
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**EVOLUÇÃO PETROLÓGICA E CONTEXTO GEODINÂMICO
DAS ROCHAS INTRUSIVAS BÁSICAS EDIACARANAS DO
SUDESTE DO CINTURÃO DOM FELICIANO, RS**

LAÉRCIO DAL OLMO BARBOSA

ORIENTADOR – Prof. Dr. Edinei Koester

Porto Alegre, 2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**EVOLUÇÃO PETROLÓGICA E CONTEXTO GEODINÂMICO
DAS ROCHAS INTRUSIVAS BÁSICAS EDIACARANAS DO
SUDESTE DO CINTURÃO DOM FELICIANO, RS**

LAÉRCIO DAL OLMO BARBOSA

ORIENTADOR – Prof. Dr. Edinei Koester

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Adriane Machado - Departamento de Geologia,
Universidade Federal de Sergipe

Prof^a. Dr^a. Márcia Elisa Boscato Gomes - Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Viter Magalhães Pinto - Centro de Engenharias,
Universidade Federal de Pelotas

Tese de Doutorado apresentada como
requisito parcial para a obtenção do
Título de Doutor em Ciências.

Porto Alegre, 2022

Programa de Pós-Graduação em Geociências - UFRGS
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia - Cx. P. 15.001 - Prédio 43.113 S-207B - 91509-900 - Porto Alegre – RS
Tel.: (051) 3308-6340/3308-6332
E-mail: ensinoppgeo@ufrgs.br

CIP - Catalogação na Publicação

Dal Olmo-Barbosa, Laércio
EVOLUÇÃO PETROLÓGICA E CONTEXTO GEODINÂMICO DAS
ROCHAS INTRUSIVAS BÁSICAS EDIACARANAS DO SUDESTE DO
CINTURÃO DOM FELICIANO, RS / Laércio Dal Olmo-Barbosa.
-- 2022.
268 f.
Orientador: Edinei Koester.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de
Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, BR-RS,
2022.

1. Gabros Passo da Fabiana. 2. Diorito Alto Alegre.
3. Diorito Capim Branco. 4. Petrologia Ígnea. 5.
Geocronologia U-Pb. I. Koester, Edinei, orient. II.
Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RESUMO

A ocorrência de magmas basálticos hidratados tem sido considerada um marcador petrogenético fundamental para analisar a evolução geodinâmica de cinturões orogênicos a pós-colisionais. Adicionalmente, estas rochas básicas documentam os processos de interação entre o manto e a crosta, contribuindo para a evolução crustal por meio da transferência de material e calor. No extremo sul do Brasil registra-se expressivo magmatismo junto ao Cinturão Dom Feliciano (CDF), como produto dos processos de colagem orogênica durante o Brasileiro-Pan-Africano. As áreas de estudo se localizam na porção oriental deste cinturão, no Terreno Pelotas, o qual se constitui essencialmente por granitoides Criogenianos e Ediacaranos, com rochas dioríticas e gabroicas subordinadas. O objetivo central desta Tese foi investigar a evolução petrológica e a cronologia do magmatismo vinculado às rochas intrusivas básicas, na porção sudeste do CDF. Para tal, foram realizados estudos de campo, análises mineralógicas, petrográficas, de composição mineral (EMPA-WDS), químicas em rocha-total, e geocronológicas (U-Pb SHRIMP/LA-ICP-MS em zircão) nos corpos mais representativos da área: Gabros Passo da Fabiana (GPF), Diorito Alto Alegre (DAA), e Diorito Capim Branco. As texturas e composições minerais apontam para uma evolução magmática complexa, com processos sobrepostos que resultaram em considerável dispersão composicional e textural. Estas feições foram interpretadas como produto de uma combinação, em diferentes graus, de acumulação, com processos evolutivos em sistema aberto causando considerável desequilíbrio. Temperaturas e pressões médias foram estimadas para os três corpos, variando entre 1018-1248 °C, e 3-10,7 kbar. Sugere-se para estes magmas derivação a partir de líquidos fracionados de fontes peridotíticas, compatíveis com cumulados máficos de ambientes de arco. As afinidades químicas denotam líquidos subalcalinos, com assinatura cálcio-alcálica. Os dados geocronológicos indicaram que o posicionamento das rochas básicas analisadas (GPF e DAA) ocorreu no intervalo de 590-560 Ma. Assim, foi possível delinear que um importante componente do manto participou da evolução geodinâmica tardia do cinturão. Neste contexto, a redução das tensões compressivas possibilitou a geração e a colocação dos magmas basálticos hidratados, na porção sudeste do Cinturão Dom Feliciano.

Palavras-chave: Gabros Passo da Fabiana, Diorito Alto Alegre, Diorito Capim Branco.

ABSTRACT:

The occurrence of hydrous basaltic magmas has been considered an essential petrogenetic marker to analyze the geodynamic evolution of orogenic to post-collisional belts. Additionally, these basic rocks record the mantle-crust interaction and contribute to the crustal evolution through material and heat transference processes. In southernmost Brazil, expressive magmatism occurs in the Dom Feliciano Belt (DFB), as a product of orogenic collage processes during the Brasiliano-Pan-African Orogeny. The study areas are located in the eastern portion of this belt (Pelotas Terrane), which consists essentially of Cryogenian and Ediacaran granitoids, with subordinate dioritic and gabbroic rocks. The main goal of this study was to investigate the petrological evolution and the chronology of the basic intrusive magmatism in the southeastern portion of the DFB. Field studies, and mineralogical, petrographic, mineral composition (EMPA-WDS), chemical whole-rock, and geochronological (U-Pb SHRIMP/LA-ICP-MS in zircon) analyses were carried out in the most representative bodies of the region: Passo da Fabiana Gabbros (PFG), Alto Alegre Diorite (AAD), and Capim Branco Diorite. The textures and mineral compositions point to a complex magmatic evolution, with superimposed processes that resulted in considerable scatter in chemical compositions, and diversified textures. These features were interpreted as the product of a combination, in different degrees, of accumulation, with open system evolutionary processes causing considerable disequilibrium. Mean temperatures and pressures were estimated for the three bodies, ranging from 1018-1248 °C, and 3-10.7 kbar. We suggested that these magmas derive from fractionated liquids of a peridotite source, compatible with arc-related mafic cumulates. Chemical affinities point to subalkaline liquids, with calc-alkaline fingerprints. The geochronological data indicated that crystallization of the analyzed basic rocks (PFG and AAD) occurred between 590-560 Ma. Thereby, we conclude that an important mantle component was involved in the late geodynamic evolution of the belt. In this context, the reduction of the compressive tectonic settings enabled the generation and emplacement of the hydrous basaltic magmas, in the southeastern Dom Feliciano Belt.

Keywords: Passo da Fabiana Gabbros, Alto Alegre Diorite, Capim Branco Diorite.

LISTA DE FIGURAS

TEXTO INTEGRADOR

- Figura 1.** Localização das áreas de estudo no sul do Brasil, com destaque para a área de exposição do ESRG. Mapa geotectônico simplificado do ESRG, demonstrando a subdivisão de seus principais terrenos, bem como as estruturas regionais que os delimitam. Destaque para as áreas de estudo, nas regiões de Pinheiro Machado e Dom Feliciano. Este mapa foi baseado na compilação dos trabalhos de Fernandes *et al.* (1995a,b), Costa (1997), Paim *et al.* (2000) e Ramos *et al.* (2018). 15
- Figura 2.** Mapas geológicos das áreas de estudo. (a) Região de Pinheiro Machado, com destaque para localidade tipo dos Gabros Passo da Fabiana (estrela em preto), e do Diorito Alto Alegre (estrela vermelha). Modificado de Cruz (2018). (b) Área de Dom Feliciano, com destaque para a exposição do Diorito Capim Branco. Modificado de Wildner *et al.* (2008). 18
- Figura 3.** Modelo de evolução do MASLI de *Saint-Jean-du-Doigt*, ilustrando as relações entre rochas máficas e félsicas. Observar intrusões graníticas posicionadas após a cristalização dos magmas diorítico-gabroicos, na base do complexo, bem como processos de mistura e *mingling* mais pronunciados na porção central do reservatório. Cf. Caroff *et al.* (2011). 31
- Figura 4.** Modelo esquemático ilustrando a evolução magmática e a história intrusiva do complexo orogênico acrescionário de *Songpan Ganze*, para a região de colocação dos *plutons Markam e Taiyanghe*. Cf. Deschamps *et al.* (2018). 35
- Figura 5.** Seção geológica W-E do lacólito *Torres del Paine*. A W, intrusões subverticais na zona alimentadora, enquanto a E predominam intrusões sub-horizontais de granitoides e complexos de *sills* máficos. Cf. Leuthold *et al.* (2014). 36
- Figura 6.** Processos de evolução petrológica em *Torres del Paine*. (a) Ilustração demonstrando os processos dinâmicos atuantes no rejuvenescimento da câmara magmática (e.g. recarga, remobilização) em uma intrusão rasa, e a respectiva extração dos magmas para a formação do *sill*; (b) detalhe da ascensão e mobilização dos cumulos máficos; (c) extração dos líquidos intersticiais no conduto. Cf. Leuthold *et al.* (2014). 38
- Figura 7.** Modelo conceitual de evolução e processos petrológicos observados nas séries magmáticas 1, 2 e 3. Seção esquemática N-S, com topografia do terreno extraída a partir do *software Google Earth*. Cf. Rezeau *et al.* (2018). 40
- Figura 8.** Modelo de evolução da seção crustal no terreno *Southern Uplands*. (a) magmatismo inicial em resposta aos processos de *slab break-off*, e colocação dos primeiros pulsos magmáticos; (b) período pós-convergência, com colocação de novos pulsos magmáticos e processos de recarga; (c) Estágio final de evolução dos magmas, em níveis intermediários a inferiores, em sistemas abertos, anteriormente ao posicionamento em níveis rasos da crosta. Cf. Hines *et al.* (2018). 42
- Figura 9.** Glossário de termos comumente empregados na pesquisa de intrusões acamadadas. Cf. O'Driscoll & VanTongeren (2017). 45
- Figura 10.** Ilustração esquemática de uma câmara magmática basáltica, baseada na Suíte Acamadada de *Rum* (NW da Escócia), demonstrando alguns processos importantes que operam nestes sistemas. (Traduzido de O'Driscoll & VanTongeren, 2017; após Emeleus & Bell, 2005). 46
- Figura 11.** Modelo de câmara magmática para a Intrusão de *Rum* (Escócia) ilustrando o crescimento progressivo de cristais em uma porção marginal com líquidos isotopicamente contaminados, nos quais o grau de contaminação aumenta com o passar do tempo. Os cristais afundam por meio de plumas de densidade a partir das paredes da câmara ou do teto, acumulando-se na porção basal do reservatório, e criando desse modo uma pilha de cumulos que apresentam composições isotópicas variadas (Cf. Morse *et al.*, 2017). 51
- Figura 12.** Fluxograma interligando os principais processos de modificação física na cristalização e na textura dos minerais que podem operar durante a formação de um cumulado de rochas gabroicas. Setas indicam diferentes caminhos possíveis para a formação do cumulado. (Caso A) *Mush* de cristais de plagioclásio, no qual os cristais se tocam muito pouco, preservados no interior de um oikocristal de clinopiroxênio. Neste caso o plagioclásio ocupa aproximadamente 25% da área do

oikocristal, sendo que a estruturação inicial destes ficou preservada dentro do oikocristal. (Caso B) Típico cumulado rico em plagioclásio. Ambos os casos pertencem à Unidade 9 da Série Acamadada Oriental de *Rum* (Escócia). Cf. Cheadle & Gee (2017).52

FIGURAS DO ARTIGO I

Figure 1. Location of the study areas in southernmost Brazil, with simplified major geological units of the Sul-rio-grandense Shield. Illustration of the main Paleoproterozoic to Neoproterozoic terranes, as well as regional structures. The study areas are highlighted near Dom Feliciano and Pinheiro Machado regions. Figure modified from Dal Olmo-Barbosa et al. (2021).95

Figure 2. Geological maps of the study areas. (a) Pinheiro Machado region, showing the studied type localities of Passo da Fabiana Gabbros and Alto Alegre Diorite (black and red stars, respectively). Modified from Cruz (2018). (b) Capim Branco Diorite exposure area, near Dom Feliciano city. Modified from Wildner et al. (2008).98

Figure 3. Petrography and textural features of the analyzed samples. (a) *Centimeter-thick modal layering in leucogabbro, according to the dashed line (PFG). (b) Textural aspect and mineralogy of the Ol leucogabbro (PFG). (c) *EDS compositional map showing local *adcumulus* texture in plagioclase, formed by more calcic *cumulus* crystals, and more sodic *intercumulus*. Px-Hbl gabbronorite, PFG. (d) *Heteroadcumulate texture in the Px-Hbl gabbronorite, with large poikilitic brown amphibole oikocristal enclosing Cpx, Pl, and Ol (PFG). (e) Hbl gabbro exhibiting Cpx relicts included in amphibole, and two plagioclase textural types (PFG). (f) Bt-Hbl diorite (GPF-89A) shows medium-grained Hbl, Pl, and Bt, with coarser Bt and Pl grains (AAD). (g) Hbl-rich diorite, composed essentially of Hbl and Pl. Note the coarser Pl grains (AAD). (h) Bt-Hbl diorite (GPF-92) exhibiting medium-grained subhedral to euhedral Pl and Hbl, and coarser, anhedral, Bt crystals (AAD). (i) medium- to fine-grained Bt-Hbl diorite exhibiting coarser Pl aggregate (CBD). (j) Hbl gabbro with poikilitic texture formed by coarser Hbl enclosing thinner Pl crystals and Cpx relicts (CBD). (k) Detail of the sample GPF-89A, showing considerable An-content variation across the grains (AAD). (l) Detail of the Hbl gabbro (CBD), exhibiting plagioclase grains with substantial An-content variations. Photomicrographs in crossed-polars. *Data extracted from Dal Olmo-Barbosa et al. (2018).103

Figure 4. Modal mineral proportions in the studied rocks. Secondary minerals are not represented. *Minerals in trace amounts (< 1%).104

Figure 5. Frequency histograms for plagioclase compositions from: (a) Passo da Fabiana Gabbros (PFG); (b) Alto Alegre Diorite (AAD); (c) Capim Branco Diorite (CBD).106

Figure 6. Plagioclase ternary classification diagrams for the basic intrusive rocks of the SE Dom Feliciano Belt, modified from Deer et al. (1992). Core, rims, and intermediate portions (if available) are represented. (a) PFG; (b) AAD; and (c) CBD.107

Figure 7. Diagrams showing olivine compositions of PFG, to distinguish between olivines from primary magmas, and olivines derivative magmas based on: (a) Ca x Mg# contents. (b) Ni x Mg# contents. (c) Mn x Mg#, and (d) Fe/Mn x Mg# contents. (e) Rhodes diagram to evaluate olivine-liquid equilibrium. The dashed line represents the $K_D(\text{Fe-Mg})^{\text{ol-liq}}$ value of 0.30 (Roeder and Emslie, 1970). Modified from Putirka (2008), and Ganne et al. (2018). Diagrams a-to-d modified from Herzberg (2011).109

Figure 8. Clino- and orthopyroxene compositional diagrams for the PFG and CBD. (a) Pyroxene classification, according to Morimoto et al. (1989). (b) Ti x Ca+Na diagram to distinguish between clinopyroxene of alkaline and subalkaline affinities, according to Molina et al. (2009). The dashed line represents the boundary of Leterrier et al. (1982). Clinopyroxene (c) and orthopyroxene (d) Al_2O_3 x Mg# diagrams to distinguish between different sources, according to Escuder-Viruete et al. (2019). Abbreviations: PPC-Hzb - Puerto Plata ophiolitic complex harzburgites; SSZ - supra-subduction zone; IBP - Izu-Bonin peridotites; SI SSZ - Salomon Islands supra-subduction zone pyroxenites.110

Figure 9. Micas' compositional diagrams for the PFG, CBD and AAD. (a) Total Al^{IV} x Fe/(Fe+Mg) mica classification diagram. (b) $\text{FeO}_7\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3$ ternary diagram of Abdel-Rahman (1994) to classify mica compositions into alkaline, calc-alkaline, and peraluminous series.112

Figure 10. Amphibole classification diagrams according to Locock (2014). (a) PFG. (b) AAD. (c) CBD.113

Figure 11. High-Ti amphibole compositions of the three occurrences in the Molina et al. (2009) diagrams to distinguish magmatic affinities. (a) $K_2O \times TiO_2$ diagram. (b) $Al_2O_3 \times TiO_2$ diagram. (c) $Na_2O \times TiO_2$ diagram. (d) $MgO \times TiO_2$ diagram.114

Figure 12. Diagram to test equilibrium based on plagioclase *versus* whole-rock compositions for the basic intrusive rocks. Extracted from Cornet et al. (2022).120

FIGURAS DO ARTIGO II

Fig. 1. Location of the study area in southernmost Brazil, highlighting the exposure of the Sul-rio-grandense Shield. Simplified geological map showing the main Paleoproterozoic to Neoproterozoic terranes, as well as regional structures. The study area is highlighted in the rectangle, near of Pinheiro Machado region. The geological map is a compilation based on the works of Costa (1997), Fernandes et al. (1995a,b), Paim et al. (2000) and Ramos et al. (2018).143

Fig. 2. Geological map of the study area, showing the studied type localities of the Passo da Fabiana Gabbros and Alto Alegre Diorite (black and red stars, respectively), as well as the sample site for geochronological studies on the granites of Passo da Fabiana Gabbros region (yellow star). Modified from Cruz (2018).145

Fig. 3. Field characteristics and petrography of the biotite monzogranite, Cerro Grande Suite. (a) Cross-cutting relationships close to the contact between the two suites, showing the biotite monzogranite of Cerro Grande Suite cut by a dike of leucosyenogranite from the Dom Feliciano Suite, which outcrops ~50 m to the north. Note the sharp and defined contacts between the two lithologies. (b) Macroscopic texture of the dated sample GPF-100B, biotite seriate to porphyritic monzogranite. (c) Sample GPF-100B under crossed polars exhibiting a medium- to coarse-grained seriate texture composed by plagioclase (Pl), alkali feldspar (Afs), biotite (Bt) and quartz (Qz), as well as a coarser poikilitic alkali feldspar (d).149

Fig. 4. Morphology and textural patterns of the analyzed zircon grains of the biotite monzogranite (GPF-100B), Cerro Grande Suite, under CL imaging with analysis spots.151

Fig. 5. (a) Weighted mean $^{206}Pb/^{238}U$ calculated crystallization age for the sample GPF-100B, biotite monzogranite of the Cerro Grande Suite, in the Passo da Fabiana Gabbros region. (b) Concordia age for the same sample, calculated for data with concordance $\geq 90\%$152

Fig. 6. Field characteristics and petrography of the Passo da Fabiana Gabbros. (a) Gabbroic rocks exhibiting cm-thick macroscopic modal cyclic layering, concordant with the red dashed line. (b) Macroscopic texture of the dated sample GPF-1, a greyish coarse-grained massive olivine leucogabbro. (c) Sample GPF-1 under crossed polars showing poikilophitic texture formed by augite oikocrystals (Cpx), enclosing olivine (Ol) and plagioclase (Pl) chadacrystals. (d) Anhedral olivine (Ol) crystal surrounded by poikilitic orthopyroxene (Opx), and adcumulate texture in plagioclase (Pl), to the left.152

Fig. 7. Morphology and textural patterns of the analyzed zircon grains in the olivine leucogabbro (sample GPF-1) - Passo da Fabiana Gabbros, under CL imaging with analysis spots.157

Fig. 8. Concordia Wetherill diagram and calculated crystallization age for the sample GPF-1, olivine leucogabbro from the Passo da Fabiana Gabbros.158

Fig. 9. Field characteristics and petrography of the leucosyenogranite, Dom Feliciano Suite. (a) Leucosyenogranite of the Dom Feliciano Suite cutting the seriate to porphyritic biotite monzogranites of the Cerro Grande Suite. (b) Macroscopic texture of the dated sample GPF-100A, a reddish medium- to fine-grained massive leucosyenogranite. (c) Sample GPF-100A under crossed polars showing equigranular massive texture formed by alkali feldspar (Afs), plagioclase (Pl) and quartz (Qz), with minor biotite (Bt) (d).158

Fig. 10. Morphology and textural patterns of the analyzed zircon grains of the leucosyenogranite (GPF-100A) – Dom Feliciano Suite, under CL imaging with analysis spots.159

Fig. 11. (a) Weighted mean $^{206}Pb/^{238}U$ calculated crystallization age for the sample GPF-100A, leucosyenogranite of the Dom Feliciano Suite, in the Passo da Fabiana Gabbros region. (b) Concordia age for the same sample, calculated for data with concordance $\geq 90\%$160

Fig. 12. Field characteristics and petrography of the Alto Alegre Diorite. (a) Medium-grained massive grey hornblende diorite in the sample site. (b) Macroscopic texture of the dated sample AP-8, a greyish medium-grained massive hornblende-rich diorite. (c) Sample AP-8 under crossed polars showing equigranular massive texture formed mainly by hornblende (Hbl) and plagioclase (Pl) crystals. (d) Biotite occurs as a common accessory mineral.161

Fig. 13. Morphology and textural patterns of the analyzed zircon grains of the hornblende-rich diorite (AP-8) – Alto Alegre Diorite, under CL imaging. Note the analysis spots. The blur effect in spot 9 is caused by epoxy resin coating part of the grain.161

Fig. 14. Concordia Wetherill diagram and calculated crystallization age for the hornblende-rich diorite (AP-8) – Alto Alegre Diorite.162

Fig. 15. Emplacement and evolutionary model to the NW (figure a - PFG region) and the SE (figure b - AAD region) sector of the study area. The intrusions are represented in the same color-coding of the geological map (Fig. 2). Pluton sizes and shapes are not at scale.164

LISTA DE TABELAS

TABELAS DO ARTIGO I

Table 1. Synthesis of the thermometric (T°C) crystallization conditions for PFG. Abbreviations: Ol lgb: olivine leucogabbro; Px-Hbl gbt: pyroxene-hornblende gabbro; Hbl gb: hornblende gabbro; Exp. K_D : expected K_D for equilibrium; Calc. K_D : calculated K_D ; Ranges: T ranges; Mean/Abs: mean or absolute T (when only one result is available); n: number of analyses. Applied thermometers: 1, 2, and 3: Only liquid (Putirka, 2008), equations 14, 15, and 16, respectively; 4: Ol-liquid (Beattie, 1993); 5: Ol-liquid (Putirka, 2008), equation 22; 6: Opx-liquid (Beattie, 1993); 7 and 8: Opx-liquid (Putirka, 2008), equations 28a and 28b, respectively; 9: Two-pyroxene (Putirka, 2008), equations 36 and 37, depending on the Cpx Mg#; 10: Cpx-liquid, Neave and Putirka (2017); 11: Amp-liquid (Putirka, 2016), equation 5; 12: Only-liquid (Molina et al., 2015). The input values for the P-dependent equations were 7.8 kbar (Ol leucogabbro) and 10.7 kbar (Px-Hbl gabbro), according to the Cpx-liquid method.117

Table 2. Synthesis of the barometric (kbar) conditions for the crystallization of PFG. Abbreviations according to table 1. Applied barometers: 1: Opx-liquid (Putirka, 2008), equation 29; 2: Two-pyroxene (Putirka, 2008), equation 38; 3: Cpx-liquid, Neave and Putirka (2017); 4: Amp-liquid (Putirka, 2016), equation 7a; 5: Amp-PI (Molina et al., 2015). *Values considered unreal and discarded in the mean pressure values and depth estimations.118

Table 3. Synthesis of the thermometric (T°C) and barometric (kbar) conditions for the crystallization of AAD and CBD. Abbreviations according to table 1, except for: Bt-Hbl dt: biotite-hornblende diorite; Hbl dt: hornblende diorite; Calc. K_D / T: calculated K_D values or temperature input (for method 5). Methods' identification according to the tables 1 and 2. *Values considered unreal and discarded in the mean pressure values and depth estimations.118

TABELAS DO ARTIGO II

Table 1. Zircon U-Pb LA-ICP-MS results for the granites in the Passo da Fabiana Gabbros region. Leucosyenogranite (GPF-100A) and biotite monzogranite (GPF-100B). *Data used for concordia ages calculations.153

Table 2. Zircon U-Pb SHRIMP results for the Passo da Fabiana Gabbros (GPF-1) and Alto Alegre Diorite (AP-8).155

SUMÁRIO

ESTRUTURA DA TESE.....	9
1 TEXTO INTEGRADOR.....	10
1.1 INTRODUÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS	13
1.3 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO	15
1.3.1 GEOLOGIA REGIONAL E CONTEXTO GEOTECTÔNICO	15
1.3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	17
1.4 ESTADO DA ARTE	22
1.4.1 INTRUSÕES DIORÍTICO-GABROICAS DE AFINIDADE CÁLCIO-ALCALINA EM CINTURÕES OROGÊNICOS E AMBIENTES PÓS-COLISIONAIS: UMA REVISÃO	22
1.4.2 ROCHAS CUMULADAS: SÍNTESE DOS ASPECTOS HISTÓRICOS E A EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS.....	43
1.4.3 ROCHAS INTRUSIVAS BÁSICAS NO SUDESTE DO CINTURÃO DOM FELICIANO, RS: UMA RETROSPECTIVA HISTÓRICA.....	53
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	59
1.5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	59
1.5.2 GEORREFERENCIAMENTO DE DADOS EM SIG	59
1.5.3 ETAPA DE CAMPO.....	59
1.5.4 ANÁLISE PETROGRÁFICA	60
1.5.5 MICROANÁLISE (MEV e EMPA).....	60
1.5.6 ANÁLISES GEOQUÍMICAS EM ROCHA TOTAL	62
1.5.7 ANÁLISES ISOTÓPICAS PARA GEOCRONOLOGIA (U-Pb em zircão)	63
1.6 SÍNTESE E DISCUSSÃO INTEGRADA DOS RESULTADOS.....	65
1.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
1.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
2 ARTIGOS	90
2.1 ARTIGO I: PETROLOGICAL PROCESSES RECORDED BY MINERAL TEXTURES AND CHEMICAL COMPOSITIONS IN THE BASIC INTRUSIVE EDIACARAN ROCKS OF THE SOUTHEASTERN DOM FELICIANO BELT, SOUTHERNMOST BRAZIL	91
2.2 ARTIGO II: CRYSTALLIZATION AGES OF THE BASIC INTRUSIVE EDIACARAN MAGMATISM IN THE SOUTHEASTERN DOM FELICIANO BELT, SOUTHERNMOST BRAZIL: IMPLICATIONS IN THE BELT GEODYNAMIC EVOLUTION	139
3 ANEXOS.....	181

ESTRUTURA DA TESE

Esta Tese de Doutorado está estruturada em dois artigos científicos, acompanhados de um texto integrador (tópico 1). Este texto compreende os seguintes capítulos: 1.1) Introdução; 1.2) Objetivos; 1.3) Localização e contexto geológico; 1.4) Estado da arte; 1.5) Materiais e métodos; 1.6) Síntese e discussão integrada dos resultados; 1.7) Considerações finais; 1.8) Referências bibliográficas.

O tópico 2 corresponde aos artigos científicos desenvolvidos no escopo do projeto de doutorado, conforme a norma 118 do PPGGeo-UFRGS (condição “b” do item 1.2), a qual estabelece como critério mínimo para a constituição da Tese a apresentação de um artigo publicado ou aceito, e mais um artigo submetido. Assim, esta Tese inclui dois artigos científicos, um publicado no ano de 2021, e outro submetido para revisão.

O artigo “I”, *“Petrological processes recorded by mineral textures and chemical compositions in the basic intrusive Ediacaran rocks of the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil”*, foi submetido para avaliação ao periódico *Chemical Geology* – estrato Qualis-CAPES A1.

O artigo “II”, denominado *“Crystallization ages of the basic intrusive Ediacaran magmatism in the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil: Implications in the belt geodynamic evolution”*, está publicado no periódico *Journal of South American Earth Sciences*, classificado no estrato Qualis-CAPES A3.

1 TEXTO INTEGRADOR

1.1 INTRODUÇÃO

Pesquisas recentes têm destacado a contribuição dos magmas básicos hidratados na evolução de cinturões orogênicos, e em associações pós-colisionais (Bonin, 2004; Couzinié *et al.*, 2016; Wiebe, 2016; Rezeau *et al.*, 2018). O estudo destas rochas básicas é crucial para compreender a interação e os processos de transferência de material do manto para a crosta (Gill, 2010).

Ademais, propõe-se atualmente que a colocação destes líquidos é fundamental para a evolução crustal, em conjunto com os processos de reciclagem e retrabalhamento de materiais da crosta. Isto deriva do fato de que modelos petrológicos recentes consideram que os magmas básicos, além de contribuir com material e calor, podem também fornecer líquidos residuais fracionados que contribuem para o magmatismo intermediário a ácido dos cinturões (Annen *et al.*, 2006; Solano *et al.*, 2012).

Os modelos de evolução e posicionamento destes líquidos podem variar ligeiramente. Estes podem ser considerados como o extremo menos evoluído do magmatismo dos batólitos (Sisson *et al.*, 1996), como o produto de recarga de magmas máficos em reservatórios diferenciados supracrustais (Wiebe, 2016), ou como intrusões posicionadas em complexos de *sills* nas porções basais das colunas magmáticas (Annen *et al.*, 2006). Entretanto, fica demonstrada a sua importância na evolução do magmatismo nos ambientes orogênicos de arcos magmáticos, bem como para as associações pós-colisionais.

No Escudo Sul-rio-grandense (ESRG), expressivo magmatismo ocorre como produto das colagens orogênicas durante o Brasiliano-Pan-Africano no Cinturão Dom Feliciano, o qual engloba estágios pré-, sin-, e pós-colisional (Siegesmund *et al.*, 2018). As áreas de estudo deste projeto se localizam na porção oriental deste cinturão (Figura 1), a qual corresponde ao Terreno Pelotas (Koester *et al.*, 2021; Porcher *et al.*, 2021). Este, por sua vez, compõe-se predominantemente por granitoides Criogenianos e Ediacaranos (Philipp, 1998; Oriolo *et al.*, 2018), com rochas dioríticas e gabroicas subordinadas no sudeste da região (Fragoso Cesar, 1991; Ramgrab *et al.*, 1997; Dal Olmo-Barbosa *et al.*, 2018).

Ainda que as rochas básicas possuam área de exposição restrita em comparação aos granitoides, o seu estudo é essencial para avançar no entendimento da evolução geodinâmica do cinturão. Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018) sugeriram a separação das rochas intrusivas básicas do SE do Cinturão Dom Feliciano em duas associações principais.

A primeira, Associação I, engloba rochas gabroicas comumente cumuladas, por vezes estratificadas, com a principal ocorrência representada pelos Gabros Passo da Fabiana. Já a Associação II compreende predominantemente dioritos maciços a localmente foliados, com o Diorito Alto Alegre representando sua unidade principal. Outra unidade litológica similar ocorre nesta porção do Terreno Pelotas, a NE da área anteriormente descrita. Esta corresponde ao Diorito Capim Branco, que engloba dioritos, quartzo dioritos, granodioritos e monzogranitos (Wildner & Ramgrab, 1994).

A fim de avaliar a evolução petrológica e o contexto de posicionamento do magmatismo intrusivo básico no Cinturão Dom Feliciano, os Gabros Passo da Fabiana (GPF), o Diorito Alto Alegre (DAA) e o Diorito Capim Branco (DCB) foram selecionados para os estudos de detalhe, por constituírem os corpos mais representativos. A integração dos dados coletados possibilitou o desenvolvimento de dois artigos científicos, que compõem o escopo desta Tese.

O primeiro está direcionado à avaliação integrada de dados composicionais (minerais *versus* rocha-total) e texturais, a fim de obter informações acerca dos processos petrológicos vinculados à evolução magmática destes corpos. Já o segundo apresenta dados geocronológicos inéditos para as rochas básicas, bem como para granitos da região. Estes resultados possibilitaram delimitar a cronologia do magmatismo intrusivo básico e suas relações estratigráficas, contribuindo assim para o entendimento da evolução geodinâmica do Cinturão Dom Feliciano no Ediacarano.

1.2 OBJETIVOS

Conforme a síntese apresentada na “Introdução” desta Tese, diversos corpos intrusivos básicos afloram na porção sudeste do ESRG. Estes apresentam contexto regional, tipos petrográficos, características texturais e mineralógicas, bem como assinaturas geoquímicas suficientemente distintas para sua separação nas referidas associações. Assim, o objetivo geral desta Tese foi aprofundar o conhecimento acerca das maiores e mais representativas ocorrências das Associações I e II. Estas são representadas, respectivamente, pelos GPF, e pelo DAA.

Deste modo, como o enfoque do trabalho se direciona ao estudo de intrusões dioríticas e gabroicas no sudeste do Cinturão Dom Feliciano, optou-se ainda por coletar novos dados de outra ocorrência chave neste domínio geotectônico, o Diorito Capim Branco. Esta unidade geológica ocorre nas proximidades da cidade de Dom Feliciano - RS, a NE da área onde afloram os demais corpos básicos.

Para atingir os objetivos propostos foram desenvolvidos estudos petrológicos envolvendo a aquisição de dados de campo detalhados em áreas chave, descrições petrográficas, estudos de química mineral, geoquímica elementar e geocronologia. Com a integração destes produtos será possível estabelecer correlações e/ou diferenças entre estas ocorrências, a fim de avaliar os possíveis tipos de fontes e processos petrogenéticos responsáveis pela geração e evolução do magmatismo básico neste domínio do Cinturão Dom Feliciano. Além disso, será possível determinar a idade de posicionamento destes magmas, bem como avaliar o seu papel na evolução geodinâmica do cinturão.

A seguir, estão listados os objetivos específicos vinculados ao desenvolvimento da Tese, para que sejam atingidos os objetivos gerais supracitados:

- efetuar o reconhecimento e descrição em escala de detalhe de áreas chave dos corpos de interesse, e também de suas encaixantes;
- realizar coleta ordenada e sistemática de dados estruturais, texturais e amostras para embasar os estudos subsequentes;
- realizar análises petrográficas por microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura, com auxílio de análises químicas EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*);

- realizar análises de química mineral por meio da técnica WDS (*Wavelength Dispersive Spectroscopy*) em microsonda eletrônica (EMPA) para quantificação da composição das fases minerais, a fim de estabelecer comparações entre os corpos, e investigar fontes e afinidades químicas dos magmas;
- obter análises químicas em rocha total para elementos maiores nas mesmas amostras selecionadas para as análises EMPA-WDS, para estudos de equilíbrio mineral-líquido;
- realizar análises geocronológicas pelo método U-Pb SHRIMP/LA-ICP-MS em zircão, a fim de estabelecer a idade de cristalização das duas principais ocorrências básicas (GPF e DAA), e se possível, também de alguns granitoides da área que não possuem dados geocronológicos. Isso possibilitará estabelecer o posicionamento estratigráfico destas rochas na evolução geológica do sudeste do Cinturão Dom Feliciano;
- integrar dados da literatura regional e exemplos globais com os dados adquiridos, a fim de elencar possíveis processos petrogenéticos e um modelo geral de evolução petrológica para as ocorrências estudadas;
- apresentar, ao final do doutoramento, sob a forma de Tese e artigos científicos em revistas especializadas, os dados coletados e as possíveis interpretações sugeridas para a contextualização geológica destas unidades.

1.3 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO

1.3.1 GEOLOGIA REGIONAL E CONTEXTO GEOTECTÔNICO

As áreas de estudo se localizam na porção sudeste do Escudo Sul-riograndense (ESRG), no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1). Esta unidade geológica é dividida em cinco terrenos principais, os quais são delimitados por descontinuidades geofísicas de grande escala (Fernandes *et al.*, 1995a,b; Costa, 1997; Hartmann *et al.*, 2016). O Terreno Nico Pérez corresponde à unidade mais antiga do ESRG (2,5-2,4 Ga; Oyhantçabal *et al.*, 2018). No extremo sul do Brasil, o Complexo Granulítico Santa Maria Chico é a sua principal unidade geológica, interpretada como produto de um arco magmático Paleoproterozoico (Nardi & Hartmann, 1979; Girelli *et al.*, 2018).

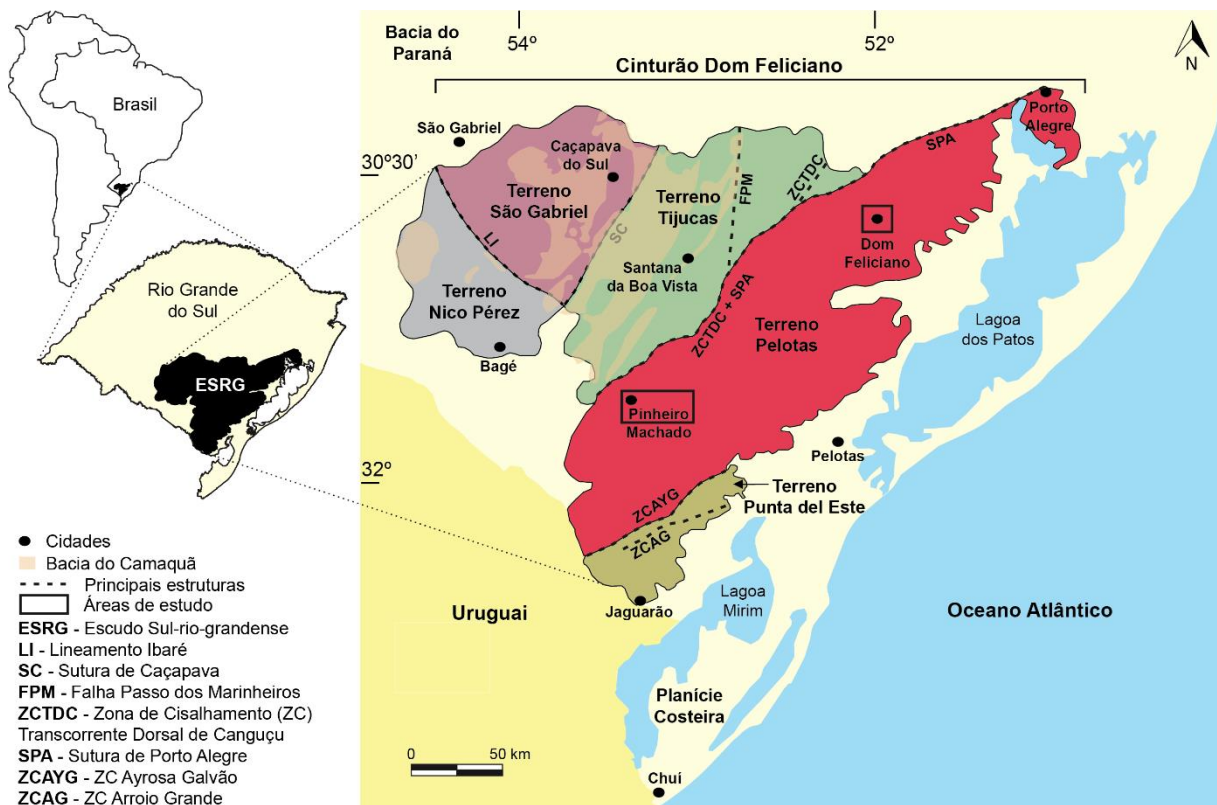


Figura 1. Localização das áreas de estudo no sul do Brasil, com destaque para a área de exposição do ESRG. Mapa geotectônico simplificado do ESRG, demonstrando a subdivisão de seus principais terrenos, bem como as estruturas regionais que os delimitam. Destaque para as áreas de estudo, nas regiões de Pinheiro Machado e Dom Feliciano. Este mapa foi baseado na compilação dos trabalhos de Fernandes *et al.* (1995a,b), Costa (1997), Paim *et al.* (2000) e Ramos *et al.* (2018).

Os demais terrenos do ESRG são predominantemente Neoproterozoicos, e estão vinculados ao Cinturão Dom Feliciano (CDF, Figura 1). Diferentes episódios de colagem orogênica ocorreram no referido cinturão, durante a orogenia

Brasiliiana/Pan-Africana, o que contribuiu para a amalgamação do sudoeste do Paleocóntinente Gondwana (Brito Neves *et al.*, 1999; Siegesmund *et al.*, 2018). A porção ocidental do CDF corresponde ao Terreno São Gabriel (0,93-0,68 Ga), constituído predominantemente por rochas ígneas e metamórficas vinculadas à evolução de arcos magmáticos, bem como relictos de ofiolitos e bacias associadas (Philipp *et al.*, 2018). Já o Terreno Tijucas (2,35-0,78 Ma; Philipp *et al.*, 2018) engloba rochas metassedimentares geradas em ambientes de bacias *back-arc* e/ou *forearc*, bem como fragmentos de rochas ortoderivadas Paleoproterozoicas.

O Terreno Pelotas (~0,78-0,54 Ma; Figura 1) engloba predominantemente granitoides Ediacaranos (Porcher *et al.*, 2021), intrudidos em contexto de arco magmático e/ou pós-colisional, bem como diversos *plutons* associados a zonas de cisalhamento regionais (Philipp, 1998; Bitencourt & Nardi, 2000; Koester *et al.*, 2002; Oriolo *et al.*, 2018), além de fragmentos de rochas metamórficas Tonianas subordinadas (Koester *et al.*, 2016). O magmatismo intrusivo básico neste terreno é composto por gabros e dioritos de dimensão reduzida quando comparados aos granitos, como reportado em Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018) e Ramgrab *et al.*, (1994).

O extremo sudeste do ESRG corresponde ao Terreno Punta del Este. Esta unidade é formada predominantemente por rochas metavulcanossedimentares Ediacaranas, vinculadas a ambientes de *back-arc* e/ou *forearc*, bem como fragmentos de ofiolitos e rochas Tonianas para- e ortoderivadas com gênese associada a arcos magmáticos (Lenz *et al.*, 2013; Peel *et al.*, 2018; Ramos *et al.*, 2018; Cruz, 2019; Vieira *et al.*, 2019; Koester *et al.*, 2021).

Ao final do período Ediacarano (~600-550 Ma) diversas intrusões são posicionadas no Escudo Sul-rio-grandense, em todos os terrenos citados (Bitencourt & Nardi, 2000; Camozzato *et al.*, 2016; Cruz, 2019; Rivera, 2019; Silva *et al.*, 2020; Völz *et al.*, 2020). Além disso, na transição dos períodos Ediacarano-Cambriano se inicia a deposição das rochas sedimentares e vulcânicas associadas, na Bacia do Camaquã, sobre as porções central e ocidental do ESRG (Paim *et al.*, 2000).

1.3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas de estudo estão inseridas no Terreno Pelotas, nas proximidades das cidades de Dom Feliciano e Pinheiro Machado (Figura 1). O Complexo Pinheiro Machado (CPM) compreende as rochas ígneas mais antigas da área (Figura 2), com idades de cristalização (U-Pb SHRIMP, LA-ICP-MS e TIMS; bem como Pb-Pb TIMS em zircão) variando entre 633-609 Ma (Babinski *et al.*, 1997; Silva *et al.*, 1999; Philipp *et al.*, 2002; Cruz, 2019).

Este complexo corresponde a maior unidade geológica do Terreno Pelotas, constituindo-se de corpos de orientação NE de biotita granodioritos a monzogranitos, com tonalitos e dioritos subordinados. A unidade apresenta ainda uma distribuição irregular e complexa de fragmentos de rochas metamórficas, tais como gnaisses graníticos e milonitos, anfibolitos, paragnaisses e rochas cálcio-silicáticas (Philipp *et al.*, 2007). As litologias do CPM exibem tanto evidências físicas quanto químicas de mistura de magmas, e assinaturas cálcio-alcálicas alto-K, interpretadas como vinculadas a um ambiente de arco magmático continental (Philipp, 1998; Philipp *et al.*, 2002; Philipp *et al.*, 2007; Loureiro, 2013; Cruz, 2019; Bastos *et al.*, 2020).

A Suíte Cerro Grande corresponde a outra unidade expressiva aflorante na porção NW, bem como na porção central e NE da área de estudo na região de Pinheiro Machado (Figura 2a), ocorrendo como corpos alongados de orientação NE. Takehara & Laux (2019) definiram esta suíte a partir da reinterpretação da antiga fácies Cerro Grande, que correspondia aos monzogranitos da Suíte Dom Feliciano (Ramgrab *et al.*, 1997; Wildner *et al.*, 2008). Isso ocorreu devido à identificação, em trabalhos recentes, da predominância de biotita monzogranitos grossos a porfiríticos com granodioritos subordinados de composição cálcio-alcálica, os quais diferiam significativamente das rochas da Suíte Dom Feliciano, composta predominantemente por sienogranitos cálcio-alcálicos a alcálicos.

De acordo com Cruz (2019), o Granito Arroio Moinho (595 ± 1 Ma, U-Pb TIMS em zircão – Babinski *et al.*, 1997), e os granitos Jaguarão Chico, Cancelão e Monte Bonito também estariam incluídos na Suíte Cerro Grande. Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2021) dataram um biotita monzogranito considerado como parte desta suíte, nas proximidades de Pinheiro Machado, o qual apresentou idade de cristalização de 612 ± 1 Ma (U-Pb LA-ICP-MS em zircão).

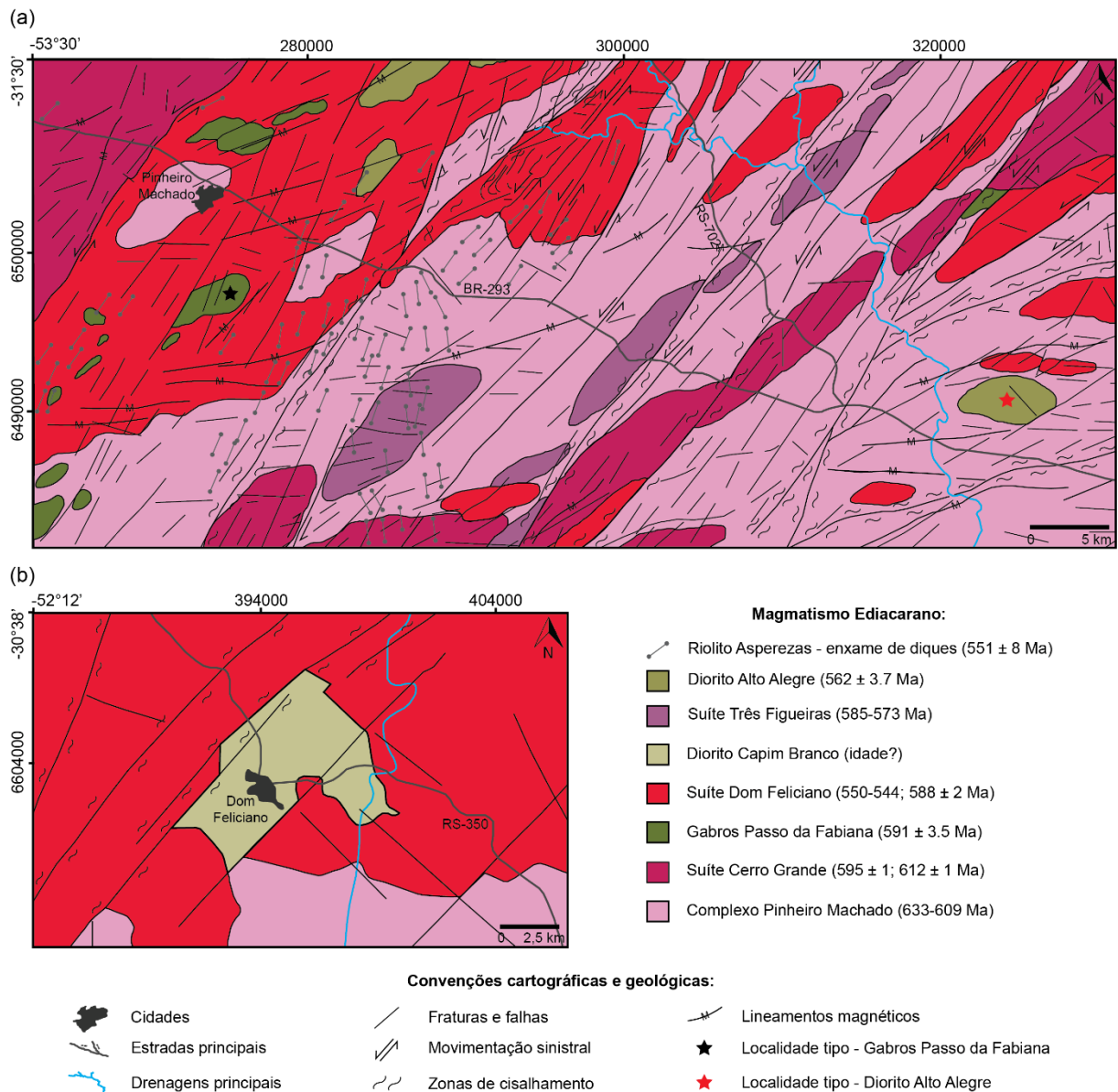


Figura 2. Mapas geológicos das áreas de estudo. (a) Região de Pinheiro Machado, com destaque para localidade tipo dos Gabros Passo da Fabiana (estrela em preto), e do Diorito Alto Alegre (estrela vermelha). Modificado de Cruz (2018). (b) Área de Dom Feliciano, com destaque para a exposição do Diorito Capim Branco. Modificado de Wildner *et al.* (2008).

Os Gabros Passo da Fabiana (GPF), em sua localidade tipo, ocorrem a sul da cidade de Pinheiro Machado, como uma intrusão alongada ENE, com $\sim 5,7 \times 2$ km (Figura 2a). Essas rochas foram inicialmente descritas por Fragozo Cesar (1991), e consideradas como a principal ocorrência de uma associação de rochas gabroicas comumente cumuladas, por vezes estratiformes, definida como “Associação I” por Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018).

Segundo estes autores, os GPF se compõem de leucogabros esbranquiçados a acinzentados, grossos a médios, bem como por olivina leucogabronoritos, olivina e hornblenda leucogabros, hornblenda gabros e piroxênio-hornblenda gabronoritos.

Em alguns afloramentos observa-se acamamento modal cíclico, centimétrico, de orientação NW, marcado por camadas enriquecidas em plagioclásio (leucogabros) intercaladas com camadas mais ricas em máficos (gabros e gabronoritos). Nestas, o principal mineral máfico é a hornblenda, e subordinadamente, olivina e piroxênios.

Os mesmos autores demonstraram que a “Associação I” apresenta altos conteúdos de alumina ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 17\%$), e uma afinidade cálcio-alcalina médio-K, baseado em assinaturas geoquímicas de rocha total, as quais foram referendadas por dados de química mineral. É importante salientar que esta associação engloba cumulados, assim, não é possível assumir que as composições em rocha total correspondam diretamente aos líquidos parentais. Entretanto, estas assinaturas também ocorreram nas amostras com pouca ou nenhuma feição de acumulação detectada, e as análises mineralógicas também convergiram para as mesmas afinidades. Baseado nesses dados, os autores sugerem que estas rochas sejam derivadas de líquidos parentais basálticos alto-alumina.

Em Cruz (2018), diversos novos corpos básicos com características similares foram identificados na região e englobados dentro da unidade Gabros Passo da Fabiana, a fim de compreender as novas intrusões recentemente mapeadas. Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2021) apresentaram idades de cristalização de $591,2 \pm 3,5$ Ma para os GPF, junto da localidade tipo (U-Pb SHRIMP em zircão).

Após o Complexo Pinheiro Machado, a Suíte Dom Feliciano é a unidade geológica mais abundante nas áreas de estudo, aflorando principalmente na porção ocidental na região de Pinheiro Machado (Figura 2a), e nos arredores do Diorito Capim Branco, na região de Dom Feliciano (Figura 2b). Esta é considerada a suíte mais homogênea do Terreno Pelotas, em termos de características químicas e petrográficas. A mesma se compõe de sienogranitos com feldspato alcalino granitos e quartzo sienitos subordinados, considerados como pós-tectônicos, com assinaturas químicas similares a de rochas alcalinas (Philipp, 1998).

Os dados geocronológicos são escassos para a Suíte Dom Feliciano, a qual exhibe idades isocrônicas de referência em rocha total (Rb-Sr) de 544 ± 5 Ma (Soliani Jr., 1986) e 550 ± 6 Ma (Fragoso Cesar, 1991). Recentemente, novos dados foram apresentados em Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2021), sugerindo-se uma idade de

cristalização de 588 ± 2 Ma (U-Pb LA-ICP-MS em zircão), para um leucosienogranito da Suíte Dom Feliciano, nas proximidades de Pinheiro Machado.

O Diorito Capim Branco (DCB) ocorre na região da cidade de Dom Feliciano (Figura 2b), apresentando orientação NE em seu corpo principal, com área de exposição aproximadamente retangular (~ 30 km²), e uma ocorrência menor a SE da cidade, com aproximadamente ~ 1 km² (Wildner & Ramgrab, 1994). Estes autores também afirmam que o DCB é composicionalmente diversificado, compreendendo dioritos, quartzo dioritos, granodioritos e monzogranitos. Ainda que não existam dados geocronológicos absolutos disponíveis para estas rochas, baseado em relações de campo Wildner & Ramgrab (1994) consideram esta associação mais nova do que os granitos da Suíte Dom Feliciano, enquanto Philipp & Machado (2001) sugerem que as unidades são coevas.

Na área de estudo, a Suíte Três Figueiras (Cruz, 2019) é composta por biotita-muscovita sieno- a monzogranitos peraluminosos, sin-cinemáticos, alongados, de direção NE. Estes geralmente apresentam deformação dúctil, estando alojados em zonas de cisalhamento regionais, especialmente junto da Zona de Cisalhamento Arroio Grande, em sua localidade tipo (Philipp, 1998; Klein *et al.*, 2018). Esta suíte apresenta idades de cristalização U-Pb em zircão de 585 ± 16 Ma (Klein *et al.*, 2018) e 573 ± 5 Ma (Cruz, 2019).

O Diorito Alto Alegre (DAA) é um corpo elipsoidal alongado na direção E-W, de aproximadamente 6,2 x 3 km (Figura 2a), composto predominantemente de hornblenda dioritos e biotita-hornblenda dioritos, comumente acinzentados, mesocráticos, maciços, de granulação média (Dal Olmo-Barbosa *et al.*, 2018). Localmente as rochas do DAA podem exibir textura média a fina, com foliação magmática marcada pela orientação preferencial de forma de hornblenda e plagioclásio, ou então exibir textura inequigranular com cristais mais grossos de plagioclásio, biotita, ou ainda cristais poiquilíticos de hornblenda.

Esta é a principal e mais representativa ocorrência da “Associação II”, proposta pelos mesmos autores. Essas rochas também apresentam altos teores de alumina, e afinidade cálcio-alcalina médio- a alto-K. Quando comparadas à “Associação I”, estas são enriquecidas em álcalis, P₂O₅, Zr, Nb, Y e ETR totais, além de também exibirem padrões de ETR distintos. Cruz (2018) apontou a ocorrência de novas

rochas dioríticas na área, vinculando-as ao DAA. A idade de cristalização de $562 \pm 3,7$ Ma (U-Pb SHRIMP em zircão) é apresentada para a localidade tipo (Dal Olmo-Barbosa *et al.*, 2021).

Ainda que as intrusões básicas sejam separadas em diferentes associações conforme critérios mineralógicos, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos, uma relação entre o posicionamento das ocorrências e estruturas regionais profundas são observadas em ambos os casos. Baseado em dados aeromagnéticos, Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018) destacam que descontinuidades litosféricas controlaram o posicionamento das intrusões básicas. Esse mecanismo pode ter facilitado a colocação desses líquidos basálticos hidratados, cálcio-alcálicos alto-alumina, em níveis crustais mais rasos.

Por fim, o Riolito Asperezas constitui a unidade mais jovem da área, aflorando como vários enxames de diques ácidos a básicos, de orientação NE-SW e NW-SE (Cruz, 2019). De acordo com o mesmo autor, estes compreendem riolitos, riódacitos, micro-quartzo monzodioritos e micro-monzogranitos, com feições indicativas de posicionamento subvulcânico. Zanon *et al.* (2006) apresentaram idades de cristalização entre 551 ± 8 e 550 ± 27 Ma (U-Pb em zircão) para esta unidade.

1.4 ESTADO DA ARTE

Este capítulo é dedicado a apresentação de uma síntese da revisão bibliográfica acerca dos principais trabalhos publicados em três áreas essenciais, as quais são diretamente vinculadas ao tema central da Tese de Doutorado.

A seção 1.4.1 apresenta uma revisão de exemplos globais da ocorrência de rochas dioríticas e gabroicas de afinidade cálcio-alcálica, junto a cinturões orogênicos e em contextos pós-colisionais. Deste modo, destaca-se a importância dessas litologias na geração de líquidos evoluídos, bem como da recorrente colocação de líquidos básicos hidratados nesses ambientes.

Apresenta-se ainda uma breve descrição da ocorrência de associações clássicas máfico-félsicas, bem como a evolução dinâmica destes processos magmáticos. Por fim, trata-se da evolução geoquímica das séries magmáticas segundo o ambiente tectônico, com enfoque na evolução petrológica e no contexto geodinâmico de posicionamento dessas intrusões.

Na seção 1.4.2, consta uma revisão atualizada sobre rochas cumuladas, com a definição de termos e interpretações históricas, bem como proposições recentes acerca da atuação dos processos dinâmicos na formação de cumulados. Além disso, são analisados aspectos da evolução textural dessas rochas via processos de maturação em altas temperaturas.

Por fim, a sessão 1.4.3 apresenta uma revisão histórica dos trabalhos desenvolvidos na área de estudo do projeto. Nesta, são destacados o contexto e as interpretações geológicas sobre a ocorrência de rochas dioríticas e gabroicas, vinculadas à evolução da porção sudeste do Cinturão Dom Feliciano, no Rio Grande do Sul.

1.4.1 INTRUSÕES DIORÍTICO-GABROICAS DE AFINIDADE CÁLCIO-ALCALINA EM CINTURÕES OROGÊNICOS E AMBIENTES PÓS-COLISIONAIS: UMA REVISÃO

A formação de rochas intrusivas via cristalização direta ou pela evolução de magmas básicos em cinturões orogênicos e ambientes pós-colisionais, nos quais litologias diferenciadas de derivação crustal são dominantes, tem sido objetivo de

estudos que visam compreender o significado e a contribuição de magmas pouco evoluídos, dentro da evolução geodinâmica dos cinturões (Sisson *et al.*, 1996; Roberts *et al.*, 2000; Bonin, 2004). Nesse contexto, intrusões acamadadas e outras rochas dioríticas e gabroicas também são consideradas como marcadores fundamentais dos processos petrogenéticos, inclusive naqueles relacionados à geração de magmatismo intermediário a ácido (Annen *et al.*, 2006; Solano *et al.*, 2012).

Além disso, o estudo destas litologias nesses ambientes não destaca apenas a importância da participação de líquidos basálticos hidratados na formação de magmas evoluídos. Essas rochas também constituem registros essenciais dos processos de transferência de material entre os reservatórios manto-crosta, constituindo objetos de estudo para a análise dos processos de acreção vertical de material (Gill, 2010).

Para contextualizar este cenário, é apresentada a seguir uma revisão de estudos clássicos e publicações recentes onde se documenta a ocorrência de rochas dioríticas, gabroicas e outros litotipos vinculados, nos quais essas associações são descritas do ponto de vista geológico, geotectônico e petrológico. Da mesma forma, são propostos modelos esquemáticos que demonstram a importância destas rochas para a evolução tanto dos cinturões orogênicos, quanto dos ambientes pós-colisionais.

Um exemplo clássico da ocorrência de rochas gabroicas associadas a cinturões graníticos encontra-se no batólito cretáceo de *Sierra Nevada (Onion Valley – Califórnia, EUA)*. Esta unidade intrusiva é composta predominantemente por granodioritos e granitos, juntamente a um complexo de *sills* de hornblenda gabros a hornblenda dioritos, *stocks* máficos e corpos cumuláticos estratificados, que ocorrem de maneira subordinada (Sisson *et al.*, 1996).

Segundo esses autores, as intrusões máficas ricas em hornblenda presentes no batólito apresentam composição química de basaltos alto-alumina a andesito aluminoso, com assinaturas similares a de arcos magmáticos modernos. Essas rochas apresentam ainda filiação cálcio-alcálica, e fontes com composições isotópicas compatíveis com derivação a partir do manto enriquecido ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7065$; $\epsilon\text{Nd} = -4,3$; $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,6$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,6$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38,6$).

Assim, o modelo proposto para a formação deste complexo intrusivo postula que as litologias máficas representam o extremo menos evoluído do magmatismo do batólito, o que demonstra a efetiva participação de magmas basálticos hidratados em sua geração. O caráter hidratado desses líquidos ($H_2O \approx 6\%$) acarreta ainda na redução da temperatura *liquidus*, em comparação aos magmas anidros. Este efeito, além de ampliar o intervalo de cristalização, promove o rebaixamento da densidade e viscosidade desses magmas, permitindo com que ascendam com maior facilidade a níveis crustais superiores.

As considerações finais deste estudo apontam que os magmas basálticos deste batólito cristalizaram em um complexo intrusivo posicionado em níveis superiores da crosta, próximos à base de uma câmara magmática ácida, da qual a maior parte foi removida pelo efeito da erosão. Os *sills* de composição diorítica registrados nesta mesma região são interpretados como resultado da mistura entre estes líquidos basálticos hidratados, com os granitos sobrejacentes. Da mesma forma, o modelamento geoquímico de misturas entre a composição dos *sills* básicos e a dos granitos reproduz de forma satisfatória a composição da maioria dos granodioritos de *Sierra Nevada*.

Por fim, Sisson *et al.* (1996) propõem que a ocorrência de processos de *underplating* da crosta, com a colocação de magmas basálticos com assinaturas de arco, foram essenciais na formação do cinturão. A maioria desses magmas cristalizou em profundidade, deixando como resíduo cumulados máfico-ultramáficos, e liberando calor e fluidos que promoveram fusão crustal. Os líquidos anatéticos produzidos misturaram-se então em profundidade com os magmas basálticos hidratados, originando líquidos híbridos de composição granodiorítica.

A associação litológica de *Ota*, no batólito da *Corsica-Sardinia* (280-290 Ma), Itália, também ilustra a ocorrência de rochas máficas posicionadas em contexto pós-colisional. Esta associação engloba desde olivina gabros a quartzo dioritos, os quais ocorrem juntamente e exibem feições de mistura com biotita granitos (Renna *et al.*, 2006). A amostra máfica de caráter mais primitivo analisada indica líquidos parentais básicos derivados do manto empobrecido, os quais foram posteriormente submetidos a processos de contaminação crustal.

Com base nos dados geoquímicos apresentados no artigo, os autores demonstram ainda a ocorrência de processos de cristalização fracionada, concomitantes à contaminação com magmas ácidos em níveis crustais inferiores, dando origem a biotita granitos metaluminosos a fracamente peraluminosos. Possíveis processos de percolação de líquidos nos *mushes* cristalinos gabroicos, através de fusões contaminadas com os magmas de composição ácida são utilizados para explicar a existência de rochas máficas mais evoluídas.

O batólito de *Adamello* (Alpes Centrais, Itália) constitui outro conjunto de unidades multi-intrusivas, com idades entre 42-29 Ma, posicionadas na sequência da colisão entre as placas continentais paleo-Europeia e paleo-Africana (Tiepolo *et al.*, 2011). Nesta área, também são observadas feições típicas que documentam a ocorrência de litologias máficas e félsicas, associadas ao longo do sistema de falhas Periadriático.

Segundo este estudo, as rochas dominantes no batólito consistem de tonalitos, trondjemitos e granodioritos, com ocorrência local de corpos máfico-ultramáficos, os quais são abundantes na unidade *Re di Castello* (extremo sul do maciço). Nesta unidade, rochas intrusivas máficas ricas em anfibólio, predominantemente hornblenditos com hornblenda gabros subordinados, são interpretadas como fragmentos de antigos cumulados desmembrados pela injeção de líquidos hidratados. Desta forma, os autores propõem para a evolução das litologias máficas processos de diferenciação controlados pela cristalização do anfibólio, e pela assimilação de cumulados ultramáficos ligeiramente mais antigos.

A ocorrência de hornblenditos e hornblenda gabros, tanto no batólito de *Adamello* quanto no *pluton Bergell*, é apontada também em Tiepolo *et al.* (2014) como um importante marcador das fontes de líquidos magmáticos envolvidos em ambiente de subducção. Os autores destacam ainda o fato de estas rochas constituírem ferramentas geocronológicas e petrológicas fundamentais, tanto na definição, quanto na interpretação de processos tectônicos de grande escala.

Outra ocorrência bastante conhecida pela típica associação máfico-félsica localiza-se no complexo cálcio-alcálico de *Quérigut* ($\sim 307 \pm 2$ Ma), região dos Pirineus Franceses. Segundo Roberts *et al.* (2000), este complexo se divide em duas séries magmáticas principais. A primeira, félsica, engloba uma associação de

granodiorito-tonalitos; monzogranitos, como litologia dominante; e um biotita granito, na porção central. Dentro desta série, registra-se ainda a presença de abundantes enclaves microgranulares, os quais são interpretados como produtos de *mingling* entre magmas graníticos e dioríticos coevos.

A outra série magmática compreende rochas intermediárias a ultramáficas, representada por pequenas intrusões dioríticas e de hornblenda gabros, com hornblenditos e olivina hornblenditos subordinados. Essa se associa predominantemente com os granodioritos-tonalitos, e é interpretada como o produto da cristalização de líquidos derivados do manto, os quais ascenderam e posicionaram-se em níveis epizonais (< 300 MPa) durante o período Variscano.

As composições isotópicas dos termos ultramáficos em *Quérigut* representam os componentes mais primitivos, com características texturais e geoquímicas indicativas de cumulados originados a partir de líquidos basálticos hidratados. Estas assinaturas não exibem padrões típicos de manto empobrecido, e apontam para processos de contaminação crustal, ou então para derivação a partir de manto enriquecido.

