



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

WOLLKER CUNHA SOARES

CARCTERIZAÇÃO METAMÓRFICA DAS ROCHAS GRANULÍTICAS DE
CHOROZINHO-CE

FORTALEZA

2016

WOLLKER CUNHA SOARES

**CARCTERIZAÇÃO METAMÓRFICA DAS ROCHAS GRANULÍTIICAS DE
CHOROZINHO-CE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geodinâmica e Recursos Minerais.

Orientador: Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

S652c Soares, Wollker Cunha.
Caracterização metamórfica das rochas granulíticas de chorozinho-CE. / Wollker Cunha Soares.
2016.
113 p. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2016.
Área de Concentração: Geodinâmica e Recursos Minerais
Orientação: Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto.

1. Metamorfismo (Geologia). 2. Química mineralógica. 3. Geocronologia. I. Título.

WOLLKER CUNHA SOARES

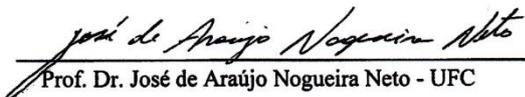
**CARCTERIZAÇÃO METAMÓRFICA DAS ROCHAS GRANULÍTIICAS DE
CHOROZINHO-CE**

Dissertação de Mestrado
apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Geologia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial
para obtenção do Título de Mestre em
Geologia. Área de concentração:
Geodinâmica e Recursos Minerais.

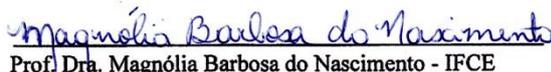
Orientador: Prof. Dr. José de
Araújo Nogueira Neto.

Aprovado em: 29/01/2016.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto - UFC


Prof. Dra. Irani Clezar Mattos - UFC


Prof. Dra. Magnólia Barbosa do Nascimento - IFCE

FORTALEZA

2016

Dedico a meus pais, Faustino e Socorro,
minha esposa, Kaityanne, meu filho, Alex, e a
todos os meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Registro aqui meus agradecimentos a todos aqueles que me ajudaram e incentivaram durante a confecção deste trabalho.

Primeiramente a Deus, que me proporcionou força e sabedoria para completar a dissertação. A meus pais, Antônio Faustino Soares e Maria Socorro Cunha, por me apoiar incondicionalmente durante esse longo período, por compreenderem todas as minhas ausências, por entenderem que essa escolha requer tempo e por se orgulharem dessa decisão. À minha esposa e filho, Kaityanne e Alex, respectivamente, meu sogro Benedito e minha sogra Clésia, minha cunhada, Glaycianne, e meu cunhado, Jhonathan, pelo apoio, dedicação, carinho, cuidados, compreensão, atenção, sem a qual não teria conseguido chegar até aqui. Aos minhas avós, tios, primos e agregados por toda torcida e incentivo, que me deram durante essa longa caminhada.

Ao Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto, orientador, pelos ensinamentos, pelas dúvidas solucionadas e criadas, pelos finais de semana em campo e no laboratório, por ser eficaz na arte de resolver problemas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que através do projeto: Petrogênese dos Granulitos nos Domínios Ceará Central e Médio Coreauá, Província Borborema - Nº 308849/2012-4, que em conjunto com a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), com o projeto: Evolução Metamórfica do Complexo de Granja, Domínio Médio Coreauá (DMC) e Petrogênese/Potencial metalogenético de Pegmatitos do Domínio Ceará Central (DCC) – Cooperação Internacional – Edital: 03/2011, Processo: CII – 0050-000210100/11-SPU- Nº11294909-6 pelo financiamento deste trabalho, e a FUNCAP também disponibilizou a bolsa de mestrado. A Universidade Federal do Ceará (UFC), por disponibilizar a estrutura do Departamento de Geologia (DEGEO – UFC).

Aos meus amigos Agnaldo, Joel, Diones, Joni, Cecílio, Alison, Kézia, Leal, Érika, Evilarde, Glória, pela amizade, companheirismo, compreensão, ajudas prestadas risadas, discussões, geológicas ou não, pela companhia em sala de aula, laboratório, campo ou ônibus, enfim, em todos os bons e maus momentos que compartilhamos. Aprendi muito com todos vocês e sou grato por tê-los conhecidos.

Aos meus professores, Zeca, Tereza, Afonso, Wellington, Cynthia, Clóvis, Irani, Helena, Martha (UFG), Renato (USP), Geraldo (UFPE), Wagner (UNICAMP-SP), Artur

(UNESP-SP), por compartilharem seus conhecimentos e experiência, tornando o entendimento da complexa geologia possível.

A todas as pessoas que não citei e que de alguma forma contribuíram ou me ajudaram durante todo esse tempo na Geologia. Muito Obrigado!

RESUMO

A evolução metamórfica em terrenos granulíticos tem sido alvo de intensa pesquisa nas últimas décadas visto que tais terrenos, em sua grande maioria, representam segmentos da crosta continental inferior e média. Assim, a região de Chorozinho (Nordeste do Ceará), exibe uma sequência de rochas granulíticas, a qual, não dispõe de estudos envolvendo a determinação de idades do metamorfismo da região, impedindo assim um melhor entendimento desta região tão importante para o contexto geológico do estado do Ceará. O objetivo do trabalho é encontrar a idade do protólito do enderbitito, além de determinar condições de pressão e temperatura dos litotipos representativos das principais unidades aflorantes. A metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho obedeceu quatro etapas diferenciadas, levantamento bibliográfico, etapa de campo, etapa laboratorial, onde as amostras passaram por estudo petrográfico, geocronológico (SHRIMP) e de química mineral por microsonda eletrônica e a etapa de gabinete. A região de Chorozinho possui três litotipos: gnaiss enderbitico, sillimanita-granada-gnaiss (diatexitico) e biotita-gnaiss. Destas o primeiro é uma rocha ortoderivada, e apresenta os seguintes minerais identificados em lâmina: Plagioclásio, K-feldspato, Quartzo, Clino e Orto piroxênio, Hornblenda, Biotita, ± Granada, ± Titanita, ± Zircão, ± apatita, ± opacos e possuem textura granoblástica, enquanto os dois últimos são considerados paraderivados. Sillimanita granada – gnaiss (diatexitico) apresentando K-feldspato, Quartzo, Plagioclásio, Sillimanita, Biotita, ± Opacos ± Granada, ± apatita, ± Zircão, e o biotita gnaiss com Plagioclásio, K-feldspato, Quartzo, Biotita, ± Zircão ± apatita, ± opacos, este podendo ou não ter granada, ambos possuem textura granolepidoblástica. A química mineral mostra que a composição da granada é predominantemente almandina, ortopiroxênio são enstatita e os clinopiroxênios augita e diopsídio, os plagioclásios demonstraram uma composição oligoclásio-andesina (característica de alto grau metamórfico) e os feldspatos alcalino possuem composição sanidina. As biotitas revelaram uma tendência a flogopita e eastonita ricas em FeO e TiO₂. Com relação ao metamorfismo da região, os softwares, TWEEQU e THERMOCALC, revelaram temperatura, em torno de 700 °C e 790 °C, e pressão entre 4 e 11,6 kbar, para o gnaiss enderbitico. Por fim, Os dados isotópicos de U-Pb, em zircões, objetivando a idade do protólito, forneceram dados esperados devido à proximidade com a idade já existentes, em torno de 2.1 e 2.0 Ga.

Palavras Chaves: Granulito, Metamorfismo, Química Mineral.

ABSTRACT

The metamorphic evolution of granulite terrains are an intense research mark in the last few decades since, mostly, represent inferior and middle continental crust segments. Thereby, Chorozinho's region (Ceará's northeast) exhibits an granulite rock sequence which doesn't have age determination and regional metamorphism studies, preventing a better understanding of an important region for the Ceará state geological context. The main objective of this work is to find the protolith age and also determine pressure and temperature conditions for the major outcropping geological units representative lithotypes. The methodology applied in this work followed four differentiated stages, being bibliographical survey, field campaign, laboratorial stage, where the samples went through petrographic, geochronological (SHRIMP) and mineral chemistry (ICP-MS) analysis, and office stage. Chorozinho's region possess three lithotypes: enderbite gneiss, sillimanite-garnet-gneiss (diatexite) and biotite-gneiss. The first is an orthoderived rock and presents these identified minerals in thin section: plagioclase, K-feldspar, quartz, clino and orthopyroxene, hornblend, biotite ± garnet ± sphene ± zircon ± apatite ± opaque, in granoblastic texture, while the other two are paraderived. Sillimanite-garnet-gneiss (diatexite) have K-feldspar, quartz, plagioclase, sillimanite, biotite ± opaque ± garnet ± apatite ± zircon, as the biotite-gneiss have plagioclase, K-feldspar, quartz, biotite ± zircon ± apatite ± opaque, may have or not garnet, and both retain granolepidoblastic texture. The mineral chemistry shows that the garnet composition is mainly almandine, orthopyroxene is enstatite, clinopyroxene are augite and diopside, plagioclase proved to have an oligoclase-andesine composition (high metamorphic grade feature) and alkaline feldspar with sanidine composition. Biotite shown a flogopite/eastonite, rich FeO and TiO₂, tendency. Relative to the region metamorphic conditions, the softwares, TWEEQU and THERMOCALC, revealed temperature between 700°C-790°C and pressure among 4-11,6 kbar, for the enderbite gneiss. And so, U-Pb isotopic data, in zircon, aiming to define the protolith age, provided the expected information because the proximity with others ages, around 2,1-2,0 Ga.

Key words: Granulite, Metamorphism, Mineral Chemistry.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. JUSTIFICATIVA	11
1.2. OBJETIVOS	11
1.3. METODOLOGIA	11
2. ARCABOUÇO GEOLÓGICO.....	14
2.1. PROVÍNCIA BORBOREMA.....	15
2.2. DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL.....	17
2.3. COMPLEXO CEARÁ	18
2.4. GRUPO BARREIRAS.....	19
3. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	20
3.1. GRANADA BIOTITA GNAISSE (PEGN)	20
3.2. GONDITO (PEGO).....	22
3.3. METATEXITO.....	23
3.4. DIATEXITO	24
3.5. GNAISSE ENDERBITICO - PEGU	26
3.6. COLÚVIO	27
3.7. GEOLOGIA ESTRUTURAL	28
4. PETROGRAFIA	32
4.1. GRANADA BIOTITA GNAISSE (PEGN)	32
4.2. SILLIMANITA GRANADA GNAISSE (DIATEXITO)	35
4.3. GNAISSE ENDERBÍTICO (ORTODERIVADO) (PEGU)	38
5. QUÍMICA MINERAL	41
5.1. GRANADA BIOTITA GNAISSE (PEGN)	41
5.2. SILLIMANITA GRANADA GNAISSE.....	46
5.3. DIATEXITO	51
5.4. GNAISSE ENDRBÍTICO – GRANULITO ORTODERIVADO (PEGU)	56
6. METAMORFISMO E CONDIÇÕES P-T	64
6.1. GNAISSE ENDERBÍTICO (ORTODERIVADO)	64
6.2. SILLIMANITA GRANADA GNAISSE (DIATEXITO)	68
7. GEOCRONOLOGIA	71
7.1. TRABALHOS ANTERIORES.....	71
7.2. IDADES U-PB DE ZIRCÃO.....	71
8. EVOLUÇÃO GEOLÓGICA	75
9. CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS	79
ANEXO	86

1. INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVA

A evolução metamórfica em terrenos granulíticos tem sido alvo de intensa pesquisa nas últimas décadas visto que tais terrenos, em sua grande maioria, representam segmentos da crosta continental inferior e média. Na porção setentrional da Província Borborema (PB) (Almeida et al., 1977), no âmbito dos Domínios Médio Coreau (DMC) e Ceará Central (DCC) ocorrem alguns cinturões granulíticos, sobre os quais existem maior ou menor conhecimento em função dos estudos até então desenvolvidos.

Assim, a região de Chorozinho (Nordeste do Ceará), exibe uma sequência de rochas granulíticas constituída por sillimanita-granada gnaisses com intercalações de gnaisses enderbíticos e uma unidade de gondito. Entretanto, a faixa granulítica de Chorozinho-CE não dispõe de estudos envolvendo a determinação de idades do metamorfismo da região, evitando assim um melhor entendimento desta região tão importante para o contexto geológico do estado do Ceará.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é encontrar a idade do protólito e se possível encontrar também a idade do metamorfismo, além de determinar condições de pressão e temperatura dos litotipos representativos das principais unidades aflorantes, semelhante ao estudo realizado na faixa granulítica de Cariré (Amaral *et al.* 2012) e assim alargar a base de dados geoquímicos existentes, para um melhor entendimento sobre mecanismos de metamorfismo/anatexia aos quais o DCC e DMC foram submetidos.

1.3. METODOLOGIA

A metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho obedeceu quatro etapas diferenciadas, conforme descritas abaixo:

Etapa inicial – levantamento bibliográfico acerca da geologia da região de Chorozinho, mais especificamente sobre as rochas de altas temperaturas e pressão que lá afloram, além de um conhecimento sobre outras faixas granulíticas existentes no Ceará, Brasil e no mundo.

Etapa de campo – Dez (10) dias efetivos de pesquisa de campo, durante os quais foram realizados perfis de reconhecimento geológico regional e nas áreas alvo de estudo, sendo

visitados e descritos, em um total de cento e quatorze (114) pontos. Foram coletadas amostras para as etapas laboratoriais posteriores.

Etapa laboratorial – Conforme objetivos propostos, a primeira fase desta etapa foi voltada a preparação de amostras, seguindo padrões que propiciam estudo petrográfico, geocronológico e de química mineral por microsonda eletrônica. Assim por meio de serras diamantadas e politrizes especiais, foram confeccionadas quatro (4) seções delgadas com fim de utilização em análise de química mineral por microsonda eletrônica, e outras dezesseis (16) seções delgadas prestaram-se ao estudo petrográfico. Deste total de vinte (20) seções delgadas, dez (10) foram preparadas no laboratório de laminação do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM) do Instituto de Geociências e ciências Exatas (IGCE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) em Rio Claro (SP). As outras dez (10) lâminas foram preparadas no Laboratório de Laminação e analisadas, com auxílio do microscópio Nikon Eclipse, no Laboratório de Microscopia Eletrônica, ambos no Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC). Duas (2) amostras, uma do gnaiss enderbitico, e uma do diatexito, foram trabalhadas para a retirada de zircões e outros minerais pesados, visando espectrometria de massa (geocronologia). Nessas o procedimento envolveu a pulverização das amostras em trituradores, seguido de peneiramento a frações entre 80 e 200 mesh, concentração dos minerais pesados em bateia mecânica, separação das frações magnéticas por separadores eletromagnéticos, e concentração de zircões e minerais pesados por liquido denso (Bromofórmio). Toda a preparação, descrita acima, foi realizada no Laboratório de Tipologia de Zircões do DPM-IGCE/UNESP (Rio Claro-SP).

Quanto à química mineral, as análises minerais foram realizadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Foram efetuadas 34 análises em biotitas, 21 em granadas, 34 em plagioclásios e 23 em piroxênios.

Na parte de tratamento dos dados de química mineral e condições de pressão e temperatura foram utilizados softwares, MINPET versão 2.02 (Richard, 1995), o TWEEQ, que calcula dados geotermobarométricos usando um banco de dados termodinâmico internamente consistente (Berman, 1991) para o cálculo do P e T, Além do TWEEQU, foi utilizado o software THERMOCALC, um outro programa de cálculo termodinâmico (Powell & Holland 1988) que utiliza um conjunto de dados termodinâmico internamente consistente (Holland & Powell, 1998) para realizar termobarometria e cálculos diagrama de fases para rochas metamórficas.

Para a parte geocronológica foram utilizados os métodos de U-Pb, descritos por Kei Sato *et al*, 2008, o qual utiliza o SHRIMP, um espectrômetro de massa de alta resolução

acoplado a uma microsonda iônica. Este equipamento permite efetuar análises isotópicas de U e Pb de zircão “in situ” e, portanto, a datação de zircão que apresente multi fases de crescimento. Para isto, necessita-se de um estudo prévio de catodoluminescência (CL).

2. ARCABOUÇO GEOLÓGICO

A área está inserida na Província Borborema, esta encontra-se na Plataforma Estável Sul-americana que ocupa parte central da América do Sul, composta por embasamento pré-cambriano e uma cobertura fanerozóica. O embasamento pré-cambriano é dividido em três unidades: escudo Guianas, a norte, o escudo atlântico a leste, e o escudo Brasil-central (Guaporé) no centro.

Os escudos pré-cambrianos perfazem uma área significativa do território brasileiro. São compostos por rochas metamórficas de fácies anfíbolíticas a granulíticas e granitóides associados a cinturões de rochas verdes, coberturas sedimentares e Vulcânicas do Paleoproterozóico (e.g. SCHOBENHAUS & BRITO NEVES, 2003).

Os terrenos de cobertura fanerozóica estão preenchendo grandes bacias intracratônicas (Amazônica, Parnaíba e Paraná), estas, separam os escudos.

O escudo Atlântico brasileiro, segundo ALMEIDA *et al.*, (1977) pode ser dividido em quatro províncias: São Francisco, Borborema, Tocantins e Mantiqueira. Além de incluir duas extensas bacias sedimentares do fanerozóico (DELGADO *et al.*, 2003). (Figura 1).

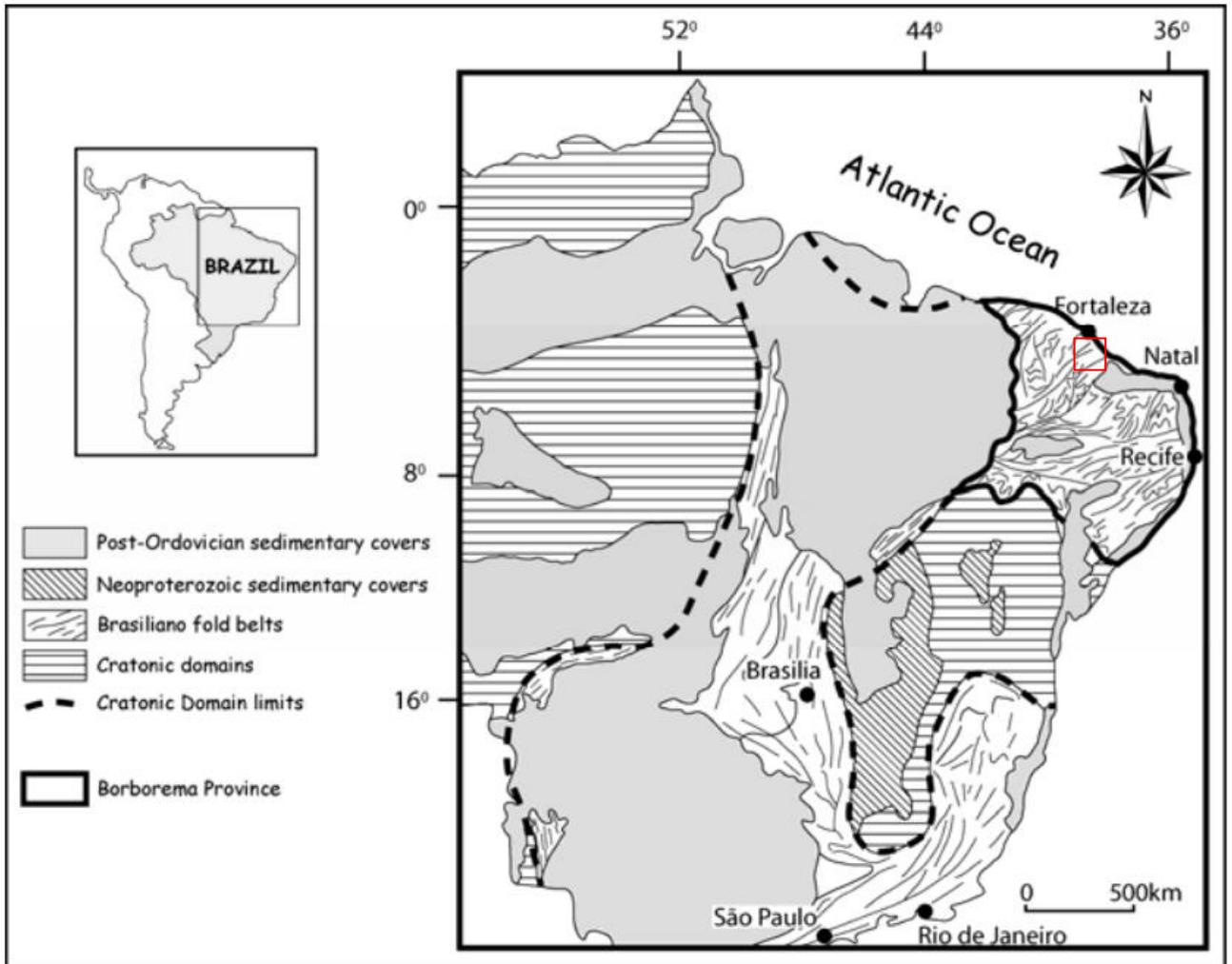
Figura 1: As Províncias estruturais do Escudo Atlântico (modificado de Almeida *et al.*, 1977, 1981) sobre o modelo digital do terreno (Smith e Sandwell, 1977), extraído de Delgado *et al.*, 2003. Com destaque para a Província Borborema.



2.1. PROVÍNCIA BORBOREMA

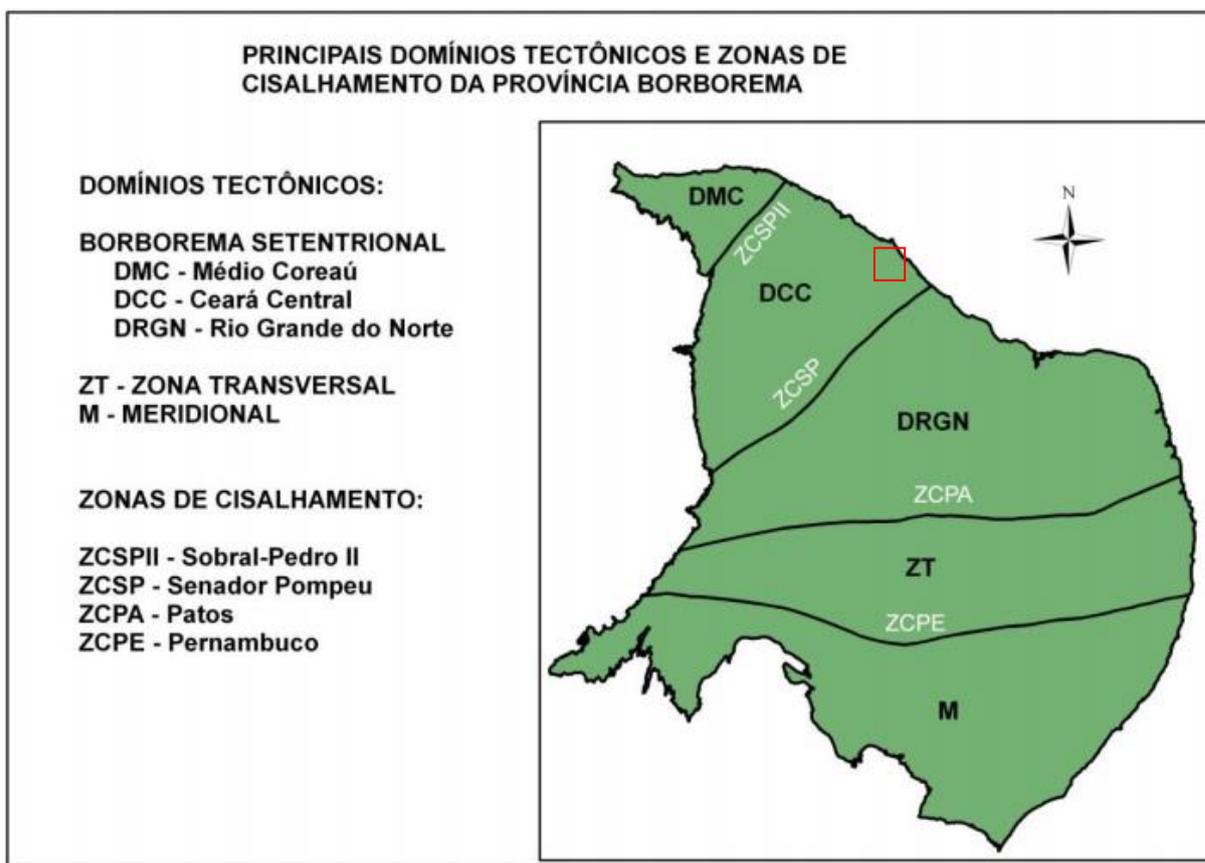
A Província Borborema (Figura 2) é composta por rochas de idade pré-cambriana, com estrutura atual desenvolvida no final do Neoproterozóico (ca. 600Ma), durante a orogenia Pan-africano/Brasiliana, marcada por intenso magmatismo granítico e pela formação de extensas zonas de cisalhamento transcorrentes, onde as mais extensas, Sobral Pedro II, Senador Pompeu, Patos e Pernambuco, limitam os distintos domínios tectônicos existentes na Província (ALMEIDA *et al.*, 1977).

Figura 2: A Província Borborema no NE do Brasil (Schobbenhaus & Campos 1984). Área de pesquisa em vermelho.



Segundo Brito Neves *et al.* 2000, a porção setentrional da Província Borborema pode ser dividida nos seguintes domínios: i – Médio Coreaú (DMC – entre a zona de cisalhamento Sobral Pedro II e o cráton São Luis-Oeste África), ii – Ceará Central (DCC – entre as zonas de cisalhamento Sobral Pedro II e Senador Pompeu) e iii – Rio Grande do Norte (DRGN – entre as zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Patos) (Figura 3).

Figura 3: Compartimentação estrutural da Província Borborema segundo Bizzi *et al*, 2003. Área de pesquisa em vermelho.



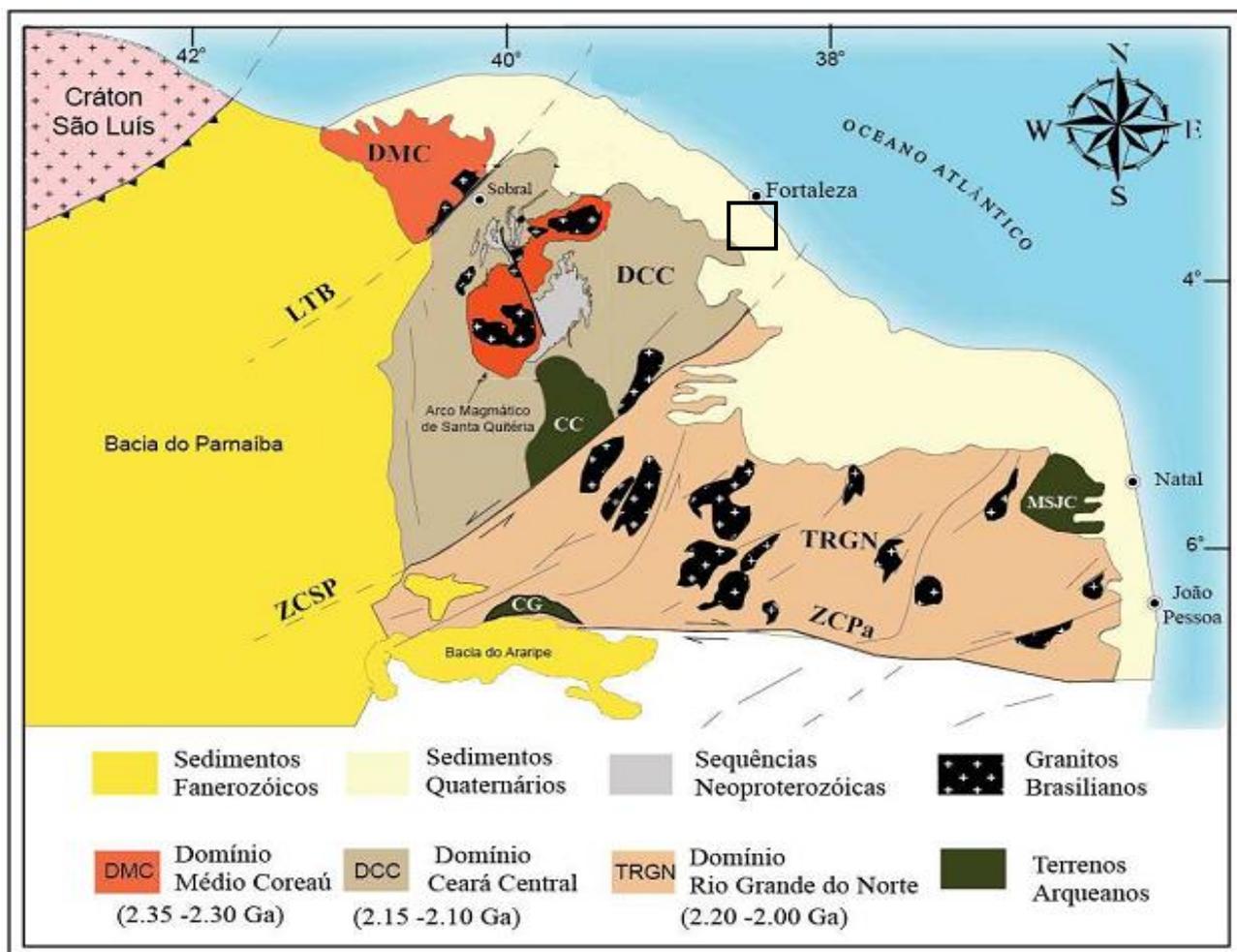
A área de investigação está contida no Domínio Ceará Central, e por esse motivo, será o único domínio geológico comentado.

2.2. DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL

O Domínio Ceará Central é a unidade geotectônica mais extensa da porção setentrional da Província Borborema e abrange quase a totalidade do estado do Ceará. É limitado a noroeste pela zona de cisalhamento Sobral Pedro II, que corresponde ao lineamento transbrasiliano e a sudeste pela zona de cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP), sendo encoberta pelos sedimentos da Bacia do Parnaíba na porção sudoeste e oeste (AMARAL, 2010).

Fetter *et al.*, 2000, dividiu o Domínio Ceará Central (Figura 4) em quatro unidades geotectônicas: 1 – Núcleo Arqueano; 2 – Embasamento gnáissico paleoproterozóico; 3 – Supracrustais de idade neoproterozóica; e 4 – Complexo Tamboril Santa Quitéria.

Figura 4: Porção setentrional da Província Borborema e dos arredores do lineamento Patos. LTB = Lineamento Transbrasiliano; ZCSP = Zona de Cisalhamento Senador Ponpeu; ZCPa = Zona de Cisalhamento Patos; CC = Complexo Cruzeta; MSJC = Maciço São José Campestre; CG = Complexo Granjeiro (modificado de Van Schmus *et al.*, 1995, por Amaral, 2010).



Na região, o Domínio Ceará Central é representado pelo Complexo Ceará, com as unidades Canindé e Independência, além do Grupo Barreiras.

2.3. COMPLEXO CEARÁ

O Complexo Ceará é caracterizado pela ocorrência de rochas essencialmente metapelíticas e metapsamíticas, compostas por cianita-muscovita-biotita gnaiss, sillimanita-granada gnaiss, quartzitos, anfibolitos, mármore, rochas cálcio-silicáticas e meta riolitos (CAVALCANTE *et al.*, 2003, FETTER *et al.*, 2003, ARTHAUD, 2008).

Estudos provenientes em metapelitos e idades de cristalização U-Pb em zircões obtidas em rochas metamáficas intercaladas no Complexo Ceará sugerem uma sedimentação

de 750 Ma apartir do rifteamento do embasamento arqueano/paleoproterozóico (ARTHAUD, 2008). Fetter, 1999, sugere que metariolitos próximo à localidade de Independência apresentam uma idade U-Pb de 772 ± 31 Ma e que os sedimentos que originaram as rochas metassedimentares do Complexo Ceará foram depositados em uma bacia do tipo retro-arco relacionada ao Arco Magmático Santa Quitéria.

2.3.1. Unidade Canindé - PPcc

A unidade Canindé é formada por paragnaisses em níveis distintos de metamorfismo e migmatização, incluindo ortognaisses ácidos e rochas metabásicas como metagabros, anfibolitos com ou sem granada, e gnaisses dioríticos, associados ou não a enderbitos. Metagabros e metaultramáficas serpentinizadas e xistificadas. Lentes de quartzitos, metacalcários, rochas calcissilicáticas, formações ferríferas e ferro-manganesíferas, além de metaultramáficas. Granulitos máficos, enderbitos e leptinitos também são encontrados (Cavalcante *et al.*, 2003).

2.3.2. Unidade Independência - PPci

Esta unidade é composta segundo Cavalcante (*et al.*, 2003) por paragnaisses e micaxistos aluminosos (em parte migmatíticos), incluindo quartzitos, metacalcários, rochas calcissilicáticas e, mais raramente, anfibolitos.

2.4. GRUPO BARREIRAS

O grupo Barreiras é observado na área compondo uma sequência de arenitos argilosos de tonalidade variada (amarelada, avermelhada e esverdeada), matriz argilo-caulínica, com cimento argiloso, ferruginoso e, às vezes, silicoso; granulação fina a média, com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base (pode-se encontrar, no topo, areias sílticas bem classificadas) / sistema fluvial com esporádicas corridas de lamas. (CAVALCANTE *et al.*, 2003).

3. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

3.1. GRANADA BIOTITA GNAISSE (p&gn)

Está disposto, no mapa, em uma direção NE-SW (Mapa Geológico), ocupando a parte central do mapa. Geralmente aparece em zonas incipientes de migmatização, possuindo bandas características compostas por porções claras, quartzo e feldspato, e porções mais escuras, biotita e granada (Figura 3.1). O contato com as outras litologias não pode ser observado, entretanto, quando em relação ao metatexito e/ou diatexito, este contato é gradacional, de acordo com o grau de fusão. Com relação ao gnaiss enderbítico, acredita-se que o contato é brusco devido à proximidade com o metatexito e/ou diatexito. Por vezes, apresenta foliação vertical/subvertical, característica de zona de cisalhamento, e sua associação mineral contém biotita, granada, quartzos, feldspato, plagioclásio e anfibólio.

Este granada biotita gnaiss é considerado como gnaiss regional, possuindo partes migmatizadas em diferentes níveis de fusão. Estes níveis estão divididos em duas partes: a parte em que o granada biotita gnaiss foi submetido a altas temperaturas, causando deformação na rocha, entretanto, possuindo características do granada biotita gnaiss, chamada de Metatexito. Na outra parte, o granada biotita gnaiss possui níveis de fusão altos, sem as características do granada biotita gnaiss, chamado de Diatexito. Alguns estágios de fusão estão tão avançados que formam um granito.

Figura 3.1: Biotita gnaisse com mergulho subvertical indicando uma possível zona de cisalhamento (A) com bandas horizontais claras e escuras (B), característica do gnaisse.

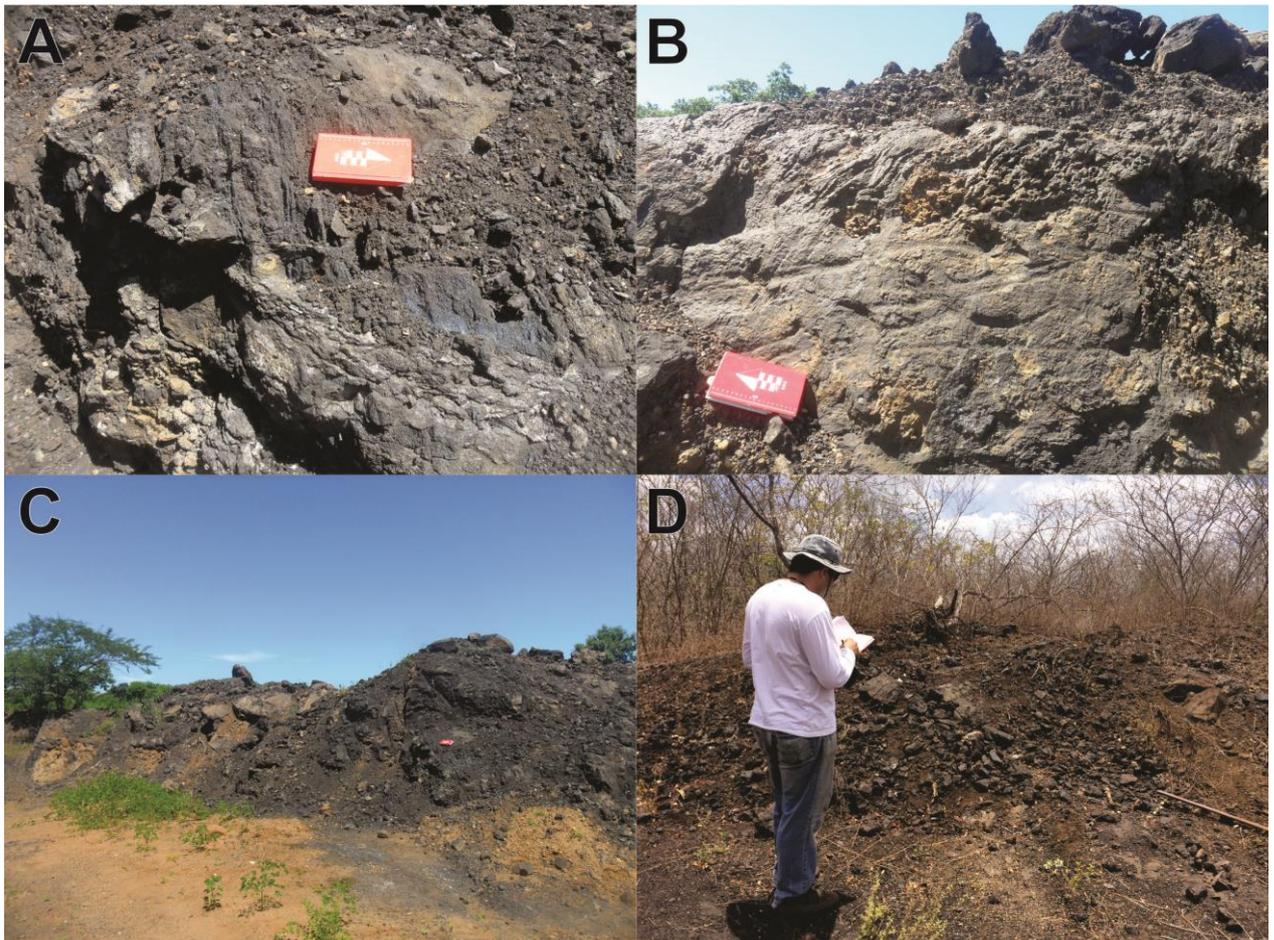


3.2. GONDITO (pEgo)

Ocorre na parte sul da área (Mapa Geológico), na forma de lentes. O contato provavelmente é moderado com relação ao granada biotita gnaiss, já que o gondito possui características de gnaiss, com foliações dobradas demonstrando uma possível migmatização. Ocorrem alinhados “*in situ*”, como blocos rolados ou em níveis lateríticos. Geralmente bem alterados, possuindo coloração negra (Figura 3.2), com o feldspato alterando para argila. O material escuro é composto por granada, quartzo e concreções impuras de óxido de manganês, além de grafita, está em forma de lamelas, talvez resultado da lixiviação da granadas segundo Costa (2003). Em estado de menor intemperismo o Mn ocorre na coloração azulada.

