

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

RENAN SIQUEIRA

PETROLOGIA E GEOQUÍMICA DE DOIS PLÚTONS ADJACENTES DE
TAMBORIL COM EPIDOTO MAGMÁTICO E CLINOPIROXÊNIO, TERRENO
CACHOEIRINHA–SALGUEIRO, ZONA TRANSVERSAL, NORDESTE DO
BRASIL

RECIFE

2017

RENAN SIQUEIRA

PETROLOGIA E GEOQUÍMICA DE DOIS PLÚTONS ADJACENTES DE
TAMBORIL COM EPIDOTO MAGMÁTICO E CLINOPIROXÊNIO, TERRENO
CACHOEIRINHA–SALGUEIRO, ZONA TRANSVERSAL, NORDESTE DO
BRASIL

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em
Geociências da Universidade Federal de Pernambuco,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do
grau de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geoquímica, Geofísica e
Evolução Crustal

Linha de pesquisa: Geoquímica e petrologia ígnea

Orientador: Profº Alcides Nóbrega Sial

Coorientadora: Profª Valderéz Pinto Ferreira

RECIFE

2017

Catálogo na fonte

Bibliotecária: Neide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

S618p

Siqueira, Renan.

Petrologia e geoquímica de plútons adjacentes de tamboril com epidoto magnético e clinopiroxênio, terreno Cachoeirinha-Salgueiro, Zona Transversal, Nordeste do Brasil / Renan Siqueira. – Recife, 2017. 156f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Alcides Nóbrega Sial.

Coorientadora: Profa. Dra. Valderez Pinto Ferreira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2017.

Inclui Referências e Apêndices.

1. Geociências. 2. Epidoto magnético. 3. Cálcio Alcalino. 4. Nordeste do Brasil. 5. Terreno Cachoeirinha-Salgueiro. I. Sial, Alcides Nóbrega (Orientador). Ferreira, Valderez Pinto (Coorientadora) II. Título.

RENAN SIQUEIRA

PETROLOGIA E GEOQUÍMICA DE DOIS PLÚTONS ADJACENTES DE
TAMBORIL COM EPIDOTO MAGMÁTICO E CLINOPIROXÊNIO, TERRENO
CACHOEIRINHA–SALGUEIRO, ZONA TRANSVERSAL, NORDESTE DO
BRASIL

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em
Geociências da Universidade Federal de Pernambuco,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do
grau de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geoquímica, Geofísica e
Evolução Crustal

Linha de pesquisa: Geoquímica e petrologia ígnea

Orientador: Profº Alcides Nóbrega Sial

Coorientadora: Profª Valderez Pinto Ferreira

Aprovado em 20 de outubro de 2017

Aprovado:

Prof. Dr. Alcides Nóbrega Sial (UFPE)

Prof. Dr. Adejardo da Silva Filho (UFPE)

Profª. Drª. Anelise Losangela Bertotti (UFPE)

Dedico à minha família que com tanto carinho e amor me incentivam a persistir no meu sonho, principalmente a meus pais Severino Marcílio de Souza Siqueira e Conceição de Melo Siqueira e Siqueira e meus irmãos Rodrigo Siqueira e Raísa Siqueira.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a Deus por todas as dificuldades postas no decorrer deste trabalho. Sei o quanto elas foram importantes para o meu aprendizado. As adversidades atravessadas nesta jornada ajudaram a me dedicar mais para a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, Marcílio Siqueira e Conceição Siqueira, por toda uma vida de investimentos na minha educação e ajudando-me a construir um caráter e personalidade fortes. Ao meu irmão Rodrigo e sua esposa Fernanda, pela amizade e companheirismo. A minha irmã Raisa e seu marido Fábio, pelo apoio incondicional. A minha companheira Cynthia, pelo amor e carinho que suavizaram os momentos finais dessa jornada.

Ao meu orientador, prof. Alcides Nóbrega Sial, a quem tenho imensa gratidão e respeito por me acompanhar por muito mais do que esta etapa. Seu apoio, paciência e ensinamentos mostram o quanto acredita no meu potencial. Serei eternamente grato pelos ensinamentos de geologia e investimento na minha formação como profissional. Seu amor pela ciência e dedicação ao trabalho tanto no laboratório quanto em campo é certamente uma inspiração.

À prof^a. Valdevez Pinto Ferreira, agradeço por proporcionar reuniões sistemáticas para discussões de artigos as sextas-feiras e pelas incontáveis análises químicas feitas tanto no NEG-LABISE quanto as realizadas em laboratórios pelo Brasil. Agradeço também por dedicar tempo e paciência indicando os melhores lugares e pelos incontáveis conselhos para o melhor andamento deste trabalho.

À equipe do NEG-LABISE, Gilsa Santana e Vilma Sobral pelas análises isotópicas realizadas, Emília Tomé e os estagiários Anderson e Ana Cláudia pelas análises de fluorescência de raios-X, Daysi Araújo por sempre estar disposta a ajudar e Nathália Davi por sua paciência e ajuda no final dessa etapa.

Ao Laboratório de Estudos Metalogenéticos Aplicados da UFPE, em nome dos professores Hartmut Beurlen e Marcelo Reis, por disponibilizar um microscópio e máquina fotográfica, os quais foram obtidas as fotomicrografias.

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento de parte dos gastos ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

Ao Laboratório de Microsonda Eletrônica da UnB, em nome do Prof. Nilson Francisquini Botelho e Jacqueline Menez, e outros técnicos naquele laboratório pelo excelente suporte técnico, durante a realização das análises por microsonda eletrônica.

A todos os professores do Departamento de Geologia (DGEO) que contribuíram de maneira direta ou indireta para a realização deste trabalho e, de forma direta, a minha formação acadêmica. A todos seus funcionários que se tornaram meus grandes amigos ao longo destes anos e especialmente a Sônia Agostinho por ter sido tão solícita.

Reservo um especial agradecimento a meu amigo Flávio Botelho, pelas incontáveis horas me ajudando a confeccionar diversos mapas desse trabalho. Sua ajuda desinteressada, certamente é prova de forte amizade que nunca será esquecida.

RESUMO

Granitos Ediacaranos calci-alcalinos, calci-alcalinos de alto potássio, shoshoníticos, peralcalinos e trondhjemiticos intrudiram o Terreno Cachoeirinha-Salgueiro (CST) no Domínio da Zona Transversal, Nordeste do Brasil. O plúton Olho d'Água é composto por clinopiroxênio-biotita tonalito a granodiorito médio, equigranular, contendo anfibólio e epidoto magmático; e o plúton Tamboril por biotita granodiorito médio a grosso, porfirítico, contendo anfibólio, epidoto magmático, clinopiroxênio em menor quantidade e megacristais de feldspatos potássicos. Os xenólitos ricos em anfibólios são considerados fragmentos que se destacaram de uma fonte profunda e podem representar restitos da fusão parcial de uma fonte anfibolítica. Elementos maiores apontam estes plútons como cálcio-alcalinos de alto-K, metaluminosos, com características de granitos magnesianos do tipo Cordilheirano. Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos indicam uma origem pós-colisional e em arco vulcânico. A norma CIPW aponta uma composição de monzogranito para o plúton Tamboril e granodiorito para o plúton Olho d'Água. As hornblendas do plúton Tamboril e de seus enclaves são classificadas em sua maioria como edenita e as hornblendas do plúton Olho d'Água são classificadas como ferro-edenita. Clinopiroxênios dos dois plútons são classificados como diopsídio ou salita. Análises de titanita apresentam Al intermediário, mas mostram correlação positiva entre Al e Fe, sugerindo alta pressão de cristalização. Os epidotos dos dois plútons apresentam porcentagem molar de pistacita distintos. Enquanto o plúton Tamboril se apresenta com Ps_{17-20} , o plúton Olho d'Água apresenta conteúdos de pistacita Ps_{18-26} , isso é compatível com as fugacidades de O_2 intermediárias dos plútons Tamboril e Olho d'Água ($fO_2=10^{-16}$ a 10^{-19}), entre os tampões FMQ e NNO, apesar da susceptibilidade magnética (MS) ser baixa ($< 0.30 \times 10^{-3}$ SI), o que indicaria uma baixa fugacidade de oxigênio. O barômetro Al^T -em-hornblenda indica pressões de solidificação entre 5,3-6,3 kbar para o plúton Tamboril, enquanto o plúton Olho d'Água os valores de pressão estão entre 4,4-5,5 kbar. O termômetro anfibólio-plagioclásio aponta temperaturas de cristalização entre 675–713 °C para o plúton Tamboril e entre 694–744 °C para o plúton Olho d'Água. As temperaturas estimadas para o liquidus utilizando o teor de zircônio ficam entre 807-829 °C para o plúton Tamboril e 788-819°C para o plúton Olho d'Água. Idades-modelo Nd do plúton Tamboril são juvenis com T_{DM} entre 1,0 e 1,2 Ga e ϵNd entre -0,37 e -2,33. O plúton Olho d'Água mostra idades-modelo Nd (T_{DM}) de 1,2 Ga e valores de ϵNd também negativos de -2,15 e -2,18. A razão inicial $^{87}Sr/^{86}Sr$ retrocalculada varia entre 0,708 e

0,711, sugerindo um magma com origem crustal, numa variação típica para granitos com epidoto magmático no terreno Cachoeirinha-Salgueiro. $\delta^{18}\text{O}$ do magma calculado a partir de do $\delta^{18}\text{O}$ de zircão varia de 9,3 a 11,9 ‰. Isso sugere que a maior parte de seus magmas hospedeiros derivaram de uma parcela significativa da crosta continental. Esses valores altos também podem ser resultado da interação a baixas temperaturas entre a fonte do magma com águas oceânicas, afetando também as razões isotópicas de estrôncio nesses plútons.

Palavras-chave: Epidoto magmático. Cálcio-alcálico. Nordeste do Brasil. Terreno Cachoeirinha-Salgueiro

ABSTRACT

Calc-alkalic, alkalic and high-K calc-alkaline granites intruded into the Cachoeirinha-Salgueiro Terrain (CST) in the Domain of the Transversal Zone, northeastern Brazil. The Olho d'Água pluton is composed by medium grained clinopyroxene-biotite tonalite to granodiorite, equigranular, containing amphibole and magmatic epidote; and the Tamboril pluton by medium to coarse-grained biotite granodiorite, porphyritic, containing amphibole, magmatic epidote, clinopyroxene in a lesser amount and K-feldspar megacrysts. Amphibole-rich clots are considered fragments that have broken off from a deep source and may represent rests of the partial fusion of an amphibole source. Larger elements point to these plutons as high-K calc-alkalic, metaluminous, with characteristics of magnesium granites of the Cordilheirano type. Discriminant diagrams of tectonic environments indicate a post-collision and volcanic arc origin. The CIPW norm point a monzogranite composition for the Tamboril pluton and granodiorite for the Olho d'Água pluton. The hornblende of the Tamboril pluton and its enclaves are mostly classified as edenite and the hornblende of the Olho d'Água pluton are classified as iron-edenite. Clinopyroxenes of these two plutons are classified as diopside or salite. Titanite analyses show Al intermediate, but show a positive correlation between Al and Fe, suggesting high crystallization pressure. Epidote of these two plutons have different molar percentage of pistacite. While the Tamboril pluton presents Ps_{17-20} , the Olho d'Água pluton presents Ps_{18-26} contents, this is compatible with the intermediate O_2 fugacities of the Tamboril and Olho d'Água plutons ($fO_2 = 10^{-16}$ to 10^{-19}) between the FMQ and NNO buffers, although the magnetic susceptibility (MS) was low ($<0.30 \times 10^{-3}$ SI), which would indicate a low oxygen fugacity. The Al^T -in-hornblende barometer indicates solidification pressures between 5.3-6.3 kbar for the Tamboril pluton, while the pressure values of Olho d'Água pluton are between 4.4-5.5 kbar. The amphibole-plagioclase thermometer indicates crystallization temperatures between 675-713 °C for the Tamboril pluton and 694-744 °C for the Olho d'Água pluton. The estimated temperatures for the liquidus using the zirconium content are between 807-829 °C for the Tamboril pluton and 788-819 °C for the Olho d'Água pluton. Nd model-age of pluton Tamboril are juveniles with T_{DM} between 1.0 and 1.2 Ga and ϵNd between -0.37 and -2.33. The Olho d'Água pluton shows Nd model-ages (T_{DM}) of 1.2 Ga and values of ϵNd also negative of -2.15 and -2.18. The backcalculated initial ratio $^{87}Sr/^{86}Sr$ varies between 0.708 and 0.711, suggesting a crustal origin magma, in a typical variation for granites

with magmatic epidote in the Cachoeirinha-Salgueiro terrain. $\delta^{18}\text{O}$ of the magma calculated from the zircon $\delta^{18}\text{O}$ ranges from 9.3 to 11.9 ‰. This suggests that most of their host magmas derived from a significant portion of the continental crust. These high values may also be the result of interaction at low temperatures between the magma source and ocean waters, also affecting the isotopic ratios of strontium in these plutons.

Keywords: Magmatic epidote. Calc-alkalic. Northeast Brazil. Cachoeirinha-Salgueiro terrain

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

Capítulo 1

Figura 1.5.1: A) e B) Localização geográfica da área de estudo, em destaque pelo quadrado vermelho; C) Vias de acesso à área de estudo.25

Figura 1.7.1.1: A) Diagrama de um espectrômetro de fluorescência de raios-X. B) Espectrômetro de fluorescência de raios X RIGAKU modelo ZSX PRIMUS II do laboratório NEG-LABISE.27

Figura 1.7.3.1: A) Linha de extração de oxigênio a laser de CO₂ do laboratório NEG-LABISE. B) Espectrômetro de massa modelo Thermofinnigan Delta V Advantage. ...30

Figura 1.7.4.1: A) Câmara de vácuo, usada para cobrir as lâminas com carbono. B) Microsonda Eletrônica (JEOL modelo JXA-8230).31

Capítulo 2

Figura 2.1.1: Uma porção do Gondwana ocidental a aproximadamente 500 Ma atrás, que mostra províncias geológicas e potenciais correlações entre Brasil e África ocidental central. Legenda: Br/Pa: domínios orogênicos Brasileiro/Pan-Africano; PaleoPr: crosta Paleoproterozóica. Principais domínios e regiões: AYD, domínio Adamawa-Yade; MK, terreno Mayo Kebi; NWCD, domínio noroeste de Camarões; OU, cinturão de dobramentos Oubanguide; PEAL, domínio Pernambuco–Alagoas; RGND, domínio Rio Grande do Norte; SD, domínio Sergipano; Transv. Dom., domínio Transversal; YD, domínio Yaunde. Falhas e zonas de cisalhamentos: AF, falha Adamawa; Pa, zona de cisalhamento Patos; PE, zona de cisalhamento Pernambuco; SF, falha Sanaga; TBF, falha Tchollire-Banyo; TBL, lineamento Transbrasileiro. Cidades: D, Douala; G, Garoua; K, Kaduna área de Nigéria; R, Recife; N, Natal; S, Salvador; Y, Yaounde.33

Figura 2.1.2: Província Borborema. Área de estudo na cor vermelha. Domínios e terrenos principais: CE = Domínio Ceará (OR = 1,8 Ga Faixa de dobramentos Orós); DZT = Domínio da Zona Transversal; MCD = Domínio Médio Coreá; PEAL = Domínio Pernambuco-Alagoas; RGND = Domínio Rio Grande do Norte (SFB = Faixa de dobramentos Seridó; SJC = Núcleo Arqueano São José do Campestre); RPD = Domínio Riacho do Pontal; SD = Domínio Sergipano (C = complexo Canindé; E = subdomínio

Estancia; M = Subdomínio Macururé; MPR = Subdomínio Maranco-Poço Redondo; VB = Subdomínio Vaza Barris); SFC = Cráton do São Francisco; SLC = Cráton São Luiz. Subdivisões da Zona Transversal: AMT = Terreno Alto Moxotó; APT = terreno Alto Pajeú; CV = cinturão orogênico Cariris Velhos; PABT = Terreno Piancó-Alto Brígida; RCT = Terreno Rio Capibaribe; SJCT = SJC = Terreno São José do Caiano; ZTTTN = Zona tectônica Teixeira-Terra Nova. Falhas e zonas de cisalhamento: PAsz = Zona de cisalhamento Patos; PESz = Zona de cisalhamento Pernambuco; SMAz = Zona de cisalhamento São Miguel do Aleixo. Cidades: Fo = Fortaleza; JP = João Pessoa; Na = Natal; Re = Recife; Sa = Salvador.35

Figura 2.2.1: Terrenos da Subprovincia Central e áreas adjacentes. Falhas e zonas de cisalhamento: AISZ = Falha Afogados da Ingazeira; BCsz = Zona de cisalhamento Boqueirão dos Cochos; CCSZ = Zona de cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste; SCF = Zona de cisalhamento Serra do Caboclo; SJN = Nappe Serra Jabitacá. Cidades e vilas (quadrados): A = Afogados da Ingazeira; C = Campine Grande; F = Floresta; J = João Pessoa; P = Patos; R = Recife; T = Teixeira; TN = Terra Nova. Círculos e plútons pretos representam plútons de Estágio 1 tendo ambas as idades modelos Sm-Nd 1.2 e 1.5 Ga e U-Pb>610 Ma; círculos e plútons preto pontilhados são Estágio 1 baseados somente em idades modelos Sm-Nd. Área de estudo em vermelho.36

Figura 2.3.1: Terrenos da Subprovincia Central: SJCT = Terreno São José do Caiano; CST = Terreno Cachoeirinha-Salgueiro (no texto, CST inclui o subterreno Riacho Gravata = RGT); APT = Terreno Alto Pajeú; AMT = Terreno Alto Moxotó. São mostrados plútons graníticos Ediacaranos representativos da associação magmática principal do CST e do APT. Os plútons foram numerados de acordo com a ordem que são mencionados no texto, da seguinte forma: 1 = Teixeira, 2 = Itaporanga, 3 = Bodocó, 4 = Serra da Lagoinha, 5 = Conceição das Creoulas, 6 = Caldeirão Encantado, 7 = Murici, 8 = Boqueirão, 9 = Ouricuri, 10 = Brejinho, 11 = Remédios, 12 = Campina Grande, 13 = Esperança, 14 = Conceição, 15 = Emas, 16 = Angico Torto, 17 = Minador, 18 = Verdejante, 19 = Boa Ventura, 20 = São José do Bonfim, 21 = Curral de Cima, 22 = Tabira, 23 = Riacho do Icó, 24 = Teixeira, 25 = Betânia, 26 = Palmeira, 27 = Catingueira, 28 = Campo Grande, 29 = Urtiga, 30 = Livramento, 31 = Duas Irmãs, 32 = Casé, 33 = Serrote do Paulo, 34 = Triunfo, 35 = Vassouras, 36 = Macacos, 37 = Boqueirão, 38 = Serrita, 39 = Quandu, 40 = Cavalos, 41 = Sitio dos Moreiras, 42 = Cana Brava, 43 = Batinga, 44 = Bernardo Vieira, 45 = Serra do Arapuá, 46 = Solidão, 47 = Salgueiro, 48 =

Serra Branca, 49 = Terra Nova, 50 = Serra do Man, 51 = Serra Grande, 52 = Pajeú, 53 = Lourenço, 54 = Mamanguape, 55 = Tamboril, 56 = Pedra Branca. Área de estudo em vermelho. Os limites dos terrenos foram modificados de Santos et al. (2010) e Van Schmus et al. (2011).40

Capítulo 3

Figura 3.1.1: Aspectos geológicos de campo dos plútons Tamboril e Olho d'Água. A) Cristais de plagioclásio na bolha de magma máfico, indicando mistura de magmas; B) Contatos crenulados entre uma bolha máfica e o plúton, sem haver mistura de magma; C) Contatos retos, assemelhando-se com pedaços da encaixante; D) Plagioclásios zonados com “*biotite rows*”, sugerindo um reaquecimento do magma hospedeiro por intrusão de magma máfico de temperatura mais elevada.44

Figura 3.1.2: Aspectos geológicos de campo dos plútons Tamboril e Olho d'Água. A) Estruturas em pente; B) Diques pegmatíticos múltiplos; C) Bolhas máficas com bordas de biotita e núcleo de anfibólito; D) Clot de anfibólio; E) Dique sin-plutônico máfico fragmentado; F) Filonitos indicando metamorfismo dinâmico dentro do batólito.45

Figura 3.1.3: Aspectos petrográficos do plúton Tamboril. A) Intercrescimento mirmequítico; B) “*Biotite rows*” sugerindo reaquecimento do magma hospedeiro; C) Textura synneusis entre dois plagioclásios, formada por flutuação conjunta, gerando sua geminação na orientação da fixação; D) Zonação oscilatória, provocada por água entrando no processo de cristalização ou por convecções dentro da câmara magmática; E) Megacristal de álcali feldspato com textura perítica com inclusão de plagioclásio; F) Cloritização da biotita ao longo das bordas e clivagens.47

Figura 3.1.4: Aspectos petrográficos do plúton Tamboril. A) Cristal idiomórfico de clinopiroxênio, sem inclusões e com clivagens a 90°; B) Clinopiroxênios hipidiomórficos com inclusões de biotita, feldspatos, anfibólio, clorita e quartzo; C) Clinopiroxênio com inclusões de biotita e clorita sofrendo uralitização; D) Inclusão de clinopiroxênio em de clinopiroxênio.48

Figura 3.1.5: Aspectos petrográficos do plúton Tamboril. A) Epidoto magmático idiomórfico, com núcleo de allanita e zonação oscilatória; B) Epidoto magmático hipidiomórfico, incluso em biotita; C) Epidotos alongados inclusos no núcleo de um megacristal de plagioclásio, evidenciando uma desestabilização do núcleo cálcico do

plagioclásio; D) Epidoto magmático no centro da foto, com núcleo de allanita e alteração do plagioclásio para epidoto no canto superior esquerdo desta foto.50

Figura 3.2.1: Diagrama de composição modal proposto por Streckeisen (1976) para classificação de rochas ígneas plutônicas, com trends de Lameyre & Bowden (1982): 1–toleítico; 2 - tonalítico ou trondjemítico cálcio-alcálico; 3 - granodiorítico cálcio-alcálico; 4 - monzonítico ou shoshonítico sub-alcálico; 5 - alcálico e peralcálico. Losango azul representa o plúton Olho d'Água, clinopiroxênio-biotita tonalito a granodiorito médio; círculos vermelhos representam o plúton Tamboril, biotita granodiorito médio a grosso.51

Capítulo 4

Figura 4.1.1: Diagramas de variação de elementos maiores tipo Harker para os plútons Tamboril (círculos vermelhos) e Olho d'Água (losangos azuis), com trends negativos. O gráfico TiO_2 vs SiO_2 mostra trends negativos, sugerindo uma fonte de composição andesítica ou basalto toleítica.53

Figura 4.1.2: Diagramas de variação de elementos maiores para os plútons Tamboril (círculos vermelhos) e Olho d'Água (losangos azuis) com trends positivos para o K_2O e Al_2O_3 e disperso para o Na_2O54

Figura 4.1.3: Diagramas de variação de elementos menores tipo Harker para os plútons Tamboril (círculos vermelhos) e Olho d'Água (losangos azuis), com trend positivo para Rb e sem um padrão definido para Sr, Ba, Nb, Y e Zr.55

Figura 4.2.1: Diagramas de classificação química baseados nos teores de alumínio. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.56

Figura 4.2.2: A) Diagrama $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ versus SiO_2 (TAS); B) Diagrama FeO^t/MgO versus SiO_2 para séries magmáticas; C) Diagrama AFM com seus campos. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.57

Figura 4.2.3: A) Diagrama $\text{FeO}^t/(\text{FeO}^t + \text{MgO})$ versus SiO_2 , com campos de granitoides ferrosos e magnesianos; B) Diagrama $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$ versus SiO_2 ; C) Diagrama K_2O

versus SiO_2 . Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.58

Figura 4.2.4: A e B) Diagramas discriminantes tectônicos; C) Diagrama de função multi-cationica com campos discriminantes tectônicos. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.59

Figura 4.3.1: Diagrama de classificação normativa Q'ANOR. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.60

Capítulo 5

Figura 5.1: Histograma de susceptibilidade magnética (SM) para plútons graníticos Ediacaranos no Terreno Cachoeirinha–Salgueiro e em vermelho o histograma de susceptibilidade magnética dos plútons Tamboril e Olho d'Água.61

Capítulo 6

Figura 6.1.1: Diagrama ternário An-Ab-Or para classificação de feldspatos. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.63

Figura 6.2.1: Diagramas químicos para classificação de anfibólios. A) Classificação de anfibólios comparados com resultados obtidos por Brasilino et al. (2011) (campo laranja claro); B) Relação entre Al^{IV} e Al^{T} nos anfibólios dos plútons Tamboril e Olho d'Água; C) Diagrama $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ vs Al^{IV} com os campos de fugacidade de oxigênio. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.64

Figura 6.3.1: Diagramas de classificação química para biotita. A) Diagrama Al^{IV} vs. $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$; B, C e D) Diagramas propostos por Abdel-Rahman (1994). Símb: A = alcalino; C = cálcio-alcalino; P = peraluminoso; E) Diagrama Al^{T} vs. Mg; F) Diagrama $10\times\text{TiO}_2$ vs $\text{FeO}+\text{MnO}$ vs MgO . Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.66

Figura 6.5.1: Correlação positiva entre Al e Fe^{2+} em titanitas do plúton Tamboril e Olho d'Água. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.68

Figura 6.6.1: Diagramas de variação composicional em função dos componentes moleculares Wo ($\text{Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_6$), En ($\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$) e Fs ($\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$). Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.69

Capítulo 7

Figura 7.2.1: Temperatura do solidus usando Al^T em hornblenda e plagioclásio. As regiões com cores laranja e amarelo claros são os dados obtidos em plútons analisados por Sial et al. (1999). Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.71

Figura 7.2.2: Diagrama $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})_{\text{hb}} \times 100$ vs $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})_{\text{cp}} \times 100$ usando os cálculos de termometria de Perchuck et al. (1985). A região em vermelho representa o plúton Tamboril, enquanto a região em azul o plúton Olho d'Água.72

Figura 7.3.1: Diagrama P-T para granitóides com epidoto magmático do terreno Cachoeirinha-Salgueiro. Curva do liquidus obtida com a equação de saturação de zircão e curva para o solidus (curva magmática para granitóides saturados em H_2O). As regiões com as cores laranja claro e amarelo claro são de plútons estudados por Sial et al. (1999), a região em azul claro é o campo determinado com os resultados obtidos para a temperatura e pressão de cristalização dos plútons Tamboril e Olho d'Água e a região em rosa são os resultados obtidos para a temperatura e pressão do liquidus destes plútons. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.73

Figura 7.4.1: Fugacidade de oxigênio do plúton Tamboril exibida através do diagrama $\log f\text{O}_2$ vs $10^3/T$ (°K). Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.74

Capítulo 8

Tabela 8.1.1: Dados isotópicos de Sm/Nd do plúton Tamboril. Idades modelo (T_{DM}) foram calculadas de acordo o modelo de DePaolo (1981). As amostras BELRS-02, 08 e

10, representadas pelas linhas vermelhas, são referentes ao plúton Tamboril; e as amostras BELRS-16 e 20, representadas pelas linhas azuis, são referentes ao plúton Olho d'Água.....75

Figura 8.1.1: Composição isotópica para o plúton Tamboril. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.75

Tabela 8.1.2: Dados isotópicos de Rb/Sr do plúton Tamboril. As amostras BELRS-02, 08 e 10, representadas pelas linhas vermelhas, são referentes ao plúton Tamboril; e as amostras BELRS-16 e 20, representadas pelas linhas azuis, são referentes ao plúton Olho d'Água.76

Figura 8.1.2: Dados isotópicos Nd e Sr. Campos de granitos do tipo-I e do tipo-S. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.76

Figura 8.1.3: Diagrama ϵ_{Nd} versus $T_{\text{DM}}(\text{Ga})$ para plútons Ediacaranos de diferentes associações magmáticas dentro dos terrenos Cachoeirinha-Salgueiro e Alto Pajeú. O campo azul claro representa os dados dos plútons Tamboril e Olho d'Água, que plotam no campo dos plútons cálcio-alcálicos com epidoto magmático com idade entre 650-620 Ma de Sial e Ferreira (2015) (região cinza claro). Na região cinza escuro estão plútons de diferentes associações magmáticas no terreno Cachoeirinha-Salgueiro e Alto Pajeú. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.77

Tabela 8.2.1: Dados de isótopos de oxigênio (‰ V-SMOW) dos plútons Tamboril e Olho d'Água e temperatura calculada de acordo com o modelo proposto por Matthews et al. (1983). As amostras em vermelho representam o plúton Tamboril e as amostras em azul representam o plúton Olho d'Água.81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Rochas graníticas com epidoto magmático	21
1.2	Granitos do tipo I e do tipo S	22
1.3	Isótopos estáveis aplicados às rochas ígneas	23
1.4	Apresentação e Objetivos	24
1.5	Localização e Vias de Acesso	25
1.6	Materiais e métodos	25
1.7	Métodos	27
1.7.1	Fluorescência de Raio-X	27
1.7.2	Rb-Sr e Sm-Nd	28
1.7.3	Isótopos de Oxigênio	29
1.7.4	Microsonda Eletrônica	30
2	GEOLOGIA REGIONAL	32
2.1	Província Borborema	32
2.2	Subprovíncia Central	35
2.3	Terreno Cachoeirinha–Salgueiro	37
2.4	Rochas graníticas com epidoto magmático presentes no Terreno Cachoeirinha–Salgueiro	41
3	GEOLOGIA DE CAMPO E PETROGRAFIA	43
3.1	Plútons Tamboril e Olho d’Água	43
3.2	Composição Modal	50
4	ANÁLISES QUÍMICAS DE ROCHA TOTAL	52
4.1	Geoquímica de elementos maiores e traços	52
4.2	Classificação química e ambiente tectônico	56
4.3	Norma CIPW	60
5	SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA	61
6	ANÁLISES QUÍMICAS DE MINERAIS	63
6.1	Feldspato	63
6.2	Anfibólio	63
6.3	Biotita	65
6.4	Epidoto	67
6.5	Titanita	67

6.6	Clinopiroxênio.....	68
7	CONDIÇÕES DE CRISTALIZAÇÃO	70
7.1	Barometria de alumínio total em hornblenda	70
7.2	Temperatura estimada do solidus por Hornblenda-Plagioclásio	70
7.3	Temperatura estimada do liquidus por zircônio (Zn)	72
7.4	Fugacidade de oxigênio	73
8	GEOQUÍMICA ISOTÓPICA	75
8.1	Isótopos de Sm-Nd e Rb-Sr	75
8.2	Isótopos de oxigênio	78
8.2.1	Zircão.....	78
8.2.2	Clinopiroxênio	78
8.2.3	Quartzo	79
8.2.4	Biotita	79
8.2.5	Temperatura de cristalização magmática dos plútons Tamboril e Olho d'Água por isótopos de quartzo e biotita.....	79
8.2.6	$\delta^{18}\text{O}$ do magma calculado através de quartzo, clinopiroxênio e zircão.....	79
9	DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	82
	REFERÊNCIAS	86
	TABELAS E APÊNDICES.....	101

1 INTRODUÇÃO

Os termos “granitos”, “granitoides” ou “rochas graníticas” são usados para vários tipos de rochas, mas em geral é usado para se referir a rochas plutônicas ricas (> 20%) em quartzo ou feldspato potássico. Portanto, além de monzogranitos e sienogranitos, são incluídos também, álcali-feldspato granitos e granodioritos (> 20% de quartzo e feldspato potássico), tonalitos e trondhjemitos (> 20% de quartzo), bem como quartzo sienitos e quartzo monzonitos (> 20% de feldspato potássico) (Neves, 2012).

Bowen (1928), introduziu o conceito de cristalização fracionada para explicar a geração de magmas graníticos a partir de magmas basálticos. Que pode ser evidenciado em lagos de lava no Hawaí, onde a diferenciação de magmas basálticos produz líquido de composição granítica, evidenciado pela ocorrência de riolitos. No entanto, é muito improvável que grandes corpos graníticos possam ser produzidos por cristalização fracionada, como mostrado por Dunbar et al. (1993). Outro processo que pode modificar consideravelmente a composição de magmas basálticos, desta vez proposto por DePaolo (1981), está relacionado à cristalização fracionada, mas não ao ponto de gerar magmas graníticos. Ferreira e Sial (1994) propuseram que desmistura pode gerar corpos sieníticos de dimensões batólicas em larga escala.

Deve-se partir do princípio de que todo magma resulta da fusão parcial de material rochoso preexistente no interior da Terra por um ou pela combinação de alguns processos: seja aumento da temperatura, diminuição da pressão e/ou influxo de flúidos, principalmente água, que abaixa drasticamente o ponto de fusão de um sistema rochoso Wernick (2004). Em regiões de subducção, a fusão de rochas sedimentares com rochas basálticas oceânicas tem a capacidade de produzir magmas andesíticos. Finalmente, uma grande variedade de tipos litológicos (rochas crustais ígneas, sedimentares e metamórficas) pode produzir magmas graníticos de composição diversificada.

1.1 Rochas graníticas com epidoto magmático

Embora saiba-se desde o século passado que epidoto ocorre como uma fase magmática em rochas graníticas (Keyes, 1893), isso foi provado após experimentos de Naney (1983), que demonstrou que epidoto poderia ser estável acima do solidus em granitos e granodioritos e que essa ocorrência se tornou questão de interesse petrológico (Zen e Hammarstrom, 1984). Até então foi aceito que a ocorrência de epidoto magmático

em rochas graníticas de pressões altas a intermediárias (6-8 kbar) era em parte função do magma e em parte da profundidade de intrusão. Outros fatores que controlam a ocorrência de epidoto magmático, entretanto, são ainda debatidos, tais como, taxa de ascensão magmática (Brasilino et al., 2011) e temperatura e pressão de cristalização. Plútons de composição química aparentemente similar, cristalizados a pressões análogas, podem ou não conter epidoto magmático (Sial et al., 1999), isso pode depender da origem magmática e da fugacidade de oxigênio. As combinações de experimentos recentes sobre a cinética de dissolução de epidoto (Brandon et al., 1996) e sobre a sua estabilidade em magmas graníticos (Schmidt e Thompson, 1996) sugerem que epidoto pode ser uma poderosa ferramenta para estimar condições como profundidade de cristalização, fugacidade de oxigênio e taxa de transporte do magma ascendente.

Brandon et al. (1996) reagiram o mineral epidoto com vidro granodiorítico natural à pressões acima e abaixo do limite de estabilidade do epidoto magmático. Eles observaram que a altas pressões (11,5 kbar, 780 °C) não existia evidência de reação entre epidoto e magma granítico, mas a pressões baixas (4,5 kbar, 750 °C) epidoto desenvolvia bordas irregulares durante a dissolução. Esses autores consideraram a dissolução do epidoto como um processo relativamente rápido e deste modo a presença de epidoto magmático em granitóides cálcio-alcálinos implica em um rápido transporte ascendente, provavelmente ocorrendo preferivelmente via dique do que por diapirismo.

Schmidt e Thompson (1996) estudaram a estabilidade do epidoto em magmas cálcio-alcálinos e demonstraram que em condições com saturação em água e a fugacidade de oxigênio no tampão NNO, epidoto tem um campo de estabilidade amplo em tonalitos, com pressão mínima de 5 kbar. Já experimentos onde a fugacidade de oxigênio é tamponada por HM, o campo de estabilidade do epidoto é expandido para 3 kbar.

1.2 Granitos do tipo I e do tipo S

Chappell e White (1974) propuseram uma classificação de granitos baseada em sua fonte. Se o granito tiver uma origem sedimentar é classificado como tipo-S, se de origem ígnea é classificado com tipo-I. Ishihara (1977) propôs uma classificação aproximadamente equivalente a anterior, agrupando em “magnetita granitos” os granitos de origem por fusão de rochas ortoderivadas (ígneas ou metaígneas) e “ilmenita granitos” os de origem por fusão de sedimentos ou metassedimentos. Ivanova e Butuzova (1968) já relatavam diferenças entre esses tipos, classificando os granitos de origem

sedimentar como “ilmenita-monazita granitos” e os granitos de origem ígnea como “titanita-allanita granitos”.

Portanto, a classificação de Chappell e White reflete diferentes fontes do magma. Os granitos de tipo-S geralmente são peraluminosos, portanto sua mineralogia envolve minerais como moscovita, granada, biotita com pleocroísmo amarronzado (baixo $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$), sillimanita, cordierita e ilmenita. Já os de tipo-I geralmente são metaluminosos e sua mineralogia envolve biotita, hornblenda, titanita, clinopiroxênio, allanita e magnetita.

Entre as principais diferenças químicas dos granitos do tipo-I e tipo-S está o espectro de variação bem mais amplo para SiO_2 , dos granitos tipo-I entre 55 – 76%, enquanto o tipo-S apresenta $\text{SiO}_2 > 65\%$, ou seja, sempre ácidos. Chappell e White (1974) estabeleceram valores de $\text{Na}_2\text{O} > 3,2\%$ para granitos tipo-I e $\text{Na}_2\text{O} < 3,2\%$ para o tipo-S, considerando as suas variedades félsicas. Os mais baixos teores de sódio (Na) no tipo-S reflete sua origem metassedimentar, devido à remoção de sódio durante os processos de intemperismo químico, concomitantemente em que ocorre aumento relativo de alumínio. A relação $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ é moderada a alta nos granitos tipo-I (formação de magnetita) e baixa nos granitos tipo-S (formação de ilmenita). As razões iniciais $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ são entre 0,704-0,706 para o tipo-I e entre 0,708-0,720 para o tipo-S, para o cinturão Lachlan, Austrália.

1.3 Isótopos estáveis aplicados às rochas ígneas

Magmas sofrem inúmeros processos físico-químicos que mudam sua composição isotópica no decorrer de sua ascensão através da superfície da Terra. Isso inclui: assimilação de material crustal, segregação físico-química por cristalização fracionada, perda de gases e alteração hidrotermal.

Experimentos mostram que a composição isotópica $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ de rochas inalteradas de origem profunda, sejam basaltos oceânicos ou rochas ultrabásicas, é extraordinariamente constante ($\delta^{18}\text{O} = + 5,5\text{‰}$). Este valor é análogo ao valor médio de meteoritos, que também é o valor referente para o Manto. De acordo com Claude Allegre (2008), rochas ígneas podem ser divididas em dois tipos de acordo com sua composição isotópica de oxigênio: (1) rochas ígneas com $\delta^{18}\text{O} > 5,5 \text{‰}$ e (2) rochas ígneas com $\delta^{18}\text{O} < 5,5 \text{‰}$, onde o tipo (1) deve ser afetado por contaminação de rochas crustais e o tipo (2) é afetado por troca pós-solidus com fluidos hidrotermais (onde valores de $\delta^{18}\text{O}$ de origem

profunda podem ser alterados hidrotermalmente para valores negativos de até -7‰). Allegre ainda concluiu que rochas vulcânicas têm valores de $\delta^{18}\text{O}$ que são geralmente entre $1 - 2\text{‰}$ mais baixos do que rochas intrusivas quimicamente equivalentes, existindo, portanto, um aumento geral em $\delta^{18}\text{O}$ com o aumento de sílica ($\text{SiO}_2\text{‰}$) em rocha total. Este aumento, devido em parte simplesmente a abundância modal mais alta de quartzo é quase certamente relacionado à incorporação de material crustal em algum ponto (Grunder, 1987).

Taylor (1978) classificou granitos em normal, de baixo $\delta^{18}\text{O}$ e de alto $\delta^{18}\text{O}$ como grupos:

- (1) O grupo normal, ou de rochas ígneas inalteradas, possuem duas características principais: (a) valores de $\delta^{18}\text{O}$ de rocha total entre $6-10\text{‰}$; e (b) valores de $\delta^{18}\text{O}$ de minerais coexistentes seguem uma ordem esperada de enriquecimentos de ^{18}O : magnetita – biotita – hornblenda – moscovita – plagioclásio – feldspato potássico – quartzo. Este grupo representa a grande maioria de todos os granitos, granodioritos e quartzo monzonitos.
- (2) O grupo de baixo $\delta^{18}\text{O}$ pode ocorrer de duas formas: alteração hidrotermal pós-intrusão ou o magma inicialmente tinha baixo $\delta^{18}\text{O}$.
- (3) Existem três maneiras de uma rocha ígnea alcançar altos valores de $\delta^{18}\text{O}$: (a) através de herança do magma original (ex: anatexia de material com $\delta^{18}\text{O}$ alto original – fusão com metassedimentos); (b) troca hidrotermal a alta temperatura com rochas regionais com $\delta^{18}\text{O}$ alto e; (c) via troca com fluido meteórico a baixa temperatura.

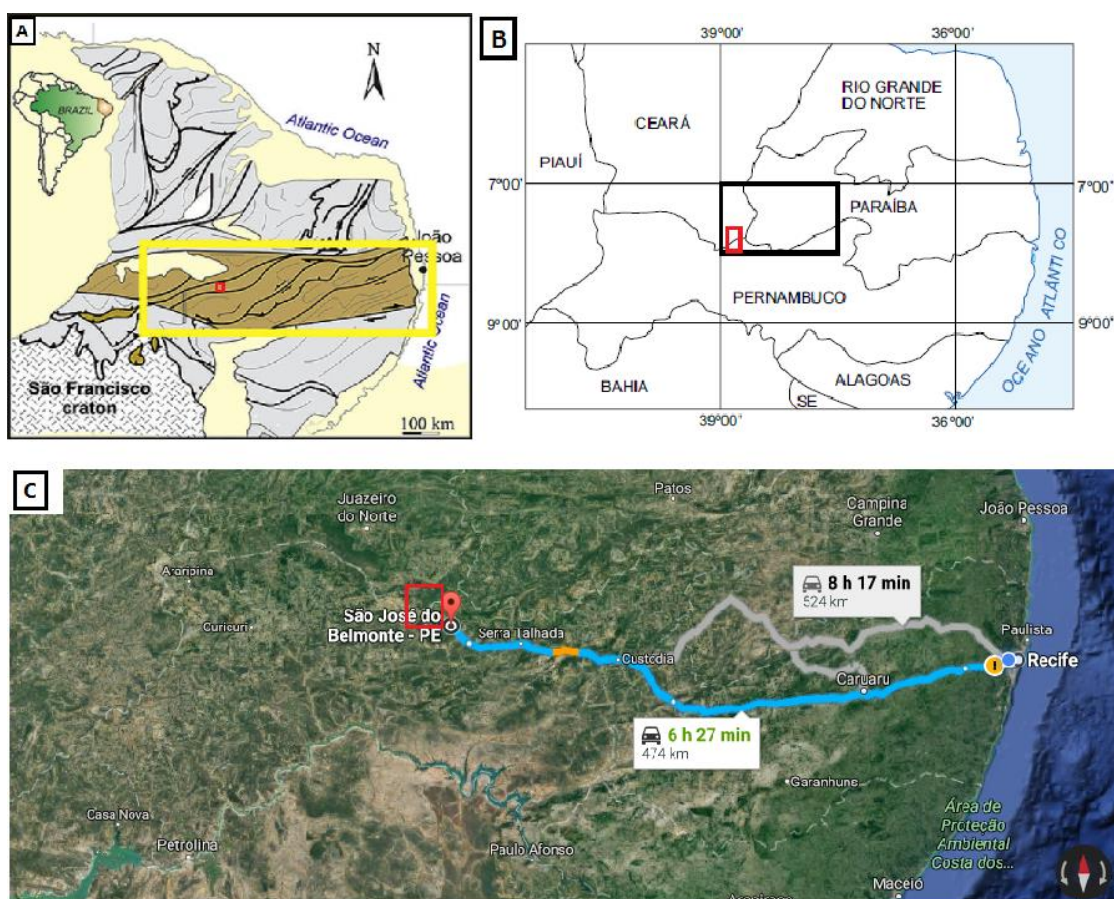
1.4 Apresentação e Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo estudar o plúton Tamboril e principalmente entender o significado da coexistência entre epidoto magmático e clinopiroxênio, observados também nos plútons Pedra Branca e Coronel João Sá. Além disso, investigar a existência de auréolas de contato formadas durante a intrusão deste plúton assegurando-lhe um posicionamento profundo. Verificar se há enclaves máficos e tentar determinar a suas origens. Estabelecer hipóteses de evolução magmática e de origem do plúton.

1.5 Localização e Vias de Acesso

A pesquisa abrangeu uma área de 330 km², no limite de Pernambuco e Ceará, no centro da região Nordeste do Brasil (figura 1.5.1). Esta área fica a noroeste da cidade de São José do Belmonte-PE e a sudoeste da cidade de Jati-CE. O acesso a ela, a partir de Recife, pode ser realizado utilizando-se a rodovia BR-232, num percurso de 453 km de Recife até Bom Nome, 22 km pela BR-361 (Bom Nome - São José do Belmonte) em seguida 15 km até a área de estudo. Cortando a malha de estradas estaduais existem as estradas vicinais, geralmente em bom estado de conservação, principalmente durante o período de estiagem.

Figura 1.5.1: A) e B) Localização geográfica da área de estudo, em destaque pelo quadrado vermelho; C) Vias de acesso à área de estudo.



Fonte: Próprio autor.

1.6 Materiais e métodos

A metodologia adotada neste trabalho aborda de um modo geral as seguintes atividades:

- i. Pesquisa bibliográfica sobre a geologia da área de estudo. Onde foram feitos levantamentos de artigos científicos, mapas geológicos e análises químicas de plútons intrudidos no cinturão Cachoeirinha-Salgueiro, para serem comparadas com o plúton Tamboril.
- ii. Foram realizadas duas excursões de campo para coleta de amostras deste plúton, identificamos contatos e possíveis estruturas ígneas. No trabalho de campo, os principais equipamentos utilizados foram lupa de bolso, GPS, bússola além de martelo e marreta.
- iii. Após as etapas de campo, foram confeccionadas lâminas petrográficas para observação das fases minerais, relações texturais e, posteriormente análise modal das seções delgadas, para permitir a classificação segundo Streckeisen (1976). A confecção das seções delgadas e polidas foi realizada nos laboratórios de laminação da UFPE e da Universidade de São Paulo (USP).
- iv. A partir das feições mineralógicas e texturais observadas ao microscópio, foi realizada uma seleção de dezessete lâminas para análise por microsonda eletrônica no Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB).
- v. Cada amostra foi pulverizada e analisada quimicamente para elementos maiores e traços no laboratório de fluorescências de raios-X do NEG-LABISE. A cominuição inclui britagem, pulverização e quarteamento de amostras, visando à determinação de suas composições, séries magmáticas, ambiente tectônicos, e possíveis processos de diferenciação (cristalização fracionada, fusão parcial, entre outros) predominantes durante a evolução magmática.
- vi. Separação de zircão para datação pelo método U-Pb (SHRIMP na USP). Para separação dos grãos de zircão, a amostra passou por vários procedimentos: britagem, peneiramento a úmido, secagem em estufa, bateamento para concentração de minerais densos, separação das frações magnética usando o separador magnético de Frantz, separação de minerais pesados por bromofórmio e por fim os ácidos fluorídrico, sulfúrico e nítrico.
- vii. Determinação de dados isotópicos Rb-Sr e Sm-Nd em rocha total no Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP.
- viii. Análises de isótopos de oxigênio, em quartzo, clinopiroxênio, biotita e principalmente zircão, no NEG-LABISE.

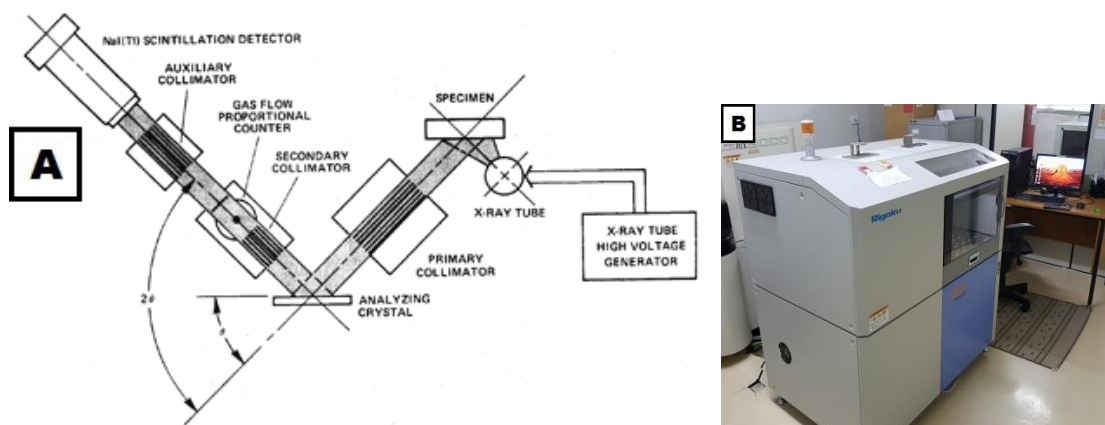
- ix. Cálculos e correlações geoquímicas utilizando planilhas dos softwares Microsoft® Office Excel 2010 e Grapher®, diagramas de classificação química, e de discriminação de ambientes tectônicos; diagramas de correlação multi-elementares (elementos maiores e traços).
- x. Integração e interpretação de dados obtidos, fazendo em conjunto comparações com dados da literatura de plútons do Terreno Cachoeirinha-Salgueiro e proposição de hipóteses de evolução magmática.

1.7 Métodos

1.7.1 Fluorescência de Raio-X

As análises químicas foram realizadas num espectrômetro de fluorescência de raios X (EFRX) RIGAKU modelo ZSX PRIMUS II, equipado com tubo de Rh e com sete cristais analisadores, no Laboratório de Fluorescência de Raios X do NEG-LABISE. Um EFRX contém uma fonte de excitação, um tubo de raios X, um porta-amostra, e os sistemas de dispersão, detecção e processamento de dados (figura 1.7.1.1).

Figura 1.7.1.1: A) Diagrama de um espectrômetro de fluorescência de raios-X. B) Espectrômetro de fluorescência de raios X RIGAKU modelo ZSX PRIMUS II do laboratório NEG-LABISE.



Fonte: Próprio autor.

No tubo de raios-X são gerados os raios-x primários. Em uma de suas extremidades fica o cátodo e na outra, o ânodo. O cátodo, por exemplo, pode ser um filamento de tungstênio e o ânodo geralmente uma placa de ródio (Rh). Entre esses dois há vácuo. Quando o cátodo é aquecido pelo fornecimento de energia, libera elétrons e estes são acelerados em direção ao ânodo devido à diferença de potencial. Ao interagir com o ânodo, esse feixe de elétrons liberado pelo cátodo, produz três tipos de efeitos. O

primeiro é a desaceleração que acaba por produzir um contínuo de raios-X. O segundo, é a liberação dos raios-X característicos do ânodo que saem pela janela de berílio. O último efeito é a liberação de calor. Por isso, faz-se necessário a circulação de água fria, evitando assim causar danos ao tubo.

Preparação das amostras (EFRX)

Ao coletar uma amostra, deve-se fazer sua cominuição. Para tanto, lança-se mão de britagem e moagem até obter-se o pó (~200 mesh) dessa amostra. A partir de então, quarteia-se a amostra para reduzir sua massa. De posse desse pó, uma porção de cada amostra é colocada em estufa para secar a 110°C durante uma hora, para remover a água de adsorção, então é levada à pesagem um grama da amostra com mais cinco gramas de tetraborato de lítio ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) como fundente. Logo após é feita a homogeneização para ser levada ao dessecador em vácuo para retirar a umidade. Após essa etapa, a amostra vai para a mufla a uma temperatura de 1000 °C por duas horas e depois para a máquina de fundir, onde esta é colocada na forma de platina, junto com uma gota de iodeto de lítio para não grudar e formar as pérolas para análise no espectrômetro de fluorescência de raios X.

1.7.2 Rb-Sr e Sm-Nd

As análises isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ foram realizadas no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo (USP), usando um espectrômetro de massa de termoionização (TIMS) - Triton. Concentrações de Rb e Sr foram determinadas numa unidade de fluorescência de raios-x automática, RIGAKU modelo ZSX PRIMUS II.

