0,14 e 0,46 a.p.u.f.

A biotita é quimicamente classificada como siderofilita no diagrama $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ *vs.* Al^{IV} (Figura 5.19 – B) na amostra TGL-34-A. Os teores de X_{Mg} variam entre 0,42 e 0,43, com conteúdos de Fe^{2+} variando de 2,50 a 2,51 a.p.u.f. e teores de Ti que variam de 0,37 a 0,42 a.p.u.f. Os teores de Al^{IV} variam entre 2,56 e 2,58 a.p.u.f. e de Al^{VI} entre 0,79 e 85 a.p.u.f.

Os cristais de biotita da amostra TGL-42 são classificados dominantemente como flogopita e secundariamente como eastonita no diagrama $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ *vs.* Al^{IV} (Figura 5.19 – B). A biotita apresenta X_{Mg} variando de 0,53 a 0,56, com teores de Fe^{2+}entre 2,16 e 2,26 a.p.u.f. e conteúdos de Ti relativamente elevados, entre 0,59 e 0,63 a.p.u.f. O conteúdo de Al^{IV} varia entre 2,45 e 2,52 a.p.u.f. e o de Al^{VI} de 0,09 a 0,14 a.p.u.f.

5.5.3 Metamáficas

A biotita da amostra TGL-72-B é quimicamente classificada como eastonita e secundariamente como flogopita no diagrama $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ *vs.* Al^{IV} (Figura 5.19 – C). O teor de X_{Mg} varia de 0,66 a 0,73, com conteúdos de Fe^{2+} entre 1,40 e 1,63 a.p.u.f. e teores de Ti variando entre 0,29 e 0,64 a.p.u.f. O conteúdo de Al^{IV} varia de 2,45 a 2,57 a.p.u.f. e o de Al^{VI} varia entre 0,16 e 0,53 a.p.u.f.

5.6 Muscovita

As análises de química mineral em muscovita foram realizadas em duas amostras de rochas metassedimentares (amostras TGL-39-E e TGL-74). O conteúdo de átomos por unidade de fórmula da muscovita foi calculado em base anidra para 22 oxigênios e 14 cátions, considerando todo ferro presente como Fe^{3+}.

Na amostra TGL-39-E, a muscovita apresenta razões Al^{IV}/Al^{VI} variando de 0,47 a 0,49 e $Al^{VI}/Al^{VI}+Fe^{3+}$ entre 0,95 e 0,97. Os teores de Si variam de 6,19 a 6,30 a.p.f.u., de Mg entre 0,09 e 0,28 a.p.f.u., e concentrações de Ti entre 0,04 e 0,10 a.p.f.u.

A composição da muscovita na amostra TGL-74 exibe razões Al^{IV}/Al^{VI} variando entre 0,52 e 0,55 e $Al^{VI}/Al^{VI}+Fe^{3+}$ entre 0,92 e 0,95. As concentrações de Si variam de 6,03 a 6,13 a.p.f.u., de Mg entre 0,15 e 0,20 a.p.f.u. e as concentrações de Ti de 0,02 a 0,09 a.p.u.f.

5.7 Escapolita

Foram analisados 13 cristais de escapolita em amostra de rocha metamáfica de xisto calciossilicático (amostra TGL-69-A). O conteúdo de átomos por unidade de fórmula da escapolita foi calculado para 12 (Si, Al) e 16 cátions (DEER et al., 1992), considerando todo ferro presente como Fe^{3+}.

A escapolita apresenta composição de meionita (Me_{76} a Me_{79}), com teores de Si entre 6,89 e 6,99 a.p.u.f., concentrações de Al entre 5,06 e 5,16 a.p.u.f., de Ca variando de 3,00 a 3,08 a.p.u.f. e valores de Na variando de 0,82 a 0,96 a.p.u.f. As análises mostram conteúdo de SO_3 variando de 0,64 a 2,33 em porcentagem em peso.

5.8 Titanita

A titanita foi analisada em uma amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-GR). O conteúdo de átomos por unidade de fórmula da titanita foi calculado para 12 cátions e 20 oxigênios, considerando todo ferro presente como Fe^{3+}.

A composição da titanita foi analisada em diferentes texturas e apresentou composição semelhante em todas as análises. Os teores de Al variam de 0,19 a 0,33 a.p.u.f., de Fe^{3+} entre 0,04 e 0,07 a.p.u.f. e de Na de 0,00 a 0,01 a.p.f.u. No gráfico binário Ti *vs.* Al + Fe^{3+} (em a.p.u.f.), as variáveis mostram fortes correlações negativas (Figura 5.20).

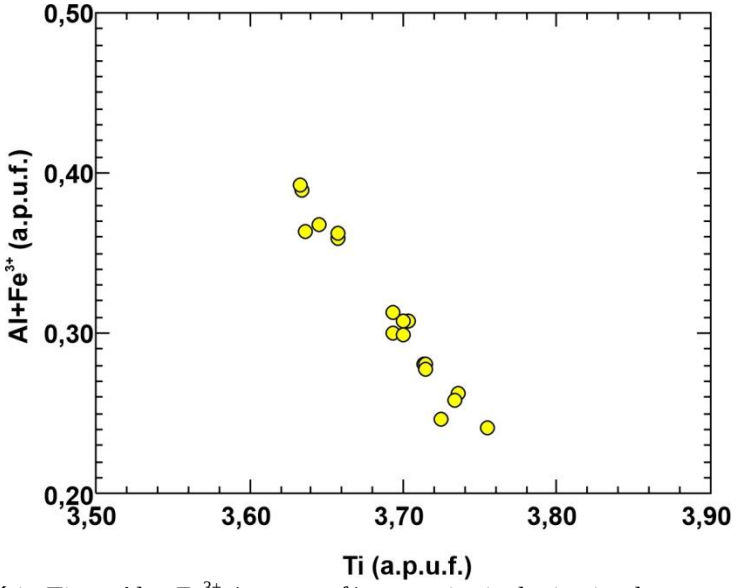


Figura 5.20 – Gráfico binário Ti *vs.* Al + Fe^{3+} (em a.p.u.f.) para cristais de titanita da amostra de retroeclogito (TGL-38-GR).

5.9 Cianita

A análise química da cianita foi realizada em 10 cristais da amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, muscovita e rutilo (amostra TGL-39-E), atribuída aos metassedimentos. O conteúdo de átomos por unidade de fórmula da cianita foi calculado para 20 oxigênios, considerando todo ferro presente como Fe^{3+}.

A composição de cianita apresenta teores de Si variando de 4,00 a 4,03 a.p.u.f, de Al entre 7,90 a 7,95 a.p.u.f. e conteúdo de Fe^{3+} entre 0,05 e 0,08 a.p.u.f. Os teores de TiO_2 e Cr_2O_3 são muito baixos, próximos ao limite de detecção.

5.10 Epidoto

A análise química do epidoto foi realizada em 12 cristais da amostra de xisto calciossilicático (amostra TGL-69-A), atribuída às rochas metamáficas. O conteúdo de átomos por unidade de fórmula do epidoto foi calculado para oito cátions e 12,5 oxigênios, considerando todo ferro presente como Fe^{3+}. Os conteúdos de Si variam entre 2,98 e 3,01 a.p.u.f., com teores de Al variando de 2,27 a 2,35 a.p.u.f. e teores de Ca entre 1,94 e 1,97 a.p.u.f. Os conteúdos de Fe^{3+} variam de 0,65 a 0,74 a.p.u.f., de Mg entre 0,01 e 0,02 a.p.u.f. e de Ti variando entre 0,01 e 0,02 a.p.u.f.

5.11 Rutilo

Foram analisadas as concentrações de 12 elementos traço para rutilo (Si, Al, V, Sn, Cr, Sb, Ta, Fe, W, Hf, Zr, Nb), além de Ti, em 80 cristais de rutilo em três amostras, incluindo

duas amostras de metassedimentos (amostras TGL-39-E e TGL-57-A), e uma amostra de rocha metamáfica (amostra TGL-17-21).

5.11.1 Metassedimentos

Os cristais de rutilo da amostra TGL-39-E ocorrem como cristais na matriz da rocha e também inclusos em cristais de granada. Mostram-se geralmente límpidos e homogêneos ou podem apresentar lamelas de exsolução de ilmenita. Nessa amostra, os cristais de rutilo apresentam teores de Si variando de 0 a 218 ppm, de Al entre 30 e 313 ppm, de Cr entre 133 e 1.127 ppm, de V variando de 1.354 a 5.192 ppm, de Fe^{2+} entre 1.146 e 4.267 ppm. Teores de Nb variam entre 1.742 e 3.351 ppm e concentrações de Zr variam de 450 a 1.367 ppm. Os teores de Sb, W, Ta e Hf são baixos e próximos ao limite de detecção.

Na amostra TGL-57-A, os cristais de rutilo podem ser homogêneos ou ocorrer com lamelas de exsolução de ilmenita e mostram-se inclusos em cristais de granada ou dispersos na matriz da rocha. O rutilo apresenta teores de Si variando de 0 a 243 ppm, de Al entre 0 e 1.655 ppm, de Cr entre 99 e 1.236 ppm, de V variando de 1.137 a 3.411 ppm, de Fe^{2+} entre 276 a 4.115 ppm. Teores de Nb variam entre 601 e 4.270 ppm e concentrações de Zr variam de 789 a 3.112 ppm. Os teores de Sb, Ta e Hf são baixos e próximos ao limite de detecção. Os teores de W são baixos e próximos ao limite de detecção nos cristais da matriz, com valores variando de 278 a 1.837 ppm em cristais de rutilo inclusos em granada.

5.11.2 Metamáficas

Na amostra TGL-17-21, os cristais de rutilo ocorrem dispersos na matriz e podem ser límpidos e homogêneos ou com lamelas de ilmenita. Os cristais apresentam teores de Si variando de 0 a 76 ppm, de Al entre 31 e 2.554 ppm, concentrações de V entre 1.345 e 2.374 ppm, de Cr entre 1.153 e 1.836 ppm, de Fe^{2+} variando entre 1.126 e 5.649 ppm, de Nb de 416 a 929 ppm e conteúdos de Zr variando de 1.299 a 2.262 ppm. Os conteúdos de Sb, Sn W, Ta e Hf são baixos e próximos ao limite de detecção.

6. GEOTERMOBAROMETRIA

As condições de pressão e temperatura foram estimadas por meio geotermobarometria otimizada com o uso do *software THERMOCALC*, no modo *"Average P-T" (avPT)* (POWELL e HOLLAND, 1994). Também foi utilizado o geotermômetro de elemento traço Zr-em-rutilo (calibração de Tomkins et al., 2007) e o termômetro Ti-em-biotita (calibração de Wu e Chen, 2015).

6.1 *Average P-T* (Média *P-T*)

Os cálculos das condições *P-T* foram realizados com o *software THERMOCALC* versão *3.26*, no modo *avPT*, seguindo as recomendações de Powell e Holland (1994). As condições médias de pressão e temperatura (*average P-T*) foram calculadas em 10 amostras, incluindo duas amostras de rochas metassedimentares (amostras TGL-39-E e TGL-74), quatro amostras de rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas (amostras TGL-79-B, TGL-79-CF, TGL-83-B e TGL-42) e quatro amostras de rochas metamáficas (amostras TGL-38-A, TGL-38-GR, TGL-69-A e TGL72-B).

As análises químicas das fases minerais foram escolhidas de acordo com a associação mineral a ser calculada e foram tratadas com o programa *AX*, sob condições de 12,0 kbar e 700ºC para a obtenção dos valores das atividades dos membros finais. Os cálculos das condições *P-T* foram obtidos com valores de α_{H2O} igual a 0,3, que resultou nas menores incertezas e resultados *P-T* mais consistentes. Não foi possível calcular condições *P-T* para as amostras TGL-57-A, TGL-34-A e TGL-17-21, uma vez que as fases minerais presentes são insuficientes para os cálculos de equilíbrio no *software.*

Os resultados de pressão e temperatura obtidos para cada amostra e a associação mineral utilizada para o cálculo são apresentados na Tabela 6.1.

6.1.1 Metassedimentos

As estimativas de pressão e temperatura para a amostra TGL-39-E (Tabela 6.1) variam entre 850 ±22–877 ±24°C e 11,5 ±0,60–13,2 ±0,60 kbar para assembleia mineral constituída por granada + ortoclásio + andesina + biotita + cianita + quartzo. Ao incluir muscovita na assembleia mineral (granada + ortoclásio + andesina + biotita + cianita + quartzo + muscovita), as condições *P-T* tendem a ser mais baixas e variam entre 720 ±23–781 ±32°C e 9,90 ±0,80–12,3 ±0,60 kbar (Figura 6.1 – A; Tabela 6.1).

Tabela 6.1 – Condições *P-T* calculadas pelo *software THERMOCALC*

Litologia	Amostra	Associação Mineral	Média *P-T*
Metassedimentos	TGL-39-E	grt + Fk + pl + bt + ky + qtz	863 ±23 °C / 11,5 ±0,6 kbar
		grt + Fk + pl + bt + ky + qtz	850 ±22 °C / 13,2 ±0,6 kbar
		grt + Fk + pl + bt + ky + qtz	877 ±24 °C / 12,7 ±0,6 kbar
		grt + Fk + pl + bt + ky + qtz + ms	730 ±15 °C / 10,4 ±0,5 kbar
		grt + Fk + pl + bt + ky + qtz + ms	781 ±32 °C / 12,3 ±0,6 kbar
		grt + Fk + pl + bt + ky + qtz + ms	720 ±23 °C / 9,9 ±0,8 kbar
	TGL-74	grt + pl + qtz + bt + ms	895 ±39 °C / 14,5 ±1.1 kbar
		grt + pl + qtz + bt + ms	834 ±22 °C / 14,3 ±0,7 kbar
		grt + pl + qtz + bt + ms	812 ±20 °C / 14,0 ±0,7 kbar
Ortoderivadas quartzo-feldspáticas	TGL-79-B	pl + Fk + qtz + grt + am + bt + cpx	663 ±36 °C / 9,2 ±0,8kbar
		pl + Fk + qtz + grt + am + bt + cpx	664 ±38 °C / 9,2 ±0,8 kbar
		pl + Fk + qtz + grt + am + bt + cpx	634 ± 46 °C / 8,9 ±0,8 kbar
	TGL-79-CF	pl + Fk + qtz + grt + am + bt	771 ±49 °C/ 10,1 ±0,7 kbar
		pl + Fk + qtz + grt + am + bt	786 ±45 °C/ 10,6 ±0,7 kbar
		pl + Fk + qtz + grt + am + bt	706 ±68 °C / 10,0 ±1,1 kbar
	TGL-83-B	pl + Fk + qtz + grt + am + bt + cpx	698 ±29 °C / 11,2 ±0,7 kbar
		pl + Fk + qtz + grt + am + bt + cpx	613 ±46 °C / 9,7 ±0,9 kbar
		pl + Fk + qtz + grt + am + bt + cpx	776 ±46 °C / 11,2 ±0,8 kbar
	TGL-42	pl + cpx + grt + bt + qtz	904 ±179 °C / 14,1 ±2.9 kbar
		pl + cpx + grt + bt + qtz	968 ±145 °C / 14,0 ±2,2 kbar
		pl + cpx + grt + bt + qtz	941 ±147 °C / 13,5 ±2,2 kbar
Metamáficas	TGL-38-A	cpx + grt + am + pl + qtz	790 ±56 °C / 12,8 ±1,2 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	791 ±45 °C / 12,8 ±1,0 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	823 ±47 °C / 12,9 ±1,0 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	779 ±31 °C / 12,3 ±0,7 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	791 ±47 °C / 13,1 ±1,0 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	752 ±71 °C / 13,1 ±1,5 kbar
	TGL-38-GR	cpx + grt + am + pl + qtz	754 ±54 °C / 13,3 ±1,2 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	743 ±57 °C / 13,1 ±1,2 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	726 ±49 °C / 12,6 ±1,1 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	770 ±46 °C / 13,1 ±1,0 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	758 ±27 °C / 11,0 ±0,6 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	775 ±30 °C / 13,1 ±0,7 kbar
	TGL-69-A	cpx + grt + am + pl + qtz + scp + ep	735 ±22 °C / 10,2 ±0,7 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz + scp + ep	747 ±25 °C / 10,1 ±0,8 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz + scp + ep	735 ±29 °C / 9,5 ±0,9 kbar
	TGL-72-B	cpx + grt + am + pl + qtz	875 ±51 °C / 13,5 ±0,8 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	801 ±25 °C / 13,5 ±0,5 kbar
		cpx + grt + am + pl + qtz	803 ±52 °C / 13,5 ±1,1 kbar

Amostras: TGL-39-E: biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita; TGL-74: biotita-granada paragnaisse com rutilo e muscovita; TGL-79-B: clinopiroxênio-anfibólio-biotita-granada ortognaisse monzogranítico; TGL-79-CF: granada-biotita-anfibólio ortognaisse monzogranítico; TGL-83-B: anfibólio-biotita-granada ortognaisse monzogranítico com clinopiroxênio; TGL-42: granada-clinopiroxênio-biotita ortognaisse quartzo monzodiorítico; TGL-38-A: retroeclogito; TGL-38-GR: retroeclogito; TGL-69-A: xisto calciossilicático; TGL-72-B: anfibólio-granada-clinopiroxênio gnaisse metamáfico.

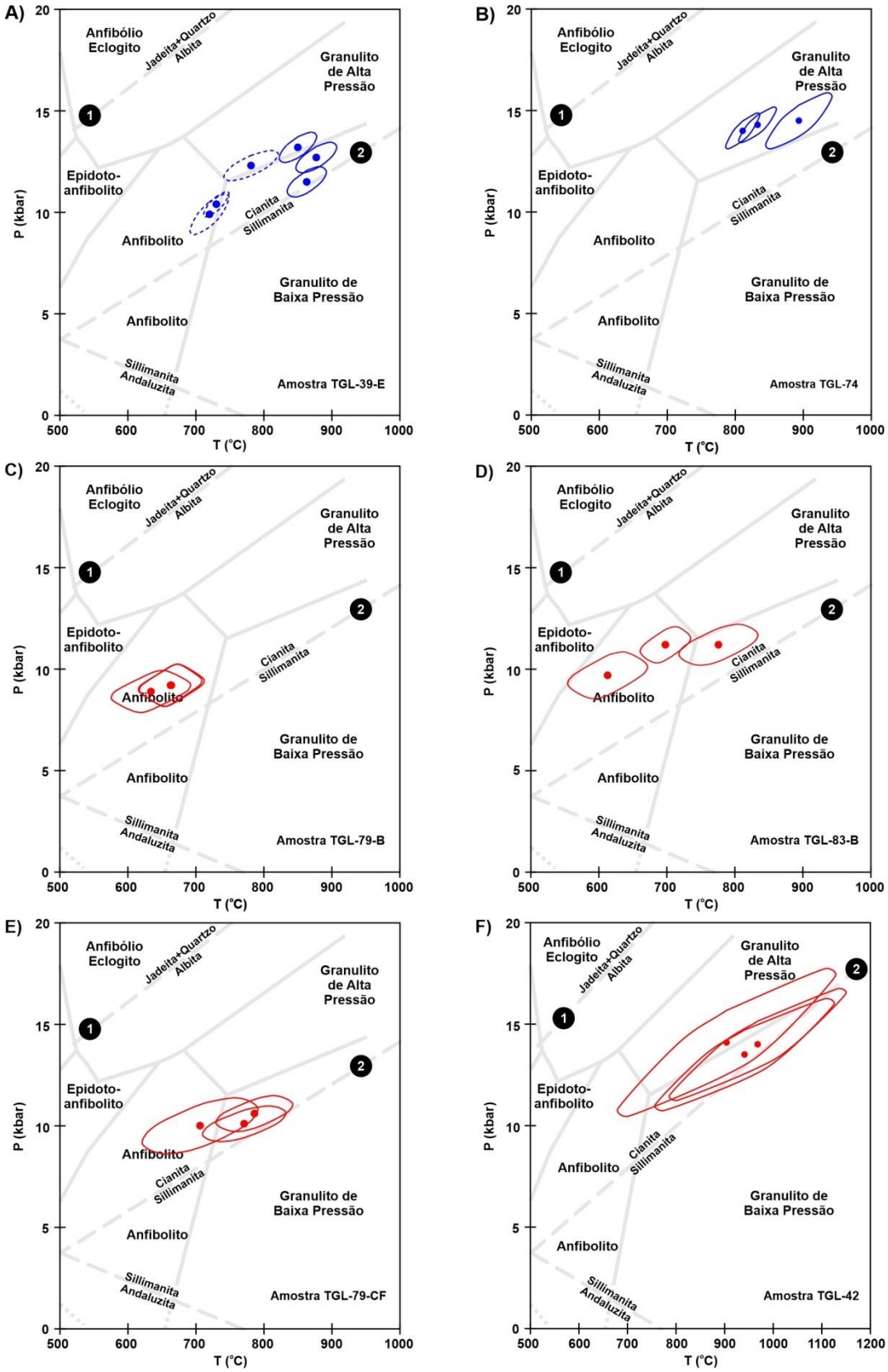


Figura 6.1 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (*average P-T*) para amostras de rochas metassedimentares e ortoderivadas. (A): Amostra TGL-39-E (As linhas contínuas representam os cálculos para a associação mineral sem muscovita e as linhas pontilhadas representam as condições calculadas incluindo muscovita na associação mineral); (B): Amostra TGL-74; (C): Amostra TGL-79-B; (D) Amostra TGL-83-B; (E) Amostra TGL-79-CF; (F): Amostra TGL-42. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971).

Para a amostra TGL-74 (Tabela 6.1) foi considerada a associação mineral granada + andesina + quartzo + biotita + muscovita. As condições *P-T* calculadas variam de 14,0 ±0,70 kbar a 14,5 ±1,1 kbar e 812 ±20ºC a 895 ±39ºC (Figura 6.1 – B; Tabela 6.1). Apesar da muscovita indicar textura de retrometamorfismo e das condições *P-T* estimadas para essa associação mineral serem relativamente altas, não foi possível calcular condições *P-T* para essa amostra quando a muscovita é excluída da assembleia mineral.

6.1.2 Ortoderivadas quartzo-feldspáticas

As condições de pressão e temperatura calculadas para as amostras TGL-79-B e TGL-83-B (Tabela 6.1) utilizaram a associação mineral constituída por andesina + ortoclásio + quartzo + granada + hornblenda + biotita + hedenberguita. Para a amostra TGL-79-B, as condições de temperatura e pressão variam de 634 ±46 a 664 ±38ºC e 8,9 ±0,80 a 9,2 ±0,80 kbar (Figura 6.1 – C; Tabela 6.1). Os valores das condições *P-T* estimados para a amostra TGL-83-B são menos homogêneos e as condições variam entre 9,70 ±0,90 a 11,2 ±0,80 kbar e 613 ±46 a 776 ±46ºC (Figura 6.1 – D; Tabela 6.1).

Na amostra TGL-79-CF (Tabela 6.1), as condições de pressão e temperatura foram calculadas utilizando a assembleia mineral oligoclásio + ortoclásio + quartzo + granada + hornblenda + biotita. Os resultados calculados mostram condições variando entre 10,0 ±0,70 a 10,6 ±0,70 kbar e 706 ±68 a 786 ±45ºC (Figura 6.1 – E; Tabela 6.1).

As condições de pressão e temperatura calculadas para a amostra TGL-42 (Tabela 6.1) utilizaram a associação mineral constituída por andesina + diopsídio + granada + biotita. Os valores das condições *P-T* estimados variam de 904 ±179 a 968 ±145ºC e 13,5 ±2,2 a 14,1 ±2,9 kbar (Figura 6.1 – F; Tabela 6.1).

6.1.3 Metamáficas

As estimativas de pressão e temperatura para as amostras de retroeclogito (amostras TGL-38-A e TGL-38-GR) foram realizadas utilizando-se a associação mineral diopsídio + granada + hornblenda + oligoclásio/andesina + quartzo. As condições de pressão e temperatura estimadas para a amostra TGL-38-A variam entre de 752 ±71–823 ±47°C e 12,3 ±0,7–13,10 ±1,50 kbar (Figura 6.2 – A; Tabela 6.1). Para a amostra TGL-38-GR, as condições *P-T* variam de 726 ±49–775 ±30ºC e 11,0 ±0,6–13,3 ±1,2 kbar (Figura 6.2 – B; Tabela 6.1).

As condições *P-T* estimadas para a amostra TGL-69-A (Tabela 6.1) foram realizadas utilizando a associação mineral diopsídio + meionita + bytownita + hornblenda + granada +

epidoto + quartzo. Valores de média de temperatura e pressão calculados mostram condições que variam entre 735 ±22ºC e 747 ±25ºC e 9,5 ±0,9 kbar e 10,20 ±0,80 kbar (Figura 6.2 – C; Tabela 6.1).

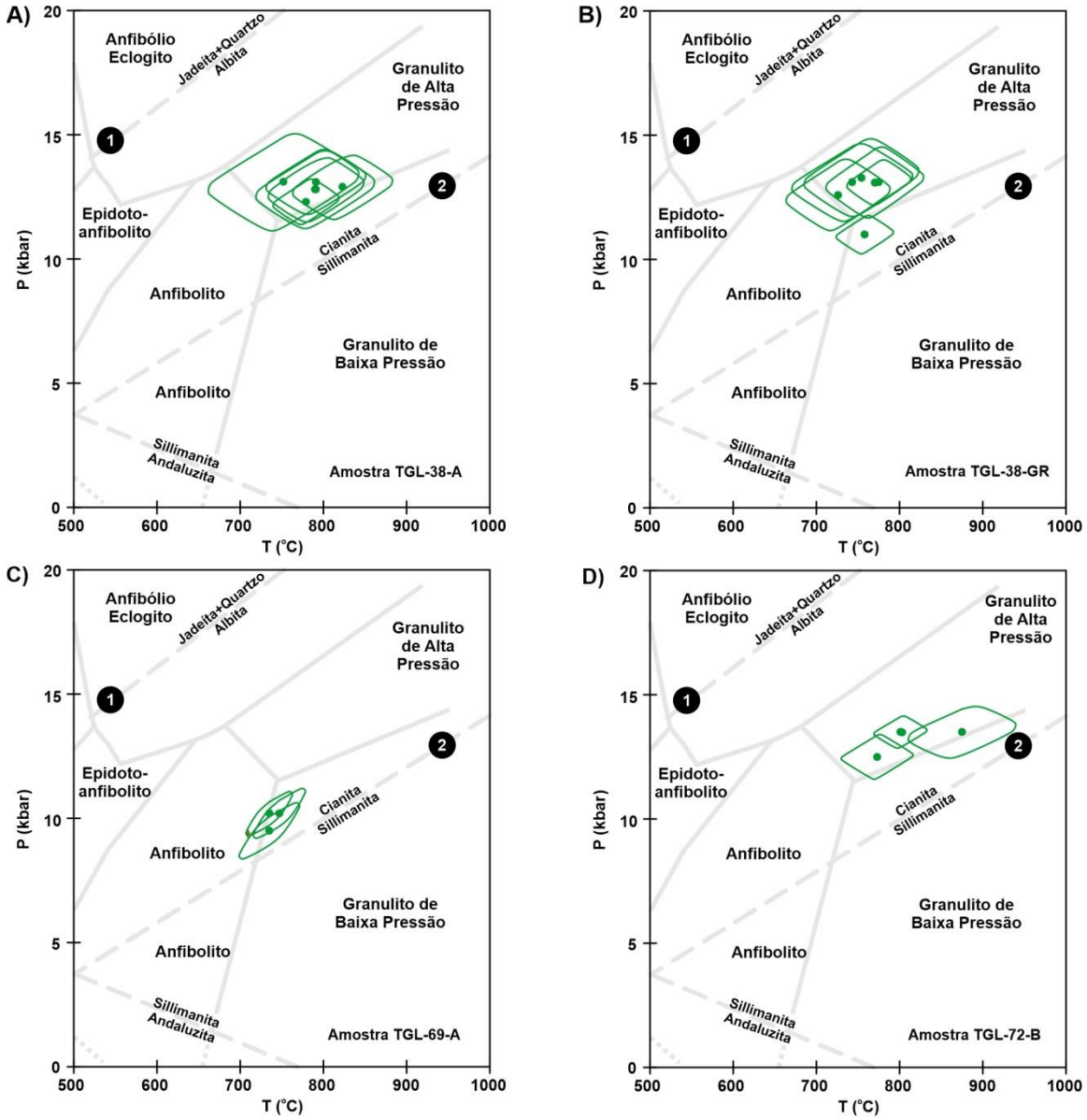


Figura 6.2 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (*average P-T*) para rochas metamáficas. (A): Amostra TGL-38-A; (B): Amostra TGL-38-GR; (C): Amostra TGL-69-A; (D): Amostra TGL-72-B. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971).

Para a amostra TGL-72-B (Tabela 6.1) foi considerada a associação mineral diopsídio + granada + hornblenda + andesina + quartzo. Valores de média de pressão calculados mostram condições homogêneas, que variam de 13,5 ±0,5 kbar a 13,5 ±1,1 kbar e os valores de temperatura variam entre 801 ±25ºC e 875 ±51ºC (Figura 6.2 – D; Tabela 6.1).

6.2 Zircônio em rutilo (Zr-em-rutilo)

O rutilo é um importante mineral transportador de elementos de alto potencial iônico, como o Zr, Nb, Mo, Sn, Sb, Hf, Ta e W (SAUNDERS et al., 1980; ZACK et al., 2002; ZACK et al., 2004).

Diversos estudos, baseados em pesquisas esparsas, mostraram que a incorporação de Zr no rutilo é dependente da temperatura. Esses estudos demonstraram que diferentes concentrações de Zr em rutilo em rochas portadoras de quartzo, zircão e rutilo em equilíbrio, em diferentes graus metamórficos, representam uma importante ferramenta na investigação da temperatura dessas rochas (ZACK et al., 2004; WATSON et al., 2006; FERRY e WATSON, 2007; TOMKINS et al., 2007).

O rutilo ocorre como fase acessória em muitas assembleias metamórficas de alta temperatura e pressão e está associado a reações que podem ser correlacionadas a condições de pressão e temperatura (EWING et al., 2013). Como o rutilo é uma fase mineral comum às rochas metamórficas, a utilização do termômetro Zr-em-rutilo acrescenta mais uma ferramenta na tentativa de se determinar com mais precisão as condições *P-T* de formação de uma rocha.

Neste trabalho, utilizou-se a calibração do termômetro Zr-em-rutilo de Tomkins et al. (2007) no campo de estabilidade do quartzo α para pressões fixadas em 10, 13 e 15 kbar, para três amostras com associação rutilo-quartzo-zircão. As análises da concentração de Zr em rutilo foram realizadas em duas amostras de rochas metassedimentares (amostras TGL-39-E e TGL-57-A) e uma amostra de rocha metamáfica (amostra TGL-17-21), escolhidas de acordo com a paragênese de interesse.

Devido às inclusões de zircão observadas em alguns cristais de rutilo, as análises que apresentaram concentrações conjuntas de Si e Zr acima de 250 ppm foram descartadas. As concentrações de Zr em rutilo e as temperaturas correspondentes calculadas pelo geotermômetro são apresentadas nas tabelas do APÊNDICE III.

6.2.1 Metassedimentos

Na amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (amostra TGL-39-E), as análises de elementos traço em rutilo foram realizadas em cristais da matriz e em cristais inclusos em granada. As concentrações de Zr em rutilo de grãos da matriz variam de 616 a 1.367 ppm e as inclusões de rutilo apresentam concentrações de Zr variando entre 450 a 933 ppm.

As temperaturas correspondentes do termômetro Zr-em-rutilo de acordo com a calibração de Tomkins et al. (2007) para pressão fixada em 10 kbar variam entre 711 ±6ºC e 790 ±3°C para grãos da matriz e entre 683 ±8°C e 751 ±5°C para as inclusões. Para a pressão de 13,0 kbar, as temperaturas de Zr em rutilo variam de 725 ±6°C a 805 ±4°C para grãos da matriz e inclusões de rutilo entre 697 ±8°C e 765 ±5°C. Para pressões de 15,0 kbar, as temperaturas correspondentes de Zr-em rutilo variam de 734 ±2ºC a 815 ±4°C para cristais da matriz e de 706 ±2ºC a 775 ±3ºC para os cristais inclusos. A figura 6.3 apresenta as isopletas máximas e mínimas das concentrações de Zr-em-rutilo em cristais da matriz e inclusões.

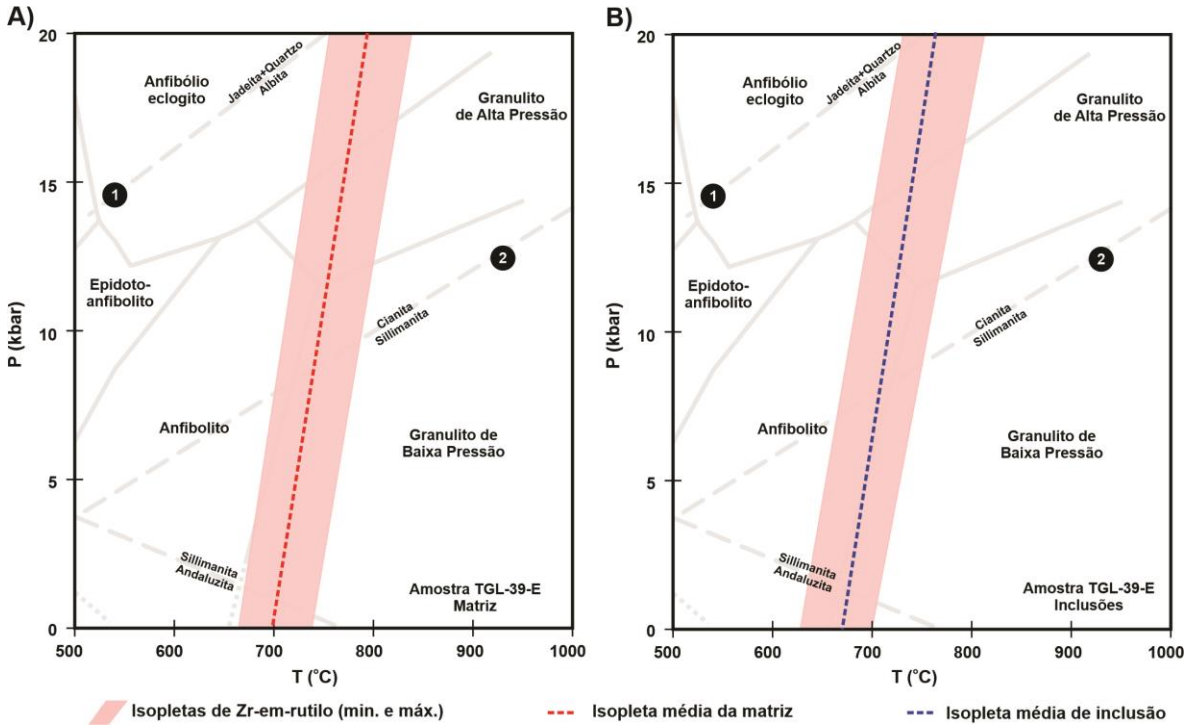


Figura 6.3 – Diagrama *P-T* mostrando as isopletas máximas e mínimas e isopletas médias do termômetro de Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para a amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (amostra TGL-39-E). (A): Isopletas do termômetro de Zr-em-rutilo em cristais de rutilo da matriz; (B): Isopletas do termômetro de Zr-em-rutilo em cristais de rutilo inclusos em granada. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971).

As análises de elementos traço em rutilo na amostra TGL-57-A foram realizadas em cristais da matriz e em grãos inclusos em granada. O conteúdo de Zr em cristais de rutilo da matriz variam de 789 a 2.453 ppm. Os teores de Zr em grãos de rutilo inclusos em granada são relativamente altos e variam de 1.323 a 3.112 ppm.

Para pressões fixadas em 10, 13 e 15 kbar, as temperaturas correspondentes do geotermômetro Zr-em-rutilo para cristais da matriz variam entre 735 ±7ºC e 857 ±3ºC, 749 ±7ºC e 872 ±3ºC, e entre 758 ±7ºC e 883 ±3ºC, respectivamente. As temperaturas correspondentes do termômetro Zr-em-rutilo para cristais inclusos em granada variam de 787

±5ºC a 886 ±3ºC para 10 kbar, de 802 ±5ºC a 902 ±3ºC para 13 kbar, e entre 811 ±5ºC e 913 ±3ºC para 15 kbar. Não foram observadas diferenças nos teores de Zr em relação à posição da inclusão de rutilo dentro da granada.

As isopletas máxima e mínima das concentrações de Zr-em-rutilo para a amostra TGL-57-A são ilustradas na figura 6.4.

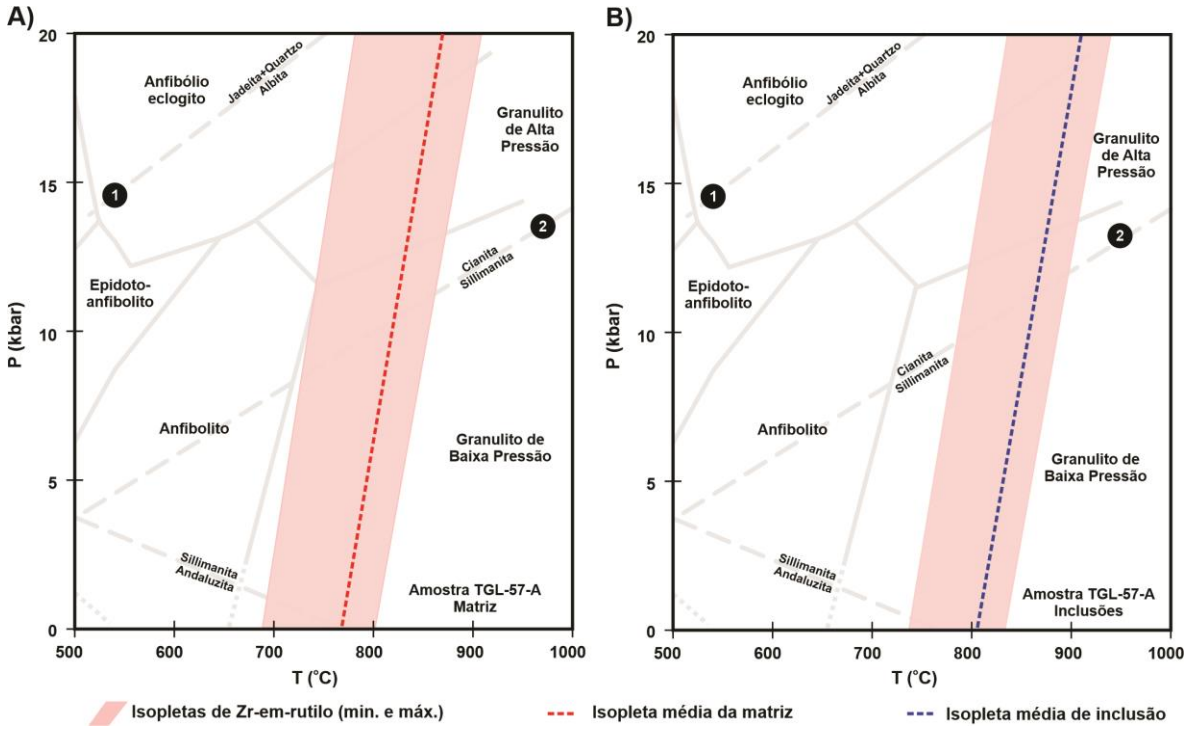


Figura 6.4 – Diagrama *P-T* mostrando as isopletas máximas e mínimas e isopletas médias do termômetro de Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para a amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo (amostra TGL-57-A). (A): Isopletas do termômetro de Zr-em-rutilo em cristais de rutilo da matriz; (B): Isopletas do termômetro de Zr-em-rutilo em cristais de rutilo inclusos em granada. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971).

6.2.2 Metamáficas

Os cristais de rutilo da amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21) ocorrem somente na matriz da rocha. Os teores de Zr em rutilo são relativamente altos e variam de 1.299 a 2.262 ppm. As temperaturas correspondentes para o termômetro Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para pressões fixadas em 10 kbar variam de 785 ±3ºC a 847 ±3ºC. Para pressões fixadas em 13 kbar, as temperaturas calculadas com o geotermômetro variam entre 800 ±3ºC e 863 ±3ºC. As temperaturas correspondentes para 15 kbar são de 809 ±3ºC a 873 ±3ºC. As isopletas máximas e mínimas das concentrações de Zr-em-rutilo para a amostra TGL-17-21 são apresentadas na figura 6.5.

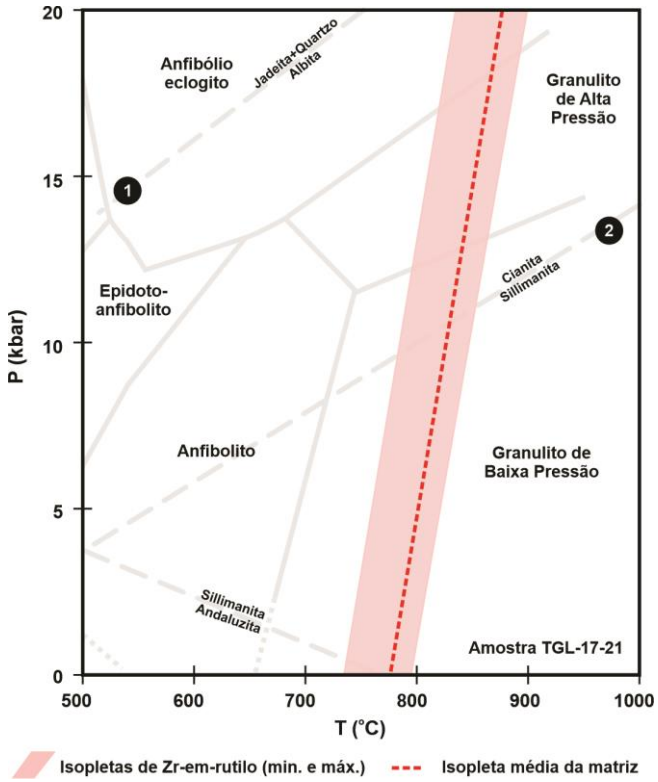


Figura 6.5 – Diagrama *P-T* mostrando as isopletas máxima, média e mínima do termômetro de Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para a amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21). Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971).

6.3 Ti em biotita (Ti-em-biotita)

A biotita é um importante mineral em rochas metamórficas e ocorre em um amplo intervalo de composições e em diferentes graus metamórficos. O Ti, cátion quadrivalente, é preferencialmente particionado na biotita em relação a outros silicatos típicos em rochas metapelíticas e geralmente substitui cátions divalentes ou trivalentes no sítio octaédrico (GUIDOTTI, 1984; HENRY e GUIDOTTI, 2002).

A concentração de Ti na biotita tem sido considerada, principalmente, como função das condições de temperatura e foi atribuída como um potencial geotermômetro (KWAK, 1968; ROBERT, 1976; DYMEK, 1983; PATIÑO DOUCE, 1993; HENRY e GUIDOTTI, 2002; HENRY et al., 2005; entre outros). Apesar da incorporação de Ti na biotita envolver mais variáveis do que apenas a mudança de temperatura, como a interação entre temperatura, pressão, química do cristal de biotita e associação mineral, o efeito da temperatura parece ser o mais influente (GUIDOTTI et al., 1977, 1988; GUIDOTTI, 1984; TRACY e ROBINSON, 1988; GUIDOTTI e SASSI, 2002; HENRY e GUIDOTTI, 2002; HENRY et al., 2005).

Neste trabalho, foi utilizado o termômetro Ti-em-biotita segundo a calibração de Wu e Chen (2015). As temperaturas foram calculadas para três amostras de rochas

metassedimentares contendo rutilo (amostras TGL-39-E, TGL-57-A e TGL-74) em pressões fixadas em 10, 13 e 15 kbar. O termômetro também foi utilizado para uma amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático de Leme (2019). Os valores de X_{Mg}, X_{Fe} e X_{Ti} para cada cristal de biotita e os valores de temperatura correspondentes calculados pelo termômetro são apresentados na tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Valores de X_{Ti}, X_{Mg} e X_{Fe} e temperaturas calculadas usando o geotermômetro Ti-em-biotita, calibração de Wu e Chen (2015) para amostras de rochas metassedimentares

Amostra	**Análise**	**X_{Ti}**	**X_{Mg}**	**X_{Fe}**	**Temperatura em ºC (Ti-em-biotita)**		
					10 kbar	**13 kbar**	**15 kbar**
TGL-39-E	bio_1	0.08	0.39	0.41	718	751	774
	bio_2	0.08	0.39	0.40	724	757	780
	bio_3	0.08	0.40	0.40	709	742	764
	bio_4	0.07	0.39	0.39	716	749	772
	bio_5	0.08	0.39	0.39	726	759	782
	bio_6	0.08	0.39	0.40	719	752	775
	bio_7	0.09	0.34	0.44	770	805	830
	bio_8	0.09	0.39	0.40	748	783	807
	bio_9	0.08	0.38	0.41	728	761	784
	bio_10	0.08	0.38	0.41	735	769	792
	bio_11	0.09	0.39	0.40	743	777	801
TGL-57-A	bio_1	0.10	0.61	0.24	722	755	778
	bio_2	0.12	0.58	0.26	746	780	804
	bio_3	0.11	0.59	0.26	733	767	790
	bio_4	0.11	0.58	0.26	742	776	800
	bio_5	0.11	0.59	0.26	729	763	786
	bio_7	0.11	0.58	0.26	734	768	791
	bio_8	0.11	0.59	0.26	726	760	783
	bio_9	0.11	0.57	0.27	732	766	789
	bio_11	0.12	0.56	0.29	734	768	792
TGL-74	bt_1	0.07	0.44	0.38	670	701	723
	bt_2	0.08	0.42	0.41	693	725	747
	bt_3	0.10	0.41	0.41	735	769	793
	bt_4	0.10	0.41	0.41	733	767	790
	bt_5	0.10	0.42	0.40	738	772	796
	bt_6	0.09	0.45	0.38	701	734	756
	bt_7	0.09	0.44	0.39	718	751	774
	bt_8	0.08	0.42	0.41	704	736	758
	bt_9	0.09	0.42	0.41	722	755	778
	bt_10	0.09	0.42	0.40	713	746	768
	bt_11	0.09	0.43	0.40	706	738	761
	bt_12	0.08	0.44	0.39	690	722	744
	bt_13	0.09	0.44	0.39	715	748	771
	bt_14	0.07	0.44	0.39	677	708	729
TGL-39-2 (Leme, 2019)	bio_1	0.08	0.45	0.35	712	745	768
	bio_2	0.10	0.42	0.37	758	792	817
	bio_3	0.09	0.42	0.38	719	752	774
	bio_4	0.08	0.41	0.41	705	738	760
	bio_5	0.08	0.38	0.44	717	750	772
	bio_6	0.09	0.36	0.46	734	768	792
	bio_7	0.09	0.35	0.47	739	773	796

Amostras: TGL-39-E: biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita; TGL-57-A: biotita-granada paragnaisse com rutilo; TGL-74: biotita-granada paragnaisse com rutilo e muscovita; TGL-39.2 - biotita-cianita-granada xisto feldspático (LEME, 2019).

Os cristais de biotita da amostra TGL-39-E exibem teores de X_{Ti} variando de 0,07 a 0,09, de X_{Mg} entre 0,34 e 0,40 e de X_{Fe} entre 0,39 e 0,44. Para as pressões de 10, 13 e 15 kbar, as temperaturas correspondentes do termômetro variam de 709 a 770ºC e média de 731ºC, de 742 a 805ºC e média de 764ºC, e de 764 a 830ºC e média de 787ºC, respectivamente (Tabela 6.2, Figura 6.6 – A).

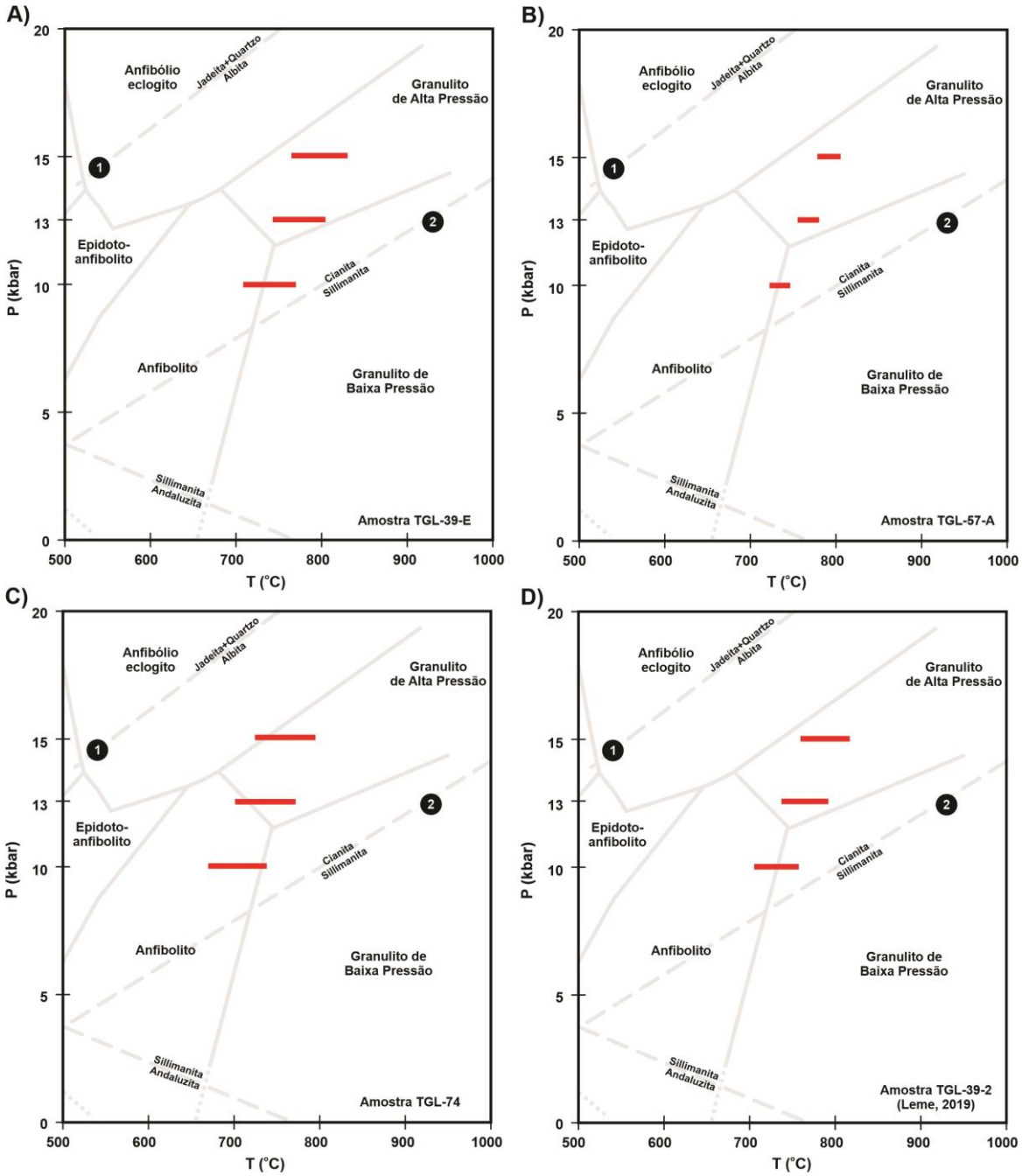


Figura 6.6 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de temperaturas calculadas com termômetro Ti-em-biotita segundo calibração de Wu e Chen (2015) para as amostras de rochas metassedimentares. (A): Amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (TGL-39-E); (B): Amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo (TGL-57-A); (C): Amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo e muscovita (TGL-74); (D) Amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático (TGL-39-2) de Leme (2019). Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971).

A biotita, na amostra TGL-57-A, apresenta concentrações de X_{Ti} entre 0,10 e 0,12, de X_{Mg} variando de 0,56 a 0,61 e de X_{Fe} entre 0,24 e 0,29. Utilizando o termômetro de Ti-em-biotita para pressões de 10, 13 e 15 kbar, as temperaturas correspondentes variam entre 722-746ºC e média de 733ºC, 755-780ºC e média de 767ºC, e 778-804ºC e média de 790ºC (Tabela 6.2, Figura 6.6 – B).

Na amostra TGL-74, os cristais de biotita exibem concentrações de X_{Ti} variando entre 0,07 e 0,10, teores de X_{Mg} de 0,41 a 0,45 e de X_{Fe} entre 0,38 e 0,41. As temperaturas correspondentes do termômetro em pressões fixadas para 10 kbar variam de 670 a 738ºC e média de 708ºC, para 13 kbar entre 701 e 772ºC e média de 741ºC e para pressões de 15 kbar as temperaturas variam entre 723 e 796ºC e média de 763ºC (Tabela 6.2, Figura 6.6 – C).

Na amostra de biotita-cianita-granada xisto feldspático que ocorre no mesmo contexto da área de estudo (LEME, 2019), a biotita apresenta valores X_{Ti} entre 0,08 e 0,10, de X_{Mg} variando de 0,35 a 0,45 e de X_{Fe} entre 0,35 e 0,47. As temperaturas calculadas com geotermômetro Ti-em-biotita para pressões fixadas em 10, 13 e 15 kbar, resultam em condições que variam de 705 a 758ºC e média de 726ºC, de 738 a 792ºC com média de temperatura de 760ºC e de 760 a 817ºC e média de 783ºC (Tabela 6.2, Figura 6.6 – D).

7. METAMORFISMO E EVOLUÇÃO DA TRAJETÓRIA *P-T*

Neste capítulo são apresentados, discutidos e interpretados as principais associações minerais metamórficas, feições texturais e microestruturais, dados de campo, em congruência com os resultados de química mineral e de geotermobarometria dos diferentes litotipos que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais, com o objetivo de elucidar as condições metamórficas que afetaram essas rochas, além de inferir a trajetória *P-T* destas.

7.1 Aspectos mineralógicos, texturais, microestruturais e químico-mineralógicos

As relações texturais e microestruturais (descritas e ilustradas no capítulo de Geologia Local) indicam que o pico metamórfico ocorreu pré a cedo desenvolvimento da foliação principal (Sn). As paragêneses do pico metamórfico foram sobrepostas por reequilíbrio metamórfico que catalisou reações de retrometamorfismo de maneira generalizada. As reações retrometamórficas de reequilíbrio ocorreram em contexto de deformação progressiva dúctil não coaxial, em condições de alto grau metamórfico.

As paragêneses do pico metamórfico na área de estudo são constituídas por:

i) Metassedimentos (pelíticos, psamo-pelíticos, psamíticos e grauvaqueanos)

- granada + quartzo + cianita + rutilo;
- granada + quartzo + cianita + ortoclásio + rutilo;
- granada + quartzo + cianita + oligoclásio/andesina + rutilo;
- granada + quartzo + cianita + oligoclásio/andesina + ortoclásio + rutilo;
- granada + quartzo + oligoclásio/andesina + rutilo;
- granada + quartzo + rutilo;

ii) Ortoderivadas quartzo-feldspáticos

- granada + ortoclásio + oligoclásio/andesina + quartzo;
- granada + ortoclásio + oligoclásio/andesina + quartzo + rutilo;
- granada + ortoclásio + oligoclásio/andesina + quartzo + ferro-sahlita/hedenberguita;
- granada + oligoclásio/andesina + quartzo + diopsídio/sahlita;

iii) Rochas metamáficas

- granada + diopsídio/sahlita + oligoclásio/andesina ± quartzo ± rutilo;
- granada + diopsídio/sahlita + andesina + meionita ± quartzo;

- granada + diopsídio/sahlita + bytownita + meionita ± quartzo;

As paragêneses minerais relacionadas ao pico do metamorfismo (listadas acima) são típicas de fácies granulito a granulito de alta pressão e indicam condições de temperaturas mínimas da ordem de 800ºC e pressões dentro do campo da estabilidade da cianita e acima do campo de estabilidade do ortopiroxênio para rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas.

As paragêneses do pico metamórfico foram provavelmente formadas por reações de desidratação com a quebra dos filossilicatos (muscovita e biotita) e inossilicatos (anfibólio), atestando condições de fácies granulito (YARDLEY, 1989; SPEAR et al., 1999; O'BRIEN e RÖTZLER, 2003; PALIN e DICK, 2021; BUCHER, 2023; entre outros). Essas condições estão em congruência com a ausência de muscovita e biotita nas paragêneses do pico metamórfico nos metassedimentos e rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas e, na ausência de anfibólio nas paragêneses do pico metamórfico nas rochas metamáficas. Nas rochas metamáficas, a paragênese de ápice metamórfico é representada por granada + clinopiroxênio + plagioclásio + rutilo, na ausência de ortopiroxênio, correspondendo a condições de granulito de alta pressão (GREEN e RINGWOOD, 1967; WOOD,1987; YARDLEY, 1989; O'BRIEN e RÖTZLER, 2003; entre outros).

A trajetória metamórfica progressiva não ocorre preservada nas rochas estudadas. As paragêneses do pico metamórfico são substituídas por associações minerais retrógradas (reequilíbrio), geradas durante a progressão da deformação dúctil não coaxial que deu origem a foliação principal (Sn), marcada por feições blastomiloníticas, anastomosadas e lenticularizadas.

Disto resulta a transformação progressiva das paragêneses do ápice metamórfico para condições mais brandas (ainda em condições de elevado grau metamórfico) durante o desenvolvimento da foliação principal. A foliação principal amolda-se em torno dos porfiroblastos/porfiroclastos de granada, feldspatos e cianita, assim como os *ribbons* de quartzo e feldspatos lenticularizados se amoldam na trama da rocha.

Em todas as amostras observam-se reações retrometamórficas associadas ao reequilíbrio, que ocorreram com grau variado, indicando que o processo foi penetrativo, embora com intensidade variada, provavelmente devido à partição da deformação na catalisação dessas reações. As reações retrógradas indicam que o reequilíbrio metamórfico das associações minerais ocorreu em fácies granulito a anfibolito superior, corroborado pelas reações metamórficas, texturas e microestruturas observadas nas amostras.

As reações metamórficas de reequilíbrio são representadas por reações de hidratação formando reações de substituição, caracterizadas por: i) substituição de clinopiroxênio

(diopsídio/sahlita e ferro-sahlita/hedenberguita) por hornblenda nas rochas metamáficas e nas rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas, e menos frequentemente substituição de diopsídio/sahlita por biotita; ii) substituição de hornblenda por biotita, em muitos casos com geração de titanita (rochas metamáficas) e ilmenita (rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas); iii) formação de biotita de cor castanho avermelhada, com conteúdo relativamente elevado de Ti e Al, muitas vezes formando rutilo; iv) substituição de bordas de granada por hornblenda e por biotita, podendo formar coroas; v) substituição de cianita por muscovita (ausência da formação de aluminossilicatos de menor pressão); por reações de exsolução marcadas por: vi) presença de pertitas e antipertitas; vii) exsolução de finas acículas de rutilo em granada (composição de almandina rica em piropo); viii) lamelas de exsolução de cummingtonita em hornblenda magnesiana nas rochas metaultramáficas; por reações coroníticas, marcadas por: ix) granada com coronas de plagioclásio (oligoclásio/andesina) em rochas metamáficas; x) diopsídio/sahlita com coronas de plagioclásio (oligoclásio/andesina) em rochas metamáficas; por reações de intercrescimento representadas por: xi) cristais simplectíticos de diopsídio/sahlita com intercrescimento lamelar e vermiforme de oligoclásio em rochas metamáficas; xii) intercrescimento mirmequítico; além de reações de dissolução, marcada por: xiii) substituição de granada por plagioclásio formando bordas de dissolução.

O ortoclásio é comum nos metassedimentos e ortoderivadas quartzo-feldspáticas, exibe extinção ondulante, recristalização e triclinização em grau variável, sendo geralmente pertítico. O microclínio resulta das transformações retrógradas do ortoclásio (triclinização do ortoclásio por deformação). O plagioclásio apresenta extinção ondulante e feições de recristalização (poligonização) e recuperação, muitas vezes antipertítico. Nas rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas exibe textura mirmequítica. Frequentemente os cristais de feldspatos ocorrem lenticularizados e alongados na trama da rocha, mostrando que foram recristalizados e que ocorreu migração dos limites e dissolução durante a deformação. As feições texturais observadas nos feldspatos são comuns em condições de altas temperaturas, em fácies anfibolito superior a granulito (> 700ºC) (OLSEN e KOHLSTEDT, 1985; GOWER e SIMPSON, 1992; PRYER, 1993; KRUSE e STÜNITZ, 1999; ALTENBERGER e WILHELM; 2000; PASSCHIER e TROUW, 2005).

O quartzo exibe feições de recristalização e recuperação, com forte migração de limites, formas alongadas, frequentemente formando *ribbons* contemporaneamente a implantação da foliação principal. Os limites dos cristais são dominantemente lobulados, com variados graus de extinção ondulante, às vezes com formação de subgrãos tipo *chessboard*, e formação de quartzo *platten*, indicando condições de temperaturas mínimas da ordem de

700ºC (VOLL, 1976; GOWER e SIMPSON, 1992; HIRTH e TULLIS, 1992; KRUHL, 1996; STIPP et al., 2002; PASSCHIER e TROUW, 2005; entre outros).

A granada é comum nas rochas metassedimentares, metamáficas e ortoderivadas quartzo-fedspáticas que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais. Frequentemente os cristais de granada são anédricos ou arredondados, exibindo formas alongadas. Nas amostras de metassedimentos, em porções mais ricas em quartzo (quartzo xistos e quartzitos), a granada é lentiforme, fortemente achatada e estirada.

Cristais lentiformes, estirados e achatados de granada são interpretados como evidência de deformação cristaloplástica em condições de altas temperaturas (~700 a 900ºC) (JI e MARTIGNOLE, 1996; KLEINSCHRODT e McGREW, 2000; PRIOR et al., 2000; TEN GROTENHUIS et al., 2003; MAINPRICE et al. 2004). Em condições de altas temperaturas, a diferença da reologia entre os cristais de granada e da matriz quartzosa ou quartzo-feldspática diminui, e todos os minerais se deformam juntos. Estudos realizados em granadas deformadas em condições de fácies granulito sugeriram que essas estruturas são formadas devido a deslocamentos por deslizamentos acomodados por recuperação (JI e MARTIGNOLE, 1994). Den Brok e Kruhl (1996) sugeriram que essas estruturas também poderiam ter se formado por mecanismos de dissolução e precipitação de limite de grão (*Coble creep*).

As características químicas dos minerais analisados também indicam condições de alto grau metamórfico. Embora a composição química da granada seja controlada pela composição da rocha total, os cristais de granada exibem características químicas gerais semelhantes em todos os perfis composicionais analisados. A ausência de zoneamento composicional químico nítido na granada tem sido atribuída à homogeneização por difusão intragranular em condições de alto grau metamórfico (T > 750ºC), o que reduz o zoneamento químico (TRACY et al., 1976; WOODSWORTH, 1977; YARDLEY, 1977; SPEAR, 1993; CARLSON e SCHWARZE, 1997; COOKE et al., 2000; entre outros). Essas características químicas implicam em perfis composicionais mais retos e homogêneos nas porções centrais dos cristais, com pequenas modificações químicas em direção às bordas dos cristais.

A biotita presente em todas as associações minerais estudadas foi gerada por reações de retrometamorfismo, entretanto sua composição química é condizente com condições de alto grau metamórfico. Os cristais de biotita analisados apresentam coloração marrom avermelhada, além de altos teores de X_{Mg}, Al^{IV} e Ti, que são características químicas de alto grau metamórfico (GUIDOTTI, 1984). Baseado na observação petrográfica, a coloração marrom avermelhada intensa da biotita tem sido atribuída à maior quantidade de solução sólida de Ti em condições de temperaturas mais elevadas (fácies anfibolito superior a

granulito). O aumento da concentração de Ti na biotita é considerado principalmente como função do aumento nas condições de temperatura em rochas metamórficas (DYMEK, 1983; GUIDOTTI, 1984; EDWARDS e ESSENE, 1988; PATIÑO DOUCE, 1993; HENRY e GUIDOTTI, 2002; HENRY et al., 2005).

O clinopiroxênio nas rochas metamáficas (diopsídio/sahlita) e ortoderivadas quartzo-feldspáticas (diopsídio/sahlita e ferro-sahlita/hedenberguita) faz parte da paragênese do pico metamórfico e ocorre parcialmente substituído por hornblenda em todas as amostras. A característica química principal do clinopiroxênio que ocorre em rochas de alta pressão é a presença de alumínio no sítio octaédrico M1 (Al^{VI}), de modo que a solução sólida de piroxênio mais comum formada em uma ampla faixa de temperatura é aquela entre diopsídio e jadeíta com menores teores de acmita e hedenberguita, além de baixo conteúdo de Cr, Mn e Ti (ROSSI, 1988). A presença de Al no sítio tetraédrico (Al^{IV}) é favorecida em condições de altas temperaturas (ROSSI, 1988).

Os cristais de diopsídio/sahlita analisados nas rochas metamáficas apresentam teores relativamente altos de Al e de Na e mostram correlação positiva entre essas concentrações. Essas características indicam que ocorreram substituições acopladas nos sítios M1 e M2 do tipo Ca^{2+} + (Mg^{2+} e/ou Fe^{2+}) = Al^{3+} + Na^{+}, sugerindo equilíbrio em condições de alto grau metamórfico (DEER et al., 1997a, c; O'BRIEN e RÖTZLER, 2003; VINOGRAD et al., 2007).

A hornblenda observada nas amostras de rochas metamáficas ocorre como resultado de substituição do clinopiroxênio. A composição química da hornblenda das amostras de rochas metamáficas e das amostras de rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas apresenta conteúdos relativamente elevados de Al^{VI}, de Ti e de álcalis (Na + K) no sítio A, que indicam condições metamórficas de alto grau (KOSTYUK e SOBOLEV, 1969; ROBINSON et al., 1982; LAIRD e ALBEE, 1981; SPEAR, 1993; DEER et al., 1997a, c). O conteúdo de Na + K no sítio A é relativamente sensível às mudanças de temperatura devido à troca edenítica. A presença de Na no sítio A é favorecida em condições de pressões mais elevadas. Os teores de Al no sítio octaédrico são favorecidos por condições metamórficas de aumento de pressão (SPEAR, 1993).

A cianita, presente em metassedimentos pelíticos e psamo-pelíticos, exibe evidências de deformação dúctil, mostrando extinção ondulante forte, arqueamento (geralmente amoldando-se em torno de cristais de granada), muitas vezes com formas lenticulares (em rochas mais ricas em quartzo), e com forte orientação dimensional. As feições microestruturais da cianita foram originadas em função da forte deformação associada à

implantação da foliação principal em condições de alto grau metamórfico. Minerais com baixa simetria, como a cianita, são menos deformados em função da presença de um único sistema de deslizamento dominante (NICOLAS e POIRIER, 1976). A deformação de cristais de cianita, formando lentes, é característica de fácies granulito (TEN GROTENHUIS et al., 2003; PASSCHIER e COELHO, 2006; JULES et al., 2023).

A escapolita (meionita) ocorre em rochas metamáficas. Os cristais exibem feições de recristalização com poligonização, sugerindo que estavam presentes na paragênese do pico metamórfico, associadas ao plagioclásio. A presença de escapolita cálcica em equilíbrio mineralógico com plagioclásio é comum em condições de altas temperaturas e pressões, associada a condições de fácies anfibolito superior a granulito (LOVERING e WHITE, 1964, 1969; GOLDSMITH et al., 1974; NEWTON e GOLDSMITH, 1975; GOLDSMITH e NEWTON, 1977; REBBERT e RICE, 1997; DIRKS e SITHOLE, 1999; DEER et al., 2004).

A análise de cristais de zircão realizada para estudos geocronológicos (ver Capítulo 9 – Geocronologia U/Pb em Zircão) mostrou que muitos cristais apresentam texturas de crescimento metamórfico e de re-homogeneização do sistema isotópico (textura interna homogênea, zoneamento setorial pouco nítido com bordas homegêneas, textura tipo *soccer ball*), em concordância com condições de altas temperaturas. O crescimento de zircão metamórfico é abundante em rochas de alta a ultra-alta pressão e rochas de alta a ultra-alta temperatura (temperaturas superiores a 800°C) (HARLEY et al, 2007; RUBATTO, 2017).

Texturas de exsolução de acículas de rutilo em cristais de granada foram descritas em algumas rochas que experimentaram condições metamórficas de alta a ultra-alta pressão, além de peridotitos e piroxenitos do manto (GRIFFIN et al., 1971; ZHANG e LIOU, 1999; ZHANG et al., 2003; HWANG et al., 2007; AGUE e ECKERT Jr, 2012). A presença de acículas de rutilo em cristais de granada (composição de almandina rica em piropo) arranjadas nos planos rombododecaédricos do mineral observadas em muitas amostras na área de estudo, sugere reações de exsolução durante os estágios de reequilíbrio a partir de condições de pressões mais altas (ZHANG et al., 2003; AGUE e ECKERT Jr., 2012).

As lamelas de exsolução de cummingtonita em hornblenda magnesiana foram observadas em anfibólios xistos (rochas metaultramáficas) e indicam uma lacuna de miscibilidade entre esses clinoanfibólios. Estudos mostraram que a exsolução do par hornblenda-cummingtonita pode ser usada como geotermômetro, indicando temperaturas da ordem de 700ºC para a desmisturação do par (ROBINSON et al., 1969; YAMAGUCHI et al., 1983; KLEIN et al., 1996).

Nas amostras de rochas metamáficas interpretadas como retroeclogitos, os minerais diagnósticos de fácies eclogito foram superimpostos e consumidos durante reações de retrometamorfismo formando a associação mineral constituída por diopsídio/sahlita + granada + hornblenda + oligoclásio/andesina, além de rutilo e titanita, associados a texturas simplectíticas e coroníticas (estável em condições de fácies granulito a anfibolito superior). Apesar da ausência de minerais diagnósticos de fácies eclogito preservados, como onfacita ou coesita, essas condições metamórficas podem ser inferidas devido à presença de intercrescimento simplectítico de diopsídio/sahlita + oligoclásio e pelo desenvolvimento de coroas de oligoclásio em torno de diopsídio/sahlita e granada.

As texturas simplectíticas formadas pelo intercrescimento de clinopiroxênio + plagioclásio sódico têm sido interpretadas como resultantes da quebra de onfacita (clinopiroxênio rico em jadeíta) durante a transição de fácies eclogito para fácies granulito, associada à trajetória descompressiva, comumente observada em retroeclogitos (GRIFFIN e RAHEIM, 1973; HEINRICH, 1982; RUBIE, 1990; JOANNY et al., 1991; O'BRIEN et al., 1992; YAO et al., 2000; O'BRIEN e RÖTZLER, 2003). Essas texturas de desequilíbrio sugerem que a evolução da trajetória *P–T* da rocha cruzou a reação de albita = jadeíta + quartzo no caminhamento metamórfico progressivo (O'BRIEN e RÖTZLER, 2003). A maioria das ocorrências de eclogitos no mundo exibe superposição de metamorfismo de fácies granulito de alta pressão seguido por fácies anfibolito superior penetrativa durante a exumação (O'BRIEN e RÖTZLER, 2003; TIMMERMANN et al., 2004).

Foram observadas feições de anatexia em escala mesoscópica representadas por injeções quartzo-feldspáticas paralelas à foliação principal. Nas rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas e paragnaisses mais plagioclasíticos, observa-se a entrada de feldspato alcalino (ortoclásio) intersticial corroendo plagioclásio, disposto paralelamente aos planos de foliação principal. O processo de anatexia parcial aparenta ter ocorrido acima da isógrada do ortoclásio, ainda em fácies granulito, provavelmente associado ao processo de descompressão durante as reações de reequilíbrio metamórfico durante a implantação da foliação principal.

Superposto ao reequilíbrio metamórfico nas rochas da área de estudo, foram identificadas reações retrógradas de menor grau metamórfico associado à deformação dúctil-rúptil a rúptil, que ocorreu de forma heterogênea e localizada. Processos de saussuritização, epidotização, sericitização e cloritização observados em algumas amostras ocorrem associados a um retrometamorfismo tardio em condições de mais baixo grau e de natureza estática. Esse processo gerou a formação de sericita não orientada sobre muscovita, cianita e feldspatos, formação de clorita não orientada substituindo granada, biotita e epidoto,

formação de epidoto e clorita preenchendo fraturas em cristais de granada, e formação de tremolita/actinolita substituindo cummingtonita e hornblenda magnesiana em rochas metaultramáficas. Essa associação mineralógica sugere que essas reações ocorreram em fácies xisto verde superior a intermediário, e são correlacionados a um estágio evolutivo tardi-pós-Sn.

7.2 Condições *P-T* e geotermobarometria

As condições de pressão e temperatura foram estimadas pelo *software THERMOCALC* (modo *avpt*), e pelos termômetros Zr-em-rutilo (TOMKINS et al., 2007) e Ti-em-biotita (WU e CHEN, 2015).

As associações minerais utilizadas para os cálculos geotermobarométricos no *THERMOCALC* representam o reequilíbrio metamórfico. As equações correspondentes às paragêneses minerais do pico metamórfico não forneceram informações termobarométricas, indicando estar em desequilíbrio.

O intervalo de condições *P-T* calculados por geotermobarometria otimizada para as rochas metassedimentares varia entre 720 ±23 a 895 ±39ºC e 9,9 ±0,8-14,5 ±1,1 kbar (Figura 7.1). O geotermômetro Zr-em-rutilo, quando utilizado, apresentou intervalo de temperaturas consistentes para todas as amostras analisadas, entre 697 ±8 a 902 ±3ºC (para pressões fixadas em 13,0 kbar). O geotermômetro Ti-em-biotita estimou condições de temperatura em intervalo mais homogêneo, entre 701 a 805ºC (Ti-em-biotita para 13,0 kbar) (Figura 7.1).