A parte rica em manganês é decorrente da existência de uma parte do granada biotita gnaiss mais rica em granadas com alto teor de manganês (espessartita), as quais possuem uma resistência menor ao intemperismo, e assim, alteram-se facilmente.

Figura 3.2: A - Gondito de coloração escura. B - Gondito com feições migmatíticas. C - Mina de gondito abandonada. D - Blocos rolados de gondito.



3.3. METATEXITO

É o biotita gnaiss com fases de migmatização presente. Possui bandas milimétricas e centimétricas, parcialmente migmatizados, com porções acinzentadas, escuras e claras, bem aparentes. Ocorrem em meio ao biotita gnaiss como sendo a parte do mesmo com princípio de fusão. Apresentam-se em afloramentos que podem chegar a 50m de extensão (Figura 3.3). Seu contato com o biotita gnaiss é gradacional, já que o metatexito é uma fase do próprio biotita gnaiss em processo de fusão. Em relação ao gnaiss enderbítico, acredita-se que o contato seja brusco devido a proximidade dos afloramentos, entretanto não é possível ver este contato. Na maioria das vezes ocorre mais ou menos bem preservado, podendo ocorrer bem alterado, próximo ou em leitos de rios e açudes.

Figura 3.3: A - Afloramento de metatexito "*in situ*" com foliação vertical. B - Biotita gnaiss com porções de migmatização, caracterizando um metatexito. C - Afloramento em forma de bloco roado em meio a caatinga. D - Fotografia demonstrando estrutura budinada com presença de sigmóides.

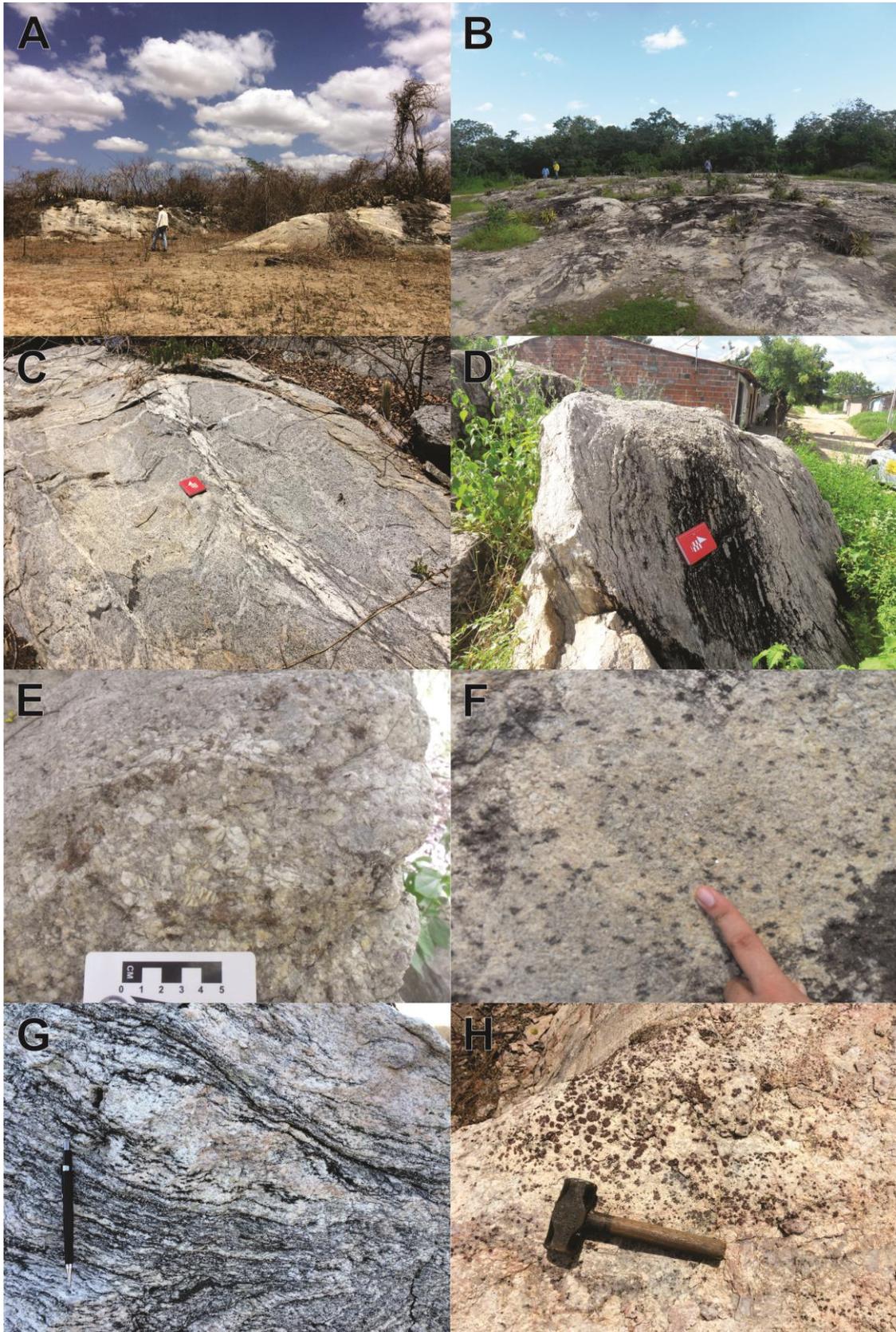


3.4. DIATEXITO

Possui uma concentração maior ao norte da área onde ocorrem afloramentos correspondentes a parte em que o granada biotita gnaiss regional, possui níveis de fusão maiores (Mapa Geológico). Em alguns afloramentos é possível notar a presença de pequenos veios de quartzo de mais ou menos 12 cm, alguns bolsões, centimétricos, de biotita, os quais podem conter grãos de granada. Sua granulometria varia de média a grossa, coloração cinza clara com porções mais escuras devido ao material não fundido. Biotitas demonstram aparência de plasticidade formando dobras (Figura 3.4). A presença da sillimanita sugere uma fase de maior grau de metamorfismo, formando o sillimanita granada gnaiss.

Parte destes diatexitos ocorrem de forma totalmente fundida, muito semelhante a um granito, este podendo apresentar um contato brusco com as demais litologias. Possui granulometria grosseira, coloração clara sendo composta basicamente por quartzo e feldspato, com presença de sillimanita, biotita e granada.

Figura 3.4: Afloramentos "in situ" de diatexito A e B. C - Presença de veios pegmatóides de coloração branca, contendo alguns aglomerados de biotita. D - Diatexito com foliação subvertical. E - Diatexito demonstrando granulometria grossa semelhante a um granito. F - Diatexito com pequenas porções de biotitas aglomeradas. G - Fotografia demonstrando estruturas migmatíticas com porções fundidas e "fios" de biotitas. H - Presença de granada em diatexitos, indicando metamorfismo de altas pressões.



3.5. GNAISSE ENDERBITICO - pEgu

São rochas de composição similar aos enderbitos, entretanto possuem estrutura gnáissica. Ocorrem próximos a leitos de rios, açudes ou casas residenciais, com extensões bem marcantes na forma de morros ou blocos rolados. Com relação ao mapa confeccionado os enderbitos ocupam a parte central e sul do mapa (Mapa Geológico). É uma rocha que possui aspecto granítico, com granulação média e coloração de cinza clara a escuro (Figura 3.5). Sua associação mineral é composta por quartzo, biotita, plagioclásio, ortopiroxênio, clinopiroxênios e granada, esta última podendo não ocorrer em alguns afloramentos. O contato com outras litologias é brusco, principalmente em relação ao diatexito, devido à proximidade de alguns afloramentos. Ocorre em forma de lente, intercalado com o diatexito.

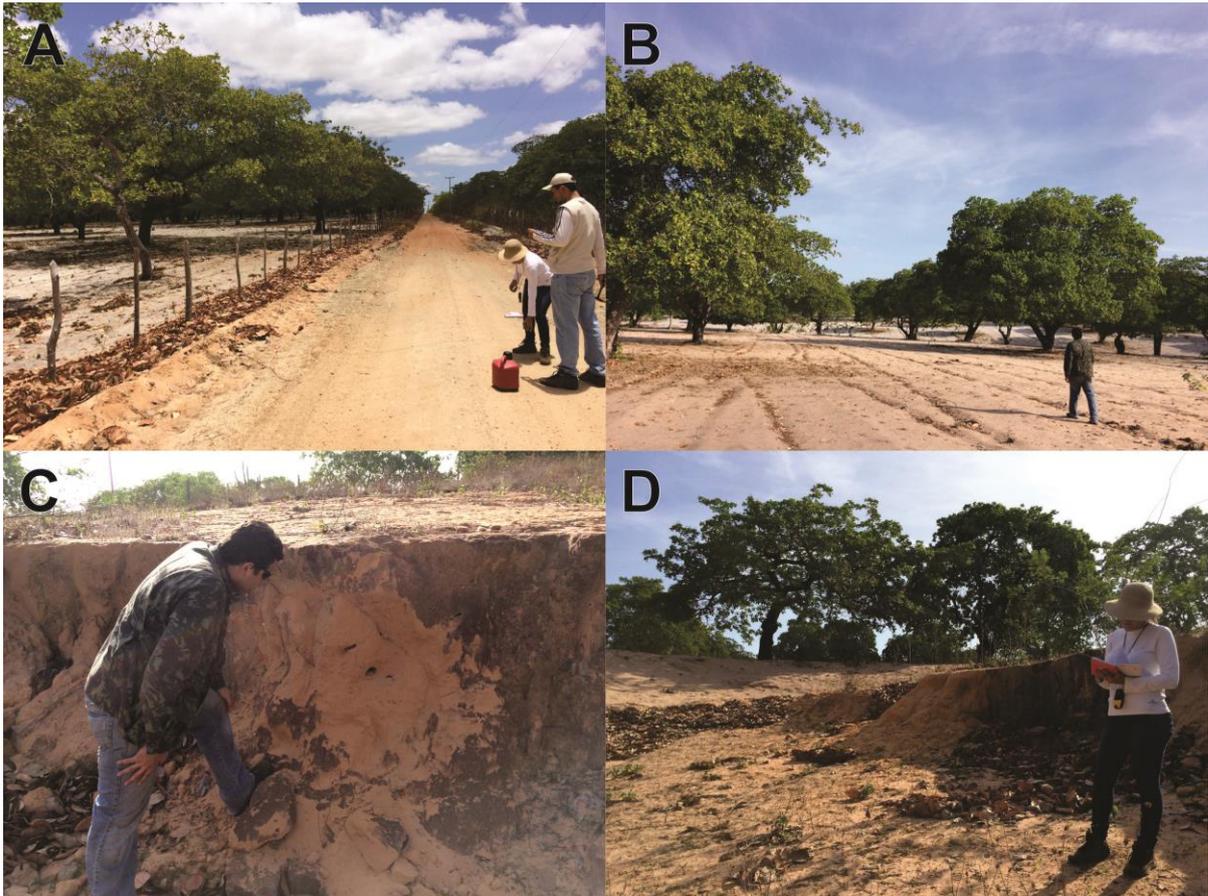
Figura 3.5: A - Blocos de granulitos em meio a vegetação local. B - Afloramento de granulito "in situ". C - Rocha granulítica de coloração acinzentada escura, contendo piroxênios e algumas porções finas de coloração branca. D - Bloco rolado de granulito.



3.6. COLÚVIO

A região de Chorozinho é recoberta, em grande parte, por um tabuleiro litorâneo, onde domina um pacote de areias, genericamente denominado de “Grupo Barreiras” (Figura 3.6). Possui coloração clara, amarelo, avermelhado e branco, com uma granulometria de areia média a fina. Algumas áreas possuem quantidades significativas de seixos de quartzo.

Figura 3.6: Fotografias de colúvio, abundante na área. São caracterizados pela presença de Cajueiros (A e B) e de coloração geralmente branca, podendo variar em avermelhada (C) e amarelada (D).



3.7. GEOLOGIA ESTRUTURAL

3.7.1. Feições Dúcteis

As grandes zonas de cisalhamento dúcteis de Senador Pompeu (a sudeste) e Sabonete – Inharé (a oeste), embora situadas a uma certa distância da área estudada representam importantes descontinuidades regionais que condicionam o surgimento de elementos tectônicos impressos nos litotipos aflorantes. Neste contexto, na porção oeste, o bandamento torna-se vertical (Figura 3.7 A), com uma foliação milonítica S_m disposta de forma paralela ao mesmo exibindo direção NE-SW. O bandamento, por vez, também está redobrado mantendo seu eixo vertical, como demonstrado por Costa (2000 e 2003) e Moraes (2000). Costa (2000) observou ainda, que sobre o plano de S_m está postada uma lineação de estiramento mineral L_m horizontal indicando, portanto movimentação transcorrente para a sequência.

Biotita gnaisse constituem o embasamento apresentando uma foliação principal (S_n) com direção NE – SW contendo mergulhos que variam de 37° a 75° para SE. Frequentemente estas mesmas foliações dispõem-se de maneira planar axial a dobras isoclinais (Figura 3.7 B) do bandamento (S_{n-1}) em escalas diversas (centimétricas a decamétrica), assim geralmente S_n e S_{n-1} estão posicionados de forma paralela entre si. Inflexões de dobras em conjunto S_n/S_{n-1} , observadas por Costa (2003), apresentam um caimento de eixo com até 46° para NW. Dobras em bengala ocorrem em afloramentos coma aspecto de transição, do metatexitito para diatexitito (Figura 3.7 C). Esse comportamento é compatível com a presença de mega dobramentos cartografados por Braga (1981). Porções boudinada ocorrem na foliação (Figura 3.7 B), indicando um estágio de estiramento. A lineação associada à S_n e S_{n-1} corresponde a interseções destes planos ($L_n \times L_{n-1}$) nas posições em que os mesmos se mostram oblíquos (Costa 2000).

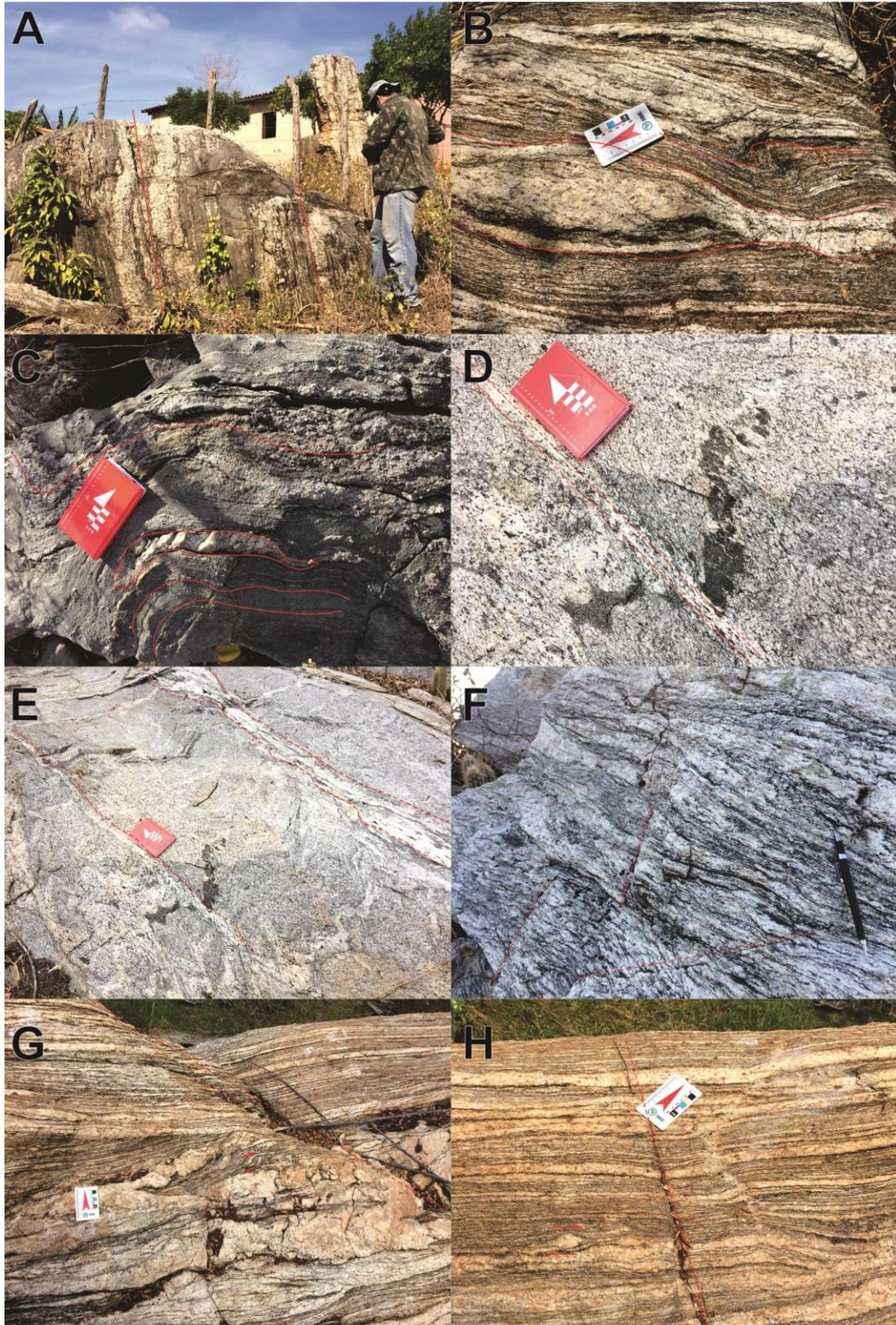
A zona de cisalhamento presente na região é caracterizada por foliações verticais e subverticais, com a presença de sigmoides indicadores de movimento dextral (Figura 3.7 G e H). No mapa geológico a zona de cisalhamento passa pela região central da área, em direção N-S (Mapa Geológico).

3.7.2. Feições Rúpteis

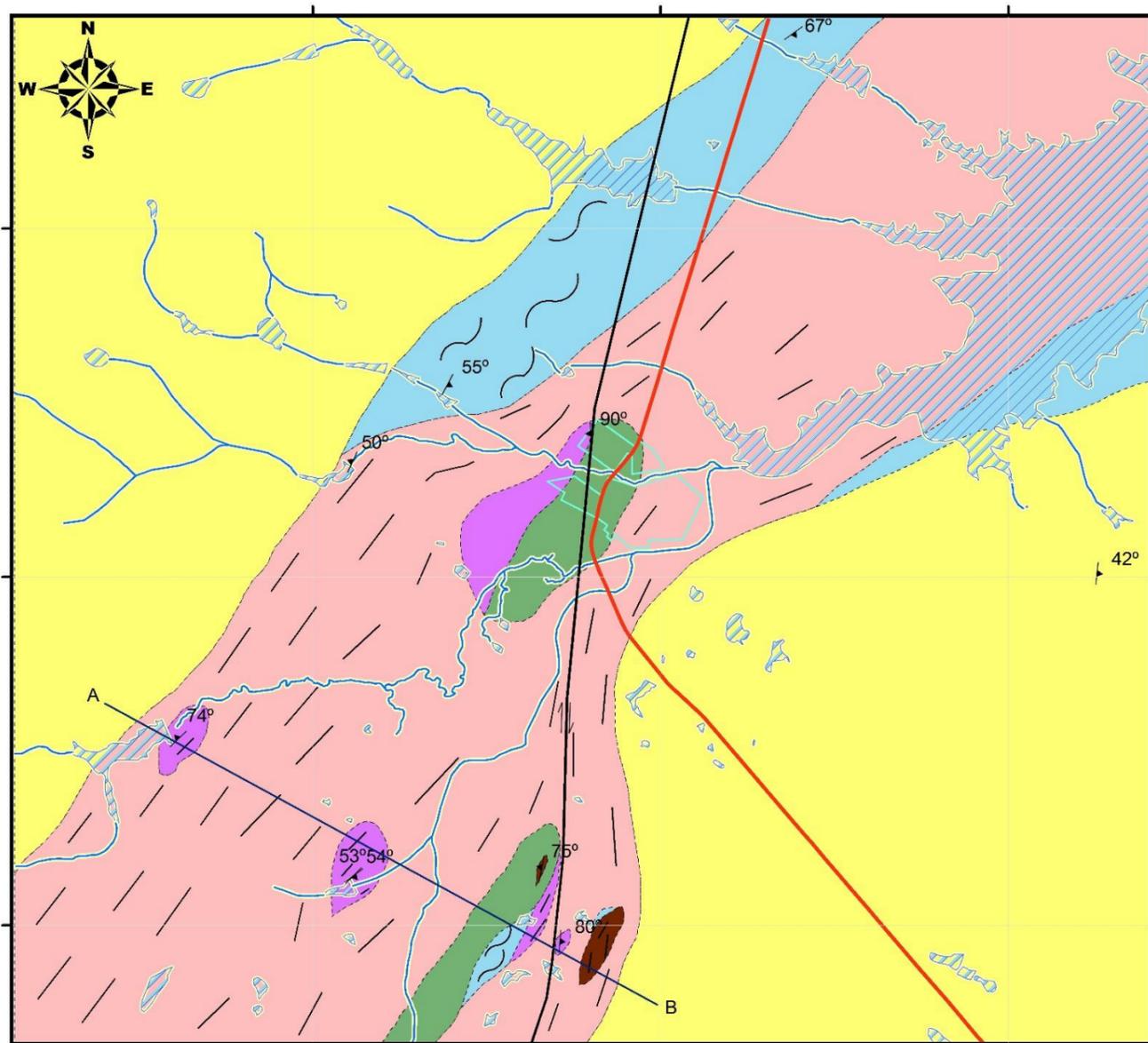
As fraturas correspondem às principais feições de caráter rúptil encontradas na área. Podem ser observadas em fotografias aéreas juntamente com prováveis falhas, exercem forte controle no entalhe da rede de drenagem e condicionam, por exemplo o rio Choró e Riacho do Aruá.

Em níveis de afloramento, foi reconhecida a direções principais das fraturas (Figura 3.7 F, G e H), com direções para NE-SW e NW-SE, algumas até preenchidas por quartzo (Figura 3.7 D e E).

Figura 3.7: A - Biotita gnaiss demonstrando foliação subvertical, indicando a presença de zona de cisalhamento. B - Metatexito demonstrando boudinagem de quartzo, com uma porção dobrada contornando-o. C - Metatexito com plasticidade presente e dobras em forma de bengala. Fraturas preenchidas por veios pegmatíticos em D e E. F - Afloramento de coloração clara com porções escuras em estrutura bandada, transição de metatexito para diatexito com pequenas fraturas presentes. Fraturas (NE-SW) presentes no metatexito, com presença de sigmóides destrais em G e H.



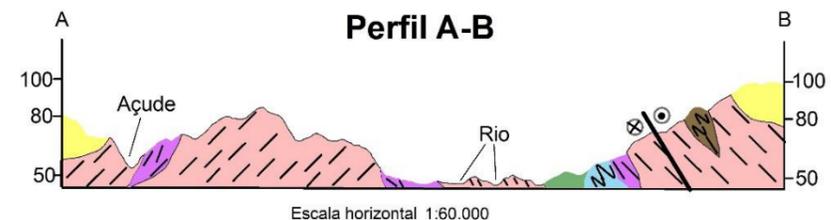
MAPA - Caracterização Metamórfica das Rochas Granulíticas de Chorozinho - CE



552000 Escala 1:60.000 556000 560000

0 1 2 4 km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 39°W Gr.
 acrescidas das constantes: 10.000km e 500km, respectivamente.
 Datum horizontal: WGS84

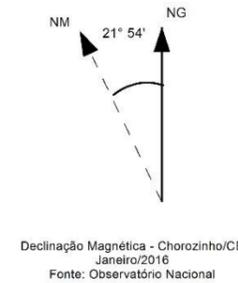


Legenda

Convenções Geológicas

Litoestratigrafia

- Colúvio - Possui coloração clara, amarelo e branco, com uma granulometria de areia média a fina. Algumas áreas possuem quantidades significativas de seixos de quartzo.
- Enderbitó - Apresenta coloração escura, aspecto granítico, composto por feldspatos, quartzo, plagioclásio, biotita, anfibólio e piroxênio. Estão dispostos em forma de blocos rolados.
- Silimanita granada gnaiss (Diatexito) - Parte fundida do biotita gnaiss regional, possui quartzo, feldspato, por vezes granada e um pouco de biotita. Sua granulometria é grossa com K-feldspatos que podem chegar a 2 cm.
- Metatexito - Possui bandamento migmatizado, estas bandas são centimétricas e milimétricas, possuindo enclaves microgranulares submicáceos. Foliação presente, por vezes acebolada. composto por quartzo, feldspato, plagioclásio e biotita.
- Gondito - Geralmente bem alterado de coloração negra. Possui foliação bem preservada sub-vertical. O material escuro é composto por Mn e Grafita. Níveis lateríticos dos mesmos são encontrados. Em estado de menor intemperismo o Mn é azul.
- Granada Biotita Gnaiss - Composto por quartzo, feldspatos, biotita e granada. A foliação é preferencial para NE, com mergulho subvertical. A sua coloração varia de claro a escuro, esta segunda decorrente de processos de intemperismo.



Convenções cartográficas

- Via rural
- BR-116
- Drenagem
- 80 Foliação e valhor de mergulho
- 80 Zona de Cisalhamento
- Açudes
- Município de Chorozinho
- Contato inferido
- Linha de Perfil

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

FORTALEZA SA.24-Z-C-IV	AQUIRAZ SA.24-Z-C-V	
BATURITÉ SB.24-X-A-I	BEBERIBE SB.24-X-A-II	PARAJURU SB.24-X-A-III
ITAPIUNA SB.24-X-A-IV	BONHU SA.24-X-A-V	ARACATI SA.24-X-A-VI

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
 PROGRA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE GEOLOGIA
 DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Mapa geológico da região de Chorozinho - CE
 Aluno: Wollker Cunha Soares
 Orientador: Dr. José de Araújo Nogueira neto

4. PETROGRAFIA

Neste capítulo são descritos em termos petrográfico três litotipos representativos dos afloramentos encontrados na área de estudo, os quais correspondem a Granada Biotita Gnaiss, Silimanita Granada Gnaiss (Diatexito) e Gnaiss Enderbítico.

4.1. Granada Biotita Gnaiss (pEgn)

Na análise microscópica, as amostras apresentam, em sua maioria, textura granolepidoblástica com a granulação variando de média a grossa. Os tamanhos dos grãos em sua maioria variam de 100µm a 2500µm.

Mineralogicamente, o granada biotita gnaiss apresenta os seguintes minerais em associação: Plagioclásio (30%), Quartzo (30%), Feldspato Potássico (20%), Biotita (18%), Granada (1%), ± Zircão (0,25%), ± apatita (0,25%), ± opacos (0,5%).

O quartzo apresenta-se xenoblástico, por vezes subarredondado, mantendo contatos côncavo/convexo por vezes reto com os outros grãos minerais (Figura 4.1, de A a F). Seus tamanhos variam de 100µm a 800µm, com dimensões medias de 500µm. Alguns grãos de quartzo apresentam-se com extinção ondulante. Outros grãos podem ser encontrados intercrescidos em feldspato potássico ou no plagioclásio, geralmente arredondados ou fitados. Fraturas intragrãos são encontradas no quartzo.

Os grãos de plagioclásio variam de subidioblásticos a xenoblásticos raramente idioblástico, de forma tabular, com tamanhos superiores a 1600µm, geralmente geminação Lei da Albita, quando bem preservados (Figura 4.1 A e B). Os grãos mais alterados contém intercrescimento de pequenos minerais coloridos, estes não sendo possível identificá-los, possivelmente epidoto, além de apatitas aciculares. Seus contatos são interlobados, por vezes retos e raramente serrilhados. Biotitas arredondadas são encontradas no plagioclásio.

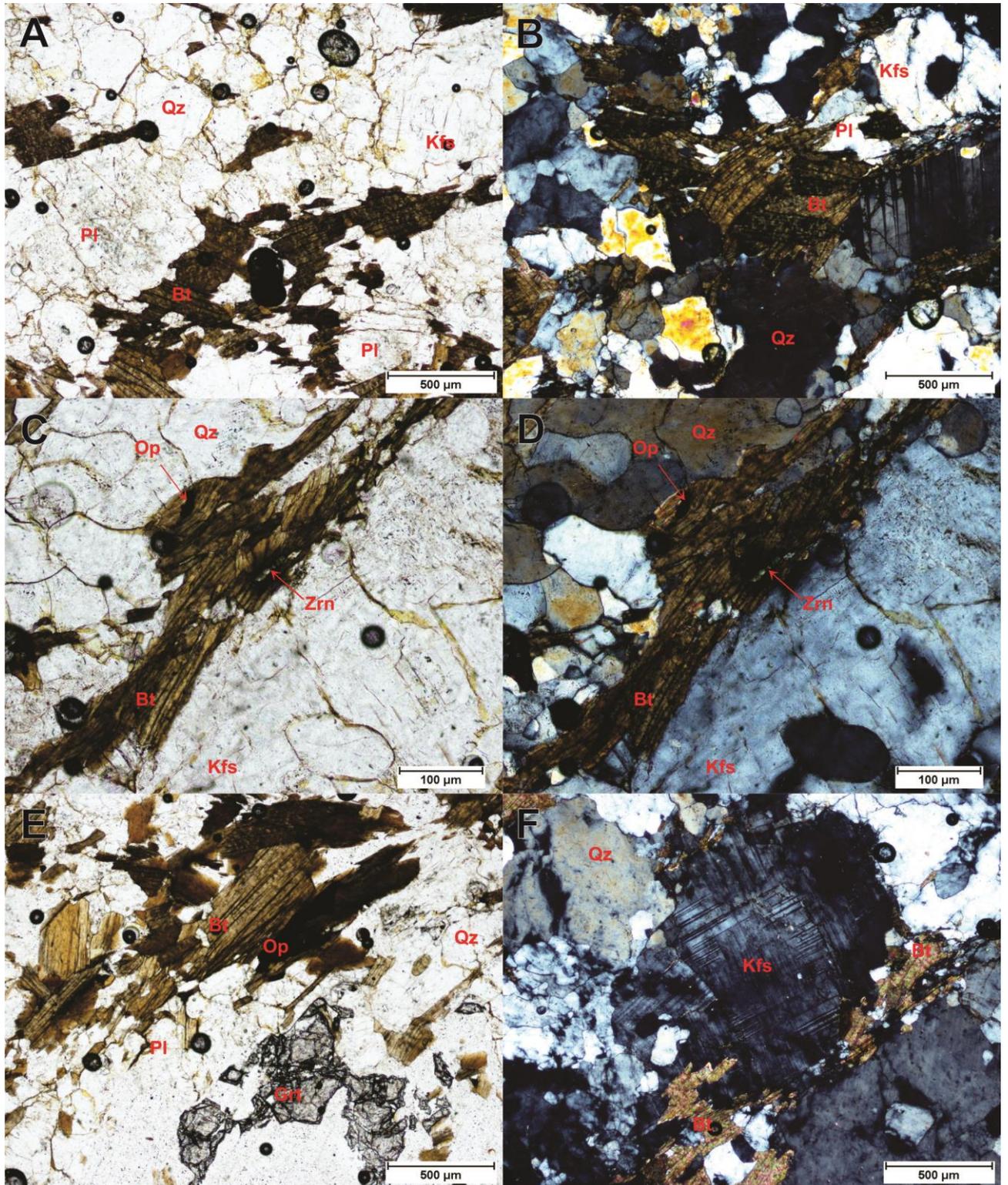
O feldspato potássico ocorre, de maneira xenoblástica, com contatos interlobados entre os grãos, podendo ser ameboide ou reto, com dimensões que variam de 120µm a 1600µm, entretanto podem alcançar 1800µm (figura 4.1 F). Em alguns feldspatos ocorrem inclusões de quartzo com formatos subarredondados ou fitados e, por vezes, há a presença de cristais pequenos aciculares de apatita.

A biotita apresenta forma idioblástico a subidioblástico, com hábito lamelar e tamanhos entre 80µm e 1900µm (Figura 4.1). Ocorre tanto dispersa na lâmina quanto em pequenos aglomerados. Os grãos de granada em geral são bordejados pela biotita, orientada.

A granada ocorre idioblástica a xenoblástica, com tamanhos de até 600 μ m (Figura 4.1 E). Pode ocorrer associada a biotita, quartzo e plagioclásio, estes inclusos no seu interior.

Os cristais de apatita, zircão e opacos são os minerais de menor quantidade dentre os outros minerais existentes nas amostras (1%). As apatitas geralmente exibem forma acicular e estão inclusos em alguns feldspatos e quartzo. Os opacos estão quase sempre dispersos sob formas xenoblástica, geralmente associados a granada e a biotita (Figura 4.1 C e D).

Figura 4.1: Fotomicrografia mostrando: biotitas (Bt) alteradas em meio ao plagioclásio (Pl), quartzo (Qz) e K-feldspato (Kfs), a luz natural em (A) e a luz conoscópica em (B). Ortopiroxênio (Opx) em contato com biotita (Bt) e zircão (Zrn), rodeados por K-feldspato (Kfs) e quartzo (Qz), a luz natural em (C) e a luz conoscópica em (D). Biotita (Bt) em contato com Ortopiroxênio (Opx), com uma granada (Grt) próxima, rodeados por quartzo (Qz) e K-feldspato (Kfs), a luz natural em (E). K-feldspato (Kfs) em contato com a biotita (Bt) e quartzo (Qz).



4.2. Sillimanita Granada Gnaiss (Diatexito)

Na análise microscópica, as amostras apresentam textura granolepidoblástica a gronoblástica com a granulação média. O tamanho dos cristais apresenta, em sua maioria, tamanhos variando de menores que 50 μ m a até 2200 μ m.

Embora corresponda a uma rocha paraderivada, algumas porções dos afloramentos encontrados exibem uma quantidade significativa de mobilizados, com partes fundidas de composição granítica e nesta situação tais litotipos podem ser denominados por diatexitos.

Esta rocha apresenta a seguinte associação mineral: Quartzo (25%), Plagioclásio (25%), Feldspato Potássico (24%), Granada (10%), Biotita (10%), Sillimanita(5%), \pm Opacos (0,5), \pm apatita (0,3), \pm Zircão (0,1), \pm Epidoto (0,1%).

O quartzo apresenta-se xenoblástico, por vezes subarredondado e subidioblástico contatos côncavo/convexo podendo ser reto (Figura 4.3 B, C e E). Alguns grãos de quartzo apresentam-se com extinção ondulante. Seus tamanhos variam de menores que 70 μ m a 500 μ m, com dimensões médias de 180 μ m. Pequenos grãos podem ser encontrados intercrescidos em K-feldspato ou no plagioclásio, geralmente subarredondados, em forma de gotículas ou fitados. Fraturas intragrãos são encontradas.

Os grãos de plagioclásio são xenoblásticos, raramente subidioblásticos, sob a forma tabular, com tamanhos aproximados de 600 μ m, geralmente não exibe sua geminação característica, e seus contatos com outros grãos minerais são interlobados.

O feldspato potássico (microclina) apresenta-se xenoblástico com contatos interlobados entre os grãos, podendo ter forma colunar ameboide, tamanho aproximado de 1500 μ m (Figura 4.2 A e B). Em alguns grãos de feldspato ocorrem pequenos cristais de quartzo subarredondados, com forma de gotas ou fitados e, por vezes, com a presença de cristais pequenos, alguns destes aciculares indicando a presença de apatita.

A granada ocorre em dimensões aproximadas de 500 μ m, sob forma arredondada com hábito idioblástico a xenoblástico. Ocorre associada a biotita e a sillimanita (Figura 4.2 D), a biotita, por vezes preenche as fraturas existentes na granada (Figura 4.3 E).

A biotita apresenta forma lamelar com hábito idioblástico a subidioblástico, com tamanhos que variam de 80 μ m a 250 μ m. Ocorre dispersa na lâmina associando-se a sillimanita e aos minerais opacos (Figura 4.2), constituindo por vezes uma foliação.

A sillimanita ocorre dispersa nas seções, seguindo uma orientação, associando-se a biotita, opacos e ao plagioclásio. Possuem tamanhos médios de 1200 μ m, contatos retos, de hábito fibroso (Figura 4.3).

Minerais opacos estão dispersos pelas lâminas e constituem grãos xenoblásticos a subidioblástico, possuindo contatos côncavo/convexo e tamanhos de até 1000µm. Associado a biotita e a sillimanita (Figura 4.3 A e B).

Os cristais de apatita, zircão e epidoto perfazem o menor valor percentual das amostras (1%). A apatita e o zircão geralmente exibem hábito idioblástico acicular, respectivamente e estão inclusos em alguns cristais de feldspato e quartzo (Figura 4.2 C). O epidoto ocorre timidamente intercrescido em plagioclásio ou associado a biotita e a sillimanita (Figura 4.2 D).