A equação para o cálculo da idade por $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ é semelhante à utilizada para o método Rb-Sr. Para isso, utiliza-se o ^{144}Nd como referência, já que ele permanece inalterado/estável na rocha enquanto o sistema estiver fechado para Nd:

$$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i + (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Sm})(e^{\lambda t} - 1).$$

As razões isotópicas $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foram normalizadas para o valor de $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$ (De Paolo, 1981). A idade modelo T_{DM} é calculada segundo a equação:

$$T_{\text{DM}} = 1/\lambda^{147}\text{Sm} \times \ln \{ [(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{am}} - (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}}] / [(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{am}} - (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}} + 1] \}.$$

O parâmetro $\epsilon\text{Nd}(0)$ corresponde ao valor atual ($t = 0$) e é calculado segundo a equação: $= \{[(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{am}}/0,512638] - 1\} \cdot 10^4$, onde $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR}} = 0,512638$.

Preparação das amostras

A preparação das amostras para análises de Rb-Sr e Sm-Nd foi realizada no laboratório NEG-LABISE. Primeiramente, as amostras foram limpas para remover as partes intemperizadas, depois vão para o britador e logo após para o moinho de disco onde sua fração deve ser reduzida a aproximadamente 200 *mesh* para ser feito o pó das amostras.

1.7.3 Isótopos de Oxigênio

As análises de razões isotópicas de oxigênio foram realizadas com um espectrômetro de massa do laboratório NEG-LABISE, para a extração de oxigênio (figura 1.7.3.1). As razões isotópicas foram determinadas no espectrômetro de massa Thermofinnigan Delta V Advantage. Sua precisão é maior do que $\pm 0,1\%$. O oxigênio foi liberado em uma linha de extração a laser por reação com BrF_5 , reagido com um bastão de grafita a 750°C e convertido em CO_2 para análise no espectrômetro de massa seguindo os procedimentos de Valley et al. (1995). O resultado do espectrômetro de massa Thermofinnigan Delta V Advantage é convertido usando planilhas do Excel.

Figura 1.7.3.1: A) Linha de extração de oxigênio a laser de CO_2 do laboratório NEG-LABISE. B) Espectrômetro de massa modelo Thermofinnigan Delta V Advantage.



Fonte: Próprio autor.

Preparação das amostras

Toda a preparação das amostras para análises de isótopos de oxigênio foi realizada no laboratório NEG-LABISE. As amostras foram limpas para remover as partes intemperizadas, após o que foram colocadas no britador e subsequentemente para um moinho de disco onde foram reduzidas a frações entre 250 *mesh* e 500 *mesh*. Após esta etapa as amostras foram lavadas para remover o pó aglutinado nos grãos e colocadas na estufa a 110 °C por 24 horas. Após esta etapa foram para a separação magnética num separador magnético isodinâmico de Frantz, onde é possível fazer uma separação preliminar de grãos paramagnéticos dos diamagnéticos com amperagem de 1,2 Å. Dos grãos diamagnéticos é separado o quartzo e entre os grãos paramagnéticos a biotita e clinopiroxênio, em uma lupa. As amostras de quartzo a serem analisadas por isótopos de oxigênio deve ter em torno de 1,5 mg, piroxênio entre 1,5 e 2 mg, biotita 2 mg e zircão 3 mg de peso.

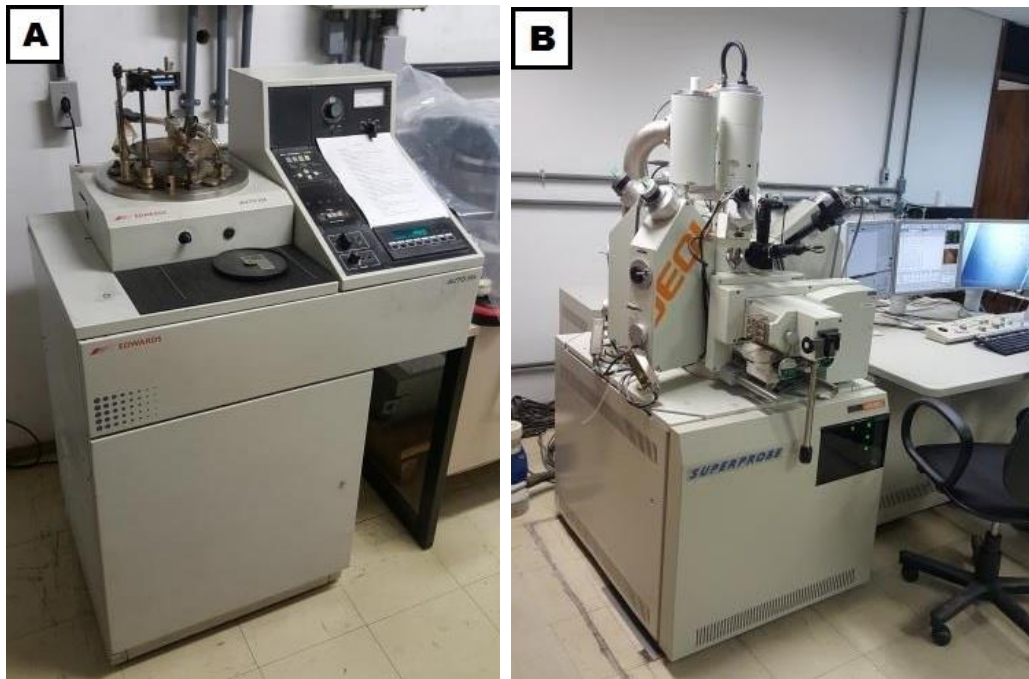
1.7.4 Microsonda Eletrônica

As análises químicas dos minerais foram realizadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade de Brasília. As lâminas delgadas foram cobertas por uma fina camada de carbono (metalizadas) em câmara de vácuo (figura 1.7.4.1 A) e analisadas com auxílio da microsonda eletrônica (JEOL modelo JXA-8230, com cinco espectrômetros WDS e um EDS) (figura 1.7.4.1 B). Para análises de elementos maiores nos diversos minerais, as condições analíticas usou-se voltagem de aceleração de 15 kV, corrente de 10 nA, e um diâmetro do feixe eletrônico.

Preparação das amostras

As lâminas petrográficas foram preparadas no laboratório de laminação da USP, em São Paulo. A espessura da amostra de rocha na lâmina é de cerca de 30 µm, e as lâminas foram polidas para possibilitar a análise na microsonda.

Figura 1.7.4.1: A) Câmara de vácuo, usada para cobrir as lâminas com carbono. B) Microsonda Eletrônica (JEOL modelo JXA-8230).



Fonte: Próprio autor.

2 GEOLOGIA REGIONAL

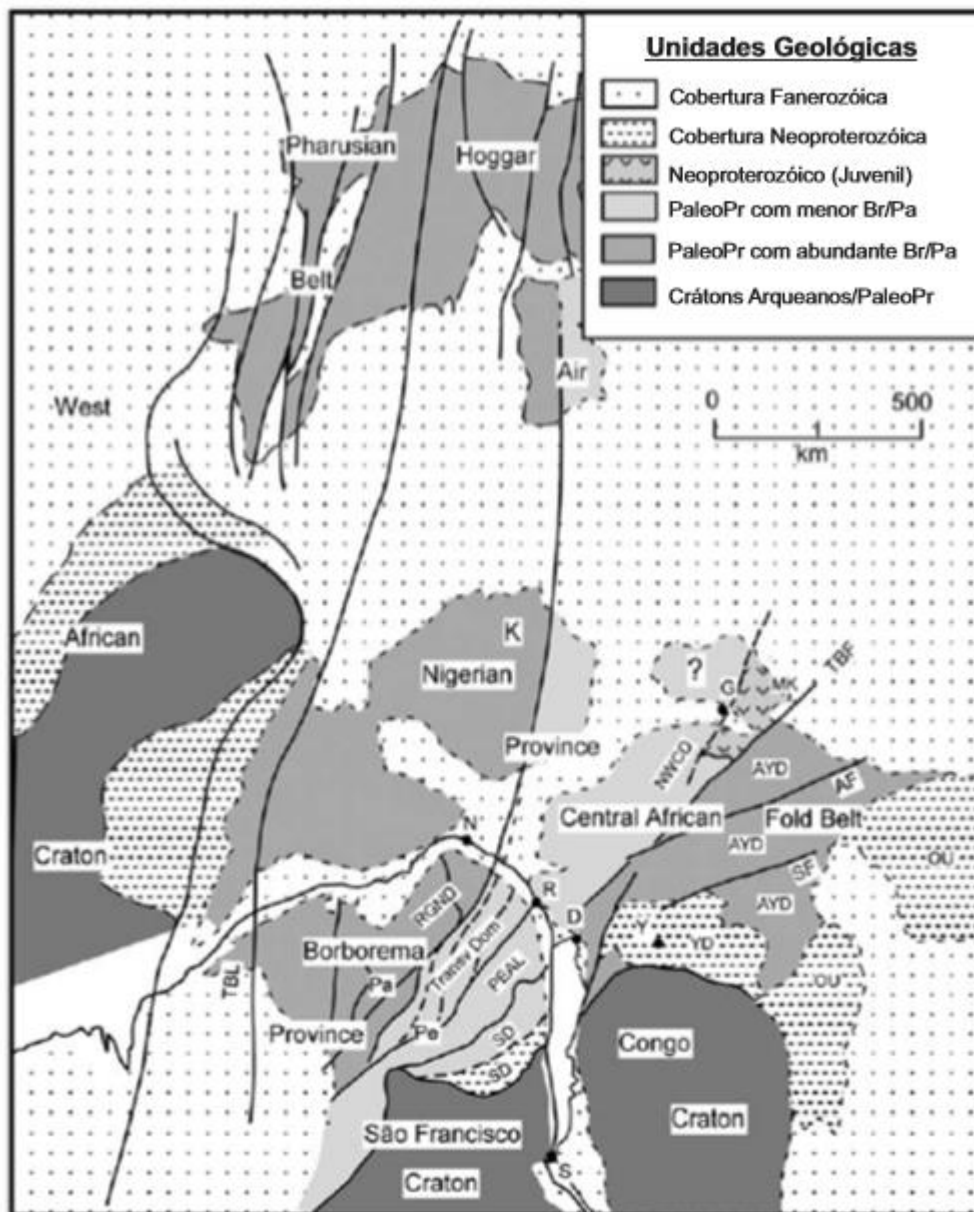
2.1 Província Borborema

De acordo com Almeida et al. (1981), a província Borborema, no Nordeste do Brasil, abrange uma área de cerca de 380.000 km² e é limitada pelo cráton do São Francisco ao sul, bacia do Parnaíba a oeste, bem como por bacias costeiras, como as bacias do Ceará e Potiguar ao norte e bacias Pernambuco, Paraíba e Sergipe-Alagoas a leste (Barbosa e Lima Filho, 2006).

Há muito tempo se reconhece uma possível correlação geológica entre o nordeste do Brasil e a África oeste-central (Caby 1989, Trompette 1997, Neves 2003). Acredita-se que as relações globais são consistentes com um modelo no qual a ruptura tardia no Mesoproterozóico com o início no Neoproterozóico de um supercontinente Paleoproterozóico (por exemplo, Atlântica, Rogers, 1996) criou uma região entre os cratons Congo-São Francisco e África Ocidental-Amazônica, consistindo em bacias extensionais cobertas por crosta Paleoproterozóica, bacias locais se aproximando de pequenos oceanos e um oceano maior entre a borda norte da crosta extensional e o cráton da África Ocidental-Amazônica (Kroner & Cordani, 2003). Durante a Era Neoproterozoica, os cratons principais convergiram, formando terrenos oceânicos juvenis e principais cinturões colisionais. A fase convergente culminou com a montagem final de Gondwana Ocidental, seguida por ajustes tectônicos pós-colisionais, principalmente magmatismo pós-tectônico e falhas transcorrentes (Van Schmus et al., 2008). A província Borborema, portanto, é resultado da convergência e colisão entre os cratons do Oeste da África, Congo-São Francisco e Amazônia, cerca de 600 Ma atrás (Figura 2.1.1) (Jardim de Sá, 1984; Brito Neves & Cordani, 1991; Brito Neves et al., 2002; Neves, 2003). Uma interpretação diferente é defendida por outros autores, que consideram a Província Borborema como parte de um orógeno maior formado em ambiente predominantemente intracontinental (Neves & Vauchez 1995; Mariano et al., 2001; Neves, 2003, 2011; Neves et al., 2004, 2006, 2008, 2009, 2012).

Figura 2.1.1: Uma porção do Gondwana ocidental a aproximadamente 500 Ma atrás, que mostra províncias geológicas e potenciais correlações entre Brasil e África ocidental central. Legenda: Br/Pa: domínios orogênicos Brasileiro/Pan-Africano; PaleoPr: crosta Paleoproterozóica. Principais domínios e regiões: AYD, domínio Adamawa-Yade; MK, terreno Mayo Kebi; NWCD, domínio noroeste de Camarões; OU, cinturão de dobramentos Oubanguide; PEAL, domínio Pernambuco-Alagoas; RGND, domínio Rio Grande do Norte; SD, domínio Sergipano; Transv. Dom., domínio Transversal; YD, domínio

Yaunde. Falhas e zonas de cisalhamentos: AF, falha Adamawa; Pa, zona de cisalhamento Patos; PE, zona de cisalhamento Pernambuco; SF, falha Sanaga; TBF, falha Tchollire-Banyo; TBL, lineamento Transbrasiliano. Cidades: D, Douala; G, Garoua; K, Kaduna área de Nigeria; R, Recife; N, Natal; S, Salvador; Y, Yaounde.



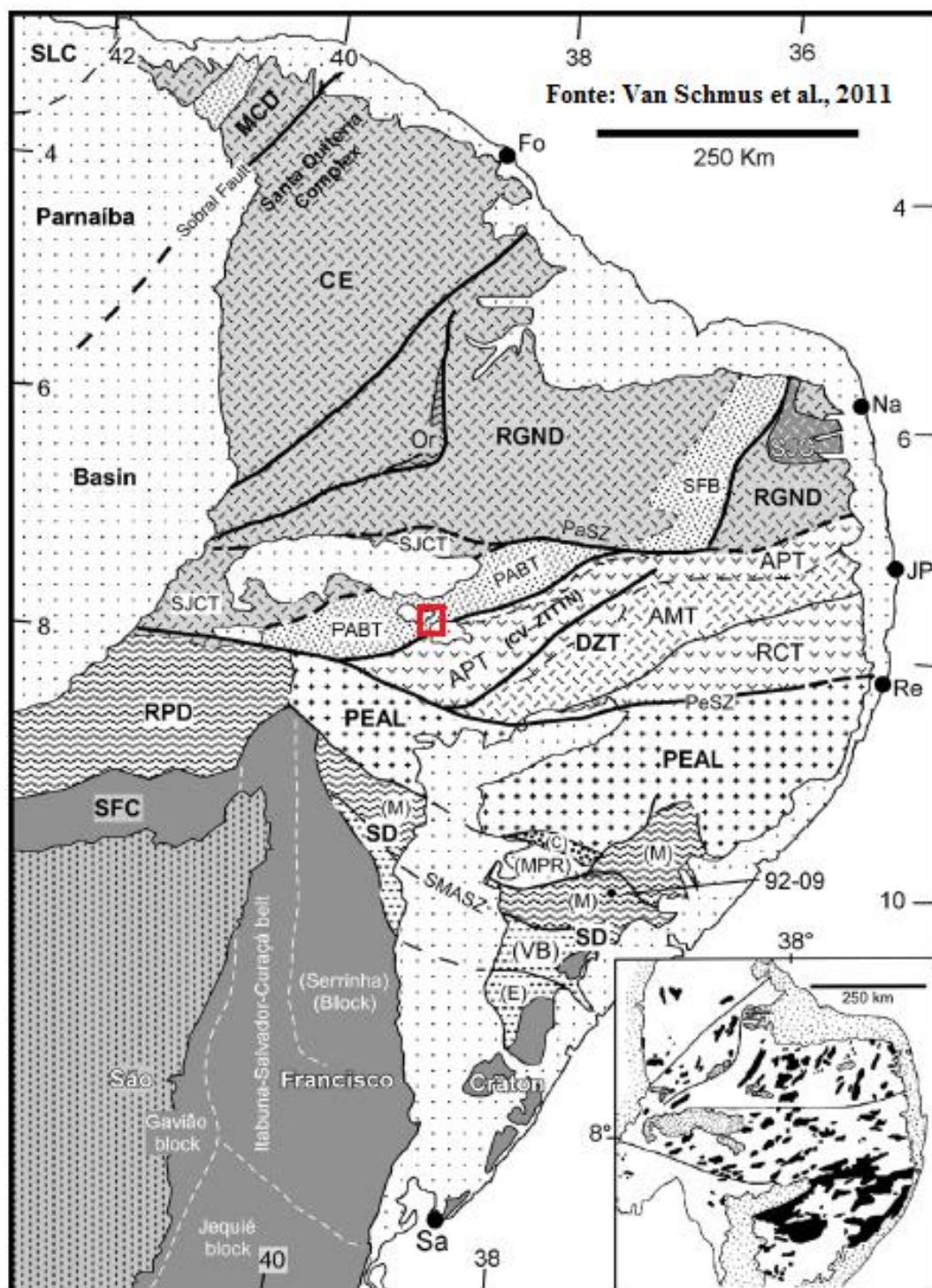
Fonte: Van Schmus et al. (2008).

A província Borborema, no seu conjunto, é delimitada a oeste por terrenos do Brasileiro que se estendem para o norte a partir do centro do Brasil (Pimentel e Fuck, 1992; Pimentel et al., 1997, 2000); estes são sobretudo cobertos por coberturas sedimentares Fanerozóicas e que continuam para o norte da África (Brito Neves et al., 2002; Arthaud et al., 2008; Santos et al., 2008). Segundo Brito Neves et al. (2000), Van

Schmus et al. (2011) e Neves (2015), a província Borborema é dividida em três subprovíncias principais: Norte, Central e Sul, que são compostas por sete domínios principais. São eles de sul para norte: (1) Domínio Sergipano, (2) Domínio Pernambuco Alagoas, (3) Domínio Riacho do Pontal, (4) Domínio da Zona Transversal, (5) Domínio Rio Grande do Norte, (6) Domínio Ceará e (7) Domínio Médio Coreau. A Subprovíncia Norte situa-se ao norte do sistema de zonas de cisalhamento Patos e compreende de leste a oeste, os domínios do Rio Grande do Norte, Ceará Central e Noroeste Ceará (ou Médio Coreau). O sistema da zona de cisalhamento Pernambuco separa as subprovíncias Central, ou domínio da Zona Transversal e Sul. Este último compreende o domínio Pernambuco-Alagoas, na parte norte, e os cinturões Sergipano e Riacho do Pontal, ao norte do Cráton do São Francisco (Figura 2.1.2).

A subprovíncia Norte, que ocorre nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, ao norte da zona de cisalhamento Patos, é composta de um embasamento essencialmente contínuo Paleoproterozóico (incluindo núcleos Arqueanos) com rochas supracrustal Neoproterozóico sobrepostas e rochas plutônicas do Brasileiro. A subprovíncia central situa-se nos estados da Paraíba e Pernambuco, entre as zonas de cisalhamento de Patos e Pernambuco, é caracterizada principalmente por falhas com tendências transcorrentes NE-SW a E-W, levando Ebert (1962, 1970) a referir-se à "Zona Transversal Paraíba" Norte e "Zona Transversal de Pernambuco" Sul. A subprovíncia sul, entre a zona de cisalhamento Pernambuco e o cráton do São Francisco, é composta por ortognaisses e rochas metassedimentares de alto grau, frequentemente migmatizadas, e por grandes batólitos graníticos (Brito Neves et al., 2000; Silva Filho et al., 2002, 2010, 2013).

Figura 2.1.2: Província Borborema. Área de estudo na cor vermelha. Domínios e terrenos principais: CE = Domínio Ceará (OR = 1,8 Ga Faixa de dobramentos Orós); DZT = Domínio da Zona Transversal; MCD = Domínio Médio Coreau; PEAL = Domínio Pernambuco-Alagoas; RGND = Domínio Rio Grande do Norte (SFB = Faixa de dobramentos Seridó; SJC = Núcleo Arqueano São José do Campestre); RPD = Domínio Riacho do Pontal; SD = Domínio Sergipano (C = Complexo Canindé; E = Subdomínio Estancia; M = Subdomínio Macururé; MPR = Subdomínio Maranco-Poço Redondo; VB = Subdomínio Vaza Barris); SFC = Cráton do São Francisco; SLC = Cráton São Luiz. Subdivisões da Zona Transversal: AMT = Terreno Alto Moxotó; APT = terreno Alto Pajeú; CV = cinturão orogênico Cariris Velhos; PABT = Terreno Piancó-Alto Brígida; RCT = Terreno Rio Capibaribe; SJCT = SJC = Terreno São José do Caiano; ZTTN = Zona tectônica Teixeira-Terra Nova. Falhas e zonas de cisalhamento: PAsz = Zona de cisalhamento Patos; PEsZ = Zona de cisalhamento Pernambuco; SMAz = Zona de cisalhamento São Miguel do Aleixo. Cidades: Fo = Fortaleza; JP = João Pessoa; Na = Natal; Re = Recife; Sa = Salvador.



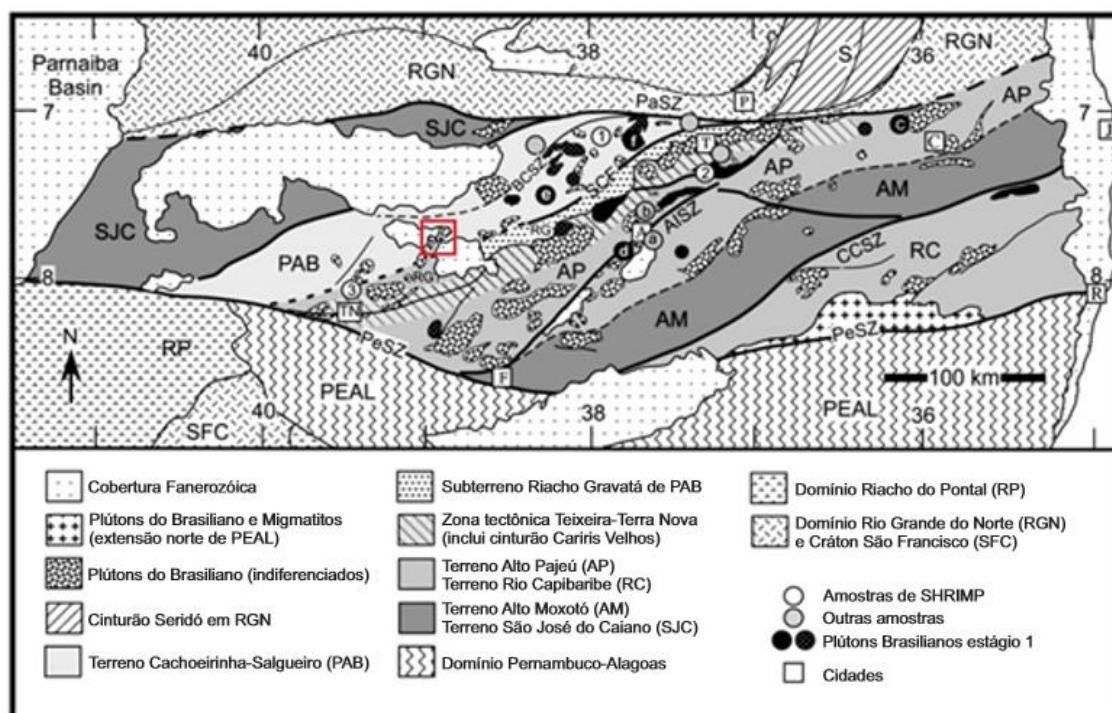
Fonte: Van Schmus et al. (2011).

2.2 Subprovíncia Central

A Subprovíncia Central, também chamada de domínio da Zona Transversal (Jardim de Sá, 1994), situa-se nos estados da Paraíba e Pernambuco, entre a zona de cisalhamento Patos ao norte e a zona de cisalhamento Pernambuco ao sul. Ebert (1962, 1970) reconheceu que as estruturas regionais se apresentam predominantemente com

trends estruturais E-W a NE-SW. Jardim de Sá (1994) classificou o contexto estrutural desta subprovíncia como caracterizado por um sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes dextrais, com direção E-W a ENE-WSW, e sinistrais, com direção NNE-SSW a NE-SW, atribuindo o termo megaestrutura em dominó (Figura 2.2.1).

Figura 2.2.1: Terrenos da Subprovíncia Central e áreas adjacentes. Falhas e zonas de cisalhamento: AISZ = Falha Afogados da Ingazeira; BCsz = Zona de cisalhamento Boqueirão dos Cochos; CCSZ = Zona de cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste; SCF = Zona de cisalhamento Serra do Caboclo; SJN = Nappe Serra Jabitacá. Cidades e vilas (quadrados): A = Afogados da Ingazeira; C = Campine Grande; F = Floresta; J = João Pessoa; P = Patos; R = Recife; T = Teixeira; TN = Terra Nova. Círculos e plútons pretos representam plútons de Estágio 1 tendo ambas as idades modelos Sm-Nd 1.2 e 1.5 Ga e U-Pb > 610 Ma; círculos e plútons preto pontilhados são Estágio 1 baseados somente em idades modelos Sm-Nd. Área de estudo em vermelho.



Fonte: Van Schmus et al. (2011).

De oeste a leste estão os Terrenos: São José do Caiano, Cachoeirinha-Salgueiro ou Piancó-Alto Brígida (Bittar et al., 1998; Brito Neves et al., 2005), que inclui o Subterreno Riacho Gravatá; Alto Pajeú, Alto Moxotó e o Terreno Rio Capibaribe. O Terreno do Rio Capibaribe na parte E-SE do domínio Transversal está subjacente principalmente pelo embasamento paleoproterozóico, mas inclui áreas de rochas metassedimentares não datadas que, pelo menos em alguns casos, representam seqüências

correlativas com unidades Neoproterozóicas tardias encontradas a oeste e norte (Neves et al., 2005, 2006).

O Terreno Alto Moxotó (Brito Neves et al., 2001) situa-se ao norte do terreno Rio Capibaribe e é dominado por grandes áreas de embasamento Paleoproterozóico com relativamente poucos granitos do Brasileiro. Várias sequências metassedimentares são conhecidas por serem do Paleoproterozóico, mas algumas áreas mapeadas como Paleoproterozóico podem incluir sequências tardias do Mesoproterozóico ao Neoproterozóico tardio. (Van Schmus et al., 2008).

O Terreno Alto Pajeú é dominado pelo orógeno Cariris Velhos com idade entre 990–940 Ma e rochas plutônicas intrusivas do Brasileiro, com alguns gnaisses paleoproterozóicos remanescentes (Van Schmus et al., 2008). A parte ocidental do Terreno Alto Pajeú é constituída por rochas metassedimentares e metavulcânicas do início da sequência Neoproterozóica Riacho Gravatá (Bittar, 1998) e é delimitada a oeste pela falha Serra do Caboclo.

O Terreno Cachoeirinha–Salgueiro, proposto por Santos (1994), é composto de metaturbiditos de baixo grau, enquanto o subterreno Riacho Gravatá, contíguo e paralelo ao terreno Alto Pajeú, consiste de sucessões metamórficas de baixo grau de metaturbiditos, metaconglomerados, mármore raros, ao longo de metariolitos e metadacitos entrelaçados ou rochas metavulcanoclásticas (Santos et al., 2010). A oeste do Terreno Cachoeirinha–Salgueiro está o Terreno São José do Caiano, e seu limite com o terreno Cachoeirinha–Salgueiro é a oeste da zona de cisalhamento de Boqueirão dos Cochos. O mapa da CPRM da região do Terreno Cachoeirinha–Salgueiro (Ferreira e Santos, 2000) mostra rochas supracrustais de alto grau semelhantes, em ambos os lados da zona de cisalhamento de Boqueirão dos Cochos. Medeiros (2004) argumentou que as rochas de alto grau a oeste da zona de cisalhamento Boqueirão dos Cochos são semelhantes às do terreno Cachoeirinha-Salgueiro e que idades U-Pb de 2250 ± 24 Ma mostram que essas rochas são Paleoproterozóicas (Kozuch, 2003).

2.3 Terreno Cachoeirinha–Salgueiro

Barbosa (1970) definiu o Grupo Cachoeirinha, que posteriormente foi redefinido por Santos (1994) e chamado de Terreno Piancó-Alto Brígida e logo após por Ferreira et al. (1998) como Terreno Cachoeirinha-Salgueiro. Esta unidade corresponde a um extenso

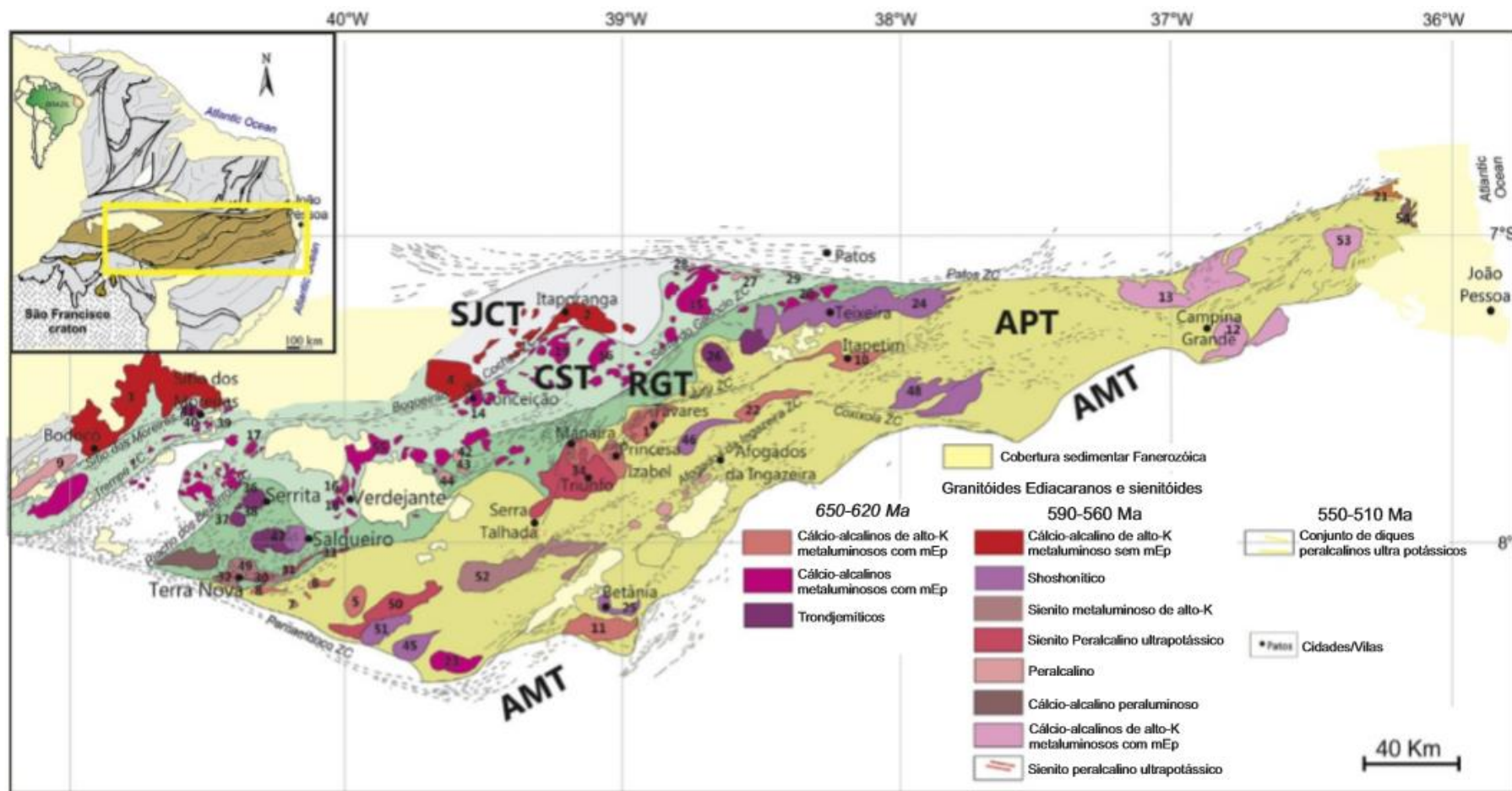
pacote constituído predominantemente por metapelitos, metapsamitos e metaconglomerados, e mais raramente metavulcânicas, mármore e formações ferríferas; nas metavulcânicas, foram obtidas idades U-Pb em zircão de 660 a 620 Ma (Kozuch, 2003; Medeiros, 2004), sendo a passagem entre os períodos Criogeniano ao Ediacarano (Figura 2.3.1). Tais rochas ocorrem a norte da zona de cisalhamento Serra do Caboclo.

O Terreno Cachoeirinha–Salgueiro foi retrabalhado durante o período Cryogeniano-Ediacarano tardio e caracteriza-se por intensa atividade granítica em três intervalos de tempo: (a) posicionamento de magmas calcioalcalinos de alto potássio, calcioalcalinos e shoshoníticos com epidoto magmático (mEp) durante o intervalo 650–620 Ma (Ferreira, 2010; Ferreira et al., 1998, 2004, 2011; Guimarães et al., 2004; Guimarães et al., 2011; Sial et al., 2008); (b) intrusões abundantes de magmas calc-alcálicos de alto potássio livres de epidoto magmático, seguidos por magmas shoshoníticos e ultra-potássicos (Silva Filho, 1993; Ferreira et al., 1994; Guimarães e Silva Filho, 1992, 1998; Silva Filho et al., 1996) durante um segundo intervalo de tempo (590-560 Ma) e (c) um intervalo final, no início do Cambriano (545-520 Ma) caracterizado por diques peralcalicos / ultrapotássicos e raros magmas de tipo-A que marcaram o final do ciclo Brasileiro nessa região (Silva Filho et al., 1993; Ferreira e Sial et al., 1997; Guimarães et al., 2000; Guimarães et al., 2005; Almeida et al., 2002; Ferreira et al., 2004). Esta última atividade plutônica manteve uma íntima relação com a orogênese Brasileira – Pan Africana e fornece evidências de colapso intraplaca pós-colisional que precedeu a consolidação do supercontinente Gondwana Ocidental (Brito Neves et al., 2003).

De acordo com Medeiros (2004), o Grupo Cachoeirinha e outras unidades mais antigas (ex: Complexo Riacho Gravatá) foram afetados por duas fases de deformação dúctil, de idade Brasileira, onde a primeira (D1) é associada a uma tectônica contracional (dobras recumbentes e empurrões) com vergência para NW e a segunda (D2), a cisalhamentos oblíquos dextrais, de regime transpressional. Considerando o conteúdo litológico e o posicionamento estratigráfico das unidades estudadas, foi sugerida por Medeiros (2004) a subdivisão do Grupo Cachoeirinha nas formações Santana dos Garrotes (unidade inferior) e Serra do Olho d'Água (unidade superior).

Figura 2.3.1: Terrenos da Subprovíncia Central: SJCT = Terreno São José do Caiano; CST = Terreno Cachoeirinha-Salgueiro (no texto, CST inclui o subterreno Riacho Gravatá = RGT); APT = Terreno Alto Pajeú; AMT = Terreno Alto Moxotó. São mostrados plútons graníticos Ediacaranos representativos da associação magmática principal do CST e do APT. Os plútons foram numerados de acordo com a ordem

que são mencionados no texto, da seguinte forma: 1 = Teixeira, 2 = Itaporanga, 3 = Bodocó, 4 = Serra da Lagoinha, 5 = Conceição das Creoulas, 6 = Caldeirão Encantado, 7 = Murici, 8 = Boqueirão, 9 = Ouricuri, 10 = Brejinho, 11 = Remédios, 12 = Campina Grande, 13 = Esperança, 14 = Conceição, 15 = Emas, 16 = Angico Torto, 17 = Minador, 18 = Verdejante, 19 = Boa Ventura, 20 = São José do Bonfim, 21 = Curral de Cima, 22 = Tabira, 23 = Riacho do Icó, 24 = Teixeira, 25 = Betânia, 26 = Palmeira, 27 = Catingueira, 28 = Campo Grande, 29 = Urtiga, 30 = Livramento, 31 = Duas Irmãs, 32 = Casé, 33 = Serrote do Paulo, 34 = Triunfo, 35 = Vassouras, 36 = Macacos, 37 = Boqueirão, 38 = Serrita, 39 = Quandu, 40 = Cavalos, 41 = Sítio dos Moreiras, 42 = Cana Brava, 43 = Batinga, 44 = Bernardo Vieira, 45 = Serra do Arapuá, 46 = Solidão, 47 = Salgueiro, 48 = Serra Branca, 49 = Terra Nova, 50 = Serra do Man, 51 = Serra Grande, 52 = Pajeú, 53 = Lourenço, 54 = Mamanguape, 55 = Tamboril, 56 = Pedra Branca. Área de estudo em vermelho. Os limites dos terrenos foram modificados de Santos et al. (2010) e Van Schmus et al. (2011).



Fonte: Sial e Ferreira (2015)

2.4 Rochas graníticas com epidoto magmático presentes no Terreno

Cachoeirinha–Salgueiro

Granodioritos a tonalitos mataluminosos Ediacaranos no Terreno Cachoeirinha-Salgueiro intrudiram turbiditos marinhos que sofreram metamorfismo em condições de baixo grau. Esses plútons têm formas arredondadas a alongadas, contendo anfibólio cálcico e biotita como principais fases máficas (ex: plútons Conceição, Emas, Boa Ventura, Olho D'água, Verdejante, Minador, Angico Torto e muitos outros). Epidoto magmático ocorre abundantemente, com até 2 mm de comprimento, e ocorre em menor quantidade quando clinopiroxênio (diopsídio) está presente (plútons Pedra Branca e Tamboril). Isso é compatível com experimentos de Schmidt e Thompson (1996), em magmas tonalíticos saturados em água, que demonstra que fusão de epidoto acima da reação com clinopiroxênio está diretamente associada ao aparecimento de clinopiroxênio, ou seja, com o aumento da temperatura o aumento modal de clinopiroxênio é diretamente proporcional ao decréscimo modal de epidoto (epidoto + hornblenda + H₂O = clinopiroxênio + líquido).

Ao redor dos plútons Angico Torto e Minador, auréolas de contato com cianita foram desenvolvidas com foliação micácea e granulação fina (Caby et al., 2009). Essas auréolas são representadas por hornfelses pelíticos foliados que exhibe a assembléia mineral: granada, cianita, estauroлита, moscovita, biotita, plagioclásio ± quartzo e raras fibrolitas que só são encontradas bem próximas do contato. Hornfelses nessas auréolas de contato exibem lineações minerais e foliações concordantes com os contatos magmáticos (Sial e Ferreira, 2015). Veios leucocráticos contendo quartzo, oligoclásio, granada, cianita, estauroлита, rutilo e ilmenita sugerem que condições magmáticas limitadas foram alcançadas muito perto de contatos magmáticos ($T \geq 650$ °C, P próximo de 8 kbar; Caby et al., 2009). Esses hornfelses de alta pressão formam alguns metros de espessura envelopes rígidos em torno dos dois plútons. De acordo com a grade petrogenética de Xu et al. (1994), a assembleia granada, cianita, estauroлита, moscovita com $Si < 3,1$, biotita, plagioclásio e quartzo observados nessas auréolas sugerem temperaturas por volta de 670 °C e $P = 7,5 \pm 0,5$ kbar. Inclusões de quartzo e rutilo em granada atestam o pico $P \approx 9$ kbar durante o crescimento de granada (Bohlen et al., 1983).

Nesses granitóides cálcio-alcálinos com epidoto magmático do terreno Cachoeirinha-Salgueiro são encontrados clots ricos em anfibólios (ARC). Sial et al.,

(1998, 1999b) consideraram esses clots como fragmentos da fonte capturados por magmas granodioríticos/tonalíticos. Os anfibolitos blindados por biotita e hornblenda, impedem uma maior interação do anfibolito com o magma hospedeiro.

3 GEOLOGIA DE CAMPO E PETROGRAFIA

3.1 Plútons Tamboril e Olho d'Água

Os plútons Tamboril e Olho d'Água constituem intrusões Ediacaranas, com direção NE-SW, juntos cobrem uma área de aproximadamente 100 km². Estes plútons intrudiram metassedimentos Neoproterozóicos do Terreno Cachoeirinha-Salgueiro e foram parcialmente cobertos pelos sedimentos das bacias de Cedro e São José do Belmonte. O plúton Tamboril se encontra na parte sudoeste da área estudada e o plúton Olho d'Água na parte Nordeste. Primeiramente foram consideradas duas fácies, devido às suas semelhanças em estruturas e aspectos petrográficos, posteriormente com análises isotópicas, minerais, rocha total e análises de condições de cristalização foram propostos dois plútons distintos.

Os plútons apresentam porções máficas que representam bolhas de um magma máfico. Cristais de feldspato potássico dentro dessas bolhas indicam mistura de magmas (figura 3.1.1 A). Os contatos crenulados registram uma diferença de viscosidade entre as bolhas máficas e o magma granítico hospedeiro. Xenólitos com contatos retos com o plúton se assemelham a pedaços da encaixante, portanto, foram acrescentados em estado sólido ao magma (figura 3.1.1 C). Os plútons apresentam plagioclásios euédricos zonados, com anéis de biotita e núcleos de biotita e epidoto formando os “*biotite rows*”. Esta textura indica um possível reaquecimento do magma hospedeiro, que pode ter ocorrido através de convecção dentro do próprio magma ou por injeção de um outro magma com temperatura mais elevada entrando em contato com o primeiro (figura 3.1.1D).

Estruturas em pente são encontradas no plúton Tamboril (figura 3.1.2 A), onde os cristais de quartzo e feldspatos apresentaram crescimento mineral ortogonal às paredes do veio, evidenciando um contraste nas temperaturas do batólito e veios. Diques pegmatíticos múltiplos são encontrados no mesmo plúton citado anteriormente, onde o primeiro a se formar se encontra na borda do dique e o último a se formar na parte central (figura 3.1.2 B). Cristais de feldspatos potássicos são mais desenvolvidos nas bordas desses diques e o interior desses diques apresentam cristais mais finos, indicando uma viscosidade menor no interior e provavelmente uma temperatura maior. No plúton Olho d'Água há uma maior concentração de minerais máficos, como biotita e clinopiroxênio, o que inicialmente foi considerado como outra fácies, ocorrem clots de anfibólios

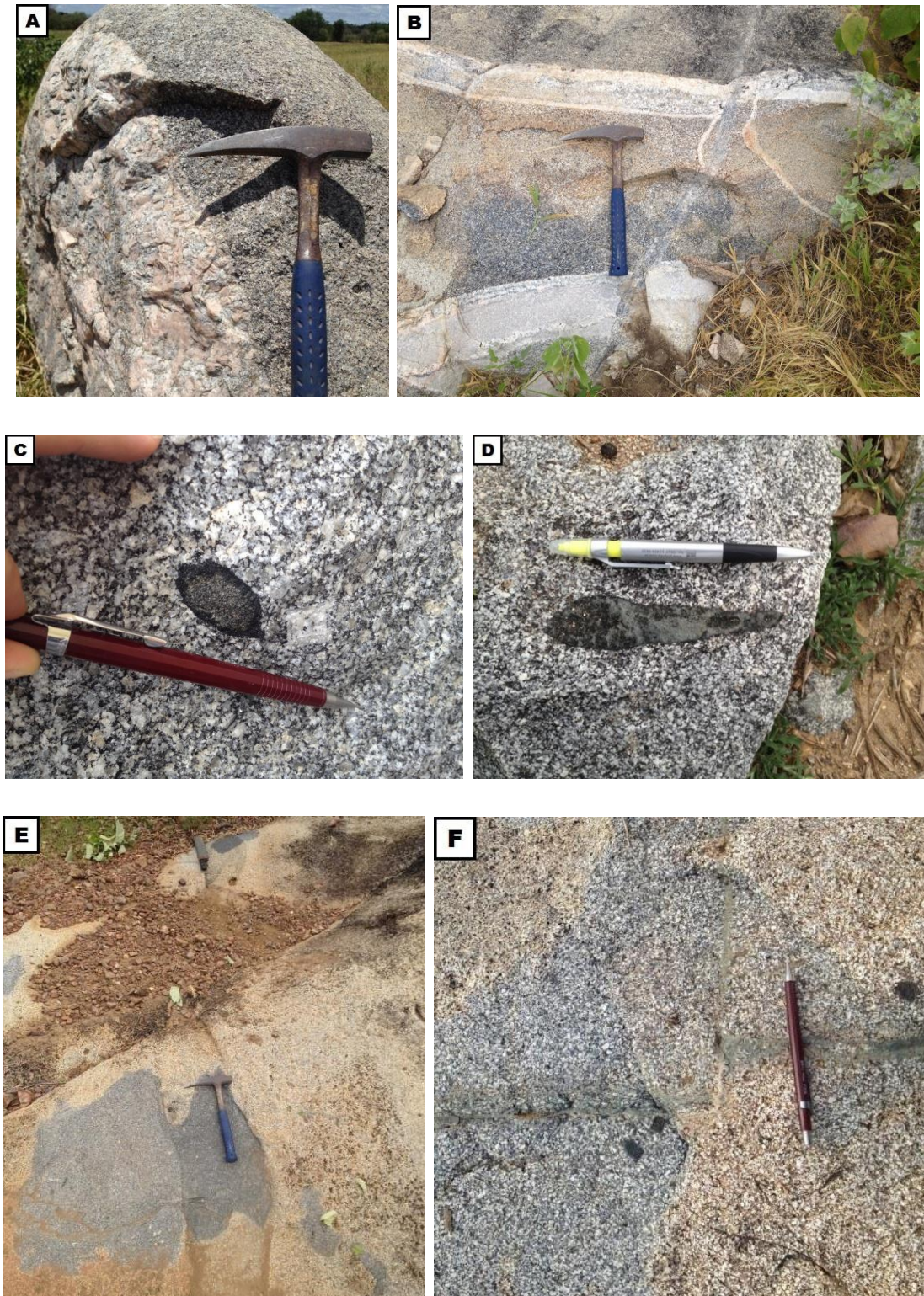
blindados por biotita (figura 3.1.2 C), megacristais de quartzo e plagioclásio e clots de anfibolito (figura 3.1.2 D). Foliações magmáticas de baixo ângulo são comuns no plúton Olho d'Água, assim como inclusões máficas alinhadas e diques sin-plutônicos máficos fragmentados (figura 3.1.2 E), evidenciando um fluxo, todos com direção para nordeste. Ocorrem falhas cortando o plúton com direção leste-oeste, gerando filonitos e posteriormente falhas com direção norte-sul sendo geradas, formando falhas sinistrais dentro do plúton Olho d'Água. A presença de filonitos em zonas de falhas indica a ocorrência de metamorfismo dinâmico dentro do batólito (figura 3.1.2 F).

Figura 3.1.1: Aspectos geológicos de campo dos plútons Tamboril e Olho d'Água. A) Cristais de plagioclásio na bolha de magma máfico, indicando mistura de magmas; B) Contatos crenulados entre uma bolha máfica e o plúton, sem haver mistura de magma; C) Contatos retos, assemelhando-se com pedaços da encaixante; D) Plagioclásios zonados com “*biotite rows*”, sugerindo um reaquecimento do magma hospedeiro por intrusão de magma máfico de temperatura mais elevada.



Fonte: Próprio autor.

Figura 3.1.2: Aspectos geológicos de campo dos plútons Tamboril e Olho d'Água. A) Estruturas em pente; B) Diques pegmatíticos múltiplos; C) Bolhas máficas com bordas de biotita e núcleo de anfibólito; D) Clot de anfibólito; E) Dique sin-plutônico máfico fragmentado; F) Filonitos indicando metamorfismo dinâmico dentro do batólito.



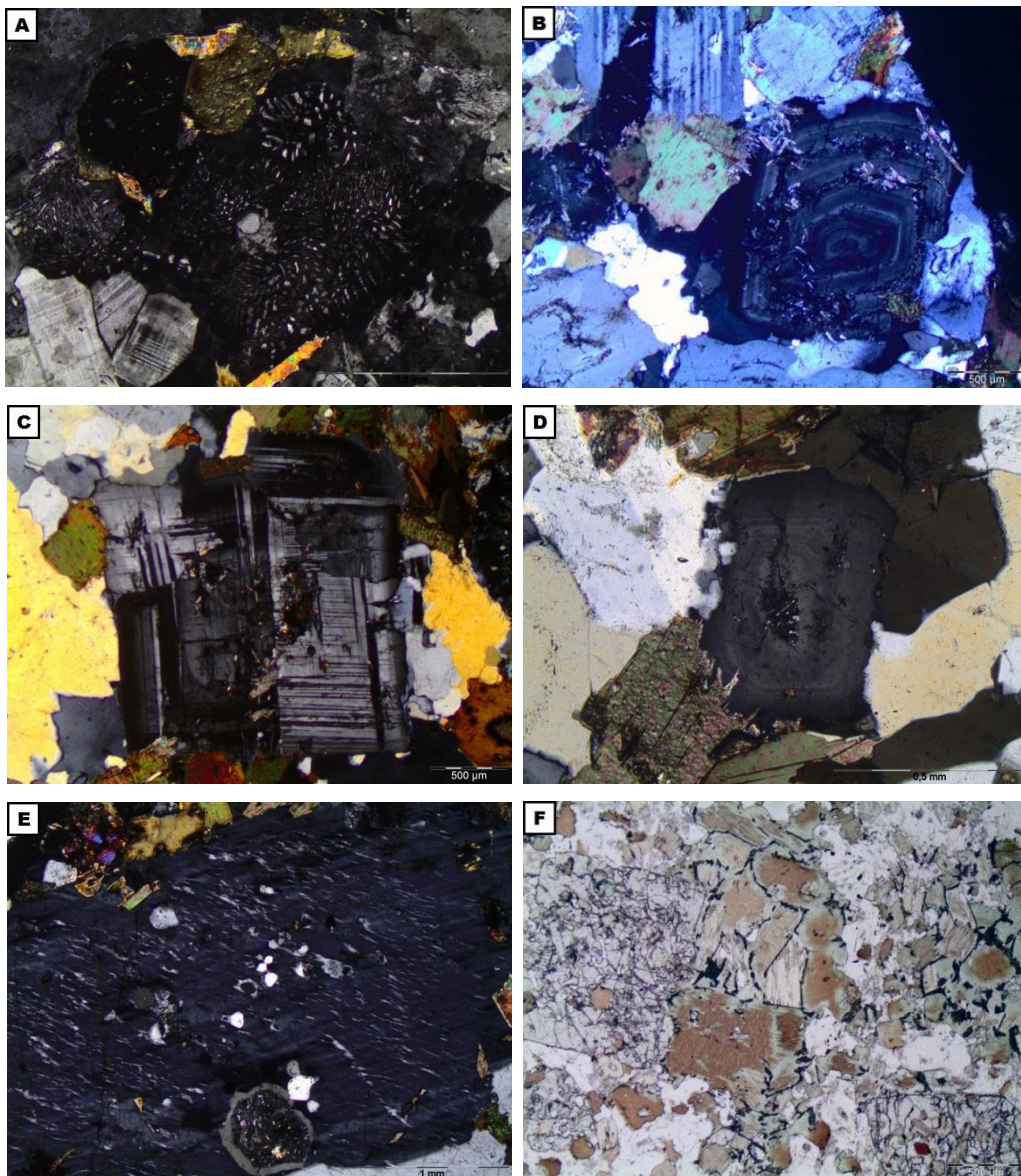
Fonte: Próprio autor.

Os plúton Tamboril e Olho d'Água têm assembléias mineralógicas muito semelhantes compreendendo rochas com biotita, clinopiroxênio e anfibólio, contendo epidoto magmático, leucocráticas a mesocráticas de composição granodiorítica (Tamboril) a tonalítica (Olho d'Água) com coloração cinza. Inicialmente neste trabalho foi considerado como um plúton dividido em duas fácies e posteriormente separado em dois plútons: plúton Olho d'Água – clinopiroxênio-biotita tonalito a granodiorito médio, equigranular, contendo anfibólio e epidoto magmático; e plúton Tamboril – biotita granodiorito médio a grosso, porfirítico, contendo anfibólio, epidoto magmático, clinopiroxênio em menor quantidade e megacristais de feldspatos potássicos. O plúton Olho d'Água ocorre na parte nordeste da área de estudo e o plúton Tamboril na parte sudoeste. Ao microscópio, ambas os plútons mostraram composição mineralógica semelhante, mas divergindo principalmente na granulação e porcentagem mineral.