As condições de pressão e temperatura das amostras de rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas foram estimadas apenas por meio do *software THERMOCALC*. Os resultados apresentaram condições menos homogêneas entre as amostras, variando entre 613 ±46 – 968 ±145ºC e 8,9 ±0,8–14,1 ±2,9 kbar (Figura 7.2).

Nas rochas metamáficas, as estimativas das condições *P-T* calculadas por termobarometria otimizada tendem a ser mais homogêneas em cada litotipo. As condições calculadas para as rochas metamáficas variam entre 726 ±49 – 875 ±51ºC e 9,5 ±0,9 – 13,5 ±0,8 kbar (Figura 7.3). O termômetro de elementos traço Zr-em-rutilo, quando utilizado para uma amostra de rocha metamáfica, apresentou condições de temperaturas consistentes e semelhantes às estimativas *P-T* calculadas por geotermobarometria otimizada, com temperaturas variando entre 800 ±3ºC e 863 ±3ºC para 13 kbar (Figura 7.3 - A).

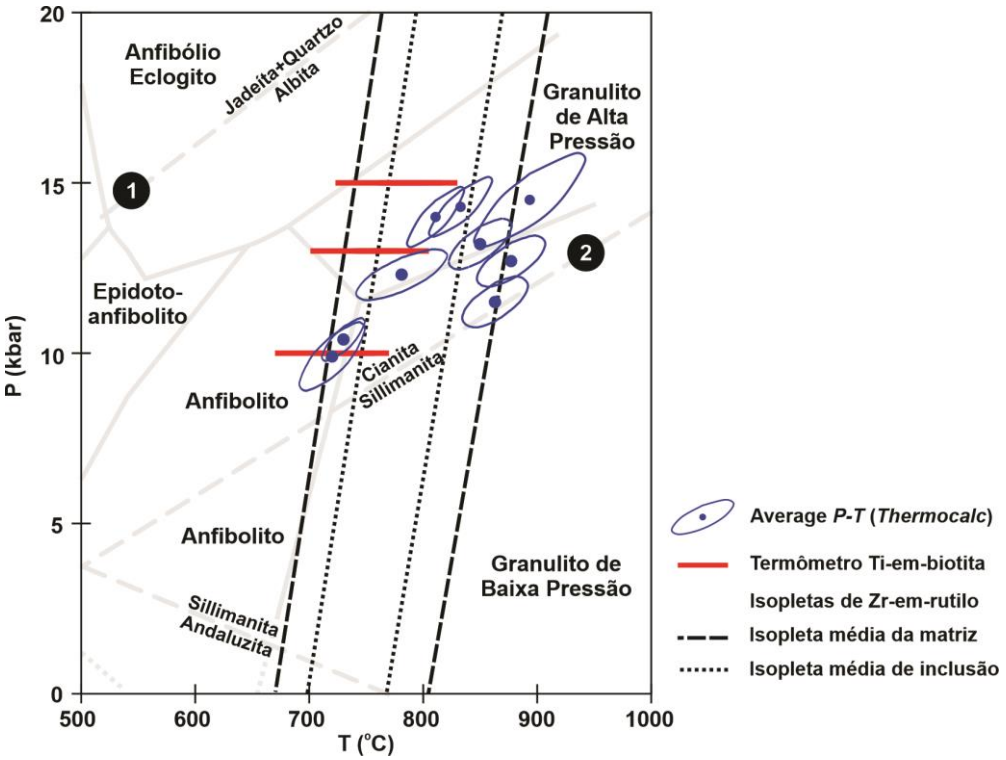


Figura 7.1 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (*average P-T*), isopletas do geotermômetro Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) e estimativas de condições de temperatura segundo o geotermômetro Ti-em-biotita de Wu e Chen (2015) para as rochas metassedimentares. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971).

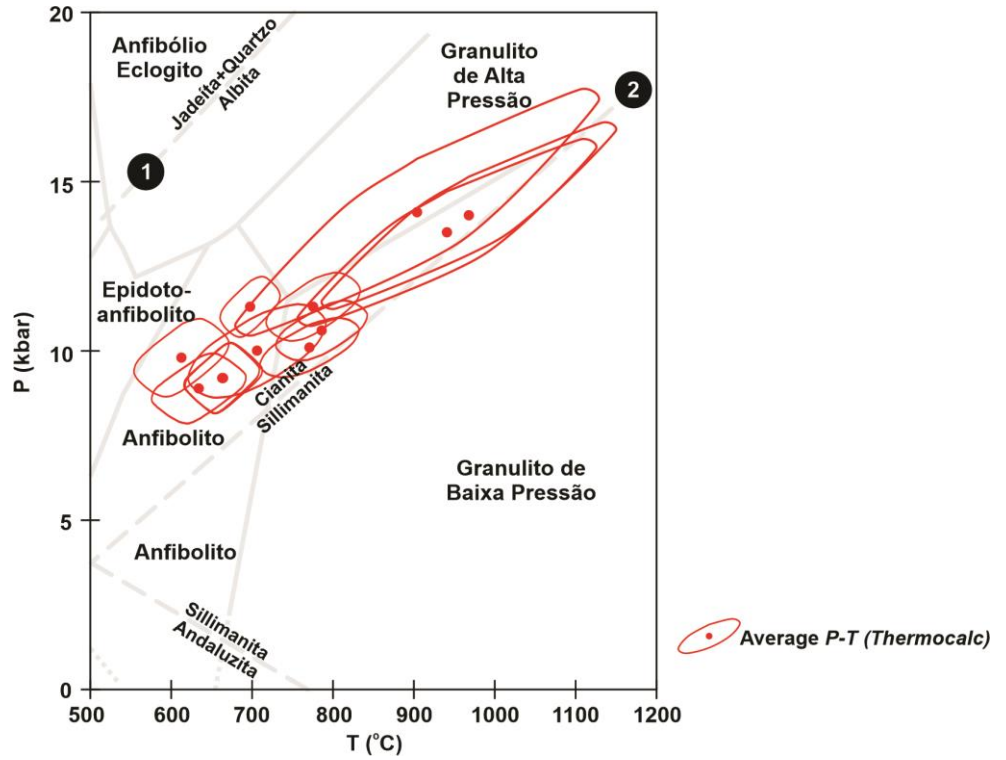


Figura 7.2 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (*average P-T*) para as amostras de rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971).

As estimativas de pressão e temperatura para as amostras de retroeclogito variam entre de 726 ±49–823 ±47°C e 11,0 ±0,6–13,3 ±1,2 kbar (Figura 7.3 – B).

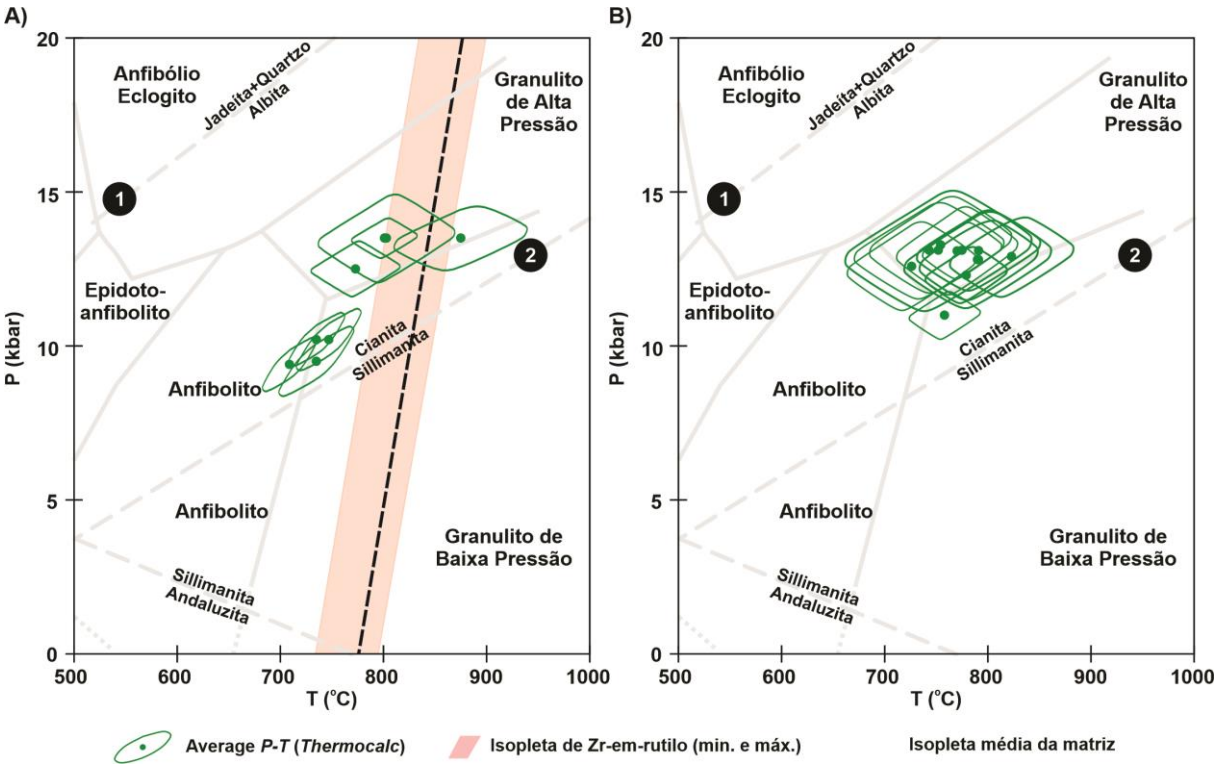


Figura 7.3 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas com o *software THERMOCALC* (*average P-T*) e isopletas do geotermômetro Zr-em-rutilo segundo a calibração de Tomkins et al. (2007) para amostras de rochas metamáficas. (A): Amostras de rochas metamáficas; (B): Amostras de retroeclogitos. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971).

As condições *P-T* calculadas são homogêneas dentro dos mesmos litotipos, mas tendem a ser heterogêneas quando comparadas entre as amostras analisadas. Apesar disso, as estimativas de pressão e temperatura se distribuem dentro do campo de estabilidade de condições metamórficas de fácies granulito a anfibolito superior, no campo de estabilidade da cianita.

É importante salientar que o intervalo de condições *P-T* calculados em torno de 700-850°C e 10-13,5 kbar para as amostras representam as condições mínimas que essas rochas atingiram e estão associadas ao estágio de reequilíbrio em fácies granulito a anfibolito superior. Condições *P-T* entre 850-900ºC e 14,0-15,0 kbar sugerem maior proximidade do pico metamórfico para área de estudo, em condições de fácies granulito de alta pressão.

7.3 Evolução da trajetória *P-T*

As associações mienrais presentes nas rochas que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais indicam que o metamorfismo da área atingiu

condições de fácies granulito de alta pressão em seu pico, com temperaturas mínimas da ordem de 800ºC, no campo de estabilidade da cianita, ainda que a maioria das rochas estudadas não forneça informações termobarométricas em equilíbrio com o pico metamórfico. As paragêneses do ápice metamórfico são pré a cedo desenvolvimento da foliação principal (Sn), relacionadas à duplicação crustal durante a colisão continental (entre os paleocontinentes Paranapanema e do São Francisco). Não foram observadas reações minerais ou texturais preservadas associadas à trajetória do metamorfismo progressivo nas rochas estudadas.

As paragêneses de pico metamórfico foram progressivamente superpostas por associações minerais do reequilíbrio metamórfico, que catalisou as reações regressivas em condições de fácies granulito a anfibolito superior durante o desenvolvimento da foliação principal. Essa foliação (Sn) é marcada por intensa deformação dúctil, com lenticularização dos minerais e forte achatamento. O desenvolvimento da foliação principal é acompanhado de descompressão quase isotérmica, que parece ter sido dominante no início do processo, e na sequência ocorreu diminuição conjunta de temperatura e pressão, dentro do campo de estabilidade da cianita. As feições texturais e reações mineralógicas mostram que esse evento de reequilíbrio metamórfico é penetrativo na área de estudo e está associado ao processo de desenvolvimento da zona de cisalhamento de alto ângulo. A "intensidade" das reações regressivas do reequilíbrio metamórfico aparenta ser diferente de amostra para amostra, dependente da mobilidade química de cada elemento envolvido no processo da reação metamórfica e deformação.

Os dados apresentados neste trabalho indicam que, nos estágios iniciais do desenvolvimento da foliação principal, as condições metamórficas estavam em condições de fácies granulito (acima da isógrada do ortoclásio).

Uma última associação mineral, que ocorre de forma localizada, é correlacionável a um estágio evolutivo tardi- pós- Sn, que catalisa reações retrogressivas em condições fácies xisto verde superior a intermediário. Esse último estágio está relacionado aos estágios finais da movimentação das zonas de cisalhamento.

Os aspectos mineralógicos e texturais, associados aos resultados de química mineral e geotermobarometria otimizada e de elementos traço apresentados neste trabalho, sugerem pico metamórfico em condições de fácies granulito de alta pressão para todas as rochas que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais, com condições de temperatura entre 850-900ºC e pressões entre 14-15 kbar. As condições de reequilíbrio são balizadas entre em torno de 700-820°C e 10-13,5 kbar, em fácies granulito a anfibolito

superior, dentro do campo de estabilidade da cianita. Os dados indicam trajetória metamórfica no sentido horário (Figura 7.4).

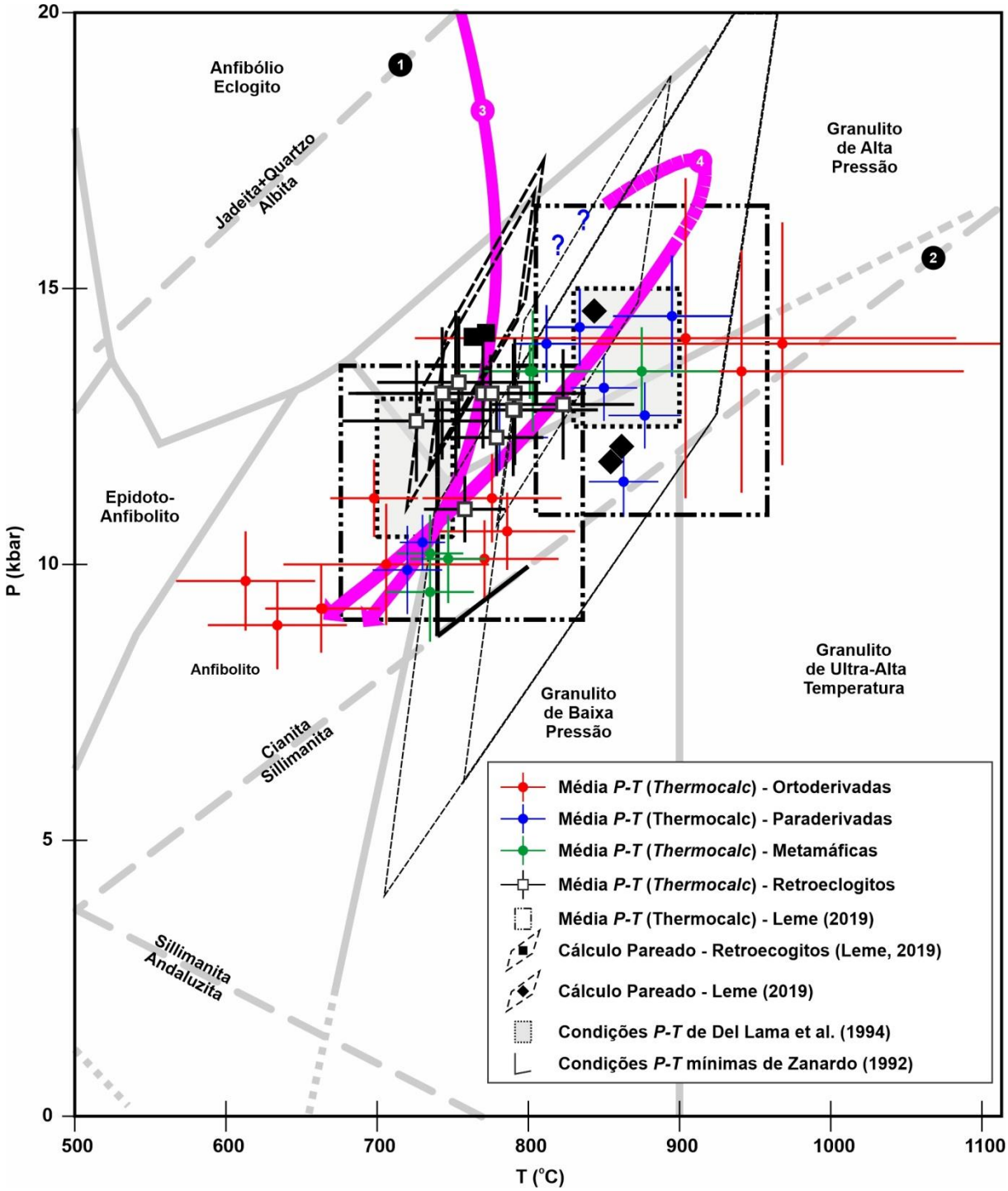


Figura 7.4 – Diagrama *P-T* mostrando as condições de pressão e temperatura calculadas neste trabalho para amostras de rochas metassedimentares, ortoderivadas quartzo-feldspáticas e metamáficas. Neste diagrama também são aspresentadas as condições *P-T* estimadas por Zanardo (1992) e as condições *P-T* calculadas por Del Lama et al. (1994) e Leme (2019). As flechas indicam a trajetória metamórfica horária, (3) para os retroeclogitos e (4) para as amostras que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais. Grades petrogenéticas com fácies metamórficas segundo Oh e Liou (1998). Reação (1) albita = jadeíta + quartzo (HOLLAND, 1980). Os campos de estabilidade dos polimorfos Al_2SiO_5 (linha 2) seguem Holdaway (1971).

A ocorrência de retroeclogitos indica que localmente algumas rochas alcançaram condições de fácies eclogito, durante a subducção, nos estágios anteriores a colisão. As texturas e reações mineralógicas dessas rochas indicam que durante a exumação a descompressão foi mais acentuada que a diminuição da temperatura, marcando reequilíbrio em condições de fácies granulito a anfibolito superior (Figura 7.4).

Os dados apresentados para a área de estudo são compatíveis com as condições termobarométricas calculadas por Del Lama (1993), Del Lama et al. (1994) e Leme (2019) na porção meridional do Grupo Araxá, que indicaram temperaturas da ordem de 830-900ºC e pressões de 12,5-15 kbar no auge metamórfico e reequilíbrio das condições metamórficas em torno de 700-750°C e 11,8-12,1 kbar.

8. GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL DE RETROECLOGITOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados de análises de geoquímica de rocha total de amostras de retroeclogito. Também foram compilados dados de geoquímica de rocha total de diversas ocorrências de eclogitos/retroeclogitos de diferentes regiões do mundo. Os dados compilados incluem análises de amostras com teor de SiO_2 variando de 45-53%, excluindo-se eclogitos do manto.

Sete amostras representativas de retroeclogitos foram selecionadas para análise geoquímica de rocha total de elementos maiores, menores, traço e elementos terras raras (ETR). Os resultados das análises de geoquímica de rocha total são apresentados nas tabelas do APÊNDICE IV.

Como essas rochas foram submetidas a processos tectono-metamórficos de alto grau, foram utilizados os diagramas Na_2O *vs.* CaO (VALLANCE, 1974) e $Na_2O + K_2O$ *vs.* Na_2O/K_2O (MIYASHIRO, 1975) para avaliar se durante a evolução dos retroeclogitos ocorreram mudanças significativas na composição geoquímica original dos protólitos, uma vez que estes elementos são muito móveis. As amostras analisadas se distribuem no campo das rochas não espilitizadas e não alteradas (Figura 8.1).

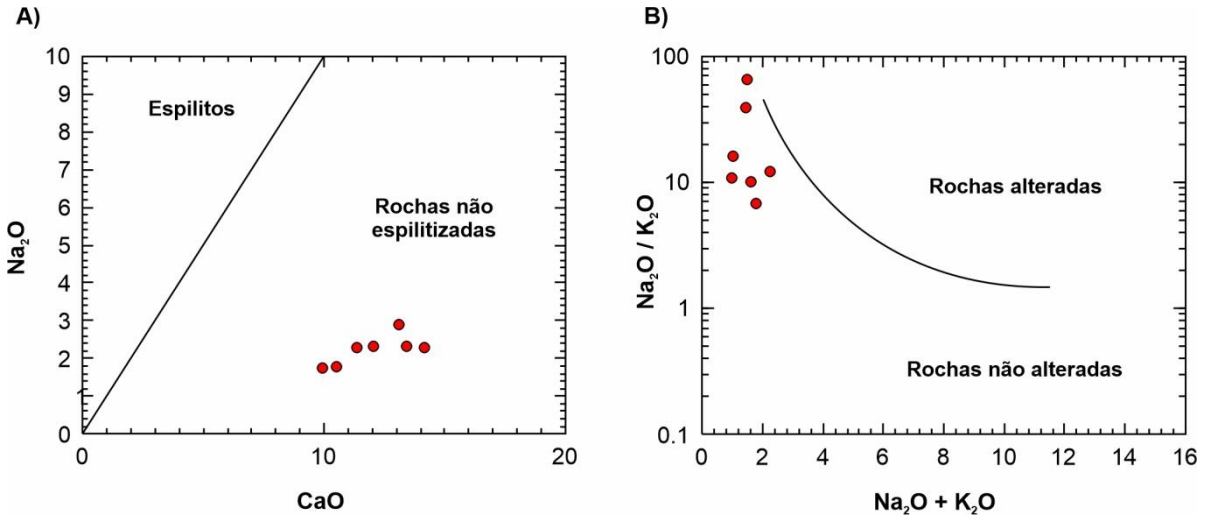


Figura 8.1 – Diagramas para discriminação de rochas espilitizadas e alteração por processos pós-magmáticos. (A): Diagrama binário CaO *vs.* Na_2O (VALLANCE, 1974); (B): Diagrama binário $Na_2O + K_2O$ *vs.* Na_2O/K_2O (MIYASHIRO, 1975).

As amostras de retroeclogito apresentam composição básica (SiO_2 = 45,63-50,00%) e são classificadas como basaltos toleíticos subalcalinos, com razões Zr/Ti e Nb/Y variando entre 0,0074-0,0098 e 0,119-0,30, respectivamente (Figura 8.2).

Quimicamente, os retroeclogitos mostram pequenas variações nos teores de Al_2O_3 (12,60-15,31%), Fe_2O_3T (14,61-17,70%), CaO (9,37-13,88%), MgO (5,34-7,74%) e TiO_2

(1,77-2,53%). Os teores de Na_2O são baixos e variam entre 1,21 e 2,43%, de K_2O entre 0,03 e 0,33% e de P_2O_5 entre 0,12 e 0,30%. Nos diagramas binários de elementos maiores, menores e traço *vs.* MgO, os elementos exibem fracas correlações negativas em relação ao TiO_2, Fe_2O_3T, P_2O_5, V e Th e positivas em relação ao Al_2O_3 (Figura 8.3).

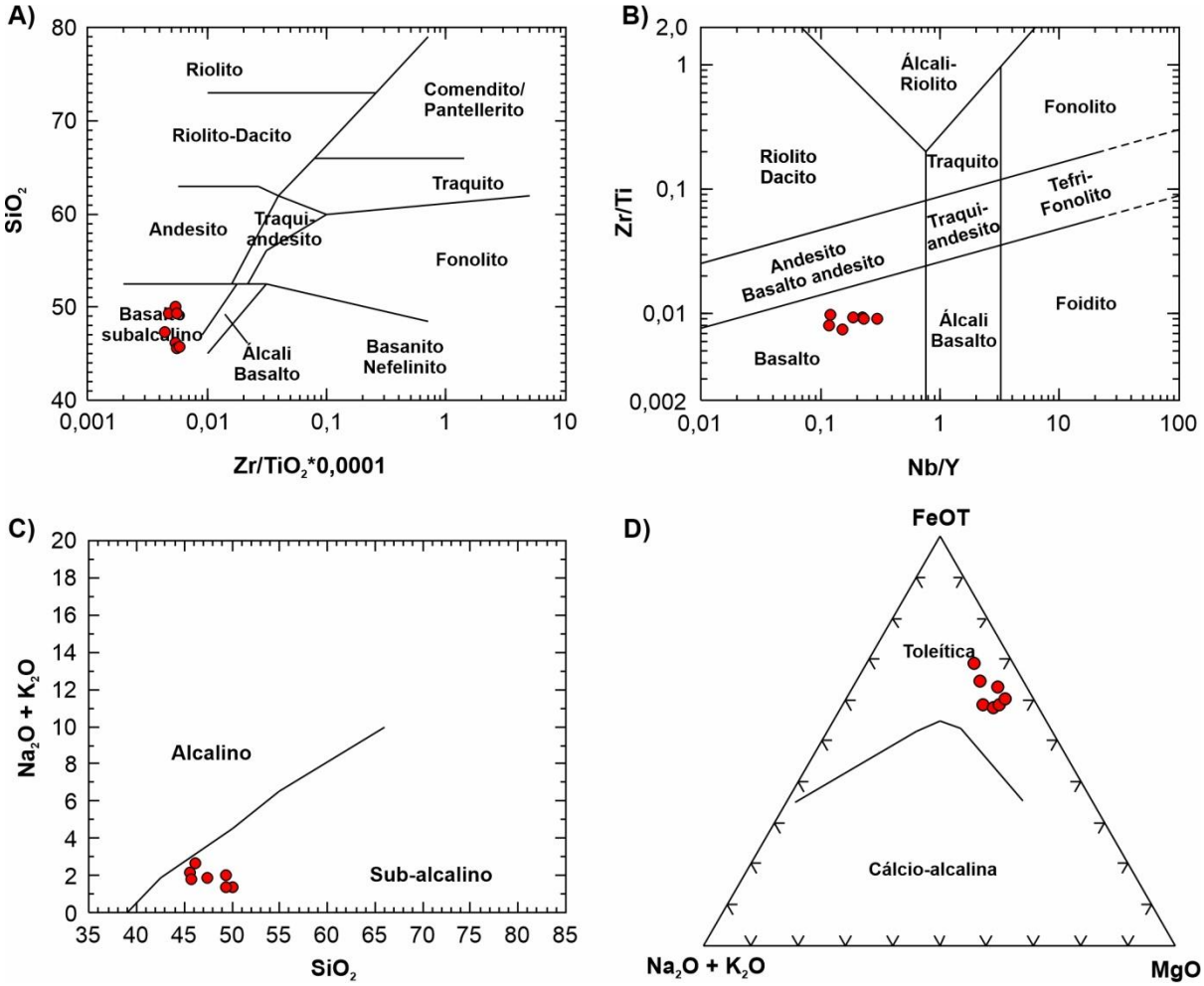


Figura 8.2 – Diagramas de classificação geoquímica. (A): Diagrama Zr/TiO_2*0,0001 *vs.* SiO_2 (WINCHESTER e FLOYD, 1977); (B): Diagrama Nb/Y *vs.* Zr/Ti (PEARCE, 1996); (C): Diagrama de álcalis *vs.* sílica (IRVINE e BARAGAR, 1971), mostrando a natureza sub-alcalina das amostras analisadas; (D): Diagrama ternário AFM (A = Na_2O + K_2O; F = FeOT; M = MgO) mostrando o caráter toleítico das amostras analisadas (IRVINE e BARAGAR, 1971).

Essas amostras possuem baixos teores de ETR (ΣETR_{Total} = 71,68 a 96,98 ppm), com predomínio de ETR leves (ETRL) sobre ETR pesados (ETRP) (ΣETRL = 46,27 a 67,86 ppm, ΣETRP = 23,04 a 29,12 ppm). Os ETRL, normalizados pelo manto primitivo (MP) de Sun e McDonough, (1989), apresentam concentrações entre 9,58 e 19,51 vezes acima do valor de referência, enquanto que os ETRP, entre 3,65 e 5,68 vezes acima (Figura 8.4 – A).

O padrão de distribuição de ETR das amostras de retroeclogitos, normalizados pelo MP, mostra padrão levemente côncavo, com fraco enriquecimento em ETRL em relação à ETRP (razões La_N/Eu_N = 1,24-1,82, Gd_N/Lu_N = 1,68-2,86, La_N/Lu_N = 2,8-4,25) e exibe

moderadas a fracas anomalias negativas de Ce (Ce* = 0,60-0,80). Apenas uma amostra não exibe anomalia negativa de Eu (Eu* = 0,96). Todas as amostras apresentam anomalias negativas de Lu em relação ao Yb (Figura 8.4 – A).

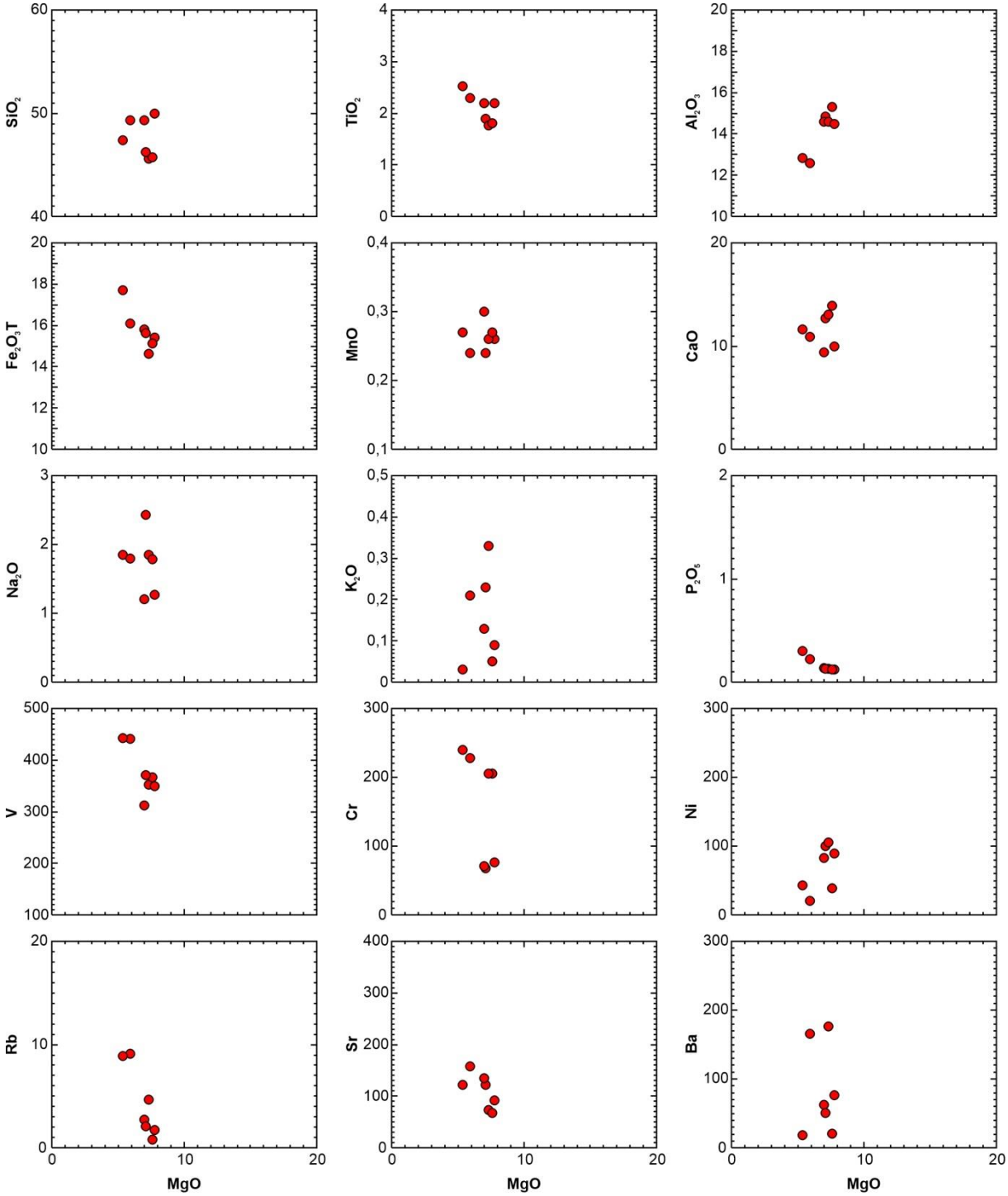


Figura 8.3 – Diagramas binários de MgO *vs.* elementos maiores, menores e traços mostrando a variação da composição das amostras analisadas.

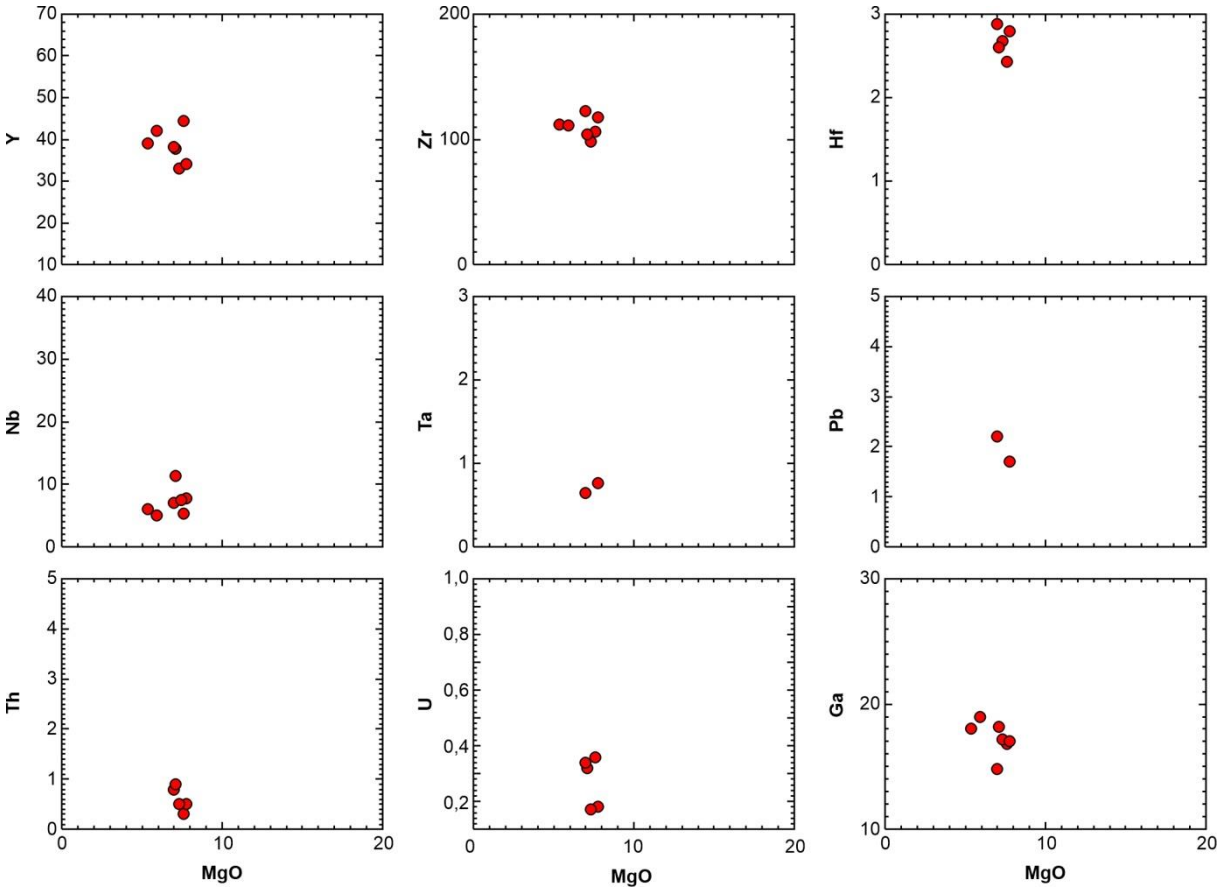


Figura 8.3 – *continuação*

A distribuição dos elementos traço e ETR, normalizados pelo MP, mostra enriquecimento em U, Nb, Pb e ETRL em relação a outros elementos litófilos de raio iônico grande (*Large ion lithophile elements* - LILE) e ETRP, exibindo anomalias negativas de Sr, Rb, P, Zr, Hf, Ti, Y e Lu (Figura 8.4 – B). O padrão de distribuição dos elementos traço e ETR das amostras de retroeclogito analisadas é semelhante ao padrão de distribuição de basaltos tipo MORB (N-MORB e/ou E-MORB).

Elementos de alto campo de força (*High field strength elements* – HFSE) e ETRP mostram mobilidade relativamente baixa em processos metamórficos de alto grau. Esses elementos podem ser utilizados para caracterizar a natureza de protólitos de eclogitos e retroeclogitos (SHERATON, 1984; BERNARD-GRIFFITHS et al., 1985; McCULLOCH e GAMBLE, 1991; ZHAO et al., 2007). As amostras de retroeclogito em estudo foram plotadas em diagramas de assinatura geoquímica de rochas básicas oceânicas TiO_2/Yb-Nb/Yb, Zr/Yb-Nb/Yb, Th/Yb-Nb/Yb (PEARCE e PEATE, 1995), Th/Yb-Ta/Yb (PEARCE, 1982), e em diagramas discriminantes de ambientes tectônicos, Hf/3-Th-Ta, Hf/3-Th-Nb/16 (WOOD, 1980), Nb*2-Zr/4-Y (MESCHEDE, 1986) e V-Ti/1000 (SHERVAIS, 1982) (Figura 8.5).

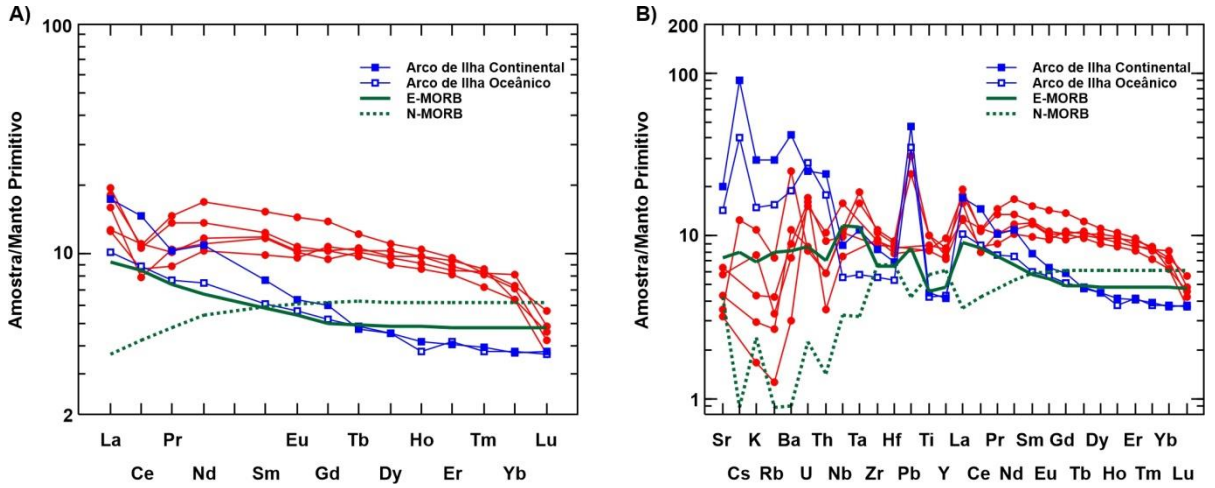


Figura 8.4 - Diagramas de ETR (A) e elementos traço (B) das amostras de retroeclogito, normalizados pelo manto primitivo de Sun e McDonough (1989), comparadas com os padrões de rochas básicas oceânicas. Padrão E-MORB e N-MORB segundo Sun e McDonough, 1989; padrões de basaltos de arco oceânico e continental segundo Kelemen et al. (2003).

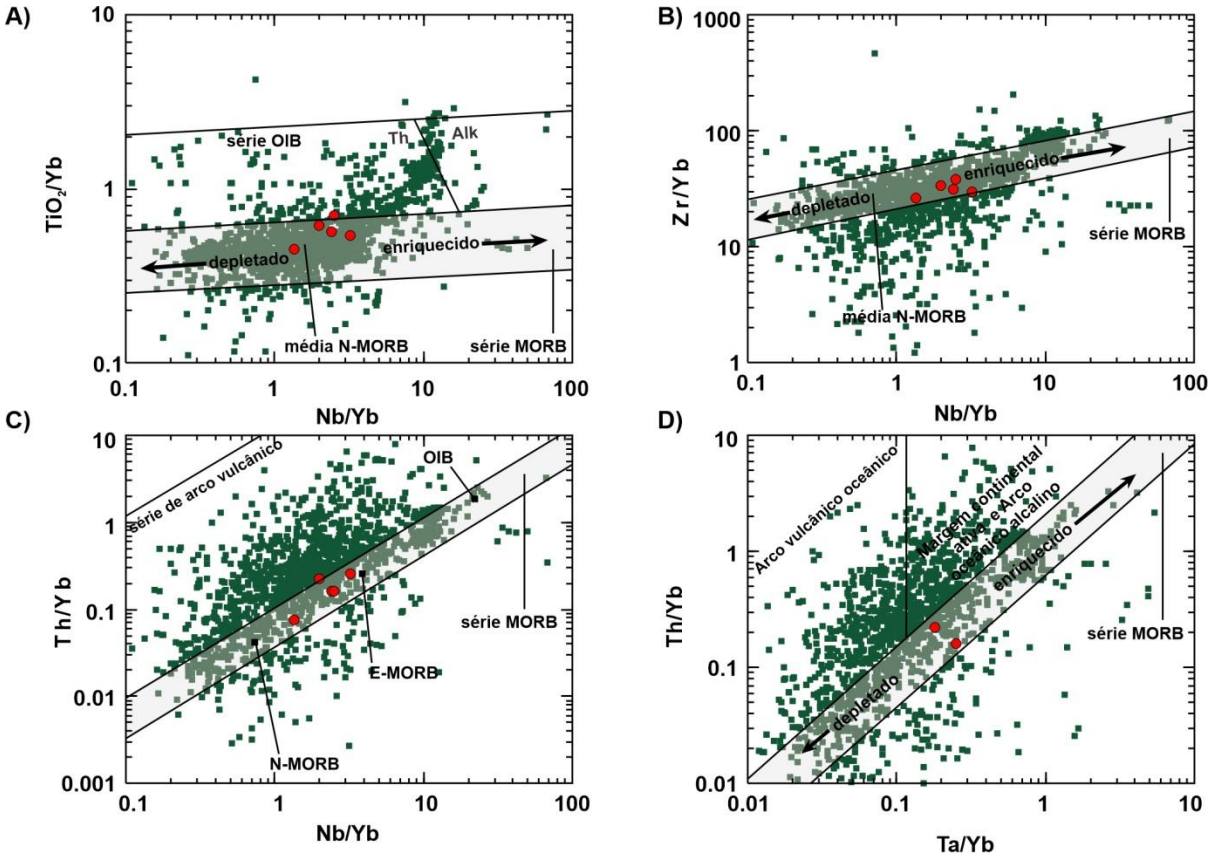


Figura 8.5 – Diagramas de assinatura geoquímica para basaltos oceânicos. (A): Diagrama TiO_2/Yb-Nb/Yb (PEARCE, 2008); (B): Diagrama Zr/Yb-Nb/Yb (PEARCE, 2008); (C): Diagrama Th/Yb-Nb/Yb (PEARCE, 2008); (D): Diagrama Th/Yb-Ta/Yb (PEARCE, 1982). Círculos vermelhos: amostras de retroeclogito deste trabalho. Quadrados verdes: dados compilados de análises de geoquímica de rocha total de eclogitos/retroeclogitos de várias regiões do mundo (ER). Th: toleítico; Alk: alcalino.

Nos diagramas de assinatura geoquímica, as amostras analisadas se distribuem, predominantemente, no *trend* de basaltos MORB, com assinatura semelhante à composição de basaltos tipo E-MORB (Figura 8.5). Nos diagramas discriminantes de ambientes tectônicos,

as amostras analisadas se espalham principalmente entre os campos de basaltos tipo MORB (N-MORB e E-MORB) e de basaltos de arcos vulcânicos (Figura 8.6).

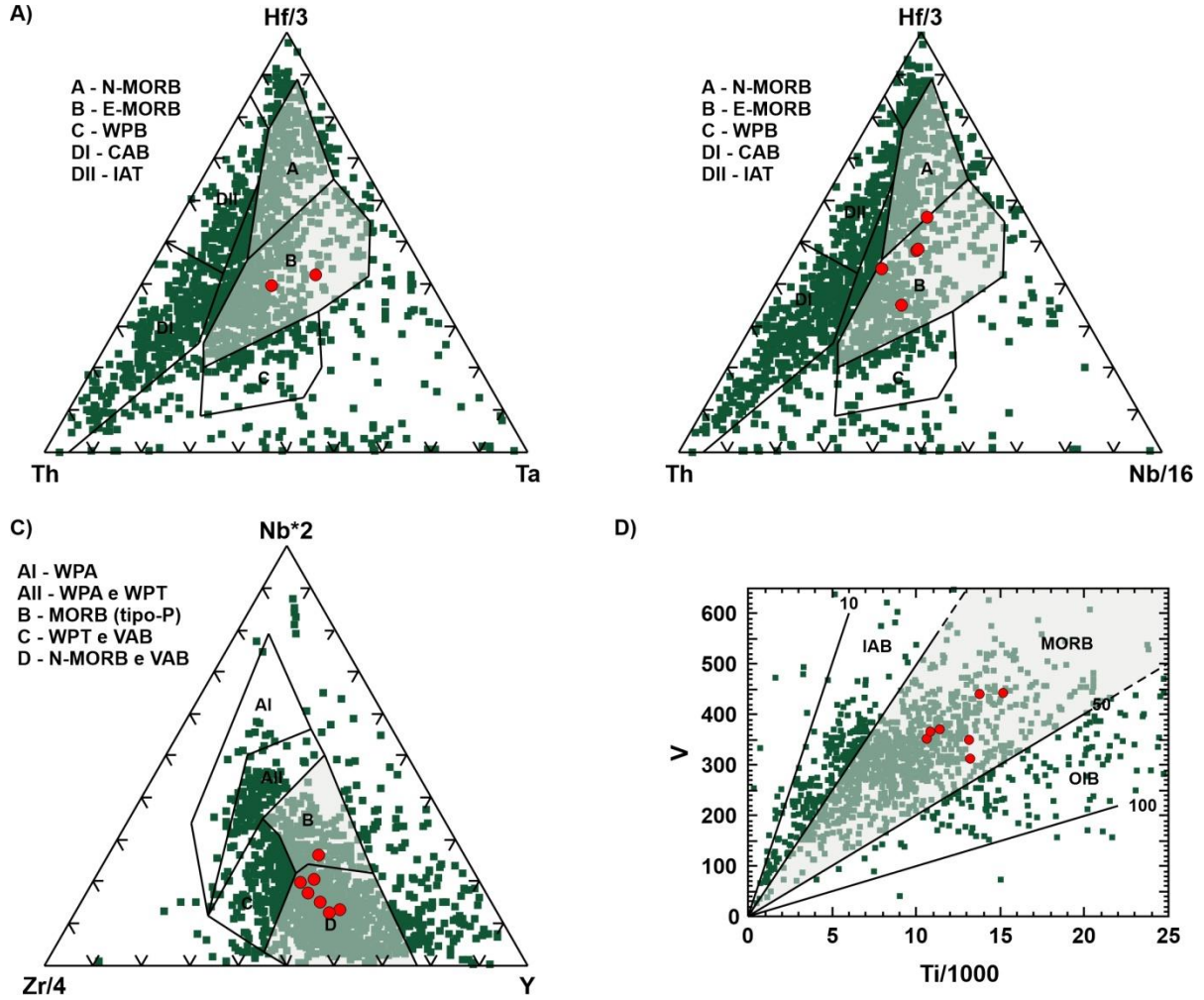


Figura 8.6 – Diagramas discriminantes de assinatura geoquímica e de ambientes tectônicos. (A): Diagrama ternário Hf/3-Th-Ta (WOOD, 1980); (B): Diagrama ternário Hf/3-Th-Nb/16 (WOOD, 1980); (C): Diagrama ternário Nb*2-Zr/4-Y (MESCHEDE, 1986); (D): Diagrama V-Ti/1000 (SHERVAIS, 1982). Círculos vermelhos: amostras de retroeclogito deste trabalho. Quadrados verdes: dados compilados de análises de geoquímica de rocha total de eclogitos/retroeclogitos de várias regiões do mundo (ER). MORB: Basaltos de cadeia meso-oceânica, WPB: Basaltos intra-placa, CAB: Basaltos cálcio-alcalinos, IAT: Toleítos de arco de ilha, WPA: Basaltos intra-placa alcalinos, WPT: Toleítos intra-placa, VAB: Basaltos de arco vulcânico, IAB: Basaltos de arco de ilha, OFB: Basaltos de fundo oceânico.

Nos diagramas discriminantes usando elementos traço como Ti, Y, Zr, Nb e Hf, as análises químicas de eclogitos/retroeclogitos de outras regiões do mundo (ER) se distribuem em diferentes campos de classificação, concentrando-se nos campos dos basaltos tipo MORB (N-MORB, E-MORB) e de arco de ilha (basaltos de arco continental e oceânico) (Figura 8.6).

As amostras ER plotam predominantemente no campo de basaltos tipo MORB nos diagramas de assinatura geoquímica TiO_2/Yb *vs*. Nb/Yb e Zr/Yb *vs*. Nb/Yb de basaltos oceânicos (Pearce, 2008). No entanto, nos diagramas Th/Yb *vs*. Nb/Yb e Th/Yb *vs*. Ta/Yb (Pearce, 2008), as análises geoquímicas compiladas (ER) se espalham dominantemente acima

da linha de basaltos tipo MORB, semelhante à assinatura geoquímica dos basaltos tipo arco, indicando diferentes interações fluido-rocha e variados graus de contaminação crustal (Figura 8.5). A composição química de muitas amostras ER é semelhante à composição de basaltos de arco de ilha (oceânicos e continentais), exibindo, em muitos casos, depleção em Nb-Ta, Zr-Hf e Ti (Figura 8.5). Essas características químicas sugerem que os protólitos de eclogitos/retroeclogitos são rochas oceânicas (tipo MORB) com diferentes graus de modificação química ou contaminação crustal, resultantes de interações fluido-rocha dos protólitos, fluidos derivados da placa subductante e reações minerais ou segregação de óxidos.

De acordo com Bebout (2007a, b, 2014), os efeitos geoquímicos da placa subductante influenciam a composição da crosta/litosfera oceânica, podendo levar ao enriquecimento significativo de elementos-traço incompatíveis, como Cs, Rb, Ba, U, Th, Pb, K e Sr (os elementos altamente "não conservativos" de Pearce e Peate, 1995).

Nos diagramas discriminantes de ambientes tectônicos, as amostras em estudo se espalham principalmente entre os campos de basaltos tipo MORB (N-MORB e E-MORB) e campos de basaltos de arcos vulcânicos (Figura 8.6). O mesmo padrão é observado para amostras compiladas (ER), que se distribuem preferencialmente no campo de basaltos tipo MORB (N-MORB e E-MORB) e de arcos vulcânicos. Nos diagramas de assinatura geoquímica, as amostras de retroeclogitos da área de estudo plotam dominantemente no *trend* de basaltos tipo E-MORB, enquanto as amostras ER se distribuem preferencialmente acima do *trend* de basaltos tipo MORB. Essas características geoquímicas indicam que as amostras de retroeclogito analisadas têm como protólito basaltos do tipo E-MORB com baixo grau de contaminação crustal.

.

9. GEOCRONOLOGIA ISOTÓPICA

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados de análises de geocronologia isotópica Sm/Nd de rocha total e os resultados de análises de geocronologia isotópica U/Pb em cristais de zircão.

9.1 Geocronologia Isotópica Sm/Nd em Rocha Total

Três amostras foram selecionadas para análises isotópicas Sm/Nd de rocha total e determinação de Idade Modelo (T_{DM}). As análises foram realizadas em uma amostra de rocha ortoderivada quartzo-feldspática (TGL-34-A) e duas amostras de rochas metamáficas (amostras TGL-17-21 e TGL-38-GR). As análises isotópicas foram realizadas no Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo), do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP).

As razões isotópicas $^{143}Nd/^{144}Nd$ foram normalizadas de acordo com $^{146}Nd/^{144}Nd$ = 0,7219. As idades modelo (T_{DM}) foram calculadas seguindo o modelo do manto empobrecido de DePaolo (1981). Os resultados das análises são apresentados na Tabela 9.1.

Tabela 9.1 – Análises isotópicas Sm/Nd para amostras de rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas e metamáficas

Amostra	Sm	Nd	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$^{143}Nd/^{144}Nd$	$\varepsilon_{(0)}$	$f_{Sm/Nd}$	T_{DM} (Ma)
TGL-34-A	8,476	39,690	0,129135	0,51199	-12,64	-0,34	1.896,31
TGL-17-21	17,294	87,142	0,120006	0,51208	-10,88	-0,39	1.563,92
TGL-38-GR	6,668	23,395	0,172349	0,51279	2,97	-0,12	942,68

Amostras - TGL-34-A: rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita; TGL-17-21: granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo; TGL-38-GR: retroeclogito.

9.1.1 Ortoderivada quartzo-feldspática

A amostra de rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita (amostra TGL-34-A) apresenta razões $^{147}Sm/^{144}Nd$ de 0,129135 e de $^{143}Nd/^{147}Nd$ de 0,51199, com T_{DM} de idade paleoproterozoica de 1,89 Ga e valor $\varepsilon_{Nd(0)}$ negativo (-12,64) (Figura 9.1).

9.1.2 Metamáficas

As razões isotópicas $^{147}Sm/^{144}Nd$ (0,120006) e $^{143}Nd/^{147}Nd$ (0,51208) obtidas para amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (TGL-17-21) apresentam idade modelo (T_{DM}) mesoproterozoica de 1,56 Ga e $\varepsilon_{Nd(0)}$ negativo (-10,88) (Figura 9.1).

A amostra de retroeclogito (TGL-38-GR) exibe razão isotópica $^{143}Nd/^{144}Nd$ de 0,51279 e $^{147}Sm/^{144}Nd$ de 0,172349. A idade do modelo (T_{DM}) é neoproterozoica de 942,68 Ma, com valor de $\varepsilon_{Nd(0)}$ positivo (+2,97) (Figura 9.1).

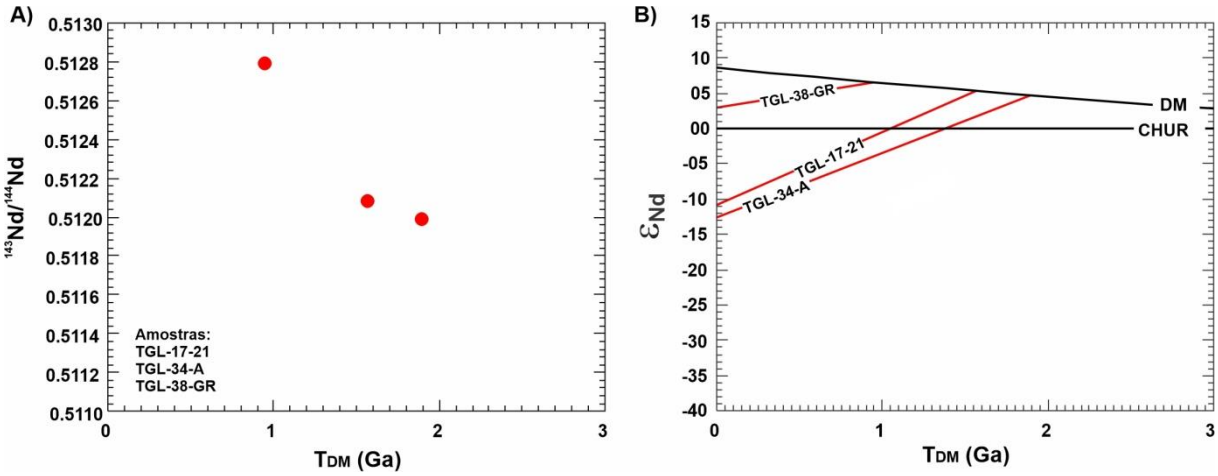


Figura 9.1 – Resultados das análises isotópicas Sm/Nd. (A): Diagrama mostrando variação das razões $^{143}Nd/^{144}Nd$ *vs.* idades modelo (T_{DM}) para rochas ortoderivada quartzo-feldspática e metamáficas;(B): Diagrama de evolução de ε_{Nd} com o tempo.

9.2 Geocronologia U/Pb em zircão

Foram selecionadas quatro amostras para análises geocronológicas U/Pb em cristais de zircão realizadas por LA-ICP-MS, incluindo uma amostra de metassedimento (amostra TGL-39-E), uma amostra de rocha ortoderivada quartzo-feldspática (TGL-34-A) e duas amostras de rochas metamáficas (amostras TGL-17-21 e TGL-38-GR). Os resultados das análises U/Pb em cristais de zircão são apresentados nas tabelas do APÊNDICE V. Para a apresentação e tratamento dos resultados, foram utilizados dados analíticos com concordância de 100 ±10%.

9.2.1 Metassedimento

Na amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (amostra TGL-39-E), os cristais de zircão apresentam-se em duas populações morfológicas principais. A população dominante é constituída por cristais de zircão com formas subédricas prismáticas a sub-prismáticas, com terminações arredondadas, dimensões entre 200 e 400 μm e razão axial de 1:2 a 1:3. A textura interna desses cristais sob catodoluminescência (CL) é frequentemente homogênea (sem zoneamento ou texturas definidas). Alguns cristais exibem pequenos núcleos anédricos ou arredondados com coloração escura. As bordas são frequentemente homogêneas e luminescentes (Figura 9.2).

A segunda população é composta por cristais de zircão com formas ovoides a arredondadas, dimensões que variam entre 100 e 200 μm e razões axiais entre 1:1 e 1:2. Em imagens de CL, os cristais frequentemente apresentam núcleos escurecidos com formas

arredondadas, e bordas luminescentes de cor cinza claro, que exibem textura homogênea (Figura 9.2).

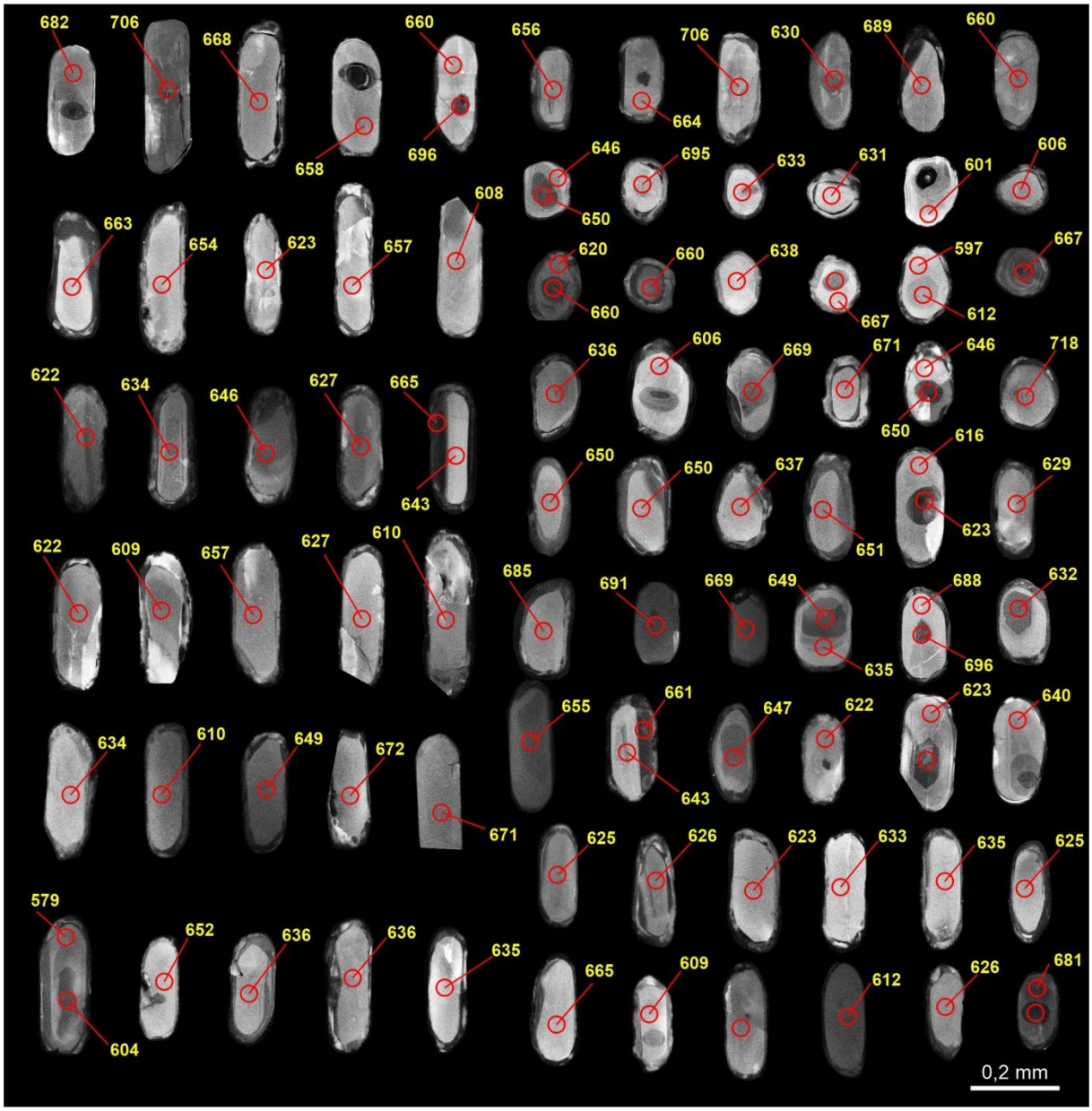


Figura 9.2 – Imagens de catodoluminescência dos cristais de zircão da amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (amostra TGL-39-E), com a localização dos *spots* das análises por LA-ICP-MS indicada pelo círculo vermelho (20 μm de diâmetro) e a idade $^{206}Pb/^{238}U$ correspondente. *Spots* sem idade $^{206}Pb/^{238}U$ representam análises com erro analítico.

Foram realizadas determinações geocronológicas U/Pb em 107 *spots* em 93 cristais de zircão, incluindo núcleos e bordas desses cristais. As concentrações de U e Th dos cristais analisados variam entre 19 e 281 ppm e entre 21 e 193 ppm, respectivamente. As razões Th/U variam de 0,11 a 2,06, sendo que apenas duas das análises mostram valores de 0,1.

As análises geocronológicas das diferentes populações e dos núcleos e bordas dos cristais resultaram em idades $^{206}Pb/^{238}U$ variando entre 579 Ma a 718 Ma (Figura 9.3 – A).

Não foram observados intervalos de idades distintos bem definidos para as diferentes populações de zircão e nem para os núcleos e bordas dos cristais (Figura 9.3 – B, C).

Os dados $^{206}Pb/^{238}U$ se distribuem em uma concórdia robusta com idade de 639,35 ±1,45 (MSWD = 0,71; n = 88) (Figura 9.3 – D), interpretada como idade de metamorfismo (evento metamórfico).

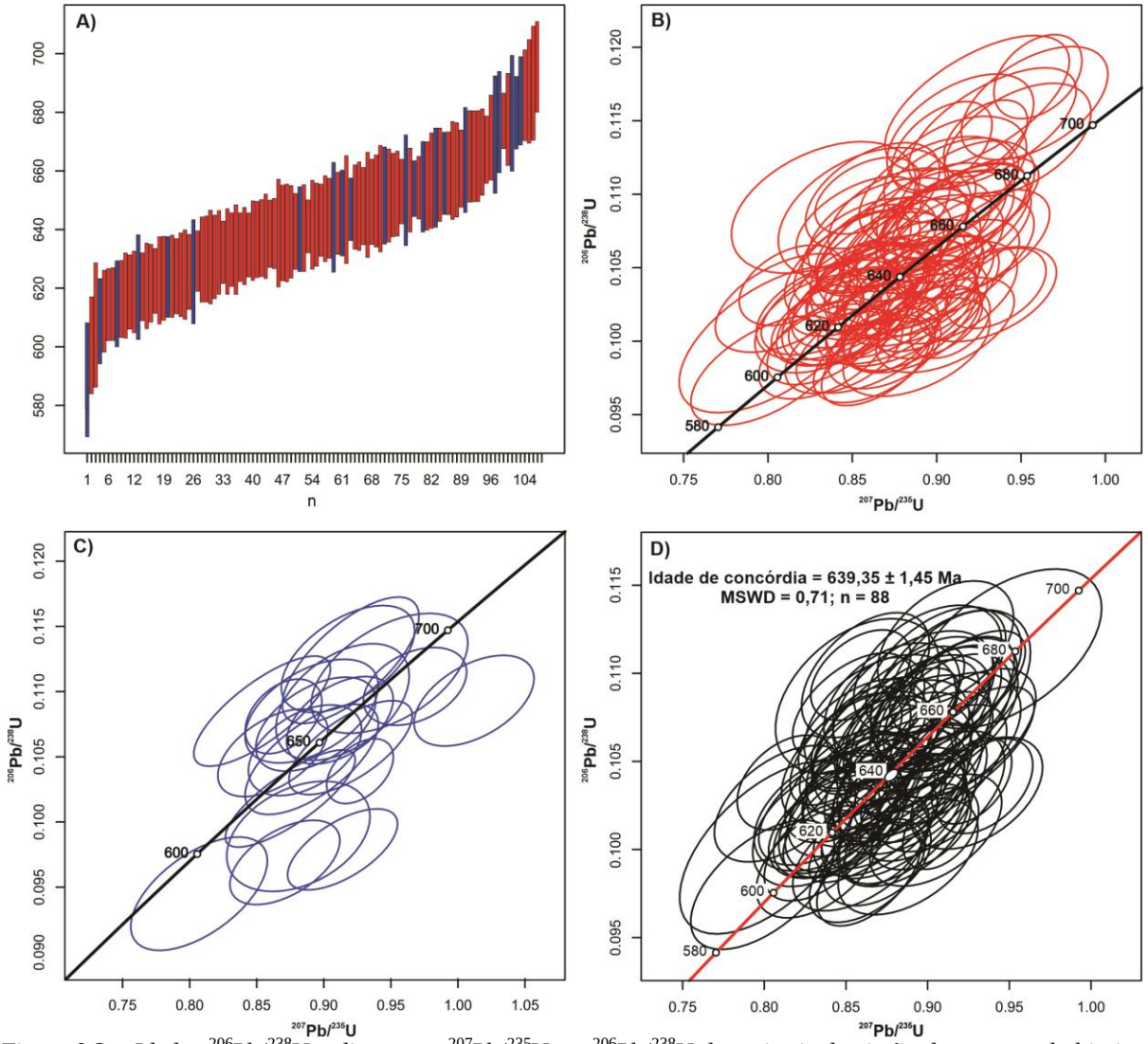


Figura 9.3 – Idades $^{206}Pb/^{238}U$ e diagramas $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ dos cristais de zircão da amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (amostra TGL-39-E). (A): Idades $^{206}Pb/^{238}U$ de núcleos (barra vermelha) e bordas (barra azul) de todos os cristais zircão analisados; (B): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando as idades dos núcleos dos cristais de zircão analisados; (C): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando as idades das bordas dos cristais de zircão analisados; (D): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando idade de concórdia de 639,35 ±1,45 Ma (MSWD = 0,71; n = 88). Os erros das elipses são reportados em 2σ.

9.2.2 Ortoderivada quartzo-feldspática

Os cristais de zircão da amostra de rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita (amostra TGL-34-A) apresentam formas prismáticas subédricas curtas a longas com terminações arredondadas, e formas ovoides e arredondadas, com dimensões que variam de

100 a 250 μm e razão axial entre 1:2 e 1:3. Nas imagens de CL, os cristais frequentemente exibem núcleos caracterizados por textura de zoneamento concêntrico oscilatório nítido a pouco nítido, com bordas de espessuras variadas, frequentemente de textura homogênea, de cor cinza claro a cinza escuro (Figura 9.4). Menos frequentemente, os cristais de zircão analisados também podem exibir textura interna homogênea (não exibem zoneamento ou outra textura interna) (Figura 9.4).

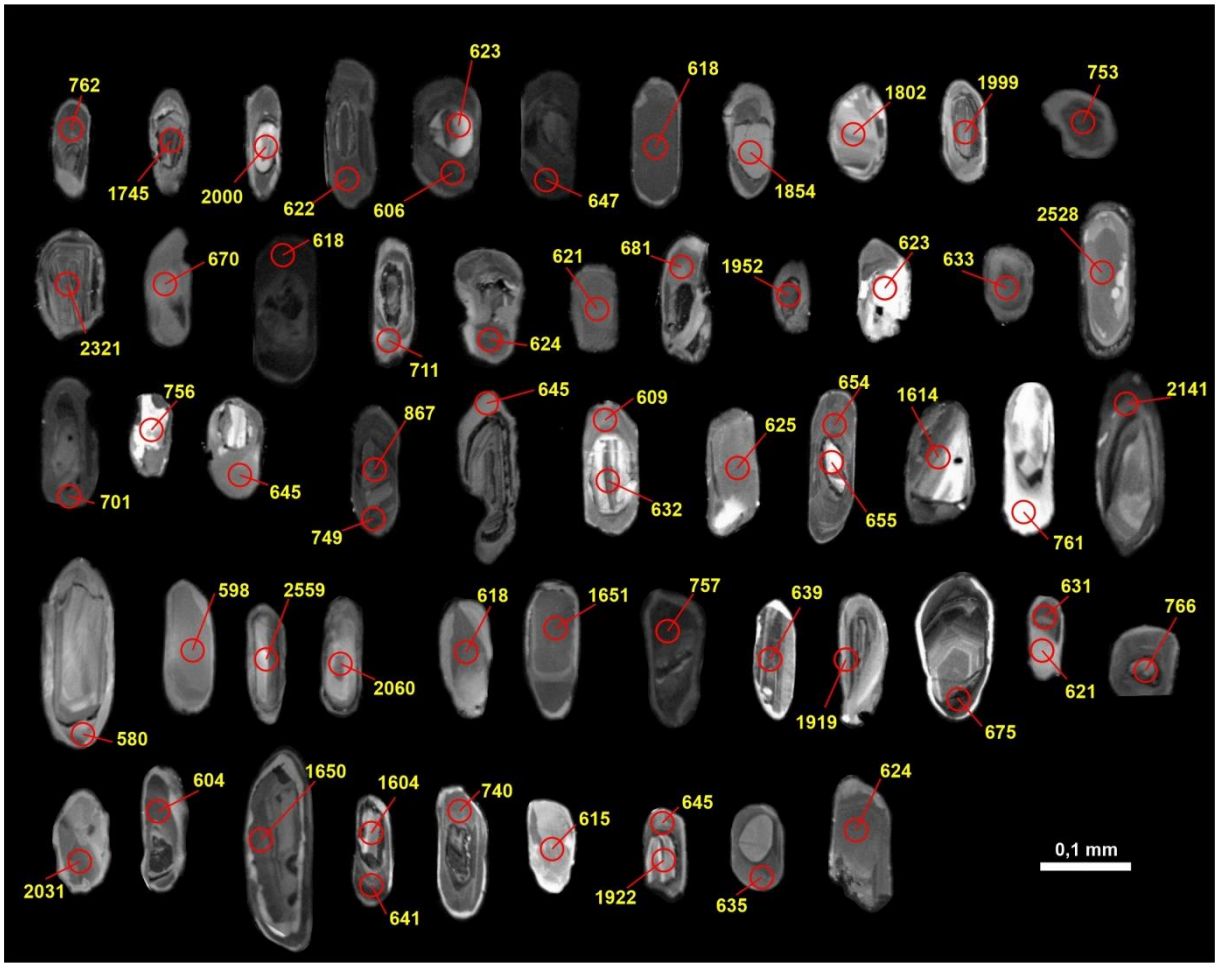


Figura 9.4 – Imagens de catodoluminescência dos cristais de zircão da amostra de rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita (amostra TGL-34-A), com a localização dos *spots* das análises por LA-ICP-MS indicada pelo círculo vermelho (20 μm de diâmetro) e a idade $^{206}Pb/^{238}U$ correspondente.

Na amostra TGL-34 foram realizadas análises geocronológicas U/Pb em 112 *spots* em 89 cristais de zircão, incluindo análises em núcleos e bordas dos cristais. Dessas análises, 60 determinações apresentaram concordância de 100 ±10%, resultando em idades $^{206}Pb/^{238}U$ variando entre 580 Ma a 2.585 Ma (Figura 9.5 – A, B).

As análises U/Pb dos cristais de zircão com bordas de textura interna homogênea e núcleos também de textura interna homogênea, resultaram em uma concórdia com idade de 625,14 ±2,95 Ma (MSWD = 1; n = 16) (Figura 9.5 – C), com idade $^{206}Pb/^{238}U$ máxima de ca. 645 Ma e mínima de ca. de 604 Ma, interpretada como idade de metamorfismo. As

concentrações de U e Th desses cristais variam entre 114 e 334 ppm e 6 e 29 ppm, respectivamente, com razões Th/U entre 0,03 e 0,14.