Figura 4.2: Fotomicrografia mostrando: Microclina (Mc) associado a biotita (Bt) em A e reagindo com o plagioclásio (Pl) formando textura mimerquítica em B. Minerais de apatita (Ap) e zircão (Zrn) inclusos em quartzo (Qz), em C. E epidoto (Ep), em meio a biotita (Bt), sillimanita (Sil) e quartzo (Qz), em D.

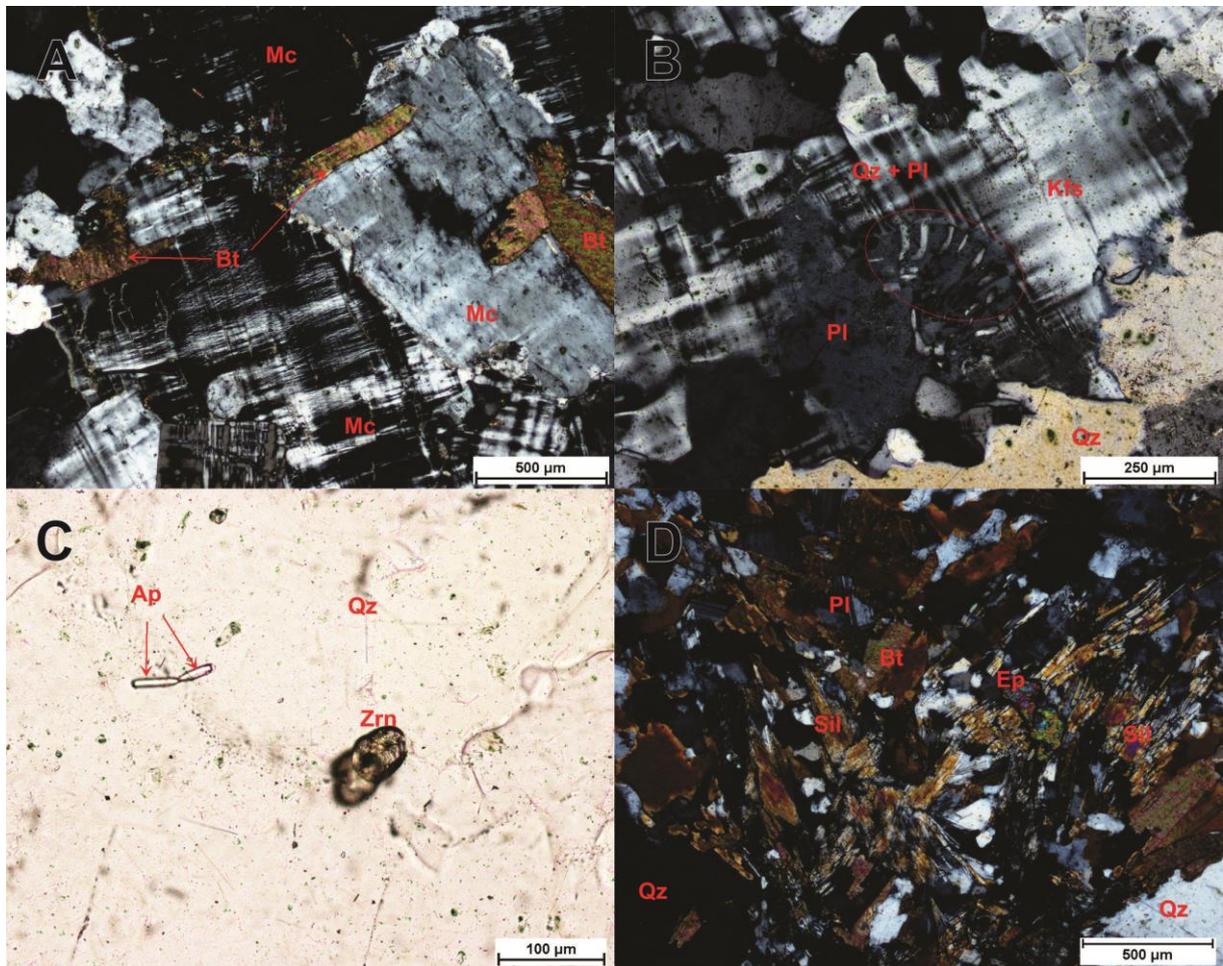
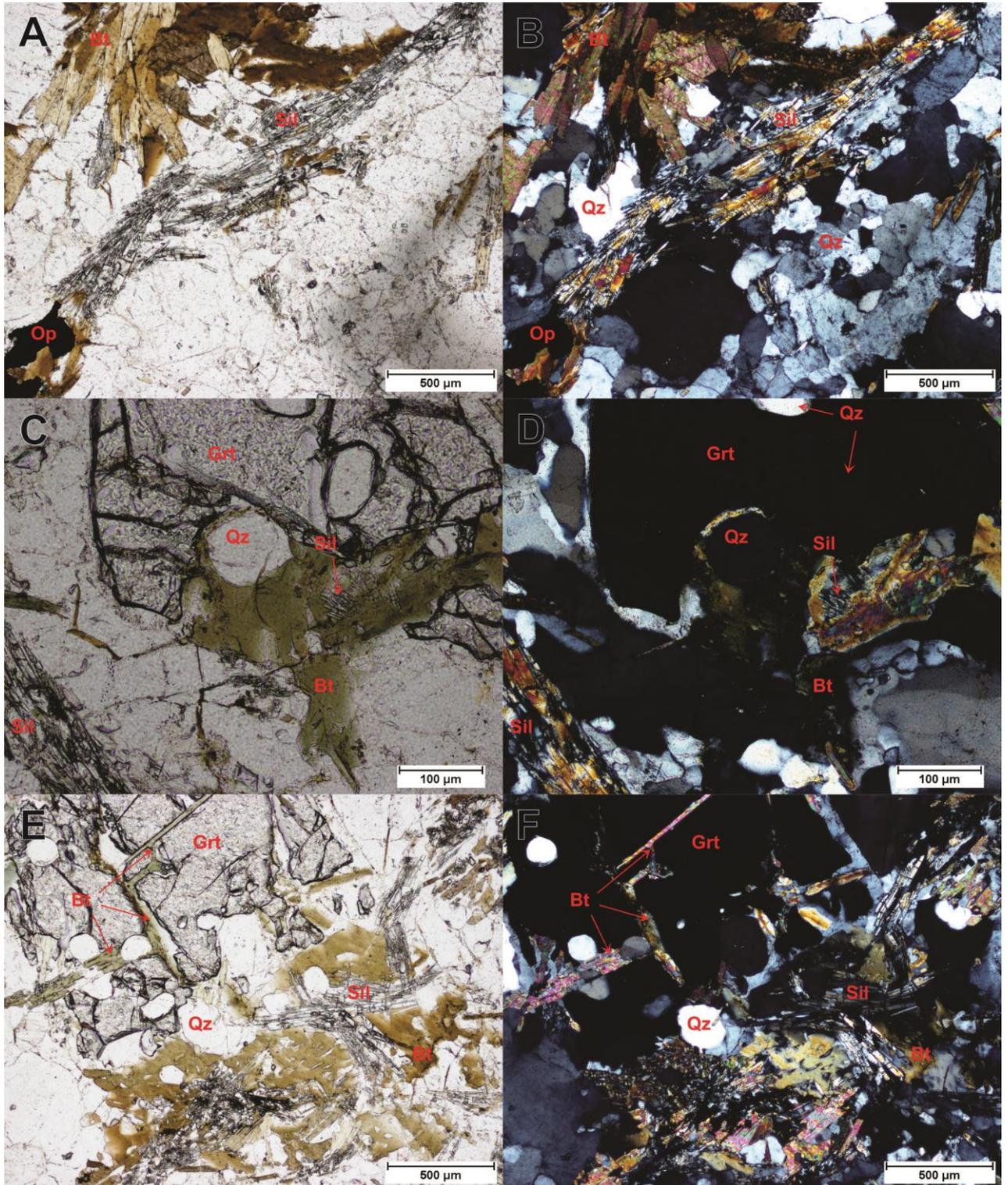


Figura 4.3: Fotomicrografia mostrando: sillimanita (Sil) em contato com biotitas (Bt) alteradas, quartzo (Qz) e opaco (Op), junto com a biotita (Bt), a luz natural em (A) e luz ortoscópica em (B). Granada (Grt) em contato com biotita (Bt), esta contendo sillimanita (Sil) intercrescida, a luz natural em (C) e a luz ortoscópica em (D). Granada (Grt) com biotitas (Bt) entre as fraturas da granada (Grt) e sillimanita (Sil) em meio as biotitas (Bt), a luz natural e (E) e luz ortoscópica em (F).



4.3. Gnaiss Enderbítico (ortoderivado) (p&gu)

Na análise microscópica, as amostras apresentam estrutura maciça, mostrando em sua maioria textura gronoblástica inequigranular variando de média a grossa com presença de simplectitos. O tamanho dos grãos apresentam, em sua maioria, dimensões que variam de 100µm a 2000µm.

Mineralogicamente, o enderbito apresenta os seguintes associação mineral: Plagioclásio (40%), Quartzo (20%), Piroxênio (18%), sendo que destes, 12% correspondem ao Ortopiroxênio e 6% ao Clinopiroxênio, Biotita (15%), Hornblenda (5%), Opacos (1%), ± Granada (0,4%), ± Zircão (0,3%), ± Titanita (0,2%), ± apatita (0,1%).

O plagioclásio é o mineral mais abundante nesta rocha, encontra-se, subidioblástico a xenoblástico, raramente idioblástico, possui hábito tabular, com tamanhos que podem chegar até 1500µm, geralmente exibindo geminação da Lei da Albita característica. Os grãos com maior nível de alteração exibem processo de sericitização, nos quais são identificadas pequenas lamelas no interior dos mesmos. Os contatos são interlobados, por vezes retos e raramente serrilhados. Em contato com a biotita reage formando piroxênio (Figura 4.4).

O quartzo apresenta forma xenomórfica, por vezes arredondada e subidiomórfico. Seus tamanhos variam de 200µm a 500µm, podem exibir dimensões medias de 300µm. Alguns grãos de quartzo apresentam-se com extinção ondulante. Alguns grãos podem ser encontrados como inclusões arredondadas no plagioclásio. Fraturas intragrãos são encontradas.

A biotita apresenta forma idiomórfica a subidiomórfica com habito lamelar, tamanhos que variam de 200µm a 1500µm. Ocorre tanto dispersa na lâmina quanto em pequenos aglomerados (Figura 4.4). Parecem existir duas fases distintas de geração biotita uma de cor marrom uma mais clara, desenhando uma foliação incipiente, e outra mais escura, que intercepta a anterior em diferente direção.

O piroxênio ocorre sempre em associação com a da biotita e hornblenda, disposto em forma xenoblástica e subidiomórfica, com dimensões aproximadas de 500µm (Figura 4.4). A maioria dos piroxênios corresponde ao ortopiroxênio, diferenciados pelo ângulo de extinção reto, e geralmente com cores de interferência de ordem mais baixa (1º ordem), amarelo-verde clara, sob luz ortoscópica, em contrapartida ao clinopiroxênio que possui cores de interferência em ordem superior e extinção oblíqua. Geralmente possuem bordas, compostas por anfibólio (hornblenda).

A hornblenda ocorre nas formas subidioblásticas a xenoblásticas, podendo ocorrer menos frequentemente idioblástica. Contatos interlobados ou retos e tamanhos de

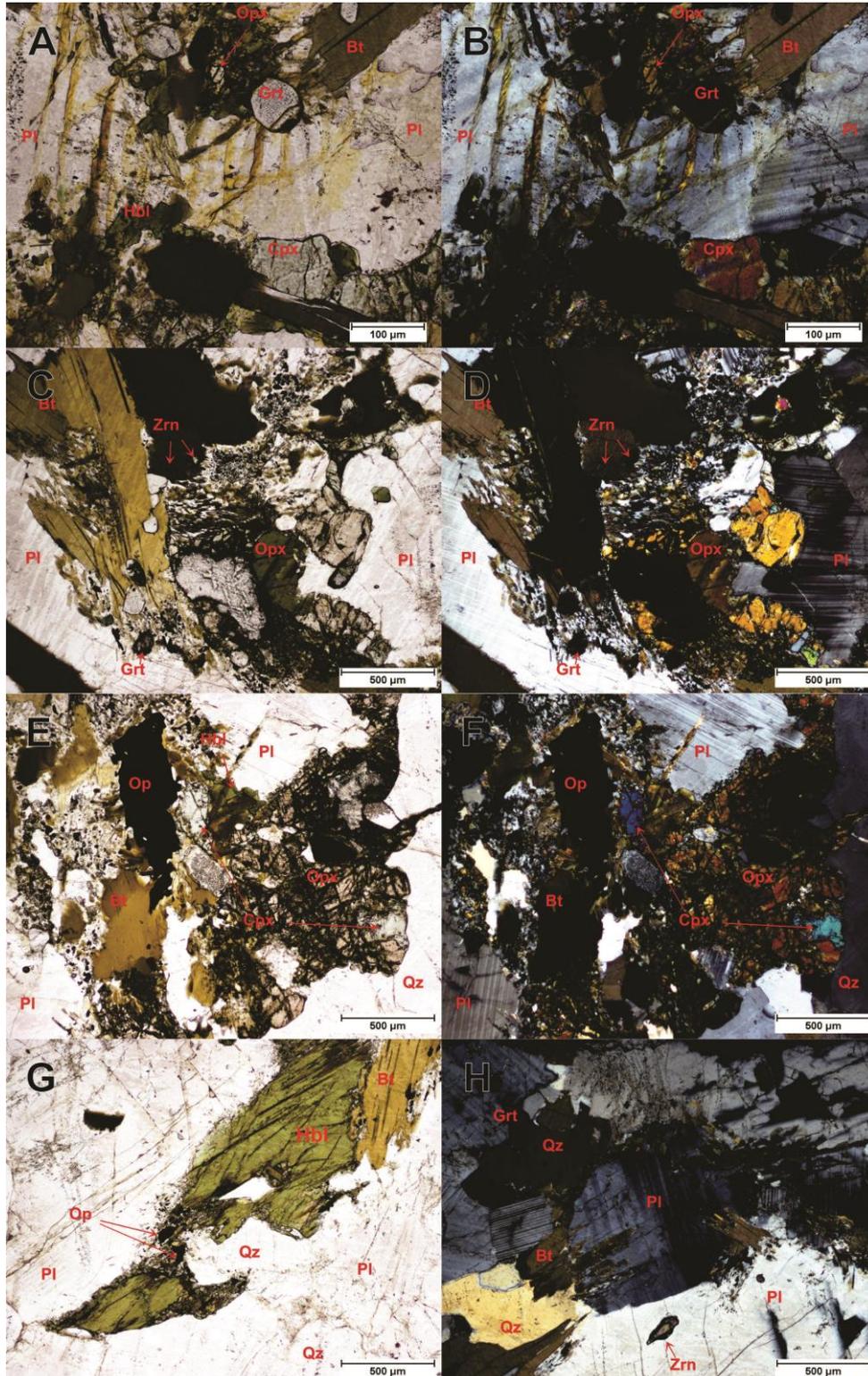
aproximadamente 700 μ m. Ocorrem em associação paragenética com biotita e plagioclásio. Possivelmente formada pela reação da biotita com o plagioclásio, pois quase sempre estão associados aos dois (Figura 4.4 A e E).

A granada geralmente idioblástica exibe dimensão de até 100 μ m. Associa-se a biotita (Figura 4.4 A e B). Apresenta manchas avermelhadas, provavelmente decorrente da dissolução do óxido de ferro.

A titanita presente associa-se a biotita. Possui forma prismática subidioblástica a xenoblástica, relevo alto e coloração castanho escura. As dimensões no comprimentos maiores dos prismas variam de 50 a 150 μ m.

A apatita, zircão (Figura 4.4 F) e opacos perfazem 0,4 % do total de minerais presentes nas amostras. A apatita geralmente exibe forma acicular e estão inclusos em quartzo. Os opacos estão dispersos pelas lâminas, são xenoblásticos a subidiomórfico, frequentemente inclusos em granada e biotita.

Figura 4.4: Fotomicrografia mostrando: Plagioclásio em contato com granada (Grt), ortopiroxênio (Opx), bitita (Bt), hornblenda (Hbl) e clinopiroxênio (Cpx), a luz natural em (A) e a luz ortoscópica em (B). Biotita (Bt) em contato com ortopiroxênio (Opx) e plagioclásio (Pl), além de Zircão (Zrn), a luz natural em (C) e luz ortoscópica em (D). Ortopiroxênio (Opx) em contato com clinopiroxênio (Cpx), bordejados por plagioclásio (Pl), quartzo (Qz), opaco (Op) e biotita (Bt), a luz natural em (E) e luz ortoscópica em (F). Ortopiroxênio (Opx) em contato com biotita (Bt) rodeados por plagioclásio (Pl) e quartzo (Qz), a luz natural em (G). Cristal de plagioclásio (Pl) bordejado por biotitas (Bt), estas estando inclusive sobre o plagioclásio (Pl), com presença de granada (Grt) e zircão (Zrn), a luz ortoscópica em (H).



5. QUÍMICA MINERAL

Neste capítulo aborda-se a química mineral das principais rochas presentes na região de Chorozinho, baseado nas características de cada um dos litótipos previamente determinados pelo estudo petrográfico, e analisadas através de microsonda eletrônica. Para uma melhor compreensão foram aproveitados, e integrados, os dados obtidos por Moraes (2000) e Costa (2003).

A obtenção da fórmula estrutural dos minerais, segue parâmetros conforme o espécime, estabelecidos por autores diferenciados a saber:

Biotitas – base de 24 oxigênios (Deer et al., 1972);

Plagioclásios – 32 oxigênios (Deer et al., 1966);

Feldspatos Potássicos – 32 oxigênios (Deer et al., 1966);

Granada – 8 cations, 12 oxigênios e proporções Fe⁺² e Fe⁺³ (Knowles, 1987);

Anfibólios – 15 cations e 23 oxigênios (Robinson et al., 1981) (Costa 2003);

Piroxênios – 4 cations e 6 oxigênios (Cawthorn & Colleson, 1974), classificação de Morimoto (1988).

Assim, foram analisados os minerais de biotita, granada e feldspatos, em todos os litótipos, no granada biotita gnaiss, sillimanita granada gnaiss (Costa 2003), diatexito e no gnaiss enderbítico. Anfibólio e piroxênio foram analisados no gnaiss enderbítico.

5.1. Granada Biotita Gnaiss (pEgn)

O biotita gnaiss é a rocha pela qual o processo de migmatização foi incipiente. Foram analisados biotita, feldspato e granada.

5.2.1 - Biotitas

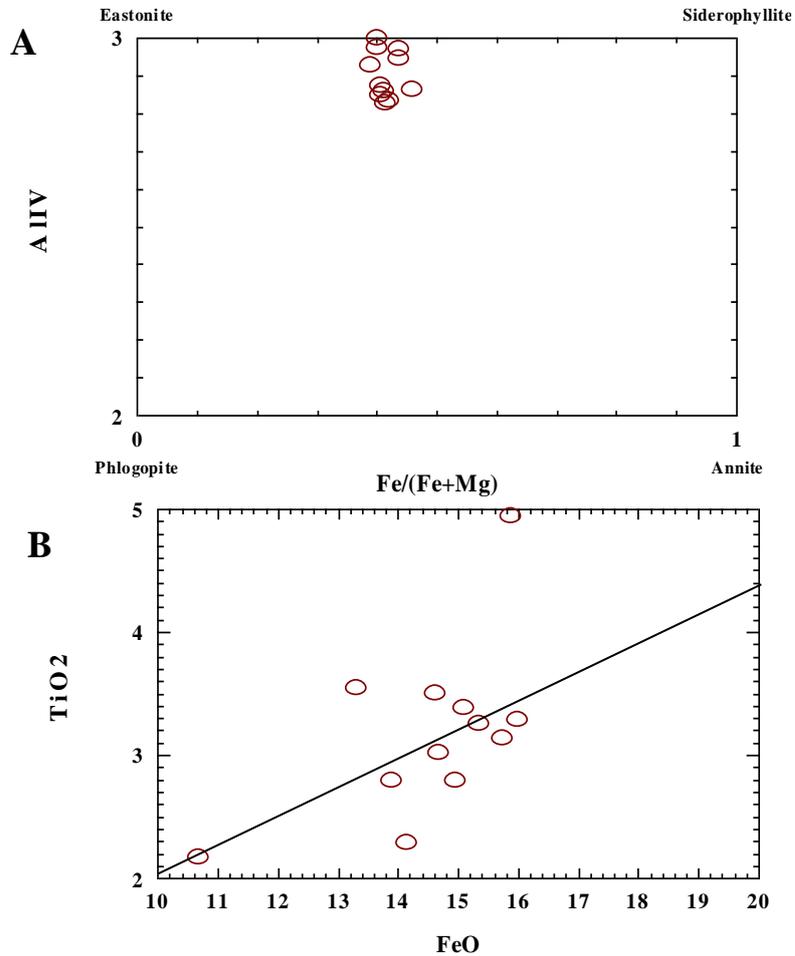
As biotitas no gnaiss apresentam-se dispostas segundo a foliação, e também dispersas nas lâminas, em pequenos aglomerados, ou em contato com a granada, bordejando-a.

As análises efetuadas em diversos grãos resultaram nos dados conforme a Tabela 5.1, em anexo.

Conforme o diagrama de Al^{VI} VS Fe/[(Fe+Mg)] das soluções sólidas flogopita-anita-eastonita-siderofilita (Deer et al., 1972) as razões Fe/[(Fe+Mg)] variam entre 0,39 a 0,44, para as biotitas constituintes do biotita gnaiss, posicionando as mesmas entre as extremidades da eastonita e siderofilita, tendendo mais para eastonita Figura (5.1 A).

Com respeito as possíveis correlações entre FeO e TiO₂ nas biotitas, não é possível determinar uma correlação muito precisa devido ao alto grau de dispersão dos pontos plotados (Figura 5.1 B).

Figura 5.1: A - Classificação para as biotitas do biotita gnaiss de acordo com Deer *et al.*, 1972. B - Gráfico com a correlação de óxidos de titânio e ferro.



Sua forma estrutural corresponde aos valores de: K_(0,912 – 1,588) Ca_(0,00-0,005) Na_(0,007 – 0,025) Al^{VI}_(0,00 – 0,318) Ti_(0,187 – 0,344) Fe²_(1,019 – 1,658) Mn_(0,00 – 0,006) Mg_(1,28 – 2,459) Ba_(0,00 – 0,008) Al^{IV}_(1,222 – 3,000) Si_(4,647 – 6,778) O₂₄.

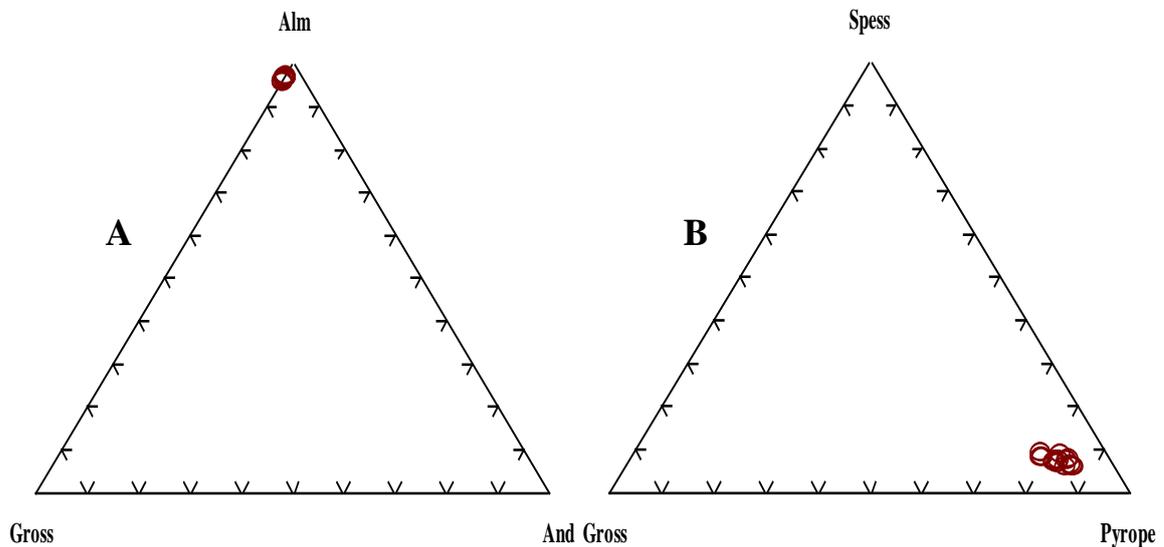
5.1.1. Granada

As granadas, nas seções analisadas, quando presente, estão frequentemente em contato com a biotita, podendo ocorrer em meio ao quartzo e ao plagioclásio.

As análises químicas pontuais das granadas apresentaram os resultados contidos na Tabela 5.2, em anexo.

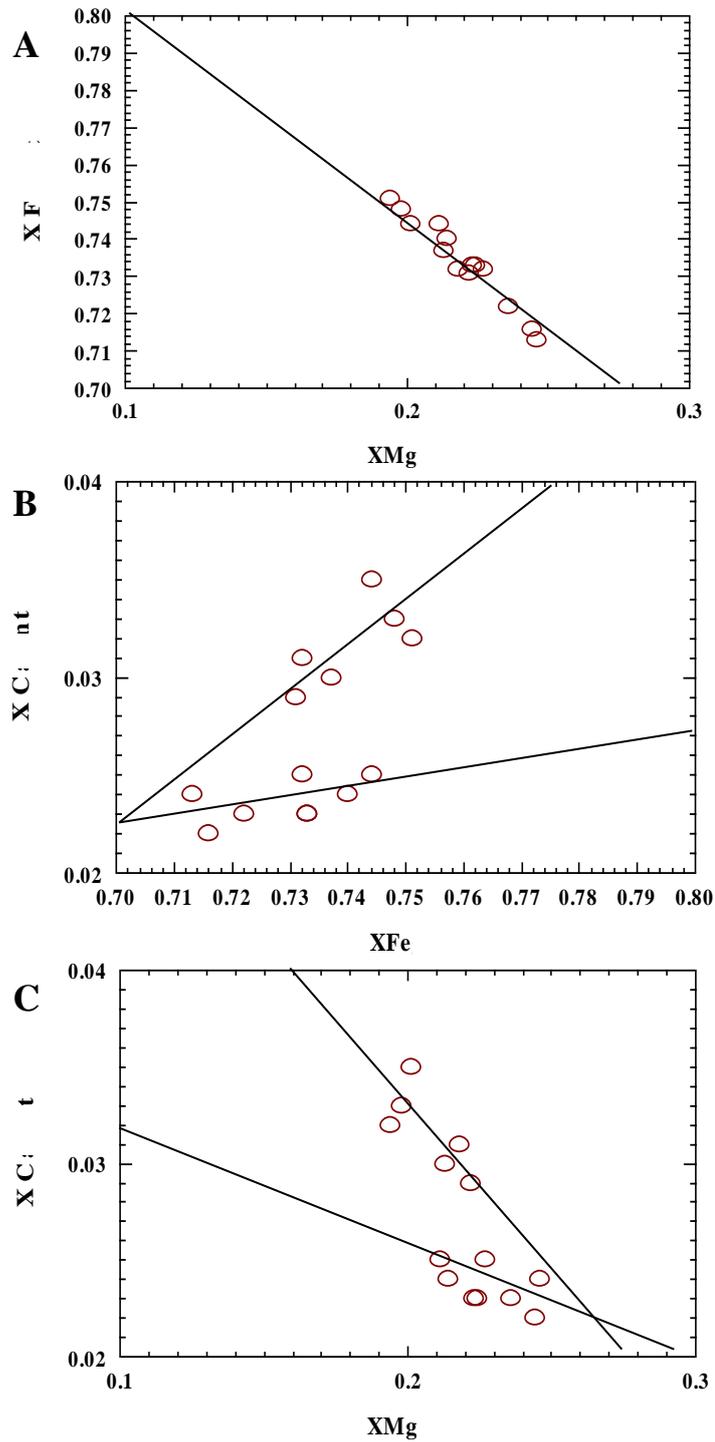
Conforme os dados da tabela 5.2, a composição predominantemente corresponde a Almandina (73,231 – 75,074), com proporções significativas de Piropo (19,373 – 22,415), além de conter grossulária (2,145 – 3,324), espessartita (1,886 – 2,357) e uvarovita (0,000 – 0,152) (Tabela 2) (Figura 5.2).

Figura 5.2: Composição das granadas nos diagramas Almandina-Grossulária-Piropo, em A e Espessartita-Grossulária-Piropo, em B.

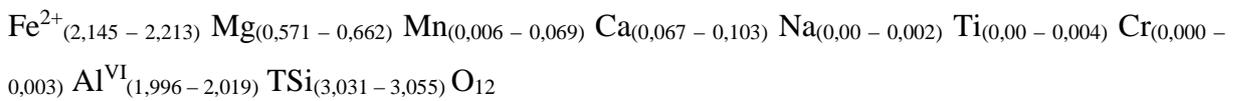


Os valores de X_{Fe} x X_{Mg} exibem uma correlação linear negativa, bem definida (Figura 5.3 A), registrando razões Fe/Mg com valores entre 3,269 e 3,876, por outro lado, X_{Ca} x X_{Fe} e X_{Ca} x X_{Mg} apresentam correlações com uma definição baixa, entre as respectivas variáveis, devido a forma espalhada dos dados plotados, entretanto é possível notar duas correlações positivas no X_{Ca} x X_{Fe} (Figura 5.3 B) e negativas no X_{Ca} x X_{Mg} (Figura 5.3 C).

Figura 5.3: Diagramas das frações molares. A) XFe-XMg; B) XCa-XMg e C) XCa-XFe, para o biotita gnaisse.



As granadas possuem a seguinte fórmula estrutural:



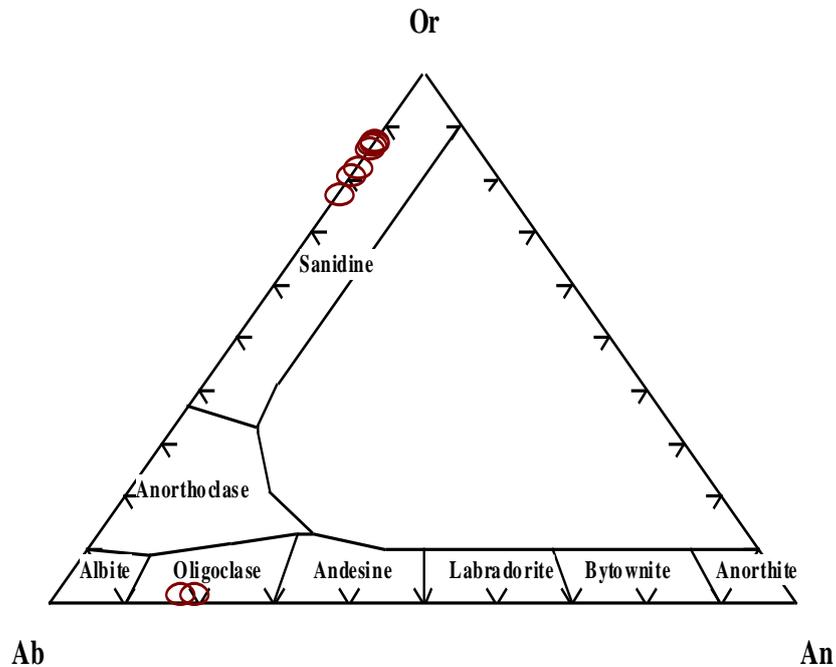
5.1.2. Feldspatos

O biotita gnaiss apresenta um bandamento composicional constituído pela alternância entre níveis félsicos quartzo-feldspáticos e máficos compostos por biotita. São também reconhecidos cristais maiores de ambos os feldspatos em meio a uma matriz granoblástica quartzo-feldspática.

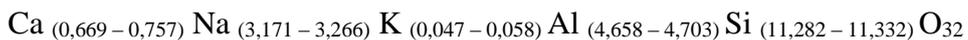
A tabela 5.3, em anexo, exhibe os resultados das análises químicas dos feldspatos.

Os plagioclásios não possuem variações composicionais expressivas (Tabela 5.3, em anexo) e posicionam-se no campo do oligoclásio, $An_{(0-19)}$ e $Ab_{(12,7-81,8)}$ (Figura 5.4). Os feldspatos alcalinos plotam no campo da sanidina, $Or_{(78-87,2)}$.

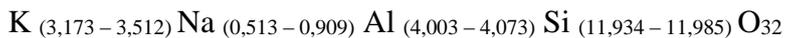
Figura 5.4: Classificação química dos feldspatos para o biotita gnaiss.



As fórmulas estruturais para plagioclásio e feldspato alcalino são respectivamente:



e



5.2. Silimanita granada gnaiss

O silimanita granada gnaiss, que por sua vez com o incremento acentuado de fusão (> 30%) forma o diatexito, e em um grau muito inferior de fusão (estimado em 5 %<) constitui o metatexito, este último pela dificuldade de individualização relativa ao silimanita granada gnaiss não vem abordado, representam as encaixantes dos enderbitos. Tais rochas apresentam tanto macro como microscopicamente, as mesmas características mineralógicas e alguns aspectos texturais semelhantes, sendo observadas diferenças apenas no que concerne as estruturas anatéticas (“mobilizados”). Da associação mineral presente nessa rocha foram analisados quimicamente os seguintes minerais: biotita, granada e feldspato. Estes minerais foram escolhidos devido a sua importância na determinação de condições metamórficas conforme as calibrações termobarométricas mais utilizadas em terrenos granulíticos. Outros minerais como o quartzo e silimanita, embora presentes, não são usualmente analisados por representarem componentes químicos homogêneos.

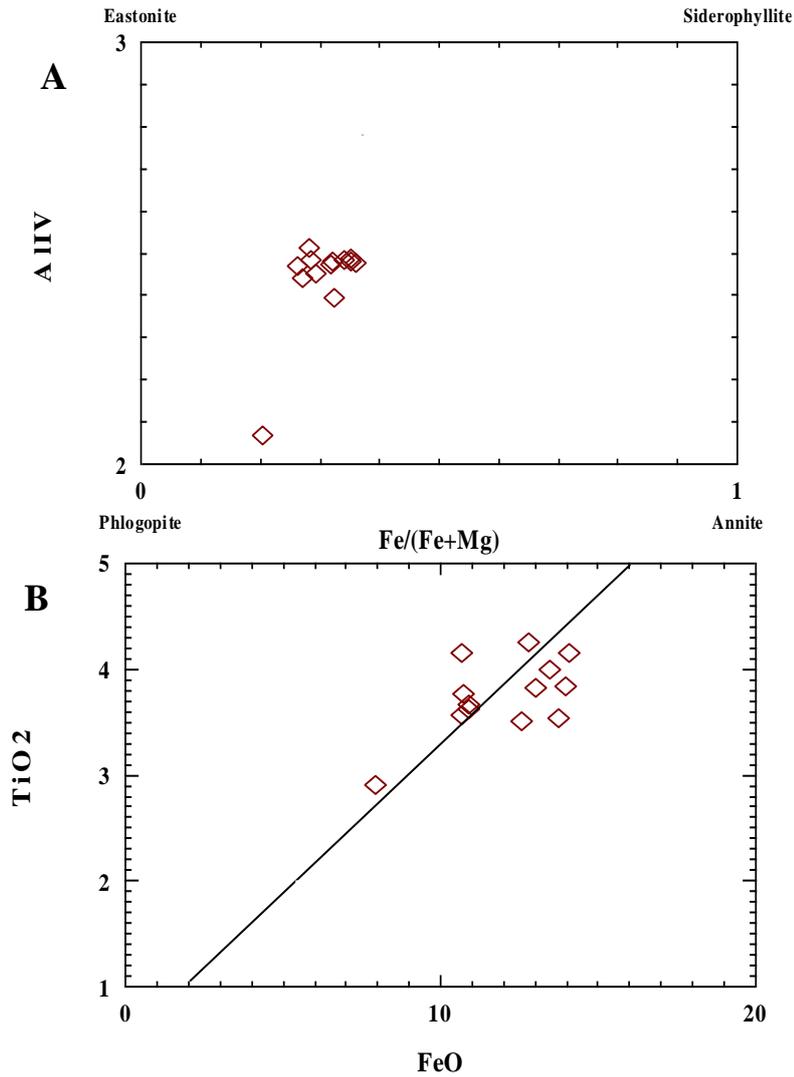
5.2.1. Biotitas

As análises químicas das biotitas deste litotipo estão discriminadas na Tabela 5.4, em anexo.

Conforme o diagrama de Al^{VI} VS $Fe/[Fe+Mg]$ das soluções sólidas flogopita-anita-eastonita-siderofilita (Deer *et al.*, 1972) as razões $Fe/[Fe+Mg]$ variam entre 0,20 a 0,37, para o silimanita granada gnaiss, posicionando as mesmas próximas a extremidade da flogopita, por terem, em geral, um caráter mais magnésiano, obtendo uma correlação positiva (Figura 5.5 A).

O conteúdo de FeO e TiO_2 nas biotitas uma correlação linear positiva (Figura 5.5 B), característico de biotitas constituintes de rochas granulíticas, corroborado pelos valores elevados de TiO_2 acima de 3% (Tabela 5.4, em anexo).

Figura 5.5: A - Classificação para as biotitas do silimanita granada gnaiss de acordo com Deer *et al.*, 1972. B - Gráfico com a correlação de óxidos de titânio e ferro.