Os plútons estudados apresentam quartzo (13-29% em volume), K-feldspato (1-11% vol.), plagioclásio (32-61% vol.), biotita (11-23% vol.) e clinopiroxênio (1-11% vol.), como minerais principais, e anfibólio (0-6% vol.), titanita (0,4-2,8% vol.), allanita (< 1,5% vol.), apatita (< 1,5% vol.), zircão (< 1% vol.) e minerais opacos (< 1% vol.) como minerais acessórios. Os quartzos ocorrem como cristais xenomórficos tardios com dimensões variadas, as vezes como agregados de subgrãos, geralmente exibindo extinção ondulante ou reta. Os plagioclásios ocorrem em geral como cristais hipidiomórficos, mas há ocorrência de cristais idiomórficos, ainda que em menor quantidade, apresentam-se com dimensões variadas podendo chegar a pórfiros de até 4 cm de comprimento, bem visíveis em amostras de mão. Estes se apresentam com extinção reta e por vezes ondulante, lamelas deformadas, por vezes rompidas, geminação polissintética é comum, além de intercrescimento mirmequítico (figura 3.1.3 A), sugerindo deformação em estado sólido de alta temperatura e eventualmente há ocorrência de biotite rows (figura 3.1.3 B), sugerindo um reaquecimento do magma. Ocorrência de synneusis é comum (figura 3.1.3 C), onde dois plagioclásios se formam por flutuação conjunta gerando sua geminação na orientação da fixação. Zonação oscilatória, indicando entrada de água no processo de cristalização ou convecção na câmara magmática, que pode ocorrer por variações de temperatura. Plagioclásios manteados (figura 3.1.3 D) sugerindo mistura de magmas; inclusões entrando no zoneamento, revelando não ser produto de alteração; e há casos de pedaços de plagioclásios, que aparentam ter reagido com o magma, dentro de plagioclásios zonados e com *biotite rows* acompanhando a forma, sugerindo uma

convecção com ciclos de cristalização e recristalização. Ocorrem inclusões de biotita, zircão, apatita, epidoto, titanita e clorita nos plagioclásios. Além disso, é comum processos de sericitização e saussuritização do plagioclásio.

Figura 3.1.3: Aspectos petrográficos do plúton Tamboril. A) Intercrescimento mirmequítico; B) “*Biotite rows*” sugerindo reaquecimento do magma hospedeiro; C) Textura synneusis entre dois plagioclásios, formada por flutuação conjunta, gerando sua geminação na orientação da fixação; D) Zonação oscilatória, provocada por água entrando no processo de cristalização ou por convecções dentro da câmara magmática; E) Megacrystal de álcali feldspato com textura pertítica com inclusão de plagioclásio; F) Cloritização da biotita ao longo das bordas e clivagens.

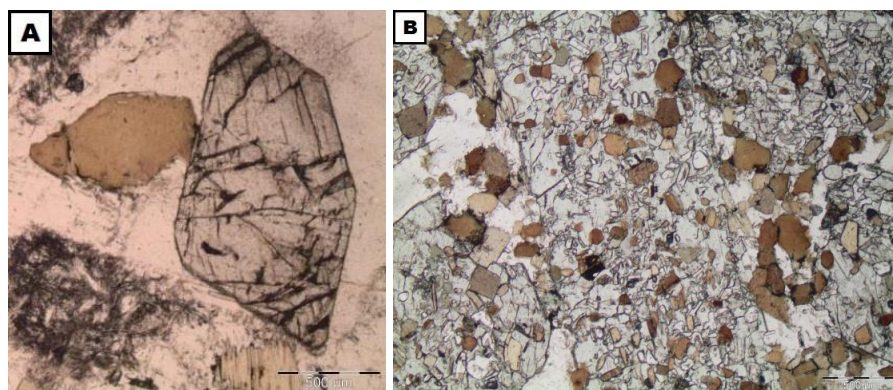


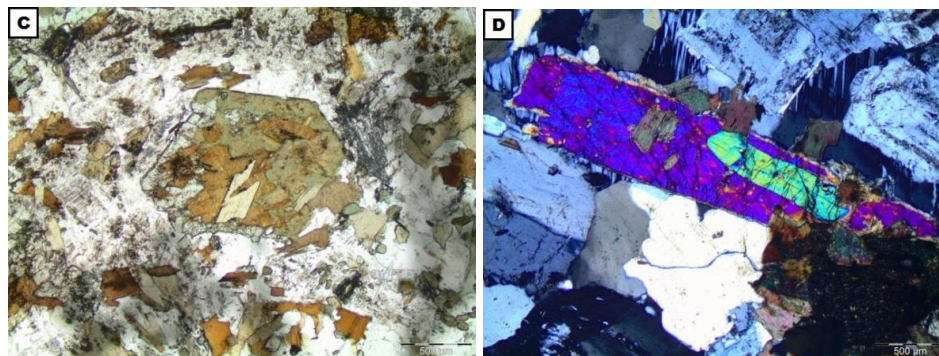
Fonte: Próprio autor.

Os feldspatos alcalinos, representados por ortoclásio com geminação carlsbad, microclina com geminação cruzada e pertita (Figura 3.1.3 E) com inclusões de plagioclásios, que aparentam terem reagido com o magma. Estes ocorrem como cristais hipidiomórficos equigranulares, com inclusões de biotita, por vezes porfiríticos de até 2 cm no plúton Tamboril. Há inclusões de biotita, titanita, epidoto e zircão. A biotita é a fase máfica dominante e ocorre como palhetas hipidiomórficas a xenomórficas, apresentando pleocroísmo de marrom escuro a avermelhado e, por vezes, com aparência picotada ou como clots. Alguns cristais registram processos de alteração com desenvolvimento de clorita ao longo das clivagens e nas bordas (Figura 3.1.3 F). Frequentemente apresentam inclusões de epidoto magmático (mEp), titanita, zircão, allanita, assim como também ocorre como inclusões em piroxênios e plagioclásios. Parece haver duas gerações de clinopiroxênios (cpx): (1) idiomórfico, sem inclusões, alongados, com até 4 cm de comprimento, com clivagens cruzadas a 90° em seção basal, pleocroísmo verde claro a escuro (figura 3.1.4 A); (2) hipidiomórficos, cheio de inclusões de titanita, biotita, anfibólio, clorita, plagioclásio, feldspato potássico e quartzo (figura 3.1.4 B), pleocroísmo verde claro a escuro. Esses cpx cheios de inclusões podem significar que houve um reaquecimento do magma, uma cristalização tardia ou podem ser considerados resíduos da fonte original do magma. Ocorrem clinopiroxênios uralitizados (figura 3.1.4 C), isso decorre devido ao pseudofracionamento, onde o cpx não cristaliza diretamente do líquido, mas sim da reação clinopiroxênio + líquido. Também ocorrem inclusões de clinopiroxênio em clinopiroxênios (figura 3.1.4 D).

Figura 3.1.4: Aspectos petrográficos do plúton Tamboril. A) Cristal idiomórfico de clinopiroxênio, sem inclusões e com clivagens a 90°; B) Clinopiroxênios hipidiomórficos com inclusões de biotita, feldspatos, anfibólio, clorita e quartzo; C) Clinopiroxênio com inclusões de biotita e clorita sofrendo uralitização; D)

Inclusão de clinopiroxênio em de clinopiroxênio.





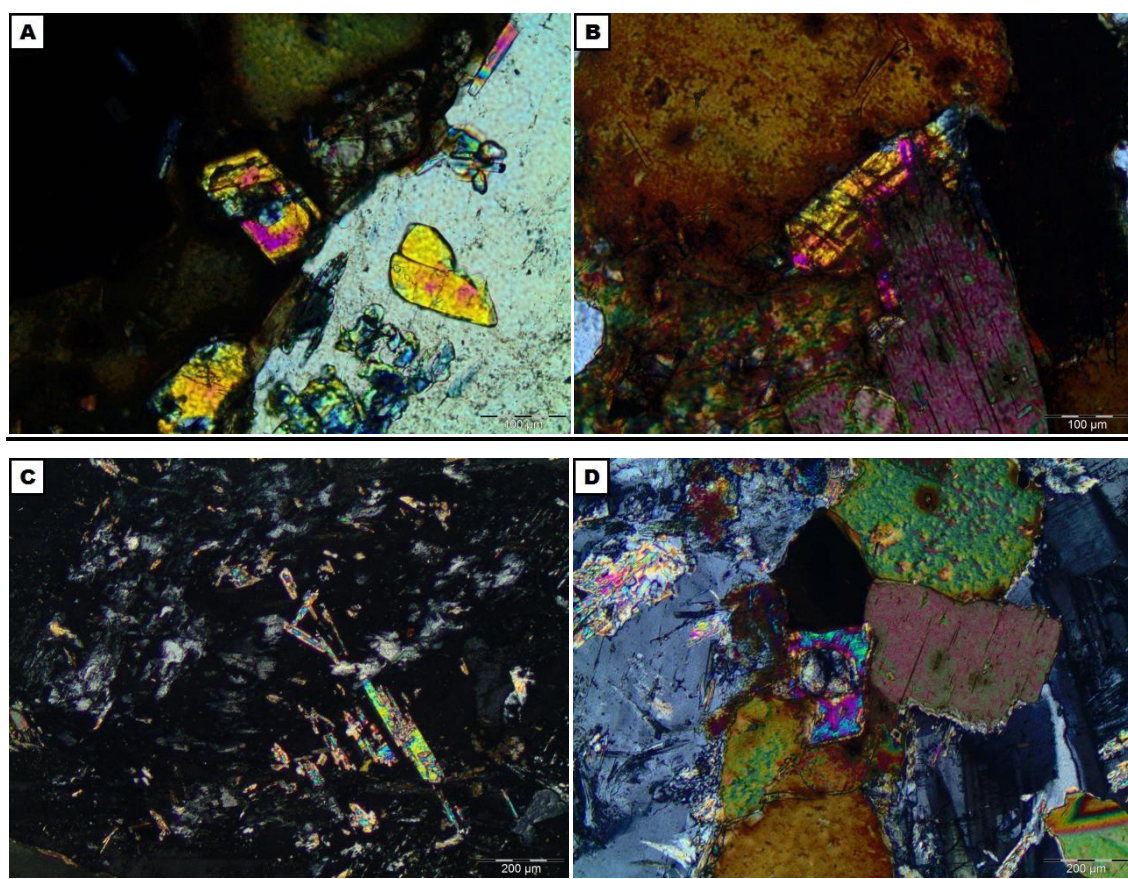
Fonte: Próprio autor.

Os anfibólios ocorrem como cristais hipidiomórficos a xenomórficos, com pleocroísmo de verde azulado a marrom, inclusões de biotita e alterações para clorita. Cristais de epidoto ocorrem de quatro formas texturais: (1) cristais idiomórficos a hipidiomórficos, bem formados, relevo alto, com pleocroísmo variando de levemente amarelado a incolor, com núcleos de allanita e zonação oscilatória (figura 3.1.5 A); (2) idiomórficos a hipidiomórficos, com pleocroísmo variando de levemente amarelado a incolor, incluso ou na borda da biotita, sem núcleo de allanita e por vezes parcialmente digeridos pelo magma (figura 3.1.5 B); (3) hipidiomórfico a xenomórfico, incolor, por vezes alongado e incluso no núcleo de megacristais de plagioclásio (figura 3.1.5 C); (4) como saussuritização na borda de plagioclásio (figura 3.1.5 D). De acordo com Sial (1990), os tipos (1) e (2) parecem ser de origem magmática, o tipo (3) parece desestabilização do núcleo cálcico do plagioclásio e o tipo (4) está relacionado à desestabilização da borda do plagioclásio.

A allanita é um acessório comum ocorrendo de três maneiras: (1) cristais ovalados a idiomórficos isolados de cor laranja, com relevo alto de até 1,5 mm de comprimento; (2) em contato com biotita, gerando um halopleocroísmo devido a sua radioatividade; e (3) no núcleo de epidotos magmáticos. Alguns cristais estão em processo de metamictização, onde a allanita se decompõe até passar a ser amorfo como vidro devido a radioatividade dos elementos que a compõe. A titanita ocorre como cristais idiomórficos, por vezes ocorrendo em agregados xenomórficos com pleocroísmo de cor marrom claro a escuro, frequentemente inclusos em biotita e clinopiroxênio. Moscovita ocorre muito pouco como cristais hipidiomórficos a xenomórficos, por vezes deformados e alongados. Os minerais acessórios menos frequentes são apatita e zircão, estando o zircão ocorrendo como cristais idiomórficos e como inclusões em biotita, gerando

halopleocroísmo. Minerais opacos são muito raros, mas ocorrem como minerais hipidiomórficos, associados principalmente com agregados de biotita ou clots de anfibólio. A ordem de cristalização para este plúton, do primeiro ao último: óxidos de ferro – zircão – titanita – apatita – clinopiroxênio – anfibólio – moscovita – allanita – epidoto – biotita – plagioclásio – feldspato potássico – quartzo.

Figura 3.1.5: Aspectos petrográficos do plúton Tamboril. A) Epidoto magmático idiomórfico, com núcleo de allanita e zonação oscilatória; B) Epidoto magmático hipidiomórfico, incluído em biotita; C) Epidotos alongados incluídos no núcleo de um megacristal de plagioclásio, evidenciando uma desestabilização do núcleo cálcico do plagioclásio; D) Epidoto magmático no centro da foto, com núcleo de allanita e alteração do plagioclásio para epidoto no canto superior esquerdo desta foto.



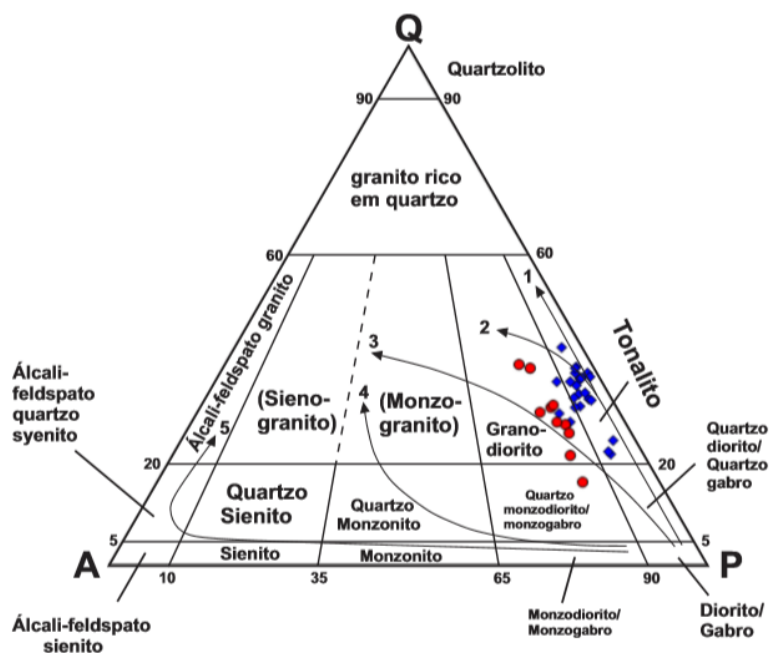
Fonte: Próprio autor.

3.2 Composição Modal

As composições modais dos plútons Tamboril e Olho d'Água foram determinadas através do método de estimativa de porcentagem dos minerais em lâmina petrográfica. Suas proporções modais de quartzo, feldspato potássico e plagioclásio, foram recalculadas para 100%, antes de projetadas no diagrama de classificação QAP proposto

por Streckeisen (1976), com os trends evolutivos para séries magmáticas, propostas por Lameyre e Bowden (1982). As curvas de Lameyre e Bowden evidenciam trends levemente distintos de evolução para as duas fácies, enquanto o plúton Olho d'Água tem uma curva de evolução tonalítica, o plúton Tamboril tem uma evolução granodiorítica cálcio-alcálica (figura 3.2.1).

Figura 3.2.1: Diagrama de composição modal proposto por Streckeisen (1976) para classificação de rochas ígneas plutônicas, com trends de Lameyre & Bowden (1982): 1 – toleítico; 2 – tonalítico ou trondhjemítico cálcio-alcálico; 3 – granodiorítico cálcio-alcálico; 4 – monzonítico ou shoshonítico sub-alcálico; 5 – alcálico e peralcálico. Losango azul representa o plúton Olho d'Água, clinopiroxênio-biotita tonalito a granodiorito médio; círculos vermelhos representam o plúton Tamboril, biotita granodiorito médio a grosso.



Fonte: Modificado de Streckeisen (1976).

4 ANÁLISES QUÍMICAS DE ROCHA TOTAL

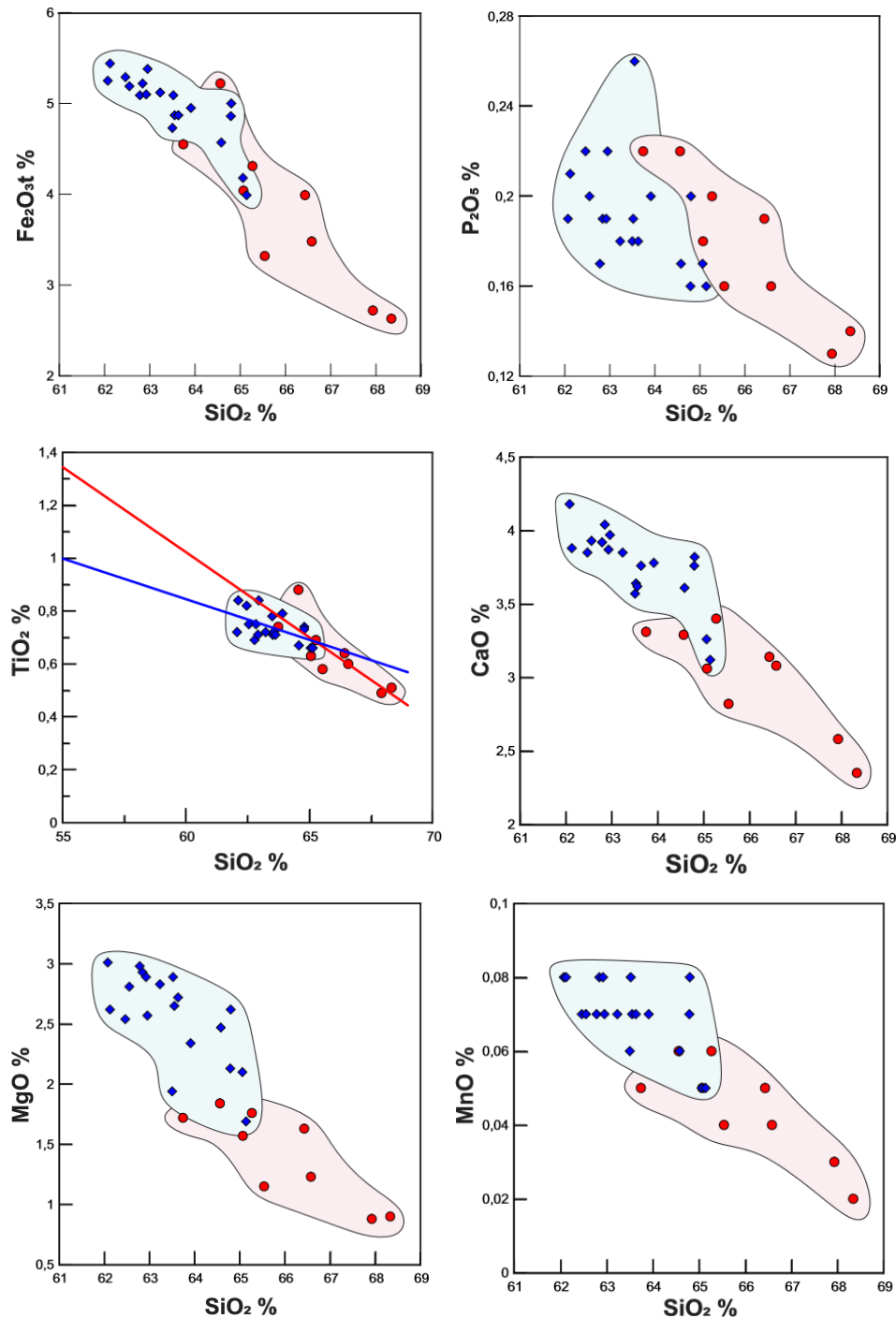
4.1 Geoquímica de elementos maiores e traços

Apesar dos plútons Tamboril e Olho d'Água apresentarem comportamentos geoquímicos de rocha total semelhantes, seus teores de óxidos são distintos. Para o plúton Tamboril os teores de sílica variam de 65,27 a 68,34%. Os teores de Al_2O_3 variam entre 14,68 a 15,34%, K_2O oscila entre 3,16 a 4,16%, Na_2O apresenta valores entre 3,65 a 4,44%, CaO mostra uma certa oscilação entre 2,35 a 3,4%, Fe_2O_3 varia de 2,63 a 5,22%, MgO entre 0,88 a 1,84%, MnO entre 0,02 a 0,06%, P_2O_5 entre 0,13 a 0,22% e os teores de TiO_2 varia entre 0,49 a 0,88%. Para o plúton Olho d'Água os teores de sílica variam de 62,07 a 65,14%. Os teores de Al_2O_3 variam entre 14,4 a 15%, K_2O oscila entre 2,77 a 3,77%, Na_2O apresenta valores entre 3,29 a 4,31%, CaO mostra uma certa oscilação entre 3,12 a 4,18%, Fe_2O_3 varia de 3,99 a 5,44%, MgO entre 1,69 a 3,01%, MnO entre 0,05 a 0,08%, P_2O_5 entre 0,16 a 0,26% e os teores de TiO_2 varia entre 0,66 a 0,84%. Os resultados de elementos maiores e menores se encontram tabelados no capítulo 11, anexo II – análises de rocha total por fluorescência de raios-x.

Os diagramas tipo Harker elaborados para os elementos maiores das rochas dos dois plútons mostram tendências de correlação negativa entre sílica e Fe_2O_3 , P_2O_5 , TiO_2 , CaO , MgO , MnO , sugerindo um fracionamento progressivo das fases máficas, como minerais de óxido de ferro, apatita, titanita, diopsídio e hornblenda (figura 4.1.1). Apesar de num basalto haver maior concentração de cálcio, num granito os seus teores diminuem com o aumento da sílica, porque o plagioclásio-Ca vai diminuir devido ao seu fracionamento, assim como o diopsídio e a hornblenda. Traçando linhas de regressão no gráfico TiO_2 versus SiO_2 para os dois plútons é possível ter uma ideia da porcentagem de minerais máficos e félsicos que seriam gerados se o magma fosse por diferenciação global. Ficaria em torno de 55% de sílica, que é um andesito ou um basalto toleítico, pois estes têm em torno de 1,0-1,5% de titânio. Os teores de TiO_2 e P_2O_5 têm comportamentos semelhantes, pois eles são difíceis de serem alterados. O titânio está ligado a titanita e minerais de óxido de ferro e o fósforo está ligado à apatita e por vezes à biotita. Os óxidos K_2O e Al_2O_3 apresentam dados muito dispersos, isto pode estar relacionado à formação do feldspato potássico e uma provável mistura de magmas com assimilação de rochas encaixantes (figura 4.1.2). Apesar de Na_2O parecer disperso, apresenta um padrão levemente positivo, crescendo com o aumento de sílica. Essa dispersão pode estar

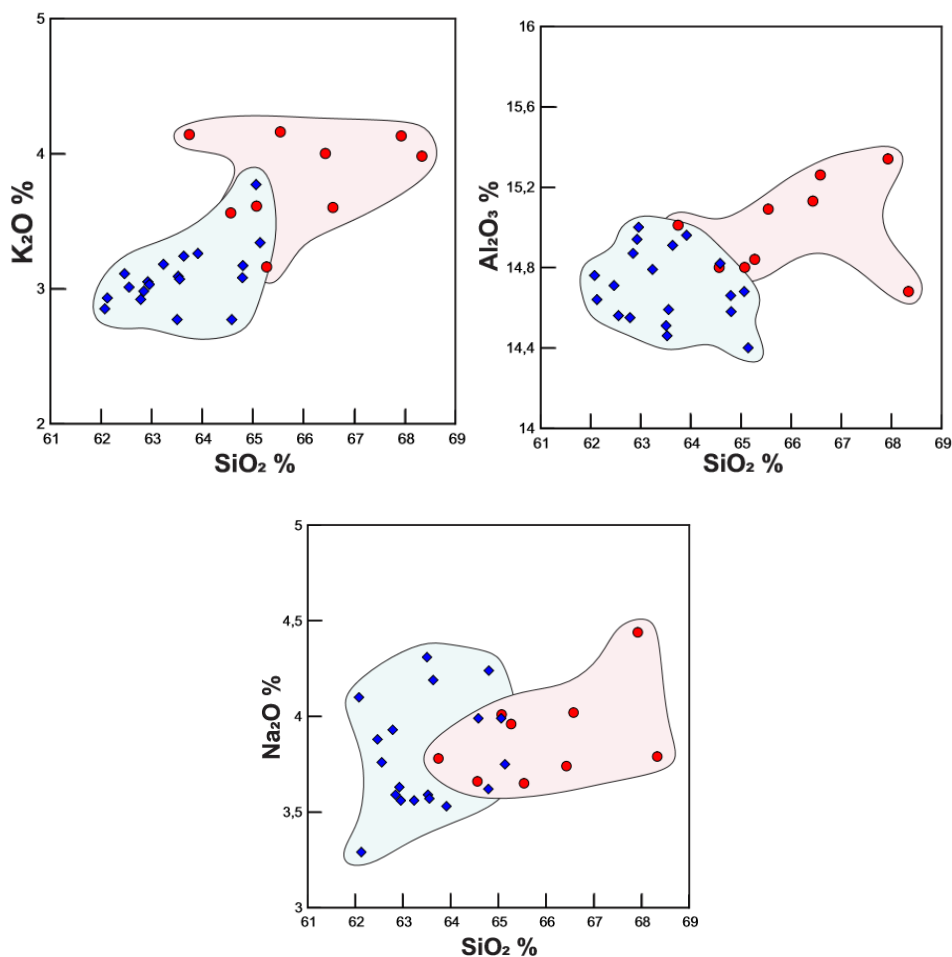
relacionada as proporções de Na_2O tanto em plagioclásios (albita), quanto nos feldspatos potássicos (pertita), que se cristalizam em momentos distintos.

Figura 4.1.1: Diagramas de variação de elementos maiores tipo Harker para os plútons Tamboril (círculos vermelhos) e Olho d'Água (losangos azuis), com trends negativos. O gráfico TiO_2 vs SiO_2 mostra trends negativos, sugerindo uma fonte de composição andesítica ou basalto toleítica.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4.1.2: Diagramas de variação de elementos maiores para os plútons Tamboril (círculos vermelhos) e Olho d'Água (losangos azuis) com treds positivos para o K_2O e Al_2O_3 e disperso para o Na_2O .



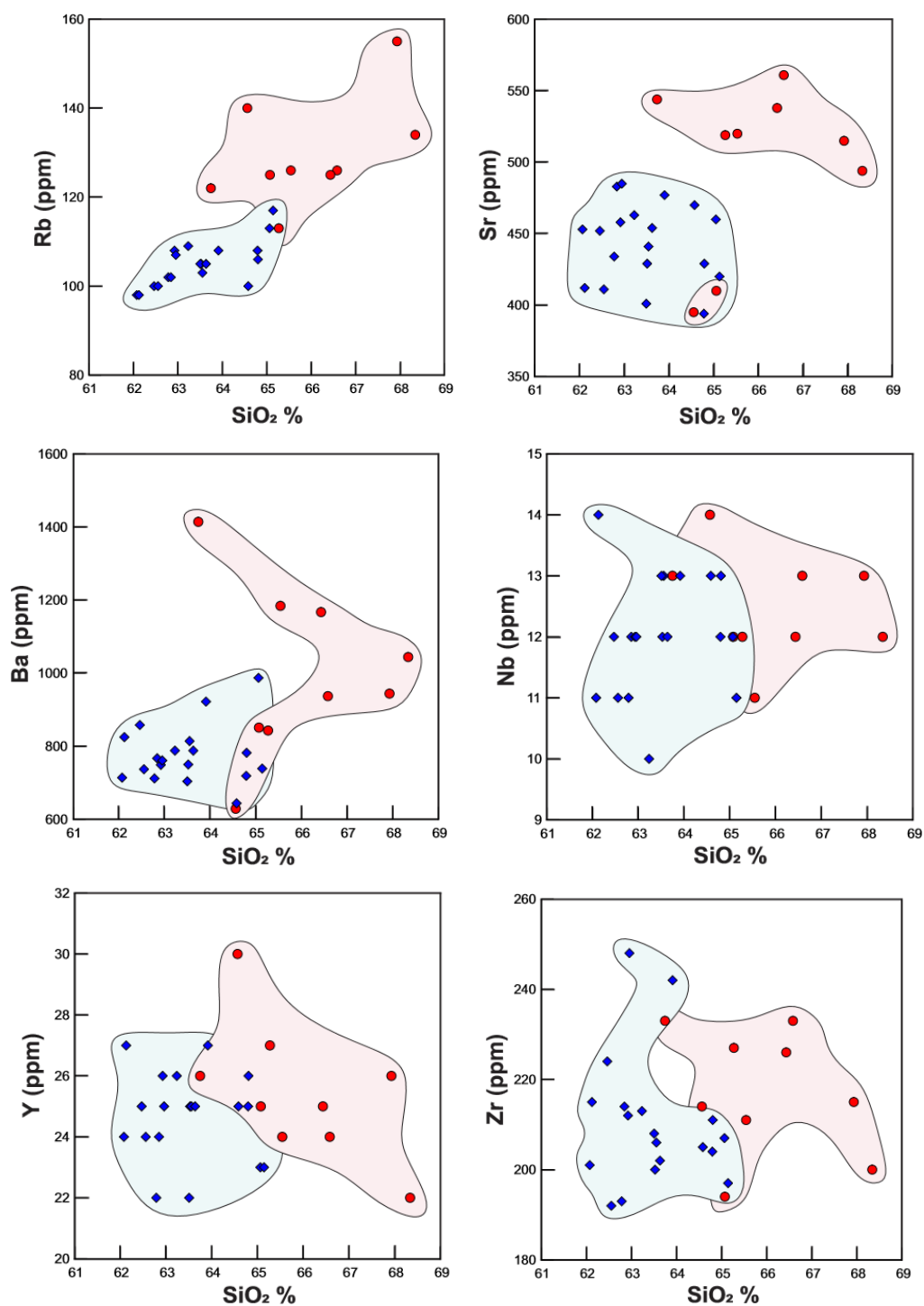
Fonte: Próprio autor.

O plúton Tamboril mostra valores altos em Ba (629-1414 ppm), apresenta valores moderados de Sr (395-561 ppm), Rb com valores baixos a moderados (113-155 ppm) e Zr moderados (194-233 ppm). Dois elementos se apresentam com baixos teores, o Y com valores variando entre 22-30 ppm e Nb (11-14 ppm).

O plúton Olho d'Água mostra valores altos em Ba (644-987 ppm), apresenta valores moderados de Sr (394-485 ppm), Rb com valores baixos a moderados (98-117 ppm) e Zr moderados (192-248 ppm). Dois elementos se apresentam com baixos teores, o Y com valores variando entre 22-27 ppm e Nb (10-14 ppm).

As informações obtidas pelos dados de elementos traços para as rochas estudadas quando projetadas em diagramas tipo Harker definem alguns padrões de tendências semelhantes aos elementos maiores, porém mais dispersos.

Figura 4.1.3: Diagramas de variação de elementos menores tipo Harker para os plútons Tamboril (círculos vermelhos) e Olho d'Água (losangos azuis), com trend positivo para Rb e sem um padrão definido para Sr, Ba, Nb, Y e Zr.



Fonte: Próprio autor.

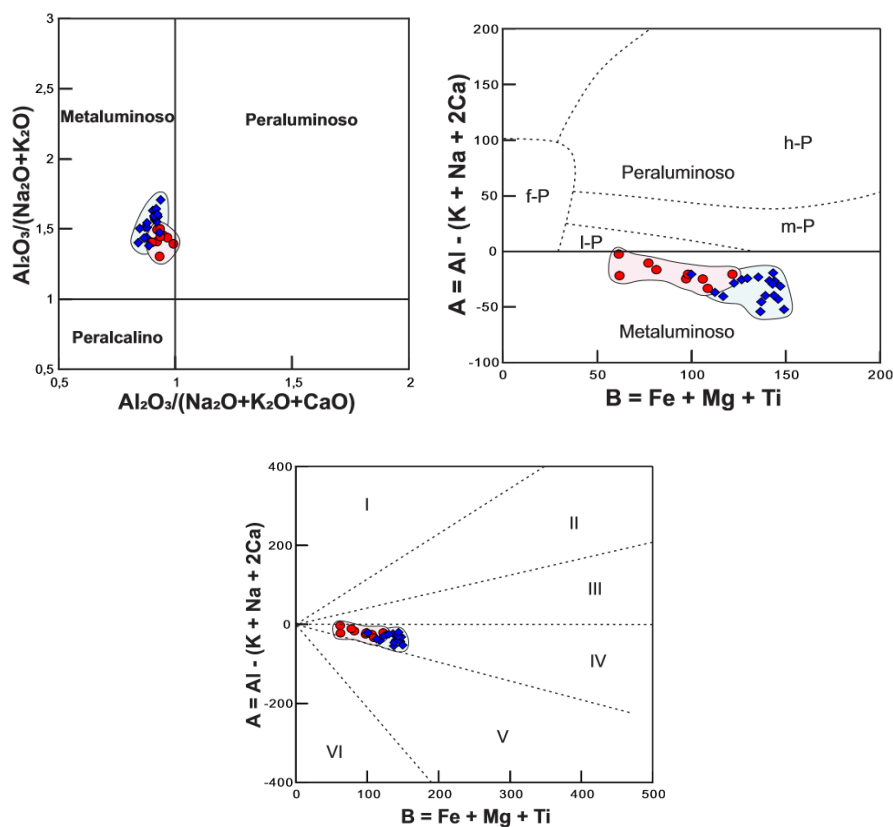
Rb apresenta-se com correlação positiva com sílica para os dois plútons, indicando a presença deste elemento desde a fonte até o final da cristalização do plúton, embora haja

uma certa dispersão. Nos casos dos elementos Sr, Ba, Nb, Y e Zr, não foi possível identificar um trend dominante, pois as amostras se apresentam muito dispersas (figura 4.1.3).

4.2 Classificação química e ambiente tectônico

Estes plútons mostram-se quimicamente metaluminosos com $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O) < 1$ (figura 4.2.1 A) de acordo com a classificação do índice de Shand desenvolvida por Maniar e Piccoli (1989). Outras classificações corroboram com a classificação proposta por Maniar e Piccoli, como Villaseca et al. (1998), que apesar de ser para subclassificar rochas peraluminosas, todas se encontram com $Al - (K + Na + 2Ca) < 0$ (figura 4.2.1 B), que é um campo típico de rochas metaluminosas. A classificação catiônica de Debon e Le Fort (1983) também segue o mesmo caminho, com todas as amostras plotadas no campo IV, típico de rochas metaluminosas (figura 4.2.1 C), apresenta trend cafêmico, com mineralogia característica: biotita, hornblenda, clinopiroxênio e titanita.

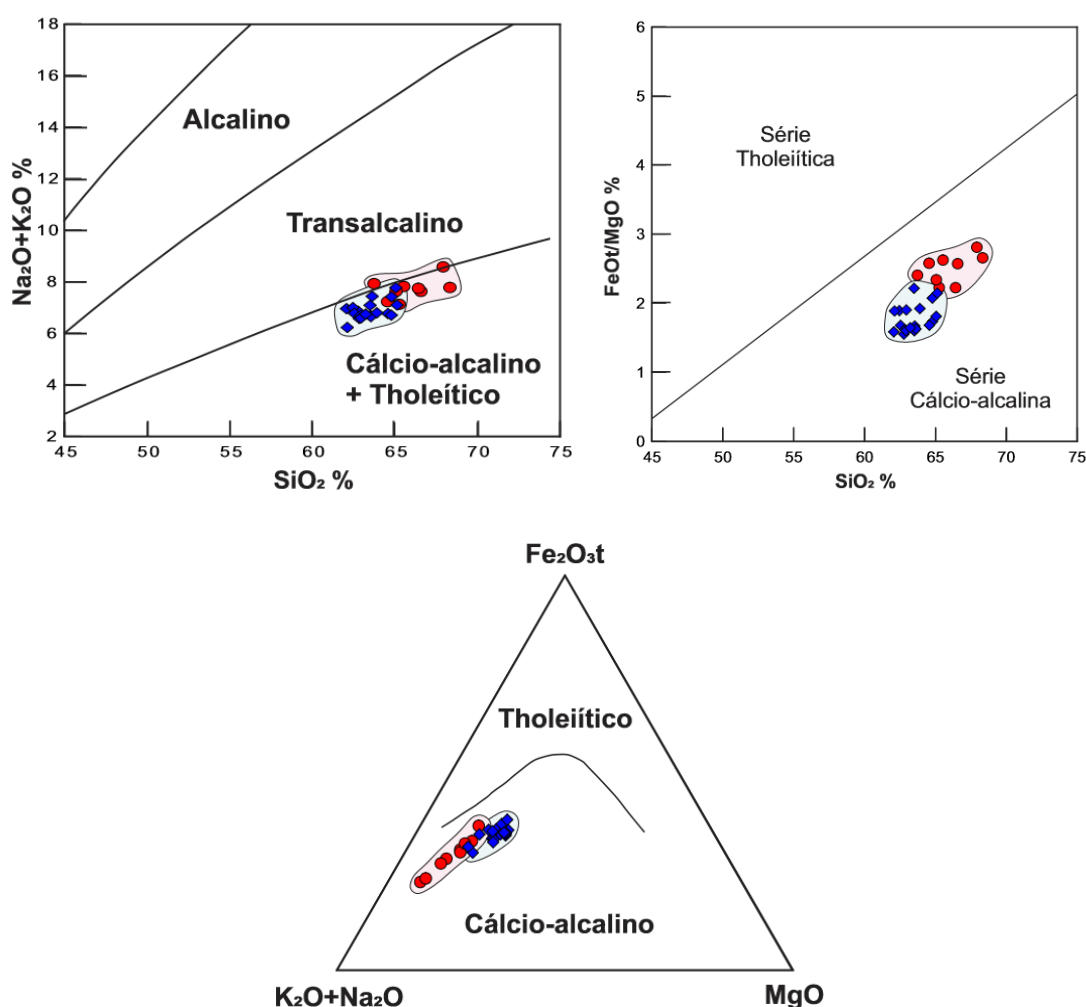
Figura 4.2.1: Diagramas de classificação química baseados nos teores de alumínio. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



Fonte: A) Maniar e Piccoli (1989); B) Villaseca et al. (1998); C) Debon e Le Fort (1983).

Os teores de álcalis total ($K_2O + Na_2O$) são altos, no diagrama álcalis versus SiO_2 (TAS) proposto por Middlemost (1997) as amostras analisadas caem no campo das séries de rochas cálcio-alcálica a trans-alcálica (figura 4.2.2 A). Essa classificação é confirmada com o critério de outros autores, como no diagrama $FeOt/MgO$ versus SiO_2 (figura 4.2.2 B), com as amostras plotando no campo da série de rochas cálcio-alcálicas proposto por Miyashiro (1975), assim como também corrobora fazendo um trend cálcio-alcálico em diagrama AFM (figura 4.2.2 C) com campos segundo Irvine e Baragar (1971).

Figura 4.2.2: A) Diagrama $K_2O + Na_2O$ versus SiO_2 (TAS); B) Diagrama $FeOt/MgO$ versus SiO_2 para séries magmáticas; C) Diagrama AFM com seus campos. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.

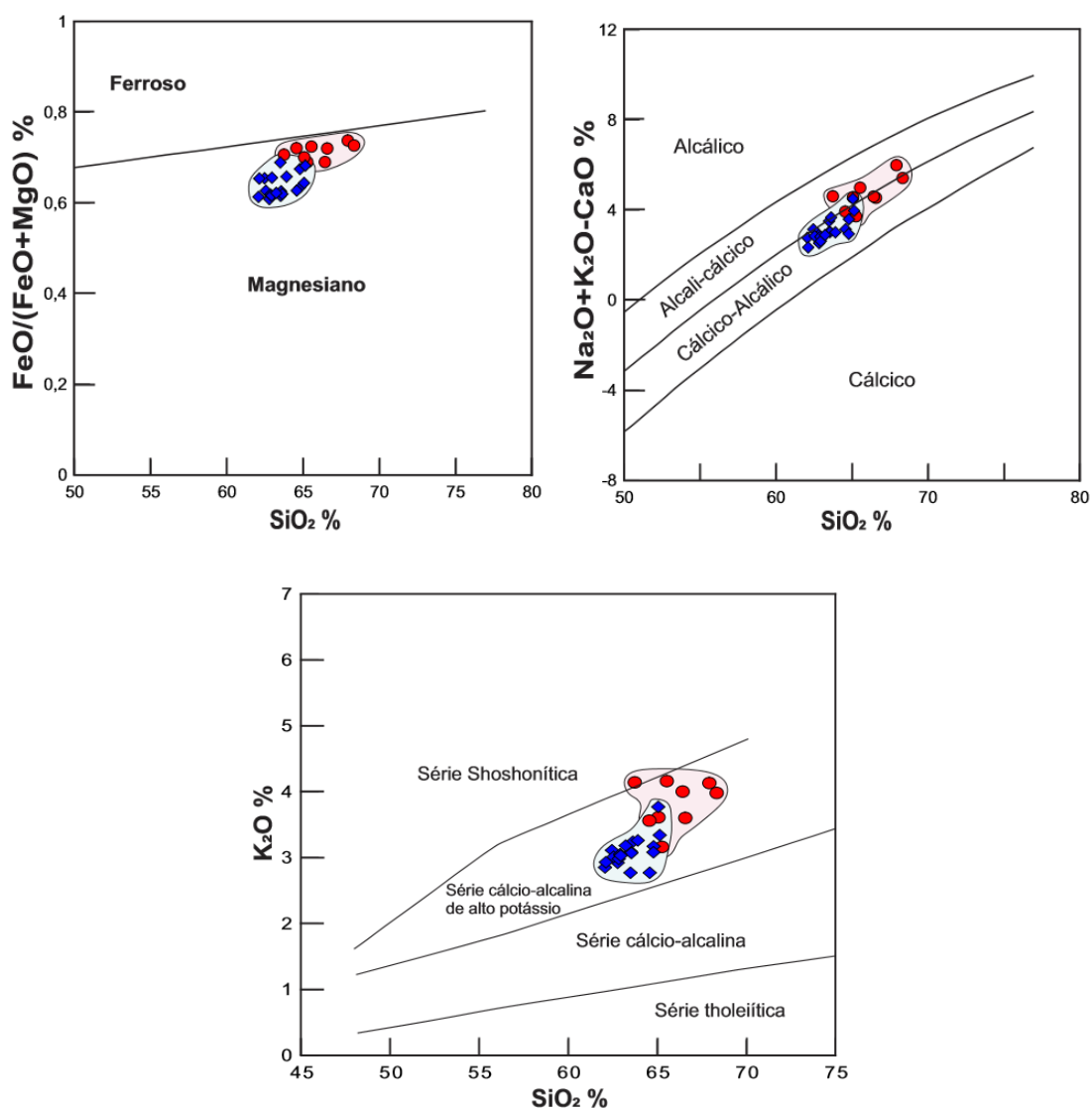


Fonte: A) Middlemost (1997); B) Miyashiro (1975); C) Irvine e Baragar (1971).

As amostras se encontram dentro do campo da série dos granitos magnesianos do tipo cordilheirano no diagrama $FeOt/(FeOt + MgO)$ versus SiO_2 , que representam magmas oxidantes hidratados com razões entre 0,608 a 0,737 (Frost e Lindsay, 1991;

Frost et al. 2001) (figura 4.2.3 A). No diagrama K_2O versus SiO_2 com campos segundo Peccerillo e Taylor (1976), as amostras plotam dentro do campo da série de rochas cálcio-alcalinas de alto potássio, com uma amostra do plúton Tamboril no limite da série shoshonítica (figura 4.2.3 B). No diagrama de correlação Na_2O+K_2O-CaO versus SiO_2 (Frost et al., 2001), as amostras se encontram nos campos da série de rochas cálcio-alcalinas a álcali-cálcicas, sendo que a grande maioria plota no campo dos granitoides de cordilheira (figura 4.2.3 C).

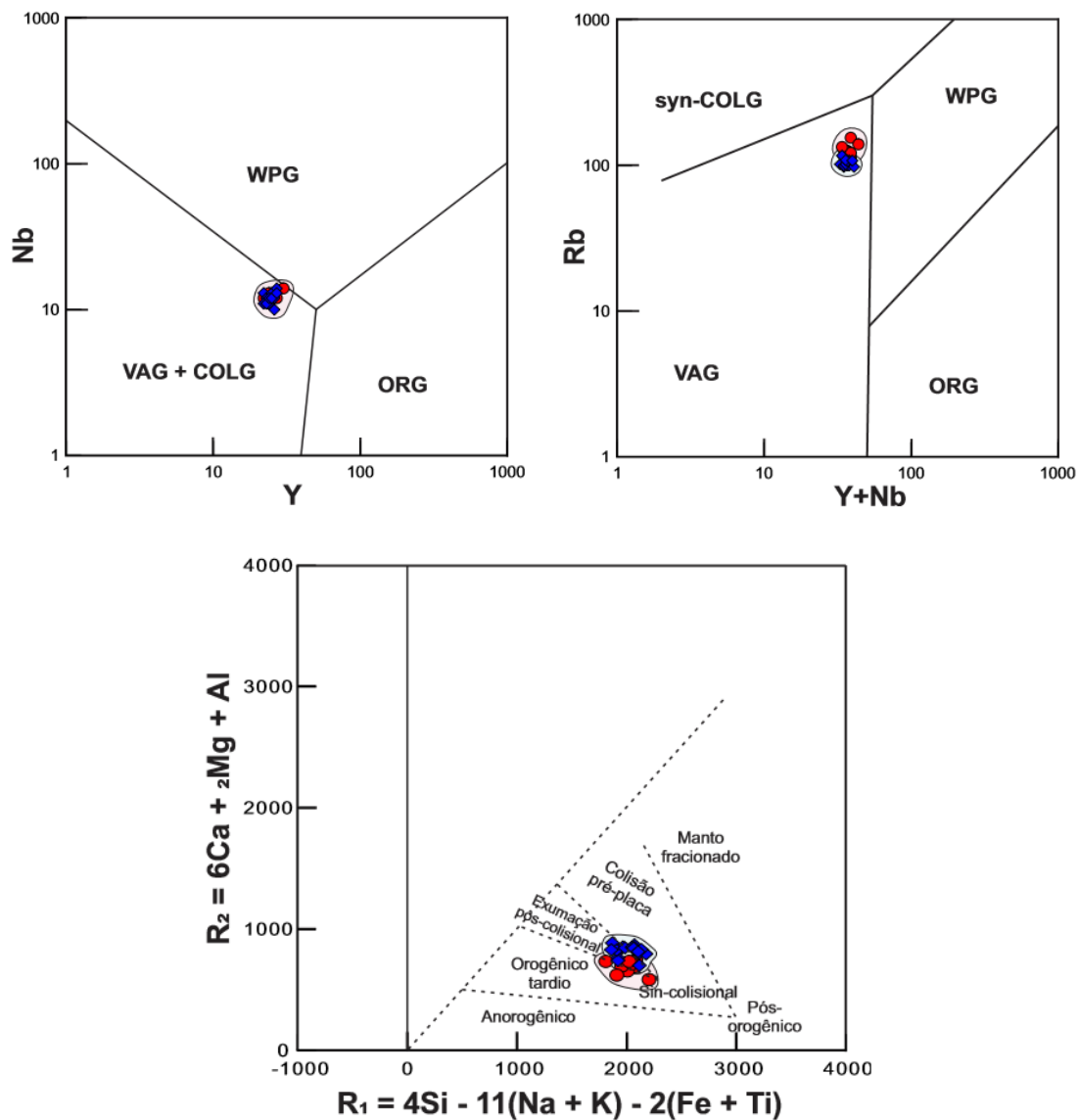
Figura 4.2.3: A) Diagrama $FeOt/(FeOt + MgO)$ versus SiO_2 , com campos de granitoides ferrosos e magnesianos; B) Diagrama Na_2O+K_2O-CaO versus SiO_2 ; C) Diagrama K_2O versus SiO_2 . Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



Fonte: A) Frost et al. (2001); B) Frost et al. (2001); C) Peccerillo e Taylor (1976).

Em diagramas discriminantes de ambientes tectônicos usando elementos traços (Pearce et al., 1984) para os plútons Tamboril e Olho d'Água, as amostras plotam dentro do campo de granitos de arco vulcânico, tanto no gráfico Nb vs Y (figura 4.2.4 A), quanto Rb vs Y + Nb (figura 4.2.4 B). No diagrama de R1 versus R2 de Batchelor e Bowden (1985) as amostras se encontram, em sua maioria, no campo de exumação pós-colisional, com umas amostras nos limites dos campos tardi-orogênico e colisão pré-placa. (figura 4.2.4 C).

Figura 4.2.4: A e B) Diagramas discriminantes tectônicos; C) Diagrama de função multi-cationica com campos discriminantes tectônicos. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



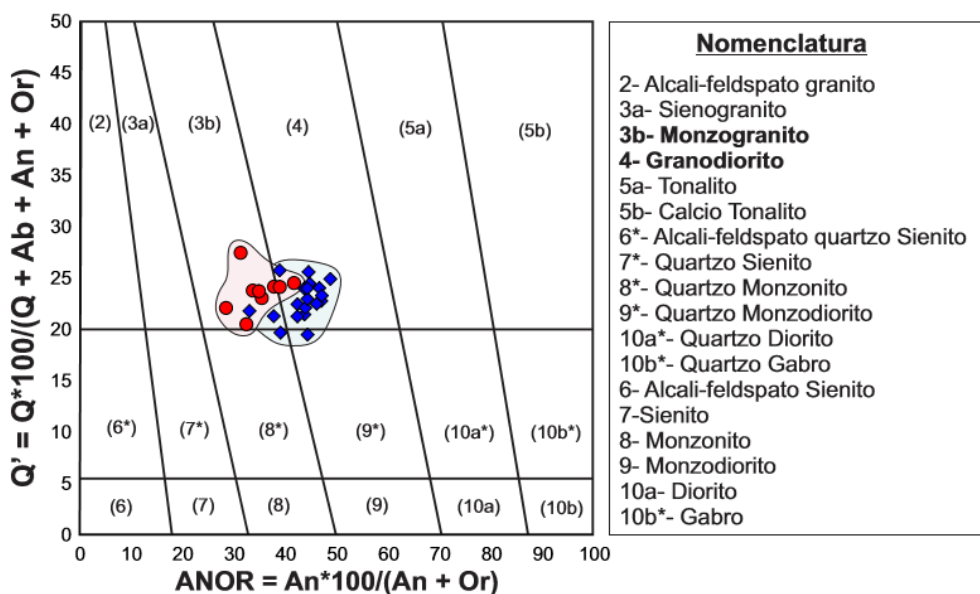
Fonte: A) Pearce et al. (1984); B) Pearce et al. (1984); C) Batchelor e Bowden (1985).

4.3 Norma CIPW

As análises em rocha total convertidas em minerais normativos de acordo com a norma CIPW apresentam certa compatibilidade com as análises petrográficas, com valores de quartzo variando de 15,71 a 25,08% entre os dois plútons, apesar de na petrografia haver lâminas com até 29%. Devido à maioria das amostras apresentarem teores altos de Na_2O , já era de se esperar valores altos para a quantidade de albita (30,89 – 36,47%), que somados com os valores de ortoclásio (16,37 – 24,58%) deslocam as amostras para o lado esquerdo do diagrama Q'ANOR de Streckeisen e Le Maitre (1979), o qual é considerado análogo ao QAP (1976). Os resultados obtidos para o cálculo da norma CIPW se encontram tabelados no capítulo 11, anexo III – resultados obtidos através do cálculo da Norma CIPW.

A maiorias das amostras do plúton Olho d'Água, representado pelos losangos azuis no diagrama Q'ANOR plotam no campo do granodiorito, com algumas amostras plotando próximas dos limites dos campos do quartzo monzodiorito, quartzo monzonito e monzogranitos. As amostras do Plúton Tamboril plotam no campo do Monzogranito, com umas poucas no campo do granodiorito (Figura 4.3.1).