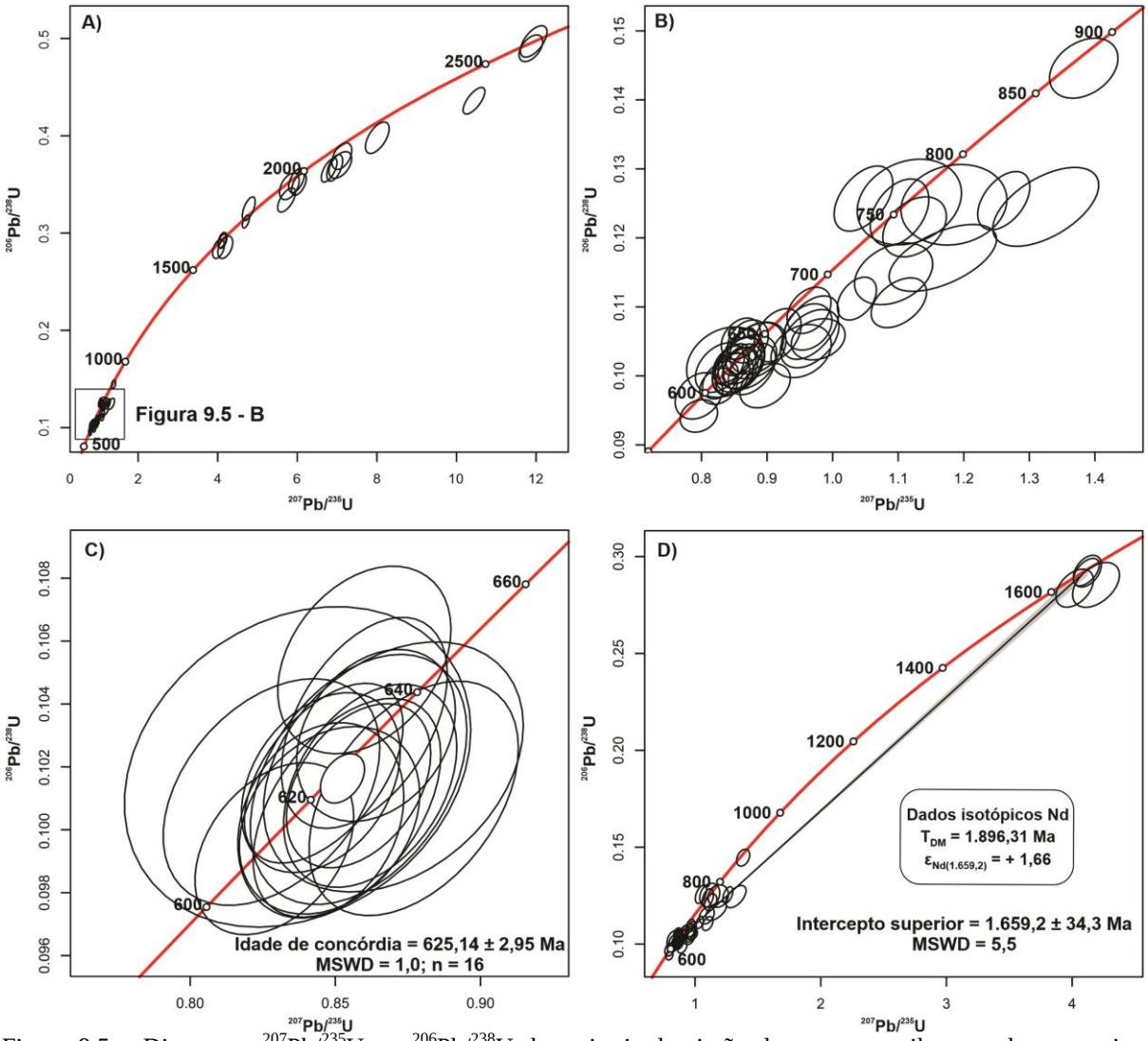


Figura 9.5 – Diagramas $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ dos cristais de zircão da amostra rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita (amostra TGL-34-A). (A), (B): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando as idades de todos os cristais de zircão analisados; (C): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando idade de concórdia de 625,14 ±2,95 Ma (MSWD = 1,0; n = 16); (D): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando idade de intercepto superior de 1.659,2 ±34,3 Ma. Os erros das elipses são reportados em 2σ.

As idades $^{206}Pb/^{238}U$ com valores superiores a 1,89 Ga (Idade Modelo T_{DM}(Nd) calculada para a amostra) foram interpretadas como idades herdadas (grãos de zircão herdados). Quando todos os valores inferiores ao valor da idade modelo T_{DM} calculada são plotados num gráfico de discórdia $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$, é observado um intercepto superior com idade de 1.659,2 ±33,6 Ma, que sugere ser a idade de cristalização dessa rocha, indicando fonte juvenil paleoproterozoica ($\varepsilon_{Nd(T=1.659,2)}$ = +1,66) (Figura 9.5 – D). Entretanto, outra possibilidade, é que esta idade modelo calculada não represente a idade de diferenciação do protólito, mas corresponda a uma idade modelo "mista", resultado de fusão de rochas com

idades paleoproterozoicas/arqueanas e/ou fusão de rochas supracrustais (metassedimentos) com fontes paleoproterozoicas/arqueanas.

9.2.3 Metamáficas

Na amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21), os cristais de zircão são dominantemente arredondados a ovoides, com dimensões que variam de 50 a 200 μm e razão axial entre 1:2 e 1:3. Nas imagens de CL, os cristais de zircão frequentemente exibem textura interna homogênea (Figura 9.6). Alguns cristais exibem núcleos arredondados escurecidos com bordas luminescentes de cor cinza claro brilhante (Figura 9.6).

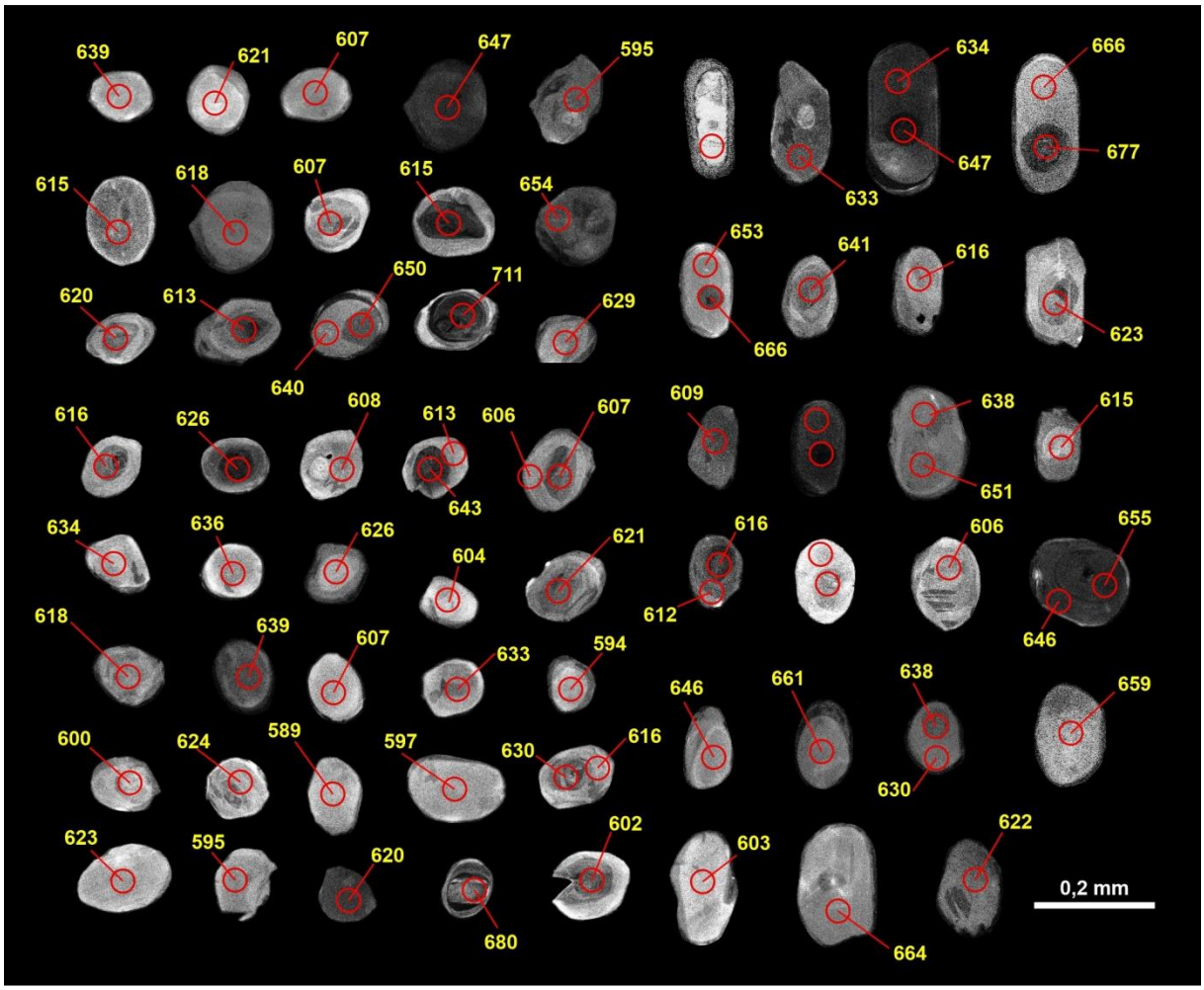


Figura 9.6 – Imagens de catodoluminescência dos cristais de zircão da amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21), com a localização dos *spots* das análises por LA-ICP-MS indicada pelo círculo vermelho (20 μm de diâmetro) e a idade $^{206}Pb/^{238}U$ correspondente. *Spots* sem idade $^{206}Pb/^{238}U$ representam análises com erro analítico.

Foram realizadas determinações U/Pb em 71 *spots* em núcleos e bordas de 63 cristais de zircão, que resultaram em idades $^{206}Pb/^{238}U$ variando entre 589 a 711 Ma (Figura 9.7 – A).

Não foram observados intervalos de idades distintos bem definidos para os núcleos e bordas dos cristais. As concentrações de U dos cristais de zircão analisados variam de 11 a 694 ppm e os teores de Th entre 1 e 283 ppm, com razões Th/U variando de 0,02 a 1,90.

Dessas determinações, 66 pontos, tanto dos núcleos como das bordas, se distribuem ao longo de uma concórdia com idade $^{206}Pb/^{238}U$ máxima de ca. de 666 Ma e mínima de 589 Ma. As análises geocronológicas mostraram uma idade de concórdia de 625,62 ±1,68 Ma (MSWD = 0,008; n = 66) (Figura 9.7 – B), interpretada como do evento de metamorfismo.

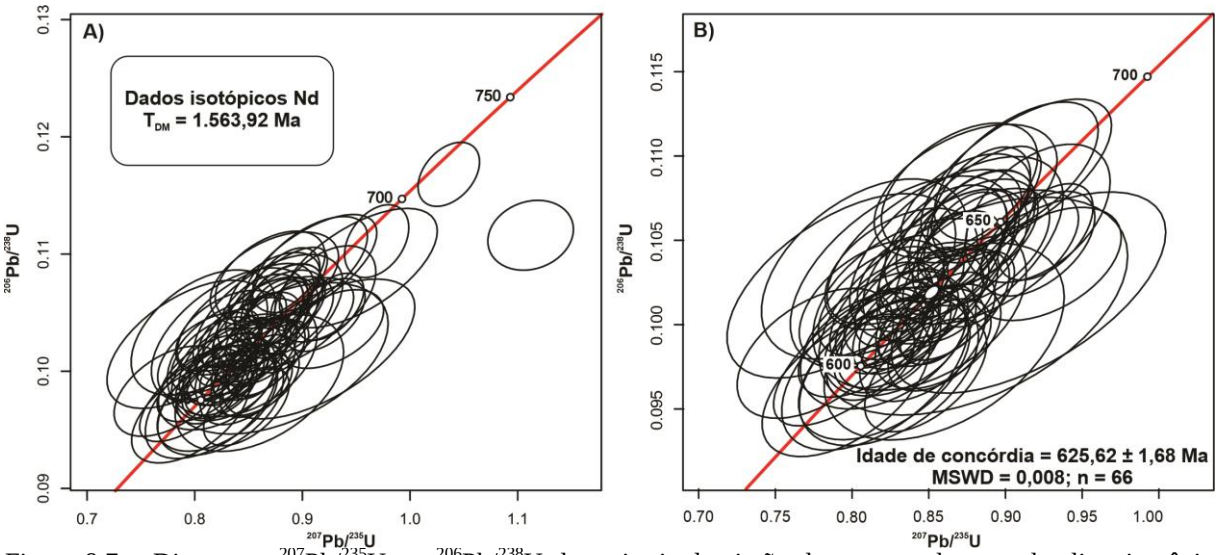


Figura 9.7 – Diagramas $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ dos cristais de zircão da amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21). (A): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando as idades de todos os cristais de zircão analisados; (B): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando a idade de concórdia de 625,62 ±1,68 Ma (MSWD = 0,008; n = 66). Os erros das elipses são reportados em 2σ.

Os cristais de zircão da amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-GR) ocorrem com formas prismáticas subédricas com terminações arredondadas e formas ovoides a arredondadas, com dimensões que variam entre 100-250 μm e razão axial de 1:2 a 1:3. Sob imagens de CL, frequentemente exibem textura interna homogênea com bordas luminescentes de cor cinza-branco brilhante, às vezes caracterizados por bordas de cor cinza escuro ou cinza claro (Figura 9.8). Alguns cristais apresentam texturas tipo zoneamento setorial e tipo *soccer ball* pouco nítidas (Figura 9.8). Os cristais também podem exibir núcleos arredondados de cor mais escura (Figura 9.8).

As análises geocronológicas U/Pb foram realizadas em 68 cristais de zircão, totalizando 74 *spots*. Dessas análises, 45 determinações apresentaram concordância de 100 ±10%, exibindo idades $^{206}Pb/^{238}U$ entre 532 Ma a 717 Ma (Figura 9.9 – A).

Das determinações U/Pb realizadas, 25 análises de núcleos de grãos de zircão com textura interna homogênea, tipo *soccer ball* ou com zoneamento setorial e de bordas de textura interna homogênea se distribuem ao longo de uma concórdia, com idades $^{206}Pb/^{238}U$

mínimas de ca. de 576 Ma e máximas de ca. de 641 Ma, apresentando idade de concórdia de 606,60 ±3,70 Ma (MSWD = 0,46, n = 25) (Figura 9.9 – B).

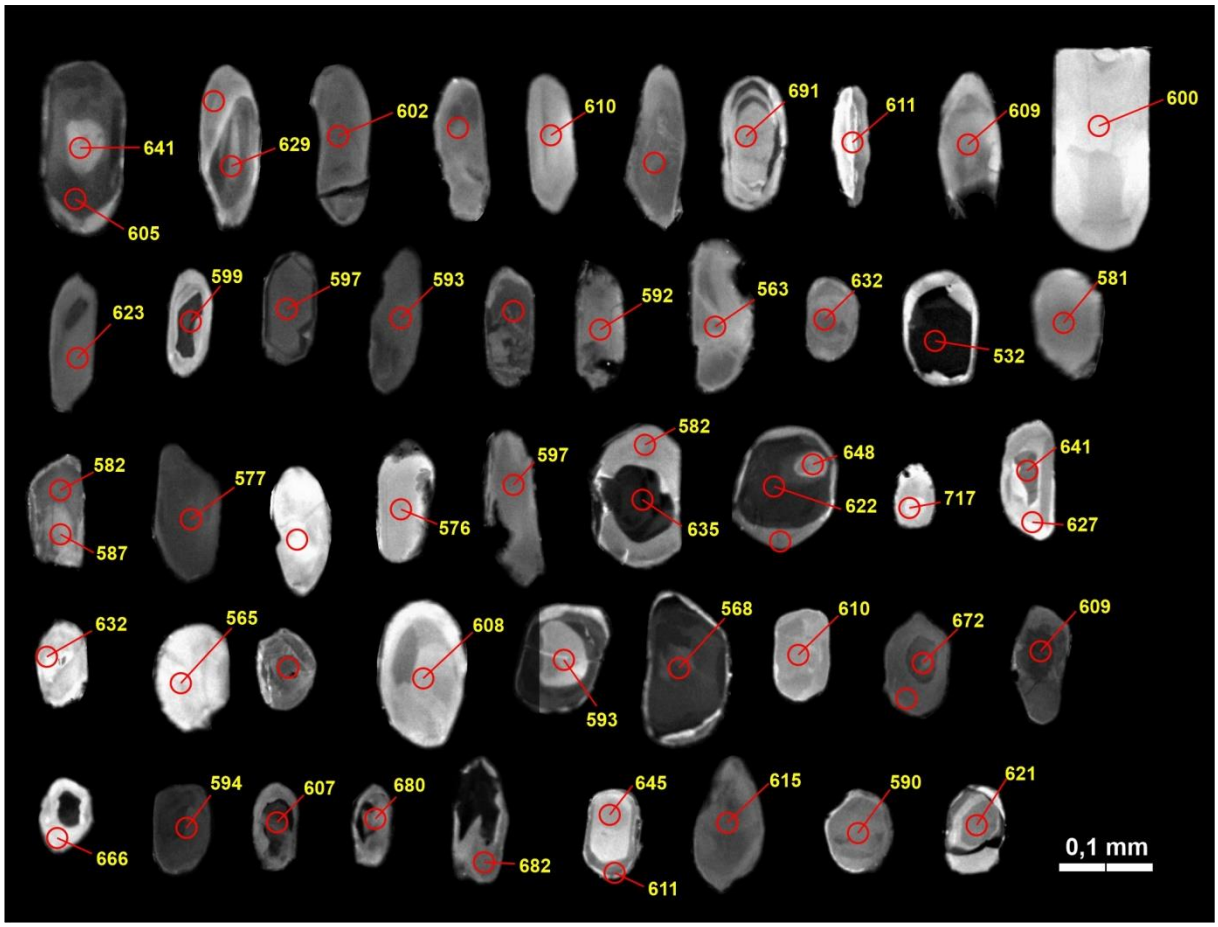


Figura 9.8 – Imagens de catodoluminescência dos cristais de zircão da amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-GR), com a localização dos *spots* das análises por LA-ICP-MS indicada pelo círculo vermelho (20 µm de diâmetro) e a idade $^{206}Pb/^{238}U$ correspondente. *Spots* sem idade $^{206}Pb/^{238}U$ representam análises com erro analítico.

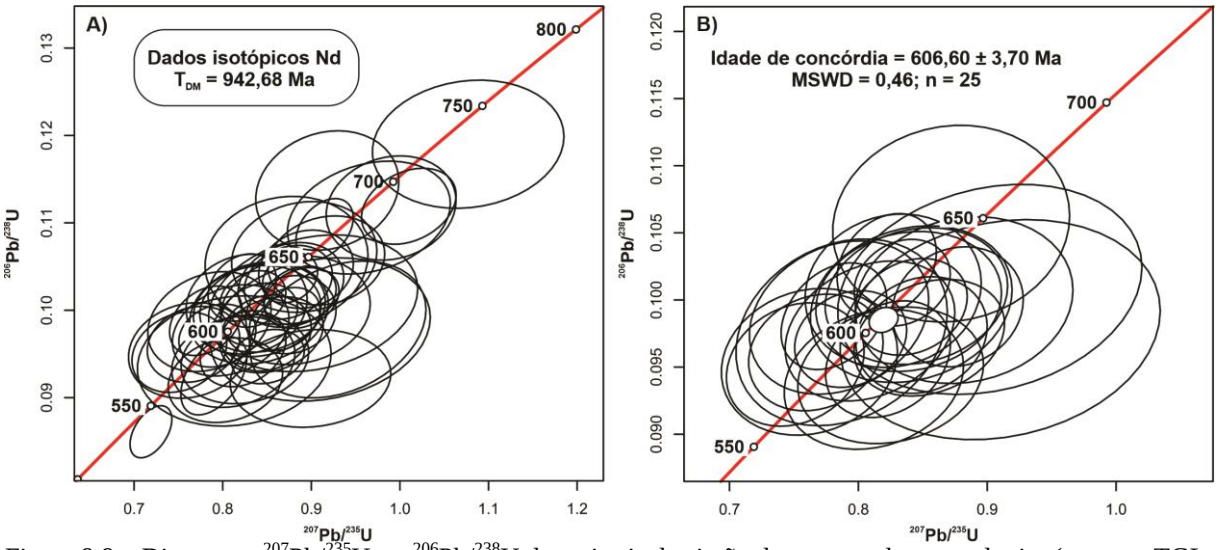


Figura 9.9 – Diagramas $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ dos cristais de zircão da amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-GR). (A): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando as idades de todos os cristais de zircão analisados; (B): Diagrama $^{207}Pb/^{235}U$ *vs.* $^{206}Pb/^{238}U$ mostrando idade de concórdia de 606,60 ±3,70 Ma (MSWD = 0,46; n = 25). Os erros das elipses são reportados em 2σ.

A idade de concórdia foi interpretada como associada ao evento metamórfico. As concentrações de U e Th desses cristais de zircão que se distribuem ao longo da concórdia variam de 20 a 161 ppm e 1 a 52 ppm, respectivamente, com razões Th/U variando entre 0,03 e 0,56.

9.3 A idade de metamorfismo

Em rochas metamórficas de alto grau, as idades isotópicas determinadas a partir de zircões são menos facilmente interpretadas devido aos controles dos processos metamórficos e petrológicos envolvidos no crescimento do zircão (FRASER et al., 1997). Essas rochas frequentemente apresentam múltiplos estágios de crescimento do zircão e as reações sólido-sólido não são os únicos fatores que controlam o crescimento do zircão (BLACK et al., 1986; HANCHAR e MILLER, 1993; WILLIAMS et al., 1996; WU, 2021, entre outros).

O crescimento de zircão metamórfico é abundante em rochas de alta a ultra-alta pressão e rochas de alta a ultra-alta temperatura, principalmente devido ao aumento da solubilidade do Zr em fluidos aquosos nessas condições metamórficas, em função do aumento do teor de Si e alcalinidade dos fluidos (HARLEY, 2007; RUBATTO, 2017).

A formação de zircão metamórfico pode ocorrer desde os estágios iniciais (metamorfismo progressivo) até os estágios finais (metamorfismo retrógrado) da trajetória metamórfica *P-T*. O significado de uma idade isotópica determinada a partir de zircão metamórfico depende de quando a fase rica em Zr formou-se, se foi formada ou não em estado sólido, por precipitação de um fluido ou por recristalização de zircão do protólito (HOSKIN e SCHALTEGGER, 2003).

O Zr está concentrado em muitos minerais metamórficos (a exemplo de granada, anfibólio, biotita, óxidos, entre outros), de modo que as reações envolvendo esses minerais podem ter um efeito significativo sobre o crescimento e a proporção modal de zircão (FRASER et al., 1997). A quebra de uma determinada fase mineral com Zr pode desencadear o crescimento de zircão metamórfico.

Diferentes estudos descreveram a formação de zircões metamórficos durante a trajetória metamórfica retrógrada, após as condições do pico de pressão, como durante a exumação ou resfriamento (ROBERTS e FINGER, 1997; FRASER et al., 1997; WHITEHOUSE e PLATT, 2003; TIMMERMAN et al ., 2004; HARLEY et al., 2007; KOHN et al., 2015, entre outros). Usando modelagem de balanço de massa de Zr para sistemas metabásicos e metapelíticos, Kohn et al. (2015) demonstraram que o zircão cresce preferencialmente durante os estágios de exumação e resfriamento, particularmente durante a

dissolução da granada e reações de formação de óxidos, mostrando que o zircão se dissolve ligeiramente sob condições metamórficas de auge e cresce preferencialmente durante a exumação e resfriamento. Esses estudos indicam que o crescimento do zircão nem sempre registra o pico do metamorfismo, mas representa/registra o tempo de reações metamórficas particulares.

As razões Th/U dos grãos de zircão têm sido comumente usadas como ferramenta para auxiliar na compreensão do significado geológico das idades U/Pb e na origem do ambiente de crescimento dos grãos. Comumente, razões Th/U abaixo de 0,1 são relacionadas ao crescimento metamórfico, e grãos com razões Th/U superiores a 0,1 são geralmente associados com origem magmática (HEAMAN et al., 1990; RUBATTO e GEBAUER, 2000; RUBATTO, 2002, 2017; HOSKIN e SCHALTEGGER, 2003, entre outros).

As baixas razões Th/U previstas para zircões metamórficos estão relacionadas à presença comum de fases ricas em Th em rochas metamórficas crustais, como monazita e allanita e também devido à preferência de U^{4+} em relação à Th^{4+} (raio iônico maior) na rede cristalina do zircão, resultando em proporções Th/U relativamente baixas (WU, 2021).

Os fatores que controlam as relações Th/U foram amplamente discutidos em diversos trabalhos (KELLY e HARLEY, 2005; HARLEY et al., 2007; KELSEY e HAND, 2015; RUBATTO, 2017; CHEN e ZHENG, 2017; YAKYMCHUK et al., 2018, WU, 2021; entre outros). Com base na modelagem de equilíbrio de fases, Yakymchuk et al. (2018) demonstrou que vários fatores afetam a relação Th/U do zircão metamórfico, incluindo as concentrações de Th e U da composição da rocha total, a quantidade de monazita no sistema e o comportamento do sistema, se fechado ou aberto, indicando que o zircão metamórfico pode apresentar valores Th/U variando de <0,01 a >10. As razões Th/U representam o ambiente de reação local, mecanismos de formação, taxas de crescimento e processos de equilíbrio *versus* desequilíbrio durante a formação do zircão metamórfico (KOHN e KELLY, 2018).

As idades de concórdia obtidas neste trabalho para as quatro amostras foram de 639,35 ±1,45 (MSWD = 0,71; n = 88) para rocha metassedimentar; de 625,14 ±2,95 Ma (MSWD = 1,0; n = 16) para a amostra de rocha ortoderivada quartzo-feldspática; de 625,62 ±1,68 Ma (MSWD = 0,008, n = 66;) para o granulito máfico; e de 606,60 ±3,70 Ma (MSWD = 0,46; n=25) para a amostra de retroeclogito. Essas idades são interpretadas como associadas ao evento metamórfico brasiliano e as texturas internas dos cristais observadas na catodoluminescência, como a presença dominante de texturas internas homogêneas e tipo *soccer ball*, são congruentes com o crescimento metamórfico desses zircões. As razões Th/U dos cristais de zircão metamórficos das amostras analisadas são variáveis e frequentemente

superiores a 0,1, sugerindo que a composição de rocha total e a ausência de fases como monazita e allanita nessas rochas influenciaram fortemente as razões Th/U desses cristais de zircão. As idades geocronológicas U/Pb obtidas no trabalho sugerem a formação de zircões metamórficos em diferentes momentos da trajetória metamórfica *P-T* (metamorfismo progressivo e regressivo) para cada amostra analisada. A formação dos zircões parece ser fortemente influenciada pela composição de rocha total, pela mineralogia presente na amostra, fracionamento mineral, formação e quebra de diferentes fases minerais portadoras de Zr, presença de fluidos, mobilidade de elementos e pela partição da deformação nas diferentes amostras.

Rochas metassedimentares frequentemente apresentam idades herdadas em cristais de zircão detríticos. A ausência de idades herdadas na amostra de metassedimento analisada (amostra TGL-39-E), sugere que durante o evento metamórfico, que alcançou condições de pico em fácies granulito de alta pressão, ocorreu re-homogeneização do sistema isotópico U/Pb. As texturas internas dos grãos sugerem crescimento metamórfico. A ausência de um intervalo de idades bem definido entre os núcleos e bordas dos cristais de zircão podem resultar da dissolução e re-precipitação dos cristais em condições de altas temperaturas (acima de 800ºC) e possível presença de fluidos alcalinos e anatexia, promovendo a dissolução de núcleos e grãos de zircão detríticos e permitindo a redefinição do sistema isotópico.

As idades metamórficas de concórdia obtidas variam entre 639,35 ±1,45 e 606,60 ±3,70 Ma e estão em congruência com o intervalo de idades de metamorfismo registrado para a Faixa Brasília Meridional entre ca. de 640 – 600 Ma (CAMPOS NETO e CABY, 2000; VALERIANO et al., 2004b; CAMPOS NETO et al., 2010, 2011; TROUW et al., 2013; WESTIN et al., 2021, entre outros). A idade metamórfica do retroeclogito obtida neste trabalho (606,60 ±3,70 Ma) está em concordância com o intervalo principal de idades metamórficas (entre ca. 630-600 Ma) apresentados para ocorrências de retroeclogito em outras regiões da Faixa Brasília Meridional (TROUW, 2008; COELHO et al., 2017; TEDESCHI et al., 2017; MARIMON et al., 2022).

9.4 Idade dos protólitos

Os dados isotópicos Sm/Nd apresentados neste trabalho, em associação com as idades U/Pb (em cristais de zircão) obtidas, indicam que na área de estudo, o Grupo Araxá é formado por rochas de idade paleo/mesoproterozoica e neoproterozoica, metamorfisadas e deformadas durante evento metamórfico neoproterozoico.

A presença de cristais de zircão com idades U/Pb mais antigas que a idade modelo T_{DM} de 1,89 Ga na amostra de rocha ortoderivada quartzo-feldspática (amostra TGL-34-A) sugere que a idade de T_{DM} obtida corresponda a uma idade "mista" (mistura). Os dados sugerem que esta rocha possa representar um produto de fusão de crosta mais antiga (de idade paleo/mesoproterozoica a arqueana), ou um produto de anatexia de metassedimentos, cuja fonte pode ter diferentes origens com contribuição de fontes mais jovens.

A idade modelo da amostra de granulito máfico (amostra TGL-17-21) sugere que o protólito desta rocha é mesoproterozoico (idade modelo T_{DM} de 1,56 Ga). As análises geocronológicas U/Pb em cristais de zircão dessa amostra resultaram numa idade de metamorfismo robusta (625,62 ±1,68 Ma - MSWD = 0,008; n = 66). A ausência de idades relacionadas à cristalização do protólito está provavelmente associada à re-homogeneização/recristalização do sistema U/Pb em decorrência das condições de alto grau metamórfico que essa rocha foi submetida. As texturas observadas nos zircões analisados desta amostra corroboram esta interpretação (texturas que indicam crescimento metamórfico).

Na amostra de retroeclogito, a idade modelo T_{DM} e a idade do metamorfismo sugerem que a idade de cristalização do protólito desta rocha é neoproterozoica (maior que ~606,6 Ma e menor que ~942 Ma). Considerando este intervalo para a idade de cristalização do protólito, o valor de $\varepsilon_{Nd(T)}$ é positivo e sugere uma fonte mantélica juvenil (fragmento de crosta oceânica neoproterozoica).

Os dados de geocronologia isotópica indicam que as rochas que ocorrem na área de estudo foram formadas a partir de protólitos de diferentes idades, fortemente afetados por metamorfismo e deformação durante o Neoproterozoico.

10. IMPLICAÇÕES GEOTECTÔNICAS E EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO NO CONTEXTO DA FAIXA BRASÍLIA MERIDIONAL

A área de estudo corresponde a uma zona de colisão resultante da obducção de segmento de crosta inferior, representado pelo Complexo Guaxupé, que cavalgou sobre rochas correlacionadas ao Grupo Araxá. Essas rochas foram afetadas, durante a colisão, pelo cinturão de cisalhamento direcional sinistral, denominado de Campo do Meio (HARALYI e HASUI, 1982a, b; HARALYI et al., 1985; HASUI et al., 1990; ZANARDO, 1992 e 2003; MORALES, 1993; DEL LAMA, 1993 e 1998; DEL LAMA et al. 2000; ZANARDO et al., 2006).

Os dados descritos neste trabalho, em consonância com os dados bibliográficos, reiteram um cenário regional com blocos crustais justapostos (Paleocontinente do São Francisco e Bloco/Paleocontinente Paranapanema) marcados por uma paleozona de sutura (Paleozona de Sutura de Alterosa) (ALMEIDA et al., 1980; HARALYI et al., 1985; MORALES, 1993; ZANARDO et al., 2006), relacionada à amalgamação do Gondwana Ocidental, no Neoproterozoico.

A aglutinação do Gondwana Ocidental resultou do fechamento do Oceano Goiás-Farusiano (CORDANI et al., 2003), e na borda sul do cráton do São Francisco, envolveu a colisão entre a margem passiva do cráton do São Francisco e a margem ativa do Paleocontinente Paranapanema (CAMPOS NETO e CABY, 1999; TROUW et al., 2000, 2013; VALERIANO et al., 2008, VALERIANO, 2017, entre outros autores).

Os sucessivos episódios que culminaram neste cenário iniciaram-se por volta de 950-900 Ma, dando início a um episódio tafrogenético (tafrogênese toniana). Este estágio de *rifting* (~950-700 Ma) resultou na fragmentação do supercontinente Rodínia e na dispersão dos fragmentos continentais, com abertura de bacias oceânicas e geração de litosfera oceânica (PIMENTEL e FUCK, 1992; PIMENTEL et al., 1999; VALERIANO et al., 2004a, 2008). Além disso, esta etapa é contemporânea ao desenvolvimento de bacias sedimentares (Grupos Araxá, Canastra, Ibiá, Andrelândia, etc) ao redor do Paleocontinente do São Francisco.

Seguindo a subducção da litosfera oceânica e a formação de arcos magmáticos (por exemplo, o Arco Magmático de Goiás), a fase orogênica (em torno de 670-625 Ma) começou com a subducção progressiva de unidades distais a proximais da margem passiva do Cráton do São Francisco sob o Paleocontinente Paranapanema e aglutinação de terrenos como o Maciço de Goiás.

Durante o estágio colisional, as rochas supracrustais do Grupo Araxá, na região de estudo, sofreram deformação generalizada sob regime metamórfico de alta pressão (acima do gradiente *Barrowiano*) associado a *overthrust* com espessamento crustal, processos de indentação e retrabalhamento de crosta antiga (VALERIANO et al., 2008).

A exumação tardi-pós-auge metamórfico e o resfriamento final ocorreram por volta de 610–580 Ma com empilhamento de *nappes* com vergência para SE-E (VALERIANO et al., 2004a), empurradas sobre o Paleocontinente do São Francisco.

Os dados da literatura mostram que a evolução da Faixa Brasília ocorreu no Neoproterozoico, associada à aglutinação entre núcleos continentais antigos (cráton do São Francisco, embasamento da Faixa Brasília e Maciço de Goiás) com rochas juvenis neoproterozoicas (arcos magmáticos) e sedimentos relacionados (Grupos Canastra, Ibiá, Paranoá, Vazante, Bambuí, Araxá e Andrelândia, São João Del Rei, Carrancas). Idades descritas entre 640-620 Ma estão associadas ao estágio de colisão continental, envolvendo metamorfismo de médio a alto grau (PIUZANA et al. 2003; BALDWIN e BROWN, 2008), seguido de granitogênese de fusão crustal (PIUZANA et al. 2003, VALERIANO et al., 2004b, 2008; BALDWIN e BROWN, 2008; CAMPOS NETO et al., 2011; TROUW et al., 2013). Por volta de 610 Ma, ocorreu exumação tectônica através de *nappes* de fácies anfibolito e granulito "empurradas" nos terrenos externos alóctones e autóctones da Faixa Brasília (VALERIANO et al., 2008).

10.1 Evolução geológica da área de estudo

A configuração geológica da região de estudo resultou do cavalgamento dos terrenos granulíticos do Complexo Guaxupé em rampa frontal com direção próxima de N-S a NW-SE e rampa lateral/oblíqua em direção próxima de E-W sobre a borda do Cráton do São Francisco no Neoproterozoico. Na frente da colisão, nos domínios do bloco cavalgado, a deformação foi absorvida pelo desenvolvimento de cinturões transcorrentes (HASUI et al., 1990; MORALES, 1993; MORALES et al., 1996; EBERT e HASUI, 1998). De acordo com Morales (1993), o arranjo lito-estrutural das unidades geológicas na região, mostra que a deformação foi absorvida inicialmente ao longo de planos de baixo ângulo em regime de cavalgamento (cavalgamento do Complexo Guaxupé sobre o Paleocontinente do São Francisco), passando posteriormente para alto ângulo, em regime direcional (desenvolvimento do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio).

As feições estruturais indicam que esse conjunto experimentou deformação cisalhante penetrativa, servindo como "sítio" de movimento entre os paleocontinentes, cuja deformação

se concentrou ao longo das faixas de alto ângulo, direcionais, que marcam o Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio (MORALES, 1993; MORALES et al., 1996).

De acordo com Morales (1993), na região a sul da área de estudo, no Complexo Guaxupé (Bloco/Paleocontinente Paranapanema), a principal foliação observada é paralela ao bandamento, com orientação geral WNW-ESE, com baixo ângulo de mergulho para SSW, desenvolvida em zona de cisalhamento de baixo ângulo. A lineação mineral/estiramento apresenta orientação geral NW-SE, com baixo ângulo de mergulho, e os indicadores cinemáticos indicam transporte de massa de SE para NW. Próximo ao contato entre as rochas do Complexo Guaxupé e do Grupo Araxá (logo acima da Zona de Cisalhamento Varginha), a foliação principal apresenta mudança no ângulo de mergulho, assumindo mergulhos moderados a altos para SSW, e a lineação mineral/estiramento acompanha essa re-orientação, assumindo orientação próxima a E-W, com baixo ângulo de mergulho para W (MORALES, 1993).

O rearranjo da foliação e lineação, segundo Morales (1993), resultou da superposição de dois cisalhamentos, o primeiro com transporte para N (em rampa frontal), responsável pela foliação de baixo ângulo observada no Complexo Guaxupé, superimposto por zona de cisalhamento sinistral vertical, com direção E-W (que afeta as rochas da porção norte do Complexo Guaxupé e as rochas da Paleozona de Sutura de Alterosa na área de estudo).

Na área de estudo, a foliação Sn apresenta direção com *trend* NW-SE e mergulhos moderados a altos para SW. A lineação principal observada apresenta direção próxima de E-W com baixo mergulho para W e os indicadores cinemáticos indicam movimentação relativa sinistral de W para E.

A foliação principal observada resultou da superposição de cisalhamento direcional sinistral com movimentação de W para E sobre cisalhamento de baixo ângulo de mergulho (cavalgamento em rampa frontal com direção aproximada de N-NE para S-SW). Os dois tipos de cisalhamento aparentam ter ocorrido em sequência, com o último se iniciando quando o primeiro ainda estava ativo (rotacionando parcialmente a foliação de baixo ângulo para ângulos moderados a altos), desenvolvido ainda em condições de fácies granulito para toda a sequência de rochas que ocorre entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais. A foliação Sn na área de estudo está associada à principal fase de deformação (Dn), de caráter dúctil, marcada pela recristalização, deformação com forte blastomilonitização e orientação dos minerais e agregados minerais, desenvolvida após o pico metamórfico, ainda em condições de alto grau metamórfico (correspondendo a níveis crustais intermediários a profundos).

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que todos os litotipos que ocorrem entre as zonas de Cisalhamento Varginha e Campos Gerais (situados no bloco cavalgado) alcançaram condições de fácies granulito de alta pressão no pico metamórfico. Os resultados petrográficos e geotermobarométricos sugerem trajetória metamórfica com sentido horário, com reequilíbrio das associações minerais dentro do campo de estabilidade da cianita. Os dados apresentados são compatíveis com regime *P-T* típico de zonas de espessamento crustal (colisão continental).

Os retroeclogitos representam relictos de crosta oceânica neoproterozoica que alcançaram condições de fácies eclogito durante a subducção (antes da colisão continental). Essas rochas foram colocadas no contexto da sequência das rochas em estudo por meio do cisalhamento de baixo ângulo (cavalgamento), que permitiu a exumação dessas rochas que registram auge metamórfico em condições de pressão acima da linha de reação de albita = jadeíta + quartzo.

Os resultados obtidos neste trabalho, associado aos dados compilados de trabalhos anteriores e com base na bibliografia existente para a área de estudo, esboçam um quadro de evolução compatível com os modelos geológicos de Haralyi e Hasui (1982a, b), Haralyi et al. (1985), Hasui et al. (1990), Morales (1993) e Ebert e Hasui (1998), baseados num cenário de colisão continental oblíqua com desenvolvimento de cinturões transcorrentes, que representam “locais” de concentração de deformação e que controlaram o rearranjo das unidades litológicas e das estruturas tectônicas mais antigas.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

- Os dados obtidos e descritos neste trabalho reiteram um quadro regional de blocos crustais justapostos, marcados por uma paleozona de sutura (DAVINO, 1979; ALMEIDA et al., 1980; HARALYI e HASUI, 1982a, b; HARALYI et al., 1985; HASUI et al., 1990; CAMPOS NETO, 1991; ZANARDO, 1992, 2003; MORALES, 1993; DEL LAMA, 1993 e 1998; CAMPOS NETO e CABY, 1999, 2000; DEL LAMA et al. 2000; EBERT, 2005; ZANARDO et al., 2006; HASUI, 2010). A estruturação regional, reconhecida pela gravimetria (DAVINO, 1979; ALMEIDA et al., 1980; HASUI, 1982; HARALYI e HASUI, 1982a, b; HARALYI et al., 1985; HASUI et al., 1990), mostra blocos crustais a norte e a sul (Cráton do São Francisco e Bloco/Paleocontinente Paranapanema, respectivamente), cujos limites foram definidos por grandes descontinuidades gravimétricas. Os limites dos blocos correspondem a uma faixa de deformação intensa, marcada pela atuação do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio (ZANARDO, 1992; MORALES, 1993; ZANARDO et al., 2006), cujos litotipos foram correlacionados ao Grupo Araxá (ZANARDO, 1992; ZANARDO et al., 1996b, 2006).

- A configuração geológica da região resulta da obducção de segmento de crosta inferior, representada pelo Complexo Guaxupé, que inicialmente cavalgou em rampa frontal e rampa lateral/oblíqua sobre a borda do Cráton do São Francisco no Neoproterozoico. Na frente da colisão (durante a colisão), a deformação foi absorvida por meio do desenvolvimento de cinturões de cisalhamento transcorrentes (Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio).

- A Zona de Cisalhamento Varginha separa, a norte, as rochas correlacionadas ao Grupo Araxá (no contexto da Paleozona de Sutura de Alterosa), e a sul, as rochas granulíticas do Complexo Guaxupé e marca o limite entre terrenos de alta a ultra-alta temperatura (rochas granulíticas do Complexo Guaxupé) de terrenos de alta pressão (Grupo Araxá na Paleozona de Sutura de Alterosa).

- Entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais, as litologias são constituídas por metassedimentos pelíticos, psamo-pelíticos, psamíticos e grauvaqueanos, geralmente contendo granada, ortoclásio, oligoclásio/andesina, cianita

e rutilo, intercalados a granada ortognaisses (com anfibólio, biotita, clinopiroxênio, ortoclásio e oligoclásio/andesina), além de rochas metamáficas com granada, clinopiroxênio, anfibólio, plagioclásio e rutilo, e lentes subordinadas de rochas metaultramáficas.

- Nas rochas que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais, a foliação principal (Sn) é paralela ao bandamento, representada por xistosidade, comumente marcada por feições blastomiloníticas e anastomosadas e por forte deformação dúctil. A foliação principal apresenta direção WNW-ESE, com ângulo de mergulho médio a alto para SW, desenvolvida após o pico metamórfico, ainda em condições de fácies granulito a anfibolito superior. A lineação principal (mineral/estiramento) está contida na foliação principal, com orientação WNW-ESE e baixo ângulo (<10º) para SW. A atitude da estruturação principal dos litotipos que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais resulta da superposição do arranjo em rampa frontal + rampa oblíqua com movimentação sinistral (em porções crustais intermediárias a profundas para as rochas em estudo).

- O quadro geotectônico é compatível com as condições de pressão e temperatura determinadas, em que na base do bloco cavalgante, representada pelo Complexo Guaxupé, ocorrem granulitos de alta a ultra-alta temperatura (DEL LAMA et al., 2000; GARCIA e CAMPOS NETO, 2003; ROCHA et al., 2016; TEDESCHI et al., 2018; LEME et al., 2020b; entre outros).

- No bloco cavalgado, as rochas correlacionadas ao Grupo Araxá na Paleozona de Sutura de Alterosa mostram condições de pressão superiores e de temperaturas inferiores em comparação aos terrenos granulíticos do Complexo Guaxupé. As associações minerais, texturais, as características químicas e as estimativas geotermobarométricas das rochas que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais, indicam pico metamórfico em fácies granulito de alta pressão (resultado do espessamento crustal durante a colisão continental), com temperaturas entre 850-900ºC e pressões entre 14-15,5 kbar. As condições de reequilíbrio são balizadas entre 700-820°C e 10-13,5 kbar, em fácies granulito a anfibolito superior, dentro do campo de estabilidade da cianita.

- Em todas as amostras analisadas observam-se reações retrometamórficas associadas ao reequilíbrio em condições de fácies granulito a anfibolito superior. Essas reações ocorreram com grau variado, provavelmente devido à composição de rocha total dos diferentes litotipos e da partição da deformação na catalisação dessas reações. As reações metamórficas de reequilíbrio aparentam ser diferentes de amostra para amostra, dependente da mobilidade química de cada elemento envolvido no processo de metamorfismo e deformação.

- As condições do pico metamórfico estimado para as rochas em estudo estão em congruência com as condições de metamorfismo estimadas para o topo do Sistema de *Nappes* Andrelândia (*Nappe* Três Pontas-Varginha e *klippes* associados), a leste, no contexto do Grupo Andrelândia, que indicam ter alcançado condições de granulito de alta pressão (CAMPOS NETO e CABY, 2000; GARCIA e CAMPOS NETO, 2003; CAMPOS NETO et al., 2010; entre outros). Condições metamórficas semelhantes são descritas para a porção do topo da *Nappe* de Passos (Grupo Araxá), a norte, que registra condições de fácies anfibolito alto/granulito, na zona da cianita (ZANARDO, 1992; SIMÕES, 1995).

- Os dados isotópicos Sm/Nd apresentados neste trabalho, em associação com as idades U/Pb (em cristais de zircão) obtidas, indicam que na área de estudo os litotipos são formados por rochas de idade paleo/mesoproterozoica a neoproterozoica, metamorfisadas e deformadas durante evento metamórfico neoproterozoico.

- As idades geocronológicas U/Pb (obtidas em cristais de zircão) de concórdia apresentadas neste trabalho (entre 639,35 ±1,45 a 606,60 ±3,70 Ma) foram interpretadas como associadas ao evento metamórfico neoproterozoico. As idades U/Pb obtidas representam a formação de zircões metamórficos em diferentes momentos da trajetória metamórfica *P-T*, influenciadas pelas condições de pressão e temperatura, composição de rocha total, formação e quebra de diferentes fases minerais portadoras de zircônio e partição da deformação.

- As características geoquímicas indicam que as amostras de retroeclogito analisadas têm como protólito basaltos do tipo E-MORB com baixo grau de contaminação crustal.

- Os dados de geoquímica de rocha total e geocronologia isotópica Sm/Nd dos retroeclogitos descritos sugerem que o protólito dessas rochas são fragmentos de crosta oceânica com fonte mantélica juvenil neoproterozoica, que foram metamorfisados em fácies eclogito durante a subducção. O intervalo de condições *P-T* estimado neste trabalho para os retroeclogitos representam as condições mínimas que essas rochas alcançaram, associadas aos estágios de reequilíbrio em fácies granulito a anfibolito superior. Dados de geocronologia isotópica U/Pb em cristais de zircão resultaram em uma concórdia de 606,60 ±3,70 Ma interpretada como idade do retrometamorfismo (exumação) ainda em fácies granulito a anfibolito superior.

- Os resultados petrográficos e geotermobarométricos sugerem trajetória metamórfica com sentido horário para as rochas em estudo, com reequilíbrio das associações minerais dentro do campo de estabilidade da cianita. Os dados apresentados são compatíveis com regime *P-T* típico de zonas de espessamento crustal (colisão continental).

- Os resultados indicam que os litotipos que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Varginha e Campos Gerais representam um cinturão metamórfico de alta pressão (*High Pressure – HP*). A presença de rochas metamáficas, cujo protólito corresponde a fragmentos de crosta oceânica, intercalado com rochas ortoderivadas (de idade paleo/mesoproterozoicas a neoproterozoicas) no contexto de rochas metassedimentares, com lentes de rochas metaultramáficas, com todo o conjunto intensamente deformado, corrobora a hipótese que esta faixa corresponde a uma *mélange* tectônica.

- As rochas metassedimentares da área de estudo são correlacionáveis ao Grupo Araxá. As idades modelo (T_{DM}), as razões isotópicas Sm/Nd obtidas na região para rochas ortoderivadas quartzo-feldspáticas sugerem que parte destas rochas podem ter-se formado a partir da fusão de rochas ortoderivadas mais antigas (arqueanas a

paleoproterozoicas – embasamento?) e também como produto de fusão de rochas metassedimentares (fusão crustal).

- A porção norte do Complexo Guaxupé (porção basal) representa uma faixa de metamorfismo de ultra-alta temperatura (*ultra-high temperature – UHT*) que foi obductada sobre as rochas do Grupo Araxá. Este arranjo de blocos de HP e UHT constitui uma configuração de cinturões pareados formado em zonas de colisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUE, J. J.; ECKERT JR, J. O. Precipitation of rutile and ilmenite needles in garnet: Implications for extreme metamorphic conditions in the Acadian Orogen, USA. **American Mineralogist**, v. 97, n. 5-6, p. 840-855, 2012.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S.; FONSECA, M. A. Assembling West Gondwana in the Neoproterozoic: clues from the São Francisco craton region, Brazil. **Geology**, v. 29, n. 4, p. 319-322, 2001.

ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da plataforma brasileira. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM**, Rio de Janeiro, n. 241, 1967. 36p.

ALMEIDA, F. F. M. Evolução tectônica do centro-oeste brasileiro no Proterozóico Superior. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 40, n. suplemento, p. 285-295, 1968.

ALMEIDA, F. F. M. Geochronological division of the Precambrian of South America. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 1, n. 1, p. 13-21, 1971.

ALMEIDA, F. F. M. Estruturas do Pré-Cambriano Inferior brasileiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 29, 1976, Ouro Preto, MG. **Resumos...**Ouro Preto: SBG, 1976a. p. 201-202.

ALMEIDA, F. F. M. O Craton do São Francisco e suas faixas marginais de dobramentos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 29, 1976, Ouro Preto, MG. **Resumos...**Ouro Preto: SBG, 1976b. p. 214-215.

ALMEIDA, F. F. M. Regimes tectônicos arqueanos na evolução proterozóica e mineralização do leste brasileiro. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 50, n. 4, p. 601-602, 1978.

ALMEIDA, F. F. M. O Craton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. *In*: SIMPÓSIO SOBRE O CRATON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, n. 1, 1981, Salvador, BA. **Anais...**Salvador: SBG, 1981, p. 1-10.

ALMEIDA, F. F. M.; AMARAL, G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of the Amazon River. *In*: NAIRN, A. E. M.; STEHLI, F. G. (eds.). **The Ocean Basins and Margins, v. 1 – The South America**. Boston: Springer-Verlag, 1973. p. 411-446.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. The Upper Precambrian of South America. **Boletim IG**, v. 7, p. 45-80, 1976.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian Structural Provinces: An introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; DAVINO, A.; HARALYI, N. L. E. Informações geofísicas sobre o oeste mineiro e seu significado geofísico. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 52, n. 1, p. 49-60, 1980.

ALMEIDA, F. F. M.; WERNICK, E. Granulitic rocks in the Early Precambrian of Brazil. *In*: INTERNACIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, n. 25, 1976, Sydney. **Abstracts...**Sydney: IUGS, 1976. v. 1, p. 3.

ALTENBERGER, U.; WILHELM, S. Ductile deformation of K-feldspar in dry eclogite facies shear zones in the Bergen Arcs, Norway. **Tectonophysics**, v. 320, n. 2, p. 107-121, 2000.

ARAÚJO FILHO, J. O. The Pirineus Syntaxis: An example of the intersection of two Brasiliano fold-thrust belts in central Brazil and its implications for the tectonic evolution of western Gondwana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 1, p. 144-148, 2000.

ARTUR, A. C.; WERNICK, E. Terrenos policíclicos e estágios de evolução crustal. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 33, 1984, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...**Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 7, p. 3081-3090.

ARTUR, A. C.; WERNICK, E. Interpretação geotectônica de alguns aspectos do embasamento cristalino do estado de São Paulo e áreas adjacentes do estado de Minas Gerais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 34, 1986, Goiânia, GO. **Anais...**Goiânia: SBG, 1986. v. 3, p. 1285-1295.

BALDWIN, J. A.; BROWN, M. Age and duration of ultrahigh-temperature metamorphism in the Anápolis–Itauçu Complex, Southern Brasília Belt, central Brazil–constraints from U–Pb geochronology, mineral rare earth element chemistry and trace-element thermometry. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 26, n. 2, p. 213-233, 2008.

BARBOSA, O. Guia de excursão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 9, 1955. **Noticiário...**, SBG, 1955, v. 3, p. 3-5.

BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C.; CUNHA, C. A. C. R. Geologia do triângulo Mineiro. **Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral**, Rio de Janeiro. n.136, 140 p, 1970.

BEBOUT, G. E. Metamorphic chemical geodynamics of subduction zones. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 260, n. 3-4, p. 373–393, 2007a.

BEBOUT, G. E. Trace element and isotopic fluxes/subducted slab. **Treatise on Geochemistry**, v. 3, p. 1-50, 2007b.

BEBOUT, G. E. Chemical and Isotopic Cycling in Subduction Zones. **Treatise on Geochemistry**, v. 4, p. 703-747, 2014.

BERNARD-GRIFFITHS, J.; PEUCAT, J. J.; CORNICHET, J.; DE LÉON, M. I. P.; IBARGUCHI, J. G. U-Pb, Nd isotope and REE geochemistry in eclogites from the Cabo Ortegal Complex, Galicia, Spain: An example of REE immobility conserving MORB-like patterns during high-grade metamorphism. **Chemical Geology: Isotope Geoscience section**, v. 52, n. 2, p. 217-225, 1985.

BLACK, L. P.; WILLIAMS, I. S.; COMPSTON, W. Four zircon ages from one rock: the history of a 3930 Ma-old granulite from Mount Sones, Enderby Land, Antarctica. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 94, n. 4, p. 427-437, 1986.

BOSUM, W. O levantamento aeromagnético de Minas Gerais e Espírito Santo e sua sequência quanto à estrutura geológica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, n. 3, p. 149-159, 1973.

BRAGA, I. F.; EBERT, H. D. Análise estrutural e deformacional em zonas de cisalhamento de baixo mergulho e transcorrentes associadas a Zona de Sutura Alterosa, na região de Cristina e Itajubá–MG. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 3, p. 413-425, 2006.

BRANDALISE, L. A.; SOUZA, A. A.; QUEIROZ, E. T.; VIANNA, I. A.; SILVA, J. N.; NERY, J. R. **Projeto Fôlha Rio de Janeiro: Geologia preliminar da região meridional de Minas Gerais na escala 1:250.000.** Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1971. 249p, 6 mapas.

BRITO NEVES, B. B.; CAMPOS NETO, M. C.; FUCK, R. A. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. **Episodes**, v. 22, n. 3, p. 155-166, 1999.

BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. The basement of the South American platform: Half Laurentian (N-NW)+ half Gondwanan (E-SE) domains. **Precambrian Research**, v. 244, p. 75-86, 2014.

BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M. The Brasiliano collage in South America: a review. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, n. 3, p. 493-518, 2014.

BROWN, M. *P–T–t* evolution of orogenic belts and the causes of regional metamorphism. **Journal of the Geological Society**, v. 150, n. 2, p. 227-241, 1993.

BROWN, M. Retrograde processes in migmatites and granulites revisited. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 20, n. 1, p. 25-40, 2002.

BROWN, M. Metamorphic conditions in orogenic belts: a record of secular change. **International Geology Review**, v. 49, n. 3, p. 193-234, 2007.

BUCHER, K. **Petrogenesis of metamorphic rocks**. Switzerland: Springer Nature, 2023. 467p.

CAMPOS NETO, M. C. Evolução do Pré-Cambriano Paulista e regiões adjacentes. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, n. 4, 1985, São Paulo, SP. **Atas...**São Paulo: SBG, 1985. P 79-80.

CAMPOS NETO, M. C. **A porção ocidental da Faixa Alto Rio Grande - Ensaio de evolução tectônica.** 1991. 210p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, 1991.

CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S.; ALVES, F. R.; VASCONCELOS, A. C. B. A Nappe de cavalgamento Socorro (SP-MG). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 33, 1984, Rio de Janeiro, RJ. **Anais**... Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 4, p. 1809-1822.

CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S; JANASI, V. de A.; MORAES, R. 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 Sciences**, v. 32, n. 4, p. 393-406, 2011.

CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S.; VLACH, S. R. F.; CABY, R.; SZABÓ, G. A. J.; VASCONCELOS, P. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: Um esboço da Colagem Brasiliana no Sul do Cráton do São Francisco, SE-Brasil. **Geologia USP - Série Científica**, v. 4, n.1, p. 13-40, 2004.

CAMPOS NETO, M. C.; CABY, R. Neoproterozoic High-Pressure Metamorphism and Tectonic Constraint from the Nappe System South of the São Francisco Craton, Southeast Brazil. **Precambrian Research,** n. 97. p. 3-26, 1999.

CAMPOS NETO, M. C.; CABY, R. Terrane Accretion and Upward Extrusion of High-Pressure Granulites in the Neoproterozoic Nappes of Southeast Brazil: Petrologic and Structural Constraints. **Tectonics,** v. 19, n. 4, p. 669-687, 2000.

CAMPOS NETO, M. C.; CIOFFI, C. R.; MORAES, R.; MOTTA, R. G. da; SIGA Jr., O.; BASEI, M. A. S. 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, n. 3-4, p. 125-142, 2010.

CAMPOS NETO, M. C.; FIGUEIREDO, M. C. H. **Geologia das folhas São José do Rio Pardo e Guaranésia (porção paulista) em 1: 50.000**. São Paulo: SICCT-Pró Minério/IG-USP, 1985, 123p.

CAMPOS NETO, M. C.; FIGUEIREDO, M. C. H. Orogênese Rio Doce. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 37. 1992, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos**... São Paulo: SBG, 1992, v. 1, p. 276-277.

CAMPOS NETO, M. C.; JANASI, V. de A.; BASEI, M. A. S.; SIGA Jr., O. Sistema de *nappes* Andrelândia, setor oriental: Litoestratigrafia e posição estratigráfica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4 (suplemento), p. 47-60, 2007.

CAMPOS NETO, M. C.; PERROTA, M. M.; PELOGGIA, A. U. G.; FIGUEIREDO, M. C. H. Porção Ocidental da Faixa Alto Rio Grande (SP-MG). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 36, 1990, Natal, RN. **Anais**... Natal: SBG, 1990. v. 6, p. 2615-2630.

CARLSON, W.; SCHWARZE, E. Petrological significance of prograde homogenization of growth zoning in garnet: an example from the Llano Uplift. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 15, n. 5, p. 631-644, 1997.

CAVALCANTE, J. C.; CUNHA, H. C.; CHIEREGATI, L. A.; KAEFER, L. Q.; ROCHA, J. M.; DAITX, E. C.; COUTINHO, M. G. N.; HAMA, M.; YAMAMOTO, K.; DRUMOND, J. B. V.; ROSA, D. B.; RAMALHO, R. **Projeto Sapucaí: Relatório Final – Geologia – Volume 1**. Brasília: DNPM/CPRM, 1977. 615p.

CAVALCANTE, J. C.; CUNHA, H. C.; CHIEREGATI, L. A.; KAEFER, L. Q.; ROCHA, J. M.; DAITX, E. C.; COUTINHO, M. G. N.; YAMAMOTO, K.; DRUMOND, J. B. V.; ROSA, D. B.; RAMALHO, R. **Projeto Sapucaí - Estados de São Paulo e Minas Gerais (Relatório Final)**. Brasília: DNPM/CPRM, 1979. 299p, 4 mapas.

CHETTY, T. R. K. **Proterozoic orogens of India: A critical window to Gondwana**. Índia: Elsevier, 2017. 405p.

CHETTY, T. R. K.; SANTOSH, M.; TSUNOGAE, T. Suture zones and geodynamic processes. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 42, n.3, p. 155-157, 2011.

CHETTY, T. R. K.; YELLAPPA, T.; SANTOSH, M. Crustal architecture and tectonic evolution of the Cauvery Suture Zone, southern India. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 130, p. 166-191, 2016.

CHOPIN, C. Ultrahigh-pressure metamorphism: tracing continental crust into the mantle. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 212, n. 1-2, p. 1-14, 2003.

CHOUDHURI, A. Paragenesis and stability of hornblenda in charnockitic gneiss and mafic granulite-examples from Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 56, p. 155-161, 1984.

CHOUDHURI, A.; FIORI, A. P.; WINTERS, A. A. M.; BETTENCOURT, J. S.; RODRIGUES, J. E. A note on small bodies of eclogite as inclusions in high grade gneisses north of Pouso Alegre, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 8, n. 1, p. 63–68, 1978.

CHOUDHURI, A.; SCHRANK, A.; ROIG, H. L.; SZABÓ, G. A. J. 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**. New Delhi: Oxford & IBH Publishing Co.PVT.Ltd, 1995. p. 283-290.

CHOUDHURI, A.; SZABÓ, G. A. J.; EBERT, H. Feições estruturais e texturais dos derrames ultramáficos a norte e noroeste de Petúnia, sul de Minas Gerais. **Ciências da Terra**, v. 7, p. 18-20, 1983.

CHOUDHURI, A.; SOARES, P. C; MATTOS, J. T. de; TAI, W. F.; FIORI, A. P. **Projeto Jacuí: geologia das quadrículas de Jacuí e Nova Resende.** Rio Claro: Convênio DNPM/Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, 1979. 68p, 2 mapas.

COELHO, M. B.; TROUW, R. A. J.; GANADE, C. E.; VINAGRE, R.; MENDES, J. C.; SATO, K. Constraining timing and PT conditions of continental collision and late overprinting in the Southern Brasília Orogen (SE-Brazil): U-Pb zircon ages and geothermobarometry of the Andrelândia Nappe System. **Precambrian Research**, v. 292, p. 194-215, 2017.

COOKE, R. A.; O'BRIEN, P. J.; CARSWELL, D. A. Garnet zoning and the identification of equilibrium mineral compositions in high-pressure-temperature granulites from the Moldanubian Zone, Austria. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 18, n. 5, p. 551–569, 2000.

CORDANI, U. G.; BRITO-NEVES, B. B.; D'AGRELLA-FILHO, M. S. From Rodinia to Gondwana: a review of the available evidence from South America. **Gondwana Research**, v. 6, n. 2, p. 275-283, 2003.

COSTA, L. A. M.; ANGEIRAS, A. G. Tectonic zoning in the Epi-Baikalian platform of Central Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 41, p. 1034-1050, 1970.

CRÓSTA, A. P.; CHOUDHURI, A.; SZABÓ, G. A. J.; SCHRANK, A. Relações entre tipos litológicos e suas estruturas regionais nos terrenos arqueanos e proterozóicos do sudeste de Minas Gerais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 34, 1986, Goiânia, GO. **Anais...**Goiânia: SBG, 1986. v. 2, p. 710-721.

DARDENNE, M. A. The Brasília Fold Belt. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAS FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (eds.). **Tectonic Evolution of South America.** Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 231-263.

DAVINO, A. O baixo gravimétrico da região de Caldas Novas, Goiás. *In*: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, n. 2, 1979, Rio Claro, SP. **Atas...**Rio Claro: SBG, 1979. v. 1, p. 87-100.

DAVINO, A. Delineamento dos limites e estruturas do Cráton do Paramirim por gravimetria. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 31, 1980, Balneário de Camboriú, SC. **Anais...**Balneário de Camboriú: SBG, 1980. v. 5, p. 2573-2582.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **An Introduction to the Rock-Forming Minerals**. 2 ed. Londres: Longman, 1992. 696p.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Rock-forming minerals. Double-chain silicates – vol. 2A.** 2 ed. Londres: The Geological Society Publishing House, 1997a. 764p.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Rock-forming minerals. Orthosilicates**. 2 ed. Londres: The Geological Society Publishing House, 1997b. 918p.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Rock-forming minerals. Single-chain silicates – vol. 2A**. 2 ed. Londres: The Geological Society Publishing House, 1997c. 668p.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Rock-forming minerals. Framework silicates: silica minerals, feldspathoids and the zeolites – vol. 4B.** Londres: The Geological Society Publishing House, 2004. 982p.

DEL LAMA, E. A. **Petrologia das rochas metamórficas de alto grau do Complexo Campos Gerais e correlação com as do Complexo Varginha-Guaxupé: Estudos termobarométricos**. 1993. 132p. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 1993.

DEL LAMA, E. A. **Terrenos granulíticos de Guaxupé: Evolução petrológica de um segmento da crosta inferior**. 1998. 188p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 1998.

DEL LAMA, E. A.; OLIVEIRA, M. A. F. de; ZANARDO, A. Geotermobarometria em rochas do Complexo Campos Gerais ao norte da Zona de Cisalhamento Varginha. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 4, p. 1-7, 1994.

DEL LAMA, E. A.; ZANARDO, A.; OLIVEIRA, M. A. F. de; MORALES, N. Exhumation of high-pressure granulites of the Guaxupé Complex, southeastern Brazil. **Geological Journal,** Reino Unido, v. 35, n. 3-4, p. 231-249, 2000.

DEN BROK, B.; KRUHL, J. H. Ductility of garnet as an indicator of extremely high temperature deformation: discussion**. Journal of Structural Geology**, v. 18, n. 11, p. 1369-1373, 1996.

DePAOLO, D. J. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-alkaline granitic batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, Califórnia. **Journal of Geophysical Research**, v. 86, n. B11, p. 10470-10488, 1981.

DEWEY, J. F. Suture zone complexities: a review. **Tectonophysics**, v. 40, n. 1-2, p. 53-67, 1977.

DICKINSON, W. R.; GEHRELS, G.E. U-Pb ages of detrital zircons from Permian and Jurassic eolian sandstones of the Colorado Plateau, USA: paleogeographic implications. **Sedimentary Geology**, v. 163, n. 1-2, p. 29–66, 2003.

DIRKS, P. H. G. M.; SITHOLE, T. A. Eclogites in the Makuti gneisses of Zimbabwe: implications for the tectonic evolution of the Zambezi Belt in southern Africa. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 17, p. 593-612, 1999.

DYMEK, R. F. Titanium, aluminum and interlayer cation substitutions in biotite from high-grade gneisses, West Greenland. **American Mineralogist**, v. 68, n. 9-10, p. 880-899, 1983.

EBERT, H. Pesquisa na parte sudeste do Estado de Minas Gerais. **Relatório Anual da Divisão de Geologia e Mineralogia**, **DNPM**, Rio de Janeiro, p. 79- 89, 1955.

EBERT, H. A Tectônica do sul do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. **Relatório Anual do Diretor, Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM,** Rio de Janeiro, p. 97-107, 136-137, 1957.

EBERT, H. Baustil und Regionalmetamorphose im präkambrischen Grundgebirge Brasiliens. **Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen**, v. 8, n. 1, p. 49-81, 1962.

EBERT, H. A estrutura pré-cambriana do sudoeste de Minas Gerais e áreas adjacentes. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 26, p. 42-45, 1967.

EBERT, H. Ocorrências da fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: Hipóteses sobre sua origem. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 40, n. suplemento, p 215-229, 1968.

EBERT, H. Os paraibides entre São João del Rei, Minas Gerais, e Itapira, São Paulo, e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 25, 1971, São Paulo, SP. **Resumo das Comunicações...**São Paulo: SBG, 1971. p. 177-178.

EBERT, H. **Aspectos da geologia da região de São João del Rei e os Paraibides entre São João Del Rei e Itapira e a bifurcação entre Paraibíades e Araxaiades**. São Paulo, SBG – Núcleo São Paulo, 1984, 114p.

EBERT, H. D. **Estruturação tectônica e arcabouço crustal da região de interseção entre os cinturões Ribeira e Brasília: integração de dados geológicos, estruturais, geofísicos, geocronológicos e fisiográficos através de geoprocessamento e modelagem tridimensional**. 2005. 241p. Tese de Doutorado. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 2005.

EBERT, H. D.; HASUI, Y. Transpressional tectonics and partioning during oblique collision between three plates in Pré-cambrian of southeast Brazil. In: HOLDSWORTH, R. E.; STRACHAN, R. A.; DEWEY, J. F. (eds.). **Continental transpressional and transtensional tectonics.** Londres: Geological Society, 1998. p. 231-252.

EDWARDS, R. L.; ESSENE, E. J. Pressure, temperature and C-O-H fluid fugacities across the amphibolite-granulite transition, northwest Adirondack Mountains, New York**. Journal of Petrology**, v. 29, n. 1, p. 39-72, 1988.

EWING, T. A.; HERMANN, J.; RUBATTO, D. The robustness of the Zr-in-rutile and Ti-in-zircon thermometers during high-temperature metamorphism (Ivrea-Verbano Zone, northern Italy). **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 165, n. 4, p. 757-779, 2013.

FERRY, J. M.; WATSON, E. B. New thermodynamic models and revised calibrations for the Ti-in-zircon and Zr-in-rutile thermometers. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 154, n. 4, p. 429-437, 2007.

FONSECA, M. J. G.; SILVA, Z. C. G.; CAMPOS, D. A.; TOSATTO, P. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF.24) e Iguape (SG.23)**. Texto Explicativo. Brasília: MME/DNPM, 1979. 240p, 1 mapa.

FRASER, G.; ELLIS, D.; EGGINS, S. Zirconium abundance in granulite-facies minerals, with implications for zircon geochronology in high-grade rocks. **Geology**, v. 25, n. 7, p. 607-610, 1997.

FRUGIS, G. L.; CAMPOS NETO, M. C.; LIMA, R. B. 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, 2018.

FYFE, W. S.; LEONARDOS, O. H. Ancient metamorphic-migmatite belts of the Brazilian Atlantic coast: The African connection. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 4, n. 4, p. 247-251, 1974.

FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M., ALVARENGA, C. J.; DANTAS, E. L. The northern Brasília belt. *In*: HELIBRON, M., CORDANI, U.G., ALKMIM, F.F. (eds.). **São Francisco Craton, Eastern Brazil**. Springer, Cham, 2017. p. 205-220.

GARCIA, M. G. M.; CAMPOS NETO, M. C. Contrasting metamorphic conditions in the Neoproterozoic collision-related nappes south of São Francisco Craton, SE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 15, n. 8, p. 853-870, 2003.

GODOY, A. M.; MORALES, N.; ZANARDO, A.; OLIVA, A. Geologia e geoquímica das rochas graníticas da Zona de Sutura Alterosa, região de São Pedro da União - MG. **Geociências**, v. 18. n. 2, p. 417-437, 1999.

GOLDSMITH, J. R.; NEWTON, R. C. Scapolite-plagioclase stability relations at high pressures and temperatures in the system $NaAlSi_3O_8$-$CaAl_2Si_2O_8$-$CaCO_3$-$CaSO_4$. **American Mineralogist**, v. 62, n. 11-12, p. 1063-1081, 1977.

GOLDSMITH, J. R.; NEWTON, R. C.; MOORE, P. B. Silicate-nitrate compounds: High-pressure synthesis and stability of a nitrate scapolite. **American Mineralogist**, v. 59, n. 7-8, p. 768-774, 1974.

GOWER, R. J. W.; SIMPSON, C. Phase boundary mobility in naturally deformed, high-grade quartzofeldspathic rocks: evidence for diffusional creep. **Journal of Structural Geology**, v. 14, n. 3, p. 301-313, 1992.

GREEN, D. H.; RINGWOOD, A. E. An experimental investigation of the gabbro to eclogite transformation and its petrological applications. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 31, n. 5, p. 767-833, 1967.

GRIFFIN, W. L.; JENSEN, B. B.; MISRA, S. N. Anomalously elongated rutile in eclogite-facies pyroxene and garnet. **Norsk Geologisk Tidsskrift**, v. 51, n. 2, p. 177-185, 1971.

GRIFFIN, W. L.; RAHEIM, A. Convergent metamorphism of eclogites and dolerites, Kristiansund area, Norway. **Lithos**, v. 6, n. 1, p. 21-40, 1973.

GUIDOTTI, C. V. Micas in metamorphic rocks. In: BAILEY, S. W. (ed.), **Micas**. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Mineralogical Society of America, Washington, D.C., v. 13, n. 1, p. 357-467, 1984.

GUIDOTTI, C. V.; CHENEY, J. T.; GUGGENHEIM, S. Distribution of titanium between coexisting muscovite and biotite in pelitic schists from northwestern Maine. **American Mineralogist**, v. 62, n. 5-6, p. 438-448, 1977.

GUIDOTTI, C. V.; CHENEY, J. T.; HENRY, D. J. Compositional variation of biotites as a function of metamorphic reactions and mineral assemblage in the pelitic schists of western Maine. **American Journal of Science**, v. 288, p. 270-292, 1988.

GUIDOTTI, C. V.; SASSI, F.P. Constraints on studies of metamorphic K-Na white micas. *In:* MOTTANA, A.; SASSI, F. P.; THOMPSON Jr., J. B; GUGGENHEIM, S. (eds.), **Micas: Crystal Chemistry and Metamorphic Petrology**. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Mineralogical Society of America, v. 46, p. 419-448, 2002.

HAMA, M.; ALGARTE, J. P.; KAEFER, L. Q.; ARTUR, A. C. Idades Rb/Sr e K/Ar na região sul de Minas Gerais e leste de São Paulo. *In*: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, n. 2, 1979, Rio Claro, SP. **Atas...**Rio Claro: SBG, 1979. v. 1, p. 71-86.

HANCHAR, J. M.; MILLER, C. F. Zircon zonation patterns as revealed by cathodoluminescence and backscattered electron images: implications for interpretation of complex crustal histories. **Chemical Geology**, v. 110, n. 1-3, p. 1-13, 1993.

HARALYI, N. L. E. **Carta gravimétrica do oeste de Minas Gerais, sudeste de Goiás e norte de São Paulo**. 1978. 152p. Tese (Doutorado em Geologia Geral e Aplicada) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, 1979.

HARALYI, N. L. E. Carta gravimétrica do oeste de Minas Gerais, sudeste de Goiás e norte de São Paulo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 31, 1980, Balneário de Camboriú, SC. **Anais...**Balneário de Camboriú: SBG, 1980. v. 5, p. 2639-2647.