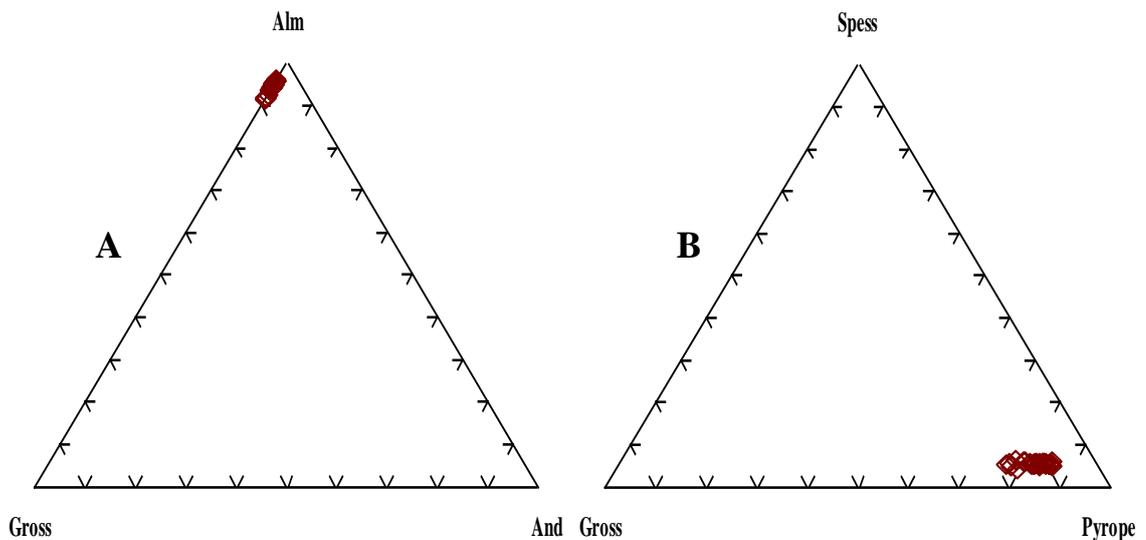
A composição química corresponde aos valores de:

K_(1,617 – 0,671) **Ca**_(0,00-0,016) **Na**_(0,008 – 0,028) **Al^{VI}**_(0,00 – 1,323) **Ti**_(0,183 – 0,422) **Fe²**_(0,625 – 1,506) **Mn**_(0,00 – 0,005) **Mg**_(1,061 – 3,264) **Ba**_(0,00 – 0,009) **Al^{IV}**_(2,07 – 2,803) **Si**_(4,592–5,239) **O**₂₄ (Tabela 4).

5.2.2. Granadas

As granadas, nas seções analisadas, correspondem em maior parte a porfiroblastos/poiquiloblastos, frequentemente em contato com a biotita, ou ainda com biotitas + silimanita, esta última podendo ocorrer inclusa nas granadas. As análises correspondentes são exibidas pela Tabela 5.5, em anexo.

Figura 5.6: Composição das granadas nos diagramas Almandina-Grossulária-Piropo, em A e Espessatita-Grossulária-Piropo, em B, no silimanita granada gnaissse.



Os valores de X_{Fe} x X_{Mg} exibem uma correlação linear negativa, mais ou menos definida (Figura 21 A), registrando razões Fe/Mg com valores entre 2,157 e 2,756, por outro lado, X_{Ca} x X_{Fe} e X_{Ca} x X_{Mg} apresentam correlações mais fracas, ou pouco definidas, entre as respectivas variáveis, devido a forma espalhada dos dados (Figura 5.7 B e C).

As granadas possuem a seguinte fórmula estrutural:

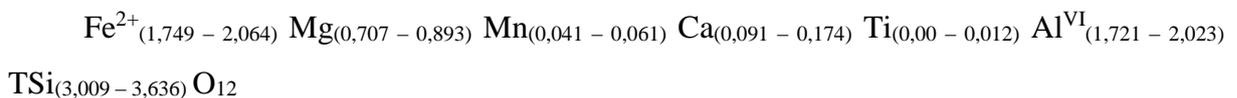
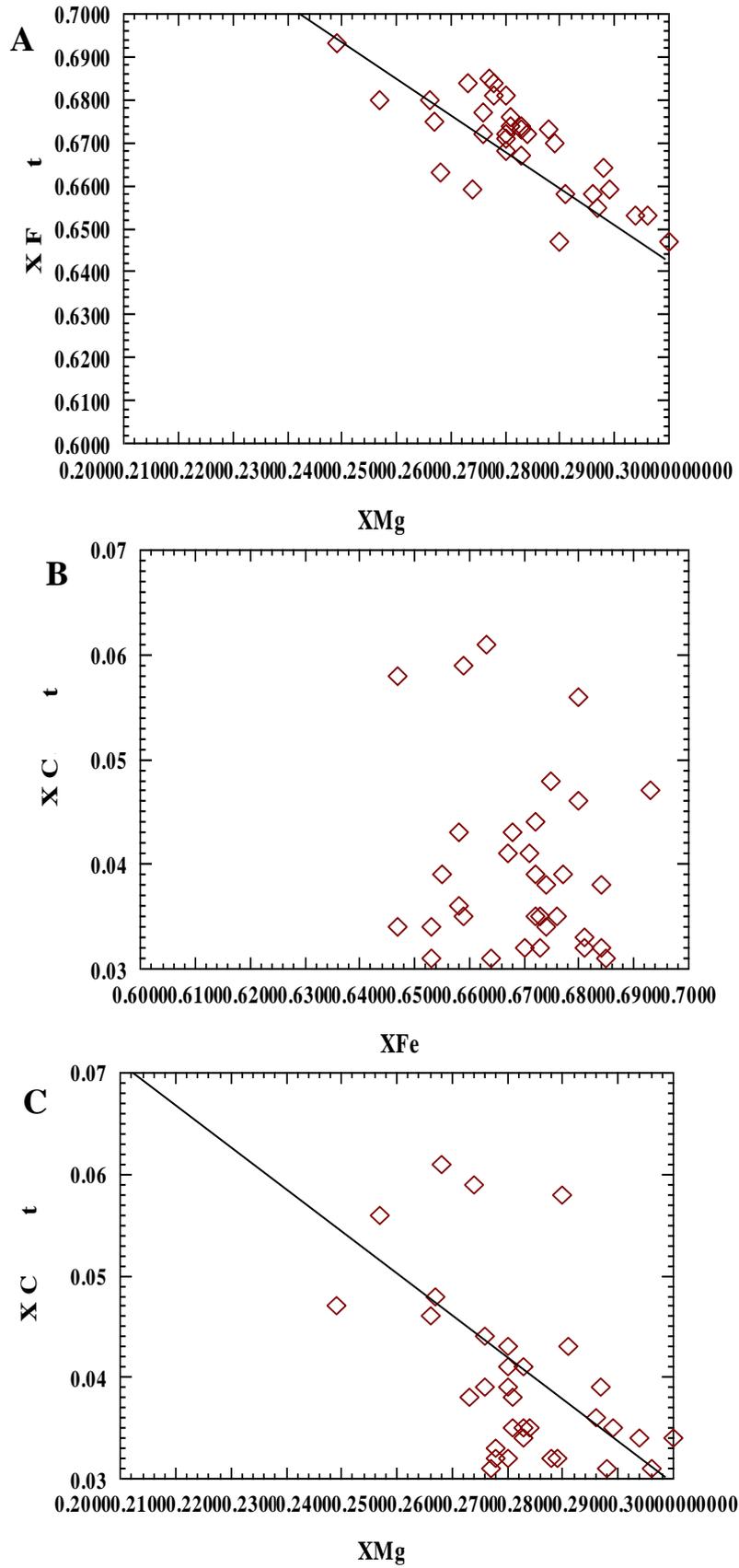


Figura 5.7: Diagramas das frações molares. A) XFe-XMg; B) XCa-XMg e C) XCa-XFe, para o silimanita granada gnaisse.

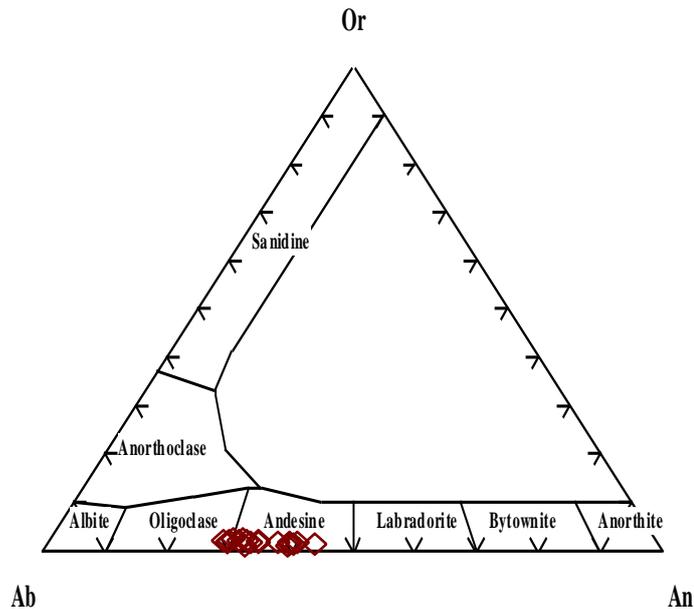


5.2.3. Feldspato

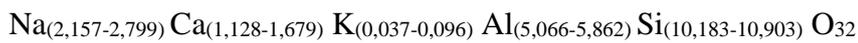
Nos feldspatos analisado foram restritos aos plagioclásios, os quais não apresentaram variações composicionais significativas, de acordo com Tabela 5.6, em anexo.

Em termos composicionais os valores obtidos para os plagioclásios situaram-se no limite oligoclásio-andesina $An_{(29-43,2)}$ (Figura 5.8), característico de associações de elevado grau metamórfico.

Figura 5.8: Classificação química dos feldspatos para o silimanita granada gnaisse.



A fórmula estrutural corresponde a:



5.3. Diatexito

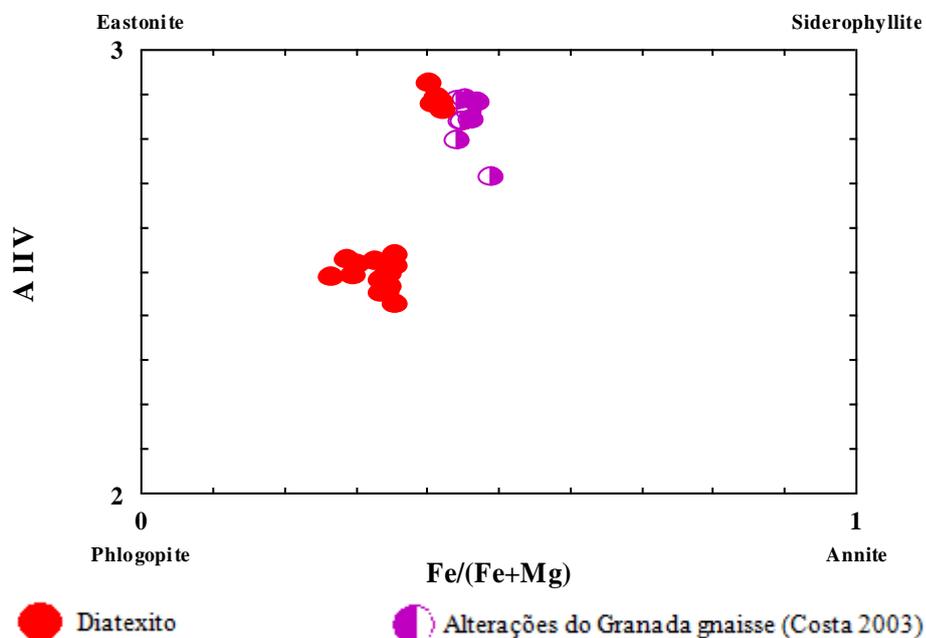
Ocorrem como “mobilizados” de fusão, de composição granítica a partir do silimanita granada gnaiss, este pode apresentar um contato brusco com as demais litologias. Possui granulometria grosseira, coloração clara sendo composta basicamente por quartzo e feldspato, com presença de silimanita, biotita e granada.

5.3.1. Biotita

As análises química mineral estão contidas na tabela abaixo (Tabela 5.7, em anexo)

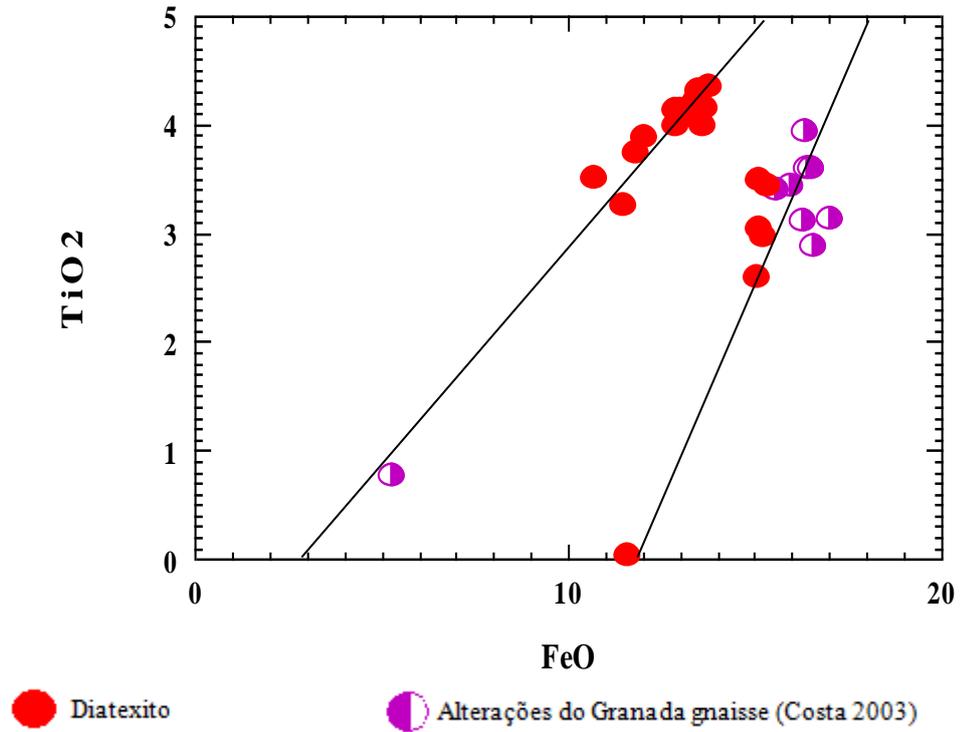
Utilizando o diagrama de Al^{VI} VS $Fe/[(Fe+Mg)]$ das soluções sólidas flogopita-anita-eastonita-siderofilita (Deer *et al.*, 1972) as razões $Fe/[(Fe+Mg)]$ variam entre 0,27 a 0,49, para análises do diatexito obtidas pelo autor (círculo preenchido vermelho), posicionando as mesmas, em dois grupos distintos: um com uma composição mediana entre a extremidade da eastonita e da flogopita e outro mais próximo do eixo eastonita - siderofilita, na porção superior do diagrama, com tendência para eastonita (Figura 5.9). Estes últimos valores são similares aos encontrados por Costa (2003) para estas mesmas rochas.

Figura 5.9: A - Classificação para as biotitas, do diatexito, de acordo com Deer *et al.*, 1972.

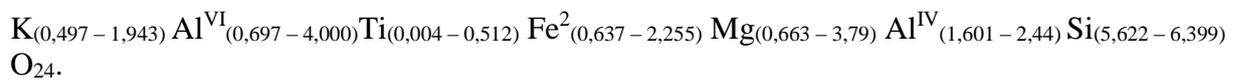


Estes mesmos dois conjuntos exibem uma correlação linear entre FeO e TiO_2 com valores de TiO_2 elevados ($> 3\%$), indicando um pico metamórfico nas biotitas com valores de TiO_2 mais altos (Figura 5.10).

Figura 5.10: Gráfico com a correlação de óxidos de titânio e ferro.



A formula estrutural corresponde a:



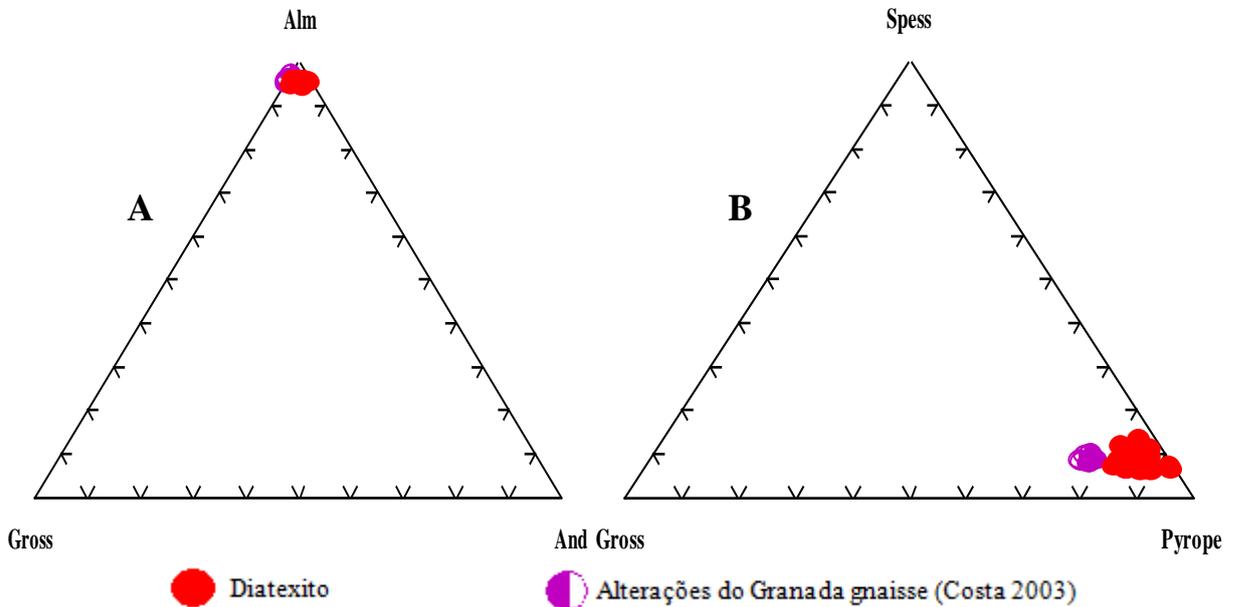
5.3.2. Granada

As granadas, por vezes centimétricas em campo, ocorrem com frequência no material fundido, constantemente acompanhada da biotita.

A Tabela 5.8, em anexo, exhibe as análises obtidas das granadas dos diatexitos.

A composição predominantemente corresponde a Almandina (68,449 – 76,983), com proporções de Piropo (17,422 – 26,532), além de uma pequena proporção de Grossulária (2,130 – 4,330) e Espessartita (1,585 – 2,902) (Tabela 5.8, em anexo) (Figura 5.11).

Figura 5.11: Composição das granadas nos diagramas Almandina-Grossulária-Piropo, em A e Espessartita-Grossulária-Piropo, em B, no silimanita granada gnaiss.



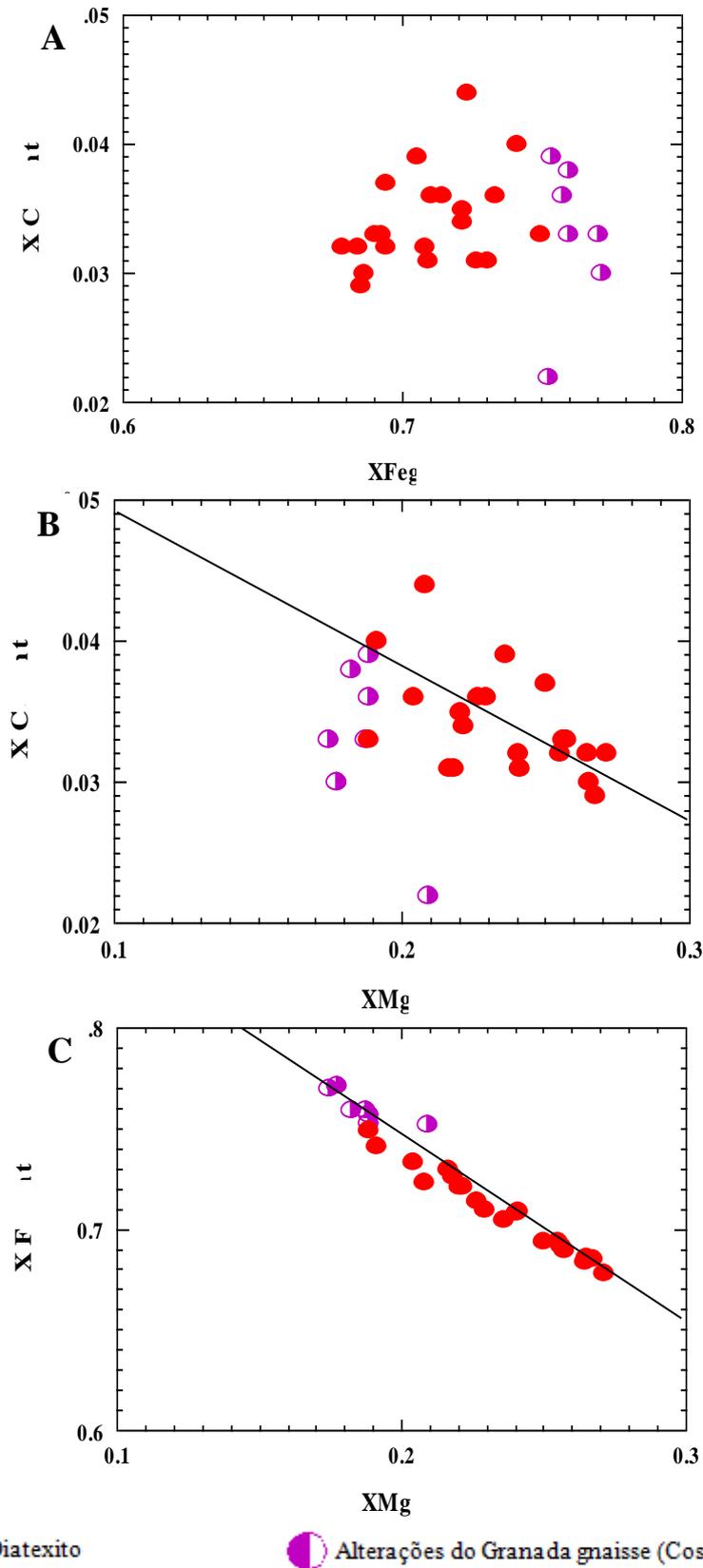
Os dados de $X_{Ca} \times X_{Fe}$ não exibem correlação (Figura 5.12 A). Este comportamento também ocorre com as frações $X_{Ca} \times X_{Mg}$ (Figura 5.12 B). As frações molares $X_{Fe} \times X_{Mg}$ mostram uma correlação negativa bem definida (Figura 5.12 C).

A composição química das granadas em seus valores extremos dos elementos analisados vem :



O₁₂

Figura 5.12: Diagramas das frações molares. A) XFe-XMg; B) XCa-XMg e C) XCa-XFe, para o silimanita granada gnaiss.



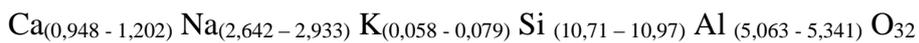
5.3.3. Feldspato

Os diatexitos apresentam plagioclásios e feldspatos potássico juntamente com quartzo, formando o leucossoma, sendo possível reconhecer grãos centimétricos dos feldspatos em meio a matriz granoblástica quartzo-feldspática.

Segue na Tabela 5.9, em anexo, as análises efetuadas nos grãos de feldspatos de amostra de diatexito.

As análises realizadas no diatexito demonstraram variações composicionais importantes, as quais possuem uma predominância no campo da sanidina, para o feldspato potássico, e oligoclásio-andesina para os plagioclásios (Figura 5.13). Em termos das soluções solidas estão posicionados em Or (70 – 87) nos feldspatos potássicos e An (25-30) (Tabela 5.9, em anexo).

As fórmulas estruturais para plagioclásios e feldspatos alcalino potássicos são respectivamente:



e

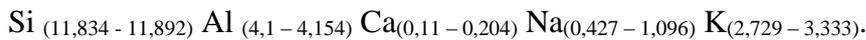
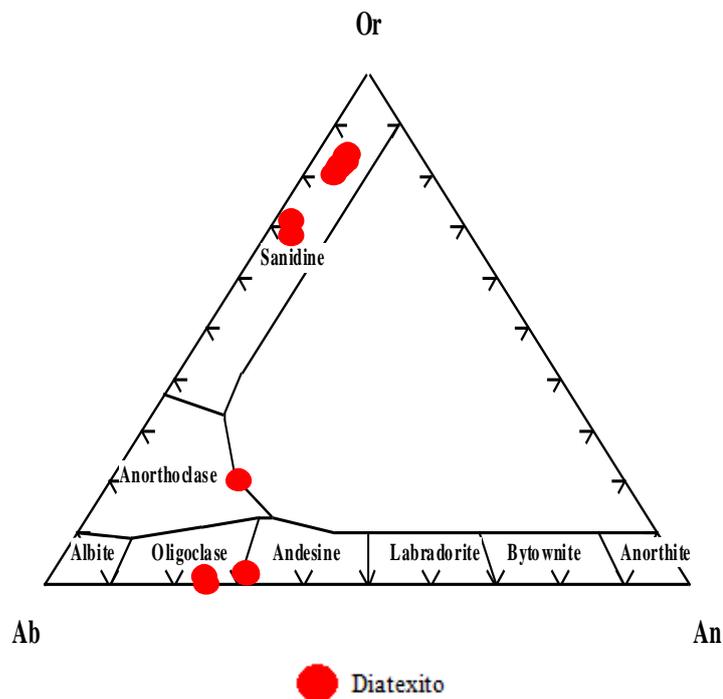


Figura 5.13: Classificação química dos feldspatos para o diatexito.



5.4. Gnaiss Enderbítico – Granulito Ortoderivado (pEgu)

Os afloramentos ocorrem com extensões bem marcantes na forma de morros ou matacões. Os minerais analisados correspondem a: biotita, granada, plagioclásio, anfibólio e piroxênio.

5.4.1. Biotitas

As biotitas, nos enderbitos, estão dispostas sem orientação preferencial marcante, dispersas por toda a lâmina, entretanto, aglomerados podem ser encontrados. Estes aglomerados podem associar-se a granada, biotita e hornblenda. Assumem valores de TiO₂ entre 0,703% e 5,078% (Tabela 5.10, em anexo), demonstrando características de rochas de alto grau metamórfico.

Conforme o diagrama de Al^{VI} VS Fe/[Fe+Mg] das soluções sólidas flogopita-anita-eastonita-siderofilita (Deer *et al.*, 1972), as razões Fe/[Fe+Mg] variam entre 0,3 a 0,42 posicionando as mesmas próximas a extremidade da flogopita, para os enderbitos. Comportamento semelhante é observado nos dados das análises de Moraes (2000) e Costa (2003) (Figura 5.14 A).

O FeO e TiO₂ nas biotitas demonstraram correlação linear positiva bem definida (Figura 5.14 B).

Sua forma estrutural corresponde aos valores de:

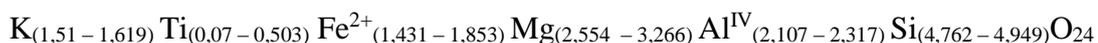
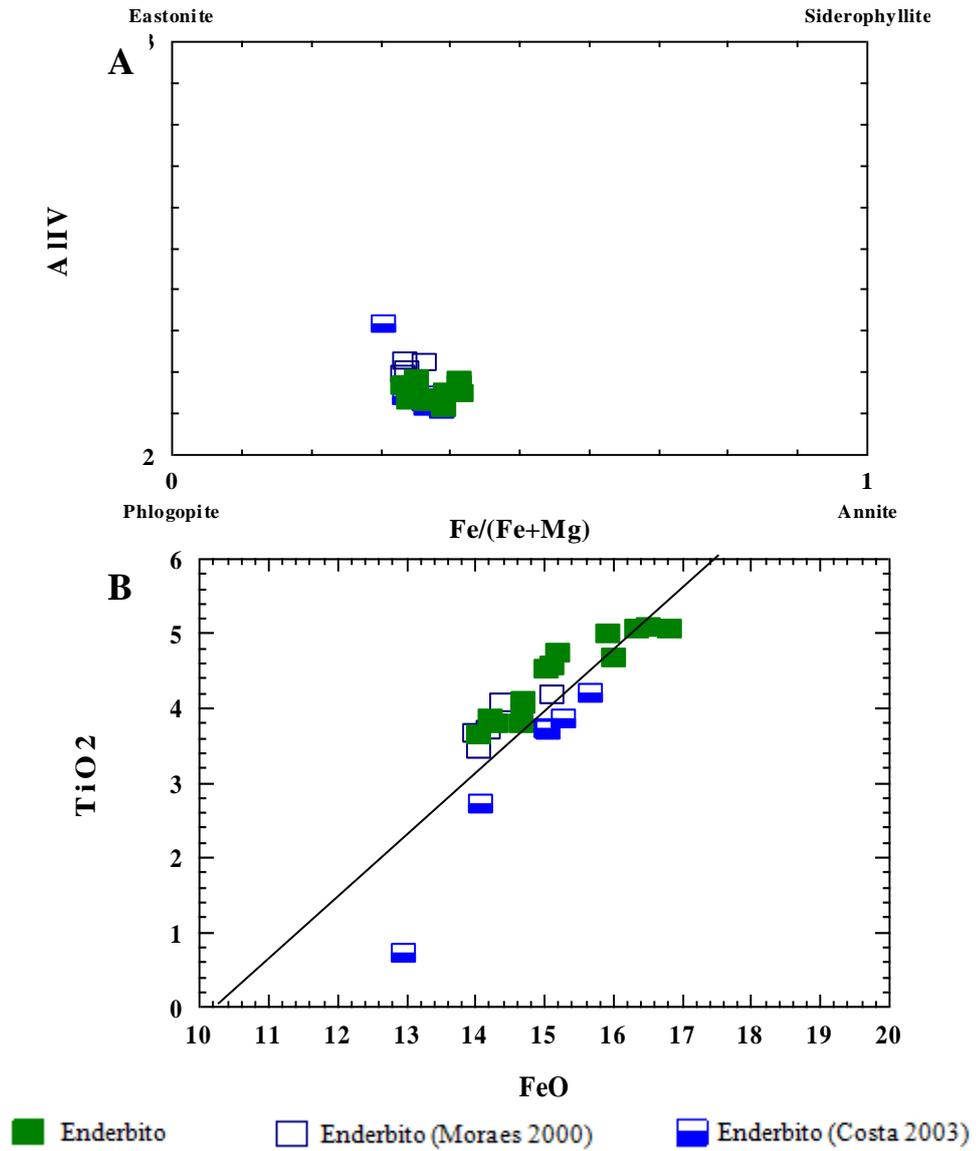


Tabela 5.14: A - Classificação para as biotitas do gnaiss enderbitico de acordo com Deer et al., 1972. B - Gráfico com a correlação de óxidos de titânio e ferro.

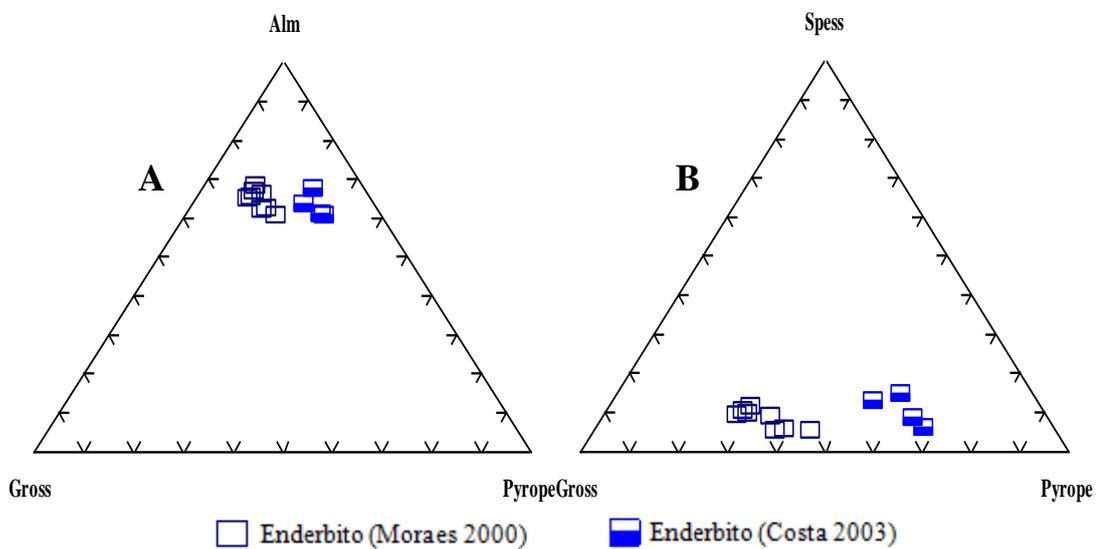


5.4.2. Granadas

O conjunto das análises das granadas estão discriminadas na Tabela 5.11, em anexo.

Os componentes dos termos finais da solução sólida nas granadas, dos enderbitos, apresentam predominância de almandina e, de uma maneira geral para o conjunto estudado, correspondem, respectivamente a: Almandina (58,802 – 65,351); Piropo (10,018 – 27,31); Grossulária (9,732 – 23,515); Espessartita (2,193 – 5,379). (Figura 5.15).

Figura 5.15: Composição das granadas nos diagramas Almandina-Grossulária-Piropo, em A e Espessartita-Grossulária-Piropo, em B, no silimanita granada gnaiss.



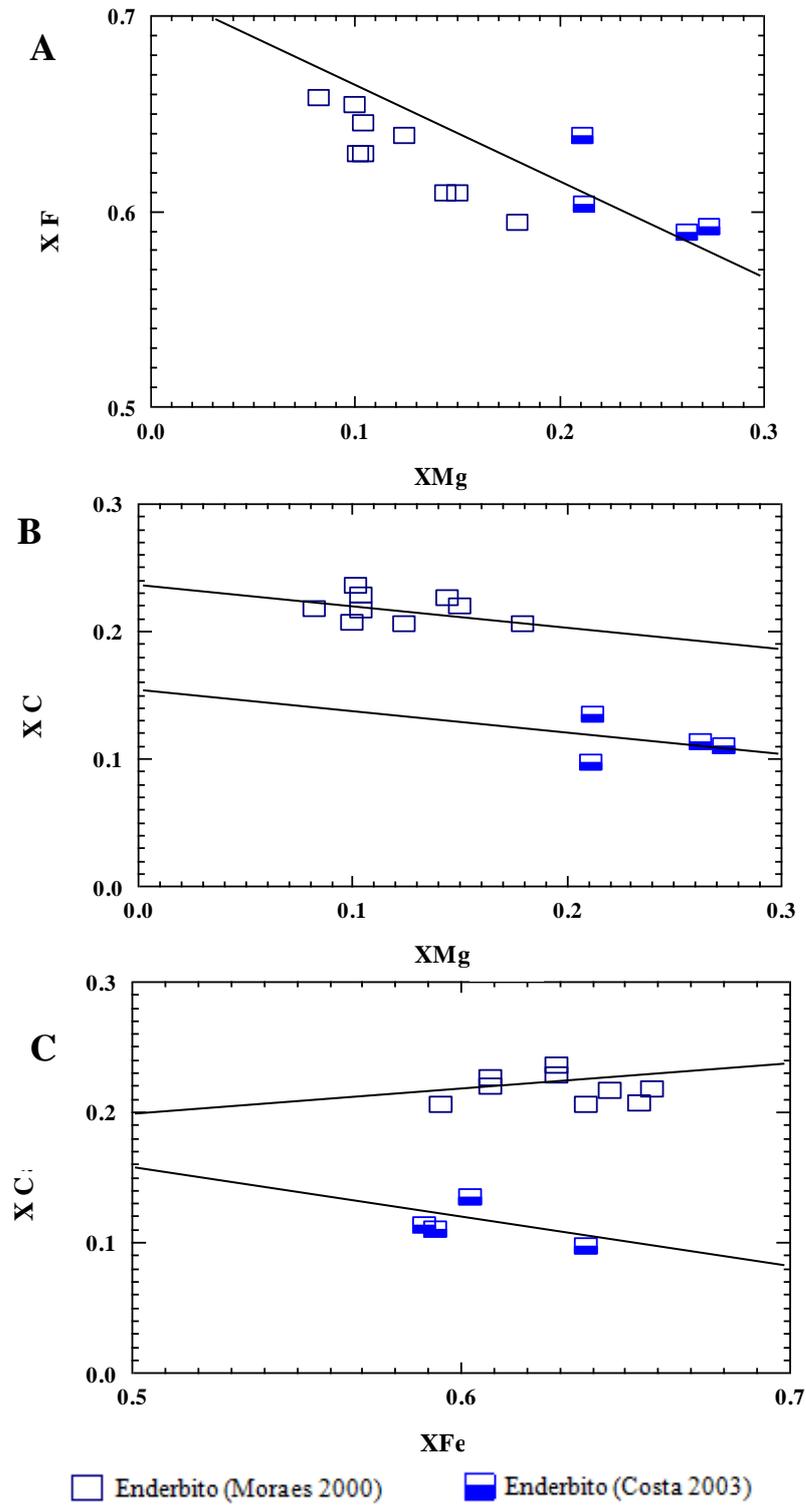
As relações entre X_{Fe} x X_{Mg} nos enderbitos possuem correlação linear negativa, bem definida (Figura 5.16 A). As razões X_{Ca} x X_{Mg} também possui correlação linear negativa (Figura 5.16 B), entretanto é possível notar uma pequena diferença entre as amostras analisadas por Moraes (2000) e Costa (2003), assim, as frações X_{Ca} x X_{Fe} , (Figura 5.16 C), formam duas correlações lineares distintas, uma positiva, no caso das de Moraes (2000) e outra negativa no caso de Costa (2003).

Sua fórmula estrutural de acordo com a Tabela 11, em anexo, é:



O₁₂

Figura 5.16: Diagramas das frações molares. A) XFe-XMg; B) XCa-XMg e C) XCa-XFe, para o silimanita granada gnaisse.