Como mecanismo de posicionamento dessas rochas, sugere-se a colocação inicial em porções inferiores da crosta, através do influxo de calor promovido pela injeção de magmas basálticos (tratados como *under-* ou *intra-plating*). Esses processos, por sua vez, são comuns nas condições de espessamento crustal durante eventos pós-orogênicos, em regimes extensionais. Em concordância com este modelo, Huppert & Sparks (1988) postulam que o posicionamento desses magmas basálticos constitui um meio efetivo de transferência de calor e material para a crosta, promovendo a formação de magmas graníticos.

Neste contexto, Roberts *et al.* (2000) propõem como modelo petrogenético para a formação do Complexo de *Quérigut*, a gênese dos magmas graníticos por variados graus de mistura entre os magmas máficos, com líquidos derivados da fusão parcial de protólitos crustais. A origem deste processo de indução da fusão, assim como sugerido nos casos anteriores, é proposto como a resposta ao calor gerado pela colocação dos magmas máficos, de derivação mantélica, na crosta inferior. Ainda, a associação comum dos granodioritos-tonalitos com as unidades intermediárias a

máficas sugere que os magmas máficos e félsicos foram posicionados contemporaneamente.

Como ambiente geodinâmico de formação para essas rochas, destaca-se que a ampla ocorrência de litologias máficas associadas aos granitoides epizonais nos Pirineus implica em uma importante componente de descompressão do manto, a qual é favorecida por condições extensionais, em regime pós-colisional. Dessa forma, propõe-se que o magmatismo que formou este complexo deve ter envolvido retrabalhamento de material crustal heterogêneo (rochas ortometamórficas e metavulcanosedimentares), em resposta ao aquecimento promovido pelo influxo de material derivado do manto.

De forma mais abrangente, Bonin (2004) apresenta uma revisão acerca da presença de magmas máficos e félsicos coevos, em regimes pós-colisionais a intraplaca. Neste trabalho, o autor destaca a importância e o significado do grande volume de magmas - que envolve suítes intrusivas distintas quanto à natureza, evolução, e fontes - produzidas no final de períodos orogênicos. Isto ocorre, segundo Bonin (2004), devido à transição de regimes tectônicos compressionais, para regimes transcorrentes a extensionais. Por sua vez, a mudança entre esses ambientes envolve fenômenos do tipo colapso gravitacional de crosta espessada e delaminação litosférica, promovendo extenso magmatismo.

Bonin (2004) destaca ainda a ocorrência de duas associações principais de rochas nesses ambientes. Uma associação pós-colisional complexa, na qual rochas intrusivas peraluminosas são comuns, coevas com suítes máficas e félsicas metaluminosas, as quais variam desde suítes cálcio-alcálicas médio a alto-K, até associações shoshoníticas e ultrapotássicas. A outra associação possui caráter pós-orogênico, na qual as composições das litologias são mais sódicas e menos potássicas, com ocorrência de suítes máficas e félsicas, álcali-cálcicas metaluminosas, até termos alcalinos e peralcalinos. A progressiva evolução dessa associação, por fim, pode levar à formação de suítes marcadamente alcalinas, em contexto intraplaca.

Este autor pontua ainda que as intrusões derivadas do manto, quando alojadas na base da crosta, fornecem quantidade de calor necessária para promover processos de anatexia, além de eventualmente originar misturas com os líquidos de

derivação crustal. Esses processos de mistura entre magmas máficos e félsicos durante os estágios pós-orogênicos a intraplaca ficam registrados nas rochas na forma de diques e *sills* sin-plutônicos, bem como em enclaves máficos.

Nestes ambientes tectônicos, além da importância da formação de associações máficas conforme apontada por Bonin (2004), evidencia-se também nos trabalhos supracitados que a participação de líquidos basálticos hidratados é determinante na geração de magmas evoluídos. Neste sentido, há que se destacar o modelo de geração de magmas intermediários a ácidos, inicialmente proposto por Annen *et al.* (2006).

Dentro desta concepção, os líquidos basálticos hidratados posicionados em uma sucessão de *sills* na crosta inferior são responsáveis por gerar regiões anômalas, denominadas de zonas quentes da crosta profunda (*deep crustal hot zones* – DCHZ). Modelos numéricos demonstram que líquidos magmáticos podem ser gerados nestas porções, a partir de duas fontes distintas: por cristalização fracionada dos líquidos basálticos, produzindo líquidos residuais mais evoluídos e ricos em H₂O, e por fusão parcial de rochas crustais.

Assim como sugerido por Sisson *et al.* (1996), outro aspecto relevante destacado por Annen *et al.* (2006) é de que o caráter hidratado dos líquidos basálticos originados nestas regiões favorece tanto o desprendimento destes magmas de suas fontes, bem como a sua rápida ascensão. Dessa forma, os líquidos residuais enriquecidos em sílica gerados pela diferenciação dos basaltos nas DCHZ podem ser extraídos e ascender a níveis superiores, alcançando a superfície por processos eruptivos, ou então formarem câmaras magmáticas rasas. Neste último caso, essas se consolidarão como *plutons* graníticos, com porções de rochas ígneas máficas subordinadas.

A diferença fundamental entre os processos petrogenéticos envolvidos nas DCHZ para os modelos anteriores clássicos de *underplating*, é de que o último se concentra predominantemente na geração de líquidos magmáticos pelo aquecimento da base da crosta. Desta forma, no *underplating* o papel dos magmas básicos é tratado preponderantemente como fonte de calor para a fusão. Já nas DCHZ, considera-se a importância da geração dos líquidos residuais, produzidos a partir do fracionamento das intrusões basálticas hidratadas.

Dentro desse cenário, processos de assimilação, contaminação e mistura dos líquidos de derivação crustal com os líquidos residuais provenientes do fracionamento dos basaltos aparentam ser uma inevitável consequência da segregação dos líquidos nas DCHZ, conforme propõem Solano *et al.* (2012). Para esses autores, isso poderia explicar ainda a origem híbrida (*mixed*) de muitos granitos.

Solano *et al.* (2012) concluem ainda que as DCHZ se constituem por um *mush* cristalino na maior parte de sua existência, onde a diferenciação química se dá pelo fluxo reativo de líquidos ao longo dos limites dos grãos, dado o aumento progressivo do gradiente termal. Posteriormente, mecanismos de segregação cristal-líquido atuam coletando e concentrando os líquidos intersticiais aos grãos. Assim, estes podem acumular-se e ascender através da crosta, momento em que a influência de fraturas e falhas litosféricas é determinante no processo.

Estudos recentes também têm demonstrado evidências que referendam o modelo das DCHZ. Segundo Drew *et al.* (2010), processos petrogenéticos vinculados às DCHZ podem ser identificados sob o complexo vulcânico *Diamante Caldera-Maipo (Southern Volcanic Zone)*, nos Andes. Nesse complexo são registrados processos de cristalização fracionada e assimilação na crosta inferior, que refletiriam a evolução dos líquidos nas DCHZ, combinados com evidências petrológicas indicativas de cristalização posterior e de mistura de magmas, em um reservatório supracrustal. Tavares (2015) também propõe a existência de *hot zones* nos reservatórios magmáticos associados aos sistemas vulcânicos de *Lassen* (California – EUA), detectadas por meio de modelamento gravimétrico.

Outro estudo integrador de revisão acerca da ocorrência e dos processos atuantes em associações de rochas máficas e félsicas, é apresentado em Wiebe (2016). Neste, explora-se o conceito de complexos intrusivos denominados MASLI - *mafic-silicic layered intrusions* (Wiebe, 1993). Esses se constituem, genericamente, por complexos plutônicos que ocorrem associados, e englobam termos máficos predominantemente gabroicos, e intermediários a ácidos, com dioritos a granitos.

Wiebe (2016) propõe que os MASLI sejam originados através de repetidos eventos de reabastecimento em câmaras magmáticas silicosas, por magmas máficos. Este mecanismo tem sido bastante discutido atualmente e é referendado

também pelo modelo evolutivo para *plutons* supracrustais de Paterson *et al.* (2016). Wiebe (2016) salienta ainda que as intrusões compostas que são volumetricamente mais significantes ocorrem quando diques máficos ascendem através da crosta, interagindo com câmaras silicosas supracrustais. Isso se dá tanto pela acumulação de líquidos basálticos nas porções basais dos reservatórios, quanto pela infiltração destes líquidos nos *mushes* cristalinos félsicos.

Destaca-se neste trabalho ainda a importância da interação dos magmas máficos e félsicos, mundialmente reconhecidos em associações de arco e ambientes extensionais, os quais fornecem tanto evidências sobre os processos de recarga em *plutons*, bem como a ligação destes com a atividade vulcânica. Nos sistemas vulcânicos ácidos, por exemplo, a colocação de líquidos basálticos nas porções basais das câmaras parece ser responsável pela longevidade do vulcanismo, mantendo os sistemas ativos por milhões de anos, como no caso de *Yellowstone*.

Nesse último exemplo, o papel do magmatismo máfico associado aos sistemas vulcânicos fornecendo calor, voláteis e líquidos diferenciados é determinante, já que se identifica em *Yellowstone* uma vasta e verticalmente extensa raiz sob o edifício vulcânico, composta por uma zona com *mushes* de composição basáltica (Wilson & Charlier, 2016). De forma mais discreta, segundo o mesmo trabalho, *underplate* por magmas máficos ocorrem na *Taupo Volcanic Zone* (Nova Zelândia), e como intrusões difusas e distribuídas também sob a caldeira de *Long Valley* (Califórnia).

Caroff *et al.* (2011) apresentam a caracterização de dois complexos intrusivos do tipo MASLI, o de *Saint-Jean-du-Doigt* (França) e o de *North-Guernsey* (*Channel Islands*). Ambos maciços constituem associações do tipo gabro-diorito-granito, e se caracterizam pela ocorrência basal ou periférica de gabros intercalados com dioritos, os quais são cortados por veios leucocráticos de monzodioritos a quartzo monzonitos; pegmatoides associados a cumulos máficos, e granitoides coevos.

O MASLI de *North-Guernsey* é composto por sequências gabroicas com acamamento macrorítmico, apresentando assinatura cálcio-alcalina, enquanto o de *Saint-Jean* demonstra afinidade toleítica e processos de acumulação não expressivos. Logo, os autores propõem que estas sejam duas associações diferentes, nas quais os reservatórios máficos foram repetidamente invadidos por líquidos de composição intermediária.

Na figura 3, pode-se observar o posicionamento e a cristalização de rochas cumuladas máficas nas porções basais da câmara magmática, bem como a injeção tardia de magmas ácidos nas regiões marginais. Litologias híbridas produzidas pela interação destes dois componentes ocorrem nas porções centrais do reservatório.

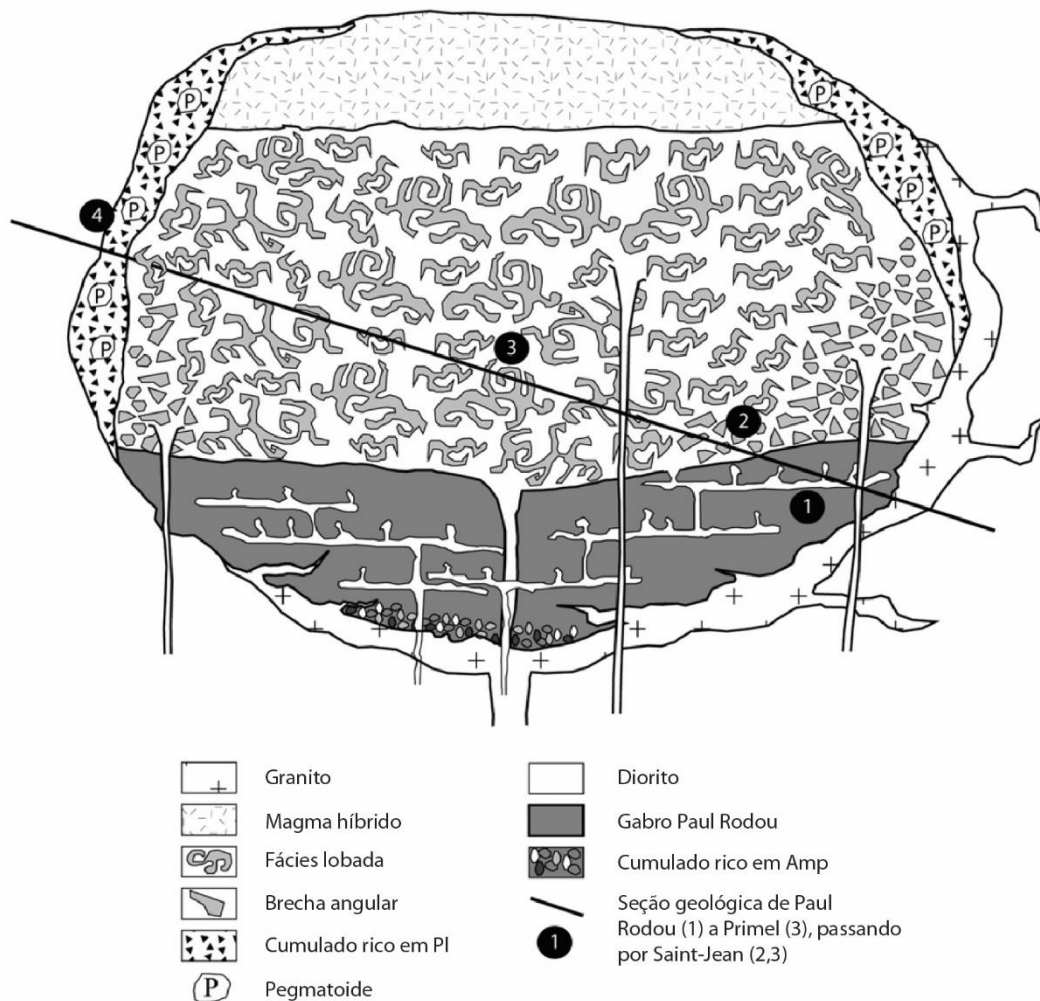


Figura 3. Modelo de evolução do MASLI de *Saint-Jean-du-Doigt*, ilustrando as relações entre rochas máficas e félsicas. Observar intrusões graníticas posicionadas após a cristalização dos magmas diorítico-gabroicos, na base do complexo, bem como processos de mistura e *mingling* mais pronunciados na porção central do reservatório. Cf. Caroff *et al.* (2011).

Ainda, como ocorrências clássicas de rochas intrusivas derivadas a partir da cristalização de líquidos básicos hidratados, há o registro das rochas apiniticas. A definição original dos apinitos, com exposição típica nas *Caledonides* Britânicas (Bailey, 1960), corresponde a uma suíte que inclui variados tipos de rochas máficas, as quais se caracterizam pela ampla ocorrência de assembleias minerais hidratadas.

A presença de grandes cristais de hornblenda é uma característica petrográfica comum, que juntamente à biotita, indicam alto conteúdo de voláteis (Rock, 1991).

Essas rochas máficas apresentam predominantemente características químicas compatíveis com líquidos magmáticos de composição andesítica a basáltica, com afinidade cálcio-alkalina (French, 1966; Bowes & McArthur, 1976; Pitcher, 1997). Abundâncias similares de elementos traço são equivalentes às de suítes vulcânicas cálcio-alkalinas (Wright & Bowes, 1979), podendo variar até composições shoshoníticas relacionadas à subducção (Canning *et al.*, 1996).

Estes litotipos costumam ocorrer em complexos batolíticos, os quais sucedem imediatamente eventos de vulcanismo relacionado à subducção. Essas rochas também são consideradas por muitos autores como os precursores básicos ou máficos de batólitos, indicando o envolvimento de expressivo componente mantélico na geração dos granitoides (Galán & Suárez, 1989; Bea *et al.*, 1999). Estudos mais recentes demonstram ainda a ocorrência comum de processos petrogenéticos de fracionamento, concomitantes à assimilação e mistura de magmas na geração dessas rochas (Fowler *et al.*, 2001).

O registro das feições texturais decorrentes desses processos é documentado em Castro *et al.* (2003), no Complexo de Apinitos e Migmatitos de Sanabria (Maciço Ibérico – Espanha). Neste complexo, as principais litologias máficas são compostas por hornblenda gabros, os quais ocorrem como blocos decamétricos e pequenos enclaves, envoltos por monzodioritos e dioritos maciços.

A principal diferença deste caso para as outras ocorrências típicas de suítes apiníticas está no nível de posicionamento, já que nessa região os apinitos ocorrem juntamente a um complexo migmatítico. Devido a isto, são preservadas neste complexo feições *in-situ* que registram a invasão por magmas máficos, em uma zona de anatexia crustal.

Como modelo petrológico de evolução, sugere-se a derivação de monzodioritos e biotita dioritos presentes na área por fracionamento de magmas basálticos hidratados, o qual ocorreu acompanhado de fusão crustal das rochas encaixantes, na presença de fluidos. Os autores destacam ainda a importância dos voláteis nos

processos de fusão tanto do manto, quanto da crosta, sugerindo que os magmas hidratados produzidos se relacionam com contextos de subducção.

Em suma, a proposição considera que magmas básicos hidratados ricos em K e ETR, derivados de manto litosférico enriquecido em zona de supra-subducção, foram intrudidos na crosta em zonas de anatexia e posteriormente submetidos a dois processos evolutivos diferentes. Um deles produziu magmas intermediários pobres em Al, por fracionamento, enquanto o outro promoveu a liberação de fluidos hidratados para os migmatitos, os quais reagiram produzindo rochas intermediárias peraluminosas de composição monzodiorítica.

Pe-Piper *et al.* (2010) também apresentam uma análise de rochas apiníticas presentes no *pluton* de *Frog Lake* (Nova Scotia, Canadá), norte dos Apalaches. Nesta região ocorrem *sills* gabroicos e *stocks*, intrudidos em zonas de falhas transcorrentes.

As rochas de *Frog Lake* correspondem a um hornblenda gabro neoproterozoico, maciço a localmente porfirítico, encaixado em quartzitos, psamitos, granitos e dioritos de idade similar. Os hornblenda gabros desta intrusão apresentam assinatura de basaltos cálcio-alcálicos alto-alumina, sendo possível distinguir ainda composições de alto-Ti e baixo-Ti. Os gabros baixo-Ti são interpretados como relacionados à subducção, enquanto os de alto-Ti já demonstram características alcalinas.

Nesse caso, a principal diferença é de que em *Frog Lake* as assinaturas químicas dos gabros indicam derivação a partir de magmas cálcio-alcálicos baixo-K, quando comparados aos tipicamente alto-K ou shoshoníticos, junto a granitoides ricos em Sr-Ba, os quais são comuns em muitas suítes apiníticas. Assim, Pe-Piper *et al.* (2010) ressaltam que isso demonstra não haver um único tipo de magma apinítico, ou seja, estes podem variar desde assinaturas cálcio-alcálicas baixo-K, até composições shoshoníticas.

A colocação desses gabros é sugerida pelos autores como ocorrida durante um período de cisalhamento, controlado pela zona de falha *Coquebid*. Essa estaria relacionada a movimentos extensionais em regimes transcorrentes, com importante componente de transtração dextral, o que imprimiu a estas rochas considerável

deformação sin-magmática. Por fim, essas estruturas teriam favorecido ainda a rápida ascensão dos líquidos básicos, aos níveis superiores.

Magmas derivados do manto e da crosta coevos formando *plutons* em um contexto orogênico acrescionário, são descritos por Deschamps *et al.* (2018) na região de *Songpan* (platô Tibetano). Nesta área, ocorre magmatismo triássico sin-orogênico, que engloba desde granitoides cálcio-alcálicos baixo a alto-K (tipo-I), até rochas alcalinas (tipo-A) e peraluminosas (tipo-S). Os dois *plutons* abordados neste estudo correspondem ao de *Markam*, representado por granitos peraluminosos, e o de *Taiyanghe*, constituído por hornblenda gabros, dioritos, sienodioritos e granitos cálcio-alcálicos alto-K (magmatismo do tipo-I). Neste último, ocorrem ainda alguns cumulos ricos em plagioclásio e hornblenda, originados por cristalização fracionada e segregação magmática.

Os processos petrológicos utilizados para explicar a formação desta associação de rochas considera os hornblenda gabros como os *mushes* residuais complementares aos líquidos evoluídos, os quais originaram os termos dioríticos. Tal evolução é condizente com a assembleia mineral e as assinaturas geoquímicas destas rochas, na qual o principal processo atuante deve ter sido o fracionamento progressivo tanto de plagioclásio, quanto de anfibólio. Assim, propõe-se que este *pluton* deve ter sido originado a partir de um único líquido parental, do tipo-I. Estes primeiros magmas foram produzidos em torno de 250 Ma, em contexto de fusão da cunha do manto por adição de fluidos, durante subducção.

A figura 4 demonstra a disposição destes mecanismos no tempo e na evolução do orógeno acrescionário. O processo se inicia com a subducção injetando fluidos na cunha do manto, e por consequência, promovendo fusão e produção de líquidos básicos hidratados. A acumulação desses magmas se dá inicialmente na base da crosta, e posteriormente, ao ascenderem, diferenciam-se em porções residuais gabroicas, e cumulos máficos.

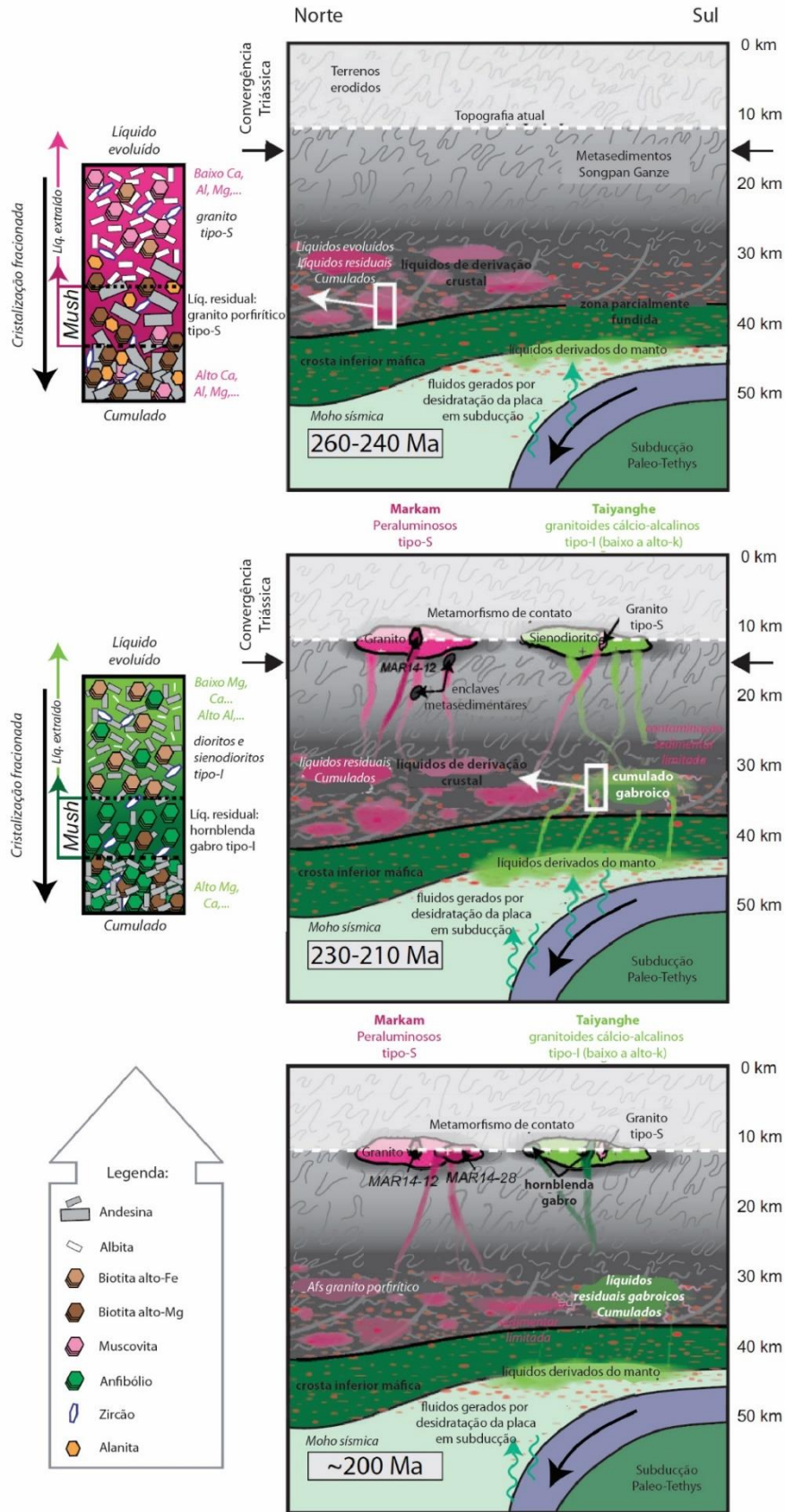


Figura 4. Modelo esquemático ilustrando a evolução magmática e a história intrusiva do complexo orogênico acrescionário de Songpan Ganze, para a região de colocação dos plutons Markam e Taiyanghe. Cf. Deschamps et al. (2018).

A ocorrência coeva de rochas básicas e diferenciadas também é abordada por Leuthold *et al.* (2014). Nesse trabalho, destaca-se o fato de que a identificação de processos de reativação e retrabalhamento em *mushes* cristalinos e cumulados é de difícil reconhecimento em rochas plutônicas rasas. Para tanto, inclusões de minerais máficos em hornblenda, juntamente às feições de zonação em plagioclásio, fornecem dados tanto sobre o início da cristalização, quanto da formação de cumulados. Mesmo assim, essas feições são difíceis de serem interpretadas em termos da dinâmica dos sistemas ígneos, bem como as possíveis relações entre rochas máficas e félsicas.

Neste estudo, apresenta-se uma análise do complexo intrusivo de *Torres del Paine*, o qual consiste em um complexo de *sills* bimodais compostos, formados por múltiplos pulsos de recarga por magmas básicos e ácidos, em níveis crustais rasos. Nesta área, ocorre uma sucessão de *sills* graníticos, na base dos quais instalou-se um complexo de *sills* máficos por *underplate*. Esses, por sua vez, constituem-se de *sills* entrelaçados de hornblenda gabros porfíricos e monzodioritos finos (Fig. 5), com assinaturas cálcio-alcálicas alto-K a shoshoníticas.

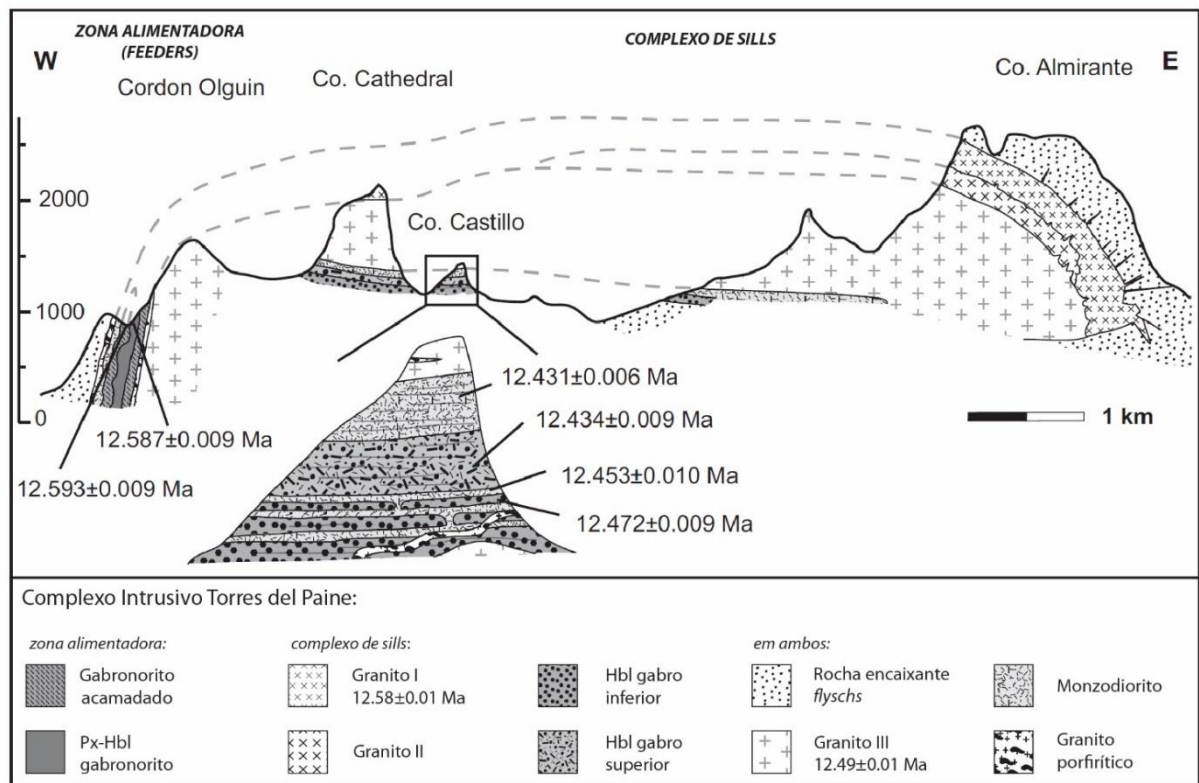


Figura 5. Seção geológica W-E do lacólito *Torres del Paine*. A W, intrusões subverticais na zona alimentadora, enquanto a E predominam intrusões sub-horizontais de granitoides e complexos de *sills* máficos. Cf. Leuthold *et al.* (2014).

Os autores demonstram ainda que análises de química mineral do par hornblenda-plagioclásio registram de modo satisfatório as condições termobarométricas, constituindo uma ferramenta útil na determinação das condições de segregação de magmas graníticos, a partir de *mushes* cristalinos gabroicos. Além disso, estes possibilitam monitorar a evolução da cristalização, bem como descompressão e resfriamento dessas intrusões, em condições rasas.

As considerações finais do estudo demonstram que as câmaras magmáticas foram afetadas por diferentes episódios de replechimento, resultando em condições de sobrepressão. Desse modo, magmas riolíticos diferenciados foram expelidos pelas porções intersticiais do *mush* cristalino, bem como por cisalhamento durante a ascensão magmática e mecanismos de compactação pós-posicionamento, fazendo com que este líquido cristalizasse nas porções superiores como um granito. O modelo apresentado (Fig. 6) ilustra a evolução de uma intrusão bimodal, constituída por líquidos ricos em sílica, os quais foram expelidos para a formação de litologias diferenciadas, a partir de um *mush* cristalino com composição dominante de olivina gabronorito.

Rezeau *et al.* (2018) também descreve o crescimento incremental de corpos magmáticos posicionados em níveis intermediários a superiores na crosta, durante os processos de convergência e colisão das placas da Arábia e Eurásia. Como produto deste processo, o *pluton* composto de *Meghri-Ordubad* caracteriza-se por ser uma intrusão concêntrica, construída ao longo de ~ 30 Ma. Esta é coeva com o fechamento do oceano Neotethys, e a colisão continental das referidas placas.

Assim, este complexo intrusivo foi posicionado durante a evolução geodinâmica regional do estágio de subducção, para o estágio colisional a pós-colisional. Esta interpretação é corroborada por dados de composição isotópica em zircão, que indicam magmatismo derivado do manto com limitada assimilação crustal e/ou canibalização de crosta juvenil (Moritz *et al.*, 2016).

Este complexo inclui três séries intrusivas distintas: uma série cálcio-alcálica médio- a alto-K, dominada por gabros, quartzo dioritos e tonalitos (1); uma série shoshonítica a cálcio-alcálica alto-K, representada por gabros, monzogabros, monzodioritos, monzonitos e sienitos (2); e a terceira, por uma série cálcio-alcálica

alto-K adakítica, composta por diques lamprofíricos e intrusões granodioríticas porfíricas (3).

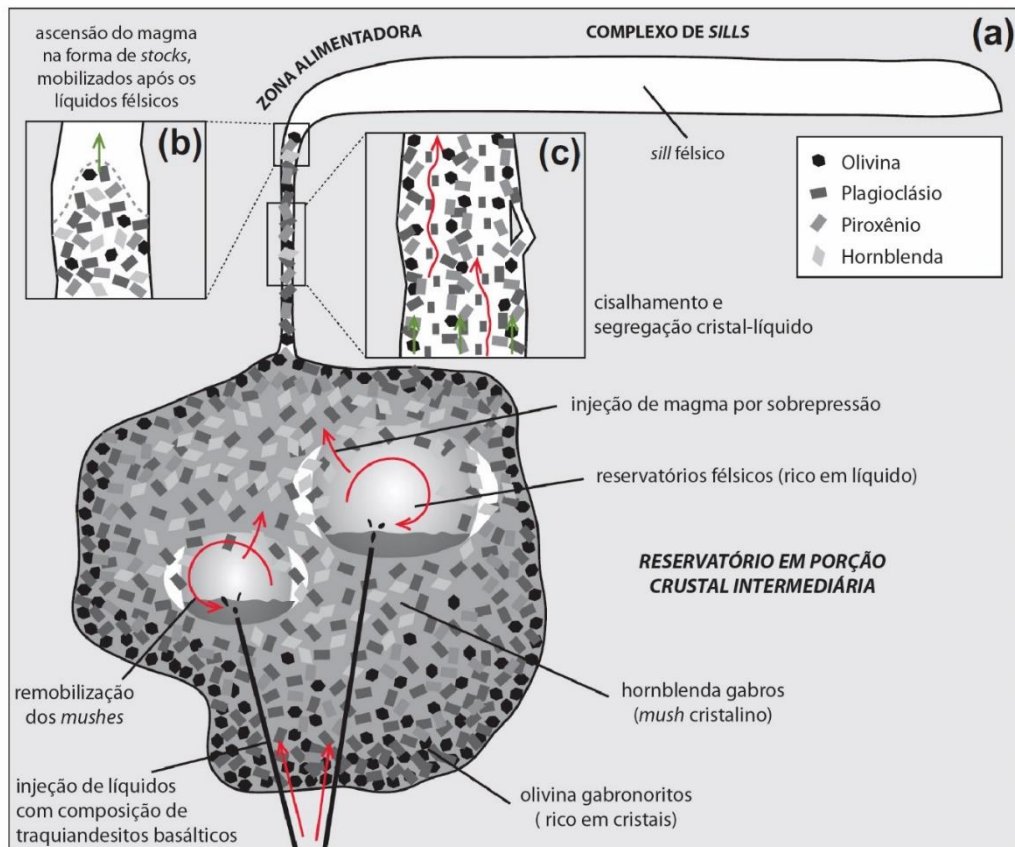


Figura 6. Processos de evolução petrológica em *Torres del Paine*. (a) Ilustração demonstrando os processos dinâmicos atuantes no rejuvenescimento da câmara magmática (e.g. recarga, remobilização) em uma intrusão rasa, e a respectiva extração dos magmas para a formação do sill; (b) detalhe da ascensão e mobilização dos cumulos máficos; (c) extração dos líquidos intersticiais no conduto. Cf. Leuthold *et al.* (2014).

Na primeira série descrita, os hornblenda gabros representam as rochas máficas mais antigas ($45,9 \pm 0,9$ Ma), expostas no SW da unidade, enquanto granitos e tonalitos são as unidades félsicas mais antigas. Registra-se ainda nessa associação a ocorrência de quartzito dioritos, diques andesíticos e monzodioritos. Esta série se caracteriza ainda por baixos conteúdos de SiO_2 , provavelmente refletindo processos de acumulação. Além disso, a associação de anfibólio rico em Al com plagioclásio rico em An, sugere a cristalização a partir de magmas parentais hidratados de composição basáltica, em altas temperaturas e pressões (> 250 MPa; $\sim 950^\circ\text{C}$).

Estudos de texturas e composição dos minerais também sugerem para este sistema evolução em sistema aberto, com processos de reenchimento por magmas máficos e reativação de *mushes* cristalinos. A identificação de reequilíbrio

nas bordas de anfibólitos em hornblenda gabros, bem como a ocorrência de textura em peneira em cristais de plagioclásio rico em An, embasam a proposta da entrada periódica de termos diferenciados (dioríticos a tonalíticos). Essas injeções promovem a remobilização, já na crosta superior, dos *mushes* gabroicos formados em condições mais profundas. Assim, o complexo é caracterizado pela sucessiva intrusão de pulsos magmáticos hidratados, com conseqüente cristalização fracionada acompanhada de assimilação crustal, durante os processos de ascensão e descompressão em movimentação sintranscorrente.

Em suma, esta série de rochas resulta da diferenciação de magmas basálticos hidratados, na crosta intermediária a inferior, levando à geração de líquidos evoluídos na crosta superior. Esta proposição está em acordo com o contexto tectônico de subducção, onde magmas básicos hidratados de filiação cálcio-alcálica podem ter sido produzidos por graus variáveis de fusão assistida por fluidos, derivados da placa em subducção. Os autores pontuam ainda que a transição dos magmas cálcio-alcálicos da série 1, para líquidos shoshoníticos e cálcio-alcálicos alto-K, registram a progressiva fertilização do manto sublitosférico, por fluidos gerados via desidratação do material subductado.

A figura 7 demonstra os processos petrogenéticos e a evolução petrológica das três séries magmáticas descritas, até os níveis superiores da crosta. Nesta figura são ilustrados os processos de colocação de magmas básicos hidratados na crosta inferior, com diferentes graus de fusão do manto. Estão representados ainda os tipos petrográficos produzidos, de acordo com a posterior evolução de cada série magmática.

Outro caso comum da ocorrência de rochas diorítico-gabroicas associadas a granitoides é apresentado por Hines *et al.* (2018), a partir da proposição do crescimento incremental de *plutons* zonados, em porções superiores da crosta. Nesse modelo, propõe-se que misturas e contaminação em níveis crustais profundos ocorreram entre materiais derivados do manto empobrecido, com materiais crustais. Após esses processos, fracionamento *in-situ* continuado e misturas durante a cristalização foram acompanhados de rejuvenescimento da câmara, por meio de recarga magmática.

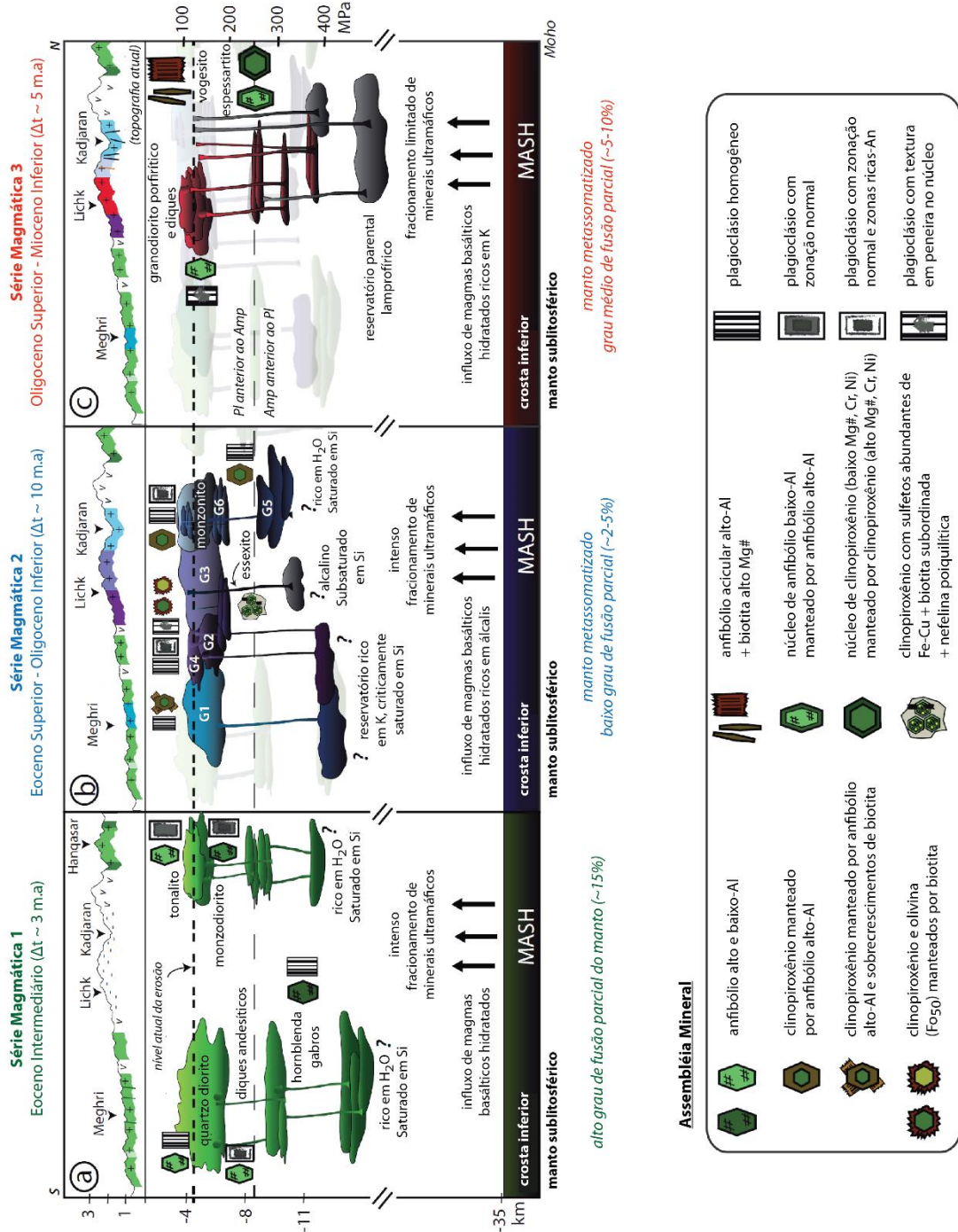


Figura 7. Modelo conceitual de evolução e processos petrológicos observados nas séries magmáticas 1, 2 e 3. Seção esquemática N-S, com topografia do terreno extraída a partir do software Google Earth. Cf. Rezeau et al. (2018).

Nesta associação de rochas, o *pluton* de *Loch Doon*, localizado no terreno *Shouthern Uplands* (UK), constitui um corpo cálcio-alcálico zonado, no contexto do cinturão orogênico Caledoniano (Norte da Inglaterra). Sua composição varia de diorito, nas margens, até quartzo diorito, tonalito, granodiorito, granito e microgranito, na porção de núcleo (Tindle, 1982). Isto denota as composições mais básicas destes *plutons* concêntricos nas bordas, para composições evoluídas no núcleo.

Os dados apresentados no artigo apontam que os magmas evoluíram por fracionamento em um sistema aberto complexo, acompanhado de mistura e contaminação na crosta média a inferior. Posteriormente, estes se posicionaram em porções superiores, entre 414-382 Ma, formando *plutons* concêntricos composicionalmente zonados. O modelo tectônico proposto indica que o magmatismo tenha se iniciado por volta de 430 Ma, em resposta à quebra da litosfera subductada do *lapetus* (processo de *slab break-off*).

O modelo mais adequado para a evolução do *pluton*, segundo esses autores, é de que pulsos máficos primitivos formaram, já inicialmente, uma grande câmara magmática aproximadamente do tamanho do corpo atual. Dados isotópicos de Sr_i, εNd, δO e Pb, além dos dados geoquímicos elementares, indicam que a cristalização *in-situ* foi um processo complexo, acompanhado por contínuo rejuvenescimento da câmara por recarga de magmas, os quais foram submetidos a graus variáveis de mistura, fracionamento e contaminação em níveis inferiores.

Assim, os líquidos mais primitivos começam a ser originados durante o processo de *slab break-off*, com fusão parcial do manto. Esses magmas, por sua vez, intrudem a crosta inferior e interagem com fragmentos de crosta antiga, bem como com os complexos acrescionários e colisionais (Fig. 8). Esses processos promovem significativa contaminação e misturas dos líquidos, os quais tardiamente ainda serão rejuvenescidos por novos pulsos magmáticos, originados durante processos transtrativos.

Outra abordagem inovadora na quantificação da transferência de material entre crosta e manto, e, portanto, também do importante significado petrogenético das intrusões básicas, é apresentado por Couzinié *et al.* (2016). Nesse estudo, análises U-Pb, Lu-Hf e de O em zircões, são utilizadas para compreender processos de acreção e evolução crustal.

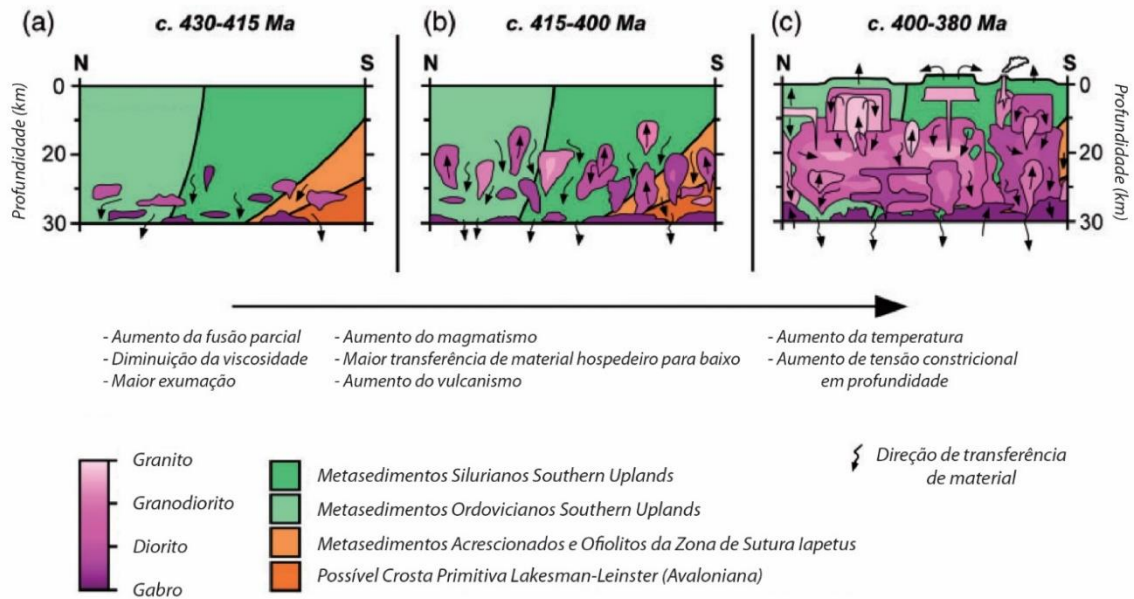


Figura 8. Modelo de evolução da seção crustal no terreno *Southern Uplands*. (a) magmatismo inicial em resposta aos processos de *slab break-off*, e colocação dos primeiros pulsos magmáticos; (b) período pós-convergência, com colocação de novos pulsos magmáticos e processos de recarga; (c) Estágio final de evolução dos magmas, em níveis intermediários a inferiores, em sistemas abertos, anteriormente ao posicionamento em níveis rasos da crosta. Cf. Hines *et al.* (2018).

Os autores destacam que estudos clássicos se baseiam na premissa de que os processos de formação de nova crosta continental são originados a partir de fontes do manto empobrecido. Por outro lado, este trabalho sugere que os magmas máficos pós-colisionais e seus produtos relacionados representam uma porção não negligenciável como contribuição ao crescimento crustal, ainda que nessas rochas as composições isotópicas dos zircões indiquem afinidade crustal.

O estudo de caso apresentado no artigo se baseia em rochas do Maciço Central Variscano, na França. Neste, o estágio pós-colisional, definido como o período imediatamente após a colisão de duas massas continentais, produz magmas sin- a pós-colisionais. Nesse contexto, as etapas tardias de colisão continental são sistematicamente marcadas pela intrusão de magmas máficos peculiares, ricos tanto em elementos compatíveis (Fe, Mg, Ni, Cr), quanto incompatíveis (K_2O , HFSE e LREE). Devido a esse fator, muitas vezes estas litologias apresentam padrões de elementos traço crustais, o que é explicado pela fusão de manto enriquecido, via incorporação de crosta. Isto, por sua vez, modifica as razões isotópicas durante os processos de subducção, que precedem os eventos colisionais.

Os autores destacam também que: “ainda que tais magmas máficos estejam presentes em sistemas orogênicos desde o Arqueano, e podem ser considerados os

líquidos parentais de suítes graníticas volumetricamente importantes (Laurent *et al.*, 2013), pouca atenção tem sido dedicada para o entendimento do seu papel na formação de novas porções crustais, bem como no seu impacto nas assinaturas isotópicas ambíguas produzidas, quando em relação aos modelos de evolução continental”.

Como conclusões do estudo, destaca-se que no caso do Maciço Central Francês, os magmas máficos pós-colisionais foram originados por fusão parcial em baixo grau, de peridotitos com flogopita e/ou anfibólio. Os zircões dessas rochas sugerem que o componente mantélico foi contaminado com quantidades de 10 a 25%, por materiais derivados da crosta anteriormente à fusão. Os cálculos de balanço de massas demonstram ainda que apesar desses cristais demonstrarem assinaturas compatíveis às crustais, em torno de 62 a 85% da massa deste material possui derivação a partir de componente mantélico, e, portanto, representa considerável processo de adição vertical de material à crosta.

1.4.2 ROCHAS CUMULADAS: SÍNTESE DOS ASPECTOS HISTÓRICOS E A EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Em uma breve revisão acerca dos principais aspectos envolvidos na análise dos mecanismos operantes nos sistemas cumulados, Boudreau (2017) pontua que o estudo das intrusões acamadadas merece destaque devido a dois fatores principais. Primeiro, por constituírem o registro direto de como os magmas básicos cristalizam, e, por consequência, de como evoluem de composição através dos processos de diferenciação magmática. Segundo, por ilustrarem a dualidade entre os processos clássicos de assentamento de cristais *versus* cristalização *in situ*, seja na base, ou nas paredes das câmaras magmáticas.

Além desses dois fatores, Boudreau (2017) destaca que as rochas cumuladas estão no foco das discussões a respeito dos mecanismos através dos quais os líquidos evoluídos são expulsos do *mush* cristalino. Da mesma forma, discutem-se os processos envolvidos no assentamento das plumas descendentes ricas em cristais, as quais se acumulam na base da câmara magmática. Ademais, as rochas cumuladas constituem ainda um registro essencial para a análise dos estágios finais de evolução de câmaras magmáticas estratificadas, seja em relação aos processos

tardi-magmáticos de separação sólido-líquido, ou por meio da compactação da pilha cristalina.

Em sua revisão, o autor destaca ainda o fato de que um dos problemas centrais no estudo de intrusões acamadadas é determinar o quão fielmente essas registram a evolução dos processos magmáticos. Isto é mencionado devido ao fato de que nesses sistemas é recorrente que tanto as texturas, quanto as composições ígneas originais, possam ter sido modificadas por processos tardi a pós-magmáticos.

Além disso, Boudreau (2017) ressalta que processos não convencionais têm sido cada vez mais propostos para a explicação das questões inerentes à formação dos cumulados. Esses mecanismos levam em conta as extensivas modificações a que essas rochas são submetidas nos milhares de anos que costumam levar para se solidificar, e resfriar por completo. Estes processos podem variar desde o crescimento de um cristal grosso a partir de grãos menores (processos de *crystal aging* e *ostwald ripening*), ou até mesmo ao desenvolvimento de diferentes camadas e estruturas similares às sedimentares, como estratificações cruzadas ou fluxos de densidade.

Outros processos não triviais ainda são considerados pelo autor como fundamentais, tais como o “*compositional zone refining*”, referindo-se à migração de líquidos e de vapor pela pilha cristalina nos cumulados, promovendo alterações significativas. Por fim, discute-se a importância dos processos de cristalização progressiva e gradual dos cumulados através de *fronts* cristalinos, em detrimento dos processos de cristalização *in situ*.

Assim, depreende-se dessa breve síntese de que os processos clássicos de lento assentamento gravitacional de cristais, tradicionalmente empregados para explicar os cumulados, ainda que ocorram de maneira recorrente, por si só não explicam as variabilidades observadas. Para complementar esta síntese, são apresentadas a seguir na figura 9 as definições atualizadas dos principais termos empregados no estudo destas rochas.

Nesta síntese, destacam-se aspectos referentes à classificação dos principais tipos petrográficos e feições texturais, bem como outros termos relacionados a mecanismos operantes nesses sistemas e empregados nesta Tese. Estas definições

estão atualizadas segundo a revisão apresentada por O'Driscoll & VanTongeren (2017).

Termos Texturais	Adcumulado	Rocha contendo entre 93-100% de cristais acumulados e minerais intersticiais de granulação fina
	Mesocumulado	Rocha contendo entre 85-93% de cristais acumulados e minerais intersticiais de granulação fina
	Ortocumulado	Rocha contendo entre 75-85% de cristais acumulados, com o restante constituindo minerais intersticiais
	Oikocristal	Cristal anédrico-subédrico englobando múltiplos cristais (chadacristais) de diferente(s) fase(s) mineral(ais)
Nomenclatura de Rochas	Anortosito	Rocha cumulada que contém mais de 90% de plagioclásio
	Allivalito	Rocha intrusiva contendo proporções equivalentes de olivina e plagioclásio
	Ferrosienito	Rocha intrusiva de granulação grossa contendo feldspato alcalino e minerais ricos em Fe, como faialita ou hedenbergita
	Gabro	Rocha constituída por plagioclásio e piroxênio (dominantemente clinopiroxênio)
	Harzburgito	Rocha de granulação grossa contendo olivina e ortopiroxênio, pode ser formada por acumulação de cristais em uma câmara magmática, ou como um resíduo de fusão parcial do manto.
	Norito	Rocha cumulada na qual predomina plagioclásio e ortopiroxênio
	Ortopiroxenito	Rocha cumulada contendo mais de 90% de ortopiroxênio
	Picrito	Basalto com composição de alto-Mg e baixa-Si
	Troctolito	Rocha cumulada contendo plagioclásio e olivina subordinada
Outros	Cotético	A temperatura na qual múltiplos cristais co-cristalizam a partir de um magma de determinada composição, e.g. o cotético do par olivina-plagioclásio
	Fusão Incongruente	Fusão de um sólido que resulta na formação de um novo sólido de composição diferente, acompanhado de um líquido
	Liquidus	A temperatura na qual os cristais se formam a partir de um magma de dada composição
	Metassomatismo	Metamorfismo por meio de fluidos, quer sejam magmáticos ou hidrotermais
	Solidus	A temperatura na qual o magma cristaliza completamente
	Reef	Uma camada de rocha que contém mineralização de minerais base ou metais preciosos com uma textura e/ou composição mineralógica distintiva
	Unidade Macro-ritmica	Uma série repetida de camadas cumuladas, as quais se alternam ciclicamente em larga escala (0,5-5 m). Por exemplo, uma unidade pode consistir de uma camada de dunitos, seguida por troctolitos e anostositos; os quais irão se repetir na próxima unidade.

Figura 9. Glossário de termos comumente empregados na pesquisa de intrusões acamadadas. Cf. O'Driscoll & VanTongeren (2017).

O'Driscoll & VanTongeren (2017) pontuam também que os cumulados constituem um importante tópico de discussão em petrologia ígnea por mais de um século. Estas questões partem desde o entendimento de sua participação nos modelos petrológicos de *underplating* e na teoria *cumulus*, até questões a respeito do potencial metalogenético inerente a essas ocorrências (minerais do tipo *PGE's* e associados).

Apesar da discussão e interpretação de vários fatores permanecerem em aberto até o momento, uma questão é consensual entre os autores. Esta diz respeito ao fato de que as intrusões estratificadas representam porções remanescentes de câmaras magmáticas, de composição basáltica. Igualmente, essas constituem registros chave para o entendimento da evolução geoquímica dos magmas basálticos, dos processos de preenchimento de reservatórios magmáticos, e de outros inúmeros mecanismos operantes durante a solidificação de intrusões básicas na crosta.

A figura 10 ilustra os principais processos operantes nestes sistemas magmáticos, segundo os autores supracitados. Na ilustração, pode-se observar a consolidação de cumulos basais formando porções estratiformes na base do reservatório, no qual operam processos dinâmicos durante a sua evolução (e.g. correntes de convecção, injeção de novos pulsos magmáticos).

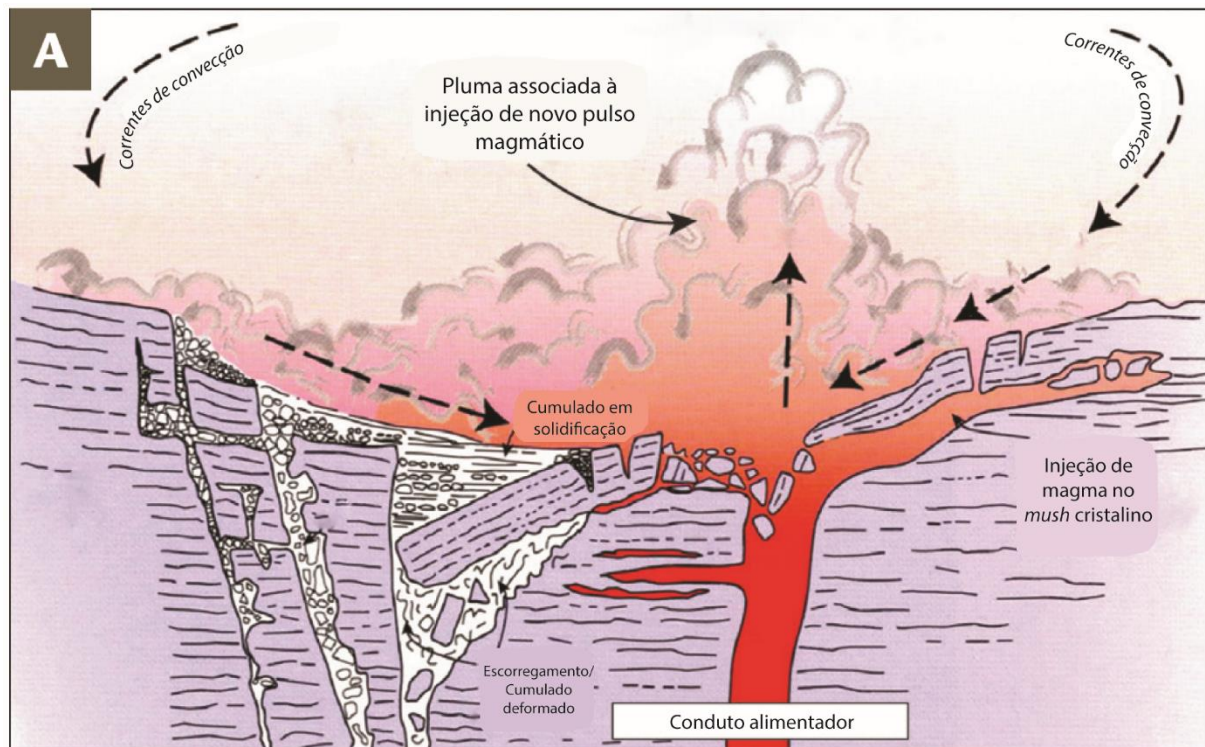


Figura 10. Ilustração esquemática de uma câmara magmática basáltica, baseada na Suíte Acamadada de *Rum* (NW da Escócia), demonstrando alguns processos importantes que operam nestes sistemas. (Traduzido de O’Driscoll & VanTongeren, 2017; após Emeleus & Bell, 2005).

Da mesma forma, os autores destacam o fato da ocorrência bastante distribuída das intrusões estratificadas no tempo geológico, desde o Hadeano (> 4,0 Ga) até o Cenozoico, sem nenhum padrão temporal claramente definido. Geralmente, estas se desenvolvem em ambientes tectônicos anorogênicos, associadas a grandes províncias ígneas (*LIP’s*) e a graus significativos de fusão parcial (e.g. *Skaergaard*, *Bushveld*).

Ainda de acordo com O’Driscoll & VanTongeren (2017), as significativas diferenças litológicas observadas nestas intrusões variam de acordo com dois fatores principais. O primeiro, diz respeito predominantemente à composição dos líquidos magmáticos originais, os quais podem ser mais ou menos primitivos, ou variar de acordo com os tipos de fonte mantélica. Já o segundo, corresponde à variação litológica das rochas crustais pelas quais os magmas derivados do manto

irão ascender e se posicionar. Consequentemente, nestes casos, há que se avaliar também o grau de interação entre os dois componentes.

Em termos históricos, destaca-se ainda nesse trabalho que se completaram a pouco 50 anos de uma das publicações mais importantes no campo da petrologia ígnea, representada pela obra “*Layered Igneous Rocks*”, de Wager & Brown (1968). Nesta obra os autores propõem a teoria do assentamento gravitacional de cristais, os quais formam uma rede cristalina na qual os poros – denominados de espaço *intercumulus* - são preenchidos com cristais formados no estágio pós-*cumulus*. A proporção entre cristais *cumulus* e o material *intercumulus* passa então a ser utilizada como um dos principais critérios para se diferenciar os diversos tipos de cumulados. Por sua vez, esta relação também reflete os diferentes graus de comunicação entre os *mushes* cumulados já solidificados, e a coluna magmática imediatamente acima.

Apesar de muitas intrusões apresentarem texturas e estruturas que referendam esse modelo de deposição clássica dos cristais, como processos análogos aos da sedimentologia, apenas estes mecanismos não são suficientes para explicar a gama de tipos petrográficos e texturas (*sin-* ou *tardi-* a pós-magmáticas) registradas nessas rochas. Ainda que muitas vezes seja possível observar nessas intrusões feições como estratificações cruzadas, estruturas de escorregamento e fragmentos de rocha consolidada imersos no magma (*dropstones*), há uma grande variedade de mecanismos tardios que podem modificar as texturas originais (e.g. compactação, infiltração, processos de maturação textural).

Somente a partir da década de 1970 surgirão publicações esclarecendo que muitas das feições observadas em intrusões acamadadas poderiam ser formadas *in situ*, no limite entre camadas da interface magma-cumulado cristalizado, ou então, nas margens das câmaras magmáticas (Campbell, 1978; McBirney & Noyes, 1979). Além disso, trabalhos significativos destacam os processos pós-*cumulus*, os quais podem ser responsáveis por modificarem tanto a química, quanto as texturas originais. Sugere-se assim que muitas das feições observadas são geradas pós-acumulação dos cristais (Sparks *et al.*, 1985).

Nesta mesma linha, Boudreau (1995) destaca a importância de determinados processos metassomáticos e de recristalização atuantes na formação de alguns

tipos específicos de estratificação ígnea em cumulados. Da mesma forma, Irvine (1998) demonstra que algumas das feições observadas em *Skaergaard* não podem ser explicadas simplesmente por cristalização *in situ* (ou seja, pelo modelo de sedimentação magmática).

Outro grande fator de debate nesta questão se refere à evolução dos magmas nas intrusões estratificadas, o qual vem ganhando destaque nos últimos anos. Segundo o trabalho clássico de Bowen (1928), os magmas máficos deveriam evoluir produzindo magmas ricos em sílica, como os de composição granítica. Já em Fenner (1929), sugere-se que esses magmas podem também evoluir para composições com membros finais ricos em Fe. Isto é observado, por exemplo, pela composição de cristais de ilmenita e magnetita próximos ao topo de intrusões acamadadas, como visto em *Skaergaard* e *Bushveld*.

Fica claro desta forma, que muitos dos processos operantes nos sistemas cumulados permanecem em aberto e não podem ser abordados apenas por meio dos mecanismos clássicos. Boudreau (2017) destaca este fato ao afirmar: "...a simples subdivisão de um cumulado solidificado nos componentes cumulus e intercumulus, não traduz adequadamente toda a complexidade dos processos que podem ocorrer em intrusões estratiformes".

Mesmo que estas intrusões frequentemente preservem evidências excepcionais acerca da dinâmica e da evolução diversa dos processos petrológicos, os remanescentes solidificados são apenas o registro indireto da evolução dos magmas parentais. Um exemplo típico deste fato é apresentado em Mungall *et al.* (2016), no qual os autores observam em *Bushveld* uma ordem estratigráfica discordante (*out of sequence layering*). Por meio do refinamento dos dados geocronológicos, percebe-se que o modelo de cristalização da base para o topo da pilha magmática não se encaixa, e, portanto, este corpo deve ter crescido incrementalmente, como um complexo de *sills*, de um modo similar ao que é proposto para a intrusão de *Rum* (Hepworth, 2017).

Ainda acerca das questões texturais, Holness *et al.* (2017) lembram que a reconhecida intrusão cenozoica de *Skaergaard* (56 Ma) ilustra de forma excepcional o fracionamento típico de magmas basálticos em sistema fechado, a baixa pressão, fazendo com que esta intrusão exiba extensivo acamamento e estruturas *quasi-*

sedimentares. A observação inicial destas feições, numa retrospectiva histórica, resultou em várias controvérsias acerca do paradigma do puro assentamento de cristais para a formação das camadas cumuladas.

Entretanto, mesmo nestes casos a importância do fracionamento nos cumulados não está completamente resolvida: “mesmo um século após os conceitos iniciais, ainda continuamos com discussões acirradas sobre hipóteses alternativas, tais como modelos envolvendo sucessivas injeções ricas em cristais, com composições que variam gradualmente” (Holness *et al.*, 2017, baseado em Marsh, 2013; Latypov *et al.*, 2015)

Partindo-se para outra escala de observação no que diz respeito à análise dos processos petrológicos atuantes nas intrusões acamadadas, a avaliação de microtexturas e microanálise também constituem ferramentas essenciais. Por exemplo, Morse *et al.* (2017) indicam a variação na composição do plagioclásio como um importante indicador de mudanças nos processos de cristalização em câmaras magmáticas basálticas. A partir da análise de ETR's e das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ *in situ* nas zonas intracristalinas, pode-se observar evidências de contaminação crustal, bem como o crescimento desse mineral a partir de líquidos de composição isotópica distinta, o que aponta, portanto, para processos de mistura.

Os mesmos autores destacam ainda que as variações isotópicas intracristalinas observadas no plagioclásio podem prover informações essenciais sobre processos de contaminação crustal, ao incorporar líquidos derivados da fusão parcial das rochas encaixantes. Além disso, essas variações também registram os processos de crescimento do cristal, e/ou estratificação composicional dos magmas.