HARALYI, N. L. E.; DAVINO, A.; MELLO, M. P. Esboço da carta gravimétrica Bouguer da região costeira oriental do Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 30, 1978, Recife, PE. **Anais...**Recife: SBG, 1978. v. 5, p. 2278-2284.

HARALYI, N. L. E.; HASUI, Y. The gravimetric information and the Archean-Proterozoic structural framework of Eastern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 12, n. 1-3, p. 160-166, 1982a.

HARALYI, N. L. E.; HASUI, Y. Compartimentação geotectônica do Brasil Oriental com base na informação geofísica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 32, 1982, Salvador, BA. **Anais...**Salvador: SBG, 1982b. v. 1, p. 374-385.

HARALYI, N. L. E.; HASUI, Y.; MIOTO, J. A.; HAMZA, V. M.; RODRIGUES, C. R. V. Ensaio sobre a estruturação crustal do Estado de Minas Gerais com base na informação geofísica e geológica. **Contribuições à Geologia e à Petrologia**. Boletim Especial da SBG-MG, p. 71-93, 1985.

HARLEY, S. L.; KELLY, N. M.; MÖLLER, A. Zircon behaviour and the thermal histories of mountain chains. **Elements**, v. 3, n. 1, p. 25-30, 2007.

HASUI, Y. The Mantiqueira Province: Archean structure and Proterozoic evolution. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 12, n. 1-3, p. 167-171, 1982.

HASUI, Y. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. **Geociências**, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.

HASUI, Y. Sistema Orogênico Tocantins. *In*: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (orgs.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, p. 289-325, 2012.

HASUI, Y.; RODRIGUES, E. de P.; OLIVEIRA, M.C. de B.; ENS, H.J.; MORALES, N.; ZANARDO, A.; QUADE, H.; NYR, R.; KÜLLER, M.L.; FRASCÁ, M.H.B.O. **Deformação por cisalhamento dúctil: modelo de transformação de rochas pré-cambrianas antigas do leste de São Paulo**. Fase I. São Paulo: IPT, 3v., 1988. (Relatório IPT nº 25908).

HASUI, Y.; EBERT, H. D.; COSTA, J. B. S. Estruturação da extremidade oriental da chamada Cunha de Guaxupé: dados preliminares. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 36, 1990, Natal, RN. Anais...Natal: SBG, 1990. v. 5, p. 2296-2308.

HASUI, Y.; FONSECA, M. J. G.; RAMALHO, R. A parte central da região de Dobramentos Sudeste e o Maciço Mediano de Guaxupé. *In*: SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; GR DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. (coords.). **Geologia do Brasil: Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo recursos minerais, escala 1:2 500 000**. Brasília: DNPM, 1984. p. 307-328.

HASUI, Y.; OLIVEIRA, M. A. F. Província Mantiqueira - Setor Central. *In*: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (coords.). **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. p. 308-344.

HEAMAN, L. M.; BOWINS, R.; CROCKET, J. The chemical composition of igneous zircon suites: implications for geochemical tracer studies. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 54, n. 6, p. 1597-1607, 1990.

HEINECK, C. A.; VIEIRA, V. S.; DRUMOND, J. B. V.; LEITE, C. A. L.; LACERDA FILHO, V. J.; VALENTE, C. R.; SOUZA, J. D.; LOPES, R. C.; MALOUF, R. F.; OLIVEIRA, I. W. B.; OLIVEIRA, C. C.; SACHS, L. L. B.; PAES, V. J. C.; JUNQUEIRA, PA. A. Folha SE.23 – Belo Horizonte. In: SCHOBBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. (eds.). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas**. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM. CD-ROM. 2004.

HEINRICH, C. A. Kyanite-eclogite to amphibolite fades evolution of hydrous mafic and pelitic rocks, Adula nappe, Central Alps. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 81, n. 1, p. 30-38, 1982.

HENRY, D. J.; GUIDOTTI, C. V. Titanium in biotite from metapelitic rocks: Temperature effects, crystal-chemical controls, and petrologic applications. **American Mineralogist**, v. 87, n. 4, p. 375-382, 2002.

HENRY, D. J.; GUIDOTTI, C. V.; THOMSON, J. A. The Ti-saturation surface for low-to-medium pressure metapelitic biotites: Implications for geothermometry and Ti-substitution mechanisms. **American Mineralogist**, v. 90, n. 2-3, p. 316-328, 2005.

HIRTH, G.; TULLIS, J. A. N. Dislocation creep regimes in quartz aggregates. **Journal of Structural Geology**, v. 14, n. 2, p. 145-159, 1992.

HOLDAWAY, M. J. Stability of andalusite and the aluminum silicate phase diagram. **American Journal of Science**, v. 271, p. 97-131, 1971.

HOLLAND, T. J. B. The reaction albite= jadeite+quartz determined experimentally in the range 600–1200 C. **American Mineralogist**, v. 65, n. 1-2, p. 129-134, 1980.

HOLLAND, T. J. B.; POWELL, R. **AX: A program to calculate activities of mineral end members from chemical analyses (usually determined by electron microprobe)**, 2000. http://ccp14.cryst.bbk.ac.uk/ccp/web-mirrors/crush/astaff/holland/ax.html (Acesso em: agosto de 2021).

HOLLAND, T. J. B.; POWELL, R. T. J. B. An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. **Journal of metamorphic Geology**, v. 16, n. 3, p. 309-343, 1998.

HOPPE, A.; CHOUDHURI, A.; KLEIN, H.; SCHMIDT, W. Precambrian eclogites from Minas Gerais, Brazil. *In*: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, n. 28, 1989, Washington, D.C. **Abstracts...**Washington, 1989. v. 2, p. 68–69.

HOPPE, A.; KLEIN, H.; CHOUDHURI, A.; SCHMIDT, W. Eclogitos pré-cambrianos no sudoeste de Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, n. 3, 1985, Belo Horizonte, MG. **Anais...**Belo Horizonte: SBG – Núcleo Minas Gerais, 1985. p. 180–192.

HOSKIN, P. W .O.; SCHALTEGGER, U. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, v. 53, n. 1, p. 27-62, 2003.

HWANG, S. L.; YUI, T. F.; CHU, H. T.; SHEN, P.; SCHERTL, H. P.; ZHANG, R. Y.; LIOU, J. G. On the origin of oriented rutile needles in garnet from UHP eclogites. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 25, n. 3, p. 349-362, 2007.

IRVINE, T. N.; BARAGAR, W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. **Canadian Journal of Earth Sciences**, v. 8, n. 5, p. 523-548, 1971.

JANASI, V. A. **Rochas sieníticas e mangerítico-charnoquíticas neoproterozoicas da região entre Caldas e Campestre, MG: Aspectos petrológicos**. 1992. 298p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP. 1992.

JANASI, V. A. **Petrogênese de granitos crustais na Nappe de Empurrão Socorro Guaxupé (SP-MG): uma contribuição da geoquímica elemental e isotópica**. 1999. 248p. Tese (Livre Docência). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP. 1999.

JANOUŠEK, V.; FARROW, C.M.; ERBAN, V. Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). **Journal of Petrology**, v.47, n. 6, p. 1255-1259, 2006.

JI, S.; MARTIGNOLE, J. Ductility of garnet as an indicator of extremely high temperature deformation: reply. **Journal of Structural Geology**, v. 18, n. 11, p. 1375-1379, 1996.

JOANNY, V.; VAN ROERMUND, H.; LARDEAUX, J. M. The clinopyroxene/plagioclase symplectite in retrograde eclogites: a potential geothermobarometer. **Geologische Rundschau,** v. 80, n. 2, p. 303-320, 1991.

JULES, T. K.; MARTIAL, F. E.; HAMID, Z. A. H.; AGATHE, N. K. J.; MAURICE, K.; EMMANUEL, N. Structural and petrographic characterization of the Fotouni-Kekem Shear Zone: implication for P–T-t regional metamorphism and mylonitic evolutions along the Central Cameroon Shear Zone. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 16, n. 1, p. 38, 2023.

KELEMEN, P. B.; HANGHØJ, K.; GREENE, A. R. One view of the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with an emphasis on primitive andesite and lower crust. **Treatise on Geochemistry**, v. 3, p. 593-659, 2003.

KELLY, N. M.; HARLEY, S. L. An integrated microtextural and chemical approach to zircon geochronology: refining the Archaean history of the Napier Complex, east Antarctica. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 149, p. 57-84, 2005.

KELSEY, D. E.; HAND, M. On ultrahigh temperature crustal metamorphism: phase equilibria, trace element thermometry, bulk composition, heat sources, timescales and tectonic settings. **Geoscience Frontiers**, v. 6, n. 3, p. 311-356, 2015.

KLEIN, U.; SCHUMACHER, J. C.; CZANK, M. Mutual exsolution in hornblende and cummingtonite: Compositions, lamellar orientations, and exsolution temperatures. **American Mineralogist**, v. 81, n. 7-8, p. 928-939, 1996.

KLEINSCHRODT, R.; MCGREW, A. Garnet plasticity in the lower continental crust: implications for deformation mechanisms based on microstructures and SEM-electron channeling pattern analysis. **Journal of Structural Geology**, v. 22, n. 6, p. 795-809, 2000.

KOHN, M. J.; CORRIE, S. L.; MARKLEY, C. The fall and rise of metamorphic zircon. American Mineralogist, v. 100, n. 4, p. 897-908, 2015.

KOHN, M. J.; KELLY, N. M. Petrology and geochronology of metamorphic zircon. In: MOSER, D. E.; CORFU, F.; DARLING, J. R.; REDDY, S. M.; TAIT, K. **Microstructural geochronology: Planetary records down to atom scale**, p. 35-61, 2018.

KOSTYUK, E. A.; SOBOLEV, V. S. Paragenetic types of calciferous amphiboles of metamorphic rocks. **Lithos**, v. 2, p. 67-81, 1969.

KRUHL, J. H. Prism-and basal-plane parallel subgrain boundaries in quartz: A microstructural geothermobarometer. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 14, n. 5, p. 581-589, 1996.

KRUSE, R.; STÜNITZ, H. Deformation mechanisms and phase distribution in mafic high-temperature mylonites from the Jotun Nappe, southern Norway. **Tectonophysics**, v. 303, n. 1-4, p. 223-249, 1999.

KUSTER, K.; RIBEIRO, A.; TROUW, R. A. J.; DUSSIN, I.; MARIMON, R. S. The Neoproterozoic Andrelândia group: Evolution from an intraplate continental margin to an early collisional basin south of the São Francisco craton, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 102, 102666, 2020.

KWAK, T. A. P. Ti in biotite and muscovite as an indication of metamorphic grade in almandine amphibolite facies rocks from Sudbury, Ontario. Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 32, n. 11, p. 1222-1229, 1968.

LACERDA FILHO, J. V.; VALENTE, C. R.; BAHIA, R. B. C.; LOPES, R. C.; ROMANINI, S. J.; OLIVEIRA, I. W. B.; OLIVEIRA, C. C.; SACHS, L. L. B.; SILVA, V. A.; BATISTA, I. H. Folha SD.22 - Goiás. In: SCHOBBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. (eds.). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM. CD-ROM. 2004.

LAIRD, J.; ALBEE, A. L. Pressure, temperature, and time indicators in mafic schist; their application to reconstructing the polymetamorphic history of Vermont. **American Journal of Science**, v. 281, n. 2, p. 127-175, 1981.

LEAKE, B. E., WOOLLEY, A. R.; ARPS, C. E. S.; BIRCH, W.; GILBERT, M. C.; HAWTHORNE, F. C.; GRICE, J. D.; KATO, A.; KISCH, H.; KRIVOVICHEV, V.; LINTHOUT, K.; LAIRD, J.; MANDARINO, J. A.; MARESCH, W.; NICKEL, E.; ROCK, N. M. S., SCHUMACHER, J. C; SMITH, D. C.; STEPHENSON, N. C. N; UNGARETTI, E. J. W.; YOUZHI, G. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names. **The Canadian Mineralogist,** v. 35, p. 219-246, 1997.

LEITE, C. A. S.; PERROTTA, M. M.; SILVA, L. C.; SILVA, M. A.; HEINECK, C. A.; SALVADOR, E. D.; VIEIRA, V. S.; LOPES, R. C.; SILVA, M. G. M.; DRUMOND, J. B. V.; MALOUF, R. F.; LACERDA FILHO, J. V.; VALENTE, C. R.; GOMES, S. D.; SACHS, L. L. B.; OLIVEIRA, I. W. B.; RAMGRAB, G. E.; NETTO, C.; JUNQUEIRA, P. A.; PAES, V. J. C. Folha SE.23 – Rio de Janeiro. In: SCHOBBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. (eds.). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM. CD-ROM. 2004.

LEME, T. G. **Petrografia e geoquímica da ocorrência de (clinopiroxênio)- hastingsita-biotita-granada ortognaisse na região de Santa Cruz Do Prata – MG**. 2016. 87p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP. 2016.

LEME, T. G. **Geotermobarometria das rochas do Grupo Araxá e do Complexo Guaxupé na região de Guaxupé-Nova Resende, MG**. 2019. 175p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP. 2019.

LEME, T. G.; NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A. Ultra-high temperature metamorphism in the Guaxupé Complex: A lower crust segment. **Brazilian Journal of Geology**, v. 50, n. 4, e20200005, 2020b.

LEME, T. G.; NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A; MONTIBELLER, C. C. Petrografia, química mineral e geotermobarometria de retroeclogito no Grupo Araxá na região da Zona de Cisalhamento Varginha, sudoeste de Minas Gerais. **Geociências**, v. 38, n. 2, p. 279-313, 2019.

LEME, T. G.; NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A; LIMA, F. G.; MONTIBELLER, C. C. Caracterização e evolução de hedenberguita-hastingsita-biotita-granada ortognaisse na região da Zona de Paleo-Sutura de Alterosa, porção sul do Orógeno Brasília Meridional. **Geociências**, v. 39, n. 3, p. 585-608, 2020a.

LESQUER, A.; ALMEIDA, F. F. M.; DAVINO, A.; LACHAUD, J. C.; MAILLARD, P. Signification structurale des anomalies gravimétriques de la partie sud du Craton de São Francisco (Brésil). **Tectonophysics**, v. 76, n. 3-4, p. 273-293, 1981.

LIMA, F. G. **Evolução petrogenética das rochas máficas/ultramáficas na área ao sul do Craton São Francisco, entre as cidades de Fortaleza de Minas e Jacuí-MG**. 2014. 102p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 2014.

LIMA, F. G.; ZANARDO, A.; GODOY, L. H.; NAVARRO, G. R. B. Petrografia e geoquímica das rochas metamáficas e metaultramáficas da região de Jacuí-Bom Jesus da Penha (MG). **Geociências**, v. 35, n. 2, p. 302-321, 2016.

LOVERING, J. F.; WHITE, A. J. R. The significance of primary scapolite in granulitic inclusions from deep-seated pipes. **Journal of Petrology**, v. 5, n. 2, p. 195-218, 1964.

LOVERING, J. F.; WHITE, A. J. R. Granulitic and eclogitic inclusions from basic pipes at Delegate, Australia. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 21, n. 1, p. 9-52, 1969.

LUVIZOTTO, G. L. **Caracterização metamórfica das rochas do grupo Araxá na região de São Sebastião do Paraíso, Sudoeste de Minas Gerais**. 2003. 187p. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP. 2003.

LUVIZOTTO, G. L.; ZACK, T.; TRIEBOLD, S.; VON EYNATTEN, H. Rutile occurrence and trace element behavior in medium-grade metasedimentary rocks: Example from the Erzgebirge, Germany. **Mineralogy and Petrology**, v. 97, n. 3-4, p. 233-249, 2009.

MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M. W.; GONZALEZ, S. R.; SCHENINI, C. A.; SANTOS NETP, A.; PALMEIRA, R. C. B.; PIRES, J. L.; TEIXEIRA, W.; CASTRO, H. E. F. **Projeto RADAMBRASIL: Folhas SF.23/24 – Rio de Janeiro/Vitória**. Rio de Janeiro: MME, 1983. 780p, 6 mapas.

MAINPRICE, D.; BASCOU, J.; CORDIER, P.; TOMMASI, A. Crystal preferred orientations of garnet: comparison between numerical simulations and electron back-scattered diffraction (EBSD) measurements in naturally deformed eclogites. **Journal of Structural Geology**, v. 26, n. 11, p. 2089-2102, 2004.

MALAGUTTI FILHO, W.; EBERT, H. D.; HASUI, Y.; HARALYI, N. L. E.; STURARO, J. R. Gravimetria e compartimentação crustal do sul de Minas Gerais. **Geociências**, v. 15, n. 1, p. 199-217, 1996.

MANTOVANI, M. S. M.; BRITO NEVES, B. B. The Paranapanema Lithospheric Block: Its Importance for Proterozoic (Rodinia, Gondwana) Supercontinent Theories. **Gondwana Research**, v. 8, n. 3, p. 303-315, 2005.

MANTOVANI, M. S. M., BRITO NEVES, B. B. The Paranapanema Lithospheric Block: its nature and role in the Accretion of Gondwana. *In*: GAUCHER, C.; SIAL, A.; HALVERSON, G.; FRIMMEL, H. (eds.). **Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: A Focus on South Western Gondwana**. Amsterdam: Elsevier, 2009. pp. 257–272.

MARIMON, R. S.; TROUW, R. A. J.; DANTAS, E. L.; RIBEIRO, A. U-Pb and Lu-Hf isotope systematics on detrital zircon from the southern São Francisco Craton's Neoproterozoic passive margin: Tectonic implications. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 100, 102539, 2020.

MARIMON, R. S.; TROUW, R. A. J.; DANTAS, E. L.; RIBEIRO, A.; SANTOS, P.; KUSTER, K.; VINAGRE, R. Provenance of passive-margin and syn-collisional units: Implications for the geodynamic evolution of the Southern Brasília Orogen, West Gondwana. **Sedimentary Geology**, v. 413, 105823, 2021.

MARIMON, R. S.; HAWKESWORTH, C. J.; TROUW, R. A.; TROUW, C.; DANTAS, E. L.; RIBEIRO, A.; VINAGRE, R.; HACKSPACHER, P.; ÁVILA, C.; MOTTA, R.; MORAES, R. Subduction and continental collision in the Neoproterozoic: Sanukitoid-like magmatism and paired metamorphism in SE Brazil. **Precambrian Research**, v. 383, p. 106888, 2022.

MARINI, O. J.; FUCK, R. A.; DANNI, J. C. M.; DARDENNE, M. A. Província Tocantins: Setores Central e Sudeste. *In*: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (coords.). **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgar Blücher, 1984.p. 205-264.

MCCULLOCH, M. T.; GAMBLE, J. A. Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 102, n. 3-4, p. 358-374, 1991.

MESCHEDE, M. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. **Chemical Geology**, v. 56, n. 3-4, p. 207-218, 1986.

MÖLLER, C.; MAJKA, J.; JANÁK, M.; VAN ROERMUND, H. High-and ultrahigh-pressure rocks—keys to lithosphere dynamics. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 36, n. 5, p. 511-515, 2018.

MORALES, N. **Evolução lito-estrutural das rochas pré-cambrianas da região de São João da Boa Vista**. 1988. 157p. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional), Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP. 1988.

MORALES, N. **Evolução tectônica do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio na sua porção ocidental.** 1993. 2v. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 1993.

MORALES, N.; CARVALHO, S. G. de; CHOUDHURI, A.; FIORI, A. P.; OLIVEIRA, M. A. F. de; RODRIGUES, M. F. B.; SOARES, P. C.; ZANARDO. A. Geologia das folhas de Fortaleza de Minas, Alpinópolis, Jacuí e Nova Resende, MG. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, n. 2, 1983, Belo Horizonte, MG. **Anais...**Belo Horizonte: SBG, 1983. p. 411-422.

MORALES, N.; HASUI, Y.; ZANARDO, A. Aspectos estruturais da região limítrofe entre os blocos São Paulo e Brasília, nordeste do Estado de São Paulo e sudoeste do Estado de Minas Gerais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 39, 1996, Salvador, BA. **Anais...**Salvador: SBG, 1996. v. 6, p. 114-117.

MORALES, N.; OLIVEIRA, M. A. F.; ZANARDO, A. Gnaisses de alto grau e migmatitos da porção sudoeste do Complexo Varginha, nordeste do Estado de São Paulo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 35, 1988, Belém, PA. **Anais...** Belém: SBG, 1988. v. 3. p. 1216-1229.

MORALES, N.; ZANARADO, A.; SIMÕES, L. S. A.; GODOY, A. M. 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, n. 3, 1991, Rio Claro, SP. **Boletim...**Rio Claro: SBG-UNESP, 1991. p. 34-36.

MORIMOTO, N. Nomenclature of pyroxenes. **Mineralogy and Petrology**, v. 39, n. 1, p. 55-76, 1988.

MIYASHIRO, A. Volcanic rock series and tectonic setting. **Annual Review of Earth Sciences**, v. 3, p. 251-269, 1975.

NASCIMENTO, M. B. **Evolução metamórfica PTt da porção norte do Complexo Guaxupé na região de Arceburgo-Santa Cruz da Prata, MG**. 2010. 141p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 2010.

NAVARRO, M. S.; TONETTO, E. M.; OLIVEIRA, E. P. LA-SF-ICP-MS U-Pb zircon dating at University of Campinas, Brazil. *In*: GEONALYSIS – INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE ANALYSIS OF GEOLOGICAL AND ENVIROMENTAL MATERIALS, n. 9, 2015, Leoben, Austria. **Abstracts...**Leoben, 2015. P-09, p.86

NEWTON, R. C.; GOLDSMITH, J. R. Stability of the scapolite meionite ($3CaAl_2Si_2O_2 \cdot CaCO_3$) at high pressures and storage of CO_2 in the deep crust. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 49, n. 1, p. 49-62, 1975.

NICOLAS, A.; POIRIER, J. P. Crystalline plasticity and solid state flow in metamorphic rocks. **Wiley**, 1976.

O'BRIEN, P. J.; RÖHR, C.; OKRUSCH, M.; PATZAK, M. Eclogite facies relics and a multistage breakdown in metabasites of the KTB pilot hole, NE Bavaria: implications for the Variscan tectonometamorphic evolution of the NW Bohemian Massif. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 112, n. 2, p. 261-278, 1992.

O'BRIEN, P. J.; RÖTZLER, J. High-pressure granulites: formation, recovery of peak conditions and implications for tectonics. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 21, n. 1, p. 3-20, 2003.

OH, C. W.; LIOU, J. G. A petrogenetic grid for eclogite and related facies under high-pressure metamorphism. **Island Arc**, v. 7, n. 1-2, p. 36-51, 1998.

OLIVEIRA, M. A. F. Petrologia das rochas metamórficas de São José do Rio Pardo, SP. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, n. 4, p. 257-278, 1973.

OLIVEIRA, M. A. F. (coord.). **Projeto Alpinópolis: geologia das quadrículas de Fortaleza de Minas e Alpinópolis**. Rio Claro: Convênio DNPM/Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, 1980. 94p, 2 mapas.

OLIVEIRA, M. A. F.; CARVALHO, S. G. de; MORALES, N.; RODRIGUES, M. F. B.; ZANARDO, A. Geologia das quadrículas de Cássia e São Sebastião do Paraíso - MG. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, n. 2, 1983, Belo Horizonte, MG. **Anais...**Belo Horizonte: SBG, 1983. p. 432-439.

OLIVEIRA, M. A. F.; HYPÓLITO, R. Ortopiroxênios e clinopiroxênios coexistentes nos granulitos de São José do Rio Pardo, SP. **Revista Brasileira de Geociências,** v. 8, p. 249-261, 1978.

OLIVEIRA, M. A. F.; NEGRI, F. A.; ZANARDO, A.; MORALES, N. Archean and paleoproterozoic crust generation events, Amparo complex and Serra Negra orthogneiss in southern Brasília Orogen, SE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 90, p. 137-154, 2019.

OLSEN, T. S.; KOHLSTEDT, D. L. Natural deformation and recrystallization of some intermediate plagioclase feldspars. **Tectonophysics**, v. 111, n. 1-2, p. 107-131, 1985.

PALIN, R. M.; DYCK, B. Metamorphism of pelitic (Al-rich) rocks. In: ALDERTON, D.; ELIAS, S. A. (eds.). **Encyclopedia of Geology** (Second Edition). Oxford: Academic Press, p. 445-456, 2021.

PARKINSON, C. D.; MOTOKI, A.; ONISHI, C. T.; MARUYAMA, S. Ultrahigh-pressure pyrope-kyanite granulites and associated eclogites in Neoproterozoic Nappes of Southeast Brazil. *In*: UHPM WORKSHOP, 2001, Tokio. **Abstracts...**Tokio: Waseda University, 2001. 3B01, pp. 87–90.

PASSCHIER, C. W.; COELHO, S. An outline of shear-sense analysis in high-grade rocks. **Gondwana Research**, v. 10, n. 1-2, p. 66-76, 2006.

PASSCHIER, C. W.; TROUW, R. A. J. **Microtectonics**. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005. 366 p.

PATIÑO DOUCE, A. E. Titanium substitution in biotite: an empirical model with applications to thermometry, O_2 and H_2O barometries, and consequences for biotite stability. **Chemical Geology**, v. 108, n. 1-4, p. 133-162, 1993.

PATON, C.; WOODHEAD, J. D.; HELLSTROM, J. C.; HERGT, J. M.; GREIG, A.; MAAS, R. Improved laser ablation U–Pb zircon geochronology through robust downhole fractionation correction. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, v. 11, n. 3, Q0AA06, 2010.

PAULY, J.; MARSCHALL, H. R.; MEYER, H. P.; CHATTERJEE, N.; MONTELEONE, B. Prolonged Ediacaran–Cambrian metamorphic history and short-lived high-pressure granulite facies metamorphism in the H.U. Sverdrupfjella, Dronning Maud Land (East Antarctica): evidence for continental collision during Gondwana assembly. **Journal of Petrology**, v. 57, n. 1, p. 185-228, 2016

PEARCE, J. A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R. S. (Ed.), **Andesites**., England: John Wiley & Sons, pp. 525–548, 1982.

PEARCE, J. A. A user's guide to basalt discrimination diagrams. **Geological Association of Canada, Short Course Notes**, v. 12, n. 79, p. 113, 1996.

PEARCE, J. A. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. **Lithos**, v. 100, n. 1-4, p. 14-48, 2008.

PEARCE, J. A., PEATE, D. W. Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 23, n. 1, p. 251-285, 1995.

PIMENTEL, M. M. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: a geochronological and isotopic approach. **Brazilian Journal of Geology**, v. 46, supl. 1, p. 67-82, 2016.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. **Geology**, v. 20, n. 4, p. 375-379, 1992.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; BOTELHO, N. F. Granites and the geodynamic history of the Neoproterozoic Brasılia belt, central Brazil: a review. **Lithos**, v. 46, n. 3, p. 463-483, 1999.

PIUZANA, D.; PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; ARMSTRONG, R. SHRIMP U–Pb and Sm–Nd data for the Araxá Group and associated magmatic rocks: constraints for the age of sedimentation and geodynamic context of the southern Brasılia Belt, central Brazil. **Precambrian Research**, v. 125, n. 1-2, p. 139-160, 2003

POWELL, R.; HOLLAND, T. J. B. An internally consistent dataset with uncertainties and correlations: 3. Applications to geobarometry, worked examples and a computer program. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 6, n. 2, p. 173-204, 1988.

POWELL, R.; HOLLAND, T. J. B. Optimal geothermometry and geobarometry. **American Mineralogist**, v. 79, p. 120-133, 1994.

PRIOR, D. J.; WHEELER, J.; BRENKER, F. E.; HARTE, B.; MATTHEWS, M. Crystal plasticity of natural garnet: new microstructural evidence. **Geology**, v. 28, n. 11, p. 1003-1006, 2000.

PRYER, L. L. Microstructures in feldspars from a major crustal thrust zone: the Grenville Front, Ontario, Canada. **Journal of Structural Geology**, v. 15, n. 1, p. 21-36, 1993.

REBBERT, C. R.; RICE, J. M. Scapolite-plagioclase exchange: Cl-CO_3 scapolite solution chemistry and implications for peristerite plagioclase. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 61, n. 3, p. 555-567, 1997

RENO, B. L.; BROWN, M.; KOBAYASHI, K.; NAKAMURA, E.; PICCOLI, P. M.; TROUW, R. A. J. Eclogite–high-pressure granulite metamorphism records early collision in West Gondwana: new data from the Southern Brasília Belt, Brazil. **Journal of the Geological Society**, v. 166, n. 6, p. 1013-1032, 2009.

RENO, B. L.; PICCOLI, P. M.; BROWN, M.; TROUW, R. A. J. In situ monazite (U–Th)–Pb ages from the Southern Brasília Belt, Brazil: constraints on the high-temperature retrograde evolution of HP granulites. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 30, n. 1, p. 81-112, 2012.

RIBEIRO, A.; TROUW, R. A. J.; ANDREIS, R. R.; PACIULLO, F. V. P.; VALENÇA, J. G. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo Brasiliano na margem sul do Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 4, p. 235-248, 1995.

RICHARD, L. R. **Mineralogical and Petrological Data Processing System**. MINPET for Windows. Version 2.02. Copyright 1988-1995, 1995.

ROBERT, J.-L. Titanium solubility in synthetic phlogopite solid solutions. **Chemical Geology**, v. 17, p. 213-227, 1976.

ROBERTS, M. P.; FINGER, F.. Do U-Pb zircon ages from granulites reflect peak metamorphic conditions? **Geology**, v. 25, n. 4, p. 319-322, 1997.

ROBINSON, P.; JAFFE, H. W.; KLEIN, C.; ROSS, M. Equilibrium coexistence of three amphiboles. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 22, p. 248-258, 1969.

ROBINSON, P.; SPEAR, F. S.; SCHUMACHER, J. C.; LAIRD, J.; KLEIN, C.; EVANS, B. W.; DOOLAN, B. L. Phase relations of metamorphic amphiboles: Natural occurrences and theory. *In*: VEBLEN, D. R.; RIBBE, P. H. (eds.). **Reviews in Mineralogy**. v. 9B, p. 1-227, 1982.

ROCHA, B. C.; MORAES, R.; MÖLLER, A.; CIOFFI, C. R. Magmatic inheritance vs. UHT metamorphism: Zircon petrochronology of granulites and petrogenesis of charnockitic leucosomes of the Socorro–Guaxupé nappe, SE Brazil. **Lithos**, v. 314, p. 16-39, 2018.

ROCHA, B. C.; MORAES, R.; MÖLLER, A.; CIOFFI, C. R.; JERCINOVIC, M. J. Timing of anatexis and melt crystallization in the Socorro–Guaxupé Nappe, SE Brazil: Insights from trace element composition of zircon, monazite and garnet coupled to UPb geochronology. **Lithos**, v. 277, p. 337-355, 2017.

ROIG, H. L. **Caracterização da "Zona de Sutura" Jacuí-Conceição da Aparecida, MG – Limite norte do Cinturão Alto Rio Grande: Implicações geotectônicas e metalogenéticas.** 1993. 141p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP. 1993.

ROIG, H. L.; SCHRANK, A. Caracterização da Zona de Sutura Jacuí-Conceição da Aparecida – Limite norte do Complexo de *Nappes* de Guaxupé-MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 37, 1992, São Paulo, SP. **Boletim de Resumos Expandidos...**São Paulo: SBG, 1992. v. 1, p. 283-285.

ROSIER, G. F. A geologia da Serra do Mar entre os picos de Maria Comprida e do Desengano (Estado do Rio de Janeiro). **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM**, Rio de Janeiro, v. 166, 1957, 58 p.

ROSIER, G. F. Pesquisas geológicas na parte oriental do Estado do Rio de Janeiro e na parte vizinha do Estado de Minas Gerais. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM**, Rio de Janeiro, v. 222, 1965, 41 p.

ROSSI, G. A review of the crystal-chemistry of clinopyroxenes in eclogites and other high-pressure rocks. In: SMITH, D. C. (ed.). **Eclogites and Eclogite-facies Rocks**. Developments in Petrology, p. 237-267, 1988.

RUBATTO, D. Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U–Pb ages and metamorphism. **Chemical Geology**, v. 184, n. 1-2, p. 123-138, 2002.

RUBATTO, D. Zircon: the metamorphic mineral. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, v. 83, n. 1, p. 261-295, 2017.

RUBATTO, D.; GEBAUER, D. Eo/Oligocene (35 Ma) high-pressure metamorphism in the Gornergrat zone (Monte Rosa, western Alps): implications for paleogeography. **Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen**, v. 79, p. 353-362, 1999.

RUBIE, D. C. Role of kinetics in the formation and preservation of eclogites. *In*: Carswell, D. A. (ed.). **Eclogite facies rocks**. New York: Blackie and Son Ltd., 1990, p. 111-140.

SALAZAR-MORA, C. A.; CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S. Syn-collisional lower continental crust anatexis in the Neoproterozoic Socorro-Guaxupé Nappe System, southern Brasília Orogen, Brazil: Constraints from zircon U–Pb dating, Sr–Nd–Hf signatures and whole-rock geochemistry. **Precambrian Research**, v. 255, p. 847-864, 2014.

SANTOS, C. A.; LUVIZOTTO, G. L.; MORAES, R.; FUMES, R. A.; ZACK, T. Metamorphism of retroeclogites from the Passos Nappe, Southern Brasília Orogen. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 112, n. 2, 103625, 2021.

SANTOS, M. J.; VIANA, H. S.; SOUZA, O. M.; PAULINO, J. **Projeto Catalão – Relatório Final de Pesquisa**. Belo Horizonte: CPRM, 1977. 30p, 5 mapas.

SAUNDERS, D.; TARNEY, J.; WEAVER, S. D. Transverse geochemical variations across the Antarctic Peninsula: implications for the genesis of calc-alkaline magmas. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 46, n. 3, p. 344-360, 1980.

SCHRANK, A.; ABREU, F. R. de; ROIG, H. L.; CHOUDHURI, A.; SZABÓ, G. J. A.; CARVALHO, E. D. R. Determinação dos vetores de transporte tectônico na borda sudoeste do Cráton do São Francisco. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 36, 1990, Natal, RN. **Anais...**Natal: SBG, 1990. v. 5, p. 2276-2283.

SHERATON, J. W. Chemical changes associated with high-grade metamorphism of mafic rocks in the East Antarctic Shield. **Chemical Geology**, v. 47, n. 1-2, p. 135-157, 1984.

SHERVAIS, J. W. Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 59, n. 1, p. 101-118, 1982.

SIIVOLA, J.; SCHMID, R. List of mineral abbreviations. *In*: FETTES, D.; DESMONS, J. (eds.). **Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms**. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, p. 93-110.

SIMÕES, L. S. **A. Evolução tectonometamórfica da nappe de Passos, sudoeste de Minas Gerais.** 1995. 149p. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia). - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP. 1995.

SOARES, P. C. 1988. Tectônica colisional em torno de Bloco Paraná, Brasil. *In*: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, n. 7, 1988, Belém, PA. **Anais...**Belém: SBG/DNPM, 1988. v. 1, p. 63-79.

SOARES, P. C.; CARVALHO, S. G. de; FIORI, A. P. Evolução tectônica dos terrenos máfico-ultramáficos na margem sul do Cráton do São Francisco. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, n. 3, 1991, Rio Claro, SP. **Boletim...**Rio Claro: SBG-Unesp, 1991. p. 66-68.

SOARES, P. C; FIORI, A. P.; CARVALHO, S. G de. Tectônica colisional oblíqua entre o Bloco Paraná e a margem sul do Cráton São Francisco, no Maciço de Guaxupé. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 36, 1990, Natal, RN. **Anais...**Natal: SBG, 1990. v. 6, p. 2723-2734.

SOUZA, J. D.; KOSIN, M.; HEINECK, C. A.; LACERDA FILHO, J. V.; TEIXEIRA, L. R.; VALENTE, C. R.; GUIMARÃES, J. T.; BENTO, R. V.; BORGES, V. P.; SANTOS, R. A.; LEITE, C. A.; NEVES, J. P.; OLIVEIRA, I. W. B.; CARVALHO, L. M.; PEREIRA, L. H. M.; PAES, V. J. C. Folha SD.23 - Brasília. *In*: SCHOBBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. (eds.). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM. CD-ROM. 2004.

SPEAR, F. S. **Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths**. Mineralogical Society of America, Washington, 1993. 789p.

SPEAR, F. S.; KOHN, M. J.; CHENEY, J. T. P-T paths from anatectic pelites. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 134, n. 1, p. 17-32, 1999.

STIPP, M. STÜNITZ, H.; HEILBRONNER, R.; SCHMID, S. M. Dynamic recrystallization of quartz: correlation between natural and experimental conditions. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 200, n. 1, p. 171-190, 2002.

SUN, S. S.; MCDONOUGH, W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and process. In: **Magmatism in the ocean basins**. Geological Society, Special Publications, v. 42, p. 313-345, 1989.

SZABÓ, G. A. J. **Contexto geológico e petrologia das rochas metaultramáficas de Alpinópolis, MG**. 1989. 203p. Dissertação (Mestrado em Mineralogia e Petrologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP. 1989.

SZABÓ, G. A. J. **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)**. 1996. 354p. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP. 1996.

SZABÓ, G. A. J.; PEREIRA, R. G. F. de A.; CÂNDIA, M. A. F. Rochas básicas/metabásicas de várias gerações no Complexo Campos Gerais a sul de Alpinópolis, MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 37, 1992, São Paulo, SP. **Boletim de Resumos Expandidos...**São Paulo: SBG, 1992. v. 1, p. 510-511.

SZABÓ, G. A. J.; ROIG, H. L.; SCHRANK, A.; CHOUDHURI, A. Duas faixas lito-estruturais distintas e o limite das Províncias Tocantins e Mantiqueira, entre Alpinópolis e Nova Resende. *In*: SIMPÓSIO DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, n. 2, 1993, Salvador, BA. **Anais...**Salvador: SBG-SGM, 1993. p. 272-274.

TEDESCHI, M.; LANARI, P.; RUBATTO, D.; PEDROSA-SOARES, A.; HERMANN, J.; DUSSIN, I.; PINHEIRO, M. A. P.; BOUVIER, A-S.; BAUMGARTNER, L. Reconstruction of multiple P-T-t stages from retrogressed mafic rocks: Subduction versus collision in the Southern Brasília orogen (SE Brazil). **Lithos**, v. 294-295, p. 283-303, 2017.

TEDESCHI, M.; PEDROSA-SOARES, A.; DUSSIN, I.; LANARI, P.; NOVO, T.; PINHEIRO, M. A. P.; LANA, C.; PETERS, D. Protracted zircon geochronological record of UHT garnet-free granulites in the Southern Brasília orogen (SE Brazil): Petrochronological constraints on magmatism and metamorphism. **Precambrian Research**, v. 316, p. 103-126, 2018.

TEIXEIRA, N. A. **Geologia, petrologia e prospecção geoquímica da Sequência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro, Fortaleza de Minas (MG).** 1978. 213p. Dissertação (Mestrado em Prospecção e Geologia Econômica) – Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF. 1978.

TEIXEIRA, N. A.; DANNI, J. C. M. Geologia da raiz de um *greenstone belt* na região de Fortaleza de Minas, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 9, n. 1, p. 17-26, 1979a.

TEIXEIRA, N. A.; DANNI, J. C. M. Petrologia das lavas ultrabásicas e básicas da Seqüência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro, Fortaleza de Minas (MG). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 9, n. 2, p. 151-158, 1979b.

TEIXEIRA, N. A.; GASPAR, J. C.; BRENNER, T. L.; CHENEY, J. T.; MARCHETTO, C. M. L. Geologia e implicações geotectônicas do *Greenstone Belt* Morro do Ferro (Fortaleza de Minas, MG). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 3, p. 209-220, 1987.

TEIXEIRA, N. A.; MARCHETTO, C. M. L.; CHENEY, J. T.; DALCOMO, M. T.; MARTINI, S. L.; MATSUI, J. Considerações petrológicas e implicações geotectônicas do *Greenstone Belt* Morro do Ferro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 33, 1984, Rio de Janeiro, RJ. **Boletim de Resumos...**Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 1, p. 150.

TEN GROTENHUIS, S. M.; TROUW, R. A. J.; PASSCHIER, C. W. Evolution of mica fish in mylonitic rocks. **Tectonophysics**, v. 372, n. 1-2, p. 1-21, 2003.

TIMMERMANN, H.; ŠTĚDRÁ, V.; GERDES, A.; NOBLE, S. R.; PARRISH, R. R.; DÖRR, W. The problem of dating high-pressure metamorphism: a U–Pb isotope and geochemical study on eclogites and related rocks of the Mariánské Lázně Complex, Czech Republic. **Journal of Petrology**, v. 45, n. 7, p. 1311-1338, 2004.

TOMKINS, H. S.; POWELL, R.; ELLIS, D. J. The pressure dependence of the zirconium-in-rutile thermometer. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 25, n. 6, p. 703-713, 2007.

TRACY, R. J.; ROBINSON, P. Silicate-sulfide-oxide-fluid reactions in granulite-grade pelitic rocks, central Massachusetts. **American Journal of Science**, v. 288, p. 45-74, 1988.

TRACY, R. J.; ROBINSON, P.; THOMPSON, A. B. Garnet composition and zoning in the determination of temperature and pressure of metamorphism, central Massachusetts. **American Mineralogist**, v. 61, p. 762-775, 1976.

TROMPETTE, R. R. **Geology of western Gondwana (2000-500 Ma): Panafrica-Braziliano aggregation of South America and Africa**. Rotterdan: Balkema, 1994. 350p.

TROUW, C. C. **Mapeamento da Folha Virgínia–MG, geocronologia U-Pb (SHRIMP) em zircões e interpretação geotectônica**. 2008. 140P. Tese (Doutorado em Ciências – Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, 2008.

TROUW, R. A. J. Evolução tectônica ao sul do Cráton do São Francisco, baseada em análise metamórfica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 37, 1992, São Paulo, SP. **Boletim de Resumos Expandidos...**São Paulo: SBG, 1992. v. 1, p. 327.

TROW, R. A. J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P.; VALERIANO, C. M.; ALMEIDA, J. C. H.; TUPINAMBÁ, M.; ANDREIS, R. R. The central segment of Ribeira Belt. *In*: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAS FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (eds.). **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 287-310.

TROUW, R. A. J.; PANKHURST, R. J. Idades radiométricas ao sul do Cráton do São Francisco: Região da Folha Barbacena, Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, n. 2, 1993, Salvador, BA. **Anais...**Salvador: SBG, 1993. p. 260-262.

TROUW, R. A. J.; PETERNEL, R.; RIBEIRO, A.; HEILBRON, M.; VINAGRE, R.; DUFFLES, P.; TROUW, C.C.; FONTAINHA, M., KUSSAMA, H. H. 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, 2013.

TROUW, R. A. J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V.; HEILBRON, M. L. Os Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia, interpretados como a continuação dos Grupos Araxá e Canastra. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 33, 1984, Rio de Janeiro, RJ. **Anais**...Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 7, p. 3227-3240.

VALENTE, C. R.; LACERDA FILHO, J. F.; RIZZOTTO, G. J.; LOPES, R. C.; ROMANINI, S. J.; OLIVEIRA, I. W. B.; SACHS, L. L. B.; SILVA, V. A.; BATISTA, I. H. Folha SE.22 - Goiânia. *In*: SCHOBBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J.D.A. (eds.). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM. CD-ROM. 2004.

VALERIANO, C. M. The Southern Brasília Belt. *In*: HELBRON, M., CORDANI, U.G., ALKMIM, F.F. (eds.). **São Francisco Craton, Eastern Brazil**. Cham: Springer, 2017. p. 189-203.

VALERIANO, C. M.; DARDENNE, M. A.; FONSECA, M. A.; SIMÕES, L. S. A.; SEER, H. J. A evolução tectônica da Faixa Brasília. *In*: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITONEVES, B. B. (orgs.). **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Ed. Beca, 2004a. p. 575-592.

VALERIANO, C. M.; MACHADO, N.; SIMONETTI, A.; VALLADARES, C. S.; SEER, H. J.; SIMÕES, L. S. A. U–Pb geochronology of the southern Brasılia belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West Gondwana. **Precambrian Research**, v. 130, n. 1-4, p. 27-55, 2004b.

VALERIANO, C. M.; PIMENTEL, M. M.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J. C. H.; TROUW, R. A. J. Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. *In*: PANKHURST, R. J.; TROUW, R. A. J.; BRITO-NEVES, B. B; DE WIT, M. J. (eds.). **West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region.** London: Geological Society, Special Publications. v. 294, n. 1, 2008. p. 197-210.

VALLANCE, T. G. Spilitic degradation of a tholeiitic basalt. **Journal of Petrology**, v. 15, n. 1, p. 79-96, 1974.

VERMA, S. K.; VERMA, S. P.; OLIVEIRA, E. P.; SINGH, V. K.; MORENO, J. A. LA-SF-ICP-MS zircon U–Pb geochronology of granitic rocks from the central Bundelkhand greenstone complex, Bundelkhand craton, India. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 118, p. 125-137, 2016.

VERMEESCH, P. IsoplotR: A free and open toolbox for geochronology. **Geoscience Frontiers**, v. 9, n. 5, p. 1479-1493, 2018.

VINAGRE, R.; TROUW, R. A. J.; MENDES, J. C.; DUFFLES, P.; PETERNEL, R.; MATOS, G. New evidence of a magmatic arc in the southern Brasilia Belt, Brazil: the Serra da Água Limpa batholith (Socorro-Guaxupé Nappe). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 54, p. 120-139, 2014.

VINOGRAD, V. L.; GALE, J. D.; WINKLER, B. Thermodynamics of mixing in diopside–jadeite, $CaMgSi_2O_6$–$NaAlSi_2O_6$, solid solution from static lattice energy calculations. **Physics and Chemistry of Minerals**, v. 34, p. 713-725, 2007.

VOLL, G. Recrystallization of quartz, biotite and feldspars from Erstfeld to the Leventina nappe, Swiss Alps, and its geological significance. **Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen**, v. 56, p. 641-647, 1976.

WATSON, E. B.; WARK, D. A.; THOMAS, J. B. Crystallization thermometers for zircon and rutile. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 151, n. 4, p. 413, 2006.

WERNICK, E. **A geologia da região de Amparo, leste do Estado de São Paulo**. 1967. 140p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro (FFCL), Rio Claro, SP. 1967.

WERNICK, E.; ARTUR, A. C. Regenerações sucessivas de terrenos arqueanos no leste do estado de São Paulo e sul de Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, n. 4, 1983, São Paulo, SP. **Atas...**São Paulo: SBG, 1983a. p. 17-31.

WERNICK, E.; ARTUR, A. C. Evolução policíclica de terrenos arqueanos no leste do estado de São Paulo e sul de Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, n. 2, 1983, Belo Horizonte, MG. **Anais...**Belo Horizonte: SBG, 1983b. p. 50-62.

WERNICK, E.; ARTUR, A. C.; FIORI, A. P. Reavaliação de dados geocronológicos da região nordeste do estado de São Paulo e unidades equivalentes dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. *In*: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, n. 3, 1981, Curitiba, PR. **Atas...**Curitiba: SBG, 1981a. v. 1, p. 328-342.

WERNICK, E.; FIORI, A. P. Contribuição à geologia da borda sul do Craton do São Francisco. *In*: SIMPÓSIO SOBRE O CRATON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, n. 1, 1981, Salvador, BA. **Anais...**Salvador: SBG, 1981. p. 169-179.

WERNICK, E.; FIORI, A. P.; BETTENCOURT, J. S.; CHOUDHURI, A. A Tectônica Rígida do Fim do Ciclo Brasiliano e sua implicação na estruturação da Borda Sul e Sudoeste do Cráton do São Francisco: Tentativa de um Modelo Preliminar. *In*: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, n. 1, Salvador, 1981, **Anais...**Salvador: SBG, 1981b, p. 164-179.

WESTIN, A.; CAMPOS NETO, M. C. Provenance and tectonic setting of the external nappe of the Southern Brasília Orogen. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 48, p. 220-239, 2013.

WESTIN, A.; CAMPOS NETO, M. C.; CAWOOD, P. A.; HAWKESWORTH, C. J.; DHUIME, B.; DELAVAULT, H. 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, 2019.

WESTIN, A.; CAMPOS NETO, M. C.; HOLLANDA, M. H. B.; SALAZAR-MORA, C. A.; QUEIROGA, G. N.; FRUGIS, G. L.; CASTRO, M. P. The fast exhumation pattern of a Neoproterozoic nappe system built during West Gondwana amalgamation: Insights from thermochronology. **Precambrian Research**, v. 355, 106115, 2021.

WHITEHOUSE, M. J.; PLATT, J. P. Dating high-grade metamorphism—constraints from rare-earth elements in zircon and garnet. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 145, p. 61-74, 2003.

WIEDENBECK, M.; ALLÉ, P.; CORFU, F.; GRIFFIN, W. L.; MEIER, M.; OBERLI, F.; VON QUADT, A.; RODDICK, J. C. SPIEGEL, W. Three natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace element and REE analyses. **Geostandards Newsletter**, v. 19, n. 1, p. 1–23, 1995.

WINCHESTER, J. A.; FLOYD, P. A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. **Chemical Geology**, v. 20, p. 325-343, 1977.

WOOD, D. A. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectono-magmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 50, n. 1, p. 11-30, 1980.

WOOD, B. J. Thermodynamics of multicomponent systems containing several solid solutions. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, v. 17, n. 1, p. 71-95, 1987.

WOODSWORTH, G. J. Homogenization of zoned garnets from pelitic schists. **The Canadian Mineralogist**, v. 15, n. 2, p. 230-242, 1977.

WU, Y. Metamorphic Zircon. In: ALDERTON, D.; ELIAS, S. A. (eds.). Encyclopedia of Geology (Second Edition). Oxford: Academic Press, p. 584-596, 2021.

WU, C.-M.; CHEN, H.-X. Revised Ti-in-biotite geothermometer for ilmenite-or rutile-bearing crustal metapelites. **Science Bulletin**, v. 60, n. 1, p. 116-121, 2015.

YAO, Y.; YE, K.; LIU, J.; CONG, B.; WANG, Q. A transitional eclogite-to high pressure granulite-facies overprint on coesite–eclogite at Taohang in the Sulu ultrahigh-pressure terrane, Eastern China. **Lithos**, v. 52, n. 1-4, p. 109-120, 2000.

YAKYMCHUK, C.; KIRKLAND, C. L.; CLARK, C. Th/U ratios in metamorphic zircon. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 36, n. 6, p. 715-737, 2018.

YARDLEY, B. W. D. An empirical study of diffusion in garnet. **American Mineralogist**, v. 62, n. 7-8, p. 793-800, 1977.

YARDLEY, B. W. D. **An introduction to metamorphic petrology**. England: Longman Group, 1989. 248 p.

YAMAGUCHI, Y.; SHIBAKUSA, H.; TOMITA, K. Exsolution of cummingtonite, actinolite and sodic amphibole in hornblende in high-pressure metamorphism. **Nature**, v. 304, n. 5923, p. 257-259, 1983.

ZACK, T., KRONZ, A., FOLEY, S. F., RIVERS, T. Trace element abundances in rutiles from eclogites and associated garnet mica schists. **Chemical Geology**, v. 184, n. 1-2, p. 97-122, 2002.

ZACK, T.; MORAES, R.; KRONZ, A. Temperature dependence of Zr in rutile: empirical calibration of a rutile thermometer. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 148, n. 4, p. 471-488, 2004.

ZANARDO, A. **Análise petrográfica, estratigráfica e microestrutural da região de Guaxupé-Passos-Delfinópolis - (MG)**. 1992. 288p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

ZANARDO, A. **Pesquisa Geológica e de matérias primas cerâmicas do centro nordeste do Estado de São Paulo e vizinhanças – Sistematização crítica da produção Técnico - Científica**. 2003. 304p. Tese (Livre Docência). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

ZANARDO, A.; DEL LAMA, E. A.; MORALES, N.; OLIVEIRA, M. A. F. de. Geologia da porção limítrofe em os blocos São Paulo e Brasília. **Geociências**, v. 15, n. esp., p. 143-168, 1996a.

ZANARDO, A.; DEL LAMA, E. A.; MORALES, N.; OLIVEIRA, M. A. F. Aspectos litoestratigráficos da porção limítrofe entre os blocos São Paulo e Brasília. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 39, 1996, Salvador, BA. **Anais...**Salvador: SBG, 1996b. v. 6, p. 3-5.

ZANARDO, A.; MORALES, N.; CARVALHO, S.G. de; SIMÕES, L.S.A.; OLIVEIRA, M.A.F. de. Evolução metamórfica da porção sul do Craton Paramirim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 36, 1990, Natal, RN. **Anais...**Natal: SBG, 1990. v. 4, p. 1945-1955.

ZANARDO, A.; MORALES, N.; OLIVEIRA, M. A. F.; DEL LAMA, E. A. Tectono-lithologic associations of the Alterosa Paleo Suture Zone – Southeastern Brazil. **Revista UnG – Geociências**, v. 5, n. 1, p. 103-117, 2006.

ZANARDO, A.; OLIVEIRA, M. A. F.; DEL LAMA, E. A.; CARVALHO, S. G. de. Rochas máficas e ultramáficas da Faixa Jacuí-Bom Jesus da Penha-Conceição da Aparecida (MG). **Geociências**, v.15, n. 1, p. 279-297, 1996c.

ZHANG, R. Y.; LIOU, J. G. Exsolution lamellae in minerals from ultrahigh-pressure rocks. **International Geology Review**, v. 41, n. 11, p. 981-993, 1999.

ZHANG, R. Y.; ZHAI, S. M.; FEI, Y. W.; LIOU, J. G. Titanium solubility in coexisting garnet and clinopyroxene at very high pressure: the significance of exsolved rutile in garnet. **Earth Planetary Sciences Letter**, v. 216, n. 4, p. 591-601, 2003.

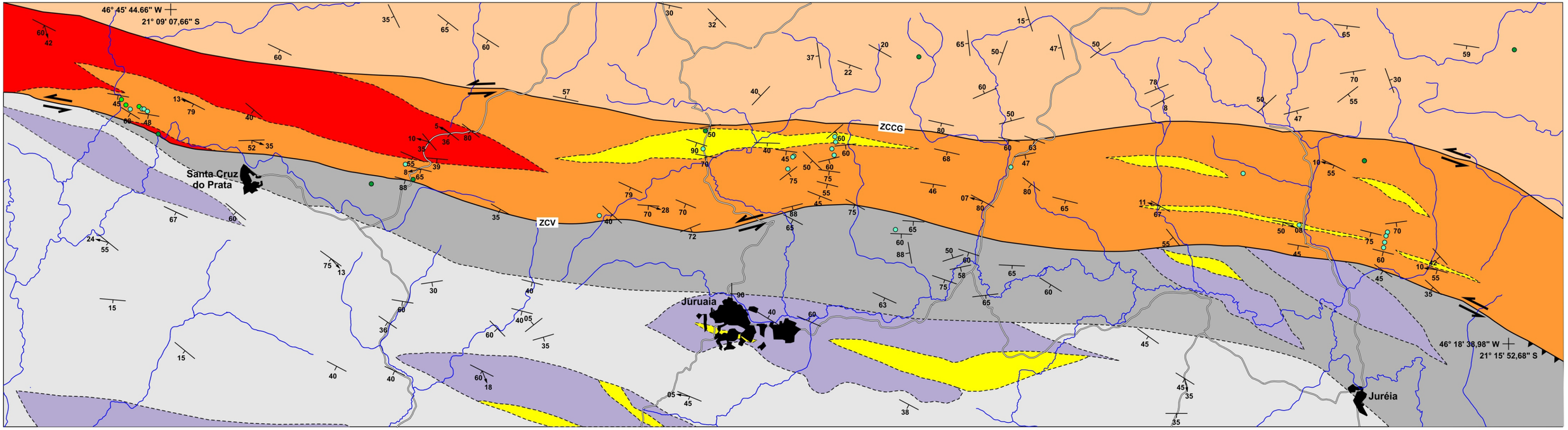
ZHAO, Z. F.; ZHENG, Y. F.; CHEN, R. X.; XIA, Q. X.; WU, Y. B. Element mobility in mafic and felsic ultrahigh-pressure metamorphic rocks during continental collision. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 71, n. 21, p. 5244-5266, 2007.

ZHENG, Y.-F.; CHEN, R.-X.. Regional metamorphism at extreme conditions: Implications for orogeny at convergent plate margins. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 145, p. 46-73, 2017.

APÊNDICE I

Mapa Geológico

MAPA GEOLÓGICO



UNIDADES GEOLÓGICAS

Complexo Guaxupé

- Granulitos de alta a ultra-alta temperatura de composição enderbítica a opdalítica e quartzo diorítica a norítica, contendo granada, clinopiroxênio e rutilo.
- Predomínio de ortognaisses granulíticos, (ortopiroxênio gnaisses, quartzo mangeritos foliados e gnaisses charnockíticos com intercalações de gnaisses graníticos), migmatitos e granitoides sin a tradi colisionais.
- Gnaisses bandados com intercalações frequentes de rochas metassedimentares e anfibolitos.
- Gnaisses quartzosos com intercalações de gnaisses quartzo feldspáticos e quartzitos.

Grupo Araxá

- Intercalações de gnaisses com feições migmatíticas, quartzitos micáceos, quartzo xistos, anfibólio gnaisses, epidoto metagrauvacas, gnaisses quartzosos, mica xistos e anfibolitos; hastingsita e/ou biotita gnaisses sienograníticos, localmente com granada e ou fluorita.
- Predomínio de metassedimentos contendo granada, ortoclásio, cianita e rutilo. Granada paragnaisses contendo cianita e ou biotita, quartzosos ou não, intercalados a granada-quartzo xistos, cianita-granada-quartzo xistos, feldspáticos ou não granada paragnaisses com cianita e biotita, intercalados a granada quartzitos e cianita-granada quartzitos.
- Predomínio de granada ortognaisses quartzo feldspáticos, de composição sienogranítica a tonalítica, contendo anfibólio, biotita e clinopiroxênio.
- Predomínio de metassedimentos quartzosos (granada paragnaisses quartzosos, granada-quartzo xistos e granada quartzitos), geralmente contendo cianita e rutilo.
- Ocorrências de retroeclogito. Lentes métricas não cartografáveis na escala do mapa.
- Ocorrências de rochas metamáficas: incluindo granada-clinopiroxênio anfibolitos, granada-clinopiroxênio gnaisses anfibolíticos, granada-anfibólio-clinopiroxênio gnaisses metamáficos e granulitos máficos. Lentes métricas não cartografáveis na escala do mapa.
- Metaultramáficas: ocorrências de lentes de metamáficas (anfibólio xistos e anfibólio *fels*). Lentes métricas não cartografáveis na escala do mapa.

ZCV - Zona de Cisalhamento Varginha
ZCCG - Zona de Cisalhamento Campos Gerais

LEGENDA

- Foliação
- Lineação
- Zona de Cisalhamento
- Cavalgamento
- Contatos Inferidos
- Drenagem
- Rodovias e estradas
- Cidades

N

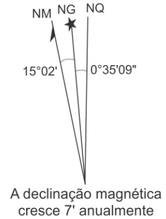
Escala - 1:100.000

Localização das folhas no estado



São Sebastião do Paraíso	Fortaleza de Minas	Alpinópolis
Monte Santo de Minas	Jacuí	Nova Resende
Guaranésia	Guaxupé	Monte Belo

Declinação magnética em 1971



A declinação magnética cresce 7' anualmente

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
JÚLIO DE MESQUITA FILHO
Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente

A PALEOZONA DE SUTURA DE ALTEROSA ENTRE AS ZONAS DE CISALHAMENTO VARGINHA E CAMPOS GERAIS (SW DO ESTADO DE MINAS GERAIS): METAMORFISMO DE FÁCIES GRANULITO DE ALTA PRESSÃO

Thaís Güitzlaf Leme

Novembro/2023

APÊNDICE I

Mapa Geológico
Tese de Doutorado
Mapa Geológico integrado com base em: Zanardo (1992, 2003); Del Lama (1993, 1998); Morales (1993).

APÊNDICE II

Tabelas de análises de química mineral

Tabela A.II.1 - Análises químicas representativas por microssonda eletrônica em cristais de granada e proporção molecular dos cristais analisados. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 12 oxigênios.

Amostra	TGL-39-E																				
Cristal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Análise	1_01	1_02	1_03	1_05	1_07	1_08	1_09	1_11	1_12	1_13	1_14	1_15	1_16	1_18	1_19	1_20	1_21	1_22	1_23	1_24	1_25
SiO_2	38.51	38.60	38.56	38.74	38.78	38.99	38.80	38.81	38.85	38.62	38.87	38.81	39.11	39.12	38.89	38.99	38.81	38.82	39.01	38.63	38.53
TiO_2	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Al_2O_3	21.63	21.73	21.85	21.74	21.85	21.62	21.82	21.75	21.71	21.76	21.77	21.74	22.08	21.83	21.94	21.59	21.76	21.91	21.86	22.08	21.68
Cr_2O_3	0.03	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.01
Fe_2O_3	0.00	0.62	0.90	0.21	0.44	0.00	0.24	0.47	0.33	0.22	0.00	0.04	0.16	0.00	0.00	0.00	0.06	0.13	0.30	0.11	0.72
FeO	30.50	29.41	28.65	29.00	28.65	28.78	29.03	28.84	28.89	28.28	28.17	28.03	28.16	27.97	28.08	28.24	28.35	28.72	29.15	29.61	29.77
MnO	0.95	0.79	0.76	0.77	0.77	0.74	0.78	0.70	0.71	0.67	0.68	0.63	0.64	0.66	0.65	0.66	0.65	0.67	0.72	0.77	0.81
MgO	5.84	6.10	6.23	6.43	6.45	6.53	6.59	6.88	6.65	6.83	6.81	7.00	7.04	6.98	6.95	6.86	6.74	6.56	6.58	6.35	6.61
CaO	2.92	3.84	4.22	3.87	4.12	4.11	3.63	3.47	3.86	3.84	4.11	4.05	4.06	4.00	4.03	4.06	4.21	3.95	3.90	3.44	2.74
Na_2O	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.00	0.05	0.01	0.02	0.03
K_2O	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02
Total	100.40	101.18	101.25	100.83	101.14	100.85	100.98	100.98	101.04	100.29	100.48	100.35	101.33	100.63	100.61	100.47	100.62	100.87	101.57	101.04	100.94
Si	3.01	2.99	2.98	3.00	3.00	3.02	3.00	3.00	3.00	3.00	3.01	3.01	3.00	3.02	3.00	3.02	3.00	3.00	3.00	2.99	2.99
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.99	1.98	1.99	1.99	1.99	1.97	1.99	1.98	1.98	1.99	1.99	1.99	2.00	1.99	2.00	1.97	1.99	2.00	1.98	2.01	1.98
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.04	0.05	0.01	0.03	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.04
Fe^{2+}	2.00	1.91	1.85	1.88	1.85	1.86	1.88	1.86	1.87	1.84	1.82	1.82	1.81	1.80	1.81	1.83	1.84	1.86	1.88	1.92	1.93
Mn	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
Mg	0.68	0.71	0.72	0.74	0.74	0.75	0.76	0.79	0.77	0.79	0.79	0.81	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.76	0.75	0.73	0.77
Ca	0.25	0.32	0.35	0.32	0.34	0.34	0.30	0.29	0.32	0.32	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.35	0.33	0.32	0.29	0.23
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	7.99	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Alm	67	64	62	63	62	62	63	62	62	61	61	61	60	61	61	61	61	62	63	64	65
Prp	23	24	24	25	25	25	25	27	26	26	26	27	27	27	27	26	26	25	25	25	26
Grs	8	9	9	10	10	11	9	8	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	10	9	6
Sps	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Adr	0	2	3	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-39-E																				
Cristal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Análise	4_01	4_02	4_03	4_04	4_05	4_06	4_07	4_08	4_09	4_10	4_11	4_12	4_13	4_14	4_15	5_01	5_02	5_03	5_04	5_05	5_06
SiO_2	38.79	38.80	38.59	38.67	38.80	38.63	38.76	38.79	38.54	38.77	38.55	38.91	38.82	38.39	38.20	38.31	38.44	38.75	38.55	38.98	38.81
TiO_2	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.18	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00
Al_2O_3	21.35	21.59	21.63	21.61	21.87	21.67	21.80	22.09	21.83	22.07	21.57	21.80	21.70	21.59	21.41	21.38	21.62	21.76	21.76	21.88	21.71
Cr_2O_3	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
Fe_2O_3	0.00	0.00	0.21	0.08	0.28	0.26	0.61	0.15	0.70	0.30	0.46	0.26	0.14	0.54	0.33	0.40	0.45	0.00	0.55	0.00	0.79
FeO	30.61	29.19	28.78	29.01	28.70	28.25	28.12	28.40	27.79	28.70	28.93	29.00	29.21	28.97	30.47	31.52	29.95	29.20	28.72	28.65	28.73
MnO	0.87	0.82	0.78	0.71	0.75	0.71	0.72	0.77	0.70	0.74	0.73	0.74	0.71	0.81	1.02	1.00	0.81	0.79	0.72	0.73	0.68
MgO	5.51	6.11	6.32	6.29	6.55	6.52	6.45	6.60	6.71	6.72	6.86	6.76	6.59	5.98	4.88	5.17	5.83	5.98	6.30	6.84	7.07
CaO	3.76	4.06	4.05	4.04	4.06	4.25	4.51	4.09	4.36	3.73	3.22	3.48	3.53	4.03	4.11	3.09	3.70	4.38	4.16	3.76	3.38
Na_2O	0.04	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01
K_2O	0.01	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Total	100.98	100.71	100.45	100.52	101.06	100.40	101.08	100.97	100.72	101.15	100.61	101.08	100.81	100.45	100.52	100.95	100.86	100.91	100.83	100.89	101.23
Si	3.02	3.01	3.00	3.01	3.00	3.00	2.99	2.99	2.98	2.99	2.99	3.00	3.01	2.99	3.00	3.00	2.99	3.01	2.99	3.01	2.99
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.96	1.98	1.98	1.98	1.99	1.98	1.98	2.01	1.99	2.01	1.97	1.98	1.98	1.99	1.98	1.97	1.99	1.99	1.99	1.99	1.97
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.01	0.04	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.00	0.03	0.00	0.05
Fe^{2+}	2.00	1.90	1.87	1.89	1.85	1.84	1.82	1.83	1.80	1.85	1.88	1.87	1.89	1.89	2.00	2.07	1.95	1.89	1.86	1.85	1.85
Mn	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
Mg	0.64	0.71	0.73	0.73	0.75	0.76	0.74	0.76	0.77	0.77	0.79	0.78	0.76	0.70	0.57	0.60	0.68	0.69	0.73	0.79	0.81
Ca	0.31	0.34	0.34	0.34	0.34	0.35	0.37	0.34	0.36	0.31	0.27	0.29	0.29	0.34	0.35	0.26	0.31	0.36	0.35	0.31	0.28
Na	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	66	63	63	63	62	61	61	62	60	62	63	63	63	64	67	69	65	63	62	62	62
Prp	21	24	24	24	25	25	25	25	26	26	27	26	25	23	19	20	23	23	24	26	27
Grs	10	11	11	11	10	11	11	11	10	9	8	9	9	10	11	7	9	12	10	10	7
Sps	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Adr	0	0	1	0	1	1	2	0	2	1	1	1	0	2	1	1	1	0	2	0	2

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-39-E																			
Cristal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Análise	5_07	5_08	5_09	5_10	5_11	5_12	5_13	5_14	5_15	8_01	8_02	8_03	8_04	8_05	8_06	8_07	8_08	8_09	8_10	8_11
SiO_2	39.56	38.82	38.74	38.68	38.72	38.89	39.03	38.97	38.82	38.63	38.85	38.76	38.88	38.64	38.79	38.94	38.77	38.81	38.55	38.50
TiO_2	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.20	0.03
Al_2O_3	21.45	22.00	21.78	21.67	21.86	21.86	21.78	21.93	21.68	21.72	21.76	21.51	21.70	21.96	21.72	21.74	21.75	21.65	21.57	21.72
Cr_2O_3	0.05	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06	0.07	0.06	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06
Fe_2O_3	0.00	0.00	0.71	0.29	0.51	0.50	0.12	0.00	0.09	0.20	0.00	0.25	0.28	1.12	0.00	0.57	0.03	0.54	0.37	0.00
FeO	28.68	28.64	28.50	28.39	28.12	28.08	28.52	28.83	29.89	30.08	29.14	28.78	28.97	28.41	28.94	28.84	28.88	28.75	28.84	29.16
MnO	0.65	0.66	0.65	0.64	0.65	0.69	0.73	0.73	0.81	0.79	0.73	0.69	0.69	0.63	0.69	0.65	0.61	0.64	0.68	0.67
MgO	7.08	7.23	7.18	7.15	6.98	6.59	6.29	6.15	6.03	6.25	6.15	6.50	6.92	7.26	7.20	7.39	7.30	7.28	7.07	6.62
CaO	3.17	3.02	3.24	3.42	3.92	4.62	4.75	4.60	3.78	3.18	4.25	4.00	3.47	3.18	2.91	2.96	2.93	3.15	3.21	3.35
Na_2O	0.02	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02
K_2O	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00
Total	100.70	100.46	100.92	100.30	100.84	101.31	101.30	101.29	101.22	100.92	100.97	100.59	100.99	101.29	100.31	101.17	100.34	100.86	100.53	100.13
Si	3.05	3.00	2.99	3.00	2.99	2.99	3.01	3.01	3.01	3.00	3.01	3.01	3.00	2.97	3.01	3.00	3.01	3.00	2.99	3.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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
Al	1.95	2.01	1.98	1.98	1.99	1.98	1.98	1.99	1.98	1.99	1.99	1.97	1.98	1.99	1.99	1.97	1.99	1.97	1.97	2.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.04	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.07	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00
Fe^{2+}	1.85	1.85	1.84	1.84	1.82	1.81	1.84	1.86	1.94	1.95	1.89	1.87	1.87	1.83	1.88	1.86	1.87	1.86	1.87	1.90
Mn	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
Mg	0.81	0.83	0.83	0.83	0.80	0.76	0.72	0.71	0.70	0.72	0.71	0.75	0.80	0.83	0.83	0.85	0.84	0.84	0.82	0.77
Ca	0.26	0.25	0.27	0.29	0.32	0.38	0.39	0.38	0.31	0.26	0.35	0.33	0.29	0.26	0.24	0.24	0.24	0.26	0.27	0.28
Na	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	7.98	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	62	62	62	62	61	60	61	62	65	65	63	62	62	62	63	62	62	62	62	64
Prp	27	28	28	28	27	25	24	24	23	24	24	25	27	28	28	28	28	28	27	26
Grs	9	8	7	9	9	11	13	13	10	8	12	10	9	6	8	7	8	7	8	9
Sps	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1
Adr	0	0	2	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	3	0	2	0	2	1	0

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-39-E				TGL-57-A																
Cristal	8	8	8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Análise	8_12	8_13	8_14	8_15	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_10	I_11	I_12	I_13	I_14	I_15	I_16	I_17	I_18
SiO_2	38.84	38.49	38.42	37.78	39.35	39.67	39.63	39.61	39.51	39.41	39.64	39.62	39.88	39.70	39.45	39.58	39.64	39.53	39.52	39.35	39.72	39.33
TiO_2	0.02	0.01	0.00	0.02	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.06	0.04	0.04
Al_2O_3	21.77	21.72	21.51	21.54	22.26	22.40	22.22	22.33	22.46	22.58	22.32	22.63	22.46	22.23	22.46	22.40	22.39	22.34	22.34	22.31	22.48	22.58
Cr_2O_3	0.04	0.04	0.05	0.06	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03	0.06	0.06	0.02	0.02	0.03	0.06	0.08	0.06	0.02	0.03
Fe_2O_3	0.42	0.57	0.29	1.02	0.85	0.33	0.51	0.49	1.09	1.26	0.58	1.10	0.82	0.64	1.22	0.44	0.94	1.05	0.88	0.87	0.73	0.95
FeO	29.31	29.70	29.87	30.46	21.79	22.01	21.97	22.21	21.99	21.63	22.15	21.81	21.99	22.05	21.60	22.25	22.16	22.17	22.34	22.66	22.50	22.12
MnO	0.75	0.80	0.79	1.01	0.61	0.59	0.58	0.58	0.59	0.61	0.61	0.60	0.61	0.61	0.61	0.58	0.60	0.66	0.62	0.61	0.65	0.60
MgO	6.57	6.21	5.74	5.37	11.36	11.36	11.38	11.35	11.35	11.44	11.34	11.50	11.51	11.41	11.43	11.28	11.28	11.17	11.08	10.89	11.17	11.20
CaO	3.55	3.40	3.86	3.08	3.46	3.57	3.52	3.41	3.49	3.52	3.48	3.48	3.53	3.48	3.57	3.40	3.48	3.48	3.50	3.45	3.48	3.35
Na_2O	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02
K_2O	0.01	0.00	0.01	0.06	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	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Total	101.30	100.97	100.56	100.40	99.74	99.98	99.91	100.06	100.54	100.52	100.17	100.80	100.91	100.23	100.42	100.03	100.59	100.54	100.43	100.26	100.80	100.21
Si	3.00	2.99	3.00	2.97	2.98	2.99	2.99	2.99	2.97	2.96	2.99	2.97	2.98	2.99	2.97	2.99	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.97
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.98	1.99	1.98	2.00	1.99	1.99	1.98	1.99	1.99	2.00	1.98	2.00	1.98	1.97	1.99	1.99	1.98	1.98	1.99	1.99	1.99	2.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.02	0.03	0.02	0.06	0.05	0.02	0.03	0.03	0.06	0.07	0.03	0.06	0.05	0.04	0.07	0.03	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05
Fe^{2+}	1.89	1.93	1.95	2.00	1.38	1.39	1.39	1.40	1.38	1.36	1.40	1.37	1.38	1.39	1.36	1.41	1.39	1.40	1.41	1.43	1.41	1.40
Mn	0.05	0.05	0.05	0.07	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Mg	0.76	0.72	0.67	0.63	1.28	1.28	1.28	1.28	1.27	1.28	1.27	1.28	1.28	1.28	1.28	1.27	1.26	1.25	1.25	1.23	1.25	1.26
Ca	0.29	0.28	0.32	0.26	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	63	65	65	68	46	46	46	47	47	46	47	46	46	46	46	47	47	47	47	48	47	47
Prp	25	24	22	21	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	42	42	42	42	41	42	42
Grs	9	8	10	6	7	9	8	8	6	6	8	6	7	8	6	8	7	6	7	7	7	6
Sps	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adr	1	2	1	3	2	1	1	1	3	3	2	3	2	2	3	1	3	3	2	2	2	3