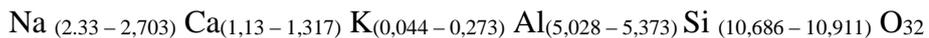


5.4.3. Plagioclásio

Os feldspatos presentes nos enderbitos estão restritos aos plagioclásios, embora algumas lamelas antipertíticas tenham sido identificadas, pelas diminutas dimensões as análises efetuadas não forneceram resultados satisfatórios. Apenas duas análises apresentadas por Costa (2003), registram a presença de feldspato potássico. Os plagioclásios estão presentes formando bandas félsicas ou desenvolvendo um mosaico granoblástico em meio aos piroxênios, granadas ou anfibólios. As análises dos plagioclásios e dos feldspatos potássicos, seguem na Tabela 5.12, em anexo.

Em termos composicionais os plagioclásios constituintes dos enderbitos apresentam composição de andesina An (29,7 – 33,1) e para os feldspatos potássicos a fração de ortoclásio, Or (91,8-92,9) (Figura 5.17).

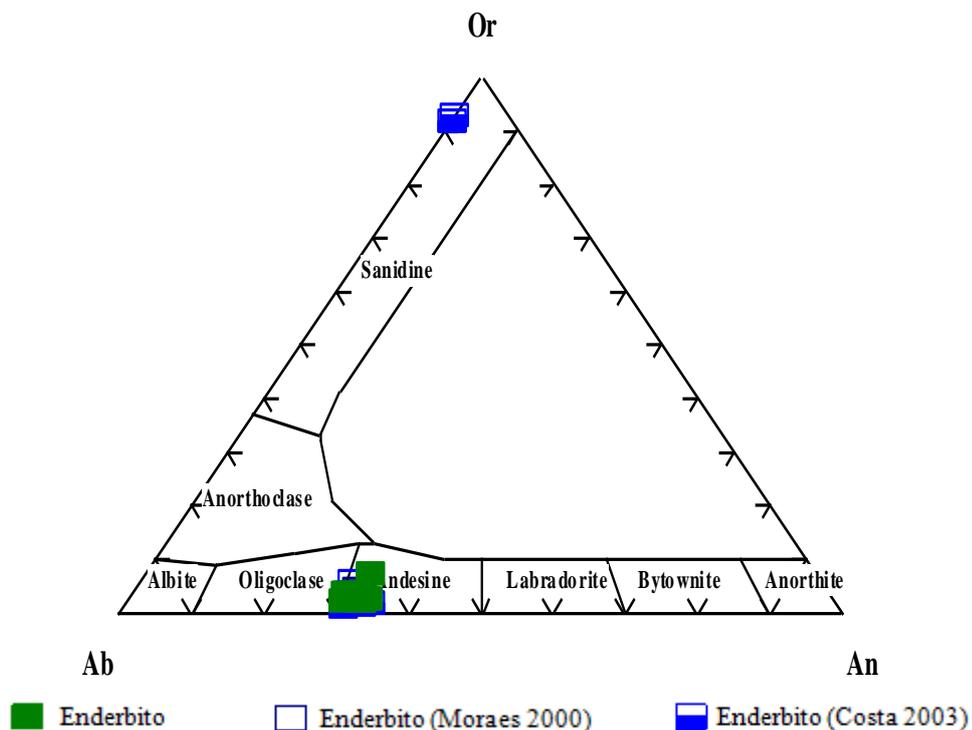
A fórmula para os feldspatos dos enderbitos respectivamente plagioclásio e feldspato potássico e correspondem a:



e



Figura 5.17: Classificação química dos feldspatos, no gnaisse enderbítico.



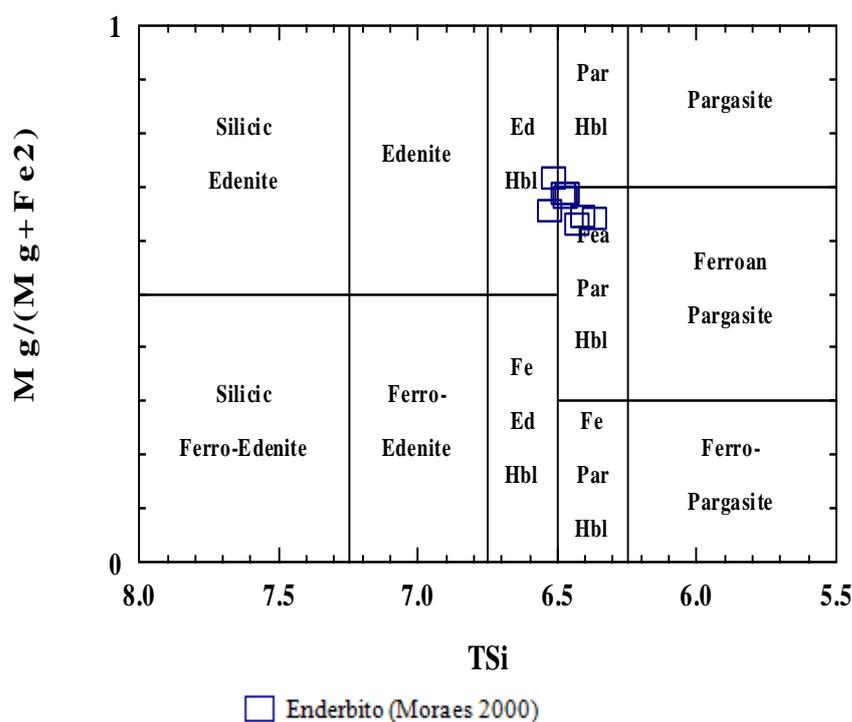
5.4.4. Anfibólio

Em razão de problemas na análise, não foi possível obter dados de anfibólios, em virtude disso foram utilizados os dados de Moraes (2000), conforme a Tabela 5.13, em anexo. Cabe salientar que as relações texturais dos anfibólios nos enderbitos, envolvem sobrecrecimento destes nas bordas e planos de clivagens dos piroxênios, sugerindo que os anfibólios surgiram às expensas dos piroxênios.

Os anfibólios foram classificados conforme a relação $TSi \times Mg/(Mg+Fe^{+3})$, $(Ana + AK) \geq 0,5$ e $Ti < 0,50$ e $Fe^{+3} \leq AIVI$ e as amostras plotam no campo da hornblenda pargasita ferrosa e/ou hornblenda edenita (Figura 5.18) a exceção de uma amostra que situou-se como hornblenda magnesiana segundo a relação $Na+AK < 0,50; Ti < 0,50$ ($TSi \times Mg/[(Mg+Fe^{+2})]$).

Conforme Raase (1974), o conteúdo de Ti no sítio “C” da estrutura (posição metálica) em hornblendas do fácies granulito varia de 0,18 a 0,32, valores estes que não são compatíveis com os valores encontrados nas hornblendas dos enderbitos de Chorozinho, sugerindo assim, que as mesmas foram geradas em uma fase de retrometamorfismo.

Figura 5.18: Relação $TSi \times Mg/(Mg+Fe^{+2})$, $(ANa + AK) \geq 0,50$ e $Ti < 0,50$ e $Fe^{+3} \leq AIVI$



As relações estruturais são representadas por: $[C]Al_{(0,318 - 0,420)} [C]Fe^{3+}_{(0,215 - 0,400)}$
 $[C]Ti_{(0,086 - 0,207)} [C]Mg_{(2,648 - 3,096)} [C]Fe^{+2}_{(1,085 - 1,458)} [C]Mn_{(0,007 - 0,010)} [B]Fe^{+2}_{(0,038 - 0,066)}$
 $[B]Mn_{(0,007 - 0,011)} [B]Ca_{(1,837 - 1,899)} [B]Na_{(0,054 - 0,087)} [A]Na_{(0,263 - 0,370)} [A]K_{(0,174 - 0,266)}$
 $[T]Al_{(1,342 - 1,631)} [T]Si_{(6,368 - 6,658)} O_{23}$ (Tabela 5.13).

Os índices T, C, B e A, apresentam respectivamente as posições tetraédricas, metálicas com cinco átomos, metálicas com dois átomos e metálicas com excedente de Na e K (alcalina).

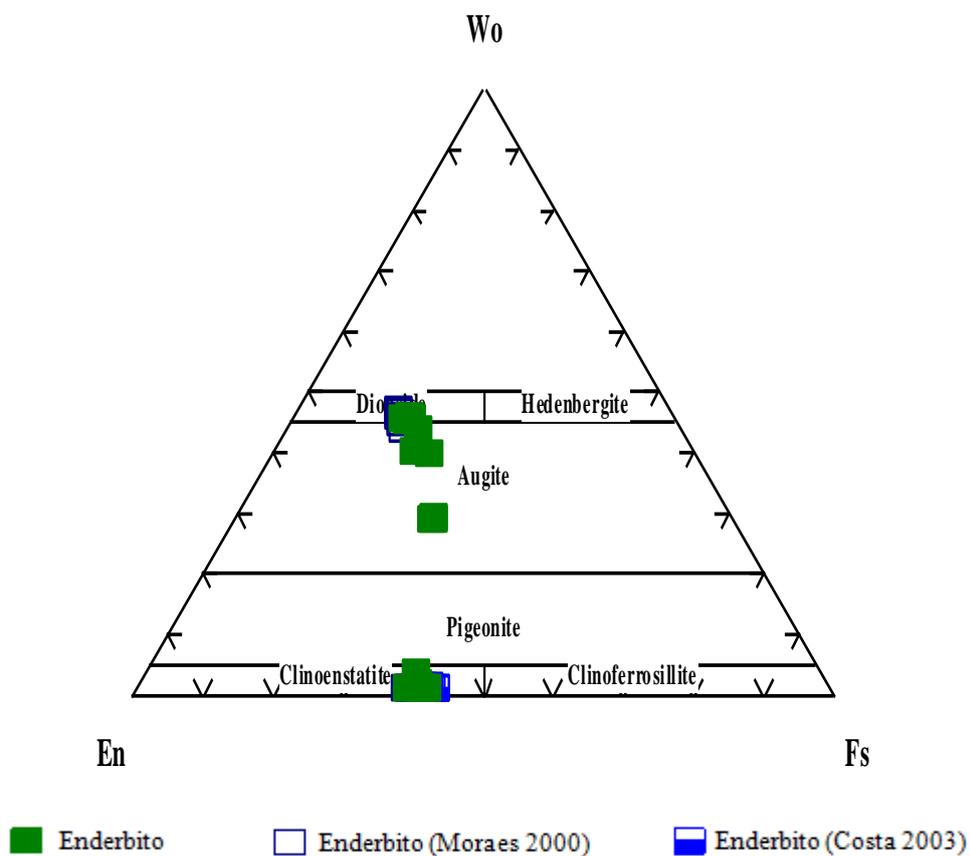
5.4.5. Piroxênio

Os piroxênios analisados são orto e clinopiroxênio, estando relacionados por contato com alguns anfibólios e biotita.

A Tabela 5.14, em anexo, exibe os valores de análises dos piroxênios.

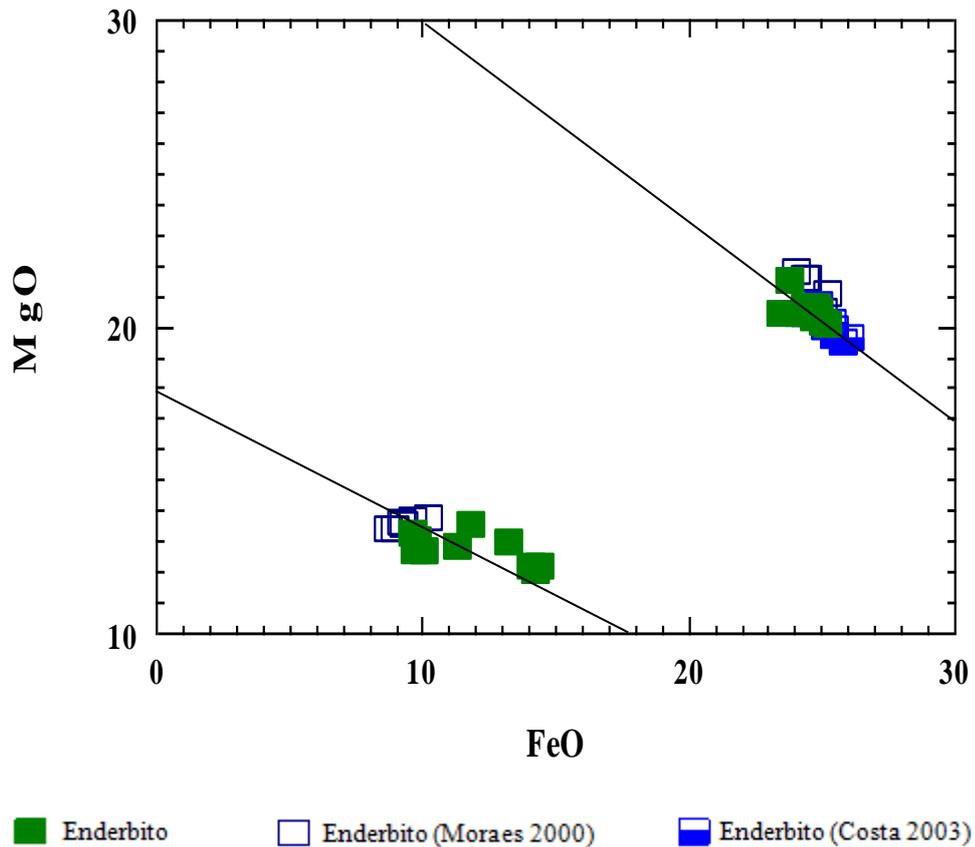
A classificação se deu conforme Morimoto (1988), enquanto a elaboração das fórmulas estruturais seguiu a metodologia de Cawthorn & Collerson (1974), normalizados para 6 oxigênios e 4 cations. Os ortopiroxênios posicionam-se no campo da enstatita, inclusive nos dados de Costa (2003) e Moraes (2000), demonstrando um caráter mais magnésiano. Os clinopiroxênios posicionam-se nos campos do diopsídio e da augita, entretanto, nas análises de Moraes (2000) e Costa (2003), as análises revelam a presença apenas de diopsídio (Figura 5.19).

Figura 5.19: Classificação química do piroxênio (Morimoto *et al.*, 1988)



Utilizando a correlação MgO X FeO, podemos observar que as amostras analisadas para piroxênios possuem dois grupos, um com percentual de MgO baixo e relativamente moderado em FeO e um outro uma quantidade elevadas tanto de MgO quanto de FeO (Figura 5.20).

Figura 5.20: Diagramas das frações molares MgO x FeO, para o gnaiss enderbítico.



As composições respectivamente para orto e clinopiroxênios para as análises realizadas pelo autor do trabalho em apreço correspondem respectivamente a:

$TSi_{(1,677 - 1,974)}$ $TAl_{(0,030 - 0,323)}$ $M1Al_{(0,00 - 0,191)}$ $M1Ti_{(0,00 - 0,058)}$ $M1Fe^{2+}_{(0,00 - 0,062)}$ $M1Mg_{(0,703 - 0,999)}$ $M2Mg_{(0,00 - 0,183)}$ $M2Fe^{2+}_{(0,403 - 0,80)}$ $M2Mn_{(0,006 - 0,029)}$ $M2Ca_{(0,018 - 0,762)}$ $M2Na_{(0,00 - 0,055)}$ O_{23}

e

$TSi_{(1,907 - 1,970)}$ $TAl_{(0,038 - 0,078)}$ $M1Al_{(0,00 - 0,0045)}$ $M1Ti_{(0,004 - 0,035)}$ $M1Fe^{2+}_{(0,202 - 0,252)}$ $M1Mg_{(0,709 - 0,761)}$ $M2Fe^{2+}_{(0,062 - 0,190)}$ $M2Mn_{(0,005 - 0,010)}$ $M2Ca_{(0,769 - 0,868)}$ $M2Na_{(0,045 - 0,063)}$ O_{23}

6. METAMORFISMO E CONDIÇÕES P-T

Os litotipos de importância para este trabalho correspondem a enderbitos, biotita gnaisse, sillimanita granada gnaisse (diatexito), pela ação do metamorfismo sobre os mesmos.

A partir das observações feitas em seções delgadas foram estabelecidas as associações minerais em equilíbrio metamórfico e respectivas reações de surgimento das mesmas. Com base na química mineral e equilíbrio químico foram estimadas as condições de P-T a que foram submetidos os litotipos estudados, e para tal foram utilizados os programas TWEEQ e Thermocalc, além de dados apresentados nos trabalhos anteriores de Costa (2003) e Moraes (2000).

6.1. GNAISSE ENDERBÍTICO (ORTODERIVADO)

A associação característica dos enderbitos é constituída por: plagioclásio + k-feldspato + quartzo + clinopiroxênio + ortopiroxênio (hiperstênio) + hornblenda + biotita ± granada ± zircão ± apatita ± opacos. Conforme Yardley (1994) a reação que expressa a coexistência desses minerais seria:

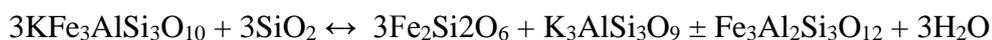
A. ortopiroxênio (hiperstênio) + plagioclásio ↔ clinopiroxênio + quartzo + granada



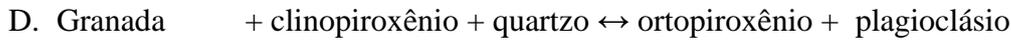
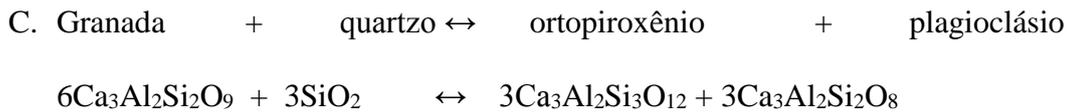
Entretanto as quantidades de granada e clinopiroxênio observadas em lâminas são pequenas, por isso, possivelmente tal reação não seria representativa do metamorfismo desta rocha.

Outra hipótese para o surgimento de ortopiroxênio, e granada seria a partir da reação entre a biotita e o quartzo, conforme:

B. Biotita + quartzo ↔ hiperstênio + ortoclásio ± granada + água

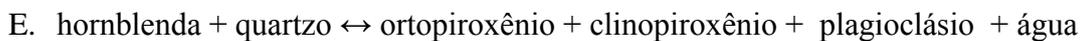


O enderbito é composto por minerais que tendem a proporcionar o surgimento de texturas reacionais envolvendo Opx-Cpx e Grt:



Tais reações em grande parte indicam condições de reequilíbrio decorrente de processos descompressivos, indicativos de rápida exumação de porções mais inferiores da crosta, envolvidas em uma tectônica tangencial por exemplo (Nogueira Neto, 2000).

As paragêneses identificadas nos litotipos da área em estudo enquadram o metamorfismo como sendo do fácies granulito, submetido contudo a um evento retro-metamórfico posterior que levou à hidratação do sistema. Nesse sentido são pertinentes as observações de lâmina, em que os anfibólios surgem nas bordas e ao longo de clivagens dos piroxênios, conforme indica a reação a seguir:



O metamorfismo de alto grau deve ter ocorrido após a subsidência de rochas pelíticas, com intrusões de rochas ígneas diversas, atingindo nesse processo uma profundidade superior a 22 km, em condições de alta/intermediária pressão de carga e pressão de água mínima ou quase nula, dando origem aos granulitos.

A hidratação do sistema (retrometamorfismo) teria lugar pelo soerguimento tectônico rápido, acarretando a entrada de água no sistema, originando anfibólios por meio dos piroxênios, pelo aumento da pressão de água.

Almeida & Nogueira Neto (1997), caracterizam os granulitos ortoderivados da região pela associação mineral Cpx + Opx + Grt + Pl ± Qz e em termos texturais por apresentarem simplectitos envolvendo granada, plagioclásio e clinopiroxênio, além de feições em coroa com ortopiroxênios contornando clinopiroxênio. Tal comportamento, conforme aqueles autores

sugerem trajetória metamórfica por decompressão. A paragênese formada pelos minerais Pl + Cpx + Grt indica condições de pressões dentro do intervalo de 5 a 7 kbar e temperaturas de 640 °C a 720 °C.

O geotermômetro Grt + Cpx foi aplicado aos enderbitos de Chorozinho. Tal geotermômetro é baseado na troca catiônica simultânea Mg-Fe entre termos extremos dos clinopiroxênios diopsídio (Di) e endenberguita (Hd) e das granadas piropo e almandina (Nogueira Neto, 2000).



Várias são as calibrações para esse geotermobarômetro, as quais forneceram valores para as possíveis temperaturas a pressão de 6 kbar, onde Mysen & Heier (1972), Mori & Green (1978), Ellis & Green (1979), Powell (1985) e Ganguly (1979) obtiveram temperaturas entre 632,7 °C a 804,7 °C. Já os trabalhos de Moraes (2000), o qual apresenta temperaturas entre 645 e 748° C, assim como Almeida & Nogueira Neto (1997), que obtiveram valor de 748° C.

Outros cálculos geotermobarométricos foram obtidos a partir do par Opx-Cpx que fornece um termômetro de solvus, caracterizado pela reação de troca entre Fe-Mg, nas posições octaedrais M1 e M2 da estrutura cristalográfica desses piroxênios.

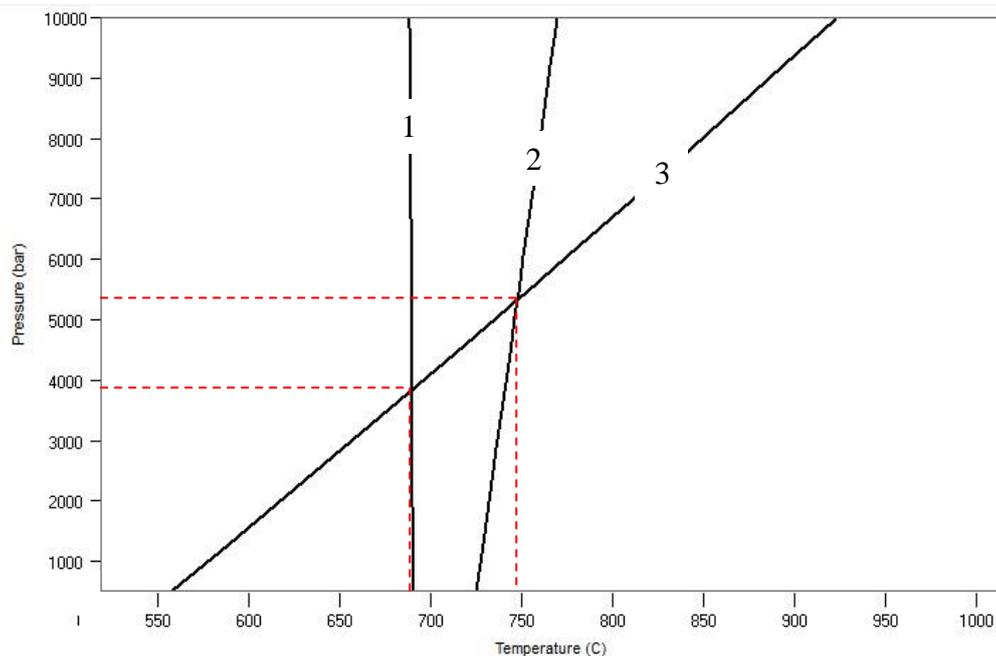
Neste cálculo foram empregados às calibrações sugeridas por Wood & Banno (1973) e Wells (1977), resultando respectivamente em 736° C e 815° C. Tais valores de temperaturas sugerem temperaturas de picos metamórficos em condições de fácies granulito.

O termobarometro de consistência interna, pelo método TWEEQU, a partir das mesmas associações minerais, Grt + Opx + Pl + Qz, considerou as seguintes reações possíveis:

1. $2\text{Phl} + 3\text{Sd} \leftrightarrow 2\text{Eas} + 2 \text{ Alm}$
2. $3\text{Ann} + 6 \text{ An} \leftrightarrow 3\text{Sd} + 6 \text{ aQz} + \text{Gr} + \text{ Alm};$
3. $3\text{Sd} + 2\text{Py} \leftrightarrow 2\text{Alm} + 2\text{Alm} + 3 \text{ Eas}.$

Esse conjunto de curvas exhibe temperatura média de 700 °C e pressão exatamente de 4,6 kbar (Figura 6.1).

Figura 6.1: Gráfico gerado a partir do TWEEQU mostrando as intercessões de reações 1, 2 e 3, cujas intercessões ocorrem a uma temperatura de mais ou menos 730° C com pressões em torno de 4 e 5 kbar.



Estes últimos geotermobarometro (TWEEQU) resultaram em temperaturas subestimadas, provavelmente decorrentes do efeito de retrometamorfismo observado.

Utilizando o THERMOCALC foi possível calcular as seguintes reações:

- i. $\text{cats} + \text{q} = \text{an}$
- ii. $2\text{py} + \text{gr} + 3\text{q} = 3\text{en} + 3\text{an}$
- iii. $\text{py} + 2\text{gr} + 3\text{q} = 3\text{di} + 3\text{an}$
- iv. $3\text{fs} + 3\text{cats} = \text{gr} + 2\text{alm}$
- v. $3\text{hed} + 3\text{cats} = 2\text{gr} + \text{alm}$
- vi. $4\text{en} + \text{ts} = 2\text{py} + \text{tr}$
- vii. $2\text{an} + 2\text{fact} = 2\text{gr} + 5\text{fs} + 4\text{q} + 2\text{H}_2\text{O}$
- viii. $18\text{en} + 12\text{an} + 3\text{parg} = 11\text{py} + 4\text{gr} + 3\text{ab} + 3\text{tr}$
- ix. $5\text{alm} + 18\text{en} + 12\text{an} + 3\text{parg} = 16\text{py} + 4\text{gr} + 3\text{ab} + 3\text{fact}$

Estas reações foram geradas a partir do cálculo que utiliza o método average P-T, na qual, a temperatura e pressão são calculadas conjuntamente e um índice de correção do resultado de temperatura e pressão são dados. Portanto o resultado de condições de P-T na

região de Chorozinho é uma temperatura de 790° C e sob uma pressão de até 11,6 Kbar (para valores de H₂O = 0,5).

6.2. SILLIMANITA GRANADA GNAISSE (DIATEXITO)

As associações petrográficas indicam como associação mineral metamórfica: K-feldspato + Quartzo + Plagioclásio + Sillimanita + Biotita ± Granada.

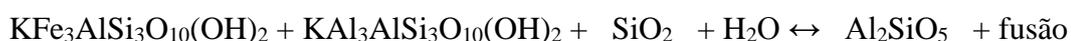
Conforme Winkler (1977), em gnaisses pelíticos o aparecimento da sillimanita estaria associado a reações entre granada (almandina) e k-feldspato + água, de acordo com a reação:

G. Almandina + k-feldspato + água ↔ biotita + sillimanita + quartzo



O surgimento da sillimanita no granada gnaissse pode também estar associado a uma série de reações envolvendo a biotita, muscovita e água. No entanto, nas seções estudadas verifica-se a ausência total de muscovita, de tal forma que para enfatizar a reação toda a muscovita deveria ter sido consumida na formação da sillimanita. A reação pode ser representada por:

H. Biotita + muscovita + quartzo + água ↔ sillimanita + fusão



Costa (2000) sugeriu outras reações neste mesmo sillimanita granada-gnaissse:

I. Granada + rutilo ↔ ilmenita + plagioclásio + quartzo



J. Granada + rutilo ↔ ilmenita + sillimanita + quartzo



K. Anortita ↔ granada + sillimanita + quartzo



As reações G, H e I corresponde ao tipo de transferência em rede e ressaltam a importância das fases óxido como rutilo e ilmenita em metassedimentos dessa composição, sob condições de fácies granulito (Nogueira Neto 2000).

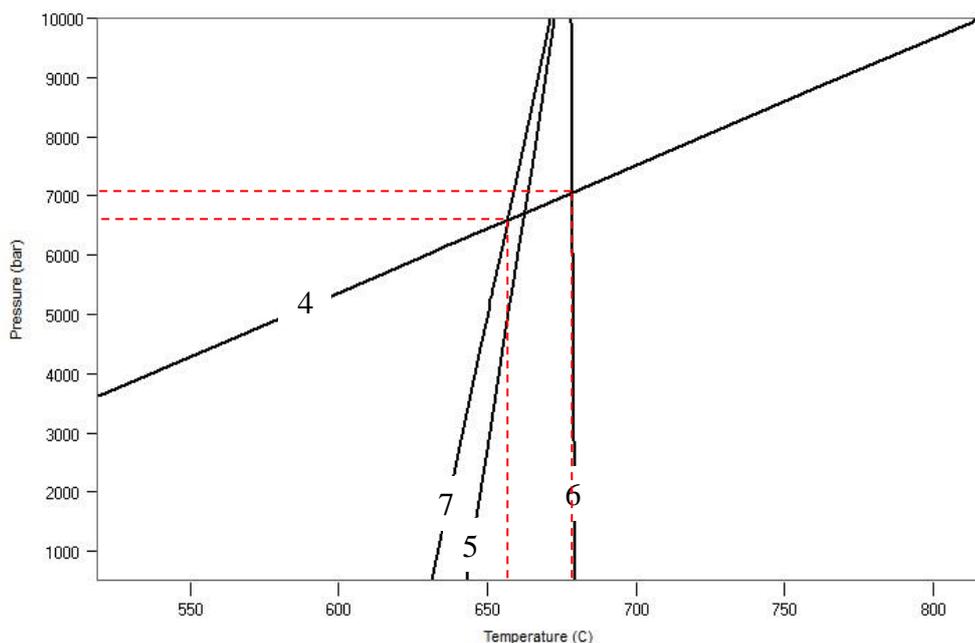
As condições de P-T nos sillimanita granada-gnaiss e granada-gnaiss foram obtidas pelos métodos da termobarometria de consistência interna TWEEQU.

O geotermobarômetro foi aplicado para amostras de granada gnaiss com ou sem sillimanita. As reações minerais associadas para as amostras vêm a seguir:

4. Ky ↔ Sil;
5. Alm + Phl ↔ Py + Ann;
6. 2Ann + 3Eas ↔ 3Sd + 2Phl;
7. 2Py + 3Sd ↔ 3Eas + 2Alm;

Os valores encontrados pelas interseções geradas pelas curvas das reações para valores de P-T variam entre as temperaturas 648° e 685° C e pressões 6,5 e 7 Kbar (Figura 6.2).

Figura 6.2: Gráfico gerado a partir do TWEEQU mostrando as intercessões de reações 4, 7, 5 e 6, cujas intercessões ocorrem a uma temperatura entre 660° a 680° C com pressões em torno de 6,6 e 7 kbar.



Portanto, o Enderbito e o Silimanita granada gnaissé foram submetidos a altas pressões, entretanto com temperaturas moderadas. O gnaissé enderbítico ortoderivado foi submetido a pressões de 11,6 kbar, a uma temperatura de 790 °C, pelo método do THERMOCALC, e pressão entre 4 e 5,3 kbar, a temperaturas entre 680 °C e 745 °C, pelo método do TWEEQU. Já o silimanita granada gnaissé foi submetido a uma pressão de aproximadamente 7 kbar, a uma temperatura entre 630 e 680 °C, pelo método do TWEEQU.

Desta forma o gnaissé enderbítico situa-se no fácies granulito enquanto o sillimanita granada gnaissé encontra-se no fácies anfibolito.

7. GEOCRONOLOGIA

7.1. TRABALHOS ANTERIORES

Costa (2003), através do método isotópico Sm/Nd para Idades Modelo T_{DM} , analisou cinco (5) amostras, duas (2) de silimanita granada-gnaiss, uma (1) de granada-gnaiss e duas (2) de enderbitos, obtendo T_{DM} de 2,60 e 2,61 Ga para os silimanita granada-gnaiss com $\epsilon_0 = -24,20$ e $-26,41$, T_{DM} de 2,42 Ga para o granada-gnaiss com $\epsilon_0 = -26,82$ e T_{DM} de 2,32 Ga para os enderbitos, registrando $\epsilon_0 = -19,98$.

Os TDM dos granada-gnaisses resultaram no intervalo entre 2,42 e 2,61 Ga os quais foram interpretados como a idade de extração do protolito do manto e, portanto, compreendendo ao período máximo de residência crustal (Costa 2003).

O TDM das rochas ortoderivadas, enderbitos, forneceram 2,32 Ga e considerando as idades Pb/Pb por evaporação de monocristais de zircão com 2,06 Ga, obtidas por Moraes (2000) para o silimanita granada-gnaiss, o $\epsilon_{(2,06)}$ resulta em $+3,38$, correspondendo a uma idade de geração da rocha.

Para os enderbitos, utilizando o mesmo método, Moraes (2000) forneceu idade de 2,12 Ga, com $\epsilon_{(2,12)} = +3,26$.

Desta forma as idades em zircão dos litotipos granulíticos em torno de 2,1 Ga, associados aos valores positivos de ϵ_t , indicam idades mínimas de formação do protolito para este período (Costa, 2003).

7.2. IDADES U-Pb DE ZIRCÃO

O zircão é resistente a ação intempérica, portanto, mesmo amostras muito alteradas são possíveis de utilização nas datações U-Pb. A vantagem do sistema é que dois isótopos do mesmo elemento pai (^{235}U e ^{238}U) desintegram-se em dois isótopos do mesmo elemento filho (^{207}Pb e ^{206}Pb). Dessa forma podem ser gerados dois sistemas geocronológicos distintos para o cálculo da idade, a partir da equação fundamental: $F^* = N(e^{\lambda t} - 1)$.

Duas equações são utilizadas para compor um diagrama binário para o cálculo da idade. Esse diagrama é denominado de Diagrama Concórdia porque, nele é representada a linha concórdia, na qual as idades calculadas pelos sistemas isotópicos $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}^*$, e $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}^*$ são coincidentes ou concordantes.

As amostras escolhidas para fazer as análises de U-Pb em zircão por ICPMS - Laser Ablation foram duas, apresentando composições granulíticas (WM-01 – granulito

ortoderivado) e (WM-04 – Diatexito, resultado da fusão do silimanita granada gnaiss) de alto grau metamórfico, esperando-se assim um resultado que mostre a provável idade do metamorfismo da região de Chorozinho.

Os resultados obtidos mostram as idades do protólito de $2.146 \pm 6,5$ Ma (WM-01 – granulito ortoderivado) e 2.071 ± 7.4 Ma (WM-04 – Diatexito) (Figuras 7.1 A e B, respectivamente) (Tabela 7.1).

Figura 7.1: Resultados da datação U-Pb em zircão por SHRIMP de amostra de: Gnaiss enderbítico, em A, e Diatexito, em B, mostrando a distribuição das idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ dos cristais de zircão provenientes das respectivas amostras.

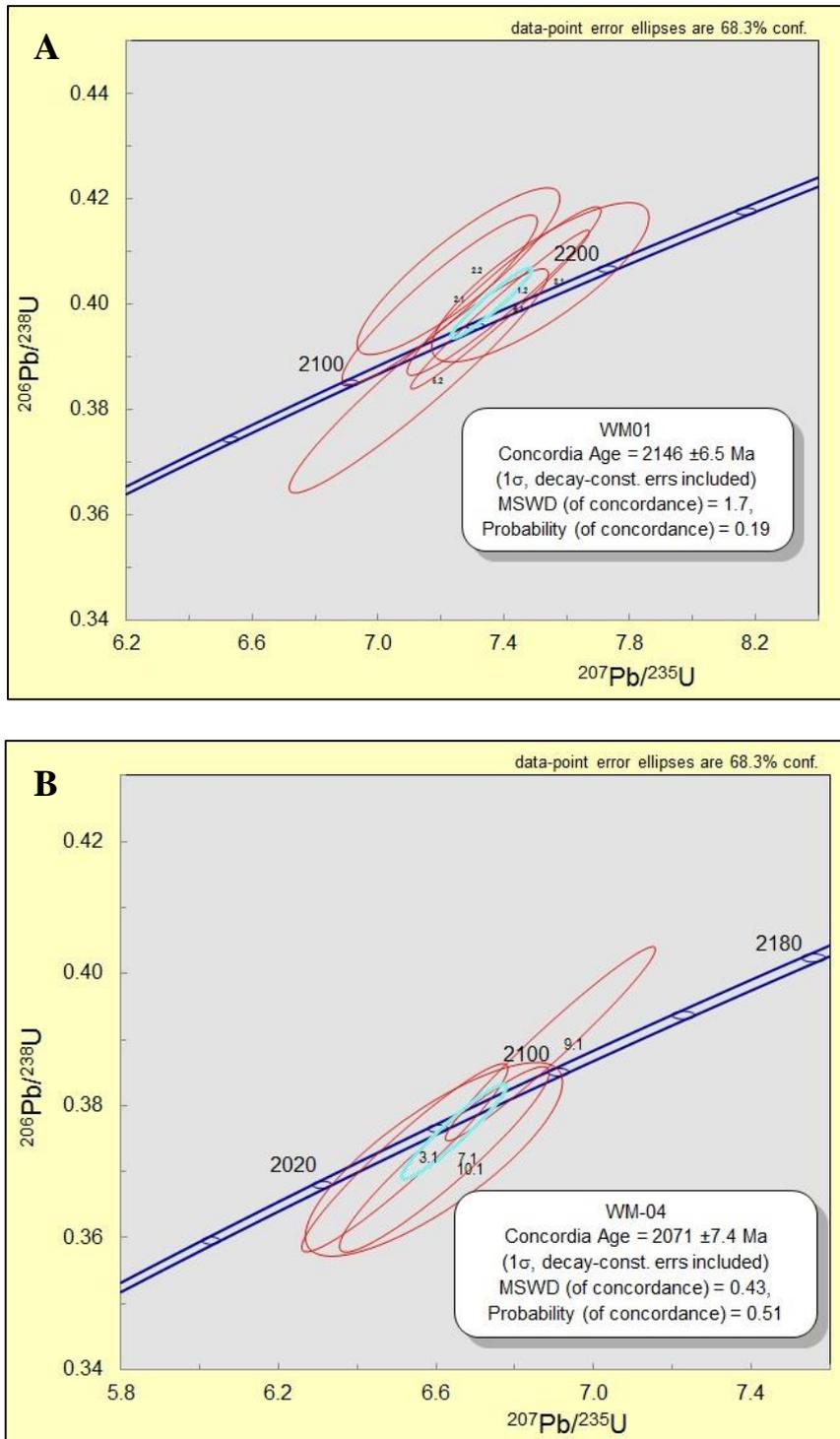


Tabela 1: Resultados isotópicos U-Pb em zircão por SHRIMP das amostras de Diatexito (WM04) e Gnaise enderbítico (WM01).