Ressalta-se ainda o fato de que a variação no plagioclásio em termos de teor de An e elementos maiores são comuns, sendo geralmente resultado da própria evolução da câmara magmática, quando em sistema fechado, dado o grau de interação entre o cristal recém-formado e o líquido intersticial ao *mush* cristalino. Entretanto, Cawthorn (1991), VanTongeren & Mathez (2013) e Cawthorn *et al.* (2015) ressaltam que as mudanças “inversas” observadas em intrusões nas quais cristais de plagioclásio rico em Ab, alternam para plagioclásio rico em An em determinados níveis estratigráficos, podem ser utilizadas para inferir a injeção de novos pulsos magmáticos, de caráter mais primitivo.

Complementarmente, a variação isotópica interna em termos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ em um mesmo cristal, apesar de menos comum do que a variação em elementos maiores, é uma ferramenta valiosa para interpretar o influxo de novos pulsos magmáticos em um reservatório. Como vantagem das medidas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ por micro-amostragem a *laser*, está a de permitir a análise na escala subcristalina, registrando de forma mais fiel e completa os processos e as fontes dos líquidos magmáticos (Morse *et al.*, 2017).

Como exemplo, Morse *et al.* (2017) citam a Intrusão de *Rum*, na Escócia, a qual representa um complexo estratiforme clássico que varia desde peridotitos basais, até gabros e troctolitos no topo. Os dados isotópicos coletados apontam que esta intrusão não evoluiu a partir de um único pulso magmático, e sim que passou por múltiplos episódios de recarga. Os modelos atuais para a evolução petrológica de *Rum* levam em conta, desta forma, a progressiva contaminação crustal dos magmas do reservatório, ao passo que novos pulsos magmáticos ultramáficos eram injetados no sistema, de maneira pontual.

Um dos resultados desse processo é a ocorrência tanto de grãos de plagioclásio com pouca ou nenhuma variação isotópica, enquanto outros possuem ampla variação. Muitas vezes, estes cristais estão dispostos na mesma camada, e inclusive, lado a lado. Como poderiam então, cristais isotopicamente zonados e homogêneos, permanecerem lado a lado no cumulado final?

A resposta, segundo Tepley & Davidson (2003), é de que os cristais não se encontram mais em seu sítio original de formação. As heterogeneidades isotópicas dos cristais zonados devem ter sido, portanto, o resultado do crescimento dos mesmos a partir de líquidos de composição isotópica distinta, preferencialmente nas porções de borda das camadas, ou da própria câmara magmática, onde os processos de assimilação são mais pronunciados. Já os cristais homogêneos devem ter sido formados em porções interiores, a partir de um líquido de mesma composição isotópica. Apenas posteriormente os cristais foram transportados, e hoje se encontram depositados lado a lado. Este processo está ilustrado na figura 11.

As discussões acerca da formação de rochas gabroicas nas intrusões máficas têm sido tema de debate por longos anos, em grande parte, pela dificuldade em conceber os processos de alta temperatura que devem ter ocorrido tanto na pré-,

quanto na pós-solidificação destas rochas. A figura 12 ilustra os principais processos físicos primários e secundários que podem ocorrer desde a primeira acumulação de cristais e formação dos *mushes* cristalinos em uma intrusão estratiforme, até a solidificação final de uma rocha gabroica.

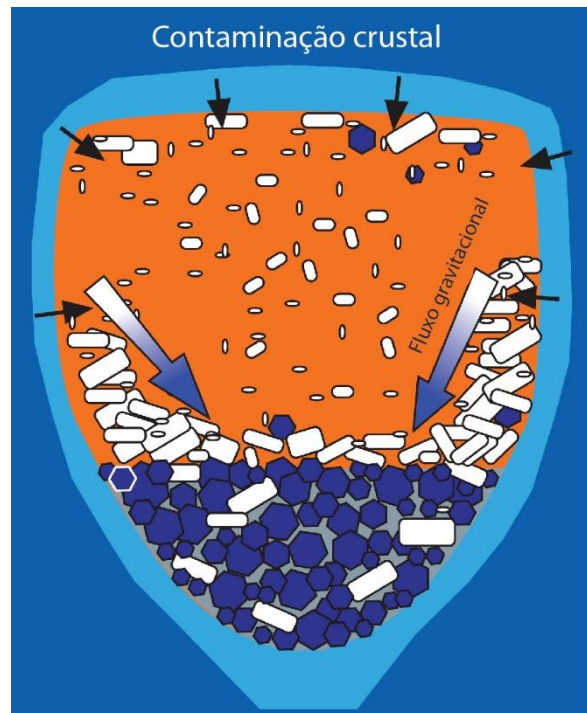


Figura 11. Modelo de câmara magmática para a Intrusão de *Rum* (Escócia) ilustrando o crescimento progressivo de cristais em uma porção marginal com líquidos isotopicamente contaminados, nos quais o grau de contaminação aumenta com o passar do tempo. Os cristais afundam por meio de plumas de densidade a partir das paredes da câmara ou do teto, acumulando-se na porção basal do reservatório, e criando desse modo uma pilha de cumalados que apresentam composições isotópicas variadas (Cf. Morse *et al.*, 2017).

De um modo geral, segundo os mesmos autores, os mecanismos físicos atuantes nos processos de interação entre os fluidos intersticiais e os cristais podem ser divididos em dois tipos principais: a) processos primários – como o transporte dos cristais e o seu rearranjo físico; b) processos secundários – como mecanismos de compactação ou processos *subsólidos*, como o reequilíbrio textural, por exemplo. A dificuldade em saber qual destes processos foi predominante durante a solidificação da rocha se deve ao fato de que, quando os mecanismos secundários são dominantes, esses podem mascarar, ou até mesmo apagar totalmente o registro dos primeiros.

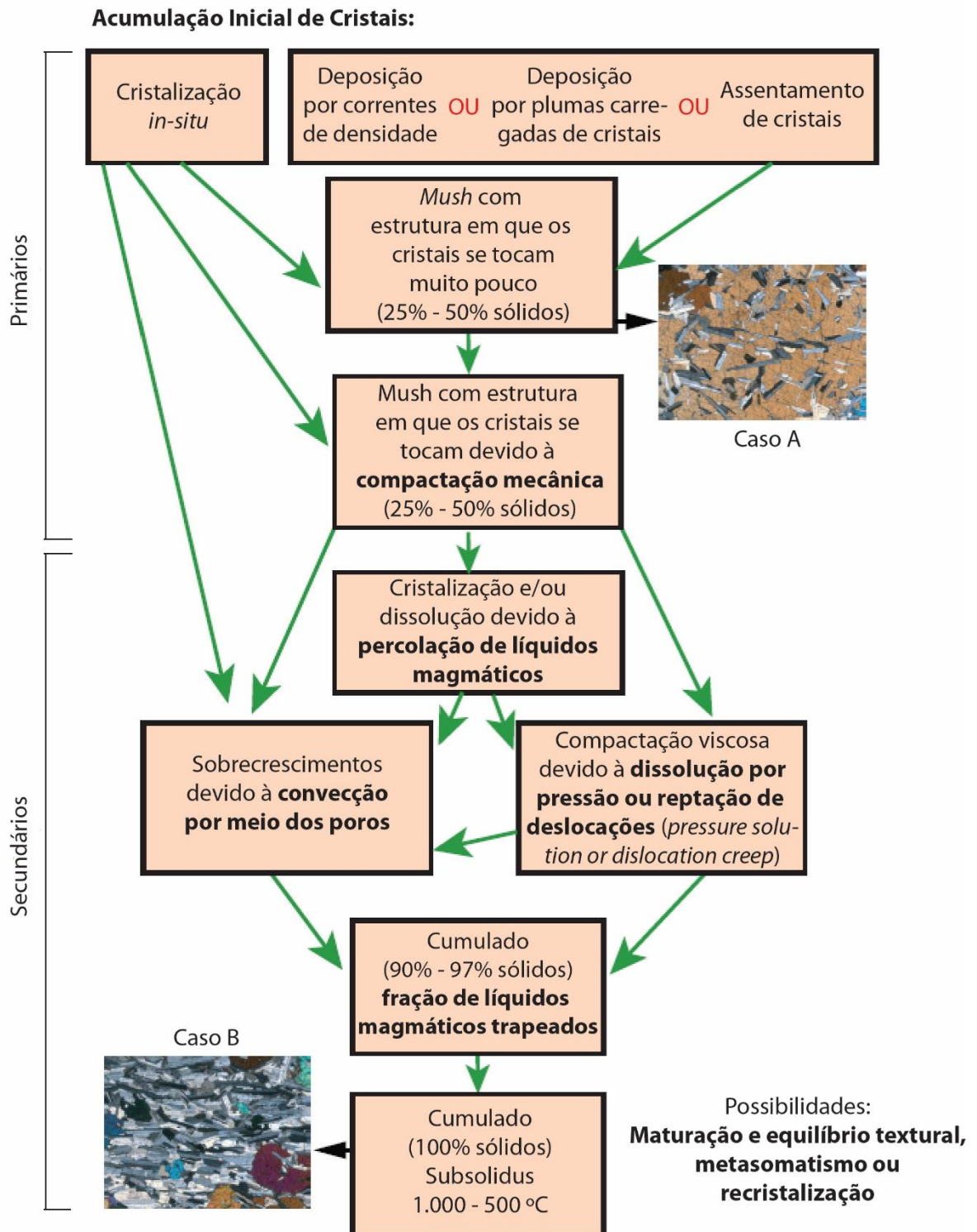


Figura 12. Fluxograma interligando os principais processos de modificação física na cristalização e na textura dos minerais que podem operar durante a formação de um cumulado de rochas gabroicas. Setas indicam diferentes caminhos possíveis para a formação do cumulado. (Caso A) *Mush* de cristais de plagioclásio, no qual os cristais se tocam muito pouco, preservados no interior de um oikocristal de clinopiroxênio. Neste caso o plagioclásio ocupa aproximadamente 25% da área do oikocristal, sendo que a estruturação inicial destes ficou preservada dentro do oikocristal. (Caso B) Típico cumulado rico em plagioclásio. Ambos os casos pertencem à Unidade 9 da Série Acamadada Oriental de *Rum* (Escócia). Cf. Cheadle & Gee (2017).

Por fim, após a revisão de questões históricas inerentes aos processos de formação e evolução de sistemas ígneos basálticos submetidos à cristalização em câmaras estratificadas, apresenta-se aqui as principais questões levantadas para pesquisas futuras em cumulos. Essas questões foram elencadas por cerca de 50 petrólogos especialistas na área no Congresso Penrose, conforme constam a seguir (extraído de O’Driscoll & VanTongeren, 2017):

- Quais são as escalas temporais de posicionamento (*emplacement*) e de resfriamento das intrusões acamadadas?
- Qual a natureza física de uma câmara magmática?
- Teriam grandes câmaras magmáticas máficas realmente existido?
- Como camadas monominerálicas se formam em intrusões estratificadas?
- Qual o grau de contaminação crustal que ocorre no magmatismo das intrusões acamadadas?
- Em qual ambiente geotectônico essas intrusões comumente se formam?
- O que podemos aprender das ciências dos materiais sobre resfriamento e solidificação, para os cumulos estratificados?

1.4.3 ROCHAS INTRUSIVAS BÁSICAS NO SUDESTE DO CINTURÃO DOM FELICIANO, RS: UMA RETROSPECTIVA HISTÓRICA

Apesar de constituírem o principal registro do magmatismo básico ediacarano do sudeste do CDF no Rio Grande do Sul, havia até o momento uma grande lacuna em estudos de detalhe que caracterizassem estas intrusões de forma aprofundada, não somente quanto aos tipos petrográficos e feições texturais, mas também quanto ao seu significado geodinâmico e evolução petrológica. Provavelmente, devido ao fato de se tratarem de pequenas intrusões quando comparadas à extensão das massas graníticas envolventes, até os trabalhos de Dal Olmo-Barbosa (2015) e Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018), não haviam estudos detalhados que tratassem de forma integrada essas ocorrências.

As primeiras menções encontradas na literatura geológica acerca da existência de rochas básicas na porção leste do Escudo Sul-rio-grandense são feitas por

Tessari & Picada (1966), os quais se referem a “massas de rochas escuras, de composição mais básica”. Os mesmos autores reportam a ocorrência dessas rochas a leste da cidade de Dom Feliciano. Pelo que se constata por meio de trabalhos subsequentes, estas ocorrências deveriam corresponder ao atual Diorito Capim Branco (Wildner *et al.*, 2008).

Segundo Ramgrab *et al.* (1994), o Diorito Capim Branco possui composições diversificadas, constituindo-se predominantemente por rochas dioríticas, com termos quartzo dioríticos, granodioríticos e monzograníticos subordinados. Texturalmente, esses possuem granulação média a grossa, são raramente porfiríticos e ainda apresentam comumente uma foliação incipiente.

Os autores postulam que os termos dioríticos são compostos essencialmente por plagioclásio (An_{36-48}), hornblenda, biotita e minerais opacos; além de quartzo e microclínio, que estão presentes nos quartzo monzodioritos e granodioritos. Como minerais acessórios registra-se titanita, apatita e zircão. De acordo com o entendimento da época, os autores citam a existência de processos metamórficos de baixa temperatura, os quais obliteram parte das texturas ígneas, tanto nos termos mais diferenciados, quanto nos termos dioríticos.

Após Tessari & Picada (1966) terem citado de forma preliminar a ocorrência dessas rochas no sudeste do escudo, os trabalhos acerca de outras ocorrências de rochas básicas na região só seriam retomados a partir da década de 1980, já no âmbito do projeto Radambrasil. Neste projeto são apresentadas idades K-Ar entre 450-600 Ma para gabros a NE da cidade de Dom Feliciano; e para um norito, na região de Alto Alegre (Teixeira, 1982). Entretanto, além de constituírem idades pouco precisas, já que as temperaturas de bloqueio para estas litologias são consideravelmente superiores às do sistema K-Ar, também ainda não havia um consenso quanto à origem, e até mesmo quanto à classificação dessas rochas.

Horbach *et al.* (1984) caracterizam a ocorrência do Alto Alegre como parte de uma associação de granulitos do “Maciço Pelotas”, descrevendo-a como um metanorito de coloração verde-escura e granulação média a grossa, com abundantes megacristais de hornblenda. Acerca das rochas aflorantes nas cabeceiras do Arroio Santa Fé, os autores pontuam que os dados sobre a sua origem são inconclusivos, podendo se tratar de uma rocha granulítica, ou de um

complexo estratiforme, já que: “ora exibem uma textura granoblástica com pontos tríplexes, tipicamente metamórfica, ora mostram texturas sugestivas de lento assentamento gravitacional dos cristais, com formação de ortocumulados”.

Segundo a mesma lógica, as rochas do Alto Alegre são descritas por Moreira & Marimon (1984) como uma estrutura semicircular com núcleo norítico e bordas metadioríticas, com metamorfismo de fácies granulito; e outro evento de fácies anfibolito superimposto, confirmado pela presença de anfibólio. Já para as rochas do Arroio Santa Fé, as autoras descrevem texturas variadas, ora rochas ortocumuladas com texturas de fluxo magmático, ora rochas com textura granoblástica. Entretanto, fica registrada neste trabalho a hipótese de se tratar de um complexo estratiforme.

Este impasse entre a classificação de rochas intrusivas básicas e de rochas metamórficas de alto grau (granulitos) provinha das interpretações da época. Tradicionalmente, a presença de clino- e ortopiroxênio, associada a texturas poligonais e junções tríplexes, era tida com um indicativo direto para a classificação das rochas como granulitos. Com a evolução dos conhecimentos relacionados ao desenvolvimento da trama em ambas as classes de rochas (ígneas e metamórficas), essas texturas em rochas ígneas começam a ser interpretadas como evidências dos processos de maturação textural em cumulados, indicando que estes permaneceram aquecidos por tempo suficiente para que as texturas evoluíssem em direção ao equilíbrio textural (Holness *et al.*, 2005, 2006; Holness & Vernon, 2015).

Posteriormente, Frago Cesar *et al.* (1986) cita a existência de rochas máficas no Batólito Pelotas, ainda de geometria desconhecida, tanto nas proximidades de Dom Feliciano, quanto a sul de Pinheiro Machado. Os mesmos são classificados como corpos básicos, dioritos e quartzo dioritos, destacando-se o caráter estratiforme das rochas aflorantes nas proximidades de Pinheiro Machado. Frago Cesar *et al.* (1989) sugerem também o vínculo destas unidades com a existência de falhas transcorrentes, de orientação NE-SW.

Estes corpos gabroicos são posteriormente modelados por meio de estudos geofísicos via dados de susceptibilidade magnética, em Costa *et al.* (1990). Nesse trabalho, sugere-se para as rochas básicas uma natureza profunda, variável em torno de 15 km. Registra-se ainda uma geometria inclinada para SE, em profundidade.

Estudos mais aprofundados dessas ocorrências que haviam sido recém-descobertas na região de Pinheiro Machado são efetuados por Fragozo Cesar (1991), no qual são denominadas pela primeira vez como Gabros Passo da Fabiana. Esta ocorrência é interpretada pelo autor como um mega-enclave básico estratiforme, constituído por olivina gabros, olivina gabronoritos, anortositos, piroxenitos e peridotitos subordinados, alojados em meio às rochas da Suíte Dom Feliciano.

Destaca-se ainda nesse mesmo trabalho relações de campo, nas quais os gabros são localmente cortados por apófises graníticas, indicando a anterioridade dos primeiros. Entretanto, é proposta a participação dos fluidos graníticos na cristalização dos gabros, devido ao aparecimento do anfibólio e da mica, que indicariam condições de pressão parcial de fluidos mais elevadas. Desta forma, o autor conclui que “...os Gabros Passo da Fabiana são sin-plutônicos aos granitos da Suíte Dom Feliciano”.

O contexto geodinâmico para a formação destas rochas é proposto como um ambiente tardi-colisional, no qual eventos de transcorrência promoveriam a queda de pressão no manto litosférico, propiciando condições de fusão parcial do manto e o alojamento dos corpos básicos formados na base da crosta. O posicionamento final dos mesmos seria condicionado por meio da ascensão sintectônica dos granitos da Suíte Granítica Dom Feliciano, que por possuírem alta viscosidade seriam capazes de transportar pequenos corpos básicos, em processo de diferenciação.

Uma abordagem integrada para as várias ocorrências básicas da região é apresentada somente em Ramgrab *et al.* (1994), onde se propõe a separação dos corpos em duas associações litológicas distintas. A associação dos Gabros Passo da Fabiana, representados por rochas básicas estratiformes com textura cumulática reliquiar, e *intercumulus* composto por diopsídio e hornblenda. A segunda associação, denominada Diorito Capim Branco, seria representada por rochas dioríticas, com quartzo dioritos, granodioritos e monzogranitos subordinados. Nesta associação, se observaria ainda um evento metamórfico regional, que por vezes oblitera as texturas ígneas reliquiares.

Nos mapeamentos geológicos regionais subsequentes essas rochas são agrupadas na unidade “Intrusivas Básicas” - ainda que se faça distinção entre rochas com mineralogia toleítica e cálcio-alcálica (Ramgrab & Wildner, 2000). Já em Wildner *et al.* (2008), todas as ocorrências são novamente agrupadas dentro da unidade “Gabro Passo da Fabiana”, sendo descritas como gabros, hornblenda gabros a troctolitos, com níveis estratiformes anortosíticos de filiação toleítica (plagioclásio, dois clinopiroxênios, anfibólio e quartzo).

O trabalho mais recente na região foi desenvolvido por Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018), no qual os autores individualizaram por meio de critérios de campo, mineralógicos, petrográficos, geofísicos e geoquímicos, duas associações distintas de rochas, em parte consonantes com Ramgrab *et al.* (1994). Nesta proposição, a “Associação I” é constituída por rochas gabroicas, comumente cumuladas e por vezes estratificadas, na qual o corpo mais representativo são os Gabros Passo da Fabiana. Já a “Associação II”, diorítica a gabroica, compreende rochas isotrópicas a localmente foliadas, tendo como principal representante o Diorito Alto Alegre.

Ainda segundo Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018), ambas as associações são subalcalinas, com afinidade cálcio-alcálica médio-K (AI) e médio a alto-K (AII), com altos teores de alumina ($Al_2O_3 > 17\%$), mesmo para os termos não cumulados. Diferenças adicionais quanto aos elementos maiores (CaO, Mg# e álcalis), e menores e traços (P_2O_5 , Zr, Nb, Y, total e padrões de ETR) referendam a separação proposta. Para o posicionamento das mesmas, segundo a análise das assinaturas magnéticas, sugere-se controle por meio de descontinuidades litosféricas, as quais teriam possibilitado a ascensão e a colocação desses magmas em níveis superiores da crosta.

Por fim, em recente mapeamento regional na região, Cruz (2018) identificou novos corpos dioríticos e gabroicos na porção sudeste do CDF. Estes foram agrupados nas unidades litológicas denominadas Gabro Passo da Fabiana e Diorito Alto Alegre, ainda que cada uma englobe várias ocorrências distintas. A região de ocorrência do Diorito Capim Branco, situada a NE nas proximidades de Dom Feliciano, não foi abrangida no presente levantamento.

De qualquer forma, além da atualização das áreas de ocorrência e da geometria dos corpos básicos já conhecidos, a identificação de novas ocorrências neste

levantamento reforça a necessidade de aprofundar os estudos nestas unidades. Ainda que os granitoides sejam os tipos petrográficos dominantes nesta porção do CDF, a caracterização dos componentes básicos do magmatismo vinculado à evolução geodinâmica do cinturão ainda foi pouco debatida.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção consta uma síntese dos materiais e dos métodos analíticos empregados, com a finalidade de levantar os dados necessários à resolução do problema apresentado. Estes foram aplicados gradativamente e de acordo com cada etapa do projeto, visando a elaboração dos artigos científicos e da presente Tese.

1.5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica se destinou à compilação de material existente acerca de assuntos pertinentes à pesquisa, como mapas, imagens de satélite, artigos científicos, livros e *websites* especializados na área. Como esta etapa é ponto base para a realização de várias outras atividades, o seu desenvolvimento se estendeu por basicamente todo o período de desenvolvimento do projeto de doutorado.

1.5.2 GEORREFERENCIAMENTO DE DADOS EM SIG

A base de dados regionais para a integração das informações coletadas foi criada em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), por meio do *software Ilwis 3.4 Open*. Esta se deu através da demarcação das principais referências geográficas, como estradas, rios e cidades, a partir da base da carta topográfica Pedro Osório (Folha SH.22-Y-C), escala 1:250.000.

Os mapas geológicos das áreas de detalhe foram elaborados a partir dos dados disponíveis em Cruz (2018), nos quais também foram dispostos os pontos de amostragem em campo. O sistema de georreferência adotado utilizou sistema de projeção de coordenadas segundo *datum* WGS 84 e projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), para hemisfério sul, zona 22.

1.5.3 ETAPA DE CAMPO

A etapa de campo foi realizada no entorno dos municípios de Dom Feliciano, Pinheiro Machado e Pedro Osório, RS. Esta etapa destinou-se à localização dos corpos na área de Dom Feliciano (Diorito Capim Branco e encaixantes), e para o refinamento das outras duas ocorrências já estudadas (Diorito Alto Alegre e Gabros Passo da Fabiana).

Durante o trabalho de campo foi efetuada a descrição das texturas e estruturas de meso- e macro-escala (e.g. feições de acamamento ígneo, relações estratigráficas), e a verificação da relação dos litotipos estudados com suas encaixantes. A amostragem objetivou a coleta sistemática e representativa para posterior realização das análises mineralógicas, petrográficas, e químicas, em consonância com as variações texturais e litológicas observadas em cada ocorrência.

1.5.4 ANÁLISE PETROGRÁFICA

Após a etapa de campo, 31 amostras representativas foram selecionadas para a confecção de lâminas petrográficas, junto ao Laboratório de Preparação de Amostras do Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica (CPGq) da UFRGS. A descrição das amostras foi efetuada em microscópio petrográfico equipado com câmera fotográfica, visando a aquisição de fotomosaicos de todas as lâminas para classificação modal por meio de contagem de pontos, bem como a descrição e interpretação de texturas e microestruturas.

1.5.5 MICROANÁLISE (MEV e EMPA)

Esta etapa contemplou duas técnicas diferentes, compreendendo: (a) o imageamento de lâminas petrográficas em elétrons retroespalhados (*backscattered electrons* - BSE), acompanhado de análise química pontual e mapeamento composicional por EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*) em microscópio eletrônico de varredura (MEV); (b) análise química quantitativa por WDS (*Wavelength Dispersive Spectrometry*), em microsonda eletrônica (EMPA).

(a) Análises em MEV-EDS:

O MEV é um equipamento comumente utilizado na geologia para a aquisição de imagens morfológicas e composicionais, bem como para a realização de análises químicas, quando equipado com detectores EDS. Neste caso, as análises foram destinadas para a aquisição de imagens de elétrons retroespalhados de minerais em lâminas petrográficas, e para a observação de texturas e microestruturas não visíveis em microscopia óptica. Além disso, foram adquiridas análises químicas

semi-quantitativas pontuais e mapeamento composicional por EDS, em áreas predefinidas.

O funcionamento desses equipamentos consiste, de forma bastante simplificada, na emissão de um feixe eletrônico por meio de um canhão de elétrons. Este feixe é produzido geralmente por um filamento de tungstênio (W), ou de hexaboreto de lantânio (LaB₆), aquecidos através da diferença de potencial gerada pela variação na aceleração dos elétrons. Após a geração, o feixe eletrônico é demagnificado por lentes eletromagnéticas, produzindo-se um feixe focado com pequeno diâmetro em determinada região do material. Este processo irá gerar, por fim, uma imagem virtual da amostra em análise (Reed, 1996).

O imageamento por elétrons retroespalhados (BSE), que possuem energia mais alta que os elétrons secundários (SE), é uma ferramenta bastante útil na geologia, pois demonstra o contraste de composição química entre materiais distintos em diferentes escalas de cinza, em uma imagem virtual. Quanto maior o número atômico (Z) do espécime em questão, mais clara será a imagem, pelo fato de que uma maior quantidade de elétrons é refletida. Por outro lado, quanto menor o número atômico, mais escura será a imagem.

Além desta ferramenta, para uma melhor caracterização química semi-quantitativa da amostra, pode-se realizar análises de Espectrometria por Dispersão em Energia (EDS), a qual consiste na identificação dos raios-X característicos emitidos pela amostra, quando esta interage com o feixe eletrônico.

O equipamento utilizado para as análises efetuadas no projeto foi o MEV da marca JEOL, modelo JSM-6610LV, equipado com detector EDS Bruker, modelo Nano X Flash Detector 5030 (133ev), do Laboratório de Geologia Isotópica (LGI), também integrante do CPGq (IGEO-UFRGS). Para análises EDS em condições ideais de trabalho (limpeza, polimento, seleção do ponto de análise, metalização, especificações técnicas corretas) e medição de padrões, consegue-se trabalhar com erros abaixo de 1 %. Em análises sem padrão (*standardless*), como o caso das aqui realizadas, a técnica mostra-se confiável, com erros médios em torno de 3 a 5 %.

(b) Análises em microsonda eletrônica (EMPA):

As análises em microsonda eletrônica (*Electron Microprobe Analysis – EMPA*) permitem, por outro lado, aquisições quantitativas de química mineral através da análise dos raios-X, quando da interação com um feixe eletrônico utilizando-se a técnica WDS (*Wavelength Dispersive Spectrometry*). Ainda que a microsonda eletrônica também possa estar equipada com detectores EDS, a principal diferença desta técnica para a WDS, é de que na última os raios-X são identificados de acordo com o seu comprimento de onda característico, o que fornece alta resolução espectral e maior precisão nas análises (Reed, 1996).

De acordo com o mesmo autor, a análise quantitativa em EMPA-WDS demonstra precisão para concentrações em torno de até 100 ppm, além de maior acurácia na identificação de elementos traço e maior capacidade na detecção de alguns elementos, quando comparado ao EDS. Os cuidados necessários para assegurar a qualidade da análise são o polimento de ótima qualidade e a limpeza adequada do espécime. O equipamento utilizado para a caracterização de minerais de interesse neste projeto foi a microsonda eletrônica *Cameca SXFive*, do Laboratório de Microsonda Eletrônica (CPGq-IGEO-UFRGS). Os resultados das medidas efetuadas no escopo deste projeto e demais detalhes analíticos encontram-se nos Anexos (material suplementar do “Artigo I”).

1.5.6 ANÁLISES GEOQUÍMICAS EM ROCHA TOTAL

Novas análises geoquímicas de elementos maiores em rocha total foram realizadas nas mesmas amostras caracterizadas por EMPA-WDS, com a finalidade da realização de estudos de equilíbrio mineral-líquido. Durante a preparação, as rochas foram fragmentadas com auxílio de prensa hidráulica em britas com tamanho aproximado de 0,5 a 1 cm, e posteriormente quarteadas. Em seguida, foram condicionadas em recipientes inertes e fechados, de 50 a 200 g. A quantidade de amostra variou de acordo com a abundância necessária para a garantia de sua representatividade e homogeneidade, características dependentes da granulação da rocha, da presença ou não de heterogeneidades, entre outros fatores. Por fim, as amostras foram encaminhadas ao laboratório *AcmeLab (Bureau Veritas)*, no Canadá, para pulverização e análise.

O método empregado foi a análise elementar em rocha total, realizada por meio da leitura dos elementos maiores em óxidos, por meio das técnicas de espectrometria de emissão atômica e espectrometria de massas por plasma indutivamente acoplado (ICP-ES e ICP-MS). A combinação destas técnicas alia a precisão a baixos limites de detecção, o que faz com que o método escolhido seja adequado para se atingir os objetivos propostos. A gama de elementos analisados e seus respectivos limites de detecção podem ser consultados em: https://commodities.bureauveritas.com/sites/g/files/zypfnx241/files/media/document/Metals%20Minerals%20and%20Environmental_2020_Fee_%20Schedule_MINING_CAD.pdf.

Os resultados das análises realizadas encontram-se nos Anexos (material suplementar do “Artigo I”).

1.5.7 ANÁLISES ISOTÓPICAS PARA GEOCRONOLOGIA (U-Pb em zircão)

Quatro amostras representativas foram selecionadas para os estudos geocronológicos, correspondentes ao Diorito Alto Alegre e aos Gabros Passo da Fabiana, e duas amostras de granitos no entorno desta última ocorrência. As amostras foram inicialmente quebradas em fragmentos menores, cominuídas em britador de mandíbulas, e posteriormente em moinho de pratos. O produto resultante foi peneirado em malha de 250 µm, com a fração inferior submetida aos processos de separação mineral por técnicas gravimétricas (bateia e líquidos densos) e magnéticas (separador Frantz®).

Após estes processos, o concentrado de zircões foi montado em pastilha com resina *epoxy* pelo método de despejo, a fim de evitar seleção parcial dos grãos pelo operador. As pastilhas foram polidas para expor o interior dos cristais, e posteriormente metalizadas com Au-Pd para imageamento por elétrons secundários e catodoluminescência nos MEVs *VPSEM FEI Quanta 250* e *JEOL 6510*, nas seguintes condições: tensão de aceleração de 15-20 kV, distância de trabalho de 17-20 mm, e *spot size* de 50-70.

As imagens adquiridas foram utilizadas para a análise da morfologia dos grãos, texturas internas e padrões de zonação, com a finalidade de determinar as áreas para análise. Esta etapa possibilitou a seleção dos domínios para o posterior

posicionamento do *laser* para análise. Este foi posicionado em áreas limpas sem fraturas, representativas de um único domínio de crescimento ígneo.

As análises dos granitos da região do Passo da Fabiana (amostras GPF-100A e GPF-100B) foram realizadas pelo método LA-ICP-MS (*Laser Ablation – Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer*), no Laboratório de Geoquímica Isotópica da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). As análises isotópicas do sistema U-Pb foram adquiridas em um espectrômetro de massas *Element 2 Thermo Finnigan*, equipado com sistema de *laser Photon-Machines 193 nm*.

A correção do Pb comum foi aplicada segundo a metodologia de Gerdes & Zeh (2006), baseada no modelo de composição do Pb de Stacey & Kramers (1975). As idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e concordia nos diagramas Wetherill foram calculadas por meio do *software* IsoplotR Online (Vermeesch, 2018). Detalhes adicionais das medidas e erros associados são apresentados no artigo II.

As análises geocronológicas do Diorito Alto Alegre e Gabros Passo da Fabiana (amostras AP-8 e GPF-01) foram realizadas pelo método U-Pb SHRIMP (*Sensitive High-resolution Ion Microprobe*) junto ao Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo), da Universidade de São Paulo. As análises foram adquiridas em um equipamento SHRIMP-IIe/MC, seguindo-se os procedimentos analíticos de Williams (1998) e Sato *et al.* (2014). A correção para o Pb comum foi realizada com base no ^{204}Pb medido, e o conteúdo de U e as razões U-Pb foram calibradas em relação ao padrão TEMORA-2. O cálculo das idades foi realizado por meio do programa Isoplot/Ex (Ludwig, 2003). Detalhes adicionais das medidas e erros associados também estão reportados no artigo II.

1.6 SÍNTESE E DISCUSSÃO INTEGRADA DOS RESULTADOS

Os dados coletados no escopo desta Tese de Doutorado nos permitiram avançar no entendimento da evolução petrológica do magmatismo básico Ediacarano no sudeste do Cinturão Dom Feliciano, RS. Além da avaliação dos processos petrológicos vinculados à evolução dos magmas básicos, a cronologia do posicionamento dos mesmos foi definida, trazendo importante contribuição para a estratigrafia e análise da evolução geodinâmica do cinturão.

No escopo do artigo I, a partir da análise integrada das composições químicas (minerais *versus* rocha total) e feições texturais, foi possível identificar significativo desequilíbrio mineral-líquido, com composições minerais geralmente mais evoluídas do que as registradas em rocha total. Este aspecto tem sido abordado em importantes trabalhos recentes, e testado em bases de dados globais, tanto para rochas vulcânicas, quanto plutônicas (Bachmann & Huber, 2016; Fiedrich *et al.*, 2017; Ganne *et al.*, 2018; Cornet *et al.*, 2022).

A detecção deste aspecto é significativa e de grande impacto, já que por meio desta avaliação depreende-se que as composições finais em rocha total não correspondem aos líquidos iniciais, mesmo para rochas que não exibiram feições típicas de acumulação. Além desta implicação, estudos termobarométricos que pressupõe equilíbrio mineral-líquido podem ser afetados, e não representar fielmente as condições de cristalização, fato pelo qual diferentes métodos foram testados.

Em relação a este tópico, Bachmann & Huber (2016) pontuam que até mesmo as colunas de magmas félsicos na crosta consistem predominantemente de *mushes* de alta cristalinidade. Por consequência, estas rochas não representam os líquidos parentais, e exibem características indicativas da perda de parte dos líquidos magmáticos, correspondendo de fato a acumulações residuais de cristais dos reservatórios (termo empregado: “cemitérios de cristais - *crystal graveyards*”).

Os testes de equilíbrio plagioclásio-líquido sugeridos por Cornet *et al.* (2022) foram aplicados para os três corpos estudados, e ilustram de forma didática os processos de desequilíbrio. Este comportamento já era esperado em algum grau para os Gabros Passo da Fabiana, onde termos cumulados são evidentes.

Entretanto, estas feições foram detectadas pela primeira vez também nas ocorrências do Diorito Alto Alegre, e Diorito Capim Branco.

Análises adicionais baseadas nas composições da olivina e do anfibólio também referendam a assinatura mais evoluída da maior parte dos minerais, em relação à rocha total. Nestes testes raros cristais apresentaram composições mais primitivas, o que pode ser interpretado como antecristais em equilíbrio com composições primitivas, ou originados em eventos de recarga por magmas máficos no sistema.

Este desequilíbrio traz ainda outra implicação importante, que diz respeito à evolução destas rochas em sistema aberto. Este aspecto é referendado também pela: 1) identificação de texturas minerais indicativas de desequilíbrio; 2) pela ampla variação observada nas composições químicas de uma mesma ocorrência; e 3) pela dispersão nas composições dos minerais, por vezes apresentando significativa variação até mesmo em um único cristal. De modo similar ao que é proposto por Cornet *et al.* (2022) e Fiedrich *et al.* (2017) para o Batólito *Adamello*, sugerimos que as variações texturais e composicionais observadas resultam da sobreposição de uma evolução magmática em sistema aberto, com processos de acumulação.

Com base na análise dos padrões texturais, conclui-se ainda que as rochas básicas do SE do Cinturão Dom Feliciano estiveram submetidas a uma evolução magmática complexa, com sobreposição de diferentes mecanismos de diferenciação. Os principais processos magmáticos identificados compreendem: 1) a formação de cumulados e texturas vinculadas; 2) a ocorrência de significativo desequilíbrio químico e textural durante a cristalização, provavelmente devido a eventos de recarga e/ou migração de líquidos reativos na câmara, com reciclagem/remobilização dos *mushes* cristalinos; 3) a infiltração de líquidos tardios nos *mushes* previamente cristalizados; e 4) a progressiva hidratação dos sistemas com a diferenciação magmática.

A análise integrada das assinaturas químicas de diferentes espécies minerais, as quais convergiram para padrões similares, nos permitiram sugerir afinidades químicas e fontes para os magmas básicos. As composições da olivina (Herzberg, 2011) nos GPF indicaram que estes líquidos não correspondem a magmas primitivos/primários. Por outro lado, estes são compatíveis com líquidos submetidos

a algum grau de fracionamento, com derivação a partir de composições aproximadas com 8-20% MgO, a partir da fusão parcial de fontes peridotíticas.

As assinaturas químicas dos clino- e ortopiroxênios (Escuder-Virueite *et al.*, 2019) referendam estas fontes, em detrimento de composições derivadas de piroxenitos. Além do mais, estas indicam composições equiparáveis às de cumulados máficos, vinculados a ambientes de arco magmático. Estas assinaturas são compatíveis com as interpretações acerca da evolução tectônica da área de estudo, que sugerem a existência de pelo menos um arco magmático na região (Philipp, 1998; Bastos *et al.*, 2020; Porcher *et al.*, 2021).

Ainda que as rochas básicas tenham sido posicionadas em regime pós-colisional, o(s) evento(s) de subducção prévio(s) modificaram a composição química do manto, resultando nestas assinaturas. Estes padrões também são detectados em composições de rocha total, conforme discutido em Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018).

A composição de piroxênios e anfibólios também tem sido utilizada como importante marcador petrogenético das afinidades químicas dos líquidos magmáticos (Molina *et al.*, 2009). Baseado neste estudo, as composições destes minerais nas três ocorrências básicas apresentam uma disposição nos campos subalcalino+alcalino, onde há sobreposição de ambas assinaturas conforme o referido autor, ou então se dispõe no campo subalcalino.

Ademais, uma maior tendência das análises para este último campo sugere uma afinidade subalcalina para os líquidos, a qual é referendada pelas composições das micas, que marcam uma assinatura cálcio-alcalina, típica de suítes orogênicas (Abdel-Rahman, 1994). Estas assinaturas também são compatíveis com a derivação dos líquidos proposta por Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018), a partir de magmas basálticos cálcio-alcalinos alto-alumina.

Ainda que os processos de desequilíbrio mineral-líquido sejam significativos nestas rochas básicas, a avaliação de diferentes métodos geotermobarométricos possibilitou estimar as condições de P-T médias para a cristalização. Devido ao pronunciado desequilíbrio de determinados métodos, alguns resultados reportaram valores irreais (muito baixos, nulos ou até mesmo negativos). Nestes casos, os

valores foram desconsiderados nas estimativas finais, ainda que forneçam importantes informações acerca dos problemas de equilíbrio mineral-líquido.

Devido à mineralogia mais diversificada nos GPF, vários métodos puderam ser aplicados e avaliados em conjunto nesta ocorrência. Os cálculos que demonstraram melhores condições de equilíbrio foram os do termobarômetro clinopiroxênio-líquido (Neave & Putirka, 2017), com temperaturas médias de 1063-1248 °C. Os valores calculados pela média dos métodos aplicados são similares, ainda que um pouco menores (987-1179 °C). As condições de pressão médias estimadas pelo mesmo método variaram entre 5,2-10,7 kbar (~17,3-35,7 km), equivalendo a cristalização em crosta média a inferior.

A mineralogia mais restrita do DAA restringiu as possibilidades dos cálculos de P-T. Os termobarômetros baseados em anfibólio-líquido resultaram em desequilíbrio significativo, fato pelo qual as temperaturas calculadas pelo método de Molina *et al.* (2015) foram consideradas mais representativas, com valores médios entre 1018-1045 °C. Ainda que a maior parte destes minerais apresente algum grau de desequilíbrio, as pressões médias calculadas pelo método anfibólio-plagioclásio foram consideradas as mais adequadas dentre os testes realizados, resultando no intervalo de 3-5,5 kbar (~10-18,3 km), em condições de crosta média.

Para o DCB, a existência dos relictos de clinopiroxênio possibilitou a aplicação do método de Neave & Putirka (2017), o qual apresentou boa correlação nos cálculos de equilíbrio mineral-líquido. Este termobarômetro resultou em valores médios de 1150 °C, e 7 kbar (~23,3 km), correspondendo também a condições intermediárias na crosta.

O artigo II contribuiu significativamente para a avaliação da cronologia e do posicionamento estratigráfico do magmatismo básico no sudeste do Cinturão Dom Feliciano, já que não havia dados geocronológicos absolutos disponíveis para as rochas intrusivas básicas. Da mesma forma, novos dados foram coletados em duas importantes unidades geológicas da área, a Suíte Dom Feliciano e a Suíte Cerro Grande, que também careciam de informações geocronológicas. Assim, foi possível estabelecer a cronologia dos eventos magmáticos desta porção do cinturão.

Para a região do entorno dos GPF (NW da área ilustrada na figura 2a), o biotita monzogranito interpretado como pertencente à Suíte Cerro Grande apresentou idade de cristalização (U-Pb LA-ICP-MS em zircão) de 612 ± 1 Ma. Considerando-se as idades disponíveis para os granitoides do Complexo Pinheiro Machado no SE do cinturão (633-609 Ma), estas duas unidades representam as litologias mais antigas da área, na qual os GPF foram intrudidos.

O magmatismo da Suíte Cerro Grande na região é sucedido pela intrusão dos GPF, com idades de cristalização U-Pb SHRIMP em zircão de $591,2 \pm 3,5$ Ma. Por fim, o evento magmático mais jovem caracterizado neste setor corresponde à cristalização dos leucosienogranitos da Suíte Dom Feliciano, com idade de 588 ± 2 (U-Pb LA-ICP-MS em zircão). Esta é apenas ligeiramente mais nova, e praticamente sobreposta à idade dos GPF.

Para a região SE da área ilustrada na figura 2a, as análises geocronológicas resultaram em uma idade de cristalização de $562 \pm 3,7$ Ma para o DAA (U-Pb SHRIMP em zircão). Assim, conclui-se que o mesmo é intrusivo nas rochas do Complexo Pinheiro Machado, que apresenta idade de cristalização de 625 ± 4 Ma (Philipp *et al.*, 2002) em uma pedreira próxima aos dioritos. Por fim, a diferença temporal (~30 Ma) entre o posicionamento do DAA em relação aos GPF também referenda a separação das rochas básicas em associações distintas, conforme proposto por Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018).

De acordo com o disposto na seção 1.4.1 do “Estado da Arte”, a avaliação dos mecanismos de posicionamento e evolução de magmas básicos hidratados durante a evolução de cinturões orogênicos a pós-colisionais é de grande relevância. As informações geológicas registradas nessas rochas fornecem dados cruciais para o entendimento da evolução geodinâmica destes domínios, funcionando como marcadores-chave dos processos petrológicos (Sisson *et al.*, 1996; Roberts *et al.*, 2000; Bonin, 2004). Além do mais, o posicionamento destes líquidos básicos pode contribuir com calor e material à geração dos magmas intermediários a ácidos (Annen *et al.*, 2006; Solano *et al.*, 2012), que constituem a maior parte dos cinturões.

De acordo com a evolução geodinâmica do Cinturão Dom Feliciano, ainda que diferentes modelos tectônicos sejam propostos, no intervalo entre 590-560 Ma a área de estudo já é considerada em contexto pós-colisional (Basei *et al.*, 2018;

Hueck *et al.*, 2018). Neste intervalo temporal os esforços tectônicos compressivos se encontram em redução, na transição para uma fase de relaxamento crustal com esforços transcorrentes ainda ativos, e geração de zonas extensionais. Estes *locus* extensionais propiciam inclusive a formação de bacias sedimentares com vulcanismo associado (Lima & Nardi, 1998; Gastal *et al.*, 2005; Sommer *et al.*, 2006; Janikian *et al.*, 2012).

Tradicionalmente, esta transição nos regimes tectônicos é considerada crucial para o posicionamento de magmas básicos (Roberts *et al.*, 2000; Bonin, 2004; Rezeau *et al.*, 2018). Na área estudada, neste período ocorre fusão parcial do manto, promovendo o influxo de líquidos basálticos hidratados, cálcio-alcalinos alto-alumina, para a crosta. Logo, estes processos contribuem diretamente para a evolução geodinâmica do Cinturão Dom Feliciano por meio da acreção vertical de material, e também com calor, elevando o gradiente termal regional, o que pode ter favorecido a geração de parte dos magmas graníticos.

Ainda que estudos complementares sejam necessários para determinar com maior assertividade este processo, a contribuição dos magmas básicos provendo também líquidos residuais fracionados que impactariam na evolução das unidades mais diferenciadas do cinturão não pode ser descartada. As estreitas relações temporais das rochas básicas com os granitos, em especial dos GPF com a Suíte Dom Feliciano, que apresentam posicionamento praticamente coevo, sugerem que os magmas máficos desempenharam um papel importante na evolução dos granitos tardios do cinturão. Ademais, o significativo desequilíbrio das composições mineral-líquido detectado no Artigo II, que sugerem perda parcial dos líquidos magmáticos, pode referendar esta proposta.

Assim, depreende-se que é essencial considerar a evolução dos granitoides tardios e do próprio cinturão, em conjunto com a evolução das rochas intrusivas básicas e seus processos petrogenéticos vinculados. Por fim, os dados coletados no escopo deste estudo indicam que um importante componente do manto esteve envolvido no estágio pós-colisional da evolução geodinâmica do Cinturão Dom Feliciano. Nesse contexto, líquidos basálticos hidratados alto-alumina foram gerados, com posicionamento em níveis crustais mais rasos controlado por estruturas regionais.

1.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise combinada das texturas e composições minerais constituíram ferramentas essenciais para a avaliação da evolução petrológica das rochas intrusivas básicas do SE do Cinturão Dom Feliciano, RS. O conjunto de dados coletados permitiu a identificação de uma evolução magmática complexa para estas rochas, com diferentes processos magmáticos sobrepostos, causando considerável dispersão nos dados químicos e ampla variação textural.

Estas feições foram interpretadas como produto da combinação, em graus variáveis, de acumulação de cristais com processos de diferenciação em sistema aberto, com uma evolução magmática dinâmica. Os processos propostos incluem perda parcial de líquidos, eventos de recarga magmática (principalmente por líquidos hidratados em desequilíbrio), e infiltração, remobilização e reciclagem dos *mushes* cristalinos. A sobreposição destes mecanismos pode explicar a variabilidade das texturas, das composições minerais e em rocha-total, bem como o desequilíbrio mineral-líquido.

Em relação às fontes e afinidades químicas, a composição da olivina nos GPF indica derivação a partir de peridotitos, e líquidos fracionados com ~8-20% MgO, não correspondendo a magmas primários/primitivos. Os clino- e ortopiroxênios exibem composições de cumulados máficos de arco-magmático, o que coincide com o contexto tectônico da região, já que eventos prévios de subducção afetaram a composição química do manto. Ainda que haja sobreposição das afinidades químicas em alguns diagramas de anfibólios e piroxênios, uma maior tendência para o campo subalcalino é observada. Esta é referendada pela assinatura das micas, que aponta para líquidos cálcio-alcalinos, típicos de suítes orogênicas.

Ainda que haja significativo desequilíbrio em alguns termobarômetros e os resultados precisem ser considerados com cautela, sugerimos condições de P-T para a cristalização das rochas intrusivas básicas. Os resultados mais adequados indicam valores médios de 1018-1045 °C e 3-5,5 kbar (crosta média) para o DAA, 1063-1248 °C e 5,2-10,7 kbar (crosta média a inferior) para os GPF, e 1150 °C e 7 kbar (crosta média) para o DCB.

Os dados geocronológicos delimitaram as idades de cristalização dos GPF e DAA, bem como de granitos das suítes Dom Feliciano e Cerro Grande. Estas informações possibilitaram a definição da cronologia e das relações estratigráficas dos eventos magmáticos desta porção do Cinturão Dom Feliciano.

Para a região de Pinheiro Machado, o biotita monzogranito considerado como representante da Suíte Cerro Grande na área exibiu idade de cristalização U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão de 612 ± 1 Ma. Já os GPF, com idade de cristalização de $591,2 \pm 3,5$ Ma (zircão, U-Pb SHRIMP) são intrusivos nesta unidade, e também mais jovens do que o Complexo Pinheiro Machado (633-609 Ma). Por fim, o leucosienogranito da Suíte Dom Feliciano apresentou idade de cristalização em zircão (U-Pb - LA-ICP-MS) de 588 ± 2 Ma, levemente mais jovem e parcialmente coeva aos GPF.

Para o setor SE da área de estudo, o Diorito Alto Alegre apresentou idade de cristalização U-Pb SHRIMP em zircão de $562 \pm 3,7$ Ma. Logo, este é intrusivo no Complexo Pinheiro Machado, que apresenta idade de cristalização em 625 ± 4 Ma nas proximidades (zircão, U-Pb TIMS).

Estes dados demonstram que um importante componente do manto, responsável pela geração de magmas basálticos hidratados, cálcio-alcálicos alto alumina, participou da evolução tardia (590-560 Ma) do Cinturão Dom Feliciano. Neste período, o cinturão se encontrava em estágio pós-colisional, em um contexto geodinâmico com redução de esforços compressivos, seguido por um período com regimes transcorrentes ainda ativos, e zonas extensionais.

Estas condições transicionais possibilitaram a fusão parcial do manto originando diversas ocorrências de rochas intrusivas básicas, com posicionamento controlado por estruturas regionais profundas. A colocação destes líquidos contribuiu para a evolução geodinâmica tardia do cinturão pela adição vertical de material do manto para a crosta, bem como fonte de calor que pode ter favorecido os processos de fusão parcial, e contribuído para a evolução dos granitoides.

A produção de líquidos residuais fracionados a partir dos magmas básicos, os quais podem ter interagido com líquidos de derivação crustal e contribuído também para a formação das unidades mais diferenciadas do cinturão, não pode ser descartada. Entretanto, estudos adicionais coletando novos dados tanto nas rochas

básicas, quanto nos granitoides da região, são necessários para avaliar tais processos.

1.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Rahman, A.F.M. 1994. Nature of Biotites from Alkaline, Calc-alkaline, and Peraluminous Magmas. *Journal of Petrology*, 35(2): 525-541.
- Annen, C., Blundy, J.D. & Sparks, R.S.J. 2006. The genesis of intermediate and silicic magmas in deep crustal hot zones. *Journal of Petrology*, 47(3): 505-539.
- Babinski, M., Chemale Jr., F., Van Schmus, W.R., Hartmann, L.A. & Silva, L.C. 1997. U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Neoproterozoic Granitic-Gneissic Dom Feliciano Belt, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 10(3-4): 263-274.
- Bachmann, O. & Huber, C. 2016. Silicic magma reservoirs in the Earth's crust. *American Mineralogist*, 101: 2377–2404.
- Bailey, E.B. 1960. *The geology of Ben Nevis and Glen Coe*. Memoirs of the British Geological Survey, 2nd ed. London, British Geological Survey, 307p.
- Basei, M.A.S., Frimmel, H.E., Campos Neto, M.C., Araujo, C.E.G., Castro, N.A. & Passarelli, C.R. 2018. The Tectonic History of the Southern Adamastor Ocean Based on a Correlation of the Kaoko and Dom Feliciano Belts. *In: Siegesmund, S., Basei, M.A.S., Oyhantçabal, P., Oriolo, S. (Eds.). Geology of Southwest Gondwana*. Switzerland, Springer, p. 63-88.
- Bastos, V.A., Koester, E., Lenz, C., Dal Olmo-Barbosa, L., Porcher, C.C., Loureiro, P.O., Vieira, D.T., Ramos, R.C. & Cedeño, D.G. 2020. Contribution to the understanding of the Pinheiro Machado Complex (Dom Feliciano Belt, Brazil): A study of textures, mineral chemistry, and crystallization conditions. *Geological Journal*, 1–22.
- Bea, F., Montero, P. & Molina, J.F. 1999. Mafic precursors, peraluminous granitoids, and lamprophyres in the Avila batholith: a model for the generation of Variscan batholiths in Iberia. *Journal of Geology*, 107: 399-419.
- Bitencourt, M.F. & Nardi, L.V.S. 2000. Tectonic setting and sources of magmatism related to the Southern Brazilian Shear Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 184-187.

- Bonin, B. 2004. Do coeval mafic and felsic magmas in post-collisional to within-plate regimes necessarily imply two contrasting, mantle and crustal, sources? A review. *Lithos*, 78(2004): 1-24.
- Boudreau, A.E. 1995. Fluid evolution in layered intrusions: Evidence from the chemistry of the halogen-bearing minerals. *In*: Thompson, J.F.H. (Ed.). *Magmas, Fluids and Ore Deposits*. Geological Society of Canada Short Course Series, 23, p. 25-46.
- Boudreau, A.E. 2017. A personal perspective on layered intrusions. *Elements: an International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*, 13(6): 380.
- Bowen, N.L. 1928 *The Evolution of the Igneous Rocks*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 334p.
- Bowes, D.R. & McArthur, A.C. 1976. Nature and genesis of the appinite suite. *Krystalinikum*, 12: 31-46.
- Brito Neves, B.B., Campos Neto, M.C. & Fuck, R.A. 1999. From Rodinia to Western Gondwana, an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, 22: 155-166.
- Camozzato, E., Philipp, R.P., Laux, J.H., Chemale Jr., F. & Iglesias, C.M.F. 2016. Batólito Torquato Severo e a colagem dos Terrenos Taquarembó e São Gabriel, RS. *In*: 48º Congresso Brasileiro de Geologia, 2016, Porto Alegre. Anais..., SBG, p. 846.
- Campbell, I.H. 1978. Some problems with the cumulus theory. *Lithos*, 11: 311-323.
- Canning, J.C., Henney, P.J., Morrison, M.A. & Gaskarth, J.W. 1996. Geochemistry of late Caledonian minettes from northern Britain: implications for the Caledonian sub-continental lithospheric mantle. *Mineralogical Magazine*, 60(398): 221–236.
- Caroff, M., Coint, N., Hallot, E., Hamelin, C., Peucat, J.J. & Charreteur, G. 2011. The mafic-silicic layered intrusions of Saint-Jean-du-Doigt (France) and North-Guernsey (Channel Islands), Armorican Massif: Gabbro-diorite layering and mafic cumulate-pegmatoid association. *Lithos*, 125: 675-692.

- Castro, A., Corretgé, L.G., De La Rosa, J.D., Fernández, C., López, S., García-Moreno, O. & Chacón, H. 2003. The Appinite-Migmatite Complex of Sanabria, NW Iberian Massif, Spain. *Journal of Petrology*, 44(7): 1309-1344.
- Cawthorn, R.G. 2015. The Bushveld Complex, South Africa. *In: Charlier, B., Namur, O., Latypov, R., Tegner, C. (Eds.). Layered Intrusions*. Dordrecht, Springer, 517-587.
- Cawthorn, R.G., Meyer, P.S. & Kruger, F.J. 1991. Major addition of magma at the Pyroxene Marker in the Western Bushveld Complex, South Africa. *Journal of Petrology*, 32: 739-763.
- Cheadle, M.J., Gee, J.S. 2017. Quantitative textural insights into the formation of gabbro in mafic intrusions. *Elements: an International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*, 13(6): 409-414.
- Cornet, J., Bachmann, O., Ganne, J., Fiedrich, A., Huber, C., Deering, C.D. & Feng, X. 2022. Assessing the effect of melt extraction from mushy reservoirs on compositions of granitoids: From a global database to a single batholith. *Geosphere*, <https://doi.org/10.1130/GES02333.1>.
- Costa, A.F.U. 1997. *Teste e modelagem geofísica da estruturação das associações litotectônicas pré-cambrianas no Escudo Sul-rio-grandense*. Porto Alegre, 291p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Costa, A.F.U., Ramgrab, G.E. & Vasconcelos, R. 1990. Interpretação do campo magnético na porção oriental do Escudo Sul-Rio-Grandense. *In: 36º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 1990, Natal. *Anais...Natal, SBG*, v. 5, p. 2439-2444.
- Couzinié, S., Laurent, O., Moyen, J.F. Zeh, A., Bouilhol, P. & Villaros, A. 2016. Post-collisional magmatism: crustal growth not identified by zircon Hf-O isotopes. *Earth and Planetary Science Letters*, 456: 182-195.
- Cruz, R.F. 2018. *Projeto sudeste do Rio Grande do Sul: mapa de integração de cartografia geológica*. Porto Alegre, CPRM, escala 1:250.000.
- Cruz, R.F. 2019. *Projeto Sudeste do Rio Grande do sul: escalas 1:250.000 e 1:100.000; estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CPRM, 173p.

Dal Olmo-Barbosa, L. 2015. *Geologia e petrologia das rochas intrusivas básicas-ultrabásicas da região sudeste do Cinturão Dom Feliciano, RS*. Porto Alegre, 207p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Dal Olmo-Barbosa, L., Koester, E. & Gastal, M.C.P. 2018. Rochas intrusivas básicas no sudeste do Cinturão Dom Feliciano, RS: petrografia e geoquímica das associações I e II. *Geologia USP, Série Científica*, 18(2): 149-170.

Dal Olmo-Barbosa, L., Koester, E., Vieira, D.T., Porcher, C.C. & Cedeño, D.G. 2021. Crystallization ages of the basic intrusive Ediacaran magmatism in the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil: Implications in the belt geodynamic evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 108: 103143. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103143>

Deschamps, F., Duchêne, S., Sigoyer, J., Bosse, V., Benoit, M. & Vanderhaeghe, O. 2018. Coeval mantle-derived and crust-derived magmas forming two neighbouring plutons on the Songpan Ganze Accretionary Orogenic Wedge (SW China). *Journal of Petrology*, 58: 2221-2256.

Drew, D., Murray, T., Sruoga, P. & Feineman, M.D. 2010. Evidence for a deep crustal hot zone beneath the Diamante Caldera-Maipo volcanic complex, Southern Volcanic Zone. *In: American Geophysical Union, Fall Meeting 2010, San Francisco. Physics Abstract Services, AGU, abstract #V33B-2367.*

Emeleus, C.H. & Bell, B.R. 2005. *The Palaeogene Volcanic Districts of Scotland*. 4th Edition. Nottingham, British Geological Survey, 342-343p.

Escuder-Virujete, J.; Andjić, G.; Baumgartner-Mora, C.; Baumgartner, P.O.; Castillo-Carrión, M. & Gabites, J. 2019. Origin and geodynamic significance of the Siuna Serpentinite Mélange, Northeast Nicaragua: Insights from the large-scale structure, petrology and geochemistry of the ultramafic blocks. *Lithos*, 340-341: 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.05.002>.

Fenner, C.N. 1929. The crystallization of basalts. *American Journal of Science*, 18: 225-253.

Fernandes, L.A.D., Menegat, R., Costa, A.F.U., Koester, E., Porcher, C.C., Tommasi, A., Kraemer, G., Ramgrab, G.E. & Camozzato, E. 1995a. Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-rio-grandense: parte I - uma contribuição a partir do registro geológico. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 351-374.

Fernandes, L.A.D., Menegat, R., Costa, A.F.U., Koester, E., Porcher, C.C., Tommasi, A., Kraemer, G., Ramgrab, G.E. & Camozzato, E. 1995b. Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte II – uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 375-384.

Fiedrich, A.M., Bachmann, O., Ulmer, P., Deering, C.D., Kunze, K. & Leuthold, J. 2017. Mineralogical, geochemical, and textural indicators of crystal accumulation in the Adamello Batholith (Northern Italy). *American Mineralogist*, 102: 2467-2483.

Fowler, M.B., Henney, P.J. Darbyshire, D.P.F. & Greenwood, P.B. 2001. Petrogenesis of high Ba-Sr granites: the Rogart pluton, Sutherland. *Journal of the Geological Society of London*, 158: 521-534.

Fragoso Cesar, A.R.S. 1991. *Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: As orogênicas dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul*. São Paulo, 367p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Fragoso Cesar, A.R.S., Figueiredo, M.C.H., Soliani Jr, E. & Faccini, U.F. 1986. O Batólito Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 34., 1986, Goiânia. *Anais... Goiânia, SBG*, v. 3, p. 1322-1343.

Fragoso Cesar, A.R.S., Machado, R., Monteiro, R. & Sallet, R. 1989. Nappes e estruturas correlatas do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio Sul-Riograndense: Uma introdução ao problema. *Acta Geológica Leopoldensia*, 30(13): 75-92.

French, W.J. 1966. Appinitic intrusions clustered around the Ardara pluton. *Proceedings of the Royal Irish Academy*, 64b: 303-322,

Galán, G. & Suárez, O. 1989. Cortlanditic enclaves associated with calc-alkaline granites from Tapia-Asturias (Hercynian Belt, NW Spain). *Lithos*, 23: 233-245.

- Ganne, J., Bachmann, O. & Feng, X. 2018. Deep into magma plumbing systems: Interrogating the crystal cargo of volcanic deposits. *Geology*, 46(5): 415-418.
- Gastal, M.C.P., Lafon, J.M., Hartmann, L.A. & Koester, E. 2005. Sm-Nd isotopic investigation of Neoproterozoic and Cretaceous igneous rocks from southern Brazil: A study of magmatic processes. *Lithos*, 82: 345–377.
- Gerdes, A. & Zeh, A. 2006. Combined U-Pb and Hf isotope LA-(MC)-ICP-MS analyses of detrital zircons: comparison with SHRIMP and new constraints for the provenance and age of an Armorican metasediment in Central Germany. *Earth and Planetary Science Letters*, 249: 47-61.
- Gill, R. 2010. *Igneous Rocks and Processes: A practical guide*. Oxford, Wiley-Blackwell, 325p.
- Girelli, T.J., Chemale Jr., F., Lavina, E.L.C., Laux, J.H., Bongiolo, E.M. & Lana, C. 2018. Granulite accretion to Rio de la Plata Craton, based on zircon U-Pb-Hf isotopes: Tectonic implications for Columbia Supercontinent reconstruction. *Gondwana Research*, 56: 105-118.
- Hartmann, L.A., Lopes, W.R. & Savian, J.F. 2016. Integrated evaluation of the geology, aerogamaspectrometry and aeromagnetometry of the Sul-Riograndense Shield, southernmost Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(1): 75-92.
- Hepworth, L.N., O'Driscoll B, G.R., Daly, J.S. & Emeleus, C.H. 2017. Incremental construction of the Unit 10 peridotite, Rum Eastern Layered Intrusion, NW Scotland. *Journal of Petrology*, 58: 137-166.
- Herzberg, C. 2011. Identification of source lithology in the Hawaiian and Canary Islands: Implications for origins. *Journal of Petrology*, 52(1): 113-146.
- Hines, R., Paterson, S.R., Memeti, V. & Chambers, J.A. 2018. Nested incremental growth of upper zoned crustal plutons in the Southern Uplands Terrane, UK: fractionating, mixing and contaminated magma fingers. *Journal of Petrology*, 59(3): 483-516.

Holness, M.B. & Vernon, R.H. 2015. The Influence of Interfacial Energies on Igneous Microstructures. In: Charlier, B., Namur, O., Latypov, R., Tegner, C. (Eds.). *Layered Intrusions*. Netherlands, Springer Science, 183-228.

Holness, M.B, Cheadle, M.J. & McKenzie, D. 2005. On the Use of Changes in Dihedral Angle to Decode Late-stage Textural Evolution in Cumulates. *Journal of Petrology*, 46(8): 1565-1583.

Holness, M.B., Nielsen, T.F.D. & Tegner, C. 2006. Textural Maturity of Cumulates: a Record of Chamber Filling, Liquidus Assemblage, Cooling Rate and Large-scale Convection in Mafic Layered Intrusions. *Journal of Petrology*, 48: 141-157.

Holness, M.B., Nielsen, T.F.D. & Tegner, C. 2017. The Skaergaard intrusion of East Greenland: paradigms, problems, and new perspectives. *Elements: an International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*, 13(6): 391-396.

Horbach, R., Marimon, R.G. & Kuck, L. 1984. Ocorrência de Rochas Granulíticas no Maciço Pelotas, Escudo Sul-Rio-Grandense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. *Anais...Rio de Janeiro, SBG*, v.7, p. 3143-3150.

Hueck, M., Oyhantçabal, P., Philipp, R.P., Basei, M.A.S. & Siegesmund, S. 2018. The Dom Feliciano Belt in Southern Brazil and Uruguay. In: Siegesmund, S., Basei, M.A.S., Oyhantçabal, P., Oriolo, S. (Eds.). *Geology of Southwest Gondwana*. Switzerland, Springer, p. 267-302.

Huppert, H.E. & Sparks, R.S.J. 1988. The generation of granitic magmas by intrusion of basalt into continental crust. *Journal of Petrology*, 29: 599-624.

Irvine, T.N., Anderson, J.C.Ø. & Brooks, C.K. 1998. Included blocks (and blocks within blocks) in the Skaergaard intrusion: geologic relations and the origins of rhythmic modally graded layers. *Geological Society of America Bulletin*, 110: 1398-1447.