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-57-A																				
Cristal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Análise	I_19	I_20	I_21	I_22	I_24	I_25	I_26	I_27	I_28	I_29	I_30	II_21	II_22	II_23	II_24	II_25	II_26	II_27	II_28	II_29	II_30
SiO_2	39.51	39.48	39.62	39.91	39.76	39.83	39.74	39.80	39.75	39.63	40.00	39.68	39.49	39.79	39.73	39.70	39.70	39.76	39.51	39.45	39.79
TiO_2	0.06	0.05	0.07	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04
Al_2O_3	22.43	22.52	22.32	22.49	22.53	22.50	22.41	22.54	22.50	22.59	22.30	22.40	22.38	22.57	22.63	22.44	22.60	22.40	22.43	22.40	22.38
Cr_2O_3	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02
Fe_2O_3	0.56	1.05	0.67	0.59	0.85	0.77	0.89	0.66	0.96	0.90	0.57	0.62	1.06	0.83	0.48	0.55	0.71	0.58	0.87	0.72	1.08
FeO	22.05	21.92	22.15	22.25	21.93	21.98	21.89	22.05	21.73	21.96	22.47	21.84	21.61	21.89	22.01	21.84	21.67	21.67	21.24	21.22	21.48
MnO	0.60	0.60	0.62	0.59	0.60	0.65	0.59	0.60	0.57	0.64	0.61	0.63	0.57	0.60	0.59	0.61	0.58	0.56	0.58	0.57	0.59
MgO	11.33	11.33	11.42	11.38	11.38	11.45	11.48	11.48	11.53	11.35	11.40	11.42	11.52	11.51	11.34	11.24	11.31	10.99	10.84	10.92	10.90
CaO	3.40	3.46	3.36	3.51	3.64	3.51	3.51	3.53	3.56	3.49	3.43	3.53	3.53	3.51	3.64	3.83	3.99	4.45	4.72	4.60	4.72
Na_2O	0.01	0.02	0.00	0.03	0.02	0.01	0.03	0.00	0.03	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
K_2O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Total	99.99	100.46	100.27	100.82	100.78	100.80	100.61	100.71	100.69	100.65	100.90	100.21	100.23	100.77	100.49	100.26	100.63	100.48	100.25	99.97	101.00
Si	2.98	2.97	2.99	2.99	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.97	3.00	2.99	2.97	2.98	2.98	2.99	2.98	2.99	2.98	2.98	2.98
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	2.00	2.00	1.98	1.99	1.99	1.99	1.98	1.99	1.99	2.00	1.97	1.99	1.99	1.99	2.00	1.99	2.00	1.99	1.99	2.00	1.98
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.03	0.06	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.04	0.06	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05	0.04	0.06
Fe^{2+}	1.39	1.38	1.40	1.39	1.37	1.38	1.37	1.38	1.36	1.38	1.41	1.38	1.36	1.37	1.38	1.38	1.36	1.36	1.34	1.34	1.35
Mn	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Mg	1.28	1.27	1.28	1.27	1.27	1.28	1.28	1.28	1.29	1.27	1.27	1.28	1.29	1.28	1.27	1.26	1.26	1.23	1.22	1.23	1.22
Ca	0.28	0.28	0.27	0.28	0.29	0.28	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.29	0.31	0.32	0.36	0.38	0.37	0.38
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	47	46	47	47	46	46	46	46	46	46	47	46	46	46	46	46	46	46	45	45	45
Prp	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	42	43	43	43	43	42	42	41	41	41	41
Grs	8	6	7	8	7	7	7	8	7	7	8	8	7	7	8	9	9	10	10	10	10
Sps	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adr	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	3

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-57-A										TGL-74										
Cristal	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Análise	II_31	II_32	II_33	II_34	II_35	II_36	II_37	II_38	II_39	II_40	1_01	1_02	1_03	1_04	1_05	1_06	1_07	1_08	1_09	1_10	1_11
SiO_2	39.86	39.78	39.74	39.77	39.43	39.53	39.73	39.60	39.69	39.73	38.25	37.72	38.19	38.25	38.52	38.98	38.58	38.46	38.77	38.25	38.07
TiO_2	0.04	0.04	0.03	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02	0.08	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.04	0.01
Al_2O_3	22.41	22.49	22.59	22.33	22.26	22.52	22.32	22.31	22.51	22.58	21.21	21.11	21.23	21.28	21.48	21.74	21.49	21.61	21.53	21.38	21.35
Cr_2O_3	0.02	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.03	0.02	0.06	0.04	0.03
Fe_2O_3	0.50	0.91	0.85	0.66	0.56	0.91	0.85	0.42	0.44	0.78	1.66	1.69	1.81	1.99	1.59	0.52	1.51	1.26	0.75	1.55	1.84
FeO	21.82	21.67	21.71	21.58	21.83	21.92	21.69	21.99	22.43	22.52	25.81	24.92	25.17	25.10	24.97	25.90	25.04	25.06	25.45	24.83	24.35
MnO	0.62	0.60	0.61	0.56	0.57	0.59	0.60	0.60	0.60	0.63	1.06	0.91	0.88	0.86	0.86	0.84	0.85	0.86	0.84	0.87	0.84
MgO	10.96	11.06	11.10	11.13	10.90	10.98	11.29	11.21	11.26	11.16	6.33	6.89	7.28	7.39	7.51	7.37	7.60	7.51	7.53	7.48	7.40
CaO	4.43	4.35	4.19	4.32	4.14	4.06	3.92	3.69	3.42	3.45	5.82	5.36	5.05	5.04	5.19	5.11	5.13	5.08	5.08	5.16	5.44
Na_2O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04
K_2O	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Total	100.67	100.95	100.84	100.46	99.75	100.56	100.51	99.92	100.41	100.94	100.26	98.77	99.71	100.02	100.25	100.56	100.28	99.92	100.03	99.62	99.37
Si	2.99	2.98	2.98	2.99	2.99	2.97	2.99	2.99	2.99	2.98	2.98	2.97	2.97	2.97	2.98	3.00	2.98	2.98	3.00	2.97	2.97
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.98	1.99	2.00	1.98	1.99	2.00	1.98	1.99	2.00	2.00	1.95	1.96	1.95	1.95	1.96	1.97	1.96	1.97	1.96	1.96	1.96
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.05	0.05	0.02	0.03	0.04	0.10	0.10	0.11	0.12	0.09	0.03	0.09	0.07	0.04	0.09	0.11
Fe^{2+}	1.37	1.36	1.36	1.36	1.38	1.38	1.36	1.39	1.41	1.41	1.68	1.64	1.64	1.63	1.61	1.67	1.62	1.62	1.65	1.61	1.59
Mn	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Mg	1.23	1.23	1.24	1.25	1.23	1.23	1.27	1.26	1.26	1.25	0.73	0.81	0.85	0.86	0.86	0.85	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86
Ca	0.36	0.35	0.34	0.35	0.34	0.33	0.32	0.30	0.28	0.28	0.49	0.45	0.42	0.42	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.43	0.45
Na	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	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	46	46	46	45	46	46	46	46	47	47	57	55	55	55	54	56	54	55	55	54	54
Prp	41	41	42	42	41	41	42	42	42	42	25	27	29	29	29	28	29	29	29	29	29
Grs	11	9	9	10	10	8	8	9	8	7	12	10	9	9	10	13	10	11	12	10	10
Sps	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Adr	1	3	2	2	2	3	2	1	1	2	5	5	5	6	5	1	4	4	2	4	5

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-74																				
Cristal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Análise	1_12	1_13	1_14	1_15	1_16	1_17	1_18	1_19	1_20	1_21	1_22	1_23	1_24	1_25	1_26	1_27	1_28	1_29	1_30	2_01	2_02
SiO_2	38.11	38.07	38.52	38.47	38.06	37.86	38.35	37.03	38.28	38.04	38.29	38.14	38.82	38.14	38.51	38.15	38.26	38.42	38.48	38.09	38.96
TiO_2	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.06	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02
Al_2O_3	21.49	21.27	21.75	21.80	21.45	21.15	21.45	20.89	21.49	21.36	21.56	21.27	21.69	21.64	21.58	21.36	21.44	21.71	21.47	21.39	21.81
Cr_2O_3	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.07	0.06
Fe_2O_3	1.96	1.99	1.90	1.35	1.38	2.02	1.45	2.74	1.66	1.98	1.41	2.01	0.63	1.39	1.29	1.34	1.37	1.33	0.81	1.22	0.64
FeO	23.94	24.02	23.85	24.70	24.48	23.97	24.63	23.06	24.77	24.51	24.41	24.34	25.35	24.68	25.13	24.78	24.74	25.15	26.14	26.03	25.57
MnO	0.86	0.87	0.88	0.87	0.84	0.86	0.91	0.84	0.86	0.87	0.92	0.86	0.91	0.84	0.84	0.86	0.86	0.86	1.03	0.96	0.95
MgO	7.42	7.05	7.26	7.22	7.11	7.21	7.18	7.23	7.38	7.44	7.59	7.61	7.35	7.47	7.38	7.28	7.15	6.78	6.80	6.35	6.75
CaO	5.75	6.23	6.19	5.82	5.75	5.83	5.74	5.50	5.29	5.26	5.29	5.26	5.27	5.19	5.33	5.42	5.67	5.98	5.09	5.66	6.19
Na_2O	0.03	0.01	0.06	0.02	0.03	0.02	0.03	0.06	0.03	0.02	0.03	0.01	0.05	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00
K_2O	0.02	0.02	0.05	0.01	0.01	0.00	0.03	0.06	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.03
Total	99.65	99.58	100.52	100.29	99.16	98.97	99.82	97.45	99.81	99.56	99.57	99.56	100.14	99.41	100.12	99.31	99.58	100.34	99.89	99.79	100.97
Si	2.96	2.97	2.96	2.97	2.97	2.97	2.98	2.95	2.97	2.96	2.97	2.97	3.00	2.97	2.98	2.98	2.98	2.97	2.99	2.98	2.99
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.97	1.95	1.97	1.98	1.98	1.95	1.96	1.96	1.97	1.96	1.97	1.95	1.97	1.99	1.97	1.96	1.97	1.98	1.97	1.97	1.98
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.11	0.12	0.11	0.08	0.08	0.12	0.09	0.16	0.10	0.12	0.08	0.12	0.04	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.05	0.07	0.04
Fe^{2+}	1.56	1.56	1.54	1.59	1.60	1.57	1.60	1.53	1.61	1.60	1.59	1.58	1.64	1.61	1.63	1.62	1.61	1.63	1.70	1.70	1.64
Mn	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06
Mg	0.86	0.82	0.83	0.83	0.83	0.84	0.83	0.86	0.85	0.86	0.88	0.88	0.85	0.87	0.85	0.85	0.83	0.78	0.79	0.74	0.77
Ca	0.48	0.52	0.51	0.48	0.48	0.49	0.48	0.47	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.43	0.44	0.45	0.47	0.50	0.42	0.47	0.51
Na	0.01	0.00	0.01	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	0.01	0.00	0.00
K	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	53	53	52	54	54	53	54	53	54	54	53	53	55	54	55	54	54	55	57	57	55
Prp	29	28	28	28	28	28	28	29	29	29	30	30	28	29	29	28	28	26	26	25	26
Grs	11	12	12	12	12	11	12	8	10	9	11	9	13	11	11	11	12	13	12	12	15
Sps	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Adr	5	6	5	4	4	6	4	8	5	6	4	6	2	4	4	4	4	4	2	4	2

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-74																					
Cristal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Análise	2_03	2_04	2_05	2_06	2_07	2_08	2_09	2_10	2_11	2_12	2_13	2_14	2_15	2_16	2_17	2_18	2_19	2_20	2_21	2_22	2_23	2_24
SiO_2	38.54	38.01	38.47	38.61	38.54	38.19	38.02	38.52	38.36	37.44	38.29	38.47	38.52	38.32	39.08	38.31	38.33	37.56	38.81	38.15	38.43	38.18
TiO_2	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.09	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Al_2O_3	21.51	21.18	21.62	21.60	21.37	21.45	21.35	21.35	21.59	20.86	21.47	21.59	21.57	21.57	21.92	21.61	21.57	21.14	21.71	21.47	21.61	21.58
Cr_2O_3	0.05	0.04	0.06	0.05	0.04	0.03	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
Fe_2O_3	1.19	2.24	2.06	1.06	1.57	1.57	2.03	1.49	1.96	2.59	1.86	1.54	1.39	1.82	0.67	1.33	1.05	3.12	0.82	1.46	1.31	1.73
FeO	25.16	24.51	24.74	25.63	25.03	24.97	24.48	25.02	24.56	24.03	24.70	24.75	24.92	24.32	25.35	24.59	25.41	23.29	25.18	24.73	24.98	24.80
MnO	0.92	0.93	0.93	0.95	0.91	0.93	0.92	0.96	0.91	0.95	0.94	0.94	0.90	0.96	0.97	0.91	0.94	0.92	0.95	0.89	0.91	0.96
MgO	7.25	7.45	7.61	7.53	7.79	7.65	7.78	7.72	7.91	7.55	7.76	7.83	7.75	7.75	7.66	7.58	7.25	7.45	7.71	7.52	7.56	7.62
CaO	5.34	5.12	5.09	4.75	4.75	4.83	4.74	4.82	4.80	4.72	4.85	4.83	4.87	5.10	5.08	5.20	5.08	5.70	5.01	4.97	4.98	4.84
Na_2O	0.04	0.02	0.05	0.01	0.03	0.00	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.00	0.01	0.02	0.04	0.03	0.02
K_2O	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01
Total	100.03	99.55	100.66	100.24	100.06	99.72	99.41	99.99	100.20	98.28	99.97	100.07	100.04	99.94	100.85	99.62	99.72	99.27	100.27	99.31	99.89	99.79
Si	2.99	2.96	2.96	2.98	2.98	2.97	2.96	2.98	2.96	2.96	2.97	2.97	2.98	2.96	2.99	2.97	2.98	2.93	2.99	2.97	2.98	2.96
Ti	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	0.00	0.00	0.00
Al	1.96	1.95	1.96	1.97	1.95	1.96	1.96	1.95	1.97	1.94	1.96	1.97	1.97	1.97	1.98	1.98	1.98	1.95	1.97	1.97	1.97	1.97
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.07	0.13	0.12	0.06	0.09	0.09	0.12	0.09	0.11	0.15	0.11	0.09	0.08	0.11	0.04	0.08	0.06	0.18	0.05	0.09	0.08	0.10
Fe^{2+}	1.63	1.60	1.59	1.66	1.62	1.62	1.59	1.62	1.59	1.59	1.60	1.60	1.61	1.57	1.62	1.60	1.65	1.52	1.62	1.61	1.62	1.61
Mn	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Mg	0.84	0.87	0.87	0.87	0.90	0.89	0.90	0.89	0.91	0.89	0.90	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	0.84	0.87	0.89	0.87	0.87	0.88
Ca	0.44	0.43	0.42	0.39	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.42	0.43	0.42	0.48	0.41	0.42	0.41	0.40
Na	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	55	54	54	56	55	55	54	54	54	54	54	54	54	53	55	54	55	52	54	54	55	54
Prp	28	29	30	29	30	30	31	30	31	30	30	30	30	30	29	30	28	30	30	30	29	30
Grs	12	8	9	10	9	9	8	9	8	6	8	9	10	9	12	11	11	8	12	10	10	9
Sps	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Adr	3	6	6	3	4	4	6	4	5	7	5	4	4	5	2	4	3	9	2	4	4	5

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-74																				
Cristal	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Análise	2_25	2_26	2_27	2_28	2_29	2_30	3_01	3_03	3_04	3_05	3_06	3_07	3_08	3_09	3_10	3_11	3_13	3_14	3_15	3_16	3_17	3_18
SiO_2	38.20	38.63	38.41	38.26	38.16	38.10	37.77	37.72	38.29	42.95	38.50	38.08	38.40	38.28	38.48	38.51	37.88	38.20	38.27	38.35	38.63	38.47
TiO_2	0.01	0.00	0.01	0.03	0.59	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01
Al_2O_3	21.46	21.41	21.52	21.34	21.41	21.31	21.30	21.01	21.43	21.93	21.50	21.17	21.59	21.22	21.43	21.51	21.27	21.38	21.52	21.46	21.49	21.30
Cr_2O_3	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.03	0.04	0.04	0.06	0.06	0.05	0.07	0.04	0.06	0.04	0.07	0.06	0.06	0.03	0.05	0.06
Fe_2O_3	1.33	0.76	1.32	1.30	0.54	1.36	2.05	2.48	1.92	0.00	0.93	2.05	1.47	1.83	1.75	1.53	1.97	1.60	1.83	1.31	1.29	1.62
FeO	25.18	25.65	25.14	25.36	26.16	25.97	25.39	24.50	24.80	23.29	25.22	24.60	24.84	24.69	24.88	24.83	24.40	24.69	24.48	24.74	24.70	24.45
MnO	0.93	0.94	0.91	0.93	0.95	1.09	0.98	0.92	0.91	0.77	0.89	0.86	0.90	0.91	0.87	0.88	0.90	0.89	0.90	0.91	0.89	0.91
MgO	7.26	7.26	7.15	6.82	6.30	6.03	6.20	7.08	7.27	5.63	7.27	7.33	7.40	7.44	7.38	7.44	7.22	7.29	7.41	7.33	7.21	7.04
CaO	5.11	5.06	5.45	5.64	6.00	5.85	5.90	5.35	5.42	6.03	5.34	5.37	5.33	5.35	5.37	5.35	5.38	5.43	5.48	5.45	5.83	6.13
Na_2O	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04
K_2O	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02	0.02	0.16	0.02	0.01	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
Total	99.55	99.79	99.97	99.76	100.19	99.84	99.65	99.18	100.15	100.87	99.76	99.57	100.04	99.79	100.31	100.15	99.16	99.59	100.02	99.63	100.18	100.05
Si	2.98	3.00	2.98	2.98	2.97	2.98	2.96	2.96	2.97	3.22	2.99	2.97	2.97	2.97	2.97	2.98	2.96	2.97	2.96	2.98	2.99	2.98
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.97	1.96	1.97	1.96	1.96	1.97	1.97	1.94	1.96	1.94	1.97	1.95	1.97	1.94	1.95	1.96	1.96	1.96	1.97	1.97	1.96	1.95
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.08	0.04	0.08	0.08	0.03	0.08	0.12	0.15	0.11	0.00	0.05	0.12	0.09	0.11	0.10	0.09	0.12	0.09	0.11	0.08	0.08	0.10
Fe^{2+}	1.64	1.67	1.63	1.65	1.70	1.70	1.66	1.61	1.61	1.46	1.64	1.60	1.61	1.60	1.61	1.61	1.60	1.61	1.59	1.61	1.60	1.58
Mn	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Mg	0.84	0.84	0.83	0.79	0.73	0.70	0.72	0.83	0.84	0.63	0.84	0.85	0.85	0.86	0.85	0.86	0.84	0.85	0.86	0.85	0.83	0.81
Ca	0.43	0.42	0.45	0.47	0.50	0.49	0.50	0.45	0.45	0.49	0.44	0.45	0.44	0.45	0.45	0.44	0.45	0.45	0.46	0.45	0.48	0.51
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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
∑Cátions	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.82	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	55	56	55	55	57	57	56	55	54	56	55	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	53
Prp	28	28	28	27	24	24	25	28	28	24	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	28	27
Grs	11	12	11	12	15	13	11	8	10	18	12	9	11	10	10	11	10	11	10	12	13	13
Sps	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Adr	4	2	4	4	2	4	6	7	5	0	3	6	4	5	5	4	6	5	5	4	4	5

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-74											TGL-79-B										
Cristal	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Análise	3_20	3_21	3_22	3_23	3_24	3_25	3_26	3_27	3_28	3_29	3_30	II_1	II_2	II_3	II_4	II_5	3_1	3_2	3_3	3_4	3_5	3_6
SiO_2	38.24	38.31	37.26	37.56	38.09	38.31	37.99	38.66	38.94	38.17	38.35	36.79	37.34	36.61	37.05	37.05	36.78	37.00	36.82	36.84	36.84	37.17
TiO_2	0.03	0.03	2.30	0.02	0.07	0.03	0.01	0.02	0.01	0.08	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02	0.04
Al_2O_3	21.34	21.49	20.99	21.39	21.03	21.44	21.31	21.44	21.77	21.44	21.42	20.22	20.38	19.91	20.26	20.26	20.37	20.27	20.25	20.35	20.47	20.23
Cr_2O_3	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.05	0.05	0.06	0.07	0.05	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe_2O_3	1.71	1.49	0.17	2.50	1.73	2.33	1.85	1.30	1.03	1.50	1.23	1.70	1.51	2.64	1.98	1.80	1.80	1.43	2.03	1.95	1.64	1.69
FeO	24.71	24.72	25.41	24.15	24.72	24.52	24.75	25.34	25.57	25.20	26.56	30.23	31.16	30.11	30.59	30.70	29.34	29.85	29.36	29.90	29.83	29.99
MnO	0.92	0.91	0.93	0.80	0.91	0.90	0.91	0.92	0.89	0.90	1.01	0.69	0.63	0.60	0.66	0.77	0.47	0.50	0.44	0.41	0.40	0.44
MgO	6.92	6.97	7.06	7.06	6.94	7.26	6.99	6.94	6.96	6.51	6.14	1.11	1.19	1.14	1.13	1.08	1.12	1.13	1.16	1.22	1.27	1.28
CaO	5.99	6.03	5.79	5.15	5.65	5.70	5.65	5.80	5.88	6.11	5.64	8.67	8.38	8.55	8.59	8.48	9.51	9.28	9.51	8.95	8.95	9.14
Na_2O	0.02	0.01	0.04	0.11	0.05	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00
K_2O	0.00	0.01	0.03	0.10	0.05	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Total	99.94	100.02	100.02	98.90	99.28	100.61	99.53	100.53	101.15	100.02	100.46	99.43	100.63	99.64	100.32	100.17	99.42	99.48	99.59	99.68	99.44	100.01
Si	2.97	2.97	2.90	2.95	2.98	2.96	2.96	2.99	2.99	2.97	2.98	2.98	2.99	2.97	2.98	2.98	2.97	2.99	2.97	2.97	2.98	2.99
Ti	0.00	0.00	0.14	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
Al	1.96	1.97	1.93	1.98	1.94	1.95	1.96	1.95	1.97	1.97	1.96	1.93	1.92	1.90	1.92	1.92	1.94	1.93	1.93	1.94	1.95	1.92
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.10	0.09	0.01	0.15	0.10	0.14	0.11	0.08	0.06	0.09	0.07	0.10	0.09	0.16	0.12	0.11	0.11	0.09	0.12	0.12	0.10	0.10
Fe^{2+}	1.61	1.60	1.65	1.59	1.62	1.58	1.62	1.64	1.64	1.64	1.73	2.05	2.09	2.04	2.06	2.07	1.98	2.02	1.98	2.02	2.02	2.02
Mn	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Mg	0.80	0.81	0.82	0.83	0.81	0.83	0.81	0.80	0.80	0.75	0.71	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15
Ca	0.50	0.50	0.48	0.43	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.51	0.47	0.75	0.72	0.74	0.74	0.73	0.82	0.80	0.82	0.77	0.78	0.79
Na	0.00	0.00	0.01	0.02	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
K	0.00	0.00	0.00	0.01	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	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	54	54	55	55	55	54	55	55	55	55	58	69	70	69	69	69	67	67	67	68	68	68
Prp	27	27	27	28	27	28	27	27	27	25	24	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
Grs	12	13	15	8	11	9	11	12	13	13	12	20	20	17	19	19	22	23	22	20	21	21
Sps	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
Adr	5	4	1	7	5	7	5	4	3	4	4	5	5	8	6	5	5	4	6	6	5	5

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-79-B															TGL-79-CF						
Cristal	3	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3
Análise	3_7	7_1	7_2	7_3	7_4	7_5	5_1	5_2	5_3	5_4	5_5	5_6	5_7	5_8	5_9	3_1	3_2	3_3	3_4	3_5	3_6	3_7
SiO_2	36.90	36.62	36.97	36.57	36.54	36.88	36.59	36.33	36.20	36.55	36.41	36.23	36.20	36.21	36.31	37.30	37.64	37.03	37.31	37.31	37.22	36.85
TiO_2	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03	0.02	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03	0.01	0.00	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.07	0.08	0.04
Al_2O_3	20.16	19.89	20.21	20.05	20.04	20.25	20.60	20.40	20.36	20.56	20.42	20.76	20.78	20.68	20.39	20.95	21.04	21.09	20.89	20.98	20.70	20.81
Cr_2O_3	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	1.36	1.77	1.93	2.78	2.26	1.73	3.25	3.75	3.46	3.13	3.20	3.14	3.47	3.62	3.35	1.33	0.45	1.10	0.74	1.08	0.80	1.35
FeO	28.92	30.55	32.19	31.57	31.63	29.82	29.22	28.75	28.88	28.66	28.75	28.62	28.81	28.74	29.17	30.01	30.53	29.62	30.16	29.37	29.61	29.46
MnO	0.59	0.79	0.79	0.69	0.67	0.75	0.67	0.64	0.66	0.66	0.67	0.76	0.68	0.69	0.69	0.60	0.57	0.60	0.75	0.53	0.53	1.00
MgO	0.99	1.01	1.17	1.14	1.16	0.99	1.07	1.14	1.10	1.04	1.08	1.04	1.07	1.11	1.12	1.17	1.26	1.09	0.89	1.22	1.19	0.66
CaO	10.04	8.31	7.07	7.33	7.29	9.19	9.29	9.35	9.21	9.76	9.51	9.35	9.18	9.26	9.03	9.24	9.12	9.45	9.41	9.75	9.56	9.70
Na_2O	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00
K_2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	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
Total	98.99	99.00	100.39	100.20	99.63	99.64	100.74	100.43	99.91	100.40	100.09	99.93	100.22	100.36	100.10	100.67	100.66	100.04	100.21	100.33	99.69	99.87
Si	2.99	2.99	2.98	2.96	2.97	2.98	2.93	2.92	2.92	2.93	2.93	2.92	2.91	2.91	2.93	2.98	3.00	2.97	2.99	2.98	2.99	2.97
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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
Al	1.93	1.91	1.92	1.91	1.92	1.93	1.94	1.93	1.94	1.94	1.94	1.97	1.97	1.96	1.94	1.97	1.98	1.99	1.97	1.97	1.96	1.98
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.08	0.11	0.12	0.17	0.14	0.11	0.20	0.23	0.21	0.19	0.19	0.19	0.21	0.22	0.20	0.08	0.03	0.07	0.05	0.07	0.05	0.08
Fe^{2+}	1.96	2.08	2.17	2.14	2.15	2.02	1.96	1.93	1.95	1.92	1.94	1.93	1.94	1.93	1.97	2.00	2.03	1.99	2.02	1.96	1.99	1.99
Mn	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.07
Mg	0.12	0.12	0.14	0.14	0.14	0.12	0.13	0.14	0.13	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.15	0.13	0.11	0.15	0.14	0.08
Ca	0.87	0.73	0.61	0.64	0.63	0.80	0.80	0.81	0.80	0.84	0.82	0.81	0.79	0.80	0.78	0.79	0.78	0.81	0.81	0.83	0.82	0.84
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	65	70	73	72	72	68	67	66	67	66	66	66	67	66	67	67	68	67	68	66	67	67
Prp	4	4	5	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	3
Grs	25	19	15	13	15	22	18	17	17	20	19	19	18	17	17	23	25	24	25	25	25	24
Sps	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2
Adr	4	5	6	8	7	5	9	11	10	9	9	9	10	10	9	4	1	3	2	3	2	4

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-79-CF																	TGL-83-B				
Cristal	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5
Análise	9_1	9_2	9_3	9_4	9_5	9_6	9_7	6_1	6_2	6_3	6_4	6_5	6_6	6_7	6_8	6_9	6_10	5_5	5_6	5_7	5_8	5_9
SiO_2	37.23	37.03	36.84	37.51	37.42	37.51	37.22	37.36	37.54	37.58	38.18	37.84	37.63	37.59	37.75	37.69	37.70	35.93	36.02	35.82	35.46	35.95
TiO_2	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04	0.06	0.02	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05	0.07	0.06	0.04	0.05	0.02	0.03	0.04
Al_2O_3	20.74	20.96	20.84	20.68	20.81	20.74	20.59	20.90	21.05	21.30	21.19	20.88	20.63	20.93	20.95	20.80	20.57	20.35	20.46	20.41	20.35	20.37
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Fe_2O_3	0.49	1.23	1.66	0.60	0.75	0.88	0.91	0.32	0.31	0.67	0.00	0.08	0.27	0.68	0.41	0.16	0.21	4.03	4.25	3.99	4.43	3.84
FeO	29.99	29.64	29.42	30.56	30.16	30.02	29.94	29.81	29.47	29.65	29.26	30.38	29.71	28.79	28.94	29.27	30.22	29.82	30.18	30.24	30.34	30.70
MnO	0.80	0.69	0.75	0.82	0.71	0.64	0.92	0.81	0.54	0.48	0.55	0.94	0.80	0.56	0.51	0.57	0.75	0.76	0.82	0.80	0.87	0.80
MgO	0.91	0.95	0.89	0.86	1.00	1.05	0.74	1.03	1.20	1.19	1.16	0.92	0.90	1.23	1.22	1.27	0.99	1.16	1.21	1.20	1.17	1.17
CaO	9.44	9.57	9.52	9.26	9.43	9.60	9.67	9.49	9.96	9.88	9.62	9.51	10.03	10.41	10.47	10.12	9.58	8.05	7.68	7.49	7.06	7.33
Na_2O	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
K_2O	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Total	99.66	100.13	100.03	100.39	100.35	100.48	100.04	99.76	100.10	100.82	100.07	100.64	100.07	100.26	100.33	99.95	100.09	100.16	100.70	100.00	99.73	100.21
Si	3.00	2.97	2.96	3.00	2.99	3.00	2.99	3.00	3.00	2.98	3.04	3.02	3.02	3.00	3.00	3.01	3.02	2.91	2.90	2.90	2.89	2.91
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.97	1.98	1.98	1.95	1.96	1.95	1.95	1.98	1.98	1.99	1.99	1.96	1.95	1.97	1.97	1.96	1.94	1.94	1.94	1.95	1.95	1.94
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.03	0.07	0.10	0.04	0.05	0.05	0.06	0.02	0.02	0.04	0.00	0.01	0.02	0.04	0.02	0.01	0.01	0.25	0.26	0.24	0.27	0.23
Fe^{2+}	2.02	1.99	1.98	2.05	2.02	2.01	2.01	2.00	1.97	1.97	1.95	2.03	1.99	1.92	1.93	1.96	2.03	2.02	2.03	2.05	2.07	2.08
Mn	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06	0.06	0.04	0.03	0.04	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
Mg	0.11	0.11	0.11	0.10	0.12	0.13	0.09	0.12	0.14	0.14	0.14	0.11	0.11	0.15	0.15	0.15	0.12	0.14	0.15	0.15	0.14	0.14
Ca	0.81	0.82	0.82	0.80	0.81	0.82	0.83	0.82	0.85	0.84	0.82	0.81	0.86	0.89	0.89	0.87	0.82	0.70	0.66	0.65	0.62	0.64
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Alm	67	67	67	68	67	67	67	67	66	66	66	67	66	64	64	65	67	69	70	71	72	71
Prp	4	4	4	3	4	4	3	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5
Grs	26	24	23	25	25	25	25	26	27	26	28	27	28	28	29	28	27	13	11	11	9	11
Sps	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Adr	2	4	5	2	2	3	3	1	1	2	0	0	1	2	1	0	1	11	12	11	12	11

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-83-B														TGL-34-A							
Cristal	5	5	5	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	1	1	1	1	1	1	1	1
Análise	5_10	5_12	5_13	10_1	10_2	10_3	10_4	11_1	11_2	11_3	11_6	11_7	11_8	11_9	1_1	1_2	1_3	1_4	1_5	1_6	1_7	1_8
SiO_2	35.46	35.47	35.89	35.79	36.01	35.86	35.53	35.39	35.49	35.67	35.79	35.37	35.67	35.76	38.50	38.52	38.69	38.22	38.34	38.33	38.66	38.38
TiO_2	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.03	0.04	0.02	0.05	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.01	0.05
Al_2O_3	20.39	20.34	20.53	20.24	20.39	20.48	20.34	20.37	20.47	20.32	20.31	20.52	20.29	20.26	21.62	21.86	21.57	21.55	21.78	21.82	21.91	21.84
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.15	0.14	0.13	0.11	0.10	0.06	0.07	0.05
Fe_2O_3	4.72	4.43	3.32	4.18	4.15	4.67	4.30	4.73	4.79	4.14	4.25	4.36	4.44	4.30	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.05
FeO	30.51	30.04	30.46	29.30	29.69	29.81	29.29	30.22	29.26	29.50	30.11	30.00	30.08	30.21	29.82	29.76	30.32	30.48	29.81	30.06	29.99	29.95
MnO	0.84	0.96	0.84	0.66	0.68	0.66	0.61	0.89	0.90	0.80	0.73	0.73	0.71	0.70	0.27	0.28	0.28	0.27	0.28	0.27	0.33	0.27
MgO	1.18	1.06	1.15	1.00	1.21	1.35	1.19	1.05	1.06	1.02	1.27	1.20	1.29	1.29	6.08	6.20	5.90	6.08	6.29	6.42	6.53	6.50
CaO	7.00	7.40	7.44	8.58	8.18	7.66	8.18	7.25	8.09	8.21	7.51	7.34	7.46	7.44	3.46	3.39	3.24	3.19	3.04	3.06	2.90	3.05
Na_2O	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.04
K_2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01
Total	100.14	99.77	99.67	99.80	100.36	100.57	99.48	99.97	100.14	99.70	100.04	99.56	100.00	100.00	99.91	100.18	100.16	100.04	99.72	100.05	100.40	100.18
Si	2.88	2.89	2.92	2.90	2.90	2.89	2.89	2.88	2.87	2.90	2.90	2.88	2.89	2.90	3.01	3.00	3.02	3.00	3.00	3.00	3.01	2.99
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.95	1.95	1.97	1.94	1.94	1.94	1.95	1.95	1.95	1.95	1.94	1.97	1.94	1.94	2.00	2.01	1.99	1.99	2.01	2.01	2.01	2.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.29	0.27	0.20	0.26	0.25	0.28	0.26	0.29	0.29	0.25	0.26	0.27	0.27	0.26	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	2.07	2.05	2.07	1.99	2.00	2.01	1.99	2.06	1.98	2.01	2.04	2.04	2.04	2.05	1.95	1.94	1.98	2.00	1.95	1.97	1.95	1.95
Mn	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	0.14	0.13	0.14	0.12	0.15	0.16	0.14	0.13	0.13	0.12	0.15	0.15	0.16	0.16	0.71	0.72	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.76
Ca	0.61	0.65	0.65	0.75	0.71	0.66	0.71	0.63	0.70	0.72	0.65	0.64	0.65	0.65	0.29	0.28	0.27	0.27	0.26	0.26	0.24	0.26
Na	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	0.00	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	7.99	7.99	7.98	8.00	7.99	8.00	7.99	8.00
Alm	72	71	71	69	69	70	69	71	69	69	70	71	71	71	66	66	67	67	66	66	66	66
Prp	5	4	5	4	5	6	5	4	4	4	5	5	5	5	24	24	23	24	25	25	25	25
Grs	8	10	13	14	13	10	13	9	11	13	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8
Sps	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Adr	13	12	9	12	12	13	12	13	13	12	12	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-34-A																					
Cristal	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Análise	1_9	1_10	1_11	1_12	1_13	1_14	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	3_1	3_2
SiO_2	38.82	38.21	38.44	38.71	38.62	38.39	38.27	38.45	38.85	38.48	38.60	38.39	38.36	38.71	38.41	38.36	38.26	38.22	38.45	38.69	38.17	38.38
TiO_2	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.05	0.08	0.08	0.09	0.07	0.11	0.09	0.07	0.09	0.06	0.08
Al_2O_3	21.98	21.77	21.94	21.77	21.73	21.81	21.76	21.70	22.18	21.67	21.91	21.48	21.63	21.79	21.49	21.62	21.42	21.61	21.74	21.47	21.85	21.90
Cr_2O_3	0.04	0.03	0.04	0.04	0.01	0.07	0.06	0.05	0.08	0.08	0.10	0.16	0.15	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.18	0.19	0.04	0.03
Fe_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	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
FeO	29.87	29.57	29.62	30.01	29.79	29.77	29.97	29.42	29.90	29.73	29.90	29.61	29.36	29.60	29.41	29.40	29.40	29.25	29.47	29.20	29.39	29.34
MnO	0.24	0.25	0.25	0.24	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.29	0.27	0.29	0.28	0.23	0.29	0.28	0.29	0.31	0.28	0.31	0.29
MgO	6.45	6.34	6.46	6.42	6.38	6.45	6.36	6.43	6.54	6.45	6.41	6.34	6.33	6.35	6.32	6.36	6.29	6.31	6.32	6.59	6.37	6.42
CaO	3.05	3.13	3.03	3.03	3.16	2.95	3.16	3.18	3.27	3.25	3.23	3.42	3.34	3.44	3.48	3.47	3.48	3.61	3.50	3.69	3.53	3.38
Na_2O	0.02	0.00	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.05
K_2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Total	100.52	99.33	99.84	100.28	100.07	99.79	100.09	99.59	101.13	100.00	100.52	99.74	99.55	100.46	99.62	99.80	99.42	99.57	100.07	100.23	99.78	99.88
Si	3.01	3.00	3.00	3.01	3.01	3.00	2.99	3.01	3.00	3.01	3.00	3.01	3.01	3.01	3.01	3.00	3.01	3.00	3.00	3.01	2.99	3.00
Ti	0.00	0.00	0.00	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	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Al	2.01	2.02	2.02	2.00	2.00	2.01	2.01	2.00	2.02	2.00	2.01	1.98	2.00	2.00	1.99	1.99	1.98	2.00	2.00	1.97	2.02	2.02
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	0.01	0.00	0.00
Fe^{3+}	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	0.00	0.00
Fe^{2+}	1.94	1.94	1.94	1.95	1.94	1.95	1.96	1.93	1.93	1.94	1.94	1.94	1.93	1.92	1.93	1.92	1.93	1.92	1.92	1.90	1.92	1.92
Mn	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	0.75	0.74	0.75	0.75	0.74	0.75	0.74	0.75	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.77	0.74	0.75
Ca	0.25	0.26	0.25	0.25	0.26	0.25	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.29	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.29	0.31	0.30	0.28
Na	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	7.98	7.99	7.99	7.99	7.99	7.99	8.00	7.99	7.99	8.00	8.00	7.99	7.99	7.99	7.99	8.00	7.99	7.99	7.99	8.00	8.00	7.99
Alm	66	66	65	66	65	66	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	64	65	64	64	65
Prp	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	26	25	25
Grs	9	9	9	9	9	8	8	9	9	9	9	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Sps	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-34-A																					
Cristal	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Análise	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	3_16	3_17	3_18	3_19	3_20	3_21	3_22	3_23	3_24
SiO_2	38.36	38.75	38.21	38.10	38.54	38.56	39.00	38.43	38.23	38.27	38.63	38.11	38.63	38.55	38.64	38.45	38.61	39.02	38.71	38.57	38.30	38.57
TiO_2	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.03	0.05	0.04	0.06	0.05	0.08	0.03	0.04	0.07	0.06	0.08	0.05
Al_2O_3	21.45	21.65	21.94	21.41	21.81	21.82	22.19	21.85	21.77	21.93	21.73	21.66	21.89	21.58	21.88	21.60	21.83	22.18	22.09	21.79	21.67	21.64
Cr_2O_3	0.04	0.03	0.03	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.03	0.04
Fe_2O_3	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	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	29.46	29.43	29.71	29.28	29.10	29.69	29.42	29.64	29.45	29.37	29.35	29.41	29.25	29.12	29.57	29.48	29.60	29.42	29.37	29.47	29.51	29.32
MnO	0.30	0.29	0.36	0.29	0.34	0.32	0.30	0.32	0.33	0.33	0.33	0.36	0.33	0.34	0.33	0.36	0.34	0.35	0.31	0.36	0.36	0.34
MgO	6.32	6.35	6.36	6.23	6.34	6.41	6.47	6.39	6.39	6.33	6.25	6.23	6.29	6.30	6.31	6.29	6.23	6.25	6.26	6.23	6.34	6.26
CaO	3.36	3.21	3.25	3.24	3.31	3.26	3.19	3.38	3.47	3.36	3.54	3.57	3.53	3.55	3.55	3.64	3.57	3.60	3.67	3.67	3.60	3.53
Na_2O	0.01	0.04	0.02	0.06	0.07	0.03	0.00	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.05	0.03	0.01	0.03	0.04	0.04	0.04	0.01	0.01
K_2O	0.02	0.00	0.03	0.04	0.05	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
Total	99.37	99.83	100.16	98.74	99.67	100.18	100.67	100.14	99.95	99.67	99.91	99.41	99.99	99.58	100.39	99.94	100.29	100.92	100.58	100.25	99.92	99.80
Si	3.01	3.03	2.98	3.01	3.01	3.00	3.01	3.00	2.99	3.00	3.02	3.00	3.01	3.02	3.01	3.01	3.01	3.01	3.00	3.01	3.00	3.02
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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
Al	1.99	1.99	2.02	2.00	2.01	2.01	2.02	2.01	2.01	2.02	2.00	2.01	2.01	1.99	2.01	1.99	2.00	2.02	2.02	2.00	2.00	2.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.01	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
Fe^{2+}	1.94	1.92	1.94	1.94	1.90	1.94	1.90	1.93	1.93	1.92	1.92	1.93	1.91	1.91	1.92	1.93	1.93	1.90	1.90	1.92	1.93	1.92
Mn	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	0.74	0.74	0.74	0.73	0.74	0.74	0.75	0.74	0.74	0.74	0.73	0.73	0.73	0.74	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.74	0.73
Ca	0.28	0.27	0.27	0.27	0.28	0.27	0.26	0.28	0.29	0.28	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.31	0.30	0.30	0.31	0.31	0.30	0.30
Na	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
K	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	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	7.99	7.98	8.00	7.99	7.99	7.99	7.97	8.00	8.00	7.99	7.98	8.00	7.98	7.99	7.99	8.00	7.99	7.98	7.99	7.99	8.00	7.99
Alm	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	64	65	64	65	65	64	65	64	65
Prp	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	25	25	25	25	24	24	25	24	25	25
Grs	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Sps	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adr	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-34-A		TGL-42															TGL-17-21				
Cristal	3	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	1	1	1	1
Análise	3_25	3_26	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	1_1	1_2	1_3	1_4	1_5
SiO_2	38.30	38.41	37.60	37.71	37.88	37.85	37.53	37.49	37.96	37.60	38.05	37.58	37.86	38.07	38.06	37.74	38.08	39.99	40.10	39.87	40.36	39.94
TiO_2	0.08	0.08	0.04	0.03	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.06	0.07	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.02	0.07	0.09	0.11	0.10	0.09
Al_2O_3	21.67	21.72	21.12	21.18	21.27	21.32	21.10	21.04	21.20	21.04	21.16	21.02	21.29	21.31	21.28	21.46	21.38	22.58	22.65	22.65	22.83	22.82
Cr_2O_3	0.04	0.04	0.02	0.02	0.03	0.00	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	0.09	0.08	0.10	0.08	0.09
Fe_2O_3	0.20	0.04	1.43	0.72	0.98	1.19	1.22	1.37	0.81	1.02	0.93	1.31	1.53	1.26	0.90	0.99	0.78	0.46	0.24	0.70	0.00	0.73
FeO	29.30	29.48	26.74	27.50	26.22	27.27	26.82	27.18	27.11	26.30	27.40	26.97	25.52	27.14	27.16	27.13	27.28	20.64	20.44	19.86	20.42	19.88
MnO	0.31	0.35	0.80	0.88	0.83	0.83	0.82	0.91	0.76	0.78	0.87	0.80	0.74	0.83	0.79	0.77	0.76	0.38	0.40	0.39	0.39	0.38
MgO	6.23	6.36	4.54	4.23	4.11	4.35	4.24	4.00	4.55	4.32	4.35	4.32	4.27	4.44	4.48	4.53	4.56	10.56	10.61	10.78	10.68	10.71
CaO	3.59	3.54	7.25	7.09	8.45	7.19	7.40	7.33	7.34	7.87	7.32	7.32	8.86	7.44	7.45	7.14	7.19	6.15	6.38	6.29	6.37	6.51
Na_2O	0.09	0.06	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03
K_2O	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01
Total	99.84	100.09	99.56	99.39	99.83	100.05	99.24	99.45	99.79	99.04	100.19	99.38	100.18	100.58	100.19	99.79	100.09	100.96	101.01	100.80	101.27	101.17
Si	3.00	3.00	2.97	2.99	2.98	2.98	2.98	2.98	2.99	2.98	2.99	2.98	2.97	2.98	2.99	2.97	2.99	2.99	2.99	2.98	3.00	2.97
Ti	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	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	2.00	2.00	1.97	1.98	1.98	1.98	1.97	1.97	1.97	1.97	1.96	1.96	1.97	1.97	1.97	1.99	1.98	1.99	1.99	2.00	2.00	2.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Fe^{3+}	0.01	0.00	0.09	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.07	0.05	0.06	0.05	0.03	0.01	0.04	0.00	0.04
Fe^{2+}	1.92	1.92	1.77	1.82	1.73	1.80	1.78	1.80	1.79	1.75	1.80	1.79	1.67	1.78	1.78	1.79	1.79	1.29	1.28	1.24	1.27	1.24
Mn	0.02	0.02	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
Mg	0.73	0.74	0.53	0.50	0.48	0.51	0.50	0.47	0.53	0.51	0.51	0.51	0.50	0.52	0.52	0.53	0.53	1.18	1.18	1.20	1.18	1.19
Ca	0.30	0.30	0.61	0.60	0.71	0.61	0.63	0.62	0.62	0.67	0.62	0.62	0.74	0.62	0.63	0.60	0.61	0.49	0.51	0.50	0.51	0.52
Na	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	65	64	60	61	58	61	60	61	60	59	60	60	56	60	60	60	60	43	43	42	43	42
Prp	24	25	18	17	16	17	17	16	18	17	17	17	17	17	18	18	18	39	39	40	40	40
Grs	10	10	17	18	21	17	18	17	18	19	18	17	21	17	18	17	18	15	16	15	17	15
Sps	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Adr	1	0	4	2	3	3	4	4	2	3	3	4	4	4	3	3	2	1	1	2	0	2

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-17-21																					
Cristal	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	12	12	12
Análise	1_6	1_7	1_8	3_1	3_2	3_3	3_4	3_5	3_6	3_7	3_8	7_1	7_2	7_3	7_4	7_5	7_6	7_7	7_8	12_1	12_2	12_3
SiO_2	40.48	39.04	39.90	40.06	39.77	39.81	40.05	39.97	39.54	39.94	40.25	39.81	39.30	39.54	39.48	39.70	39.55	39.89	39.61	39.65	39.61	39.41
TiO_2	0.09	0.06	0.08	0.08	0.09	0.10	0.07	0.05	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.10	0.09	0.11	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10
Al_2O_3	22.82	22.25	22.55	22.57	22.74	22.48	22.74	22.64	22.39	22.62	22.92	22.77	22.39	22.98	22.70	22.48	22.50	22.73	22.56	22.40	22.34	22.43
Cr_2O_3	0.08	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.11	0.10	0.09	0.11	0.08	0.10	0.11	0.08
Fe_2O_3	0.32	1.38	0.36	0.32	0.82	0.71	0.00	0.52	0.48	1.18	0.00	1.68	1.30	0.90	1.06	0.75	0.85	0.09	1.00	0.79	1.14	1.30
FeO	20.66	19.11	20.48	20.52	20.17	20.32	20.55	20.22	20.38	20.14	21.05	19.86	19.65	19.56	19.56	19.89	20.00	20.66	20.58	19.86	19.49	19.34
MnO	0.40	0.39	0.37	0.38	0.38	0.42	0.40	0.36	0.36	0.39	0.36	0.38	0.41	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.37	0.39	0.39	0.39
MgO	10.68	10.56	10.66	10.78	10.61	10.58	10.66	10.68	10.36	10.62	10.49	10.65	10.34	10.40	10.37	10.36	10.20	10.37	10.41	10.75	10.73	10.71
CaO	6.45	6.31	6.06	6.05	6.32	6.31	6.14	6.31	6.23	6.37	6.09	6.47	6.56	6.86	6.86	6.80	6.75	6.35	6.14	6.23	6.45	6.54
Na_2O	0.02	0.07	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.04	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00
K_2O	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	102.03	99.26	100.61	100.88	101.02	100.81	100.75	100.90	99.95	101.47	101.38	101.83	100.17	100.81	100.65	100.59	100.48	100.72	100.84	100.28	100.39	100.30
Si	2.99	2.96	2.99	2.99	2.97	2.98	2.99	2.99	2.99	2.97	2.99	2.95	2.96	2.96	2.96	2.98	2.97	2.99	2.97	2.98	2.97	2.96
Ti	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	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Al	1.99	1.99	1.99	1.99	2.00	1.98	2.00	1.99	1.99	1.98	2.01	1.99	1.99	2.03	2.01	1.99	1.99	2.01	1.99	1.98	1.98	1.99
Cr	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe^{3+}	0.02	0.08	0.02	0.02	0.05	0.04	0.00	0.03	0.03	0.07	0.00	0.09	0.07	0.05	0.06	0.04	0.05	0.01	0.06	0.05	0.06	0.07
Fe^{2+}	1.28	1.21	1.28	1.28	1.26	1.27	1.28	1.26	1.29	1.25	1.31	1.23	1.24	1.22	1.23	1.25	1.26	1.29	1.29	1.25	1.22	1.22
Mn	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
Mg	1.18	1.20	1.19	1.20	1.18	1.18	1.19	1.19	1.17	1.18	1.16	1.18	1.16	1.16	1.16	1.16	1.14	1.16	1.16	1.20	1.20	1.20
Ca	0.51	0.51	0.49	0.48	0.51	0.51	0.49	0.51	0.50	0.51	0.49	0.51	0.53	0.55	0.55	0.55	0.54	0.51	0.49	0.50	0.52	0.53
Na	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	43	41	43	43	42	43	43	42	43	42	44	42	42	41	41	42	42	43	43	42	41	41
Prp	39	41	40	40	40	40	40	40	39	40	39	40	39	39	39	39	38	39	39	40	40	40
Grs	16	14	15	15	15	15	16	16	16	14	16	13	14	16	16	16	16	17	14	15	14	14
Sps	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adr	1	4	1	1	2	2	0	1	1	3	0	5	4	2	3	2	2	0	3	2	3	4

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-17-21					TGL-38-A															
Cristal	12	12	12	12	12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Análise	12_4	12_5	12_6	12_7	12_8	2_1	2_2	2_3	2_4	2_5	2_6	2_7	2_8	2_9	2_10	3_1	3_2	3_3	3_4	3_5	3_7	3_8
SiO_2	40.00	39.48	40.02	39.65	40.01	38.05	38.56	38.61	38.61	38.55	38.48	38.57	38.55	38.52	38.36	38.46	38.79	39.15	39.17	38.88	39.06	39.07
TiO_2	0.11	0.09	0.10	0.09	0.22	0.03	0.02	0.05	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.04	0.06	0.07	0.04	0.04	0.05	0.06	0.09	0.04
Al_2O_3	22.48	22.70	22.30	22.33	22.79	21.28	21.56	21.61	21.25	21.53	21.34	21.62	21.50	21.21	21.47	21.20	21.31	21.79	21.70	21.70	21.77	21.63
Cr_2O_3	0.07	0.08	0.11	0.15	0.10	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
Fe_2O_3	0.57	1.21	0.33	0.95	0.00	1.53	0.82	1.00	0.33	0.70	0.62	0.80	0.95	0.98	1.76	1.09	0.64	0.49	0.40	0.38	0.00	0.78
FeO	19.85	19.53	20.23	19.90	21.22	24.01	22.83	22.65	23.50	23.97	24.03	24.40	23.95	23.70	23.49	24.13	23.71	22.56	23.29	23.23	23.32	23.04
MnO	0.40	0.39	0.36	0.40	0.41	1.49	0.75	0.72	0.85	0.93	1.13	1.24	1.07	1.01	1.12	0.73	0.65	0.58	0.55	0.58	0.56	0.55
MgO	10.66	10.54	10.63	10.58	10.36	3.80	4.48	4.60	4.50	4.24	4.22	4.09	4.24	4.26	4.17	4.91	4.80	4.78	4.81	4.85	4.87	5.04
CaO	6.68	6.58	6.50	6.38	6.14	10.28	11.29	11.42	10.79	10.61	10.35	10.27	10.54	10.68	10.72	9.60	10.50	11.86	11.27	10.99	10.95	11.04
Na_2O	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
K_2O	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Total	100.85	100.64	100.60	100.47	101.26	100.48	100.34	100.67	99.87	100.58	100.23	101.05	100.84	100.42	101.18	100.21	100.49	101.24	101.24	100.67	100.67	101.23
Si	2.99	2.96	3.00	2.98	2.98	2.97	2.99	2.98	3.01	2.99	3.00	2.99	2.99	3.00	2.97	2.99	3.01	3.00	3.01	3.00	3.01	3.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	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	0.00	0.01	0.00
Al	1.98	2.01	1.97	1.98	2.00	1.96	1.97	1.97	1.95	1.97	1.96	1.97	1.97	1.95	1.96	1.95	1.95	1.97	1.96	1.97	1.98	1.96
Cr	0.00	0.00	0.01	0.01	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	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.03	0.07	0.02	0.05	0.00	0.09	0.05	0.06	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.10	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.00	0.05
Fe^{2+}	1.24	1.22	1.27	1.25	1.32	1.57	1.48	1.46	1.53	1.56	1.57	1.58	1.55	1.54	1.52	1.57	1.54	1.45	1.49	1.50	1.50	1.48
Mn	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.10	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Mg	1.19	1.18	1.19	1.18	1.15	0.44	0.52	0.53	0.52	0.49	0.49	0.47	0.49	0.49	0.48	0.57	0.56	0.55	0.55	0.56	0.56	0.58
Ca	0.54	0.53	0.52	0.51	0.49	0.86	0.94	0.95	0.90	0.88	0.87	0.85	0.88	0.89	0.89	0.80	0.87	0.97	0.93	0.91	0.90	0.91
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	42	41	42	42	44	53	50	49	51	52	52	53	52	52	51	53	51	48	50	50	50	49
Prp	40	40	40	40	39	15	17	18	17	16	16	16	16	17	16	19	18	18	18	19	19	19
Grs	16	15	16	15	16	25	29	29	29	27	27	26	27	27	25	24	27	31	30	29	30	28
Sps	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Adr	2	3	1	3	0	4	2	3	1	2	2	2	3	3	5	3	2	1	1	1	0	2

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-38-A																					
Cristal	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Análise	3_9	3_10	5_1	5_3	5_4	5_5	5_6	5_7	5_8	5_10	6_1	6_2	6_3	6_4	6_5	6_6	6_7	6_8	6_9	6_10	6_12	6_13
SiO_2	38.85	38.83	38.75	38.88	38.68	38.95	39.06	39.22	38.63	38.66	39.20	39.01	38.66	39.34	39.28	39.05	38.81	39.12	39.05	38.89	38.74	39.10
TiO_2	0.06	0.05	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04	0.03	0.08	0.04	0.07	0.05	0.07	0.08	0.04	0.05	0.14	0.04	0.06	0.05	0.05	0.04
Al_2O_3	21.82	21.77	21.58	21.65	21.69	21.65	21.80	21.73	21.88	21.61	21.60	21.79	21.43	21.66	21.58	21.56	21.88	21.63	21.68	21.79	21.63	21.65
Cr_2O_3	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
Fe_2O_3	0.47	0.97	0.74	0.94	0.50	1.18	0.65	0.70	0.62	1.08	0.58	0.14	0.61	0.00	0.16	0.29	0.48	0.62	0.58	0.57	0.25	0.00
FeO	23.14	23.71	23.93	23.25	23.53	23.26	23.25	23.45	22.54	23.65	24.27	23.63	23.18	23.88	24.14	24.30	23.73	23.52	23.70	24.65	25.40	25.21
MnO	0.52	0.53	0.69	0.58	0.56	0.55	0.53	0.59	0.51	0.70	0.77	0.55	0.49	0.50	0.50	0.60	0.55	0.54	0.53	0.84	1.15	1.08
MgO	5.26	5.20	4.85	5.26	5.03	5.06	5.27	5.22	5.08	4.78	4.80	5.22	5.22	5.32	5.22	5.18	5.26	5.32	5.22	4.74	4.00	4.37
CaO	10.46	10.00	10.23	10.32	10.28	10.69	10.47	10.57	11.02	10.45	10.35	10.30	10.36	10.20	10.19	9.77	10.00	10.33	10.30	9.73	9.84	9.83
Na_2O	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01
K_2O	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Total	100.62	101.10	100.81	100.96	100.31	101.40	101.12	101.53	100.37	100.98	101.66	100.70	100.04	101.00	101.12	100.82	100.88	101.12	101.11	101.30	101.10	101.32
Si	2.99	2.99	2.99	2.99	3.00	2.99	3.00	3.00	2.98	2.98	3.00	3.00	3.00	3.02	3.02	3.01	2.99	3.00	3.00	2.99	3.00	3.02
Ti	0.00	0.00	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	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.98	1.97	1.97	1.96	1.98	1.96	1.97	1.96	1.99	1.97	1.95	1.98	1.96	1.96	1.95	1.96	1.98	1.96	1.96	1.98	1.98	1.97
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.03	0.06	0.04	0.05	0.03	0.07	0.04	0.04	0.04	0.06	0.03	0.01	0.04	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.01	0.00
Fe^{2+}	1.49	1.52	1.55	1.50	1.52	1.49	1.49	1.50	1.46	1.53	1.56	1.52	1.50	1.53	1.55	1.57	1.53	1.51	1.52	1.59	1.65	1.63
Mn	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.06	0.08	0.07
Mg	0.60	0.60	0.56	0.60	0.58	0.58	0.60	0.60	0.59	0.55	0.55	0.60	0.60	0.61	0.60	0.60	0.60	0.61	0.60	0.54	0.46	0.50
Ca	0.86	0.82	0.85	0.85	0.85	0.88	0.86	0.87	0.91	0.86	0.85	0.85	0.86	0.84	0.84	0.81	0.82	0.85	0.85	0.80	0.82	0.81
Na	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	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	50	51	52	50	51	50	50	50	49	51	52	51	50	51	51	52	51	50	51	53	55	54
Prp	20	20	19	20	19	19	20	20	20	18	18	20	20	20	20	20	20	20	20	18	15	17
Grs	27	25	26	26	27	26	27	27	29	26	27	28	27	28	27	26	26	26	27	25	27	27
Sps	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2
Adr	1	3	2	3	1	3	2	2	2	3	2	0	2	0	0	1	1	2	2	2	1	0

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-38-A															TGL-38-GR						
Cristal	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	1	1
Análise	6_14	6_15	6_16	6_17	6_18	6_19	6_20	6_21	6_22	6_23	6_24	6_25	6_26	6_29	6_30	1_1	1_2	1_3	1_4	1_5	1_6	1_8
SiO_2	38.44	38.95	39.13	38.98	39.14	38.48	38.58	38.80	39.10	38.90	38.98	39.18	39.01	39.11	38.91	38.83	39.07	38.84	38.62	39.05	38.62	38.98
TiO_2	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06	0.03	0.06	0.04	0.06	0.05	0.05	0.07	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06
Al_2O_3	21.54	21.87	21.68	21.80	21.75	21.36	21.66	21.53	21.72	21.82	21.86	21.87	21.78	21.89	21.60	21.52	21.77	21.70	21.69	21.64	21.90	21.86
Cr_2O_3	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe_2O_3	1.12	0.60	0.19	0.68	0.36	1.15	1.47	0.76	0.35	0.52	0.68	0.52	0.76	0.71	0.99	0.02	0.22	0.64	0.65	0.00	0.71	0.95
FeO	24.42	24.75	24.94	24.55	24.73	24.41	23.15	23.39	23.88	23.32	23.29	23.27	23.31	22.52	22.73	23.74	22.87	22.75	21.86	22.50	21.91	22.05
MnO	0.99	0.90	0.84	0.82	0.77	0.81	0.59	0.55	0.50	0.53	0.52	0.50	0.53	0.55	0.55	0.63	0.53	0.59	0.60	0.62	0.64	0.66
MgO	4.56	4.59	4.79	4.96	4.97	4.77	5.34	5.45	5.39	5.42	5.31	5.31	5.16	5.03	5.09	4.84	5.21	5.11	5.06	4.89	4.83	5.14
CaO	9.66	9.89	9.68	9.71	9.71	9.56	9.99	9.95	9.94	10.18	10.38	10.63	10.62	11.46	11.09	10.50	10.91	10.93	11.46	11.48	11.74	11.35
Na_2O	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.05
K_2O	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Total	100.82	101.63	101.34	101.55	101.52	100.61	100.86	100.48	100.98	100.75	101.09	101.36	101.23	101.37	101.05	100.19	100.73	100.68	100.01	100.24	100.40	101.11
Si	2.98	2.99	3.01	2.99	3.00	2.99	2.97	3.00	3.00	2.99	2.99	3.00	2.99	2.99	2.99	3.01	3.00	2.99	2.99	3.02	2.98	2.99
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.97	1.98	1.97	1.97	1.97	1.96	1.97	1.96	1.97	1.98	1.98	1.97	1.97	1.97	1.96	1.97	1.97	1.97	1.98	1.97	1.99	1.97
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.07	0.03	0.01	0.04	0.02	0.07	0.09	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.06	0.00	0.01	0.04	0.04	0.00	0.04	0.06
Fe^{2+}	1.58	1.59	1.60	1.58	1.59	1.59	1.49	1.51	1.53	1.50	1.49	1.49	1.50	1.44	1.46	1.54	1.47	1.47	1.42	1.45	1.41	1.41
Mn	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Mg	0.53	0.53	0.55	0.57	0.57	0.55	0.61	0.63	0.62	0.62	0.61	0.61	0.59	0.57	0.58	0.56	0.60	0.59	0.58	0.56	0.56	0.59
Ca	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.83	0.82	0.82	0.84	0.85	0.87	0.87	0.94	0.91	0.87	0.90	0.90	0.95	0.95	0.97	0.93
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	53	53	53	53	53	53	50	50	51	50	50	50	50	48	49	51	49	49	47	48	47	48
Prp	18	18	18	19	19	18	21	21	21	21	20	20	20	19	19	19	20	20	20	19	19	20
Grs	24	26	26	25	26	23	24	25	26	27	27	28	27	29	28	29	29	28	30	32	31	29
Sps	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	2	0	2	3
Adr	3	2	1	2	1	3	4	2	1	1	2	1	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-38-GR																					
Cristal	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Análise	1_9	1_10	1_11	1_12	1_13	1_14	1_15	2_1	2_2	2_3	2_4	2_5	2_6	2_7	2_8	2_9	2_10	3_1	3_2	3_4	3_5	3_6
SiO_2	39.04	39.17	38.85	39.05	38.48	38.37	38.94	38.98	38.59	38.66	38.90	38.66	38.88	38.86	38.66	38.81	38.68	38.67	38.64	38.94	39.31	38.72
TiO_2	0.03	0.09	0.10	0.10	0.11	0.08	0.04	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.04	0.04	0.08	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06
Al_2O_3	21.56	21.84	21.78	21.72	21.58	21.38	21.72	21.69	21.58	21.98	21.57	21.66	21.70	21.64	21.66	21.86	21.51	21.41	21.54	21.94	21.75	21.44
Cr_2O_3	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.04	0.03	0.01	0.00
Fe_2O_3	0.46	0.00	0.71	0.11	0.40	1.28	0.00	0.73	1.22	1.30	0.38	1.21	0.67	0.27	0.78	0.15	0.60	0.54	0.43	0.19	0.20	0.73
FeO	22.52	22.70	22.52	23.30	23.52	23.70	25.46	23.20	22.57	22.86	23.97	22.12	22.12	22.28	23.51	24.24	23.85	24.80	25.41	24.10	23.54	22.63
MnO	0.65	0.61	0.55	0.58	0.61	0.77	0.88	0.57	0.59	0.57	0.60	0.52	0.56	0.53	0.61	0.71	0.67	0.73	0.79	0.61	0.59	0.55
MgO	5.17	5.06	5.11	5.11	4.89	4.84	4.46	5.05	5.36	5.28	5.24	5.26	5.06	5.04	4.79	4.62	4.76	4.46	4.32	4.84	4.96	5.03
CaO	11.08	11.08	11.12	10.69	10.30	9.84	9.34	10.76	10.42	10.41	9.74	11.04	11.49	11.29	10.55	10.29	10.38	9.88	9.52	10.24	10.93	11.02
Na_2O	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
K_2O	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00
Total	100.56	100.58	100.78	100.68	99.93	100.33	100.88	101.07	100.47	101.17	100.53	100.58	100.58	100.03	100.63	100.75	100.54	100.58	100.76	100.98	101.36	100.20
Si	3.01	3.01	2.99	3.01	2.99	2.98	3.01	3.00	2.98	2.97	3.01	2.98	2.99	3.01	2.99	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.01	3.00
Ti	0.00	0.01	0.01	0.01	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	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.96	1.98	1.98	1.97	1.98	1.96	1.98	1.96	1.97	1.99	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.99	1.96	1.96	1.97	1.99	1.96	1.96
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.03	0.00	0.04	0.01	0.02	0.08	0.00	0.04	0.07	0.08	0.02	0.07	0.04	0.02	0.05	0.01	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.04
Fe^{2+}	1.45	1.46	1.45	1.50	1.53	1.54	1.65	1.49	1.46	1.47	1.55	1.43	1.42	1.44	1.52	1.57	1.55	1.61	1.65	1.55	1.51	1.47
Mn	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
Mg	0.59	0.58	0.59	0.59	0.57	0.56	0.52	0.58	0.62	0.60	0.60	0.60	0.58	0.58	0.55	0.53	0.55	0.52	0.50	0.56	0.57	0.58
Ca	0.92	0.91	0.92	0.88	0.86	0.82	0.78	0.89	0.86	0.86	0.81	0.91	0.95	0.94	0.87	0.85	0.86	0.82	0.79	0.84	0.90	0.92
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	8.00	7.99	8.00	8.00	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	8.00	8.00
Alm	48	49	49	50	51	52	55	50	49	50	52	48	48	48	51	52	52	54	55	52	50	49
Prp	20	19	20	20	19	19	17	19	21	20	20	20	19	19	18	18	18	17	17	19	19	19
Grs	29	31	29	29	28	24	26	28	25	25	26	27	30	30	27	28	27	26	25	28	29	28
Sps	1	0	2	0	1	4	0	2	3	4	1	3	2	1	2	0	2	2	1	1	1	2
Adr	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-38-GR																					
Cristal	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Análise	3_7	3_8	3_9	3_11	3_12	3_13	3_14	3_15	3_16	3_17	3_18	3_19	3_20	4_1	4_2	4_3	4_4	4_5	4_7	4_8	4_9	4_10
SiO_2	39.16	38.95	38.91	39.36	38.80	38.53	38.88	38.80	38.53	38.52	38.83	38.82	38.48	38.67	38.78	38.59	38.47	38.67	38.94	38.82	38.73	38.95
TiO_2	0.03	0.07	0.06	0.16	0.16	0.10	0.14	0.11	0.11	0.16	0.15	0.07	0.04	0.08	0.05	0.06	0.05	0.06	0.11	0.08	0.12	0.07
Al_2O_3	21.87	21.67	21.52	21.66	21.57	21.61	21.59	21.57	21.38	21.36	21.85	21.61	21.50	21.44	21.27	21.52	21.54	21.75	21.83	21.66	21.73	21.35
Cr_2O_3	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	0.02
Fe_2O_3	0.36	0.53	0.39	0.00	0.87	1.03	0.65	0.46	0.55	0.83	0.52	0.43	0.38	0.18	0.26	0.97	0.70	0.83	0.96	0.74	0.73	0.36
FeO	23.50	23.51	23.55	23.02	22.06	22.05	22.49	22.85	22.80	22.59	22.53	22.47	24.43	25.68	25.63	23.80	22.90	23.28	22.70	23.09	23.35	24.05
MnO	0.57	0.55	0.55	0.62	0.74	0.71	0.66	0.59	0.58	0.55	0.42	0.44	0.73	0.72	0.71	0.67	0.55	0.59	0.51	0.57	0.55	0.62
MgO	4.93	4.77	4.66	4.25	3.65	3.64	3.57	3.62	3.51	3.45	3.61	4.33	4.39	4.21	4.54	4.67	4.86	4.81	4.88	4.84	4.87	4.69
CaO	10.88	10.89	11.06	12.36	13.35	13.06	13.29	12.91	12.83	13.04	13.38	12.28	10.14	9.58	9.29	10.41	10.62	10.73	11.42	10.99	10.77	10.47
Na_2O	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.02	0.02	0.03	0.00	0.03
K_2O	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Total	101.33	100.96	100.72	101.46	101.24	100.80	101.30	100.93	100.32	100.56	101.30	100.49	100.12	100.62	100.58	100.76	99.78	100.77	101.37	100.83	100.87	100.63
Si	3.00	3.00	3.01	3.02	2.99	2.98	2.99	3.00	3.00	2.99	2.99	3.00	3.00	3.01	3.02	2.99	2.99	2.98	2.98	2.99	2.99	3.01
Ti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
Al	1.98	1.97	1.96	1.96	1.96	1.97	1.96	1.97	1.96	1.96	1.98	1.97	1.98	1.97	1.95	1.96	1.98	1.98	1.97	1.97	1.97	1.95
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.02	0.03	0.02	0.00	0.05	0.06	0.04	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.06	0.04	0.05	0.06	0.04	0.04	0.02
Fe^{2+}	1.51	1.51	1.52	1.48	1.42	1.43	1.45	1.48	1.48	1.47	1.45	1.45	1.59	1.67	1.67	1.54	1.49	1.50	1.45	1.49	1.51	1.56
Mn	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04
Mg	0.56	0.55	0.54	0.49	0.42	0.42	0.41	0.42	0.41	0.40	0.41	0.50	0.51	0.49	0.53	0.54	0.56	0.55	0.56	0.56	0.56	0.54
Ca	0.89	0.90	0.92	1.01	1.10	1.08	1.10	1.07	1.07	1.09	1.10	1.02	0.85	0.80	0.77	0.86	0.89	0.89	0.94	0.91	0.89	0.87
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	50	51	51	49	48	48	48	49	49	49	48	48	53	56	55	52	50	50	49	50	50	52
Prp	19	18	18	16	14	14	14	14	14	13	14	17	17	16	17	18	19	19	19	19	19	18
Grs	29	28	29	34	34	33	35	34	34	34	35	33	27	26	25	26	28	27	29	28	28	28
Sps	1	2	1	0	2	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1	3	2	2	3	2	2	1
Adr	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-38-GR									TGL-69-A							TGL-72-B				
Cristal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	2	3	4	5	6	7	1	1	1	1	1
Análise	4_11	4_12	4_13	4_14	4_16	4_17	4_18	4_19	4_20	1	2	3	4	5	6	7	1_1	1_2	1_3	1_4	1_5
SiO_2	38.96	38.86	38.47	38.70	38.76	38.78	38.84	38.41	38.61	38.03	37.52	37.67	37.33	37.36	37.51	37.36	38.39	39.02	38.93	39.08	38.93
TiO_2	0.05	0.05	0.09	0.06	0.06	0.05	0.08	0.07	0.04	0.05	0.07	0.05	0.07	0.08	0.08	0.08	0.00	0.01	0.03	0.02	0.03
Al_2O_3	21.34	21.66	21.99	21.60	21.58	21.58	21.93	21.30	21.89	20.33	20.51	20.55	20.14	20.23	20.36	20.27	22.47	23.00	22.69	22.58	22.50
Cr_2O_3	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.37	0.35	1.36	0.71	0.35	0.18	0.68	1.02	0.91	2.08	2.82	2.40	2.92	2.71	3.01	3.28	1.71	1.44	1.71	1.93	1.45
FeO	25.34	25.16	24.32	23.73	23.97	23.83	22.28	21.81	24.01	19.69	19.14	19.13	18.32	18.75	19.01	18.57	21.20	18.94	18.21	18.59	20.94
MnO	0.67	0.68	0.71	0.63	0.61	0.63	0.54	0.50	0.61	2.59	2.92	3.24	3.97	3.34	2.86	2.52	0.60	0.43	0.41	0.43	0.52
MgO	4.71	4.76	4.66	4.60	4.45	4.40	4.34	4.39	4.56	2.83	2.67	2.43	2.33	2.54	2.71	2.90	8.52	9.08	8.85	9.25	8.59
CaO	9.39	9.35	9.76	10.71	10.76	10.91	12.45	12.18	10.36	14.08	14.04	14.22	14.16	14.05	14.17	14.40	6.90	8.53	9.45	8.69	7.52
Na_2O	0.03	0.04	0.05	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03	0.03	0.01	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
K_2O	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
Total	100.90	100.92	101.44	100.75	100.58	100.39	101.15	99.74	101.02	99.74	99.75	99.74	99.28	99.11	99.74	99.42	99.83	100.51	100.31	100.59	100.53
Si	3.02	3.00	2.96	2.99	3.00	3.01	2.98	2.99	2.98	2.99	2.96	2.97	2.97	2.97	2.96	2.95	2.94	2.94	2.94	2.94	2.95
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.95	1.97	2.00	1.97	1.97	1.97	1.99	1.96	1.99	1.89	1.91	1.91	1.89	1.89	1.89	1.89	2.03	2.04	2.02	2.01	2.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.02	0.02	0.08	0.04	0.02	0.01	0.04	0.06	0.05	0.12	0.17	0.14	0.18	0.16	0.18	0.20	0.10	0.08	0.10	0.11	0.08
Fe^{2+}	1.64	1.63	1.57	1.54	1.55	1.55	1.43	1.42	1.55	1.30	1.26	1.26	1.22	1.25	1.25	1.23	1.36	1.19	1.15	1.17	1.33
Mn	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.17	0.20	0.22	0.27	0.23	0.19	0.17	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
Mg	0.54	0.55	0.53	0.53	0.51	0.51	0.50	0.51	0.53	0.33	0.31	0.29	0.28	0.30	0.32	0.34	0.97	1.02	1.00	1.04	0.97
Ca	0.78	0.77	0.81	0.89	0.89	0.91	1.02	1.02	0.86	1.19	1.19	1.20	1.21	1.20	1.20	1.22	0.57	0.69	0.77	0.70	0.61
Na	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	55	54	53	51	52	52	48	48	52	43	43	43	41	42	42	42	46	41	39	40	45
Prp	18	18	18	18	17	17	17	17	18	11	11	10	9	10	11	12	33	35	34	35	33
Grs	25	25	23	28	29	30	32	31	26	34	32	34	32	32	32	32	15	20	21	19	17
Sps	1	1	4	2	1	1	2	3	3	6	7	7	9	8	6	6	1	1	1	1	1
Adr	1	2	2	1	1	1	1	1	1	6	8	7	8	8	9	9	5	4	5	5	4

Tabela A.II.1 - *continuação*

Amostra	TGL-72-B												
Cristal	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Análise	2_1	2_2	2_3	2_4	2_5	3_1	3_2	3_3	3_4	3_5	3_6	3_7	3_8
SiO_2	38.65	39.02	39.38	39.17	38.94	38.83	38.67	38.68	39.02	38.81	39.09	39.08	38.81
TiO_2	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01
Al_2O_3	22.36	22.75	22.59	22.66	22.35	22.16	22.32	22.27	22.46	22.57	22.30	22.46	22.34
Cr_2O_3	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Fe_2O_3	1.37	1.65	1.04	1.32	0.91	1.23	1.24	1.67	0.90	1.55	1.42	1.16	0.99
FeO	22.19	18.90	18.84	19.24	21.84	22.71	21.16	21.12	20.88	19.67	19.10	19.55	21.42
MnO	0.60	0.43	0.42	0.44	0.61	0.57	0.55	0.58	0.47	0.48	0.43	0.44	0.58
MgO	8.46	9.15	8.49	8.63	8.56	8.04	8.08	8.55	8.29	8.92	8.84	8.62	8.00
CaO	6.48	8.58	9.91	9.07	6.85	6.82	7.85	7.27	8.17	8.03	8.88	8.86	7.84
Na_2O	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
K_2O	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.16	100.53	100.69	100.61	100.08	100.41	99.90	100.19	100.22	100.09	100.11	100.20	100.02
Si	2.95	2.94	2.97	2.96	2.97	2.97	2.96	2.95	2.97	2.95	2.96	2.96	2.97
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	2.01	2.02	2.01	2.02	2.01	2.00	2.01	2.00	2.01	2.02	1.99	2.01	2.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.08	0.09	0.06	0.08	0.05	0.07	0.07	0.10	0.05	0.09	0.08	0.07	0.06
Fe^{2+}	1.42	1.19	1.19	1.21	1.39	1.45	1.35	1.35	1.33	1.25	1.21	1.24	1.37
Mn	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
Mg	0.96	1.03	0.95	0.97	0.97	0.92	0.92	0.97	0.94	1.01	1.00	0.97	0.91
Ca	0.53	0.69	0.80	0.73	0.56	0.56	0.64	0.59	0.67	0.65	0.72	0.72	0.64
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	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	48	41	40	41	47	49	46	46	45	42	41	42	46
Prp	33	35	32	33	33	31	31	33	32	34	34	33	31
Grs	14	19	24	21	16	15	18	16	20	18	20	21	19
Sps	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Adr	4	4	3	4	3	3	3	5	2	4	4	3	3

Tabela A.II.2 - Análises químicas por microssonda eletrônica em cristais de piroxênio. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base para seis oxigênios.