Rocha	Amostras	ppm U	ppm Th	$^{232}\text{Th} / ^{238}\text{U}$	% comm 206	Total $^{208}\text{Pb} / ^{232}\text{Th}$	% err	Age S-K comm Pb	C-Pb 206 /204	C-Pb 207 /206	C-Pb 208 /206	204corr $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ Age	1 σ err
Diatexito	WM04-3.1	459	157	0,35	0,19	0,1097	2,9	2039	15,08	1,006	2,302	2039,3	44,2
	WM04-5.1	109	57	0,54	0,26	0,1023	3,0	2083	14,99	1,011	2,310	2082,8	45,4
	WM04-7.1	221	58	0,27	0,33	0,1112	3,4	2038	15,08	1,006	2,302	2038,1	43,6
	WM04-8.2	427	34	0,08	0,19	0,1199	4,2	1996	15,17	1,002	2,295	1996,1	42,9
	WM04-9.1	267	67	0,26	0,08	0,1089	3,6	2120	14,91	1,015	2,317	2120,0	45,1
	WM04-10.1	307	82	0,27	0,02	0,1122	3,8	2038	15,08	1,006	2,302	2038,2	45,5
Gnaise enderbítico	WM01-2.1	98	64	0,68	0,27	0,1149	3,1	2173	14,80	1,020	2,328	2173,1	48,9
	WM01-2.2	125	25	0,21	0,11	0,1161	3,9	2198	14,75	1,023	2,333	2198,0	47,9
	WM01-3.1	612	21	0,04	0,00	0,1141	3,6	2188	14,77	1,022	2,331	2188,4	45,9
	WM01-3.2	43	18	0,44	0,42	0,1094	4,1	2059	15,04	1,008	2,306	2059,4	49,6
	WM01-5.1	134	47	0,37	0,08	0,1103	3,1	2119	14,91	1,015	2,317	2119,2	46,7
	WM01-5.2	65	46	0,73	0,22	0,1089	4,1	2102	14,95	1,013	2,314	2101,8	65,4
	WM01-6.1	274	106	0,40	0,01	0,1105	2,8	2165	14,82	1,019	2,326	2164,6	45,9
	WM01-6.2	93	60	0,67	0,11	0,1082	3,1	2065	15,03	1,009	2,307	2064,7	46,1
	WM01-7.1	76	51	0,69	0,46	0,1099	3,2	2078	15,00	1,010	2,310	2078,0	47,1

8. EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

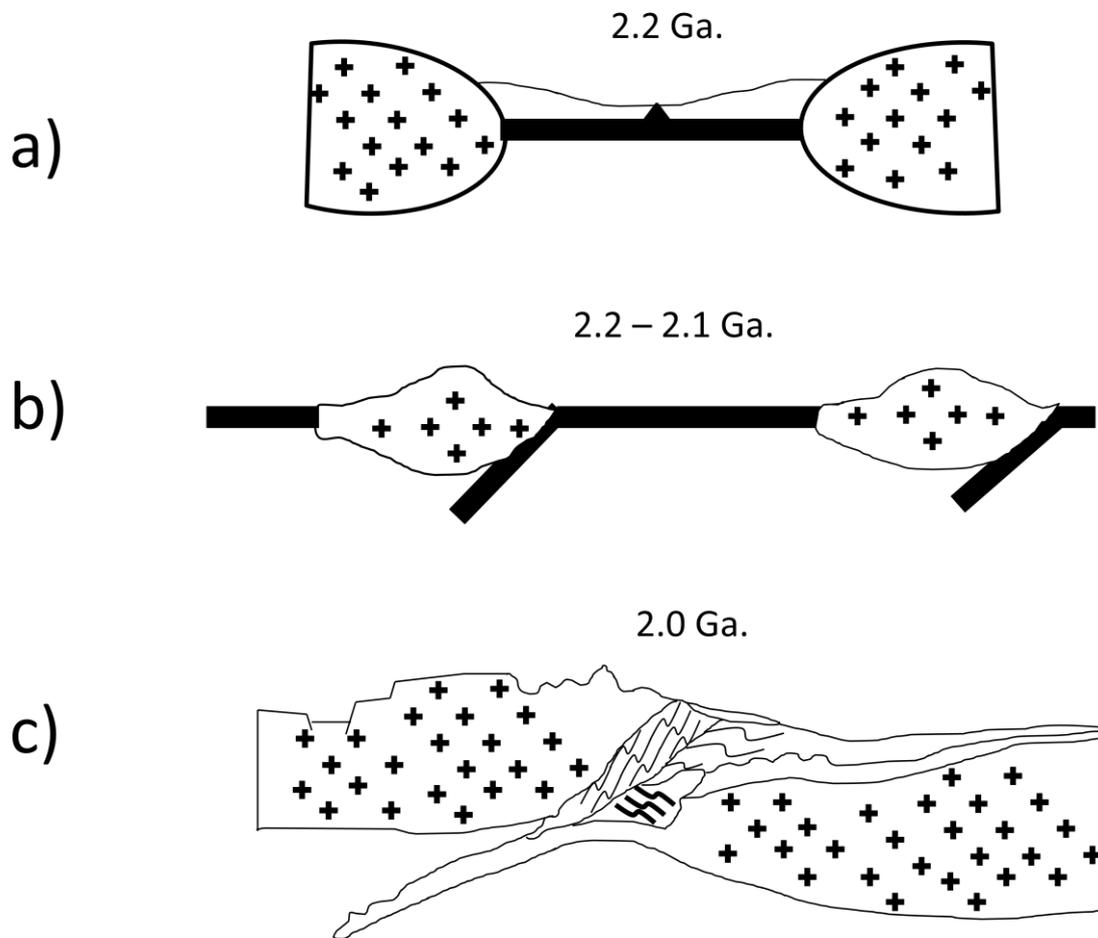
As relações entre os litotipos da área de estudo pôde ser integralizada através de dados coletados em campo, petrografia e bibliografia, no sentido da construção da história evolutiva da região.

Com base no modelo de evolução tectônica da Província Borborema, proposto por Fetter (1999), no qual ocorre à separação de duas grandes massas paleoproterozóicas/arqueanas, anteriormente constituídas por arcos de ilhas, formando crosta oceânica entre tais segmentos crustais, por volta de 2.2 Ga., inicia-se a evolução da região estudada (Figura 8.1a).

Com a inversão da direção dos esforços tectônicos a crosta oceânica foi se comprimindo e amalgamando-se entre 2.2-2.1 Ga. (Figura 8.1b), formando posteriormente o Supercontinente Atlântica (Proto-Borborema) em 2.0 Ga (Figura 8.1c).

Durante a formação deste ambiente surgiram os sedimentos pretéritos das rochas paraderivadas nas quais, ocorreu extensivo magmatismo com vulcanismo e intrusão de corpos plutônicos os representam hoje as rochas ortoderivadas. Toda a estrutura foi estabilizada durante a orogenia Transamazônica datada de 2.1 Ga., com evento de colisão acrescionária, a qual culminou com o metamorfismo e fusão de diversos terrenos paleoproterozóico ao longo de fragmentos da crosta Arqueana, explicando, possivelmente, o surgimento de granitos decorrentes da fusão de rochas paraderivadas.

Figura 8.1: Evolução geológica da Província Borborema, segundo Fetter (1999), nos estágios: a) Abertura de crosta oceânica em 2.2 Ga.; b) Formação de arcos de ilhas entre 2.2 – 2.1 Ga.; c) Estágio final do supercontinente Atlântica, também chamada de Proto-Borborema, Fetter (1999).



9. CONCLUSÕES

A integração dos dados geológicos de campo, petrográfico, química mineral e isotópicos obtidos neste trabalho nos permite tirar as seguintes conclusões:

A região de Chorozinho possui três litotipos de elevado grau metamórfico, quais sejam: o gnaiss enderbítico, o silimanita granada gnaiss e um biotita gnaiss com ou sem granada. Destas o primeiro é uma rocha ortoderivada, e apresenta a seguinte associação mineral: Plagioclásio, K-feldspato, Quartzo, Clino e Orto piroxênio, Hornblenda, Biotita, ± Granada, ± Titanita, ± Zircão, ± apatita, ± opacos, exibindo textura granoblástica. Os dois outros litotipos são considerados paraderivados, ou seja, o silimanita granada - gnaiss apresentando associação constituída por Feldspato Potássico, Quartzo, Plagioclásio, Sillimanita, Biotita, ± Opacos ± Granada, ± apatita, ± Zircão, e o biotita gnaiss com Plagioclásio, Feldspato Potássico, Quartzo, Biotita, ± Granada ± Zircão, ± Apatita, ± Opacos, ambos possuem textura granolepidoblástica a lepidoblastica;

Todo pacote metassedimentar exhibe feições, em maior ou menor grau, de fusão parcial. O principal evento metamórfico de alto grau (fácies granulito) ocorreu após a subsidência de rochas pelíticas, com intrusões de rochas ígneas diversas e fusão crustal;

Quanto a química mineral a composição da granada é predominantemente almandina, assim possuindo correlação linear positiva de MgO em relação a SiO₂. Na comparação entre X_{Fe} X X_{Mg} foi observado uma correlação negativa bem evidente nas rochas paraderivadas. O ortopiroxênio presente nos enderbitos é a enstatita e os clinopiroxênios correspondem à augita e diopsídio. Os plagioclásios possuem variação composicional no limite oligoclásio-andesina, característica de alto grau metamórfico. E os feldspatos alcalino exibem composição predominantemente com fração molar de Or > 70%. As biotitas revelaram uma tendência a flogopita e eastonita ricas em FeO e TiO₂, características de rochas de elevado grau metamórfico. Os anfibólios obtiveram uma composição de hornblenda pargasita ferrosa ou endenita, e pelas relações de Ti na estrutura mineral indicam serem formador em condições retrometamórficas.

Com relação ao pico de metamorfismo da região, indicam temperaturas, em torno de 750 °C a 790 °C, e pressões que podem chegar a 7 kbar no silimanita granada gnaiss. O geobarômetro calculado pela associação mineral dos enderbitos, por outro lado indica uma pressão superior a 11,6 kbar.

Por fim, os dados isotópicos de U-Pb, em zircões, indicaram idade em torno de 2,0 a 2,1 Ga, aqui interpretadas como de formação do protólito.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. R. & NOGUEIRA NETO, J. A. 1997: Granulitos Chorozinho – CE.: Evidências de Descompressão em Rochas Eclogíticas. XVII SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo Nordeste (Boletim nº 15). Fortaleza-CE. 243-246 p.
- ALMEIDA F.F.M. DE; HASUI, Y.; BRITO NEVES B.B. DE; FUCK, R.A. 1977: Províncias Estruturais Brasileiras. In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, Campina Grande, Boletim Resumos, 6 363-391.
- AMARAL W. S.; SANTOS T J.S.; WERNICK E.; NOGUEIRA NETO J. A.; DANTAS E. L., MATTEINI M. 2012: High-pressure granulites from Cariré, Borborema Province, NE Brazil: Tectonic setting, metamorphic conditions and U–Pb, Lu–Hf and Sm–Nd geochronology – Gondwana Research (2012) doi:10.1016/j.gr.2012.02.011.
- AMARAL, W. S. Análise geoquímica, geocronológica e termobarométrica das rochas de alto grau metamórfico, adjacentes ao arco magmático de Santa Quitéria, NW da Província Borborema/Wagner da Silva Amaral. -- Campinas, SP : [s.n.], 2010.
- ARTHAUD M.H.; FUCK R.A.; DANTAS E.L.; SANTOS T.J.S.; CABY R.; ARMSTRONG R.- 2014: The Neoproterozoic Ceara Group, Ceara Central domain, NE Brazil: Depositional age and provenance of detrital material. New insights from UePb and SmeNd geochronology – Journal of South American Earth Sciences 58 (2015) 223e237
- ARTHAUD, M.H. Evolução neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasil, 2008.

- ARTHAUD, M. H. 2005: Geologia e tectônica no Domínio Ceará Central. Qualificação ao Doutorado em Geologia, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília (UNB). 270 pp. 2005.
- ARTHAUD, M. H.; VASCONCELOS, A. M.; OLIVEIRA, F. V. C. As seqüências metassedimentares do Ceará Central. – CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998, Belo-Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG, 1998b
- BERMAM, R. G. 1991. Thermobarometry using multi-equilibrium calculations: a new technique, with petrological application. *Canadian Mineralogist*, 29: 833-855.
- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J.H. Geologia, Tectônica e Recursos minerais do Brasil: Texto, Mapas & SIG. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. 692 p.
- BRITO NEVES, B.B., PASSARELI, C.R, BASEI, A.A.S. & SANTOS E.J. U-Pb age of some classic granites of the Borborema Province. IV South American Symposium of Isotope Geology, Salvador, Brazil, 2003. 158-159.
- CABY, R.; ARTHAUD M. H.; ARCHANJO C. J. Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the Brasiliano Belt of Northeast Brazil: geodynamic implications. *J. South Amer. Earth Sciences*, Barking Essex, n. 8, p. 235-246, 1995.
- CABY, R.; ARTHAUD M. H. Major Precambrian nappes of the Brazilian Belt. Ceará, Northeast Brazil. *Geology*, Boulder, n. 14, p. 871-874, 1986.
- CAVALCANTE, J.C., VASCONCELOS, A.M.; MEDEIROS, M.F.; PAIVA, I.P.; GOMES, F.E.M.; CAVALCANTE, S.N.; CAVALCANTE, J.E.; MELO, A.C.R.; DUARTE NETO, V.C.; BENEVIDES H.C. 2003. Mapa Geológico do Estado do Ceará - Escala 1:500.000 – Ministério das Minas e Energia/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Fortaleza (2003)

- CAWTHORN, R. G. & COLLERSON, K. D. 1974: The recalculation of pyroxene and member parameters and the estimation of ferrous and ferric iron content from electron microprobe analysis *American Mineral* 59: 1203-1208.
- COSTA, A. P. L.; 2003: Caracterização Geológica e Tecnológica dos Granulitos da Região de Chorozinho (Nordeste do Ceará). Dissertação de Mestrado – Departamento de Geologia – UFC.
- COSTA, A.; NOGUEIRA NETO J. A.; CAJATY, A. A.; VERISSIMO, C. U. V.; SANTOS, T. J. S.; LIMA, M. A. B.; NOGUEIRA, M. L. S.; CARVALHO, A. M. 2002: Estudo de Alterações em Rochas Ornamentais – Granulitos da Região de Chorozinho-CE. III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Recife-PE/Brasil. 88-92p.
- COSTA, A. P. L. 2000: Granulitos de Chorozinho (NE do Ceará): Levantamento Geológico e Caracterização Tecnológica como rochas Ornamentais. Relatório de Graduação – UFC, Fortaleza – Ceará. 64p.
- Deer W. A.; Howie, R. A. ; Zussman, J. 1972: Rock forming minerals: orth- and ring silicates. (Volume 1) London, Logman Group Ltd. 919p.
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. 1966: An Introduction to Rock Forming Minerals. 1 ed. London, Longaman Group Ltd. 528p.
- DELGADO, I.; SANTOS, R. A., PEDREIRA, A. J.; SILVEIRA FILHO, N. C. Mapa tectônico do Brasil. Escala 1:5.000.000 CPRM 2003.
- DROOP, G. R. T. 1987: A general equation for estimating Fe³⁺ concentration in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses using stoichimetric. *Min* 51. 431 – 435.

- ELLIS, D. J. & GREEN, D. H. 1979: An study of the effect to ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 71. 13-22p.
- FETTER, A. H.; SANTOS, T.J.S.; VAN SCHMUS, W.R.; HACKSPACHER, P.C.; BRITO NEVES, B.B.; ARTHAUD, M.H.; NOGUEIRA NETO, J.A.; WERNICK, E. 2003: Evidence for neoproterozoic continental arc magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of West Gondwana. *Gondwana Research*, Japan, v. 6, p. 265-273.
- FETTER, A. H.; VAN SCHMUS, W.R., SANTOS, T.J.S., ARTHAUD, M.H., NOGUEIRA, NETO J.A. 2000: UPb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal evolution and basement architecture of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the existence of the Paleoproterozoic Supercontinent "Atlantica". *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 102-106.
- FETTER, A.H. 1999: U-Pb and Sm-Nd Geochronological constraints on the crustal framework and geological history of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of Gondwana. Ph.D. Thesis, University of Kansas.
- GANGULY, J. R. 1979: Garnet and clinopyroxene solid solutions and geothermometry based on Fe-Mg distribution coefficient. *Geoch. Cosm. Acta*. 43: 1021-1029.
- HOLLAND, TJB, & POWELL, R, 1998. An internally-consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest. *Journal of Metamorphic Geology* 16, 309-344.

- KNOWLES, C. R. 1987: A basic program to recast garnet end members. *Computers and Geosciences*, 13: 655-658.
- KRETZ, R. 1983: Symbols of rocks forming minerals *American Mineralogy*, 68, 277-279.
- MARTINS, G. 2000. Litogeoquímica e controles geocronológicos da Suíte Metamórfica Algodões-Choró. 218 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- MORAES, A. L. A. 2000: Granulitos de Chorozinho: Caracterização Petrográfica e Geoquímica – Dissertação de Mestrado – Departamento de Geologia – UFC.
- MORIMOTO, N. 1988: Nomenclature of Pyroxenes by the Hareid and eclogite, western Norway. *Contribuição, mineral. Petrol*, V. 36, n1, p 73-94.
- MORI, T. & GREEN, D. H. 1978: Laboratory duplication of phase equilibria observed in natural garnet lherzolites. *J. Geol.*, 86, 83-97.
- MYSEN, B. O. & HEIER, K. S. 1972: Petrogenese of eclogite in high grade metamorphic gneisses, exemplified by the Hareid and eclogite, western Norway. *Contrib. Mineral. Petrol.*, v. 36, n 1, p 73-97.
- NOGUEIRA NETO, J. A. 2000: Evolução Geodinâmica das faixas granulíticas de Granja e cariré, extremo noroeste da Provincia Borbaremba – Tese de doutoramento no curso de Pós-graduação
- PESSOA, R. R.; ARCHANJO, C. J. 1984. Tectônica de empurrões na região de Tróia-CE. *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33., Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SGB, 1984. p. 1721-1728.
- POWELL, R. 1985: Regression diagnostics and robust regression in geothermometer/geobarometer calibration garnet-clinopyroxene geothermometer revisited. *Journal of Metamorphic Geology*, 3: 231-243.

- POWELL, R, & HOLLAND, TJB, 1988. An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 3: application methods, worked examples and a computer program. *Journal of Metamorphic Geology* 6, 173-204.
- RAASE, P. 1974: Al and Ti contents of hornblend indicators of Mineralogy and temperature of regional metamorphism. *Contributions of mineralogy and Petrology*, 45: 231-236.
- ROBINSON, P.; SPEAR, F. S.; SCHUMACHER, J. C.; LAIRD, J.; KLEIN, C.; EVANS, B. W.; DOOLAN, B. L. 1981. Phase relations of metamorphic amphiboles: Natural occurrence and theory. Mineralogical Society of America. *Reviews in Mineralogy*, 9B: p 1-228.
- YARDLEY, B. W. D. 1994: Introdução a Petrologia Metamorfica; Brasilia, Editora Universidade de Brasília – EDUNB. 340.
- SATO, K.; BASEI, M. A. S.; SIGA JÚNIOR, O.; SPROESSER, W. M.; Passarelli, C. R. 2008. Novas técnicas aplicadas ao método U-Pb no CPGeo - IGc/USP: Avanços na digestão química, espectrometria de massa (TIMS) e exemplos de aplicação integrada com SHRIMP. *Geologia USP. Série Científica*, v. 8, p. 77-99.
- SCHOBENHAUS, C.& BRITO NEVES 2003. A Geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. In BIZZI et al., *GEOLOGIA, TECTÔNICA E RECURSOS MINERAIS DO BRASIL*. Brasília. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. p. 5 -54
- SCHOBENHAUS, C. & CAMPOS D. A. 1984. A Evolução da Plataforma Sul-Americana no Brasil e suas Principais Concentrações Minerais. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. *Geologia do Brasil*. Ministério das Minas e Energia/Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília. p 9-53.

- WELLS, P. R. A. 1977: Pyroxene thermometry in simple and complex systems. Contributions to Mineralogy and Petrology, 62: 129-139.
- WINKLER H. G. F. 1977: Petrogênese das rochas Metamórficas; São Paulo, Ed. Edgar Blucher - Universidade Federal do rio Grande do Sul. – Porto Alegre.
- WOOD, B. J. & BANNO, S. 1973: Garnet-orthopyroxene and orthopyroxene-clinopyroxene relationships in simple and complex systems. Contributions to Mineralogy and Petrology, 42:109-124.

ANEXO

Tabelas dos resultados das análises de Química Mineral

- Tabela 5.2: Química mineral das biotitas do biotita gnaisse para o cálculo da fórmula estrutural (com 24 oxigênios).
- Tabela 5.3: Química mineral da granada, no biotita gnaisse, para o cálculo da fórmula estrutural.
- Tabela 5.4: Química mineral dos feldspatos, no biotita gnaisse, para cálculo da fórmula estrutural.
- Tabela 5.5: Química mineral das biotitas do silimanita granada gnaisse para o cálculo da fórmula estrutural (com 24 oxigênios).
- Tabela 5.6: Química mineral da granada, no silimanita granada gnaisse, para o cálculo da fórmula estrutural.
- Tabela 5.7: Química mineral dos feldspatos, no silimanita granada gnaisse, para cálculo da fórmula estrutural.
- Tabela 5.8: Química mineral das biotitas do diatexito para o cálculo da fórmula estrutural (com 24 oxigênios).
- Tabela 5.9: Química mineral da granada, no diatexito, para o cálculo da fórmula estrutural.
- Tabela 5.10: Química mineral do feldspato, no diatexito, para o cálculo da fórmula estrutural.
- Tabela 5.11: Química mineral da biotita, no gnaisse enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural.
- Tabela 5.12: Química mineral da granada, no gnaisse enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural.
- Tabela 5.13: Química mineral da granada, no gnaisse enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural.
- Tabela 5.14: Química mineral do anfibólio, no gnaisse enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural.
- Tabela 5.15: Química mineral do anfibólio, no gnaisse enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural

Tabela 5.16: Química mineral das biotitas do biotita gnaiss para o cálculo da fórmula estrutural (com 24 oxigênios).

Sample	P5	P5	P5	P5	P5	P6	P6	P6	P6
Analysis	<i>c1bt1</i>	<i>c1bt2</i>	<i>c1bt3</i>	<i>c1bt4</i>	<i>c1bt5</i>	<i>c1bt1</i>	<i>c1bt2</i>	<i>c1bt3</i>	<i>c1bt4</i>
Location	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor/cen</i>	<i>bor/cen</i>
Mineral	<i>BIO</i>	<i>BIO</i>							
SiO2	36.855	35.574	35.627	35.797	36.025	35.438	59.295	36.046	35.849
TiO2	3.548	2.291	3.021	3.51	2.793	3.388	2.17	3.262	2.798
Al2O3	19.606	18.906	18.652	18.637	19.502	18.33	11.438	18.566	18.569
Cr2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO	13.29	14.122	14.657	14.617	13.868	15.081	10.663	15.328	14.951
MnO	0.037	0.013	0.022	0.044	0.039	0.025	0	0.035	0.052
MgO	11.192	12.538	12.094	12.081	11.682	11.719	7.51	12.189	12.01
BaO	0.117	0.095	0.152	0.061	0	0.021	0	0	0.117
CaO	0.035	0.07	0.01	0.021	0.056	0.009	0.014	0	0.022
Na2O	0.098	0.097	0.074	0.094	0.056	0.094	0.031	0.062	0.055
K2O	9.035	8.934	9.444	9.589	8.734	9.444	6.251	9.405	9.322
F	0.237	0.377	0.316	0.148	0.34	0.182	0.287	0.403	0.386
Cl	0.019	0.01	0.034	0.023	0.041	0.017	0.011	0	0.02
Total	94.07	93.03	94.1	94.62	93.14	93.75	97.67	95.3	94.15
O_F_Cl	0.1	0.16	0.14	0.07	0.15	0.08	0.12	0.17	0.17
CTotal	93.97	92.87	93.96	94.55	92.99	93.67	97.55	95.13	93.98
Si	4.748	4.679	4.66	4.647	4.705	4.656	6.778	4.662	4.689
AlIV	2.974	2.929	2.873	2.849	3	2.836	1.222	2.828	2.86
AlVI	0	0	0	0	0	0	0.318	0	0
Ti	0.344	0.227	0.297	0.343	0.274	0.335	0.187	0.317	0.275
Fe2	1.432	1.554	1.603	1.587	1.515	1.657	1.019	1.658	1.635
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn	0.004	0.001	0.002	0.005	0.004	0.003	0	0.004	0.006
Mg	2.149	2.459	2.358	2.338	2.275	2.295	1.28	2.35	2.342
Ba	0.006	0.005	0.008	0.003	0	0.001	0	0	0.006
Ca	0.005	0.01	0.001	0.003	0.008	0.001	0.002	0	0.003
Na	0.024	0.025	0.019	0.024	0.014	0.024	0.007	0.016	0.014
K	1.485	1.499	1.576	1.588	1.455	1.583	0.912	1.552	1.556
Cations	13.171	13.388	13.397	13.387	13.25	13.391	11.725	13.387	13.386
CF	0.193	0.314	0.261	0.122	0.281	0.151	0.207	0.33	0.319
CCl	0.008	0.004	0.015	0.01	0.018	0.008	0.004	0	0.009
OH	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Fe_FeMg	0.4	0.39	0.4	0.4	0.4	0.42	0.44	0.41	0.41
Mg_FeMg	0.6	0.61	0.6	0.6	0.6	0.58	0.56	0.59	0.59

Tabela 5.17: Química mineral da granada, no biotita gnaíse, para o cálculo da fórmula estrutural.

Sample	P5	P5	P5	P5	P6	P6	P6	P6
Analysis	<i>c1gr1</i>	<i>c1gr2</i>	<i>c1gr3</i>	<i>c1gr4</i>	<i>c1gr1</i>	<i>c1gr2</i>	<i>c1gr3</i>	<i>c1gr4</i>
Location	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>
Mineral	GAR							
SiO2	38.405	37.998	38.14	37.889	38.368	37.972	38.454	38.469
Al2O3	21.573	21.444	21.269	21.144	21.597	21.467	21.569	21.533
TiO2	0.05	0	0	0	0	0.04	0.064	0
FeO	32.666	32.444	32.346	32.855	33.421	32.991	32.865	32.293
MnO	1.007	0.893	0.891	0.898	1.036	0.907	0.883	0.821
MgO	5.295	5.569	5.523	4.974	4.838	4.908	5.341	5.396
CaO	0.811	0.785	0.794	1.197	1.098	1.12	1.023	1.057
Na2O	0.01	0.003	0.003	0.014	0.007	0.004	0.006	0
Cr2O3	0.006	0	0.051	0.046	0.011	0	0.049	0.031
Total	99.82	99.14	98.97	98.97	100.37	99.41	100.21	99.57
Totalcalc	67.15	66.69	66.62	66.12	66.94	66.42	67.34	67.28
TSi	3.048	3.031	3.047	3.038	3.038	3.033	3.039	3.055
TAI	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum_T	3.048	3.031	3.047	3.038	3.038	3.033	3.039	3.055
AlVI	2.016	2.014	2.001	1.996	2.014	2.019	2.007	2.014
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0.003	0	0	0	0	0.002	0.004	0
Cr	0	0	0.003	0.003	0.001	0	0.003	0.002
Sum_A	2.02	2.014	2.005	1.999	2.014	2.022	2.014	2.016
Fe2	2.168	2.164	2.161	2.203	2.213	2.204	2.172	2.145
Mg	0.626	0.662	0.658	0.594	0.571	0.584	0.629	0.639
Mn	0.068	0.06	0.06	0.061	0.069	0.061	0.059	0.055
Ca	0.069	0.067	0.068	0.103	0.093	0.096	0.087	0.09
Na	0.002	0	0	0.002	0.001	0.001	0.001	0
Sum_B	2.933	2.954	2.948	2.963	2.948	2.946	2.948	2.929
Sum_cat	8	8	8	8	8	8	8	8
O	12	12	12	12	12	12	12	12
Alm	73.927	73.256	73.317	74.338	75.074	74.805	73.681	73.231
And	0	0	0	0	0	0	0	0
Gross	2.333	2.271	2.145	3.324	3.126	3.254	2.786	2.974
Pyrope	21.361	22.415	22.316	20.061	19.373	19.838	21.345	21.813
Spess	2.308	2.042	2.045	2.058	2.357	2.083	2.005	1.886
Uvaro	0.019	0	0.161	0.146	0.034	0	0.152	0.096
XCa	0.024	0.023	0.023	0.035	0.032	0.033	0.03	0.031
XFe	0.74	0.733	0.733	0.744	0.751	0.748	0.737	0.732
XMg	0.214	0.224	0.223	0.201	0.194	0.198	0.213	0.218
Fe_Mg	3.463	3.269	3.284	3.709	3.876	3.774	3.453	3.357

Tabela 5.18: Química mineral dos feldspatos, no biotita gnaiss, para cálculo da fórmula estrutural.

Sample	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P6	P6	P6
Analysis	<i>c1fel1</i>	<i>c1fel2</i>	<i>c1fel3</i>	<i>c2fel1</i>	<i>c2fel2</i>	<i>c2fel3</i>	<i>c1fel1</i>	<i>c1fel2</i>	<i>c1fel3</i>
Location	<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>
Mineral	<i>FEL</i>	<i>FEL</i>	<i>FEL</i>	<i>FEL</i>	<i>FEL</i>	<i>FEL</i>	<i>FEL</i>	<i>FEL</i>	<i>FEL</i>
SiO2	62.995	63.274	64.062	63.518	63.85	63.561	63.442	64.331	64.426
TiO2	0.006	0.021	0	0.049	0.113	0	0.062	0	0
Al2O3	22.297	22.083	18.207	18.396	18.25	18.074	18.283	18.261	18.404
FeO	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MnO	0	0	0.028	0	0	0	0.01	0.029	0
MgO	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SrO	0.018	0.059	0	0	0	0.002	0	0	0.021
BaO	0.055	0	0.191	0.211	0.218	0.212	0.203	0.246	0.224
CaO	3.945	3.484	0.01	0.004	0.065	0.006	0.018	0.084	0.015
Na2O	9.132	9.405	1.448	1.533	1.915	1.488	1.406	2.518	2.132
K2O	0.207	0.254	14.443	14.097	13.565	14.302	14.633	13.033	13.376
Total	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Si	11.282	11.332	11.985	11.942	11.962	11.983	11.934	11.974	11.979
Al	4.703	4.658	4.011	4.073	4.027	4.013	4.05	4.003	4.03
Ti	0.001	0.003	0	0.007	0.016	0	0.009	0	0
Fe2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn	0	0	0.004	0	0	0	0.002	0.005	0
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0
Ba	0.004	0	0.014	0.016	0.016	0.016	0.015	0.018	0.016
Ca	0.757	0.669	0.002	0.001	0.013	0.001	0.004	0.017	0.003
Na	3.171	3.266	0.525	0.559	0.696	0.544	0.513	0.909	0.769
K	0.047	0.058	3.447	3.381	3.242	3.44	3.512	3.095	3.173
Cations	19.965	19.996	19.988	19.979	19.972	19.997	20.039	20.021	19.97
Z	3.979	3.993	3.992	3.957	3.967	4.001	4.046	4.044	3.961
Ab	79.8	81.8	13.2	14.2	17.6	13.7	12.7	22.6	19.5
An	19	16.8	0.1	0	0.3	0	0.1	0.4	0.1
Or	1.2	1.5	86.7	85.8	82.1	86.3	87.2	77	80.4

Tabela 5.19: Química mineral das biotitas do silimanita granada gnaiss para o cálculo da fórmula estrutural (com 24 oxigênios).

Sample	P3	P3A	P8	P8	P8	P8	P8						
Analysis	<i>c1bt1</i>	<i>c1bt2</i>	<i>c1bt3</i>	<i>c2bt1</i>	<i>c2bt2</i>	<i>c2bt3</i>	<i>c2bt4</i>	<i>c1bt1</i>	<i>c1bt1</i>	<i>c1bt2</i>	<i>c2bt1</i>	<i>c2bt3</i>	<i>c2bt4</i>
Location	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>
Mineral	<i>BIO</i>												
SiO2	36.784	36.842	36.997	34.865	36.506	35.901	36.2	37.047	41.325	36.223	36.4	36.756	36.433
TiO2	3.996	3.833	4.16	4.255	3.543	3.828	3.512	4.154	2.903	3.567	3.666	3.765	3.627
Al2O3	16.409	16.403	16.437	15.987	16.21	15.501	16.073	16.216	13.867	16.202	16.31	15.714	15.981
Cr2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO	13.477	13.967	14.08	12.814	13.749	13.031	12.55	10.687	7.934	10.684	10.919	10.701	10.872
MnO	0.005	0.022	0.025	0.003	0	0.047	0.015	0	0	0.005	0	0.041	0
MgO	14.551	14.384	14.096	15.298	14.223	15.219	15.061	16.181	17.271	16.782	15.602	14.46	15.361
BaO	0.11	0.11	0.155	0.201	0.164	0.201	0.076	0.176	0	0.157	0.139	0.067	0.195
CaO	0	0	0.001	0.068	0.04	0.036	0.016	0.01	0.017	0.003	0.075	0.111	0.069
Na2O	0.033	0.053	0.046	0.049	0.027	0.04	0.036	0.032	0.041	0.112	0.082	0.069	0.071
K2O	9.602	9.725	9.846	9.623	9.437	9.619	9.631	10.09	9.232	9.573	8.525	8.825	8.185
F	1.618	1.647	1.45	1.606	1.385	1.324	1.216	1.398	1.737	1.329	1.417	0.631	1.274
Cl	0.06	0.082	0.072	0.089	0.074	0.078	0.072	0.044	0.004	0.04	0.027	0.064	0.041
Total	96.65	97.07	97.37	94.86	95.36	94.83	94.46	96.04	94.33	94.68	93.16	91.2	92.11
O_F_Cl	0.69	0.71	0.63	0.7	0.6	0.58	0.53	0.6	0.73	0.57	0.6	0.28	0.55
CTotal	95.96	96.36	96.74	94.16	94.76	94.25	93.93	95.44	93.6	94.11	92.56	90.92	91.56
Si	4.73	4.733	4.733	4.592	4.755	4.708	4.734	4.736	5.239	4.692	4.763	4.872	4.807
AlIV	2.485	2.482	2.476	2.48	2.487	2.394	2.475	2.441	2.07	2.471	2.513	2.453	2.483
AlVI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0.386	0.37	0.4	0.422	0.347	0.378	0.345	0.399	0.277	0.348	0.361	0.375	0.36
Fe2	1.449	1.501	1.506	1.411	1.498	1.429	1.373	1.143	0.841	1.157	1.195	1.186	1.2
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn	0.001	0.002	0.003	0	0	0.005	0.002	0	0	0.001	0	0.005	0
Mg	2.789	2.755	2.688	3.004	2.762	2.975	2.936	3.084	3.264	3.24	3.044	2.857	3.021
Ba	0.006	0.006	0.008	0.01	0.008	0.01	0.004	0.009	0	0.008	0.007	0.003	0.01
Ca	0	0	0	0.01	0.006	0.005	0.002	0.001	0.002	0	0.011	0.016	0.01
Na	0.008	0.013	0.011	0.013	0.007	0.01	0.009	0.008	0.01	0.028	0.021	0.018	0.018
K	1.575	1.594	1.607	1.617	1.568	1.609	1.607	1.646	1.493	1.582	1.423	1.492	1.378
Cations	13.429	13.456	13.432	13.559	13.438	13.523	13.487	13.467	13.196	13.527	13.338	13.277	13.287
CF	1.316	1.338	1.173	1.338	1.141	1.098	1.006	1.13	1.393	1.089	1.173	0.529	1.063
CCl	0.026	0.036	0.031	0.04	0.033	0.035	0.032	0.019	0.002	0.018	0.012	0.029	0.018
OH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Fe_FeMg	0.34	0.35	0.36	0.32	0.35	0.32	0.32	0.27	0.2	0.26	0.28	0.29	0.28
Mg_FeMg	0.66	0.65	0.64	0.68	0.65	0.68	0.68	0.73	0.8	0.74	0.72	0.71	0.72

Tabela 5.20: Química mineral da granada, no silimanita granada gnaiss, para o calculo da formula estrutural.