Figura 4.3.1: Diagrama de classificação normativa Q'ANOR. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



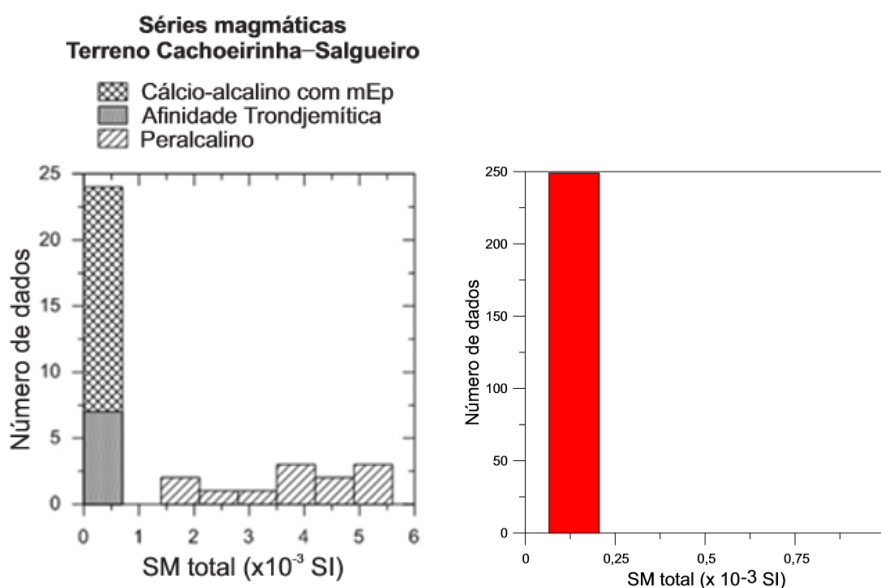
Fonte: Streckeisen e Le Maitre (1979).

5 SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA

A classificação de Ishihara (1977) propõe uma subdivisão dos granitos de acordo com a sua susceptibilidade magnética (SM) em duas categorias: 1- série ilmenita, livre de magnetita; e 2- série magnetita, contendo magnetita. A primeira apresenta baixa fugacidade de oxigênio (fO_2) e a segunda com alta fO_2 durante a solidificação dos magmas graníticos, com o limite aproximadamente entre os tampões Ni-NiO e FMQ. A susceptibilidade magnética da rocha é medida através da quantidade de magnetita presente, uma maneira qualitativa de estimar a fugacidade de oxigênio. Para medir a susceptibilidade magnética do plúton Tamboril foi usado um kapômetro KT-5, com suas medidas reportadas em unidade SI (sistema internacional). Os resultados obtidos de susceptibilidade magnética se encontram tabelados no capítulo 11, anexo IV – análises de susceptibilidade magnética.

Os plútons estudados apresentam dados de susceptibilidade magnética muito baixos ($< 0,3 \times 10^{-3}$ SI), com média de $0,135 \times 10^{-3}$ SI. O plúton Olho d'Água, que é rico em clinopiroxênio, apresenta valores ligeiramente mais altos que o plúton Tamboril. Fases opacas são raras tanto em afloramentos quanto em lâminas petrográficas (Figura 5.1).

Figura 5.1: Histograma de susceptibilidade magnética (SM) para plútons graníticos Ediacaranos no Terreno Cachoeirinha-Salgueiro e em vermelho o histograma de susceptibilidade magnética dos plútons Tamboril e Olho d'Água.



Fonte: Sial e Ferreira (2015) e o próprio autor.

De acordo com Sial e Ferreira (2015), quase todos os plútons Neoproterozóicos com epidoto magnético no Terreno Cachoeirinha–Salgueiro, em que fases opacas são praticamente ausentes, exibem baixa susceptibilidade magnética ($\approx 0,3 \times 10^{-3}$ SI). Todos esses plútons correspondem em termos de susceptibilidade magnética a série ilmenita dos granitos de Ishihara (1977) (SM com valores $< 3 \times 10^{-3}$ SI, que é o limite entre as séries magnetita e ilmenita proposto por Takahashi et al., 1980). Isso implicaria que eles são derivados de magmas com baixa fugacidade de oxigênio. Entretanto, epidoto e hornblenda em magmas cálcio-alcálinos demonstram que a fugacidade de oxigênio foi mais alta (entre os tampões Ni-NiO e HM; Sial et al., 1983) do que é necessário para granitoides da série ilmenita (entre os tampões Ni-NiO e QFM). Wones (1989) concluiu que a ocorrência de titanita euedral e magnetita como fases pré-cristalização em rochas silicáticas indicam que o magma foi relativamente oxidado. Schmidt e Thompson (1996) concluíram de experimentos (2.1-18 kbar e 550-850 °C) que magnetita é significativamente mais abundante em intrusões graníticas sem epidoto do que com epidoto. A maior parte do ferro está ligada a estrutura do epidoto (pistacita) e não aos minerais de óxido de ferro, esta talvez seja uma explicação para os valores de SM serem abaixo do esperado nos granitoides que possuem epidoto.

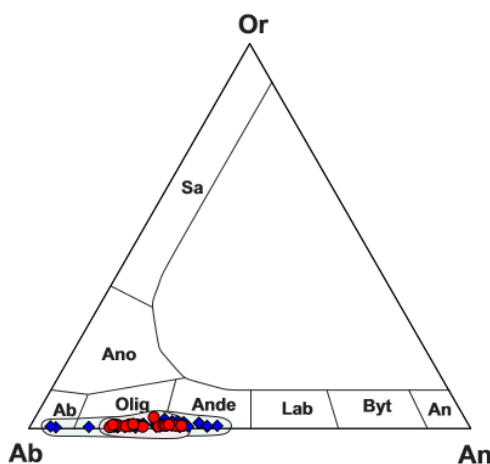
6 ANÁLISES QUÍMICAS DE MINERAIS

Feldspato, anfibólio, biotita, clinopiroxênio, epidoto e titanita foram analisados em uma microsonda eletrônica JEOL JXA-8230 (Universidade de Brasília, UnB). Composições químicas e fórmulas estruturais estão listadas em tabelas no capítulo 11 – tabelas e anexos. As análises de minerais foram recalculadas em fórmulas minerais e proporções catiônicas.

6.1 Feldspato

Foram realizadas análises de centro e borda em minerais de plagioclásio, totalizando 62 pontos, somados os dados dos plútons Tamboril e Olho d'Água. Os dados representativos são mostrados no anexo V do capítulo 11 – tabelas e anexos. Os feldspatos analisados do plúton Tamboril exibem composição em sua maioria entre oligoclásio e andesina, enquanto os feldspatos analisados do plúton Olho d'Água variam de composição entre albita e andesina. Foi realizado um perfil (núcleo-borda) em um fenocristal de plagioclásio do plúton Tamboril e demonstra um zoneamento reverso suave com núcleo ligeiramente enriquecido em Na e empobrecido em Ca.

Figura 6.1.1: Diagrama ternário An-Ab-Or para classificação de feldspatos. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



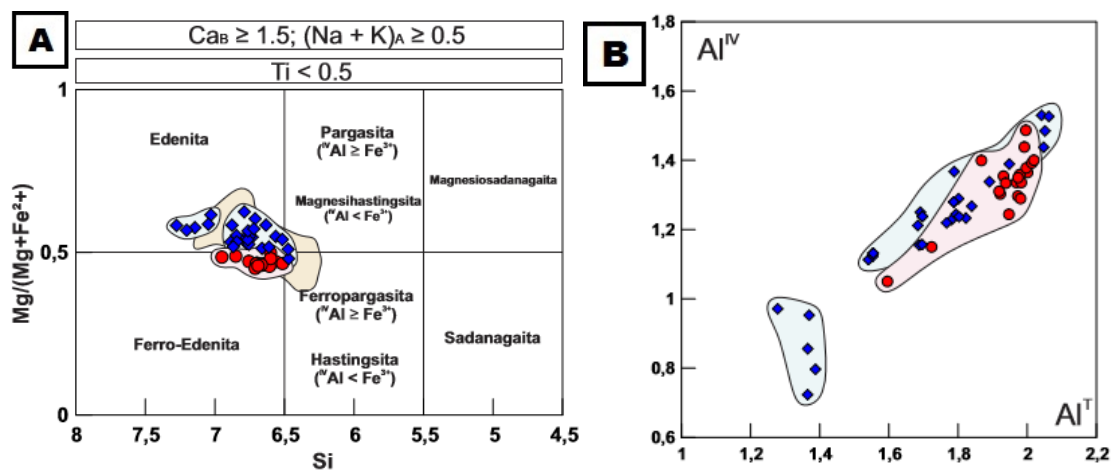
Fonte: Deer et al. (1992).

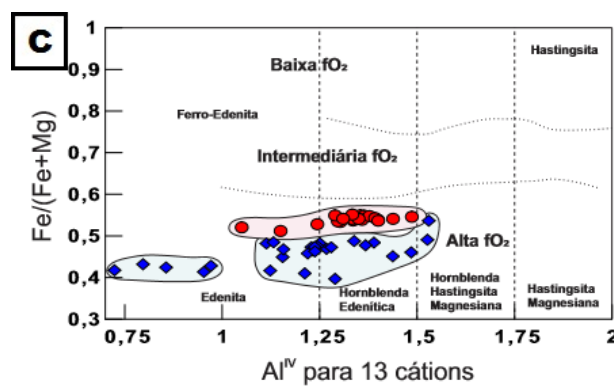
6.2 Anfibólio

Foram realizadas análises de centro e borda em 26 minerais de anfibólio, tanto nos plútons Tamboril e Olho d'Água quanto nos seus enclaves máficos, totalizando 49 pontos, e seus dados estão representados no anexo VI do capítulo 11 – tabelas e anexos. Foram classificados como anfibólios cálcicos de acordo com o esquema proposto por Leake

(1978). Enquanto as hornblendas do plúton Tamboril e de seus enclaves são classificadas em sua maioria como edenita, as hornblenda do plúton Olho d'Água são classificadas como ferro-edenita, ou seja, são levemente mais magnesianas que o plúton Tamboril. Essas amostras plotam muito próximas aos campos da ferropargasita e da pargasita (figura 6.2.1 A). Os resultados são semelhantes aos obtidos por Brasilino et al. (2011), onde também foram analisadas amostras de plútons do terreno Cachoeirinha–Salgueiro. As razões $Mg/(Mg+Fe)$ (0,45-0,70) estão de acordo com os intervalos previstos para granitóides cálcio-alcálinos proposto por Mason (1985), enquanto que as razões $Fe/(Fe+Mg)$ sugerem a cristalização desta fase sob fugacidade de oxigênio moderadamente alta. O conteúdo de sílica varia de 6,47 a 7,799 átomos por fórmula. A figura 6.2.1 B, ilustra a correlação positiva entre Al^{IV} e Al^T nos anfibólios, similar aos reportados por Hammarstrom e Zen (1986). Os baixos valores da razão $Fe/(Fe+Mg)$ determinados em cristais de anfibólio evidenciam cristalização sob condições de alta fO_2 de acordo com Leake (1978) (figura 6.2.1C). As cinco amostras do plúton Olho d'Água que se afastam dos campos principais nos três gráficos propostos representam clinopiroxênios em processo de alteração para anfibólios, é possível notar isso também em lâminas petrográficas.

Figura 6.2.1: Diagramas químicos para classificação de anfibólios. A) Classificação de anfibólios comparados com resultados obtidos por Brasilino et al. (2011) (campo laranja claro); B) Relação entre Al^{IV} e Al^T nos anfibólios dos plútons Tamboril e Olho d'Água; C) Diagrama $Fe/(Fe+Mg)$ vs Al^{IV} com os campos de fugacidade de oxigênio. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



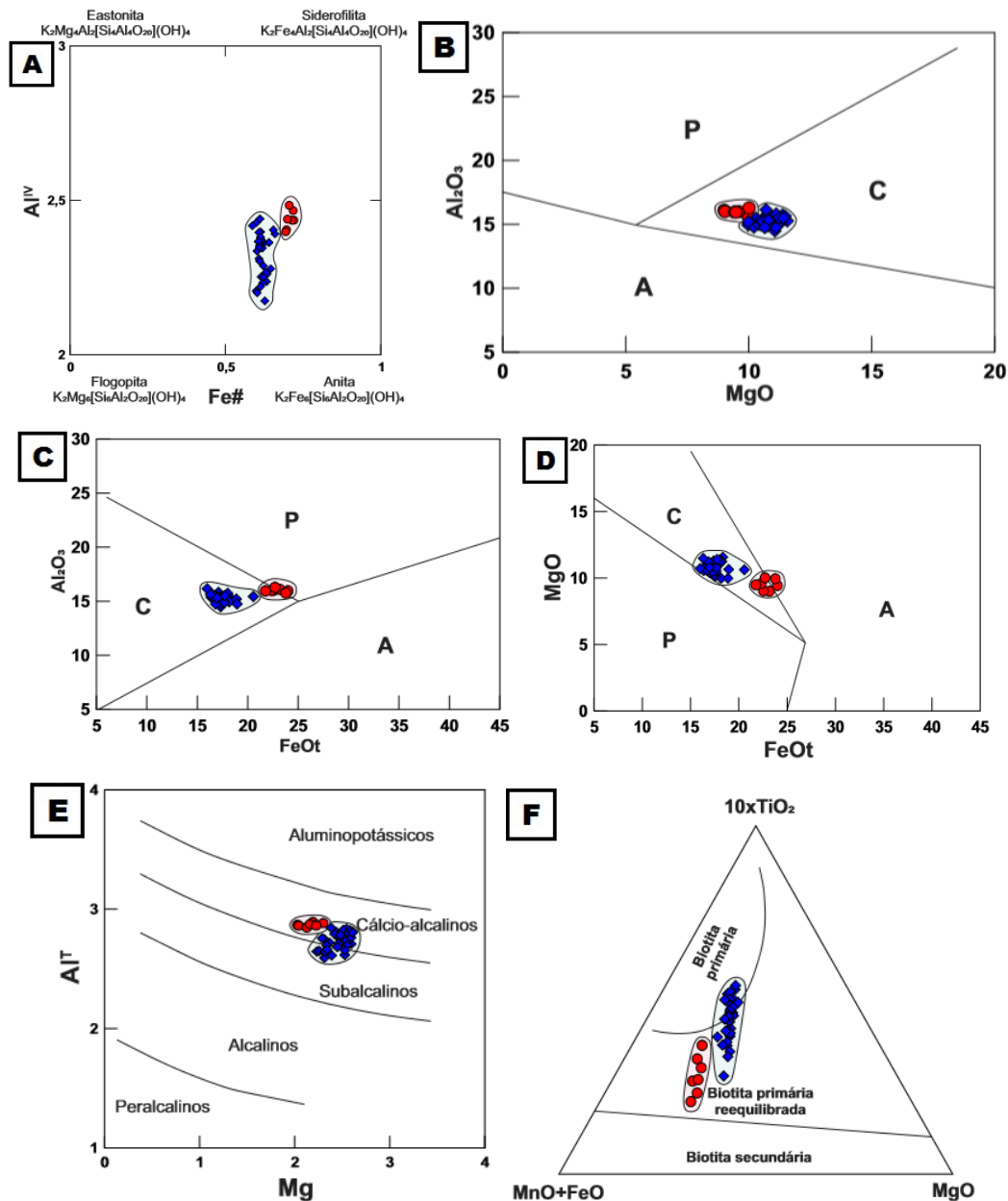


Fonte: A) Leake (1997); B) Próprio autor; C) Leake (1978).

6.3 Biotita

Foram realizadas análises de centro e borda em 26 minerais de biotita, totalizando 40 pontos nos plútons Tamboril e Olho d'Água analisados e seus dados estão representados no anexo VII do capítulo 11 – tabelas e anexos. Análises de microsonda indicam composições que se situam aproximadamente no campo da Anita, com algumas amostras próximas ao campo da flogopita e siderofilita (figura 6.3.1 A) (Deer et al., 1966). A razão molar $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ é relativamente alta (0,59-0,72), com conteúdo de alumínio intermediário. As composições de biotita para os plútons Tamboril e Olho d'Água e suas bolhas máficas são semelhantes e apresentam concentrações de MgO ligeiramente enriquecida (9-11,56 wt.%) e razão FeO/MgO entre 1,42 e 2,57. Os valores médios de FeO/MgO (1,76) para biotita em granitos porfiríticos é consistente com as razões reportadas por Abdel-Rahman (1994) e Brasilino et al. (2011). No diagrama MgO vs. Al_2O_3 (figura 6.3.1 B), as composições de biotita plotam no campo cálcio-alcálico, assim como também no diagrama FeO vs. Al_2O_3 (figura 6.3.1 C), apesar de mostrar uma leve tendência peralcalina devido ao alto teor de FeOt e também plota no campo das cálcio-alcálicas no diagrama FeO vs. MgO (figura 6.3.1 D). No diagrama Al^{T} vs Mg (figura 6.3.1 E) as amostras plotam entre os campos das cálcio-alcálicas e subalcalinas e apresenta uma ligeira correlação negativa. Nachit et al. (1985) propuseram este diagrama como um meio para identificar séries magmáticas que evoluíram através de processos distintivos de fracionamento de cristais. O índice de saturação de alumina da biotita ($\text{ASI} = \text{Al}^{\text{T}}/\text{Ca} + \text{Na} + \text{K}$) é significativamente baixo (1,38-1,86) e reflete baixa atividade de alumina no magma cristalizante (Zen, 1988). Segundo Speer (1984), os cristais de biotita de rochas plutônicas são frequentemente afetados por reequilíbrio magmático.

Figura 6.3.1: Diagramas de classificação química para biotita. A) Diagrama Al^{IV} vs. $Fe/(Fe+Mg)$; B, C e D) Diagramas propostos por Abdel-Rahman (1994). Símb: A = alcalino; C = cálcio-alcalino; P = peraluminoso; E) Diagrama Al^T vs. Mg ; F) Diagrama $10xTiO_2$ vs $FeO+MnO$ vs MgO . Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



Fonte: A) Deer et al. (1966); B) Abdel-Rahman (1994); C) Abdel-Rahman (1994); D) Abdel-Rahman (1994); E) Nachit et al. (1985); F) Nachit et al. (1985).

No diagrama TiO_2 vs $FeO+MnO$ vs MgO de Nachit et al. (1985) (figura 6.3.1 F), os minerais de biotita analisados do plúton Tamboril plotam no campo de biotita primária reequilibrada, enquanto que os minerais de biotita do plúton Olho d'Água plotam entre os campos da biotita primária, corroborando com os aspectos texturais encontrados nas

análises petrográficas, e no campo da biotita primária reequilibrada, podendo estar associada com um reequilíbrio magmático tardio.

6.4 Epidoto

Foram realizadas análises de centro e borda em 46 grãos de epidoto, totalizando 66 pontos analisados e seus dados estão representados no anexo VIII do capítulo 11 – tabelas e anexos. Foram usados os critérios texturais descritos por Zen e Hammarstron (1984) e Sial (1990) para distinguir o epidoto magmático do secundário em granitóides. Foram reconhecidos, baseados nesses critérios, quatro tipos de epidotos (Sial et al, 1990): tipo (1) é um epidoto embaiado ou em contato vermicular com plagioclásio inalterado; tipo (2) zonado, com núcleo de allanita, na borda de biotita; tipo (3) em contato com hornblenda e; tipo (4) parcialmente envolvido por biotita, nos interstícios de agregados de feldspato potássico. Neste trabalho somente o epidoto magmático do tipo (2) foi encontrado, com e sem núcleo de allanita.

Também foram usados os critérios químicos citados por Tulloch (1979), com base no conteúdo de pistacita do epidoto ($Ps = \text{molar } [Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Al)] \times 100 > 25\%$), e o critério de Evans e Vance (1987) que mostra que epidoto magmático (mEp) tipicamente tem $< 0,2 \text{ wt.\% TiO}_2$, considerando que o epidoto secundário que substitui a biotita tem $> 0,6 \text{ wt.\% TiO}_2$. Em todas as análises modais feitas nos plútons Tamboril e Olho d'Água, nenhuma delas ultrapassou 4% do volume total de epidoto. A maior parte dos grãos de mEp dos plútons estudados estão zonados e Fe^{+3} diminui do núcleo para a borda

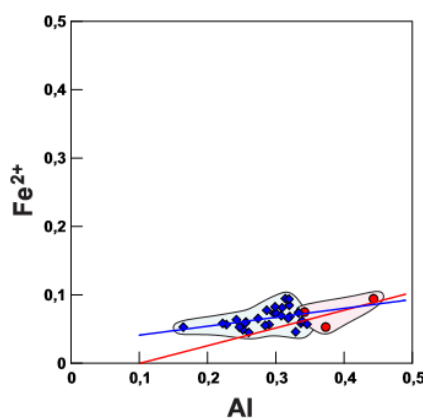
Os dois plútons estudados apresentam porcentagem molar de pistacita em mEp euedral e subeuedral diferentes. Enquanto o plúton Tamboril se apresenta com Ps_{17-20} , com uma amostra Ps_{24} e média $Ps_{18,4}$, o plúton Olho d'Água apresenta conteúdos de pistacita Ps_{18-26} , com média $Ps_{21,2}$. Esses valores de pistacita estão próximos do intervalo relatado como típico para mEp (Ps_{20-25}) por Sial et al (1990, 1998 e 2015) e Brasilino et al. (2011), em granitóides Ediacaranos no terreno Cachoeirinha-Salgueiro.

6.5 Titanita

Foram realizadas análises de centro e borda em 17 minerais de titanita nos plútons Tamboril e Olho d'Água, totalizando 31 pontos analisados e seus dados estão representados no anexo IX do capítulo 11 – tabelas e anexos. Titanita é um mineral acessório comum em rochas ígneas e metamórficas. Evans e Patrick (1987), Franz e

Spear (1985) e Tropper et al. (2002) mostraram uma correlação positiva entre Al e Fe em titanitas aluminosas a pressões altas. As titanitas dos plútons analisados neste trabalho são composicionalmente diferentes das titanitas magmáticas descritas por Enami et al (1993), apresentam-se com conteúdo de Al intermediário (0,16-0,44), mas mostram correlação positiva entre Al e Fe (figura 6.5.1), com leve dispersão. Isso sugere alta pressão de cristalização para titanitas dos plútons Tamboril e Olho d'Água. Ainda de acordo com Enami et al (1993), a composição da titanita depende da pressão e temperatura, sendo esta de temperatura mais alta quando $Al+Fe^{3+} < 1.4$, o que corrobora com os dados de titanita destes plútons, com $Al+Fe^{3+} \approx 0,36$. Esta observação é suportada com relações texturais, que apontam para uma cristalização precoce deste mineral nestes plútons.

Figura 6.5.1: Correlação positiva entre Al e Fe^{2+} em titanitas do plúton Tamboril e Olho d'Água. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



Fonte: Próprio autor

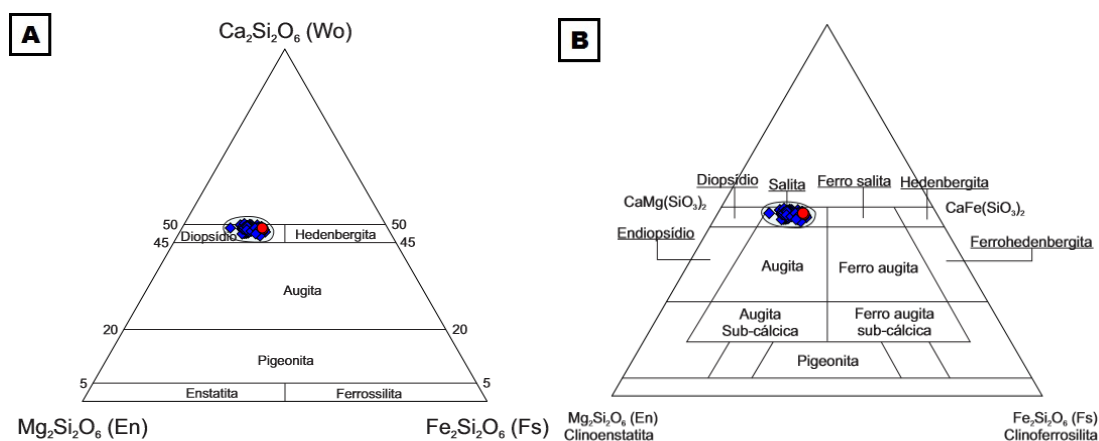
6.6 Clinopiroxênio

Foram realizadas análises de centro e borda em minerais de piroxênio nos plútons Tamboril e Olho d'Água, totalizando 108 pontos analisados e seus dados estão representados no anexo X do capítulo 11 – tabelas e anexos. É interessante destacar que clinopiroxênio (diopsídio) é substancialmente menos abundante quando há a presença de epidoto magmático na rocha, isso é possível identificar em análises petrográficas e também ocorre no plúton Pedra Branca (Sial e Ferreira, 2015). Isso é consistente com experimentos de Schmidt e Thompson (1996) em magmas tonalíticos saturados em água, que demonstra que fusão de epidoto acima da reação de entrada do clinopiroxênio está

diretamente relacionada ao aparecimento de clinopiroxênio, isto é, com o aumento da temperatura modal o aumento de clinopiroxênio é diretamente proporcional à diminuição do epidoto modal ($\text{epidoto} + \text{hornblenda} + \text{H}_2\text{O} = \text{clinopiroxênio} + \text{líquido}$).

Para a classificação de piroxênios do plúton Tamboril, adotou-se neste trabalho a nomenclatura de Morimoto (1988) e Deer (1966), que seguem as recomendações da IMA (International Mineralogical Association). Os piroxênios analisados constituem-se essencialmente de Ca, Mg e Fe, como representados na tabela 6. Suas fórmulas estruturais foram calculadas com base em 6 oxigênios e 4 cátions, bem como, as porcentagens de wollastonita (Wo), enstatita (En) e ferrossilita (Fs). Os piroxênios analisados são em geral ricos em cálcio, e com baixos teores de magnésio, o que os fazem plotar no campo do diopsídio (Morimoto, 1988) (figura 6.6.1 A). Em comparação com a classificação de Deer et al. (1966), apesar de plotarem na mesma região do gráfico anterior, as amostras são classificadas como salita (figura 6.6.1 B). Por não haver diferença química significativa entre centro e borda não houve distinção entre estes no gráfico.

Figura 6.6.1: Diagramas de variação composicional em função dos componentes moleculares Wo ($\text{Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_6$), En ($\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$) e Fs ($\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$). Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



Fonte: A) Morimoto (1988); B) Deer et al. (1966).

7 CONDIÇÕES DE CRISTALIZAÇÃO

Através da descrição petrográfica e dados de química mineral dos plútons Tamboril e Olho d'Água, foram calculadas estimativas para temperatura, pressão, fugacidade e viscosidade da fusão durante a cristalização destes plútons.

7.1 Barometria de alumínio total em hornblenda

A variação linear de Al em grãos de hornblendas em granitos cálcio-alcálinos com pressão de cristalização tem sido usada para estimativas geobarométricas (Schmidt, 1992). Hammarstrom e Zen (1983, 1986) propuseram uma equação barométrica que tem sofrido a refinamento e calibração para melhorar o nível de precisão para 1 kbar. Schmidt (1992) experimentalmente calibrou esta equação barométrica baseada em Hammarstrom e Zen (1986), expandindo sua aplicabilidade para até 13 kbar de pressão e máximo Al^T até 3,37, e usou isso para fusões saturadas em H_2O .

De acordo com Anderson e Smith (1995) e Anderson (1996), temperatura, fugacidade de oxigênio e pressão total são parâmetros que influenciam a química mineral de silicatos máficos, mas a fugacidade de oxigênio é o principal fator controlador. Eles demonstraram que este barômetro produz uma falsa pressão elevada quando aplicado a plútons de baixa fugacidade de oxigênio com hornblenda rica em ferro. Com o aumento da fugacidade de oxigênio, a razão $Fe/(Fe+Mg)$ da hornblenda e biotita diminui acentuadamente, independente da razão Fe/Mg de rocha total.

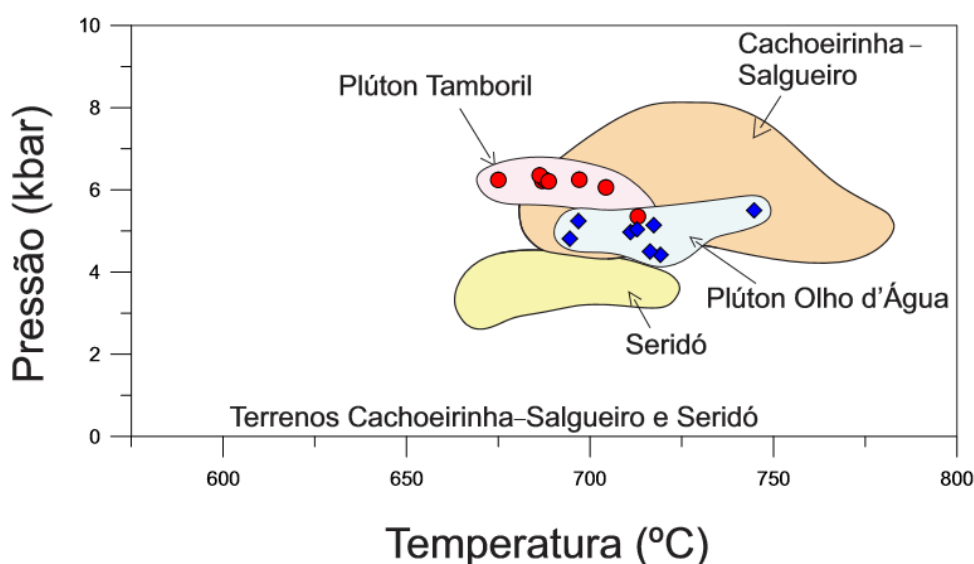
Dada essas limitações, aplicou-se a correção proposta por Anderson e Smith (1995), mas somente se a assembléia mineral incluísse quartzo, silicatos ferro-magnesianos, titanita eudral e magnetita, e também a razão $Fe/(Fe+Mg)$ em hornblenda estiver com valores entre 0,40-0,65, características de magmas com relativamente alta fugacidade de oxigênio. Os intervalos de pressão obtidos foram diferentes para cada plúton (anexo XI, capítulo 11 – tabelas e anexos). No plúton Tamboril, os valores de pressão estão entre 5,3-6,3 kbar, com média de 6,1 kbar, enquanto o plúton Olho d'Água os valores de pressão estão entre 4,4-5,5 kbar, com média de 4,9 kbar (figura 7.2.1).

7.2 Temperatura estimada do solidus por Hornblenda-Plagioclásio

A termometria anfibólio-plagioclásio proposta por Blundy e Holland (1990) é válida para temperaturas entre 500-1000 °C para plagioclásio com $Si < 7,8$ afu. O nível de incerteza nesses cálculos foi subsequentemente reduzido de ± 75 °C para ± 35 °C

(Holland e Blundy, 1994). Esse geotermômetro faz uma correlação entre os conteúdos de Al^T no anfibólio e de albita no plagioclásio, como função da temperatura. Essa calibração tem como referência a reação “edenita + 4 quartzo = tremolita + albita”. Assim como para a barometria, os resultados de temperatura foram divididos de acordo com os plútons (anexo XI, capítulo 11 – tabelas e anexos). O plúton Tamboril apresenta temperaturas variando entre 675–713 °C, enquanto o plúton Olho d’Água, rico em clinopiroxênio, apresenta temperaturas mais elevadas, entre 694–744 °C (figura 7.2.1).

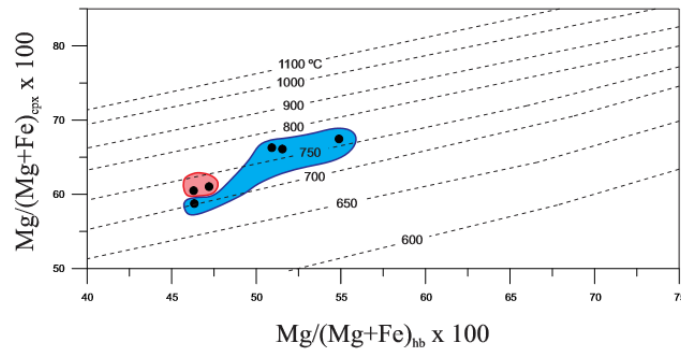
Figura 7.2.1: Temperatura do solidus usando Al^T em hornblenda e plagioclásio. As regiões com cores laranja e amarelo claros são os dados obtidos em plútons analisados por Sial et al. (1999). Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d’Água.



Fonte: Sial et al. (1999).

Perchuck et al. 1985 propuseram uma termometria baseada na relação clinopiroxênio-hornblenda e que pode ser aplicada a rochas cálcio-alcálinas. O diagrama $Mg/(Mg+Fe)_{hb} \times 100$ vs $Mg/(Mg+Fe)_{cpx} \times 100$ (Anderson, 1996), mostra valores entre 700-800 °C para o plúton Olho d’Água e entre 700-750 °C para o plúton Tamboril (figura 7.2.2). Embora o termômetro possa produzir temperaturas próximas às obtidas usando o termômetro hornblenda-plagioclásio, esses resultados devem ser vistos com cautela, pois os dados para apoio a calibração não foram publicados no referido artigo e nem os efeitos da variável Fe^{3+}/Fe^{2+} foram relatados (anexo XII, capítulo 11 – tabelas e anexos).

Figura 7.2.2: Diagrama $Mg/(Mg+Fe)_{hb} \times 100$ vs $Mg/(Mg+Fe)_{cpx} \times 100$ usando os cálculos de termometria de Perchuck et al. (1985). A região em vermelho representa o plúton Tamboril, enquanto a região em azul o plúton Olho d’Água.



Fonte: Anderson (1996) e Perchuck et al. (1985).

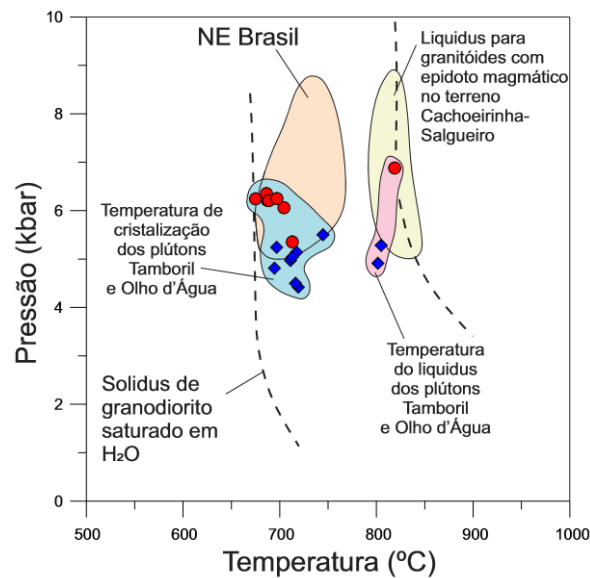
7.3 Temperatura estimada do liquidus por zircônio (Zn)

Abundância de zircônio em rocha total pode ser usado para estimar a temperatura de cristalização de zircão em fusões graníticas saturadas em zircão (Watson, 1987). Watson e Harrison (1984) mostraram experimentalmente que a solubilidade de zircão está correlacionada com SiO_2 . Esse método assume que o zircão não é herdado da fonte e não representa uma fase cumulata, e também é baseado no fato que zircão geralmente é o primeiro mineral a cristalizar. Esse método de termometria estimada por zircônio é apropriado para estimar a temperatura mínima do líquido, que pode ser calculada pela equação de Miller et al. (2003):

$$T_{\text{Zr}} = \frac{12900}{2,95 + 0,85M + \ln(496/\text{Zr}_{\text{melt}})}$$

O plúton Tamboril apresenta temperaturas variando entre 807-829 °C, enquanto o plúton Olho d'Água apresenta temperaturas mais baixas, entre 788-819°C (figura 7.3.1). Esses cálculos são importantes, pois fornecem a temperatura mínima do liquidus que pode ser comparada a temperatura mínima da fusão (anexo XIII, capítulo 11 – tabelas e anexos).

Figura 7.3.1: Diagrama P-T para granitóides com epidoto magmático do terreno Cachoeirinha-Salgueiro. Curva do liquidus obtida com a equação de saturação de zircão e curva para o solidus (curva magmática para granitóides saturados em H_2O). As regiões com as cores laranja claro e amarelo claro são de plútons estudados por Sial et al. (1999), a região em azul claro é o campo determinado com os resultados obtidos para a temperatura e pressão de cristalização dos plútons Tamboril e Olho d'Água e a região em rosa são os resultados obtidos para a temperatura e pressão do liquidus destes plútons. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



Fonte: Sial et al. (1999).

7.4 Fugacidade de oxigênio

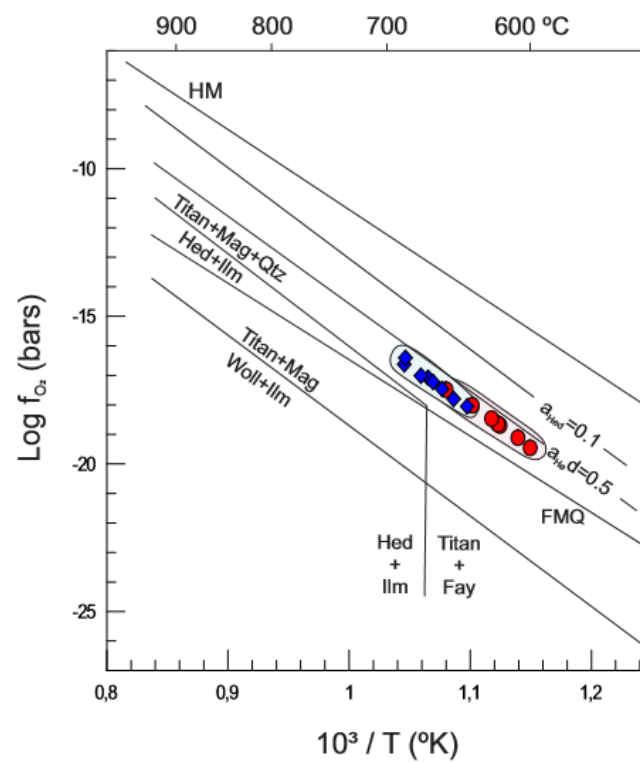
A fugacidade de oxigênio do magma está intimamente ligada à sua fonte (Loiselle e Wones, 1979; Wones, 1989; Ishihara, 1998), e é difícil usar o produto final (granitos) para estabelecer a fugacidade de oxigênio dos magmas primários. Além de depender da temperatura e pressão (Wones, 1989), de acordo com Enami et al. (1993), algumas deduções podem ser feitas usando a assembleia mineral da rocha e a química mineral. A presença de anfíbolios ricos em Mg e biotitas de cristalização precoce, titanita euedral e magnetita em rochas félsicas indicam que o magma hospedeiro era relativamente oxidado. Wones (1989) também demonstrou que a assembleia de titanita + magnetita + quartzo em rochas graníticas indica alta fugacidade de oxigênio em magmas silicáticos e permite uma estimativa da fugacidade de oxigênio, como segue:

$$\log fO_2 = -\frac{30930}{T} + 14,98 + 0,142 \frac{P - 1}{T}$$

onde T é a temperatura (Kelvin) e P é a pressão (bar).

Por conseguinte, a equação acima sugere uma fugacidade de oxigênio intermediária a alta para a cristalização dos plútons Tamboril e Olho d'Água ($fO_2 = 10^{-16}$ a 10^{-19}), entre os tampões FMQ e HM no diagrama $\log fO_2$ vs temperatura de Wones (1989) (figura 7.4.1) (anexo XIV, capítulo 11 – tabelas e anexos).

Figura 7.4.1: Fugacidade de oxigênio do plúton Tamboril exibida através do diagrama $\log f_{O_2}$ vs $10^3/T$ (°K). Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



Fonte: Wones (1989)

8 GEOQUÍMICA ISOTÓPICA

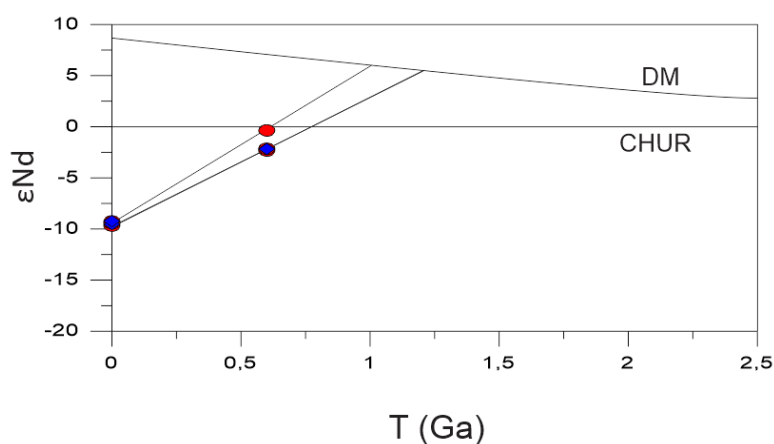
8.1 Isótopos de Sm-Nd e Rb-Sr

O plúton Tamboril mostra idades-modelo Nd (T_{DM}) variando de 1,0 a 1,2 Ga e valores de ϵNd (0,6 Ga) negativos estendendo-se de -0,37 a -2,33, com razões $^{143}Nd/^{144}Nd$ variando entre 0,512142 a 0,512163 (tabela 8.1.1). O plúton Olho d'Água mostra idades-modelo Nd (T_{DM}) de 1,2 Ga e valores de ϵNd (0,6 Ga) negativos de -2,15 e -2,18, com razões $^{143}Nd/^{144}Nd$ de 0,512150 e 0,512165 (tabela 8.1.1). Isso são informações típicas de plútons colocados entre 650 e 620 Ma (figura 8.1.1).

Tabela 8.1.1: Dados isotópicos de Sm/Nd do plúton Tamboril. Idades modelo (T_{DM}) foram calculadas de acordo o modelo de DePaolo (1981). As amostras BELRS-02, 08 e 10, representadas pelas linhas vermelhas, são referentes ao plúton Tamboril; e as amostras BELRS-16 e 20, representadas pelas linhas azuis, são referentes ao plúton Olho d'Água.

Amostra	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$(^{147}Sm/^{144}Nd)_m$	$(^{143}Nd/^{144}Nd)_m$	$\epsilon Nd(0)$	$\epsilon Nd(T)$	T(Ga)	T_{DM} (Ga)
BELRS-02	5,52	44,30	0,075	0,512142	-9,67	-0,37	0,6	1,0
BELRS-08	6,01	34,21	0,106	0,512163	-9,26	-2,33	0,6	1,2
BELRS-10	4,41	26,25	0,101	0,512154	-9,44	-2,15	0,6	1,2
BELRS-16	4,94	29,75	0,100	0,512150	-9,52	-2,15	0,6	1,2
BELRS-20	6,03	34,82	0,104	0,512165	-9,23	-2,18	0,6	1,2

Figura 8.1.1: Composição isotópica para o plúton Tamboril. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



Fonte: Próprio autor.

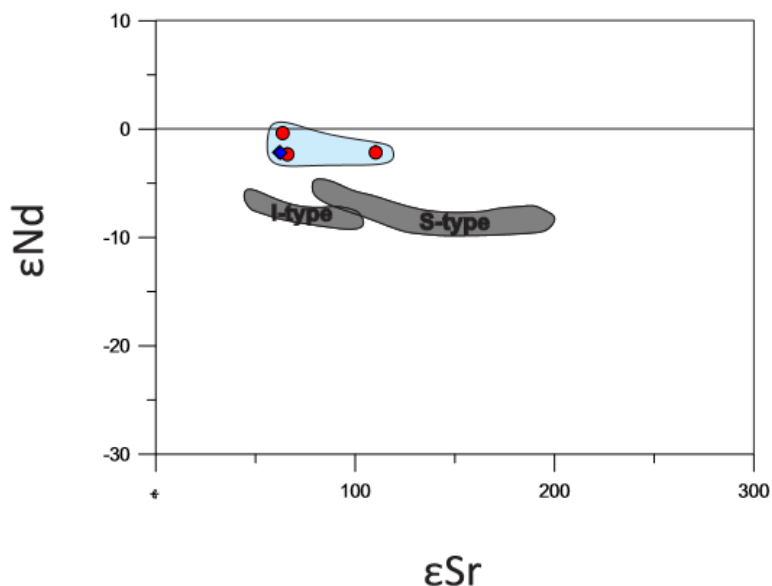
Os valores negativos de ϵNd (0,6 Ga) destes plútons são compatíveis com as associações de magma estudados por Ferreira et al. (2004) e representam associações de

magmas juvenis que também tendem a ter valores mais negativos, compatíveis com a interação com uma crosta mais espessa. Sial et al. (1983) e Sial (1990) publicaram que plútons cálcio-alcálicos com epidoto magmático no Terreno Cachoeirinha-Salgueiro exibe ϵNd (0,6 Ga) entre -1 e -2 e idades modelo (T_{DM}) variando de 1,2 a 1,4 Ga. Esses dados, juntamente com razões iniciais de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0,708 e 0,711 (tabela 8.1.2) e com a presença generalizada de clots ricos em anfíbólios, são compatíveis com a geração de tonalitos e granodioritos (equivalente a adakitos) e também como um magma com fonte mantélica que sofreu contaminação crustal (figura 8.1.2).

Tabela 8.1.2: Dados isotópicos de Rb/Sr do plúton Tamboril. As amostras BELRS-02, 08 e 10, representadas pelas linhas vermelhas, são referentes ao plúton Tamboril; e as amostras BELRS-16 e 20, representadas pelas linhas azuis, são referentes ao plúton Olho d'Água.

Amostra	Rb(ppm)	Sr(ppm)	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_m$	$(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_i$	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$	$\epsilon\text{Sr}(0)$	$\epsilon\text{Sr}(T)$	I(T)	T(Ga)
BELRS-02	113	519	0,713662	0,630307	0,70827	130	63,6	9	0,6
BELRS-08	125	538	0,714193	0,672653	0,70844	138	66	9	0,6
BELRS-10	122	594	0,716642	0,59476	0,71155	172	110,2	9	0,6
BELRS-16	102	434	0,713964	0,6804	0,70814	134	61,81	9	0,6
BELRS-20	100	411	0,714221	0,704406	0,70819	138	62,53	9	0,6

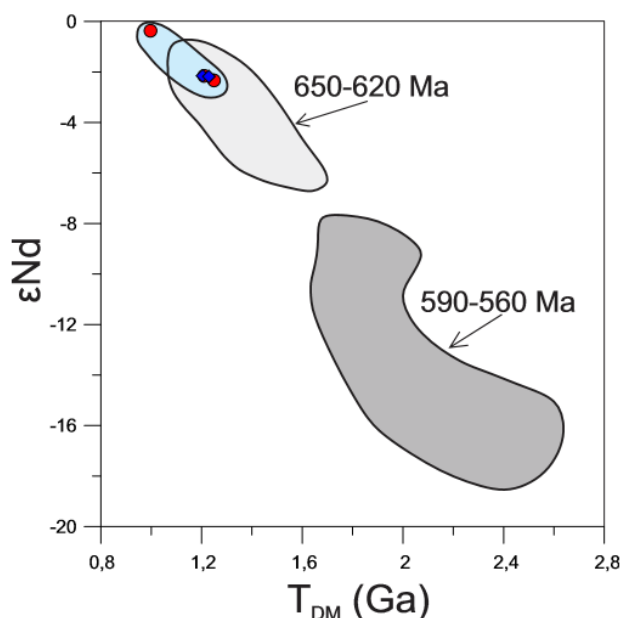
Figura 8.1.2: Dados isotópicos Nd e Sr. Campos de granitos do tipo-I e do tipo-S. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



Fonte: Harmon et al. (1984).

Os valores de $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$ para os plútons Tamboril e Olho d'Água são mais baixos e com um intervalo restrito em comparação com os valores de plutons cálcio-alcalinos de alto potássio com epidoto magmático no Terreno Alto Pajeú (-2.8 a -10.1). Os valores de ϵ_{Nd} são variáveis em plutons compostos (por exemplo, -3,6 a -10 no composto Brejinho) e compatíveis com graus variáveis de interação do magma derivado do manto com material crustal. Idades modelo Nd de manto empobrecido tendem a ser mais velhas em suítes mais novas. Os magmas cálcio-alcalinos e cálcio-alcalinos de alto potássio dos terrenos Cachoeirinha-Salgueiro e Alto Pajeú possuem fonte com idade modelo Mesoproterozóica, enquanto as demais associações de magma, incluindo os plutons shoshoníticos com epidoto magmático, têm idades modelo Paleoproterozóica (Sial e Ferreira, 2015) (figura 8.1.3).

Figura 8.1.3: Diagrama ϵ_{Nd} versus $T_{\text{DM}}(\text{Ga})$ para plútons Ediacaranos de diferentes associações magmáticas dentro dos terrenos Cachoeirinha-Salgueiro e Alto Pajeú. O campo azul claro representa os dados dos plútons Tamboril e Olho d'Água, que plotam no campo dos plútons cálcio-alcalinos com epidoto magmático com idade entre 650-620 Ma de Sial e Ferreira (2015) (região cinza claro). Na região cinza escuro estão plútons de diferentes associações magmáticas no terreno Cachoeirinha-Salgueiro e Alto Pajeú. Os círculos vermelhos representam o plúton Tamboril e os losangos azuis representam o plúton Olho d'Água.



Fonte: Sial e Ferreira (2015).

8.2 Isótopos de oxigênio

Quartzo, biotita, clinopiroxênio e zircão foram analisados na linha de extração a laser de oxigênio do laboratório NEG-LABISE da Universidade Federal de Pernambuco. Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ do magma dos plútons Tamboril e Olho d'Água foram calculados através de quartzo, clinopiroxênio e zircão e estão listados na tabela 8.2.1 no final deste capítulo.

8.2.1 Zircão

Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ dos zircões dos plútons Tamboril e Olho d'Água exibe variação de 7,81 a 10,61‰ V-SMOW. Estes valores são considerados altos para $\delta^{18}\text{O}$ de zircão ígneo em rochas plutônicas, porém dentro da considerada “faixa terrestre” (Valley et al., 2005) e também cem por cento dos resultados obtidos estão acima do valor do manto para zircão ($5,3 \pm 0,3\text{‰}$, Valley et al., 1998). Apesar dos grãos de zircão terem tamanhos variados não deve haver variações de $\delta^{18}\text{O}$ significativas (Lackey et al., 2005).

8.2.2 Clinopiroxênio

Onze amostras de clinopiroxênio foram analisadas nos plútons, com intervalos de $\delta^{18}\text{O}$ (cpx) entre 8,64 a 11,8‰, mas com média 10,2‰. Uma amostra apresenta valores de $\delta^{18}\text{O}$ (cpx) acima de 13‰ e isto se deve a grande quantidade de inclusões de quartzo e feldspatos nesta localidade (afloramento BELRS-19), observados em lâminas petrográficas.

8.2.3 Quartzo

Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ (qz) foram analisados a partir de minerais selecionados nos plútons Tamboril e Olho d'Água. O intervalo de $\delta^{18}\text{O}$ (qz) é 11,2 a 15,4‰. Nos contatos com a encaixante os valores de $\delta^{18}\text{O}$ (qz) são maiores, isso pode ter ocorrido devido à introdução de quartzos da encaixante nos plútons durante sua respectiva colocação.

8.2.4 Biotita

Dezoito amostras de biotita destes plútons foram analisadas, mostrando variação de $\delta^{18}\text{O}$ (bt) de 6,6 a 10,1‰, com média 8,6‰.

8.2.5 Temperatura de cristalização magmática dos plútons Tamboril e Olho d'Água por isótopos de quartzo e biotita

Matthews et al (1983) propuseram calcular a temperatura de cristalização magmática através do $\Delta^{18}\text{O}$ (quartzo-magnetita). Porém, como os minerais de magnetita são praticamente ausentes nos plútons cálcio-alcálinos com epidoto magmático do terreno Cachoeirinha–Salgueiro foi feito um cálculo proposto pelos mesmos autores:

$$\Delta^{18}\text{O}_{(\text{Qz-Mt})} = \frac{\Delta^{18}\text{O}_{(\text{Qz-Bt})}}{0,59}$$

Esta equação proposta produz temperaturas aparentes entre 414–920 °C num total de 18 amostras. Desse total, seis encontram-se no intervalo esperado para a cristalização magmática (650–850 °C), onze possuem valores significativamente mais baixos e uma com valor acima do esperado (tabela 8.1.2).

Esse desequilíbrio $\Delta^{18}\text{O}(\text{qz-bt})$ resultando em baixas temperaturas de cristalização é explicado pela reinicialização do sistema fechado de $\delta^{18}\text{O}$ (qz) durante o resfriamento sub-solidus, devido à difusão de oxigênio ser relativamente rápida em quartzo (Farver e Yund, 1991; Sharp et al., 1991), o que produz uma temperatura de fechamento mais baixa para troca de oxigênio em quartzo do que em biotita Lackey et al. (2008).