Amostra	TGL-79-B																					
Análise	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	V_1	V_2	VI_1	VI_2	VI_3	VII_1	VII_2	VIII_1	VIII_2	VIII_3	XIII_1	1	2	3	4
SiO_2	50.67	50.41	50.63	50.10	50.60	50.38	50.05	49.95	50.24	49.46	50.24	49.93	49.92	49.78	50.10	50.04	50.59	50.02	48.06	48.02	48.97	47.57
TiO_2	0.04	0.04	0.04	0.05	0.02	0.02	0.08	0.08	0.09	0.10	0.14	0.15	0.09	0.10	0.06	0.05	0.05	0.07	0.12	0.08	0.03	0.11
Al_2O_3	0.67	0.94	0.70	0.70	0.75	0.82	1.26	1.17	1.16	1.35	1.38	1.54	1.16	1.33	0.92	0.97	0.86	1.19	1.33	1.23	0.85	1.31
Cr_2O_3	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01
FeO	21.36	22.18	21.99	22.17	21.45	22.57	21.45	21.28	21.77	21.42	21.96	21.70	21.66	22.24	21.59	22.04	21.05	21.87	22.27	21.47	21.58	22.76
MnO	0.17	0.19	0.18	0.20	0.18	0.21	0.12	0.13	0.11	0.12	0.13	0.09	0.14	0.12	0.15	0.18	0.13	0.11	0.10	0.09	0.12	0.14
MgO	5.96	5.50	5.78	5.70	5.75	5.46	5.54	5.68	5.45	5.41	5.18	5.22	5.29	5.11	5.63	5.66	5.72	5.52	5.90	6.19	6.44	5.67
CaO	21.12	20.66	20.76	20.35	21.09	20.41	20.81	20.87	20.56	20.74	20.48	20.44	21.03	20.67	20.82	20.92	21.25	21.06	21.20	21.37	21.81	20.88
Na_2O	0.49	0.61	0.52	0.58	0.52	0.53	0.63	0.54	0.62	0.59	0.66	0.76	0.60	0.74	0.61	0.56	0.59	0.58	0.64	0.52	0.47	0.65
K_2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Total	100.48	100.56	100.61	99.86	100.38	100.43	99.95	99.70	100.00	99.22	100.17	99.87	99.89	100.11	99.90	100.42	100.26	100.43	99.63	98.99	100.29	99.11
Si	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.98	1.98	1.99	1.97	1.98	1.98	1.98	1.97	1.99	1.98	1.99	1.97	1.93	1.93	1.94	1.93
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.04	0.06
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	0.70	0.73	0.72	0.74	0.71	0.75	0.71	0.71	0.72	0.71	0.73	0.72	0.72	0.74	0.72	0.73	0.69	0.72	0.75	0.72	0.72	0.77
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.35	0.32	0.34	0.34	0.34	0.32	0.33	0.34	0.32	0.32	0.30	0.31	0.31	0.30	0.33	0.33	0.34	0.32	0.35	0.37	0.38	0.34
Ca	0.89	0.87	0.88	0.87	0.89	0.86	0.88	0.89	0.87	0.89	0.87	0.87	0.89	0.88	0.88	0.89	0.90	0.89	0.91	0.92	0.93	0.91
Na	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.00	4.01	4.01	4.02	4.02	4.02	4.01	4.02	4.06	4.06	4.05	4.07
Wo	46	45	45	44	46	45	46	46	45	46	46	46	46	46	46	45	46	46	45	46	46	45
En	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	16	16	17	17	17	17	18	18	19	17
Fs	36	38	38	38	37	39	37	37	38	37	38	38	37	39	37	38	36	37	37	36	36	38
Jd	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	5	6	5	6	5	4	4	4	5	4	3	5

Tabela A.II.2 - *continuação*

Amostra	TGL-79-B							TGL-83-B				TGL-42										
Análise	5	6	7	8	9	10	11	21	22	26	27	1	2	4	5	8	9	10	11	12	13	14
SiO_2	48.24	48.21	48.26	48.07	48.49	47.42	48.76	47.90	47.12	47.78	47.67	51.99	52.02	51.88	51.38	51.65	52.20	52.27	52.41	51.49	51.61	51.68
TiO_2	0.08	0.12	0.10	0.13	0.10	0.14	0.10	0.18	0.20	0.11	0.15	0.17	0.14	0.09	0.24	0.18	0.12	0.14	0.15	0.20	0.16	0.22
Al_2O_3	1.24	1.31	1.41	1.53	1.19	1.41	1.25	1.94	1.85	1.38	1.56	2.10	3.04	1.11	2.92	2.27	2.63	2.04	2.13	2.86	2.10	2.84
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
FeO	21.91	22.49	22.48	23.66	22.65	23.42	22.64	22.64	23.08	22.84	23.73	10.84	10.72	10.44	10.85	10.96	10.85	10.67	10.70	11.01	10.75	10.87
MnO	0.08	0.13	0.11	0.12	0.14	0.12	0.13	0.11	0.10	0.09	0.14	0.10	0.10	0.13	0.13	0.13	0.10	0.10	0.11	0.13	0.12	0.13
MgO	6.15	6.05	6.04	5.52	5.89	5.46	5.89	5.39	5.14	5.74	5.62	12.19	11.86	12.58	11.92	12.11	12.37	12.26	12.37	11.86	12.00	11.95
CaO	21.47	21.13	21.29	20.51	21.43	20.92	21.20	21.48	20.68	20.45	19.66	21.47	20.93	22.13	21.22	21.13	21.15	21.32	21.22	21.05	21.82	21.15
Na_2O	0.56	0.64	0.59	0.72	0.51	0.62	0.61	0.68	0.90	0.73	0.82	0.55	0.82	0.41	0.63	0.59	0.66	0.64	0.67	0.63	0.49	0.65
K_2O	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01
Total	99.74	100.06	100.28	100.27	100.40	99.51	100.62	100.36	99.09	99.14	99.36	99.43	99.66	98.79	99.33	99.07	100.08	99.43	99.76	99.25	99.08	99.51
Si	1.93	1.93	1.92	1.92	1.93	1.92	1.94	1.91	1.91	1.93	1.93	1.96	1.96	1.98	1.94	1.96	1.96	1.97	1.97	1.95	1.96	1.95
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Al	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.09	0.09	0.07	0.07	0.09	0.13	0.05	0.13	0.10	0.12	0.09	0.09	0.13	0.09	0.13
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	0.73	0.75	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.76	0.78	0.77	0.80	0.34	0.34	0.33	0.34	0.35	0.34	0.34	0.34	0.35	0.34	0.34
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.37	0.36	0.36	0.33	0.35	0.33	0.35	0.32	0.31	0.35	0.34	0.69	0.66	0.71	0.67	0.68	0.69	0.69	0.69	0.67	0.68	0.67
Ca	0.92	0.91	0.91	0.88	0.92	0.91	0.90	0.92	0.90	0.89	0.85	0.87	0.84	0.90	0.86	0.86	0.85	0.86	0.85	0.85	0.89	0.86
Na	0.04	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.07	0.06	0.06	0.04	0.06	0.03	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.07	4.05	4.06	4.07	4.06	4.07	4.00	4.00	4.01	4.01	4.01	4.01	4.00	4.00	4.00	4.01	4.00
Wo	45	45	45	44	45	45	45	46	45	44	43	46	46	46	46	45	45	46	45	46	46	46
En	18	18	18	16	17	16	17	16	16	17	17	36	36	37	36	36	37	36	37	36	36	36
Fs	36	37	37	40	38	39	38	38	39	39	40	18	18	17	18	19	18	18	18	19	18	19
Jd	4	5	4	5	4	5	4	5	7	5	6	4	6	3	5	4	5	5	5	5	4	5

Tabela A.II.2 - *continuação*

Amostra	TGL-42				TGL--17-21																	
Análise	16	17	18	19	204	205	206	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	242	243	244	245	246
SiO_2	51.60	51.93	52.07	52.00	52.96	53.10	53.14	52.73	53.72	53.48	53.13	52.62	52.22	52.92	52.84	52.63	52.84	52.33	52.94	52.82	52.21	53.29
TiO_2	0.15	0.18	0.14	0.17	0.45	0.44	0.48	0.47	0.47	0.42	0.42	0.48	0.52	0.50	0.49	0.48	0.48	0.47	0.46	0.44	0.52	0.52
Al_2O_3	1.84	2.71	1.60	2.15	4.69	4.99	4.79	4.92	4.97	4.51	4.64	4.92	5.06	5.10	5.15	4.96	4.94	4.85	5.07	4.81	5.04	5.27
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.00	0.02	0.09	0.08	0.10	0.09	0.07	0.09	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.09	0.08	0.09	0.06	0.12
FeO	11.07	10.64	11.04	10.93	6.17	5.95	6.15	6.37	5.69	6.20	6.34	6.56	6.35	6.38	5.99	6.13	6.08	6.71	6.01	6.39	6.74	6.47
MnO	0.12	0.08	0.10	0.09	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.06	0.05	0.07	0.04	0.09	0.05	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05	0.06
MgO	12.33	11.97	12.46	12.24	13.63	13.42	13.61	13.65	13.22	14.04	13.49	13.10	12.95	13.03	12.95	13.17	13.22	13.49	13.24	13.54	13.09	13.20
CaO	21.20	21.28	21.78	21.17	20.80	20.77	21.03	20.76	21.25	20.85	20.78	20.49	20.42	20.84	21.29	21.05	20.96	20.11	21.15	20.47	20.31	20.77
Na_2O	0.54	0.67	0.44	0.55	1.44	1.53	1.52	1.46	1.55	1.37	1.46	1.52	1.54	1.50	1.64	1.56	1.50	1.36	1.51	1.45	1.48	1.54
K_2O	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.85	99.46	99.65	99.36	100.30	100.34	100.88	100.49	101.00	101.00	100.39	99.84	99.23	100.40	100.51	100.09	100.12	99.45	100.53	100.06	99.51	101.24
Si	1.96	1.96	1.97	1.96	1.94	1.94	1.93	1.93	1.94	1.94	1.94	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93
Ti	0.00	0.01	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	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.08	0.12	0.07	0.10	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.22	0.21	0.22	0.23
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	0.35	0.34	0.35	0.35	0.19	0.18	0.19	0.19	0.17	0.19	0.19	0.20	0.20	0.19	0.18	0.19	0.19	0.21	0.18	0.20	0.21	0.20
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.70	0.67	0.70	0.69	0.74	0.73	0.74	0.74	0.71	0.76	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70	0.72	0.72	0.74	0.72	0.74	0.72	0.71
Ca	0.86	0.86	0.88	0.86	0.81	0.81	0.82	0.81	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.82	0.83	0.83	0.82	0.79	0.83	0.80	0.80	0.81
Na	0.04	0.05	0.03	0.04	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	4.01	4.00	4.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.01	3.99	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
Wo	45	46	46	45	47	47	47	46	48	46	47	47	47	47	48	48	48	46	48	46	46	47
En	36	36	36	36	42	42	42	42	42	43	42	42	41	41	41	41	42	43	42	42	42	42
Fs	19	18	18	18	11	11	11	11	10	11	11	12	12	11	11	11	11	12	11	11	12	12
Jd	4	5	3	4	10	11	11	11	11	10	11	11	11	11	12	11	11	10	11	11	11	11

Tabela A.II.2 - *continuação*

Amostra	TGL--17-21																					
Análise	247	248	249	250	251	252	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269
SiO_2	52.53	52.21	52.91	52.88	52.47	53.03	52.83	52.31	52.69	52.82	52.26	52.92	52.67	53.57	53.31	52.22	53.41	52.70	52.87	52.55	53.12	52.63
TiO_2	0.47	0.47	0.45	0.49	0.55	0.50	0.53	0.51	0.47	0.47	0.39	0.37	0.41	0.43	0.44	0.44	0.43	0.47	0.47	0.44	0.45	0.48
Al_2O_3	4.92	4.96	4.89	5.03	5.12	5.06	5.25	5.20	4.97	5.09	4.80	4.57	4.62	4.63	4.79	4.71	4.88	5.08	4.96	4.65	4.86	5.17
Cr_2O_3	0.10	0.08	0.07	0.07	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.07	0.07	0.08	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.09
FeO	6.55	5.84	6.15	6.09	6.51	6.22	6.55	6.08	5.95	5.86	5.55	5.59	5.86	5.87	5.64	5.74	6.01	5.78	6.09	5.36	5.68	6.28
MnO	0.08	0.07	0.07	0.03	0.06	0.06	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.05	0.04	0.08	0.09	0.08	0.07
MgO	13.26	13.05	13.35	13.03	13.34	13.12	13.18	13.07	13.18	13.54	13.34	13.46	13.46	13.70	13.48	12.91	13.30	13.30	13.56	13.55	13.40	13.42
CaO	20.89	21.20	21.01	20.95	20.46	20.69	20.69	21.03	21.23	20.95	21.23	21.12	21.25	21.41	21.20	21.19	20.76	21.01	20.96	21.28	20.88	20.67
Na_2O	1.55	1.50	1.47	1.54	1.48	1.56	1.50	1.55	1.60	1.52	1.46	1.40	1.41	1.49	1.50	1.50	1.51	1.51	1.49	1.46	1.50	1.46
K_2O	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
Total	100.34	99.41	100.38	100.12	100.07	100.33	100.65	99.88	100.23	100.41	99.19	99.58	99.82	101.24	100.54	98.89	100.45	99.99	100.59	99.46	100.05	100.27
Si	1.92	1.93	1.93	1.94	1.92	1.94	1.93	1.92	1.93	1.93	1.93	1.94	1.93	1.94	1.94	1.94	1.94	1.93	1.93	1.93	1.94	1.92
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.21	0.22	0.21	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23	0.21	0.22	0.21	0.20	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.22	0.21	0.20	0.21	0.22
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	0.20	0.18	0.19	0.19	0.20	0.19	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.18	0.18	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.17	0.17	0.19
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.72	0.72	0.73	0.71	0.73	0.71	0.72	0.72	0.72	0.74	0.73	0.74	0.74	0.74	0.73	0.71	0.72	0.73	0.74	0.74	0.73	0.73
Ca	0.82	0.84	0.82	0.82	0.80	0.81	0.81	0.83	0.83	0.82	0.84	0.83	0.84	0.83	0.83	0.84	0.81	0.82	0.82	0.84	0.82	0.81
Na	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	4.01	4.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.01	4.01	4.00	4.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.99	4.00	4.01	4.00	3.99	4.00
Wo	47	48	47	48	46	47	47	48	48	47	48	48	48	47	48	49	47	48	47	48	47	47
En	41	41	42	41	42	42	42	41	41	42	42	42	42	42	42	41	42	42	42	42	42	42
Fs	12	10	11	11	12	11	12	11	11	10	10	10	10	10	10	10	11	10	11	10	10	11
Jd	11	11	11	11	11	11	11	11	12	11	11	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11

Tabela A.II.2 - *continuação*

Amostra	TGL--17-21								TGL-38-A													
Análise	270	271	272	273	274	275	276	277	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
SiO_2	52.62	52.60	53.11	52.78	52.54	53.08	52.98	52.88	51.31	50.26	51.59	51.04	52.00	51.58	51.73	51.33	52.15	52.25	52.05	52.08	50.52	50.67
TiO_2	0.52	0.49	0.50	0.52	0.49	0.48	0.42	0.47	0.38	0.48	0.33	0.37	0.22	0.37	0.34	0.28	0.33	0.28	0.32	0.36	0.45	0.41
Al_2O_3	5.20	5.18	5.13	5.05	4.92	4.81	4.77	4.87	3.80	4.34	2.95	4.06	2.44	3.30	3.07	2.77	2.80	2.40	2.90	2.98	4.16	3.98
Cr_2O_3	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.12	0.11	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
FeO	6.18	6.46	6.26	5.96	6.08	6.09	6.07	6.49	11.19	11.02	10.88	11.60	10.79	10.98	11.21	11.11	9.75	9.86	9.84	9.83	11.16	10.72
MnO	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.04	0.05	0.06	0.20	0.19	0.22	0.19	0.21	0.19	0.20	0.18	0.18	0.17	0.17	0.14	0.15	0.21
MgO	13.09	13.17	13.15	13.00	13.20	13.55	13.61	13.39	10.13	10.37	11.03	10.53	10.94	10.85	10.89	10.85	11.61	11.79	11.51	11.48	10.08	10.42
CaO	20.72	20.74	20.87	21.46	20.97	20.76	20.71	20.69	22.29	22.38	22.39	21.89	22.80	22.37	22.48	22.63	22.53	22.74	22.76	22.63	22.20	22.43
Na_2O	1.51	1.58	1.55	1.56	1.49	1.45	1.50	1.43	0.76	0.77	0.69	0.71	0.54	0.70	0.64	0.62	0.64	0.57	0.66	0.62	0.72	0.73
K_2O	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.06	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02
Total	99.99	100.36	100.70	100.48	99.87	100.36	100.23	100.40	100.09	99.89	100.10	100.43	99.99	100.36	100.58	99.81	100.02	100.09	100.24	100.18	99.47	99.60
Si	1.93	1.92	1.93	1.93	1.93	1.94	1.94	1.93	1.93	1.90	1.94	1.92	1.96	1.94	1.94	1.94	1.95	1.96	1.95	1.95	1.92	1.92
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.17	0.19	0.13	0.18	0.11	0.15	0.14	0.12	0.12	0.11	0.13	0.13	0.19	0.18
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	0.19	0.20	0.19	0.18	0.19	0.19	0.19	0.20	0.35	0.35	0.34	0.36	0.34	0.35	0.35	0.35	0.31	0.31	0.31	0.31	0.35	0.34
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	0.01
Mg	0.72	0.72	0.71	0.71	0.72	0.74	0.74	0.73	0.57	0.59	0.62	0.59	0.61	0.61	0.61	0.61	0.65	0.66	0.64	0.64	0.57	0.59
Ca	0.81	0.81	0.81	0.84	0.83	0.81	0.81	0.81	0.90	0.91	0.90	0.88	0.92	0.90	0.90	0.92	0.90	0.91	0.91	0.91	0.90	0.91
Na	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	4.00	4.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.01	4.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.01
Wo	47	47	47	49	48	47	47	47	49	49	48	48	49	48	48	49	49	48	49	49	49	49
En	42	41	41	41	42	42	43	42	31	32	33	32	33	33	33	32	35	35	34	34	31	32
Fs	11	12	11	11	11	11	11	12	20	19	19	20	18	19	19	19	17	17	17	17	20	19
Jd	11	11	11	11	11	11	11	10	6	6	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5

Tabela A.II.2 - *continuação*

Amostra	TGL-38-A									TGL-38-GR												
Análise	66	68	69	70	71	72	73	74	75	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
SiO_2	51.49	50.59	51.42	51.05	50.86	51.12	51.18	50.66	51.01	51.04	51.05	51.09	50.41	52.03	51.69	50.51	50.40	50.64	51.38	51.60	50.58	51.19
TiO_2	0.32	0.36	0.34	0.39	0.38	0.36	0.30	0.40	0.36	0.44	0.26	0.20	0.34	0.29	0.31	0.40	0.37	0.34	0.36	0.35	0.44	0.39
Al_2O_3	3.07	3.59	3.35	3.64	3.85	3.71	3.59	3.83	3.78	4.90	5.46	5.25	5.93	2.80	3.20	5.13	5.65	5.79	3.35	3.21	5.14	3.79
Cr_2O_3	0.03	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.04	0.03	0.02	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01	0.03
FeO	10.98	11.35	11.11	11.09	11.25	11.47	11.61	11.24	11.48	10.59	10.61	10.53	10.42	10.53	10.50	10.65	10.86	10.64	10.39	10.10	10.73	10.55
MnO	0.19	0.17	0.19	0.23	0.24	0.24	0.21	0.20	0.24	0.17	0.18	0.19	0.15	0.17	0.18	0.17	0.19	0.22	0.20	0.20	0.17	0.18
MgO	10.73	10.33	10.45	10.43	10.39	10.51	10.51	10.36	10.26	10.70	10.07	10.48	10.27	11.49	11.51	10.63	10.17	10.18	11.58	11.70	10.71	11.00
CaO	22.53	22.29	22.66	22.36	22.51	22.08	21.67	22.56	21.88	21.39	20.76	21.20	21.05	21.97	21.94	20.89	21.27	20.85	21.69	22.28	21.48	22.19
Na_2O	0.58	0.66	0.66	0.65	0.69	0.75	0.80	0.66	0.72	1.02	1.34	1.04	1.13	0.75	0.76	1.04	1.15	1.22	0.75	0.71	0.94	0.74
K_2O	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01
Total	99.91	99.37	100.22	99.85	100.19	100.27	99.93	99.98	99.74	100.25	99.73	100.01	99.72	100.06	100.13	99.46	100.08	99.90	99.73	100.19	100.20	100.07
Si	1.94	1.93	1.94	1.93	1.92	1.93	1.93	1.92	1.93	1.91	1.92	1.91	1.89	1.95	1.94	1.91	1.89	1.90	1.93	1.93	1.90	1.92
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.14	0.16	0.15	0.16	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17	0.22	0.24	0.23	0.26	0.12	0.14	0.23	0.25	0.26	0.15	0.14	0.23	0.17
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	0.35	0.36	0.35	0.35	0.36	0.36	0.37	0.36	0.36	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.34	0.33
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	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.59	0.59	0.58	0.58	0.60	0.56	0.59	0.58	0.64	0.64	0.60	0.57	0.57	0.65	0.65	0.60	0.62
Ca	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.89	0.88	0.91	0.89	0.86	0.84	0.85	0.85	0.88	0.88	0.84	0.86	0.84	0.88	0.89	0.86	0.89
Na	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.07	0.10	0.08	0.08	0.05	0.06	0.08	0.08	0.09	0.05	0.05	0.07	0.05
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	4.00	4.01	4.00	4.00	4.01	4.01	4.01	4.01	4.00	4.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01
Wo	49	49	49	49	49	48	48	49	48	48	48	48	48	47	47	47	48	48	47	48	48	48
En	32	31	32	32	31	32	32	31	32	33	32	33	33	35	35	34	32	33	35	35	33	33
Fs	19	20	19	19	20	20	20	19	20	19	19	19	19	18	18	19	20	19	18	17	19	18
Jd	4	5	5	5	5	6	6	5	5	8	10	8	9	6	6	8	9	9	6	5	7	6

Tabela A.II.2 - *continuação*

Amostra	TGL-38-GR																					
Análise	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	156	157	158	159	160	162
SiO_2	51.03	51.03	51.42	50.43	50.90	50.76	50.95	52.03	50.71	50.13	50.21	52.35	49.80	49.74	51.03	49.55	50.11	51.07	51.33	49.42	50.51	51.40
TiO_2	0.37	0.37	0.42	0.49	0.37	0.24	0.44	0.23	0.53	0.59	0.54	0.29	0.56	0.45	0.43	0.38	0.46	0.37	0.34	0.42	0.32	0.46
Al_2O_3	3.77	3.87	4.07	5.72	5.37	5.28	3.81	2.19	4.88	5.65	5.06	2.48	5.66	6.05	4.36	6.12	5.63	3.91	3.25	6.10	6.10	3.51
Cr_2O_3	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.05	0.04	0.06	0.03	0.03	0.03
FeO	10.07	10.15	10.41	10.78	10.57	10.61	10.58	10.27	10.86	10.78	10.71	9.92	10.69	11.01	10.73	11.12	10.56	10.31	10.57	11.30	10.53	10.35
MnO	0.16	0.17	0.20	0.14	0.17	0.18	0.17	0.15	0.15	0.16	0.17	0.17	0.11	0.09	0.10	0.10	0.10	0.12	0.12	0.09	0.10	0.10
MgO	11.09	11.34	11.22	10.50	10.75	10.48	11.32	11.94	10.79	10.46	10.83	12.10	10.51	10.35	10.77	10.04	10.59	10.97	11.26	10.54	10.01	10.70
CaO	22.04	21.92	21.57	20.73	20.75	21.29	21.74	22.52	20.95	21.39	21.57	22.66	21.57	21.11	22.18	20.99	22.15	22.38	22.82	20.46	21.83	21.92
Na_2O	0.68	0.73	0.83	1.09	1.02	1.08	0.78	0.58	0.92	0.94	0.95	0.62	0.87	0.88	0.80	0.92	0.89	0.71	0.67	0.95	0.95	0.64
K_2O	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.06	0.02	0.05
Total	99.26	99.61	100.15	99.90	99.94	99.92	99.81	99.95	99.81	100.12	100.07	100.62	99.82	99.74	100.44	99.24	100.56	99.90	100.42	99.38	100.39	99.17
Si	1.93	1.92	1.93	1.89	1.91	1.91	1.92	1.96	1.91	1.88	1.89	1.95	1.88	1.88	1.91	1.88	1.88	1.92	1.93	1.87	1.89	1.94
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.17	0.17	0.18	0.25	0.24	0.23	0.17	0.10	0.22	0.25	0.22	0.11	0.25	0.27	0.19	0.27	0.25	0.17	0.14	0.27	0.27	0.16
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	0.32	0.32	0.33	0.34	0.33	0.33	0.33	0.32	0.34	0.34	0.34	0.31	0.34	0.35	0.34	0.35	0.33	0.32	0.33	0.36	0.33	0.33
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.63	0.64	0.63	0.59	0.60	0.59	0.64	0.67	0.61	0.59	0.61	0.67	0.59	0.58	0.60	0.57	0.59	0.62	0.63	0.60	0.56	0.60
Ca	0.89	0.89	0.87	0.83	0.83	0.86	0.88	0.91	0.84	0.86	0.87	0.91	0.87	0.85	0.89	0.85	0.89	0.90	0.92	0.83	0.87	0.89
Na	0.05	0.05	0.06	0.08	0.07	0.08	0.06	0.04	0.07	0.07	0.07	0.04	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.07	0.07	0.05
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	4.00	4.01	4.00	4.01	4.00	4.01	4.01	4.01	4.00	4.01	4.02	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.02	4.01	4.01	4.01	4.00	3.99
Wo	48	48	47	47	47	48	47	48	47	48	48	48	48	48	49	48	49	49	49	46	50	49
En	34	34	34	33	34	33	34	35	34	33	33	36	33	33	33	32	33	33	33	33	32	33
Fs	18	18	18	19	19	19	18	17	19	19	19	17	19	20	19	20	18	18	18	20	19	18
Jd	5	5	6	8	8	8	6	4	7	7	7	5	7	7	6	7	7	5	5	7	7	5

Tabela A.II.2 - *continuação*

Amostra	TGL-38-GR																					
Análise	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	178	179	180	181	182	183	184	185
SiO_2	51.41	50.55	50.33	51.05	49.78	49.84	49.30	50.38	50.16	50.97	50.36	51.42	51.29	49.98	52.01	50.22	50.27	50.58	50.23	50.57	50.71	48.95
TiO_2	0.38	0.57	0.51	0.47	0.47	0.51	0.44	0.40	0.49	0.47	0.47	0.32	0.32	0.54	0.25	0.45	0.50	0.52	0.50	0.48	0.55	0.68
Al_2O_3	3.53	4.84	4.57	4.45	5.46	6.47	6.14	5.33	5.15	4.18	4.93	3.05	3.19	5.61	2.61	5.10	4.61	4.92	4.81	4.60	4.05	6.02
Cr_2O_3	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04
FeO	10.49	10.23	10.51	10.25	10.69	10.82	10.81	10.46	10.56	10.31	10.74	10.35	10.28	10.56	10.47	10.58	10.74	10.52	11.11	10.77	10.52	11.72
MnO	0.13	0.08	0.10	0.10	0.10	0.15	0.11	0.06	0.08	0.08	0.09	0.10	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.12	0.11	0.13	0.09
MgO	11.10	10.77	10.88	10.68	10.37	10.08	10.41	9.73	10.52	10.76	10.92	11.68	11.59	10.50	11.53	10.57	10.80	10.68	10.93	10.93	11.05	10.68
CaO	22.27	22.25	21.57	22.39	21.64	21.27	21.27	21.36	22.06	22.34	21.33	22.57	22.13	21.81	22.21	21.61	21.82	21.74	21.12	21.44	22.26	20.26
Na_2O	0.66	0.74	0.75	0.80	0.89	0.96	0.99	0.91	0.82	0.69	0.77	0.64	0.73	0.84	0.59	0.89	0.78	0.80	0.84	0.85	0.68	0.89
K_2O	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.04	0.01	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12
Total	100.02	100.08	99.27	100.26	99.44	100.13	99.54	98.68	99.87	99.86	99.67	100.19	99.70	99.99	99.79	99.56	99.66	99.90	99.71	99.80	99.99	99.46
Si	1.93	1.90	1.91	1.91	1.88	1.87	1.87	1.91	1.89	1.92	1.90	1.93	1.93	1.88	1.96	1.90	1.90	1.90	1.90	1.91	1.91	1.86
Ti	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Al	0.16	0.21	0.20	0.20	0.24	0.29	0.27	0.24	0.23	0.19	0.22	0.14	0.14	0.25	0.12	0.23	0.21	0.22	0.21	0.20	0.18	0.27
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	0.33	0.32	0.33	0.32	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.34	0.33	0.32	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.35	0.34	0.33	0.37
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.62	0.60	0.61	0.60	0.58	0.56	0.59	0.55	0.59	0.60	0.61	0.65	0.65	0.59	0.65	0.59	0.61	0.60	0.62	0.61	0.62	0.60
Ca	0.90	0.90	0.88	0.90	0.88	0.86	0.86	0.87	0.89	0.90	0.86	0.91	0.89	0.88	0.90	0.87	0.88	0.88	0.85	0.87	0.90	0.82
Na	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.07
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
∑Cátions	4.00	4.00	4.00	4.00	4.01	4.01	4.02	3.99	4.01	4.00	4.01	4.01	4.01	4.01	4.00	4.01	4.01	4.00	4.01	4.01	4.01	4.02
Wo	48	49	48	49	49	48	48	50	49	49	47	48	48	49	48	48	48	48	47	47	48	46
En	34	33	34	33	32	32	33	31	33	33	34	35	35	33	34	33	33	33	34	34	33	33
Fs	18	18	18	18	19	20	19	19	18	18	19	17	18	19	18	19	19	18	19	19	18	21
Jd	5	6	6	6	7	7	8	7	6	5	6	5	5	6	4	7	6	6	6	6	5	7

Tabela A.II.2 - *continuação*

Amostra	TGL-38-GR																TGL-69-A					
Análise	186	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	102	103	104	105	106	107
SiO_2	51.61	49.38	50.77	50.95	50.20	49.68	50.86	51.35	50.85	51.38	50.76	50.95	50.74	50.97	51.83	51.30	48.89	49.19	47.94	48.64	49.72	49.21
TiO_2	0.36	0.46	0.46	0.40	0.49	0.43	0.40	0.43	0.57	0.41	0.43	0.38	0.43	0.33	0.25	0.30	0.27	0.35	0.48	0.28	0.27	0.39
Al_2O_3	3.24	6.17	4.10	3.74	4.89	6.53	4.01	3.80	5.49	3.62	3.85	3.46	4.07	2.95	2.62	3.27	4.11	3.64	5.00	4.38	3.10	3.91
Cr_2O_3	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.01	0.02
FeO	10.04	10.59	10.09	10.43	10.20	10.81	10.24	10.08	9.54	9.91	11.16	11.20	11.36	11.21	10.85	10.95	12.87	12.37	13.49	13.10	12.53	12.24
MnO	0.10	0.12	0.12	0.11	0.13	0.09	0.13	0.12	0.05	0.08	0.12	0.12	0.10	0.12	0.10	0.13	0.28	0.29	0.30	0.29	0.26	0.27
MgO	11.61	10.41	10.98	11.17	10.79	9.89	11.23	11.57	11.08	11.46	10.81	11.00	11.00	11.57	11.49	11.57	9.86	10.15	9.22	9.62	10.36	10.26
CaO	22.52	21.31	22.32	22.46	22.15	20.95	22.33	22.28	21.70	22.37	21.76	21.80	21.29	21.95	22.16	22.07	22.11	22.32	22.39	22.30	22.77	22.75
Na_2O	0.60	0.94	0.70	0.72	0.75	1.14	0.73	0.64	0.92	0.70	0.72	0.77	0.80	0.65	0.64	0.64	0.65	0.62	0.70	0.77	0.56	0.60
K_2O	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.04	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Total	100.14	99.43	99.58	100.04	99.66	99.57	99.97	100.33	100.23	99.98	99.65	99.72	99.83	99.82	99.96	100.28	99.07	98.99	99.56	99.44	99.61	99.66
Si	1.93	1.87	1.92	1.92	1.89	1.87	1.91	1.92	1.90	1.93	1.92	1.93	1.92	1.93	1.95	1.93	1.89	1.90	1.85	1.87	1.91	1.88
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.14	0.27	0.18	0.17	0.22	0.29	0.18	0.17	0.24	0.16	0.17	0.15	0.18	0.13	0.12	0.14	0.19	0.17	0.23	0.20	0.14	0.18
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	0.31	0.34	0.32	0.33	0.32	0.34	0.32	0.32	0.30	0.31	0.35	0.35	0.36	0.35	0.34	0.34	0.42	0.40	0.44	0.42	0.40	0.39
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.65	0.59	0.62	0.63	0.61	0.56	0.63	0.64	0.62	0.64	0.61	0.62	0.62	0.65	0.65	0.65	0.57	0.58	0.53	0.55	0.59	0.59
Ca	0.90	0.86	0.90	0.91	0.90	0.85	0.90	0.89	0.87	0.90	0.88	0.88	0.86	0.89	0.89	0.89	0.91	0.92	0.93	0.92	0.94	0.93
Na	0.04	0.07	0.05	0.05	0.05	0.08	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	4.00	4.02	4.00	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.00	4.00	4.01	4.01	4.01	4.02	4.01	4.01	4.04	4.03	4.05	4.05	4.04	4.04
Wo	48	48	49	49	49	48	49	48	49	49	48	47	47	47	47	47	48	48	49	48	48	49
En	35	33	34	34	33	32	34	35	35	35	33	33	34	34	34	34	30	30	28	29	31	31
Fs	17	19	17	18	18	20	18	17	17	17	19	19	20	19	18	18	22	21	23	23	21	21
Jd	4	7	5	5	6	9	5	5	7	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	6	4	4

Tabela A.II.2 - *continuação*

Amostra	TGL-69-A														TGL-72-B							
Análise	108	109	110	111	112	113	117	118	119	120	121	122	124	125	32	33	34	35	36	37	38	39
SiO_2	49.35	49.29	47.67	47.93	48.32	49.07	48.94	49.26	49.61	48.13	51.54	46.95	48.45	50.04	51.77	52.06	52.54	52.43	50.56	52.09	52.39	52.41
TiO_2	0.35	0.33	0.47	0.36	0.32	0.40	0.22	0.19	0.35	0.34	0.17	0.50	0.45	0.22	0.29	0.20	0.17	0.15	0.35	0.13	0.13	0.13
Al_2O_3	3.44	3.56	5.17	4.98	4.93	3.56	3.90	3.68	2.82	4.79	1.92	6.20	4.43	3.07	3.62	3.28	3.06	3.02	5.01	2.69	2.84	2.61
Cr_2O_3	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.06	0.05	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.05	0.09	0.14	0.26	0.34	0.24	0.26	0.29
FeO	13.00	12.85	13.78	13.77	13.51	13.10	13.26	13.19	12.30	13.45	10.86	14.14	13.29	12.45	6.49	6.64	6.69	6.72	7.48	6.53	6.61	6.60
MnO	0.28	0.26	0.29	0.24	0.27	0.25	0.33	0.30	0.30	0.26	0.35	0.31	0.31	0.35	0.07	0.06	0.09	0.10	0.06	0.07	0.07	0.06
MgO	9.86	9.88	8.87	9.15	9.17	9.76	9.72	9.87	10.35	9.19	11.76	8.53	9.38	10.50	15.04	14.23	14.55	14.37	14.57	14.74	14.64	14.60
CaO	22.55	22.82	22.56	22.18	22.26	22.74	22.62	22.40	22.83	22.20	23.05	21.86	22.45	22.66	20.39	22.22	22.23	22.41	19.39	22.14	22.38	22.30
Na_2O	0.60	0.62	0.66	0.69	0.77	0.57	0.65	0.66	0.56	0.73	0.53	0.76	0.65	0.60	0.54	0.54	0.55	0.54	0.63	0.48	0.51	0.45
K_2O	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.11	0.02	0.01	0.03	0.26	0.03	0.00	0.04
Total	99.48	99.64	99.51	99.34	99.59	99.49	99.68	99.65	99.20	99.14	100.24	99.29	99.46	99.96	98.36	99.33	100.03	100.02	98.64	99.14	99.83	99.48
Si	1.90	1.89	1.84	1.85	1.86	1.89	1.88	1.89	1.91	1.86	1.95	1.82	1.87	1.91	1.93	1.93	1.94	1.94	1.89	1.94	1.94	1.95
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Al	0.16	0.16	0.24	0.23	0.22	0.16	0.18	0.17	0.13	0.22	0.09	0.28	0.20	0.14	0.16	0.14	0.13	0.13	0.22	0.12	0.12	0.11
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe^{2+}	0.42	0.41	0.45	0.45	0.44	0.42	0.43	0.42	0.40	0.44	0.34	0.46	0.43	0.40	0.20	0.21	0.21	0.21	0.23	0.20	0.20	0.20
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	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.57	0.57	0.51	0.53	0.53	0.56	0.56	0.57	0.59	0.53	0.66	0.49	0.54	0.60	0.84	0.79	0.80	0.79	0.81	0.82	0.81	0.81
Ca	0.93	0.94	0.94	0.92	0.92	0.94	0.93	0.92	0.94	0.92	0.93	0.91	0.93	0.93	0.82	0.88	0.88	0.89	0.78	0.88	0.89	0.89
Na	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	4.04	4.04	4.05	4.05	4.04	4.04	4.05	4.04	4.04	4.04	4.03	4.05	4.04	4.04	4.00	4.01	4.01	4.01	4.00	4.01	4.01	4.01
Wo	48	49	49	48	49	49	48	48	49	49	48	49	49	48	44	47	47	47	43	46	47	47
En	29	29	27	28	28	29	29	29	31	28	34	26	28	31	45	42	42	42	45	43	42	42
Fs	22	22	24	24	24	22	23	23	21	23	18	25	23	21	11	11	11	11	13	11	11	11
Jd	4	5	5	5	6	4	5	5	4	6	4	6	5	4	4	4	4	4	5	3	4	3

Tabela A.II.2 - *continuação*

Amostra	TGL-72-B																			
Análise	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
SiO_2	51.11	52.27	51.88	52.07	51.14	51.71	51.40	49.98	52.03	51.15	51.06	50.59	51.60	52.93	51.44	50.99	51.22	50.95	51.87	51.50
TiO_2	0.21	0.13	0.23	0.20	0.41	0.36	0.39	0.49	0.24	0.41	0.40	0.44	0.26	0.16	0.35	0.32	0.39	0.35	0.22	0.29
Al_2O_3	5.11	3.14	3.82	3.56	4.86	3.61	3.85	5.77	2.71	4.91	4.73	5.74	3.55	2.10	4.55	4.71	4.61	4.69	3.06	4.08
Cr_2O_3	0.28	0.30	0.24	0.04	0.02	0.07	0.11	0.26	0.11	0.19	0.27	0.30	0.17	0.14	0.13	0.30	0.09	0.24	0.23	0.27
FeO	6.55	6.86	6.65	7.08	6.93	6.83	6.89	7.59	6.61	7.14	6.86	7.09	6.92	6.29	6.89	7.65	7.00	6.87	6.81	7.01
MnO	0.08	0.10	0.10	0.09	0.10	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.09	0.05	0.08	0.06	0.07	0.07	0.09	0.05
MgO	13.62	14.58	13.99	14.21	13.56	14.09	14.05	13.53	14.76	13.51	13.60	13.05	14.16	15.08	13.91	13.83	13.66	13.54	14.53	13.98
CaO	21.33	21.21	22.33	21.87	21.83	22.39	22.07	20.28	22.54	21.75	21.72	21.26	22.06	22.60	21.89	21.09	21.86	21.95	22.40	22.03
Na_2O	0.88	0.56	0.52	0.62	0.62	0.49	0.55	0.77	0.48	0.70	0.64	0.79	0.54	0.39	0.60	0.62	0.58	0.61	0.52	0.58
K_2O	0.01	0.10	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01
Total	99.17	99.25	99.78	99.74	99.49	99.65	99.39	98.80	99.57	99.85	99.35	99.33	99.36	99.78	99.83	99.57	99.49	99.29	99.73	99.79
Si	1.90	1.94	1.92	1.93	1.90	1.92	1.91	1.87	1.93	1.89	1.90	1.88	1.92	1.96	1.90	1.90	1.90	1.90	1.92	1.91
Ti	0.01	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	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.22	0.14	0.17	0.16	0.21	0.16	0.17	0.25	0.12	0.21	0.21	0.25	0.16	0.09	0.20	0.21	0.20	0.21	0.13	0.18
Cr	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Fe^{2+}	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.24	0.21	0.22	0.21	0.22	0.22	0.19	0.21	0.24	0.22	0.21	0.21	0.22
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.75	0.81	0.77	0.78	0.75	0.78	0.78	0.75	0.82	0.75	0.75	0.72	0.79	0.83	0.77	0.77	0.76	0.75	0.80	0.77
Ca	0.85	0.84	0.89	0.87	0.87	0.89	0.88	0.81	0.90	0.86	0.87	0.85	0.88	0.89	0.87	0.84	0.87	0.88	0.89	0.87
Na	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.03	0.05	0.05	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	4.01	4.00	4.00	4.01	4.00	4.01	4.01	4.01	4.02	4.01	4.01	4.00	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.02	4.01
Wo	47	45	47	46	47	47	47	45	47	47	47	47	47	47	47	46	47	48	47	47
En	42	43	41	42	41	41	42	42	43	41	41	40	42	43	41	42	41	41	42	41
Fs	11	12	11	12	12	11	12	13	11	12	12	12	12	10	12	13	12	12	11	12
Jd	7	4	4	5	5	4	4	6	3	5	5	6	4	3	4	5	4	5	4	4

Tabela A.II.3 - Análises químicas por microssonda eletrônica em cristais de plagioclásio. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de oito oxigênios.

Amostra	TGL-39-E														TGL-57-A							
Análise	65	66	73	74	75	77	80	83	84	85	86	87	88	89	16	17	18	19	20	21	22	23
SiO_2	59.46	59.91	59.89	59.75	60.45	59.62	59.05	59.63	59.91	60.49	58.87	59.56	59.07	60.01	61.12	62.08	61.95	61.52	61.50	61.52	61.92	62.13
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	26.46	25.97	26.06	26.17	26.02	26.51	26.00	26.28	25.84	25.63	26.69	25.95	26.53	26.12	24.12	23.87	23.95	23.89	23.96	23.57	23.86	23.80
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.13	0.06	0.02	0.00	0.01	0.08	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.02
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	0.00	0.00
MgO	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	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
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03
CaO	7.70	7.14	7.09	7.30	6.73	7.73	7.49	7.48	7.12	6.86	7.77	7.39	7.98	7.28	5.06	4.78	4.84	5.05	5.16	4.91	4.66	4.90
Na_2O	7.23	7.33	7.15	7.39	7.47	7.03	7.17	7.31	7.47	7.60	7.03	7.25	7.00	7.34	8.35	8.63	8.76	8.50	8.59	8.22	8.50	8.57
K_2O	0.27	0.26	0.30	0.29	0.28	0.16	0.19	0.19	0.26	0.27	0.24	0.23	0.18	0.25	0.36	0.32	0.43	0.43	0.34	0.33	0.33	0.33
Total	101.17	100.64	100.54	100.95	101.01	101.08	99.96	101.02	100.65	100.86	100.60	100.39	100.85	101.05	99.06	99.70	99.94	99.41	99.60	98.60	99.30	99.78
Si	2.63	2.65	2.65	2.64	2.66	2.63	2.64	2.63	2.65	2.67	2.61	2.65	2.62	2.65	2.74	2.76	2.75	2.75	2.74	2.76	2.76	2.76
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.38	1.36	1.36	1.36	1.35	1.38	1.37	1.37	1.35	1.33	1.40	1.36	1.39	1.36	1.27	1.25	1.25	1.26	1.26	1.25	1.25	1.25
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.36	0.34	0.34	0.35	0.32	0.37	0.36	0.35	0.34	0.32	0.37	0.35	0.38	0.34	0.24	0.23	0.23	0.24	0.25	0.24	0.22	0.23
Na	0.62	0.63	0.61	0.63	0.64	0.60	0.62	0.63	0.64	0.65	0.61	0.62	0.60	0.63	0.72	0.74	0.75	0.74	0.74	0.72	0.73	0.74
K	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
∑Cátions	5.00	4.99	4.98	5.00	4.99	4.99	5.00	5.00	5.00	4.99	5.00	4.99	5.00	4.99	5.00	5.00	5.01	5.01	5.01	4.98	4.99	5.00
Ab	62	64	63	64	66	62	63	63	65	66	61	63	61	64	73	75	75	73	74	74	75	75
An	36	34	35	35	33	37	36	36	34	33	37	36	38	35	25	23	23	24	24	24	23	24
Or	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2

Tabela A.II.3 – *continuação*

Amostra	TGL-57-A												TGL-74									
Análise	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35	36	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
SiO_2	61.68	62.29	61.40	61.63	61.68	61.67	61.62	62.16	61.63	62.12	61.81	61.86	56.46	56.23	56.84	57.60	57.63	57.01	56.26	57.28	57.38	56.06
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	23.92	23.83	23.83	23.91	23.84	23.86	23.96	23.66	23.84	23.98	23.62	23.96	27.95	27.94	27.45	27.11	27.31	27.53	27.94	27.07	26.98	27.91
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.04	0.02	0.06	0.00	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.06	0.03	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.04	0.02
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	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	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.05	0.03	0.00	0.05	0.01	0.00
CaO	4.75	4.82	4.91	4.99	5.01	5.11	5.17	4.92	4.80	4.83	4.80	4.82	8.97	9.12	8.79	8.19	8.29	8.36	8.33	8.10	8.32	9.16
Na_2O	8.76	8.52	8.17	8.42	8.37	8.51	8.44	8.50	8.46	8.47	8.53	8.40	6.38	6.21	6.33	6.76	6.82	6.65	6.55	6.80	6.83	6.37
K_2O	0.32	0.29	0.61	0.41	0.42	0.44	0.30	0.44	0.39	0.39	0.45	0.39	0.15	0.19	0.21	0.22	0.24	0.17	0.24	0.21	0.20	0.12
Total	99.47	99.77	98.99	99.38	99.37	99.62	99.52	99.74	99.16	99.84	99.27	99.52	99.96	99.77	99.66	99.94	100.37	99.76	99.37	99.57	99.74	99.62
Si	2.75	2.76	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.76	2.75	2.76	2.76	2.75	2.53	2.53	2.56	2.58	2.57	2.56	2.54	2.58	2.58	2.53
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.26	1.25	1.26	1.26	1.25	1.25	1.26	1.24	1.26	1.25	1.24	1.26	1.48	1.48	1.45	1.43	1.44	1.46	1.49	1.43	1.43	1.48
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.43	0.44	0.42	0.39	0.40	0.40	0.40	0.39	0.40	0.44
Na	0.76	0.73	0.71	0.73	0.72	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74	0.73	0.56	0.54	0.55	0.59	0.59	0.58	0.57	0.59	0.59	0.56
K	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
∑Cátions	5.01	4.99	4.99	5.00	4.99	5.01	5.00	5.00	5.00	4.99	5.00	4.99	5.01	5.01	5.00	5.00	5.01	5.01	5.01	5.01	5.01	5.01
Ab	76	75	72	74	73	73	73	74	74	74	74	74	56	55	56	59	59	58	58	60	59	55
An	23	23	24	24	24	24	25	24	23	23	23	24	43	44	43	40	40	41	41	39	40	44
Or	2	2	4	2	2	2	2	3	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabela A.II.3 – *continuação*

Amostra	TGL-74									TGL-79-B												
Análise	27	28	29	30	31	32	33	34	35	59	60	61	63	64	65	66	67	68	69	73	74	77
SiO_2	56.70	56.35	57.69	56.85	57.77	56.35	56.79	57.18	57.23	62.98	63.30	64.12	63.73	62.94	64.22	58.48	61.86	60.44	60.09	63.66	64.19	60.02
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	27.62	27.69	26.77	27.35	27.20	27.92	27.46	27.00	26.84	22.72	22.80	22.16	22.24	22.82	21.98	25.89	23.43	24.54	25.13	22.29	21.96	24.65
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.08	0.04	0.06	0.07	0.05	0.03	0.04	0.06	0.08	0.01	0.05	0.06	0.07	0.02	0.05	0.03	0.02	0.02	0.06	0.04	0.05	0.05
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	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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
BaO	0.02	0.06	0.00	0.04	0.01	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	0.00	0.00
CaO	8.64	8.83	7.88	8.59	8.34	8.86	8.58	8.14	8.08	3.58	3.57	3.03	3.10	3.83	2.84	7.14	4.63	5.44	6.29	3.20	2.73	5.83
Na_2O	6.50	6.28	6.89	6.66	6.82	6.55	6.60	6.92	6.88	9.39	9.13	9.72	9.60	9.19	9.88	7.22	8.60	8.00	7.68	9.85	9.89	8.14
K_2O	0.21	0.21	0.27	0.10	0.25	0.14	0.14	0.22	0.20	0.24	0.38	0.33	0.39	0.32	0.27	0.25	0.29	0.39	0.35	0.24	0.30	0.21
Total	99.76	99.46	99.52	99.66	100.44	99.86	99.59	99.54	99.30	98.92	99.27	99.42	99.15	99.13	99.25	98.99	98.83	98.85	99.63	99.29	99.12	98.90
Si	2.55	2.54	2.59	2.56	2.58	2.53	2.55	2.57	2.58	2.81	2.81	2.84	2.84	2.81	2.85	2.63	2.77	2.71	2.68	2.83	2.85	2.70
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.46	1.47	1.42	1.45	1.43	1.48	1.46	1.43	1.43	1.20	1.20	1.16	1.17	1.20	1.15	1.38	1.24	1.30	1.32	1.17	1.15	1.31
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.42	0.43	0.38	0.41	0.40	0.43	0.41	0.39	0.39	0.17	0.17	0.14	0.15	0.18	0.14	0.34	0.22	0.26	0.30	0.15	0.13	0.28
Na	0.57	0.55	0.60	0.58	0.59	0.57	0.58	0.60	0.60	0.81	0.79	0.84	0.83	0.79	0.85	0.63	0.75	0.70	0.66	0.85	0.85	0.71
K	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
∑Cátions	5.01	5.00	5.01	5.01	5.01	5.02	5.01	5.02	5.01	5.00	4.99	5.00	5.00	5.00	5.01	5.00	4.99	4.99	5.00	5.02	5.01	5.01
Ab	57	56	60	58	59	57	58	60	60	81	80	84	83	80	85	64	76	71	67	84	85	71
An	42	43	38	41	40	42	41	39	39	17	17	14	15	18	13	35	23	27	31	15	13	28
Or	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1

Tabela A.II.3 – *continuação*

Amostra	TGL-79-B																					
Análise	78	79	1	2	3	4	5	6	7	8	9	14	15	16	17	22	27	28	29	30	31	32
SiO_2	60.88	58.74	64.14	63.49	59.98	62.75	63.51	59.35	60.24	59.76	61.04	59.23	61.46	57.98	63.89	61.75	62.53	59.66	59.15	61.50	62.55	62.27
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	23.63	25.33	22.76	22.55	25.61	23.15	23.21	25.57	25.49	25.70	24.91	26.15	24.47	26.60	22.95	24.35	23.66	25.81	26.07	24.32	23.72	23.64
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.15	0.05	0.06	0.03	0.01	0.06	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.04	0.01	0.06	0.03	0.04	0.04
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	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	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	4.79	6.77	3.44	3.46	6.70	3.94	3.62	6.55	6.18	6.55	5.64	6.94	5.22	7.81	3.46	5.04	4.21	6.82	7.09	5.26	4.36	4.33
Na_2O	8.63	7.47	9.52	9.12	7.76	9.09	9.13	7.56	7.66	7.73	8.07	7.65	8.43	6.71	9.28	8.24	8.75	7.79	7.30	8.34	8.92	8.94
K_2O	0.22	0.30	0.29	0.38	0.29	0.39	0.40	0.31	0.36	0.29	0.32	0.23	0.26	0.27	0.34	0.34	0.42	0.24	0.26	0.30	0.34	0.33
Total	98.32	98.65	100.22	99.02	100.35	99.37	99.92	99.35	99.98	100.07	100.02	100.19	99.85	99.38	99.92	99.76	99.61	100.34	99.93	99.74	99.92	99.53
Si	2.75	2.65	2.82	2.83	2.66	2.79	2.81	2.66	2.68	2.66	2.71	2.64	2.73	2.60	2.82	2.74	2.78	2.65	2.64	2.73	2.77	2.77
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.26	1.35	1.18	1.18	1.34	1.21	1.21	1.35	1.34	1.35	1.30	1.37	1.28	1.41	1.19	1.27	1.24	1.35	1.37	1.27	1.24	1.24
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.23	0.33	0.16	0.16	0.32	0.19	0.17	0.31	0.29	0.31	0.27	0.33	0.25	0.38	0.16	0.24	0.20	0.32	0.34	0.25	0.21	0.21
Na	0.75	0.65	0.81	0.79	0.67	0.78	0.78	0.66	0.66	0.67	0.69	0.66	0.73	0.58	0.79	0.71	0.75	0.67	0.63	0.72	0.77	0.77
K	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
∑Cátions	5.01	5.01	5.00	4.99	5.01	5.00	4.99	5.00	4.99	5.01	4.99	5.01	5.00	4.99	4.99	4.98	4.99	5.01	5.00	5.00	5.00	5.01
Ab	76	65	82	81	67	79	80	66	68	67	71	66	73	60	81	73	77	66	64	73	77	77
An	23	33	16	17	32	19	18	32	30	31	27	33	25	39	17	25	20	32	34	25	21	21
Or	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2

Tabela A.II.3 – *continuação*

Amostra	TGL-79-B			TGL-79-CF							TGL-83-B											
Análise	33	34	41	1	2	3	4	9	10	12	1	2	3	5	6	7	8	9	10	15	16	17
SiO_2	63.03	62.97	64.03	65.11	65.43	65.38	65.58	65.11	65.34	65.08	63.89	62.09	63.09	62.74	60.41	61.65	59.83	60.62	63.86	60.55	60.25	59.65
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	23.28	23.02	22.49	22.63	22.60	22.94	22.64	22.66	22.86	22.93	22.34	23.64	23.43	23.22	25.20	24.07	25.25	24.90	22.81	24.79	25.14	25.52
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.01	0.03	0.04	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.11	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.01	0.04	0.03	0.02
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	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	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03	0.03	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01
CaO	4.17	3.85	2.90	3.32	2.99	3.35	3.23	3.44	3.30	3.63	2.89	4.53	3.94	4.07	6.04	5.07	6.35	6.19	3.50	6.05	6.06	6.69
Na_2O	9.19	9.01	9.92	9.53	9.62	9.67	9.50	9.44	9.53	9.47	9.62	8.60	9.21	9.02	7.71	8.29	7.86	8.06	9.49	8.02	7.79	7.60
K_2O	0.32	0.29	0.28	0.10	0.18	0.10	0.16	0.15	0.19	0.17	0.19	0.27	0.19	0.23	0.35	0.26	0.31	0.18	0.20	0.15	0.18	0.22
Total	100.01	99.17	99.64	100.68	100.82	101.45	101.13	100.83	101.26	101.30	99.05	99.19	99.89	99.34	99.79	99.38	99.65	100.02	99.91	99.60	99.44	99.70
Si	2.79	2.80	2.83	2.84	2.85	2.84	2.85	2.84	2.84	2.83	2.84	2.77	2.79	2.79	2.69	2.75	2.67	2.70	2.82	2.70	2.69	2.66
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.21	1.21	1.17	1.17	1.16	1.17	1.16	1.17	1.17	1.18	1.17	1.24	1.22	1.22	1.32	1.26	1.33	1.31	1.19	1.30	1.32	1.34
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.20	0.18	0.14	0.16	0.14	0.16	0.15	0.16	0.15	0.17	0.14	0.22	0.19	0.19	0.29	0.24	0.30	0.30	0.17	0.29	0.29	0.32
Na	0.79	0.78	0.85	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.83	0.74	0.79	0.78	0.67	0.72	0.68	0.69	0.81	0.69	0.67	0.66
K	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
∑Cátions	5.01	4.99	5.01	4.98	4.98	4.99	4.97	4.98	4.98	4.98	4.99	4.99	5.00	5.00	4.99	4.99	5.01	5.00	5.00	5.00	4.99	5.00
Ab	79	80	85	83	84	83	83	83	83	82	85	76	80	79	68	74	68	69	82	70	69	66
An	20	19	14	16	15	16	16	17	16	17	14	22	19	20	30	25	30	29	17	29	30	32
Or	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1

Tabela A.II.3 – *continuação*

Amostra	TGL-83-B										TGL-34-A													
Análise	18	19	28	29	30	31	32	33	34	35	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO_2	59.78	64.27	63.81	60.13	63.87	58.85	59.95	64.35	61.42	63.51	61.42	60.57	61.31	60.69	61.41	60.86	60.75	60.36	60.62	60.56	61.14	60.98	60.89	60.98
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	25.64	22.68	22.92	25.05	22.56	25.99	25.64	22.41	24.45	22.31	24.68	24.96	24.45	24.94	24.70	25.11	24.85	24.92	25.10	24.90	24.42	24.95	24.98	24.77
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.01	0.01	0.02	0.04	0.13	0.04	0.01	0.02	0.04	0.04	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01
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	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	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
CaO	6.60	3.36	3.73	6.25	3.21	7.26	6.50	2.83	5.37	3.23	5.34	5.82	5.29	5.82	5.45	6.13	5.91	6.00	6.04	5.93	5.49	5.77	5.59	5.61
Na_2O	7.60	9.73	9.35	7.86	9.50	7.30	7.85	9.67	8.47	9.49	8.21	8.01	8.14	7.96	8.29	7.92	8.22	7.81	7.94	7.86	8.22	8.21	8.08	8.14
K_2O	0.29	0.11	0.23	0.28	0.21	0.10	0.16	0.24	0.25	0.21	0.39	0.35	0.32	0.27	0.34	0.24	0.24	0.23	0.26	0.26	0.28	0.23	0.24	0.25
Total	99.91	100.16	100.07	99.64	99.47	99.54	100.13	99.53	99.99	98.80	100.07	99.70	99.56	99.68	100.18	100.31	99.98	99.32	99.96	99.53	99.57	100.17	99.79	99.76
Si	2.66	2.83	2.81	2.69	2.83	2.64	2.67	2.85	2.73	2.83	2.72	2.70	2.73	2.70	2.72	2.70	2.70	2.70	2.69	2.70	2.72	2.70	2.71	2.71
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.35	1.18	1.19	1.32	1.18	1.37	1.34	1.17	1.28	1.17	1.29	1.31	1.28	1.31	1.29	1.31	1.30	1.31	1.32	1.31	1.28	1.30	1.31	1.30
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.32	0.16	0.18	0.30	0.15	0.35	0.31	0.13	0.26	0.15	0.25	0.28	0.25	0.28	0.26	0.29	0.28	0.29	0.29	0.28	0.26	0.27	0.27	0.27
Na	0.66	0.83	0.80	0.68	0.82	0.63	0.68	0.83	0.73	0.82	0.71	0.69	0.70	0.69	0.71	0.68	0.71	0.68	0.68	0.68	0.71	0.71	0.70	0.70
K	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
∑Cátions	5.00	5.00	5.00	5.00	4.99	5.00	5.01	4.99	5.01	5.00	5.00	5.00	4.99	4.99	5.00	4.99	5.01	4.99	5.00	4.99	5.00	5.00	4.99	5.00
Ab	66	83	81	68	83	64	68	85	73	83	72	70	72	70	72	69	71	69	69	70	72	71	71	71
An	32	16	18	30	16	35	31	14	26	16	26	28	26	28	26	30	28	29	29	29	27	28	27	27
Or	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1

Tabela A.II.3 – *continuação*

Amostra	TGL-42																TGL-38-A					
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6
SiO_2	61.89	60.68	60.22	60.62	61.00	59.19	59.41	60.98	61.08	61.54	62.26	61.01	60.08	61.29	59.98	61.13	60.00	60.00	62.16	61.02	61.28	61.45
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	24.50	24.86	24.82	24.82	24.56	25.76	25.63	24.73	24.65	24.14	24.24	24.76	25.32	24.67	25.18	24.93	26.25	25.61	24.50	25.41	25.22	25.00
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.06	0.02	0.02	0.03	0.04	0.01	0.05	0.05	0.04	0.07	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03	0.04	0.10	0.06	0.01	0.00	0.06	0.05
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	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	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
BaO	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
CaO	5.25	5.98	5.97	5.87	5.56	6.82	6.75	5.63	5.63	5.07	5.02	5.65	6.29	5.53	6.20	5.68	7.34	6.95	5.42	6.54	6.06	5.92
Na_2O	8.27	7.75	7.87	7.74	7.91	7.40	7.34	7.94	7.85	8.32	8.44	8.00	7.72	8.04	7.76	7.98	7.43	7.47	8.29	7.71	8.17	8.03
K_2O	0.55	0.50	0.50	0.52	0.51	0.41	0.42	0.51	0.47	0.45	0.47	0.46	0.39	0.53	0.41	0.44	0.23	0.25	0.30	0.27	0.31	0.31
Total	100.53	99.72	99.44	99.58	99.57	99.55	99.58	99.85	99.71	99.61	100.45	99.90	99.80	100.14	99.58	100.18	101.35	100.34	100.70	100.96	101.11	100.77
Si	2.73	2.70	2.70	2.70	2.72	2.65	2.66	2.71	2.72	2.74	2.75	2.71	2.68	2.72	2.68	2.71	2.64	2.66	2.74	2.69	2.70	2.71
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.28	1.31	1.31	1.31	1.29	1.36	1.35	1.30	1.29	1.27	1.26	1.30	1.33	1.29	1.33	1.30	1.36	1.34	1.27	1.32	1.31	1.30
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.25	0.29	0.29	0.28	0.27	0.33	0.32	0.27	0.27	0.24	0.24	0.27	0.30	0.26	0.30	0.27	0.35	0.33	0.26	0.31	0.29	0.28
Na	0.71	0.67	0.68	0.67	0.68	0.64	0.64	0.69	0.68	0.72	0.72	0.69	0.67	0.69	0.67	0.69	0.63	0.64	0.71	0.66	0.70	0.69
K	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
∑Cátions	5.00	4.99	5.00	4.99	4.99	5.00	5.00	4.99	4.99	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.99	5.00	4.99	4.99	4.99	5.01	4.99
Ab	72	68	68	68	70	65	65	70	70	73	73	70	67	70	68	70	64	65	72	67	70	70
An	25	29	29	29	27	33	33	27	28	25	24	27	30	27	30	28	35	33	26	31	29	28
Or	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	1	1	2	2	2	2

Tabela A.II.3 – *continuação*

Amostra	TGL-38-A																			TGL-38-GR		
Análise	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO_2	60.96	60.62	61.61	60.96	59.17	60.80	61.39	61.28	60.81	60.07	60.34	61.19	60.45	60.15	59.61	60.61	60.55	60.90	58.63	60.55	60.77	61.39
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	25.61	25.51	25.61	25.62	25.35	25.95	25.26	25.18	25.85	26.18	26.20	25.82	25.86	25.99	26.60	25.72	26.12	26.03	27.07	25.86	25.84	25.22
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.10	0.15	0.11	0.01	1.59	0.12	0.09	0.13	0.08	0.09	0.01	0.05	0.11	0.05	0.04	0.05	0.12	0.06	0.03	0.09	0.17	0.21
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	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
BaO	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	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	6.41	6.72	6.47	6.32	6.87	6.90	6.11	6.14	6.71	7.30	7.25	6.60	6.86	7.10	7.55	6.78	6.86	6.85	8.38	6.93	6.75	6.28
Na_2O	7.71	7.68	8.09	7.69	7.09	7.69	8.12	8.09	7.70	7.53	7.57	7.81	7.73	7.68	7.30	7.72	7.70	7.58	6.78	7.61	7.81	7.94
K_2O	0.26	0.27	0.28	0.31	0.28	0.16	0.20	0.20	0.15	0.15	0.17	0.21	0.18	0.18	0.15	0.26	0.18	0.20	0.14	0.09	0.12	0.10
Total	101.05	100.98	102.18	100.91	100.37	101.64	101.18	101.04	101.30	101.33	101.53	101.69	101.20	101.17	101.26	101.15	101.54	101.63	101.03	101.14	101.47	101.14
Si	2.68	2.67	2.68	2.68	2.64	2.66	2.70	2.70	2.67	2.64	2.65	2.68	2.66	2.65	2.63	2.67	2.66	2.67	2.59	2.66	2.67	2.70
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.33	1.33	1.32	1.33	1.33	1.34	1.31	1.31	1.34	1.36	1.36	1.33	1.34	1.35	1.38	1.34	1.35	1.34	1.41	1.34	1.34	1.31
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.30	0.32	0.30	0.30	0.33	0.32	0.29	0.29	0.32	0.34	0.34	0.31	0.32	0.34	0.36	0.32	0.32	0.32	0.40	0.33	0.32	0.30
Na	0.66	0.66	0.68	0.66	0.61	0.65	0.69	0.69	0.66	0.64	0.64	0.66	0.66	0.66	0.62	0.66	0.65	0.64	0.58	0.65	0.66	0.68
K	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
∑Cátions	4.99	5.00	5.00	4.99	4.98	5.00	5.00	5.00	4.99	5.00	5.00	4.99	5.00	5.01	5.00	5.00	5.00	4.99	4.99	4.99	5.00	4.99
Ab	67	66	68	68	64	66	70	70	67	65	65	67	66	65	63	66	66	66	59	66	67	69
An	31	32	30	31	34	33	29	29	32	35	34	31	33	33	36	32	33	33	40	33	32	30
Or	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabela A.II.3 – *continuação*

Amostra	TGL-38-GR																					
Análise	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	42	43	44	45	46	47	48	50	51	52	53	54
SiO_2	60.78	61.40	60.90	61.39	61.47	60.91	61.07	61.86	60.95	61.49	62.75	60.92	60.81	61.26	61.23	60.87	61.38	61.25	61.88	61.16	61.96	63.62
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	25.37	25.38	25.48	25.22	24.86	25.23	25.18	24.73	25.60	25.36	24.24	25.09	25.67	25.33	25.49	25.44	25.33	25.17	24.80	25.08	24.54	23.67
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.33	0.07	0.10	0.12	0.13	0.23	0.29	0.02	0.06	0.20	0.05	0.07	0.10	0.06	0.10	0.10	0.02	0.09	0.08	0.10	0.09	0.02
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	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
CaO	6.35	6.27	6.56	6.17	6.16	6.24	6.40	5.61	6.57	6.38	5.34	6.36	6.94	6.63	6.46	6.45	6.18	5.96	5.77	6.30	5.59	4.50
Na_2O	7.93	8.03	7.90	8.09	8.11	8.06	7.98	8.24	7.88	8.01	8.45	7.71	7.81	7.75	8.11	7.76	7.99	8.02	8.26	7.86	8.35	8.91
K_2O	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.11	0.10	0.17	0.14	0.15	0.16	0.15	0.12	0.14	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.12	0.14
Total	100.89	101.26	101.05	101.10	100.86	100.78	101.05	100.63	101.21	101.60	101.01	100.31	101.46	101.17	101.54	100.76	101.05	100.65	100.94	100.66	100.64	100.87
Si	2.68	2.69	2.68	2.70	2.71	2.69	2.69	2.73	2.68	2.69	2.75	2.70	2.67	2.69	2.68	2.68	2.70	2.70	2.72	2.70	2.73	2.79
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.32	1.31	1.32	1.31	1.29	1.31	1.31	1.28	1.33	1.31	1.25	1.31	1.33	1.31	1.32	1.32	1.31	1.31	1.29	1.30	1.27	1.22
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.30	0.29	0.31	0.29	0.29	0.30	0.30	0.26	0.31	0.30	0.25	0.30	0.33	0.31	0.30	0.30	0.29	0.28	0.27	0.30	0.26	0.21
Na	0.68	0.68	0.67	0.69	0.69	0.69	0.68	0.70	0.67	0.68	0.72	0.66	0.66	0.66	0.69	0.66	0.68	0.69	0.70	0.67	0.71	0.76
K	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
∑Cátions	5.00	4.99	5.00	4.99	4.99	5.00	5.00	4.99	5.00	5.00	4.99	4.98	5.00	4.99	5.01	4.99	4.99	4.99	4.99	4.99	4.99	4.98
Ab	69	69	68	70	70	70	69	72	68	69	73	68	67	67	69	68	69	70	72	69	73	78
An	30	30	31	29	29	30	31	27	31	30	26	31	33	32	30	31	30	29	28	30	27	22
Or	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabela A.II.3 – *continuação*

Amostra	TGL-38-GR						TGL-69-B							TGL-72-B									
Análise	56	57	58	62	63	64	11	12	13	14	15	16	17	1	2	4	5	6	8	9	10	11	12
SiO_2	61.67	61.07	63.19	60.69	60.63	61.36	46.43	47.54	48.47	49.05	49.47	49.10	48.08	58.92	59.79	58.85	58.17	58.06	58.28	58.99	57.46	57.84	58.54
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	24.65	25.31	23.65	25.50	25.69	25.46	34.80	34.13	33.31	32.82	32.86	32.91	33.63	26.48	25.84	25.90	26.70	26.86	26.58	25.97	26.60	26.58	26.31
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.06	0.08	0.06	0.19	0.21	0.12	0.16	0.20	0.25	0.20	0.18	0.24	0.19	0.05	0.02	0.04	0.06	0.06	0.07	0.04	0.00	0.04	0.04
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	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	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	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01
BaO	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.07	0.06	0.03	0.04	0.00	0.08	0.00	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.07	0.01	0.07	0.01
CaO	5.85	6.10	4.63	6.62	6.67	6.38	16.99	16.29	15.64	14.65	14.74	14.99	15.80	7.53	6.71	7.21	7.85	7.93	7.75	7.04	8.14	8.01	7.50
Na_2O	8.17	7.82	8.99	7.76	7.74	7.84	1.83	2.22	2.67	2.97	3.04	2.85	2.49	6.88	7.32	7.12	6.80	6.79	6.75	7.05	6.58	6.75	6.77
K_2O	0.13	0.11	0.13	0.09	0.09	0.12	0.03	0.04	0.04	0.06	0.06	0.05	0.05	0.42	0.57	0.54	0.42	0.37	0.47	0.50	0.45	0.42	0.54
Total	100.53	100.48	100.65	100.88	101.03	101.28	100.28	100.49	100.45	99.78	100.37	100.16	100.33	100.25	100.27	99.70	100.02	100.09	99.90	99.68	99.26	99.72	99.71
Si	2.72	2.70	2.78	2.68	2.67	2.69	2.13	2.17	2.21	2.24	2.25	2.24	2.19	2.62	2.66	2.64	2.60	2.59	2.61	2.64	2.59	2.60	2.62
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.28	1.32	1.23	1.33	1.33	1.32	1.88	1.84	1.79	1.77	1.76	1.77	1.81	1.39	1.35	1.37	1.41	1.42	1.40	1.37	1.41	1.41	1.39
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.28	0.29	0.22	0.31	0.31	0.30	0.83	0.80	0.76	0.72	0.72	0.73	0.77	0.36	0.32	0.35	0.38	0.38	0.37	0.34	0.39	0.39	0.36
Na	0.70	0.67	0.77	0.66	0.66	0.67	0.16	0.20	0.24	0.26	0.27	0.25	0.22	0.59	0.63	0.62	0.59	0.59	0.59	0.61	0.58	0.59	0.59
K	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
∑Cátions	4.99	4.98	5.00	4.99	4.99	4.99	5.01	5.01	5.01	5.00	5.00	5.00	5.01	4.99	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.99	5.00	5.00	4.99
Ab	71	69	77	68	67	68	16	20	24	27	27	26	22	61	64	62	60	59	60	63	58	59	60
An	28	30	22	32	32	31	84	80	76	73	73	74	78	37	33	35	38	38	38	35	40	39	37
Or	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3

Tabela A.II.4 - Análises químicas por microssonda eletrônica em cristais de feldspato potássico. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de oito oxigênios.