Janikian, L., Almeida, R.P., Fragoso-Cesar, A.R.S., Martins, V.T.S, Dantas, E.L., Tohver, E., McReath, I. & D'Agrella-Filho, M.S. 2012. Ages (U-Pb SHRIMP and LA ICPMS) and stratigraphic evolution of the Neoproterozoic volcano-sedimentary

successions from the extensional Camaquã Basin, Southern Brazil. *Gondwana Research*, 21: 466–482.

Klein, F.G., Koester, E., Vieira, D.T., Ramos, D.T., Porcher, C.C. & Philipp, R.P. 2018. Geologia do Granito Três Figueiras: magmatismo peraluminoso de 585 Ma no sudeste do Cinturão Dom Feliciano. *Pesquisas em Geociências*, 45: e0665.

Koester, E., Pawley, A.R., Fernandes, L.A.D., Porcher, C.C. & Soliani Jr., E. 2002. Experimental melting of cordierite gneiss and the petrogenesis of syntranscurrent peraluminous granites in the southern Brazil. *Journal of Petrology*, 48(43): 1595-1616.

Koester, E., Porcher, C.C., Pimentel, M.M., Fernandes, L.A.D., Vignol-Lelarge, M.L., Oliveira, L.D. & Ramos, R.C. 2017. Further evidence of 777 Ma subduction-related continental arc magmatism in Eastern Dom Feliciano Belt, southern Brazil: The Chácara das Pedras Orthogneiss. *Journal of South American Earth Sciences*, 68: 155-166.

Koester, E., Bertotti, A.L., Porcher, C.C., Lenz, C., Vieira, D.T., Dal Olmo-Barbosa, L., Ramos, R.C., Bastos, V.A. & Pinto, V.M. 2021. A evolução crustal do Escudo Sul-Rio-Grandense sob a perspectiva dos sistemas isotópicos Sr-Nd. In: A.R. Jelinek; C.A. Sommer (Ed.). *Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre, Editora Compasso Lugar-Cultura, p. 13-27.

Latypov, R. e 15 coautores. 2015. Fundamentally flawed: A discussion of ‘Of some fundamentals of igneous petrology’ by Bruce D. Marsh, Contributions to Mineralogy and Petrology. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 166: 665-690.

Laurent, O., Doucelance, R., Martin, H. & Moyen, J.-F. 2013. Differentiation of the late- Archaean sanukitoid series and some implications for crustal growth: insights from geochemical modelling on the Bulai pluton, Central Limpopo Belt, South Africa. *Precambrian Research*, 227: 186-203.

Lenz, C., Porcher, C.C., Fernandes, L.A.D., Masquelin, H., Koester, E. & Conceição, R.V. 2013. Geochemistry of the Neoproterozoic (800-767 Ma) Cerro Bori orthogneisses, Dom Feliciano Belt in Uruguay: tectonic evolution of an ancient continental arc. *Mineralogy and Petrology*, 107: 785-806.

- Leuthold, J., Muntener, O., Baumgartner, L.P., Putlitz, B. 2014. Petrological constraints on the recycling of mafic crystal mushes and intrusion of braided sills in the Torres del Paine Mafic Complex (Patagonia). *Journal of Petrology*, 55(5): 917-949.
- Lima, E.F. & Nardi, L.V.S. 1998. The Lavras do Sul shoshonitic association: implications for the origin and evolution of Neoproterozoic shoshonitic magmatism in southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 11: 67-77.
- Loureiro, P.O. 2013. *Evolução magmática do Complexo Pinheiro Machado na Região de Monte Bonito, Pelotas, RS*. Porto Alegre, 75p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Ludwig, K.R. 2003. User's manual for Isoplot/Ex version 3.00 - A geochronology toolkit for Microsoft Excel. *Berkeley geochronological Center Special Publication*, 4: 70.
- Marsh, B.D. 2013. On some fundamentals of igneous petrology. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 166: 665-690.
- McBirney, A.R. & Noyes, R.M. 1979. Crystallization and layering in the Skaergaard Intrusion. *Journal of Petrology*, 20: 487-554.
- Molina, J.F., Moreno, J.A., Castro, A., Rodríguez, C. & Fershtater, G.B. 2015. Calcic amphibole thermobarometry in metamorphic and igneous rocks: New calibrations based on plagioclase/amphibole Al-Si partitioning and amphibole/liquid Mg partitioning. *Lithos*, 232: 286-305.
- Molina, J.F., Scarrow, J.H., Montero, P.G. & Bea, F. 2009. High-Ti amphibole as a petrogenetic indicator of magma chemistry: Evidence for mildly alkalic-hybrid melts during evolution of Variscan basic-ultrabasic magmatism of Central Iberia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 158: 69-98. <https://doi.org/10.1007/s00410-008-0371-4>.
- Moreira, M.L.O. & Marimon, M.P.C. 1984. Petrografia dos Granulitos do Leste do Escudo Sul-Riograndense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. *Anais...Rio de Janeiro, SBG*, v.9, p. 4463 – 4471.

Moritz, R., Rezeau, H., Ovtcharova, M., Tayan, R., Melkonyan, R., Hovakimyan, S., Ramazanov, V., Selby, D., Ulianov, A., Chiaradia, M. & Putlitz, B. 2016. Long-lived, stationary magmatism and pulsed porphyry systems during Tethyan subduction to post-collision evolution in the southernmost Lesser Caucasus, Armenia and Nakhitchevan. *Gondwana Research*, 37: 465-503.

Morse, S.A., Davidson, J.P. & Tepley, F.J. 2017. Plagioclase zonation: an archive of trapped liquid and crystal contamination. *Elements: an International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*, 13(6): 403-408.

Mungall, J.E., Kamo, S.L. & McQuade, S. 2016. U–Pb geochronology documents out-of-sequence emplacement of ultramafic layers in the Bushveld Igneous Complex of South Africa. *Nature Communications*, 7.

Nardi, L.V.S. & Hartmann, L.A. 1979. O Complexo Santa Maria Chico do Escudo Sul-riograndense. *Acta Geologica Leopoldensia*, 6, 45-75.

Neave, D.A. & Putirka, K.D. 2017. A new clinopyroxene-liquid barometer, and implications for magma storage pressures under Icelandic rift zones. *American Mineralogist*, 102: 777-794.

O'Driscoll, B. & VanTongeren, J.A. 2017. Layered Intrusions: From Petrological Paradigms to Precious Metal Repositories. *Elements: an International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*, 13(6): 383-389.

Oriolo, S., Hueck, M., Oyhantçabal, P., Goscombe, B., Wemmer, K. & Siegesmund, S. 2018. Shear Zones in Brasiliano-Pan-African Belts and Their Role in the Amalgamation and Break-Up of Southwest Gondwana. *In: Siegesmund, S., Basei, M.A.S., Oyhantçabal, P., Oriolo, S. (Eds.). Geology of Southwest Gondwana. Switzerland, Springer, p. 267-302.*

Oyhantçabal, P., Oriolo, S., Philipp, R.P., Wemmer, K. & Siegesmund, S. 2018. The Nico Pérez terrane of Uruguay and southeastern Brazil. *In: Siegesmund, S., Basei, M.A.S., Oyhantçabal, P., Oriolo, S. (Eds.). Geology of Southwest Gondwana. Switzerland, Springer, p. 161-188.*

Paim, P.S.G., Chemale Jr., F. & Lopes, C. 2000. A Bacia do Camaquã. Geologia do Rio Grande do Sul, *CIGO/UFRGS*, 231-274.

- Paterson, S., Memeti, V., Mundil, R. & Zák, J. 2016. Repeated, multiscale, magmatic erosion and recycling in a upper-crustal pluton: Implications for magma chamber dynamics and magma volume estimates. *American Mineralogist*, 101: 2176-2198.
- Peel, E., Bettucci, L.S. & Basei, M.A.S. 2018. Geology and geochronology of Paso del Dragón Complex (northeastern Uruguay): Implications on the evolution of the Dom Feliciano Belt (Western Gondwana). *Journal of South American Earth Sciences*, 85: 250-262.
- Pe-Piper, G., Piper, D.J.W. & Tsikouras, B. 2010. The late neoproterozoic Frog lake hornblende gabbro pluton, Avalon Terrane of Nova Scotia: evidence for the origins of appinites. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 47: 103-120.
- Philipp, R.P. 1998. *A evolução geológica e tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 269p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Philipp, R.P. & Machado, R. 2001. Suítes Graníticas Do Batólito Pelotas No Rio Grande Do Sul: Petrografia, Tectônica E Aspectos Petrogenéticos. *Revista Brasileira de Geociências*, 31: 257-266. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2001313257266>.
- Philipp, R.P., Machado, R. & Chemale Jr., F. 2007. A Geração dos granitoides Neoproterozoicos do Batólito Pelotas: evidências dos isótopos de Sr e Nd e implicações para o crescimento continental da porção sul do Brasil. *In: R. Ianuzzi; J.C. Frantz (Ed.). 50 anos de Geologia. Instituto de Geociências. Contribuições*. 1ed. Porto Alegre, Brasil: Editora Comunicação e Identidade, p. 59-77.
- Philipp, R.P., Machado, R., Nardi, L.V.S. & Lafon, J.M. 2002. O Magmatismo Granítico Neoproterozóico do Batólito Pelotas no Sul do Brasil: Novos Dados e Revisão da Geocronologia Regional. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(2): 277-290.
- Philipp, R.P., Pimentel, M.M. & Basei, M.A.S. 2018. The Tectonic Evolution of the São Gabriel Terrane, Dom Feliciano Belt, Southern Brazil: The Closure of the Charrua Ocean. *In: Siegesmund, S., Basei, M.A.S., Oyhantçabal, P., Oriolo, S. (Eds.). Geology of Southwest Gondwana*. Switzerland, Springer, p. 243-265.

Pitcher, W.S. 1997. *The nature and origin of granite*. Glasgow, Chapman and Hall, 321p.

Porcher, C.C. Lenz, C., Koester, E., Bastos, V.A., Dal Olmo-Barbosa, L., Vieira, D.T., Ramos, R.C., Pinto, V.M., Bertotti, A.L. & Fernandes, L.A.D. 2021. O Terreno Pelotas e a Orogênese Pinheiro Machado: uma revisão da estratigrafia, da evolução magmática e tectônica. *In: A.R. Jelinek; C.A. Sommer (Ed.). Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre, Editora Compasso Lugar-Cultura, p. 29-42.

Ramgrab, G.E. & Wildner, W. 2000. *Carta Geológica Folha Pedro Osório*, folha SH. 22-Y-C. Escala 1:250.000. Porto Alegre: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Ramgrab, G.E., Wildner, W., Camozzato, E. & Sander, A. 1994. Corpos Básicos no Batólito de Pelotas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Balneário Camboriú. Anais...Balneário Camboriú, SBG, v.3, p. 49-50.*

Ramgrab, G.E., Wildner, W. & Camozzato, E. 1997. *Porto Alegre, folha SH.22-Y-B: estado do Rio Grande do Sul*. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Porto Alegre: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Ramos, R.C., Koester, E., Vieira, D.T., Porcher, C.C., Gezatt, J.N. & Silveira, R.L. 2018. Insights on the evolution of the Arroio Grande Ophiolite (Dom Feliciano Belt, Brazil) from Rb-Sr and SHRIMP U-Pb isotopic geochemistry. *Journal of South American Earth Sciences*, 86: 38-53.

Reed, S.J.B. 1996. *Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology*. New York, Cambridge University Press, 201p.

Renna, M.R., Tribuzio, R. & Tiepolo, M. 2006. Interaction between basic and acid magmas during the latest stages of the post-collisional Variscan evolution: Clues from the gabbro–granite association of Ota (Corsica–Sardinia batholith). *Lithos*, 90: 92-110.

Rezeau, H., Leuthold, J., Tayan, R., Hovakimyan, S., Ulianov, A., Kouzmanov, K. & Moritz, R. 2018. Incremental growth of mid-to upper-crustal magma bodies during Arabia-Eurasia convergence and collision: a petrological study of the calc-alkaline to

shoshonitic meghri-Ordubad pluton (Southern Armenia and Nakhitchevan, Lesser Caucasus). *Journal of Petrology*, 2018(59): 931-966.

Rivera, C.B. 2019. *Construção do Maciço Sienítico Piquiri (609 a 583 Ma) por colocação sucessiva de pulsos de magma ultrapotássico e shoshonítico sob extensão no escudo Sul-rio-grandense*, 218p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Roberts, M.P, Pin, C., Clemens, J.D. & Paquette, J.L. 2000. Petrogenesis of Mafic to Felsic Plutonic Rock Associations: the Calc-alkaline Quérigut Complex, French Pyrenees. *Journal of Petrology*, 41(6): 809-844.

Rock, N.M.S. 1991. *Lamprophyres*. Glasgow, UK, Blackie, 284p.

Sato, K., Tassinari, C., Basei, M., Siga Júnior, O., Onoe, A. & Souza, M. 2014. Microsonda Iônica de Alta Resolução e de Alta Sensibilidade (SHRIMP IIe/MC) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Brasil: método analítico e primeiros resultados. *Geologia USP Série Científica*, 14(3): 3-18.

Siegesmund, S., Basei, M.A.S., Oyhantçabal, P. & Oriolo, S. 2018. *Geology of Southwest Gondwana. Regional Geology Reviews*. Switzerland, Springer, 700p.

Silva, R.F., Dal Olmo-Barbosa, L., Koester, E. & Vieira, D.T. 2020. Capão do Leão Granite: highly differentiated garnet-bearing magmatism in the southeastern Dom Feliciano Belt, Brazil. *Geological Journal*, DOI:10.1002/gj.3941.

Silva, L.C., Hartmann, L.A., Mcnaughton, N.J. & Fletcher, I.R. 1999. SHRIMP U-Pb zircon timing of Neoproterozoic granitic magmatism and collision in the Pelotas Batholith in southernmost Brazil. *International Geology Review*, 41: 531-551.

Sisson, T.W., Grove, T.L. & Coleman, D.S. 1996. Hornblende gabbro sill complex at Onion Valley, California, and a mixing origin for the Sierra Nevada batholith. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126: 81-108.

Solano, J.M.S., Jackson, M.D., Spars, R.S.J., Blundy, J.D. & Annen, C. 2012. Melt Segregation in Deep Crustal Hot Zones: a Mechanism for Chemical Differentiation,

Crustal Assimilation and the Formation of Evolved Magmas. *Journal of Petrology*, 53(10): 1999-2026.

Soliani Jr., E. (1986). *Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica*, 215p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Sommer, C.A., Lima, E.F., Nardi, L.V.S., Liz, J.D. & Waichel, B.L. 2006. The evolution of Neoproterozoic magmatism in Southernmost Brazil: Shoshonitic, high-K tholeiitic and silica-saturated, sodic alkaline volcanism in post-collisional basins. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78: 573–589.

Sparks, R.S.J., Huppert, H.E., Kerr, R.C., McKenzie, D.P. & Tait, S.R. 1985. Postcumulus processes in layered intrusions. *Geological Magazine*, 122: 555-568.

Stacey, J.S. & Kramers, J.D. 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters*, 26(2): 207-221.

Takehara, L. & Laux, J.H. 2019. *Área de relevante interesse mineral. Integração geológica-geofísica e recursos minerais do Batólito Pelotas e Terreno Tijucas*, escala 1:500.000. CPRM, 1-186.

Tavarez, S.C. 2015. *Geophysical Evidence for Mid-crustal Magma Reservoirs in the Lassen Volcanic Region, California*, 97p. Dissertação de Mestrado, Florida: College of Arts and Sciences, USF.

Teixeira, W. 1982. *Interpretação dos dados radiométricos e evolução geocronológica. FOLHAS SH. 22 - Porto Alegre, Sl. 22. - Lagoa Mirim e SH. 21 - Uruguaiãna*. Projeto RADAMBRASIL, Florianópolis, (relatório interno, inédito).

Tepley, J. F. & Davidson, J. P. 2003. Mineral-scale Sr-isotope constraints on magma evolution and chamber dynamics in the Rum layered intrusion, Scotland. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 145: 628-641.

Tessari, R. & Picada, R.S. 1966. Geologia da Quadrícula de Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim da Divisão de Fomento à Produção Mineral*, DNPM, 124p.

- Tiepolo, M., Tribuzio, R. & Langone, A. 2011. High-Mg Andesite Petrogenesis by Amphibole Crystallization and Ultramafic Crust Assimilation: Evidence from Adamello Hornblendites (Central Alps, Italy). *Journal of Petrology*, 52(5): 1011-1045.
- Tiepolo, M., Tribuzio, R., Ji, W., Wu, F. & Lustrino, M. 2014. Alpine Tethys closure as revealed by amphibole-rich mafic and ultramafic rocks from the Adamello and the Bergell intrusions (Central Alps). *Journal of the Geological Society of London*, 171: 793-799.
- Tindle, A.G. 1982. *Petrogenesis of the Loch Doon granitic intrusion, Southern Uplands of Scotland*, 194p.. Ph.D. thesis, Open University, Milton Keynes.
- VanTongeren, J.A. & Mathez, E.A. 2013. Incoming magma compositions and style of recharge below the Pyroxenite Marker, Eastern Bushveld Complex, South Africa. *Journal of Petrology*, 54: 1585-1605.
- Vermeesch, P. 2018. IsoplotR: a free and open toolbox for geochronology. *Geoscience Frontiers*, 9: 1479-1493.
- Vieira, D.T., Koester, E., Ramos, R.C. & Porcher, C.C. 2019. Sr-Nd-Hf isotopic constraints and U-Pb geochronology of the Arroio Pedrado Gneisses, Dom Feliciano Belt, Brazil: A 680 Ma shoshonitic event in the final stages of The Piratini Arc evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 95: 102294.
- Völz, W.M., Koester, E., Pinto, V.M., Debruyne, D., Cardozo, E., Vieira, D.T., Dal Olmo-Barbosa, L. & Bastos, V.A. 2020. Geochemistry and U-Pb (SHRIMP) geochronology of Grupelli Granite: New constraints on the cessation of felsic magmatism in the Pelotas Batholith, Dom Feliciano Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 103: 102746.
- Wager, L.R. & Brown, G.M. 1968. *Layered Igneous Rocks*. Edinburgh, Freeman, 588p.
- Wiebe, R.A. 1993. The Pleasant Bay layered gabbro-diorite, coastal Maine: Ponding and crystallization of basaltic injections into a silicic magma chamber. *Journal of Petrology*, 34: 461–489.

- Wiebe, R.A. 2016. Mafic replenishments into floored silicic magma chambers. *American Mineralogist*, 101: 297-310.
- Wildner, W. & Ramgrab, G.E. 1994. Diorito Capim Branco. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, 3, Anais...Balneário Camboriú, SBG, p. 61-62.
- Wildner, W., Ramgrab, G.E., Lopez, R.C. & Iglesias, C.M.F. 2008. *Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul*. Escala 1:750.000. Porto Alegre: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
- Williams, I.S. 1998. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: McKibben, M.A., Shanks, W.C., Ridley, W.I. (Eds.). *Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes, Reviews in Economic Geology*, 7, p. 1-35.
- Wilson, C.J.N. & Charlier, B.L.A. 2016. The Life and Times of Silicic Volcanic Systems. *Elements*, 12(2): 103-108.
- Wright, A.E. & Bowes, D.R. 1979. Geochemistry of the appinite suite in the Caledonides of the British Isles - reviewed. *Geological Society of London, Special Publication* 8: 699–704.
- Zanon, C., Machado, R. & Philipp, R.P. 2006. Petrologia e geoquímica dos diques félsicos e máficos associados ao Batólito Pelotas na região de Piratini, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, 36: 23-34.

2 ARTIGOS

2.1 Artigo I: Petrological processes recorded by mineral textures and chemical compositions in the basic intrusive Ediacaran rocks of the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil

Este artigo foi submetido para avaliação ao periódico “*Chemical Geology*”, ISSN 0009-2541, classificado por meio do Qualis Capes em nível A1. Seguem abaixo comprovativos da submissão, concluída em 16/07/2022.

← Submissions Being Processed for Author

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

Results per page 10

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action Links		Petrological processes recorded by mineral textures and chemical compositions in the basic intrusive Ediacaran rocks of the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil	16 Jul 2022	16 Jul 2022	Submitted to Journal

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

Results per page 10

CHEMGE15230: Notice of manuscript number



De [Chemical Geology](#) em 2022-07-17 23:09

De [Chemical Geology](#)
 Remetente em.chemge.0.7cba78.b9d47a77@editorialmanager.com
 Para [Laércio Dal Olmo-Barbosa](#)
 Responder p... [Chemical Geology](#)
 Data Dom. 23:09
[Todos os cabeçalhos...](#)

[✉ Detalhes](#)

Dear Mr Dal Olmo-Barbosa,

This email relates to your manuscript: Petrological processes recorded by mineral textures and chemical compositions in the basic intrusive Ediacaran rocks of the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil

-- MANUSCRIPT NUMBER ASSIGNED --

Your above-referenced submission has been assigned a manuscript number: CHEMGE15230.

To track the status of your manuscript: Log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/chemge/> and navigate to the 'Submissions Being Processed' folder.

Petrological processes recorded by mineral textures and chemical compositions in the basic intrusive Ediacaran rocks of the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil

Dal Olmo-Barbosa, L.¹; Koester, E.²; Bastos, V.A.¹

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bento Gonçalves Avenue, 9500, zip code 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.

²Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bento Gonçalves Avenue, 9500, zip code 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.

Abstract: The role of the basic magmas emplacement in the evolution of orogenic and post-collisional mobile belts has been increasingly discussed in recent works. These mantle-derived magmas, commonly hydrous basaltic liquids, are considered important petrogenetic markers, crucial to unraveling the magmatic and geodynamic evolution of mobile belts. Although silicic magmatism predominates in these settings, the basic liquids record the accretion of material from the mantle into the crust, and coupled with the recycling and reworking of crustal material, provide an important contribution to the evolution of the belts. The Dom Feliciano Belt is a NE-oriented segment with c. 1,200 km, outcropping in Uruguay and southernmost Brazil. It was formed during the Brasiliano-Pan-African Orogeny, contributing to the Southwest Gondwana assembly. The eastern unit of the Dom Feliciano Belt corresponds to the Pelotas Terrane, composed mostly of Cryogenian and Ediacaran granitoids, with minor basic rocks in the southeast portion of its area. Our research focuses on the evaluation of the petrological processes linked to these basic rocks, in the late magmatic evolution of the belt (590-560 Ma). We conducted field studies, and mineralogical, petrographic, spot chemical EMPA-WDS, and whole-rock analyses in the three main basic intrusive bodies of the southeastern Dom Feliciano Belt: Passo da Fabiana Gabbros (PFG), Alto Alegre Diorite (AAD), and Capim Branco Diorite (CBD). The mineral textures and compositions suggest a complex magmatic evolution, with superimposed processes that resulted in a considerable scatter in mineral and whole-rock compositions, and diversified textures. We interpret these features as the product of a combination, in varied proportions, of accumulation with open-system processes, such as recharge events, infiltration, remobilization, and recycling of the primitive mushes. The observed mineral-liquid disequilibrium supports these interpretations and indicates that most minerals are more evolved than whole-rock compositions. This effect likely results from a combination of partial loss of melt to shallower units, accumulation processes, and open-system evolution. Several geothermobarometers were tested to estimate the crystallization conditions, although some reported substantial disequilibrium. The most reliable results indicated mean values of 1063-1248 °C and 5.2-10.7 kbar (middle- to lower-crust) to the PFG, 1018-1045 °C, and middle-crust settings (3-5.5 kbar) for the AAD, and 1150 °C and 7 kbar (middle-crust) for the CBD. Regarding magmatic sources and affinities, olivine compositions (PFG) indicate that melts do not correspond to primary magmas, and are fractionated liquids derived from a peridotite source. The pyroxene analyses matched the composition of arc-related mafic cumulates, and a subalkaline, calc-alkaline magmatic affinity is suggested for the basic rocks.

Keywords: mineral-liquid equilibrium tests; Passo da Fabiana Gabbros; Alto Alegre Diorite; Capim Branco Diorite.

Correspondence: Laércio Dal Olmo-Barbosa. Av. Bento Gonçalves, 9500, zip code 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. Prédio 43126, Depto. de Geologia, sala 208^a. E-mail: dal.barbosa@ufrgs.br; laerciodb@hotmail.com. Phone:+5551989379584

Funding Information: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq): PhD Scholarships, process n° 141173/2020-3 (Bastos, V.A.) and 141335/2017-3 (Dal Olmo-Barbosa, L.); research grant n° 307378/2017-9 (Koester, E.).

1. INTRODUCTION

In the last decades, several works highlighted the participation of mantle-derived magmas, especially hydrous basaltic liquids, in the evolution of granitic belts in orogenic and post-collisional settings (Annen et al., 2006; Bonin, 2004; Couzinié et al., 2016; Sisson et al., 1996; Wiebe, 2016). These works reinforced that vertical accretion is an important mechanism responsible for mass transference from the mantle to the crust during the belts' evolution, coupled with the recycling and reworking of crustal-derived rocks.

The generation, migration, emplacement, and crystallization of these basic liquids involve different mechanisms. The basic rocks could represent the less evolved member of batholith's magmatism (Renna et al., 2006; Sisson et al., 1996), or also the product of mafic magma replenishment events into silicic supracrustal reservoirs (Caroff et al., 2011; Wiebe et al., 2004; Wiebe, 2016). Besides, these rocks can also occur as a succession of mafic-ultramafic sills, formed by the emplacement of hydrous basaltic magmas in the deeper crustal portions of magmatic columns in continental arcs and post-collisional settings (Annen et al., 2006; Solano et al., 2012).

The analysis of mineral textures and compositions is essential to evaluate several parameters of magmatic processes, commonly applied in basic rocks studies (Borghini et al., 2016; Chistyakova et al., 2015; Hayes et al., 2018; Hürlimann et al., 2016; Jagoutz et al., 2007; Molina et al., 2009; Rezeau et al., 2018). These analyses provide crucial information on magma genesis and sources (Cambeses et al., 2019; Escuder-Virueite et al., 2019; Herzberg, 2011), chemical affinities (Abdel-Rahman, 1994; Molina et al., 2009), and equilibrium/disequilibrium processes during differentiation and crystallization (Bachmann and Huber, 2016; Cornet et al., 2022; Fiedrich et al., 2017). Besides, intensive parameters for crystallization can be analyzed through several geothermobarometric studies (Hammarstrom and Zen, 1986; Molina et al., 2015; Putirka, 2008).

The study areas are located in the eastern portion of the Sul-rio-grandense Shield (Figure 1), Dom Feliciano Belt, Pelotas Terrane. The areas consist mainly of granitoids, with minor basic intrusive rocks, generated during the magmatic events of the Brasiliano-Pan-African Orogeny. These processes formed the Dom Feliciano Belt, which encompasses orogenic and post-collisional evolutive stages (Siegesmund et al., 2018).

The Pelotas Terrane (Koester et al., 2021; Porcher et al., 2021), also called Pelotas Batholith, is essentially composed of Cryogenian and Ediacaran granitoids (Oriolo et al., 2018; Philipp, 1998), with minor diorites and gabbros reported in the region's southeast (Dal Olmo-Barbosa et al., 2018; Fragozo Cesar, 1991; Ramgrab et al., 1997). Although these basic rocks are restricted in area, their study is essential to understanding the geodynamic evolution of the belt.

Dal Olmo-Barbosa et al. (2018) suggested the separation of these basic rocks in two main associations. One is composed of commonly cumulate and sometimes layered gabbroic rocks (Association I), with the main occurrence and type locality corresponding to the Passo da Fabiana Gabbros (591 Ma; Dal Olmo-Barbosa et al., 2021). The second consists mainly of massive dioritic rocks (Association II), and the Alto Alegre Diorite (562 Ma; Dal Olmo-Barbosa et al., 2021) represents the larger and most representative occurrence. Another similar body occurs in this domain, the Capim Branco Diorite, which is composed of diorites, quartz diorites, granodiorites, and monzogranites (Wildner and Ramgrab, 1994).

This paper presents field characterization, mineralogy, petrography, and chemical studies (EMPA-WDS/whole-rock compositions) for the three main basic intrusive bodies in the southeastern Dom Feliciano Belt: Passo da Fabiana Gabbros, Alto Alegre Diorite, and Capim Branco Diorite. Besides, several methods were applied to test mineral-liquid equilibrium and evaluate P-T conditions for these rocks' crystallization, through different thermobarometric studies.

The results allowed us to establish similarities and differences between these basic rocks, highlighting important petrological processes in their evolution. In addition, the data also provided essential information regarding chemical affinities, sources, and estimated P-T conditions for the crystallization of the basic intrusive magmatism emplaced in the late geodynamic evolution of the Dom Feliciano Belt (590-560 Ma), in southernmost Brazil.

2. GEOLOGICAL SETTING

2.1. Regional geology and tectonic settings

The study areas are located in the Sul-rio-grandense Shield (SRGS), Rio Grande do Sul state, southernmost Brazil. This geological unit is composed of five terranes (Nico Pérez, São Gabriel, Tijucas, Pelotas, and Punta del Este), which are delimited by large-scale geophysical discontinuities (Costa, 1997; Fernandes et al., 1995a,b; Hartmann et al., 2016), as illustrated in figure 1.

The westernmost domain of the SRGS corresponds to the Nico Pérez Terrane, an Archean to Paleoproterozoic unit (2.4-2.5 Ga; Oyhantçabal et al., 2018). The Santa Maria Chico Granulitic Complex is the main lithology in this area, interpreted as an association of Paleoproterozoic arc-related rocks (Girelli et al., 2018; Nardi and Hartmann, 1979).

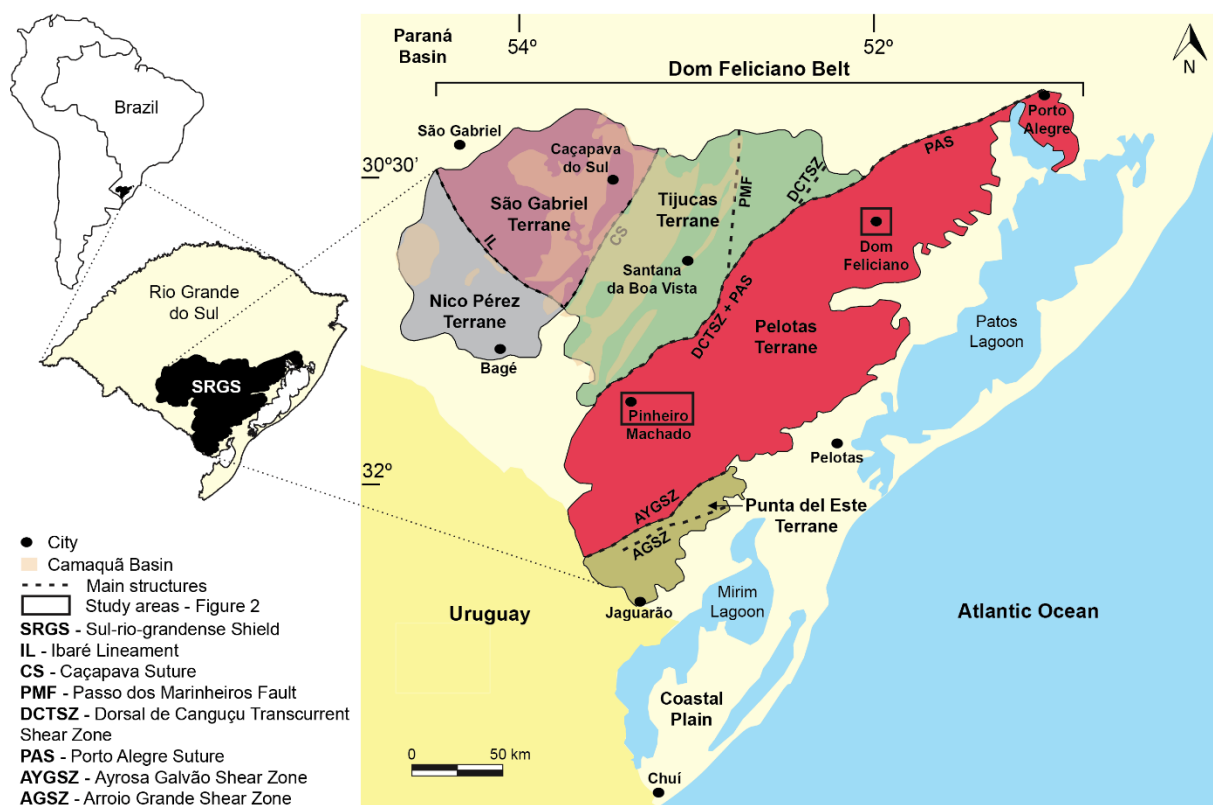


Figure 2. Location of the study areas in southernmost Brazil, with simplified major geological units of the Sul-rio-grandense Shield. Illustration of the main Paleoproterozoic to Neoproterozoic terranes, as well as regional structures. The study areas are highlighted near Dom Feliciano and Pinheiro Machado regions. Figure modified from Dal Olmo-Barbosa et al. (2021).

The other units of the SRGS are Neoproterozoic and belong to the Dom Feliciano Belt (DFB; Figure 1). This orogenic belt is about 1,200 km long, extending from the southernmost region of Punta del Este, in Uruguay, to the northeastern border of the Santa Catarina state, in

Brazil. The DFB evolved through different orogenic collage processes during the Brasiliano/Pan-African Orogeny, contributing to the amalgamation of the Southwest Gondwana Palecontinent (Brito Neves et al., 1999; Fernandes et al., 1995a,b; Hartmann et al., 2007; Heilbron et al., 2004; Siegesmund et al., 2018).

The westernmost portion of the DFB corresponds to the São Gabriel Terrane, delimited from the Nico Pérez Terrane by the Ibaré Lineament. This domain consists mainly of igneous and metamorphic arc-related rocks, as well as ophiolite relicts and associated basins (Arena et al., 2016; Kraemer, 1995; Leite et al., 1998; Silva Filho and Soliani Júnior, 1987).

To the east of the São Gabriel Terrane, limited by the Caçapava Suture structure, occurs the Tijucas Terrane. The prevalent units in this region are composed of metasedimentary rocks related to back-arc and/or forearc basins, as well as orthoderived Paleoproterozoic rock fragments (Gregory et al., 2017; Porcher et al., 1999; Remus et al., 1999).

The Pelotas Terrane (Koester et al., 2021; Porcher et al., 2021) is delimited from the Tijucas Terrane by the Dorsal de Canguçu Transcurrent Shear Zone and the Porto Alegre Suture structures. This area is formed essentially by Cryogenian and Ediacaran granitoids emplaced in magmatic-arc and/or post-collisional settings, as well as by voluminous plutons associated with regional shear zones (Bitencourt and Nardi, 2000; Koester et al., 2002; Oriolo et al., 2018; Philipp, 1998). The basic intrusive magmatism in this terrane is composed of minor diorites and gabbros, as reported by Ramgrab et al. (1994) and Dal Olmo-Barbosa et al. (2018).

The Punta del Este Terrane is the most recently proposed unit in the SRGS. It occurs in the southeastern portion of the area, to the south of Ayrosa Galvão Shear Zone. Back-arc and/or forearc metavolcanosedimentary rocks are predominant in this terrane, as well as ophiolite fragments and Tonian para- and orthoderived arc-magmatic related rocks (Cruz, 2019; Lenz et al., 2013; Peel et al., 2018; Ramos et al., 2018; Vieira et al., 2019).

In the final Ediacaran period (~600-550 Ma), several intrusions were systematically emplaced in the SRGS in all the terranes (Bitencourt and Nardi, 2000; Cruz, 2019; Rivera, 2019; Silva et al., 2020). Besides, in the Ediacaran-Cambrian transition, expressive sedimentary deposition and volcanic rocks occur above the central-western portion of the SRGS, related to the Camaquã Basin units (Paim et al., 2000).

2.2. Local geology

The study areas are located in the Pelotas Terrane, near Dom Feliciano and Pinheiro Machado regions (Figure 1). These areas encompass mostly Ediacaran granitoids, with subordinate metamorphic xenoliths (*e.g.* Piratini Gneisses - Tambara et al., 2019; Chácara das Pedras Gneisses - Koester et al., 2017). The main geological features of the units comprised in the study areas are described sequentially, in stratigraphic order.

According to Philipp et al. (2007), the Pelotas Batholith consists of a granite-gneiss complex (Pinheiro Machado), as well as granitic and syenitic suites. The Pinheiro Machado Complex (PMC; Figures 2a and 2b) is one of the main lithologies in the Pelotas Terrane, formed by NE-oriented biotite granodiorites to monzogranites, with subordinate tonalites and diorites. Besides, this unit shows a complex and irregular occurrence of metamorphic rock fragments such as granitic gneisses, mylonites, amphibolites, paragneisses, and calc-silicate rocks (Philipp et al., 2007).

The PMC comprises the oldest igneous rocks in the area, with crystallization ages (zircon U-Pb SHRIMP, LA-ICP-MS, and TIMS; as well as Pb-Pb TIMS) ranging from 633-609 Ma (Babinski et al., 1997; Cruz, 2019; Philipp et al., 2002; Silva et al., 1999). The PMC commonly shows physical and chemical evidence of magma mixing and a calc-alkaline high-K affinity, interpreted as a continental arc-related association (Bastos et al., 2020; Cruz, 2019; Loureiro et al., 2021; Philipp, 1998; Philipp et al., 2002; Philipp et al., 2007).

The Cerro Grande Suite, redefined by Takehara and Laux (2019) based on the previous monzogranitic Cerro Grande facies of the Dom Feliciano Suite (Ramgrab et al., 1997; Wildner et al., 2008), constitutes another important unit of the area. The redefinition was based on the identification of predominant coarse-grained to porphyritic biotite monzogranites, and subordinate granodiorites, with calc-alkaline affinity in this area. It is substantially different from the Dom Feliciano Suite, which is composed mostly of syenogranites with calc-alkaline to alkaline compositions (Cruz, 2019).

According to this author, the Arroio Moinho Granite (595 ± 1 Ma, zircon U-Pb TIMS; Babinski et al., 1997), Jaguarão Chico, Cancelão, and Monte Bonito granites are included in the Cerro Grande Suite. Dal Olmo-Barbosa et al. (2021) presented a crystallization age of 612 ± 1 Ma (zircon U-Pb LA-ICP-MS) for a biotite monzogranite considered as included in this suite, in the Pinheiro Machado surroundings.

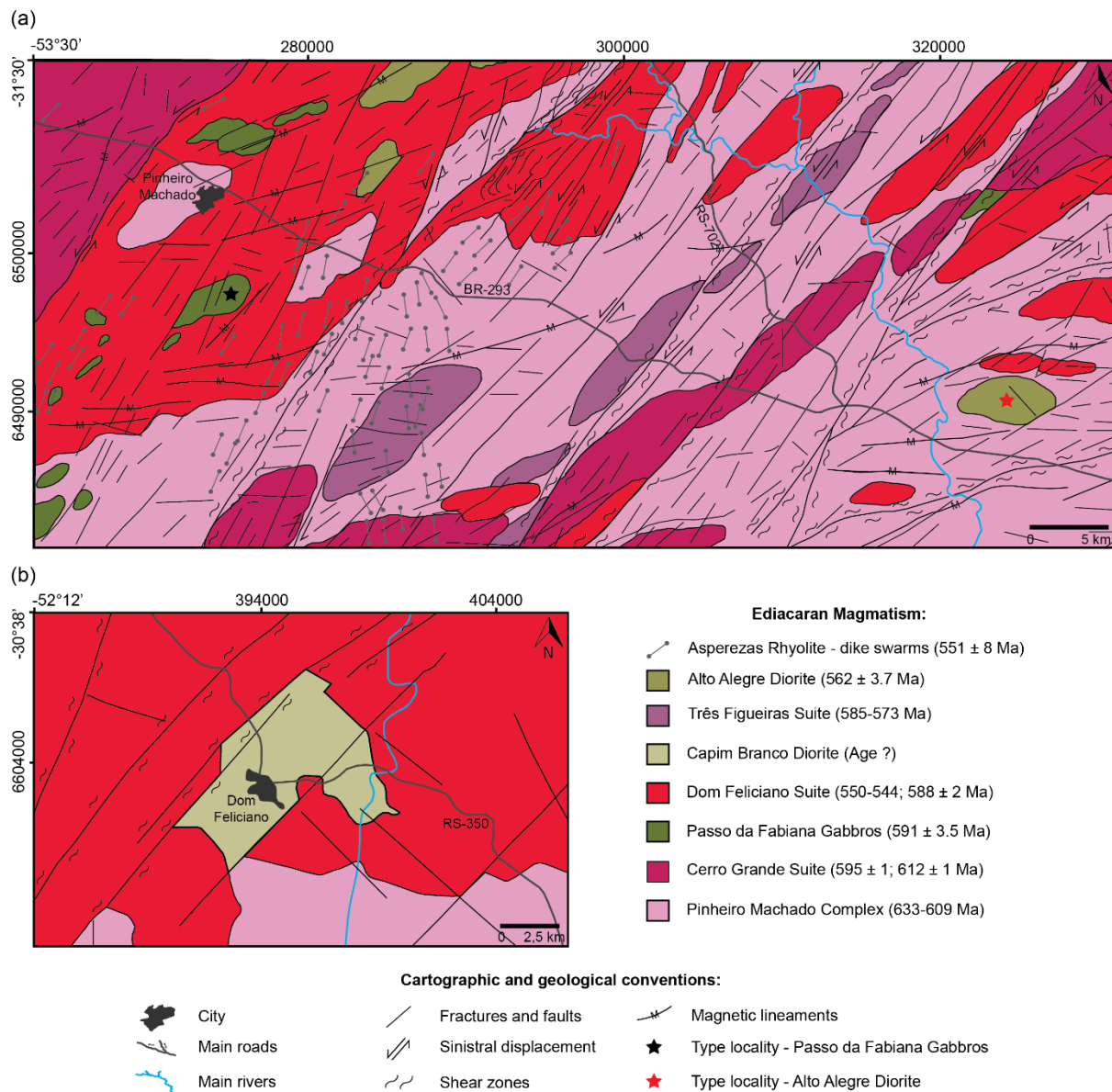


Figure 2. Geological maps of the study areas. (a) Pinheiro Machado region, showing the studied type localities of Passo da Fabiana Gabbros and Alto Alegre Diorite (black and red stars, respectively). Modified from Cruz (2018). (b) Capim Branco Diorite exposure area, near Dom Feliciano city. Modified from Wildner et al. (2008).

The Passo da Fabiana Gabbros (PFG), initially described by Fragozo Cesar (1991), represent the main occurrence of an association of commonly cumulate and sometimes layered gabbroic rocks, defined as “Association I” by Dal Olmo-Barbosa et al. (2018). This is an ENE-elongated intrusion (Figure 2a), essentially composed of coarse- to medium-grained whitish to greyish leucogabbros, olivine leucogabbronorites, olivine and hornblende leucogabbros, hornblende gabbros, and pyroxene-hornblende gabbronorites. Cyclic cm-thick NW-oriented modal layering occurs in some outcrops, marked by plagioclase-enriched layers (leucogabbros) intercalated with more mafic layers (gabbros and gabbronorites).

According to the authors, despite the crystal-accumulation processes, even the rocks with fewer textural and chemical accumulation features present high-alumina contents ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 17\%$) and a medium-K calc-alkaline affinity, reinforced by mineral compositions. Dal Olmo-Barbosa et al. (2018) also suggest its derivation from parental high-alumina basaltic liquids. Cruz (2018) identified several new bodies similar to the PFG, expanding its definition to comprise the newly mapped intrusions. Dal Olmo-Barbosa et al. (2021) presented a crystallization age of 591.2 ± 3.5 Ma for the PFG on the type locality (zircon U-Pb SHRIMP).

The Dom Feliciano Suite (Figures 2a and 2b) is composed of syenogranites with subordinate alkali feldspar granites, and quartz syenites. These rocks are commonly homogeneous in petrographic and chemical features, presenting alkaline-like fingerprints and post-tectonic emplacement (Philipp, 1998). Isochronic Rb-Sr whole-rock reference crystallization ages of 544 ± 5 Ma (Soliani Jr., 1986) and 550 ± 6 Ma (Fragoso Cesar, 1991) are suggested for the suite. New data showed by Dal Olmo-Barbosa et al. (2021) indicate a crystallization age of 588 ± 2 Ma (zircon U-Pb LA-ICP-MS) for a leucosyenogranite of the Dom Feliciano Suite, near of Pinheiro Machado city.

The Capim Branco Diorite (CBD) occurs in the region of Dom Feliciano city (Figure 2b), presenting a NE-oriented approximately rectangular main body (~ 30 Km²), and a minor occurrence to the SE of the city, with ~ 1 km² (Wildner and Ramgrab, 1994). These authors state that CBD is compositionally diversified, comprising diorites, quartz diorites, granodiorites, and monzogranites. Although the lack of geochronological data, based on field relationships the authors consider the CBD younger than the Dom Feliciano Suite, while Philipp and Machado (2001) suggest coeval emplacement.

The Três Figueiras Suite (Cruz, 2019) is composed of NE-elongated syn-kinematic and commonly ductile-deformed peraluminous biotite-muscovite syeno- to monzogranites. These rocks are emplaced along with regional shear zones, especially the Arroio Grande Shear Zone, in the type locality (Klein et al., 2018; Philipp, 1998). This suite yields zircon U-Pb crystallization ages of 585 ± 16 Ma (Klein et al., 2018) and 573 ± 5 Ma (Cruz, 2019).

The Alto Alegre Diorite (AAD) is an E-W elongated ellipsoidal body (Figure 2a), composed mainly of greyish mesocratic medium-grained massive hornblende diorites and biotite-hornblende diorites (Dal Olmo-Barbosa et al., 2018). Locally, the AAD exhibits medium- to fine-grained texture, with magmatic foliation marked by the preferred orientation

of hornblende and plagioclase. Alternatively, an inequigranular texture with some coarser plagioclase, biotite, or poikilitic amphibole crystals occurs.

The AAD is the main and most representative body of the “Association II”, proposed by the aforementioned authors. These rocks present high-alumina contents, and a medium- to high-K calc-alkaline affinity. When compared to the “Association I”, they are enriched in alkalis, P₂O₅, Zr, Nb, Y, total REE, and exhibit distinct REE patterns. Cruz (2018) pointed out new dioritic occurrences in the area, including them in this association of rocks. The AAD type locality presents a crystallization age of 562 ± 3.7 Ma (zircon U-Pb SHRIMP; Dal Olmo-Barbosa et al., 2021).

Lastly, the Asperzas Rhyolite occurs in the region as several NE-SW and NW-SE oriented acid to basic dike swarms (Cruz, 2019). According to the author, they comprise rhyolites, rhyodacites, micro-quartz monzodiorites, and micro-monzogranites, with subvolcanic emplacement features. According to Zanon et al. (2006), they present crystallization ages between 551 ± 8 and 550 ± 27 Ma (U-Pb in zircon).

3. MATERIALS AND METHODS

Field descriptions and systematic sample collection were performed in outcrops near Dom Feliciano, Pinheiro Machado, and Alto Alegre regions. Thin sections and petrographic analyses were made in 31 samples at the Institute of Geosciences (IGEO, Rio Grande do Sul Federal University - UFRGS), in a petrographic microscope Leica DMLP, equipped with a camera Leica DC300FT used to capture photomicrographs. Textural and microstructural imaging and analyses were acquired respectively by backscattered electrons, and energy dispersive spectrometry (EDS, detector Bruker XFLASH 5030), in an SEM JEOL JSM-6610LV (Isotope Geology Laboratory, Center of Studies in Petrology and Geochemistry: CPGq-IGEO-UFRGS).

Representative thin sections of each occurrence were selected for the wavelength dispersive spectrometry (WDS) analyses. The chemical spot analyses of minerals were made in eight samples, using an electron microprobe (EMPA) Cameca-SX-5, equipped with five spectrometers (Electron Microprobe Laboratory: CPGq-IGEO-UFRGS). The operating conditions were acceleration voltage of 15 kV, probe current of 25 nA, and a beam size of 1 μm for olivine. For the other minerals, the conditions were 15 kV and 15 nA, with a beam size of 5 μm for amphibole, plagioclase, and pyroxene, and 10 μm for micas. The EMPA

standards were Na on Albite, Si on Jadeite, Mg and Ca on Diopside, Al and K on Sanidine, Fe on Hematite, Mn on Rhodonite, Ti on Rutile, and Cr on Chromium Oxide (SPI 53 Minerals).

The structural formulas were calculated based on 32 anions of oxygen for plagioclase, 04 for olivine, 06 for pyroxene, 22 O-equivalents for mica, and 23 O-equivalents (22O + 2(OH,F,Cl) apfu) for amphibole. The classifications and end-members were determined according to Deer et al. (1992) for the first minerals, and according to Locock (2014) and Hawthorne et al. (2012) for amphiboles. In this classification, the four initial statements of Locock (2014) spreadsheet were considered false. All mineral abbreviations follow Whitney and Evans (2010).

For thermobarometric calculations based on mineral-liquid tests, the liquids' composition was assumed equal to whole-rock chemistry, determined by ICP-MS/AES (AcmeLab, Canada) and recalculated to anhydrous compositions. FeOt was considered equal to $0.899 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$. The calculations were performed in spreadsheets available at Prof. Keith Putirka's (California State University) webpage (<http://www.fresnostate.edu/csm/ees/faculty-staff/putirka.html#downloads>), and Molina et al. (2015), Appendix D. The results of the mineral analyses and whole-rock major element compositions are available in the Supplementary Material.

4. RESULTS

This section presents the field characteristics, petrography, mineral textures, and compositions of Passo da Fabiana Gabbros, Alto Alegre Diorite, and Capim Branco Diorite. To evaluate the crystallization conditions of these rocks, we also present the results of geothermobarometric studies based on olivine, clino- and orthopyroxene, amphibole, and plagioclase, as well as equilibrium tests with the correspondent liquids.

4.1. Field characterization and petrography

4.1.1. Passo da Fabiana Gabbros

The PFG, in the type locality (Figure 2a), are represented by an ENE-elongated intrusion according to its major axis (~5,7 km), with ~2 km width. This occurrence outcrops as commonly cumulate gabbroic rocks, sometimes exhibiting NW-oriented cm-thick modal layering.

The PFG include essentially coarse- to medium-grained whitish to greyish leucogabbros, Hbl leucogabbros, Ol leucogabbros, Ol leucogabbonorites, Hbl gabbros, and Px-Hbl gabbonorites. The macroscopic modal cyclic layering occurs in some outcrops (Figure 3a), marked by leucocratic layers formed mainly by the leucogabbros and their varieties, due to plagioclase accumulation. These portions are interlayered with more mafic layers, formed mainly by Px-Hbl gabbonorites and Hbl gabbros, which are enriched in hornblende, and/or olivine and pyroxene.

The analyzed samples (EMPA-WDS) comprise a greyish, equigranular, massive, and coarse-grained Ol leucogabbro (GPF-105; Figure 3b), a dark-grey, massive, and medium-grained Px-Hbl gabbnorite (GPF-3B; Figures 3c and 3d), and a coarse-grained Hbl gabbro (GPF-13; Figure 3e), part of centimeter intercalation of layered Hbl gabbros with Hbl leucogabbros. Modal proportions for the analyzed samples are illustrated in Figure 4.

4.1.2. Alto Alegre Diorite

The AAD occurs in the SE of the Pinheiro Machado study area (Figure 2a), outcropping as an elongated E-W ellipsoidal body with approximately 6,2 length x 3 km width. This body encompasses mainly greyish, mesocratic, medium-grained massive hornblende diorites, hornblende diorites with biotite, and biotite-hornblende diorites. Locally, these rocks are medium- to fine-grained with magmatic foliation marked by hornblende and plagioclase preferred orientation. In some outcrops, the rocks also exhibit slightly inequigranular texture with some coarser plagioclase, biotite (Figure 3f), or poikilitic amphibole crystals. Aggregates in textural equilibrium composed predominantly of coarser plagioclase \pm hornblende \pm biotite \pm opaques are also a common feature.

The selected samples for mineral analyses are one mostly equigranular, massive, medium-grained, greyish hornblende-rich diorite (AP-8; Figure 3g), and two massive, medium-grained, light-grey biotite hornblende diorites. The first sample exhibits local coarser grains, while sample GPF-89A shows some coarse-grained and mostly euhedral plagioclase and hornblende crystals, as well as anhedral coarser biotite crystals with up to 5 mm (Figure 3f). In the sample GPF-92, biotite is coarser and can reach up to 2 cm (Figure 3h). Modal proportions for these samples are shown in Figure 4.

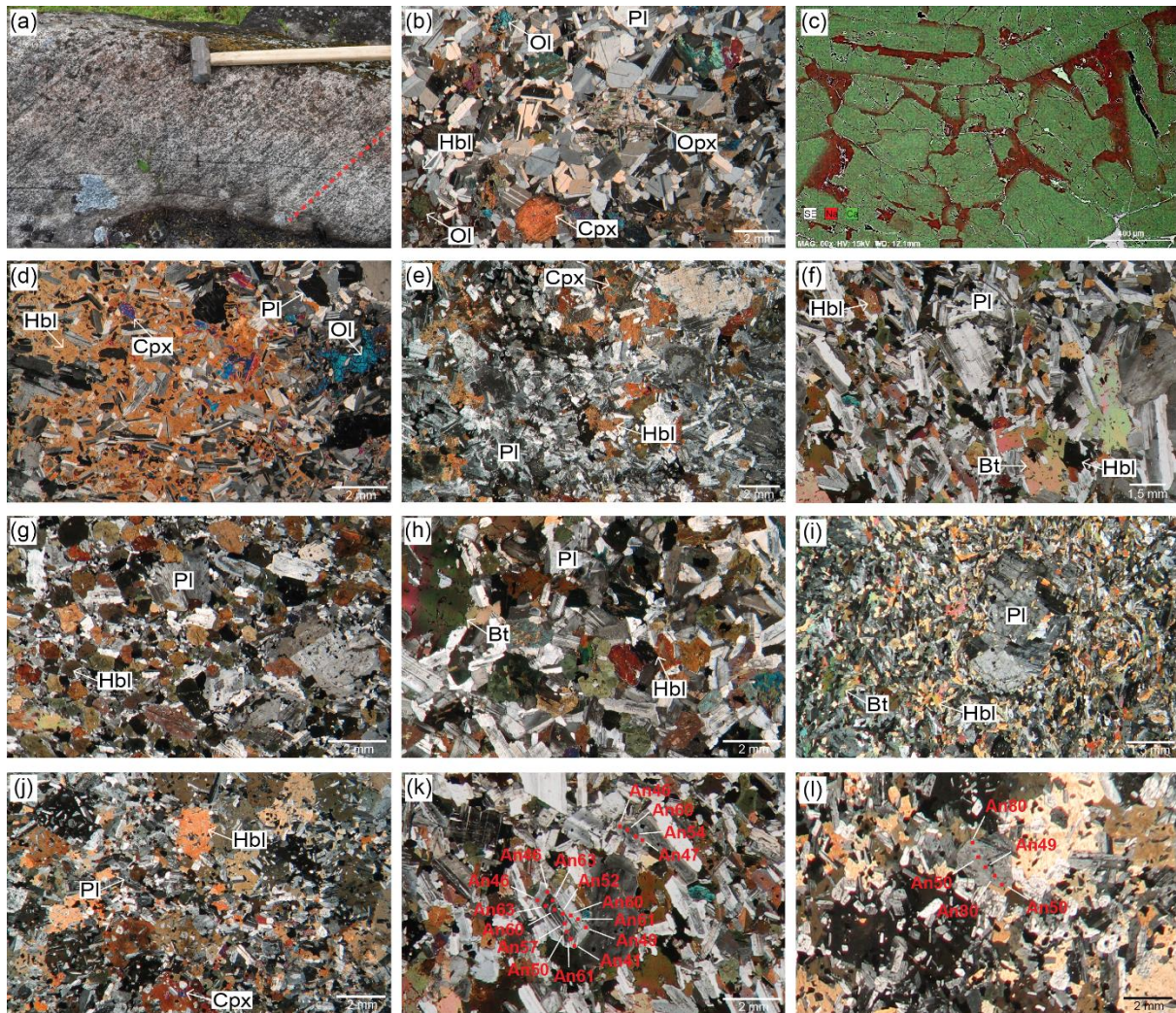


Figure 3. Petrography and textural features of the analyzed samples. (a) *Centimeter-thick modal layering in leucogabbro, according to the dashed line (PFG). (b) Textural aspect and mineralogy of the OI leucogabbro (PFG). (c) *EDS compositional map showing local *adcumulus* texture in plagioclase, formed by more calcic *cumulus* crystals, and more sodic *intercumulus*. Px-Hbl gabbronorite, PFG. (d) *Heteroadcumulate texture in the Px-Hbl gabbronorite, with large poikilitic brown amphibole oikocrystal enclosing Cpx, Pl, and Ol (PFG). (e) Hbl gabbro exhibiting Cpx relicts included in amphibole, and two plagioclase textural types (PFG). (f) Bt-Hbl diorite (GPF-89A) shows medium-grained Hbl, Pl, and Bt, with coarser Bt and Pl grains (AAD). (g) Hbl-rich diorite, composed essentially of Hbl and Pl. Note the coarser Pl grains (AAD). (h) Bt-Hbl diorite (GPF-92) exhibiting medium-grained subhedral to euhedral Pl and Hbl, and coarser, anhedral, Bt crystals (AAD). (i) medium- to fine-grained Bt-Hbl diorite exhibiting coarser Pl aggregate (CBD). (j) Hbl gabbro with poikilitic texture formed by coarser Hbl enclosing thinner Pl crystals and Cpx relicts (CBD). (k) Detail of the sample GPF-89A, showing considerable An-content variation across the grains (AAD). (l) Detail of the Hbl gabbro (CBD), exhibiting plagioclase grains with substantial An-content variations. Photomicrographs in crossed-polars. *Data extracted from Dal Olmo-Barbosa et al. (2018).

4.1.3. Capim Branco Diorite

According to Wildner and Ramgrab (1994), the CBD exhibit in almost all of its extension sharp or fault-controlled contacts with the Dom Feliciano Suite granites. Aplitic apophyses, veins, and microgranites commonly cut the diorites, with rare assimilation features. Besides, the occurrence of dioritic xenoliths into the syenogranites led the authors to state that CBD constitutes a mega xenolith enclosed by the Dom Feliciano Suite. On the other hand, Philipp

and Machado (2001) highlight that CBD shows lobate contacts with the referred suite, suggesting the contemporaneity of the units.

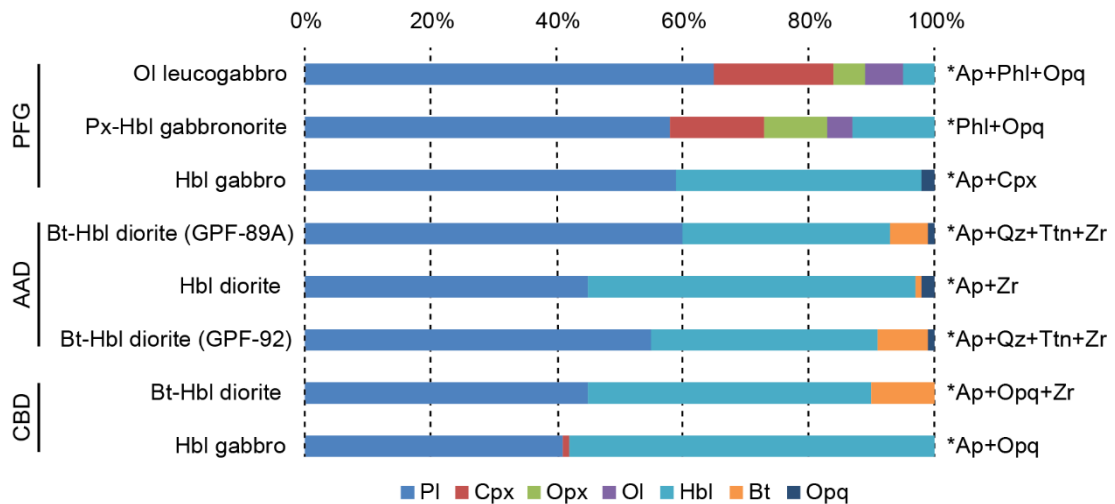


Figure 4. Modal mineral proportions in the studied rocks. Secondary minerals are not represented. *Minerals in trace amounts (< 1%).

Wildner and Ramgrab (1994) describe the CBD as a compositionally diversified association of diorites, quartz diorites, granodiorites, and monzogranites. According to the authors, they are commonly medium- to fine-grained, eventually porphyritic, and composed of plagioclase (An_{36-48}), hornblende (sometimes showing relictitic pyroxene cores), alkali feldspar (mainly in the granodiorites and monzogranites), biotite, titanite, apatite, and zircon.

The analyzed samples comprise an equigranular, massive, dark-grey, medium- to fine-grained biotite hornblende diorite (GPF-78), with a local coarser plagioclase aggregate (Figure 3i). The other sample is an inequigranular poikilitic hornblende gabbro composed of coarse-grained hornblende, enclosing medium- to fine-grained plagioclase (GPF-79; Figure 3j). Modal proportions are illustrated in Figure 4.

4.2. Mineral textures and compositions

4.2.1. Plagioclase

Plagioclase crystals in the PFG are mostly subhedral and unzoned in the Ol leucogabbro (Figure 3b), with local and reduced areas with adcumulate texture and polygonal triple junctions between crystals. On the other hand, in the Px-Hbl gabbro, and subordinate in the Hbl gabbro, two plagioclase textural types occur (Figures 3c and 3e).

The first one (a) is formed by coarser, subhedral to local anhedral grains, sometimes exhibiting complex and wedge-shaped twinnings, irregular or patchy zonation patterns, and undulose extinction. These features are prevalent in *adcumulus* areas, where lobate and polygonal contacts occur, probably due to textural maturity processes at high temperatures (Holness et al. 2005; 2006). The *adcumulus* portions are formed by thicker, tabular, and more calcic *cumulus* plagioclase, with anhedral, interstitial, and more sodic *intercumulus* crystals (Dal Olmo-Barbosa et al., 2018; Figure 3c). The second textural type (b) corresponds to thinner, subhedral to euhedral grains, with simple polysynthetic twinnings. When these grains occur as chadacrystals enclosed by large amphibole oikocrystals (Figure 3d), in heteroadcumulate textures, they are usually rounded and sometimes show corrosion gulfs.

Plagioclase compositions in the PFG are mostly bytownite (An₇₁₋₈₇) in the three samples, with subordinate labradorite predominantly in the Hbl gabbro (An₅₀₋₆₉), secondly in the Px-Hbl gabbronorite (An₅₅₋₅₇), especially in thinner *intercumulus* and late b-type grains, and are rare in the Ol leucogabbro (one analysis, An₆₇). Andesine occurs in minor proportions in the hornblende gabbro (An₄₃₋₄₉), and in one analysis (An₄₉) of the textural type “b” in the Px-Hbl gabbronorite (Figure 5a).

In the AAD, thicker and thinner plagioclase grains also occur (Figures 3f and 3g). The thinner grains tend to be more texturally homogeneous and unzoned, while thicker grains are commonly more complex in textures and zonation patterns. The last textural type includes grains with irregular-shaped cores, irregular or patchy zonation, and sieve texture. The samples include unzoned grains, as well as crystals with normal, inverse, and complex oscillatory concentric zonation patterns.

Chemical compositions in the two main textural types are overlapped, with no direct correlation between chemistry and textures. The compositions are mostly of andesine (An₃₁₋₅₀), although labradorite is expressive mainly in the Bt-Hbl diorites (An₅₁₋₆₉), and secondly in the hornblende diorite (An₅₃₋₆₉). Besides, there are considerable An-content variations within single grains, as registered in the Bt-Hbl diorite (sample GPF-89A; Figure 3k). Plagioclase compositional frequency histograms are shown in figure 5b.

Plagioclase in the CBD presents more variation in composition when compared to the other bodies (Figure 5c). The Bt-Hbl diorite shows unzoned, normal-, and subordinate inverse-zoned grains. The composition is mainly andesine (An₃₁₋₄₈), and minor labradorite (An₅₅₋₇₀). On the other hand, the Hbl gabbro presents unzoned, normal-, and inverse-zoned

grains with high-An variation (Figure 3l), as well as complex-zoned grains. This sample is composed mostly of bytownite (An_{71-89}), secondly by labradorite (An_{52-70}), minor andesine (An_{35-50}), and rare oligoclase (one analysis, An_{27}).