Sample	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3A	P3A	P3A
Analysis	<i>c1gr1</i>	<i>c1gr10f</i>	<i>c1gr11f</i>	<i>c1gr2</i>	<i>c1gr3</i>	<i>c1gr4</i>	<i>c1gr5f</i>	<i>c1gr6f</i>	<i>c1gr7f</i>	<i>c1gr8f</i>	<i>c1gr9f</i>	<i>c2gr1</i>	<i>c2gr2</i>	<i>c1gr10</i>	<i>c1gr11</i>	<i>c1gr12</i>
Location	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>
Mineral	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR
SiO2	38.655	39.227	46.349	38.823	38.731	38.733	38.829	38.705	38.391	38.804	38.772	38.428	38.795	37.935	38.215	38.581
Al2O3	21.526	21.646	18.987	21.653	21.702	21.779	21.755	21.541	21.382	21.54	21.646	21.697	21.709	21.439	21.396	21.536
TiO2	0	0.031	0.075	0.081	0.092	0	0.09	0.012	0.055	0.135	0.116	0	0.007	0.043	0.014	0.064
FeO	30.825	29.245	27.18	31.264	30.531	31.037	30.22	30.576	29.921	30.236	29.857	31.443	30.199	30.781	30.742	30.454
MnO	0.814	0.857	0.628	0.751	0.755	0.819	0.823	0.804	0.763	0.807	0.794	0.903	0.832	0.689	0.793	0.729
MgO	7.2	7.182	6.609	6.88	7.074	6.857	6.372	6.736	7.274	7.256	7.34	6.093	6.708	6.628	6.259	6.789
CaO	1.156	1.371	1.898	1.128	1.127	1.178	1.573	1.388	1.094	1.563	1.225	1.68	1.547	1.312	1.957	1.123
Na2O	0.017	0.007	0.029	0.011	0.01	0.012	0.003	0.01	0.008	0.021	0	0	0	0	0.017	0
Cr2O3	0.02	0.021	0	0.066	0.053	0.007	0.014	0.006	0.006	0.007	0.002	0.001	0.028	0.023	0.011	0.044
Total	100.19	99.57	101.76	100.59	100.02	100.42	99.66	99.77	98.89	100.36	99.75	100.24	99.8	98.83	99.39	99.28
Totalcalc	69.37	70.32	74.57	69.33	69.49	69.38	69.44	69.2	68.97	70.13	69.89	68.8	69.6	68.05	68.65	68.82
TSi	3.017	3.073	3.566	3.024	3.027	3.022	3.055	3.039	3.031	3.02	3.034	3.016	3.043	3.009	3.019	3.043
TAl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum_T	3.017	3.073	3.566	3.024	3.027	3.022	3.055	3.039	3.031	3.02	3.034	3.016	3.043	3.009	3.019	3.043
AlVI	1.979	1.997	1.721	1.986	1.998	2.001	2.016	1.992	1.988	1.974	1.994	2.006	2.005	2.003	1.99	2
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0.002	0.004	0.005	0.005	0	0.005	0.001	0.003	0.008	0.007	0	0	0.003	0.001	0.004
Cr	0.001	0.001	0	0.004	0.003	0	0.001	0	0	0	0	0	0.002	0.001	0.001	0.003

Tabela 5.5: (CONTINUAÇÃO) Química mineral da granada, no silimanita granada gnaïsse, para o calculo da formula estrutural.

Sample	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3A	P3A	P3A
Analysis	<i>c1gr1</i>	<i>c1gr10f</i>	<i>c1gr11f</i>	<i>c1gr2</i>	<i>c1gr3</i>	<i>c1gr4</i>	<i>c1gr5f</i>	<i>c1gr6f</i>	<i>c1gr7f</i>	<i>c1gr8f</i>	<i>c1gr9f</i>	<i>c2gr1</i>	<i>c2gr2</i>	<i>c1gr10</i>	<i>c1gr11</i>	<i>c1gr12</i>
Location	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>
Mineral	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR
Sum_A	1.98	2	1.725	1.995	2.006	2.001	2.022	1.993	1.992	1.983	2.001	2.006	2.007	2.007	1.992	2.007
Fe2	2.012	1.916	1.749	2.037	1.996	2.025	1.988	2.008	1.976	1.968	1.954	2.064	1.981	2.042	2.031	2.009
Mg	0.838	0.839	0.758	0.799	0.824	0.797	0.747	0.788	0.856	0.842	0.856	0.713	0.784	0.784	0.737	0.798
Mn	0.054	0.057	0.041	0.05	0.05	0.054	0.055	0.053	0.051	0.053	0.053	0.06	0.055	0.046	0.053	0.049
Ca	0.097	0.115	0.156	0.094	0.094	0.098	0.133	0.117	0.093	0.13	0.103	0.141	0.13	0.112	0.166	0.095
Na	0.003	0.001	0.004	0.002	0.002	0.002	0	0.002	0.001	0.003	0	0	0	0	0.003	0
Sum_B	3.003	2.927	2.709	2.981	2.966	2.977	2.923	2.968	2.977	2.997	2.965	2.978	2.95	2.984	2.989	2.95
Sum_cat	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Alm	67.004	65.442	64.567	68.323	67.289	68.024	68.01	67.647	66.373	65.675	65.888	69.302	67.137	68.441	67.94	68.079
And	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gross	3.157	3.866	5.776	2.955	3.019	3.286	4.492	3.916	3.09	4.328	3.457	4.741	4.32	3.666	5.506	3.08
Pyrope	27.899	28.649	27.986	26.801	27.792	26.79	25.563	26.566	28.763	28.095	28.874	23.939	26.583	26.27	24.657	27.054
Spess	1.792	1.942	1.511	1.662	1.685	1.818	1.876	1.802	1.714	1.775	1.775	2.016	1.873	1.552	1.775	1.651
Uvaro	0.062	0.065	0	0.203	0.163	0.022	0.043	0.019	0.019	0.022	0.006	0.003	0.086	0.072	0.034	0.137
Xca	0.032	0.039	0.058	0.032	0.032	0.033	0.046	0.039	0.031	0.043	0.035	0.047	0.044	0.038	0.056	0.032
Xfe	0.67	0.655	0.647	0.684	0.673	0.681	0.68	0.677	0.664	0.658	0.659	0.693	0.672	0.684	0.68	0.681
XMg	0.279	0.287	0.28	0.268	0.278	0.268	0.256	0.266	0.288	0.281	0.289	0.239	0.266	0.263	0.247	0.27
Fe_Mg	2.401	2.284	2.307	2.549	2.422	2.541	2.661	2.548	2.308	2.337	2.283	2.895	2.527	2.605	2.756	<i>c1gr12</i>

Tabela 5.5: (CONTINUAÇÃO) Química mineral da granada, no silimanita granada gnaïsse, para o calculo da formula estrutural.

Sample	P3A	P8	P8	P8	P8												
Analysis	<i>c1gr13</i>	<i>c1gr14</i>	<i>c1gr15</i>	<i>c1gr16</i>	<i>c1gr1f</i>	<i>c1gr2f</i>	<i>c1gr3f</i>	<i>c1gr4f</i>	<i>c1gr5f</i>	<i>c1gr6f</i>	<i>c1gr7f</i>	<i>c1gr8f</i>	<i>c1gr9f</i>	<i>c1gr1</i>	<i>c1gr2</i>	<i>c1gr3</i>	<i>c1gr4</i>
Location	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>
Mineral	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR												
SiO2	38.823	38.743	38.973	38.652	38.335	46.005	38.6	38.584	38.814	38.69	44.561	38.747	38.266	38.285	38.477	38.522	38.319
Al2O3	21.441	21.778	21.722	21.572	21.792	18.694	21.601	21.672	21.612	21.516	19.137	21.452	21.289	21.613	21.461	21.372	21.332
TiO2	0	0.01	0.099	0.068	0.042	0.097	0.082	0.174	0.155	0.098	0.084	0.028	0.193	0	0.061	0.028	0.021
FeO	31.173	30.201	29.897	29.845	30.074	26.566	30.232	30.388	29.806	30.004	27.454	29.599	29.677	29.245	29.583	29.704	29.202
MnO	0.732	0.809	0.862	0.812	0.846	0.682	0.825	0.849	0.819	0.807	0.697	0.761	0.82	0.885	0.923	0.876	0.806
MgO	6.815	6.857	6.402	6.838	6.775	5.999	6.794	6.926	6.503	6.81	6.188	6.657	6.803	7.607	7.522	7.238	7.377
CaO	1.113	1.183	1.664	1.212	1.377	1.278	1.211	1.251	2.147	1.515	1.223	2.057	1.437	1.18	1.076	1.28	1.2
Na2O	0.005	0	0.001	0.002	0.007	0.001	0.025	0	0.003	0	0.027	0	0	0.017	0.008	0.011	0.011
Cr2O3	0.079	0.05	0.057	0.008	0.023	0.011	0.025	0.01	0	0	0.017	0.016	0.071	0.033	0.026	0.036	0.062
Total	100.1	99.58	99.62	99	99.25	99.32	99.37	99.84	99.86	99.44	99.37	99.3	98.48	98.83	99.11	99.03	98.27
Totalcalc	68.93	69.38	69.72	69.16	69.17	72.76	69.14	69.46	70.05	69.44	71.92	69.7	68.81	69.59	69.53	69.33	69.07
TSi	3.039	3.043	3.065	3.054	3.021	3.636	3.04	3.025	3.044	3.045	3.519	3.052	3.039	3.014	3.026	3.036	3.038
Tal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum_T	3.039	3.043	3.065	3.054	3.021	3.636	3.04	3.025	3.044	3.045	3.519	3.052	3.039	3.014	3.026	3.036	3.038
AlVI	1.977	2.014	2.012	2.007	2.023	1.74	2.004	2.001	1.996	1.994	1.78	1.99	1.991	2.004	1.988	1.984	1.992
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0.001	0.006	0.004	0.002	0.006	0.005	0.01	0.009	0.006	0.005	0.002	0.012	0	0.004	0.002	0.001
Cr	0.005	0.003	0.004	0	0.001	0.001	0.002	0.001	0	0	0.001	0.001	0.004	0.002	0.002	0.002	0.004

Tabela 5.5: (CONTINUAÇÃO) Química mineral da granada, no silimanita granada gnaïsse, para o calculo da formula estrutural.

Sample	P3A	P8	P8	P8	P8												
Analysis	<i>c1gr13</i>	<i>c1gr14</i>	<i>c1gr15</i>	<i>c1gr16</i>	<i>c1gr1f</i>	<i>c1gr2f</i>	<i>c1gr3f</i>	<i>c1gr4f</i>	<i>c1gr5f</i>	<i>c1gr6f</i>	<i>c1gr7f</i>	<i>c1gr8f</i>	<i>c1gr9f</i>	<i>c1gr1</i>	<i>c1gr2</i>	<i>c1gr3</i>	<i>c1gr4</i>
Location	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>
Mineral	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>												
Sum_A	1.982	2.018	2.021	2.012	2.027	1.747	2.01	2.012	2.005	2	1.786	1.992	2.007	2.006	1.993	1.988	1.997
Fe2	2.041	1.983	1.966	1.972	1.982	1.756	1.991	1.992	1.955	1.975	1.813	1.95	1.971	1.926	1.946	1.958	1.936
Mg	0.795	0.803	0.75	0.805	0.796	0.707	0.798	0.809	0.76	0.799	0.728	0.782	0.805	0.893	0.882	0.85	0.872
Mn	0.049	0.054	0.057	0.054	0.056	0.046	0.055	0.056	0.054	0.054	0.047	0.051	0.055	0.059	0.061	0.058	0.054
Ca	0.093	0.1	0.14	0.103	0.116	0.108	0.102	0.105	0.18	0.128	0.103	0.174	0.122	0.1	0.091	0.108	0.102
Na	0.001	0	0	0	0.001	0	0.004	0	0	0	0.004	0	0	0.003	0.001	0.002	0.002
Sum_B	2.979	2.94	2.914	2.935	2.952	2.617	2.95	2.963	2.951	2.955	2.696	2.956	2.954	2.98	2.981	2.976	2.966
Sum_cat	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Alm	68.512	67.474	67.463	67.197	67.147	67.103	67.5	67.235	66.257	66.822	67.256	65.964	66.727	64.626	65.271	65.777	65.283
And	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gross	2.887	3.232	4.635	3.471	3.868	4.096	3.387	3.515	6.115	4.323	3.779	5.823	3.918	3.238	2.96	3.519	3.243
Pyrope	26.699	27.309	25.751	27.445	26.965	27.011	27.041	27.316	25.769	27.035	27.023	26.446	27.267	29.965	29.584	28.571	29.398
Spess	1.629	1.831	1.97	1.852	1.913	1.745	1.866	1.903	1.844	1.82	1.729	1.718	1.867	1.981	2.063	1.965	1.825
Uvaro	0.246	0.154	0.175	0.025	0.071	0.039	0.077	0.031	0	0	0.059	0.05	0.222	0.102	0.081	0.113	0.194
Xca	0.031	0.034	0.048	0.035	0.039	0.041	0.035	0.035	0.061	0.043	0.038	0.059	0.041	0.034	0.031	0.036	0.034
Xfe	0.685	0.674	0.675	0.672	0.672	0.671	0.676	0.673	0.663	0.668	0.674	0.659	0.667	0.647	0.653	0.658	0.653
XMg	0.267	0.273	0.257	0.274	0.27	0.27	0.271	0.273	0.258	0.27	0.271	0.264	0.273	0.3	0.296	0.286	0.294
Fe_Mg	2.567	2.469	2.621	2.45	2.49	2.484	2.495	2.462	2.572	2.472	2.49	2.494	2.448	2.157	2.206	2.304	2.22

Tabela 5.21: Química mineral dos feldspatos, no silimanita granada gnaiss, para cálculo da fórmula estrutural.

Sample	P3	P3A	P8	P8	P8	P8													
Analysis	<i>c1fel1</i>	<i>c1fel2</i>	<i>c1fel3</i>	<i>c1fel4</i>	<i>c1fel5</i>	<i>c1fel6</i>	<i>c1fel7</i>	<i>c1fel1</i>	<i>c1fel2</i>	<i>c1fel3</i>	<i>c1fel4</i>	<i>c1fel5</i>	<i>c1fel6</i>	<i>c1fel7</i>	<i>c1fel8</i>	<i>c3fel1</i>	<i>c3fel2</i>	<i>c3fel3</i>	<i>c3fel4</i>
Location	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>									
Mineral	<i>FEL</i>																		
SiO2	57.953	59.079	56.919	59.027	57.862	59.15	60.008	57.015	57.485	56.819	54.925	57.427	57.816	59.708	58.923	60.13	59.711	60.593	60.542
TiO2	0.252	0.151	0.032	0.23	0.17	0	0	0.208	0.279	0.148	0.163	0.129	0.079	0	0	0	0.002	0.068	0
Al2O3	26.196	25.228	24.746	25.463	24.382	24.716	24.582	26.582	25.935	26.309	26.849	26.431	26.605	24.62	24.809	24.095	23.99	23.908	24.11
MnO	0	0	0.021	0.007	0.048	0	0.022	0	0.021	0.021	0.019	0	0	0	0	0.024	0	0	0.012
SrO	0.026	0.03	0.057	0.013	0	0.008	0.034	0	0.009	0.024	0	0	0.027	0.008	0.017	0.047	0.037	0.098	0.067
BaO	0	0	0	0.005	0.028	0	0.095	0.038	0.071	0	0	0.05	0	0.029	0	0	0.095	0.076	0.017
CaO	8.083	6.923	6.126	7.004	6.55	6.369	6.34	8.013	7.684	8.012	8.454	7.933	7.93	5.929	6.575	5.826	5.99	5.95	5.999
Na2O	6.756	7.279	7.088	7.277	7.336	7.565	7.668	6.404	7.039	6.778	6.001	6.545	6.666	7.585	7.572	7.991	7.934	7.867	7.834
K2O	0.286	0.323	0.153	0.279	0.303	0.413	0.373	0.285	0.271	0.176	0.221	0.267	0.252	0.397	0.343	0.342	0.273	0.304	0.325
Si	10.418	10.639	10.637	10.601	10.674	10.728	10.787	10.347	10.42	10.349	10.183	10.393	10.398	10.799	10.693	10.864	10.845	10.903	10.884
Al	5.546	5.35	5.446	5.386	5.297	5.279	5.204	5.681	5.537	5.644	5.862	5.633	5.635	5.244	5.302	5.127	5.131	5.066	5.104
Ti	0.034	0.02	0.004	0.031	0.024	0	0	0.028	0.038	0.02	0.023	0.018	0.011	0	0	0	0	0.009	0
Mn	0	0	0.003	0.001	0.008	0	0.003	0	0.003	0.003	0.003	0	0	0	0	0.004	0	0	0.002
Sr	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01
Ba	0	0	0	0	0.002	0	0.007	0.003	0.005	0	0	0.004	0	0.002	0	0	0.007	0.005	0.001
Ca	1.557	1.336	1.227	1.348	1.295	1.238	1.221	1.558	1.492	1.564	1.679	1.538	1.528	1.149	1.278	1.128	1.166	1.147	1.155
Na	2.355	2.542	2.569	2.534	2.624	2.661	2.673	2.253	2.474	2.394	2.157	2.297	2.325	2.66	2.665	2.799	2.794	2.745	2.731
K	0.066	0.074	0.036	0.064	0.071	0.096	0.086	0.066	0.063	0.041	0.052	0.062	0.058	0.092	0.079	0.079	0.063	0.07	0.075
Cations	19.976	19.961	19.932	19.965	19.995	20.002	19.981	19.936	20.032	20.015	19.959	19.945	19.955	19.946	20.017	20.001	20.006	19.955	19.962
Z	3.978	3.952	3.835	3.947	4	3.995	3.99	3.88	4.037	4.002	3.891	3.901	3.911	3.903	4.022	4.01	4.03	3.967	3.964
Ab	59.2	64.3	67	64.2	65.8	66.6	67.2	58.1	61.4	59.9	55.5	58.9	59.4	68.2	66.3	69.9	69.5	69.3	68.9
An	39.1	33.8	32	34.2	32.5	31	30.7	40.2	37	39.1	43.2	39.5	39.1	29.5	31.8	28.2	29	29	29.2
Or	1.7	1.9	0.9	1.6	1.8	2.4	2.2	1.7	1.6	1	1.3	1.6	1.5	2.4	2	2	1.6	1.8	1.9

Tabela 5.22: Química mineral das biotitas do diatexito para o cálculo da fórmula estrutural (com 24 oxigênios).

Sample	P7	P7	P7	P7	P7	P7A	P7A	P7A	P7A	WM04	WM04	WM04	WM04	WM04	WM04
Analysis	<i>c1bt1</i>	<i>c1bt2</i>	<i>c1bt3</i>	<i>c1bt4</i>	<i>c1bt5</i>	<i>c1bt1</i>	<i>c1bt2</i>	<i>c1bt3</i>	<i>c1bt4</i>	15	16	17	18	19	20
Location	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>						
Mineral	<i>BIO</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>								
SiO2	35.239	34.462	44.234	35.565	34.743	35.91	35.873	35.081	36.133	37.397	35.443	35.866	35.925	35.708	35.764
TiO2	3.402	3.121	0.773	3.944	3.605	2.881	3.6	3.135	3.438	0.035	3.502	3.441	3.047	2.981	2.599
Al2O3	18.584	17.699	32.878	18.461	18.287	18.57	18.815	18.401	18.902	21.601	18.702	18.74	18.887	18.865	19.119
Cr2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO	15.534	16.239	5.261	16.325	16.344	16.566	16.484	17.009	15.904	11.556	15.091	15.29	15.112	15.179	15.027
MnO	0	0	0.012	0	0.005	0.027	0.047	0.002	0.012	0.017	0.04	0.045	0.009	0.022	0.007
MgO	11.083	11.518	3.074	10.771	10.83	11.51	10.522	11.631	10.835	13.64	11.705	11.829	12.326	12.066	12.493
BaO	0.13	0.068	0.003	0.01	0.027	0.012	0.157	0.064	0.158	0	0	0	0	0	0
CaO	0.018	0.058	0.406	0.018	0.032	0	0.003	0.045	0.048	0	0	0	0	0	0
Na2O	0.1	0.135	0.072	0.097	0.077	0.081	0.106	0.084	0.098	0.073	0.076	0.066	0.043	0.07	0.114
K2O	9.464	9.15	2.694	9.109	9.175	9.685	9.387	9.369	9.392	8.64	9.279	9.259	9.406	9.176	9.106
F	0.24	0.406	0.203	0.271	0.142	0.284	0.566	0.435	0.413	0.127	0.17	0.189	0.181	0.175	0.082
Cl	0.012	0.005	0	0	0.005	0.006	0.005	0.008	0.001	0	0	0	0	0	0
Total	93.81	92.86	89.61	94.57	93.27	95.53	95.56	95.26	95.33	93.09	94.01	94.72	94.94	94.24	94.31
O_F_Cl	0.1	0.17	0.09	0.11	0.06	0.12	0.24	0.18	0.17	0.05	0.07	0.08	0.08	0.07	0.03
CTotal	93.71	92.69	89.52	94.46	93.21	95.41	95.32	95.08	95.16	93.04	93.94	94.64	94.86	94.17	94.28

Tabela 5.7: (CONTINUAÇÃO) Química mineral das biotitas do diatexito para o cálculo da fórmula estrutural (com 24 oxigênios).

Sample	P7	P7	P7	P7	P7	P7A	P7A	P7A	P7A	WM04	WM04	WM04	WM04	WM04	WM04
Analysis	<i>c1bt1</i>	<i>c1bt2</i>	<i>c1bt3</i>	<i>c1bt4</i>	<i>c1bt5</i>	<i>c1bt1</i>	<i>c1bt2</i>	<i>c1bt3</i>	<i>c1bt4</i>	15	16	17	18	19	20
Location	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>						
Mineral	<i>BIO</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>								
Si	5.622	5.593	6.399	5.628	5.587	5.646	5.647	5.56	5.672	5.787	5.61	5.632	5.625	5.63	5.62
AlIV	2.378	2.407	1.601	2.372	2.413	2.354	2.353	2.44	2.328	2.213	2.39	2.368	2.375	2.37	2.38
AlVI	1.113	0.976	4	1.068	1.05	1.084	1.135	0.995	1.166	1.723	1.096	1.097	1.108	1.133	1.158
Ti	0.408	0.381	0.084	0.469	0.436	0.341	0.426	0.374	0.406	0.004	0.417	0.406	0.359	0.354	0.307
Fe2	2.072	2.204	0.637	2.16	2.198	2.178	2.17	2.255	2.088	1.495	1.997	2.008	1.979	2.001	1.975
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn	0	0	0.001	0	0.001	0.004	0.006	0	0.002	0.002	0.005	0.006	0.001	0.003	0.001
Mg	2.636	2.787	0.663	2.541	2.596	2.698	2.469	2.748	2.535	3.146	2.762	2.769	2.877	2.836	2.927
Ba	0.008	0.004	0	0.001	0.002	0.001	0.01	0.004	0.01	0	0	0	0	0	0
Ca	0.003	0.01	0.063	0.003	0.006	0	0.001	0.008	0.008	0	0	0	0	0	0
Na	0.031	0.042	0.02	0.03	0.024	0.025	0.032	0.026	0.03	0.022	0.023	0.02	0.013	0.021	0.035
K	1.926	1.894	0.497	1.839	1.882	1.943	1.885	1.894	1.881	1.706	1.874	1.855	1.879	1.846	1.826
Cations	16.197	16.298	13.965	16.111	16.195	16.274	16.134	16.304	16.126	16.098	16.174	16.161	16.216	16.194	16.229
CF	0.242	0.417	0.186	0.271	0.144	0.282	0.564	0.436	0.41	0.124	0.17	0.188	0.179	0.175	0.082
CCl	0.006	0.003	0	0	0.003	0.003	0.003	0.004	0.001	0	0	0	0	0	0
OH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Fe_FeMg	0.44	0.44	0.49	0.46	0.46	0.45	0.47	0.45	0.45	0.32	0.42	0.42	0.41	0.41	0.4
Mg_FeMg	0.56	0.56	0.51	0.54	0.54	0.55	0.53	0.55	0.55	0.68	0.58	0.58	0.59	0.59	0.6

Tabela 5.7: (CONTINUAÇÃO) Química mineral das biotitas do diatexito para o cálculo da fórmula estrutural (com 24 oxigênios).

Sample	WM49													
Analysis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Location														
Mineral	<i>bio</i>													
SiO ₂	36.58	36.797	36.444	36.39	36.405	36.558	36.327	36.929	36.694	36.282	36.918	36.296	36.712	37.413
TiO ₂	4.065	3.27	4.135	4.234	4.175	3.993	4.312	4.133	4.153	3.992	4.346	3.889	3.738	3.513
Al ₂ O ₃	16.375	16.673	15.977	16.018	16.313	16.615	16.136	16.317	16.514	16.54	15.922	16.555	16.433	16.574
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO	13.386	11.449	12.972	13.4	13.29	12.865	13.459	12.823	13.636	13.572	13.723	11.989	11.801	10.663
MnO	0.023	0.021	0.012	0.01	0.03	0.011	0.015	0.004	0.025	0.005	0.043	0.019	0.011	0.014
MgO	14.487	16.001	14.502	14.304	14.168	14.852	14.281	14.322	13.91	13.941	13.998	15.625	15.775	16.487
BaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	0.074	0.047	0.062	0.042	0.036	0.046	0.041	0.051	0.053	0.106	0.068	0.074	0.083	0.082
K ₂ O	9.542	9.515	9.379	9.448	9.464	9.319	9.502	9.453	9.388	9.23	9.332	9.494	9.407	9.628
F	0.96	1.142	0.986	1.041	0.906	0.909	0.913	0.988	0.879	0.874	0.986	1.005	1.048	1.215
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	95.49	94.91	94.47	94.89	94.79	95.17	94.99	95.02	95.25	94.54	95.34	94.95	95.01	95.59
O_F_Cl	0.4	0.48	0.42	0.44	0.38	0.38	0.38	0.42	0.37	0.37	0.42	0.42	0.44	0.51
CTotal	95.09	94.43	94.05	94.45	94.41	94.79	94.61	94.6	94.88	94.17	94.92	94.53	94.57	95.08

Tabela 5.7: (CONTINUAÇÃO) Química mineral das biotitas do diatexito para o cálculo da fórmula estrutural (com 24 oxigênios).

Sample	WM49													
Analysis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Location														
Mineral	<i>bio</i>													
Si	5.716	5.736	5.746	5.73	5.724	5.704	5.71	5.775	5.74	5.718	5.779	5.672	5.721	5.769
AlIV	2.284	2.264	2.254	2.27	2.276	2.296	2.29	2.225	2.26	2.282	2.221	2.328	2.279	2.231
AlVI	0.729	0.797	0.713	0.7	0.745	0.757	0.697	0.78	0.782	0.788	0.714	0.719	0.737	0.779
Ti	0.478	0.383	0.49	0.501	0.494	0.469	0.51	0.486	0.489	0.473	0.512	0.457	0.438	0.407
Fe2	1.749	1.492	1.71	1.764	1.748	1.679	1.769	1.677	1.784	1.789	1.797	1.567	1.538	1.375
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn	0.003	0.003	0.002	0.001	0.004	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.006	0.003	0.001	0.002
Mg	3.375	3.718	3.409	3.357	3.321	3.455	3.346	3.339	3.244	3.275	3.267	3.64	3.665	3.79
Ba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0.022	0.014	0.019	0.013	0.011	0.014	0.012	0.015	0.016	0.032	0.021	0.022	0.025	0.025
K	1.902	1.892	1.886	1.898	1.899	1.855	1.905	1.886	1.873	1.856	1.864	1.893	1.87	1.894
Cations	16.258	16.299	16.229	16.234	16.222	16.23	16.241	16.184	16.191	16.214	16.181	16.301	16.274	16.272
CF	0.949	1.126	0.983	1.037	0.901	0.897	0.908	0.977	0.87	0.871	0.976	0.993	1.033	1.185
CCl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Fe_FeMg	0.34	0.29	0.33	0.34	0.34	0.33	0.35	0.33	0.35	0.35	0.35	0.3	0.3	0.27
Mg_FeMg	0.66	0.71	0.67	0.66	0.66	0.67	0.65	0.67	0.65	0.65	0.65	0.7	0.7	0.73

Tabela 5.23: Química mineral da granada, no diatextito, para o calculo da formula estrutural.

Sample	P7	P7	P7	P7	P7A	P7A	P7A	WM04						
Analysis	<i>c1gr1</i>	<i>c1gr2</i>	<i>c1gr3</i>	<i>c1gr4</i>	<i>c1gr1</i>	<i>c1gr2</i>	<i>c1gr3</i>	13	14	15	16	17	18	19
Location	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>							
Mineral	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR						
SiO2	37.447	37.572	37.993	37.811	37.959	38.251	38.253	37.693	37.511	37.368	37.685	37.737	37.663	37.496
Al2O3	21.115	21.071	21.139	21.307	21.388	21.512	21.424	21.489	21.502	21.581	21.664	21.658	21.476	21.486
TiO2	0.017	0.041	0.36	0.05	0.124	0	0	0.011	0.004	0	0.002	0.021	0.001	0.011
FeO	33.084	33.335	33.74	33.737	33.455	33.215	33.535	33.088	33.66	33.012	32.686	33.006	33.441	33.908
MnO	0.877	0.888	0.979	0.969	0.836	0.897	0.698	1.07	1.109	1.051	1.095	1.078	1.114	1.174
MgO	4.447	4.614	4.34	4.283	4.657	4.644	5.232	5.728	5.508	5.52	5.791	5.603	5.269	5.142
CaO	1.299	1.142	1.04	1.117	1.225	1.334	0.782	1.274	1.088	1.218	1.281	1.205	1.553	1.28
Na2O	0	0.007	0.031	0.017	0.01	0.004	0.017	0	0	0	0	0	0	0
Cr2O3	0.016	0.06	0	0	0.017	0.019	0.037	0	0	0	0	0	0	0
Total	98.29	98.67	99.62	99.29	99.65	99.86	99.94	100.35	100.38	99.75	100.2	100.31	100.52	100.5
Totalcalc	65.2	65.33	65.88	65.55	66.2	66.64	66.41	67.27	66.72	66.74	67.52	67.3	67.08	66.59
TSi	3.033	3.03	3.044	3.037	3.03	3.045	3.035	2.971	2.962	2.965	2.971	2.977	2.972	2.964
TAI	0	0	0	0	0	0	0	0.029	0.038	0.035	0.029	0.023	0.028	0.036
Sum_T	3.033	3.03	3.044	3.037	3.03	3.045	3.035	3	3	3	3	3	3	3
AlVI	2.014	2.001	1.995	2.016	2.011	2.017	2.002	1.966	1.962	1.982	1.983	1.989	1.968	1.965
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0.001	0.002	0.022	0.003	0.007	0	0	0.001	0	0	0	0.001	0	0.001
Cr	0.001	0.004	0	0	0.001	0.001	0.002	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 5.8: (CONTINUAÇÃO) Química mineral da granada, no diatexito, para o calculo da formula estrutural.

Sample	P7	P7	P7	P7	P7A	P7A	P7A	WM04						
Analysis	<i>c1gr1</i>	<i>c1gr2</i>	<i>c1gr3</i>	<i>c1gr4</i>	<i>c1gr1</i>	<i>c1gr2</i>	<i>c1gr3</i>	13	14	15	16	17	18	19
Location	<i>bor</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>cen</i>	<i>bor</i>	<i>bor</i>	<i>cen</i>							
Mineral	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR	GAR						
Sum_A	2.016	2.007	2.016	2.019	2.019	2.018	2.004	1.967	1.962	1.982	1.983	1.99	1.968	1.965
Fe2	2.241	2.248	2.261	2.266	2.233	2.211	2.225	2.181	2.223	2.191	2.155	2.177	2.207	2.242
Mg	0.537	0.555	0.518	0.513	0.554	0.551	0.619	0.673	0.648	0.653	0.681	0.659	0.62	0.606
Mn	0.06	0.061	0.066	0.066	0.057	0.06	0.047	0.071	0.074	0.071	0.073	0.072	0.074	0.079
Ca	0.113	0.099	0.089	0.096	0.105	0.114	0.066	0.108	0.092	0.104	0.108	0.102	0.131	0.108
Na	0	0.001	0.005	0.003	0.002	0.001	0.003	0	0	0	0	0	0	0
Sum_B	2.951	2.963	2.94	2.944	2.951	2.937	2.96	3.033	3.038	3.018	3.017	3.01	3.032	3.035
Sum_cat	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Alm	75.944	75.867	76.905	76.983	75.697	75.283	75.174	71.908	73.181	72.591	71.431	72.335	72.775	73.869
And	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gross	3.769	3.139	3.037	3.265	3.498	3.814	2.13	3.547	3.03	3.431	3.587	3.383	4.33	3.572
Pyrope	18.197	18.719	17.634	17.422	18.783	18.763	20.907	22.19	21.347	21.637	22.559	21.889	20.44	19.968
Spess	2.039	2.047	2.26	2.239	1.916	2.059	1.585	2.355	2.442	2.341	2.424	2.393	2.455	2.59
Uvaro	0.051	0.19	0	0	0.053	0.059	0.116	0	0	0	0	0	0	0
XCagnt	0.038	0.033	0.03	0.033	0.036	0.039	0.022	0.036	0.03	0.034	0.036	0.034	0.043	0.036
XFegnt	0.759	0.759	0.771	0.77	0.757	0.753	0.752	0.719	0.732	0.726	0.714	0.723	0.728	0.739
XMggnt	0.182	0.187	0.177	0.174	0.188	0.188	0.209	0.222	0.213	0.216	0.226	0.219	0.204	0.2
Fe_Mggnt	4.173	4.05	4.365	4.417	4.031	4.013	3.595	3.241	3.431	3.355	3.164	3.303	3.56	3.7

Tabela 5.8: (CONTINUAÇÃO) Química mineral da granada, no silimanita granada gnaïsse, para o calculo da formula estrutural.

Sample	WM04	WM04	WM49											
Analysis	20	21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Location														
Mineral	GAR													
Sum_A	1.967	1.963	1.989	1.985	1.997	1.98	1.986	1.99	1.988	1.966	1.979	1.993	1.975	1.967
Fe2	2.286	2.263	2.072	2.074	2.091	2.151	2.093	2.127	2.202	2.077	2.148	2.071	2.11	2.112
Mg	0.56	0.571	0.794	0.788	0.744	0.718	0.766	0.706	0.648	0.805	0.717	0.795	0.763	0.762
Mn	0.088	0.083	0.056	0.058	0.058	0.057	0.056	0.061	0.068	0.056	0.061	0.054	0.056	0.059
Ca	0.099	0.12	0.09	0.096	0.11	0.093	0.099	0.117	0.094	0.096	0.095	0.087	0.096	0.099
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum_B	3.033	3.037	3.011	3.015	3.003	3.02	3.014	3.01	3.012	3.034	3.021	3.007	3.025	3.033
Sum_cat	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Alm	75.359	74.518	68.805	68.772	69.637	71.233	69.433	70.646	73.128	68.449	71.101	68.847	69.76	69.652
And	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gross	3.27	3.957	2.997	3.171	3.676	3.092	3.289	3.873	3.117	3.164	3.151	2.9	3.169	3.277
Pyrope	18.469	18.801	26.351	26.144	24.761	23.775	25.408	23.447	21.508	26.532	23.737	26.443	25.223	25.134
Spess	2.902	2.724	1.846	1.913	1.926	1.9	1.869	2.034	2.246	1.854	2.011	1.81	1.848	1.936
Uvaro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XCagnt	0.033	0.04	0.03	0.032	0.037	0.031	0.033	0.039	0.031	0.032	0.031	0.029	0.032	0.033
XFegnt	0.754	0.745	0.688	0.688	0.696	0.712	0.694	0.706	0.731	0.685	0.711	0.689	0.698	0.697
XMggnt	0.185	0.188	0.264	0.261	0.248	0.238	0.254	0.234	0.215	0.265	0.237	0.264	0.252	0.251
Fe_Mggnt	4.082	3.963	2.61	2.632	2.81	2.996	2.732	3.013	3.398	2.58	2.996	2.605	2.765	2.772

Tabela 5.24: Química mineral do feldspato, no diatexito, para o calculo da formula estrutural.

Sample	WM04	WM49	WM49	WM49	WM49	WM49								
Analysis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	17	31	32	33	34
Location														
Mineral	FEL													
SiO2	65.336	65.077	65.56	62.305	64.83	65.302	65.394	65.236	65.011	60.603	64.086	60.362	60.542	60.638
TiO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al2O3	19.126	19.336	19.462	24.403	19.137	19.206	19.232	19.225	19.083	25.272	19.177	25.531	25.636	25.306
FeO	0.009	0.002	0.001	0.012	0.027	0.003	0.01	0.008	0.004	0.022	0.023	0.007	0.019	0.001
CaO	0.963	0.976	0.568	5.021	1.018	1.035	0.832	1.046	0.952	6.268	0.957	6.301	6.238	6.328
Na2O	1.555	1.478	2.893	8.585	1.204	1.317	3.113	1.43	1.696	7.676	1.246	7.774	7.809	7.712
K2O	13.762	13.927	11.96	0.259	14.277	13.974	11.781	13.851	13.591	0.348	14.046	0.286	0.326	0.314
Total	100.75	100.8	100.44	100.59	100.49	100.84	100.36	100.8	100.34	100.19	99.54	100.26	100.57	100.3
Si	11.892	11.852	11.881	10.977	11.862	11.882	11.874	11.874	11.881	10.756	11.834	10.71	10.71	10.751
Al	4.1	4.147	4.154	5.063	4.124	4.116	4.113	4.121	4.107	5.282	4.17	5.335	5.341	5.284
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe2	0.001	0	0	0.002	0.004	0	0.002	0.001	0.001	0.003	0.004	0.001	0.003	0
Ca	0.188	0.19	0.11	0.948	0.2	0.202	0.162	0.204	0.186	1.192	0.189	1.198	1.182	1.202
Na	0.549	0.522	1.017	2.933	0.427	0.465	1.096	0.505	0.601	2.642	0.446	2.675	2.679	2.651
K	3.195	3.236	2.765	0.058	3.333	3.244	2.729	3.216	3.169	0.079	3.309	0.065	0.074	0.071
Cations	19.925	19.947	19.927	19.981	19.95	19.909	19.976	19.921	19.945	19.954	19.952	19.984	19.989	19.959
Z	3.932	3.948	3.892	3.939	3.96	3.911	3.987	3.925	3.956	3.913	3.944	3.938	3.935	3.924
Ab	14	13.2	26.1	74.5	10.8	11.9	27.5	12.9	15.2	67.5	11.3	67.9	68.1	67.6
An	4.8	4.8	2.8	24.1	5.1	5.2	4.1	5.2	4.7	30.5	4.8	30.4	30	30.6
Or	81.3	82	71	1.5	84.2	82.9	68.4	81.9	80.1	2	83.9	1.7	1.9	1.8

Tabela 5.25: Química mineral da biotita, no gnaiss e enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural.