Amostra	TGL-39-E										TGL-79-B											
Análise	67	68	69	70	71	72	78	79	81	82	55	56	57	58	62	70	71	72	75	76	10	11
SiO_2	65.24	64.77	64.78	64.94	64.35	64.76	65.01	64.94	64.64	65.48	63.49	63.92	63.90	64.15	63.89	63.95	63.51	63.47	63.65	63.30	64.19	64.76
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	19.21	19.16	19.17	19.24	19.32	19.08	19.43	18.84	19.03	18.91	18.75	18.81	18.91	18.80	18.87	18.85	18.97	19.05	18.88	18.80	18.99	19.08
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.05	0.02	0.03	0.00	0.01
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	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	0.00	0.00
BaO	0.57	0.59	0.54	0.54	0.55	0.54	0.55	0.40	0.56	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.74
CaO	0.19	0.09	0.09	0.11	0.13	0.10	0.13	0.07	0.08	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
Na_2O	1.20	1.21	1.03	1.14	1.31	1.23	1.26	0.81	1.02	0.71	1.19	1.28	1.14	1.42	1.56	1.75	1.69	1.77	1.36	1.50	0.68	1.35
K_2O	14.16	14.37	14.55	14.60	14.19	14.29	14.31	15.17	14.66	15.30	14.04	13.97	14.15	13.84	13.49	13.22	13.52	13.08	13.88	13.55	14.44	13.76
Total	100.58	100.19	100.16	100.58	99.87	100.00	100.68	100.26	99.99	100.82	98.32	98.68	98.97	98.94	98.59	98.66	98.45	98.19	98.48	97.99	99.43	99.69
Si	2.98	2.98	2.98	2.97	2.97	2.98	2.97	2.99	2.98	2.99	2.98	2.99	2.98	2.99	2.98	2.98	2.97	2.97	2.98	2.98	2.98	2.98
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.03	1.04	1.04	1.04	1.05	1.03	1.05	1.02	1.03	1.02	1.04	1.04	1.04	1.03	1.04	1.04	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
Ca	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.11	0.11	0.09	0.10	0.12	0.11	0.11	0.07	0.09	0.06	0.11	0.12	0.10	0.13	0.14	0.16	0.15	0.16	0.12	0.14	0.06	0.12
K	0.83	0.84	0.85	0.85	0.83	0.84	0.83	0.89	0.86	0.89	0.84	0.83	0.84	0.82	0.80	0.79	0.81	0.78	0.83	0.81	0.86	0.81
∑Cátions	4.97	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.97	4.97	4.97	4.97	4.97	4.97	4.97	4.98	4.97	4.98	4.97	4.96	4.96
Ab	11	11	10	11	12	12	12	8	10	7	11	12	11	13	15	17	16	17	13	14	7	13
An	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Or	88	88	90	89	87	88	88	92	90	93	89	88	89	87	85	83	84	83	87	86	93	87

Tabela A.II.4 - *continuação*

Amostra	TGL-79-B																TGL-79-CF					
Análise	12	13	18	19	20	21	23	24	25	26	35	36	37	38	39	40	5	6	7	8	11	13
SiO_2	64.37	64.48	64.55	64.57	64.96	64.90	64.81	64.82	64.44	64.80	64.62	64.55	64.45	64.33	64.76	64.41	65.28	65.18	65.24	65.26	64.97	65.31
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	19.16	19.16	19.16	19.14	19.39	19.17	19.17	19.24	19.03	19.24	19.03	19.15	19.27	19.09	19.36	19.12	18.95	19.20	19.07	19.01	19.04	18.79
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.01	0.21	0.03	0.00	0.02	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	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	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	0.00	0.00
BaO	0.92	0.80	0.76	0.70	0.83	0.84	0.75	0.86	0.74	0.73	0.82	0.77	0.93	0.84	0.85	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
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	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.98	1.31	1.18	1.20	1.93	1.43	1.29	1.48	0.87	1.10	0.78	1.52	1.50	1.18	1.54	0.95	1.20	1.21	1.05	0.70	0.95	0.87
K_2O	14.20	13.71	13.98	14.04	12.95	13.58	13.89	13.54	14.41	14.17	14.54	13.61	13.60	13.88	13.46	14.24	14.23	14.18	14.34	14.81	14.45	14.61
Total	99.64	99.68	99.66	99.65	100.07	99.95	99.92	99.95	99.49	100.06	99.79	99.63	99.76	99.34	99.98	99.53	99.66	99.78	99.70	99.79	99.41	99.57
Si	2.98	2.97	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.97	2.98	2.97	2.98	3.00	2.99	2.99	3.00	2.99	3.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05	1.04	1.05	1.04	1.03	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.09	0.12	0.11	0.11	0.17	0.13	0.11	0.13	0.08	0.10	0.07	0.14	0.13	0.11	0.14	0.08	0.11	0.11	0.09	0.06	0.08	0.08
K	0.84	0.81	0.82	0.83	0.76	0.80	0.81	0.79	0.85	0.83	0.86	0.80	0.80	0.82	0.79	0.84	0.83	0.83	0.84	0.87	0.85	0.86
∑Cátions	4.96	4.96	4.96	4.97	4.97	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.97	4.97	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.95	4.96	4.96
Ab	10	13	11	12	18	14	12	14	8	11	8	15	14	11	15	9	11	11	10	7	9	8
An	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Or	90	87	89	88	82	86	88	86	92	89	92	85	86	89	85	91	89	89	90	93	91	92

Tabela A.II.4 - *continuação*

Amostra	TGL-79-CF				TGL-83-B												TGL-34-A								
Análise	14	15	16	17	11	12	13	14	20	21	22	23	24	25	26	27	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO_2	65.30	65.03	64.98	65.33	64.37	64.41	64.18	64.04	63.94	64.09	63.99	64.19	64.17	64.10	64.55	64.17	64.80	64.65	64.73	64.63	65.22	64.61	64.75	64.61	64.78
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	19.08	18.91	19.05	18.90	18.83	18.99	18.91	19.02	18.92	19.01	18.93	19.08	19.08	19.04	19.10	18.98	18.91	19.27	19.12	18.93	18.89	19.04	19.23	18.75	19.26
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02	0.00	0.02
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	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.54	0.89	0.65	0.67	0.66	0.80	0.75	0.70	0.77	0.72	0.68	0.62	0.48	0.68	0.58	0.55	0.53	0.71	0.58	0.56
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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na_2O	1.06	1.16	0.73	1.15	1.31	1.25	0.96	1.20	0.95	1.16	1.05	0.90	1.10	1.08	1.17	1.08	1.15	1.84	0.93	1.09	1.11	1.11	1.38	1.19	1.04
K_2O	14.21	14.13	14.74	14.19	13.95	14.07	14.39	14.09	14.50	14.32	14.37	14.52	14.38	14.12	14.18	14.38	13.99	12.72	14.34	14.21	14.14	14.04	13.67	13.98	14.01
Total	99.68	99.24	99.51	99.56	99.12	99.25	99.35	99.01	98.99	99.24	99.15	99.44	99.42	99.10	99.73	99.30	99.46	98.98	99.82	99.48	99.95	99.36	99.76	99.11	99.67
Si	2.99	3.00	2.99	3.00	2.99	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.97	2.98	2.98	2.98	2.99	2.98	2.98	2.99	3.00	2.98	2.98	2.99	2.98
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.03	1.03	1.03	1.02	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.05	1.04	1.03	1.02	1.04	1.04	1.02	1.05
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.09	0.10	0.07	0.10	0.12	0.11	0.09	0.11	0.09	0.10	0.09	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.16	0.08	0.10	0.10	0.10	0.12	0.11	0.09
K	0.83	0.83	0.87	0.83	0.83	0.83	0.85	0.84	0.86	0.85	0.85	0.86	0.85	0.84	0.84	0.85	0.82	0.75	0.84	0.84	0.83	0.83	0.80	0.83	0.82
∑Cations	4.95	4.96	4.96	4.96	4.97	4.97	4.97	4.97	4.98	4.98	4.98	4.97	4.98	4.97	4.97	4.98	4.96	4.95	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.95
Ab	10	11	7	11	13	12	9	11	9	11	10	9	10	10	11	10	11	18	9	10	11	11	13	11	10
An	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Or	90	89	93	89	87	88	91	89	91	89	90	91	90	90	89	90	89	82	91	90	89	89	87	89	90

Tabela A.II.5 - Análises químicas por microssonda eletrônica em cristais de anfibólio. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 23 oxigênios.

Amostra	TGL-79-B																				
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO_2	41.23	40.49	40.48	40.49	40.18	40.40	40.57	40.34	40.88	41.67	41.17	40.40	40.45	40.76	40.35	40.41	40.60	40.79	40.39	40.27	40.73
TiO_2	1.08	1.28	1.63	1.81	1.80	1.85	1.99	1.76	1.12	1.31	0.62	1.86	0.69	0.71	0.71	1.82	1.60	1.56	0.22	0.56	1.52
Al_2O_3	11.74	12.00	12.02	11.36	11.94	11.53	11.53	11.92	11.13	10.22	11.73	11.31	11.86	12.05	12.12	11.64	11.65	11.03	12.23	12.21	11.36
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01
FeO	24.70	25.78	25.58	25.84	26.31	26.18	25.57	26.12	26.11	26.66	26.53	26.57	27.83	27.21	27.28	26.96	26.76	26.44	28.00	28.14	26.44
MnO	0.02	0.06	0.07	0.07	0.05	0.06	0.07	0.06	0.07	0.10	0.09	0.05	0.08	0.04	0.06	0.08	0.06	0.08	0.07	0.03	0.09
MgO	4.34	3.88	3.75	3.61	3.43	3.42	3.63	3.63	4.13	4.27	4.22	3.46	3.24	3.28	3.29	3.36	3.69	3.65	3.18	3.15	3.95
CaO	11.31	11.06	11.05	10.73	11.15	10.74	10.76	11.01	10.99	10.96	10.76	10.92	10.75	10.75	10.56	10.82	10.87	10.95	10.69	10.60	10.85
Na_2O	1.38	1.48	1.47	1.59	1.55	1.56	1.56	1.47	1.52	1.44	1.56	1.52	1.53	1.51	1.55	1.57	1.54	1.56	1.48	1.57	1.57
K_2O	1.53	1.60	1.55	1.60	1.61	1.60	1.62	1.62	1.49	1.35	1.41	1.64	1.46	1.50	1.64	1.57	1.54	1.47	1.44	1.49	1.58
Total	97.34	97.63	97.60	97.11	98.02	97.34	97.29	97.94	97.43	97.97	98.09	97.74	97.90	97.81	97.55	98.21	98.34	97.57	97.71	98.02	98.08
Si	6.48	6.39	6.38	6.43	6.34	6.41	6.42	6.36	6.47	6.56	6.46	6.40	6.41	6.44	6.41	6.37	6.38	6.46	6.42	6.39	6.41
Ti	0.13	0.15	0.19	0.22	0.21	0.22	0.24	0.21	0.13	0.15	0.07	0.22	0.08	0.08	0.08	0.22	0.19	0.19	0.03	0.07	0.18
Al	2.17	2.23	2.23	2.13	2.22	2.15	2.15	2.21	2.08	1.90	2.17	2.11	2.22	2.25	2.27	2.16	2.16	2.06	2.29	2.28	2.11
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	3.24	3.40	3.37	3.43	3.47	3.47	3.38	3.44	3.45	3.51	3.48	3.52	3.69	3.60	3.62	3.56	3.52	3.50	3.72	3.73	3.48
Mn	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Mg	1.02	0.91	0.88	0.85	0.81	0.81	0.85	0.85	0.97	1.00	0.99	0.82	0.77	0.77	0.78	0.79	0.86	0.86	0.75	0.74	0.93
Ca	1.90	1.87	1.87	1.82	1.88	1.82	1.82	1.86	1.86	1.85	1.81	1.85	1.83	1.82	1.80	1.83	1.83	1.86	1.82	1.80	1.83
Na	0.42	0.45	0.45	0.49	0.47	0.48	0.48	0.45	0.47	0.44	0.47	0.47	0.47	0.46	0.48	0.48	0.47	0.48	0.45	0.48	0.48
K	0.31	0.32	0.31	0.32	0.32	0.32	0.33	0.33	0.30	0.27	0.28	0.33	0.30	0.30	0.33	0.31	0.31	0.30	0.29	0.30	0.32
∑Cátions	15.67	15.73	15.69	15.70	15.74	15.70	15.67	15.72	15.74	15.69	15.76	15.72	15.78	15.73	15.78	15.73	15.73	15.71	15.78	15.80	15.75

Tabela A.II.5 – *continuação*

Amostra	TGL-79-CF							TGL-83-B										TGL-17-21				
Análise	1	2	3	4	5	6	7	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	218	219	220	221	222
SiO_2	38.96	39.26	38.98	39.24	38.76	39.58	39.58	40.20	39.92	40.59	40.00	41.06	40.30	40.15	40.34	40.28	40.14	44.36	43.93	43.88	43.76	43.72
TiO_2	1.45	1.05	1.15	1.29	1.27	0.44	0.53	2.12	1.93	1.91	1.85	1.45	1.95	1.59	1.66	1.85	2.00	2.19	2.32	2.37	2.38	2.36
Al_2O_3	13.41	12.71	12.32	12.45	12.59	13.13	13.62	11.36	11.20	10.99	10.81	11.36	10.93	11.20	11.42	11.49	11.27	12.75	12.94	13.15	13.17	13.39
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.12	0.15	0.16	0.17	0.17
FeO	26.64	26.87	26.60	26.63	26.15	25.85	25.46	25.83	26.19	26.17	26.42	26.50	26.22	26.14	26.14	26.31	26.28	8.74	8.67	8.64	8.92	8.72
MnO	0.08	0.13	0.13	0.11	0.13	0.12	0.10	0.08	0.09	0.10	0.05	0.07	0.07	0.10	0.06	0.05	0.08	0.03	0.03	0.06	0.03	0.03
MgO	2.23	2.80	2.64	2.56	2.49	3.31	3.30	3.64	3.40	3.64	3.86	3.73	3.65	3.74	3.69	3.60	3.64	14.29	14.27	13.84	13.76	13.84
CaO	11.00	10.92	10.97	10.78	10.98	10.97	11.35	10.88	10.81	10.65	10.90	11.26	10.66	10.66	10.78	10.79	10.69	11.46	11.37	11.30	11.12	10.91
Na_2O	1.17	1.27	1.36	1.36	1.19	1.38	1.12	1.55	1.51	1.59	1.53	1.19	1.63	1.61	1.64	1.51	1.64	2.35	2.32	2.24	2.34	2.37
K_2O	1.77	1.61	1.63	1.62	1.72	1.58	1.64	1.55	1.60	1.62	1.58	1.44	1.53	1.58	1.61	1.59	1.62	0.99	1.22	1.28	1.24	1.20
Total	96.70	96.64	95.77	96.06	95.27	96.35	96.69	97.23	96.65	97.23	97.00	98.06	96.97	96.79	97.37	97.48	97.37	97.27	97.23	96.92	96.89	96.72
Si	6.24	6.30	6.32	6.33	6.31	6.33	6.29	6.38	6.39	6.44	6.39	6.45	6.42	6.41	6.40	6.38	6.38	6.44	6.39	6.40	6.39	6.38
Ti	0.17	0.13	0.14	0.16	0.16	0.05	0.06	0.25	0.23	0.23	0.22	0.17	0.23	0.19	0.20	0.22	0.24	0.24	0.25	0.26	0.26	0.26
Al	2.53	2.40	2.35	2.37	2.41	2.48	2.55	2.13	2.11	2.06	2.04	2.10	2.05	2.11	2.14	2.15	2.11	2.18	2.22	2.26	2.27	2.30
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Fe^{2+}	3.57	3.61	3.61	3.59	3.56	3.46	3.39	3.43	3.51	3.47	3.53	3.48	3.50	3.49	3.47	3.49	3.49	1.06	1.05	1.05	1.09	1.06
Mn	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	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	0.01	0.00	0.00
Mg	0.53	0.67	0.64	0.61	0.60	0.79	0.78	0.86	0.81	0.86	0.92	0.87	0.87	0.89	0.87	0.85	0.86	3.09	3.09	3.01	2.99	3.01
Ca	1.89	1.88	1.90	1.86	1.91	1.88	1.93	1.85	1.85	1.81	1.87	1.90	1.82	1.82	1.83	1.83	1.82	1.78	1.77	1.76	1.74	1.71
Na	0.36	0.40	0.43	0.43	0.38	0.43	0.34	0.48	0.47	0.49	0.47	0.36	0.50	0.50	0.51	0.46	0.50	0.66	0.65	0.63	0.66	0.67
K	0.36	0.33	0.34	0.33	0.36	0.32	0.33	0.31	0.33	0.33	0.32	0.29	0.31	0.32	0.33	0.32	0.33	0.18	0.23	0.24	0.23	0.22
∑Cátions	15.68	15.73	15.74	15.71	15.70	15.75	15.70	15.70	15.72	15.71	15.77	15.65	15.72	15.75	15.75	15.71	15.74	15.65	15.68	15.64	15.66	15.64

Tabela A.II.5 – *continuação*

Amostra	TGL-17-21																								
Análise	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	278	279	280	281	282	283
SiO_2	44.11	44.20	44.34	45.37	44.65	44.87	44.31	44.17	44.39	45.01	43.87	44.16	43.83	44.07	44.24	45.06	43.96	44.53	44.15	44.60	44.81	45.74	44.35	44.42	43.80
TiO_2	2.37	2.39	2.31	2.07	2.21	2.14	2.40	2.41	2.51	2.47	2.57	2.50	2.54	2.48	2.44	2.31	2.32	2.20	2.46	2.29	2.29	2.06	2.32	2.45	2.41
Al_2O_3	13.31	12.91	12.97	11.66	13.21	12.98	12.73	12.89	13.15	12.65	13.32	13.04	13.33	13.06	12.97	12.76	13.07	12.92	13.11	13.19	12.89	12.88	13.13	12.91	13.12
Cr_2O_3	0.17	0.15	0.11	0.12	0.12	0.16	0.15	0.15	0.14	0.16	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.16	0.16	0.13	0.11	0.17	0.12	0.17	0.13	0.17	0.17
FeO	8.97	8.58	8.68	8.62	8.30	7.73	8.73	8.65	8.27	8.14	8.42	8.64	8.95	8.59	8.66	8.37	8.39	7.98	8.40	8.43	8.46	8.02	7.96	8.44	8.66
MnO	0.04	0.05	0.03	0.04	0.02	0.00	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.02	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.06	0.01	0.03	0.04	0.03	0.04
MgO	14.22	13.98	14.13	14.73	14.36	14.95	14.32	14.42	14.43	14.74	14.10	14.14	14.13	14.24	14.31	14.44	14.25	14.75	14.25	14.37	14.19	15.06	14.54	14.41	14.39
CaO	11.19	11.34	11.21	11.42	11.12	11.22	11.25	11.10	11.15	11.29	11.04	10.99	11.08	11.10	11.04	11.22	11.35	11.22	11.26	11.27	11.08	11.60	11.12	11.27	11.42
Na_2O	2.36	2.35	2.35	2.24	2.42	2.35	2.40	2.34	2.32	2.42	2.37	2.40	2.38	2.40	2.28	2.37	2.39	2.33	2.29	2.40	2.47	2.41	2.48	2.41	2.43
K_2O	1.21	1.18	1.11	1.00	1.07	0.97	1.11	1.20	1.32	1.12	1.26	1.32	1.34	1.27	1.29	1.10	1.17	1.10	1.32	1.10	1.00	0.89	0.98	1.10	1.20
Total	97.95	97.14	97.25	97.26	97.48	97.36	97.42	97.36	97.74	98.03	97.13	97.39	97.78	97.42	97.45	97.82	97.09	97.18	97.37	97.88	97.33	98.85	97.05	97.61	97.62
Si	6.37	6.42	6.43	6.57	6.44	6.46	6.42	6.40	6.40	6.46	6.37	6.40	6.35	6.39	6.41	6.48	6.39	6.44	6.40	6.42	6.48	6.49	6.42	6.42	6.35
Ti	0.26	0.26	0.25	0.22	0.24	0.23	0.26	0.26	0.27	0.27	0.28	0.27	0.28	0.27	0.27	0.25	0.25	0.24	0.27	0.25	0.25	0.22	0.25	0.27	0.26
Al	2.27	2.21	2.22	1.99	2.25	2.20	2.18	2.20	2.24	2.14	2.28	2.23	2.28	2.23	2.21	2.16	2.24	2.20	2.24	2.24	2.20	2.16	2.24	2.20	2.24
Cr	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
Fe^{2+}	1.08	1.04	1.05	1.04	1.00	0.93	1.06	1.05	1.00	0.98	1.02	1.05	1.08	1.04	1.05	1.01	1.02	0.96	1.02	1.01	1.02	0.95	0.96	1.02	1.05
Mn	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	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
Mg	3.06	3.03	3.05	3.18	3.09	3.21	3.09	3.12	3.10	3.15	3.05	3.06	3.05	3.08	3.09	3.09	3.09	3.18	3.08	3.08	3.06	3.19	3.14	3.10	3.11
Ca	1.73	1.77	1.74	1.77	1.72	1.73	1.75	1.72	1.72	1.74	1.72	1.71	1.72	1.72	1.71	1.73	1.77	1.74	1.75	1.74	1.72	1.76	1.73	1.74	1.77
Na	0.66	0.66	0.66	0.63	0.68	0.66	0.68	0.66	0.65	0.67	0.67	0.67	0.67	0.68	0.64	0.66	0.67	0.65	0.64	0.67	0.69	0.66	0.70	0.68	0.68
K	0.22	0.22	0.21	0.19	0.20	0.18	0.21	0.22	0.24	0.20	0.23	0.24	0.25	0.24	0.24	0.20	0.22	0.20	0.24	0.20	0.18	0.16	0.18	0.20	0.22
∑Cátions	15.67	15.64	15.63	15.61	15.63	15.61	15.66	15.66	15.65	15.63	15.65	15.66	15.69	15.67	15.65	15.61	15.67	15.64	15.65	15.64	15.61	15.61	15.64	15.65	15.71

Tabela A.II.5 – *continuação*

Amostra	TGL-38-A																							
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26
SiO_2	40.78	42.36	40.94	41.21	40.80	41.90	41.44	41.92	42.14	42.07	41.21	42.68	41.56	41.99	41.67	42.78	41.86	41.10	41.99	42.43	42.37	41.95	41.61	42.30
TiO_2	2.32	2.05	2.05	1.95	2.19	2.21	2.22	2.17	2.29	2.12	2.28	2.17	2.32	2.27	2.19	2.06	2.20	2.26	2.24	2.09	2.27	2.31	2.20	1.68
Al_2O_3	13.35	12.49	13.31	13.38	13.85	12.83	13.57	12.84	12.33	12.69	13.24	12.03	13.12	13.01	13.11	12.32	12.88	13.38	12.83	12.55	12.50	13.14	13.31	13.95
Cr_2O_3	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01
FeO	17.57	17.54	17.88	17.87	17.43	15.58	15.42	15.70	15.24	15.47	15.62	15.13	15.97	15.57	16.01	15.38	15.54	15.75	15.47	15.41	15.81	15.31	15.11	14.58
MnO	0.21	0.20	0.16	0.17	0.15	0.12	0.11	0.14	0.12	0.10	0.11	0.11	0.08	0.12	0.11	0.11	0.13	0.11	0.11	0.12	0.14	0.13	0.10	0.08
MgO	7.76	8.50	8.12	7.91	8.15	9.63	9.47	9.65	9.59	9.73	9.50	9.90	9.39	9.41	9.51	10.00	9.72	9.29	9.40	9.63	9.62	9.66	9.95	9.70
CaO	11.63	11.73	11.70	11.73	11.72	11.40	11.51	11.55	11.57	11.55	11.64	11.58	11.38	11.54	11.54	11.63	11.52	11.52	11.40	11.54	11.56	11.39	11.27	11.58
Na_2O	1.71	1.76	1.80	1.95	1.83	2.06	2.02	1.99	2.02	1.99	2.15	1.97	2.14	1.97	2.06	1.98	2.06	2.10	2.13	2.04	2.13	2.07	2.18	2.10
K_2O	1.45	1.32	1.41	1.35	1.44	0.98	1.12	1.06	0.97	1.04	1.09	0.92	1.08	0.99	1.09	0.97	0.94	1.03	0.93	0.92	0.92	0.98	0.95	0.95
Total	96.79	97.96	97.40	97.51	97.56	96.74	96.89	96.99	96.31	96.78	96.84	96.50	97.06	96.90	97.28	97.24	96.86	96.56	96.54	96.75	97.35	96.95	96.71	96.93
Si	6.25	6.39	6.24	6.27	6.19	6.33	6.26	6.33	6.39	6.35	6.24	6.44	6.28	6.33	6.28	6.42	6.32	6.24	6.35	6.40	6.37	6.32	6.28	6.33
Ti	0.27	0.23	0.24	0.22	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.24	0.26	0.25	0.26	0.26	0.25	0.23	0.25	0.26	0.25	0.24	0.26	0.26	0.25	0.19
Al	2.41	2.22	2.39	2.40	2.48	2.29	2.42	2.28	2.20	2.26	2.36	2.14	2.34	2.31	2.33	2.18	2.29	2.40	2.29	2.23	2.21	2.33	2.37	2.46
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	2.25	2.21	2.28	2.27	2.21	1.97	1.95	1.98	1.93	1.95	1.98	1.91	2.02	1.96	2.02	1.93	1.96	2.00	1.96	1.94	1.99	1.93	1.91	1.83
Mn	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
Mg	1.77	1.91	1.84	1.79	1.84	2.17	2.13	2.17	2.17	2.19	2.15	2.23	2.12	2.12	2.14	2.24	2.19	2.10	2.12	2.17	2.15	2.17	2.24	2.16
Ca	1.91	1.90	1.91	1.91	1.91	1.85	1.86	1.87	1.88	1.87	1.89	1.87	1.84	1.86	1.86	1.87	1.86	1.88	1.85	1.87	1.86	1.84	1.82	1.86
Na	0.51	0.51	0.53	0.57	0.54	0.60	0.59	0.58	0.60	0.58	0.63	0.58	0.63	0.58	0.60	0.58	0.60	0.62	0.63	0.60	0.62	0.60	0.64	0.61
K	0.28	0.25	0.27	0.26	0.28	0.19	0.21	0.20	0.19	0.20	0.21	0.18	0.21	0.19	0.21	0.19	0.18	0.20	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.18
∑Cátions	15.67	15.65	15.73	15.73	15.73	15.67	15.69	15.68	15.64	15.67	15.73	15.62	15.70	15.63	15.71	15.64	15.68	15.71	15.65	15.63	15.66	15.65	15.70	15.64

Tabela A.II.5 – *continuação*

Amostra	TGL-38-A																							
Análise	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	47	48	49	50	51
SiO_2	41.06	41.82	40.99	41.52	41.39	42.37	41.71	41.66	41.72	41.58	41.85	41.60	41.83	41.56	40.57	42.46	41.61	42.63	41.89	41.83	41.19	41.37	41.13	41.41
TiO_2	2.30	2.24	2.10	2.25	2.24	2.19	2.23	2.28	2.29	2.14	2.23	2.19	2.08	1.95	2.08	2.07	2.21	2.13	2.19	2.19	2.19	2.00	1.90	2.29
Al_2O_3	13.00	12.84	12.67	13.08	12.91	12.88	12.92	12.71	12.98	13.09	12.80	12.91	12.81	13.08	14.59	12.15	12.71	12.44	13.13	13.16	13.05	13.36	14.00	12.81
Cr_2O_3	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.05	0.03	0.00	0.02	0.02
FeO	16.98	16.67	17.93	16.63	16.64	16.05	16.58	16.54	16.54	16.34	16.03	16.15	16.03	16.51	16.44	16.14	16.07	15.95	16.13	16.67	16.97	16.87	16.83	16.63
MnO	0.14	0.11	0.14	0.12	0.12	0.14	0.11	0.13	0.14	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.11	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.14	0.14	0.12	0.13
MgO	8.82	8.96	8.57	8.97	9.11	9.30	9.09	8.84	8.91	9.00	9.01	9.13	9.30	9.09	8.47	9.45	9.19	9.54	9.33	8.84	8.96	8.69	8.26	8.98
CaO	11.49	11.59	11.11	11.58	11.55	11.87	11.87	11.71	11.70	11.77	11.70	11.67	11.72	11.54	11.66	12.04	11.88	11.82	11.66	11.67	11.73	11.70	11.63	11.63
Na_2O	1.94	1.83	1.82	1.92	1.90	1.92	1.88	1.87	1.92	1.91	1.85	1.94	1.77	1.93	2.00	1.76	1.88	1.88	1.91	2.00	2.01	1.96	1.90	1.97
K_2O	1.31	1.26	1.35	1.33	1.33	1.18	1.22	1.23	1.23	1.22	1.24	1.23	1.18	1.23	1.32	1.08	1.10	1.10	1.14	1.18	1.14	1.14	1.12	1.22
Total	97.07	97.34	96.68	97.43	97.21	97.93	97.63	96.98	97.46	97.18	96.86	96.96	96.87	97.05	97.27	97.29	96.79	97.63	97.53	97.73	97.42	97.23	96.91	97.10
Si	6.25	6.32	6.29	6.28	6.28	6.35	6.29	6.32	6.30	6.29	6.34	6.31	6.34	6.30	6.15	6.40	6.32	6.39	6.30	6.30	6.24	6.27	6.25	6.29
Ti	0.26	0.26	0.24	0.26	0.26	0.25	0.25	0.26	0.26	0.24	0.25	0.25	0.24	0.22	0.24	0.23	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25	0.23	0.22	0.26
Al	2.33	2.29	2.29	2.33	2.31	2.27	2.30	2.28	2.31	2.33	2.29	2.31	2.29	2.34	2.61	2.16	2.27	2.20	2.33	2.34	2.33	2.39	2.51	2.29
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	2.16	2.11	2.30	2.10	2.11	2.01	2.09	2.10	2.09	2.07	2.03	2.05	2.03	2.09	2.08	2.04	2.04	2.00	2.03	2.10	2.15	2.14	2.14	2.11
Mn	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	2.00	2.02	1.96	2.02	2.06	2.08	2.04	2.00	2.01	2.03	2.04	2.06	2.10	2.05	1.91	2.12	2.08	2.13	2.09	1.98	2.03	1.96	1.87	2.03
Ca	1.87	1.88	1.82	1.88	1.88	1.90	1.92	1.90	1.89	1.91	1.90	1.90	1.90	1.87	1.89	1.95	1.93	1.90	1.88	1.88	1.91	1.90	1.89	1.89
Na	0.57	0.54	0.54	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	0.56	0.56	0.54	0.57	0.52	0.57	0.59	0.51	0.55	0.55	0.56	0.59	0.59	0.58	0.56	0.58
K	0.26	0.24	0.26	0.26	0.26	0.23	0.23	0.24	0.24	0.23	0.24	0.24	0.23	0.24	0.26	0.21	0.21	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22	0.22	0.24
∑Cátions	15.73	15.66	15.73	15.71	15.72	15.66	15.70	15.67	15.68	15.69	15.65	15.69	15.66	15.71	15.73	15.64	15.68	15.64	15.67	15.69	15.74	15.70	15.67	15.71

Tabela A.II.5 – *continuação*

Amostra	TGL-38-GR																						
Análise	76	77	81	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
SiO_2	43.28	43.10	42.40	42.70	41.95	42.38	42.32	42.19	42.55	42.81	42.26	42.97	42.50	42.10	42.59	42.42	42.69	42.12	42.35	42.50	42.13	42.08	42.20
TiO_2	1.83	1.93	2.04	2.11	2.04	2.03	2.04	2.02	2.05	2.01	2.05	2.03	2.10	2.02	2.09	2.14	1.91	2.11	1.99	2.07	2.15	2.06	2.09
Al_2O_3	11.52	11.64	12.13	12.36	13.07	12.67	12.71	12.51	12.42	12.17	12.55	12.30	12.54	11.88	12.12	12.41	12.28	12.84	12.53	12.54	12.56	12.56	12.83
Cr_2O_3	0.04	0.06	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.04	0.02	0.07	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03
FeO	16.73	16.78	16.21	15.74	16.24	15.82	15.96	15.97	15.86	15.61	16.43	15.99	16.18	16.51	15.83	16.10	16.00	16.49	16.21	15.69	16.12	15.98	15.91
MnO	0.08	0.10	0.09	0.07	0.09	0.11	0.08	0.10	0.10	0.07	0.10	0.10	0.08	0.08	0.10	0.09	0.08	0.07	0.11	0.12	0.09	0.06	0.07
MgO	9.54	9.72	9.57	9.63	9.48	9.78	9.64	9.65	9.67	9.95	9.62	9.84	9.79	9.31	9.81	9.74	9.78	9.43	9.70	9.86	9.61	9.72	9.66
CaO	11.52	11.35	11.53	11.51	11.55	11.44	11.54	11.66	11.64	11.63	11.50	11.39	11.29	11.27	11.58	11.30	11.59	11.49	11.37	11.38	11.47	11.41	11.39
Na_2O	2.04	2.16	2.13	2.14	2.24	2.13	2.20	2.17	2.14	2.16	2.19	2.10	2.23	2.08	2.16	2.16	2.06	2.29	2.23	2.21	2.25	2.21	2.26
K_2O	0.33	0.30	0.56	0.54	0.61	0.57	0.60	0.59	0.57	0.58	0.64	0.56	0.49	0.51	0.48	0.49	0.48	0.51	0.50	0.48	0.49	0.48	0.48
Total	96.91	97.14	96.68	96.83	97.28	96.94	97.12	96.89	97.02	97.05	97.38	97.29	97.28	95.83	96.82	96.90	96.91	97.40	97.02	96.87	96.90	96.59	96.93
Si	6.53	6.49	6.42	6.43	6.31	6.38	6.37	6.37	6.40	6.43	6.36	6.44	6.38	6.43	6.42	6.39	6.43	6.33	6.38	6.39	6.36	6.36	6.35
Ti	0.21	0.22	0.23	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.23	0.24	0.24	0.22	0.24	0.23	0.23	0.24	0.23	0.24
Al	2.05	2.07	2.16	2.19	2.32	2.25	2.25	2.23	2.20	2.15	2.23	2.17	2.22	2.14	2.15	2.20	2.18	2.28	2.23	2.22	2.24	2.24	2.28
Cr	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	2.11	2.11	2.05	1.98	2.04	1.99	2.01	2.02	2.00	1.96	2.07	2.00	2.03	2.11	2.00	2.03	2.01	2.07	2.04	1.97	2.03	2.02	2.00
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	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	2.14	2.18	2.16	2.16	2.13	2.19	2.16	2.17	2.17	2.23	2.16	2.20	2.19	2.12	2.20	2.19	2.19	2.11	2.18	2.21	2.16	2.19	2.17
Ca	1.86	1.83	1.87	1.86	1.86	1.84	1.86	1.89	1.88	1.87	1.85	1.83	1.82	1.85	1.87	1.83	1.87	1.85	1.84	1.83	1.85	1.85	1.84
Na	0.60	0.63	0.63	0.62	0.65	0.62	0.64	0.64	0.62	0.63	0.64	0.61	0.65	0.61	0.63	0.63	0.60	0.67	0.65	0.64	0.66	0.65	0.66
K	0.06	0.06	0.11	0.10	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09
∑Cátions	15.57	15.60	15.64	15.60	15.68	15.63	15.65	15.66	15.63	15.63	15.67	15.60	15.64	15.62	15.63	15.62	15.61	15.67	15.65	15.63	15.66	15.65	15.64

Tabela A.II.5 – *continuação*

Amostra	TGL-38-GR																						
Análise	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
SiO_2	41.95	41.99	42.29	41.83	42.32	42.74	42.19	42.11	42.00	42.52	42.48	42.36	43.07	41.89	42.52	42.50	42.45	42.49	42.92	42.86	42.18	42.89	42.43
TiO_2	2.17	2.14	2.23	2.17	2.24	2.10	2.22	2.20	2.20	2.11	2.20	2.14	2.07	2.11	2.00	2.00	2.15	2.07	1.93	1.99	2.12	1.89	2.07
Al_2O_3	12.92	12.82	12.67	13.01	12.93	12.11	12.98	12.95	12.82	12.27	12.56	12.62	12.15	12.50	12.77	12.78	12.44	12.51	12.33	11.65	12.31	11.93	12.48
Cr_2O_3	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.05	0.02	0.00	0.02	0.01	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02
FeO	16.07	15.87	15.92	16.04	15.91	15.88	16.19	15.96	16.14	15.94	15.96	15.92	15.98	16.01	16.09	15.97	16.12	16.18	16.01	16.02	16.57	16.60	16.88
MnO	0.07	0.07	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10	0.08	0.08	0.10	0.10	0.09	0.10	0.07	0.09	0.08	0.08	0.06	0.09
MgO	9.55	9.75	9.84	9.68	9.99	10.08	9.69	9.89	9.67	9.89	9.80	9.72	9.97	9.65	9.90	9.70	10.01	9.63	9.85	9.76	9.62	9.60	9.59
CaO	11.44	11.46	11.34	11.40	11.20	11.37	11.64	11.49	11.54	11.30	11.69	11.53	11.66	11.37	11.59	11.39	11.52	11.57	11.48	11.57	11.32	11.59	11.46
Na_2O	2.26	2.20	2.38	2.27	2.28	2.17	2.21	2.25	2.27	2.19	2.31	2.26	2.13	2.16	2.24	2.25	2.20	2.26	2.18	2.08	2.30	2.22	2.30
K_2O	0.49	0.49	0.50	0.47	0.52	0.44	0.48	0.50	0.46	0.43	0.49	0.49	0.46	0.48	0.47	0.46	0.45	0.39	0.40	0.41	0.40	0.33	0.39
Total	96.94	96.83	97.31	96.98	97.52	97.01	97.74	97.48	97.22	96.77	97.62	97.15	97.61	96.29	97.68	97.17	97.48	97.19	97.22	96.46	96.95	97.13	97.71
Si	6.33	6.33	6.35	6.30	6.33	6.42	6.31	6.31	6.32	6.41	6.36	6.37	6.43	6.36	6.36	6.38	6.36	6.39	6.44	6.48	6.37	6.46	6.37
Ti	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25	0.24	0.25	0.24	0.23	0.24	0.22	0.23	0.24	0.23	0.22	0.23	0.24	0.21	0.23
Al	2.30	2.28	2.24	2.31	2.28	2.15	2.29	2.29	2.27	2.18	2.22	2.24	2.14	2.24	2.25	2.26	2.20	2.22	2.18	2.08	2.19	2.12	2.21
Cr	0.00	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	2.03	2.00	2.00	2.02	1.99	2.00	2.03	2.00	2.03	2.01	2.00	2.00	2.00	2.03	2.01	2.00	2.02	2.03	2.01	2.03	2.09	2.09	2.12
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	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	2.15	2.19	2.20	2.18	2.23	2.26	2.16	2.21	2.17	2.22	2.19	2.18	2.22	2.18	2.21	2.17	2.24	2.16	2.20	2.20	2.17	2.15	2.14
Ca	1.85	1.85	1.82	1.84	1.80	1.83	1.87	1.85	1.86	1.83	1.87	1.86	1.87	1.85	1.86	1.83	1.85	1.86	1.84	1.88	1.83	1.87	1.84
Na	0.66	0.64	0.69	0.66	0.66	0.63	0.64	0.65	0.66	0.64	0.67	0.66	0.62	0.64	0.65	0.65	0.64	0.66	0.63	0.61	0.67	0.65	0.67
K	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.08	0.09	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.08	0.08	0.08	0.06	0.07
∑Cátions	15.66	15.65	15.67	15.67	15.65	15.62	15.66	15.67	15.67	15.62	15.66	15.65	15.61	15.65	15.66	15.63	15.66	15.64	15.61	15.59	15.66	15.62	15.67

Tabela A.II.5 – *continuação*

Amostra	TGL-69-A									TGL-72-B												
Análise	91	92	93	94	95	96	97	98	99	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO_2	39.72	39.44	39.83	39.69	40.07	39.83	39.55	39.70	39.75	43.32	44.79	43.88	43.80	44.48	44.43	44.49	44.00	43.24	43.28	43.70	43.39	44.35
TiO_2	1.20	1.25	1.32	1.32	1.22	1.36	1.38	1.31	1.26	2.14	1.52	1.54	1.69	1.44	1.52	1.40	2.69	2.16	2.05	1.87	2.14	1.97
Al_2O_3	13.69	13.48	13.30	13.45	13.12	13.57	13.44	13.49	13.38	13.16	11.99	12.66	12.68	12.34	12.37	12.11	12.43	12.81	12.67	12.87	12.75	12.18
Cr_2O_3	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03	0.05	0.05	0.16	0.05	0.07	0.16	0.22	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05
FeO	19.07	18.84	19.03	19.22	18.75	18.47	18.69	18.91	18.59	10.38	10.15	10.33	10.55	10.36	10.11	10.44	9.96	10.83	10.92	11.04	10.92	10.63
MnO	0.28	0.29	0.31	0.32	0.30	0.27	0.30	0.29	0.32	0.03	0.02	0.05	0.07	0.04	0.05	0.06	0.04	0.06	0.06	0.06	0.04	0.05
MgO	8.35	8.46	8.23	8.24	8.73	8.54	8.37	8.57	8.54	13.39	14.29	13.77	13.22	13.89	14.11	13.77	13.63	13.18	13.15	13.47	13.14	13.59
CaO	11.77	11.66	11.63	11.74	11.82	11.62	11.62	11.70	11.81	11.78	11.73	11.63	11.62	11.66	11.54	11.64	11.61	11.55	11.49	11.52	11.62	11.62
Na_2O	1.21	1.28	1.19	1.23	1.18	1.19	1.20	1.17	1.20	1.42	1.31	1.39	1.36	1.38	1.37	1.39	1.32	1.43	1.47	1.44	1.48	1.34
K_2O	1.60	1.60	1.53	1.54	1.50	1.46	1.55	1.39	1.55	1.34	1.13	1.18	1.24	1.14	1.18	1.10	1.21	1.27	1.29	1.20	1.30	1.16
Total	96.91	96.33	96.41	96.78	96.72	96.37	96.14	96.56	96.44	97.02	96.99	96.59	96.28	96.80	96.83	96.61	96.93	96.58	96.43	97.21	96.82	96.93
Si	6.14	6.13	6.18	6.14	6.19	6.16	6.15	6.14	6.16	6.36	6.54	6.45	6.47	6.52	6.50	6.53	6.44	6.38	6.40	6.41	6.39	6.50
Ti	0.14	0.15	0.15	0.15	0.14	0.16	0.16	0.15	0.15	0.24	0.17	0.17	0.19	0.16	0.17	0.15	0.30	0.24	0.23	0.21	0.24	0.22
Al	2.49	2.47	2.43	2.45	2.39	2.47	2.46	2.46	2.44	2.28	2.06	2.20	2.21	2.13	2.13	2.10	2.14	2.23	2.21	2.23	2.22	2.10
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Fe^{2+}	2.46	2.45	2.47	2.49	2.42	2.39	2.43	2.45	2.41	1.27	1.24	1.27	1.30	1.27	1.24	1.28	1.22	1.34	1.35	1.35	1.35	1.30
Mn	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	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
Mg	1.92	1.96	1.90	1.90	2.01	1.97	1.94	1.98	1.97	2.93	3.11	3.02	2.91	3.03	3.08	3.02	2.97	2.90	2.90	2.94	2.89	2.97
Ca	1.95	1.94	1.93	1.95	1.96	1.93	1.94	1.94	1.96	1.85	1.84	1.83	1.84	1.83	1.81	1.83	1.82	1.83	1.82	1.81	1.83	1.82
Na	0.36	0.39	0.36	0.37	0.35	0.36	0.36	0.35	0.36	0.40	0.37	0.40	0.39	0.39	0.39	0.40	0.37	0.41	0.42	0.41	0.42	0.38
K	0.31	0.32	0.30	0.30	0.30	0.29	0.31	0.27	0.31	0.25	0.21	0.22	0.23	0.21	0.22	0.21	0.23	0.24	0.24	0.22	0.24	0.22
∑Cátions	15.82	15.84	15.78	15.81	15.80	15.76	15.79	15.79	15.80	15.59	15.55	15.58	15.55	15.56	15.56	15.55	15.49	15.58	15.59	15.59	15.59	15.53

Tabela A.II.5 – *continuação*

Amostra	TGL-72-B																
Análise	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
SiO_2	43.00	43.37	43.52	44.63	43.83	42.71	42.72	43.43	43.07	43.33	43.12	43.37	43.34	43.76	43.69	44.25	44.45
TiO_2	2.17	1.96	1.71	1.61	1.74	2.22	2.21	2.08	2.01	2.14	1.85	1.88	2.02	1.91	2.04	1.11	1.49
Al_2O_3	13.22	13.01	12.58	11.81	12.30	13.67	13.22	12.80	12.83	13.23	13.31	12.82	12.82	12.46	12.66	12.39	12.39
Cr_2O_3	0.03	0.04	0.17	0.04	0.03	0.15	0.22	0.15	0.07	0.19	0.11	0.11	0.09	0.04	0.04	0.38	0.02
FeO	10.60	10.77	11.35	10.45	10.70	10.84	10.71	10.50	10.56	10.81	10.59	10.70	10.72	10.51	10.60	10.48	10.41
MnO	0.03	0.05	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.07	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.06	0.05
MgO	13.11	13.15	13.21	13.74	13.50	12.74	12.95	12.99	13.27	12.94	13.30	13.43	13.22	13.59	13.19	13.73	13.97
CaO	11.51	11.61	11.44	11.65	11.67	11.41	11.57	11.56	11.77	11.67	11.64	11.69	11.64	11.52	11.56	11.78	11.51
Na_2O	1.43	1.41	1.37	1.19	1.40	1.50	1.47	1.44	1.36	1.51	1.42	1.44	1.46	1.37	1.42	1.37	1.33
K_2O	1.34	1.31	1.24	1.12	1.16	1.42	1.38	1.35	1.29	1.35	1.32	1.23	1.31	1.21	1.23	1.06	1.07
Total	96.45	96.67	96.61	96.27	96.36	96.70	96.49	96.32	96.30	97.19	96.70	96.70	96.69	96.42	96.46	96.60	96.69
Si	6.35	6.39	6.43	6.57	6.47	6.31	6.32	6.42	6.38	6.36	6.35	6.39	6.39	6.45	6.44	6.51	6.51
Ti	0.24	0.22	0.19	0.18	0.19	0.25	0.25	0.23	0.22	0.24	0.20	0.21	0.22	0.21	0.23	0.12	0.16
Al	2.30	2.26	2.19	2.05	2.14	2.38	2.31	2.23	2.24	2.29	2.31	2.23	2.23	2.17	2.20	2.15	2.14
Cr	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00
Fe^{2+}	1.31	1.33	1.40	1.29	1.32	1.34	1.33	1.30	1.31	1.33	1.30	1.32	1.32	1.30	1.31	1.29	1.28
Mn	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Mg	2.89	2.89	2.91	3.02	2.97	2.80	2.86	2.86	2.93	2.83	2.92	2.95	2.91	2.99	2.90	3.01	3.05
Ca	1.82	1.83	1.81	1.84	1.85	1.80	1.84	1.83	1.87	1.84	1.84	1.85	1.84	1.82	1.83	1.86	1.81
Na	0.41	0.40	0.39	0.34	0.40	0.43	0.42	0.41	0.39	0.43	0.41	0.41	0.42	0.39	0.41	0.39	0.38
K	0.25	0.25	0.23	0.21	0.22	0.27	0.26	0.26	0.24	0.25	0.25	0.23	0.25	0.23	0.23	0.20	0.20
∑Cátions	15.58	15.58	15.59	15.50	15.57	15.60	15.61	15.56	15.59	15.59	15.60	15.60	15.60	15.56	15.55	15.57	15.54

Tabela A.II.6 - Análises químicas por microssonda eletrônica em cristais de biotita. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados na base de 22 oxigênios.

Amostra	TGL-39-E											TGL-57-A									
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18
SiO_2	35.58	35.78	35.96	35.65	35.80	35.71	35.76	35.66	35.58	35.56	35.59	37.05	36.67	36.59	36.78	37.09	36.32	36.60	36.74	36.05	36.60
TiO_2	3.85	3.92	3.69	3.62	3.97	3.73	4.39	4.38	3.84	4.03	4.40	5.01	5.72	5.34	5.58	5.34	5.43	5.28	5.42	5.49	5.65
Al_2O_3	18.50	18.49	18.51	19.27	18.75	18.87	18.33	18.29	18.45	18.16	18.38	15.61	15.60	15.54	15.93	15.43	16.06	15.60	15.59	15.27	15.27
Cr_2O_3	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.08	0.16	0.18	0.16	0.12	0.11	0.13	0.17	0.14	0.15
FeO	17.90	17.74	17.37	17.40	17.26	17.52	18.86	17.27	17.73	17.56	17.52	10.73	11.59	11.30	11.52	11.46	11.77	11.65	12.03	11.83	12.63
MnO	0.03	0.04	0.05	0.04	0.02	0.03	0.05	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.00	0.04	0.01	0.01
MgO	9.57	9.52	9.83	9.57	9.74	9.52	8.31	9.42	9.22	9.26	9.62	15.39	14.26	14.54	14.39	14.75	14.42	14.65	14.15	14.03	13.87
BaO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0.25	0.28	0.22	0.26	0.35	0.18	0.26	0.32	0.26	0.31
CaO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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
Na_2O	0.08	0.07	0.07	0.11	0.09	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.03	0.04	0.01	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03
K_2O	9.77	9.67	9.74	9.39	9.66	9.46	9.63	9.41	9.62	9.35	9.44	9.25	9.46	9.39	9.63	9.39	9.43	9.16	9.42	9.23	9.46
Total	95.35	95.28	95.27	95.10	95.32	95.00	95.48	94.59	94.55	94.04	95.08	93.43	93.79	93.15	94.32	94.00	93.79	93.40	93.91	92.36	93.97
Si	5.39	5.41	5.43	5.38	5.39	5.40	5.42	5.41	5.42	5.44	5.38	5.53	5.49	5.51	5.48	5.54	5.44	5.50	5.51	5.49	5.50
Ti	0.44	0.45	0.42	0.41	0.45	0.42	0.50	0.50	0.44	0.46	0.50	0.56	0.64	0.60	0.63	0.60	0.61	0.60	0.61	0.63	0.64
Al	3.30	3.30	3.29	3.43	3.33	3.36	3.28	3.27	3.31	3.27	3.28	2.75	2.75	2.76	2.80	2.71	2.84	2.76	2.76	2.74	2.71
Cr	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Fe^{2+}	2.27	2.24	2.19	2.20	2.17	2.22	2.39	2.19	2.26	2.25	2.22	1.34	1.45	1.42	1.43	1.43	1.48	1.46	1.51	1.51	1.59
Mn	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.16	2.15	2.21	2.15	2.19	2.15	1.88	2.13	2.09	2.11	2.17	3.43	3.18	3.26	3.20	3.28	3.22	3.28	3.16	3.19	3.11
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
K	1.89	1.86	1.88	1.81	1.86	1.83	1.86	1.82	1.87	1.82	1.82	1.76	1.81	1.80	1.83	1.79	1.80	1.76	1.80	1.79	1.82
∑Cátions	15.47	15.44	15.45	15.41	15.43	15.42	15.38	15.37	15.42	15.38	15.40	15.41	15.38	15.40	15.41	15.40	15.43	15.40	15.40	15.40	15.41

Tabela A.II.6 – *continuação*

Amostra	TGL-74														TGL-79-B						
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	35.73	34.98	34.97	35.14	35.14	35.55	35.24	35.21	34.92	35.03	34.65	35.22	35.16	35.22	34.47	34.36	34.25	34.14	34.42	34.63	34.65
TiO_2	3.34	4.00	4.74	4.82	5.06	4.25	4.54	4.14	4.55	4.25	4.36	3.87	4.66	3.67	4.98	5.01	4.71	4.60	4.57	4.43	4.60
Al_2O_3	18.10	17.09	17.18	17.05	16.95	17.33	16.93	17.31	17.02	17.14	17.32	17.72	16.97	17.29	14.19	14.55	14.46	14.37	14.60	14.93	14.64
Cr_2O_3	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.04	0.02	0.02	0.04	0.02	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	16.94	18.25	17.72	18.03	17.58	16.70	17.01	17.97	17.82	17.33	17.63	17.25	17.36	17.25	29.91	29.77	29.66	30.18	28.97	28.83	29.06
MnO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.01	0.03	0.04	0.04
MgO	10.93	10.49	10.00	10.17	10.39	11.20	10.67	10.40	10.22	10.28	10.72	10.86	10.90	11.01	3.66	3.58	3.71	3.43	4.29	4.30	4.21
BaO	0.47	0.55	0.59	0.55	0.52	0.57	0.40	0.78	0.70	0.88	0.77	0.61	0.58	0.45	*	*	*	*	*	*	*
CaO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.05	0.11	0.09	0.08	0.10	0.13	0.11	0.07	0.10	0.09	0.06	0.08	0.11	0.09	0.09	0.04	0.07	0.01	0.06	0.05	0.06
K2O	9.45	9.31	9.48	9.37	9.55	9.32	9.29	9.47	9.45	9.46	9.51	9.46	9.51	9.33	8.58	8.78	8.72	8.88	8.66	8.79	8.92
Total	95.12	94.87	94.87	95.30	95.35	95.11	94.31	95.42	94.87	94.49	95.09	95.16	95.33	94.40	96.27	96.50	96.06	95.94	95.91	96.33	96.52
Si	5.41	5.37	5.36	5.36	5.35	5.39	5.40	5.37	5.36	5.39	5.31	5.36	5.35	5.39	5.51	5.48	5.49	5.50	5.50	5.50	5.50
Ti	0.38	0.46	0.55	0.55	0.58	0.48	0.52	0.48	0.52	0.49	0.50	0.44	0.53	0.42	0.60	0.60	0.57	0.56	0.55	0.53	0.55
Al	3.23	3.09	3.10	3.07	3.04	3.10	3.06	3.11	3.08	3.11	3.13	3.18	3.04	3.12	2.68	2.74	2.73	2.73	2.75	2.79	2.74
Cr	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	2.15	2.34	2.27	2.30	2.24	2.12	2.18	2.29	2.29	2.23	2.26	2.20	2.21	2.21	4.00	3.97	3.98	4.06	3.87	3.83	3.86
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.47	2.40	2.28	2.31	2.36	2.53	2.44	2.36	2.34	2.36	2.45	2.46	2.47	2.51	0.87	0.85	0.89	0.82	1.02	1.02	1.00
Ba	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02
K	1.82	1.82	1.85	1.82	1.86	1.80	1.82	1.84	1.85	1.86	1.86	1.84	1.85	1.82	1.75	1.79	1.79	1.82	1.76	1.78	1.81
∑Cátions	15.51	15.55	15.48	15.48	15.49	15.50	15.48	15.53	15.51	15.51	15.57	15.54	15.53	15.55	15.44	15.45	15.47	15.50	15.47	15.47	15.49

Tabela A.II.6 – *continuação*

Amostra	TGL79-B																					
Análise	8	9	10	11	12	13	14	15	2	3	5	6	7	9	10	11	13	14	15	16	17	18
SiO_2	34.31	34.51	34.42	34.52	34.17	34.14	34.42	34.18	34.17	34.29	34.55	34.70	34.24	34.41	33.99	34.40	35.03	34.33	33.92	34.18	34.30	34.27
TiO_2	4.70	5.10	5.06	4.91	5.09	4.89	4.86	5.01	4.68	5.19	4.80	5.04	4.96	4.34	4.21	4.94	4.58	4.78	3.45	4.33	4.51	5.04
Al_2O_3	14.91	14.21	14.63	14.57	14.22	14.40	14.37	14.36	14.90	14.54	14.74	14.75	14.58	15.06	14.99	14.26	15.01	14.68	15.03	14.67	15.23	14.76
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
FeO	28.72	29.53	29.20	29.99	29.68	29.83	29.95	29.65	31.85	31.86	31.76	31.93	31.67	31.73	31.87	31.33	31.28	31.75	33.48	32.56	31.35	32.39
MnO	0.05	0.04	0.06	0.03	0.03	0.05	0.06	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04	0.01	0.07	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.01	0.03
MgO	4.28	3.79	3.84	3.80	3.59	3.61	3.44	3.56	3.64	3.90	3.94	3.94	3.94	3.86	3.87	4.20	4.16	4.06	3.81	3.79	3.56	3.75
BaO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
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	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.02	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05	0.03	0.06	0.05	0.04	0.03	0.05	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.02	0.05	0.06
K_2O	8.70	8.66	8.78	8.97	8.80	8.81	8.55	8.75	8.86	8.98	8.98	8.93	8.89	9.00	8.88	8.73	8.83	8.88	8.52	8.90	8.66	8.95
Total	95.97	96.31	96.42	97.17	95.96	96.09	96.07	96.00	98.55	99.22	99.26	99.80	98.79	98.91	98.22	98.25	99.32	98.88	98.63	98.94	98.07	99.62
Si	5.47	5.51	5.48	5.47	5.49	5.48	5.52	5.49	5.39	5.37	5.41	5.40	5.39	5.40	5.38	5.42	5.44	5.39	5.38	5.39	5.41	5.36
Ti	0.56	0.61	0.61	0.59	0.61	0.59	0.59	0.60	0.56	0.61	0.57	0.59	0.59	0.51	0.50	0.59	0.53	0.56	0.41	0.51	0.54	0.59
Al	2.80	2.68	2.75	2.72	2.69	2.72	2.72	2.72	2.77	2.69	2.72	2.70	2.70	2.79	2.80	2.65	2.75	2.72	2.81	2.73	2.83	2.72
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	3.83	3.94	3.89	3.98	3.99	4.00	4.01	3.98	4.20	4.18	4.16	4.15	4.17	4.17	4.22	4.13	4.07	4.17	4.44	4.30	4.14	4.24
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Mg	1.02	0.90	0.91	0.90	0.86	0.86	0.82	0.85	0.85	0.91	0.92	0.91	0.92	0.90	0.91	0.99	0.96	0.95	0.90	0.89	0.84	0.87
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
K	1.77	1.76	1.78	1.82	1.80	1.80	1.75	1.79	1.78	1.80	1.79	1.77	1.78	1.80	1.79	1.76	1.75	1.78	1.72	1.79	1.74	1.78
∑Cátions	15.46	15.43	15.44	15.49	15.46	15.48	15.42	15.45	15.57	15.57	15.57	15.55	15.57	15.60	15.62	15.55	15.53	15.58	15.68	15.63	15.52	15.59

Tabela A.II.6 – *continuação*

Amostra	TGL-79-CF															TGL-83-B					
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	30	31	32	33	34	35
SiO_2	34.17	34.27	34.47	34.41	34.41	33.85	34.16	34.12	33.96	33.62	34.17	34.16	34.41	34.53	34.45	34.28	34.54	34.32	33.74	34.43	34.71
TiO_2	2.45	2.77	3.37	3.03	2.99	3.08	2.49	3.63	3.68	2.69	2.62	3.18	3.13	3.18	2.94	3.73	3.11	3.12	2.87	3.98	3.77
Al_2O_3	16.78	16.67	15.92	16.40	15.91	16.42	16.33	15.99	15.92	15.74	16.40	16.24	16.19	16.01	16.34	14.84	15.03	15.02	15.05	15.00	15.73
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
FeO	32.79	31.49	32.26	32.05	32.17	32.28	32.62	32.27	32.44	33.49	32.50	32.53	32.55	32.55	32.32	31.71	31.81	31.95	32.34	31.87	30.81
MnO	0.08	0.10	0.09	0.09	0.12	0.08	0.09	0.06	0.02	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.10	0.05	0.06	0.06	0.03	0.02	0.01
MgO	3.05	3.22	3.06	3.14	3.13	2.81	2.92	2.69	2.74	2.93	3.08	3.06	3.03	3.05	3.02	4.22	4.55	4.36	4.36	4.09	4.50
BaO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
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	0.00	0.00
Na_2O	0.04	0.05	0.06	0.06	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.07	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06	0.05	0.01	0.03	0.09
K_2O	8.85	8.90	8.75	8.72	8.82	8.96	8.92	8.76	8.71	8.01	8.94	8.98	8.97	8.73	8.92	8.69	8.23	8.75	7.89	8.56	8.62
Total	98.50	97.66	98.39	98.31	98.07	97.75	97.81	97.93	97.87	96.95	98.14	98.66	98.73	98.60	98.46	97.87	97.68	97.91	96.56	98.34	98.54
Si	5.39	5.42	5.44	5.42	5.45	5.38	5.43	5.41	5.40	5.41	5.41	5.39	5.42	5.44	5.43	5.43	5.46	5.44	5.42	5.42	5.42
Ti	0.29	0.33	0.40	0.36	0.36	0.37	0.30	0.43	0.44	0.33	0.31	0.38	0.37	0.38	0.35	0.44	0.37	0.37	0.35	0.47	0.44
Al	3.12	3.11	2.96	3.05	2.97	3.08	3.06	2.99	2.98	2.99	3.06	3.02	3.01	2.97	3.04	2.77	2.80	2.81	2.85	2.79	2.89
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	4.33	4.16	4.26	4.23	4.27	4.29	4.34	4.28	4.31	4.51	4.31	4.29	4.29	4.29	4.26	4.20	4.21	4.24	4.34	4.20	4.02
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Mg	0.72	0.76	0.72	0.74	0.74	0.67	0.69	0.63	0.65	0.70	0.73	0.72	0.71	0.72	0.71	1.00	1.07	1.03	1.04	0.96	1.05
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03
K	1.78	1.80	1.76	1.75	1.78	1.82	1.81	1.77	1.77	1.64	1.81	1.81	1.80	1.76	1.79	1.76	1.66	1.77	1.62	1.72	1.72
∑Cátions	15.65	15.60	15.57	15.58	15.60	15.63	15.65	15.55	15.56	15.60	15.65	15.64	15.62	15.58	15.61	15.62	15.60	15.68	15.62	15.57	15.57

Tabela A.II.6 – *continuação*

Amostra	TGL-83-B						TGL-34-A		TGL-42											
Análise	36	37	38	39	40	41	1	2	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO_2	34.91	34.31	34.19	34.23	34.02	34.15	35.62	35.05	35.78	35.87	35.88	35.58	36.10	35.84	35.96	35.68	35.44	35.99	36.27	35.79
TiO2	2.76	4.07	3.92	3.15	3.03	3.77	3.22	3.62	5.13	5.21	5.20	5.38	5.47	5.31	5.40	5.35	5.31	5.32	5.26	5.21
Al_2O_3	16.28	14.98	14.90	15.00	14.67	14.75	18.95	18.51	14.22	14.23	14.25	14.16	14.30	14.11	14.29	14.38	14.38	14.37	14.36	14.06
Cr_2O_3	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04
FeO	30.95	32.11	31.31	31.96	32.16	32.71	19.54	19.41	17.05	17.11	17.02	17.44	17.37	17.04	17.16	17.25	17.09	17.46	17.49	16.88
MnO	0.07	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.04	0.03	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00
MgO	4.38	4.07	4.02	4.42	4.17	4.21	8.16	7.96	11.71	11.35	11.52	11.20	11.37	11.51	11.77	11.45	11.56	11.51	11.53	11.78
BaO	*	*	*	*	*	*	0.00	0.00	0.35	0.33	0.46	0.36	0.44	0.43	0.48	0.39	0.48	0.40	0.41	0.31
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.33	0.01	0.00	0.01	0.02
Na_2O	0.06	0.05	0.19	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04	0.06	0.02	0.04	0.20	0.05	0.06	0.09	0.07	0.08	0.04	0.07	0.08
K_2O	8.51	8.80	8.69	8.19	8.33	8.75	9.23	9.24	9.58	9.57	9.49	9.71	9.53	9.61	9.50	9.35	9.76	9.65	9.40	9.58
Total	98.22	98.75	97.63	97.35	96.79	98.73	94.79	93.84	94.15	93.98	94.12	94.35	94.90	94.15	94.93	94.56	94.39	94.98	95.07	93.98
Si	5.46	5.40	5.43	5.44	5.46	5.39	5.44	5.42	5.53	5.55	5.54	5.51	5.53	5.54	5.51	5.49	5.48	5.52	5.54	5.53
Ti	0.32	0.48	0.47	0.38	0.37	0.45	0.37	0.42	0.60	0.61	0.60	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.62	0.61	0.60	0.61
Al	3.00	2.78	2.79	2.81	2.77	2.74	3.41	3.37	2.59	2.59	2.59	2.58	2.58	2.57	2.58	2.61	2.62	2.60	2.59	2.56
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe^{2+}	4.05	4.23	4.16	4.25	4.32	4.32	2.50	2.51	2.20	2.21	2.20	2.26	2.23	2.20	2.20	2.22	2.21	2.24	2.24	2.18
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	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
Mg	1.02	0.95	0.95	1.05	1.00	0.99	1.86	1.83	2.70	2.62	2.65	2.58	2.60	2.65	2.69	2.63	2.66	2.63	2.63	2.71
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
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	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.02	0.01	0.06	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.06	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
K	1.70	1.77	1.76	1.66	1.71	1.76	1.80	1.82	1.89	1.89	1.87	1.92	1.86	1.89	1.86	1.84	1.92	1.89	1.83	1.89
∑Cátions	15.57	15.62	15.62	15.61	15.65	15.68	15.39	15.39	15.54	15.50	15.50	15.56	15.48	15.52	15.52	15.51	15.57	15.52	15.48	15.54

Tabela A.II.6 – *continuação*

Amostra	TGL-42				TGL-72-B							
Análise	37	38	39	40	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO_2	36.32	35.95	36.05	35.65	35.98	37.04	36.87	36.21	36.33	36.11	36.15	36.65
TiO_2	5.14	5.28	5.36	5.29	3.49	3.07	2.59	5.15	5.31	5.54	5.52	5.68
Al_2O_3	14.28	14.35	14.48	14.07	15.70	15.67	16.79	15.33	15.47	15.37	15.50	15.42
Cr_2O_3	0.02	0.01	0.03	0.02	0.05	0.06	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
FeO	17.36	17.12	17.15	16.64	11.58	11.15	12.76	12.85	12.96	12.97	12.84	12.96
MnO	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
MgO	11.89	11.80	11.60	11.70	15.76	16.80	15.03	14.27	14.58	14.33	14.47	14.47
BaO	0.31	0.51	0.30	0.37	0.04	0.09	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.00
CaO	0.01	0.00	0.03	0.00	*	*	*	*	*	*	*	*
Na_2O	0.05	0.05	0.07	0.06	0.04	0.06	0.02	0.03	0.02	0.13	0.04	0.02
K_2O	9.72	9.77	9.58	9.59	9.51	9.51	8.88	9.47	9.57	9.58	9.42	9.59
Total	95.35	95.10	94.88	93.59	92.17	93.50	93.01	93.37	94.31	94.13	94.04	94.84
Si	5.54	5.51	5.52	5.53	5.48	5.54	5.55	5.48	5.45	5.43	5.43	5.46
Ti	0.59	0.61	0.62	0.62	0.40	0.35	0.29	0.59	0.60	0.63	0.62	0.64
Al	2.57	2.59	2.61	2.57	2.82	2.76	2.98	2.73	2.73	2.73	2.74	2.71
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{2+}	2.21	2.19	2.20	2.16	1.48	1.40	1.61	1.63	1.63	1.63	1.61	1.61
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.70	2.69	2.64	2.70	3.58	3.74	3.37	3.22	3.26	3.21	3.24	3.21
Ba	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Na	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01	0.00
K	1.89	1.91	1.87	1.90	1.85	1.81	1.71	1.83	1.83	1.84	1.81	1.82
∑Cátions	15.54	15.55	15.51	15.52	15.63	15.64	15.52	15.48	15.51	15.51	15.48	15.46

Tabela A.II.7 - Análises químicas por microssonda eletrônica em cristais de muscovita. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados para 22 oxigênios.