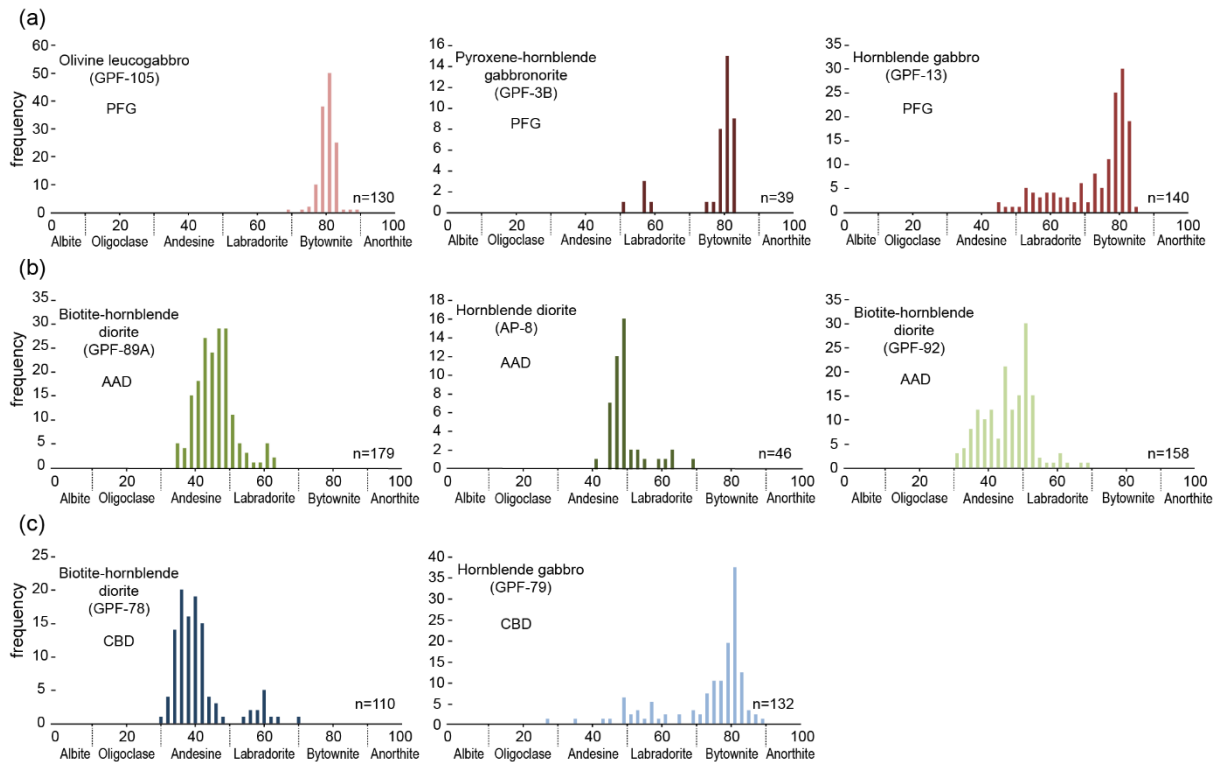


Figure 5. Frequency histograms for plagioclase compositions from: (a) Passo da Fabiana Gabbros (PFG); (b) Alto Alegre Diorite (AAD); (c) Capim Branco Diorite (CBD).

When core and rims analyses are compared, the dispersion in mineral compositions is almost the same for the PFG, with a slight enrichment in labradorite compositions in the Hbl gabbro rims analyses (Figure 6a). On the other hand, a decrease in An contents is observed in the AAD plagioclase crystals, from the core towards intermediate portions and rims, with andesine compositions becoming more expressive (Figure 6b).

In the CBD, an An content decrease in core-to-rim analyses of the Bt-Hbl diorite also occurs, with the reduction of labradorite and increase in andesine compositions. For the hornblende gabbro, instead, core and rim compositions are almost equivalent, while the intermediate crystal portions are the most scattered, with compositions ranging from bytownite to oligoclase (Figure 6c).

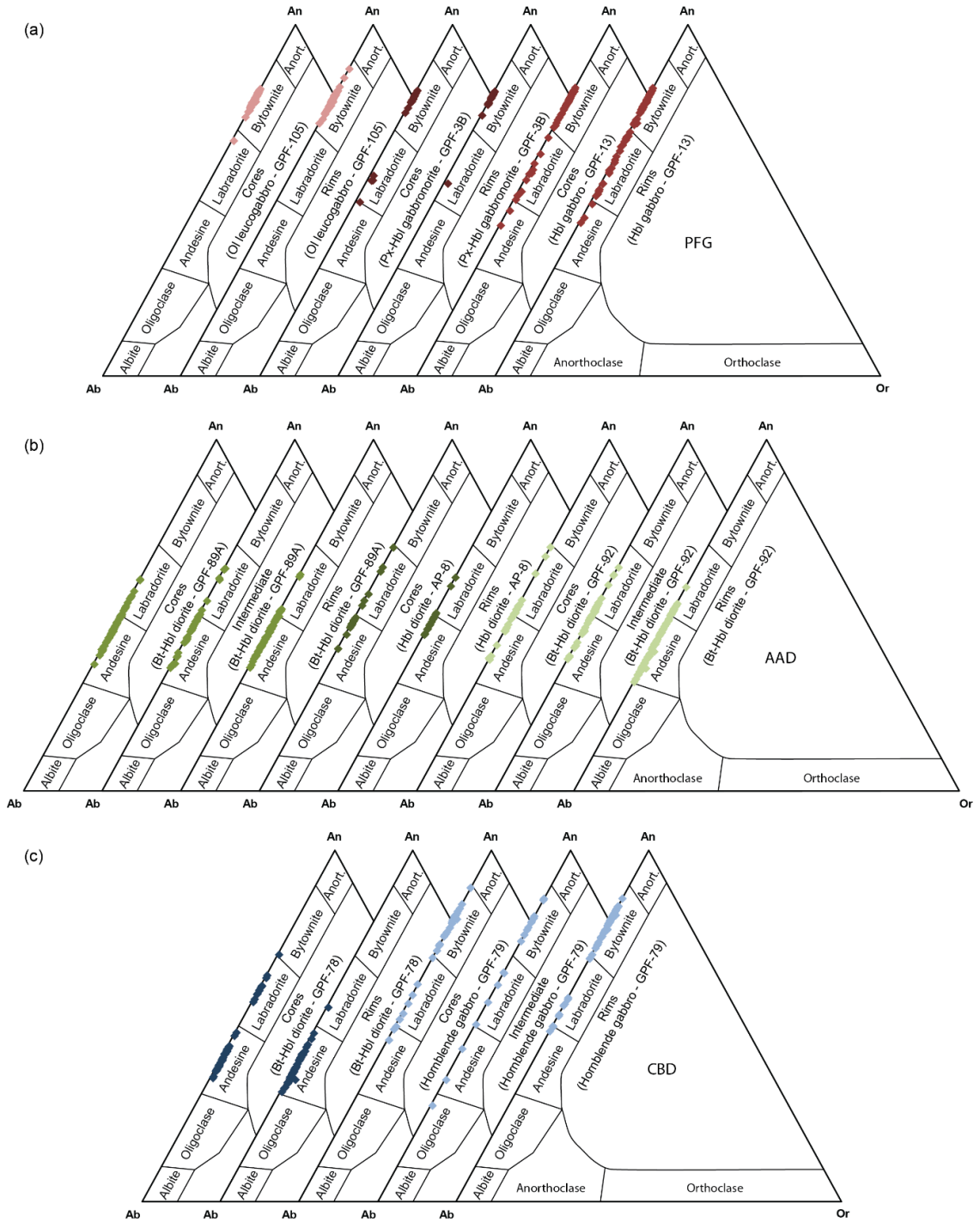


Figure 6. Plagioclase ternary classification diagrams for the basic intrusive rocks of the SE Dom Feliciano Belt, modified from Deer et al. (1992). Core, rims, and intermediate portions (if available) are represented. (a) PFG; (b) AAD; and (c) CBD.

4.2.2. Olivine

Olivine occurs only in the PFG, as anhedral crystals (Figures 3b and 3d), commonly with highly irregular shapes, and sometimes exhibiting corrosion gulfs. A common feature is their occurrence as chadacrystals enclosed by clinopyroxene (forming poikilophytic textures in some Ol leucogabbros) or brown hornblende (in the Px-Hbl gabbronorite). Olivine

compositions are homogeneous in core and rim analyses, as well as between the different rocks. In the Ol leucogabbro compositions vary from Fo₇₅₋₇₉Fa₂₁₋₂₄ (Mg#: 76-79), and between Fo₇₅₋₇₇Fa₂₂₋₂₅ (Mg#: 75-77) in the Px-Hbl gabbronorite. Olivine from both rocks presents low Cr₂O₃ and NiO contents, with mean values of 0.02 and 0.03 wt%, respectively.

According to Herzberg (2011) Ca x Mg# diagram, olivine crystals from the PFG do not match the composition of those crystallized on primitive magmas (Figure 7a), and are depleted in both values. On the other hand, when Ni, Mn, and Fe/Mn *versus* Mg# are compared, they match the composition of the olivines derivative from magmas with 8-20% MgO, by partial melting of peridotites (Figures 7b, 7c, and 7d, respectively).

When Fo contents are compared with whole-rock Mg# to evaluate mineral-liquid equilibrium, based on the Rhodes diagram (after Roeder and Emslie, 1970; and Rhodes et al., 1979), the compositions do not match along the equilibrium line ($K_D(\text{Fe-Mg})^{ol-liq} = 0.30 \pm 0.03$), with higher disequilibrium in the Px-Hbl gabbronorite analyses (Figure 7e). This test indicates that olivine crystals are more evolved than whole-rock compositions, and since other mineral analyses and textural features suggest, the occurrence of open-system processes (Putirka, 2008; Ganne et al., 2018).

4.2.3. Clino- and orthopyroxene

Pyroxenes occur mainly in the PFG, and only as relicts included in amphibole in the Hbl gabbro of CBD. In the PFG, clinopyroxene in the Ol leucogabbro (Figure 3b) and Px-Hbl gabbronorite occur as subhedral to anhedral grains, and as rounded or irregular-shaped chadacrystals exhibiting corrosion gulfs, enclosed by poikilitic brown amphibole (Figure 3d). In other Ol leucogabbros of PFG, clinopyroxene could form anhedral coarse-grained oikocrystals, enclosing olivine and plagioclase. In the Hbl gabbro, clinopyroxene occurs only as thin anhedral relicts included in amphibole (Figure 3e), similarly as in the Hbl gabbro of the CBD (Figure 3j).

Clinopyroxene compositions of the three samples show a vertical trend, varying from augite to diopside (Figure 8a), with endmembers between En₄₀₋₄₉Fs₁₀₋₁₈Wo₃₇₋₄₈, and Mg# 72-82. In the CBD, diopside is the most abundant clinopyroxene, followed by augite and minor pigeonite (Figure 8a). Endmembers for augite and diopside encompass compositions of En₃₉₋₄₇Fs₉₋₁₈Wo₃₄₋₄₈, while pigeonite composition is En₆₅₋₆₇Fs₂₅₋₂₇Wo₆₋₁₀. The pyroxenes Mg# (73-83) are very similar to those of PFG.

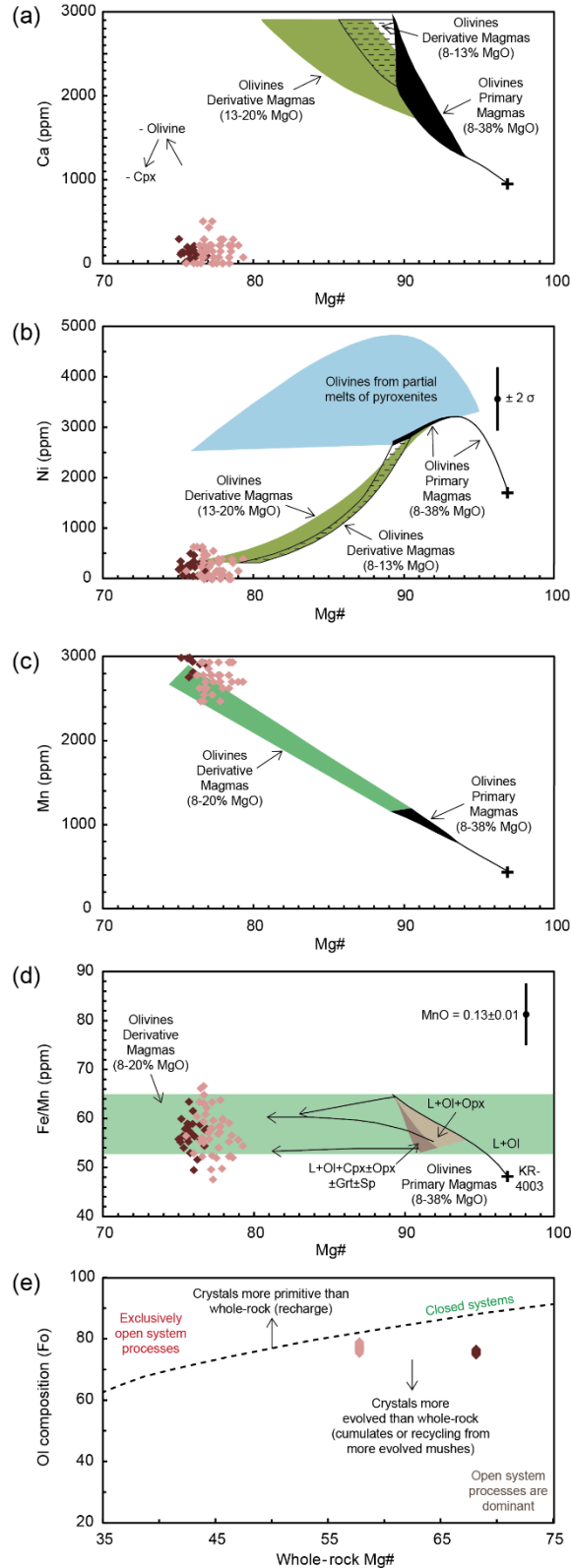


Figure 7. Diagrams showing olivine compositions of PFG, to distinguish between olivines from primary magmas, and olivines derivative magmas based on: (a) Ca x Mg# contents. (b) Ni x Mg# contents. (c) Mn x Mg#, and (d) Fe/Mn x Mg# contents. (e) Rhodes diagram to evaluate olivine-liquid equilibrium. The dashed line represents the $K_D(Fe-Mg)^{ol-liq}$ value of 0.30 (Roeder and Emslie, 1970). Modified from Putirka (2008), and Ganne et al. (2018). Diagrams a-to-d modified from Herzberg (2011).

Orthopyroxenes classify as enstatite, with one occurrence in the CBD, showing the composition $\text{En}_{70}\text{Fs}_{28}\text{Wo}_2$. In the PFG, orthopyroxene occurs as medium- to rarely coarse-grained isolated crystals in the rock matrix, sometimes enclosing clinopyroxene, plagioclase, and olivine, and as coronas surrounding anhedral olivine crystals as well. In the last case, it is commonly associated with Fe-Ti oxides in symplectites. Orthopyroxene compositions in this occurrence vary between $\text{En}_{66-77}\text{Fs}_{22-32}\text{Wo}_{1-5}$. It is also noted that Ol leucogabbro is slightly enriched in the enstatite component (Mg#: 74-78), when compared to the Px-Hbl gabbro (Figure 8a), with Mg# 68-75.

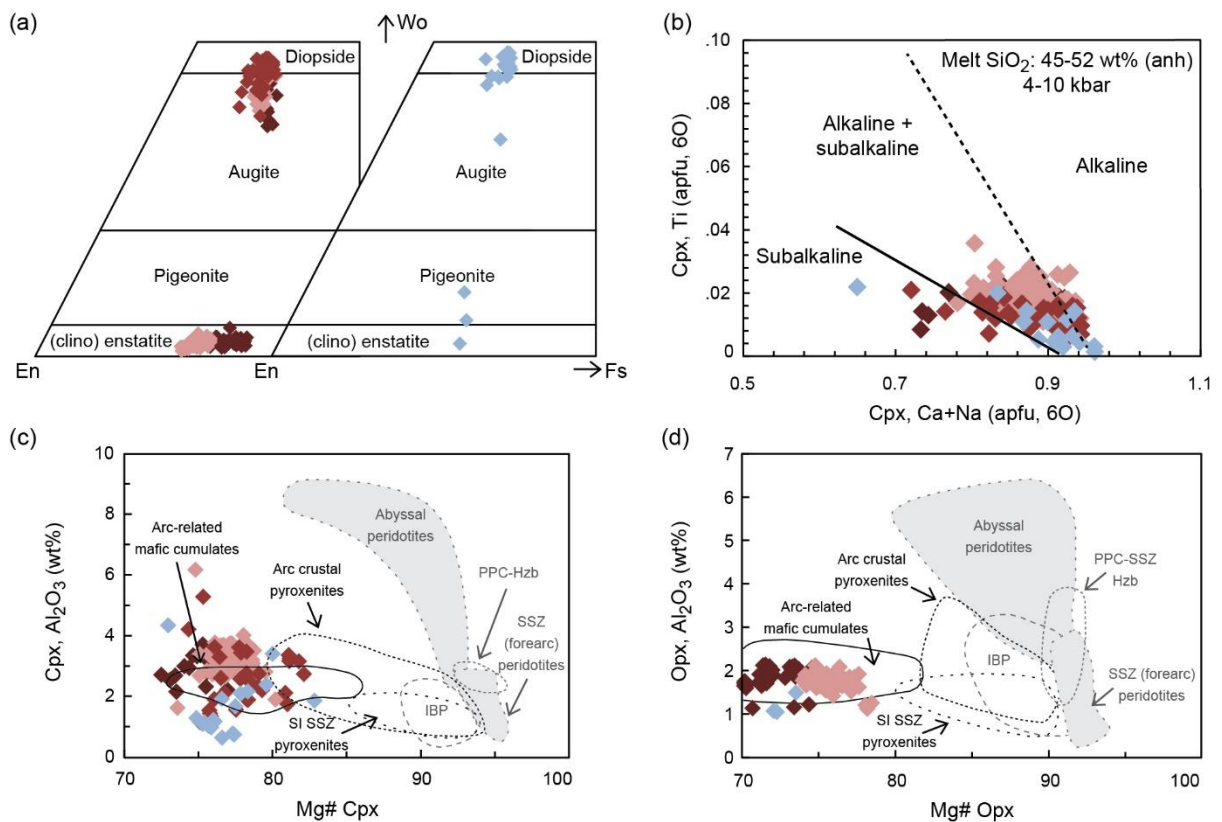


Figure 8. Clino- and orthopyroxene compositional diagrams for the PFG and CBD. (a) Pyroxene classification, according to Morimoto et al. (1989). (b) Ti x Ca+Na diagram to distinguish between clinopyroxene of alkaline and subalkaline affinities, according to Molina et al. (2009). The dashed line represents the boundary of Leterrier et al. (1982). Clinopyroxene (c) and orthopyroxene (d) Al_2O_3 x Mg# diagrams to distinguish between different sources, according to Escuder-Viruete et al. (2019). Abbreviations: PPC-Hzb - Puerto Plata ophiolitic complex harzburgites; SSZ - supra-subduction zone; IBP - Izu-Bonin peridotites; SI SSZ - Salomon Islands supra-subduction zone pyroxenites.

Clinopyroxene compositions were also used to test magmatic affinities based on the Ti *versus* Ca+Na diagram of Molina et al. (2009), after Leterrier et al. (1982). The diagram was designed for melts with 45-52 wt% of SiO_2 , and pressures between 4-10 kbar. The samples plot both in the subalkaline and in the alkaline + subalkaline fields, where both compositions occur overlapped (Figure 8b).

Escuder-Viruete et al. (2019) present different compositional fields for clino- and orthopyroxene genesis, derived from peridotites and pyroxenites in NE Nicaragua. When clino- and orthopyroxene Al_2O_3 versus Mg# contents are compared, analyses of both occurrences plot mostly in the arc-related mafic cumulates field (Figures 8c and 8d).

4.2.4. Micas

Micas are rare in the PFG, occurring only in the Ol leucogabbro as very thin, late, anhedral, and interstitial orange- to reddish pleochroic grains. In this occurrence, micas show $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) < 0.33$, plotting in the field of phlogopite, with an enrichment in the eastonite component (Figure 9a). On the other hand, micas from the Bt-Hbl diorite of CBD are subhedral, medium- to fine-grained crystals (Figure 3i) enriched in the $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ ratio, plotting in the biotite field. They also show proportional enrichment in Al^{IV} and $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$, forming an approximately linear trend towards the siderophyllite component (Figure 9a).

In the AAD, mica occurs only as an accessory mineral in the Hbl diorite, as subhedral- to anhedral, medium- to fine-grained crystals. In the Bt-Hbl diorites micas are mostly anhedral, coarse- to very coarse-grained crystals (Figures 3f and 3h), rarely included in amphibole. All micas present $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) > 0.33$, plotting in the biotite field (Figure 9a), and show a slight enrichment in this ratio from the Hbl diorite toward the Bt-Hbl diorites (samples GPF-92 and GPF-89A, respectively). When the analyses of the three occurrences are displayed in the $\text{FeO}_t\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3$ ternary diagram (Abdel-Rahman, 1994), samples plot in the field of micas from calc-alkaline orogenic suites (Figure 9b).

4.2.5. Amphibole

Amphibole occurs in all the samples. In the PFG, two main textural types are observed. The first corresponds to brown, anhedral, commonly coarse-grained oikocrystals enclosing plagioclase, pyroxene, and olivine chadacrystals (Figure 3d). This textural type occurs in the Ol leucogabbros, and mostly, in the Px-Hbl gabbro-norites. In the first sample, amphiboles classify predominantly as pargasite, and subordinately as Ti-rich pargasite, Mg-hastingsite, Ti-rich Mg-hastingsite, and minor Mg-ferri-hornblende. These compositions plot in the field of pargasite and magnesio-hornblende, in the classification diagram (Figure 10a), as well as the compositions of the Px-Hbl gabbro-norite. In the last sample, the amphibole classification encompasses, in decreasing order of abundance, Mg-hastingsite, Ti-rich pargasite, Mg-ferri-hornblende, Ti-rich Mg-hastingsite, and pargasite.

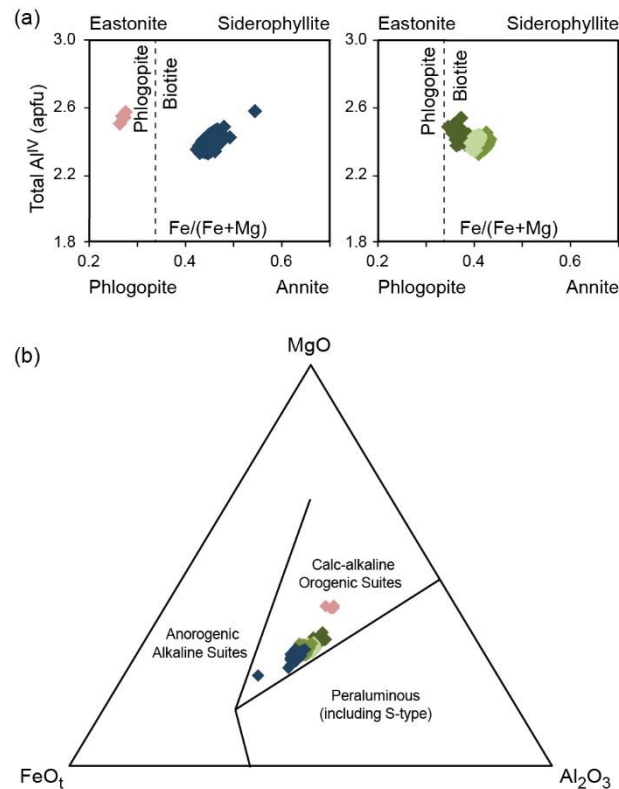


Figure 9. Micas' compositional diagrams for the PFG, CBD and AAD. (a) Total Al^{IV} x Fe/(Fe+Mg) mica classification diagram. (b) FeO_t-MgO-Al₂O₃ ternary diagram of Abdel-Rahman (1994) to classify micas compositions into alkaline, calc-alkaline, and peraluminous series.

In the Hbl gabbro, the other textural type occurs, represented by mostly anhedral medium-grained crystals (Figure 3e), with light-brown and light-green pleochroism. The occurrence of this mineral as oikocrystals is local and reduced when compared to the other samples. Amphibole in this rock comprise, in decreasing order of abundance, Ti-rich pargasite, Mg-hornblende and Mg-ferri-hornblende, Ti-rich Mg-hornblende/Mg-ferri-hornblende, pargasite, and Ti-rich Mg-hastingsite. In the classification diagram, the A*sum component of pargasite is depleted compared to the other samples, and magnesio-hornblende compositions become more expressive (Figure 10a). In this sample, there is a linear trend towards the pargasite composition, formed by the proportional increment of A* and C* sum components.

Amphibole in the AAD is predominantly medium-grained, subhedral, and greenish pleochroic (Figures 3f, 3g, and 3h). Subordinate coarser and euhedral prismatic grains occur, with no significant differences regarding composition. Almost all amphiboles are Mg-ferri-hornblende, followed by Mg-hornblende, minor Ti-rich Mg-ferri-hornblende, Ti-rich pargasite, and Ti-rich Mg-hornblende, with rare pargasite. In the classification diagrams, compositions are of magnesio-hornblende, with rare pargasite depleted in the A*sum

component. The linear trend formed by the proportional increment of A* and C* sum components towards pargasite appears in the three samples (Figure 10b).

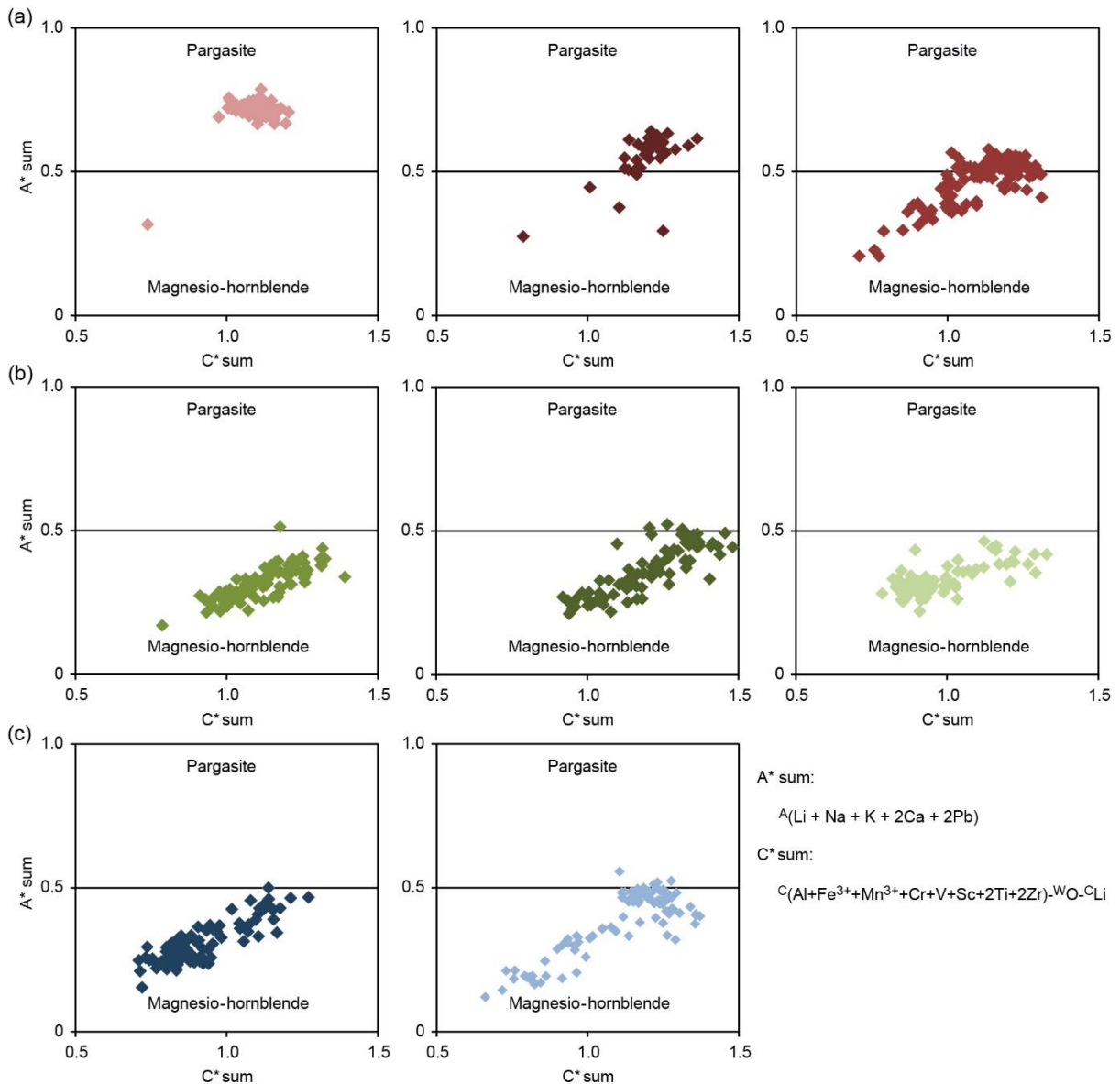


Figure 10. Amphibole classification diagrams according to Locock (2014). (a) PFG. (b) AAD. (c) CBD.

In the CBD, amphibole in the Bt-Hbl diorite exhibits essentially subhedral medium- to fine-grained crystals (Figure 3i), with homogeneous compositions of Mg-ferri-hornblende, and rare Mg-hornblende. On the other hand, in the Hbl gabbro amphibole forms coarse-grained oikocrystals (Figure 3j), and the compositions are more scattered. It shows, in decreasing order of abundance, Ti-rich Mg-hornblende, Mg-hornblende, and Mg-ferri-hornblende, with rare Ti-rich pargasite and pargasite. In the diagrams, the analyses distribution is very similar to the AAD, showing predominant magnesio-hornblende compositions, and rare pargasite (Figure 10c). The difference between the samples is that Bt-

Hbl diorite is enriched in magnesio-hornblende compositions, while the Hbl gabbro presents a slight enrichment towards pargasite.

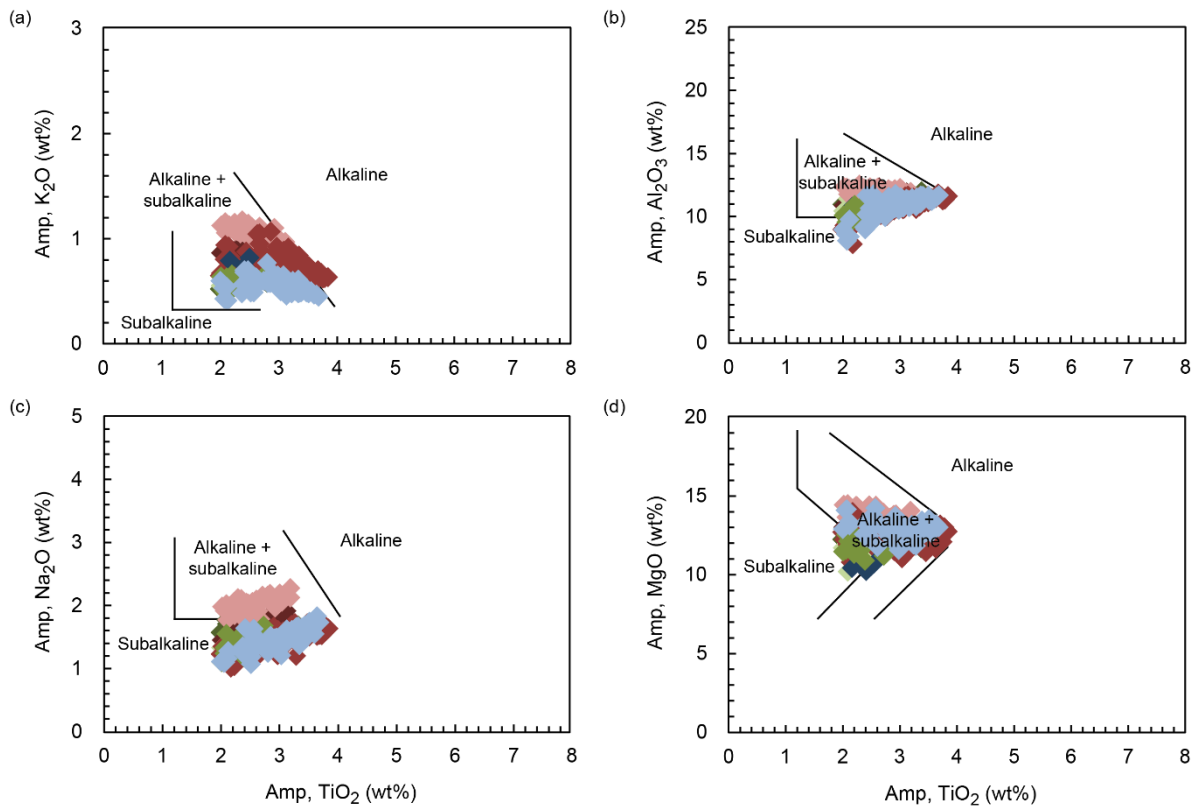


Figure 11. High-Ti amphibole compositions of the three occurrences in the Molina et al. (2009) diagrams to distinguish magmatic affinities. (a) K₂O x TiO₂ diagram. (b) Al₂O₃ x TiO₂ diagram. (c) Na₂O x TiO₂ diagram. (d) MgO x TiO₂ diagram.

Molina et al (2009) presented several diagrams to evaluate magmatic affinities based on high-Ti amphibole compositions, as a petrogenetic indicator of magma chemistry. To avoid *subsolidus* compositions, as suggested by the authors, only amphibole analyses with > 2 wt% TiO₂ were considered. In the K₂O x TiO₂ diagram, samples plot mainly in the field of alkaline + subalkaline compositions (Figure 11a). In the Al₂O₃, Na₂O, and MgO *versus* TiO₂ diagrams (Figures 11b, 11c, and 11d), samples plot both in the alkaline + subalkaline, and in the subalkaline field.

4.3. Geothermobarometers: intensive parameters for magmas crystallization

Different mineral, mineral-liquid, and only liquid compositions were used to estimate P-T conditions for the basic magmas crystallization, according to the available mineralogy of the samples. Besides, equilibrium conditions were tested based on the ideal K_D values, mineral *versus* whole-rock compositional diagrams, and putative SiO₂ content calculations for the liquids in equilibrium with the studied mineral phase.

A synthesis of the thermobarometric results is shown in tables 1, 2, and 3. Depth estimations assume an average barometric gradient of 0.3 kbar.km^{-1} , according to the equation $P = \rho gh$ (P = pressure: kbar; ρ = mean continental crust density: 2.73 g/cm^3 ; g = specific gravity: 10 m/s^2 ; h = depth: km). It is essential to highlight that some methods showed significant mineral-liquid disequilibrium, or reported unreal results (null or negative values). In these cases, thermobarometric results should be carefully analyzed. A more detailed discussion of the possible causes for these effects is presented in sections 5.1 and 5.4.

The liquid temperatures based on whole-rock compositions, which depend only upon the MgO wt% of a given liquid, were calculated both by the P-independent and P-dependent corrections proposed by Putirka (2008), in the equations 14, 15, and 16. The last one modifies the proposition of Yang et al. (1996), for liquids in equilibrium with olivine, plagioclase, and clinopyroxene.

Temperature calculations based on olivine-liquid were performed, although the samples do not fit exactly in the expected equilibrium, as shown in the diagram of figure 7e (higher disequilibrium observed in the Px-Hbl gabbro-norite). The calculations used the classic Beattie's (1993) method, as well as the proposition of Putirka (2008), equation 22.

The orthopyroxene-liquid thermobarometer presented the same equilibrium problem reported for olivine. It was determined based on Beattie's (1993) proposition, and according to the equations 28a and 28b of Putirka (2008). For pressure estimations according to this author, four null and one negative results were excluded in the Px-Hbl gabbro-norite sample (equation 29a). The two-pyroxene-based thermobarometer of Putirka (2008) was applied following the equations 36 ($\text{Mg\#}_{\text{Cpx}} > 0.75$), 37 ($\text{Mg\#}_{\text{Cpx}} < 0.75$) and the T-independent barometer (equation 38).

The clinopyroxene-liquid thermobarometer of Neave and Putirka (2017) showed the best fit between the expected and the calculated K_D values. For this reason, this method is considered the best attempt to define intensive parameters for crystallization in the clinopyroxene-bearing basic rocks. Thereby, pressure results obtained by this method were applied to calculate the cited P-dependent olivine-liquid thermometer of Putirka (2008).

Due to the significant mineral-liquid disequilibrium, the amphibole-liquid thermometer (Eqn. 5) of Putirka (2016) showed predicted SiO_2 contents of putative liquid compositions in equilibrium with amphibole considerable higher than whole-rock chemistry (Eqn. 10). These

results suggest that minerals present more evolved compositions than the final host rock (see sections 5.1 and 5.4 for discussion).

In the PFG, the calculated mean SiO₂ contents for the putative liquids were 60.5 wt% for the Ol leucogabbro, 64.3 wt% for the Px-Hbl gabbro, and 66.8 wt% for the Hbl gabbro. On the other hand, the whole-rock SiO₂ compositions are 47.9 wt% on the first two samples, and 47.8 wt% on the last. In the AAD, the predicted mean SiO₂ for the Hbl diorite was 64.8 wt%, and 69.5-69.4 wt% for the Bt-Hbl diorites (samples GPF-92 and GPF-89A, respectively). The measured whole-rock SiO₂ are respectively 46.2, 51.3, and 51.8 wt%. At last, the CBD showed calculated mean SiO₂ of 70.1, and 67.1 wt% (Bt-Hbl diorite and Hbl gabbro, respectively), while the correspondent bulk-rock compositions are 52.3, and 44.7 wt%.

Although the reported disequilibrium and the challenges of the amphibole-based barometers, many times unable to distinguish high-P variations (Putirka, 2016), pressure estimations were tested by the amphibole-liquid method (D_{Al}) of this authors (equation 7a). In the PFG Hbl gabbro, six null or negative results were excluded. In both AAD and CBD samples, the results presented very low or unreal values (null or negative) that should not be considered reliable. For the Bt-Hbl diorite of CBD, the data shown in table 3 considers only positive results (63 null/negative data excluded).

To compare the results of the amphibole-liquid temperatures, the liquid-only thermometer of Molina et al. (2015) was tested. The results were always higher than those reported in the first method. At last, the T-dependent barometer based on amphibole-plagioclase compositions of these authors was applied. In the CBD, results were partially null or negative for both Bt-Hbl diorite and Hbl gabbro. Only positive results were considered (12 results excluded in the first sample, and 8 in the last).

Thermometers		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean	
PFG	Exp. K_D	-	-	-	0.30±0.03	0.30±0.03	0.29±0.06	0.29±0.06	0.29±0.06	1.09±0.14	0.27±0.03	0.28±0.11	-		
	Ol lgb	Calc. K_D	-	-	-	0.36-0.44	0.36-0.44	0.38-0.53	0.38-0.53	0.38-0.53	0.85-0.99	0.29-0.30	0.52-0.70	-	
		Ranges	-	-	-	-	1276-1291	1220-1273	1183-1243	1252-1296	906-985	1151-1220	925-972	-	
		Mean/Abs	1246	1258	1246	1268	1283	1234	1201	1265	955	1179	943	1075	1179
		n	-	-	-	-	43	61	61	61	9	114	72	-	
	Px- Hbl gbt	Calc. K_D	-	-	-	0.64-0.71	0.64-0.71	0.70-0.99	0.70-0.99	0.70-0.99	0.61-0.94	0.29-0.30	0.81-1.31	-	
		Ranges	-	-	-	-	1260-1269	1134-1177	1054-1107	1161-1208	898-1043	1195-1292	795-950	-	
		Mean/Abs	1186	1235	1248	1224	1265	1164	1080	1195	964	1248	904	1052	1147
		n	-	-	-	-	24	37	37	37	6	25	38	-	
	Hbl gb	Calc. K_D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.26-0.27	0.49-1.03	-	
		Ranges	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1020-1114	748-937	-	
		Mean/Abs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1063	874	1025	987
n		-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	120	-		

Table 1. Synthesis of the thermometric (T°C) crystallization conditions for PFG. Abbreviations: Ol lgb: olivine leucogabbro; Px-Hbl gbt: pyroxene-hornblende gabbro; Hbl gb: hornblende gabbro; Exp. K_D : expected K_D for equilibrium; Calc. K_D : calculated K_D ; Ranges: T ranges; Mean/Abs: mean or absolute T (when only one result is available); n: number of analyses. Applied thermometers: 1, 2, and 3: Only liquid (Putirka, 2008), equations 14, 15, and 16, respectively; 4: Ol-liquid (Beattie, 1993); 5: Ol-liquid (Putirka, 2008), equation 22; 6: Opx-liquid (Beattie, 1993); 7 and 8: Opx-liquid (Putirka, 2008), equations 28a and 28b, respectively; 9: Two-pyroxene (Putirka, 2008), equations 36 and 37, depending on the Cpx Mg#; 10: Cpx-liquid, Neave and Putirka (2017); 11: Amp-liquid (Putirka, 2016), equation 5; 12: Only-liquid (Molina et al., 2015). The input values for the P-dependent equations were 7.8 kbar (Ol leucogabbro) and 10.7 kbar (Px-Hbl gabbro), according to the Cpx-liquid method.

Barometers		1	2	3	4	5	Mean	
Exp. K_D		0.29±0.06	1.09±0.14	0.27±0.03	0.28±0.11	-		
PFG	Ol lgb	Calc. K_D	0.38-0.53	0.85-0.99	0.29-0.30	0.52-0.70	-	
		Ranges	4.4-8.4	1.7-5.0	5.6-10.9	4.0-5.8	5-6	
		Mean/Abs	6	3.6	7.8	5.2	6	5.7
		n	61	9	114	72	13	
		Depth	20	12	26	17.3	20	19
	Px- Hbl gbt	Calc. K_D	0.70-0.99	0.61-0.94	0.29-0.30	0.81-1.31	-	
		Ranges	0.2-4.7	5.2-10.2	8.0-14.1	1.0-5.8	2-4	
		Mean/Abs	3.2	8.1	10.7	4.1	3	5.8
		n	32	7	25	38	6	
		Depth	10.7	27	35.7	13.7	10	19.3
	Hbl gb	Calc. K_D	-	-	0.26-0.27	0.49-1.03	-	
		Ranges	-	-	3.0-7.8	0.1-2.5	1-5	
		Mean/Abs	-	-	5.2	1.3*	3	4.1
		n	-	-	26	114	27	
		Depth	-	-	17.3	4.3	10	13.7

Table 2. Synthesis of the barometric (kbar) conditions for the crystallization of PFG. Abbreviations according to table 1. Applied barometers: 1: Opx-liquid (Putirka, 2008), equation 29; 2: Two-pyroxene (Putirka, 2008), equation 38; 3: Cpx-liquid, Neave and Putirka (2017); 4: Amp-liquid (Putirka, 2016), equation 7a; 5: Amp-Pl (Molina et al., 2015). *Values considered unreal and discarded in the mean pressure values and depth estimations.

Thermometers						Barometers					
Method		10	11	12	Mean	3	4	5	5	Mean	
Exp. K_D		0.27±0.03	0.28±0.11	-		0.27±0.03	0.28±0.11	-	-		
AAD	Bt-Hbl dt (GPF- 92)	Calc. K_D / T	-	0.62-1.0	-		-	0.62-1.0	1041	918	
		Ranges	-	763-869	-		-	-2.9/-0.4	1-8	1-7	
		Mean/Abs	-	795	1041	918	-	-1.8*	3	3	3
		n	-	82	-		-	82	14	14	
		Depth	-	-	-		-	-	10	10	10
	Hbl dt	Calc. K_D / T	-	0.58-0.68	-		-	0.58-0.68	1045	969	
		Ranges	-	863-923	-		-	0.2-2.1	5-7	4-6	
		Mean/Abs	-	893	1045	969	-	1.3*	6	5	5.5
		n	-	29	-		-	29	7	7	
		Depth	-	-	-		-	4.3	20	16.7	18.3
	Bt-Hbl dt (GPF- 89A)	Calc. K_D / T	-	0.44-0.68	-		-	0.44-0.68	1018	916	
		Ranges	-	741-881	-		-	-2.1/-0.9	1-7	1-6	
		Mean/Abs	-	813	1018	916	-	-0.9*	4	4	4.0
		n	-	95	-		-	95	16	16	
		Depth	-	-	-		-	-	13.3	13.3	13.3
CBD	Bt-Hbl dt	Calc. K_D / T	-	0.53-0.92	-		-	0.53-0.92	1033	901	
		Ranges	-	732-848	-		-	0.1-1.9	1-7	1-5	
		Mean/Abs	-	769	1033	901	-	0.5*	3	2	2.5
		n	-	105	-		-	20	10	11	
		Depth	-	-	-		-	1.7*	10	6.7	8.3
	Hbl gb	Calc. K_D / T	0.27-0.29	0.36-0.66	-		0.27-0.29	0.36-0.66	1150	1043	
		Ranges	1089-1269	736-942	-		4.1-13.3	0.5-5.4	3-10	3-9	
		Mean/Abs	1150	865	1043	1019	7.0	1.8*	5.3	5	5.8
		n	18	100	-		18	100	13	13	

	Depth	-	-	-	23.3	6*	17.7	16.7	19.3
--	-------	---	---	---	------	----	------	------	------

Table 3. Synthesis of the thermometric (T°C) and barometric (kbar) conditions for the crystallization of AAD and CBD. Abbreviations according to table 1, except for: Bt-Hbl dt: biotite-hornblende diorite; Hbl dt: hornblende diorite; Calc. K_D / T: calculated K_D values or temperature input (for method 5). Methods' identification according to the tables 1 and 2.*Values considered unreal and discarded in the mean pressure values and depth estimations.

5. DISCUSSION

5.1. The mineral-liquid disequilibrium problem

As previously demonstrated, the expected equilibrium between crystallized minerals and the correspondent liquids, assumed equal to whole-rock compositions, does not occur in several analyses. Recently, some papers highlighted this aspect (Bachmann and Huber, 2016; Cornet et al., 2022; Fiedrich et al., 2017; Ganne et al., 2018), which directly affects traditional thermobarometric calculations that presuppose mineral-liquid equilibria.

The formation of cumulates in basic rocks and consequent disequilibrium processes are commonly discussed in igneous petrology. However, through the “polybaric mush model”, Bachmann and Huber (2016) state that even felsic magma columns in the crust consist mostly of high-crystallinity mushes. Consequently, they do not represent the initial liquids and exhibit textural, mineralogical, and geochemical fingerprints indicating that these plutons correspond to “crystal graveyards” that lose part of their magmatic liquids.

Ganne et al. (2018) quantified the proportion of minerals in disequilibrium with bulk-rock compositions for a database of worldwide volcanic rocks. The results showed that minerals are commonly in disequilibrium with whole-rock chemistry, indicating open-system processes. Besides, the authors observed that crystals in disequilibrium were dominantly more evolved than their hosts in mafic magmas, and dominantly less evolved in intermediate and silicic liquids.

In recent work, Cornet et al. (2022) tested a global database of volcanic and plutonic rocks. The results indicate that most mafic and felsic plutonic rocks are melt-depleted, even more than volcanic units. Few minerals showed less evolved compositions than plutonic whole-rock analyses. Instead, minerals were commonly more evolved, which could be explained by melt loss during magmatic reservoirs' evolution, or in part by differentiation under closed-system. However, the lack of the preservation of the initial bulk compositions led the authors to consider that open-system evolution should be dominant.

The authors also designed a diagram to test equilibrium conditions using plagioclase *versus* bulk-rock compositions (Figure 12). The choice of plagioclase is justified due to the mineral dominance in many intermediate/silicic rocks, as well as to the slow intracrystalline diffusion rates of plagioclase major elements, which enables the record of the modifications in melt composition.

Fiedrich et al. (2017) applied a similar methodology to the Adamello Batholith, a typical gabbro to granodiorite association with calc-alkaline, metaluminous affinity. The authors suggested that the considerable scatter observed in the data could result from the combination of open-system processes, with cumulate fingerprints. Cornet et al. (2022) also tested their methodology in the batholith, concluding that mineral compositions are too evolved to be in equilibrium with bulk-rock chemistry. In addition, the authors argue that plutonic units commonly do not correspond to “quenched melt” compositions, but in fact, represent cumulate portions of magma reservoirs.

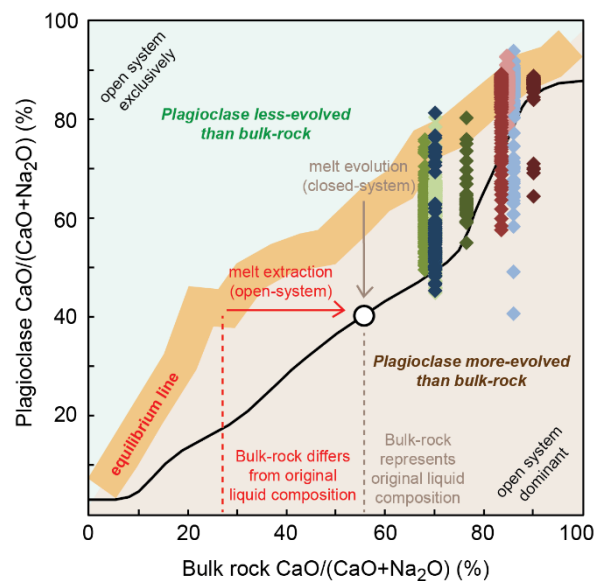


Figure 12. Diagram to test equilibrium based on plagioclase *versus* whole-rock compositions for the basic intrusive rocks. Extracted from Cornet et al. (2022).

As observed in the Cornet et al. (2022) diagram (Figure 12), most of the analyses from the basic rocks plot below the equilibrium line, indicating that most plagioclase crystals are more evolved than whole-rock compositions. The calculations of the SiO_2 contents for liquids in equilibrium with amphibole (Putirka, 2016), which resulted in higher values compared to the whole-rock chemistry, and the olivine equilibrium tests (Figure 7e) support this observation. Thereby, these data suggest that crystals probably correspond to cumulates, or are derived from the recycling of more evolved mushes (Ganne et al., 2018). Rare plagioclase analyses plot above the equilibrium line, indicating more primitive compositions. In this case,

they can constitute a minor population of antecrystals in equilibrium with early liquids, or recharge crystals from mafic magmas.

In the PFG, since typical accumulation features occur in some samples, mineral-liquid disequilibrium was already expected. However, it is important to highlight that this behavior extends also to the AAD and CBD, implying that these bodies probably lose part of the liquids to shallower units, and/or had some degree of accumulation. Even though typical cumulate textures were not observed in these bodies, the occurrence of local magmatic foliation and coarser aggregates could be the result of accumulation and mush remobilization processes (discussed in the next session).

This evidence, coupled with mineral textures, the scatter in their compositions, the variation in whole-rock chemistry, and the mineral-liquid disequilibrium in most minerals point to an evolution dominated by open-system processes. Similarly as suggested by Fiedrich et al. (2017) to the Adamello Batholith, the observed textural and chemical features could result from an open-system evolution, superimposed with accumulation processes.

5.2. Textural features and magmatic differentiation processes

The mineral compositions and textural patterns suggest the occurrence of different and superimposed magmatic differentiation processes in the evolution of the basic rocks. The identified main processes were: 1) the formation of cumulates and related textures; 2) the significant disequilibrium during the crystallization (probably due to magmatic recharge events or migration of liquids in the chambers, with recycling/remobilization of crystallized mushes); 3) the late infiltration of liquids in the previously-crystallized mushes; and 4) the progressive hydration of the systems.

In the PFG, the *adcumulus* textures in plagioclase (Figure 3c), and the highly anhedral and corroded olivine crystals (Figures 3b and 3d) suggest the early crystallization of these minerals as *cumulus* phases. Besides, the described texture of olivine records the progressive disequilibrium of olivine-liquid in the crystallization evolution. In the Ol leucogabbro, and mainly in the Px-Hbl gabbro, the *adcumulus* areas concentrate the most complex textures in plagioclase, including deformed twinings (probably by the cumulate compaction), as well as *subsolidus* textural equilibrium at high temperatures, modifying the dihedral angles and generating local polygonal contacts (Holness et al., 2005, 2006; Hunter, 1996). In these

areas, *cumulus* plagioclase is mainly bytownite, and the *intercumulus* phase is mainly labradorite.

The two textural types of plagioclase, registered mainly in the Px-Hbl gabbronorite and in the Hbl gabbro (Figure 3e), suggest at least two different moments for the crystallization of this mineral. It is important to highlight that an An-content and amphibole enrichment in the PFG rocks is correlated with the depletion of olivine and pyroxenes. This is observed in the Hbl gabbro by the enrichment in labradorite and andesine when compared with the other lithologies (Figure 5a).

The orthopyroxene crystallization is commonly late compared with olivine and plagioclase, and occurs as coronas surrounding olivine, as subhedral isolated grains, and as subhedral to anhedral poikilitic crystals enclosing plagioclase and olivine (Figure 3b). These features could indicate the progressive SiO₂ enrichment of the liquids, enabling the formation of the orthopyroxene, as well as the infiltration of these liquids in the primitive mushes composed essentially of labradorite and olivine. On the other hand, the occurrence of orthopyroxene coronas associated with abundant Fe-Ti oxides in symplectites could indicate prolonged heating in *subsolidus* conditions. This is consistent with the proposition of the primitive mushes remobilization, since this process would imply heat input to the system.

The clinopyroxene occurs as an *intercumulus* phase in oikocrystals enclosing anhedral and sometimes rounded and corroded orthopyroxene, olivine, and plagioclase in some Ol leucogabbros. However, in the analyzed Ol leucogabbro, clinopyroxene is mainly subhedral to anhedral, occurring as isolated grains in the rock matrix (Figure 3b). The occurrence of *intercumulus* clinopyroxene with the described textural disequilibrium could represent a recharge event in the chamber, through the infiltration of new liquids. In the sequence, the evolution of the liquids could have reached the equilibrium, and enabled the crystallization of the clinopyroxene isolated grains.

In some Ol leucogabbros, and mostly in the Px-Hbl gabbronorite, it is common that clinopyroxene occurs as chadacrystals enclosed by brown amphibole (Figure 3d), with highly anhedral corroded or rounded grains, sometimes exhibiting corrosion gulfs. These textures could indicate a new, and probably the last, mush remobilization with expressive infiltration of hydrated liquids in disequilibrium, responsible for the crystallization of the brown amphibole large oikocrystals, mainly in the Px-Hbl gabbronorite (Figure 3d). This process is responsible for the formation of the heteroadcumulate texture, with poikilitic amphibole

enclosing anhedral crystals of pyroxene, plagioclase, and olivine, in textural disequilibrium. These features are comparable to the textures described by Holness et al. (2013) and Leuthold et al. (2014), as the product of infiltration processes by reactive liquids in cumulates, indicative of open-systems.

The progressive interaction of these mushes with hydrated liquids is reinforced by the substitution of the clinopyroxene by hornblende, favoring the crystallization of Hbl gabbros, and restricting the occurrence of clinopyroxene in these rocks only as the thin relicts enclosed by amphibole (Figure 3e). Besides, the progressive hydration of the liquids is registered also in the Ol leucogabbro, by the crystallization of late-stage interstitial phlogopite crystals.

The described textural changes in amphibole from the Ol leucogabbro and the Px-Hbl gabbro to the Hbl gabbros, as the result of this progressive hydration of the liquids, are accompanied by a chemical change. While the large brown amphibole oikocrystals in the first two occurrences are mainly pargasite, Mg-hornblende compositions become more expressive in the Hbl gabbro (Figure 10a).

The analysis of these textures highlights a crucial transition during the magmatic evolution. The crystallization starts forming primitive *adcumulus* areas (Figure 3c), typical of closed systems. This condition changes with the successive infiltration and remobilization of the primitive mushes, forming heteroadcumulate regions (Figure 3d). These features indicate a transition from a closed-system, to a dynamic open-system.

In the AAD, the presence of two main textural types of plagioclase also points to different moments in crystallization. The first type corresponds to thicker grains commonly with more complex textures and zonation patterns, and the second to thinner, more homogeneous grains (Figures 3f and 3g). Besides, the diversity in the zonation patterns, even within a single sample, indicates complex changes during crystallization.

The irregular-shaped cores, the irregular or patchy zonation, and the sieve texture in the first textural type are indicative of mineral-liquid disequilibrium, and partial reabsorption of early-crystallized grains. The crystals with such features could represent antecrystals, which were partially consumed by the input of liquids in disequilibrium through replenishment events in the chamber. Otherwise, the second type, which constitutes the dominant population, could have formed in the new crystallization conditions, closer to the equilibrium. Besides, the scatter in compositions (An_{31-69}), sometimes within a single grain (Figure 3k),

could result from this replenishment process, since it would result in considerable changes in magma chemistry.

The local occurrence of euhedral prismatic amphibole suggests that this mineral crystallized as an early phase in the system, coeval with plagioclase. However, the coarser poikilitic crystals also indicate the late crystallization of amphibole relative to plagioclase, possibly resulting from the late infiltration of hydrated liquids in the partially crystallized mush. The occurrence of coarse-grained aggregates in the AAD, interpreted as autholiths since they present the same mineralogy and do not exhibit considerable textural disequilibrium, could correspond to fragments of early-crystallized phases that were recycled by the mush remobilization process.

The mostly anhedral shape and poikilitic texture of micas in the AAD (Figures 3f and 3h) suggest that this mineral is mainly a late phase, although it could be rarely included in amphibole. The higher abundance of this mineral in the Bt-Hbl diorites indicates the participation of more evolved hydrated liquids in the crystallization of these rocks when compared to the Hbl diorite. This change is accompanied by a Fe/(Fe+Mg) enrichment from the Hbl diorite to the Bt-Hbl diorites (Figure 9a).

In the CBD the occurrence of unzoned, normal-zoned, inverse-zoned, and complex oscillatory zonation patterns (Figure 3l) in plagioclase also indicate a complex crystallization for these rocks, with significant changes in magma chemistry. Besides, the large An-content variations in this body (Figure 5), ranging from An₃₁₋₈₉, supports this proposition.

In the Hbl gabbro, plagioclase and pyroxene correspond to the early phases, since plagioclase occurs essentially as thinner crystals, and pyroxene occurs only as relicts, both enclosed in coarser poikilitic amphibole (Figure 3j). These features suggest that the progressive hydration of the system probably occurred in the initial stages of crystallization.

The pyroxenes are absent in the Bt-Hbl diorite, which represents a more evolved and hydrated stage of the crystallization, forming more sodic plagioclase and biotite. Besides, the amphibole composition also changes. While an enrichment towards pargasite compositions is observed in the most primitive sample (Hbl gabbro), the Bt-Hbl diorite is composed essentially by Mg-hornblende, depleted in the A*sum component (Figure 10c).

Replenishment events by evolved liquids probably occurred in this body, as registered by plagioclase textures and zonation patterns, the local occurrence of coarser aggregates enclosed

by the matrix (Figure 3i), as described in the AAD, and the consumption of the early-crystallized clinopyroxene crystals. These features could result from early-mushes remobilization events, caused by the influx of new liquids. Besides, this process could explain also the expanded composition of the CBD, including different petrographic types, as described by Wildner and Ramgrab (1994).

In synthesis, the crystallization of the most primitive magmas of CBD probably started with the formation of labradorite and pyroxene mushes, which were sequentially infiltrated by more hydrated and evolved liquids. These changes promoted the crystallization of amphibole, more sodic plagioclase, with the predominance of andesine compositions (Figure 5c), and biotite. The replenishment events by liquids in disequilibrium could account for the considerable variation in mineral textures and compositions, and the diversity in rock compositions as well.

5.3. Sources and magmatic affinities

As indicated by the mineral-liquid disequilibrium features, the final bulk-rock compositions do not match the initial liquids in which minerals were crystallizing. For this reason, the analysis of mineral compositions provides the best approach to evaluating magmatic sources and affinities. Besides, the convergence of fingerprints from different minerals provides more confidence to our interpretations.

Herzberg (2011) discusses the derivation of olivine based on whole-rock and mineral compositions, identifying potential source lithologies and implications for the origin of basic magmas by partial melting of peridotites *versus* pyroxenites. Besides, the experiments identified olivine compositions in equilibrium with primary magmas or their derivative liquids.

Olivine compositions from PFG are considerably depleted in Ca and Mg# (Figure 7a) and do not match the composition of olivines from primary magmas, or their derivative liquids with 8-20% MgO. Herzberg (2011) affirms that crystallization and fractionation of clinopyroxene deplete considerably the Ca contents, also contributing to the formation of low-Mg# liquids. A similar effect is produced by clinopyroxene fractionation regarding Ni and Mg# contents (Figure 7b). On the other hand, pyroxenite partial-melting results in liquids with considerably higher Ni contents, which is not the case for the PFG samples.

The Mn and the Fe/Mn contents (Figures 7c and 7d) mostly agree with the composition of derivative liquids with ~8-20% MgO. As pointed out by Herzberg (2011), the Fe/Mn tracer has the advantage of not being significantly affected by Cpx fractionation. In addition, the olivine analyses plot in a field of derivative liquids produced by olivine fractionation of the primary magmas, as illustrated by the arrows (Figure 7d). Consequently, these data indicate that PFG olivine is most likely to have formed upon a peridotite source, and does not correspond to the composition of those crystallized on primary magmas. Instead, the best fit for Ni, Mn, and Fe/Mn x Mg# contents is of crystals formed in derivative liquids with ~8-20% MgO, and that have undergone fractionation.

The clino- and orthopyroxene $\text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{Mg}\#$ contents from PFG compared with the compositional fields of Escuder-Virue et al. (2019) and references therein, plot essentially out of the pyroxenite fields (Figures 8c and 8d), confirming the fingerprints of olivine composition. Samples from the CBD present the same behavior, with both unities plotting mostly in the field of arc-related mafic cumulates. These characteristics agree with the propositions for the tectonic evolution of the area, which assumes one or more arc-related magmatic event(s) (Bastos et al., 2020; Philipp, 1998; Porcher et al., 2021). Although these rocks are emplaced in post-collisional and not in arc-related settings, the previous subduction events probably affected the mantle chemistry, resulting in these fingerprints. This pattern is observed also in whole-rock analyses, as discussed in Dal Olmo-Barbosa et al. (2018).

To investigate magmatic affinities different classifications based on clinopyroxene, amphibole, biotite, and experimental melt compositions were tested. Molina et al. (2009) revised the propositions of Leterrier et al. (1982) based on clinopyroxene to establish magma alkalinities, highlighting that Ti contents in this mineral are significantly pressure-dependent. For basic liquids (pressures ~4-10 kbar), compositions of clinopyroxene from alkaline basic rocks could reach lower values, and cross the alkaline-subalkaline boundary (Figure 8b) of Leterrier et al. (1982). Due to this effect, Molina et al. (2009) suggest to restrict the classification to clinopyroxene compositions with < 0.008 apfu Ti (at 0.84 apfu Ca + Na) to < 0.025 apfu Ti (at ca. 0.7 apfu Ca + Na).

Most of the basic rocks analyses plotted in the subalkaline+alkaline field, where compositions could be overlapped, and it is hard to define an accurate distinction. A minor part of the PFG and CBD clinopyroxene compositions plot in the field of the subalkaline affinity. According to these authors, the occurrence of calcic high-Ti amphibole is also an

essential petrogenetic tool to evaluate magma chemistry, especially for basic and ultrabasic liquids. Besides, they highlight that magma alkalinity controls TiO_2 contents in calcic amphibole, with an increase in the amphibole TiO_2 affinity in alkaline compositions.

When K_2O , Al_2O_3 , Na_2O , and $\text{MgO} \times \text{TiO}_2$ amphibole contents (Figure 11 a-d) of the three occurrences are analyzed in the Molina et al. (2009) diagrams, samples plot mostly in the alkaline + subalkaline field, or then both in this field and in the subalkaline field. This pattern suggests a major tendency to a subalkaline affinity for the liquids.

The biotite compositions in the diagram of Abdel-Rahman (1994) plot in the field of calc-alkaline orogenic suites (Figure 9b). This data supports the subalkaline affinity suggested by clinopyroxene and amphibole compositions, as well as reinforces the chemical affinity proposed for part of these rocks by Dal Olmo-Barbosa et al. (2018), as derived from calc-alkaline high-alumina basaltic liquids.

5.4. Crystallization conditions

Despite the disequilibrium processes illustrated in previous sections, the combination of different methods for P-T calculations allows some considerations regarding the intensive parameters for the crystallization of the basic rocks. Thereby, these conditions represent an estimation of the real parameters and should be critically analyzed due to these problems. This is probably the reason why some barometers reported low unreal or even negative results.

Due to the available mineralogy, the PFG constitute the best case to compare different thermobarometric calculations. The two-pyroxene and the amphibole-liquid methods presented the lowest crystallization mean temperatures (874-964 °C). The other thermometers showed mean higher values (1025-1283 °C), but as in the previous methods, considerable mineral-liquid disequilibrium occurs. The exception is the clinopyroxene-liquid thermometer, which presented suitable K_D values and mean temperatures of 1063-1248 °C. Due to the better equilibrium conditions, this was considered the best method for P-T calculations in clinopyroxene-bearing rocks. If we consider the mean values, temperatures are similar, although lower, between 987-1179 °C (Table 1).

On the other hand, barometers are more complex and sensible to disequilibrium conditions (Putirka, 2008) resulting in a wider variation when compared to thermometers. As mentioned, the clinopyroxene-liquid barometer presented the best equilibrium conditions. In addition, pyroxene-based barometers usually are seven times more precise than amphibole-

based barometers (Putirka, 2016). The calculations with the clinopyroxene-liquid method resulted in mean pressures of 5.2-10.7 kbar, and estimated depths of 17.3-35.7 km (Table 2). These results place the crystallization in middle- to lower-crustal settings.

The other mineral-liquid methods resulted in lower mean values, with significant disequilibrium. The value of 1.3 kbar in the Hbl gabbro was considered too low compared to the other data and consequently discarded in the estimation of mean pressure in this sample. Considering the final mean values for the three samples, the ranges between 4.1-5.8 kbar correspond to mean depths of 13.7-19.3 km (Table 2), which correspond to middle-crust settings.

The more restricted mineralogy in the AAD reduces the thermometric calculations to the amphibole-liquid, and only-liquid methods. The mean results for the first calculations varied between 795-893 °C, and for the second, 1018-1045 °C. Due to the higher disequilibrium in the first method, we consider that Molina et al. (2015) only-liquid method probably represents the most adequate conditions, or then the final mean values should be considered (916-969 °C; Table 3).

Even though amphibole-liquid (D_{Al}) constitutes one of the best approaches to differentiate pressure variation between 1-8 kbar among the amphibole-based barometers (Putirka, 2016), pressure calculations with this method resulted in high disequilibrium and negative or too low unreal results for the AAD. Consequently, they were not considered for the mean pressure estimations. Based on the Amp-Pl method, pressures were calculated for the two available temperatures, with mean values of 3-6 kbar. The final mean values resulted in a range of 3-5.5 kbar, corresponding to depths of 10-18.3 km (Table 3), and placing the crystallization mainly in the middle crust.