8.2.6 $\delta^{18}\text{O}$ do magma calculado através de quartzo, clinopiroxênio e zircão

Valores de $\delta^{18}\text{O}$ do magma calculados a partir de diferentes minerais deveriam, em princípio, ser os mesmos. Isso ocorre nos plútons cálcio-alcálinos com epidoto magmático no terreno Cachoeirinha-Salgueiro (Sial, 1990; Ferreira et al., 2003, 2011; Sial e Ferreira, 2015). Porém nos plútons Tamboril e Olho d'Água há certa

heterogeneidade nos valores obtidos de $\delta^{18}\text{O}$, onde a média desses resultados é até semelhante, mas há uma grande variação de até $\pm 2\%$ de mineral para mineral. Valores $\delta^{18}\text{O}$ do magma foram calculados a partir de zircão, quartzo e clinopiroxênio. Todos os resultados obtidos de $\delta^{18}\text{O}$ destes minerais se encontram na tabela 8.2.1.

Os resultados de $\delta^{18}\text{O}$ do magma a começar do zircão ($10,6 \pm 1,3\%$) são semelhantes aos encontrados para os plútons Emas, Conceição, Urubu-Serrote, Serra Branca, entre outros plútons já estudados pelos respectivos autores acima citados. As proporções médias de isótopos de oxigênio para outros minerais no plúton Tamboril são $12,22 \pm 2,24\%$ (quartzo), $8,61 \pm 1,95\%$ (biotita), $10,78 \pm 2,64\%$ (clinopiroxênio).

O fracionamento $\Delta^{18}\text{O}$ (rocha total(wr) – zircão) varia com a mineralogia e pode ser aproximado como uma função linear de wt % SiO_2 para rochas ígneas e temperaturas magmáticas (Valley et al., 1994). Valores de $\Delta^{18}\text{O}$ (zircão-wr) variam de $\rightarrow \sim 0,5\%$ para rochas máficas a $\sim 2\%$ para rochas graníticas de acordo com a relação proposta por Valley et al. (1994) e Lackey et al. (2008), o que é condizente com os resultados obtidos nesse trabalho, variando $\pm 2,6\%$. Esta relação obedece à equação:

$$\Delta^{18}\text{O}_{(\text{wr} - \text{zrc})} = \delta^{18}\text{O}_{(\text{wr})} - \delta^{18}\text{O}_{(\text{zrc})}$$

$$\Delta^{18}\text{O}_{(\text{wr} - \text{zrc})} \approx 0,0612 \times (\text{wt \% SiO}_2) - 2,5 \text{ ‰}$$

Taylor et al. (1984) destacou que clinopiroxênio exhibe valores muito próximos ao do magma do qual cristalizou ($0,25 \text{ ‰}$ mais baixo que o do magma). Para rochas que não possuem análises de $\delta^{18}\text{O}$ em zircão, o $\delta^{18}\text{O}$ de quartzo foi analisado. Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ de quartzo estão entre 1 e $1,4 \text{ ‰}$ acima do valor do magma do qual cristalizou. Foi usada a média ($1,2 \text{ ‰}$) para estimar o valor do magma.

Tabela 8.2.1: Dados de isótopos de oxigênio (‰ V-SMOW) dos plútons Tamboril e Olho d'Água e temperatura calculada de acordo com o modelo proposto por Matthews et al. (1983). As amostras em vermelho representam o plúton Tamboril e as amostras em azul representam o plúton Olho d'Água.

Amostra	Quartzo	Biotita	Piroxênio	Zircão	Anfibólio	$\delta^{18}\text{O}$ w.r. (magma)	$\delta^{18}\text{O}$ Qz (magma)	$\delta^{18}\text{O}$ Px (magma)	$\Delta(\text{Qz-Bt})$	$\Delta(\text{Qz-Mt}) = \Delta(\text{Qz-Bt})/0,59$	T (°C)
BELRS-2	15,24	10,14					14,04		5,1	8,64	567,59
BELRS-4A	13,45	8,59	10,14				12,25	10,39	4,86	8,24	588,1
BELRS-4B	12,32	8,84	10,28				11,12	10,53	3,48	5,90	744,64
BELRS-5	11,18	8,65	9,7				9,98	9,95	2,53	4,29	920,53
BELRS-6	13,08	8,6		9,65		11,2	11,88		4,48	7,59	623,88
BELRS-6A	12,78	7,95					11,58		4,83	8,19	590,77
BELRS-7	13,09	8,01	8,95	8,81		10,3	11,89	9,2	5,08	8,61	569,24
BELRS-8	13,59	8,46		8,58	9,38	10,1	12,39		5,13	8,69	565,13
BELRS-9	12,81	9,37					11,61		3,44	5,83	750,54
BELRS-10	15,39	9,86					14,19		5,53	9,37	534,24
BELRS-13	15,36	7,73	10,18				14,16	10,43	7,63	12,93	414,21
BELRS-14	12,28	6,95		7,81		9,3	11,08		5,33	9,03	549,25
BELRS-16	12,14	8,88	11,81				10,94	12,06	3,26	5,53	778,42
BELRS-17	12,99	8,83	10,16	10,61		11,9	11,79	10,41	4,16	7,05	657,74
BELRS-18	13,13	9,91	9,99	10,29		11,6	11,93	10,24	3,22	5,46	784,93
BELRS-19	13,53	6,66	13,17				12,33	13,42	6,87	11,64	451,23
BELRS-20	13,9	9,75	10,89	8,44		9,8	12,7	11,14	4,15	7,03	658,86
BELRS-21	13,37						12,17				
BELRS-25	12,89						11,69				
BELRS-31	12,68		9,83				11,48	10,08			
BELRS-32			8,64					8,89			

9 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O magmatismo granítico mais antigo dentro dos terrenos Cachoeirinha-Salgueiro e Alto Pajeú (650-620 Ma) caracteriza-se principalmente por associações magmáticas cálcio-alcalinas com epidoto magmático (CA mEp) e cálcio-alcalinas de alto potássio com epidoto magmático. O primeiro (CA mEp) é restrito ao terreno Cachoeirinha-Salgueiro, com apenas três exceções conhecidas até hoje (plútons Riacho do Icó, Tabira e Curral de Cima), que ocorrem no terreno Alto Pajeú. Dentro da área de afloramentos do terreno Cachoeirinha-Salgueiro, existem granitos de associações magmáticas cálcio-alcalinas com epidoto magmático datados entre 650 a 620 Ma, formados com configuração de arco magmático (plútons Conceição e Curral de Cima) (Brito Neves et al., 2003, 2014; Ferreira et al., 2004; Sial et al., 2008).

Os plútons Tamboril e Olho d'Água são intrusivos na região central do Domínio da Zona Transversal, no terreno Cachoeirinha-Salgueiro e se localizam entre as bacias sedimentares de Cedro e São José do Belmonte. Estes plútons fazem parte da associação cálcio-alcalina presente nesse terreno, que é uma das feições características do magmatismo Ediacarano na Província da Borborema (Brasilino et al., 2011; Sial e Ferreira, 2015). Inicialmente foram considerados como um plúton dividido em duas fácies e posteriormente separado em dois plútons: plúton Olho d'Água – clinopiroxênio-biotita tonalito a granodiorito médio, equigranular, contendo anfibólio e epidoto magmático; e plúton Tamboril – biotita granodiorito médio a grosso, porfirítico, contendo anfibólio, epidoto magmático, clinopiroxênio em menor quantidade e megacristais de feldspatos potássicos. Os dois plútons apresentam enclaves máficos arredondados a elípticos.

Xenólitos ricos em anfibólios são consideradas como fragmentos que se destacaram de uma fonte profunda (Sial e Ferreira, 2015) e podem representar restitos da fusão parcial de uma fonte anfibolítica. Fusão envolvendo zoisita + anfibólio + quartzo produz líquido + clinopiroxênio entre 10 e 25 kbar a temperaturas acima de 800 °C (Thompson e Ellis, 1994). Sial e Ferreira (2000), em estudos do plúton Pedra Branca, Terreno Cachoeirinha-Salgueiro, sugeriram que a homogeneidade isotópica e química, presença de clinopiroxênio e temperatura do liquidus estimada acima de 800 °C pode ser o registro de uma fusão peritética de uma fonte anfibolítica.

As composições mineralógicas dos dois plútons são semelhantes, divergindo apenas nas proporções modais e texturas observadas. Os feldspatos ricos em potássio, presentes em menos de 10% da rocha total, ocorrem como microclina, pertita e mais raramente como ortoclásio, enquanto os feldspatos calcossódicos variam composicionalmente de albita a andesina. A biotita apresenta altos teores de ferro, com composição entre os campos da annita e da siderofilita, corroborando com os resultados obtidos nas análises de rocha total. Esses cristais de biotita são considerados primários, ratificando os aspectos texturais encontrados nas análises petrográficas, a primários reequilibrados, podendo estar associados com um reequilíbrio magmático tardio. Os cristais de hornblenda analisados são enriquecidos em cálcio, ferro e magnésio e mostram composição variando de edenita (plúton Olho d'Água) a ferro-edenita (plúton Tamboril), semelhantes aos resultados obtidos por Brasilino et al. (2011) em plútons cálcio-alcálicos no Terreno Cachoeirinha-Salgueiro. Epidoto ocorre como mineral primário (epidoto magmático) e secundário.

Epidoto magmático se apresenta principalmente como cristais idiomórficos com núcleos de allanita e zonação oscilatória ou na borda de biotita, parcialmente digeridos pelo magma. Os dois plútons estudados apresentam porcentagem molar de pistacita em mEp euedral e subeuedral diferentes. Enquanto o plúton Tamboril se apresenta com Ps₁₇₋₂₀, com uma amostra Ps₂₄ e média Ps_{18,4}, o plúton Olho d'Água apresenta conteúdos de pistacita Ps₁₈₋₂₆, com média Ps_{21,2}. Esses valores de pistacita estão próximos do intervalo relatado como típico para mEp (Ps₂₀₋₂₅) por Sial et al (1990, 1998 e 2015) e Brasilino et al. (2011), em granitóides Ediacaranos no terreno Cachoeirinha-Salgueiro. As titanitas, apesar de apresentarem conteúdo de Al intermediário, mostram correlação positiva entre Al e Fe, o que sugere alta pressão de cristalização para titanitas dos plútons Tamboril e Olho d'Água (Enami et al, 1993). A ordem de cristalização proposto para o plúton Tamboril é: opacos – zircão – titanita – apatita – clinopiroxênio – anfibólio – moscovita – allanita – epidoto – biotita – plagioclásio – feldspato potássico – quartzo. A composição modal do plúton Tamboril (Strekeisen, 1976) mostra a diferença modal destes plútons, enquanto o plúton Olho d'Água tem uma composição tonalítica, o plúton Tamboril é essencialmente granodiorítico.

Diagramas tipo Harker mostram tendências de correlação negativa entre sílica e Fe₂O₃, P₂O₅, TiO₂, CaO, MgO, MnO, sugerindo um fracionamento progressivo das fases

máficas, como minerais óxido de ferro, apatita, titanita, diopsídio e hornblenda. Traçando-se uma linha de regressão no gráfico TiO_2 versus SiO_2 , observa-se que a fonte dos dois plútons teria cerca de 55% de sílica, (andesítica ou basalto toleítico, pois estes teriam em torno de 1,0–1,5% de titânio). Rb apresenta-se com correlação positiva com sílica, indicando a presença deste elemento até o final da cristalização do plúton, embora haja uma certa dispersão. Os plútons são classificados como metaluminosos de acordo com as classificações de Maniar e Piccoli (1989), Villaseca et al. (1998) e Debon e Le Fort (1983), série cálcio-alcalina (Irvine e Baragar, 1971 e Miyashiro, 1974) e magnesianos do tipo Cordilheirano (Frost e Lindsley, 1991; Frost et al., 2001). Em diagramas discriminantes de ambientes tectônicos são classificados como granitos de arco vulcânico (Pearce et al., 1984) e como elevação pós-colisional (Batchelor e Bowden, 1985).

A pressão de solidificação para os plútons, que é estimada a partir do geobarômetro Al^{T} em hornblenda, foi calculada entre 5,3-6,3 kbar para o plúton Tamboril, com média de 6,1 kbar, enquanto o plúton Olho d'Água os valores de pressão estão entre 4,4-5,5 kbar, com média de 4,9 kbar. O geotermômetro de Blundy e Holland (1990), utilizado para determinação das temperaturas de cristalização, forneceu temperaturas variando de 675–713 °C para o plúton Tamboril, enquanto o plúton Olho d'Água, rico em clinopiroxênio, apresenta temperaturas mais elevadas, entre 694–744 °C, que são temperaturas próximas as encontradas por Sial et al. (1998). O geotermômetro de Perchuck et al. (1985), também para determinação das temperaturas de cristalização do magma, usa a relação clinopiroxênio-honblenda e fornece temperaturas variando entre 700-800 °C para o plúton Olho d'Água e entre 700-750 °C para o plúton Tamboril, que são temperaturas semelhantes as obtidas por Sial et al. (1998). As temperaturas calculadas com base na saturação de zircônio (Zr) desses granitos segundo os procedimentos de Watson e Harrison (1984) e Watson (1987) variam de 807-829 °C para o plúton Tamboril, enquanto o plúton Olho d'Água apresenta temperaturas mais baixas, entre 788-819°C, que são superiores a aquelas obtidas pelo geotermômetro anfibólio – plagioclásio, sendo interpretadas como temperaturas para o liquidus do magma.

Os plútons Tamboril e Olho d'Água apresentam características químicas e mineralógicas típicas de granitos do tipo-I (Chappel e White, 1974) ou série magnetita (Ishihara, 1977). Entretanto, os dados de susceptibilidade magnética são muito baixos (<

3×10^{-3} SI, limite da série ilmenita/magnetite; Takahashi et al., 1980) e $\delta^{18}\text{O} > 10 \text{ ‰}$ V-SMOW de rocha total (limite de granito I/S, O'Neil et al., 1977). Isso ocorre porque o ferro está mais ligado à estrutura do epidoto do que à minerais de óxido de ferro, levando a menores valores de susceptibilidade magnética e, portanto, à falsa impressão de fugacidade de oxigênio baixa.

A composição isotópica de oxigênio de zircão, quartzo e piroxênio sugere que a maior parte de seus magmas hospedeiros derivaram de uma parcela significativa da crosta continental. Os resultados obtidos de $\delta^{18}\text{O} > 10\text{‰}$ para o magma calculado a partir de análises de isótopos de oxigênio de zircão, quartzo e piroxênio pode também ter sido resultado da interação a baixas temperaturas entre a fonte do magma com águas oceânicas, que pode ter afetado também as razões isotópicas de estrôncio nesse plúton. Isso é condizente com os resultados obtidos por Sial (1993), Sial et al. (1998) e Ferreira et al. (2003), para clots ricos em anfibólio, considerados como fragmentos de rochas de origem metabasáltica.

A fugacidade de oxigênio intermediária, deduzido de Wones (1989), sugere cristalização entre os tampões FMQ e NNO, com sua fugacidade entre 10^{-16} a 10^{-19} . Portanto, é provável que a fugacidade de oxigênio intermediária tenha contribuído para a formação precoce de minerais de óxidos de ferro, que posteriormente se depositaram na câmara magmática por gravitação. Isso explica a baixa quantidade de minerais de óxido de ferro tanto no plúton Tamboril, quanto no plúton Olho d'Água e nos plútons cálcio-alcalinos com epidoto magmático no terreno Cachoeirinha-Salgueiro.

Idades-modelo Nd do plúton Tamboril são juvenis com T_{DM} entre 1,0 e 1,2 Ga e ϵNd entre -0,37 e -2,33. O plúton Olho d'Água mostra idades-modelo Nd (T_{DM}) de 1,2 Ga e valores de ϵNd (0,6 Ga) também negativos de -2,15 e -2,18. Isso mostra que sua fonte tem idade modelo Mesoproterozóica, enquanto os valores negativos de ϵNd podem sugerir um magma com origem crustal. Soma-se a isso as razões iniciais de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0,708 e 0,711, típicos de crosta continental.

REFERÊNCIAS

- Abdel Rahman, A.M., 1994. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and Peraluminous magmas. *Journal of Petrology*, 35, 525–541.
- Allègre, Claude J., 2008. *Isotope geology*. Cambridge: Cambridge University Press, 400.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sciences Review* 17, 1–29.
- Almeida, C.N., Guimarães, I.P., Silva Filho, A.F., 2002. A-type postcollisional granites in the Borborema province - NE Brazil: the Queimadas pluton. *Gondwana Research* 5 (3), 667–681.
- Anderson, J.L., 1996. Status of thermobarometry in granitic batholiths. *Transactions of the Royal Society of Edinburg. Earth Science* 87, 125–138.
- Anderson, J.L., Smith, D.R., 1995. The effects of temperature and fO₂ on the Alin-hornblende barometer. *American Mineralogist* 80, 549–559.
- Arthaud, M.H., Caby, R., Fuck, R.A., Dantas, E.L., Parente, C.V., 2008. Geology of the Northern Borborema Province, NE Brazil and Its Correlation with Nigeria, NW Africa, vol. 294. Geological Society, London, Special Publication, 49–67.
- Barbosa O, Baptista M.B., Coelho J.A.L., 1970. Geologia econômica de parte da região do Médio São Francisco. DNPM/DFPM, Bol. 140, 97p.
- Barbosa, J. A., M. F. Lima Filho, 2006. "Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife-Natal: observações em dados de poços." *Boletim de Geociências da PETROBRAS* 14.2, 287–306.
- Batchelor, R.A., Bowden, P., 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology* 48, 43–55.
- Bittar, S.M.B., 1998. Faixa Piancó-Alto Brígida: Terrenos tectonoestratigráficos sob regimes metamórficos e deformacionais contrastantes. Tese PhD, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, p. 126.
- Blundy, J. & Holland, T., 1990. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 104, 208–224.

Bohlen, S.R., Wall, V.J., Boettcher, A.L., 1983. Experimental investigations and geological applications of equilibria in the system $\text{FeO-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. *American Mineralogist* 69, 1049–1058.

Bowen, N.L., 1928. *The evolution of the Igneous Rocks*. Princeton University Press, Princeton, 333.

Brandon A.D., Creaser, R.A., Chacko, T., 1996. Constraints on rates of granitic magma transport from epidote dissolution kinetics. *Science* 271, 1845–1848.

Brasilino, R.G., Sial, A.N., Ferreira, V.P., Pimentel, M.M., 2011. Bulk rock and mineral chemistries and ascent rates of high-K calc-alkalic epidote-bearing magmas, Northeastern Brazil. *Lithos* 27, 441–454.

Brito Neves, B. B., & Cordani, U. G., 1991. Tectonic evolution of South America during the late Proterozoic. *Precambrian Research* 53(1-2), 23–40.

Brito Neves, B. B., EJ dos Santos, and W. R. Van Schmus, 2000. Tectonic history of the Borborema Province, northeastern Brazil. *Tectonic Evolution of South America* 1, 151–182.

Brito Neves, B.B., Campos Neto, M.C., Van Schmus, W.R., Fernandez, T.M.G., Souza, S.L., 2001. O terreno Alto Moxotó no leste da Paraíba (“Maciço Caldas Brandão”). *Revista Brasileira de Geociências* 31, 185–194.

Brito Neves, B. B., Van Schmus, W. R., Fetter, A., 2002. North-western Africa–North-eastern Brazil. Major tectonic links and correlation problems. *Journal of African Earth Sciences*, 34(3), 275–278.

Brito Neves, B.B., Passarelli, C.R., Basei, M.A.S., Santos, E.J., 2003. Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. *Revista do Instituto de Geociências da USP* 3, 25–38.

Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Kozuch, M., Santos, E.J., Petronilho, L., 2005. A Zona Tectônica Teixeira-Terra Nova e ZTTTN e Fundamentos da Geologia Regional e Isotópica, vol. 5. *Geologia USP, Série Científica*, 57–80.

Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., Pimentel, M.M., 2014. The Brasiliano collage in South America: a review. *Brazilian Journal of Geology* 44, 493–518

Caby, Renaud, 1989. Precambrian terranes of Benin-Nigeria and northeast Brazil and the Late Proterozoic south Atlantic fit. *Geological Society of America Special Papers* 230, 145–158.

Caby, R., Sial, A.N., Ferreira, V.P., 2009. High-pressure thermal aureoles around two Neoproterozoic syn-orogenic magmatic epidote-bearing granitoids, Northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 27, 184–196.

Chappell, B.W., A.J.R. White, 1974. "Two contrasting granite types." *Pacific Geology* 8.2, 173–174.

Debon, F., & Le Fort, P., 1983. A chemical–mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh* 73(3), 135–149.

Deer, W.A., Howie, R.A. & Zussman, J., 1966. An introduction to the rock-forming minerals. Longman Group Ltd., Londres, 528p.

Deer, W.A., Howie, R.A. & Zussman, J., 1992. An introduction to the rock-forming minerals. 2. ed., Harlow, Longman, 696p.

DePaolo, D. A., 1981. Neodymium and Strontium Isotopic Study of the Mesozoic Calc Alkaline Granitic Batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, California. *Journal of Geophysical Research* 86, 10.470–10.488.

Dunbar, N.W., Riciputi, L.R., Jacobs, G.K., Naney, M.T., Christie, W., 1993. Generation of rhyolite melt in an artificial magma: Implications for fractional crystallization processes in natural in natural magmas. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 57, p: 157–166.

Ebert, H., 1962. Baustil und Regional metamorphose im prakambrischen Grundgebirge Brasiliens, vol. 8. *Tschermaks Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Serie*, 49–81.

Ebert, H., 1970. The Precambrian geology of the Borborema Belt (state of Paraíba and Rio Grande do Norte, Northeastern Brazil) and the origin of its mineral resources. *Geologisches Rundschau* 59, 1299–1326.

- Enami, M., Suzuki, K., Liou, J.G., Bird, D.K., 1993. Al–Fe³⁺ and F–OH substitutions in titanite and constraints on their P–T dependence. *European Journal of Mineralogy* 5, 219–231.
- Evans, B. W., Vance, J. A., 1987. Epidote phenocrysts in dacitic dikes, Boulder County, Colorado. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 96(2), 178–185.
- Evans, B.W., Patrick, B.E., 1987. Phengite-3T in high-pressure metamorphosed granitic orthogneisses, Seward Peninsula, Alaska. *The Canadian Mineralogist* 25, 141–158.
- Farver, J. R., & Yund, R. A., 1991. Oxygen diffusion in quartz: dependence on temperature and water fugacity. *Chemical geology* 90(1–2), 55–70.
- Ferreira, V. P., A. N. Sial, e Whitney, J. A., 1994. Large-scale silicate liquid immiscibility: a possible example from northeastern Brazil. *Lithos* 33(4), 285–302.
- Ferreira, V.P.; Sial, A.N. ; Long, Leon; Pin, C., 1997. Isotopic signatures of Neoproterozoic to Cambrian ultrapotassic syenitic magmas, Northeastern Brazil: implications for enriched mantle source.. *International Geology Review*, 39, 660–669.
- Ferreira, V. P., Sial, A. N., & Whitney, J. A., 1994. Large-scale silicate liquid immiscibility: a possible example from northeastern Brazil. *Lithos*, 33(4), 285–302.
- Ferreira, V.P., Sial, A.N., Jardim de Sá, E.F., 1998. Geochemical and isotopic signatures of proterozoic granitoids in terranes of Borborema structural province, northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 11, 439–455.
- Ferreira, C.A., Santos, E.J., 2000. Carta Geológica, Folha Jaguaribe-SE, SB.24–Z, Escala 1:500.000. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, Brasília.
- Ferreira, V.P., Valley, J.W., Sial, A.N., Spicuzza, M., 2003. Oxygen isotope compositions and magmatic epidote from two contrasting metaluminous granitoids, NE Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 145, 205–216.
- Ferreira, V.P., Sial, A.N., Pimentel, M.M., Moura, C.A.V., 2004. Intermediate to acidic magmatism and crustal evolution in the Transversal Zone, Northeastern Brazil. *Geologia do Continente Sul-Americano: a evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Universidade de São Paulo, capítulo XII, 189–201.

Ferreira, V.P., 2010. Plutonismo saturado a supersaturado na Zona Transversal, porção leste da Província Borborema: revisão petrológica, geoquímica e isotópica. Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Titular, p. 163.

Ferreira, V.P., Sial, A.N., Pimentel, M.M., Armstrong, R., Spicuzza, M., Guimarães, I., Silva Filho, A.F., 2011. Contrasting sources and PeT crystallization conditions of epidote-bearing granitic rocks, Northeastern Brazil: O, Sr and Nd isotopes. *Lithos* 121, 189–201.

Franz, G., Spear, E.S., 1985. Aluminous titanite (sphene) from the eclogite-zone, south central Tauern Window, Austria. *Chemical Geology* 50, 33–46.

Frost, B.R., Lindsley, D.H., 1991. The occurrence of Fe-Ti oxides in igneous rocks. Oxide minerals: petrologic and magnetic significance. Mineralogical Society of America, *Reviews in Mineralogy*, 25, p.433–486.

Frost, B.R., Arculus, R.J., Barnes, C.G., Collins, W.J., Ellis, D.J., Frost, C.D., 2001. A geochemical classification of granitic rocks. *Journal of Petrology* 42, 2033–2048.

Grunder, Anita L., 1987. "Low $\delta^{18}\text{O}$ silicic volcanic rocks at the Calabozos caldera complex, southern Andes." *Contributions to Mineralogy and Petrology* 95, 71–81.

Guimaraes, I.P.; da Silva Filho, A.F.. 1992. Evolução petrológica e geoquímica do complexo Bom Jardim, Pernambuco. *Revista brasileira de geociências*, 22, 29–42.

Guimaraes, I.P.; da Silva Filho, A. F., 1998. Nd- and Sr- isotopic and U-Pb geochronologic constraints for evolution of the shoshonitic Brasiliano Bom Jardim and Toritama complexes: evidence for a Transamazonian enriched mantle under Borborema tectonic province, Brazil. *International Geology Review*, 40, 500–527.

Guimaraes, I.P.; Almeida, C.N. ; da Silva Filho, A.F. ; Araújo, J.M.M., 2000. Granitoids marking the end of the Brasiliano (Pan-african) orogeny within the central tectonic domain of the Borborema Province. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 30, 177–181.

Guimarães, I.P., Silva Filho, A.F., Almeida, C.N., Van Schmus, W.R., Araujo, J.M.M., Melo, S.C., Melo, E.B., 2004. Brasiliano (Pan-African) granitic magmatism in the Pajeú Paraíba belt, Northeast Brazil: an isotopic and geochronological approach. *Precambrian Research* 135, 23–53.

Guimaraes, I.P.; Silva filho, A.F. ; Melo, S.C. ; Macambira, M.B., 2005. Petrogenesis of A-type granitoids from the Pajeú-Paraíba belt, Borborema province, NE Brazil: constraints from geochemistry and isotopic composition. *Gondwana Research*, 8, 347–362.

Guimarães, I.P., Silva Filho, A., Almeida, C.N., Macambira, M., Armstrong, R.A., 2011. U-Pb SHRIMP data constraints on calc-alkaline granitoids with 1.3e1.6 Ga Nd TDM model ages from the central domain of the Borborema province, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 31, 383–396.

Hammarstrom, J. M., Zen, E., 1983. Possible use of Al content in hornblende as a geobarometer for plutonic rocks. In Geological Society of America. Abstracts with Programs 15, 590.

Hammarstrom, J.M., Zen, E-An, 1986. Aluminum in hornblende: an empirical igneous geobarometer. *American Mineralogist* 71, 1297–1313.

Harmon, R.S., Halliday, A.N., Clayburn, J.A.P., Stephens, W.E., 1984. Chemical and isotopic systematics of the Caledonian intrusions of Scotland and northern England: a guide to magma source region and magma crust interaction. *Philosophical Transactions of the Geological Society of London* A310, 439–456.

Holland, T., & Blundy, J., 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contributions to mineralogy and petrology*, 116(4), 433–447.

Irvine, T. N., 1971. Baragar, W. R. A. A guide to chemical classification of common volcanic rocks. *Canadian Journal Earth of Science* 8, 523–548.

Ishihara, S., 1977. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Mining Geology* 27, 293–305.

Ishihara, S., 1998. Granitoid Series and Mineralization in the Circum-Pacific Phanerozoic Granitic Belts. *Resource Geology*, 48(4), 219–224.

Ivanova, G. F., and Ye G. Butuzova, 1968. Distribution of tungsten tin and molybdenum in granites of Eastern Transbaykaliya. *Geochemistry International* 5.3, 572.

Jardim de Sá, E. F., 1984. A evolução proterozóica da Província Borborema. In SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste 11, 297–271.

Jardim de Sá, E.F., 1994. A faixa Seridó (Província Borborema NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasiliana-Panafricana. Tese de Doutorado Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, 804.

Keyes, C.R., 1893. Epidote as a primary component of eruptive rocks. Geological Society of America Bulletin 4, 305–312.

Kozuch, M., 2003. Isotopic and trace element geochemistry of early Neoproterozoic gneissic and metavolcanic rocks in the Cariris Velhos orogen of the Borborema Province, Brazil, and their bearing on tectonic setting. Ph.D. Dissertation, University of Kansas, p. 199.

Kröner, A., Umberto C., 2003. "African, southern Indian and South American cratons were not part of the Rodinia supercontinent: evidence from field relationships and geochronology." Tectonophysics 375.1, 325–352.

Lackey, J. S., Valley, J. W., & Saleeby, J. B., 2005. Supracrustal input to magmas in the deep crust of Sierra Nevada batholith: evidence from high- δ ^{18}O zircon. Earth and Planetary Science Letters, 235(1), 315–330.

Lackey, J. S., Valley, J. W., Chen, J. H., & Stockli, D. F., 2008. Dynamic magma systems, crustal recycling, and alteration in the central Sierra Nevada batholith: the oxygen isotope record. Journal of Petrology 49(7), 1397–1426.

Lameyre, J. & Bowden, P., 1982. Plutonic rock type series: discrimination of various granitoids series and related rocks. Journal of Volcanology and Geothermal Research 14, 169–186.

Leake, B.E., 1978. Nomenclature of amphiboles. American Mineralogist 63, 1023–1052.

Leake, B.E., 1997. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. American Mineralogist 82, 1019–1037.

Loiselle, M.C., and Wones, D.R., 1979, Characteristics of anorogenic granites: Geological Society of America Abstracts with Programs, 11, 468.

- Maniar, P. D., Piccoli, P. M., 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin* 101, 635–643.
- Mariano, G., Neves, S.P., Silva Filho, A.F., and Guimarães, I.P., 2001. Diorites of the high-K calc-alkalic association: Geochemistry and Sm–Nd isotope data and implications for the evolution of the Borborema Province, Northeast Brazil: *International Geology Review* 10, 921–929.
- Mason, G.H., 1985. The mineralogy and textures of the Coastal Batholith, Peru. In: Pitcher, W.S., Atherton, M.P., Cobbing, E.J., Beckinsale, R.D. (Eds.), *Magmatism at a Plate Edge: The Peruvian Andes*. Blackie Halstead Press, Glasgow, 156–166.
- Matthews, A.; Goldsmith, J.R.; and Clayton, R.N., 1983. Oxygen isotope fractionation involving pyroxenes: The calibration of mineral-pair geothermometers. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47(3), 631–644.
- Medeiros V.C., 2004. *Evolução geodinâmica e condicionamento estrutural dos terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal, NE do Brasil*. Natal. Tese de Doutorado, PPGG/UFRN, p. 200.
- Middlemost, E., 1997. *Magmas, Rocks and Planetary Development. A Survey of Magma/Igneous Rock Systems*. Editora: Harlow: Longman, 1997.
- Miller, C.F., McDowell, S.M., and Mapes, R.W., 2003. Hot and cold granites? Implications of zircon saturation temperatures and preservation of inheritance. *Geology*, 31(6): 529–532.
- Miyashiro, A., 1975. Volcanic rock series and tectonic setting. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 3(1), 251–269.
- Morimoto, N., 1988. Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogy and Petrology*, 39(1), 55–76.
- Nachit, H., Razafimahefa, N., Stussi, J.M. & Carron, J.P., 1985. Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitos. *Comptes Rendus de l'Académie des sciences Paris*, 301, 810–818.
- Naney, M.T., 1983. Phase equilibria of rock-forming ferromagnesian silicates in granitic systems. *American Journal of Science* 283, 993–1033.

Neves, S. P., Vauchez, A., 1995. Magma emplacement and shear zone nucleation and development in northeast Brazil – Fazenda Nova and Pernambuco shear, State of Pernambuco. *Journal South American Earth Sciences* 8, 289–298.

Neves, S. P., 2003. Proterozoic history of the Borborema province (NE Brazil): Correlations with neighboring cratons and Pan-African belts and implications for the evolution of western Gondwana. *Tectonics* 22(4).

Neves, S.P., Melo, S.C., Moura, C.A.V., Mariano, G., Silva, J.M.R., 2004. Zircon Pb-Pb geochronology of the Caruaru area, northeastern Brazil: temporal constraints on the Proterozoic evolution of Borborema Province. *International Geology Review* 46, 52–63.

Neves, S. P.; Mariano, G. ; Beltrao, B. A. ; Correia, P. B., 2005. Emplacement and deformation of the Cachoeirinha pluton (Borborema province, NE Brazil) inferred through petrostructural studies: Constraints on regional strain fields. *Journal of South American Earth Sciences*, 19(2), 127–141.

Neves S.P., Bruguier O., Vauchez A., Bosch D., Silva J.M.R. & Mariano G., 2006. Timing of crust formation, deposition of supracrustal sequences, and Transamazonian and Brasiliano metamorphism in the East Pernambuco belt (Borborema Province, NE Brazil): implications for western Gondwana assembly. *Precambrian Research* 149, 197–216.

Neves, S.P., Bruguier, O., Bosch, D., Silva, J.M.R., Mariano, G., 2008. U-Pb ages of plutonic and metaplutonic rocks in southern Borborema Province (NE Brazil): timing of Brasiliano deformation and magmatism. *Journal of South American Earth Sciences* 25, 285–297.

Neves, S.P., Bruguier, O., Silva, J.M.R., Bosch, D., Alcantara, V.C., Lima, C.M., 2009. The age distributions of detrital zircons in metasedimentary sequences in eastern Borborema Province (NE Brazil): evidence for intracontinental sedimentation and orogenesis? *Precambrian Research* 175, 187–205.

Neves, S.P., 2011. Atlantica revisited: New data and thoughts on the formation and evolution of a long-lived continent: *International Geology Review* 55, 1377–1391.

Neves, S.P., Monié, P., Bruguier, O., Silva, J.M.R., 2012. Geochronological, thermochronological and thermobarometric constraints on deformation, magmatism and

thermal regimes in eastern Borborema Province (NE Brazil). *Journal of South American Earth Sciences* 38, 129–146.

Neves, S.P., 2012. *Granitos Orogênicos: da geração dos magmas à intrusão e deformação*. Synergia, Recife-PE, 148.

Neves, S. P., 2015. Constraints from zircon geochronology on the tectonic evolution of the Borborema Province (NE Brazil): Widespread intracontinental Neoproterozoic reworking of a Paleoproterozoic accretionary orogen. *Journal of South American Earth Sciences*, 58, 150–164.

O'neil, J. R., Shaw, S. E., & Flood, R. H.. 1977. Oxygen and hydrogen isotope compositions as indicators of granite genesis in the New England Batholith, Australia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 62(3), 313–328.

Pearce, J., Harris, N.B.W., Tindle, A.D., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology* 25, 956–983.

Peccerillo, A., Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kasmonu area, northern Turkey. *Contribution to Mineralogy Petrology* 58, 63–81.

Perchuck, L. L., Aranovich, L. Y., Podlesskii, K. K., Lavrant'eva, I. V., Gerasimov, V. Y., Fed'kin, V. V., Kitsul, V. I., Karsakov, L. P. & Berdnikov, N. V., 1985. Precambrian granulites of the Aldan shield, eastern Siberia, USSR. *Journal of Metamorphic geology* 3, 265–310.

Pimentel, M. M., Fuck, R. A., 1992. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. *Geology* 20, 375–379.

Pimentel, M.M., Whitehouse, M.J., Viana, M.G., Fuck, R.A., Machado, N., 1997. The Mara Rosa arc in the Tocantins province: further evidence for Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. *Precambrian Research* 81, 299–310.

Pimentel, M.M., Fuck, F.A., Jost, H., Ferreira Filho, C.F., Araújo, S.M., 2000. The basement of the Brasília fold belt and the Goiás magmatic arc. In: Cordani, U., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, 195–229.

- Rogers, John J.W., 1996. "A history of continents in the past three billion years." *The Journal of Geology* 104.1, 91–107.
- Santos, T.J.S., Fetter, A.H., Neto, J.A.N., 2008. Comparisons between the Northwestern Borborema Province, NE Brazil, and the Southwestern Pan-African Dahomey Belt, SW Central Africa, vol. 294. Geological Society, London, Special Publication, 101–119.
- Santos, E.J., Van Schmus, W.R., Kozuch, M., Brito Neves, B.B., 2010. The Cariris Velhos tectonic event in northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 29, 61–76.
- Schmidt, M.W., 1992. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: An experimental calibration of the Al-in-hornblende-barometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 110, 304–310.
- Schmidt, M.W., Thompson, A.B., 1996. Epidote in calc-alkaline magmas: an experimental study of stability, phase relationships, and the role of epidote in magmatic evolution. *American Mineralogy* 81, 424–474.
- Sharp, Z. D., Gilotti, B. J., & Yoder, H. S., 1991. Oxygen diffusion rates in quartz exchanged with CO₂. *Earth and Planetary Science Letters*, 107(2), 339–348.
- Sial, A., Silva Filho, A.F., Guimarães, I.P., 1983. Mineral chemistry of the late Precambrian Salgueiro batholith, PE, NE Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 56, 55–69.
- Sial, A.N., 1986. Granite-types in northeast Brazil: current knowledge. *Revista Brasileira de Geociências* 16, 54–72.
- Sial, A.N., 1990. Epidote-bearing calc-alkaline granitoids in Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* 20, 88–100.
- Sial, A. N.; Ferreira, V.P. ; Fallick, A.E. ; Cruz, M.J.M., 1998. Amphibole-rich clots in calc-alkalic granitoids in the Borborema Province, northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 11, 457–472.
- Sial, A.N., Dall' Agnol, R., Ferreira, V.P., Nardi, L.V.S., Pimentel, M.M., Wiedemann, C., 1999. Precambrian granitic magmatism in Brazil. *Episodes* 22(3), 191–198.

Sial, A.N., Toselli, A.J., Saavedra, J., Ferreira, V.P., 1999b. Emplacement, petrological and magnetic susceptibility characteristics of diverse magmatic epidote bearing granitoids in Brazil, Argentina and Chile. *Lithos* 46, 367–392.

Sial, A.N., Ferreira, V.P., 2000. Homogeneous $\delta^{18}\text{O}$ signature and the peritetic melting origin of the Pedra Branca granodiorite pluton, state of Paraíba, NE Brazil.

Sial, A.N., Vasconcelos, P.M., Ferreira, V.P., Pessoa, R.R., Brasilino, R.G., Morais Neto, J.M., 2008. Geochronological and mineralogical constraints on depth of emplacement and ascension rates of epidote-bearing magmas from northeastern Brazil. *Lithos* 105, 225–238.

Sial, A.N., Ferreira, V.P., 2015. Magma associations in Ediacaran granitoids of the Cachoeirinha–Salgueiro and Alto Pajeú terranes, northeastern Brazil: Forty years of studies. *Journal of South American Earth Sciences*, 113–133.

Silva filho, A.F.; Guimaraes, I.P. ; Thompson, R.N., 1993. Shoshonitic and ultrapotassic Proterozoic intrusive suites in the Cachoeirinha-Salgueiro belt, NE Brazil: a transition from collisional to post-collisional magmatism. *Precambrian Research*, 62, 323–342.

Silva filho, A.F.; Guimaraes, I.P. ; Kozuch, M., 1996. Mineral chemistry and tectonic significance of Neoproterozoic ultrapotassic plutonic rocks from the Cachoeirinha-Salgueiro fold belt, Northeastern Brazil. *International Geology Review*, 38(7), 649–664.

Silva Filho, A. F., Guimarães, I. P., 2002. Van Schmus, W. R. Crustal evolution of the Pernambuco-Alagoas complex, Borborema Province, NE Brazil: Nd isotopic data from neoproterozoic granitoids. *Godwana Research* 5, 409–422.

Silva Filho, A.F., Guimarães, I.P., Ferreira, V.P., Armstrong, R.A., and Sial, A.N., 2010. Ediacaran Águas Belas pluton, Northeastern Brazil: Evidence on age, emplacement and magma sources during Gondwana amalgamation. *Gondwana Research* 17, 676–687.

Silva Filho, A. F., Guimarães, I. P., Van Schmus, W. R., Dantas, E.L., Armstrong R., Cocentino, L.M., Lima, D.R., 2013. Long-lived Neoproterozoic high-K magmatism in the Pernambuco–Alagoas Domain, Borborema Province, northeast Brazil. *International Geology Review* 55(10), 1280–1299.

- Speer, J. A., 1984. Micas in igneous rocks. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 13(1), 299–356.
- Streckeisen, A.L., 1976. Classification and nomenclature of igneous rocks: *Earth-Science Reviews* 12, 1–35.
- Streckeisen, A., & Le Maitre, R. W., 1979. A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 136, 169–206.
- Takahashi, M., Aramaki, S., Ishihara, S., 1980. Magnetite series ilmenite series vs I-type S-type granitoids. *Mining geology. Special Issue* 8, 13–28.
- Taylor, Hugh P., 1978. Oxygen and hydrogen isotope studies of plutonic granitic rocks. *Earth and Planetary Science Letters* 38.1, 177–210.
- Taylor, B. E., Wheeler, M. C., & Nordstrom, D. K., 1984. Stable isotope geochemistry of acid mine drainage: Experimental oxidation of pyrite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48(12), 2669–2678.
- Thompson, A. B., Ellis, D. J., 1994. $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2+\text{H}_2\text{O}$ to 35 kb; amphibole, talc, and zoisite dehydration and melting reactions in the silica-excess part of the system and their possible significance in subduction zones, amphibolite melting, and magma fractionation. *American Journal of Science* 294(10), 1229–1289.
- Trompette, Roland., 1997. Neoproterozoic (~ 600 Ma) aggregation of Western Gondwana: a tentative scenario. *Precambrian Research* 82.1–2 101–112.
- Tropper, P., Manning, C.E., Essene, E.J., 2002. The substitution of and F in titanite at high pressure and temperature: experimental constraints on phase relations and solid solution properties. *Journal of Petrology* 43, 1787–1814.
- Tulloch, A., 1979. Secondary Ca–Al silicates as low-grade alteration products of granitoid biotite. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 69, 105–117.
- Valley, J. W., Chiarenzelli, J. R., & McLelland, J. M., 1994. Oxygen isotope geochemistry of zircon. *Earth and Planetary Science Letters*, 126(4), 187–206.

- Valley, J. W., Kinny, P. D., Schulze, D. J., & Spicuzza, M. J., 1998. Zircon megacrysts from kimberlite: oxygen isotope variability among mantle melts. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 133(1), 1–11.
- Valley, J. W., Lackey, J. S., Cavosie, A. J., Clechenko, C. C., Spicuzza, M. J., Basei, M. A. S., ..., Peck, W. H., 2005. 4.4 billion years of crustal maturation: oxygen isotope ratios of magmatic zircon. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 150(6), 561–580.
- Van Schmus, W. R., Oliveira, E. P., Da Silva Filho, A. F., Toteu, S. F., Penaye, J., & Guimarães, I. P., 2008. Proterozoic links between the Borborema Province, NE Brazil, and the Central African Fold Belt. *Geological Society, London, Special Publications* 294(1), 69–99.
- Van Schmus, W. R., Kozuch, M., & de Brito Neves, B. B., 2011. Precambrian history of the Zona Transversal of the Borborema Province, NE Brazil: insights from Sm–Nd and U–Pb geochronology. *Journal of South American Earth Sciences* 31(2), 227–252.
- Villaseca, C., Barbero, L., & Herreros, V., 1998. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh* 89(2), 113–119.
- Watson, E.B., Harrison, M.T., 1984. Zircon saturation revisited: temperatures and composition effects in a variety of crustal magma types. *Earth and Planetary Science Letters* 104, 381–397.
- Watson, E.B., 1987. The role of accessory minerals in granitoid geochemistry. In: *Hutton Conference of the Origin of Granites* 4, 209–211.
- Wernick, Eberhard, 2004. Rochas magmáticas conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica. UNESP.
- Wones, D.R., 1989. Significance of the assemblage titanite+magnetite+quartz in granitic rocks. *American Mineralogist* 74, 744–749.
- Xu, G., Will, T.M., Powell, R., 1994. A calculated petrogenetic grid for the system K_2O -FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O, with particular reference to contact metamorphosed pelites. *Journal of Metamorphic Geology* 12, 99–119.

Zen, E., Hammarstrom, J.M., 1984. Magmatic epidote and its petrologic significance. *Geology* 12, 515–518.

Zen, E-an, 1988. Tectonic significance of high pressure plutonic rocks in the Western Cordillera of North America. In: Ernst, W.G. (Ed.), *Metamorphism and Crustal Evolution of the Western United States*, Rube, vol. VIII. Prentice-Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey, 41–71.

TABELAS E APÊNDICES

Anexo I – Tabela de afloramentos

Anexo II – Análises de rocha total por fluorescência de raios-x

Anexo III - Resultados obtidos através do calculo da Norma CIPW

Anexo IV - Análises de susceptibilidade magnética

Anexo V - Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de plagioclásio.

Anexo VI - Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de anfibólio

Anexo VII - Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de biotita

Anexo VIII - Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de epidoto

Anexo IX – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de titanita

Anexo X – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de clinopiroxênio

Anexo XI – Dados de pressão e temperatura obtidos pelos métodos: geobarometria Al^T em hornblendas e geotermometria do solidus anfibólio – plagioclásio

Anexo XII – Dados para obter as temperaturas dos solidus baseada na relação clinopiroxênio-hornblenda

Anexo XIII – Dados obtidos para a temperatura estimada do liquidus por zircônio (Zn)

Anexo XIV – Dados obtidos para a fugacidade de oxigênio

Anexo XV – Mapa de afloramentos

Anexo XVI – Mapa de susceptibilidade magnética (SM)

Anexo XVII – $\delta^{18}O_{Qz}$ ‰ (V-SMOW)

Anexo XVIII – $\delta^{18}\text{O}_{\text{WR}}$ ‰ V-SMOW (calculados a partir dos valores de quartzo)

Anexo XIX – $\delta^{18}\text{O}_{\text{cpx}}$ ‰ (V-SMOW)

Anexo XX – $\delta^{18}\text{O}_{\text{WR}}$ ‰ V-SMOW (calculados a partir dos valores de clinopiroxênio)

Anexo XXI – $\delta^{18}\text{O}_{\text{zrc}}$ ‰ (V-SMOW)

Anexo XXII – $\delta^{18}\text{O}_{\text{WR}}$ ‰ V-SMOW (calculados a partir dos valores de zircão)

Anexo XXIII – $\delta^{18}\text{O}_{\text{bt}}$ ‰ (V-SMOW)

Anexo XXIV – Mapa geológico de parte da folha Serra Talhada (Pernambuco/Ceará)

Anexo I – Tabela de afloramentos

Legendas: SD - Seção delgada; RT - Análise de rocha total; ME - Microsonda eletrônica; IE - Isótopos estáveis; IR- Isótopos radiogênicos.