Sample	AL13	AL13	AL13	AL13	AL13	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Analysis	c21	c22	c23	c41	c61	c1bt1	c1bt2	c2bt1	c2bt2	c3bt1	c3bt2
Location						bor/cen	bor/cen	bor/cen	bor/cen	bor/cen	bor/cen
Mineral	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO
SiO2	37,384	37,729	37,817	37,802	37,504	37,434	37,167	37,426	37,493	36,967	36,85
TiO2	4,063	3,661	3,707	3,447	4,181	3,691	3,721	2,702	0,703	4,202	3,852
Al2O3	14,383	14,589	14,906	14,57	14,824	13,84	13,668	13,838	14,904	13,582	13,718
Cr2O3	0,193	0,158	0,17	0,191	0,198	0	0	0	0	0	0
FeO	14,37	13,984	14,184	14,047	15,116	15,051	15,014	14,072	12,966	15,668	15,279
MnO	0,06	0,058	0,023	0,069	0,005	0,045	0,017	0,064	0,062	0,054	0,015
MgO	15,814	15,424	15,814	15,783	14,961	14,749	14,603	15,721	16,599	13,865	13,836
BaO	0,304	0,185	0,208	0,246	0,158	0,161	0,195	0,178	0,044	0,125	0,231
CaO	0,007	0	0	0	0	0,002	0,008	0,085	0,146	0,003	0,003
Na2O	0,058	0,035	0,066	0,063	0,058	0,009	0,022	0,03	0,015	0,044	0,024
K2O	9,854	9,798	10,001	9,917	9,876	9,536	9,598	9,204	8,969	9,48	9,298
F	1,061	1,073	1,099	1,038	1,192	0,86	0,864	0,766	1,123	0,942	0,491
Cl	0,036	0,047	0,041	0,038	0,05	0,037	0,042	0,022	0,013	0,06	0,037
Total	97,59	96,74	98,04	97,21	98,12	95,42	94,92	94,11	93,04	94,99	93,63
O_F_Cl	0,45	0,46	0,47	0,45	0,51	0,37	0,37	0,33	0,48	0,41	0,22
CTotal	97,14	96,28	97,57	96,76	97,61	95,05	94,55	93,78	92,56	94,58	93,41
Si	4,778	4,842	4,798	4,833	4,779	4,883	4,881	4,914	4,949	4,87	4,889
AlIV	2,165	2,205	2,227	2,194	2,224	2,126	2,114	2,14	2,317	2,107	2,143
Ti	0,391	0,353	0,354	0,332	0,401	0,362	0,368	0,267	0,07	0,416	0,384
Fe2	1,536	1,501	1,505	1,502	1,611	1,642	1,649	1,545	1,431	1,726	1,695
Cr	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0
Mn	0,006	0,006	0,002	0,007	0,001	0,005	0,002	0,007	0,007	0,006	0,002
Mg	3,013	2,951	2,991	3,008	2,842	2,868	2,859	3,077	3,266	2,723	2,736
Ba	0,015	0,009	0,01	0,012	0,008	0,008	0,01	0,009	0,002	0,006	0,012
Ca	0,001	0	0	0	0	0	0,001	0,012	0,021	0	0
Na	0,014	0,009	0,016	0,016	0,014	0,002	0,006	0,008	0,004	0,011	0,006
K	1,607	1,604	1,619	1,618	1,605	1,587	1,608	1,542	1,51	1,593	1,574
Cations	13,546	13,5	13,542	13,542	13,505	13,483	13,498	13,521	13,577	13,458	13,441
CF	0,858	0,871	0,882	0,839	0,961	0,709	0,718	0,636	0,938	0,785	0,412
CCl	0,016	0,02	0,018	0,016	0,022	0,016	0,019	0,01	0,006	0,027	0,017
O	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Fe_FeMg	0,34	0,34	0,33	0,33	0,36	0,36	0,37	0,33	0,3	0,39	0,38
Mg_FeMg	0,66	0,66	0,67	0,67	0,64	0,64	0,63	0,67	0,7	0,61	0,62

Tabela 5.10: (CONTINUAÇÃO) Química mineral da biotita, no gnaiss e enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural.

Sample	WM01	WM66	WM66	WM66	WM66	WM66									
Analysis	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
Mineral	bio	bio													
SiO2	36,544	36,91	36,658	36,872	36,737	36,711	37,12	37,006	37,116	36,525	36,501	36,291	36,132	36,321	
TiO2	4,737	3,794	4,089	4,052	4,511	4,55	3,786	3,846	3,63	4,669	4,997	5,078	5,062	5,044	
Al2O3	13,8	14,006	14,211	13,97	13,902	13,788	13,966	14,216	14,162	13,902	13,647	14,065	13,836	13,962	
FeO	15,199	14,294	14,697	14,699	15,024	15,105	14,662	14,216	14,049	15,993	15,926	16,519	16,812	16,353	
MnO	0,054	0,03	0,124	0,128	0,115	0,059	0,053	0,075	0,085	0,054	0,098	0,092	0,08	0,063	
MgO	14,195	15,433	15,2	15,231	14,814	14,641	15,955	15,838	15,904	13,756	13,877	13,121	13,221	12,982	
Na2O	0,007	0,013	0,03	0,014	0,039	0,03	0,019	0,037	0,013	0,019	0,025	0,051	0,015	0,015	
K2O	9,403	9,372	9,475	9,512	9,366	9,339	9,464	9,485	9,492	9,418	9,321	9,059	9,376	9,3	
F	0,558	0,756	0,634	0,668	0,672	0,561	0,673	0,647	0,64	0,319	0,404	0,304	0,306	0,333	
Total	94,5	94,61	95,12	95,15	95,18	94,78	95,7	95,37	95,09	94,66	94,8	94,58	94,84	94,37	
O_F_Cl	0,23	0,32	0,27	0,28	0,28	0,24	0,28	0,27	0,27	0,13	0,17	0,13	0,13	0,14	
CTotal	94,27	94,29	94,85	94,87	94,9	94,54	95,42	95,1	94,82	94,53	94,63	94,45	94,71	94,23	
Si	4,804	4,827	4,78	4,807	4,794	4,806	4,805	4,797	4,819	4,799	4,792	4,776	4,762	4,794	
AlIV	2,136	2,157	2,182	2,145	2,136	2,126	2,129	2,17	2,165	2,151	2,11	2,18	2,147	2,17	
Ti	0,468	0,373	0,401	0,397	0,443	0,448	0,369	0,375	0,355	0,461	0,494	0,503	0,502	0,501	
Fe2	1,671	1,563	1,603	1,603	1,64	1,654	1,587	1,541	1,526	1,757	1,749	1,818	1,853	1,805	
Mn	0,006	0,003	0,014	0,014	0,013	0,007	0,006	0,008	0,009	0,006	0,011	0,01	0,009	0,007	
Mg	2,782	3,009	2,954	2,96	2,882	2,857	3,079	3,06	3,078	2,694	2,716	2,574	2,597	2,554	
Na	0,002	0,003	0,008	0,004	0,01	0,008	0,005	0,009	0,003	0,005	0,006	0,013	0,004	0,004	
K	1,577	1,564	1,576	1,582	1,559	1,56	1,563	1,568	1,572	1,579	1,561	1,521	1,576	1,566	
Cations	13,446	13,499	13,518	13,512	13,477	13,466	13,543	13,528	13,527	13,452	13,439	13,395	13,45	13,401	
CF	0,464	0,625	0,523	0,551	0,555	0,464	0,551	0,53	0,526	0,265	0,335	0,253	0,255	0,278	
O	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Fe_FeMg	0,38	0,34	0,35	0,35	0,36	0,37	0,34	0,33	0,33	0,39	0,39	0,41	0,42	0,41	
Mg_FeMg	0,62	0,66	0,65	0,65	0,64	0,63	0,66	0,67	0,67	0,61	0,61	0,59	0,58	0,59	

Tabela 5.26: Química mineral da granada, no gnaïsse enderbítico, para o calculo da formula estrutural.

Sample	EAC	EAC	EAC	EAC	EAC	EAC	EAC	EAC	EAC	P4	P4	P4	P4
Analysis	<i>C210</i>	<i>C211</i>	<i>C212</i>	<i>C213</i>	<i>C28</i>	<i>C29</i>	<i>C54</i>	<i>C55</i>	<i>C56</i>	<i>c2gr1</i>	<i>c2gr2</i>	<i>c2gr3</i>	<i>c2gr4</i>
Location										<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>
Mineral	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>
SiO2	37,25	36,94	36,84	37,32	37,23	36,73	36,59	36,22	36,97	38,862	39,204	38,121	39,046
Al2O3	21,43	21,63	21,38	21,67	21,57	21,66	21,31	21,58	21,42	21,461	21,229	20,71	21,13
TiO2	0,18	0,06	0,11	0,14	0,02	0,17	0	0,15	0,03	0,11	0	0,057	0,098
FeO	29,42	28,37	29,44	28,58	29,07	27,46	28,8	28,52	29,21	26,86	26,687	28,195	27,157
MnO	1,78	1,01	1,52	0,94	1,44	1	1,59	1,72	1,9	1,618	1,092	2,35	2,254
MgO	2,53	3,93	2,67	3,8	3,18	4,64	2,6	2,66	2,04	6,708	6,909	5,226	5,364
CaO	7,23	7,95	7,71	8,28	7,3	7,37	8,41	8,08	7,5	4,029	3,848	3,361	4,696
Na2O	0,01	0	0	0	0,02	0	0	0,02	0,12	0,026	0,025	0,021	0,017
Cr2O3	0,04	0,14	0	0,05	0	0	0	0	0,09	0	0	0	0
Total	99,83	99,89	99,67	100,73	99,83	99,03	99,3	98,95	99,19	99,67	98,99	98,04	99,76
Totalcalc	70,41	71,52	70,23	72,15	70,76	71,57	70,5	70,43	69,98	72,81	72,31	69,85	72,6
TSi	2,971	2,911	2,94	2,921	2,955	2,91	2,927	2,906	2,968	3,036	3,077	3,063	3,072
TAl	0,029	0,089	0,06	0,079	0,045	0,09	0,073	0,094	0,032	0	0	0	0
Sum_T	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,036	3,077	3,063	3,072
AIVI	1,984	1,918	1,949	1,918	1,972	1,93	1,935	1,945	1,994	1,974	1,962	1,96	1,958
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0,011	0,004	0,007	0,008	0,001	0,01	0	0,009	0,002	0,006	0	0,003	0,006
Cr	0,003	0,009	0	0,003	0	0	0	0	0,006	0	0	0	0

Tabela 5.11: (CONTINUAÇÃO) Química mineral da granada, no gnaïsse enderbítico, para o calculo da formula estrutural.

Sample	EAC	EAC	EAC	EAC	EAC	EAC	EAC	EAC	EAC	P4	P4	P4	P4
Analysis	<i>C210</i>	<i>C211</i>	<i>C212</i>	<i>C213</i>	<i>C28</i>	<i>C29</i>	<i>C54</i>	<i>C55</i>	<i>C56</i>	<i>c2gr1</i>	<i>c2gr2</i>	<i>c2gr3</i>	<i>c2gr4</i>
Location										<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>	<i>cen/bor</i>
Mineral	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>	<i>GAR</i>
Sum_A	1,997	1,93	1,956	1,929	1,973	1,94	1,935	1,954	2,001	1,981	1,962	1,963	1,964
Fe2	1,962	1,87	1,965	1,871	1,93	1,819	1,927	1,914	1,961	1,755	1,752	1,895	1,787
Mg	0,301	0,462	0,318	0,443	0,376	0,548	0,31	0,318	0,244	0,781	0,808	0,626	0,629
Mn	0,12	0,067	0,103	0,062	0,097	0,067	0,108	0,117	0,129	0,107	0,073	0,16	0,15
Ca	0,618	0,671	0,659	0,694	0,621	0,626	0,721	0,695	0,645	0,337	0,324	0,289	0,396
Na	0,002	0	0	0	0,003	0	0	0,003	0,019	0,004	0,004	0,003	0,003
Sum_B	3,003	3,07	3,044	3,071	3,027	3,06	3,065	3,046	2,999	2,984	2,96	2,973	2,965
Sum_cat	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Alm	65,351	60,901	64,538	60,92	63,756	59,455	62,855	62,817	0	58,802	59,177	63,724	60,272
And	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gross	20,449	21,413	21,654	22,451	20,512	20,444	23,515	22,8	0	11,3	10,932	9,732	13,353
Pyrope	10,018	15,039	10,434	14,439	12,432	17,908	10,115	10,444	0	26,178	27,31	21,055	21,221
Spess	4,005	2,196	3,375	2,029	3,199	2,193	3,515	3,837	0	3,588	2,452	5,379	5,067
Uvaro	0,126	0,451	0	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XCagnt	0,206	0,219	0,216	0,226	0,205	0,205	0,235	0,228	0,217	0,113	0,11	0,097	0,134
XFegnt	0,654	0,609	0,645	0,609	0,638	0,594	0,629	0,629	0,658	0,589	0,592	0,638	0,603
XMggnt	0,1	0,15	0,104	0,144	0,124	0,179	0,101	0,104	0,082	0,262	0,273	0,211	0,212
Fe_Mggnt	6,518	4,048	6,179	4,223	5,133	3,319	6,216	6,019	8,037	2,247	2,168	3,027	2,841

Tabela 5.27: Química mineral da granada, no gnaiss e enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural.

Sample	AL13	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4									
Analysis	c12	c22	c23	c24	c41	c42	c43	c44	c61	c62	c1fel1	c1fel2	c1fel3	c2fel1	c2fel2	c2fel3	c3fel1	c3fel2	c3fel3
Location											bor	bor	bor	cen/bor	cen/bor	cen/bor	cen/bor	cen/bor	cen/bor
Mineral	FEL	FEL	FEL	FEL	FEL	FEL													
SiO2	61.128	60.263	59.751	60.12	60.176	60.843	60.765	60.615	60.933	60.963	60.963	60.57	60.411	64.586	60.039	63.939	59.998	59.817	58.715
TiO2	0	0.05	0.048	0	0.009	0.014	0.037	0.004	0.002	0.046	0	0.073	0.023	0	0	0.054	0.021	0	0
Al2O3	23.728	24.271	24.12	24.254	24.136	24.147	24.332	24.183	24.375	24.318	24.079	24.262	24.747	18.174	24.414	18.235	25	24.219	24.572
FeO	0.087	0.069	0.102	0.052	0.075	0.039	0.029	0.087	0.12	0.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MnO	0.015	0	0.032	0.019	0.008	0	0	0	0	0	0	0.061	0.023	0	0.017	0	0	0	0.017
MgO	0	0	0.005	0.019	0.017	0.06	0	0.005	0.016	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SrO	0.118	0.213	0.115	0.133	0.101	0.195	0.089	0.109	0.154	0.141	0.046	0.073	0.075	0.071	0.195	0.143	0.071	0.062	0.066
BaO	0.078	0	0.015	0	0	0.019	0	0.009	0.009	0.122	0.142	0.012	0.081	0.664	0.02	0.911	0.021	0.088	0
CaO	5.832	6.058	6.091	6.066	6.002	6.03	6.057	6.033	6.214	6.056	6.07	6.212	6.749	0.014	6.209	0.002	6.867	6.566	6.358
Na2O	7.064	7.183	7.274	7.401	7.25	7.175	7.149	7.005	6.978	7.067	7.445	7.641	7.439	0.882	7.672	0.752	7.192	7.299	7.638
K2O	0.566	0.448	0.438	0.438	0.439	0.406	0.374	0.686	0.417	0.382	1.01	0.362	0.252	15.21	0.191	14.979	0.289	0.322	0.325
Total	98.62	98.55	97.99	98.5	98.21	98.93	98.83	98.74	99.22	99.2	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Si	10.998	10.868	10.847	10.854	10.883	10.918	10.903	10.907	10.901	10.911	10.901	10.856	10.781	12.003	10.818	11.97	10.738	10.824	10.715
Al	5.028	5.155	5.157	5.157	5.141	5.103	5.141	5.125	5.135	5.126	5.071	5.121	5.201	3.978	5.181	4.02	5.269	5.161	5.281
Ti	0	0.007	0.007	0	0.001	0.002	0.005	0.001	0	0.006	0	0.01	0.003	0	0	0.008	0.003	0	0
Fe2	0.013	0.01	0.015	0.008	0.011	0.006	0.004	0.013	0.018	0.015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn	0.002	0	0.005	0.003	0.001	0	0	0	0	0	0	0.009	0.003	0	0.003	0	0	0	0.003
Mg	0	0	0	0.01	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Ba	0.005	0	0.001	0	0	0.001	0	0.001	0.001	0.009	0.01	0.001	0.006	0.048	0.001	0.067	0.001	0.006	0
Ca	1.124	1.171	1.185	1.173	1.163	1.159	1.164	1.163	1.191	1.161	1.163	1.193	1.29	0.003	1.199	0	1.317	1.273	1.243
Na	2.464	2.512	2.56	2.591	2.542	2.497	2.487	2.444	2.421	2.453	2.581	2.655	2.574	0.318	2.68	0.273	2.496	2.561	2.703
K	0.13	0.103	0.101	0.101	0.101	0.093	0.086	0.157	0.095	0.087	0.23	0.083	0.057	3.606	0.044	3.578	0.066	0.074	0.076
Cations	19.774	19.846	19.888	19.907	19.853	19.819	19.8	19.821	19.782	19.778	19.956	19.938	19.925	19.966	19.946	19.936	19.9	19.909	20.031
Z	3.725	3.786	3.852	3.868	3.807	3.75	3.737	3.765	3.708	3.71	3.984	3.941	3.93	3.975	3.927	3.918	3.88	3.914	4.025
Ab	66.3	66.3	66.6	67	66.8	66.6	66.6	64.9	65.3	66.3	64.9	67.5	65.6	8.1	68.3	7.1	64.3	65.5	67.2
An	30.2	30.9	30.8	30.3	30.6	30.9	31.1	30.9	32.1	31.4	29.3	30.3	32.9	0.1	30.6	0	34	32.6	30.9
Or	3.5	2.7	2.6	2.6	2.7	2.5	2.3	4.2	2.6	2.4	5.8	2.1	1.5	91.8	1.1	92.9	1.7	1.9	1.9

Tabela 5.12: (CONTINUAÇÃO) Química mineral da granada, no gnaiss e enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural.

Sample	WM01	WM66														
Analysis	22	23	24	25	26	27	28	29	30	10	11	12	13	14	15	16
Location																
Mineral	FEL															
SiO2	60.388	60.591	59.953	60.301	60.453	60.396	60.441	60.272	60.602	61.141	61.208	61.394	60.957	60.628	61.224	60.999
TiO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al2O3	25.424	25.53	25.531	25.484	25.392	25.548	25.475	25.659	25.362	24.705	25.013	24.876	25.453	25.475	25.021	25.126
FeO	0.101	0.084	0.128	0.098	0.077	0.109	0.189	0.055	0.073	0.318	0.084	0.134	0.04	0.051	0.07	0.067
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MgO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SrO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	6.537	6.42	6.187	6.685	6.705	6.498	6.582	6.647	6.35	6.044	6.195	5.961	6.169	6.384	6.066	6.247
Na2O	7.315	7.24	6.733	7.196	7.275	7.301	7.334	7.359	7.584	7.376	7.773	7.425	7.462	7.435	7.473	7.642
K2O	0.357	0.524	1.196	0.423	0.426	0.428	0.371	0.382	0.447	0.493	0.397	0.567	0.438	0.554	0.621	0.426
Total	100.12	100.39	99.73	100.19	100.33	100.28	100.39	100.37	100.42	100.08	100.67	100.36	100.52	100.53	100.48	100.51
Si	10.727	10.734	10.713	10.711	10.725	10.715	10.716	10.688	10.741	10.859	10.813	10.864	10.772	10.734	10.831	10.793
Al	5.319	5.326	5.373	5.331	5.305	5.338	5.319	5.358	5.294	5.167	5.204	5.184	5.297	5.311	5.213	5.235
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe2	0.015	0.012	0.019	0.015	0.011	0.016	0.028	0.008	0.011	0.047	0.012	0.02	0.006	0.008	0.01	0.01
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	1.244	1.219	1.185	1.272	1.274	1.235	1.25	1.263	1.206	1.15	1.173	1.13	1.168	1.211	1.15	1.184
Na	2.52	2.487	2.333	2.478	2.503	2.512	2.521	2.53	2.606	2.54	2.663	2.548	2.557	2.552	2.563	2.622
K	0.081	0.118	0.273	0.096	0.096	0.097	0.084	0.086	0.101	0.112	0.089	0.128	0.099	0.125	0.14	0.096
Cations	19.906	19.896	19.896	19.903	19.914	19.913	19.918	19.933	19.959	19.875	19.954	19.874	19.899	19.941	19.907	19.94
Z	3.845	3.824	3.791	3.846	3.873	3.844	3.855	3.879	3.913	3.802	3.925	3.806	3.824	3.888	3.853	3.902
Ab	65.5	65	61.5	64.4	64.6	65.3	65.4	65.2	66.6	66.8	67.8	66.9	66.9	65.6	66.5	67.2
An	32.4	31.9	31.3	33.1	32.9	32.1	32.4	32.6	30.8	30.2	29.9	29.7	30.5	31.1	29.8	30.3
Or	2.1	3.1	7.2	2.5	2.5	2.5	2.2	2.2	2.6	2.9	2.3	3.4	2.6	3.2	3.6	2.5

Tabela 5.28: Química mineral do anfibólio, no gnaiss e enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural.

Sample	AL13									
Analysis	c21	c22	c23	c24	c25	C26	c27	c28	c29	c30
Location	bor									
Mineral	amp									
SiO2	45.306	44.145	44	44.028	44.028	43.359	43.518	43.039	44.023	45.331
TiO2	1.487	1.494	1.524	1.286	1.714	1.838	1.719	1.863	1.798	0.775
Al2O3	10.138	11.147	10.995	10.651	10.834	11.095	11.436	11.662	10.499	9.903
FeO	12.112	13.347	13.462	12.505	13.324	14.639	14.377	14.347	13.757	12.436
MnO	0.114	0.129	0.13	0.133	0.162	0.121	0.117	0.149	0.168	0.137
MgO	14.291	13.036	13.004	13.514	13.095	12.236	12.02	12.008	12.556	13.911
CaO	11.993	11.874	12.006	11.937	11.654	11.805	11.952	11.922	11.721	12.07
Na2O	1.452	1.442	1.353	1.278	1.432	1.464	1.491	1.378	1.364	1.111
K2O	0.941	1.316	1.259	1.278	1.233	1.41	1.276	1.387	1.321	1.022
F	0.594	0.469	0.546	0.442	0.341	0.453	0.469	0.419	0.508	0.629
TOTAL	98.43	98.4	98.28	97.05	97.82	98.42	98.37	98.17	97.72	97.33
TSi	6.438	6.329	6.326	6.379	6.342	6.261	6.276	6.229	6.392	6.543
TAI	1.562	1.671	1.674	1.621	1.658	1.739	1.724	1.771	1.608	1.457
Sum_T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CAI	0.135	0.212	0.187	0.197	0.179	0.148	0.218	0.216	0.187	0.227
CFe3	1.339	1.297	1.304	1.266	1.281	1.342	1.316	1.28	1.167	1.184
CTi	0.159	0.161	0.165	0.14	0.186	0.2	0.186	0.203	0.196	0.084
CMg	3.027	2.786	2.787	2.919	2.812	2.634	2.584	2.591	2.718	2.993
CFe2	0.1	0.303	0.315	0.249	0.324	0.425	0.418	0.457	0.503	0.317
CMn	0.014	0.016	0.016	0.016	0.02	0.015	0.014	0.018	0.021	0.017
CCa	0.226	0.225	0.227	0.212	0.198	0.236	0.264	0.235	0.207	0.178
Sum_C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BCa	1.6	1.599	1.623	1.641	1.6	1.59	1.583	1.613	1.616	1.689
BNa	0.4	0.401	0.377	0.359	0.4	0.41	0.417	0.387	0.384	0.311
Sum_B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
AK	0.171	0.241	0.231	0.236	0.227	0.26	0.235	0.256	0.245	0.188
Sum_A	0.171	0.241	0.231	0.236	0.227	0.26	0.235	0.256	0.245	0.188
Sum_cat	15.171	15.241	15.231	15.236	15.227	15.26	15.235	15.256	15.245	15.188
Sum_oxy	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
CF	0.267	0.213	0.248	0.203	0.155	0.207	0.214	0.192	0.233	0.287

Tabela 5.29: Química mineral do anfibólio, no gnaiss enderbítico, para o cálculo da formula estrutural

Sample	AL13	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4										
Analysis	<i>c21</i>	<i>c22</i>	<i>c23</i>	<i>c41</i>	<i>c42</i>	<i>c61</i>	<i>c62</i>	<i>c63</i>	<i>c64</i>	<i>c65</i>	<i>c67</i>	<i>c1px1</i>	<i>c1px2</i>	<i>c3px1</i>	<i>c3px2</i>	<i>c3px3</i>	<i>c3px4</i>	<i>c3px5</i>	<i>c3px6</i>
Location												<i>cen</i>	<i>cen/bor</i>						
Mineral	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>	<i>CPX</i>	<i>CPX</i>	<i>CPX</i>	<i>CPX</i>	<i>CPX</i>	<i>CPX</i>	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>	<i>OPX</i>
SiO2	52.435	52.634	52.229	52.191	51.851	52.182	52.281	51.681	52.535	51.986	52.425	51.412	51.435	51.769	51.536	51.179	51.552	51.417	51.38
TiO2	0.068	0.036	0.054	0.023	0.038	0.179	0.204	0.145	0.156	0.247	0.112	0.174	0	0.099	0.014	0	0.158	0.053	0.037
Al2O3	0.967	0.997	1.046	1.074	0.952	2.083	2.097	2.082	2.129	2.062	1.904	1.188	1.203	1.012	1.114	1.115	1.04	1.088	1.227
FeO	24.018	24.355	24.489	25.216	25.042	9.596	10.215	9.288	9.199	8.968	8.72	25.391	25.165	26.078	25.466	25.48	25.814	24.41	24.869
Cr2O3	0.069	0.03	0.082	0.033	0.034	0.136	0.124	0.113	0.143	0.141	0.095	0	0.011	0	0.033	0.057	0.017	0.046	0.044
MnO	0.577	0.538	0.567	0.578	0.548	0.218	0.226	0.254	0.157	0.175	0.247	0.514	0.634	0.632	0.53	0.519	0.505	0.549	0.541
MgO	21.768	21.548	21.525	21.054	20.5	13.685	13.769	13.553	13.578	13.415	13.347	20.144	19.945	19.643	19.717	19.877	19.499	20.391	20.681
CaO	0.522	0.553	0.567	0.659	0.659	21.573	21.159	21.884	22.159	22.466	22.501	0.493	0.518	0.404	0.502	0.574	0.414	0.485	0.466
Na2O	0.013	0.011	0.017	0.013	0.029	0.636	0.679	0.635	0.622	0.565	0.56	0.002	0.023	0.016	0	0	0.008	0.046	0.012
K2O	0.012	0	0.025	0.005	0	0.007	0	0	0	0.008	0.006	0.015	0.004	0.008	0.006	0	0.001	0.004	0
Total	100.45	100.7	100.6	100.85	99.65	100.3	100.75	99.64	100.68	100.03	99.92	99.33	98.94	99.66	98.92	98.8	99.01	98.49	99.26
TSi	1.955	1.96	1.947	1.947	1.961	1.935	1.932	1.928	1.941	1.934	1.952	1.955	1.964	1.97	1.971	1.958	1.974	1.965	1.948
TAI	0.042	0.04	0.046	0.047	0.039	0.065	0.068	0.072	0.059	0.066	0.048	0.045	0.036	0.03	0.029	0.042	0.026	0.035	0.052
M1Al	0	0.004	0	0	0.004	0.026	0.023	0.02	0.033	0.024	0.036	0.008	0.018	0.015	0.022	0.009	0.021	0.014	0.003
M1Ti	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.005	0.006	0.004	0.004	0.007	0.003	0.005	0	0.003	0	0	0.005	0.002	0.001
M1Fe2	0	0	0	0	0	0.208	0.209	0.219	0.211	0.221	0.218	0	0	0	0	0	0	0	0
M1Cr	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0	0	0	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
M1Mg	0.996	0.994	0.996	0.998	0.994	0.757	0.758	0.754	0.748	0.744	0.741	0.987	0.982	0.982	0.977	0.99	0.974	0.983	0.995
M2Mg	0.214	0.202	0.2	0.173	0.162	0	0	0	0	0	0	0.155	0.153	0.132	0.147	0.144	0.139	0.179	0.174
M2Fe2	0.749	0.758	0.764	0.787	0.792	0.09	0.107	0.071	0.074	0.058	0.054	0.807	0.803	0.83	0.815	0.815	0.827	0.78	0.789

Tabela 5.14: (CONTINUAÇÃO) Química mineral do piroxênio, no gnaiss e enderbítico, para o cálculo da fórmula estrutural.

Sample	WM01	WM66																					
Analysis	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mineral	OPX	CPX	CPX	OPX	OPX	CPX	CPX	CPX	CPX	CPX	CPX												
SiO ₂	51.451	51.391	51.854	51.775	42.693	42.933	42.931	51.064	51.795	51.433	51.437	51.514	52.064	52.196	52.144	51.882	51.834	51.494	51.451	52.174	52.263	50.185	51.95
TiO ₂	0.025	0.041	0.058	0.023	1.672	1.983	1.659	0.036	0.031	0.01	0.026	0.025	0.054	0.152	0.153	0.054	0.036	0.153	0.715	0.155	0.13	1.21	0.167
Al ₂ O ₃	1.439	1.211	1.379	1.272	10.999	10.8	11.001	1.141	1.115	1.283	1.174	1.058	1.179	1.897	1.909	1.061	1.122	1.989	2.01	1.99	1.807	1.75	1.91
FeO	24.387	24.779	24.52	25.026	14.065	14.21	14.367	24.737	23.798	24.887	24.796	24.14	23.475	9.762	9.59	25.191	24.696	11.821	11.313	9.74	10.037	13.266	10.072
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MnO	0.685	0.82	0.756	0.808	0.188	0.194	0.186	0.876	0.733	0.899	0.853	0.776	0.719	0.234	0.173	0.593	0.595	0.353	0.288	0.21	0.231	0.324	0.247
MgO	20.627	20.619	20.416	20.084	12.142	12.051	12.193	20.233	21.479	20.487	20.437	20.38	20.417	12.998	13.217	20.064	20.63	13.509	12.783	12.69	12.682	12.948	12.691
CaO	0.509	0.563	0.533	0.534	11.312	11.588	11.405	0.55	0.533	0.439	0.539	0.858	1.771	21.332	21.598	0.548	0.547	18.839	20.722	21.612	21.407	18.892	21.301
Na ₂ O	0.009	0.019	0.009	0.033	1.318	1.38	1.38	0.008	0.019	0	0.002	0.02	0.05	0.691	0.743	0.048	0.006	0.753	0.804	0.861	0.83	0.608	0.844
K ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	99.13	99.44	99.52	99.56	94.39	95.14	95.12	98.65	99.5	99.44	99.26	98.77	99.73	99.26	99.53	99.44	99.47	98.91	100.09	99.43	99.39	99.18	99.18
TSi	1.952	1.946	1.962	1.963	1.681	1.68	1.677	1.952	1.949	1.949	1.953	1.963	1.962	1.961	1.95	1.97	1.962	1.945	1.926	1.956	1.962	1.907	1.954
TAI	0.048	0.054	0.038	0.037	0.319	0.32	0.323	0.048	0.049	0.051	0.047	0.037	0.038	0.039	0.05	0.03	0.038	0.055	0.074	0.044	0.038	0.078	0.046
M1Al	0.016	0	0.024	0.02	0.191	0.177	0.184	0.004	0	0.007	0.006	0.011	0.014	0.045	0.034	0.018	0.012	0.033	0.014	0.044	0.042	0	0.039
M1Ti	0.001	0.001	0.002	0.001	0.05	0.058	0.049	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.002	0.004	0.004	0.002	0.001	0.004	0.02	0.004	0.004	0.035	0.005
M1Fe ₂	0	0	0	0	0.047	0.062	0.058	0	0	0	0	0	0	0.223	0.225	0	0	0.202	0.252	0.243	0.244	0.232	0.245
M1Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M1Mg	0.983	0.999	0.974	0.979	0.713	0.703	0.71	0.995	0.999	0.993	0.994	0.989	0.985	0.728	0.737	0.981	0.987	0.761	0.713	0.709	0.71	0.734	0.712
M2Mg	0.183	0.165	0.177	0.156	0	0	0	0.158	0.206	0.164	0.163	0.169	0.162	0	0	0.155	0.177	0	0	0	0	0	0
M2Fe ₂	0.774	0.785	0.776	0.794	0.416	0.403	0.412	0.791	0.749	0.789	0.787	0.769	0.74	0.084	0.075	0.8	0.782	0.171	0.102	0.063	0.071	0.19	0.072

Tabela 5.14: (CONTINUAÇÃO) Química mineral do piroxênio, no gnaiss enderbítico, para o cálculo da formula estrutural.

Sample	WM01	WM66																					
Analysis	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Location																							
Mineral	OPX	CPX	CPX	OPX	OPX	OPX	CPX	CPX	CPX	CPX	CPX												
M2Mn	0.022	0.026	0.024	0.026	0.006	0.006	0.006	0.028	0.023	0.029	0.027	0.025	0.023	0.007	0.005	0.019	0.019	0.011	0.009	0.007	0.007	0.01	0.008
M2Ca	0.021	0.023	0.022	0.022	0.477	0.486	0.477	0.023	0.021	0.018	0.022	0.035	0.071	0.859	0.865	0.022	0.022	0.762	0.831	0.868	0.861	0.769	0.859
M2Na	0.001	0.001	0.001	0.002	0.101	0.105	0.105	0.001	0.001	0	0	0.001	0.004	0.05	0.054	0.004	0	0.055	0.058	0.063	0.06	0.045	0.062
M2K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum_cat	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ca	1.043	1.143	1.095	1.098	28.759	29.262	28.705	1.129	1.075	0.894	1.1	1.763	3.609	45.174	45.364	1.128	1.116	39.963	43.565	45.947	45.479	39.757	45.306
Mg	58.829	58.262	58.358	57.439	42.952	42.342	42.7	57.804	60.285	58.079	58.028	58.262	57.892	38.298	38.626	57.446	58.583	39.872	37.392	37.538	37.488	37.913	37.558
Fe2_Mn	40.128	40.595	40.547	41.464	28.289	28.396	28.595	41.067	38.639	41.027	40.872	39.975	38.499	16.528	16.01	41.426	40.301	20.165	19.043	16.516	17.032	22.33	17.137
JD1	0.034	0	0.034	0.124	5.738	5.954	5.935	0.03	0	0	0.007	0.075	0.186	2.301	1.745	0.18	0.022	1.696	0.725	2.25	2.172	0	1.991
AE1	0	0.071	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0.289	1.009	0	0	1.129	2.257	0.968	0.932	2.275	1.168
CFTS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CTTS1	0.036	0.059	0.085	0.034	2.824	3.319	2.768	0.053	0.044	0.015	0.038	0.036	0.078	0.221	0.22	0.079	0.052	0.223	1.029	0.225	0.189	1.756	0.242
CATS1	0.777	0	1.191	0.91	5.14	4.121	4.482	0.148	0	0.338	0.275	0.464	0.524	0	0	0.72	0.573	0	0	0	0	0	0
WO1	0.241	1.099	0	0.167	19.248	20.187	19.852	0.944	1.043	0.555	0.803	1.284	3.043	43.956	44.022	0.338	0.502	38.842	41.44	44.401	44.051	37.307	43.815
EN1	59.469	58.997	58.964	58.13	40.641	39.976	40.315	58.62	60.956	58.932	58.833	58.962	58.461	37.453	37.67	57.901	59.137	38.976	36.452	36.459	36.466	37.251	36.523
FS1	39.442	39.774	39.727	40.635	26.409	26.443	26.648	40.205	37.887	40.16	40.044	39.179	37.708	15.78	15.333	40.782	39.714	19.133	18.097	15.698	16.19	21.411	16.261
Q	1.961	1.971	1.95	1.951	1.653	1.653	1.657	1.966	1.976	1.964	1.966	1.962	1.958	1.893	1.902	1.958	1.968	1.896	1.898	1.883	1.886	1.925	1.887
J	0.001	0.003	0.001	0.005	0.201	0.209	0.209	0.001	0.003	0	0	0.003	0.007	0.101	0.108	0.007	0.001	0.11	0.117	0.125	0.121	0.09	0.123
WO	1.043	1.143	1.095	1.098	28.759	29.262	28.705	1.129	1.075	0.894	1.1	1.763	3.609	45.174	45.364	1.128	1.116	39.963	43.565	45.947	45.479	39.757	45.306
EN	58.829	58.262	58.358	57.439	42.952	42.342	42.7	57.804	60.285	58.079	58.028	58.262	57.892	38.298	38.626	57.446	58.583	39.872	37.392	37.538	37.488	37.913	37.558
FS	40.128	40.595	40.547	41.464	28.289	28.396	28.595	41.067	38.639	41.027	40.872	39.975	38.499	16.528	16.01	41.426	40.301	20.165	19.043	16.516	17.032	22.33	17.137
WEF	99.933	99.861	99.933	99.755	89.183	88.8	88.832	99.941	99.861	100	99.985	99.851	99.633	94.97	94.653	99.644	99.956	94.534	94.235	93.786	94	95.574	93.899
JD	0.067	0	0.067	0.245	10.817	11.2	11.168	0.059	0	0	0.015	0.149	0.367	5.03	5.347	0.356	0.044	5.466	5.765	6.214	6	0	6.101
AE	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.045	0