For the CBD the same methods used in the AAD were applied, with the advantage that CBD Hbl gabbro exhibits pyroxene relicts, which enabled the application of the clinopyroxene-liquid thermobarometer. The calculations with this method showed consistent K_D for equilibrium, and presented the highest temperatures, with a mean value of 1150 °C. Based on amphibole-liquid determinations, mean temperatures range between 769-865 °C, and the only-liquid thermometer resulted in 1033-1043 °C. Considering the final mean values, the temperatures for the CBD crystallization range between 901-1019 °C (Table 3).

The amphibole-liquid barometer resulted in very low unreal mean pressures (0.5 to 1.8 kbar), and consequently excluded from the estimations. As in the PFG, the clinopyroxene-liquid barometer constitutes the best method, which resulted in the highest pressures with a mean value of 7 kbar (23.3 km; middle crust-setting). The amphibole-plagioclase method based on the two most reliable temperatures resulted in mean pressures of 2-5.3 kbar. The final mean pressures for the CBD crystallization were 2.5-5.8 kbar, and respective 8.3-19.3 km, placing the occurrence mostly in the middle, reaching upper crustal settings.

6. FINAL CONSIDERATIONS

The combined analysis of mineral textures and compositions provided a valuable tool to evaluate the petrological evolution of the basic intrusive rocks from the southeastern Dom Feliciano Belt, BR. This analysis enabled the identification of a complex evolution for these rocks, with different and superimposed magmatic processes that resulted in a considerable scatter in mineral compositions and diversified textures. We interpret these features as the product of a combination, in varied proportions, of accumulation with open-system processes.

Although local textures indicative of closed-system occur (*e.g. adcumulus* areas), open-system textures predominate (*e.g. heteroadcumulate* areas, corroded minerals, sieve texture, complex- and irregular-zoned patterns) indicating a transition to a dynamic magmatic evolution. Based on these features we suggest that recharge events, mainly of hydrated liquids in disequilibrium, occurred during these chambers' evolution. Consequently, these events promoted the infiltration, remobilization, and recycling of the primitive mushes, and could explain the variability in mineral textures and compositions.

The mineral-liquid disequilibrium coupled with the variation in whole-rock chemistry in most of the samples reinforces these interpretations, pointing to significant changes during the crystallization. The results indicated that most minerals are more evolved than whole-rock compositions, which could result from the partial loss of melt to shallower units, accumulation processes, or most likely, the combination of these mechanisms with an open-system evolution. Although typical accumulation textures occur in a part of the PFG samples and mineral-liquid disequilibrium was expected, this behavior extends also to the AAD and CBD.

Regarding magmatic sources and chemical affinities, olivine compositions in the PFG indicate a peridotite source, a derivation from liquids with ~8-20% MgO, and the occurrence

of fractionation processes. Consequently, the liquids do not correspond to primary magmas, which is confirmed by the low Ni, Cr₂O₃, Mg#, Mn, and Fe/Mn ratio. Clino- and orthopyroxene showed the composition of arc-related mafic cumulates, agreeing with the tectonic setting of the area, where previous subduction events affected the mantle chemistry.

Concerning magmatic affinities, although a superposition in subalkaline and alkaline fields occurs in the pyroxene and amphibole classification diagrams, a major tendency to subalkaline compositions points to this affinity for the basic intrusive rocks. Biotite compositions reinforce this fingerprint, pointing to a calc-alkaline derivation, classic of orogenic suites.

The evaluation of crystallization conditions for the AAD resulted in temperatures of 1018-1045 °C, calculated by the only-liquid method that provided the most reliable values. The final mean pressures based on the amphibole-plagioclase pair indicated middle-crust settings (3-5.5 kbar), but this result should be carefully analyzed and considered only as an approach to the real conditions, due to the disequilibrium of these minerals with whole-rock compositions. On the other hand, the clinopyroxene-liquid thermobarometer presented the best equilibrium conditions and was considered the most reliable method for clinopyroxene-bearing rocks. According to this thermobarometer, the PFG crystallized in mean temperatures of 1063-1248 °C, and mean pressures of 5.2-10.7 kbar (middle- to lower-crust), while in the CBD the conditions were 1150 °C, and 7 kbar (middle-crust).

Acknowledgements

The authors thank the Institute of Geosciences - UFRGS for technical and infrastructure support. We also thank FAPERGS and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for financial support (research grant n° 307378/2017-9; Koester, E.) and PhD Scholarships process n° 141173/2020-3 (Bastos, V.A.), and 141335/2017-3 (Dal Olmo-Barbosa, L.).

References

- Abdel-Rahman, A.F.M. (1994). Nature of Biotites from Alkaline, Calc-alkaline, and Peraluminous Magmas. *Journal of Petrology*, 35(2), 525-541.
- Annen, C.; Blundy, J.D.; Sparks, R.S.J. (2006). The genesis of intermediate and silicic magmas in deep crustal hot zones. *Journal of Petrology*, 47(3), 505-539.
- Arena, K.R.; Hartmann, L.A.; Lana, C. (2016). Evolution of Neoproterozoic ophiolites from

the southern Brasiliano Orogen revealed by zircon U-Pb-Hf isotopes and geochemistry. *Precambrian Research*, 285, 299-314.

Babinski, M.; Chemale Jr., F.; Van Schmus, W.R.; Hartmann, L.A.; Silva, L.C. (1997). U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Neoproterozoic Granitic-Gneissic Dom Feliciano Belt, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 10(3-4), 263-274.

Bachmann, O.; Huber, C. (2016). Silicic magma reservoirs in the Earth's crust. *American Mineralogist*, 101, 2377–2404.

Bastos, V.A.; Koester, E.; Lenz, C.; Dal Olmo-Barbosa, L.; Porcher, C.C.; Loureiro, P.O.; Vieira, D.T.; Ramos, R.C.; Cedeño, D.G. (2020). Contribution to the understanding of the Pinheiro Machado Complex (Dom Feliciano Belt, Brazil): A study of textures, mineral chemistry, and crystallization conditions. *Geological Journal*, 56, 1012-1033.

Beattie, P. (1993). Olivine-melt and orthopyroxene-melt equilibria. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 115, 103-111.

Bitencourt, M.F.; Nardi, L.V.S. (2000). Tectonic setting and sources of magmatism related to the Southern Brazilian Shear Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 30, 184-187.

Bonin, B. (2004). Do coeval mafic and felsic magmas in post-collisional to within-plate regimes necessarily imply two contrasting, mantle and crustal, sources? A review. *Lithos*, 78(1), 1-24.

Borghini, G.; Rampone, E.; Zanetti, A.; Class, C.; Cipriani, A.; Hofmann, A.W.; Goldstein, S.L. (2016). Pyroxenite Layers in the Northern Apennines' Upper Mantle (Italy) - Generation by Pyroxenite Melting and Melt Infiltration. *Journal of Petrology*, 57(4), 625–653. <https://doi.org/10.1093/petrology/egv074>.

Brito Neves, B.B.; Campos Neto, M.C.; Fuck, R.A. (1999). From Rodinia to Western Gondwana, an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, 22, 155-166.

Cambeses, A.; Montero, P.; Molina, J.F.; Hyppolito, T.; Bea, F. (2019). Constraints of mantle and crustal sources and interaction during orogenesis: A zircon SHRIMP U-Th-Pb and O isotope study of the 'calc-alkaline' Brovales pluton, Ossa-Morena Zone, Iberian Variscan Belt. *Lithos*, 324-325, 661–683. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.11.037>.

Caroff, M.; Coint, N.; Hallot, E.; Hamelin, C.; Peucat, J.J.; Charreter, G. (2011). The mafic-silicic layered intrusions of Saint-Jean-du-Doigt (France) and North-Guernsey (Channel Islands), Armorican Massif: Gabbro-diorite layering and mafic cumulate-pegmatoid association. *Lithos*, 125, 675-692.

Chistyakova, S.; Latypov, R.; Zaccarini, F. (2015). Chromitite dykes in the Monchegorsk layered intrusion, Russia: in situ crystallization from chromite-saturated magma flowing in conduits. *Journal of Petrology*, 56, 2395–2424. <https://doi.org/10.1093/petrology/egv079>.

Cornet, J.; Bachmann, O.; Ganne, J.; Fiedrich, A.; Huber, C.; Deering, C.D.; Feng, X. (2022). Assessing the effect of melt extraction from mushy reservoirs on compositions of granitoids:

From a global database to a single batholith. *Geosphere*, <https://doi.org/10.1130/GES02333.1>.

Costa, A.F.U. (1997). *Teste e modelagem geofísica da estruturação das associações litotectônicas pré-cambrianas no Escudo Sul-rio-grandense*. PhD. Thesis. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1-291.

Couzinié, S.; Laurent, O.; Moyen, J.F.; Zeh, A.; Bouilhol, P.; Villaros, A. (2016). Post-collisional magmatism: crustal growth not identified by zircon Hf-O isotopes. *Earth and Planetary Science Letters*, 456, 182-195.

Cruz, R.F. (2018). *Projeto sudeste do Rio Grande do Sul: mapa de integração de cartografia geológica*. CPRM. 1 mapa colorido. Carta geológica. Escala 1:250.000.

Cruz, R.F. (2019). *Projeto Sudeste do Rio Grande do sul: escalas 1:250.000 e 1:100.000; estado do Rio Grande do Sul*. CPRM, 1-173.

Dal Olmo-Barbosa, L.; Koester, E.; Gastal, M.C. (2018). Rochas intrusivas básicas no sudeste do Cinturão Dom Feliciano, RS: petrografia e geoquímica das associações I e II. *Geologia USP, Série Científica*, 18(2), 149-170.

Dal Olmo-Barbosa, L.; Koester, E.; Vieira, D.T.; Porcher, C.C.; Cedeño, D.G. (2021). Crystallization ages of the basic intrusive Ediacaran magmatism in the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil: Implications in the belt geodynamic evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 108, 103143. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103143>

Deer, W.A.; Howie, R.A.; Zussman, J. (1992). *An Introduction to the rock forming minerals*. 2.ed. Hong Kong: Longman Scientific & Technical.

Escuder-Viruete, J.; Andjić, G.; Baumgartner-Mora, C.; Baumgartner, P.O.; Castillo-Carrión, M.; Gabites, J. (2019). Origin and geodynamic significance of the Siuna Serpentinite Mélange, Northeast Nicaragua: Insights from the large-scale structure, petrology and geochemistry of the ultramafic blocks. *Lithos*, 340–341, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.05.002>.

Fernandes, L.A.D.; Menegat, R.; Costa, A.F.U.; Koester, E.; Porcher, C.C.; Tommasi, A.; Kraemer, G.; Ramgrab, G.E.; Camozzato, E. (1995a). Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-rio-grandense: parte I - uma contribuição a partir do registro geológico. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4), 351-374.

Fernandes, L.A.D.; Menegat, R.; Costa, A.F.U.; Koester, E.; Porcher, C.C.; Tommasi, A.; Kraemer, G.; Ramgrab, G.E.; Camozzato, E. (1995b). Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte II – uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4), 375-384.

Fiedrich, A.M.; Bachmann, O.; Ulmer, P.; Deering, C.D.; Kunze, K.; Leuthold, J. (2017). Mineralogical, geochemical, and textural indicators of crystal accumulation in the Adamello Batholith (Northern Italy). *American Mineralogist*, 102, 2467-2483.

Fragoso Cesar, A.R.S. (1991). *Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: As orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul*. PhD. Thesis. Universidade de São Paulo, 1-367.

Ganne, J.; Bachmann, O.; Feng, X. (2018). Deep into magma plumbing systems: Interrogating the crystal cargo of volcanic deposits. *Geology*, 46(5), 415-418.

Girelli, T.J.; Chemale Jr., F.; Lavina, E.L.C.; Laux, J.H.; Bongiollo, E.M.; Lana, C. (2018). Granulite accretion to Rio de la Plata Craton, based on zircon U-Pb-Hf isotopes: Tectonic implications for Columbia Supercontinent reconstruction. *Gondwana Research*, 56, 105-118.

Gregory, T.R.; Bitencourt, M.F.; Nardi, L.V.S; Florisbal, L.M. (2017). Petrogenesis of metamorphosed Paleoproterozoic, arc-related tonalites, granodiorites and coeval basic to intermediate rocks from southernmost Brazil, based on elemental and isotope geochemistry. *Lithos*, 277, 72-91.

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

Hartmann, L.A.; Chemale Jr., F.; Philipp, R.P. (2007). Evolução geotectônica do Rio Grande do Sul no Precambriano. In: R. Ianuzzi and J.C. Frantz (Ed). *50 anos de Geologia. Instituto de Geociências. Contribuições. 1ed.* Porto Alegre, Brasil: Editora Comunicação e Identidade.

Hartmann, L.A.; Lopes, W.R.; Savian, J.F. (2016). Integrated evaluation of the geology, aerogamaspectrometry and aeromagnetometry of the Sul-Riograndense Shield, southernmost Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(1), 75-92.

Hawthorne, F.C.; Oberti, R.; Harlow, G.E.; Maresch, W.V.; Martin, R.F.; Schumacher, J.C.; Welch, M.D. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97, 2031-2048.

Hayes, B.; Bybee, G.M.; Mawela, M.; Nex, P.A.; Niekerk, D. (2018). Residual melt extraction and out-of-sequence differentiation in the Bushveld Complex, South Africa. *Journal of Petrology*, 59, 2413–2434. <https://doi.org/10.1093/petrology/egy101>.

Heilbron, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Campos Neto, M.; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J. (2004). A Província Mantiqueira. In: A. Mantesso Neto; A. Bartorelli; C.D.R. Carneiro; B.B. Brito Neves (Ed.). *O desvendado de um continente: a moderna geologia da América do Sul e o legado da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida* (p. 203-234). São Paulo, Brasil: Editora Beca.

Herzberg, C. (2011). Identification of source lithology in the Hawaiian and Canary Islands: Implications for origins. *Journal of Petrology*, 52(1), 113-146.

Holness, M.B.; Cheadle, M.J.; McKenzie, D. (2005). On the Use of Changes in Dihedral Angle to Decode Late-stage Textural Evolution in Cumulates. *Journal of Petrology*, 46(8), 1565-1583. <https://doi.org/10.1093/petrology/egi026>.

Holness, M.B.; Namur, O.; Cawthorn, R.G. (2013). Disequilibrium Dihedral Angles in Layered Intrusions: a Microstructural Record of Fractionation. *Journal of Petrology*, 54(10), 2067-2093. <https://doi.org/10.1093/petrology/egt041>.

Holness, M.B.; Nielsen, T.F.D.; Tegner, C. (2006). Textural Maturity of Cumulates: a Record of Chamber Filling, Liquidus Assemblage, Cooling Rate and Large-scale Convection in Mafic Layered Intrusions. *Journal of Petrology*, 48, 141-157. <https://doi.org/10.1093/petrology/egl057>.

Hunter, R.H. (1996). Texture Development in Cumulate Rocks. In: R.G. Cawthorn (Ed.). *Layered Intrusions* (p. 77-101). Oxford: Developments in Petrology.

Hürlimann, N.; Müntener, O.; Ulmer, P.; Nandedkar, R.; Chiaradia, M.; Ovtcharova, M. (2016). Primary magmas in continental arcs and their differentiated products: Petrology of a post-plutonic dyke suite in the Tertiary Adamello Batholith (Alps). *Journal of Petrology*, 57(3), 495-534. <https://doi.org/10.1093/petrology/egw016>.

Jagoutz, O.; Müntener, O.; Ulmer, P.; Pettke, T.; Burg, J.P.; Dawood, H.; Hussain, S. (2007). Petrology and mineral chemistry of lower crustal intrusions: The Chilas Complex, Kohistan (NW Pakistan). *Journal of Petrology*, 48(10), 1895-1953. <https://doi.org/10.1093/petrology/egm044>.

Klein, F.G.; Koester, E.; Vieira, D.T.; Ramos, D.T.; Porcher, C.C.; Philipp, R.P. (2018). Geologia do Granito Três Figueiras: magmatismo peraluminoso de 585 Ma no sudeste do Cinturão Dom Feliciano. *Pesquisas em Geociências*, 45, e0665.

Koester, E.; Pawley, A.R.; Fernandes, L.A.D.; Porcher, C.C.; Soliani Jr., E. (2002). Experimental melting of cordierite gneiss and the petrogenesis of syntranscurrent peraluminous granites in the southern Brazil. *Journal of Petrology*, 48(43), 1595-1616.

Koester, E.; Porcher, C.C.; Pimentel, M.M.; Fernandes, L.A.D.; Vignol-Lelarge, M.L.; Oliveira, L.D.; Ramos, R.C. (2017). Further evidence of 777 Ma subduction-related continental arc magmatism in Eastern Dom Feliciano Belt, southern Brazil: The Chácara das Pedras Orthogneiss. *Journal of South American Earth Sciences*, 68, 155-166.

Koester, E.; Bertotti, A.L.; Porcher, C.C.; Lenz, C.; Vieira, D.T.; Dal Olmo-Barbosa, L.; Ramos, R.C.; Bastos, V.A.; Pinto, V.M. (2021). A evolução crustal do Escudo Sul-Rio-Grandense sob a perspectiva dos sistemas isotópicos Sr-Nd. In: A.R. Jelinek; C.A. Sommer (Ed.). *Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. (p. 13-27). Porto Alegre, Brasil: Editora Compasso Lugar-Cultura.

Kraemer, G. (1995). *Evolução magmática e tectônica da Suíte Ortometamórfica Imbicuí, região de Lavras do Sul (RS)*. Master Dissertation. UFRGS, 1-99.

Leite, J.A.D.; Hartmann, L.A.; McNaughton, N.J.; Chemale Jr., F. (1998). SHRIMP U/Pb zircon geochronology of Neoproterozoic juvenile and crustal-reworked terranes in southernmost Brazil. *International Geology Review*, 40, 688-705.

Lenz, C.; Porcher, C.C.; Fernandes, L.A.D.; Masquelin, H.; Koester, E.; Conceição, R.V. (2013). Geochemistry of the Neoproterozoic (800-767 Ma) Cerro Bori orthogneisses, Dom

Feliciano Belt in Uruguay: tectonic evolution of an ancient continental arc. *Mineralogy and Petrology*, 107, 785-806.

Letterier, J.; Maury, R.C.; Thonon, P.; Girard, D.; Marchal, M. (1982). Clinopyroxene compositions as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. *Earth and Planetary Science Letters*, 59, 139-154. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(82\)90122-4](https://doi.org/10.1016/0012-821X(82)90122-4).

Leuthold, J.; Blundy, J.D.; Holness, M.B.; Sides, R. (2014). Successive episodes of reactive liquid flow through a layered intrusion (Unit 9, Rum Eastern Layered Intrusion, Scotland). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 168(1021), 1-27. <http://doi.org/10.1007/s00410-014-1021-7>.

Locock, A.J. (2014). An Excel spreadsheet to classify chemical analyses of amphiboles following the IMA 2012 recommendations. *Computers and Geosciences*, 62, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2013.09.011>.

Loureiro, P.O.; Koester, E.; Weinberg, R.F.; Lenz, C.; Porcher, C.C.; Ramos, R.C.; Vieira, D.T.; Bastos, V.A.; Knijnik, D.; Pimentel, M.M. (2021). Recycling and hybridization of incremental episodes of magma intrusions: Pinheiro Machado Complex, Southeastern Dom Feliciano Belt, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 105, 102922. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102922>.

Molina, J.F.; Scarrow, J.H.; Montero, P.G.; Bea, F. (2009). High-Ti amphibole as a petrogenetic indicator of magma chemistry: Evidence for mildly alkalic-hybrid melts during evolution of Variscan basic-ultrabasic magmatism of Central Iberia. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 158, 69–98. <https://doi.org/10.1007/s00410-008-0371-4>.

Molina, J.F.; Moreno, J.A.; Castro, A.; Rodríguez, C.; Fershtater, G.B. (2015). Calcic amphibole thermobarometry in metamorphic and igneous rocks: New calibrations based on plagioclase/amphibole Al-Si partitioning and amphibole/liquid Mg partitioning. *Lithos*, 232, 286-305.

Morimoto, N. (1989). Nomenclature of Pyroxenes. *Mineralogical Journal*, 14(5), 198-221.

Nardi, L.V.S.; Hartmann, L.A. (1979). O Complexo Santa Maria Chico do Escudo Sul-riograndense. *Acta Geologica Leopoldensia*, 6, 45-75.

Neave, D.A.; Putirka, K.D. (2017). A new clinopyroxene-liquid barometer, and implications for magma storage pressures under Icelandic rift zones. *American Mineralogist*, 102, 777-794.

Oriolo, S.; Hueck, M.; Oyhantçabal, P.; Goscombe, B.; Wemmer, K.; Siegesmund, S. (2018). Shear Zones in Brasiliano-Pan-African Belts and Their Role in the Amalgamation and Break-Up of Southwest Gondwana. In: S. Siegesmund; M.A.S. Basei; P. Oyhantçabal; S. Oriolo, (Ed.). *Geology of Southwest Gondwana* (p. 267-302). Springer, Regional Geology Reviews. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-68920-3.pdf>

Oyhantçabal, P.; Oriolo, S.; Philipp, R.P.; Wemmer, K.; Siegesmund, S. (2018). The Nico Pérez terrane of Uruguay and southeastern Brazil. In: S. Siegesmund; M.A.S. Basei; P. Oyhantçabal; S. Oriolo (Ed.). *Geology of Southwest Gondwana* (p. 161-188). Springer,

Regional Geology Reviews. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-68920-3.pdf>.

Paim, P.S.G.; Chemale Jr., F.; Lopes, C. (2000). A Bacia do Camaquã. *Geologia do Rio Grande do Sul, CIGO/UFRGS*, 231-274.

Peel, E.; Bettucci, L.S.; Basei, M.A.S. (2018). Geology and geochronology of Paso del Dragón Complex (northeastern Uruguay): Implications on the evolution of the Dom Feliciano Belt (Western Gondwana). *Journal of South American Earth Sciences*, 85, 250-262.

Philipp, R.P. (1998). *A evolução geológica e tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul*. PhD. Thesis. Universidade de São Paulo, 1-269.

Philipp, R.P.; Machado, R. (2001). Suítes Graníticas Do Batólito Pelotas No Rio Grande Do Sul: Petrografia, Tectônica E Aspectos Petrogenéticos. *Revista Brasileira de Geociências*, 31, 257-266. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2001313257266>.

Philipp, R.P.; Machado, R.; Nardi, L.V.S.; Lafon, J.M. (2002). O Magmatismo Granítico Neoproterozóico do Batólito Pelotas no Sul do Brasil: Novos Dados e Revisão da Geocronologia Regional. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(2), 277-290.

Philipp, R.P.; Machado, R.; Chemale Jr., F. (2007). A Geração dos granitoides Neoproterozoicos do Batólito Pelotas: evidências dos isótopos de Sr e Nd e implicações para o crescimento continental da porção sul do Brasil. In: R. Ianuzzi; J.C. Frantz (Ed). *50 anos de Geologia. Instituto de Geociências. Contribuições. 1ed* (p. 59-77). Porto Alegre, Brasil: Editora Comunicação e Identidade.

Porcher, C.C.; Macnaughton, N.J.; Leite, J.A.D.; Hartmann, L.A.; Fernandes, L.A.D. (1999). Idade SHRIMP do vulcanismo ácido do Complexo Metamórfico Porongos, RS. In: *1º Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados*, (p. 121-124). Gramado, Brasil: SBG.

Porcher, C.C.; Lenz, C.; Koester, E.; Bastos, V.A.; Dal Olmo-Barbosa, L.; Vieira, D.T.; Ramos, R.C.; Pinto, V.M.; Bertotti, A.L.; Fernandes, L.A.D. (2021). O Terreno Pelotas e a Orogênese Pinheiro Machado: uma revisão da estratigrafia, da evolução magmática e tectônica. In: A.R. Jelinek; C.A. Sommer (Ed.). *Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. (p. 29-42). Porto Alegre, Brasil: Editora Compasso Lugar-Cultura.

Putirka, K.D. (2008). Thermometers and barometers for volcanic systems. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 69, 61-120. <https://doi.org/10.2138/rmg.2008.69.3>.

Putirka, K.D. (2016). Amphibole thermometers and barometers for igneous systems and some implications for eruption mechanisms of felsic magmas at arc volcanoes. *American Mineralogist*, 101, 841-858.

Ramgrab, G.E.; Wildner, W.; Camozzato, E.; Sander, A. (1994). Corpos Básicos no Batólito de Pelotas. In: *XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia*, 3, 49-50. Balneário Camboriú: SBG.

Ramgrab, G.E.; Wildner, W.; Camozzato, E. (1997). Porto Alegre, folha SH.22-Y-B: estado do Rio Grande do Sul. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB*.

Ramos, R.C.; Koester, E.; Vieira, D.T.; Porcher, C.C.; Gezatt, J.N.; Silveira, R.L. (2018). Insights on the evolution of the Arroio Grande Ophiolite (Dom Feliciano Belt, Brazil) from Rb-Sr and SHRIMP U-Pb isotopic geochemistry. *Journal of South American Earth Sciences*, 86, 38-53.

Remus, M.V.D.; Mcnaughton, N.J.; Hartmann, L.A.; Koppe, J.C.; Groves, D.I. ; Pinto, V.M. (1999). Gold in the Neoproterozoic Juvenile Bossoroca Volcanic Arc of Southernmost Brazil: Isotopic Constraints on Timing and Sources. *Journal of South American Earth Sciences*, 12(4), 349-366.

Renna, M.R.; Tribuzio, R.; Tiepolo, M. (2006). Interaction between basic and acid magmas during the latest stages of the post-collisional Variscan evolution: Clues from the gabbro-granite association of Ota (Corsica–Sardinia batholith). *Lithos*, 90, 92–110.

Rezeau, H.; Leuthold, J.; Tayan, R.; Hovakimyan, S.; Ulianov, A.; Kouzmanov, K.; Moritz, R. (2018). Incremental growth of mid-to upper-crustal magma bodies during Arabia-Eurasia convergence and collision: a petrological study of the calc-alkaline to shoshonitic meghri-Ordubad pluton (Southern Armenia and Nakhitchevan, Lesser Caucasus). *Journal of Petrology*, 2018(59), 931–966.

Rivera, C.B. (2019). *Construção do Maciço Sienítico Piquiri (609 a 583 Ma) por colocação sucessiva de pulsos de magma ultrapotássico e shoshonítico sob extensão no escudo Sul-riograndense*. PhD. Thesis. UFRGS, 1-218.

Roeder, P.L.; Emslie, R.F. (1970). Olivine-liquid equilibrium. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 29, 275-289.

Rhodes, J.M.; Dungan, M.A.; Blanchard, D.P.; Long, P.E. (1979). Magma mixing at mid-ocean ridges: evidence from basalts drilled near 22 N on the Mid-Atlantic Ridge. *Tectonophysics*, 55, 35-61.

Siegesmund, S.; Basei, M.A.S.; Oyhantçabal, P.; Oriolo, S. (2018). *Geology of Southwest Gondwana*. Regional Geology Reviews. Switzerland: Springer.

Silva, R.F.; Dal Olmo-Barbosa, L.; Koester, E.; Vieira, D.T. (2020). Capão do Leão Granite: highly differentiated garnet-bearing I-type magmatism in the southeastern Dom Feliciano Belt, Brazil. *Geological Journal*, 56, 79-101.

Silva, L.C.; Hartmann, L.A.; Mcnaughton, N.J.; Fletcher, I.R. (1999). SHRIMP U-Pb zircon timing of Neoproterozoic granitic magmatism and collision in the Pelotas Batholith in southernmost Brazil. *International Geology Review*, 41, 531-551.

Silva Filho, B.C.; Soliani Jr, E. (1987). Origem e evolução dos Gnaisses Cambaí: exemplo de estudo integrado de análise estrutural, petroquímica e geocronologia. Atas, *II Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia*, 1, 127-146.

Sisson, T.W.; Grove, T.L.; Coleman, D.S. (1996). Hornblende gabbro sill complex at Onion Valley, California, and a mixing origin for the Sierra Nevada batholith. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126, 81-108.

Solano, J.M.S.; Jackson, M.D.; Sparks, R.S.J.; Blundy, J.D.; Annen, C. (2012). Melt Segregation in deep crustal hot zones: a mechanism for chemical differentiation, crustal assimilation and the formation of evolved magmas. *Journal of Petrology*, 53(10), 1999-2026.

Soliani Jr., E. (1986). *Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica*. PhD. Thesis. Universidade de São Paulo, 1-215.

Takehara, L.; Laux, J.H. (2019). *Área de relevante interesse mineral. Integração geológica-geofísica e recursos minerais do Batólito Pelotas e Terreno Tijucas, escala 1:500.000*. CPRM, 1-186.

Tambara, G.B.; Koester, E.; Ramos, R.C.; Porcher, C.C.; Vieira, D.T.; Fernandes, L.A.D.; Lenz, C. (2019). Geoquímica e geocronologia dos Gnaisses Piratini: magmatismo cálcio-alcalino médio a alto-K de 784 Ma (U-Pb SHRIMP) no SE do Cinturão Dom Feliciano (RS, Brasil). *Pesquisas em Geociências*, 46(2), e0769.

Vieira, D.T.; Koester, E.; Ramos, R.C.; Porcher, C.C. (2019). Sr-Nd-Hf isotopic constraints and U-Pb geochronology of the Arroio Pedrado Gneisses, Dom Feliciano Belt, Brazil: A 680 Ma shoshonitic event in the final stages of The Piratini Arc evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 95, 102294.

Wiebe, R.A.; Manon, M.R.; Hawkins, D.P.; McDonough, W.F. (2004). Late-stage mafic injection and thermal Rejuvenation of the Vinalhaven granite, Coastal Maine. *Journal of Petrology*, 45(11), 2133–2153.

Wiebe, R.A. (2016). Mafic replenishments into floored silicic magma chambers. *American Mineralogist*, 101, 297–310.

Wildner, W.; Ramgrab, G.E.; Lopes, R.C.; Iglesias, C.M.F. (2008). *Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Sul, Programa Geologia do Brasil, escala 1:750.000*. Porto Alegre. CPRM, Brazil.

Wildner, W.; Ramgrab, G.E. (1994). Diorito Capim Branco. In: *XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia*, 3, 61-62. Balneário Camboriú: SBG.

Whitney, D.L.; Evans, B.W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *The American Mineralogist*, 95, 185-187.

Yang, H.J.; Frey, F.A.; Clague, D.A.; Garcia, M.O. (1996). Mineral chemistry of submarine lavas from Hilo Ridge, Hawaii: implications for magmatic processes within Hawaiian rift zones. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 135, 355-372.

Zanon, C.; Machado, R.; Philipp, R. P. (2006). Petrologia e geoquímica dos diques félsicos e máficos associados ao Batólito Pelotas na região de Piratini, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, 36, 23-34.

2.2 Artigo II: Crystallization ages of the basic intrusive Ediacaran magmatism in the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil: Implications in the belt geodynamic evolution

Este artigo foi publicado no periódico “*Journal of South American Earth Sciences*”, ISSN 0895-9811, classificado por meio do Qualis Capes em nível A3. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103143>.



Crystallization ages of the basic intrusive Ediacaran magmatism in the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil: Implications in the belt geodynamic evolution

L. Dal Olmo-Barbosa ^{a,*}, E. Koester ^b, D.T. Vieira ^a, C.C. Porcher ^b, D.G. Cedeño ^a

^a Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Bento Gonçalves Avenue, 9500, zip code 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

^b Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Bento Gonçalves Avenue, 9500, zip code 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

Crystallization ages of the basic intrusive Ediacaran magmatism in the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil: Implications in the belt geodynamic evolution

Dal Olmo-Barbosa, L.¹; Koester, E.²; Vieira, D.T.¹, Porcher, C.C.²; Cedeño, D.G.¹

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Bento Gonçalves Avenue, 9500, zip code 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.

²Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Bento Gonçalves Avenue, 9500, zip code 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.

Abstract: The participation of mantle-derived magmas, especially hydrous basaltic liquids, in the evolution of granitic belts in both orogenic and post-collisional environments is crucial to evaluate both mantle and crustal evolution, as well as the material transference processes between these two reservoirs. Besides, this transition in the geodynamic context creates specific conditions, promoting

the generation of voluminous magmatism. The Dom Feliciano Belt is a mobile belt in southernmost Brazil, generated during the Brasiliano-Pan-African Orogeny. It comprises an eastern unit, the Pelotas Terrane, essentially formed by Cryogenian and Ediacaran granitoids, with minor dioritic and gabbroic rocks in the southeast of the area. This paper presents geochronological studies to determine the crystallization ages (zircon U-Pb SHRIMP) of the most representative bodies of two associations of basic rocks, the Passo da Fabiana Gabbros (PFG), and the Alto Alegre Diorite (AAD). Besides, two granites in the PFG region were analyzed (zircon U-Pb LA-ICP-MS) to evaluate its emplacement, when compared to those of the basic magmas. The results show that PFG yield a crystallization age of 591.2 ± 3.5 Ma (MSWD = 1.3), while the AAD presented a crystallization age of 562 ± 3.7 Ma (MSWD = 0.73). In the PFG region, a biotite monzogranite, included in the Cerro Grande Suite, yielded an age of 612 ± 1 Ma (MSWD = 0.00083), and a leucosyenogranite of the Dom Feliciano Suite, showed crystallization age of 588 ± 2 Ma (MSWD = 0.00037). Considering the tectonic context of the Dom Feliciano Belt, it is necessary to highlight that an important mantle component, responsible for the generation of water-rich high-alumina calc-alkaline basaltic liquids, was involved in the belt late evolution (590-560 Ma). In this period, the belt was already in post-collisional settings, in a geodynamic context where compressive tensions were ceding, followed by an extensional regime. These conditions enabled mantle-partial melting, which was responsible for the basic rocks generation, with deep regional structures controlling its evolution and emplacement.

Keywords: Geochronology; Zircon U-Pb SHRIMP/LA-ICP-MS; Passo da Fabiana Gabbros; Alto Alegre Diorite.

Correspondence: Laércio Dal Olmo-Barbosa. Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. Prédio 43126, Depto. de Geologia, sala 208^a. E-mail: dal.barbosa@ufrgs.br; laerciodb@hotmail.com. Phone:+5554999886627

Funding Information: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq): PhD Scholarships, process n° 140461/2016-7 (Vieira, D.T.) and 141335/2017-3 (Dal Olmo-Barbosa, L.); research grant n° 307378/2017-9 (Koester, E.).

1. INTRODUCTION

The study of basic rocks emplaced simultaneously with granitoids during orogenic to post-collisional settings is crucial to evaluate both mantle and crustal evolution in such environments, as well as the material transference processes between these two reservoirs (Gill, 2010; Huppert and Sparks, 1988). This transitional geodynamic context is characterized by a decrease in the compressive tensions, and the beginning of a relaxation period. In this scenario, specific thermal and barometric conditions occur, promoting the generation of voluminous magmatism (Bonin, 2004).

Several works highlight the importance of the participation of mantle-derived magmas, especially hydrous basaltic liquids, in the evolution of granitic belts in both orogenic and post-collisional environments (Annen et al., 2006; Bonin, 2004; Sisson et al., 1996; Wiebe, 2016). These magmas are preserved as mafic-ultramafic associations, as well as dioritic and gabbroic rocks, being interpreted in different, although similar, ways. Some authors suggest that they represent the less evolved magmatism associated with batholiths evolution (Renna et al., 2006; Sisson et al., 1996; Tiepolo et al., 2014). Sometimes, they are also considered as the product of successive intrusion/replenishment events by mafic magmas, into silicic supracrustal reservoirs (Caroff et al., 2011; Wiebe et al., 2004; Wiebe, 2016).

Annen et al. (2006) also highlight that magmatic columns, in continental arcs and post-collisional settings, are represented by interconnected reservoirs with a huge amount of mafic-ultramafic rocks in its deeper crustal portions, named deep crustal hot zones. These zones are essentially formed by the emplacement of primitive hydrous basaltic magmas in the lower crust, acting as a mechanism to facilitate the hydration of new anhydrous primitive magma batches. Besides, these anomalous zones favor the generation of evolved magmas by the mixture of fractionated residual liquids, with melts produced by crustal assimilation and partial melting (Annen et al., 2006; Solano et al., 2012).

However, independent of the interpretation, it is notable the importance of evaluating the role of genesis and emplacement of hydrous basic rocks in the evolution of these granitic belts. In the Sul-rio-grandense Shield (Fig. 1), voluminous granitic magmatism is recorded as the result of the orogenic collage processes during the Brasiliano-Pan-African Orogeny. These processes formed the Dom Feliciano Belt, which encompasses pre-, syn-, and post-collisional evolutive stages (Siegesmund et al., 2018).

Into the Dom Feliciano Belt tectonic compartmentation, the study area is located in the Pelotas Terrane (Bossi and Gaucher, 2004; Campos Neto, 2000; Gaucher et al., 2009; Ramos, 1988), also called Pelotas Batholith (Fragoso Cesar et al., 1986; Philipp, 1998; Silva et al., 1999). This unit is essentially formed by Cryogenian and Ediacaran granitoids (Oriolo et al., 2018; Philipp, 1998; Philipp et al., 2016), with minor dioritic and gabbroic rocks reported in the southeast of the area (Dal Olmo-Barbosa et al., 2018; Fragoso Cesar, 1991; Ramgrab et al., 1997).

Dal Olmo-Barbosa et al. (2018) proposed the separation of these basic rocks in two associations. One, composed of commonly cumulate and sometimes layered gabbroic rocks

(Association I), which the main occurrence and type locality correspond to the Passo da Fabiana Gabbros, and a second one, consisting mainly of dioritic massive rocks (Association II). The Alto Alegre Diorite is the larger and most representative occurrence of this association.

This paper presents unprecedented geochronological studies to determine the crystallization ages of the most representative bodies of each association, the Passo da Fabiana Gabbros, and Alto Alegre Diorite. Besides, two representative samples of the granites in the Passo da Fabiana region were analyzed to determine the crystallization ages and evaluate its emplacement, when compared to those of the basic magmas.

These data allowed us to define the emplacement period of the basic intrusive magmatism in the Pelotas Terrane, as well as to make some considerations regarding its geological evolution. Since these rocks are considered petrologic key markers both in orogenic and post-collisional settings (Annen et al., 2006; Bonin, 2004; Solano et al., 2012; Wiebe, 2016), it is important to analyze their context in the geodynamic late evolution (590-560 Ma) of the Dom Feliciano Belt.

2. GEOLOGICAL SETTING

2.1. Regional geology and tectonic settings

The Sul-rio-grandense Shield (SRGS) comprise a westernmost Archean to Paleoproterozoic unit, the Nico Pérez Terrane (Oyhantçabal et al., 2018), and a large Neoproterozoic mobile belt, to the east, named Dom Feliciano Belt (DFB - Fig. 1). This orogenic belt is about 1200 km long, extending from the southernmost region of Punta del Este, in Uruguay, to the northeastern border of the Santa Catarina state, in Brazil. The DFB evolved as the result of different orogenic collage processes during the Brasiliano/Pan-African Orogeny, contributing to the amalgamation of the Southwest Gondwana Paleocontinent (Brito Neves et al., 1999; Fernandes et al., 1995a,b; Hartmann et al., 2007; Heilbron et al., 2004; Siegesmund et al., 2018).

The oldest unit in the SRGS is the Nico Pérez Terrane (2.4–2.5 Ga; Oyhantçabal et al., 2018). In southernmost Brazil, this terrane is formed predominantly by the Santa Maria Chico Granulitic Complex, an association interpreted as a Paleoproterozoic magmatic arc (Girelli et al., 2018; Nardi and Hartmann, 1979). The other units of the SRGS are all Neoproterozoic and

belong to the DFB, being delimited by large-scale geophysical discontinuities (Costa, 1997; Fernandes et al., 1995a,b; Hartmann et al., 2016).

The Ibaré Lineament separates the Nico Pérez Terrane from the westernmost DFB portion (Fig. 1), the São Gabriel Terrane (0.93–0.68 Ga; Philipp et al., 2018). This area is formed mainly by igneous and metamorphic arc-related rocks, as well as ophiolite relicts and associated basins (Arena et al., 2016; Kraemer, 1995; Leite et al., 1998; Silva Filho and Soliani Júnior, 1987).

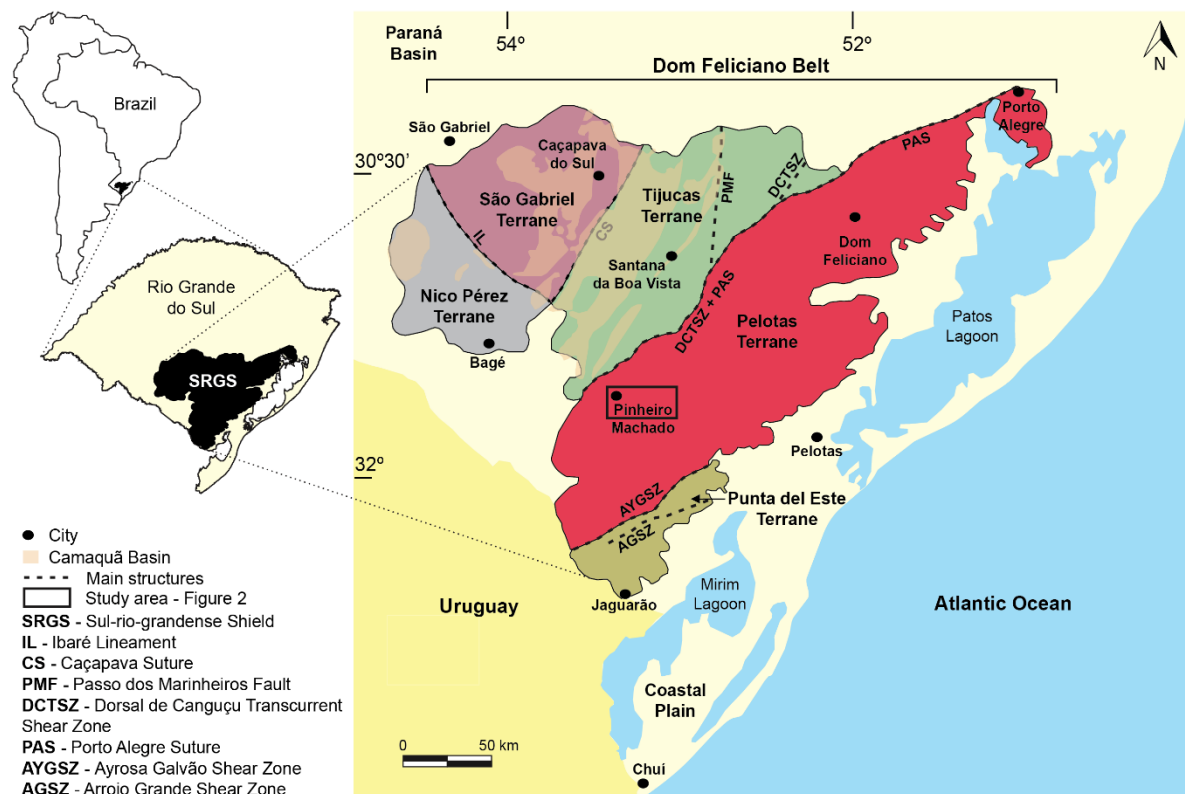


Fig. 1. Location of the study area in southernmost Brazil, highlighting the exposure of the Sul-rio-grandense Shield. Simplified geological map showing the main Paleoproterozoic to Neoproterozoic terranes, as well as regional structures. The study area is highlighted in the rectangle, near of Pinheiro Machado region. The geological map is a compilation based on the works of Costa (1997), Fernandes et al. (1995a,b), Paim et al. (2000) and Ramos et al. (2018).

To the east of the São Gabriel Terrane, limited by the lineament known as Caçapava Suture (Costa, 1997; Fernandes et al., 1995a,b), there is the Tijuca Terrane (2.35–0.78 Ma; Philipp et al., 2018). The prevalent rocks in this terrane are metasedimentary units related to back-arc and/or forearc basins, as well as orthoderived Paleoproterozoic rock fragments (Gregory et al., 2017; Porcher et al., 1999; Remus et al., 1999).

The Dorsal de Canguçu Transcurrent Shear Zone and the Porto Alegre Suture delimitate the Tijuca from the Pelotas Terrane (Fig. 1). This last terrane comprise mainly Cryogenian

and Ediacaran granitoids, emplaced in magmatic-arc and/or post-collisional settings, as well as voluminous plutons associated with regional shear zones (Bitencourt and Nardi, 2000; Koester et al., 2002; Oriolo et al., 2018; Philipp, 1998). Minor dioritic and gabbroic rocks are also reported in the area (Dal Olmo-Barbosa et al., 2018).

The southeastern and most recently proposed terrane in the SRGS is the Punta del Este Terrane, to the south of the Ayrosa Galvão Shear Zone (Fig. 1). Back-arc and/or forearc Ediacaran metavolcanosedimentary related units are predominant in this terrane, as well as ophiolite fragments and Tonian para- and orthoderived arc-magmatic related rocks (Cruz, 2019; Lenz et al., 2013; Peel et al., 2018; Ramos et al., 2018; Vieira et al., 2019).

Several intrusions are also systematically emplaced in the Sul-rio-grandense Shield in the final Ediacaran period (~600-550 Ma) in all the cited terranes (Bitencourt and Nardi, 2000; Camozzato et al., 2016; Cruz, 2019; Rivera, 2019; Silva et al., 2020; Völz et al., 2020). Besides, in the Ediacaran-Cambrian periods transition starts the expressive deposition of the Camaquã Basin sedimentary and volcanic related rocks, above the central-western portion of the SRGS (Paim et al., 2000).

2.2. Local geology

The study area (Fig. 2) is located in the Pelotas Terrane and comprises mostly Ediacaran granitoids, with subordinate metamorphic xenoliths (e.g. Piratini Gneisses - Tambara et al., 2019; Chácara das Pedras Gneisses - Koester et al., 2017). The Pinheiro Machado Complex (PMC) comprises the oldest igneous rocks in the area (Fig. 2), with crystallization ages (zircon U-Pb SHRIMP, LA-ICP-MS and TIMS; as well as Pb-Pb TIMS) ranging from 633 to 609 Ma (Babinski et al., 1997; Cruz, 2019; Philipp et al., 2002; Silva et al., 1999).

This complex is one of the largest units in the Pelotas Terrane, formed by NE-oriented bodies of biotite granodiorites to monzogranites with subordinate tonalites and diorites, showing also a complex and irregular distribution of metamorphic rocks fragments such as granitic gneisses and mylonites, amphibolites, paragneisses and calc-silicate rocks (Philipp et al., 2007). The PMC lithologies show both physical and chemical evidence of magma mixing and a calc-alkaline high-K affinity, interpreted as continental arc-related rocks (Bastos et al., 2020; Cruz, 2019; Loureiro, 2013; Philipp, 1998; Philipp et al., 2002, 2007).

The Cerro Grande Suite is another expressive unit in the region, outcropping in the NW, as well as NE-elongated bodies, in the central and NE portion of the area (Fig. 2). Takehara

and Laux (2019) and Cruz (2019) proposed this suite, redefining the previous monzogranitic Cerro Grande Facies of the Dom Feliciano Suite (Ramgrab et al., 1997; Wildner et al., 2008). This is due to the identification, in recent works, of a predominantly composition of coarse-grained to porphyritic biotite monzogranites and subordinate granodiorites with calc-alkaline affinity, quite different from that of the Dom Feliciano Suite, composed mostly of syenogranites with calc-alkaline to alkaline compositions (Cruz, 2019). According to this author, the Arroio Moinho Granite (595 ± 1 Ma, zircon U-Pb TIMS – Babinski et al., 1997), Jaguarão Chico, Cancelão and Monte Bonito granites are included in the Cerro Grande Suite.

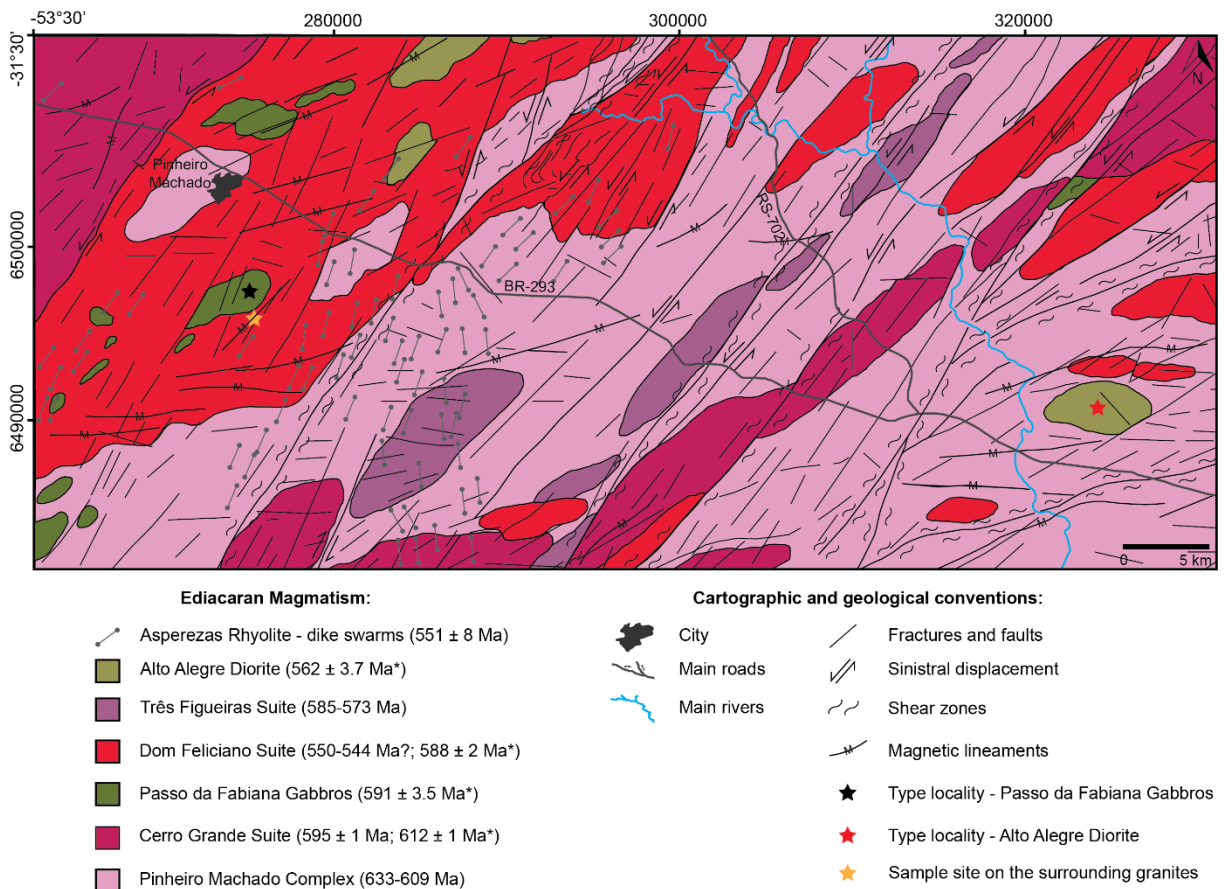


Fig. 2. Geological map of the study area, showing the studied type localities of the Passo da Fabiana Gabbros and Alto Alegre Diorite (black and red stars, respectively), as well as the sample site for geochronological studies on the granites of Passo da Fabiana Gabbros region (yellow star). Modified from Cruz (2018).

The Passo da Fabiana Gabbros (PFG) outcrops to the south of Pinheiro Machado city, as an ENE-elongated intrusion, with $\sim 5.7 \times 2$ km (Fig. 2). These rocks were initially described by Fragozo Cesar (1991), and considered as the main occurrence of an association of commonly cumulate and sometimes layered gabbroic rocks, defined as “Association I”, by Dal Olmo-Barbosa et al. (2018). According to these authors, it is essentially composed of coarse- to medium-grained whitish to greyish leucogabbros, olivine leucogabbroites,

olivine and hornblende leucogabbros, hornblende gabbros and pyroxene-hornblende gabbronorites. Cyclic cm-thick NW-oriented modal layering is observed in some outcrops, marked by plagioclase-enriched layers (leucogabbros) intercalated with more mafic-rich layers (gabbros and gabbronorites), where the main mafic mineral is hornblende with subordinate olivine and pyroxene.

Dal Olmo-Barbosa et al. (2018) showed that these rocks present high-alumina contents ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 17\%$), and a medium-K calc-alkaline affinity, based on clinopyroxene and whole-rock compositions. It is important to highlight that this unit encompasses cumulates, so, we cannot assume that whole-rock compositions match the initial liquids. Even though, despite the crystal-accumulation processes, these fingerprints occur also in the samples with fewer accumulation features (both textural and chemical). The authors also propose a source related to parental high-alumina basaltic liquids for these rocks. Cruz (2018) identified several new bodies similar to the Passo da Fabiana Gabbros, expanding its definition to comprise the newly mapped intrusions.

After the PMC, the Dom Feliciano Suite is the most abundant unit in the area, outcropping mainly in the western portion of the region (Fig. 2). This suite is the most homogenous in the Pelotas Terrane, both in petrographic and chemical aspects. It is composed of syenogranites with subordinate alkali feldspar granites and quartz syenites, considered of post-tectonic emplacement with alkaline-like chemistry (Philipp, 1998). Few geochronological data are available for the Dom Feliciano Suite, with isochronic Rb-Sr whole-rock reference crystallization ages of 544 ± 5 Ma (Soliani Jr., 1986) and 550 ± 6 Ma (Fragoso Cesar, 1991).

The Três Figueiras Suite (Cruz, 2019) in the studied area is composed of NE-elongated syn-kinematic and commonly ductile-deformed peraluminous biotite-muscovite syeno- to monzogranites, emplaced along with regional shear zones, especially the Arroio Grande Shear Zone, in its type locality (Klein et al., 2018; Philipp, 1998). This suite yields zircon U-Pb crystallization ages of 585 ± 16 Ma (Klein et al., 2018) and 573 ± 5 Ma (Cruz, 2019).

The Alto Alegre Diorite (AAD) is an E-W elongated ellipse-like body approximately 6.2×3 km large (Fig. 2), composed mainly of greyish mesocratic medium-grained massive hornblende diorites and biotite-hornblende diorites (Dal Olmo-Barbosa et al., 2018). Locally, the AAD texture could be medium- to fine-grained with magmatic foliation marked by the preferred orientation of hornblende and plagioclase, or then exhibit inequigranular texture

with some coarser plagioclase, biotite, or poikilitic amphibole crystals. This occurrence is the main and most representative body of the “Association II” proposed by the same authors, also presenting high-alumina contents, and a medium- to high-K calc-alkaline affinity. When compared to the “Association I”, these rocks are enriched in alkalis, P₂O₅, Zr, Nb, Y and total REE, also exhibiting distinct REE patterns. Cruz (2018) pointed out new dioritic occurrences, including them in this association of rocks.

Although the basic rocks are separated in different associations, a link between the occurrences and regional deep structures is observed in both cases. Based on magnetic airborne data, Dal Olmo-Barbosa et al. (2018) highlighted that lithospheric discontinuities controlled the emplacement of the basic intrusions. This mechanism would have enabled the ascent and emplacement of these hydrated high-Al₂O₃ calc-alkaline basaltic liquids, to upper crustal levels.

Finally, the Asperzas Rhyolite constitute the younger unit in the area, outcropping as several NE-SW and NW-SE oriented acid to basic dike swarms (Cruz, 2019). According to the same author, they comprise rhyolites, rhyodacites, micro-quartz monzodiorites and micro-monzogranites, with subvolcanic emplacement features. According to Zanon et al. (2006), they present crystallization ages between 551 ± 8 and 550 ± 27 Ma (U-Pb in zircon).

3. ANALYTICAL PROCEDURES

Detailed field descriptions and sample collection were made in outcrops near Pinheiro Machado and Alto Alegre regions (Rio Grande do Sul, southernmost Brazil). Petrographic thin section descriptions were made in representative rocks of each studied geological unit, with four samples selected for U-Pb radiometric analyses (coordinates for sampling sites informed in UTM projection, zone 22J, Córrego Alegre datum).

The samples were initially crushed and powdered under 250 μm . Zircon crystals were separated using conventional gravimetric (heavy-liquid) and magnetic techniques (Frantz© Isodynamic Separator). The zircon concentrate was further mounted with epoxy resin, without handpicking selection to avoid induced bias, together with reference TEMORA-2 standards (Black et al., 2004). Mounts were polished to expose the interior of the zircon grains, coated with Au and further imaged in a VPSEM FEI Quanta 250 and a JEOL 6510 scanning electron microscopes, by secondary electrons and cathodoluminescence in the following conditions: acceleration voltage of 15–20 kV, working distance of 17–20 mm, and spot size 50-70. The

images were used to analyze grains' morphologies, internal textures and zoning patterns, as well as to select the analysis spots. The spots were positioned in clear and crack-free areas, representative of single igneous growth patterns.

The LA-ICP-MS analyses (samples GPF-100A and GPF-100B) were made at the Isotopic Geochemistry Laboratory of the Federal University of Ouro Preto (UFOP), Brazil. The U-Pb spot isotopic analyses were obtained in an Element 2 Thermo Finnigan mass spectrometer coupled with a Photon-Machines 193 nm laser system. The common Pb correction was applied according to Gerdes and Zeh (2006), based on the Pb composition model of Stacey and Kramers (1975). The weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ and the concordia ages in the Wetherill diagrams were constructed using the software *IsoplotR* Online (Vermeesch, 2018). The results for the analyzed samples are shown in Table 1, with errors presented as 2σ .

The SHRIMP U-Pb analyses (samples GPF-01 and AP-8) were performed at the Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo), University of São Paulo (USP), Brazil. The U-Pb spot isotopic analyses were determined using a SHRIMP-IIe/MC equipment, according to the analytical procedures of Williams (1998) and Sato et al. (2014). Corrections for the common Pb were made based on measured ^{204}Pb , and uranium contents and U-Pb ratios were calibrated using the TEMORA-2 standard. The ages' calculations were performed using the *Isoplot/Ex* software (Ludwig, 2003). The reported errors are 1σ deviation, and the uncertainties in the calculated concordia ages are reported as 95% confidence level. The results for the analyzed samples are shown in Table 2.

4. CRYSTALLIZATION AGES OF PASSO DA FABIANA GABBROS, SURROUNDING GRANITES AND ALTO ALEGRE DIORITE

In this section, the main field characteristics, petrography, zircon morphologies and textures, as well as the calculated crystallization age for each occurrence are presented in stratigraphic order. The geochronological data of the Passo da Fabiana Gabbros and Alto Alegre Diorite type localities are shown, together with the calculated crystallization ages of the granites in the Passo da Fabiana Gabbros region (Fig. 2). A biotite monzogranite, interpreted as belonging to the Cerro Grande Suite, as well as a leucosyenogranite, from the Dom Feliciano Suite, were analyzed due to the lack of geochronological updated data in the region.

4.1. Biotite monzogranite - Cerro Grande Suite

4.1.1 Field characterization and petrography

The older analyzed unit in the Passo da Fabiana Gabbros region consist mostly of greyish to pinkish biotite monzogranites. They commonly show medium- to coarse-grained seriate texture, in which coarser medium-grained plagioclase and coarse-grained alkali feldspar occur. Sometimes these granites also show porphyritic texture, marked by coarse-grained to very coarse-grained alkali feldspar megacrystals, in a medium-grained matrix. Subordinate incipient magmatic foliation marked by the preferred orientation of alkali feldspar megacrystals occurs in some outcrops.

In the available map scale for the area (Fig. 2), the Cerro Grande Suite occurs to the NW of the PFG, and the granites surrounding the gabbros are mapped by Cruz (2019) as belonging to the Dom Feliciano Suite. However, biotite monzogranites interpreted by us as included in the Cerro Grande Suite also occur in the region, especially to the south of the PFG. These monzogranites match the description of the Cerro Grande Suite, proposed by Cruz (2019), and are quite different from those of the Dom Feliciano Suite. Another additional feature is that biotite monzogranites are commonly cut by dikes of leucosyenogranites, which also occur in the area (Fig. 3a), exhibiting typical characteristics of the Dom Feliciano Suite.

The selected sample for geochronological studies (GPF-100B; UTM: 275667/6496181) is a biotite medium- to coarse-grained seriate to porphyritic monzogranite (Fig. 3b). The seriate texture is marked by thinner biotite and quartz crystals, with coarser subhedral to euhedral plagioclase grains (Fig. 3c) ranging from ~0.5 to 1.5 cm, and alkali feldspar crystals ranging from ~1 to 3 cm. The alkali feldspar commonly exhibits a poikilitic texture enclosing quartz, plagioclase, and opaque minerals (Fig. 3d).

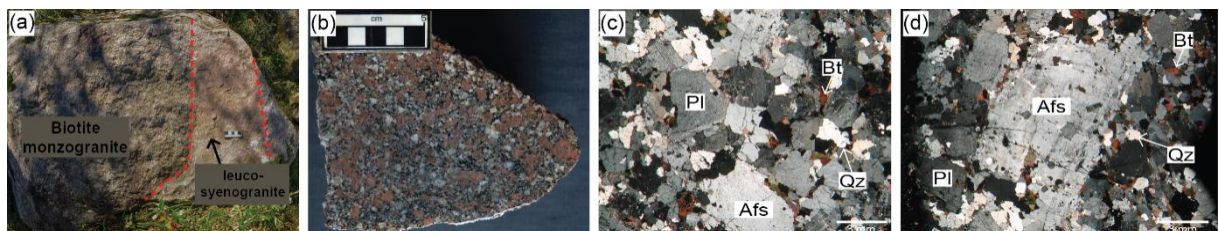


Fig. 3. Field characteristics and petrography of the biotite monzogranite, Cerro Grande Suite. (a) Cross-cutting relationships close to the contact between the two suites, showing the biotite monzogranite of Cerro Grande Suite cut by a dike of leucosyenogranite from the Dom Feliciano Suite, which outcrops ~50 m to the north. Note the sharp and defined contacts between the two lithologies. (b) Macroscopic texture of the dated sample GPF-100B, biotite seriate to porphyritic monzogranite. (c) Sample GPF-100B under crossed polars exhibiting a medium- to coarse-grained seriate texture composed by plagioclase (Pl), alkali feldspar (Afs), biotite (Bt) and quartz (Qz), as well as a coarser poikilitic alkali feldspar (d).

4.1.2 Zircon morphologies and textures

Zircons from the biotite monzogranite are yellowish, clear, glassy, and include three major types. The first one, i) comprise large stubby and mostly short-prismatic euhedral grains with well-formed tips or subordinate broken-edge crystals; the second, include ii) large elongate euhedral prisms; and third, iii) medium to fine faceted or with well-formed tips prismatic crystals, or then subordinate most equant faceted grains.

Under cathodoluminescence (CL) imaging, these crystals also exhibit different internal structures and textures (Fig. 4). The main characteristics for each type are: i) cracked grains with slightly brighter cores, discrete growth zonation concordant with core zones and darker rims; uniform igneous growth thick-bands parallel to the prism elongation, with lighter rims that exhibit growth zonation concordant with the outer zones; sector zonation or mottled patterns; ii) uniform igneous growth bands parallel to the prism elongation; sector zonation; mottled patterns; lighter cores with subtle internal structures followed by dark rims or tips; iii) lighter cores with subtle internal oscillatory igneous growth zonation concordant with the outer parts; dark cores with mottled patterns and igneous growth zonation concordant with the crystal shape; subtle oscillatory concentric growth patterns; CL-dark mottled grains; and, lastly, sector zonation.

4.1.3 Crystallization age (U-Pb LA-ICP-MS)

A total of 42 analyses on zircon grains were performed in the sample GPF-100B, of which 6 presented low concordance/high errors, being discarded. The other 36 analyses' results are shown in Table 1, as well as the spot sites, in Fig. 4.

The results display concordant ages, with no detected inheritance, being interpreted as the crystallization age of the biotite monzogranite. After the Stacey and Kramers (1975) Pb correction, a weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ crystallization age was calculated based on the 36 analyses, following the procedure suggested by Spencer et al. (2016) ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages for zircons older than ~ 1.2 Ga, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages for younger crystals). The result was a crystallization age of 610 ± 1 Ma ($n = 36$; MSWD = 0.89; Fig. 5a). A concordia age was calculated with the analyses that presented concordance $\geq 90\%$, in a Wetherill diagram (Fig. 5b), yielding an age of 612 ± 1 Ma ($n = 28$; MSWD = 0.00083). This is considered the best age for this rock crystallization.