Plúton Olho d'Água: clinopiroxênio-biotita tonalito a granodiorito médio, equigranular, contendo anfibólio, epidoto magmático e titanita

Plúton Tamboril: biotita granodiorito médio a grosso, porfirítico, contendo anfibólio, titanita, epidoto magmático, clinopiroxênio em menor quantidade e megacristais de feldspatos potássicos

Afloramentos	Rocha/plúton	Aspectos de campo	Susceptibilidade Magnética	Tipos de análises	Latitude	Longitude	Atitudes da encaixante
BELRS-01	Metapelito	Metapelito próximo ao contato com o plúton Tamboril. Grãos finos, cor alaranjada			7°46'9.33"S	38°55'7.13"O	235 Az/36° SW
BELRS-02	Granodiorito/ Tamboril	Rocha leucocrática, ao microscópio apresenta titanita, biotita, anfibólio, epidoto e piroxênio alongado. Apresenta megacristais de feldspato potássico zonados com “biotite rows” e bolhas máficas de até 30 cm de diâmetro	0,13	ME, SD, IE, RT, IR	7°47'17.65"S	38°55'8.10"O	
BELRS-03	Metapelito	Metapelitos do terreno Cachoeirinha-Salgueiro.			7°43'25.98"S	38°54'17.08"O	145 Az/ 62° SE
BELRS-04	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha com piroxênios alongados de até quatro centímetros. Ocorrem pedaços da encaixante (contatos retos).	0,14	SD, IE, RT,	7°43'29.94"S	38°53'49.00"O	
BELRS-05	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha com presença de piroxênios alongados e partidos na basal e pouca ocorrência de epidoto. São comuns bolha máficas arredondadas com contatos crenulados, indicando não haver mistura de magmas.	0,15	IE, RT,	7°43'30.98"S	38°53'42.15"O	

Continuação: Anexo I – Tabela de afloramentos

BELRS-06	Granodiorito/ Tamboril	Rocha com megacristais de feldspato potássico euédricos e com “biotite rows”. Ocorrem bolhas de magmas máficos com cristais de feldspato potássico dentro, indicando mistura parcial de magmas.	0,07	IE, RT,	7°47'29.70"S	38°54'50.43"O	
BELRS-07	Granodiorito/ Tamboril	Rocha com muito quartzo e megacristais de feldspato potássico. Ocorrem estruturas em pente, com minerais de quartzo e plagioclásio dos diques em conato perpendicular ao plúton. Também ocorrem diques múltiplos, formados em pulsos distintos.	0,1	SD, IE, RT,	7°47'34.92"S	38°55'44.79"O	
BELRS-08	Granodiorito/ Tamboril	Várias ocorrências de “biotite rows” em pórfiros de feldspatos potássicos. Apresenta bolhas máficas com contatos crenulados com bordas de biotita e núcleos de anfibolitos.	0,13	SD, IE, RT, IR,	7°48'6.51"S	38°56'4.93"O	
BELRS-09	Granodiorito/ Tamboril	Maior ocorrência de epidotos euédricos e por vezes alongados e bolhas máficas com contatos crenulados.	0,1	SD, IE, RT,	7°48'16.08"S	38°56'11.30"O	
BELRS-10	Contato Granodiorito- Metapelito	Contato entre o plúton Tamboril e os metapelitos do terreno Cachoeirinha-Salgueiro. Apresenta megacristais de feldspato potássico e metapelitos com coloração cinza.	0,08	ME, SD, IE, RT, IR,	7°48'48.13"S	38°56'18.81"O	
BELRS-11	Metapelito	Metapelitos			7°49'13.40"S	38°56'18.38"O	
BELRS-12	Metapelito	Metapelitos com pequenas deformações.			7°46'38.31"S	38°50'55.62"O	150 Az/ 53° SE 155 Az/ 60° SE 150 Az/ 80° SE

Continuação: Anexo I – Tabela de afloramentos

BELRS-13	Granodiorito/ Olho d'Água	Rochas com formas arredondadas, inclusões máficas alinhadas e com foliação magmática de 55 Az. Maior ocorrência de diopsídio nas bolhas máficas do que no próprio plúton.	0,15	ME, SD, IE, RT,	7°45'57.47"S	38°50'54.10"O	
BELRS-14	Tonalito/ Olho d'Água	Ocorrência de diques sin-plutônicos máficos fragmentados com fluxo magmático de 20 Az e susceptibilidade magnética de 0,25. Cristais de diopsídio alongados	0,12	ME, SD, IE, RT,	7°45'39.24"S	38°50'59.03"O	
BELRS-15	Metasiltito	Metasedimentos do terreno Cachoeirinha, com grãos um pouco mais grossos, tamanho silte.			7°45'16.49"S	38°50'21.30"O	230 Az/ vertical
BELRS-16	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha leucocrática com cristais equigranulares. Ocorrem clinopiroxênios alongados e epidoto e menor quantidade.	0,13	ME, SD, IE, RT, IR,	7°45'22.11"S	38°50'55.09"O	
BELRS-17	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha leucocrática com cristais equigranulares. Ocorrem clinopiroxênios alongados e epidoto em menor quantidade.	0,19	IE, RT,	7°45'7.66"S	38°51'17.62"O	
BELRS-18	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha leucocrática com cristais equigranulares. Ocorrem clinopiroxênios alongados em grande quantidade e raros epidotos.	0,16	IE, RT,	7°44'18.68"S	38°51'26.22"O	
BELRS-19	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha leucocrática com cristais equigranulares. Clinopiroxênios com inclusões de biotita, feldspatos, clorita e anfibólio é uma fase abundante, principalmente nas bolhas máficas	0,14	ME, SD, IE, RT,	7°43'59.08"S	38°51'28.26"O	

Continuação: Anexo I – Tabela de afloramentos

BELRS-20	Tonalito/ Olho d'Água	Falha cortando o plúton Olho d'Água e formando filonitos com direção N-S e falhas sinistrais. Clinopiroxênio é uma fase abundante, assim como megacristais de quartzo. Ocorrem pedaços de anfibolitos, que devem ser da rocha fonte e pedaços da rocha encaixante.	0,16	ME, SD, IE, RT, IR,	7°43'51.66"S	38°51'34.17"O	
BELRS-21	Granodiorito/ Tamboril	Rocha apresentando estruturas em pente, com feldspatos potássicos perpendiculares ao veio. Apresenta bolhas máficas, parcialmente misturadas com o plúton e com clinopiroxênios alongados.	0,05	SD, ME, SD, RT,	7°47'7.12"S	38°54'16.17"O	
BELRS-22	Metapelito	Metapelitos do Terreno Cachoeirinha, com grão finos e coloração alaranjada.			7°47'19.47"S	38°54'7.39"O	103 Az/ 55° SE 72 Az/ 80° SE
BELRS-23	Contato Metapelito- Mármore	Contato entre os metapelitos, metavulcânicas e mármore, com camadas paralelas e intercaladas. Assemelha-se a uma zona de transgressão, devido a ocorrência de granodecrescência nas camadas.			7°47'8.32"S	38°53'53.55"O	102 Az/ 65° SE
BELRS-24	Metavulcânica	Sequência de metapelitos, tonalitos e metavulcânicas.			7°47'7.59"S	38°53'38.79"O	113 Az/ 79° SE
BELRS-25	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha com xenólitos de até 30 centímetros e bolhas de magma máfico. Maior presença de clinopiroxênios.	0,15	ME, SD, RT,	7°46'10.39"S	38°52'16.59"O	
BELRS-26	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha com xenólitos de até 20 centímetros e bolhas de magma máfico. Maior presença de clinopiroxênios nas bolhas máficas.	0,12	RT, SD,	7°46'11.16"S	38°52'2.15"O	
BELRS-27	Tonalito/ Olho d'Água	Presença de clots de anfibólio no plúton e bolhas de magma diorítico.	0,19	ME, SD, RT,	7°45'40.73"S	38°51'45.44"O	

Continuação: Anexo I – Tabela de afloramentos

BELRS-28	Tonalito/ Olho d'Água	Presença de clots de anfibólio no plúton Olho d'Água e de bolhas de magma diorítico. Piroxênios alongados, com até cinco centímetros.	0,16	RT, SD,	7°45'43.52"S	38°51'26.23"O	
BELRS-29	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha com clots de anfibólio e biotita, piroxênios alongados e epidotos prismáticos. Arenito da bacia de Cedro ao redor do afloramento.	0,18	RT, SD,	7°45'4.77"S	38°54'14.37"O	
BELRS-30	Granodiorito/ Olho d'Água	Rocha com clinopiroxênios de até 3 centímetros, bolhas máficas e pedaços da encaixante (xenólitos). Arenito da bacia de Cedro ao redor do afloramento.	0,17	ME, SD, RT,	7°45'38.56"S	38°53'49.14"O	
BELRS-31	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha com maior proporção de clinopiroxênios, sejam alongados ou prismáticos. Arenito da bacia de Cedro ao redor do afloramento.	0,14	ME, SD, RT,	7°44'34.26"S	38°53'58.59"O	
BELRS-32	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha leucocrática com cristais equigranulares. Ocorrem clinopiroxênios alongados em grande quantidade e raros epidotos.	0,15	ME, SD, RT,	7°44'17.92"S	38°53'36.28"O	
BELRS-33	Tonalito/ Olho d'Água	Rocha leucocrática com cristais equigranulares. Clinopiroxênio é uma fase abundante, principalmente nas bolhas máficas	0,11		7°44'22.34"S	38°52'21.63"O	
Apoio-1	Arenito	Arenito médio da bacia de São José do Belmote			7°50'13.83"S	38°56'11.25"O	
Apoio-2	Contato Metapelito- Arenito	Arenito médio da bacia de São José do Belmote em contato com os metapelitos do terreno Cachoeirinha			7°47'26.10"S	38°50'20.89"O	330 Az/ 46° NW
Apoio-3	Metapelito	Metapelitos finos próximos ao contato com o plúton Olho d'Água.			7°45'2.10"S	38°50'7.49"O	

Continuação: Anexo I – Tabela de afloramentos

Apoio-4	Metapelito	Metapelitos finos próximos ao contato com o plúton Olho d'Água.			7°43'48.44"S	38°50'16.60"O	
Apoio-6	Arenito	Arenito médio da bacia de Cedro, próximo ao contato com o plúton Olho d'Água'.			7°44'40.10"S	38°54'45.83"O	
Apoio-7	Arenito	Arenito médio da bacia de Cedro.			7°45'26.36"S	38°56'28.27"O	
Apoio-8	Granito	Rocha leucocrática com cristais equigranulares. Ocorrem clinopiroxênios alongados em grande quantidade.			7°43'49.43"S	38°52'25.33"O	

Anexo II – Análises de rocha total por fluorescência de raios-x

AMOSTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O _{3t}	MgO	MnO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	PF	TOTAL	Ba	Rb	Sr	Zr	Y	Nb
BELRS-02	65,27	14,84	0,69	4,31	1,76	0,06	3,4	3,16	3,96	0,2	1,37	99,01	843	113	519	227	27	12
BELRS-04A	63,52	14,46	0,71	5,09	2,89	0,08	3,64	3,09	3,59	0,19	1,75	98,99	750	105	429	200	25	12
BELRS-04B	63,55	14,59	0,72	4,87	2,65	0,07	3,62	3,07	3,57	0,26	1,69	98,65	814	103	441	206	25	13
BELRS-05	64,8	14,58	0,74	5	2,62	0,08	3,82	3,17	4,24	0,2	1,2	100,43	782	106	429	211	26	13
BELRS-06	66,58	15,26	0,6	3,48	1,23	0,04	3,08	3,6	4,02	0,16	1,07	99,1	937	126	561	233	24	13
BELRS-6A	65,54	15,09	0,58	3,32	1,15	0,04	2,82	4,16	3,65	0,16	1,15	97,66	1184	126	520	211	24	11
BELRS-07	65,07	14,8	0,63	4,04	1,57	0,05	3,06	3,61	4,01	0,18	1,27	98,29	851	125	410	194	25	12
BELRS-08	66,43	15,13	0,64	3,99	1,63	0,05	3,14	4	3,74	0,19	1,48	100,41	1167	125	538	226	25	12
BELRS-09	63,74	15,01	0,74	4,55	1,72	0,05	3,31	4,14	3,78	0,22	1,69	98,92	1414	122	544	233	26	13
BELRS-10B	67,93	15,34	0,49	2,72	0,88	0,03	2,58	4,13	4,44	0,13	1,98	100,64	944	155	515	215	26	13
BELRS-13	63,5	14,51	0,78	4,73	1,94	0,06	3,57	2,77	4,31	0,18	1,97	98,32	704	105	401	208	22	13
BELRS-14	65,06	14,68	0,66	4,18	2,1	0,05	3,26	3,77	3,99	0,17	1,94	99,85	987	113	460	207	23	12
BELRS-16	62,78	14,55	0,69	5,09	2,98	0,07	3,92	2,92	3,93	0,17	1,45	98,55	712	102	434	193	22	11
BELRS-17	62,07	14,76	0,72	5,25	3,01	0,08	4,18	2,85	4,1	0,19	0,22	97,43	714	98	453	201	24	11
BELRS-18	62,46	14,71	0,82	5,29	2,54	0,07	3,85	3,11	3,88	0,22	1,78	98,72	858	100	452	224	25	12
BELRS-19A	64,58	14,82	0,67	4,57	2,47	0,06	3,61	2,77	3,99	0,17	1,78	99,48	644	100	470	205	25	13
BELRS-19B	63,63	14,91	0,71	4,87	2,72	0,07	3,76	3,24	4,19	0,18	1,38	99,65	788	105	454	202	25	12
BELRS-20	62,55	14,56	0,75	5,19	2,81	0,07	3,93	3,01	3,76	0,2	1,23	98,06	737	100	411	192	24	11
BELRS-21	68,34	14,68	0,51	2,63	0,9	0,02	2,35	3,98	3,79	0,14	0,7	98,04	1044	134	494	200	22	12
BELRS-21M	64,56	14,8	0,88	5,22	1,84	0,06	3,29	3,56	3,66	0,22	3,58	101,67	629	140	395	214	30	14
BELRS-25	64,79	14,66	0,73	4,86	2,13	0,07	3,76	3,08	3,62	0,16	2,05	99,9	719	108	394	204	25	12
BELRS-26	65,14	14,4	0,66	3,99	1,69	0,05	3,12	3,34	3,75	0,16	2,06	98,35	739	117	420	197	23	11
BELRS-27	62,84	14,87	0,75	5,22	2,93	0,08	4,04	2,98	3,59	0,19	2,34	99,8	767	102	483	214	24	12
BELRS-28	62,92	14,94	0,71	5,1	2,89	0,08	3,87	3,05	3,63	0,19	1,53	98,9	749	108	458	212	26	12

Continuação: Anexo II – Análises de rocha total por fluorescência de raios-x

AMOSTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O _{3t}	MgO	MnO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	PF	TOTAL	Ba	Rb	Sr	Zr	Y	Nb
BELRS-29	62,95	15	0,84	5,38	2,57	0,07	3,97	3,03	3,56	0,22	4,16	101,75	761	107	485	248	25	12
BELRS-30	63,23	14,79	0,72	5,12	2,83	0,07	3,85	3,18	3,56	0,18	1,3	98,83	788	109	463	213	26	10
BELRS-31	62,12	14,64	0,84	5,44	2,62	0,08	3,88	2,93	3,29	0,21	2,71	98,77	825	98	412	215	27	14
BELRS-32	63,91	14,96	0,79	4,95	2,34	0,07	3,78	3,26	3,53	0,2	2,17	99,95	922	108	477	242	27	13

Anexo III – Resultados obtidos através do calculo da Norma CIPW

Amostras	Quartzo (Q)	Corindon (C)	Ortoclásio (Or)	Albita (Ab)	Anortita (An)	Diopsídio (Di)	Hiperstênio (Hy)	Ilmenita (Il)	Apatita (Ap)	Hematita (Hm)	Titanita (Tn)	Rutilo (Ru)	Total
Belrs-02	21,27	0,00	18,67	33,51	13,38	0,01	4,38	0,13	0,46	4,31	1,53	0,00	97,65
Belrs-04A	19,80	0,00	18,26	30,38	14,21	0,35	7,04	0,17	0,44	5,09	1,52	0,00	97,26
Belrs-04B	20,39	0,00	18,14	30,21	14,72	0,00	6,60	0,15	0,60	4,87	1,09	0,20	96,97
Belrs-05	17,83	0,00	18,73	35,88	11,39	3,12	5,08	0,17	0,46	5,00	1,60	0,00	99,26
Belrs-06	21,71	0,00	21,27	34,02	12,96	0,00	3,06	0,09	0,37	3,48	0,90	0,19	98,05
Belrs-06A	21,18	0,00	24,58	30,89	12,50	0,00	2,86	0,09	0,37	3,32	0,31	0,41	96,51
Belrs-07	20,03	0,00	21,33	33,93	11,72	0,22	3,81	0,11	0,42	4,04	1,41	0,00	97,02
Belrs-08	21,10	0,00	23,64	31,65	12,68	0,00	4,06	0,11	0,44	3,99	1,17	0,11	98,94
Belrs-09	17,57	0,00	24,47	31,99	11,76	0,66	3,98	0,11	0,51	4,55	1,68	0,00	97,26
Belrs-10B	20,30	0,00	24,41	37,57	9,73	0,49	1,96	0,06	0,30	2,72	1,12	0,00	98,67
Belrs-13	18,76	0,00	16,37	36,47	12,06	1,55	4,11	0,13	0,42	4,73	1,75	0,00	96,35
Belrs-14	18,66	0,00	22,28	33,76	11,01	1,52	4,53	0,11	0,39	4,18	1,48	0,00	97,92
Belrs-16	17,44	0,00	17,26	33,25	13,44	2,16	6,42	0,15	0,39	5,09	1,50	0,00	97,11
Belrs-17	15,71	0,00	16,84	34,69	13,45	3,00	6,11	0,17	0,44	5,25	1,55	0,00	97,22
Belrs-18	17,46	0,00	18,38	32,83	13,54	1,21	5,77	0,15	0,51	5,29	1,82	0,00	96,95
Belrs-19A	20,36	0,00	16,37	33,76	14,35	0,28	6,02	0,13	0,39	4,57	1,48	0,00	97,71
Belrs-19B	16,37	0,00	19,15	35,45	12,31	2,32	5,70	0,15	0,42	4,87	1,55	0,00	98,29
Belrs-20	18,03	0,00	17,79	31,82	13,96	1,48	6,32	0,15	0,46	5,19	1,65	0,00	96,83
Belrs-21	25,08	0,20	23,52	32,07	10,74	0,00	2,24	0,04	0,32	2,63	0,00	0,49	97,34
Belrs-21M	20,79	0,00	21,04	30,97	13,44	0,00	4,58	0,13	0,51	5,22	1,02	0,40	98,09
Belrs-25	21,80	0,00	18,20	30,63	14,65	0,54	5,06	0,15	0,37	4,86	1,60	0,00	97,86
Belrs-26	22,19	0,00	19,74	31,73	12,59	0,00	4,21	0,11	0,37	3,99	1,30	0,08	96,30
Belrs-27	18,74	0,00	17,61	30,38	15,66	0,66	6,99	0,17	0,44	5,22	1,62	0,00	97,49

Continuação: Anexo III – Resultados obtidos através do cálculo da Norma CIPW

Amostras	Quartz (Q)	Corindon (C)	Ortoclásio (Or)	Albita (Ab)	Anortita (An)	Diopsídio (Di)	Hiperstênio (Hy)	Ilmenita (Il)	Apatita (Ap)	Hematita (Hm)	Titanita (Tn)	Rutilo (Ru)	Total
Belrs-28	18,61	0,00	18,02	30,72	15,46	0,26	7,08	0,17	0,44	5,10	1,52	0,00	97,38
Belrs-29	19,42	0,00	17,91	30,12	16,00	0,00	6,40	0,15	0,51	5,38	1,59	0,11	97,59
Belrs-30	19,03	0,00	18,79	30,12	14,98	0,55	6,79	0,15	0,42	5,12	1,57	0,00	97,53
Belrs-31	20,43	0,00	17,32	27,84	16,52	0,00	6,53	0,17	0,49	5,44	0,95	0,36	96,05
Belrs-32	20,33	0,00	19,27	29,87	15,35	0,00	5,83	0,15	0,46	4,95	1,48	0,11	97,79

Anexo IV – Análises de susceptibilidade magnética

Amostras	Análises de susceptibilidade magnética													
BELRS-02	0,12	0,14	0,16	0,13	0,13	0,11	0,1	0,12	0,09	0,12	0,12	0,18	0,14	
BELRS-04	0,16	0,07	0,17	0,15	0,14	0,18	0,13	0,12	0,14	0,11	0,15	0,16		
BELRS-05	0,14	0,13	0,17	0,18	0,15	0,12	0,15	0,12	0,15	0,19	0,12			
BELRS-07	0,13	0,09	0,09	0,12	0,07	0,13	0,1	0,14	0,09	0,12	0,04	0,13	0,12	
BELRS-08	0,1	0,13	0,12	0,12	0,14	0,13	0,15	0,15	0,12	0,11				
BELRS-09	0,07	0,08	0,1	0,12	0,15	0,13	0,09	0,08						
BELRS-10	0,05	0,09	0,07	0,09	0,12	0,08	0,09	0,09	0,08	0,15	0,07	0,09	0,05	0,05
BELRS-13	0,17	0,16	0,17	0,15	0,13	0,13	0,14	0,16	0,19	0,13				
BELRS-14	0,09	0,03	0,15	0,11	0,1	0,14	0,12	0,16	0,11					
BELRS-16	0,12	0,15	0,14	0,13	0,13									
BELRS-17	0,15	0,21	0,2	0,2	0,2	0,2	0,15							
BELRS-18	0,19	0,14	0,19	0,16	0,16	0,15								
BELRS-19	0,14	0,15	0,13	0,14	0,17	0,14								
BELRS-20	0,14	0,17	0,18	0,14	0,17	0,15	0,15							
BELRS-21	0,05	0,06	0,05	0,09	0,05	0,03	0,05	0,06	0,06	0,03				
BELRS-25	0,15	0,11	0,14	0,14	0,14	0,13	0,15	0,17	0,19	0,16	0,15	0,15		
BELRS-26	0,12	0,11	0,14	0,1	0,13	0,1	0,12	0,14	0,12	0,13	0,1	0,12		
BELRS-27	0,2	0,2	0,2	0,14	0,19	0,22	0,18	0,17	0,2	0,18	0,19	0,17		
BELRS-28	0,17	0,15	0,15	0,16	0,14	0,16	0,18	0,17	0,18	0,16	0,16	0,19		
BELRS-29	0,15	0,14	0,16	0,22	0,16	0,23	0,2	0,17	0,23	0,16	0,17			
BELRS-30	0,18	0,15	0,24	0,16	0,16	0,16	0,14	0,16	0,15	0,16	0,17	0,19		
BELRS-31	0,15	0,17	0,17	0,14	0,13	0,18	0,14	0,14	0,11	0,11	0,14	0,15		
BELRS-32	0,17	0,14	0,13	0,16	0,19	0,15	0,14	0,16	0,18	0,13	0,14	0,13		
BELRS-33	0,1	0,1	0,1	0,09	0,11	0,11	0,13	0,09	0,13					

Anexo V – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de plagioclásio.

Legenda: C – Center (centro), R – Rim (borda). Normalização a 5 cátions e 8 oxigênios.

Amostra	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A
Posição	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C
Campo	C1	C1	C2	C2	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C4	C4
SiO ₂	59,321	62,659	60,821	62,23	62,762	63,124	59,503	63,137	60,045	62,648	60	62,357	60,294
TiO ₂	0,01	0	0,059	0	0,035	0	0,049	0,123	0,024	0,026	0	0	0,064
Al ₂ O ₃	25,93	23,473	25,312	23,477	24,215	23,173	25,606	22,688	25,117	23,846	24,796	23,171	25,015
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0,01	0,081	0	0	0	0	0,06	0	0	0,011
FeO	0	0,085	0,002	0	0	0,03	0,024	0,176	0	0,004	0,021	0,012	0,03
MnO	0,035	0,002	0,04	0,031	0	0,134	0	0,011	0,008	0	0	0	0
MgO	0	0	0	0,008	0	0,008	0,023	0	0,01	0	0,017	0,005	0
CaO	7,031	4,868	6,408	4,961	5,411	4,327	7,125	4,06	6,196	4,77	6,353	4,692	6,414
BaO	0,079	0	0	0	0,082	0,099	0	0,092	0	0	0,14	0,072	0,216
Na ₂ O	7,789	9,17	8,173	8,951	8,672	9,473	7,492	10,076	8,288	9,076	8,035	9,308	7,905
K ₂ O	0,125	0,107	0,162	0,186	0,089	0,142	0,132	0,073	0,11	0,185	0,149	0,112	0,135
Total	100,32	100,364	100,977	99,854	101,347	100,51	99,954	100,436	99,798	100,615	99,511	99,729	100,084
Si	2,63	2,76	2,68	2,76	2,75	2,77	2,65	2,77	2,67	2,75	2,68	2,76	2,68
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,36	1,22	1,31	1,23	1,25	1,20	1,35	1,17	1,32	1,24	1,31	1,21	1,31
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,33	0,23	0,30	0,24	0,25	0,20	0,34	0,19	0,29	0,22	0,30	0,22	0,31
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,67	0,78	0,70	0,77	0,74	0,81	0,65	0,86	0,71	0,77	0,70	0,80	0,68
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
An	33,05	22,55	29,96	23,20	25,51	20,00	34,19	18,14	29,05	22,27	30,15	21,65	30,72
Ab	66,25	76,86	69,14	75,76	73,99	79,22	65,06	81,47	70,33	76,70	69,01	77,73	68,51
Or	0,70	0,59	0,90	1,04	0,50	0,78	0,75	0,39	0,61	1,03	0,84	0,62	0,77

Continuação: Anexo V – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de plagioclásio.

Amostra	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-13A	BELRS-13A	BELRS-13A	BELRS-13A	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-14A
Posição	R	C	R	C	R	C	R	C1	C2	C3	C4	R	C1
Campo	C4	C4	C4	C1	C1	C2	C2	C3	C3	C3	C3	C3	C4
SiO ₂	61,996	59,271	63,524	61,919	58,585	57,495	60,517	62,221	62,267	60,73	59,795	62,722	44,1
TiO ₂	0,167	0,108	0,03	0	0	0	0,054	0	0	0	0,152	0	0,273
Al ₂ O ₃	23,899	25,256	22,531	23,7	25,868	26,602	23,927	24,083	24,708	25,471	25,793	23,696	31,726
Cr ₂ O ₃	0,023	0,024	0	0,011	0,036	0	0,033	0,011	0	0	0	0,034	0,071
FeO	0,067	0,068	0,072	0,017	0,161	0,013	0,154	0,077	0,047	0,102	0	0,018	0,331
MnO	0,055	0,004	0,018	0,069	0,009	0	0,021	0	0,008	0,007	0	0,161	0
MgO	0,006	0	0,003	0	0,02	0,024	0,003	0	0,004	0,024	0,013	0	0,007
CaO	4,889	6,6	4,065	4,691	7,308	8,416	5,132	5,36	6,037	6,846	7,079	4,664	20,922
BaO	0,017	0	0	0,089	0,041	0	0,031	0,129	0,034	0	0,154	0,14	0,111
Na ₂ O	8,889	7,927	9,413	9,362	7,863	6,885	8,935	8,762	8,15	7,991	7,58	9,453	1,856
K ₂ O	0,198	0,18	0,183	0,082	0,094	0,085	0,046	0,189	0,209	0,18	0,115	0,094	0
Total	100,206	99,438	99,839	99,94	99,985	99,52	98,853	100,832	101,464	101,351	100,681	100,982	99,397
Si	2,74	2,65	2,81	2,73	2,60	2,58	2,71	2,74	2,73	2,67	2,65	2,74	2,04
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Al	1,24	1,33	1,17	1,23	1,36	1,41	1,26	1,25	1,28	1,32	1,35	1,22	1,73
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,23	0,32	0,19	0,22	0,35	0,40	0,25	0,25	0,28	0,32	0,34	0,22	1,04
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,76	0,69	0,81	0,80	0,68	0,60	0,77	0,75	0,69	0,68	0,65	0,80	0,17
K	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
An	23,05	31,19	19,07	21,59	33,76	40,12	24,03	25,00	28,70	31,81	33,82	21,31	86,17
Ab	75,84	67,80	79,91	77,96	65,73	59,40	75,71	73,95	70,12	67,19	65,53	78,17	13,83
Or	1,11	1,01	1,02	0,45	0,52	0,48	0,26	1,05	1,18	1,00	0,65	0,51	0,00

Continuação: Anexo V – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de plagioclásio.

Amostra	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-20A	BELRS-20A	BELRS-20A	BELRS-20A
Posição	C2	R	C	R	C	R	C	C	C	C	C	R	C
Campo	C4	C4	C5	C5	C4	C4	C1	C2	C2	C2	C3	C3	C4
SiO ₂	59,874	62,05	59,944	66,927	58,612	66,216	63,196	63,601	61,607	64,485	61,096	66,478	60,008
TiO ₂	0,024	0	0,019	0,034	0,129	0,067	0	0,141	0	0,049	0,069	0,073	0
Al ₂ O ₃	24,868	23,801	24,684	20,526	25,376	20,256	24,843	21,908	23,501	23,622	25,135	22,643	24,603
Cr ₂ O ₃	0	0,013	0	0	0,035	0	0	0	0,118	0	0	0,105	0,011
FeO	0,089	0,206	0,009	0,097	0,091	0,077	0,145	0,07	0,173	0,116	0,069	0,126	0,096
MnO	0,05	0,067	0	0,029	0	0,03	0,003	0,091	0,067	0	0,129	0,003	0,048
MgO	0	0	0,005	0,002	0	0,003	0,027	0	0	0,015	0	0,022	0
CaO	6,256	5,06	6,007	1,308	6,991	0,994	6,972	3,951	6,013	5,764	7,368	4,061	7,217
BaO	0,055	0	0,12	0,027	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	8,228	8,803	8,418	11,321	7,271	11,168	7,414	9,207	8,23	7,885	7,402	9,272	7,46
K ₂ O	0,099	0,188	0,181	0,058	0,242	0,099	0,081	0,077	0,076	0,112	0,175	0,134	0,285
Total	99,543	100,188	99,387	100,329	98,747	98,91	102,681	99,046	99,785	102,048	101,443	102,917	99,728
Si	2,67	2,74	2,67	2,92	2,65	2,93	2,76	2,84	2,75	2,83	2,69	2,87	2,69
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,31	1,24	1,30	1,05	1,35	1,06	1,28	1,15	1,24	1,22	1,31	1,15	1,30
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₂	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,30	0,24	0,29	0,06	0,34	0,05	0,33	0,19	0,29	0,27	0,35	0,19	0,35
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,71	0,75	0,73	0,96	0,64	0,96	0,63	0,80	0,71	0,67	0,63	0,78	0,65
K	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02
An	29,42	23,85	28,00	5,98	34,21	4,66	34,03	19,08	28,64	28,58	35,13	19,34	34,27
Ab	70,02	75,09	71,00	93,70	64,38	94,79	65,49	80,47	70,93	70,76	63,87	79,90	64,11
Or	0,55	1,06	1,00	0,32	1,41	0,55	0,47	0,44	0,43	0,66	0,99	0,76	1,61

Continuação: Anexo V – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de plagioclásio.

Amostra	BELRS-20A	BELRS-21	BELRS-21	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-31	BELRS-31
Posição	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R
Campo	C4	C5	C5	C5	C5	C6	C6	C2	C2	C5	C5	C1	C1
SiO ₂	63,743	59,824	61,53	61,409	60,998	61,405	61,442	58,366	58,107	61,644	63,721	58,818	59,822
TiO ₂	0	0,045	0,166	0	0,04	0,166	0,152	0,064	0,108	0,005	0,083	0,054	0
Al ₂ O ₃	23,169	24,29	22,671	23,031	23,852	22,782	22,625	25,087	24,792	23,048	21,742	25,957	24,781
Cr ₂ O ₃	0	0,001	0	0,036	0	0	0	0	0	0	0	0,012	0,011
FeO	0,032	0	0,086	0,054	0,168	0	0,025	0,079	0,152	0	0	0,02	0,059
MnO	0,057	0	0,055	0	0	0	0	0	0,092	0	0,021	0,098	0
MgO	0	0	0,003	0,004	0	0,003	0,013	0	0,016	0,003	0	0,015	0
CaO	5,085	5,597	3,901	4,269	5,34	4,204	4,143	6,747	6,724	4,357	2,852	7,057	6,412
BaO	0	0,017	0	0,116	0,075	0	0	0,017	0	0,14	0,034	0,144	0
Na ₂ O	8,631	8,098	9,377	9,68	8,654	9,319	9,327	7,652	7,439	9,617	10,146	7,225	7,878
K ₂ O	0,178	0,512	0,171	0,136	0,131	0,058	0,12	0,25	0,321	0,07	0,075	0,124	0,139
Total	100,895	98,384	97,96	98,735	99,258	97,937	97,847	98,262	97,751	98,884	98,674	99,524	99,102
Si	2,81	2,70	2,77	2,74	2,72	2,77	2,77	2,64	2,65	2,75	2,84	2,64	2,68
Ti	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,20	1,29	1,20	1,21	1,26	1,21	1,20	1,34	1,33	1,21	1,14	1,37	1,31
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,24	0,27	0,19	0,20	0,26	0,20	0,20	0,33	0,33	0,21	0,14	0,34	0,31
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,74	0,71	0,82	0,84	0,75	0,81	0,82	0,67	0,66	0,83	0,88	0,63	0,69
K	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01
An	24,31	26,83	18,51	19,45	25,24	19,89	19,58	32,29	32,69	19,95	13,39	34,80	30,78
Ab	74,67	70,25	80,52	79,81	74,02	79,78	79,75	66,28	65,45	79,67	86,19	64,47	68,43
Or	1,01	2,92	0,97	0,74	0,74	0,33	0,68	1,42	1,86	0,38	0,42	0,73	0,79

Continuação: Anexo V – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de plagioclásio.

Amostra	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31
Posição	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R
Campo	C1	C1	C2	C2	C4	C4	C5	C5	C6	C6
SiO2	58,477	59,233	58,007	62,621	56,573	60,962	56,515	57,961	59,498	59,461
TiO2	0	0	0	0	0	0,019	0	0,016	0,05	0
Al2O3	26,046	25,266	26,168	23,802	27,02	24,225	26,748	25,835	24,851	24,473
Cr2O3	0	0	0,059	0,022	0,058	0	0,094	0,001	0,033	0,025
FeO	0,06	0,014	0,127	0,099	0,074	0,043	0,055	0,016	0,115	0,067
MnO	0,073	0,033	0,058	0	0	0	0	0	0	0,016
MgO	0,013	0	0	0,01	0	0,009	0,013	0	0	0,005
CaO	7,924	6,705	7,949	4,769	8,721	5,471	8,32	7,384	6,502	6,006
BaO	0,065	0,124	0	0,055	0	0	0	0,01	0,038	0
Na2O	7,019	7,8	7,078	9,076	6,496	8,759	6,82	7,257	7,605	7,655
K2O	0,244	0,128	0,259	0,194	0,125	0,223	0,119	0,085	0,328	0,431
Total	99,921	99,303	99,705	100,648	99,067	99,711	98,684	98,565	99,02	98,139
Si	2,62	2,65	2,60	2,75	2,56	2,70	2,56	2,62	2,68	2,70
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,37	1,33	1,38	1,23	1,44	1,27	1,43	1,38	1,32	1,31
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,38	0,32	0,38	0,22	0,42	0,26	0,40	0,36	0,31	0,29
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,61	0,68	0,61	0,77	0,57	0,75	0,60	0,64	0,66	0,67
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02
An	37,88	31,97	37,73	22,26	42,28	25,34	39,99	35,81	31,48	29,48
Ab	60,73	67,30	60,80	76,66	57,00	73,43	59,33	63,70	66,63	68,00
Or	1,39	0,73	1,46	1,08	0,72	1,23	0,68	0,49	1,89	2,52

Anexo VI – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de anfibólio

Legenda: C – Center (centro), R – Rim (borda). Normalização a 23 oxigênios.

Amostra Posição Campo	BELRS-2A C C1	BELRS-2A R C1	BELRS-2A C C2	BELRS-2A R C2	BELRS-2A C C3	BELRS-2A R C3	BELRS-2A C C3	BELRS-2A R C3	BELRS-2A C C3	BELRS-2A R C3	BELRS-2A C C3	BELRS-2A R C4	BELRS-2A C C4
SiO ₂	43,502	43,674	43,304	43,648	43,751	43,730	43,347	43,312	43,144	43,218	42,85	44,14	43,31
TiO ₂	1,313	0,682	1,221	0,870	1,066	1,325	1,457	0,955	1,117	0,968	1,75	1,71	1,08
Al ₂ O ₃	10,902	10,679	10,544	10,899	10,787	11,040	11,163	11,081	10,904	11,059	11,14	10,60	10,90
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,056	0,000	0,110	0,043	0,033	0,03	0,03	0,01
Fe ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,890	0,000	0,988	1,007	0,000	0,882	0,93	2,82	0,33
FeO	17,358	16,816	17,013	17,117	17,676	17,443	17,168	17,113	17,602	17,292	17,43	15,90	17,42
MnO	0,229	0,381	0,360	0,354	0,224	0,338	0,307	0,243	0,239	0,245	0,26	0,35	0,34
MgO	8,393	8,435	8,347	8,347	8,494	8,342	8,594	8,322	8,458	8,380	8,52	8,86	8,44
NiO	0,000	0,000	0,000	0,057	0,015	0,000	0,130	0,000	0,000	0,011	0,02	0,09	0,00
CaO	11,548	11,425	11,461	11,547	11,390	11,401	11,451	11,351	11,478	11,291	11,32	11,31	11,24
Na ₂ O	1,491	1,393	1,563	1,614	1,557	1,543	1,493	1,304	1,425	1,464	1,68	1,28	1,53
K ₂ O	1,323	1,307	1,274	1,330	1,373	1,336	1,432	1,339	1,383	1,389	1,43	1,21	1,45
BaO	0,000	0,114	0,117	0,000	0,000	0,040	0,093	0,033	0,064	0,130	0,07	0,00	0,00
F	0,157	0,184	0,150	0,285	0,161	0,135	0,268	0,133	0,081	0,106	0,21	0,17	0,09
Cl	0,014	0,000	0,014	0,000	0,002	0,006	0,009	0,002	0,012	0,000	0,02	0,01	0,00
H ₂ O*	1,879	1,851	1,864	1,817	1,897	1,902	1,851	1,894	1,906	1,907	1,87	1,92	1,91
Subtotal	98,11	96,94	97,23	97,89	99,28	98,64	99,75	98,20	97,86	98,37	99,52	100,39	98,05
O=F,Cl	0,07	0,08	0,07	0,12	0,07	0,06	0,11	0,06	0,04	0,04	0,09	0,08	0,04
Total	98,04	96,86	97,17	97,77	99,22	98,58	99,64	98,14	97,82	98,33	99,43	100,31	98,01
Si	6,664	6,756	6,697	6,703	6,646	6,664	6,562	6,635	6,641	6,622	6,513	6,601	6,650
Al iv	1,336	1,244	1,303	1,297	1,354	1,336	1,438	1,365	1,359	1,378	1,487	1,399	1,350
Al vi	0,633	0,703	0,619	0,676	0,577	0,647	0,554	0,636	0,620	0,619	0,509	0,468	0,623
Ti	0,151	0,079	0,142	0,101	0,122	0,152	0,166	0,110	0,129	0,112	0,200	0,192	0,124
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,013	0,005	0,004	0,004	0,004	0,001
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,102	0,000	0,113	0,116	0,000	0,102	0,106	0,318	0,038
Fe ²⁺	2,224	2,175	2,200	2,198	2,245	2,223	2,173	2,192	2,266	2,216	2,215	1,988	2,237
Mn	0,030	0,050	0,047	0,046	0,029	0,044	0,039	0,032	0,031	0,032	0,033	0,044	0,045
Mg	1,917	1,945	1,924	1,911	1,923	1,895	1,939	1,901	1,941	1,914	1,931	1,975	1,931
Ni	0,000	0,000	0,000	0,007	0,002	0,000	0,016	0,000	0,000	0,001	0,002	0,011	0,000
Ca	1,895	1,894	1,899	1,900	1,854	1,862	1,857	1,863	1,893	1,854	1,844	1,812	1,849
Na	0,443	0,418	0,469	0,481	0,459	0,456	0,438	0,387	0,425	0,435	0,494	0,371	0,456
K	0,259	0,258	0,251	0,261	0,266	0,260	0,277	0,262	0,272	0,272	0,278	0,230	0,284
Ba	0,000	0,007	0,007	0,000	0,000	0,002	0,006	0,002	0,004	0,008	0,004	0,000	0,000
F	0,076	0,090	0,073	0,138	0,077	0,065	0,128	0,064	0,039	0,051	0,100	0,082	0,044
Cl	0,004	0,000	0,004	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003	0,000	0,004	0,003	0,000
OH*	1,920	1,910	1,923	1,862	1,922	1,933	1,869	1,935	1,957	1,949	1,895	1,916	1,956
Cátion ^T	17,551	17,529	17,560	17,580	17,578	17,547	17,578	17,514	17,586	17,568	17,620	17,413	17,589

Continuação: Anexo VI – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de anfibólio

Amostra	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-13A	BELRS-13A	BELRS-13A	BELRS-13A	BELRS-19B	BELRS-19A
Posição	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	C
Campo	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C1	C1	C2	C2	C1	C4
SiO ₂	43,97	45,78	43,07	43,64	44,30	43,71	45,11	48,46	46,13	46,25	42,57	45,42	46,42
TiO ₂	0,89	0,85	1,33	0,82	0,91	1,03	0,81	1,24	1,01	1,02	2,16	1,60	1,61
Al ₂ O ₃	11,01	8,92	11,14	11,33	10,92	10,64	9,63	7,48	9,71	8,78	11,40	8,71	7,65
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,07	0,14	0,03	0,04	0,09	0,08	0,11	0,16	0,03	0,19	0,04
Fe ₂ O ₃	0,00	0,45	0,00	1,36	1,06	0,00	0,00	2,92	2,19	1,00	1,32	0,00	0,00
FeO	17,94	17,27	17,57	16,65	17,67	17,80	17,17	13,28	12,65	16,09	16,58	14,14	14,12
MnO	0,25	0,36	0,29	0,42	0,24	0,12	0,29	0,30	0,10	0,34	0,24	0,49	0,40
MgO	8,26	9,14	8,30	8,66	8,50	8,47	9,19	11,92	11,80	10,25	8,60	11,11	11,23
NiO	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,08	0,00	0,04	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00
CaO	11,35	11,34	11,50	11,44	11,51	11,72	11,57	11,53	11,52	11,82	11,33	11,41	11,24
Na ₂ O	1,45	1,27	1,50	1,47	1,42	1,38	1,41	1,37	1,67	1,25	1,56	1,51	1,37
K ₂ O	1,33	0,98	1,43	1,46	1,32	1,39	1,30	0,53	0,74	0,96	1,14	0,90	0,60
BaO	0,00	0,04	0,04	0,03	0,15	0,00	0,00	0,00	0,11	0,09	0,00	0,00	0,03
F	0,14	0,11	0,13	0,17	0,24	0,10	0,13	0,16	0,26	0,16	0,22	0,03	0,05
Cl	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
H ₂ O*	1,90	1,92	1,89	1,90	1,88	1,91	1,91	1,99	1,91	1,93	1,87	1,96	1,95
Subtotal	98,51	98,43	98,28	99,52	100,23	98,39	98,61	101,29	99,94	100,18	99,01	97,47	96,74
O=F,Cl	0,06	0,05	0,06	0,07	0,10	0,04	0,06	0,07	0,11	0,07	0,09	0,01	0,02
Total	98,45	98,39	98,21	99,44	100,12	98,35	98,55	101,23	99,83	100,11	98,92	97,45	96,72
Si	6,711	6,950	6,608	6,600	6,666	6,690	6,850	7,029	6,788	6,887	6,470	6,877	7,047
Al iv	1,289	1,050	1,392	1,400	1,334	1,310	1,150	0,971	1,212	1,113	1,530	1,123	0,953
Al vi	0,691	0,545	0,621	0,619	0,604	0,608	0,574	0,307	0,472	0,427	0,512	0,430	0,416
Ti	0,102	0,097	0,153	0,093	0,103	0,118	0,092	0,135	0,111	0,115	0,247	0,182	0,184
Cr	0,003	0,000	0,008	0,017	0,004	0,005	0,011	0,009	0,013	0,018	0,004	0,023	0,004
Fe ³⁺	0,000	0,052	0,000	0,154	0,120	0,000	0,000	0,319	0,243	0,112	0,150	0,000	0,000
Fe ²⁺	2,289	2,192	2,254	2,106	2,223	2,279	2,180	1,611	1,557	2,004	2,107	1,790	1,793
Mn	0,032	0,046	0,038	0,054	0,031	0,016	0,037	0,037	0,012	0,043	0,031	0,063	0,051
Mg	1,880	2,068	1,898	1,952	1,908	1,932	2,081	2,577	2,589	2,275	1,949	2,507	2,542
Ni	0,000	0,000	0,000	0,004	0,007	0,010	0,000	0,004	0,003	0,006	0,000	0,000	0,000
Ca	1,856	1,845	1,890	1,854	1,856	1,922	1,882	1,792	1,816	1,886	1,844	1,850	1,829
Na	0,430	0,375	0,446	0,430	0,415	0,410	0,415	0,384	0,477	0,361	0,460	0,442	0,404
K	0,258	0,190	0,280	0,281	0,254	0,271	0,251	0,097	0,140	0,183	0,222	0,174	0,117
Ba	0,000	0,003	0,003	0,002	0,009	0,000	0,000	0,000	0,006	0,005	0,000	0,000	0,002
F	0,068	0,053	0,065	0,083	0,115	0,046	0,064	0,075	0,119	0,075	0,105	0,013	0,022
Cl	0,002	0,000	0,005	0,001	0,002	0,005	0,000	0,000	0,002	0,006	0,001	0,003	0,003
OH*	1,930	1,947	1,930	1,917	1,883	1,948	1,936	1,925	1,879	1,919	1,894	1,983	1,975
Cátion ^T	17,541	17,412	17,592	17,567	17,534	17,571	17,523	17,273	17,439	17,435	17,526	17,462	17,343

Continuação: Anexo VI – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de anfibólio

Amostra	BELRS-19A	BELRS-20A	BELRS-20A	BELRS-20A	BELRS-20A	BELRS-27	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31
Posição	R	C	R	C	R	C	C	R	C	R	C	R	C
Campo	C4	C3	C3	C4	C4	C2	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C2
SiO ₂	41,92	55,02	50,81	48,93	48,81	41,91	42,72	44,55	44,08	44,83	45,09	45,11	44,05
TiO ₂	1,63	0,16	0,79	1,45	1,04	2,20	2,42	1,71	1,68	1,11	1,43	1,55	1,68
Al ₂ O ₃	11,10	0,96	8,09	7,93	7,98	11,33	11,41	9,95	10,62	10,39	10,31	9,97	11,01
Cr ₂ O ₃	0,07	0,07	0,06	0,10	0,17	0,20	0,00	0,02	0,04	0,09	0,05	0,06	0,10
Fe ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,09	0,30	0,32	0,00
FeO	16,33	8,97	14,41	14,59	14,43	15,72	14,62	15,54	16,13	14,84	15,37	15,11	16,11
MnO	0,22	0,43	0,33	0,40	0,36	0,31	0,29	0,34	0,39	0,37	0,15	0,36	0,30
MgO	11,14	11,69	11,28	11,11	10,65	9,15	9,61	9,72	9,51	10,05	10,11	10,23	9,64
NiO	0,07	0,02	0,02	0,07	0,00	0,04	0,00	0,01	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00
CaO	6,17	22,88	11,66	11,43	11,42	11,18	11,61	11,51	11,76	11,35	11,41	11,40	11,83
Na ₂ O	0,59	0,39	1,34	1,55	1,38	1,71	1,73	1,38	1,47	1,59	1,58	1,54	1,59
K ₂ O	5,03	0,00	0,75	0,69	0,85	1,15	0,99	0,86	0,97	0,88	0,81	0,83	1,03
BaO	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,12	0,00	0,22	0,00	0,02	0,17
F	0,15	0,00	0,12	0,06	0,03	0,06	0,10	0,06	0,12	0,15	0,17	0,06	0,13
Cl	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
H ₂ O*	1,84	2,12	2,04	2,03	2,01	1,91	1,92	1,94	1,92	1,92	1,91	1,96	1,93
Subtotal	96,35	102,71	101,70	100,34	99,14	97,02	97,42	97,72	98,77	98,96	98,70	98,52	99,58
O=F,Cl	0,06	0,00	0,05	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,05	0,07	0,08	0,03	0,06
Total	96,28	102,71	101,65	100,31	99,13	96,99	97,38	97,69	98,72	98,89	98,62	98,49	99,53
Si	6,562	7,799	7,276	7,144	7,203	6,474	6,515	6,771	6,662	6,733	6,767	6,781	6,611
Al iv	1,438	0,161	0,724	0,856	0,797	1,526	1,485	1,229	1,338	1,267	1,233	1,219	1,389
Al vi	0,610	0,000	0,641	0,509	0,591	0,536	0,566	0,553	0,552	0,572	0,589	0,547	0,559
Ti	0,192	0,017	0,085	0,159	0,116	0,255	0,278	0,196	0,191	0,126	0,161	0,175	0,190
Cr	0,009	0,008	0,006	0,012	0,020	0,024	0,000	0,002	0,004	0,011	0,005	0,007	0,012
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,123	0,034	0,036	0,000
Fe ²⁺	2,137	1,064	1,725	1,782	1,781	2,031	1,865	1,975	2,038	1,864	1,929	1,899	2,022
Mn	0,030	0,051	0,041	0,049	0,045	0,041	0,037	0,043	0,050	0,047	0,019	0,045	0,038
Mg	2,600	2,470	2,408	2,418	2,342	2,107	2,185	2,203	2,141	2,249	2,263	2,291	2,156
Ni	0,008	0,002	0,003	0,009	0,000	0,005	0,000	0,001	0,009	0,008	0,000	0,000	0,000
Ca	1,034	3,475	1,789	1,789	1,805	1,851	1,897	1,874	1,905	1,827	1,834	1,836	1,902
Na	0,180	0,107	0,371	0,439	0,396	0,512	0,512	0,405	0,431	0,462	0,459	0,447	0,462
K	1,005	0,001	0,137	0,128	0,160	0,226	0,192	0,167	0,187	0,169	0,154	0,159	0,197
Ba	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,007	0,000	0,013	0,000	0,001	0,010
F	0,072	0,000	0,054	0,026	0,015	0,028	0,050	0,027	0,059	0,073	0,082	0,027	0,061
Cl	0,002	0,000	0,000	0,001	0,004	0,005	0,000	0,006	0,003	0,003	0,004	0,005	0,003
OH*	1,925	2,000	1,946	1,973	1,981	1,967	1,950	1,967	1,938	1,924	1,914	1,968	1,935
Cátion ^T	17,810	17,154	17,207	17,293	17,255	17,597	17,533	17,427	17,508	17,470	17,448	17,443	17,549

Continuação: Anexo VI – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de anfibólio

Amostra	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-32
Posição	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C
Campo	C2	C4	C4	C5	C5	C6	C6	C6	C6	C3
SiO ₂	45,41	45,23	44,52	45,30	44,85	44,94	44,52	45,27	45,21	45,47
TiO ₂	1,47	1,98	1,48	1,16	1,59	1,54	1,27	1,24	1,02	1,27
Al ₂ O ₃	9,65	10,30	10,03	9,48	9,43	10,28	10,07	9,64	10,20	8,73
Cr ₂ O ₃	0,12	0,38	0,02	0,09	0,07	0,07	0,00	0,10	0,05	0,16
Fe ₂ O ₃	2,32	0,00	0,00	0,05	0,00	4,10	0,85	1,95	3,02	0,15
FeO	14,70	13,30	15,74	15,21	15,48	13,14	15,03	14,32	13,61	16,61
MnO	0,43	0,38	0,21	0,24	0,31	0,39	0,37	0,41	0,63	0,38
MgO	10,10	11,34	9,75	10,50	9,88	10,34	9,84	10,46	10,22	9,99
NiO	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00
CaO	11,38	11,65	11,68	11,60	11,30	11,16	11,25	11,47	11,33	11,67
Na ₂ O	1,45	1,50	1,55	1,35	1,39	1,63	1,64	1,45	1,39	1,39
K ₂ O	0,81	0,82	0,92	0,93	0,80	0,76	0,74	0,93	0,93	0,94
BaO	0,11	0,03	0,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,17
F	0,11	0,04	0,11	0,15	0,06	0,06	0,06	0,00	0,01	0,14
Cl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
H ₂ O*	1,96	2,00	1,92	1,91	1,93	2,00	1,94	2,01	2,01	1,92
Subtotal	100,03	99,08	98,09	98,09	97,10	100,42	97,64	99,27	99,75	98,99
O=F,Cl	0,05	0,02	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,06
Total	99,98	99,06	98,05	98,02	97,07	100,40	97,61	99,27	99,75	98,93
Si	6,750	6,711	6,756	6,845	6,843	6,633	6,763	6,762	6,720	6,868
Al iv	1,250	1,289	1,244	1,155	1,157	1,367	1,237	1,238	1,280	1,132
Al vi	0,441	0,512	0,550	0,533	0,539	0,421	0,566	0,459	0,508	0,423
Ti	0,165	0,221	0,169	0,131	0,182	0,171	0,145	0,139	0,114	0,144
Cr	0,014	0,044	0,003	0,011	0,008	0,008	0,000	0,012	0,005	0,019
Fe ³⁺	0,260	0,000	0,000	0,006	0,000	0,455	0,097	0,219	0,338	0,017
Fe ²⁺	1,828	1,651	1,997	1,922	1,975	1,622	1,909	1,789	1,692	2,099
Mn	0,055	0,048	0,027	0,031	0,041	0,048	0,048	0,051	0,079	0,049
Mg	2,239	2,509	2,206	2,365	2,247	2,274	2,229	2,329	2,264	2,250
Ni	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,001	0,000	0,000
Ca	1,812	1,852	1,899	1,878	1,848	1,765	1,830	1,836	1,804	1,888
Na	0,418	0,433	0,455	0,394	0,411	0,468	0,482	0,421	0,402	0,407
K	0,153	0,155	0,178	0,180	0,156	0,143	0,143	0,176	0,175	0,182
Ba	0,006	0,002	0,009	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,010
F	0,051	0,020	0,050	0,070	0,028	0,030	0,028	0,000	0,003	0,068
Cl	0,003	0,002	0,003	0,003	0,005	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000
OH*	1,946	1,978	1,947	1,927	1,966	1,970	1,969	1,999	1,996	1,932
Cátion ^T	17,388	17,439	17,493	17,458	17,406	17,376	17,455	17,433	17,389	17,487

Anexo VII – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de biotita

Legenda: C – Center (centro), R – Rim (borda). Normalização a 24 oxigênios.