Amostra	TGL-39-E							TGL-74									
Análise	1	2	3	4	5	6	7	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO_2	46.54	46.90	47.03	47.28	47.13	46.95	46.36	45.62	45.63	45.75	45.60	45.46	45.40	45.02	45.39	45.72	45.72
TiO_2	0.89	0.90	0.83	0.44	0.66	1.00	0.60	0.45	0.25	0.41	0.27	0.52	0.36	0.28	0.56	0.90	0.59
Al_2O_3	34.76	35.62	35.62	35.92	35.19	33.35	35.17	35.35	35.26	35.42	35.72	34.79	34.86	35.50	35.90	34.81	34.70
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.13	0.07	0.08	0.09	0.17	0.09	0.04	0.04	0.05	0.08
Fe_2O_3	1.45	1.67	1.52	1.33	1.86	1.81	1.49	1.98	2.54	1.96	1.88	2.09	2.93	2.46	1.99	2.65	1.92
MnO	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
MgO	0.81	0.43	0.56	0.65	0.91	1.38	0.89	0.87	0.81	0.85	0.73	0.93	0.97	0.75	0.78	0.85	1.02
CaO	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Na_2O	0.32	0.27	0.26	0.32	0.29	0.25	0.40	0.59	1.07	0.59	0.62	0.55	0.90	1.35	0.64	0.49	0.55
K_2O	8.96	8.63	8.49	8.82	8.71	8.35	8.72	9.96	9.18	9.71	9.70	9.52	9.43	8.99	9.75	9.31	9.33
Total	93.73	94.45	94.37	94.76	94.78	93.10	93.67	95.24	95.13	95.09	94.85	94.44	95.26	94.70	95.66	95.31	94.37
Si	6.21	6.20	6.21	6.22	6.22	6.30	6.19	6.08	6.08	6.09	6.08	6.10	6.06	6.03	6.03	6.09	6.13
Ti	0.09	0.09	0.08	0.04	0.07	0.10	0.06	0.05	0.02	0.04	0.03	0.05	0.04	0.03	0.06	0.09	0.06
Al	5.47	5.55	5.55	5.57	5.47	5.27	5.53	5.55	5.54	5.56	5.62	5.50	5.48	5.60	5.62	5.46	5.48
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Fe^{3+}	0.15	0.17	0.15	0.13	0.18	0.18	0.15	0.20	0.25	0.20	0.19	0.21	0.29	0.25	0.20	0.27	0.19
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.16	0.09	0.11	0.13	0.18	0.28	0.18	0.17	0.16	0.17	0.15	0.19	0.19	0.15	0.15	0.17	0.20
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	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.10	0.15	0.28	0.15	0.16	0.14	0.23	0.35	0.17	0.13	0.14
K	1.53	1.45	1.43	1.48	1.47	1.43	1.49	1.69	1.56	1.65	1.65	1.63	1.61	1.54	1.65	1.58	1.60
∑Cátions	13.69	13.62	13.61	13.66	13.66	13.62	13.70	13.92	13.92	13.88	13.89	13.87	13.93	13.96	13.91	13.81	13.84

Tabela A.II.8 - Análises químicas por microssonda eletrônica em cristais de escapolita. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados para 12 (Si, Al)

Amostra	TGL-69-A																		
Análise	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Cristal	1	2	3	4	5	6	7_1	7_2	7_3	7_4	7_5	7_6	7_7	7_8	7_9	7_10	8	9	10
SiO_2	44.54	44.76	44.34	44.42	44.75	44.88	44.35	44.40	44.56	45.03	44.79	44.87	44.79	44.43	44.49	44.59	44.93	44.82	44.73
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	0.00
Al_2O_3	28.20	28.05	28.05	27.83	27.85	27.91	27.86	27.81	27.62	27.69	27.64	27.73	27.90	27.89	27.59	27.82	27.71	28.08	28.04
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.15	0.11	0.15	0.07	0.13	0.11	0.14	0.17	0.16	0.22	0.17	0.18	0.15	0.06	0.08	0.06	0.15	0.05	0.08
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
MgO	0.04	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
CaO	18.45	18.48	18.15	18.29	18.35	18.39	18.26	18.13	18.16	18.18	17.94	17.99	18.31	18.34	18.21	18.19	18.21	18.51	18.41
Na_2O	2.71	2.87	2.78	3.01	2.88	2.92	2.75	2.97	2.93	2.96	3.00	2.94	2.91	2.87	3.02	2.95	3.14	2.85	2.83
K_2O	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.05	0.06
SO_3	1.03	0.97	0.98	1.13	0.95	0.85	0.98	1.10	1.12	1.05	0.99	1.08	1.07	1.08	0.98	1.01	0.74	0.83	0.95
Total	95.16	95.31	94.53	94.79	94.97	95.13	94.40	94.65	94.62	95.21	94.61	94.86	95.17	94.72	94.42	94.66	94.97	95.21	95.12
Si	6.92	6.93	6.92	6.92	6.95	6.95	6.94	6.92	6.96	6.98	6.98	6.99	6.95	6.92	6.94	6.95	6.95	6.93	6.94
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.16	5.12	5.16	5.11	5.10	5.09	5.14	5.11	5.08	5.06	5.08	5.09	5.10	5.13	5.08	5.11	5.06	5.12	5.13
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Ca	3.07	3.06	3.04	3.05	3.05	3.05	3.06	3.03	3.04	3.02	3.00	3.00	3.04	3.06	3.05	3.04	3.02	3.07	3.06
Na	0.82	0.86	0.84	0.91	0.87	0.88	0.83	0.90	0.89	0.89	0.91	0.89	0.88	0.87	0.91	0.89	0.94	0.86	0.85
K	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
∑Cátions	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
%Meionita	79	78	78	77	78	78	79	77	77	77	77	77	78	78	77	77	76	78	78

Tabela A.II.8 – *continuação*

Amostra	TGL-69-A											
Análise	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Cristal	11	12	13_1	13_2	13_3	13_4	13_5	13_6	13_7	13_8	13_9	13_10
SiO_2	44.92	44.58	44.69	44.61	44.50	44.82	44.96	44.93	44.65	44.83	44.39	44.54
TiO_2	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	28.10	27.97	27.87	27.73	27.64	27.64	27.69	27.97	28.00	28.12	27.98	28.03
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.10	0.14	0.11	0.12	0.09	0.04	0.07	0.07	0.05	0.10	0.14	0.07
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	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
CaO	18.29	18.52	18.31	17.96	17.91	18.17	18.00	18.10	18.40	18.33	18.47	18.55
Na_2O	2.86	2.84	3.04	3.00	3.16	3.17	3.11	2.92	2.98	2.99	2.92	2.84
K_2O	0.05	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06
SO_3	0.75	0.64	1.11	1.30	2.33	2.33	1.94	0.94	0.97	0.99	1.00	0.88
Total	95.06	94.80	95.18	94.78	95.69	96.23	95.81	94.98	95.11	95.43	94.96	94.96
Si	6.95	6.92	6.93	6.96	6.94	6.95	6.98	6.97	6.92	6.92	6.89	6.91
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.13	5.12	5.09	5.10	5.08	5.06	5.07	5.12	5.11	5.12	5.12	5.13
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Ca	3.03	3.08	3.04	3.00	3.00	3.02	3.00	3.01	3.05	3.03	3.07	3.08
Na	0.86	0.86	0.91	0.91	0.96	0.96	0.94	0.88	0.90	0.90	0.88	0.86
K	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
∑Cátions	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
%Meionita	78	78	77	77	76	76	76	77	77	77	78	78

Tabela A.II.9 - Análises químicas por microssonda eletrônica em cristais de titanita. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados para 20 oxigênios

Amostra	TGL-38-GR																	
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO_2	30.31	30.47	30.29	30.73	30.70	30.43	30.59	30.69	30.53	30.46	30.50	30.75	30.65	30.63	30.67	30.41	30.53	30.55
TiO_2	37.13	36.83	36.37	37.74	37.72	36.52	37.02	37.42	36.60	37.26	37.12	37.41	37.59	37.98	38.16	37.57	36.85	37.56
Al_2O_3	1.61	1.97	2.10	1.51	1.54	2.07	1.93	1.59	1.94	1.61	1.61	1.62	1.48	1.43	1.24	1.34	2.02	1.31
Cr_2O_3	0.01	0.01	0.03	0.04	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe_2O_3	0.57	0.54	0.61	0.49	0.41	0.71	0.63	0.54	0.62	0.58	0.49	0.64	0.52	0.42	0.51	0.50	0.56	0.44
MnO	0.08	0.05	0.05	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03	0.01	0.02	0.02	0.00	0.03	0.03
MgO	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
CaO	28.68	28.88	28.70	29.19	29.31	28.79	29.11	28.90	29.01	28.86	28.89	28.94	29.09	29.36	29.21	29.03	29.26	29.14
Na_2O	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.05	0.02	0.03	0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03
K_2O	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
Total	98.46	98.77	98.19	99.78	99.74	98.66	99.40	99.22	98.80	98.87	98.63	99.41	99.40	99.89	99.86	98.91	99.29	99.09
Si	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.04	4.03	4.02	4.03	4.03	4.03	4.01	4.01	4.02	4.01	4.03
Al	0.25	0.31	0.33	0.23	0.24	0.32	0.30	0.25	0.30	0.25	0.25	0.25	0.23	0.22	0.19	0.21	0.31	0.20
Ti	3.70	3.66	3.63	3.71	3.71	3.63	3.66	3.70	3.64	3.70	3.69	3.69	3.71	3.74	3.76	3.73	3.65	3.73
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.04
Mg	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Ca	4.07	4.09	4.08	4.09	4.11	4.08	4.10	4.07	4.11	4.08	4.09	4.07	4.09	4.11	4.10	4.11	4.12	4.12
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	0.00
∑Cátions	12.13	12.14	12.15	12.13	12.13	12.16	12.15	12.12	12.15	12.13	12.12	12.12	12.12	12.13	12.12	12.13	12.16	12.13

Tabela A.II.10 - Análises químicas por microssonda eletrônica em cristais de cianita. Os átomos por unidade de fórmula (*a.p.u.f.*) foram calculados para 20 oxigênios

Amostra	TGL-39-E									
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO_2	37.42	37.52	37.58	37.36	37.39	37.16	37.59	37.74	37.24	37.54
TiO_2	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Al_2O_3	62.54	62.83	62.76	62.73	62.26	62.00	62.77	62.94	62.84	62.76
Cr_2O_3	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.06	0.00	0.02
Fe_2O_3	0.63	0.69	0.97	0.64	0.64	0.72	0.69	0.79	0.68	0.70
MnO	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
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02
Na_2O	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01
K_2O	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
Total	100.65	101.11	101.36	100.77	100.33	99.93	101.10	101.54	100.80	101.09
Si	4.02	4.01	4.01	4.01	4.03	4.02	4.02	4.02	4.00	4.02
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	7.92	7.92	7.90	7.93	7.91	7.91	7.91	7.90	7.95	7.92
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabela A.II.11 - Análises químicas por microssonda eletrônica em cristais de epidoto. Os átomos por unidade de fórmula (a.p.u.f.) foram calculados para 12,5 oxigênios.

Amostra	TGL-69-A											
Análise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO_2	37.63	37.21	37.82	37.20	36.93	37.00	36.95	37.50	36.82	37.20	37.42	37.44
TiO_2	0.22	0.16	0.28	0.18	0.23	0.18	0.18	0.18	0.19	0.20	0.19	0.18
Al_2O_3	24.38	24.23	25.16	24.15	23.95	24.12	23.95	24.78	23.53	24.18	24.43	24.52
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	11.65	11.25	10.86	11.90	12.21	11.63	11.63	11.29	11.76	11.61	12.16	12.23
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	0.10	0.12	0.10	0.08	0.09	0.15	0.14	0.10	0.17	0.12	0.05	0.07
CaO	22.73	22.58	22.99	22.71	22.80	22.51	22.32	23.08	22.13	22.37	22.97	22.81
Na_2O	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
K_2O	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02
SO_3	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.05	0.02	0.01
Total	96.71	95.55	97.25	96.28	96.19	95.57	95.20	96.96	94.65	95.77	97.29	97.29
Si	2.98	2.98	2.98	2.99	3.00	3.00	3.00	3.00	3.01	3.01	3.01	3.01
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Al	2.27	2.28	2.29	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.31	2.33	2.35
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}	0.65	0.68	0.69	0.70	0.71	0.71	0.71	0.72	0.72	0.73	0.73	0.74
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Ca	1.94	1.94	1.94	1.95	1.95	1.95	1.95	1.96	1.96	1.96	1.97	1.97
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑Cátions	7.98	7.98	7.98	7.99	8.00	7.99	7.98	8.00	7.98	7.98	7.99	7.99

Tabela A.II.12 – Análises químicas de elementos traço por microssonda eletrônica em cristais de rutilo

Amostra	Análise	30	25	100	75	50	80	85	40	95	85	45	45
		Si	Al	V	Sn	Cr	Sb	Ta	Fe	W	Hf	Zr	Nb
TGL-39-E	rt_2	BD	41	2001	BD	728	BD	227	2927	BD	BD	618	3219
	rt_3	BD	30	4956	BD	1127	BD	200	1146	BD	BD	587	2328
	rt_4	97	40	1699	BD	502	BD	BD	1477	365	BD	624	2205
	rt_5	BD	67	1683	BD	338	BD	BD	1801	BD	BD	616	2096
	rt_6	121	91	2033	BD	136	BD	BD	1316	BD	BD	1078	1785
	rt_7	BD	61	1614	BD	133	BD	BD	1843	BD	BD	1198	2219
	rt_8	BD	56	5192	BD	814	BD	BD	2192	179	BD	450	1877
	rt_9	BD	83	1901	BD	522	BD	BD	1519	BD	BD	752	2227
	rt_10	123	238	1946	BD	531	BD	158	2881	BD	BD	933	2356
	rt_11	76	111	2162	BD	583	BD	BD	1578	BD	BD	755	2299
	rt_12	132	313	1931	BD	479	BD	BD	1729	BD	BD	622	2439
	rt_13	BD	85	2363	BD	156	BD	BD	1515	166	BD	1301	1742
	rt_14	BD	76	2225	BD	233	BD	BD	1733	BD	BD	1367	2009
	rt_15	BD	84	1354	BD	423	BD	BD	1875	253	BD	860	2125
	rt_16	BD	92	1869	BD	539	BD	153	2038	240	BD	785	2644
	rt_17	158	43	1690	BD	479	BD	BD	1552	229	BD	779	2531
	rt_18	142	55	2032	BD	470	BD	BD	1802	218	BD	773	2419
	rt_19	BD	63	1855	BD	366	BD	BD	2301	BD	BD	674	3351
	rt_20	218	57	1518	BD	431	BD	BD	2270	293	BD	716	2973
TGL-57-A	rt_2	50	32	2008	233	833	BD	BD	431	BD	BD	1491	1346
	rt_3	172	76	2081	369	846	BD	BD	588	238	BD	2406	1490
	rt_4	BD	42	2965	293	640	BD	BD	1712	BD	BD	3112	1534
	rt_5	BD	94	2648	259	114	BD	BD	3161	1759	BD	1997	4181
	rt_6	BD	58	3223	280	1010	BD	BD	524	BD	BD	2037	1653
	rt_7	50	29	3411	439	936	BD	BD	881	BD	148	2081	1827
	rt_8	BD	36	2108	235	966	BD	BD	442	BD	BD	1401	1171
	rt_9	96	BD	3228	323	803	BD	BD	543	BD	108	2051	1533
	rt_10	100	180	3140	323	932	BD	BD	545	BD	BD	2453	1587
	rt_11	35	84	1542	179	241	BD	BD	2772	1284	BD	2932	2438
	rt_12	62	51	2064	287	623	BD	88	709	BD	195	1179	1862
	rt_13	50	51	1701	388	415	BD	BD	658	BD	BD	1786	1697
	rt_14	87	26	1137	386	424	BD	BD	476	96	BD	1570	1467

	rt_15	48	91	1706	411	428	BD	BD	935	BD	225	932	1636
	rt_16	BD	40	1754	285	527	BD	BD	581	111	BD	862	1592
	rt_17	BD	30	1243	353	456	BD	BD	644	BD	BD	2174	1487
	rt_18	217	35	2405	380	1103	BD	BD	586	BD	109	2198	1491
	rt_20	44	30	2957	391	733	BD	BD	721	BD	BD	2359	1487
	rt_21	243	88	3057	429	830	BD	BD	620	BD	148	2310	1705
	rt_22	185	33	2699	393	862	BD	85	546	155	91	2293	1445
	rt_23	86	62	2151	221	99	BD	BD	3771	BD	265	3029	601
	rt_24	BD	60	2785	264	227	BD	BD	1979	149	BD	2654	1327
	rt_25	64	60	2058	423	800	BD	BD	677	243	88	2372	1595
	rt_26	37	34	3357	306	1236	BD	BD	361	135	BD	2056	1343
	rt_27	136	66	2795	354	1043	BD	106	503	BD	92	1800	1513
	rt_28	66	62	1263	390	559	BD	97	551	BD	BD	1116	1571
	rt_30	BD	55	1696	313	159	BD	BD	1349	293	BD	1323	1084
	rt_32	59	796	2148	340	356	BD	BD	4115	1837	BD	2781	4270
	rt_34	BD	72	1332	161	495	BD	BD	1759	278	BD	1483	2960
	rt_35	BD	94	2232	368	204	BD	BD	3204	1654	BD	2775	4081
	rt_36	72	648	2105	128	178	BD	BD	3133	506	100	2731	1967
	rt_37	100	50	2566	405	829	BD	BD	370	109	103	954	1754
	rt_38	165	54	1278	291	312	BD	BD	865	BD	BD	789	1405
	rt_39	54	49	3072	408	1209	BD	BD	457	114	101	2352	962
	rt_40	BD	774	2389	375	824	BD	144	489	BD	BD	1961	1661
	rt_41	36	71	1660	444	561	BD	BD	672	BD	BD	1546	1625
	rt_42	97	40	2006	247	729	BD	BD	686	BD	BD	2215	1346
	rt_44	104	41	2937	301	1186	BD	155	276	BD	BD	1221	1843
	rt_45	BD	28	2939	365	785	BD	165	620	BD	BD	2166	1887
	rt_46	BD	30	1986	294	682	BD	BD	425	BD	BD	1092	1468
TGL-17-21	rt_1	BD	68	1712	BD	1406	BD	BD	2172	BD	BD	2181	792
	rt_2	BD	43	1539	BD	1385	BD	218	1710	BD	BD	1989	837
	rt_3	BD	37	1706	BD	1199	BD	BD	1671	BD	BD	1468	929
	rt_4	BD	672	1735	BD	1317	BD	BD	1467	BD	BD	2027	416
	rt_5	BD	291	1345	BD	1153	BD	BD	1701	BD	BD	2130	476
	rt_6	BD	55	1774	BD	1414	BD	BD	1385	BD	BD	1916	481
	rt_7	BD	517	1772	BD	1411	BD	BD	2010	BD	BD	2221	539
	rt_8	BD	31	1639	BD	1372	BD	BD	1496	BD	BD	1965	532

	rt_9	BD	32	1839	BD	1712	BD	BD	1393	BD	BD	1299	554
	rt_10	BD	293	1546	BD	1692	BD	BD	1340	BD	BD	1866	544
	rt_11	BD	1826	1909	BD	1250	BD	BD	3809	BD	143	1737	564
	rt_12	76	2554	1658	BD	1246	BD	BD	5649	BD	BD	1637	590
	rt_13	BD	41	1649	BD	1471	BD	BD	1348	BD	BD	2204	577
	rt_14	BD	233	1580	BD	1603	BD	BD	1388	BD	BD	2020	569
	rt_15	BD	325	1686	BD	1445	BD	BD	1578	BD	BD	2057	619
	rt_16	BD	150	1746	BD	1226	BD	BD	1581	BD	BD	1856	439
	rt_17	BD	34	1848	BD	1577	BD	BD	1398	BD	BD	1302	443
	rt_18	BD	216	2374	BD	1635	BD	BD	1261	BD	BD	2262	542
	rt_19	BD	244	2096	BD	1836	BD	BD	1126	BD	BD	2134	488
	rt_20	BD	338	1620	BD	1633	BD	BD	1510	BD	BD	1740	488

BD – abaixo do limite de detecção

APÊNDICE III

Tabelas de Geotermobarometria

Tabela A.III.1 – Teores de Zr (em ppm) em cristais de rutilo e temperaturas calculadas utilizando o termômetro Zr-em-rutilo de Tomkins et al. (2007) para o campo do quartzo α para pressões fixadas em 10, 13 e 15 kbar para a amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (amostra TGL-39-E).

Análise	Textura	Zr (ppm)	Temperatura (°C)					
			10 kbar	Erros (2σ)	13 kbar	Erros (2σ)	15 kbar	Erros (2σ)
rt_2	inclusão	618	712	±6	725	±6	735	±2
rt_3	inclusão	587	707	±6	721	±6	730	±2
rt_4	matriz	624	713	±6	726	±6	736	±2
rt_5	matriz	616	711	±6	725	±6	734	±2
rt_6	matriz	1078	765	±4	780	±4	790	±2
rt_7	matriz	1198	776	±4	791	±4	801	±3
rt_8	inclusão	450	683	±8	697	±8	706	±2
rt_9	inclusão	752	730	±5	744	±5	753	±2
rt_10	inclusão	933	751	±5	765	±5	775	±3
rt_11	inclusão	755	730	±5	744	±5	754	±2
rt_12	inclusão	622	712	±6	726	±6	735	±2
rt_13	matriz	1301	785	±4	800	±4	810	±2
rt_14	matriz	1367	790	±3	805	±4	815	±4
rt_15	matriz	860	743	±5	757	±5	767	±2
rt_16	matriz	785	734	±5	748	±5	758	±2
rt_17	matriz	779	733	±5	747	±5	757	±2
rt_18	matriz	773	733	±5	747	±5	756	±2
rt_19	matriz	674	720	±5	734	±6	743	±3
rt_20	matriz	716	725	±5	739	±5	749	±2

Tabela A.III.2 – Teores de Zr (em ppm) em cristais de rutilo e temperaturas calculadas utilizando o termômetro Zr-em-rutilo de Tomkins et al. (2007) para o campo do quartzo α para pressões fixadas em 10, 13 e 15 kbar para a amostra de biotita-granada paragnaisse com rutilo (amostra TGL-57-A).

Análise	Textura	Zr (ppm)	Temperatura (°C)					
			10 kbar	Erros (2σ)	13 kbar	Erros (2σ)	15 kbar	Erros (2σ)
rt_2	matriz	1491	800	±4	815	±4	825	±4
rt_3	matriz	2406	854	±3	870	±3	881	±3
rt_4	inclusão	3112	886	±3	902	±3	913	±3
rt_5	inclusão	1997	832	±4	848	±4	858	±4
rt_6	matriz	2037	835	±4	850	±4	860	±4
rt_7	matriz	2081	837	±3	853	±4	863	±4
rt_8	matriz	1401	793	±4	808	±4	818	±5
rt_9	matriz	2051	835	±4	851	±4	861	±4
rt_10	matriz	2453	857	±3	872	±3	883	±3
rt_11	inclusão	2932	878	±3	895	±3	905	±3
rt_12	matriz	1179	775	±5	789	±5	799	±5
rt_13	matriz	1786	820	±4	835	±4	845	±4
rt_14	matriz	1570	805	±4	820	±4	830	±4
rt_15	matriz	932	751	±6	765	±6	775	±6
rt_16	matriz	862	743	±6	757	±6	767	±6
rt_17	matriz	2174	842	±3	858	±3	868	±3
rt_18	matriz	2198	843	±3	859	±3	870	±3
rt_20	matriz	2359	852	±3	868	±3	878	±3
rt_21	matriz	2310	849	±3	865	±3	876	±3
rt_22	matriz	2293	849	±3	864	±3	875	±3
rt_23	inclusão	3029	883	±3	899	±3	909	±3
rt_24	inclusão	2654	866	±3	882	±3	893	±3
rt_25	matriz	2372	853	±3	868	±3	879	±3
rt_26	matriz	2056	836	±4	851	±4	861	±4
rt_27	matriz	1800	820	±4	836	±4	846	±4
rt_28	matriz	1116	769	±5	784	±5	793	±5
rt_30	inclusão	1323	787	±5	802	±5	811	±5
rt_32	inclusão	2781	872	±3	888	±3	899	±3
rt_34	inclusão	1483	799	±4	814	±4	824	±4
rt_35	inclusão	2775	872	±3	888	±3	898	±3
rt_36	inclusão	2731	870	±3	886	±3	896	±3
rt_37	matriz	954	753	±6	767	±6	777	±6
rt_38	matriz	789	735	±7	749	±7	758	±7
rt_39	matriz	2352	852	±3	867	±3	878	±3
rt_40	matriz	1961	830	±4	846	±4	856	±4
rt_41	matriz	1546	804	±4	819	±4	829	±4
rt_42	matriz	2215	844	±3	860	±3	870	±3
rt_44	matriz	1221	778	±5	793	±5	803	±5
rt_45	matriz	2166	842	±3	857	±3	868	±3
rt_46	matriz	1092	767	±5	781	±5	791	±5

Tabela A.III.3 – Teores de Zr (em ppm) em cristais de rutilo e temperaturas calculadas utilizando o termômetro Zr-em-rutilo de Tomkins et al. (2007) para o campo do quartzo α para pressões fixadas em 10, 13 e 15 kbar para a amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21).

Análise	Textura	Zr (ppm)	Temperatura (°C)					
			10 kbar	Erros (2σ)	13 kbar	Erros (2σ)	15 kbar	Erros (2σ)
rt_1	matriz	2181	843	±2	858	±2	869	±2
rt_2	matriz	1989	832	±2	847	±2	858	±2
rt_3	matriz	1468	798	±2	813	±2	823	±2
rt_4	matriz	2027	834	±2	850	±2	860	±2
rt_5	matriz	2130	840	±3	855	±3	866	±3
rt_6	matriz	1916	828	±3	843	±3	853	±3
rt_7	matriz	2221	845	±2	860	±2	871	±2
rt_8	matriz	1965	830	±3	846	±3	856	±3
rt_9	matriz	1299	785	±3	800	±3	809	±3
rt_10	matriz	1866	825	±2	840	±2	850	±2
rt_11	matriz	1737	816	±3	832	±3	842	±3
rt_12	matriz	1637	810	±2	825	±2	835	±2
rt_13	matriz	2204	844	±5	859	5	870	5
rt_14	matriz	2020	834	±2	849	±2	859	±2
rt_15	matriz	2057	836	±2	851	±2	862	±2
rt_16	matriz	1856	824	±2	839	±2	849	±2
rt_17	matriz	1302	785	±2	800	±2	810	±2
rt_18	matriz	2262	847	±3	863	±3	873	±3
rt_19	matriz	2134	840	±2	856	±2	866	±2
rt_20	matriz	1740	817	±2	832	±2	842	±2

APÊNDICE IV

Tabela de geoquímica de rocha total

Tabela A.IV.1 – Análises de geoquímica de rocha total de elementos maiores (em % peso), menores (em ppm), traço (em ppm) e ETR (em ppm) de amostras de retroeclogito.

Amostra	TGL-38.A	TGL-38.B	TGL-38.C	TGL-38.D	TGL-38.E	TGL-38.F	TGL-38.G
SiO_2	46,22	45,63	45,77	47,39	49,3	50	49,3
TiO_2	1,9	1,77	1,81	2,53	2,29	2,19	2,2
Al_2O_3	14,84	14,6	15,31	12,83	12,6	14,5	14,6
Fe_2O_3	15,64	14,61	15,12	17,7	16,1	15,4	15,8
MnO	0,24	0,26	0,27	0,27	0,24	0,26	0,3
MgO	7,11	7,34	7,62	5,34	5,94	7,74	6,95
CaO	12,72	13,07	13,88	11,62	10,88	9,98	9,37
Na_2O	2,43	1,85	1,79	1,85	1,8	1,27	1,21
K_2O	0,23	0,33	0,05	0,03	0,21	0,09	0,13
P_2O_5	0,13	0,13	0,12	0,3	0,22	0,12	0,14
LOI	0,1	0,17	0,06	0,15	0,48	0,08	0,64
Total	101,4	99,8	101,7	100	100,1	101,63	100,64
Sc	59,2	57,7	59,1	*	*	35,7	36,2
V	371	353	367	442,5	440,7	350	312
Cr	68,42	205,26	205,26	239,3	227,7	77	71
Co	67	123,1	40,8	63,9	34	44,1	41,2
Ni	100	106	39	43,4	21	89,3	82,7
Cu	72	193	67	71,6	113,4	85,4	156,2
Zn	144	131	131	98,6	93,8	113	105
Rb	2,1	4,7	0,8	8,9	9,1	1,7	2,7
Cs	*	0,1	*	*	*	*	*
Sr	122	74	68	122,3	157,5	91,6	134,7
Ba	51	176	21	18,3	165,1	77	63
Y	37,67	33,05	44,48	39	42	34,11	38,19
Zr	104	98	106	112	111	117,9	122,7
Hf	2,6	2,68	2,43	*	*	2,79	2,88
Nb	11,31	7,47	5,38	6	5	7,8	7,1
Ta	*	*	*	*	*	0,77	0,65
Pb	*	*	*	*	*	1,7	2,2
Th	0,9	0,5	0,3	*	*	0,5	0,8
U	0,32	0,17	0,36	*	*	0,18	0,34
Ga	18,2	17,2	16,8	18	19	17	14,8
Li	*	*	*	*	*	12	11
Be	*	*	*	*	*	0,9	0,8
W	0,8	*	0,2	*	*	0,3	0,4
Sn	1,9	2,5	1,4	*	*	1,2	1,3
Mo	*	*	*	*	*	0,3	0,57
La	8,6	8,8	12,4	5,3	18,7	13,4	10,9
Ce	15,2	19,7	19,5	31,2	22,2	18,9	14,1
Pr	2,46	2,83	4,04	*	*	3,75	2,89
Nd	14	15,9	22,7	*	*	18,5	14,9
Sm	4,4	5,3	6,8	*	*	5,5	5,2
Eu	1,61	1,74	2,42	*	*	1,8	1,7
Gd	6,44	6,18	8,28	*	*	6,18	5,68
Tb	1,11	1,05	1,32	*	*	1,15	1,1
Dy	7,62	6,6	8,22	*	*	7,2	7,1
Ho	1,61	1,41	1,72	*	*	1,6	1,5
Er	4,22	3,9	4,61	*	*	4,48	4,1
Tm	0,6	0,53	0,61	*	*	0,64	0,62
Yb	3,5	3,1	4	*	*	3,1	3,6
Lu	0,31	0,27	0,36	*	*	0,34	0,42
∑ETR	71,68	77,31	96,98	*	*	86,54	73,81

APÊNDICE V

Tabelas de análises de geocronologia U/Pb em zircão

Tabela A.V.1 – Análises isotópicas U/Pb em cristais de zircão por LA-ICP-MS da amostra de biotita-granada paragnaisse quartzoso com cianita, rutilo e muscovita (amostra TGL-39-E)

Spot	U	2se	Th	2se	Pb	2se	Th/U	$^{207}Pb/^{206}Pb$	2s	$^{207}Pb/^{235}U$	2s	$^{206}Pb/^{238}U$	2s	Rho	$^{207}Pb/^{206}Pb$	2s	$^{206}Pb/^{238}U$	2s	$^{207}Pb/^{235}U$	2s	% conc[2]
Spot 57	21	1	25	1	8	0	1	0.0660	0.0037	0.920	0.041	0.1124	0.0039	0.70	663	115	682	22	655	21	104
Spot 58	19	1	23	1	9	1	1	0.0627	0.0034	0.924	0.044	0.1162	0.0037	0.62	616	105	706	21	669	22	106
Spot 59	21	1	25	1	8	0	1	0.0605	0.0030	0.857	0.041	0.1087	0.0036	0.42	546	111	661	21	619	22	107
Spot 60	19	1	24	1	8	0	1	0.0685	0.0038	0.949	0.047	0.1114	0.0037	0.51	734	113	681	22	665	24	102
Spot 61	28	1	32	1	10	1	1	0.0625	0.0027	0.894	0.036	0.1075	0.0029	0.50	664	96	658	17	639	19	103
Spot 62	136	3	65	3	21	1	0	0.0589	0.0013	0.929	0.020	0.1138	0.0021	0.46	529	50	696	12	664	11	105
Spot 63	36	1	41	1	14	1	1	0.0627	0.0025	0.912	0.032	0.1078	0.0027	0.48	646	90	660	16	652	17	101
Spot 64	23	1	32	1	10	1	1	0.0647	0.0034	0.876	0.038	0.1075	0.0033	0.73	603	108	656	19	626	21	105
Spot 65	47	2	37	1	12	1	1	0.0605	0.0021	0.883	0.028	0.1050	0.0025	0.38	569	75	645	15	638	15	101
Spot 66	23	1	25	1	9	0	1	0.0629	0.0031	0.914	0.040	0.1092	0.0036	0.45	638	106	664	21	649	21	102
Spot 67	32	1	41	1	13	1	1	0.0626	0.0025	0.958	0.035	0.1162	0.0031	0.51	590	86	706	18	674	18	105
Spot 68	32	1	40	1	12	1	1	0.0655	0.0029	0.855	0.033	0.1029	0.0027	0.54	685	92	630	16	626	18	101
Spot 69	66	1	87	1	25	1	1	0.0604	0.0018	0.903	0.024	0.1132	0.0025	0.49	564	66	689	14	652	13	106
Spot 70	30	1	37	1	11	1	1	0.0662	0.0030	0.912	0.035	0.1082	0.0031	0.55	643	94	660	18	652	18	101
Spot 71	31	1	38	1	11	0	1	0.0641	0.0026	0.948	0.035	0.1137	0.0031	0.49	673	85	691	18	674	18	103
Spot 72	31	1	41	1	12	1	1	0.0609	0.0025	0.862	0.032	0.1099	0.0029	0.49	628	89	669	17	635	17	105
Spot 73	76	2	97	3	30	1	1	0.0632	0.0027	0.869	0.032	0.1060	0.0031	0.48	649	93	649	18	630	17	103
Spot 74	80	3	95	3	28	1	1	0.0614	0.0020	0.859	0.025	0.1062	0.0025	0.47	602	71	650	15	625	14	104
Spot 75	35	1	41	1	12	1	1	0.0630	0.0025	0.886	0.034	0.1055	0.0028	0.45	659	86	646	16	632	18	102
Spot 76	32	1	34	1	11	0	1	0.0606	0.0025	0.914	0.035	0.1142	0.0032	0.49	507	95	695	19	658	19	106
Spot 77	71	1	69	2	19	1	1	0.0610	0.0018	0.875	0.024	0.1030	0.0021	0.48	605	67	633	12	638	13	99
Spot 78	38	2	50	2	14	1	1	0.0630	0.0025	0.908	0.032	0.1033	0.0028	0.50	685	82	631	16	649	17	97
Spot 79	44	2	56	2	15	1	1	0.0678	0.0029	0.914	0.033	0.0979	0.0025	0.63	760	88	601	15	649	17	93
Spot 80	56	2	69	2	18	1	1	0.0615	0.0021	0.864	0.026	0.0986	0.0024	0.55	581	78	606	14	629	14	96
Spot 81	52	2	72	2	20	1	**1**	0.0617	0.0023	0.863	0.029	0.0988	0.0024	0.52	598	80	606	14	635	16	95
Spot 82	44	2	63	2	18	1	1	0.0642	0.0025	0.905	0.033	0.1011	0.0026	0.50	673	84	623	15	647	17	96
Spot 83	221	6	53	2	16	1	0	0.0611	0.0011	0.908	0.019	0.1012	0.0019	0.41	634	39	620	11	653	10	95
Spot 84	88	2	132	3	40	1	2	0.0628	0.0017	0.935	0.024	0.1036	0.0022	0.44	665	60	634	13	665	12	95
Spot 85	188	5	21	1	6	0	0	0.0617	0.0013	0.927	0.020	0.1039	0.0020	0.44	645	44	636	12	666	10	96
Spot 86	32	1	42	1	13	1	1	0.0628	0.0029	0.909	0.036	0.1083	0.0031	0.63	543	103	664	18	650	19	102
Spot 87	45	1	55	1	18	1	1	0.0628	0.0023	0.903	0.031	0.1089	0.0026	0.41	632	80	667	15	652	17	102
Spot 88	36	1	39	1	11	0	1	0.0626	0.0026	0.860	0.032	0.1065	0.0026	0.46	582	93	650	15	631	17	103
Spot 89	37	1	43	1	13	1	1	0.0628	0.0027	0.862	0.033	0.1053	0.0027	0.52	630	90	646	16	629	17	103
Spot 90	190	5	37	1	12	1	0	0.0607	0.0012	0.960	0.021	0.1180	0.0023	0.38	600	43	718	13	684	11	105
Spot 91	65	2	71	2	21	1	1	0.0577	0.0019	0.814	0.025	0.1038	0.0022	0.40	426	77	638	13	603	14	106
Spot 92	46	1	52	1	15	0	1	0.0601	0.0021	0.868	0.028	0.1041	0.0025	0.53	562	79	638	15	641	15	99
Spot 93	35	1	38	1	13	1	1	0.0665	0.0027	1.012	0.036	0.1093	0.0028	0.49	776	85	667	16	703	19	95
Spot 94	58	1	93	2	26	1	2	0.0611	0.0020	0.869	0.027	0.0995	0.0022	0.40	595	72	612	13	631	15	97
Spot 95	34	1	39	1	11	0	1	0.0640	0.0026	0.871	0.033	0.0969	0.0026	0.52	649	89	597	15	633	17	94

Spot 96	83	3	172	4	48	2	2	0.0623	0.0017	0.896	0.025	0.1013	0.0020	0.43	656	62	620	12	652	14	95
Spot 97	84	3	167	3	48	2	2	0.0603	0.0017	0.870	0.023	0.1081	0.0023	0.39	596	64	660	13	631	13	105
Spot 98	47	2	72	3	22	1	2	0.0600	0.0023	0.854	0.030	0.1081	0.0025	0.53	535	83	660	15	617	16	107
Spot 99	79	1	59	2	18	1	1	0.0593	0.0018	0.859	0.025	0.1099	0.0021	0.44	550	69	671	12	629	13	107
Spot 100	42	1	54	2	16	1	1	0.0632	0.0026	0.878	0.034	0.1083	0.0028	0.41	595	93	663	16	629	18	105
Spot 101	43	1	57	1	17	1	1	0.0647	0.0025	0.881	0.031	0.1070	0.0027	0.64	637	83	654	16	637	16	103
Spot 102	38	1	44	1	13	1	1	0.0612	0.0025	0.911	0.034	0.1117	0.0029	0.42	594	92	685	17	649	17	106
Spot 103	59	3	83	4	24	1	1	0.0621	0.0025	0.850	0.028	0.1057	0.0026	0.62	585	82	647	15	622	16	104
Spot 104	39	1	50	2	16	1	**1**	0.0616	0.0025	0.885	0.033	0.1062	0.0028	0.44	606	90	650	16	642	17	101
Spot 105	38	1	47	2	13	1	1	0.0630	0.0026	0.913	0.036	0.1065	0.0029	0.41	623	90	650	17	647	18	100
Spot 106	55	1	84	2	25	1	2	0.0623	0.0023	0.880	0.029	0.1041	0.0024	0.54	645	80	637	14	638	16	100
Spot 107	44	2	53	2	17	1	1	0.0620	0.0027	0.896	0.035	0.1066	0.0027	0.41	638	93	651	16	642	19	101
Spot 108	281	12	36	1	12	1	0	0.0620	0.0016	0.875	0.021	0.1005	0.0021	0.49	647	56	616	12	637	11	97
Spot 109	59	2	63	2	20	1	1	0.0605	0.0024	0.847	0.029	0.1017	0.0025	0.64	527	87	623	14	616	16	101
Spot 110	64	2	75	2	23	1	1	0.0626	0.0024	0.894	0.029	0.1024	0.0025	0.49	619	85	629	15	643	16	98
Spot 111	64	2	76	2	24	1	1	0.0602	0.0022	0.847	0.028	0.1018	0.0025	0.46	595	79	624	14	616	15	101
Spot 112	64	2	75	2	23	1	1	0.0606	0.0022	0.845	0.028	0.0993	0.0023	0.49	514	85	608	14	620	15	98
Spot 113	100	4	193	6	60	2	2	0.0613	0.0019	0.891	0.026	0.1031	0.0022	0.45	591	66	632	13	642	14	98
Spot 115	52	2	71	2	23	1	1	0.0630	0.0024	0.930	0.033	0.1032	0.0026	0.46	645	84	634	15	664	17	96
Spot 116	44	2	54	2	17	1	1	0.0637	0.0027	0.888	0.035	0.0996	0.0027	0.48	655	92	610	16	647	18	94
Spot 117	45	1	52	1	15	1	1	0.0611	0.0025	0.832	0.032	0.1012	0.0027	0.40	578	92	623	15	600	18	104
Spot 118	36	1	44	1	14	1	1	0.0642	0.0029	0.890	0.034	0.1071	0.0030	0.60	607	95	657	18	644	18	102
Spot 119	37	1	44	1	14	1	1	0.0642	0.0028	0.905	0.035	0.1101	0.0030	0.51	686	93	672	17	653	19	103
Spot 120	32	1	40	1	13	1	1	0.0605	0.0026	0.900	0.037	0.1102	0.0030	0.44	585	95	671	17	652	20	103
Spot 121	32	1	46	1	14	1	1	0.0620	0.0029	0.871	0.038	0.1074	0.0030	0.43	649	96	655	17	630	20	104
Spot 122	34	1	42	1	13	1	1	0.0636	0.0029	0.933	0.040	0.1145	0.0033	0.63	668	96	696	19	663	21	105
Spot 123	31	1	40	1	13	1	1	0.0633	0.0031	0.918	0.040	0.1125	0.0033	0.53	612	97	688	19	644	21	107
Spot 124	35	1	47	1	14	1	1	0.0660	0.0028	0.921	0.037	0.1066	0.0030	0.55	742	93	652	18	653	19	100
Spot 125	36	1	46	1	14	1	1	0.0657	0.0030	0.882	0.037	0.1040	0.0029	0.51	650	100	636	17	630	20	101
Spot 126	41	1	55	1	16	1	1	0.0609	0.0027	0.837	0.033	0.1023	0.0026	0.53	539	100	626	15	607	19	103
Spot 127	44	1	58	1	17	1	1	0.0632	0.0026	0.873	0.031	0.1021	0.0026	0.58	606	93	625	15	628	17	100
Spot 128	40	2	46	2	14	1	1	0.0622	0.0028	0.839	0.037	0.1022	0.0028	0.46	600	96	626	16	610	20	103
Spot 129	37	1	46	1	14	1	1	0.0647	0.0030	0.879	0.036	0.1019	0.0029	0.55	649	98	623	17	632	20	98
Spot 130	31	1	35	1	11	0	1	0.0652	0.0030	0.891	0.037	0.1034	0.0030	0.53	657	99	633	17	643	20	99
Spot 131	39	1	52	1	15	1	1	0.0611	0.0026	0.853	0.033	0.1037	0.0027	0.53	557	90	635	16	622	18	102
Spot 132	38	1	45	1	16	1	1	0.0606	0.0024	0.906	0.032	0.1082	0.0027	0.51	592	89	661	16	644	17	103
Spot 133	39	1	42	1	14	1	1	0.0642	0.0027	0.885	0.033	0.1012	0.0027	0.49	717	89	622	16	643	18	97
Spot 134	67	2	86	2	29	1	1	0.0632	0.0020	0.968	0.031	0.1104	0.0024	0.37	663	70	675	14	683	16	99
Spot 135	54	2	64	2	19	1	1	0.0630	0.0025	0.868	0.031	0.1013	0.0023	0.49	647	83	620	14	626	16	99
Spot 136	55	2	62	2	19	1	1	0.0619	0.0024	0.833	0.027	0.0999	0.0023	0.51	619	84	612	14	614	15	100
Spot 137	48	2	58	2	18	1	1	0.0615	0.0024	0.861	0.031	0.1037	0.0024	0.52	611	85	635	14	624	17	102
Spot 138	48	2	61	2	19	1	1	0.0627	0.0025	0.894	0.032	0.1040	0.0026	0.55	644	87	636	15	642	17	99
Spot 139	48	2	52	2	15	1	1	0.0609	0.0025	0.848	0.032	0.1017	0.0027	0.43	605	85	622	16	623	18	100

Spot 140	45	2	55	2	17	1	1	0.0599	0.0025	0.843	0.033	0.1013	0.0024	0.46	471	90	622	14	616	18	101
Spot 141	45	2	60	2	20	1	1	0.0627	0.0028	0.917	0.035	0.1090	0.0028	0.66	591	93	668	16	651	19	103
Spot 143	38	2	43	2	14	1	1	0.0666	0.0036	0.875	0.039	0.1018	0.0030	0.80	563	107	623	18	620	21	101
Spot 144	34	2	38	2	13	1	1	0.0618	0.0033	0.875	0.042	0.1042	0.0033	0.59	700	107	636	19	645	21	99
Spot 145	31	1	36	2	12	1	1	0.0650	0.0035	0.891	0.040	0.1048	0.0034	0.65	682	100	640	20	644	20	99
Spot 146	76	4	134	7	43	3	2	0.0600	0.0022	0.859	0.029	0.1036	0.0024	0.44	530	78	635	14	624	16	102
Spot 147	38	2	44	2	13	1	1	0.0688	0.0035	0.920	0.037	0.1057	0.0029	0.68	724	94	649	17	657	19	99
Spot 148	45	2	54	2	15	1	1	0.0612	0.0027	0.846	0.033	0.1016	0.0026	0.53	619	89	622	15	615	18	101
Spot 149	68	2	95	2	26	1	1	0.0602	0.0019	0.859	0.027	0.1039	0.0023	0.40	579	70	636	14	625	14	102
Spot 150	45	2	52	2	15	1	1	0.0613	0.0024	0.833	0.031	0.0993	0.0026	0.50	582	84	609	15	606	17	101
Spot 151	40	1	52	1	15	1	1	0.0615	0.0027	0.910	0.037	0.1078	0.0031	0.44	581	97	657	18	654	19	101
Spot 152	43	2	53	1	15	1	1	0.0642	0.0026	0.908	0.033	0.1048	0.0028	0.57	614	88	643	16	648	18	99
Spot 153	33	1	43	1	13	1	1	0.0613	0.0029	0.891	0.040	0.1085	0.0032	0.49	597	102	661	19	635	22	104
Spot 154	38	1	43	1	12	1	1	0.0655	0.0030	0.859	0.034	0.0997	0.0026	0.53	674	95	610	15	619	18	99
Spot 155	45	2	58	2	17	1	1	0.0643	0.0027	0.885	0.032	0.1016	0.0029	0.55	728	83	622	17	643	17	97
Spot 156	44	2	53	2	16	1	1	0.0605	0.0026	0.883	0.034	0.1035	0.0027	0.45	543	94	634	16	633	18	100
Spot 157	42	2	55	2	17	1	1	0.0603	0.0027	0.866	0.033	0.1053	0.0028	0.52	584	97	646	16	627	18	103
Spot 158	39	2	52	2	16	1	1	0.0594	0.0027	0.811	0.034	0.1026	0.0027	0.50	493	104	627	16	597	19	105
Spot 159	33	2	37	1	12	1	1	0.0634	0.0032	0.857	0.038	0.1052	0.0031	0.53	658	99	643	18	621	21	104
Spot 160	27	1	35	1	11	1	1	0.0640	0.0037	0.854	0.041	0.1085	0.0034	0.77	562	107	665	20	630	21	106
Spot 161	49	1	60	1	20	1	1	0.0625	0.0024	0.917	0.033	0.1099	0.0030	0.44	606	86	669	17	656	17	102
Spot 162	24	1	26	1	9	1	1	0.0593	0.0034	0.833	0.044	0.1091	0.0036	0.41	584	113	665	21	593	26	112

Análises em vermelho não foram utilizadas no cálculo da concórdia

Tabela A.V.2 – Análises isotópicas U/Pb em cristais de zircão por LA-ICP-MS da amostra de rutilo-granada ortognaisse tonalítico com biotita (amostra TGL-34-A)

Spot	U	2se	Th	2se	Pb	2se	Th/U	$^{207}Pb/^{235}U$	2s	$^{206}Pb/^{238}U$	2s	Rho	$^{207}Pb/^{206}Pb$	2s	$^{206}Pb/^{238}U$	2s	$^{207}Pb/^{235}U$	2s	% conc^{2}
Spot_1	299	7	33	1	20	1	0.11	1.261	0.032	0.1254	0.0034	0.47	1046	35	762	19	828	15	92
Spot_3	228	6	331	6	269	6	1.45	4.708	0.071	0.3119	0.0054	0.58	1802	16	1745	27	1764	13	97
Spot_4	96	3	36	1	40	2	0.38	6.94	0.16	0.367	0.011	0.54	2228	25	2000	49	2103	20	90
Spot_9	221	6	12	1	3	0	0.05	0.858	0.02	0.1014	0.0021	0.39	671	26	622	12	626	11	99
Spot_10	148	8	111	2	34	1	0.75	0.964	0.027	0.1095	0.0027	0.34	789	37	670	16	683	14	98
Spot_12	190	7	11	1	3	0	0.06	0.854	0.026	0.1007	0.0028	0.48	656	36	618	16	625	14	99
Spot_13	90	4	97	3	28	1	1.07	0.897	0.031	0.0986	0.0026	0.32	904	38	606	15	647	17	94
Spot_14	150	6	6	0	2	0	0.04	0.862	0.024	0.1014	0.0026	0.38	700	37	623	15	627	13	99
Spot_16	144	5	8	0	3	0	0.06	0.916	0.029	0.1059	0.0031	0.39	745	42	647	18	661	15	98
Spot_18	61	3	9	1	5	1	0.15	1.093	0.048	0.1148	0.0036	0.32	1068	51	701	21	754	24	93
Spot_19	197	8	10	0	3	0	0.05	0.845	0.022	0.1015	0.0023	0.34	659	32	624	14	619	12	101
Spot_20	378	17	70	3	20	1	0.19	1.037	0.024	0.1112	0.0025	0.40	831	29	681	14	719	12	95
Spot_21	459	19	41	3	14	1	0.09	1.168	0.066	0.1171	0.0039	0.56	949	65	711	22	757	27	94
Spot_23	162	5	116	3	112	4	0.72	10.44	0.22	0.436	0.011	0.70	2580	19	2321	49	2474	19	90
Spot_24	229	10	59	1	21	1	0.26	1.047	0.036	0.1257	0.0038	0.48	689	40	766	21	730	18	105
Spot_26	184	5	16	1	9	1	0.08	0.965	0.036	0.1054	0.0034	0.43	867	46	645	20	681	19	95
Spot_30	39	1	31	1	11	1	0.78	1.185	0.065	0.1248	0.0047	0.13	1090	73	756	27	780	30	97
Spot_31	334	8	9	0	3	0	0.03	0.86	0.023	0.1034	0.0027	0.46	682	30	633	16	631	13	100
Spot_32	119	4	9	1	3	0	0.07	0.828	0.03	0.1012	0.0029	0.39	681	39	621	17	608	16	102
Spot_37	239	13	9	0	3	0	0.04	0.877	0.029	0.101	0.003	0.43	786	37	618	17	637	16	97
Spot_38	107	4	95	2	123	4	0.89	11.94	0.27	0.497	0.013	0.60	2641	20	2585	55	2592	22	98
Spot_45	326	8	136	8	123	6	0.42	6.8	0.16	0.3647	0.0099	0.64	2182	20	1999	47	2086	21	92
Spot_46	328	13	14	1	4	0	0.04	0.846	0.022	0.1018	0.0023	0.53	635	26	624	13	621	12	100
Spot_48	107	4	82	2	67	3	0.77	4.78	0.13	0.325	0.0098	0.60	1774	29	1802	47	1779	24	102
Spot_49	83	3	173	4	53	2	2.08	0.883	0.037	0.1037	0.0033	0.35	878	43	632	19	638	20	99
Spot_50	246	8	21	1	5	0	0.09	0.829	0.022	0.0994	0.0022	0.37	634	30	609	13	608	12	100
Spot_51	84	3	48	4	37	3	0.57	5.73	0.18	0.334	0.01	0.62	2028	29	1854	49	1930	27	91
Spot_53	223	10	64	3	17	1	0.29	0.978	0.033	0.1053	0.0024	0.22	822	46	645	14	680	16	95
Spot_58	34	2	13	0	4	0	0.39	1.117	0.064	0.1252	0.005	0.21	1197	64	761	28	761	29	100
Spot_60	78	3	43	1	41	2	0.56	8.01	0.24	0.398	0.013	0.58	2335	27	2141	60	2227	28	92
Spot_61	94	3	79	2	29	1	0.84	1.383	0.042	0.1446	0.0035	0.33	971	37	867	20	876	18	99
Spot_62	209	9	46	1	16	1	0.22	1.102	0.036	0.1237	0.0039	0.39	832	38	749	22	747	17	100
Spot_64	269	7	16	1	4	0	0.06	0.864	0.022	0.103	0.0022	0.29	737	30	631	13	629	12	100
Spot_65	211	8	29	2	9	1	0.14	0.858	0.03	0.1016	0.0032	0.39	739	39	621	18	623	16	100
Spot_68	120	5	149	5	136	6	1.25	6.04	0.15	0.3501	0.0091	0.54	2005	24	1922	43	1974	22	96
Spot_69	219	10	10	0	4	0	0.04	0.86	0.024	0.1054	0.0024	0.33	683	35	645	14	627	13	103
Spot_70	189	8	15	1	4	0	0.08	0.848	0.025	0.1003	0.0024	0.28	769	36	615	14	619	14	99
Spot_71	285	20	49	4	21	2	0.17	1.101	0.034	0.1106	0.0029	0.43	987	38	675	17	752	17	90
Spot_73	114	8	14	1	4	0	0.13	0.837	0.048	0.102	0.0041	0.23	876	64	623	24	607	26	103

Spot_74	160	7	10	1	3	0	0.07	0.87	0.036	0.102	0.0032	0.33	733	46	625	19	633	20	99
Spot_75	232	5	23	1	6	1	0.10	0.963	0.029	0.1071	0.0027	0.27	808	42	655	16	680	15	96
Spot_76	319	13	56	1	23	1	0.18	0.966	0.035	0.107	0.0037	0.48	821	40	654	21	680	18	96
Spot_78	165	4	33	2	14	1	0.20	1.125	0.039	0.1216	0.0035	0.35	871	45	740	21	763	19	97
Spot_79	75	3	85	2	58	2	1.13	4.02	0.12	0.2837	0.0079	0.43	1687	34	1604	40	1638	24	95
Spot_80	163	7	6	0	2	0	0.04	0.871	0.025	0.105	0.0025	0.26	693	37	641	15	635	13	101
Spot_81	138	7	128	6	36	2	0.93	0.884	0.033	0.104	0.003	0.33	820	42	639	17	642	17	100
Spot_82	48	2	106	4	95	4	2.21	5.8	0.2	0.348	0.011	0.45	2013	35	1919	55	1936	30	95
Spot_83	59	4	52	2	40	3	0.88	4.19	0.15	0.2854	0.0093	0.44	1760	42	1614	46	1662	30	92
Spot_84	216	7	177	4	169	6	0.82	5.98	0.16	0.354	0.01	0.52	1987	29	1952	48	1969	24	98
Spot_86	97	3	120	3	89	3	1.24	4.121	0.09	0.2925	0.0066	0.41	1719	27	1650	32	1654	18	96
Spot_95	277	9	16	1	5	1	0.06	0.796	0.023	0.0942	0.0019	0.20	735	37	580	11	594	13	98
Spot_97	229	11	15	1	5	0	0.06	0.826	0.023	0.0985	0.0021	0.23	703	35	604	12	605	12	100
Spot_100	131	4	139	3	98	3	1.06	4.113	0.083	0.292	0.0057	0.53	1671	22	1651	29	1658	17	99
Spot_102	279	6	16	1	5	1	0.06	0.845	0.023	0.1003	0.0025	0.24	695	40	618	15	620	13	100
Spot_103	41	2	39	2	36	2	0.95	7.08	0.23	0.37	0.011	0.48	2253	33	2031	52	2108	29	90
Spot_105	165	5	15	1	4	0	0.09	0.796	0.029	0.0971	0.0027	0.28	753	43	598	16	590	17	101
Spot_106	56	2	41	2	50	3	0.75	11.87	0.24	0.49	0.011	0.50	2632	20	2559	46	2589	19	97
Spot_108	110	3	13	1	5	1	0.11	0.952	0.037	0.1036	0.0031	0.26	868	49	635	18	676	19	94
Spot_109	59	2	60	2	56	2	1.01	7.12	0.2	0.379	0.011	0.45	2198	31	2060	50	2124	26	94
Spot_111	465	27	41	2	16	1	0.09	1.325	0.065	0.1245	0.0046	0.55	1075	51	753	26	835	28	90

Análises em vermelho foram utilizadas no cálculo da concórdia

Tabela A.V.3 – Análises isotópicas U/Pb em cristais de zircão por LA-ICP-MS da amostra de granada-clinopiroxênio granulito com anfibólio e rutilo (amostra TGL-17-21)

Spot	U	2se	Th	2se	Pb	2se	Th/U	$^{207}Pb/^{206}Pb$	2s	$^{207}Pb/^{235}U$	2s	$^{206}Pb/^{238}U$	2s	Rho	$^{207}Pb/^{206}Pb$	2s	$^{206}Pb/^{238}U$	2s	$^{207}Pb/^{235}U$	2s	% conc[2]
Spot 120	21	1	13	0	4	0	0.64	0.0710	0.0057	0.868	0.056	0.1045	0.0044	0.56	691	162	639	26	598	33	107
Spot 121	54	2	22	1	7	0	0.41	0.0625	0.0029	0.846	0.033	0.0988	0.0027	0.49	657	101	607	16	616	19	99
Spot 122	20	1	3	0	1	0	0.16	0.0769	0.0072	0.915	0.072	0.1019	0.0048	0.60	945	165	621	28	597	40	104
Spot 123	38	1	40	1	13	1	1.04	0.0601	0.0035	0.874	0.048	0.1079	0.0032	0.47	601	120	661	19	637	26	104
Spot 124	292	8	5	0	1	0	0.02	0.0599	0.0013	0.864	0.017	0.1043	0.0019	0.52	585	49	638	11	630	9	101
Spot 125	263	8	4	0	1	0	0.02	0.0603	0.0012	0.853	0.016	0.1026	0.0016	0.49	587	44	630	9	626	9	101
Spot 126	39	1	3	0	1	0	0.07	0.0606	0.0030	0.870	0.041	0.1081	0.0031	0.48	617	110	659	18	627	21	105
Spot 127	27	1	29	1	9	1	1.09	0.0705	0.0051	0.952	0.059	0.1088	0.0041	0.62	809	132	666	24	659	32	101
Spot 128	297	9	47	1	15	1	0.16	0.0634	0.0014	0.969	0.024	0.1111	0.0025	0.37	718	44	677	15	690	12	98
Spot 130	74	2	9	0	2	0	0.12	0.0621	0.0024	0.881	0.031	0.1057	0.0028	0.46	615	83	646	16	639	16	101
Spot 131	36	1	45	1	12	1	1.24	0.0653	0.0035	0.907	0.043	0.1091	0.0033	0.59	635	114	666	19	654	21	102
Spot 132	56	1	56	1	15	1	1.01	0.0648	0.0028	0.921	0.038	0.1066	0.0033	0.46	673	95	653	19	655	20	100
Spot 133	23	1	13	0	3	0	0.56	0.0738	0.0062	0.860	0.063	0.0990	0.0047	0.45	880	167	603	28	600	37	101
Spot 134	60	2	43	2	10	1	0.71	0.0648	0.0029	0.859	0.035	0.1010	0.0028	0.56	662	96	618	17	622	19	99
Spot 135	30	1	36	1	10	1	1.23	0.0678	0.0043	0.907	0.050	0.1089	0.0036	0.65	773	115	664	21	667	26	100
Spot 136	46	2	29	1	8	0	0.63	0.0648	0.0035	0.876	0.038	0.1066	0.0032	0.73	565	101	651	18	633	20	103
Spot 137	46	2	35	2	12	1	0.76	0.0623	0.0031	0.866	0.039	0.1042	0.0031	0.52	632	93	638	18	629	20	101
Spot 138	17	1	18	0	6	0	1.05	0.0677	0.0054	0.844	0.056	0.1012	0.0041	0.37	830	147	616	24	578	33	106
Spot 139	50	2	36	1	12	1	0.72	0.0614	0.0026	0.857	0.033	0.1034	0.0027	0.54	624	93	633	16	624	18	102
Spot 140	17	0	9	0	3	0	0.50	0.0628	0.0037	0.821	0.044	0.0991	0.0033	0.42	619	124	607	19	605	24	100
Spot 141	29	1	11	0	4	0	0.39	0.0588	0.0029	0.832	0.040	0.1033	0.0029	0.46	553	107	633	17	606	22	105
Spot 142	13	0	6	0	2	0	0.46	0.0661	0.0047	0.815	0.049	0.0974	0.0039	0.52	809	141	594	23	576	30	103
Spot 143	25	1	20	1	6	0	0.81	0.0610	0.0029	0.842	0.038	0.1014	0.0028	0.53	619	98	622	16	612	20	102
Spot 144	14	0	1	0	0	0	0.09	0.0638	0.0044	0.847	0.051	0.1046	0.0037	0.63	707	138	639	22	589	28	108
Spot 145	11	0	7	0	2	0	0.61	0.0669	0.0054	0.833	0.059	0.1031	0.0046	0.54	784	149	626	27	569	35	110
Spot 146	19	1	14	0	4	0	0.73	0.0680	0.0041	0.888	0.048	0.1040	0.0032	0.58	721	123	636	19	633	25	101
Spot 147	63	2	40	1	11	1	0.63	0.0639	0.0036	0.858	0.041	0.1038	0.0034	0.61	646	118	634	20	628	23	101
Spot 148	53	3	57	3	13	2	1.07	0.0675	0.0071	0.879	0.081	0.1011	0.0052	0.46	944	182	615	30	584	47	105
Spot 149	248	6	283	9	26	3	1.14	0.0602	0.0024	0.861	0.032	0.1048	0.0028	0.44	565	87	641	17	627	17	102
Spot 151	229	5	32	1	9	1	0.14	0.0614	0.0021	0.837	0.026	0.1001	0.0022	0.53	576	76	616	13	615	14	100
Spot 152	211	5	17	1	5	1	0.08	0.0598	0.0018	0.832	0.023	0.1028	0.0020	0.46	566	65	630	12	613	13	103
Spot 153	42	1	32	1	8	1	0.76	0.0675	0.0044	0.821	0.045	0.0974	0.0034	0.49	716	137	597	20	583	26	102
Spot 154	41	2	62	4	17	1	1.51	0.0657	0.0042	0.796	0.044	0.0964	0.0034	0.54	666	129	589	20	585	25	101
Spot 155	59	2	37	1	11	1	0.63	0.0613	0.0028	0.806	0.033	0.0988	0.0025	0.51	578	98	606	15	595	18	102
Spot 158	22	1	22	1	5	0	1.01	0.0628	0.0057	0.793	0.060	0.1023	0.0044	0.56	639	173	623	26	555	36	112
Spot 159	91	2	7	0	2	0	0.08	0.0613	0.0021	0.851	0.028	0.1016	0.0022	0.41	573	74	622	13	623	15	100
Spot 160	130	4	7	0	2	0	0.05	0.0595	0.0017	0.812	0.023	0.0980	0.0020	0.40	564	66	602	12	599	13	100
Spot 161	93	2	7	0	2	0	0.07	0.0622	0.0018	0.865	0.024	0.1017	0.0022	0.51	673	63	623	13	633	13	98
Spot 162	46	1	30	1	9	1	0.66	0.0639	0.0027	0.848	0.032	0.0970	0.0027	0.55	617	96	595	16	612	17	97

Spot 163	230	7	28	1	16	1	0.12	0.0713	0.0015	1.112	0.032	0.1116	0.0024	0.17	939	48	680	14	755	15	90
Spot 164	36	1	3	0	1	0	0.09	0.0639	0.0040	0.801	0.042	0.0981	0.0033	0.69	618	121	600	20	599	23	100
Spot 165	92	3	67	2	22	1	0.73	0.0598	0.0018	0.884	0.026	0.1073	0.0026	0.49	543	69	655	15	636	14	103
Spot 166	113	4	55	2	19	1	0.49	0.0629	0.0020	0.926	0.025	0.1055	0.0023	0.51	647	69	646	13	663	13	97
Spot 167	57	2	51	1	13	1	0.90	0.0599	0.0031	0.814	0.039	0.1013	0.0030	0.48	476	115	620	17	602	21	103
Spot 168	316	12	14	1	3	0	0.05	0.0621	0.0015	0.881	0.020	0.1021	0.0018	0.46	631	51	626	10	639	11	98
Spot 169	160	7	24	1	6	0	0.15	0.0618	0.0020	0.861	0.026	0.1005	0.0021	0.49	621	71	616	12	624	14	99
Spot 170	288	12	23	1	5	0	0.08	0.0599	0.0015	0.874	0.022	0.1050	0.0023	0.44	607	55	643	13	634	12	101
Spot 171	186	4	27	1	7	0	0.15	0.0608	0.0018	0.829	0.023	0.0998	0.0022	0.48	579	65	613	13	614	13	100
Spot 172	84	3	25	1	7	0	0.29	0.0635	0.0025	0.856	0.033	0.0993	0.0025	0.44	619	89	608	14	624	18	97
Spot 173	157	3	13	0	3	0	0.08	0.0595	0.0017	0.829	0.022	0.1012	0.0020	0.48	561	66	621	11	609	12	102
Spot 174	42	1	10	0	3	0	0.25	0.0603	0.0036	0.776	0.041	0.0983	0.0031	0.49	577	123	604	18	597	22	101
Spot 175	100	4	6	0	2	0	0.06	0.0620	0.0021	0.857	0.027	0.0988	0.0022	0.49	654	76	606	13	623	15	97
Spot 176	95	2	6	0	2	0	0.07	0.0595	0.0020	0.823	0.028	0.0987	0.0022	0.45	535	78	607	13	603	15	101
Spot 177	54	2	65	2	18	1	1.20	0.0625	0.0027	0.879	0.034	0.1054	0.0026	0.48	584	96	647	15	629	18	103
Spot 178	57	2	72	2	21	1	1.26	0.0658	0.0029	0.927	0.039	0.1036	0.0027	0.47	774	96	634	16	656	20	97
Spot 179	73	3	93	3	27	1	1.27	0.0607	0.0027	0.874	0.034	0.1069	0.0026	0.48	561	95	654	15	633	19	103
Spot 180	87	2	132	3	39	1	1.52	0.0648	0.0024	0.921	0.030	0.1048	0.0025	0.51	723	79	641	15	660	16	97
Spot 181	32	1	30	1	8	0	0.92	0.0684	0.0045	0.824	0.047	0.0973	0.0036	0.46	738	144	595	21	572	28	104
Spot 182	360	12	141	2	52	1	0.39	0.0637	0.0013	1.036	0.023	0.1168	0.0022	0.39	726	44	711	13	720	11	99
Spot 183	263	11	12	1	3	0	0.05	0.0624	0.0016	0.856	0.020	0.1000	0.0019	0.45	652	55	615	11	625	11	98
Spot 184	267	9	32	1	8	1	0.12	0.0613	0.0015	0.841	0.019	0.0998	0.0018	0.48	604	51	613	10	618	11	99
Spot 185	38	2	24	1	6	1	0.64	0.0655	0.0049	0.808	0.054	0.1033	0.0043	0.47	675	158	629	25	572	33	110
Spot 186	61	2	68	2	19	1	1.12	0.0644	0.0028	0.884	0.036	0.1046	0.0028	0.51	600	98	640	16	630	19	102
Spot 187	74	2	139	3	40	1	1.90	0.0607	0.0020	0.884	0.028	0.1064	0.0022	0.44	573	73	650	13	635	15	102
Spot 188	89	2	6	0	2	0	0.06	0.0611	0.0019	0.822	0.025	0.0986	0.0019	0.42	579	72	607	11	607	14	100
Spot 189	37	0	13	0	4	0	0.35	0.0606	0.0027	0.819	0.033	0.1014	0.0026	0.53	463	104	620	15	593	18	105
Spot 190	694	17	58	1	19	1	0.08	0.0612	0.0008	0.888	0.014	0.1056	0.0017	0.41	649	29	647	10	645	7	100
Spot 191	53	1	9	0	3	0	0.18	0.0612	0.0023	0.829	0.029	0.1002	0.0025	0.57	595	85	615	15	605	15	102
Spot 192	37	1	21	1	6	0	0.57	0.0633	0.0030	0.828	0.037	0.0990	0.0026	0.39	595	102	609	15	601	20	101
Spot 193	94	2	6	0	2	0	0.06	0.0603	0.0018	0.819	0.024	0.0998	0.0019	0.39	591	68	612	11	603	13	102
Spot 194	73	2	5	0	1	0	0.07	0.0605	0.0022	0.819	0.027	0.1006	0.0025	0.52	581	79	616	14	606	15	102

Análises em vermelho não foram utilizadas no cálculo da concórdia

Tabela A.V.4 – Análises isotópicas U/Pb em cristais de zircão por LA-ICP-MS da amostra de retroeclogito (amostra TGL-38-GR)

Spot	U	2se	Th	2se	Pb	2se	Th/U	$^{207}Pb/^{235}U$	2s	$^{206}Pb/^{238}U$	2s	Rho	$^{207}Pb/^{206}Pb$	2s	$^{206}Pb/^{238}U$	2s	$^{207}Pb/^{235}U$	2s	% conc[2]
Spot_1	22	1	7	0	2	0	0.32	0.872	0.074	0.1057	0.0059	0.08	1550	110	641	35	582	43	110
Spot_2	135	4	30	1	8	1	0.22	0.781	0.033	0.0988	0.0032	0.32	735	45	605	19	582	18	104
Spot_3	22	1	7	0	3	0	0.32	0.882	0.068	0.1000	0.0050	0.12	1424	87	608	29	584	39	104
Spot_7	161	4	52	1	17	1	0.32	0.822	0.031	0.1026	0.0031	0.25	758	50	629	18	607	18	104
Spot_10	36	1	6	0	2	0	0.16	0.785	0.056	0.0987	0.0046	0.23	1157	78	602	27	553	32	109
Spot_14	19	1	1	0	0	0	0.03	1.077	0.087	0.1190	0.0059	0.12	1531	96	717	34	661	44	108
Spot_15	92	2	26	1	8	1	0.28	0.874	0.040	0.1032	0.0034	0.22	866	52	632	20	624	22	101
Spot_16	633	13	170	4	11	1	0.27	0.719	0.019	0.0861	0.0024	0.48	669	31	532	14	549	11	97
Spot_17	38	1	13	1	5	1	0.33	0.918	0.065	0.1137	0.0055	0.15	1167	85	691	31	647	34	107
Spot_19	52	1	5	0	1	0	0.09	0.803	0.052	0.0920	0.0039	0.17	1079	75	565	23	586	29	96
Spot_24	112	5	27	1	9	1	0.24	0.834	0.030	0.1013	0.0026	0.20	828	41	622	15	611	17	102
Spot_25	39	2	7	0	2	0	0.18	0.892	0.066	0.1061	0.0051	0.11	1274	81	648	30	612	37	106
Spot_28	178	7	55	2	15	1	0.31	0.851	0.033	0.0947	0.0025	0.20	815	50	582	15	618	18	94
Spot_29	197	8	71	3	20	1	0.36	0.876	0.025	0.1037	0.0023	0.24	765	35	635	14	638	14	100
Spot_30	74	7	3	0	2	0	0.04	0.990	0.059	0.1117	0.0048	0.14	1062	68	680	28	692	29	98
Spot_31	119	2	7	0	4	0	0.06	1.010	0.043	0.1119	0.0035	0.30	890	49	682	20	710	21	96
Spot_32	25	1	1	0	1	0	0.03	0.910	0.100	0.0978	0.0066	0.17	1700	100	593	38	584	57	102
Spot_33	58	2	3	0	1	0	0.05	0.809	0.053	0.0977	0.0042	0.26	975	75	597	24	595	29	100
Spot_34	20	1	1	0	1	0	0.04	0.902	0.095	0.1008	0.0063	0.21	1590	100	611	36	578	54	106
Spot_36	92	3	41	1	12	1	0.45	0.889	0.034	0.1014	0.0028	0.24	847	45	621	16	640	19	97
Spot_38	115	5	30	1	8	1	0.26	0.841	0.035	0.0995	0.0029	0.21	811	49	609	17	610	19	100
Spot_41	66	2	30	1	9	1	0.45	0.877	0.041	0.0995	0.0036	0.12	1017	59	610	21	634	22	96
Spot_42	29	1	2	0	1	0	0.06	0.762	0.055	0.0954	0.0044	0.14	1383	90	581	26	533	33	109
Spot_44	115	3	35	1	10	1	0.31	0.794	0.035	0.0971	0.0029	0.18	745	54	599	17	594	19	101
Spot_45	50	2	6	0	2	0	0.12	0.841	0.063	0.0997	0.0047	0.18	1110	77	609	27	599	35	102
Spot_47	117	4	15	0	4	0	0.13	0.887	0.033	0.1017	0.0027	0.22	852	45	623	16	636	17	98
Spot_48	36	1	3	0	1	0	0.08	0.812	0.056	0.0941	0.0042	0.19	1265	74	577	25	556	32	104
Spot_49	36	2	9	0	3	0	0.25	0.965	0.074	0.1106	0.0052	0.25	1137	77	672	30	660	38	102
Spot_51	27	1	1	0	0	0	0.05	0.825	0.058	0.0944	0.0041	0.16	1320	78	576	24	559	34	103
Spot_53	28	1	10	0	4	0	0.37	0.899	0.073	0.0922	0.0045	0.10	1524	91	563	26	592	41	95
Spot_54	30	1	2	0	0	0	0.06	0.839	0.058	0.0999	0.0042	0.12	1386	82	610	25	566	33	108

Spot_55	73	3	31	1	9	1	0.43	0.877	0.048	0.1029	0.0039	0.18	1045	64	627	23	643	24	98
Spot_56	82	4	20	1	6	1	0.25	0.894	0.043	0.1047	0.0036	0.14	975	58	641	21	641	23	100
Spot_57	290	7	36	1	11	1	0.12	0.915	0.026	0.1093	0.0028	0.37	672	34	666	16	655	14	102
Spot_59	410	14	29	1	5	1	0.07	0.790	0.030	0.0925	0.0036	0.47	746	46	568	21	584	17	97
Spot_61	52	2	7	0	3	0	0.13	0.855	0.047	0.0972	0.0035	0.24	1150	61	594	21	619	25	96
Spot_63	58	2	5	0	2	0	0.09	0.767	0.042	0.0961	0.0035	0.17	1011	61	590	20	571	24	103
Spot_65	29	1	17	1	5	0	0.56	0.827	0.055	0.1007	0.0046	0.10	1373	86	611	27	570	31	107
Spot_66	53	3	14	1	5	0	0.26	0.917	0.053	0.1057	0.0041	0.15	1157	67	645	24	653	28	99
Spot_67	71	3	18	1	6	0	0.25	0.823	0.039	0.0956	0.0035	0.26	1015	51	587	20	599	21	98
Spot_68	53	2	7	0	2	0	0.13	0.751	0.043	0.0952	0.0037	0.21	1082	65	582	21	555	25	105
Spot_69	121	4	48	1	15	1	0.40	0.870	0.032	0.0990	0.0029	0.29	898	44	607	17	629	17	97
Spot_70	38	2	5	0	1	0	0.12	0.845	0.057	0.1003	0.0041	0.15	1269	72	615	24	577	32	107
Spot_71	54	1	10	1	3	0	0.19	0.849	0.041	0.0974	0.0035	0.15	1094	56	597	20	619	22	96
Spot_74	31	1	9	0	4	1	0.29	0.930	0.080	0.0978	0.0063	0.29	1660	120	593	36	599	43	99

Análises em vermelho não foram utilizadas no cálculo da concórdia