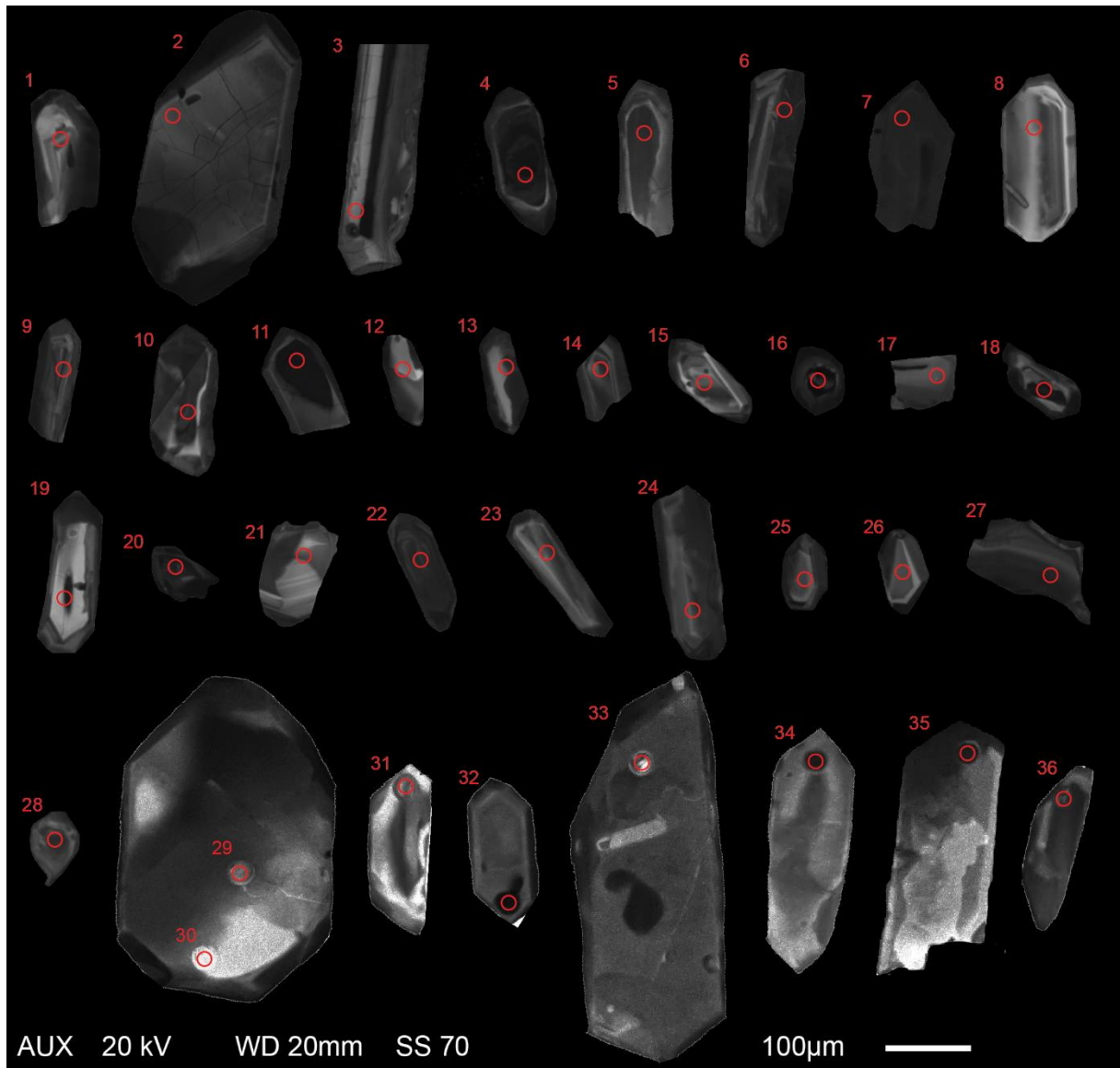


Fig. 4. Morphology and textural patterns of the analyzed zircon grains of the biotite monzogranite (GPF-100B), Cerro Grande Suite, under CL imaging with analysis spots.

4.2. Passo da Fabiana Gabbros

4.2.1 Field characterization and petrography

The Passo da Fabiana Gabbros, in its type locality (Fig. 2), outcrops as commonly cumulate gabbroic rocks, sometimes exhibiting NW-oriented cm-thick modal layering. This is an ENE-elongated intrusion according to its major axis (~5.7 km), with ~2 km width.

The PFG include coarse- to medium-grained whitish to greyish leucogabbros, Hbl leucogabbros, Ol leucogabbros, Ol leucogabbronorites, Hbl gabbros and Px-Hbl gabbronorites. Macroscopic modal cyclic layering occurs in some outcrops (Fig. 6a), marked by cm-thick leucocratic layers formed mainly by leucogabbros, Ol leucogabbros/leucogabbronorites and Hbl leucogabbros, due to plagioclase accumulation.

These are interlayered with more mafic cm-thick layers, formed mainly by Px-Hbl gabbronorites and Hbl gabbros, which are enriched in hornblende, olivine and pyroxene.

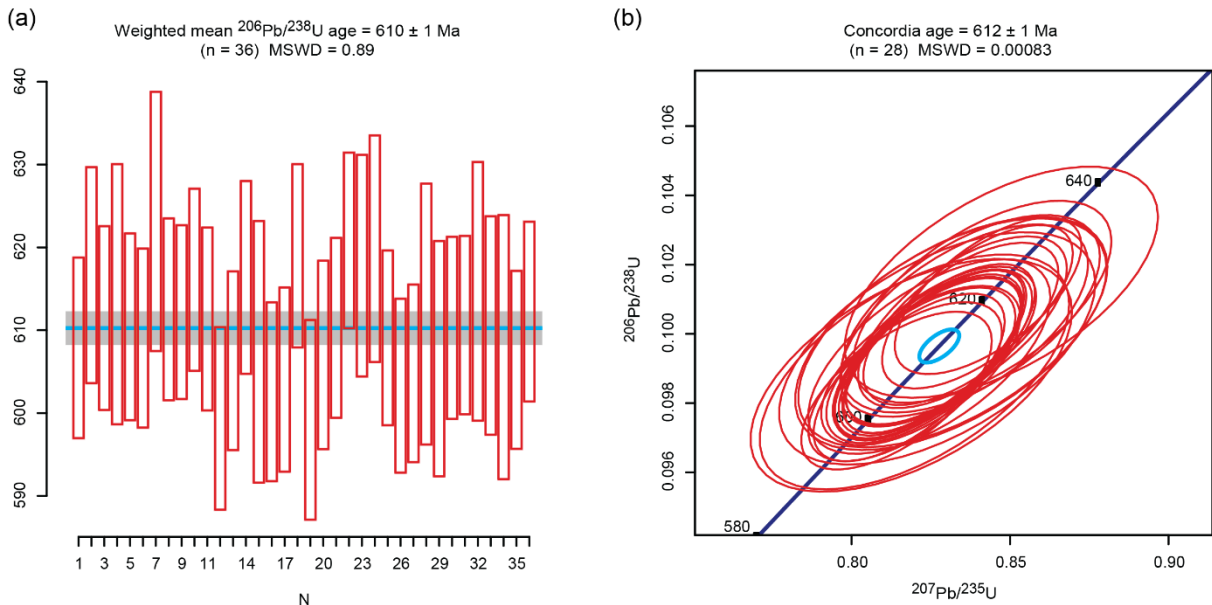


Fig. 5. (a) Weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ calculated crystallization age for the sample GPF-100B, biotite monzogranite of the Cerro Grande Suite, in the Passo da Fabiana Gabbros region. (b) Concordia age for the same sample, calculated for data with concordance $\geq 90\%$.

Another important feature in the field is the local occurrence of decimetre-thick granitic pegmatoid or aplitic apophyses, as well as localized zones with mm-thick white veins with chaotic orientation, cutting the gabbroic rocks. This points to the fact that PFG are older than part of the surrounding granites. Due to the similar texture and composition to which late liquids in granitic intrusions converge, it is difficult to determine the suite responsible for the veins and apophyses generation. However, by the calculated ages, a derivation from the Dom Feliciano Suite is the most suitable hypothesis, due to the close temporal relationship with PFG.

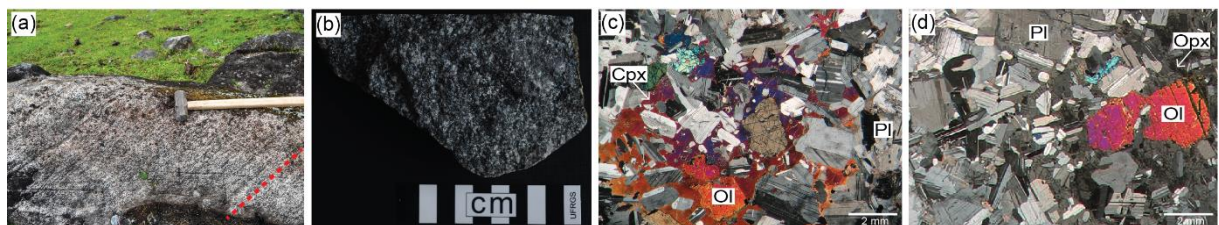


Fig. 6. Field characteristics and petrography of the Passo da Fabiana Gabbros. (a) Gabbroic rocks exhibiting cm-thick macroscopic modal cyclic layering, concordant with the red dashed line. (b) Macroscopic texture of the dated sample GPF-1, a greyish coarse-grained massive olivine leucogabbro. (c) Sample GPF-1 under crossed polars showing poikilophitic texture formed by augite oikocrystals (Cpx), enclosing olivine (Ol) and plagioclase (Pl) chadacrystals. (d) Anhedral olivine (Ol) crystal surrounded by poikilitic orthopyroxene (Opx), and accumulative texture in plagioclase (Pl), to the left.

Table 1. Zircon U-Pb LA-ICP-MS results for the granites in the Passo da Fabiana Gabbros region. Leucosyenogranite (GPF-100A) and biotite monzogranite (GPF-100B). *Data used for concordia ages calculations.

Sample-Spot				Total				Radiogenic ratios					Ages (Ma)	
	U ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Th/U	f_{206} %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1s	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1s	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2s (%)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2s (%)	Rho	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2s (abs)
GPF-100A-1	23.73471	2.68820	0	0.096379	0.00099	0.07224	0.00096	0.096379	2.05033	0.95998	3.35675	0.61081	593	12
GPF-100A-2	13.84899	2.51558	0	0.096789	0.00110	0.07712	0.00130	0.096789	2.26851	1.02918	4.06353	0.55826	596	13
GPF-100A-3	20.05007	3.06497	0.268149	0.096649	0.00104	0.08466	0.00134	0.096649	2.21812	1.12515	3.92409	0.56526	595	13
GPF-100A-4*	22.11921	3.02878	0	0.096190	0.00102	0.06848	0.00100	0.096190	2.11662	0.90823	3.60691	0.58683	592	12
GPF-100A-5	19.41272	2.77218	0	0.096280	0.00101	0.07591	0.00108	0.096280	2.09392	1.00771	3.53288	0.59269	593	12
GPF-100A-6	15.93719	2.63517	0	0.097387	0.00110	0.08658	0.00146	0.097387	2.25456	1.16258	4.05678	0.55575	599	13
GPF-100A-7*	19.72368	3.08039	0	0.095541	0.00100	0.06739	0.00102	0.095541	2.08921	0.88774	3.67811	0.56801	588	12
GPF-100A-8	28.60565	3.14134	0.180369	0.096709	0.00097	0.08380	0.00114	0.096709	2.03638	1.11539	3.42960	0.59377	595	12
GPF-100A-9	41.75496	2.22465	0	0.096559	0.00094	0.06995	0.00089	0.096559	1.94315	0.93128	3.20175	0.60690	594	11
GPF-100A-10*	115.29210	1.77891	0	0.097517	0.00092	0.06787	0.00071	0.097517	1.88312	0.91256	2.81489	0.66899	600	11
GPF-100A-11	25.19734	3.35940	0	0.096918	0.00100	0.08184	0.00112	0.096918	2.05952	1.09364	3.42536	0.60126	596	12
GPF-100A-12*	46.71202	2.14356	0	0.095621	0.00092	0.06785	0.00082	0.095621	1.92047	0.89455	3.08716	0.62208	589	11
GPF-100A-13	33.44879	2.66949	0.00	0.095521	0.00096	0.07413	0.00096	0.095521	2.00606	0.97633	3.27607	0.61234	588	11
GPF-100A-14	29.14126	2.65453	1.00	0.097567	0.00101	0.08062	0.00105	0.097567	2.90774	1.09116	4.60845	0.63096	600	17
GPF-100A-15	32.79637	2.33793	0.00	0.095990	0.00099	0.07453	0.00102	0.095990	2.05864	0.98642	3.42491	0.60108	591	12
GPF-100A-16	18.43457	1.60491	0.00	0.095801	0.00105	0.07398	0.00119	0.095801	2.18773	0.97720	3.89048	0.56233	590	12
GPF-100A-17*	50.06652	2.75010	0.00	0.096689	0.00095	0.06589	0.00083	0.096689	1.96119	0.87841	3.19271	0.61427	595	11
GPF-100A-18	39.59365	2.75609	0.00	0.096220	0.00093	0.07109	0.00093	0.096220	1.92926	0.94314	3.25079	0.59348	592	11
GPF-100A-19	44.01526	1.60231	0.00	0.097358	0.00095	0.07641	0.00098	0.097358	1.94772	1.02570	3.22078	0.60474	599	11
GPF-100A-20	43.08917	2.79512	0.00	0.096689	0.00092	0.07110	0.00092	0.096689	1.89926	0.94787	3.21005	0.59166	595	11
GPF-100A-21*	33.88540	1.99650	0.00	0.096809	0.00097	0.06602	0.00087	0.096809	2.00000	0.88123	3.30851	0.60450	596	11
GPF-100A-22	28.92385	1.98357	0.00	0.096669	0.00098	0.07268	0.00092	0.096669	2.02354	0.96873	3.24098	0.62436	595	12
GPF-100A-23	39.91865	2.50623	1.00	0.096200	0.00097	0.07810	0.00101	0.096200	2.89068	1.04537	4.62223	0.62539	592	16
GPF-100A-24	29.25473	2.38681	0	0.096769	0.00096	0.07905	0.00111	0.096769	1.98020	1.05472	3.43628	0.57626	595	11
GPF-100A-25	30.25902	3.35571	0	0.096679	0.00099	0.07698	0.00107	0.096679	2.04398	1.02615	3.45050	0.59237	595	12

GPF-100A-26	121.55250	1.16019	0	0.097417	0.00091	0.07565	0.00080	0.097417	1.86456	1.01612	2.81955	0.66130	599	11
GPF-100A-27	29.63635	2.53959	0	0.096918	0.00096	0.07254	0.00096	0.096918	1.97714	0.96936	3.30374	0.59845	596	11
GPF-100A-28*	46.38890	2.77453	1.338732	0.096988	0.00092	0.06560	0.00085	0.096988	3.34303	0.86551	5.93202	0.56356	597	19
GPF-100A-29	11.77877	2.34092	0.667462	0.097827	0.00120	0.08412	0.00159	0.097827	2.80175	1.12707	4.98854	0.56164	602	16
GPF-100A-30	14.01286	2.33350	0	0.097777	0.00111	0.08192	0.00138	0.097777	2.26600	1.10440	4.06028	0.55809	601	13
GPF-100A-31*	106.47970	1.44086	0	0.095661	0.00093	0.06766	0.00073	0.095661	1.94053	0.89242	2.90206	0.66867	589	11
GPF-100A-32	10.27015	1.90600	0	0.097896	0.00120	0.08000	0.00151	0.097896	2.44673	1.07984	4.49857	0.54389	602	14
GPF-100A-33	21.97355	2.61725	1	0.097986	0.00101	0.07813	0.00108	0.097986	2.89530	1.07301	4.70328	0.61559	603	17
GPF-100A-34	48.12263	1.89107	0.023639	0.098246	0.00094	0.07732	0.00087	0.098246	1.91040	1.04714	2.95296	0.64694	604	11
GPF-100A-35	49.68199	2.50862	0	0.096978	0.00095	0.07003	0.00081	0.096978	1.95534	0.93640	3.02897	0.64555	597	11
GPF-100A-36	23.23399	2.54228	0.281725	0.095391	0.00103	0.07210	0.00106	0.095391	2.23443	0.94563	3.78173	0.59085	587	13
GPF-100B-1	148.3041	0.9511	0.197607	0.100950	0.00095	0.07699	0.00084	0.100950	1.918605	1.069510	2.953987	0.649497	620	11
GPF-100B-2*	107.8380	0.6361	0.645381	0.100641	0.00094	0.06287	0.00067	0.100641	2.261457	0.866778	3.739813	0.604698	618	13
GPF-100B-3*	943.2725	0.0685	0.063134	0.099972	0.00097	0.06413	0.00063	0.099972	1.940805	0.883422	2.769603	0.700752	614	11
GPF-100B-4*	601.5107	0.2670	1.000000	0.100671	0.00095	0.06580	0.00065	0.100671	2.734830	0.913756	4.539739	0.602420	618	16
GPF-100B-5*	675.9765	0.4249	0.133943	0.099962	0.00098	0.06554	0.00064	0.099962	1.975062	0.902116	2.809422	0.703014	614	12
GPF-100B-6*	289.1770	1.0164	0.200774	0.100082	0.00093	0.06842	0.00071	0.100082	1.897538	0.942255	2.875965	0.659792	615	11
GPF-100B-7*	528.2852	0.1366	1.000000	0.101909	0.00094	0.06390	0.00064	0.101909	2.688166	0.897941	4.586146	0.586149	626	16
GPF-100B-8*	99.2905	0.8201	0.000000	0.099972	0.00096	0.06265	0.00067	0.099972	1.916742	0.863580	2.872046	0.667378	614	11
GPF-100B-9*	226.3609	1.1590	0.000000	0.100172	0.00092	0.06473	0.00068	0.100172	1.833217	0.894032	2.788375	0.657450	615	11
GPF-100B-10*	464.6909	0.2442	0.258696	0.100871	0.00093	0.06525	0.00065	0.100871	1.910181	0.905152	2.875905	0.664202	620	11
GPF-100B-11*	822.3000	0.0820	0.094061	0.099663	0.00096	0.06178	0.00061	0.099663	1.931899	0.848153	2.780667	0.694761	612	11
GPF-100B-12	42.5369	0.8734	0.000000	0.099573	0.00098	0.07743	0.00111	0.099573	1.964518	1.063048	3.475576	0.565235	612	11
GPF-100B-13*	131.1778	0.4606	0.000000	0.099673	0.00095	0.06871	0.00071	0.099673	1.902473	0.944275	2.808999	0.677278	612	11
GPF-100B-14*	163.2777	0.8296	0.368384	0.100701	0.00095	0.06356	0.00066	0.100701	2.019671	0.879257	3.126925	0.645897	619	12
GPF-100B-15*	66.1899	1.3389	1.000000	0.099992	0.00097	0.06975	0.00076	0.099992	2.781040	0.962581	4.547491	0.611555	614	16
GPF-100B-16	419.3723	0.2972	0.164609	0.099523	0.00094	0.07274	0.00074	0.099523	1.913967	0.996515	2.832353	0.675751	612	11
GPF-100B-17	93.0999	0.3475	0.000000	0.099453	0.00098	0.07004	0.00074	0.099453	1.966884	0.960433	2.886821	0.681332	611	12
GPF-100B-18*	331.8623	1.0396	0.190905	0.101070	0.00095	0.06288	0.00064	0.101070	1.913680	0.874595	2.862151	0.668616	621	11
GPF-100B-19	466.5385	0.1461	0.453236	0.099413	0.00097	0.07672	0.00075	0.099413	2.149713	1.046845	3.144451	0.683653	611	13

GPF-100B-20*	381.3875	0.3894	0.000000	0.099643	0.00100	0.06750	0.00067	0.099643	2.003205	0.927368	2.820247	0.710294	612	12
GPF-100B-21*	116.2747	0.8158	0.000000	0.099603	0.00095	0.06270	0.00066	0.099603	1.903808	0.861077	2.838418	0.670728	612	11
GPF-100B-22*	246.7463	0.3362	0.000000	0.101519	0.00093	0.06387	0.00066	0.101519	1.828549	0.894019	2.759498	0.662638	623	11
GPF-100B-23*	124.2977	1.3345	0.687130	0.100980	0.00095	0.06409	0.00069	0.100980	2.317560	0.886205	3.838430	0.603778	620	14
GPF-100B-24*	140.5936	0.9847	0.691307	0.101340	0.00098	0.06423	0.00066	0.101340	2.362209	0.891263	3.815881	0.619047	622	14
GPF-100B-25*	981.6623	0.3154	0.000000	0.100192	0.00093	0.06914	0.00069	0.100192	1.852774	0.955132	2.723342	0.680331	616	11
GPF-100B-26	71.9804	1.1436	0.000000	0.099813	0.00093	0.07395	0.00099	0.099813	1.859814	1.017713	3.260036	0.570489	613	11
GPF-100B-27*	129.7399	0.4644	0.000000	0.099074	0.00094	0.06591	0.00070	0.099074	1.893825	0.900353	2.845771	0.665488	609	11
GPF-100B-28*	125.8997	1.1314	1.000000	0.100481	0.00096	0.06737	0.00070	0.100481	2.753711	0.935985	4.543246	0.606111	617	16
GPF-100B-29	9.6476	1.4284	0.000000	0.100441	0.00126	0.07455	0.00155	0.100441	2.503975	1.032433	4.853989	0.515859	617	15
GPF-100B-30*	75.0430	0.5980	0.000000	0.099453	0.00096	0.06147	0.00068	0.099453	1.926744	0.842916	2.933824	0.656734	611	11
GPF-100B-31*	137.1319	0.3253	0.000000	0.099533	0.00094	0.06166	0.00064	0.099533	1.885090	0.846200	2.804091	0.672264	612	11
GPF-100B-32*	427.6888	0.1447	1.000000	0.100322	0.00093	0.06252	0.00064	0.100322	2.717098	0.865010	4.669117	0.581930	616	16
GPF-100B-33*	107.4218	0.3220	0.635036	0.099463	0.00096	0.06156	0.00064	0.099463	2.309915	0.838873	3.745086	0.616785	611	14
GPF-100B-34*	170.4310	0.7197	1.000000	0.099204	0.00097	0.06255	0.00065	0.099204	2.803143	0.856556	4.729417	0.592704	610	16
GPF-100B-35	450.2447	0.0941	0.167186	0.100551	0.00094	0.07575	0.00077	0.100551	1.895289	1.048443	2.816839	0.672843	618	11
GPF-100B-36*	91.0683	0.9345	0.000000	0.100022	0.00095	0.06343	0.00071	0.100022	1.895829	0.874768	2.933580	0.646251	615	11

Table 2. Zircon U-Pb SHRIMP results for the Passo da Fabiana Gabbros (GPF-1) and Alto Alegre Diorite (AP-8).

Sample-Spot	U (ppm)	Th (ppm)	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	f_{206} %	Total				Radiogenic ratios					Ages (Ma)	
					$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	% err	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	% err	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	% err	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	% err	err corr.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ err
GPF-1-1	128	294	2.37	0.2	10.31	0.95	0.0615	2	0.0968	0.96	0.797	2.6	0.4	596	5
GPF-1-2	499	1890	3.91	0.2	10.37	1	0.0613	0.7	0.0962	1	0.786	1.5	0.7	592	6
GPF-1-3	233	514	2.28	0.21	10.32	0.91	0.0615	1	0.0969	0.91	0.824	1.4	0.6	596	5
GPF-1-4	92	241	2.72	0.59	10.45	1.08	0.0643	2.7	0.0951	1.11	0.778	4.3	0.3	586	6
GPF-1-5	126	320	2.62	0.6	10.21	1.02	0.0648	3.5	0.0978	1.03	0.853	4	0.3	602	6

GPF-1-6	73	105	1.5	0.73	10.26	1.18	0.0657	1.9	0.0969	1.21	0.809	4.3	0.3	596	7
GPF-1-7	217	515	2.45	0.29	10.4	0.92	0.062	1.1	0.096	0.93	0.807	1.7	0.5	591	5
GPF-1-8	145	305	2.17	0.48	10.25	1.38	0.0638	2.5	0.0971	1.39	0.804	3.7	0.4	597	8
GPF-1-9	426	198	0.48	0.01	10.45	0.89	0.0597	0.8	0.0956	0.89	0.776	1.3	0.7	589	5
GPF-1-10	113	240	2.19	0.54	10.6	1.42	0.0637	2.7	0.094	1.43	0.783	3.9	0.4	579	8
GPF-1-11	102	340	3.44	1.15	10.53	1.06	0.0687	2.7	0.094	1.09	0.787	4.9	0.2	579	6
GPF-1-12	101	298	3.05	0.25	10.65	1.74	0.0613	1.6	0.0936	1.74	0.762	3.1	0.6	577	10
AP-8-1	38	56	1.54	1.12	10.75	2.5	0.0712	2.6	0.0920	2.6	0.787	10.0	0.255	567	14
AP-8-2	36	56	1.59	0.78	11.04	2.6	0.0648	2.8	0.0899	2.6	0.724	9.4	0.281	555	14
AP-8-3	97	200	2.13	0.66	11.19	2.2	0.0625	1.7	0.0887	2.2	0.699	5.4	0.416	548	12
AP-8-4	97	176	1.88	0.34	11.00	2.2	0.0634	1.7	0.0906	2.2	0.758	4.9	0.459	559	12
AP-8-5	90	182	2.09	0.61	11.05	2.2	0.0649	1.8	0.0899	2.2	0.744	4.9	0.454	555	12
AP-8-6	125	241	2.00	0.38	10.90	2.2	0.0634	1.6	0.0914	2.2	0.759	3.1	0.711	564	12
AP-8-7	119	241	2.09	1.75	10.70	2.2	0.0729	3.8	0.0918	2.2	0.741	8.3	0.266	566	12
AP-8-8	78	68	0.91	1.93	10.43	2.2	0.0755	5.8	0.0939	2.3	0.773	10.9	0.212	579	13
AP-8-9	55	87	1.62	0.89	10.97	2.3	0.0656	2.2	0.0903	2.3	0.726	5.7	0.407	557	12
AP-8-10	44	44	1.03	2.07	10.65	2.4	0.0767	2.2	0.0918	2.4	0.757	9.7	0.251	566	13
AP-8-11	130	271	2.15	0.53	10.85	2.3	0.0629	1.8	0.0917	2.3	0.739	5.3	0.431	565	12

The analyzed sample (GPF-1; UTM: 275338/6497054) is a massive, coarse- to medium-grained greyish olivine leucogabbro (Fig. 6b). It consists essentially of plagioclase (76%), clinopyroxene (14%), orthopyroxene (2%) and olivine (6%), with hornblende, biotite, apatite, zircon, magnetite, ilmenite and pyrite, in trace amounts. Poikilophitic (Fig. 6c) and adcumulate (Fig. 6d) textures are common in this sample.

4.2.2 Zircon morphologies and textures

The olivine leucogabbro presents few large, clear, rose-colored zircon grains, mostly anhedral and fragmented, with some equant faceted crystals. Under CL imaging (Fig. 7), the grains exhibit: narrow- to thick-parallel igneous growth bands concordant with crystal elongation; darker cores, sometimes with internal parallel thin-bands, followed by lighter concentric igneous growth zoning concordant with cores or outer shape; and, lastly, sector zonation, sometimes with internal thin-parallel bands.

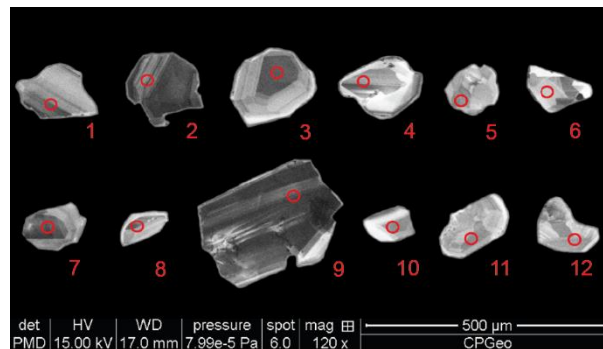


Fig. 7. Morphology and textural patterns of the analyzed zircon grains in the olivine leucogabbro (sample GPF-1) - Passo da Fabiana Gabbros, under CL imaging with analysis spots.

4.2.3 Crystallization age (U-Pb SHRIMP)

Twelve analyses were performed on zircon grains from the sample GPF-1, and all of them presented high concordance and low errors (Table 2), being used to the age calculations. The data were plotted in a Wetherill concordia diagram, displaying concordant ages with no detected inheritance, and interpreted as the crystallization age of the olivine leucogabbro. The calculated concordia age is of 591.2 ± 3.5 Ma, with an MSWD of 1.3 (Fig. 8).

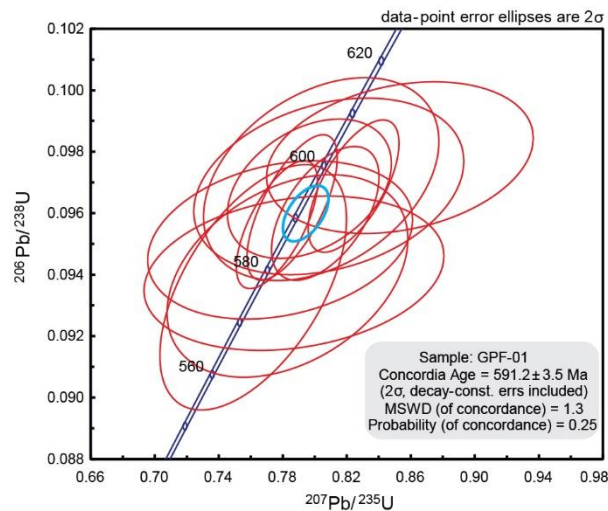


Fig. 8. Concordia Wetherill diagram and calculated crystallization age for the sample GPF-1, olivine leucogabbro from the Passo da Fabiana Gabbros.

4.3. Leucosyenogranite – Dom Feliciano Suite

4.3.1 Field characterization and petrography

The Dom Feliciano Suite is the most abundant unit in the PFG region, and commonly cut the previously described biotite monzogranites of the Cerro Grande Suite (Fig. 9a). In the area, the Dom Feliciano Suite encompasses pinkish to reddish equigranular massive, medium-grained biotite syenogranites to leucosyenogranites. Reddish, leucocratic, fine-grained syenogranites to microsyenogranites also occur, as well as granitic aplites. Other common feature in these rocks is the occurrence of euhedral quartz crystals.

The selected sample (GPF-100A; UTM: 275653/6496225) for geochronological studies was collected in a representative outcrop of this unit in the area, approximately 50 m to the north of the sample GPF-100B, and close to the PFG contact (Fig. 2). The analyzed sample is a reddish, medium- to fine-grained massive leucosyenogranite (Fig. 9b), composed essentially of quartz, alkali feldspar, minor plagioclase (Fig. 9c), and rare biotite (Fig. 9d).

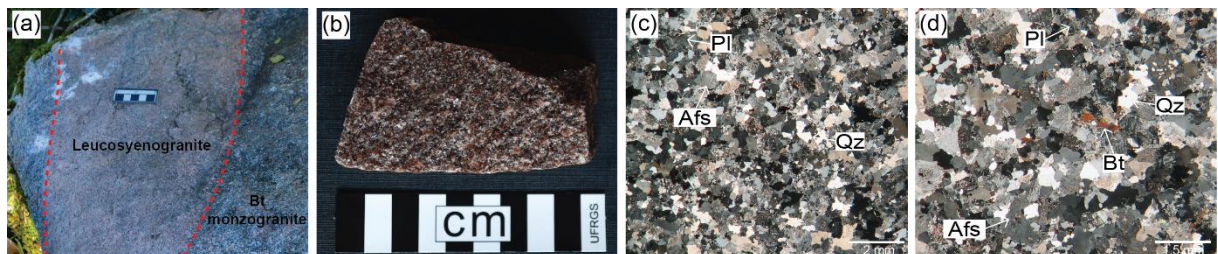


Fig. 9. Field characteristics and petrography of the leucosyenogranite, Dom Feliciano Suite. (a) Leucosyenogranite of the Dom Feliciano Suite cutting the seriate to porphyritic biotite monzogranites of the Cerro Grande Suite. (b) Macroscopic texture of the dated sample GPF-100A, a reddish medium- to fine-grained massive leucosyenogranite. (c) Sample GPF-100A under crossed polars showing equigranular massive texture formed by alkali feldspar (Afs), plagioclase (Pl) and quartz (Qz), with minor biotite (Bt) (d).

4.3.2 Zircon morphologies and textures

Zircons from the leucosyenogranite are yellowish, clear, glassy, and mostly euhedral. They can be grouped into three main types: i) large euhedral faceted, sometimes with well-formed tips, short-prismatic grains; ii) large or medium elongate to slender euhedral prisms, with rare broken crystals; iii) medium to fine euhedral faceted prismatic zircons.

Under CL (Fig. 10), the zircon textural types show: i) light euhedral simple cores followed by regular oscillatory concentric igneous growth zonation and dark rims; light euhedral simple cores with subtle mottled and sectorized darker rims; CL-dark grains with mottled sectorized patterns; ii) light simple euhedral cores with darker rims, sometimes exhibiting subtle oscillatory concentric igneous growth zonation; thick igneous growth bands parallel to the prism elongation; iii) light simple euhedral cores and darker rims, commonly exhibiting subtle oscillatory concentric igneous growth patterns concordant with crystal shape.

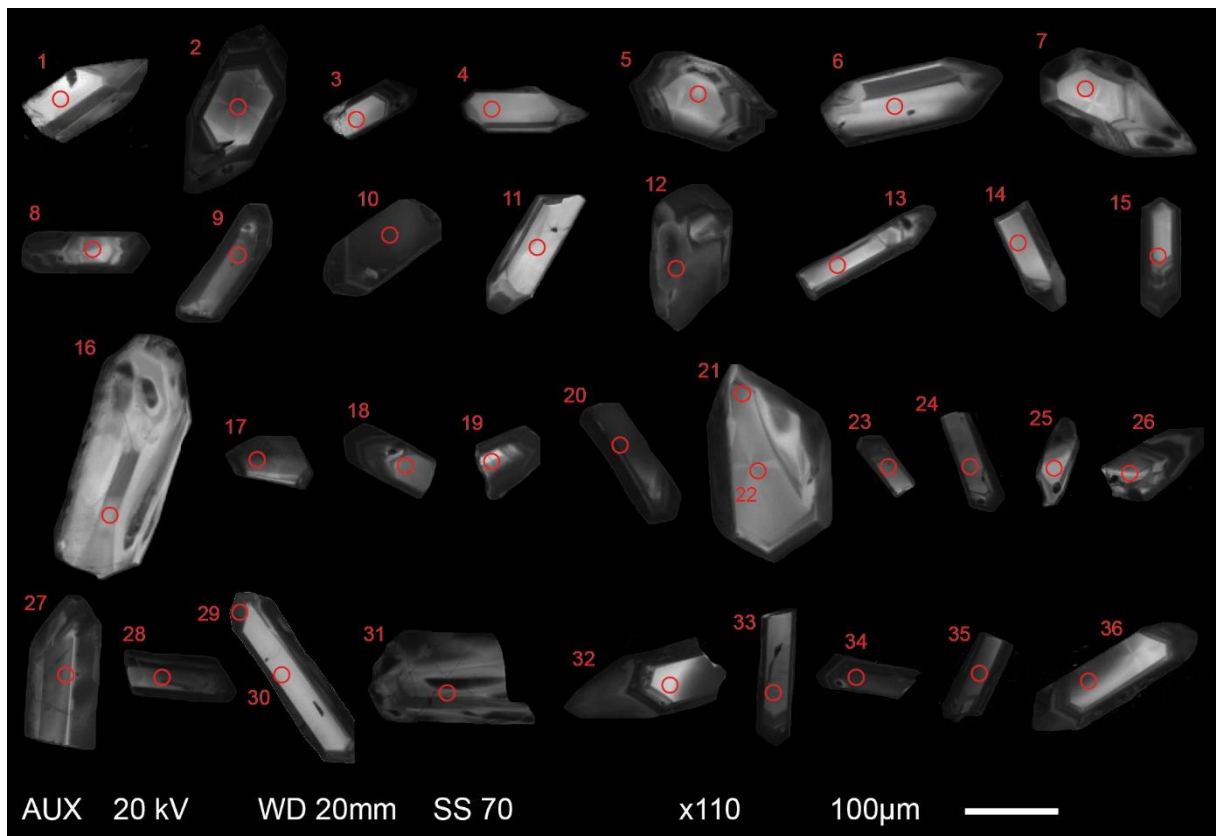


Fig. 10. Morphology and textural patterns of the analyzed zircon grains of the leucosyenogranite (GPF-100A) – Dom Feliciano Suite, under CL imaging with analysis spots.

4.3.3 Crystallization age (U-Pb LA-ICP-MS)

Forty-two analyses were performed on zircon grains from the sample GPF-100A, of which 36 were used to age calculation due to its higher concordance and low errors (Table 1). The other six analyses were discarded.

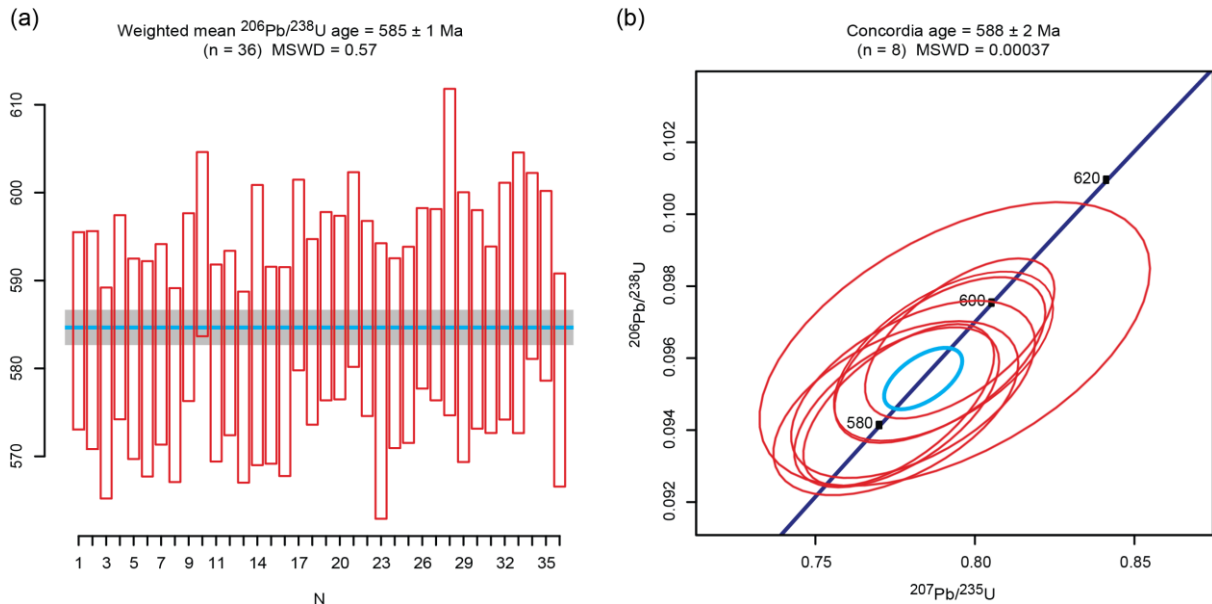


Fig. 11. (a) Weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ calculated crystallization age for the sample GPF-100A, leucosyenogranite of the Dom Feliciano Suite, in the Passo da Fabiana Gabbros region. (b) Concordia age for the same sample, calculated for data with concordance $\geq 90\%$.

The results display concordant ages, with no detected inheritance, as well as no significant differences in core/rim analyses, being interpreted as the crystallization age of the leucosyenogranite. After the Stacey and Kramers (1975) Pb correction, a weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age was calculated based on the 36 analyses, following the procedure suggested by Spencer et al. (2016). The result was a crystallization age of 585 ± 1 Ma (n = 36; MSWD = 0.57; Fig. 11a). A concordia age was calculated with the analyses that presented concordance $\geq 90\%$, in a Wetherill diagram (Fig. 11b), yielding an age of 588 ± 2 Ma (n = 8; MSWD = 0.00037). This is considered the best age for this rock crystallization.

4.4. Alto Alegre Diorite

4.4.1 Field characterization and petrography

The Alto Alegre Diorite type locality outcrops in the SE of the study area (red star, Fig. 2). It consists of an elongated E-W ellipse-like body with approximately 6.2 length x 3 km width. The AAD composition encompasses mainly greyish, mesocratic, medium-grained massive hornblende diorites (Fig. 12a), hornblende diorites with biotite and biotite-

hornblende diorites. Locally, these rocks are medium- to fine-grained with magmatic foliation marked by the preferred orientation of hornblende and plagioclase. In some outcrops, they also exhibit slightly inequigranular texture with some coarser plagioclase, biotite, or poikilitic amphibole crystals.

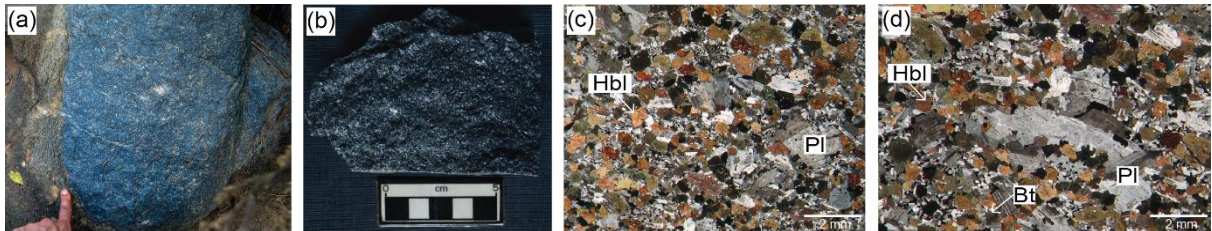


Fig. 12. Field characteristics and petrography of the Alto Alegre Diorite. (a) Medium-grained massive grey hornblende diorite in the sample site. (b) Macroscopic texture of the dated sample AP-8, a greyish medium-grained massive hornblende-rich diorite. (c) Sample AP-8 under crossed polars showing equigranular massive texture formed mainly by hornblende (Hbl) and plagioclase (Pl) crystals. (d) Biotite occurs as a common accessory mineral.

The sample selected for geochronological studies (AP-8; UTM: 322263/6491035) is an equigranular, massive, medium-grained hornblende-rich diorite (Fig. 12b) essentially composed of plagioclase (45%) and hornblende (52%), with biotite (1%), apatite, zircon, magnetite, pyrite and ilmenite as accessory minerals, in trace amounts (Fig. 12c and d).

4.4.2 Zircon morphologies and textures

The hornblende diorite presents colorless, clear and glassy zircons, comprising: i) large stubby faceted euhedral or fragmented prisms, as well as ii) medium euhedral elongate prisms, sometimes with broken edges. Most equant iii) faceted grains or with well-formed tips also occur.

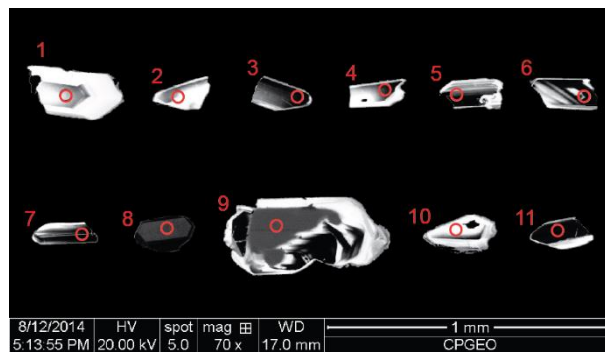


Fig. 13. Morphology and textural patterns of the analyzed zircon grains of the hornblende-rich diorite (AP-8) – Alto Alegre Diorite, under CL imaging. Note the analysis spots. The blur effect in spot 9 is caused by epoxy resin coating part of the grain.

In CL imaging (Fig. 13) the type “i” grains show simple prismatic darker cores concordant with crystal shape, followed by very light thick rims; or then are all dark, with

subordinate light rims. The second type, ii) exhibit simple concordant dark cores and light rims, sometimes with inner discordant parallel bands; or parallel igneous growth bands concordant with crystal elongation; and the third, iii) simple lighter euhedral core with dark rims; as well as light grains with discrete thin growth bands.

4.4.3 Crystallization age (U-Pb SHRIMP)

Eleven zircon grains were analyzed in the sample AP-8, all of them presenting high concordance and low errors (Table 2), thus, considered to age calculations. The data showed no enrichment in common Pb, being plotted in a concordia Wetherill diagram. They displayed concordant ages with no detected inheritance, being interpreted as the crystallization age of the hornblende diorite. The calculated concordia crystallization age is of 562 ± 3.7 Ma, with an MSWD of 0.73 (Fig. 14).

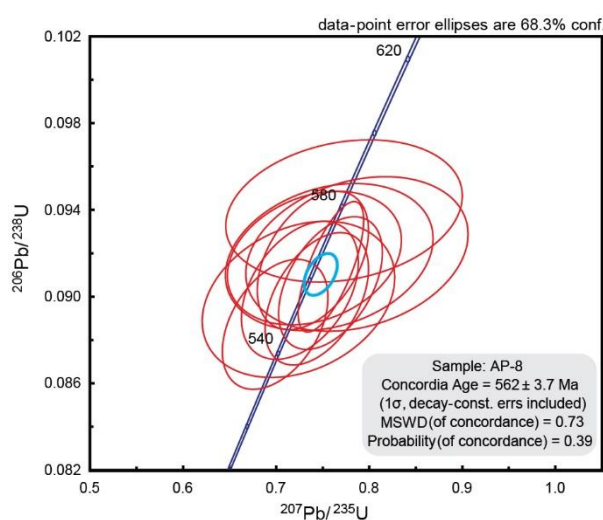


Fig. 14. Concordia Wetherill diagram and calculated crystallization age for the hornblende-rich diorite (AP-8) – Alto Alegre Diorite.

5. DISCUSSIONS

5.1. Emplacement ages and evolutionary model

The acquired data are essential to evaluate the crystallization ages of the basic intrusive rocks in the southeastern Dom Feliciano Belt, since there was no available geochronological data for these lithotypes. Thus, with the newly presented data, it is possible to assess the emplacement ages for both the Passo da Fabiana Gabbros and Alto Alegre Diorite, as well as the temporal relationships with the surrounding granites.

A synthesis of the evolutionary geological model for the NW sector in the PFG region between ~610 and 585 Ma, and the SE sector, in AAD area, between ~633 and 560 Ma is presented in Fig. 15. The model was based on field, crosscutting relations and in the regional geological map (Fig. 2), coupled with the available new geochronological data.

To the NW of the area (Fig. 2), the oldest analyzed lithology is the biotite monzogranite (612 ± 1 Ma), which is interpreted as belonging to the Cerro Grande Suite, according to the propositions of Cruz (2019). Based on this, the Cerro Grande Suite and the Pinheiro Machado Complex (633-609 Ma) constitute the oldest rocks in the region, representing the crust in which PFG were emplaced (Fig. 15a).

The emplacement of the Cerro Grande Suite granites in the area is followed by the crystallization of the Passo da Fabiana Gabbros, which present a crystallization age of 591.2 ± 3.5 Ma. As pointed, this data allows us to affirm that PFG are younger and intrusive in the biotite monzogranites of the Cerro Grande Suite in this region (Fig. 15a), since no cross-cutting relationships between these units were identified in the field.

The younger analyzed rock in the NW sector corresponds to the leucosyenogranite, considered as part of the Dom Feliciano Suite. In the field, the crosscutting relationships between this unit and the Cerro Grande Suite were clear, showing that leucosyenogranites are younger than the biotite monzogranites of the Cerro Grande Suite. Now, it is also possible to affirm that Dom Feliciano Suite has a crystallization age of 588 ± 2 Ma in the area, which is slightly younger than the Passo da Fabiana Gabbros (Fig. 15a). The granites of the Dom Feliciano Suite are probably correlated with the granitic veins and apophyses that crosscut the gabbroic rocks, as observed in the field, due to the close temporal and spatial relationships. However, other sources cannot be discarded for these liquids, considering the similar composition and texture to which late granitic fluids converge.

Regarding the SE sector, in the AAD region (Fig. 15b), the new data makes it possible to not only define the crystallization age of this unit, as well as evaluate its temporal relationships with the Pinheiro Machado Complex country granites. The crystallization age of 562 ± 3.7 Ma for the Alto Alegre Diorite is younger than the available ages for the PMC in the region, which ranges from 633 to 609 Ma (Babinski et al., 1997; Cruz, 2019; Philipp et al., 2002; Silva et al., 1999). One dated sample of the PMC, in a quarry only a few kilometers away from the AAD, yields a crystallization age of 625 ± 4 Ma (Philipp et al., 2002). Thereby, we could affirm that Alto Alegre Diorite is intrusive in the Pinheiro Machado

Complex (Fig. 15b), since no cross-cut relationships with the complex were observed in the field.

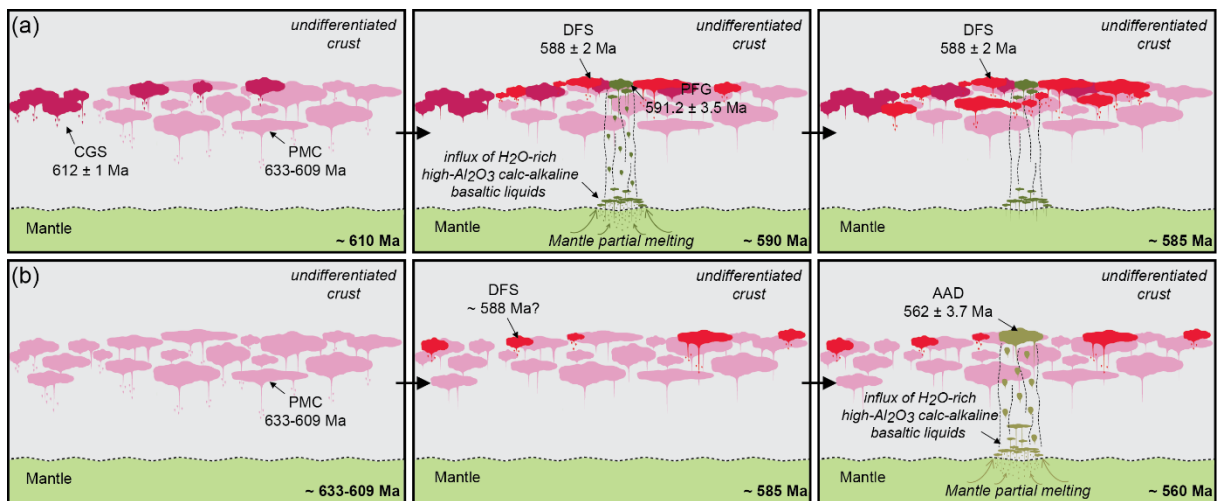


Fig. 15. Emplacement and evolutionary model to the NW (figure a - PFG region) and the SE (figure b - AAD region) sector of the study area. The intrusions are represented in the same color-coding of the geological map (Fig. 2). Pluton sizes and shapes are not at scale.

The temporal difference in terms of generation and emplacement (~30 Ma) for the basic rocks revealed by these new ages, reinforces the proposition of Dal Olmo-Barbosa et al. (2018) that Passo da Fabiana Gabbros and Alto Alegre Diorite belong to different associations of rocks. These authors also suggest, based on the analysis of airborne magnetic data, that generation and emplacement of these H₂O-rich high-Al₂O₃ calc-alkaline basaltic liquids into the crust was favored and controlled by regional deep structures (Fig. 15a and b).

5.2. Geodynamic context and evolution of the basic intrusive Ediacaran magmatism in the southeastern Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil

The generation of intrusive rocks by direct crystallization or evolution of basic magmas in orogenic belts and post-collisional settings, where crustal-derived rocks are prevalent, is the study object of several works that aims to understand the role and contribution of these liquids in the geodynamic evolution of such belts (Bonin, 2004; Roberts et al., 2000; Sisson et al., 1996). In this scenario, layered intrusions and other dioritic and gabbroic rocks are considered as key markers of the petrologic processes, even including those related to the generation of intermediate to acid magmatism (Annen et al., 2006; Solano et al., 2012).

The study of these lithologies in such environments also highlights the importance of the hydrous basaltic liquids' participation in the generation of evolved magmas. Besides, these rocks also constitute essential records of the material transference mechanisms between

mantle and crust. This makes them crucial in the analysis of vertical material accretion processes (Gill, 2010; Huppert and Sparks, 1988).

Typical examples of the occurrence of basic rocks associated with granitic belts include the Cretaceous Sierra Nevada Batholith (Onion Valley-California, USA; Sisson et al., 1996); the lithologic association of Ota (280–290 Ma), in the Corsica-Sardinia Batholith (Renna et al., 2006), as well as the Adamello Batholith, in Italy (Central Alps; Tiepolo et al., 2011; 2014); the calc-alkaline Quérigut Complex (~307 Ma), French Pyrenees (Roberts et al., 2000); among others. In synthesis, all these works highlight the importance of hydrous basaltic liquids, actually recorded mainly as gabbroic and dioritic rocks, in the generation of the granitoids, and on a wider scale, in the own belts geodynamic evolution.

The presented petrologic models to these rocks evolution are quite similar, and, in summary, point to the fact that mafic/basic lithologies represent the record of the less evolved member of the batholiths' magmatism, demonstrating the effective participation of basic liquids in the evolution of the belts (Roberts et al., 2000; Sisson et al., 1996; Tiepolo et al., 2014). Besides, the hydrous character of these magmas results in a relative reduction of the liquidus temperatures. This effect not only amplifies the crystallization range when compared to anhydrous liquids, but also promotes density and viscosity reduction, allowing them to ascend easily to upper levels. According to these authors, under or intraplate processes by basic magmas, contributing with heat and fluids is crucial to promote crustal partial melting.

Roberts et al. (2000) also point out that an important component of mantle decompression occurs in post-collisional settings, favored by extensional conditions. This could explain the occurrence of mafic lithologies related to differentiated rocks, in response to the heating promoted by the influx of mantle-derived material. Bonin (2004) reinforces that mantle-derived intrusions emplaced in the lower crust promote enough heat that favors anatexis processes, as well as may interact and mix with crustal-derived melts. Besides, several authors consider the occurrence of these basic rocks as the basic/mafic precursor members of the batholiths, indicating an expressive contribution of a mantle component on the granitoids genesis (Bea et al., 1999; Galán and Suárez, 1989; Sisson et al., 1996).

In this scenario, the generation of hydrous basaltic liquids in such geotectonic settings seems to be determinant. The occurrence of the deep crustal hot zones (DCHZ), model first proposed by Annen et al. (2006), highlights that such liquids, when emplaced in a sill succession in the lower crust, are responsible to generate anomalous hot zones that produce

significant amounts of magmas. Besides constituting only a heat source, as considered in most of the underplating models, the DCHZ model also considers the importance of the generation of residual melts, by the fractionation of hydrous basaltic intrusions. Annen et al. (2006) also affirm that the hydrous character of the basic intrusions favors the detachment of the liquids from its sources, as well as their rapid ascent.

Another approach to the occurrence of mafic and felsic associations is presented by Wiebe (2016), under the concept of the MASLI - mafic-silicic layered intrusions (Wiebe, 1993). The MASLI are formed, generically, by plutonic complexes associated or enclosing mafic rocks, mainly gabbroic, together with diorites and granites. This author proposes that these complexes are generated through repeated replenishment events by mafic magmas, in silicic chambers. This mechanism has been quite discussed actually and is reinforced also by the evolutive model for supracrustal plutons, presented by Paterson et al. (2016).

The generation of water-rich mantle-derived magmas, usually coeval with crustal-derived melts in orogenic belts during or slightly after subduction events, as well as in post-collisional settings, are described by several authors (e.g. Couzinié et al., 2016 - Variscan French Massif Central, France; Deschamps et al., 2018 - Eastern Tibetan Plateau, China; Leuthold et al., 2014 - Torres del Paine, Chile; Rezeau et al., 2018 - Lesser Caucasus). Couzinié et al. (2016) also point that classic works in this area assume that new continental crust formation processes commonly show depleted mantle sources. On the other hand, this work suggests that mafic magmas and their related products generated in post-collisional settings, also represent a significant contribution to crustal growth.

In the Dom Feliciano Belt tectonic evolution, different evolutive models are presented. In its late evolution (<650 Ma), processes involving the production of voluminous granitic magmatism related mainly with regional structures and shear zones, in post-collisional settings (Bitencourt and Nardi, 2000; Hueck et al., 2018), as well as one last subduction event followed by post-collisional magmatism, are proposed (Basei et al., 2018; Bastos et al., 2020; Loureiro, 2013; Philipp et al., 2018; Ramos et al., 2017).

Basei et al. (2018) consider the tectonic context of the Pelotas Batholith as generated in pre-, syn-, and post-collisional settings. The younger granitoids, especially those related to the Dom Feliciano Suite, with crystallization ages around 590 Ma, are considered post-collisional. In this geodynamic context, the authors propose that these granites were produced by decompression melting of continental crust, as the result of the orogenic collapse process.

Hueck et al. (2018) also highlight that Pelotas Batholith is composed of a set of Upper Cryogenian to Ediacaran granite suites, generated during and after the orogenic climax of the Dom Feliciano Belt, between 650 and 550 Ma. The authors also suggest an important structural control on the evolution of the intrusive rocks, including episodes of compression, followed by an extensional period with transurrence by shear zones.

The late-stage magmatism in this area, also according to Hueck et al. (2018), encompasses intrusions and associated volcanism between 610 and 550 Ma, along with the reactivation of the main shear zones probably playing an important role in the magmatic evolution of the region. In all these cases though, between 590 and 560 Ma, the study area is considered to be already in post-collisional settings, where the compressional tectonic episodes are ceasing, in the transition to a crustal relaxation period with local extensional sites creation. This scenario enables the formation of post-collisional basins and associated volcanism in the Sul-rio-grandense Shield (Gastal et al., 2005; Janikian et al., 2012; Lima and Nardi, 1998; Sommer et al., 2006).

This transition in the tectonic setting is an important period where basic/mafic magmatism occurs, with a great contribution to the orogenic and post-collisional belts magmatic evolution. Thereby, the studied and the several newly identified basic intrusions in this region of the Dom Feliciano Belt, generated by mantle partial melting promoting the influx of water-rich high- Al_2O_3 calc-alkaline basaltic liquids to the crust (Fig. 15), probably had an important role in the belt magmatic evolution. They could have contributed to the belt evolution not only by the material vertical accretion, but also with heat generation to produce the voluminous granitic melts, and maybe, even with fractionated residual liquids.

It is important to remember the close temporal relationships of the basic rocks and the surrounding granites, especially in the NW of the area. In this scenario, the Passo da Fabiana Gabbros (591.2 ± 3.5 Ma) are slightly older than the Dom Feliciano Suite (588 ± 2 Ma), as verified both in field relationships and the calculated crystallization age. However, the emplacement timing is almost coeval, and the mafic magmas probably had an important role in the late-granites generation.

On the other side, to the SE of the region, in the Alto Alegre Diorite emplacement area, the geodynamic context seems to be different, since the AAD crystallization age (562 ± 3.7 Ma) shows a wide time range, when compared to the Pinheiro Machado Complex country rocks (625 ± 4 Ma, in the AAD region). Considering this, we could propose that in this area

the basic intrusive rocks emplacement took place in a more advanced stage of the post-collisional settings, with minor participation in the evolved magmatism of the belt, showing a simple intrusion relation within the PMC country granites. However, younger minor granitic bodies of the Dom Feliciano Suite also occur in the area (Figs. 2 and 15b), although no geochronological data are available for these rocks in the region, hindering the evaluation of the temporal relationship of the diorites with these granites.

Anyway, the importance and contribution of the basic magmatism in the late post-collisional evolution of the Pelotas Terrane, Dom Feliciano Belt, in the period between 590 and 560 Ma are undeniable. As mentioned in Dal Olmo-Barbosa et al. (2018), in this scenario, the generation and emplacement of basic rocks seem to have a major control by regional structures that enabled its ascent and emplacement, mostly concordant to the regional patterns observed in the country rocks.

Consider the evolution of these basic rocks by evaluating the petrogenetic processes, petrologic evolution and emplacement, coupled with the late evolution of the granitoids and the own belt, is crucial. These data point to the fact that an important mantle component, producing water-rich high- Al_2O_3 basaltic liquids, was involved in the late post-collisional geodynamic evolution of the Dom Feliciano Belt.

6. CONCLUSIONS

The acquired geochronological data enabled us to determine both the Passo da Fabiana Gabbros and the Alto Alegre Diorite crystallization ages. Geochronological studies were carried out also in granites of the Dom Feliciano and Cerro Grande Suites, enabling us to evaluate its emplacement timing and relationships with the basic rocks.

In the NW sector, the biotite seriate to porphyritic monzogranite, considered as included in the Cerro Grande Suite, presented zircon U-Pb (LA-ICP-MS) calculated crystallization age of 612 ± 1 Ma. The olivine leucogabbro from Passo da Fabiana Gabbros yielded a calculated crystallization age of 591.2 ± 3.5 Ma (zircon U-Pb SHRIMP). Lastly, the leucosyenogranite of the Dom Feliciano Suite presented a calculated crystallization age (zircon U-Pb - LA-ICP-MS) of 588 ± 2 Ma.

These data allow us to affirm that Passo da Fabiana Gabbros are younger than Pinheiro Machado Complex (633-609 Ma) and Cerro Grande Suite (612 ± 1 Ma). The Dom Feliciano Suite is slightly younger (588 ± 2 Ma) than Passo da Fabiana Gabbros in the area.

In the SE sector, the Alto Alegre Diorite presented zircon U-Pb SHRIMP calculated crystallization age of 562 ± 3.7 Ma. On the other hand, the Pinheiro Machado Complex presents zircon U-Pb TIMS crystallization age in the area of 625 ± 4 Ma. These data allow us to affirm that Alto Alegre Diorite is intrusive in the Pinheiro Machado Complex.

Considering the tectonic context of the Dom Feliciano Belt, it is possible to affirm that an important mantle component, responsible for the generation of the water-rich high-alumina calc-alkaline basaltic liquids, was involved in the belt late evolution (590-560 Ma). In this time range, the belt was already in post-collisional settings, in a geodynamic context where compressive tensions were ceasing, followed by an extensional period.

These conditions enabled mantle partial melting, which was responsible for the basic rocks generation, with deep regional structures controlling its evolution and emplacement. Their contribution to the late stages of the Dom Feliciano Belt geodynamic evolution, by the addition of newly mantle-derived material to the crust, is undeniable. Besides, these rocks probably provided heat to promote crustal partial melting and the late granites' generation. The participation of these basic magmas producing fractionated residual liquids that could have interacted with crustal melts in the batholith construction should not be discarded, but future studies gathering new evidence are necessary to evaluate such processes.

Author contributions

Laércio Dal Olmo-Barbosa: Conceptualization; Investigation; Writing - Original Draft; Visualization; Project administration. *Edinei Koester*: Supervision; Funding acquisition; Writing - Original Draft. *Daniel Triboli Vieira*: Methodology; Writing - Original Draft. *Carla Cristine Porcher*: Methodology. *Daniel Grings Cedeño*: Writing - Original Draft.

Funding information

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq): PhD Scholarships, process n° 140461/2016-7 (Vieira, D.T.) and 141335/2017-3 (Dal Olmo-Barbosa, L.); research grant n° 307378/2017-9 (Koester, E.).

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgements

The authors thank the Institute of Geosciences of the UFRGS for technical and infrastructure support. We also thank FAPERGS and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for financial support (research grant n° 307378/2017-9; Koester, E.), and PhD Scholarships process n° 140461/2016-7 (Vieira, D.T.) and 141335/2017-3 (Dal Olmo-Barbosa, L.). We also thank the editor Reinhardt Fuck, and Dra. Luana Moreira Florisbal and the anonymous reviewer for their suggestions, resulting in a considerable improvement in the manuscript.

References

- Annen, C.; Blundy, J.D.; Sparks, R.S.J. (2006). The genesis of intermediate and silicic magmas in deep crustal hot zones. *Journal of Petrology*, 47(3), 505-539.
- Arena, K.R.; Hartmann, L.A.; Lana, C. (2016). Evolution of Neoproterozoic ophiolites from the southern Brasiliano Orogen revealed by zircon U-Pb-Hf isotopes and geochemistry. *Precambrian Research*, 285, 299-314.
- Babinski, M.; Chemale Jr., F.; Van Schmus, W.R.; Hartmann, L.A.; Silva, L.C. (1997). U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Neoproterozoic Granitic-Gneissic Dom Feliciano Belt, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 10(3-4), 263-274.
- Basei, M.A.S., Frimmel, H.E., Campos Neto, M.C., Araujo, C.E.G., Castro, N.A., Passarelli, C.R., 2018. The Tectonic History of the Southern Adamastor Ocean Based on a Correlation of the Kaoko and Dom Feliciano Belts. In: Siegesmund, S., Basei, M.A.S., Oyhantçabal, P., Oriolo, S. (Eds.), *Geology of Southwest Gondwana*. Springer.
- Bastos, V.A.; Koester, E.; Lenz, C.; Dal Olmo-Barbosa, L.; Porcher, C.C.; Loureiro, P.O.; Vieira, D.T.; Ramos, R.C.; Cedeño, D.G. (2020). Contribution to the understanding of the Pinheiro Machado Complex (Dom Feliciano Belt, Brazil): A study of textures, mineral chemistry, and crystallization conditions. *Geological Journal*, 1–22.
- Bea, F.; Montero, P.; Molina, J.F. (1999). Mafic precursors, peraluminous granitoids, and late lamprophyres in the Avila batholith: a model for the generation of Variscan batholiths in Iberia. *Journal of Geology*, 107(4), 399–419.

Bitencourt, M.F.; Nardi, L.V.S. (2000). Tectonic setting and sources of magmatism related to the Southern Brazilian Shear Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 30, 184-187.

Black, L.P.; Kamo, S.L.; Allen, C.M.; Davis, D.W.; Aleinikoff, J.N.; Valley, J.W.; Mundil, R.; Campbell, I.H.; Korsch, R.J.; Williams, I.S.; Foudoulis, C. (2004). Improved $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ microprobe geochronology by the monitoring of a trace-element related matrix effect; SHRIMP, ID-TIMS, ELA-ICP-MS and oxygen isotope documentation for a series of zircon standards. *Chemical Geology*, 205, 115-140.

Bonin, B. (2004). Do coeval mafic and felsic magmas in post-collisional to within-plate regimes necessarily imply two contrasting, mantle and crustal, sources? A review. *Lithos*, 78(1), 1-24.

Bossi, J.; Gaucher, C. (2004). The Cuchilla Dionisio Terrane, Uruguay: An Allochthonous Block Accreted in the Cambrian to SW-Gondwana. *Gondwana Research*, 7(3), 661-674.

Brito Neves, B.B.; Campos Neto, M.C.; Fuck, R.A. (1999). From Rodinia to Western Gondwana, an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, 22, 155-166.

Camozzato, E.; Philipp, R.P.; Laux, J.H.; Chemale Jr.; F.; Iglesias, C.M.F. (2016). Batólito Torquato Severo e a colagem dos Terrenos Taquarembó e São Gabriel, RS. In: 48º Congresso Brasileiro de Geologia.