Amostra Posição Campo	BELRS-10B C C1	BELRS-10B C C2	BELRS-10B R C2	BELRS-10B C C4	BELRS-10B R C4	BELRS-10B C C5	BELRS-10B R C5	BELRS-13A C C1	BELRS-16A C C4	BELRS-16B C C1	BELRS-19A C C2	BELRS-19A R C2	BELRS-19A C C6
SiO ₂	36,798	36,664	36,55	35,527	36,247	36,603	37,55	37,52	37,219	36,517	36,723	37	37,14
TiO ₂	1,602	1,867	1,224	0,897	1,196	1,386	0,996	2,035	2,158	1,865	2,343	2,313	2,047
Al ₂ O ₃	16,097	16,001	15,954	15,755	15,994	15,948	16,284	15,44	15,27	15,679	15,38	15,595	15,812
FeO	23,162	22,541	23,986	23,772	22,325	21,752	22,71	20,559	18,333	17,228	16,356	16,565	17,096
MnO	0,255	0,264	0,155	0,386	0,173	0,331	0,036	0,127	0,17	0,105	0,178	0,163	0,266
MgO	9	9,032	9,428	9,938	9,586	9,478	10,013	10,619	11,566	11,132	10,563	10,957	11,115
CaO	0,007	0,037	0	0,031	0,04	0	0,06	0,047	0,072	0,042	0,019	0,005	0,016
Na ₂ O	0,039	0,071	0,094	0,048	0,076	0,091	0,018	0,08	0,08	0,031	0,058	0,047	0,059
K ₂ O	9,141	9,204	8,991	7,723	8,873	8,976	8,749	9,252	9,394	9,816	9,457	9,182	9,547
BaO	0,257	0,148	0,253	0,161	0,357	0,076	0,03	0,175	0	0,357	0,176	0,285	0,106
F	0,682	0,943	0,958	0,466	0,623	0,697	0,709	0,452	0,343	0,276	0,34	0,23	0,279
Cl	0,006	0,005	0	0,008	0	0	0	0,001	0,003	0	0,011	0,014	0,002
Cr ₂ O ₃	0,014	0	0,099	0,042	0,077	0,063	0	0,088	0,291	0,312	0,044	0,102	0,148
NiO	0	0	0,004	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,072	0,011
Li ₂ O*	1,01	0,97	0,94	0,64	0,85	0,95	1,22	1,22	1,13	0,93	0,99	1,07	1,11
H ₂ O*	3,64	3,50	3,51	3,64	3,61	3,59	3,68	3,80	3,82	3,78	3,71	3,80	3,82
Subtotal	101,71	101,25	102,14	99,04	100,03	99,95	102,06	101,41	99,85	98,07	96,42	97,40	98,57
O=F,Cl	0,29	0,40	0,40	0,20	0,26	0,29	0,30	0,19	0,15	0,12	0,15	0,10	0,12
Total	101,42	100,85	101,74	98,84	99,77	99,65	101,76	101,22	99,70	97,95	96,28	97,30	98,45
Si	5,564	5,565	5,533	5,516	5,561	5,595	5,602	5,608	5,602	5,604	5,689	5,664	5,634
Al iv	2,436	2,435	2,467	2,484	2,439	2,405	2,398	2,392	2,398	2,396	2,311	2,336	2,366
Al vi	0,433	0,427	0,380	0,399	0,453	0,469	0,465	0,329	0,311	0,440	0,497	0,478	0,461
Ti	0,182	0,213	0,139	0,105	0,138	0,159	0,112	0,229	0,244	0,215	0,273	0,266	0,234
Cr	0,002	0,000	0,012	0,005	0,009	0,008	0,000	0,010	0,035	0,038	0,005	0,012	0,018
Fe	2,929	2,861	3,037	3,087	2,865	2,781	2,833	2,570	2,308	2,211	2,119	2,121	2,169
Mn	0,033	0,034	0,020	0,051	0,022	0,043	0,005	0,016	0,022	0,014	0,023	0,021	0,034
Mg	2,029	2,043	2,128	2,300	2,192	2,160	2,227	2,366	2,595	2,547	2,439	2,500	2,514
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,009	0,001
Li*	0,614	0,592	0,571	0,402	0,525	0,586	0,735	0,731	0,684	0,573	0,615	0,657	0,676
Ca	0,001	0,006	0,000	0,005	0,007	0,000	0,010	0,008	0,012	0,007	0,003	0,001	0,003
Na	0,011	0,021	0,028	0,014	0,023	0,027	0,005	0,023	0,023	0,009	0,017	0,014	0,017
K	1,763	1,782	1,736	1,529	1,736	1,750	1,665	1,764	1,804	1,921	1,869	1,793	1,847
Ba	0,015	0,009	0,015	0,010	0,021	0,005	0,002	0,010	0,000	0,021	0,011	0,017	0,006
OH*	3,672	3,546	3,541	3,769	3,698	3,663	3,665	3,786	3,836	3,866	3,831	3,885	3,866
F	0,326	0,453	0,459	0,229	0,302	0,337	0,335	0,214	0,163	0,134	0,167	0,111	0,134
Cl	0,002	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,004	0,001
Cátion ^T	20,012	19,989	20,066	19,908	19,992	19,987	20,057	20,057	20,037	19,996	19,882	19,889	19,980

Continuação: Anexo VII – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de biotita

Amostra	BELRS-19A	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19C	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D
Posição	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	C	C	C
Campo	C6	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C3	C3	C1	C1	C3	C3
SiO ₂	36,721	37,422	37,213	37,032	36,797	36,828	37,096	36,399	36,545	37,624	38,782	38,245	38,102
TiO ₂	2,447	2,39	1,731	2,292	1,932	3,215	2,263	2,85	1,961	1,727	1,46	1,658	3,041
Al ₂ O ₃	15,423	15,115	15,739	15,071	15,058	14,486	15,357	15,2	15,203	15,052	16,153	15,475	14,948
FeO	17,316	18,25	18,012	18,032	17,124	17,311	17,621	17,018	17,39	17,227	15,977	17,679	18,168
MnO	0,225	0,275	0,248	0,223	0,316	0,124	0,278	0,287	0,163	0,256	0,208	0,175	0,243
MgO	10,571	11,234	11,376	11,267	10,944	11,06	10,85	10,754	11,289	10,791	10,703	10,289	9,973
CaO	0,064	0,025	0,041	0,014	0,003	0,009	0,05	0,029	0,016	0,048	0,063	0,042	0,077
Na ₂ O	0,043	0,11	0,026	0,18	0,083	0,089	0,103	0,024	0,078	0,069	0,045	0,129	0,09
K ₂ O	9,204	9,399	9,324	9,185	8,853	9,279	9,094	9,446	9,436	9,47	9,319	9,658	9,304
BaO	0,481	0,351	0,198	0,317	0,41	0,116	0,195	0,454	0,454	0	0	0	0
F	0,381	0,344	0,333	0,288	0,332	0,349	0,16	0,252	0,312	0,313	0,316	0,266	0,244
Cl	0,006	0	0	0,005	0,008	0	0,017	0	0,009	0	0,003	0	0,017
Cr ₂ O ₃	0,159	0,102	0,076	0,136	0,091	0,19	0,147	0	0,104	0,12	0,156	0,146	0,122
NiO	0,061	0,011	0,08	0	0,061	0	0,042	0	0	0,046	0,057	0,019	0
Li ₂ O*	0,99	1,19	1,13	1,08	1,01	1,02	1,09	0,89	0,94	1,25	1,58	1,42	1,38
H ₂ O*	3,72	3,82	3,81	3,81	3,71	3,75	3,85	3,77	3,74	3,78	3,86	3,85	3,87
Subtotal	97,81	100,04	99,34	98,92	96,73	97,82	98,22	97,37	97,64	97,77	98,68	99,06	99,59
O=F,Cl	0,16	0,14	0,14	0,12	0,14	0,15	0,07	0,11	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11
Total	97,65	99,89	99,20	98,80	96,59	97,67	98,15	97,27	97,50	97,63	98,55	98,95	99,48
Si	5,641	5,632	5,623	5,630	5,697	5,646	5,654	5,619	5,633	5,748	5,793	5,763	5,722
Al iv	2,359	2,368	2,377	2,370	2,303	2,354	2,346	2,381	2,367	2,252	2,207	2,237	2,278
Al vi	0,434	0,313	0,426	0,330	0,445	0,264	0,413	0,384	0,395	0,458	0,638	0,512	0,367
Ti	0,283	0,270	0,197	0,262	0,225	0,371	0,259	0,331	0,227	0,198	0,164	0,188	0,343
Cr	0,019	0,012	0,009	0,016	0,011	0,023	0,018	0,000	0,013	0,014	0,018	0,017	0,014
Fe	2,225	2,297	2,276	2,293	2,217	2,219	2,246	2,197	2,242	2,201	1,996	2,228	2,282
Mn	0,029	0,035	0,032	0,029	0,041	0,016	0,036	0,038	0,021	0,033	0,026	0,022	0,031
Mg	2,421	2,520	2,562	2,553	2,526	2,528	2,465	2,475	2,594	2,457	2,383	2,311	2,232
Ni	0,008	0,001	0,010	0,000	0,008	0,000	0,005	0,000	0,000	0,006	0,007	0,002	0,000
Li*	0,610	0,719	0,686	0,658	0,628	0,627	0,671	0,555	0,581	0,766	0,948	0,863	0,835
Ca	0,011	0,004	0,007	0,002	0,000	0,001	0,008	0,005	0,003	0,008	0,010	0,007	0,012
Na	0,013	0,032	0,008	0,053	0,025	0,026	0,030	0,007	0,023	0,020	0,013	0,038	0,026
K	1,803	1,804	1,797	1,781	1,748	1,814	1,768	1,860	1,855	1,845	1,776	1,856	1,782
Ba	0,029	0,021	0,012	0,019	0,025	0,007	0,012	0,027	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000
OH*	3,813	3,836	3,841	3,860	3,835	3,831	3,918	3,877	3,846	3,849	3,850	3,873	3,880
F	0,185	0,164	0,159	0,138	0,163	0,169	0,077	0,123	0,152	0,151	0,149	0,127	0,116
Cl	0,002	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,004	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,004
Cátion ^T	19,883	20,029	20,020	19,996	19,899	19,897	19,933	19,879	19,982	20,007	19,980	20,045	19,927

Continuação: Anexo VII – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de biotita

Amostra	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-20B	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-30	BELRS-32	BELRS-32
Posição	C	C	R	C	R	C	R	C	C	C	R	C	C	R
Campo	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C5	C2	C4	C4	C5	C6	C6
SiO ₂	38,339	37,847	39,532	38,547	38,177	38,584	38,888	37,943	36,085	36,07	36,586	36,813	36,371	36,538
TiO ₂	3,06	2,801	1,981	2,469	2,643	2,368	2,517	1,44	2,65	3,29	2,72	1,158	2,924	2,391
Al ₂ O ₃	15,029	14,787	14,927	14,993	15,299	14,879	15,203	14,743	15,511	15,316	15,632	15,499	15,2	14,752
FeO	17,523	17,385	17,667	16,984	17,262	17,673	16,758	16,815	16,847	16,952	16,305	17,741	18,87	18,937
MnO	0,203	0,218	0,195	0,219	0,233	0,364	0,252	0,344	0,231	0,096	0,163	0,36	0,332	0,225
MgO	10,124	10,21	10,527	10,408	10,48	10,762	10,568	11,099	11,223	10,792	11,48	11,399	9,978	10,65
CaO	0,05	0,01	0,016	0	0,052	0,015	0,037	0,055	0,003	0,043	0,018	0,012	0,072	0,076
Na ₂ O	0,058	0,116	0,093	0,093	0,12	0,063	0,118	0,046	0,092	0,051	0,069	0,047	0,034	0,079
K ₂ O	9,444	9,735	9,722	9,747	9,425	9,467	9,507	9,594	9,241	9,741	9,885	9,225	9,112	9,151
BaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0,301	0,475	0,043	0,401	0,566	0,03
F	0,23	0,187	0,328	0,331	0,228	0,435	0,393	0,248	0,332	0,307	0,277	0,277	0,422	0,392
Cl	0,001	0	0,001	0,004	0,006	0,03	0,007	0	0	0	0,008	0,009	0,003	0,005
Cr ₂ O ₃	0,055	0,213	0,23	0,359	0,327	0,27	0,124	0	0,124	0,089	0,053	0,225	0,102	0
NiO	0,118	0,008	0,049	0,072	0	0	0,023	0,011	0,03	0	0,034	0	0	0,084
Li ₂ O*	1,45	1,31	1,79	1,51	1,40	1,52	1,61	1,34	0,80	0,80	0,95	1,01	0,89	0,93
H ₂ O*	3,90	3,87	3,91	3,85	3,90	3,81	3,85	3,81	3,73	3,74	3,80	3,77	3,70	3,70
Subtotal	99,58	98,70	100,98	99,59	99,55	100,24	99,85	97,48	97,20	97,77	98,02	97,95	98,57	97,94
O=F,Cl	0,10	0,08	0,14	0,14	0,10	0,19	0,17	0,10	0,14	0,13	0,12	0,12	0,18	0,17
Total	99,49	98,62	100,84	99,45	99,46	100,05	99,68	97,38	97,06	97,64	97,90	97,83	98,39	97,78
Si	5,738	5,734	5,825	5,767	5,712	5,749	5,779	5,799	5,571	5,560	5,582	5,651	5,596	5,637
Al iv	2,262	2,266	2,175	2,233	2,288	2,251	2,221	2,201	2,429	2,440	2,418	2,349	2,404	2,363
Al vi	0,390	0,374	0,418	0,411	0,411	0,361	0,442	0,455	0,394	0,343	0,393	0,456	0,352	0,319
Ti	0,344	0,319	0,220	0,278	0,297	0,265	0,281	0,166	0,308	0,381	0,312	0,134	0,338	0,277
Cr	0,007	0,026	0,027	0,042	0,039	0,032	0,015	0,000	0,015	0,011	0,006	0,027	0,012	0,000
Fe	2,194	2,203	2,177	2,125	2,160	2,202	2,083	2,149	2,175	2,185	2,081	2,278	2,428	2,443
Mn	0,026	0,028	0,024	0,028	0,030	0,046	0,032	0,045	0,030	0,013	0,021	0,047	0,043	0,029
Mg	2,259	2,306	2,312	2,321	2,338	2,390	2,341	2,529	2,583	2,480	2,611	2,609	2,288	2,449
Ni	0,014	0,001	0,006	0,009	0,000	0,000	0,003	0,001	0,004	0,000	0,004	0,000	0,000	0,010
Li*	0,874	0,798	1,063	0,909	0,845	0,912	0,962	0,822	0,500	0,496	0,582	0,626	0,549	0,580
Ca	0,008	0,002	0,003	0,000	0,008	0,002	0,006	0,009	0,000	0,007	0,003	0,002	0,012	0,013
Na	0,017	0,034	0,027	0,027	0,035	0,018	0,034	0,014	0,028	0,015	0,020	0,014	0,010	0,024
K	1,803	1,881	1,827	1,860	1,799	1,799	1,802	1,870	1,820	1,915	1,924	1,806	1,788	1,801
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,029	0,003	0,024	0,034	0,002
OH*	3,891	3,910	3,847	3,842	3,891	3,787	3,814	3,880	3,838	3,850	3,864	3,863	3,794	3,807
F	0,109	0,090	0,153	0,157	0,108	0,205	0,185	0,120	0,162	0,150	0,134	0,134	0,205	0,191
Cl	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,008	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001
Cátion ^T	19,935	19,971	20,104	20,010	19,961	20,028	20,000	20,060	19,875	19,875	19,960	20,022	19,855	19,947

Anexo VIII – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de epidoto

Legenda: C – Center (centro), R – Rim (borda). Normalização a 12,5 oxigênios.

Amostra	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B
Posição	C	C	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C
Campo	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
SiO ₂	38,398	38,995	38,375	38,834	38,759	39,524	37,656	38,381	38,083	38,985	38,037	37,73	38,051
TiO ₂	0,113	0,204	0,268	0,148	0	0,039	0,098	0,41	0,256	0,065	0,035	0,416	0,024
Al ₂ O ₃	24,413	26,96	26,648	26,836	26,154	27,611	26,317	26,687	25,369	26,847	26,178	26,557	26,168
FeO	10,898	7,528	7,91	8,043	8,471	7,724	8,555	8,224	9,179	7,653	8,84	8,098	9,37
MnO	0,171	0,094	0,131	0,166	0,204	0,092	0,206	0,024	0,071	0,064	0,058	0,013	0,124
MgO	0,053	0	0,003	0,01	0,031	0,004	0,039	0,028	0,014	0	0,066	0,035	0,014
CaO	23,288	23,847	23,469	23,429	22,954	23,382	22,785	23,09	23,066	23,186	23,426	23,33	23,305
Na ₂ O	0	0,016	0	0	0,01	0	0,075	0,025	0,018	0,034	0,04	0	0,037
K ₂ O	0,015	0,004	0,008	0	0	0,025	0,002	0,025	0	0,016	0,003	0,005	0
BaO	0,099	0,052	0,048	0,021	0,097	0,052	0,169	0	0,148	0,11	0,1	0	0,017
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0,005	0,012	0,008	0	0,009	0	0,02	0,004	0	0,001	0	0,001	0,01
Cr ₂ O ₃	0,09	0,176	0,068	0,105	0	0,023	0,022	0,047	0,129	0,047	0,07	0,046	0,012
NiO	0	0,008	0,008	0	0	0	0	0,05	0	0,039	0,023	0,085	0
V ₂ O ₃	0,063	0,174	0,073	0,113	0,127	0,089	0,029	0	0,157	0,076	0,112	0,033	0,119
Total	97,605	98,067	97,015	97,705	96,814	98,565	95,968	96,994	96,49	97,123	96,988	96,349	97,249
Si	3,01	3,02	3,00	3,02	3,04	3,03	2,99	3,00	3,01	3,04	2,99	2,98	2,98
Ti	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00
Al	2,26	2,46	2,46	2,46	2,42	2,50	2,46	2,46	2,36	2,47	2,42	2,47	2,42
Fe+3	0,72	0,49	0,52	0,52	0,56	0,50	0,57	0,54	0,61	0,50	0,58	0,53	0,61
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Mg	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Ca	1,96	1,98	1,97	1,95	1,93	1,92	1,94	1,94	1,95	1,94	1,97	1,97	1,96
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
V	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
Cátion ^T	7,99	7,99	7,99	7,98	7,97	7,97	8,00	7,98	7,98	7,97	8,00	7,99	8,00
Pistacita	24	17	17	18	19	17	19	18	20	17	19	18	20

Continuação: Anexo VIII – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de epidoto

Amostra	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-10B
Posição	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R
Campo	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C5
SiO ₂	38,218	38,336	38,25	38,086	38,523	38,804	38,045	38,644	38,22	39,174	38,187	38,547	38,507
TiO ₂	0,035	0	0,325	0,558	0,093	0	0	0,435	0,133	0,113	0,182	0,586	0,094
Al ₂ O ₃	27,133	26,213	26,852	26,77	26,612	27,217	26,498	26,091	26,553	25,995	26,796	25,988	26,604
FeO	7,958	9,289	8,067	7,69	8,534	7,737	7,672	8,907	7,828	8,761	8	8,812	8,369
MnO	0,129	0,102	0,111	0,25	0,185	0,14	0,102	0,136	0,104	0,099	0,081	0,008	0,064
MgO	0,038	0,053	0,035	0,011	0,001	0	0	0,014	0,044	0,019	0,01	0,035	0,01
CaO	23,217	23,218	23,215	23,056	23,106	23,121	22,766	23,139	23,325	22,544	23,256	23,435	23,056
Na ₂ O	0,028	0,009	0	0	0,017	0,006	0	0,018	0,034	0,372	0,022	0	0,027
K ₂ O	0,003	0,012	0	0	0	0,001	0	0	0,005	0	0	0,007	0,009
BaO	0	0	0	0,017	0	0,145	0,014	0,021	0	0	0	0	0,014
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0,009	0,001	0	0,001	0,009	0,002	0,009	0,001	0	0	0	0,003	0,015
Cr ₂ O ₃	0,094	0,093	0	0	0,129	0	0,058	0	0,024	0,061	0,045	0	0
NiO	0	0	0,046	0,004	0,031	0	0	0	0,023	0,031	0	0,081	0,039
V ₂ O ₃	0,086	0,089	0,071	0,071	0,075	0,073	0,082	0,176	0,022	0,013	0,097	0,092	0,082
Total	96,946	97,415	96,972	96,514	97,313	97,246	95,244	97,582	96,315	97,182	96,676	97,593	96,887
Si	2,99	3,00	2,99	2,99	3,01	3,02	3,02	3,01	3,01	3,06	3,00	3,01	3,02
Ti	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
Al	2,50	2,41	2,48	2,48	2,45	2,50	2,48	2,40	2,47	2,39	2,48	2,39	2,46
Fe+3	0,52	0,61	0,53	0,51	0,56	0,50	0,51	0,58	0,52	0,57	0,53	0,57	0,55
Mn	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Mg	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	1,95	1,94	1,95	1,94	1,93	1,93	1,94	1,93	1,97	1,88	1,96	1,96	1,93
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
V	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
Cátion^T	7,99	7,99	7,98	7,98	7,98	7,97	7,97	7,97	7,99	7,98	7,99	7,98	7,98
Pistacita	17	20	18	17	19	17	17	20	17	19	17	19	18

Continuação: Anexo VIII – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de epidoto

Amostra	BELRS-10B	BELRS-10B	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-16A	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B
Posição	C	R	C	C	C	C	R	C	R	C	C	R	C
Campo	C5	C5	C5	C5	C2	C2	C2	C3	C3	C4	C4	C4	C4
SiO ₂	38,78	38,207	38,373	38,057	40,168	37,947	37,932	37,133	38,007	36,732	37,478	37,337	38,286
TiO ₂	0,01	0,118	0,183	0,059	0,32	0,133	0,437	0,283	0,264	0,378	0,399	0,088	0,247
Al ₂ O ₃	26,463	26,45	25,739	25,966	21,949	25,325	25,808	26,379	24,877	23,55	25,921	23,975	26,056
FeO	8,386	8,15	8,168	8,442	11,966	9,129	9,072	9,071	9,666	8,907	8,272	10,187	8,098
MnO	0,158	0,1	0,14	0,121	0,171	0,175	0,191	0,203	0,157	0,091	0,197	0,088	0,186
MgO	0	0,055	0,052	0,027	3,75	0	0,027	0,184	0,013	0,497	0,068	0,05	0,025
CaO	22,995	23,096	23,444	22,868	14,443	23,372	23,125	22,412	22,789	22,116	23,536	23,131	23,496
Na ₂ O	0,036	0,027	0	0,056	0,993	0,023	0,008	0,018	0,006	0,041	0,016	0,04	0,046
K ₂ O	0	0,016	0,031	0	2,619	0	0	0,061	0,025	0,024	0	0,027	0,012
BaO	0,035	0	0	0,137	0	0,058	0,086	0,027	0	0,003	0	0,062	0
F	0	0	0	0	0,103	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0,002	0	0	0,021	0,007	0	0	0	0	0,016	0	0,005	0
Cr ₂ O ₃	0,068	0	0,14	0	0,034	0,139	0,129	0,161	0,172	0,024	0,175	0,15	0,167
NiO	0	0	0	0	0	0	0,046	0,05	0	0,019	0,027	0,034	0
V ₂ O ₃	0,061	0	0,043	0,081	0,071	0,053	0,115	0,074	0,06	0,128	0,11	0,064	0,112
Total	96,994	96,219	96,313	95,83	96,549	96,354	96,976	96,056	96,036	92,522	96,199	95,237	96,731
Si	3,03	3,01	3,03	3,02	3,17	3,01	2,98	2,95	3,02	3,03	2,97	3,01	3,01
Ti	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Al	2,44	2,46	2,40	2,43	2,04	2,36	2,39	2,47	2,33	2,29	2,42	2,27	2,42
Fe+3	0,55	0,54	0,54	0,56	0,79	0,60	0,60	0,60	0,64	0,61	0,55	0,69	0,53
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,00	0,01	0,01	0,00	0,44	0,00	0,00	0,02	0,00	0,06	0,01	0,01	0,00
Ca	1,93	1,95	1,98	1,94	1,22	1,98	1,95	1,91	1,94	1,95	2,00	2,00	1,98
Na	0,01	0,00	0,00	0,01	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
Cátion^T	7,97	7,99	7,99	7,98	8,11	8,00	7,99	8,00	7,97	8,00	8,01	8,01	8,00
Pistacita	18	18	18	19	28	20	20	20	22	21	18	23	18

Continuação: Anexo VIII – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de epidoto

Amostra	BELRS-16A	BELRS-16A	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19C	BELRS-19C	BELRS-20B	BELRS-20B	BELRS-20B	BELRS-21	BELRS-21
Posição	C	R	C	C	C	C	C	C	C	R	C	C	C
Campo	C5	C5	C5	C6	C3	C3	C2	C2	C1	C1	C4	C1	C2
SiO ₂	39,132	38,123	38,418	37,722	37,643	37,679	38,095	39,429	36,86	36,42	38,793	38,49	38,055
TiO ₂	0,402	0,054	0,231	0	0,318	0,152	0,133	0,064	0,01	0,166	0,038	0,128	0,108
Al ₂ O ₃	25,798	24,517	23,839	24,092	22,646	24,112	22,834	23,038	25,27	24,745	22,905	26,708	25,738
FeO	9,151	9,919	10,348	9,897	11,176	9,496	10,854	10,209	9,528	10,507	10,659	8,047	9,264
MnO	0,158	0,085	0,132	0,202	0,228	0,315	0,18	0,137	0,33	0,303	0,078	0,085	0,117
MgO	0	0,029	0,009	0,027	0,035	0,052	0,017	0,028	0,021	0,336	0,013	0,037	0,03
CaO	23,582	22,952	22,798	22,51	22,863	22,817	22,659	22,381	22,784	22,542	22,654	23,221	22,896
Na ₂ O	0	0,012	0	0	0,004	0,02	0,014	0	0,039	0,039	0,001	0,03	0
K ₂ O	0,016	0	0	0	0	0,013	0,022	0,005	0	0,023	0,059	0	0
BaO	0,082	0,079	0,12	0,079	0,068	0,014	0	0	0	0,075	0	0,004	0
F	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0	0	0,005	0,001	0	0,001	0	0	0,017	0	0,004	0,009	0,002
Cr ₂ O ₃	0,066	0,034	0,152	0,152	0	0,025	0,104	0,174	0,162	0,079	0,171	0,012	0
NiO	0	0,054	0	0,004	0	0	0,015	0	0	0,027	0,023	0	0,069
V ₂ O ₃	0,094	0	0,057	0,119	0,102	0,027	0,033	0,081	0,038	0,049	0,036	0,067	0,111
Total	98,481	95,858	96,109	94,805	95,083	94,723	94,96	95,546	95,055	95,311	95,433	96,836	96,39
Si	3,03	3,04	3,06	3,04	3,04	3,04	3,07	3,14	2,97	2,93	3,11	3,01	3,01
Ti	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
Al	2,35	2,30	2,23	2,29	2,16	2,29	2,17	2,16	2,40	2,35	2,16	2,47	2,40
Fe+3	0,59	0,66	0,69	0,67	0,76	0,64	0,73	0,68	0,64	0,71	0,71	0,53	0,61
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
Ca	1,95	1,96	1,94	1,94	1,98	1,97	1,96	1,91	1,96	1,95	1,94	1,95	1,94
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cátion^T	7,97	7,98	7,96	7,97	7,98	7,99	7,97	7,93	8,01	8,03	7,95	7,98	7,98
Pistacita	20	22	24	23	26	22	25	24	21	23	25	18	20

Continuação: Anexo VIII – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de epidoto

Amostra	BELRS-21	BELRS-21	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-30	BELRS-30	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-32	BELRS-32	BELRS-32	BELRS-32	BELRS-32	BELRS-32
Posição	C	C	C	C	R1	R2	C	R	C	C	C	C	C	C
Campo	C4	C4	C1	C1	C3	C3	C3	C3	C1	C1	C5	C5	C5	C5
SiO ₂	37,121	37,518	37,419	37,035	38,593	37,814	38,165	38,532	37,497	36,676	39,816	38,219	37,764	37,756
TiO ₂	0,496	0,166	0,226	0,092	0	0,241	0,267	0,819	0,236	0,196	0,035	0,059	0,033	0,148
Al ₂ O ₃	26,279	25,605	25,857	26,117	25,527	24,387	26,416	26,666	24,479	23,858	24,228	25,643	24,661	25,183
FeO	8,4	9,17	8,507	8,91	9,112	9,615	8,32	7,939	9,514	10,582	8,741	9,274	9,842	10,372
MnO	0,188	0,154	0,104	0,177	0,053	0,079	0,154	0,071	0,109	0,182	0,183	0,046	0,002	0,083
MgO	0,006	0	0	0,032	0,054	0,006	0,017	0,009	0,172	0,144	0,008	0,065	0,091	0,037
CaO	23,255	22,865	23,124	22,706	23,168	23,049	23,255	23,231	22,515	22,027	20,815	22,868	22,412	23,188
Na ₂ O	0,036	0,008	0	0	0,032	0,008	0,007	0,022	0,02	0,014	0,194	0,001	0,082	0,024
K ₂ O	0,005	0,02	0,006	0,008	0	0	0,005	0,012	0,014	0,041	0,047	0,023	0,017	0,02
BaO	0	0	0,045	0,003	0	0,134	0,052	0,052	0	0	0	0,124	0,038	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0,003	0	0	0,014	0	0	0	0,002	0,006	0,001	0,012	0,001	0	0,003
Cr ₂ O ₃	0	0,048	0,22	0,174	0,175	0,093	0,046	0,154	0,072	0,044	0,105	0,092	0,176	0
NiO	0,015	0,046	0	0,05	0	0	0	0	0,046	0,054	0	0,073	0,057	0,012
V ₂ O ₃	0,052	0,07	0,084	0,023	0,079	0,049	0,12	0,155	0,119	0,112	0,086	0,062	0,094	0,079
Total	95,855	95,67	95,592	95,338	96,793	95,475	96,824	97,664	94,798	93,931	94,267	96,55	95,269	96,904
Si	2,95	2,99	2,98	2,96	3,03	3,03	3,00	3,00	3,02	2,99	3,18	3,02	3,02	2,98
Ti	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Al	2,46	2,40	2,43	2,46	2,36	2,30	2,44	2,44	2,32	2,29	2,28	2,38	2,33	2,34
Fe+3	0,56	0,61	0,57	0,60	0,60	0,64	0,55	0,52	0,64	0,72	0,58	0,61	0,66	0,68
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00
Ca	1,98	1,95	1,98	1,94	1,95	1,98	1,96	1,94	1,94	1,92	1,78	1,93	1,92	1,96
Na	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
Cátion^T	8,01	7,99	8,00	8,00	7,98	7,98	7,99	7,97	7,98	7,99	7,89	7,98	7,98	8,00
Pistacita	18	20	19	19	20	22	18	17	22	24	20	20	22	23

Anexo IX – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de titanita

Legenda: C – Center (centro), R – Rim (borda). Normalização a 20 oxigênios.

Amostra	BELRS-- 2A	BELRS- 14A	BELRS- 14A	BELRS- 16A	BELRS- 16A	BELRS-- 19A	BELRS-- 19A	BELRS-- 19A	BELRS-- 19A	BELRS-- 19A	BELRS-- 19A	BELRS-- 19A	BELRS-- 19A
Posição	C	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	C
Campo	C1	C2	C2	C6	C6	C1	C1	C3	C3	C4	C4	C5	C6
SiO ₂	31,028	30,743	31,382	30,258	30,338	30,132	30,757	29,777	30,576	29,576	30,341	30,502	30,212
TiO ₂	41,326	38,52	37,959	41,938	41,189	40,843	41,125	44,185	41,196	41,672	42,661	42,74	41,117
Al ₂ O ₃	2,533	1,893	2,214	1,912	2,137	1,959	2,141	1,723	1,607	1,485	2,026	2,149	1,88
FeO	0,506	0,519	0,543	0,728	0,641	0,676	0,799	0,572	0,595	0,52	0,692	0,625	0,515
MnO	0	0,087	0,113	0,039	0,097	0	0,031	0,103	0,092	0,089	0,028	0	0,062
MgO	0	0	0,014	0,056	0	0	0,004	0	0	0	0	0,004	0,025
CaO	28,237	27,837	28,015	27,005	27,623	26,98	27,443	26,624	27,363	26,54	27,103	27,076	27,356
Na ₂ O	0,026	0,023	0,011	0,043	0	0,037	0	0,058	0,012	0,023	0,083	0,021	0
K ₂ O	0,011	0	0,009	0,014	0,012	0,001	0	0	0,006	0	0,021	0	0,006
BaO	0,263	0,152	0,192	0,222	0,077	0,158	0,165	0,003	0,353	0	0,083	0,151	0,081
F	0,292	0,141	0,245	0,038	0,155	0,203	0,26	0,027	0,075	0	0,215	0,197	0,238
Cl	0	0	0,001	0	0	0,008	0	0,003	0,003	0	0	0,003	0,002
Cr ₂ O ₃	0,036	0,07	0,14	0	0,037	0	0,022	0,036	0	0,011	0,151	0,071	0
NiO	0,061	0,026	0,091	0,011	0,072	0,091	0,072	0	0	0	0	0,026	0
V ₂ O ₃	0,331	0,363	0,261	0,324	0,328	0,383	0,385	0,194	0,247	0,221	0,26	0,361	0,283
Total	104,527	100,315	101,087	102,572	102,641	101,384	103,095	103,293	102,092	100,137	103,573	103,842	101,677
Si	3,88	4,00	4,05	3,85	3,86	3,88	3,90	3,76	3,91	3,85	3,82	3,83	3,88
Ti	3,89	3,77	3,68	4,01	3,94	3,96	3,92	4,19	3,97	4,08	4,04	4,04	3,97
Al	0,37	0,29	0,34	0,29	0,32	0,30	0,32	0,26	0,24	0,23	0,30	0,32	0,28
Fe ⁺²	0,05	0,06	0,06	0,08	0,07	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06
Mn	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
Mg	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	3,78	3,88	3,87	3,68	3,77	3,72	3,72	3,60	3,75	3,70	3,66	3,64	3,76
Na	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
Cr	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
Ni	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03

Cátion T	12,04	12,07	12,08	11,98	12,02	12,00	12,00	11,92	11,99	11,95	11,97	11,95	12,00
Continuação: Anexo IX – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de titanita													
Amostra	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-20A	BELRS-20A	BELRS-21	BELRS-21	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-30	BELRS-30	BELRS-30
Posição	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C
Campo	C2	C2	C1	C1	C6	C6	C4	C4	C4	C4	C2	C2	C4
SiO2	29,964	29,952	32,217	32,243	29,675	30,541	29,657	29,975	30,102	30,132	29,695	30,242	30,372
TiO2	36,228	34,704	37,537	34,968	33,733	36,948	43,428	35,564	42,002	40,929	41,85	42,021	41,443
Al2O3	1,716	1,922	1,666	1,92	2,74	2,187	1,689	2,091	2,261	2,086	1,623	1,515	2,308
FeO	0,578	0,712	0,539	0,747	0,821	0,674	0,463	0,655	0,584	0,885	0,491	0,578	0,538
MnO	0,111	0,076	0,092	0,03	0	0,027	0,129	0	0,113	0,006	0	0,099	0,172
MgO	0,02	0	0	0,026	0,067	0,011	0,005	0,031	0,031	0,268	0	0,03	0
CaO	26,916	27,83	27,204	27,708	27,411	27,077	27,539	27,729	27,027	27,161	27,09	27,797	27,125
Na2O	0,052	0,03	0,024	0,056	0,029	0,08	0,006	0,034	0,022	0,051	0,016	0,014	0,03
K2O	0	0,001	0,002	0	0	0	0	0	0	0,102	0	0,006	0
BaO	0,347	0,054	0	0	0	0,128	0,175	0	0,017	0,124	0	0,101	0,168
F	0,056	0,362	0,17	0,205	0,169	0,335	0,159	0,156	0,237	0,243	0,013	0,183	0,332
Cl	0,004	0	0,013	0	0,009	0,013	0	0,009	0,007	0,002	0,009	0	0,009
Cr2O3	0,118	0,025	0,059	0	0,094	0,036	0	0	0,071	0,083	0	0	0
NiO	0	0,079	0	0,042	0,08	0,03	0	0	0	0,038	0	0,023	0,004
V2O3	0,333	0,331	0,297	0,384	0,353	0,296	0,346	0,337	0,311	0,439	0,365	0,335	0,369
Total	96,418	95,926	99,745	98,243	95,108	98,239	103,529	96,513	102,683	102,447	101,145	102,867	102,728
Si	4,06	4,09	4,18	4,26	4,07	4,05	3,75	4,05	3,82	3,85	3,83	1,91	3,86
Ti	3,69	3,56	3,67	3,47	3,48	3,69	4,13	3,62	4,01	3,93	4,06	2,03	3,96
Al	0,27	0,31	0,26	0,30	0,44	0,34	0,25	0,33	0,34	0,31	0,25	0,16	0,35
Fe ⁺²	0,07	0,08	0,06	0,08	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,09	0,05	0,05	0,06
Mn	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
Mg	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00
Ca	3,91	4,07	3,79	3,92	4,03	3,85	3,73	4,02	3,68	3,72	3,74	3,74	3,69
Na	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Ba	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Cr	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04

Cátion^T	12,09	12,18	12,01	12,10	12,20	12,08	11,97	12,15	11,98	12,05	11,97	7,94	11,99
---------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------

Continuação: Anexo IX – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de titanita

Amostra	BELRS-30	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-32	BELRS-32
Posição	R	C	R	C	R
Campo	C4	C4	C4	C4	C4
SiO2	30,288	30,271	30,573	30,02	30,59
TiO2	42,108	41,672	41,636	41,201	43,609
Al2O3	2,16	2,055	2,203	1,456	1,772
FeO	0,894	0,655	0,434	0,539	0,433
MnO	0,147	0,17	0	0,103	0,039
MgO	0	0	0	0,009	0
CaO	28,206	27,314	27,279	27,021	27,686
Na2O	0,026	0,003	0	0,002	0,045
K2O	0,003	0,004	0	0,014	0
BaO	0,205	0,148	0,03	0,01	0,189
F	0,324	0,206	0,234	0,057	0,306
Cl	0,008	0,009	0,003	0	0
Cr2O3	0,022	0,035	0,023	0,038	0
NiO	0,019	0	0,008	0	0
V2O3	0,398	0,306	0,381	0,309	0,336
Total	104,67	102,759	102,704	100,755	104,876
Si	3,80	3,85	3,88	3,89	3,81
Ti	3,97	3,99	3,97	4,01	4,09
Al	0,32	0,31	0,33	0,22	0,26
Fe⁺²	0,09	0,07	0,05	0,06	0,05
Mn	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	3,79	3,72	3,70	3,75	3,70
Na	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

V	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
Cátion^T	12,05	11,99	11,97	11,98	11,96

Anexo X – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de clinopiroxênio

Legenda: C – Center (centro), R – Rim (borda). Normalização a 6 oxigênios.

Amostra	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-13A	BELRS-13A	BELRS-13A	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-14A	BELRS-16A	BELRS-16A	BELRS-16A	BELRS-16A
Posição	C	R	C	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R
Campo	C1	C1	C1	C3	C3	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C2	C2
SiO₂	52,8	53,09	52,705	51,474	51,932	53,472	52,937	53,036	53,095	53,001	52,994	53,655	53,144
TiO₂	0,26	0,246	0,073	0,435	0	0,271	0	0,29	0,068	0	0	0	0,026
Al₂O₃	0,789	0,788	1,224	1,351	0,456	0,54	0,723	0,973	0,714	0,917	0,711	0,714	0,57
Fe₂O₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr₂O₃	0	0	0,115	0,047	0	0,035	0,001	0,01	0	0,013	0,197	0,113	0,081
FeO	12,01	11,791	13,17	12,882	12,354	10,073	10,275	11,223	9,997	10,853	10,558	10,412	9,967
MnO	0,382	0,356	0,545	0,44	0,432	0,475	0,389	0,503	0,49	0,584	0,3	0,337	0,425
MgO	10,318	10,36	10,29	10,294	10,683	11,201	11,596	11,3	11,748	11,979	12,182	12,525	12,554
CaO	22,768	22,895	22,677	22,384	23,413	23,531	23,002	22,784	23,041	22,798	23,546	23,217	22,938
Na₂O	0,256	0,434	0,601	0,401	0,375	0,369	0,476	0,451	0,347	0,433	0,556	0,3	0,27
K₂O	0,024	0	0	0	0	0,004	0	0,012	0	0	0,016	0	0,012
Total	99,607	99,96	101,4	99,708	99,645	99,971	99,399	100,582	99,5	100,578	101,06	101,273	99,987
Si	2,02	2,02	1,98	1,97	1,98	2,02	2,01	1,99	2,01	1,99	1,97	1,99	2,00
Ti	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,04	0,04	0,05	0,06	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Fe+3	0,00	0,00	0,03	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,00	0,00
Cr+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Fe+2	0,38	0,38	0,39	0,40	0,35	0,32	0,33	0,35	0,32	0,32	0,27	0,32	0,31
Mn	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Mg	0,59	0,59	0,58	0,59	0,61	0,63	0,66	0,63	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70
Ca	0,93	0,93	0,91	0,92	0,96	0,95	0,93	0,92	0,93	0,91	0,94	0,92	0,92
Na	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátion^T	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Wo	48,97	49,22	48,63	48,09	50,06	50,09	48,78	48,20	48,83	48,06	49,91	47,65	47,60

En	30,87	30,99	30,70	30,77	31,78	33,17	34,21	33,26	34,64	35,13	35,93	35,77	36,25
Fs	20,16	19,79	20,67	21,14	18,16	16,74	17,01	18,53	16,54	16,81	14,15	16,58	16,15

Continuação: Anexo X – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de clinopiroxênio

Amostra	BELRS-16A	BELRS-16A	BELRS-16A	BELRS-16A	BELRS-16A	BELRS-16A	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-16B
Posição	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	C	R
Campo	C2	C2	C3	C3	C4	C4	C1	C1	C4	C4	C5	C5	C5
SiO₂	52,544	52,472	53,228	52,62	52,452	52,399	53,105	53,661	52,4	53,198	53,055	52,866	52,485
TiO₂	0,156	0,156	0,142	0,049	0,196	0	0,124	0	0,059	0,221	0,045	0,099	0,073
Al₂O₃	1,282	0,854	1,208	1,247	1,343	1,194	0,871	0,729	0,91	0,854	0,849	0,952	1,065
Fe₂O₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr₂O₃	0,079	0,104	0,094	0,046	0,127	0,057	0,059	0,057	0,151	0,081	0,116	0,138	0,043
FeO	9,951	10,31	10,347	10,248	7,257	9,635	9,208	9,635	9,356	9,577	9,865	9,67	9,957
MnO	0,329	0,382	0,271	0,484	0,213	0,481	0,474	0,459	0,432	0,446	0,487	0,384	0,479
MgO	11,854	12,26	11,913	11,919	13,258	12,121	12,149	12,244	12,034	12,251	11,998	12,084	11,867
CaO	23,045	23,165	23,34	23,008	23,368	22,869	23,337	23,132	22,87	23,231	23,23	22,969	23,098
Na₂O	0,54	0,417	0,429	0,463	0,386	0,508	0,508	0,468	0,469	0,376	0,45	0,418	0,447
K₂O	0,005	0,023	0	0	0,004	0	0,012	0,004	0,048	0	0	0,015	0
Total	99,785	100,143	100,972	100,084	98,604	99,264	99,847	100,389	98,729	100,235	100,095	99,595	99,514
Si	1,98	1,97	1,98	1,98	1,98	1,98	1,99	2,01	1,99	1,99	1,99	1,99	1,98
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Al	0,06	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Fe+3	0,02	0,04	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cr+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe+2	0,30	0,28	0,32	0,30	0,23	0,28	0,29	0,30	0,29	0,30	0,31	0,31	0,30
Mn	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Mg	0,67	0,69	0,66	0,67	0,75	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,67	0,68	0,67
Ca	0,93	0,93	0,93	0,93	0,94	0,93	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,94
Na	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátion^T	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Wo	49,11	49,06	48,63	48,86	49,22	48,98	49,23	48,51	48,87	48,65	48,87	48,53	49,10
En	35,15	36,13	34,54	35,22	38,85	36,12	35,65	35,72	35,78	35,70	35,12	35,52	35,10
Fs	15,74	14,81	16,83	15,92	11,93	14,89	15,12	15,77	15,34	15,65	16,01	15,95	15,80

Continuação: Anexo X – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de clinopiroxênio

Amostra	BELRS-16B	BELRS-16B	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19A	BELRS-19A
Posição	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C
Campo	C5	C5	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C2	C2	C4
SiO ₂	51,895	52,463	52,48	52,091	53,414	53,08	53,292	53,468	52,572	52,943	53,006	52,364	52,635
TiO ₂	0,118	0,054	0,188	0	0,271	0	0,177	0,113	0,256	0,068	0,094	0	0,201
Al ₂ O ₃	1,33	0,781	0,814	0,917	0,549	0,686	0,679	0,832	0,908	0,857	0,546	0,927	0,578
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr ₂ O ₃	0,034	0	0,071	0,129	0,045	0,048	0,093	0	0,022	0,08	0	0,068	0,07
FeO	9,82	9,976	9,706	9,927	10,258	9,147	10,265	9,999	9,874	9,66	9,853	9,501	9,454
MnO	0,542	0,277	0,315	0,414	0,599	0,518	0,409	0,403	0,436	0,412	0,455	0,395	0,313
MgO	11,847	11,901	11,724	11,561	11,887	11,614	11,936	11,826	12,032	12,006	12,315	11,687	11,584
CaO	22,983	23,402	22,802	22,27	22,99	22,479	22,527	22,889	22,549	22,73	22,972	22,847	22,51
Na ₂ O	0,599	0,419	0,345	0,375	0,392	0,439	0,349	0,386	0,423	0,386	0,313	0,371	0,312
K ₂ O	0,019	0,02	0,011	0	0	0,016	0	0,004	0,003	0,007	0	0,016	0,012
Total	99,187	99,293	98,456	97,684	100,405	98,027	99,727	99,92	99,075	99,149	99,554	98,176	97,669
Si	1,96	1,99	2,01	2,01	2,01	2,04	2,01	2,01	2,00	2,01	2,00	2,01	2,03
Ti	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Al	0,06	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04	0,03
Fe+3	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe+2	0,26	0,29	0,31	0,32	0,32	0,29	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30
Mn	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,67	0,67	0,67	0,66	0,67	0,66	0,67	0,66	0,68	0,68	0,69	0,67	0,67
Ca	0,93	0,95	0,93	0,92	0,93	0,92	0,91	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,93
Na	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátion ^T	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Wo	50,10	49,56	48,84	48,30	48,36	49,10	47,78	48,55	47,98	48,39	48,06	49,11	48,93
En	35,93	35,07	34,94	34,89	34,79	35,30	35,22	34,90	35,62	35,56	35,85	34,95	35,03
Fs	13,97	15,37	16,23	16,81	16,84	15,60	16,99	16,55	16,40	16,05	16,09	15,94	16,04

Continuação: Anexo X – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de clinopiroxênio

Amostra	BELRS-19A	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19B	BELRS-19C	BELRS-19C	BELRS-19C	BELRS-19C
Posição	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R
Campo	C4	C1	C1	C2	C2	C4	C4	C5	C5	C1	C1	C2	C2
SiO ₂	52,663	52,732	52,995	53,112	52,407	53,436	53,279	52,417	52,484	54,262	54,95	54,667	55,34
TiO ₂	0	0,226	0,124	0,094	0,137	0	0,009	0	0,264	0,054	0,265	0,112	0
Al ₂ O ₃	0,735	0,593	0,719	0,746	0,785	0,893	0,486	0,764	1,078	1,052	0,775	0,684	0,713
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr ₂ O ₃	0,092	0,083	0	0	0,094	0	0,14	0,009	0,083	0,026	0,045	0	0,034
FeO	10,009	9,352	9,474	9,773	9,362	9,595	9,751	9,597	9,915	9,531	9,671	9,704	9,446
MnO	0,511	0,365	0,506	0,336	0,449	0,389	0,548	0,331	0,501	0,332	0,499	0,471	0,349
MgO	11,645	12,097	11,624	11,487	11,809	12,656	11,321	11,539	11,694	11,222	11,432	11,489	11,392
CaO	22,744	22,659	22,844	22,907	22,603	22,721	23,578	23,105	22,523	22,199	22,868	22,447	22,641
Na ₂ O	0,479	0,254	0,422	0,433	0,46	0,445	0,364	0,499	0,522	0,382	0,47	0,388	0,366
K ₂ O	0,013	0,007	0	0,008	0,011	0,057	0,029	0,016	0	0	0	0	0
Total	98,891	98,368	98,708	98,896	98,117	100,192	99,505	98,277	99,064	99,06	100,975	99,962	100,281
Si	2,00	2,02	2,02	2,02	2,01	2,00	2,02	2,00	1,99	2,07	2,05	2,06	2,08
Ti	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Al	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03
Fe+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe+2	0,32	0,30	0,30	0,31	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,31	0,30
Mn	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
Mg	0,66	0,69	0,66	0,65	0,67	0,71	0,64	0,66	0,66	0,64	0,64	0,65	0,64
Ca	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,91	0,96	0,95	0,92	0,91	0,92	0,91	0,91
Na	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátion ^T	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Wo	48,64	48,43	49,22	49,24	48,78	47,51	50,23	49,53	48,40	49,06	49,37	48,79	49,37
En	34,65	35,97	34,85	34,36	35,46	36,82	33,56	34,41	34,97	34,50	34,34	34,75	34,56
Fs	16,71	15,60	15,93	16,40	15,77	15,66	16,21	16,06	16,63	16,44	16,30	16,46	16,08

Continuação: Anexo X – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de clinopiroxênio

Amostra	BELRS-19C	BELRS-19C	BELRS-19C	BELRS-19C	BELRS-19C	BELRS-19C	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-19D	BELRS-20A
Posição	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C
Campo	C2	C2	C4	C4	C5	C5	C1	C1	C2	C2	C3	C3	C2
SiO ₂	53,967	55,123	56,249	55,859	55,837	54,934	54,385	55,497	55,722	55,52	55,321	54,313	54,583
TiO ₂	0,104	0,005	0	0,323	0,083	0	0,123	0,2	0,019	0,075	0,257	0,134	0,089
Al ₂ O ₃	0,96	0,808	0,578	0,957	0,688	0,716	0,861	0,93	0,668	0,717	0,886	1,05	0,846
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr ₂ O ₃	0,022	0,071	0,107	0,082	0,07	0	0,128	0	0,119	0,011	0	0,152	0,001
FeO	9,269	9,478	9,676	9,546	9,747	9,309	9,568	9,88	9,379	9,735	9,298	9,518	9,89
MnO	0,426	0,426	0,371	0,568	0,473	0,462	0,406	0,492	0,422	0,496	0,429	0,478	0,52
MgO	11,231	11,368	11,88	11,231	11,638	11,392	11,605	11,096	11,453	11,248	11,801	11,188	11,443
CaO	22,528	22,234	22,791	22,608	22,537	22,932	22,525	22,522	23,022	23,082	22,864	22,743	22,745
Na ₂ O	0,437	0,328	0,275	0,419	0,254	0,438	0,35	0,469	0,44	0,479	0,423	0,473	0,368
K ₂ O	0,009	0	0	0,005	0	0	0	0	0,032	0	0	0	0,016
Total	98,953	99,841	101,927	101,598	101,327	100,183	99,951	101,086	101,276	101,363	101,279	100,049	100,501
Si	2,05	2,08	2,08	2,08	2,08	2,07	2,05	2,07	2,07	2,07	2,06	2,05	2,05
Ti	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Al	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04
Fe+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe+2	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,30	0,31	0,29	0,30	0,29	0,30	0,31
Mn	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Mg	0,64	0,64	0,66	0,62	0,65	0,64	0,65	0,62	0,64	0,62	0,65	0,63	0,64
Ca	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,92	0,91	0,90	0,92	0,92	0,91	0,92	0,92
Na	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátion^T	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Wo	49,63	48,92	48,62	49,49	48,64	49,80	48,82	49,31	49,75	49,82	49,13	49,72	49,03
En	34,43	34,80	35,26	34,20	34,94	34,42	34,99	33,80	34,43	33,78	35,28	34,03	34,32
Fs	15,94	16,28	16,11	16,31	16,42	15,78	16,19	16,88	15,82	16,40	15,59	16,24	16,64

Continuação: Anexo X – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de clinopiroxênio

Amostra	BELRS-20A	BELRS-20B	BELRS-20B	BELRS-20B	BELRS-20B	BELRS-20B	BELRS-20B	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-25
Posição	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R
Campo	C2	C2	C2	C5	C5	C5	C5	C2	C2	C3	C3	C3	C3
SiO ₂	55,546	53,277	53,454	53,635	53,907	53,286	54,712	52,741	52,197	51,366	52,223	51,467	51,394
TiO ₂	0,118	0	0	0,083	0,08	0	0,054	0,083	0,05	0	0,264	0,299	0,043
Al ₂ O ₃	0,797	0,618	1,002	0,656	1,008	0,547	0,591	1,183	0,588	1,033	0,873	0,989	0,929
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr ₂ O ₃	0,055	0,024	0,058	0,034	0,047	0,059	0	0	0	0	0,057	0	0,057
FeO	9,41	9,343	10,126	9,92	9,769	9,868	9,769	11,552	11,27	11,987	11,914	11,991	11,624
MnO	0,467	0,467	0,535	0,517	0,4	0,497	0,355	0,299	0,502	0,363	0,574	0,523	0,315
MgO	11,482	11,515	11,158	11,379	11,326	11,485	11,54	10,358	10,579	10,632	10,851	10,518	10,835
CaO	23,139	22,772	22,795	22,952	22,852	22,886	23,132	23,102	22,956	22,519	22,624	22,658	22,755
Na ₂ O	0,464	0,265	0,541	0,453	0,384	0,259	0,327	0,436	0,392	0,425	0,351	0,401	0,391
K ₂ O	0	0	0,006	0	0,017	0,036	0	0	0	0	0,007	0	0
Total	101,478	98,281	99,675	99,629	99,79	98,923	100,48	99,754	98,534	98,325	99,738	98,846	98,343
Si	2,06	2,04	2,02	2,03	2,04	2,03	2,05	2,01	2,01	1,98	1,99	1,98	1,98
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Al	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04
Fe+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Cr+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe+2	0,29	0,30	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,37	0,36	0,36	0,38	0,37	0,35
Mn	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
Mg	0,64	0,66	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,59	0,61	0,61	0,62	0,60	0,62
Ca	0,92	0,94	0,92	0,93	0,93	0,94	0,93	0,94	0,95	0,93	0,92	0,93	0,94
Na	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátion ^T	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Wo	49,80	49,41	49,31	49,33	49,43	49,15	49,41	49,65	49,40	48,83	48,11	48,85	49,11
En	34,39	34,76	33,59	34,03	34,08	34,31	34,30	30,97	31,67	32,08	32,11	31,55	32,54
Fs	15,81	15,82	17,10	16,64	16,49	16,54	16,29	19,38	18,93	19,09	19,78	19,59	18,35

Continuação: Anexo X – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de clinopiroxênio

Amostra	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-25	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-27	BELRS-27
Posição	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C
Campo	C3	C4	C4	C5	C5	C1	C1	C2	C2	C3	C3	C4	C4	C6
SiO2	51,874	52,107	52,758	51,536	52,749	51,641	52,352	52,119	52,642	51,649	52,239	52,672	51,871	51,956
TiO2	0	0	0,166	0,123	0,206	0,143	0	0,054	0	0	0,218	0	0,122	0,164
Al2O3	1,061	0,57	0,74	0,904	0,633	1,333	0,897	1,087	1,314	0,968	1,018	0,364	1,145	1,262
Fe2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr2O3	0	0	0	0	0	0,057	0,083	0	0,023	0,093	0	0	0,069	0,092
FeO	12,229	12,92	11,645	11,916	12,461	10,059	9,405	10,626	10,064	9,658	9,319	9,132	9,298	10,121
MnO	0,579	0,289	0,354	0,452	0,398	0,47	0,324	0,478	0,44	0,535	0,315	0,358	0,4	0,431
MgO	10,833	10,762	10,889	10,685	10,873	11,823	11,962	11,722	11,606	11,978	11,789	11,889	11,322	11,713
CaO	22,818	22,772	22,862	22,415	23,044	22,492	23,277	22,462	22,929	22,642	23,016	24,001	22,762	22,425
Na2O	0,408	0,257	0,349	0,376	0,213	0,369	0,491	0,421	0,519	0,401	0,521	0,361	0,421	0,506
K2O	0,022	0,005	0	0	0,012	0	0	0,005	0,003	0,012	0,015	0	0,009	0
Total	99,824	99,682	99,763	98,407	100,589	98,387	98,791	98,974	99,54	97,936	98,45	98,777	97,419	98,67
Si	1,97	1,99	2,01	1,99	2,00	1,97	1,99	1,98	1,99	1,98	1,99	2,00	2,00	1,98
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Al	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,02	0,05	0,06
Fe+3	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
Cr+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe+2	0,35	0,40	0,37	0,38	0,39	0,31	0,28	0,33	0,32	0,29	0,30	0,29	0,30	0,31
Mn	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,61	0,61	0,62	0,61	0,61	0,67	0,68	0,67	0,65	0,68	0,67	0,67	0,65	0,67
Ca	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92	0,95	0,92	0,93	0,93	0,94	0,98	0,94	0,92
Na	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátion^T	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Wo	49,15	47,98	48,54	48,24	48,11	48,28	49,71	48,03	48,89	48,90	49,29	50,45	49,73	48,29
En	32,46	31,55	32,17	31,99	31,58	35,31	35,54	34,87	34,43	35,99	35,13	34,77	34,42	35,10
Fs	18,39	20,47	19,30	19,77	20,31	16,42	14,75	17,10	16,68	15,11	15,58	14,77	15,86	16,61

Continuação: Anexo X – Composição química e proporções catiônicas para análises representativas de clinopiroxênio

Amostra	BELRS-27	BELRS-30	BELRS-30	BELRS-30	BELRS-30	BELRS-30	BELRS-30	BELRS-32	BELRS-32	BELRS-32	BELRS-32	BELRS-32	BELRS-32	BELRS-32
Posição	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	R	C	R
Campo	C6	C1	C1	C2	C2	C5	C5	C2	C2	C3	C3	C3	C6	C6
SiO ₂	51,997	51,643	52,35	52,652	51,775	53,662	52,517	51,983	52,587	52,92	53,06	52,043	52,864	52,949
TiO ₂	0	0,059	0	0	0	0	0,014	0	0,101	0,385	0,242	0,43	0,158	0
Al ₂ O ₃	1,196	0,532	0,939	0,818	0,941	0,664	0,92	0,64	0,755	1,235	0,646	0,932	0,666	0,935
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr ₂ O ₃	0,082	0,08	0,07	0	0	0	0	0,037	0	0,058	0	0,149	0,116	0,023
FeO	9,225	10,772	9,185	9,144	9,222	9,622	9,613	11,649	11,105	10,627	10,987	11,527	12,36	11,817
MnO	0,466	0,501	0,46	0,424	0,469	0,443	0,378	0,467	0,51	0,44	0,36	0,438	0,552	0,394
MgO	11,58	11,078	11,926	11,892	11,507	11,678	11,675	11,026	10,702	11,624	11,189	11,045	11,098	11,473
CaO	22,817	22,689	22,737	23,127	22,954	23,403	22,574	22,107	22,898	22,855	23,391	22,746	22,197	22,699
Na ₂ O	0,553	0,185	0,411	0,395	0,41	0,463	0,37	0,233	0,394	0,473	0,384	0,363	0,292	0,38
K ₂ O	0,02	0,006	0,001	0	0	0,024	0	0,004	0,012	0	0,004	0,004	0,005	0
Total	97,936	97,545	98,079	98,452	97,278	99,959	98,061	98,146	99,064	100,617	100,263	99,677	100,308	100,67
Si	1,99	2,01	2,00	2,01	2,00	2,02	2,01	2,01	2,01	1,98	2,00	1,98	2,00	1,99
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Al	0,05	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04
Fe ⁺³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cr ⁺³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ⁺²	0,29	0,35	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,38	0,36	0,33	0,35	0,37	0,39	0,37
Mn	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Mg	0,66	0,64	0,68	0,68	0,66	0,66	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,63	0,63	0,64
Ca	0,94	0,94	0,93	0,94	0,95	0,94	0,93	0,92	0,94	0,92	0,95	0,93	0,90	0,91
Na	0,04	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátion^T	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Wo	49,48	48,78	48,90	49,41	49,72	49,62	48,73	47,50	49,29	48,30	49,21	48,28	46,94	47,56
En	34,94	33,14	35,68	35,35	34,68	34,45	35,07	32,96	32,05	34,18	32,75	32,62	32,66	33,44
Fs	15,58	18,08	15,42	15,25	15,59	15,92	16,20	19,54	18,66	17,53	18,04	19,10	20,40	19,00

**Anexo XI – Dados de pressão e temperatura obtidos pelos métodos: geobarometria Al^T em hornblendas e geotermometria do solidus
anfibólio – plagioclásio**

Tabela referente ao plúton Tamboril.

Anfibólio								
Amostra	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A
Posição	R	R	R	R	R	R	R	R
Campo	C1	C2	C3	C3	C3	C4	C4	C4
SiO₂	43,674	43,648	43,730	43,312	43,218	44,135	43,973	43,072
TiO₂	0,682	0,870	1,325	0,955	0,968	1,709	0,885	1,327
Al₂O₃	10,679	10,899	11,040	11,081	11,059	10,595	11,012	11,135
FeO	16,816	17,117	17,443	18,019	18,086	18,435	17,938	17,568
MgO	8,435	8,347	8,342	8,322	8,380	8,859	8,262	8,299
MnO	0,381	0,354	0,338	0,243	0,245	0,348	0,247	0,293
CaO	11,425	11,547	11,401	11,351	11,291	11,310	11,351	11,500
Na₂O	1,393	1,614	1,543	1,304	1,464	1,280	1,454	1,501
K₂O	1,307	1,330	1,336	1,339	1,389	1,205	1,327	1,430
F	0,184	0,285	0,135	0,133	0,106	0,173	0,141	0,134
Cl	0,000	0,000	0,006	0,002	0,000	0,010	0,006	0,019
Plagioclásio Sudoeste								
Amostra	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-2A
Posição	R	R	R	R	R	R	R	R
Campo	C1	C2	C3	C3	C3	C4	C4	C4

Albita	0,77	0,76	0,79	0,81	0,77	0,78	0,76	0,80
Anortita	0,23	0,23	0,20	0,18	0,22	0,22	0,23	0,19
T (°C)	675,0	687,0	687,8	686,3	704,4	713,0	688,7	697,1
P (Kb)	6,24	6,22	6,24	6,35	6,06	5,35	6,21	6,25

Continuação: Anexo XI – Dados de pressão e temperatura obtidos pelos métodos: geobarometria Al^T em hornblendas e geotermometria do solidus anfibólio – plagioclásio

Tabela referente ao plúton Olho d'Água.

Anfibólio

Amostra	BELRS-13A	BELRS-13A	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31
Posição	R	R	R	R	R	R	R	R
Campo	C1	C2	C1	C1	C2	C4	C5	C6
SiO₂	46,128	42,568	44,548	44,827	45,408	44,524	44,848	44,522
TiO₂	1,007	2,158	1,714	1,113	1,474	1,483	1,587	1,266
Al₂O₃	9,707	11,397	9,945	10,391	9,651	10,031	9,431	10,069
FeO	14,625	17,760	15,540	15,820	16,795	15,741	15,477	15,792
MgO	11,802	8,602	9,720	10,046	10,102	9,754	9,877	9,844
MnO	0,096	0,243	0,337	0,367	0,433	0,212	0,314	0,373
CaO	11,517	11,326	11,507	11,354	11,376	11,681	11,303	11,245
Na₂O	1,672	1,560	1,375	1,586	1,449	1,545	1,390	1,635
K₂O	0,744	1,143	0,861	0,880	0,805	0,917	0,801	0,740
F	0,256	0,218	0,057	0,154	0,109	0,105	0,059	0,058
Cl	0,007	0,005	0,023	0,012	0,011	0,011	0,020	0,013

Plagioclásio Nordeste

Amostra	BELRS-13A	BELRS-13A	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31	BELRS-31
Posição	R	R	R	R	R	R	R	R
Campo	C1	C2	C1	C1	C2	C4	C5	C6

Albita	0,66	0,76	0,68	0,67	0,77	0,73	0,64	0,68
Anortita	0,34	0,24	0,31	0,32	0,22	0,25	0,36	0,29
T (°C)	719,2	744,7	711,1	717,4	694,5	696,8	716,3	712,8
P (Kb)	4,42	5,50	4,97	5,14	4,81	5,24	4,50	5,04

Anexo XII – Dados para obter as temperaturas dos solidus baseada na relação clinopiroxênio-hornblenda

Anfibólio	Oxig = 23					
Amostra	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-13A	BELRS-19A	BELRS-27	BELRS-32
Posição	C	R	R	R	C	C
Campo	C1	C1	C2	C4	C2	C3
Al₂O₃	10,902	10,679	11,40	11,10	11,33	8,73
Fe₂O₃	0,000	0,000	1,32	0,00	0,00	0,15
FeO	17,358	16,816	16,58	16,33	15,72	16,61
MgO	8,393	8,435	8,60	11,14	9,15	9,99
Fe³⁺	0,000	0,000	0,150	0,000	0,000	0,017
Fe²⁺	2,224	2,175	2,107	2,137	2,031	2,099
Mg	1,917	1,945	1,949	2,600	2,107	2,250
Fet	2,224	2,175	2,258	2,137	2,031	2,115
Mg*100/(Mg+Fe)	46,292	47,206	46,334	54,889	50,918	51,541

Clinopiroxênio	Oxig = 6					
Amostra	BELRS-2A	BELRS-2A	BELRS-13A	BELRS-19A	BELRS-27	BELRS-32
Posição	C	R	C	R	C	C
Campo	C1	C1	C3	C4	C2	C3
Al₂O₃	0,789	0,788	1,351	0,735	1,087	1,235
FeO	12,01	11,791	12,882	10,009	10,626	10,627
MgO	10,318	10,36	10,294	11,645	11,722	11,624
Al	0,04	0,04	0,06	0,03	0,05	0,05
Fe⁺³	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00

Fe⁺²	0,38	0,38	0,40	0,32	0,33	0,33
Mg	0,59	0,59	0,59	0,66	0,67	0,65
Fet	0,38	0,38	0,41	0,32	0,34	0,33
Mg*100/(Mg+Fe)	60,497	61,032	58,753	67,468	66,289	66,099

Anexo XIII – Dados obtidos para a temperatura estimada do liquidus por zircônio (Zn)

Amostra	Zr	T (°C)	P (Kb)
Belrs-02	227	819	6,9
Belrs-04A	200	801	
Belrs-04B	206	805	
Belrs-05	211	800	
Belrs-06	233	829	
Belrs-06A	211	822	
Belrs-07	194	807	
Belrs-08	226	824	
Belrs-09	233	818	
Belrs-10B	215	827	
Belrs-13	208	802	4,9
Belrs-14	207	808	
Belrs-16	193	790	
Belrs-17	201	788	
Belrs-18	224	804	
Belrs-19A	205	806	
Belrs-19B	202	797	
Belrs-20	192	790	
Belrs-21	200	826	
Belrs-21M	214	814	
Belrs-25	204	804	
Belrs-26	197	808	
Belrs-27	214	802	

Belrs-28	212	804	
Belrs-29	248	818	
Belrs-30	213	804	
Belrs-31	215	805	5,3
Belrs-32	242	819	

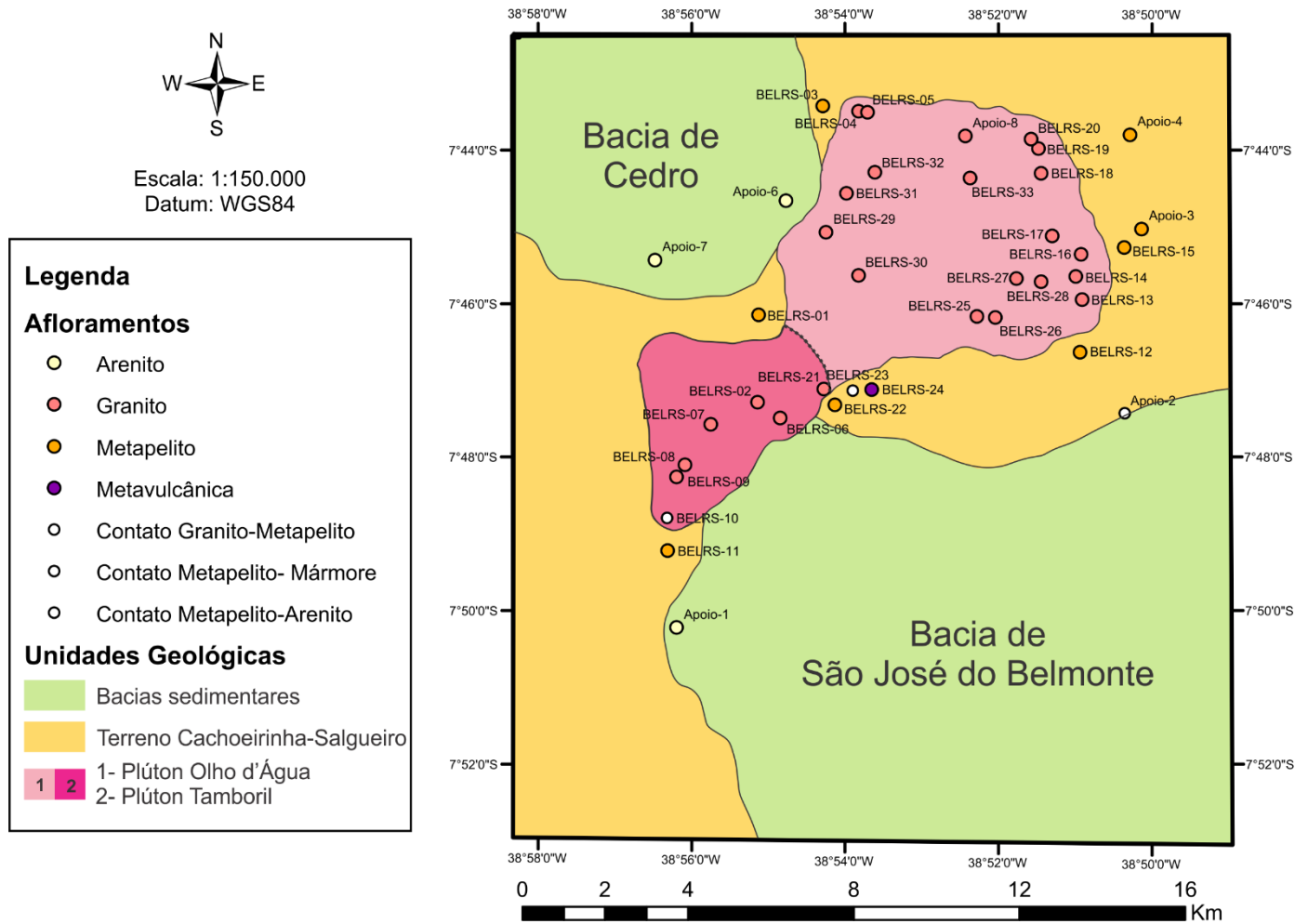
Anexo XIV – Dados obtidos para a fugacidade de oxigênio

Os dados da fugacidade de oxigênio se encontram como Log fO_2 .

Amostra	Temperatura (°C)	Temperatura (°K)	$10^3/T$ (°K)	Fugacidade
BELRS-2A	597	870	1,15	-19
BELRS-2A	616	889	1,12	-19
BELRS-2A	618	891	1,12	-19
BELRS-2A	605	878	1,14	-19
BELRS-2A	635	908	1,10	-18
BELRS-2A	653	926	1,08	-17
BELRS-2A	618	891	1,12	-19
BELRS-2A	622	895	1,12	-18
BELRS-13A	683	956	1,05	-17
BELRS-13A	683	956	1,05	-16
BELRS-31	656	929	1,08	-17
BELRS-31	666	939	1,07	-17
BELRS-31	648	921	1,09	-18
BELRS-31	638	911	1,10	-18
BELRS-31	671	944	1,06	-17
BELRS-31	662	935	1,07	-17

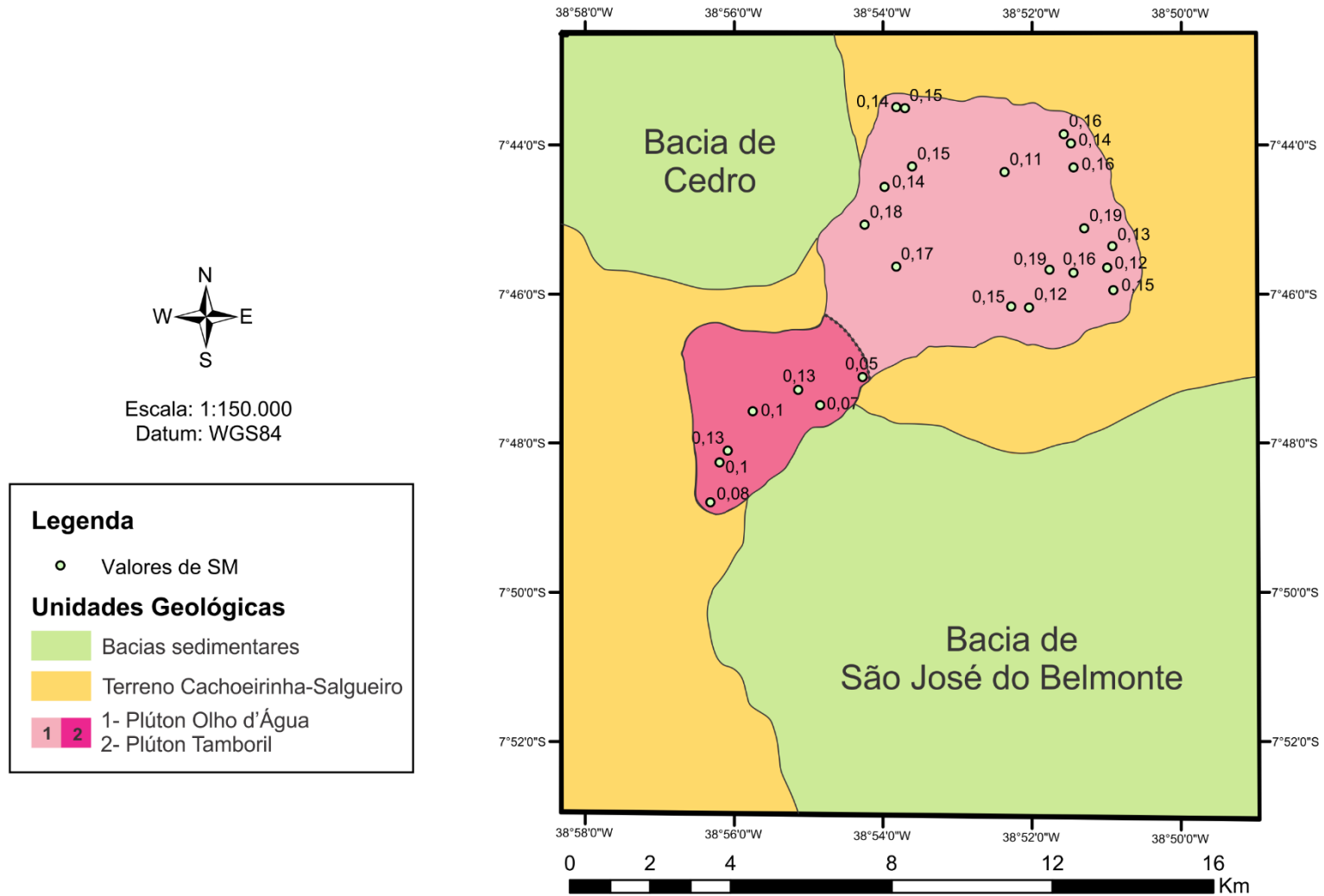
Anexo XV

Mapa de afloramentos

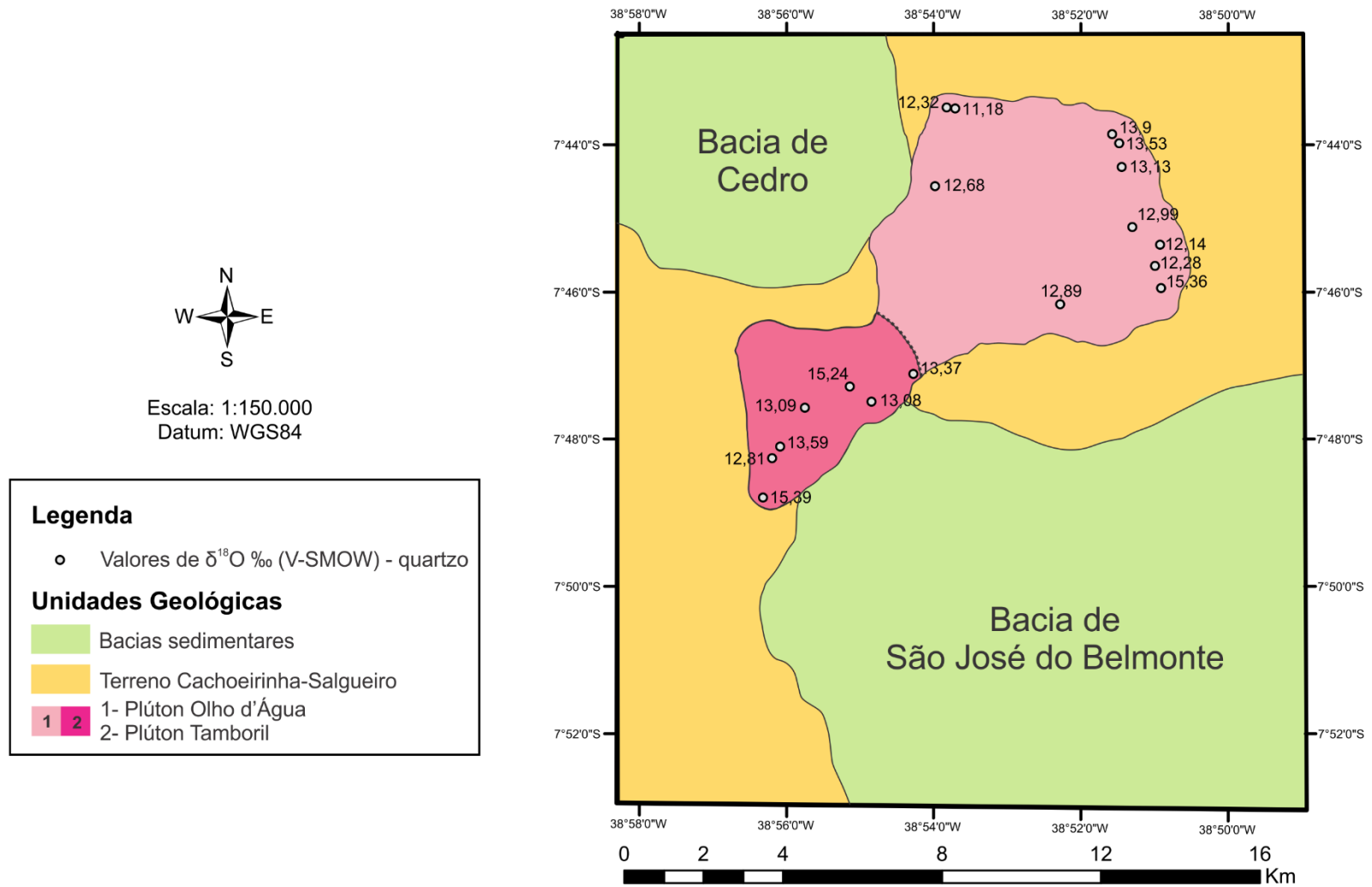


Anexo XVI

Mapa de susceptibilidade magnética (SM)

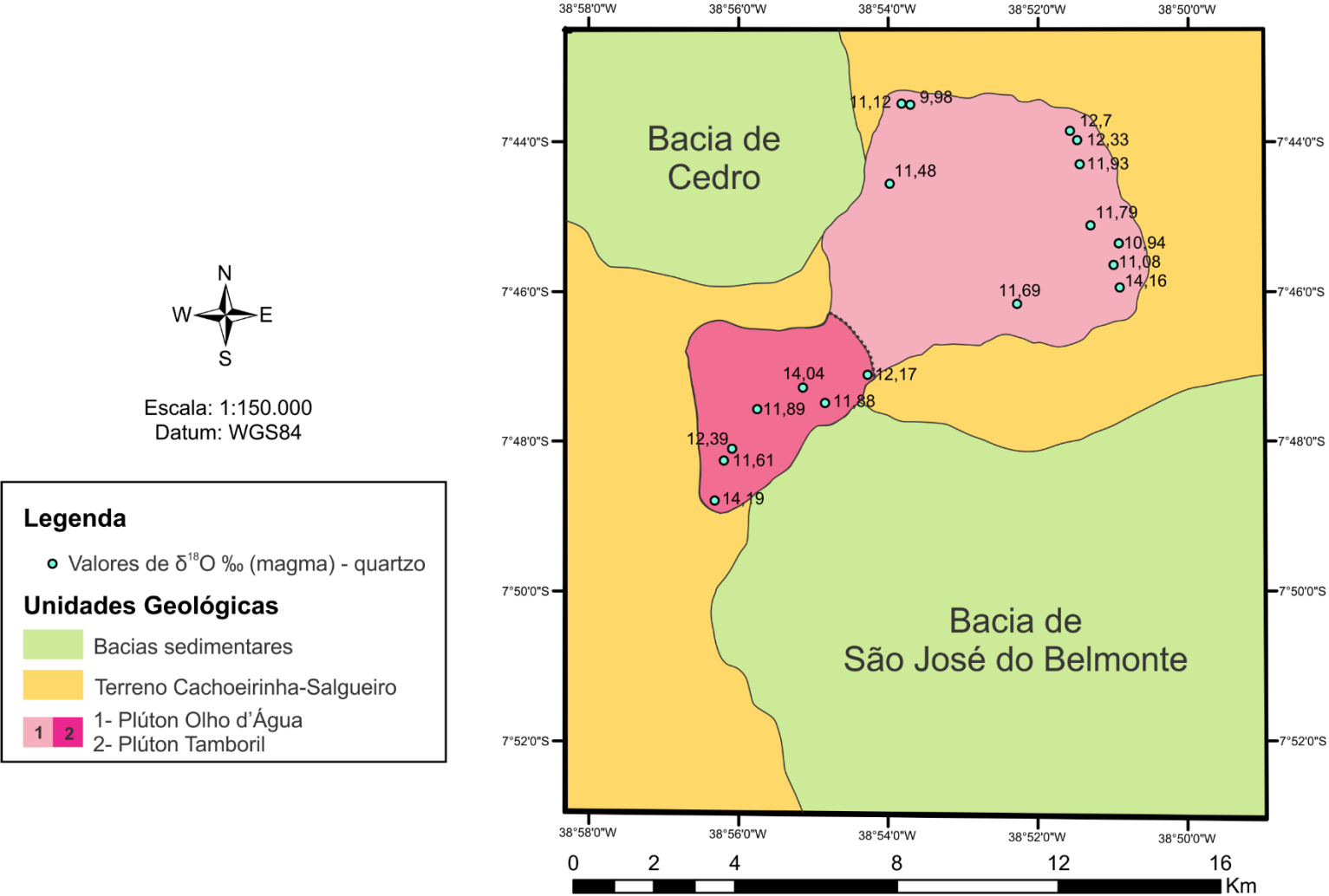


Anexo XVII

 $\delta^{18}\text{O}_{\text{qz}}$ ‰ (V-SMOW)

Anexo XVIII

$\delta^{18}\text{O}_{\text{WR}} \text{‰ V-SMOW}$ (calculados a partir dos valores de quartzo)



Anexo XIX -

 $\delta^{18}\text{O}_{\text{cpx}} \text{‰ (V-SMOW)}$ 

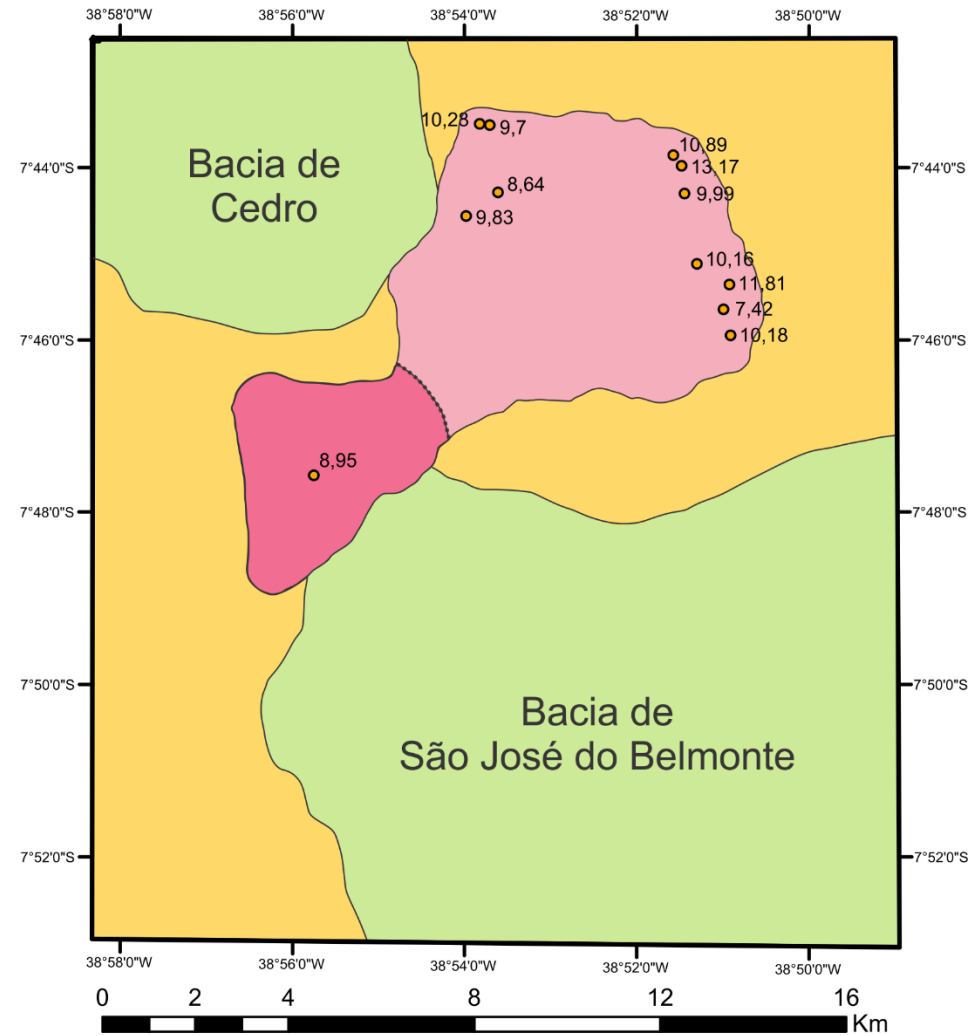
Escala: 1:150.000
Datum: WGS84

Legenda

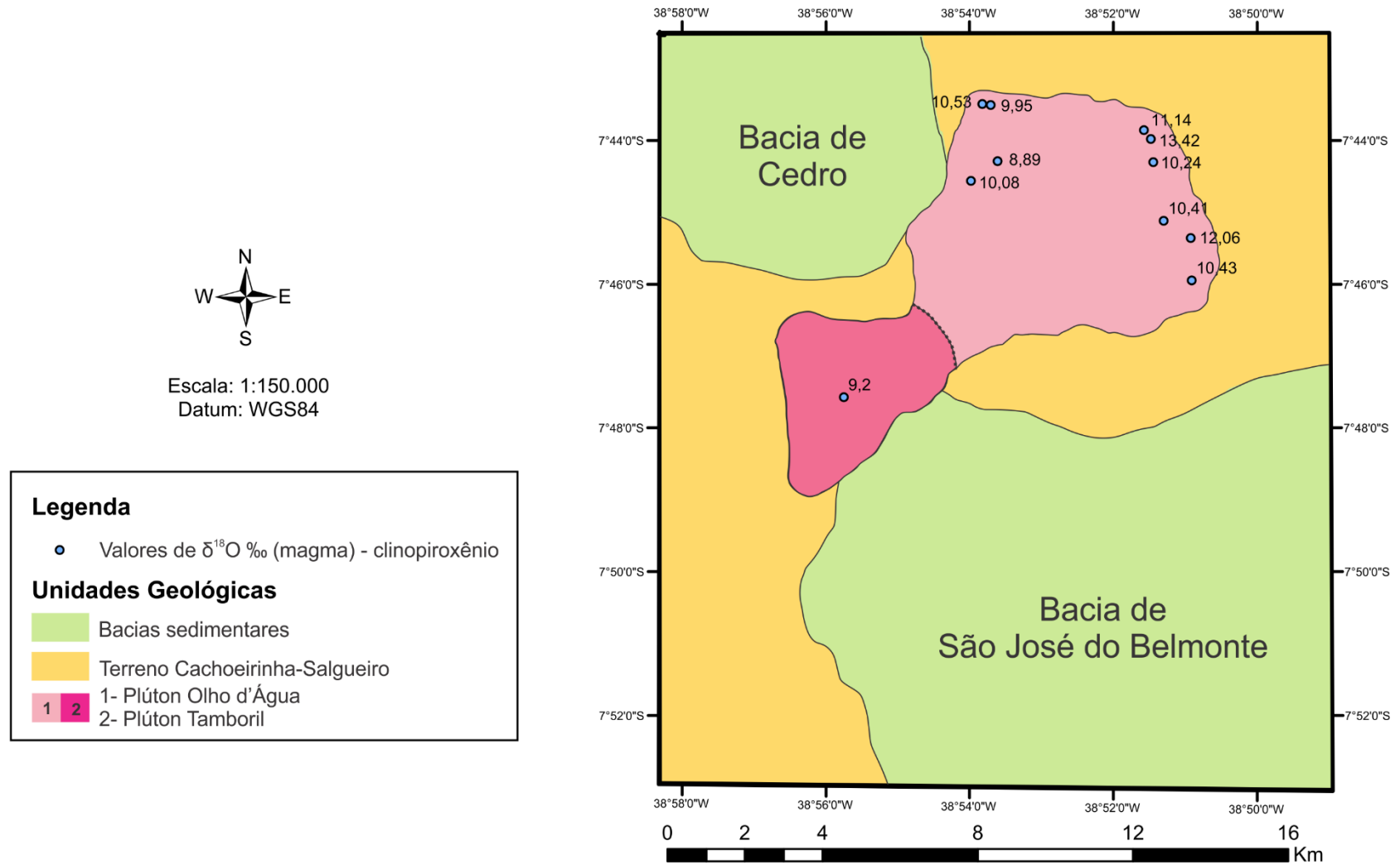
- Valores de $\delta^{18}\text{O} \text{‰ (V-SMOW)}$ - clinopiroxênio

Unidades Geológicas

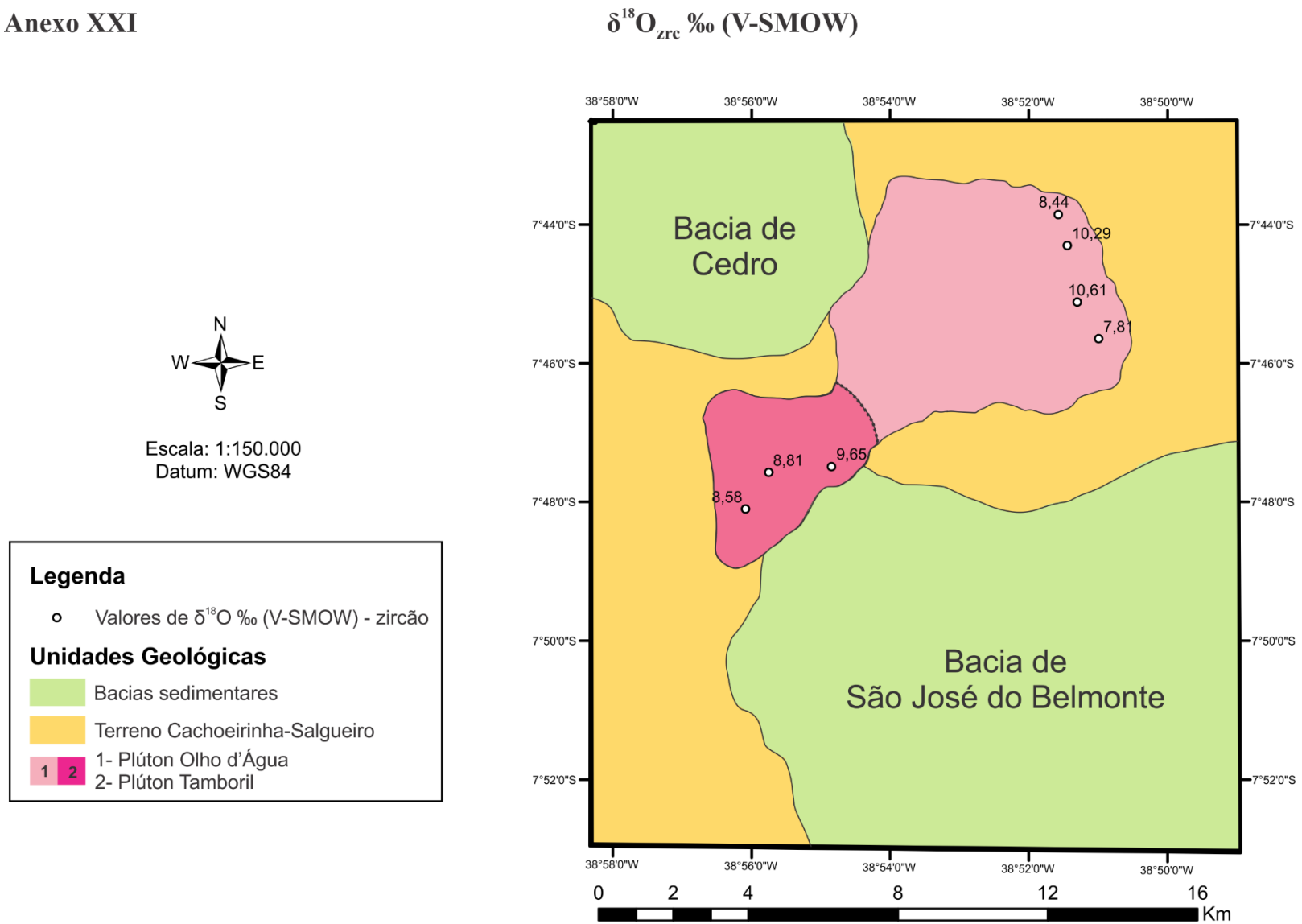
- Bacias sedimentares
■ Terreno Cachoeirinha-Salgueiro
■ 1- Plúton Olho d'Água
■ 2- Plúton Tamboril



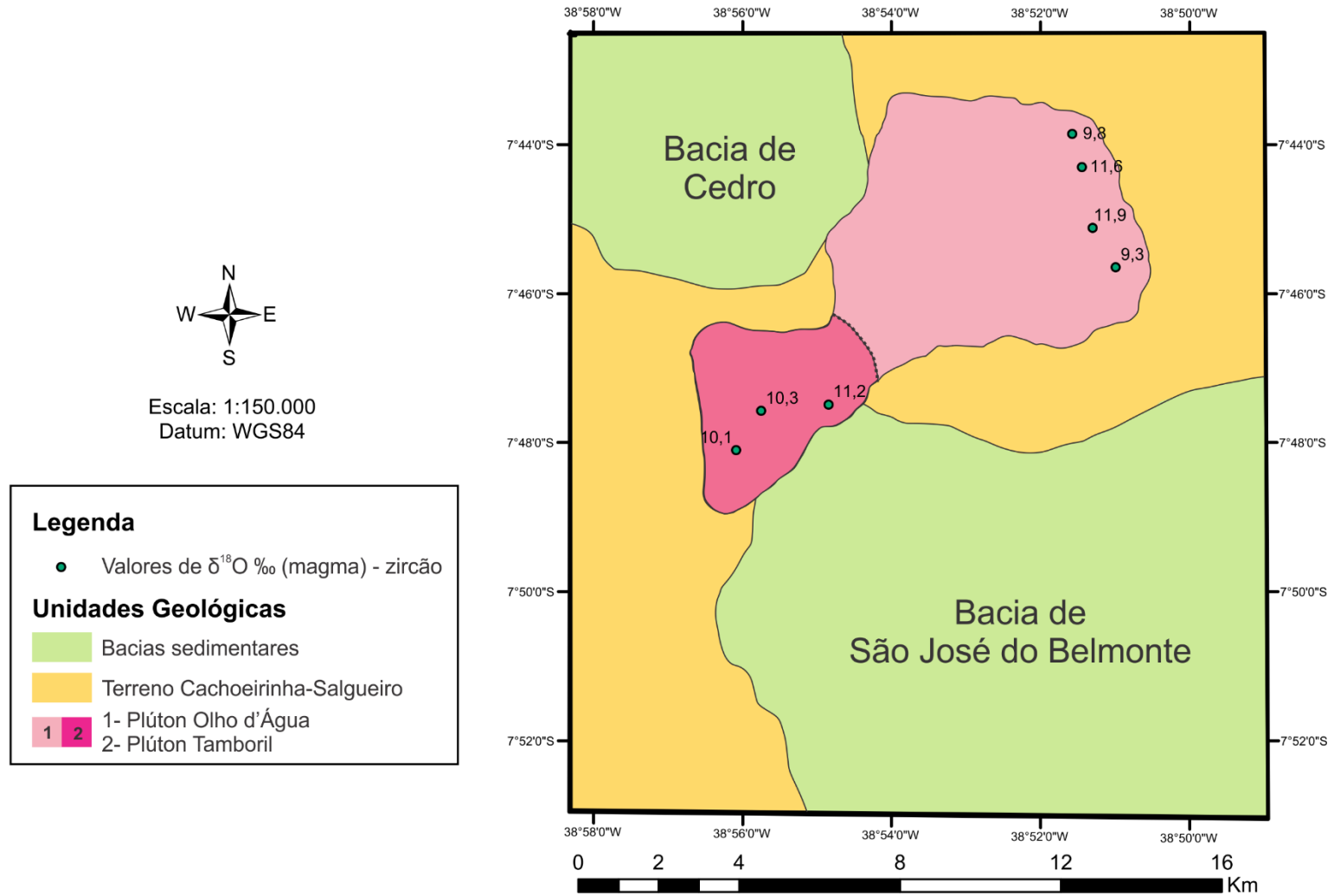
Anexo XX

 $\delta^{18}\text{O}_{\text{WR}} \text{‰ V-SMOW}$ (calculados a partir dos valores de clinopiroxênio)


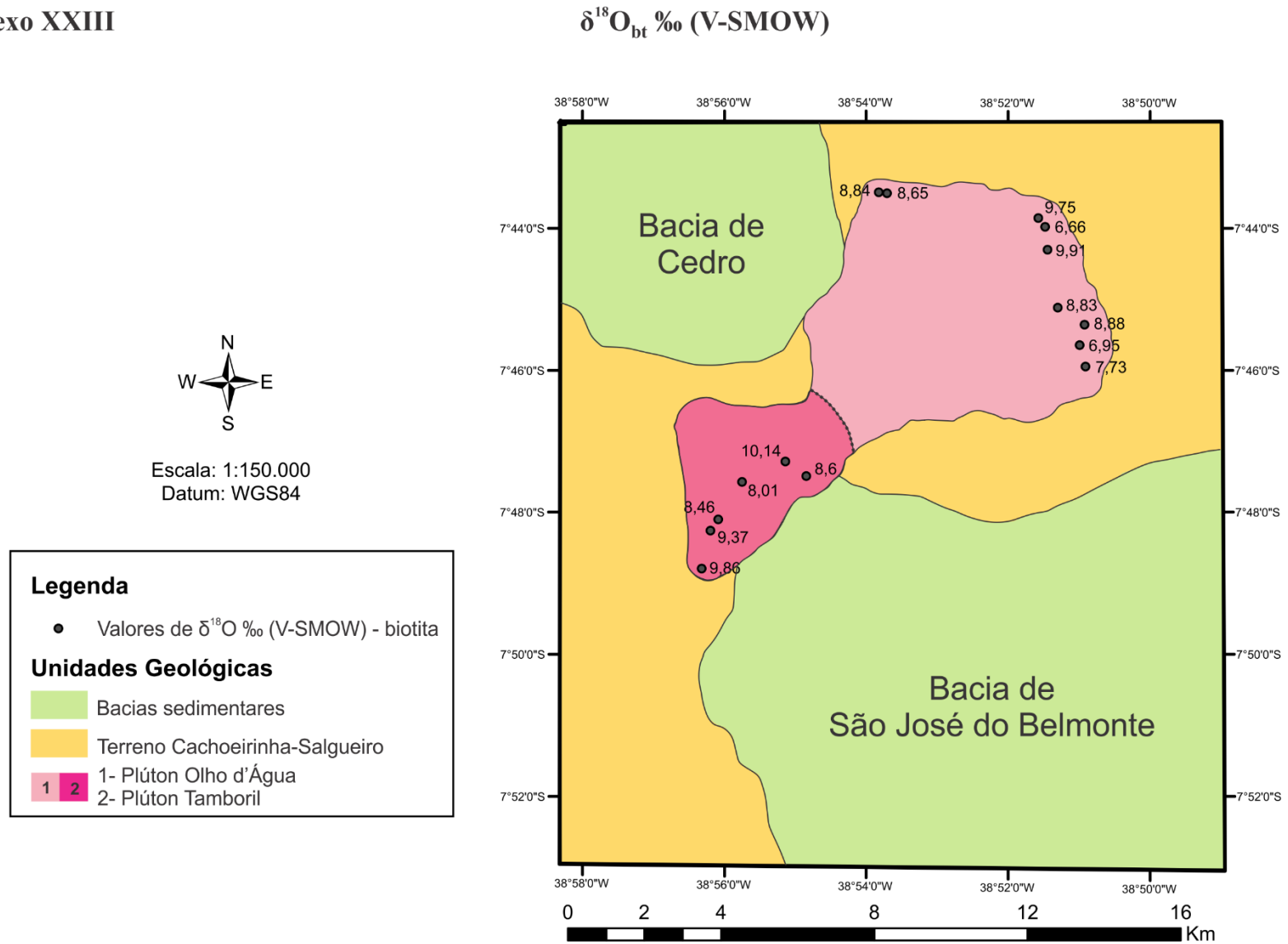
Anexo XXI



Anexo XXII

 $\delta^{18}\text{O}_{\text{WR}} \text{‰ V-SMOW}$ (calculados a partir dos valores de zircão)


Anexo XXIII



Anexo XXIV

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
GEOQUÍMICA, GEOFÍSICA E EVOLUÇÃO CRUSTAL

MESTRANDO: RENAN SIQUEIRA

ORIENTADOR: PROF. ALCIDES NÓBREGA SIAL



Escala: 1:100.000
Datum: WGS84

Legenda

- |— Corte Geológico
- Foliação
- Rodovias
- Vila
- Drenagem
- Massas D'água
- CE PE Limite inter-estadual
- Falha inferida
- Contato inferido
- Plúton Olho d'Água (Nordeste) - Clinopiroxênio-biotita tonalito a granodiorito médio
- Plúton Tamboril (Sudoeste) - Biotita granodiorito médio a grosso, porfirítico

Unidades Geológicas

Mesozóico

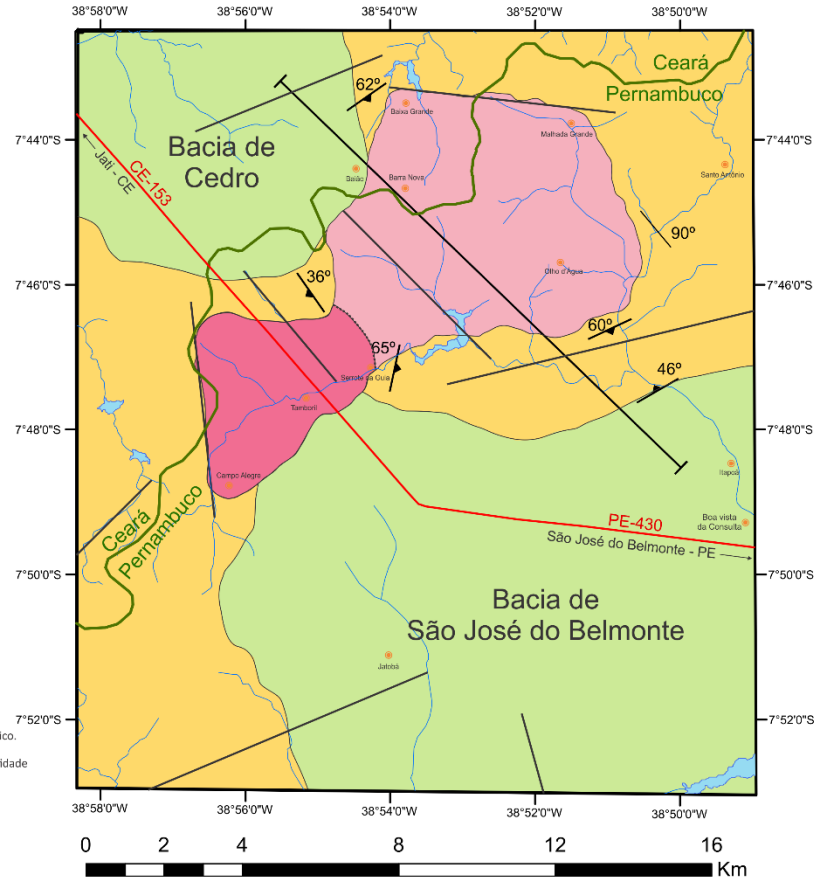
Bacias sedimentares de Cedro (Nordeste) e São José do Belmonte (Sudeste):
Arenito médio a grosso com matriz arenosa, com seixos e blocos de composição silicática

Neoproterozóico

Plúton Tamboril
1 2 (1) Plúton Olho d'Água - clinopiroxênio-biotita tonalito a granodiorito médio, equigranular, contendo anfibólio e epidoto magmático.
(2) Plúton Tamboril - Biotita granodiorito médio a grosso, porfirítico, contendo anfibólio, epidoto magmático, clinopiroxênio em menor quantidade e megacrístais de feldspato potássico

Terreno Cachoeirinha
Metapelitos a filitos, com intercalações de mármore e metavulcânicas

Mapa Geológico de parte da Folha Serra Talhada (Pernambuco/Ceará)



Geologia sobre Modelo Digital do Terreno (Elevação SRTM)

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA SERRA TALHADA



ARTICULAÇÃO DA FOLHA SERRA TALHADA