Campos Neto, M.C. (2000). Orogenic systems from southwestern Gondwana. An approach to Brasiliano-Pan African cycle and orogenic collage in southeastern Brazil. In: U. Cordani; E. Milani; A. Thomaz Filho; D. Campos, (Eds.), *Tectonic evolution of South America* (pp. 335-365). Rio de Janeiro, Brasil.

Caroff, M.; Coint, N.; Hallot, E.; Hamelin, C.; Peucat, J.J.; Charretour, G. (2011). The mafic-silicic layered intrusions of Saint-Jean-du-Doigt (France) and North-Guernsey (Channel Islands), Armorican Massif: Gabbro-diorite layering and mafic cumulate-pegmatoid association. *Lithos*, 125, 675-692.

Costa, A.F.U. (1997). Teste e modelagem geofísica da estruturação das associações litotectônicas pré-cambrianas no Escudo Sul-rio-grandense. PhD Thesis. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1-291.

Couzinié, S.; Laurent, O.; Moyen, J.F.; Zeh, A.; Bouilhol, P.; Villaros, A. (2016). Post-collisional magmatism: crustal growth not identified by zircon Hf-O isotopes. *Earth and Planetary Science Letters*, 456, 182-195.

Cruz, R.F. (2018). Projeto sudeste do Rio Grande do Sul: mapa de integração de cartografia geológica. CPRM. 1 mapa colorido. Carta geológica. Escala 1:250.000.

Cruz, R.F. (2019). Projeto Sudeste do Rio Grande do sul: escalas 1:250.000 e 1:100.000; estado do Rio Grande do Sul. CPRM, 1-173.

Dal Olmo-Barbosa, L.; Koester, E.; Gastal, M.C. (2018). Rochas intrusivas básicas no sudeste do Cinturão Dom Feliciano, RS: petrografia e geoquímica das associações I e II. *Geologia USP, Série Científica*, 18(2), 149-170.

Deschamps, F.; Duchêne, S.; Sigoyer, J.; Bosse, V.; Benoit, M.; Vanderhaeghe, O. (2018). Coeval mantle-derived and crust-derived magmas forming two neighbouring plutons on the Songpan Ganze Accretionary Orogenic Wedge (SW China). *Journal of Petrology*, 58, 2221-2256.

Fernandes, L.A.D.; Menegat, R.; Costa, A.F.U.; Koester, E.; Porcher, C.C.; Tommasi, A.; Kraemer, G.; Ramgrab, G.E.; Camozzato, E. (1995a). Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-rio-grandense: parte I - uma contribuição a partir do registro geológico. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4), 351-374.

Fernandes, L.A.D.; Menegat, R.; Costa, A.F.U.; Koester, E.; Porcher, C.C.; Tommasi, A.; Kraemer, G.; Ramgrab, G.E.; Camozzato, E. (1995b). Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte II – uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4), 375-384.

Fragoso Cesar, A.R.S.; Figueiredo, M.C.H.; Soliani Jr., E.; Faccini, U.F. (1986). O Batólito Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. In: *Congresso Brasileiro de Geologia* (pp. 1322-1343). Rio de Janeiro, Brasil: SBG.

Fragoso Cesar, A.R.S. (1991). Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: As orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul. PhD Thesis. University of São Paulo, 1-367.

Galán, G.; Suárez, O. (1989). Cortlanditic enclaves associated with calc-alkaline granites from Tapia-Asturias (Hercynian Belt, northwestern Spain). *Lithos*, 23, 233-245.

Gastal, M.C.P.; Lafon, J.M.; Hartmann, L.A.; Koester, E. (2005). Sm-Nd isotopic investigation of Neoproterozoic and Cretaceous igneous rocks from southern Brazil: A study of magmatic processes. *Lithos*, 82, 345–377.

Gaucher, C.; Frimmel, H.E.; Germs, G.J.B. (2009). Tectonic events and palaeogeographic evolution of southern Gondwana in the Neoproterozoic and Cambrian. In: C. Gaucher; A.N. Sial; G.P. Halverson; H.E. Frimmel (Eds.). *Neoproterozoic-cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: a Focus on Southwestern Gondwana*, vol. 16 (pp. 295-316). Elsevier, *Developments in Precambrian Geology*.

Gerdes, A.; Zeh, A. (2006). Combined U-Pb and Hf isotope LA-(MC)-ICP-MS analyses of detrital zircons: comparison with SHRIMP and new constraints for the provenance and age of an Armorican metasediment in Central Germany. *Earth and Planetary Science Letters*, 249, 47-61.

Gill, R. (2010). *Igneous rocks and processes: a practical guide*. Oxford, England: Wiley-Blackwell.

Girelli, T.J.; Chemale Jr., F.; Lavina, E.L.C.; Laux, J.H.; Bongiolo, E.M.; Lana, C. (2018). Granulite accretion to Rio de la Plata Craton, based on zircon U-Pb-Hf isotopes: Tectonic implications for Columbia Supercontinent reconstruction. *Gondwana Research*, 56, 105-118.

Gregory, T.R.; Bitencourt, M.F.; Nardi, L.V.S; Florisbal, L.M. (2017). Petrogenesis of metamorphosed Paleoproterozoic, arc-related tonalites, granodiorites and coeval basic to intermediate rocks from southernmost Brazil, based on elemental and isotope geochemistry. *Lithos*, 277, 72-91.

Hartmann, L.A.; Chemale Jr., F.; Philipp, R.P. (2007). Evolução geotectônica do Rio Grande do Sul no Precambriano. In: R. Ianuzzi and J.C. Frantz (Ed). *50 anos de Geologia*. Instituto de Geociências. Contribuições. 1ed. Porto Alegre, Brasil: Editora Comunicação e Identidade.

Hartmann, L.A.; Lopes, W.R.; Savian, J.F. (2016). Integrated evaluation of the geology, aerogammaspectrometry and aeromagnetometry of the Sul-Riograndense Shield, southernmost Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(1), 75-92.

Heilbron, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Campos Neto, M.; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J. (2004). A Província Mantiqueira. In: A. Mantesso Neto; A. Bartorelli; C.D.R. Carneiro; B.B. Brito Neves (Ed.). O desvendar de um continente: a moderna geologia da América do Sul e o legado da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida (pp. 203-234). São Paulo, Brasil: Editora Beca.

Hueck, M.; Oyhantçabal, P.; Philipp, R.P.; Basei, M.A.S.; Siegesmund, S. (2018). The Dom Feliciano Belt in Southern Brazil and Uruguay. In: S. Siegesmund; M.A.S. Basei; P. Oyhantçabal; S. Oriolo, (Eds.), *Geology of Southwest Gondwana* (pp. 267-302). Springer, *Regional Geology Reviews*. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-68920-3.pdf>

Huppert, H.E.; Sparks, R.S.J. (1988). The Generation of Granitic Magmas by Intrusion of Basalt into Continental Crust. *Journal of Petrology*, 29(3), 599-624.

Janikian, L.; Almeida, R.P.; Fragoso-Cesar, A.R.S.; Martins, V.T.S; Dantas, E.L.; Tohver, E.; McReath, I.; D'Agrella-Filho, M.S. (2012). Ages (U-Pb SHRIMP and LA ICPMS) and stratigraphic evolution of the Neoproterozoic volcano-sedimentary successions from the extensional Camaquã Basin, Southern Brazil. *Gondwana Research*, 21, 466–482.

Klein, F.G.; Koester, E.; Vieira, D.T.; Ramos, D.T.; Porcher, C.C; Philipp, R.P. (2018). Geologia do Granito Três Figueiras: magmatismo peraluminoso de 585 Ma no sudeste do Cinturão Dom Feliciano. *Pesquisas em Geociências*, 45, e0665.

Koester, E.; Pawley, A.R.; Fernandes, L.A.D.; Porcher, C.C.; Soliani Jr., E. (2002). Experimental melting of cordierite gneiss and the petrogenesis of syntranscurrent peraluminous granites in the southern Brazil. *Journal of Petrology*, 48(43), 1595-1616.

Koester, E.; Porcher, C.C.; Pimentel, M.M.; Fernandes, L.A.D.; Vignol-Lelarge, M.L.; Oliveira, L.D.; Ramos, R.C. (2017). Further evidence of 777 Ma subduction-related continental arc magmatism in Eastern Dom Feliciano Belt, southern Brazil: The Chácara das Pedras Orthogneiss. *Journal of South American Earth Sciences*, 68, 155-166.

Kraemer, G. (1995). Evolução magmática e tectônica da Suíte Ortometamórfica Imbicuí, região de Lavras do Sul (RS). Master Dissertation. UFRGS, 1-99.

Leite J.A.D.; Hartmann L.A.; McNaughton N.J.; Chemale Jr. F. (1998). SHRIMP U/Pb zircon geochronology of Neoproterozoic juvenile and crustal-reworked terranes in southernmost Brazil. *International Geology Review*, 40, 688-705.

Lenz, C.; Porcher, C.C.; Fernandes, L.A.D.; Masquelin, H.; Koester, E.; Conceição, R.V. (2013). Geochemistry of the Neoproterozoic (800-767 Ma) Cerro Bori orthogneisses, Dom Feliciano Belt in Uruguay: tectonic evolution of an ancient continental arc. *Mineralogy and Petrology*, 107, 785-806.

Leuthold, J.; Muntener, O.; Baumgartner, L.P.; Putlitz, B. (2014). Petrological constraints on the recycling of mafic crystal mushes and intrusion of braided sills in the Torres del Paine Mafic Complex (Patagonia). *Journal of Petrology*, 55(5), 917-949.

Lima, E.F.; Nardi, L.V.S. (1998). The Lavras do Sul shoshonitic association: implications for the origin and evolution of Neoproterozoic shoshonitic magmatism in southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 11, 67-77.

Loureiro, P.O. (2013). *Evolução magmática do Complexo Pinheiro Machado na Região de Monte Bonito, Pelotas, RS. Graduation Monography. UFRGS*, 1-75.

Ludwig, K.R. (2003). User's manual for Isoplot/Ex version 3.00 - A geochronology toolkit for Microsoft Excel. Berkeley geochronological Center Special Publication, 4, 70.

Nardi, L.V.S.; Hartmann, L.A. (1979). O Complexo Santa Maria Chico do Escudo Sul-riograndense. *Acta Geologica Leopoldensia*, 6, 45-75.

Oriolo, S.; Hueck, M.; Oyhantçabal, P.; Goscombe, B.; Wemmer, K.; Siegesmund, S. (2018). Shear Zones in Brasiliano-Pan-African Belts and Their Role in the Amalgamation and Break-Up of Southwest Gondwana. In: S. Siegesmund; M.A.S. Basei; P. Oyhantçabal; S. Oriolo, (Eds.), *Geology of Southwest Gondwana* (pp. 267-302). Springer, *Regional Geology Reviews*. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-68920-3.pdf>

Oyhantçabal, P.; Oriolo, S.; Philipp, R.P.; Wemmer, K.; Siegesmund, S. (2018). The Nico Pérez Terrane of Uruguay and Southeastern Brazil. In: S. Siegesmund; M.A.S. Basei; P. Oyhantçabal; S. Oriolo, (Eds.), *Geology of Southwest Gondwana* (pp. 161-188). Springer, *Regional Geology Reviews*. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-68920-3.pdf>

Paim, P.S.G.; Chemale Jr., F.; Lopes, C. (2000). A Bacia do Camaquã. *Geologia do Rio Grande do Sul*, CIGO/UFRGS, 231-274.

Paterson, S.; Memeti, V.; Mundil, R.; Žák, J. (2016). Repeated, multiscale, magmatic erosion and recycling in an upper-crustal pluton: Implications for magma chamber dynamics and magma volume estimates. *American Mineralogist*, 101, 2176–2198.

Peel, E.; Bettucci, L.S.; Basei, M.A.S. (2018). Geology and geochronology of Paso del Dragón Complex (northeastern Uruguay): Implications on the evolution of the Dom Feliciano Belt (Western Gondwana). *Journal of South American Earth Sciences*, 85, 250-262.

Philipp, R.P. (1998). A evolução geológica e tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul. PhD Thesis. University of São Paulo, 1-269.

Philipp, R.P.; Machado, R.; Nardi, L.V.S.; Lafon, J.M. (2002). O Magmatismo Granítico Neoproterozóico do Batólito Pelotas no Sul do Brasil: Novos Dados e Revisão da Geocronologia Regional. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(2), 277-290.

Philipp, R.P.; Machado, R.; Chemale Jr., F. (2007). A Geração dos granitoides Neoproterozoicos do Batólito Pelotas: evidências dos isótopos de Sr e Nd e implicações para o crescimento continental da porção sul do Brasil. In: R. Ianuzzi and J.C. Frantz (Ed). *50 anos de Geologia*. Instituto de Geociências. Contribuições. 1ed. Porto Alegre, Brasil: Editora Comunicação e Identidade.

Philipp, R.P.; Pimentel, M.M.; Chemale Jr., F. (2016). Tectonic evolution of the Dom Feliciano Belt in Southern Brazil: Geological relationships and U-Pb geochronology. *Brazilian Journal of Geology*, 46, 83-104.

Philipp, R.P.; Pimentel, M.M.; Basei, M.A.S. (2018). The Tectonic Evolution of the São Gabriel Terrane, Dom Feliciano Belt, Southern Brazil: The Closure of the Charrua Ocean. In: S. Siegesmund; M.A.S. Basei; P. Oyhantçabal; S. Oriolo, (Eds.), *Geology of Southwest Gondwana* (pp. 243-265). Springer, *Regional Geology Reviews*. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-68920-3.pdf>

Porcher, C.C.; Macnaughton, N.J.; Leite, J.A.D.; Hartmann, L.A.; Fernandes, L.A.D. (1999). Idade SHRIMP do vulcanismo ácido do Complexo Metamórfico Porongos, RS.. In: 1º Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados, (pp.121-124). Gramado, Brasil: SBG.

- Ramgrab, G. E.; Wildner, W.; Camozzato, E. (1997). Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Porto Alegre - Folha SH.22-Y-B: Estado do Rio Grande do Sul. Brasília, Brazil: CPRM.
- Ramos, V. (1988). Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America: a collisional history. *Episodes*, 11, 168-174.
- Ramos, R.C.; Koester, E.; Porcher, C.C. (2017). Chemistry of chromites from Arroio Grande Ophiolite (Dom Feliciano Belt, Brazil) and their possible connection with the Nama Group (Namibia). *Journal of South American Earth Sciences*, 80, 192-206.
- Ramos, R.C.; Koester, E.; Vieira, D.T.; Porcher, C.C; Gezatt, J.N.; Silveira, R.L. (2018). Insights on the evolution of the Arroio Grande Ophiolite (Dom Feliciano Belt, Brazil) from Rb-Sr and SHRIMP U-Pb isotopic geochemistry. *Journal of South American Earth Sciences*, 86, 38-53.
- Remus, M.V.D.; Mcnaughton, N.J.; Hartmann, L.A.; Koppe, J.C.; Groves, D.I. ; Pinto, V.M. (1999). Gold in the Neoproterozoic Juvenile Bossoroca Volcanic Arc of Southernmost Brazil: Isotopic Constraints on Timing and Sources. *Journal of South American Earth Sciences*, Grã Bretanha, 12, 349-366.
- Renna, M.R.; Tribuzio, R.; Tiepolo, M. (2006). Interaction between basic and acid magmas during the latest stages of the post-collisional Variscan evolution: Clues from the gabbro-granite association of Ota (Corsica-Sardinia batholith). *Lithos*, 90, 92-110.
- Rezeau, H.; Leuthold, J.; Tayan, R.; Hovakimyan, S.; Ulianov, A.; Kouzmanov, K.; Moritz, R. (2018). Incremental growth of mid-to upper-crustal magma bodies during Arabia-Eurasia convergence and collision: a petrological study of the calc-alkaline to shoshonitic meghri-Ordubad pluton (Southern Armenia and Nakhitchevan, Lesser Caucasus). *Journal of Petrology*, 2018(59), 931-966.
- Rivera, C.B. (2019). Construção do Maciço Sienítico Piquiri (609 a 583 Ma) por colocação sucessiva de pulsos de magma ultrapotássico e shoshonítico sob extensão no escudo Sul-riograndense. PhD Thesis. UFRGS, 1-218.
- Roberts, M.P; Pin, C.; Clemens, J.D.; Paquette, J.L. (2000). Petrogenesis of Mafic to Felsic Plutonic Rock Associations: the Calc-alkaline Quérigut Complex, French Pyrenees. *Journal of Petrology*, 41(6), 809-844.

Sato, K.; Tassinari, C.; Basei, M.; Siga Júnior, O.; Onoe, A.; Souza, M. (2014). Microsonda Iônica de Alta Resolução e de Alta Sensibilidade (SHRIMP IIe/MC) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Brasil: método analítico e primeiros resultados. *Geologia USP Série Científica*, 14(3), 3-18.

Siegesmund, S.; Basei, M.A.S.; Oyhantçabal, P.; Oriolo, S. (2018). *Geology of Southwest Gondwana. Regional Geology Reviews*. Switzerland: Springer.

Silva, R.F.; Dal Olmo-Barbosa, L.; Koester, E.; Vieira, D.T. (2020). Capão do Leão Granite: highly differentiated garnet-bearing magmatism in the southeastern Dom Feliciano Belt, Brazil. *Geological Journal*, DOI:10.1002/gj.3941.

Silva, L.C.; Hartmann, L.A.; Mcnaughton, N.J.; Fletcher, I.R. (1999). SHRIMP U-Pb zircon timing of Neoproterozoic granitic magmatism and collision in the Pelotas Batholith in southernmost Brazil. *International Geology Review*, 41, 531-551.

Silva Filho, B.C.; Soliani Jr, E. (1987) Origem e evolução dos Gnaisses Cambaí: exemplo de estudo integrado de análise estrutural, petroquímica e geocronologia. *Atas, II Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia*, 1, 127-146.

Sisson, T.W.; Grove, T.L.; Coleman, D.S. (1996). Hornblende gabbro sill complex at Onion Valley, California, and a mixing origin for the Sierra Nevada batholith. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126, 81-108.

Solano, J.M.S.; Jackson, M.D.; Sparks, R.S.J.; Blundy, J.D.; Annen, C. (2012). Melt Segregation in Deep Crustal Hot Zones: a Mechanism for Chemical Differentiation, Crustal Assimilation and the Formation of Evolved Magmas. *Journal of Petrology*, 53(10), 1999-2026.

Soliani Jr., E. (1986). Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica. PhD Thesis. University of São Paulo, 1-215.

Sommer, C.A.; Lima, E.F.; Nardi, L.V.S.; Liz, J.D.; Waichel, B.L. (2006). The evolution of Neoproterozoic magmatism in Southernmost Brazil: Shoshonitic, high-K tholeiitic and silica-saturated, sodic alkaline volcanism in post-collisional basins. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78, 573-589.

Spencer, C.J.; Kirkland, C.L.; Taylor, R.J.M. (2016). Strategies towards statistically robust interpretations of in situ U-Pb zircon geochronology. *Geoscience Frontiers*, 7, 581-589.

Stacey, J. S.; Kramers, J. D. (1975). Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters*, 26(2), 207-221.

Takehara, L.; Laux, J.H. (2019). Área de relevante interesse mineral. Integração geológica-geofísica e recursos minerais do Batólito Pelotas e Terreno Tijucas, escala 1:500.000. CPRM, 1-186.

Tambara, G.B.; Koester, E.; Ramos, R.C.; Porcher, C.C.; Vieira, D.T.; Fernandes, L.A.D.; Lenz, C. (2019). Geoquímica e geocronologia dos Gnaisses Piratini: magmatismo cálcio-alcalino médio a alto-K de 784 Ma (U-Pb SHRIMP) no SE do Cinturão Dom Feliciano (RS, Brasil). *Pesquisas em Geociências*, 46(2), e0769.

Tiepolo, M.; Tribuzio, R.; Langone, A. (2011). High-Mg Andesite Petrogenesis by Amphibole Crystallization and Ultramafic Crust Assimilation: Evidence from Adamello Hornblendites (Central Alps, Italy). *Journal of Petrology*, 52(5), 1011-1045.

Tiepolo, M.; Tribuzio, R.; Ji, W.; Wu, F.; Lustrino, M. (2014). Alpine Tethys closure as revealed by amphibole-rich mafic and ultramafic rocks from the Adamello and the Bergell intrusions (Central Alps). *Journal of the Geological Society of London*, 171, 793-799.

Vermeesch, P. (2018). IsoplotR: a free and open toolbox for geochronology. *Geoscience Frontiers*, 9, 1479-1493.

Vieira, D.T.; Koester, E.; Ramos, R.C.; Porcher, C.C. (2019). Sr-Nd-Hf isotopic constraints and U-Pb geochronology of the Arroio Pedrado Gneisses, Dom Feliciano Belt, Brazil: A 680 Ma shoshonitic event in the final stages of The Piratini Arc evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 95, 102294.

Völz, W.M.; Koester, E.; Pinto, V.M.; Debruyne, D.; Cardozo, E.; Vieira, D.T.; Dal Olmo-Barbosa, L.; Bastos, V.A. (2020). Geochemistry and U–Pb (SHRIMP) geochronology of Grupelli Granite: New constraints on the cessation of felsic magmatism in the Pelotas Batholith, Dom Feliciano Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 103, 102746.

- Wiebe, R.A. (1993). The Pleasant Bay Layered Gabbro-Diorite, Coastal Maine: Ponding and Crystallization of Basaltic Injections into a Silicic Magma Chamber. *Journal of Petrology*, 34(3), 461-489.
- Wiebe, R.A.; Manon, M.R.; Hawkins, D.P.; McDonough, W.F. (2004). Late-Stage Mafic Injection and Thermal Rejuvenation of the Vinalhaven Granite, Coastal Maine. *Journal of Petrology*, 45(11), 2133-2153.
- Wiebe, R.A. (2016). Mafic replenishments into floored silicic magma chambers. *American Mineralogist*, 101, 297-310.
- Wildner, W.; Ramgrab, G.E.; Lopes, R.C.; Iglesias, C.M.F. (2008). Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Sul, Programa Geologia do Brasil, escala 1:750.000. Porto Alegre, Brazil: CPRM.
- Williams, I.S. (1998). U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: McKibben, M.A., Shanks, W.C., Ridley, W.I. (Eds.), *Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes, Reviews in Economic Geology*, 7, 1-35.
- Zanon, C.; Machado, R.; Philipp, R. P. (2006). Petrologia e geoquímica dos diques félsicos e máficos associados ao Batólito Pelotas na região de Piratini, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, 36, 23-34.

3 ANEXOS

EMPA-WDS: Análises em Plagioclásio**Gabros Passo da Fabiana
Resultados em Óxidos
(wt%)****Amostra: GPF-3B (Px-Hbl
gabronorito)**

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
151	2,23	47,74	0,02	32,76	0,07	16,27	0,05	0,02	0,34	99,51
152	2,24	47,44	0,01	32,73	0,05	16,12	0,04	0,02	0,35	98,98
153	2,35	47,91	0,01	32,60	0,06	15,91	0,03	0,02	0,35	99,24
140	2,32	47,36	0,01	32,61	0,07	15,95	0,04	0,00	0,27	98,63
141	2,46	47,77	0,02	32,02	0,09	15,48	0,03	0,01	0,31	98,18
170	2,31	47,30	0,02	32,54	0,05	16,01	0,03	0,03	0,29	98,57
169	2,80	48,45	0,01	32,10	0,06	15,27	0,01	0,01	0,25	98,96
135	2,86	48,76	0,01	31,62	0,09	14,97	0,05	0,02	0,39	98,76
134	2,18	47,44	0,02	32,87	0,04	16,10	0,03	0,01	0,37	99,06
136	2,30	47,27	0,00	32,74	0,06	15,96	0,01	0,03	0,30	98,67
137	2,43	47,73	0,02	32,37	0,05	15,74	0,02	0,01	0,40	98,77
138	2,27	46,95	0,00	32,72	0,06	16,07	0,02	0,04	0,36	98,50
120	5,06	53,57	0,01	28,70	0,23	11,33	0,02	0,01	0,27	99,20
119	2,66	47,91	0,02	32,63	0,06	15,63	0,03	0,01	0,27	99,23
118	2,25	47,23	0,02	33,13	0,05	16,03	0,02	0,01	0,31	99,06
127	2,15	46,82	0,00	33,05	0,05	16,23	0,04	0,00	0,36	98,71
101	2,53	47,87	0,02	32,40	0,07	15,77	0,01	0,04	0,24	98,95
100	4,77	53,00	0,03	28,81	0,19	11,70	0,00	0,02	0,36	98,87
99	2,50	47,72	0,00	32,57	0,06	15,66	0,02	0,01	0,21	98,75
96	2,39	47,76	0,00	32,68	0,08	15,74	0,01	0,03	0,28	98,99
97	2,19	47,41	0,02	32,84	0,05	16,30	0,04	0,03	0,33	99,21
73	2,47	48,30	0,03	32,41	0,06	15,84	0,01	0,03	0,33	99,48
74	2,10	47,06	0,00	33,14	0,05	16,23	0,04	0,01	0,37	99,02

62	2,18	47,08	0,01	32,84	0,06	16,09	0,04	0,04	0,36	98,71
63	2,33	47,67	0,01	32,51	0,08	15,97	0,06	0,04	0,39	99,06
64	2,12	47,06	0,01	32,52	0,06	16,28	0,03	0,01	0,35	98,44
65	2,39	47,55	0,00	32,67	0,05	16,02	0,01	0,03	0,33	99,05
66	2,31	47,35	0,01	32,84	0,07	15,96	0,03	0,04	0,32	98,93
67	4,82	53,44	0,02	28,85	0,27	11,31	0,02	0,01	0,24	98,98
75	2,31	47,49	0,01	32,50	0,05	15,50	0,02	0,02	0,36	98,25
76	2,18	46,76	0,01	33,04	0,04	16,23	0,04	0,02	0,26	98,58
50	2,21	47,13	0,00	32,90	0,06	16,27	0,03	0,03	0,39	99,03
49	2,30	47,20	0,01	32,95	0,06	16,25	0,02	0,02	0,42	99,24
52	2,54	48,05	0,02	32,35	0,08	15,67	0,03	0,01	0,25	99,00
53	2,24	47,14	0,00	32,74	0,06	16,20	0,04	0,02	0,38	98,83
35	2,08	46,85	0,01	33,08	0,06	16,46	0,02	0,03	0,37	98,96
36	2,47	47,88	0,02	32,37	0,07	15,74	0,01	0,01	0,30	98,89
38	4,93	53,90	0,01	28,48	0,21	11,43	0,02	0,02	0,25	99,24
37	5,67	54,93	0,01	27,72	0,23	10,27	0,01	0,03	0,27	99,14
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,13	0,42	0,02	0,22	0,02	0,17	0,02	0,05	0,07	

Amostra: GPF-105 (OI leucogabro)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
6	2,37	48,22	0,00	32,35	0,06	15,88	0,03	0,00	0,41	99,33
7	2,38	48,70	0,01	32,10	0,06	15,82	0,02	0,02	0,41	99,52
8	2,68	48,07	0,03	31,64	0,06	15,76	0,05	0,00	0,35	98,65
12	2,32	47,58	0,01	32,02	0,04	16,40	0,03	0,00	0,39	98,79
13	2,46	47,98	0,01	31,82	0,08	15,99	0,06	0,01	0,44	98,85
14	2,60	48,05	0,00	31,51	0,08	15,66	0,02	0,01	0,35	98,29
38	2,13	47,00	0,00	32,31	0,05	16,71	0,01	0,00	0,45	98,67
39	2,41	47,54	0,00	31,87	0,06	16,06	0,02	0,00	0,42	98,39

40	2,30	47,59	0,00	31,72	0,02	16,38	0,03	0,00	0,39	98,43
41	2,37	48,06	0,02	31,35	0,08	16,07	0,03	0,00	0,48	98,47
42	2,39	47,41	0,20	31,67	0,02	15,98	0,04	0,00	0,41	98,11
43	2,86	48,59	0,03	31,31	0,03	15,38	0,07	0,03	0,33	98,63
44	2,39	47,41	0,14	31,67	0,16	15,88	0,04	0,00	0,47	98,16
45	2,43	47,44	0,03	31,79	0,04	15,83	0,02	0,00	0,26	97,83
46	1,98	46,49	0,02	32,08	0,04	16,86	0,05	0,00	0,50	98,03
47	2,26	47,40	0,04	31,66	0,08	16,35	0,02	0,01	0,43	98,25
48	2,45	46,86	0,00	32,00	0,04	16,16	0,01	0,02	0,49	98,04
60	2,46	47,99	0,02	32,06	0,05	16,09	0,04	0,00	0,47	99,18
61	2,42	48,51	0,03	31,44	0,07	16,09	0,04	0,00	0,39	98,98
62	1,41	45,55	0,01	33,29	0,03	17,91	0,01	0,00	0,38	98,60
66	2,72	48,75	0,01	31,23	0,06	15,42	0,02	0,01	0,22	98,44
67	2,50	48,36	0,03	31,08	0,07	15,57	0,02	0,01	0,45	98,09
68	1,70	45,90	0,01	33,16	0,02	17,33	0,00	0,04	0,35	98,51
74	2,60	48,36	0,00	31,38	0,04	15,78	0,02	0,02	0,46	98,66
75	2,44	48,31	0,01	31,44	0,05	15,95	0,06	0,01	0,37	98,63
76	2,26	47,20	0,01	31,69	0,04	16,21	0,05	0,00	0,39	97,86
80	2,51	47,80	0,01	32,24	0,02	16,16	0,04	0,00	0,44	99,21
81	2,96	49,15	0,01	30,88	0,09	15,13	0,03	0,02	0,44	98,71
82	2,21	47,83	0,01	31,79	0,03	16,25	0,03	0,03	0,44	98,62
83	2,53	48,07	0,09	31,18	0,12	15,67	0,04	0,00	0,44	98,14
84	2,60	48,90	0,01	31,18	0,09	15,46	0,02	0,01	0,41	98,68
85	2,12	46,99	0,01	32,20	0,06	16,63	0,02	0,01	0,36	98,41
91	2,55	48,08	0,04	31,85	0,04	15,82	0,03	0,00	0,42	98,83
92	2,29	47,54	0,02	31,82	0,06	16,43	0,00	0,00	0,41	98,56
93	2,32	47,89	0,02	32,10	0,05	16,09	0,02	0,04	0,47	99,01
94	2,47	48,52	0,01	31,47	0,06	15,90	0,05	0,00	0,36	98,85
95	2,39	47,97	0,02	32,01	0,03	16,24	0,04	0,02	0,42	99,14
129	2,63	48,35	0,11	31,06	0,09	15,56	0,01	0,00	0,44	98,25

130	2,07	47,16	0,02	32,18	0,05	16,76	0,05	0,00	0,39	98,69
131	2,36	47,93	0,09	31,74	0,12	15,60	0,05	0,02	0,46	98,37
132	2,77	48,49	0,01	31,56	0,04	15,29	0,04	0,00	0,39	98,59
133	2,31	46,94	0,01	32,17	0,08	16,45	0,04	0,03	0,41	98,44
134	2,43	47,70	0,01	32,00	0,07	16,17	0,05	0,03	0,40	98,85
136	2,24	47,27	0,06	32,01	0,04	16,17	0,04	0,00	0,30	98,14
137	2,32	47,31	0,00	32,36	0,07	16,35	0,04	0,02	0,43	98,90
138	2,31	47,54	0,03	31,62	0,05	16,48	0,06	0,00	0,31	98,40
139	2,59	47,97	0,00	31,66	0,05	15,75	0,02	0,00	0,33	98,38
140	2,43	47,97	0,18	31,33	0,10	15,75	0,02	0,02	0,37	98,16
141	2,35	47,71	0,45	31,48	0,05	16,00	0,02	0,00	0,66	98,72
182	2,47	48,51	0,02	31,57	0,05	15,93	0,05	0,01	0,37	98,96
183	2,58	48,46	0,02	31,35	0,06	15,66	0,05	0,00	0,37	98,54
184	2,15	47,47	0,01	32,09	0,03	16,52	0,05	0,02	0,33	98,66
185	2,60	48,92	0,04	31,48	0,07	15,75	0,03	0,01	0,37	99,27
186	2,47	47,85	0,00	31,84	0,06	16,18	0,05	0,01	0,33	98,78
187	2,18	47,68	0,01	31,98	0,03	16,29	0,01	0,03	0,34	98,54
194	2,76	48,53	0,00	31,50	0,04	15,61	0,01	0,02	0,34	98,81
195	2,51	48,37	0,01	31,62	0,08	16,06	0,04	0,00	0,43	99,12
196	2,34	47,54	0,00	32,00	0,05	16,30	0,04	0,00	0,43	98,71
197	2,24	47,69	0,02	31,96	0,03	16,78	0,02	0,02	0,38	99,13
228	2,27	47,31	0,00	32,29	0,01	16,32	0,04	0,00	0,38	98,62
229	2,45	48,40	0,01	31,84	0,07	15,95	0,07	0,03	0,38	99,20
230	2,24	47,80	0,01	32,08	0,04	16,21	0,03	0,00	0,34	98,76
231	2,39	48,12	0,01	31,68	0,05	16,23	0,05	0,01	0,37	98,91
232	2,22	47,60	0,00	32,22	0,03	16,60	0,05	0,00	0,34	99,07
233	2,16	47,91	0,02	31,82	0,06	16,58	0,02	0,00	0,40	98,97
234	2,17	47,76	0,02	32,21	0,05	16,54	0,05	0,00	0,39	99,19
235	2,31	47,38	0,01	32,30	0,06	16,43	0,04	0,00	0,43	98,96
300	2,66	48,71	0,00	31,78	0,05	15,43	0,01	0,00	0,32	98,98

301	2,22	47,20	0,01	32,48	0,07	16,56	0,05	0,02	0,45	99,06
302	2,07	47,28	0,05	32,10	0,06	16,35	0,02	0,01	0,48	98,43
303	2,37	47,79	0,06	32,09	0,07	16,11	0,01	0,01	0,41	98,90
304	2,44	48,30	0,01	31,77	0,02	16,08	0,01	0,00	0,24	98,88
305	2,31	47,79	0,05	32,01	0,04	16,39	0,04	0,00	0,44	99,07
306	2,70	48,41	0,00	31,78	0,08	15,79	0,05	0,00	0,39	99,20
307	3,21	49,79	0,00	31,16	0,03	14,95	0,05	0,01	0,30	99,51
308	2,40	47,34	0,19	32,23	0,06	16,03	0,06	0,01	0,46	98,77
309	2,74	48,86	0,02	31,45	0,10	15,54	0,05	0,00	0,45	99,21
310	2,21	48,30	0,02	31,85	0,07	16,21	0,05	0,00	0,40	99,11
311	2,51	47,99	0,01	32,12	0,06	16,12	0,01	0,01	0,33	99,17
312	2,47	48,11	0,00	31,97	0,07	16,29	0,01	0,00	0,37	99,29
313	2,86	48,60	0,00	31,53	0,07	15,29	0,04	0,01	0,37	98,76
314	2,45	47,79	0,01	32,24	0,06	16,32	0,04	0,03	0,39	99,33
315	2,12	47,54	0,00	32,19	0,04	16,69	0,04	0,01	0,37	99,01
393	2,16	47,27	0,02	32,35	0,06	16,48	0,05	0,00	0,35	98,72
394	2,53	47,75	0,01	32,09	0,05	16,24	0,01	0,03	0,42	99,13
395	3,73	50,56	0,02	30,32	0,16	13,91	0,02	0,01	0,36	99,09
396	2,64	47,80	0,01	31,60	0,06	16,09	0,04	0,02	0,44	98,71
397	2,51	47,88	0,02	32,19	0,05	16,21	0,04	0,02	0,31	99,22
398	2,35	47,66	0,02	32,05	0,04	16,21	0,04	0,00	0,38	98,75
399	2,40	48,00	0,01	31,97	0,04	16,33	0,05	0,00	0,36	99,15
400	2,18	47,34	0,01	32,60	0,04	16,63	0,03	0,00	0,26	99,09
401	2,14	46,57	0,02	32,53	0,04	16,66	0,04	0,00	0,42	98,42
402	2,36	47,16	0,01	32,16	0,04	16,31	0,02	0,01	0,33	98,40
403	2,55	48,23	0,00	31,56	0,02	16,06	0,03	0,00	0,32	98,75
404	3,02	48,80	0,00	31,23	0,08	15,09	0,03	0,02	0,27	98,55
405	2,32	46,93	0,03	32,30	0,05	16,27	0,03	0,00	0,43	98,37
406	2,57	48,34	0,01	31,69	0,06	15,98	0,05	0,00	0,33	99,02
407	2,20	47,28	0,03	32,31	0,08	16,39	0,04	0,00	0,42	98,76

408	2,83	48,92	0,00	31,25	0,06	15,24	0,02	0,01	0,21	98,53
409	2,20	47,50	0,00	32,01	0,07	16,42	0,05	0,03	0,40	98,68
410	2,07	47,55	0,03	32,67	0,05	16,49	0,03	0,00	0,42	99,32
411	2,51	47,99	0,01	32,26	0,06	16,23	0,06	0,01	0,39	99,52
412	2,54	47,90	0,01	32,10	0,10	15,91	0,05	0,00	0,41	99,02
413	2,60	48,30	0,00	31,98	0,05	15,95	0,05	0,01	0,34	99,27
414	2,66	47,90	0,01	32,07	0,04	15,88	0,04	0,00	0,34	98,94
415	2,11	47,11	0,01	32,77	0,05	16,80	0,05	0,00	0,42	99,32
416	2,30	47,32	0,00	32,55	0,05	16,40	0,02	0,01	0,31	98,96
417	2,18	47,34	0,01	32,46	0,04	16,69	0,03	0,00	0,36	99,11
418	2,51	48,06	0,01	31,96	0,05	16,09	0,05	0,00	0,35	99,06
419	2,43	47,52	0,01	32,45	0,05	16,08	0,03	0,01	0,36	98,93
420	2,21	47,22	0,02	32,58	0,04	16,56	0,00	0,00	0,37	99,00
421	2,51	47,88	0,00	32,38	0,05	16,05	0,05	0,00	0,33	99,25
422	2,25	47,38	0,00	32,54	0,06	16,54	0,02	0,03	0,31	99,14
423	2,52	47,52	0,11	31,84	0,06	16,03	0,06	0,01	0,36	98,51
424	2,19	47,06	0,00	32,76	0,06	16,60	0,05	0,04	0,38	99,14
425	2,84	48,79	0,00	31,88	0,04	15,63	0,03	0,03	0,34	99,59
426	2,28	47,18	0,01	32,62	0,05	16,54	0,02	0,00	0,42	99,11
427	2,35	47,77	0,00	32,33	0,03	16,22	0,07	0,00	0,43	99,21
428	2,33	47,91	0,01	32,31	0,05	16,21	0,04	0,00	0,32	99,17
429	2,16	47,29	0,01	32,77	0,04	16,55	0,04	0,03	0,29	99,19
430	2,22	48,05	0,00	32,51	0,03	16,25	0,03	0,00	0,33	99,43
431	2,52	47,80	0,01	32,07	0,06	15,95	0,06	0,00	0,36	98,82
432	2,20	47,29	0,01	32,60	0,03	16,46	0,05	0,07	0,34	99,04
433	2,63	47,86	0,12	31,97	0,05	15,72	0,05	0,04	0,38	98,80
434	2,47	48,14	0,01	32,21	0,05	16,12	0,02	0,02	0,39	99,43
435	2,63	47,80	0,01	32,43	0,05	16,03	0,06	0,00	0,34	99,35
436	2,66	48,39	0,01	32,14	0,06	16,06	0,03	0,00	0,32	99,66
437	2,38	47,33	0,27	32,22	0,03	15,70	0,00	0,00	0,68	98,61

438	2,80	48,40	0,03	31,75	0,08	15,49	0,03	0,01	0,40	99,00
439	2,28	46,88	0,00	32,77	0,05	16,34	0,05	0,01	0,35	98,72
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,14	0,40	0,02	0,21	0,02	0,16	0,01	0,04	0,06	

Amostra: GPF-13 (Hbl gabro)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
1	2,38	48,01	0,00	32,77	0,03	15,84	0,01	0,00	0,29	99,34
2	2,50	48,52	0,00	32,80	0,04	15,74	0,03	0,02	0,21	99,86
3	3,69	50,87	0,03	31,01	0,06	13,87	0,02	0,00	0,36	99,91
4	3,08	49,61	0,01	32,24	0,05	14,94	0,04	0,00	0,21	100,18
5	2,46	48,34	0,00	32,65	0,04	15,71	0,04	0,00	0,25	99,48
6	2,40	48,56	0,00	33,12	0,04	15,83	0,02	0,00	0,28	100,24
7	2,22	48,06	0,00	33,33	0,03	16,21	0,01	0,01	0,28	100,15
8	4,01	52,13	0,01	30,35	0,08	12,99	0,03	0,00	0,20	99,79
9	2,40	48,94	0,02	32,69	0,09	15,49	0,02	0,00	0,30	99,95
10	2,13	47,55	0,00	33,24	0,03	16,60	0,02	0,01	0,26	99,84
11	2,17	47,03	0,01	32,41	0,04	15,82	0,02	0,00	0,27	97,79
12	3,82	51,94	0,00	30,82	0,07	13,29	0,02	0,01	0,27	100,25
13	3,59	51,48	0,01	31,15	0,05	13,76	0,01	0,00	0,13	100,18
14	2,98	49,71	0,00	32,12	0,05	14,76	0,01	0,00	0,17	99,81
15	6,36	57,12	0,00	27,12	0,10	8,93	0,01	0,00	0,20	99,86
16	2,96	49,20	0,00	32,03	0,05	14,99	0,02	0,00	0,21	99,45
17	3,09	50,31	0,00	31,97	0,06	14,46	0,03	0,00	0,32	100,25
18	3,77	51,07	0,03	31,17	0,06	13,67	0,03	0,00	0,20	100,00
19	2,80	49,62	0,00	32,01	0,06	15,13	0,02	0,00	0,27	99,91
20	2,37	48,09	0,00	32,64	0,06	15,73	0,03	0,00	0,38	99,31
21	5,37	55,35	0,01	28,52	0,12	10,88	0,01	0,02	0,20	100,48
22	3,08	50,31	0,00	31,80	0,05	14,47	0,00	0,04	0,18	99,93

23	6,03	56,38	0,00	27,55	0,13	9,76	0,00	0,00	0,14	99,99
24	3,61	51,13	0,01	31,46	0,05	13,61	0,02	0,00	0,17	100,05
25	2,49	48,76	0,00	32,65	0,03	15,67	0,02	0,01	0,27	99,90
26	2,14	47,61	0,00	32,83	0,02	15,84	0,03	0,00	0,26	98,73
27	2,18	47,73	0,01	33,13	0,03	16,12	0,42	0,00	0,47	100,08
28	2,07	47,58	0,00	33,40	0,02	16,32	0,03	0,01	0,25	99,69
29	3,16	50,12	0,00	31,85	0,04	14,51	0,02	0,02	0,23	99,94
30	2,14	48,37	0,00	33,20	0,02	16,14	0,02	0,01	0,24	100,14
31	2,64	48,91	0,00	32,53	0,03	15,47	0,02	0,00	0,15	99,75
32	2,14	48,26	0,00	32,83	0,02	15,79	0,05	0,00	0,29	99,38
33	3,07	50,04	0,00	31,86	0,06	14,58	0,03	0,00	0,29	99,93
34	2,84	49,72	0,00	32,34	0,04	14,96	0,02	0,00	0,24	100,16
35	3,67	51,11	0,00	30,98	0,09	13,70	0,02	0,00	0,31	99,89
36	2,71	49,12	0,00	32,63	0,04	15,22	0,00	0,00	0,35	100,07
37	2,37	48,49	0,00	32,74	0,05	15,81	0,03	0,01	0,27	99,77
38	2,71	49,07	0,00	32,22	0,05	15,32	0,05	0,00	0,28	99,71
39	2,14	48,02	0,01	33,04	0,04	16,05	0,04	0,00	0,36	99,69
40	4,29	52,73	0,00	30,09	0,09	12,47	0,02	0,01	0,29	99,98
41	4,53	53,58	0,00	29,53	0,12	12,02	0,04	0,00	0,21	100,04
42	2,36	48,50	0,00	33,17	0,03	15,86	0,04	0,00	0,29	100,25
43	2,34	48,68	0,02	32,71	0,03	16,11	0,03	0,01	0,27	100,20
44	4,61	53,17	0,02	29,77	0,13	12,16	0,05	0,02	0,24	100,16
45	2,80	49,38	0,00	32,37	0,04	15,08	0,00	0,03	0,21	99,90
46	2,64	48,56	0,00	32,64	0,03	15,51	0,02	0,00	0,31	99,71
47	2,49	49,04	0,00	32,72	0,04	15,48	0,01	0,01	0,31	100,11
48	2,31	48,30	0,00	32,75	0,04	16,11	0,03	0,02	0,38	99,93
49	3,62	50,97	0,01	31,25	0,04	13,91	0,03	0,01	0,17	100,01
50	2,28	48,21	0,00	33,01	0,04	16,10	0,01	0,00	0,31	99,95
51	2,41	48,47	0,01	32,75	0,04	15,91	0,02	0,00	0,31	99,93
52	5,46	55,40	0,02	28,38	0,12	10,64	0,00	0,04	0,29	100,35

53	2,17	47,75	0,01	33,18	0,04	16,19	0,03	0,02	0,32	99,69
54	2,53	48,64	0,00	32,85	0,05	15,69	0,05	0,00	0,28	100,09
55	6,25	56,92	0,00	27,53	0,14	9,33	0,00	0,04	0,21	100,42
56	4,70	53,26	0,00	29,49	0,17	11,83	0,05	0,00	0,31	99,81
57	2,03	47,78	0,00	33,04	0,07	15,93	0,03	0,01	0,23	99,12
58	4,40	52,59	0,00	29,74	0,14	12,47	0,03	0,00	0,28	99,65
59	2,03	47,45	0,01	33,17	0,04	16,47	0,05	0,06	0,30	99,57
60	2,12	47,64	0,01	33,25	0,04	16,32	0,02	0,00	0,28	99,67
61	2,63	49,03	0,00	32,48	0,06	15,51	0,01	0,00	0,26	99,97
62	2,23	48,09	0,01	33,11	0,03	16,15	0,03	0,01	0,27	99,94
63	2,70	49,18	0,00	32,46	0,03	15,37	0,00	0,00	0,09	99,82
64	2,31	48,21	0,00	33,32	0,03	16,00	0,04	0,00	0,23	100,14
65	2,23	48,41	0,03	32,74	0,06	15,43	0,04	0,01	0,28	99,23
66	4,61	53,32	0,00	29,52	0,15	12,04	0,02	0,00	0,26	99,91
67	4,12	52,08	0,00	30,42	0,10	12,95	0,01	0,01	0,28	99,97
68	4,67	53,54	0,00	29,58	0,08	12,00	0,02	0,00	0,17	100,06
69	4,80	53,37	0,00	29,63	0,09	11,84	0,02	0,00	0,14	99,89
70	5,13	54,16	0,02	28,99	0,13	11,29	0,02	0,04	0,20	99,97
71	5,35	55,01	0,01	28,80	0,14	10,83	0,02	0,01	0,16	100,33
72	2,44	48,53	0,00	32,62	0,06	15,87	0,02	0,00	0,41	99,95
73	2,67	48,84	0,02	32,34	0,07	15,27	0,06	0,03	0,35	99,65
74	2,34	47,90	0,00	33,26	0,04	16,16	0,03	0,00	0,23	99,96
75	2,55	48,71	0,01	32,53	0,03	15,55	0,03	0,00	0,22	99,64
76	2,51	48,44	0,02	32,77	0,05	15,60	0,05	0,00	0,37	99,81
77	2,95	50,02	0,00	32,33	0,16	14,05	0,02	0,01	0,19	99,73
78	2,44	48,44	0,00	32,66	0,07	15,83	0,03	0,03	0,24	99,73
79	2,38	48,46	0,01	32,40	0,06	15,60	0,03	0,01	0,31	99,25
80	2,23	48,08	0,00	33,01	0,03	16,03	0,01	0,01	0,36	99,76
81	2,42	48,43	0,01	32,66	0,04	15,79	0,03	0,03	0,28	99,70
82	2,39	48,03	0,01	32,93	0,05	16,06	0,01	0,01	0,31	99,80

83	5,43	54,91	0,02	28,73	0,16	10,68	0,01	0,00	0,17	100,11
84	2,93	49,85	0,01	31,00	0,06	15,88	0,04	0,01	0,26	100,05
85	2,33	48,10	0,00	33,04	0,05	16,14	0,03	0,02	0,25	99,95
86	3,39	50,76	0,02	31,42	0,07	13,98	0,03	0,00	0,23	99,91
87	2,42	48,23	0,00	33,05	0,03	16,04	0,03	0,01	0,23	100,04
88	2,30	48,22	0,00	32,53	0,05	15,93	0,05	0,00	0,36	99,44
89	5,77	56,21	0,02	28,18	0,16	10,11	0,01	0,00	0,19	100,65
90	3,22	50,18	0,01	31,82	0,07	14,59	0,03	0,03	0,28	100,23
91	2,65	49,02	0,00	32,40	0,03	15,42	0,03	0,00	0,30	99,84
92	2,59	48,78	0,00	33,10	0,04	15,66	0,02	0,00	0,27	100,46
93	4,74	53,73	0,00	29,49	0,15	11,86	0,03	0,04	0,30	100,34
94	2,48	48,73	0,02	32,77	0,06	15,83	0,04	0,00	0,29	100,21
95	5,53	55,78	0,00	28,36	0,08	10,62	0,00	0,00	0,23	100,61
96	2,09	47,99	0,00	33,25	0,04	16,34	0,04	0,00	0,32	100,08
97	3,51	50,76	0,01	31,17	0,11	13,79	0,04	0,00	0,24	99,62
98	2,17	48,21	0,01	32,96	0,05	16,14	0,04	0,00	0,34	99,92
99	2,26	48,55	0,01	32,85	0,04	16,11	0,03	0,01	0,33	100,20
100	2,64	49,01	0,02	32,61	0,06	15,49	0,03	0,04	0,31	100,20
101	2,16	48,04	0,00	33,25	0,02	16,40	0,03	0,02	0,28	100,19
102	2,17	47,90	0,03	33,49	0,00	16,51	0,04	0,04	0,28	100,45
103	2,01	47,69	0,02	33,53	0,02	16,32	0,04	0,00	0,30	99,93
104	2,60	48,58	0,00	32,80	0,02	15,87	0,06	0,03	0,80	100,75
105	3,07	50,40	0,00	32,25	0,03	14,99	0,00	0,02	0,18	100,96
106	2,72	49,32	0,00	32,43	0,03	15,39	0,01	0,00	0,22	100,12
107	2,48	49,23	0,00	32,51	0,03	15,48	0,03	0,06	0,26	100,08
108	2,61	49,49	0,00	32,15	0,03	15,07	0,04	0,00	0,34	99,73
109	2,24	47,98	0,00	33,19	0,03	16,10	0,04	0,00	0,37	99,95
110	3,13	50,85	0,01	31,39	0,08	14,30	0,04	0,03	0,26	100,09
111	1,98	47,58	0,00	33,41	0,01	16,42	0,02	0,02	0,37	99,82
112	2,60	48,51	0,01	32,73	0,04	15,15	0,03	0,00	0,31	99,38

113	2,29	48,09	0,00	32,92	0,03	16,03	0,02	0,03	0,32	99,73
114	3,11	50,48	0,00	31,68	0,05	14,55	0,04	0,01	0,21	100,12
115	5,33	54,97	0,00	28,82	0,11	11,00	0,02	0,00	0,17	100,43
116	5,25	55,56	0,02	28,44	0,17	10,67	0,04	0,02	0,20	100,38
117	2,31	48,62	0,00	32,86	0,04	15,85	0,03	0,01	0,25	99,98
118	5,08	54,80	0,00	28,86	0,14	11,24	0,01	0,00	0,26	100,39
119	4,67	53,91	0,00	29,37	0,12	11,81	0,03	0,00	0,28	100,20
120	2,40	48,59	0,02	32,53	0,04	15,80	0,03	0,00	0,32	99,74
121	4,97	54,45	0,00	29,06	0,10	11,44	0,02	0,03	0,14	100,21
122	5,44	55,63	0,00	28,37	0,12	10,41	0,02	0,00	0,17	100,17
123	2,25	47,79	0,00	33,21	0,03	16,34	0,04	0,01	0,37	100,06
124	3,34	49,52	0,01	33,04	0,04	14,65	0,01	0,02	0,22	100,84
125	2,15	47,77	0,00	33,12	0,02	16,44	0,02	0,02	0,37	99,93
126	2,63	48,77	0,00	32,26	0,01	15,52	0,02	0,00	0,26	99,49
127	2,61	48,81	0,01	32,81	0,04	15,54	0,05	0,04	0,22	100,13
128	5,62	55,99	0,01	28,28	0,12	10,32	0,01	0,00	0,22	100,55
129	2,71	48,98	0,00	32,61	0,05	15,45	0,02	0,04	0,15	100,01
130	2,62	48,82	0,01	32,79	0,02	15,68	0,02	0,01	0,29	100,26
131	2,39	48,50	0,00	33,06	0,03	16,01	0,05	0,03	0,25	100,32
132	4,49	53,05	0,02	29,98	0,06	12,46	0,04	0,00	0,19	100,29
133	2,39	48,30	0,02	32,89	0,03	15,92	0,00	0,02	0,30	99,88
134	3,90	52,24	0,01	30,81	0,02	13,20	0,03	0,04	0,23	100,49
135	2,78	49,76	0,01	32,62	0,05	15,19	0,03	0,00	0,27	100,71
136	6,45	57,92	0,00	26,92	0,08	8,77	0,00	0,00	0,23	100,37
137	2,53	48,40	0,02	32,88	0,03	15,76	0,00	0,00	0,24	99,86
138	4,23	52,60	0,00	30,27	0,06	12,76	0,03	0,00	0,24	100,18
139	2,33	48,58	0,00	32,96	0,03	15,93	0,08	0,00	0,36	100,27
140	2,02	47,87	0,01	33,46	0,01	16,44	0,03	0,00	0,26	100,11
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,13	0,42	0,02	0,27	0,02	0,18	0,02	0,03	0,07	

Diorito Alto Alegre
Resultados em Óxidos
(wt%)

Amostra: AP-8 (Hbl diorito)

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
1	5,78	54,74	0,02	28,10	0,03	10,08	0,04	0,02	0,08	98,90
2	5,32	53,91	0,00	28,94	0,04	11,33	0,01	0,03	0,08	99,66
3	5,68	55,10	0,02	28,07	0,03	10,35	0,03	0,01	0,05	99,34
4	6,19	55,80	0,00	27,51	0,03	9,70	0,02	0,02	0,03	99,29
9	6,17	55,96	0,01	27,72	0,02	9,47	0,03	0,02	0,07	99,47
8	5,71	54,99	0,01	28,04	0,05	10,07	0,02	0,02	0,07	98,98
7	6,32	55,80	0,00	27,21	0,01	9,23	0,04	0,01	0,07	98,70
15	6,21	55,62	0,01	27,68	0,04	9,54	0,00	0,02	0,09	99,21
14	5,73	54,89	0,01	27,92	0,04	10,11	0,01	0,01	0,24	98,95
13	5,82	54,29	0,00	28,22	0,02	10,01	0,02	0,01	0,35	98,75
12	6,36	56,36	0,00	27,15	0,03	9,28	0,02	0,02	0,14	99,38
11	6,36	56,14	0,00	27,17	0,03	9,23	0,02	0,02	0,06	99,03
10	5,81	55,15	0,01	27,87	0,03	10,10	0,03	0,01	0,17	99,20
21	6,03	55,71	0,01	27,69	0,05	9,72	0,02	0,02	0,07	99,32
20	4,24	51,09	0,01	30,40	0,02	12,76	0,03	0,01	0,08	98,64
19	5,88	54,54	0,00	28,17	0,03	10,19	0,04	0,01	0,06	98,93
16	6,18	55,08	0,01	27,43	0,04	9,59	0,02	0,00	0,09	98,44
17	6,01	54,79	0,01	27,63	0,02	9,60	0,03	0,05	0,02	98,15
18	5,97	54,28	0,00	28,11	0,02	10,00	0,00	0,01	0,01	98,41
28	5,64	54,60	0,00	28,34	0,04	10,45	0,02	0,02	0,05	99,17
27	6,00	55,48	0,01	27,53	0,04	9,81	0,02	0,00	0,08	98,97
34	6,06	54,81	0,01	27,81	0,03	9,75	0,01	0,01	0,01	98,50
33	6,06	55,07	0,01	27,72	0,03	9,76	0,04	0,02	0,06	98,75

46	6,06	55,32	0,01	27,86	0,03	9,90	0,02	0,02	0,07	99,28
47	5,86	54,84	0,00	27,87	0,04	10,22	0,03	0,03	0,16	99,04
45	5,97	54,44	0,01	28,25	0,03	10,06	0,02	0,03	0,08	98,88
44	4,08	50,76	0,01	30,58	0,01	12,87	0,05	0,00	0,08	98,45
52	5,77	54,16	0,00	28,23	0,04	10,17	0,02	0,02	0,02	98,42
51	6,93	57,08	0,00	26,68	0,05	8,48	0,03	0,01	0,00	99,27
50	6,29	56,13	0,01	27,15	0,04	9,08	0,04	0,01	0,14	98,88
85	5,01	53,41	0,01	29,09	0,02	11,54	0,04	0,01	0,10	99,24
86	5,85	54,69	0,00	27,74	0,03	10,06	0,03	0,04	0,14	98,58
87	6,01	55,11	0,00	27,74	0,02	9,94	0,03	0,02	0,02	98,90
88	5,94	55,13	0,01	28,06	0,03	10,00	0,04	0,04	0,09	99,34
93	6,10	55,67	0,01	27,61	0,04	9,95	0,01	0,02	0,11	99,51
92	5,93	55,10	0,01	28,19	0,02	10,14	0,04	0,03	0,12	99,57
64	6,05	55,43	0,00	27,90	0,03	9,74	0,01	0,01	0,07	99,22
65	3,43	49,62	0,02	31,31	0,02	14,01	0,03	0,01	0,09	98,54
66	5,69	54,26	0,00	28,10	0,05	10,13	0,03	0,02	0,05	98,34
67	5,88	54,63	0,00	28,14	0,02	9,99	0,01	0,02	0,04	98,75
68	6,18	55,68	0,00	27,38	0,03	9,51	0,01	0,00	0,09	98,88
69	4,48	51,90	0,00	30,12	0,03	12,51	0,02	0,03	0,03	99,14
56	4,73	52,25	0,00	29,81	0,05	11,93	0,01	0,01	0,10	98,88
55	5,39	53,98	0,00	28,67	0,03	10,88	0,03	0,01	0,14	99,14
102	5,96	54,97	0,02	28,01	0,02	10,13	0,01	0,02	0,08	99,23
103	6,09	55,13	0,01	27,88	0,04	9,86	0,01	0,00	0,13	99,15
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,20	0,47	0,02	0,20	0,02	0,13	0,02	0,05	0,06	

Amostra: GPF-89A (Bt-Hbl diorito)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
1	5,84	56,56	0,00	28,08	0,06	9,73	0,02	0,00	0,11	100,40

2	5,02	54,74	0,00	29,05	0,05	11,38	0,01	0,00	0,16	100,41
3	5,89	56,27	0,00	28,39	0,05	10,27	0,02	0,00	0,10	100,99
4	6,10	57,34	0,00	27,55	0,06	9,48	0,02	0,00	0,09	100,64
5	5,46	55,58	0,00	28,40	0,05	10,45	0,03	0,04	0,15	100,16
6	7,03	59,18	0,00	26,54	0,09	7,99	0,01	0,00	0,11	100,95
7	6,44	57,87	0,00	27,22	0,08	8,89	0,02	0,01	0,18	100,71
8	6,76	57,81	0,00	26,83	0,04	8,64	0,01	0,02	0,09	100,20
9	6,27	57,30	0,00	27,50	0,06	9,14	0,03	0,00	0,13	100,43
10	6,54	57,53	0,01	27,04	0,05	9,15	0,00	0,00	0,02	100,34
11	6,54	58,17	0,00	26,89	0,06	8,59	0,03	0,00	0,10	100,38
12	5,60	55,82	0,00	28,66	0,05	10,48	0,02	0,03	0,14	100,80
13	5,70	55,74	0,00	28,46	0,06	10,40	0,02	0,00	0,26	100,64
14	5,70	56,27	0,02	28,17	0,04	10,14	0,02	0,00	0,18	100,54
15	5,50	55,55	0,00	28,40	0,05	10,59	0,01	0,00	0,25	100,35
16	6,73	58,84	0,00	26,76	0,03	8,44	0,02	0,00	0,06	100,88
17	6,47	57,95	0,01	26,71	0,05	8,71	0,02	0,03	0,16	100,11
18	6,35	57,11	0,01	27,64	0,06	9,35	0,02	0,00	0,15	100,69
19	6,05	56,46	0,00	27,75	0,05	9,63	0,02	0,00	0,07	100,03
20	6,88	58,64	0,00	26,60	0,07	8,16	0,03	0,02	0,05	100,45
21	6,06	56,78	0,00	27,88	0,06	9,57	0,02	0,03	0,20	100,60
22	5,71	55,90	0,00	28,46	0,05	10,29	0,02	0,01	0,12	100,56
23	5,51	55,53	0,00	28,50	0,06	10,70	0,02	0,00	0,18	100,50
24	6,29	56,95	0,00	27,62	0,07	9,32	0,02	0,00	0,15	100,42
25	5,89	56,52	0,00	28,20	0,05	9,88	0,00	0,00	0,23	100,77
26	5,73	55,28	0,00	28,56	0,05	10,38	0,02	0,01	0,15	100,18
27	6,54	57,46	0,00	27,59	0,06	9,16	0,01	0,02	0,14	100,98
28	5,73	55,80	0,00	28,32	0,06	10,29	0,02	0,00	0,11	100,33
29	5,41	55,62	0,00	28,51	0,06	10,76	0,01	0,01	0,15	100,53
30	5,77	55,88	0,00	28,56	0,07	10,35	0,04	0,03	0,23	100,93
31	6,06	56,70	0,00	27,88	0,07	9,60	0,03	0,01	0,09	100,44

33	5,14	54,52	0,01	29,23	0,04	11,26	0,01	0,00	0,19	100,40
34	5,40	55,08	0,01	28,75	0,05	10,89	0,04	0,00	0,20	100,42
35	6,08	56,65	0,01	27,76	0,04	9,75	0,03	0,00	0,22	100,54
36	6,75	57,83	0,00	26,97	0,05	8,69	0,03	0,01	0,07	100,40
37	5,96	55,96	0,00	27,99	0,05	9,98	0,02	0,02	0,16	100,14
38	7,11	58,74	0,00	26,51	0,08	8,08	0,01	0,00	0,12	100,65
39	7,05	59,08	0,01	26,61	0,08	7,90	0,02	0,00	0,10	100,85
40	5,65	55,76	0,00	28,64	0,06	10,38	0,00	0,01	0,06	100,56
41	5,91	56,69	0,00	27,62	0,06	9,53	0,00	0,00	0,08	99,89
42	6,95	58,47	0,00	26,90	0,05	8,39	0,03	0,00	0,04	100,83
43	6,18	56,24	0,00	27,90	0,05	9,77	0,02	0,00	0,09	100,25
44	6,82	57,61	0,00	26,83	0,06	8,45	0,01	0,00	0,07	99,85
45	6,44	56,98	0,02	27,17	0,11	8,95	0,01	0,01	0,19	99,88
46	5,89	55,44	0,02	28,22	0,07	10,26	0,03	0,01	0,14	100,08
47	5,64	55,72	0,02	27,78	0,11	10,20	0,01	0,00	0,22	99,70
48	5,76	55,48	0,03	28,24	0,07	10,35	0,02	0,00	0,10	100,05
49	6,30	56,18	0,01	27,57	0,11	9,46	0,00	0,00	0,14	99,77
50	6,45	57,03	0,00	27,25	0,05	9,04	0,00	0,04	0,21	100,07
51	7,38	59,51	0,01	25,87	0,09	7,48	0,00	0,00	0,10	100,44
52	6,66	57,48	0,00	27,02	0,07	8,74	0,00	0,00	0,10	100,07
53	6,45	57,06	0,00	27,26	0,06	9,02	0,00	0,00	0,04	99,89
54	6,42	57,35	0,00	27,29	0,08	9,03	0,03	0,00	0,20	100,40
55	6,15	56,81	0,00	27,59	0,06	9,50	0,01	0,01	0,12	100,25
56	6,86	58,57	0,02	26,57	0,10	8,32	0,00	0,02	0,19	100,65
57	6,41	56,92	0,01	27,59	0,07	9,08	0,00	0,01	0,00	100,09
58	5,72	55,45	0,00	28,20	0,07	10,23	0,02	0,00	0,19	99,88
59	5,92	55,88	0,00	28,10	0,04	9,93	0,01	0,00	0,04	99,92
60	7,49	59,13	0,00	25,94	0,06	7,36	0,00	0,00	0,07	100,05
61	6,08	56,23	0,00	28,18	0,05	9,77	0,02	0,04	0,12	100,49
62	6,35	57,55	0,02	27,24	0,07	9,13	0,03	0,02	0,09	100,50

63	5,44	55,24	0,00	28,52	0,06	10,67	0,04	0,01	0,19	100,17
64	6,21	56,80	0,00	27,94	0,05	9,43	0,04	0,00	0,13	100,60
65	5,72	55,79	0,00	28,21	0,05	10,25	0,03	0,00	0,13	100,18
66	6,03	56,45	0,00	27,87	0,05	9,76	0,00	0,00	0,07	100,23
67	6,83	58,69	0,00	26,45	0,02	8,33	0,00	0,00	0,00	100,32
68	5,70	55,56	0,00	28,79	0,06	10,38	0,01	0,00	0,03	100,53
69	5,77	56,36	0,01	28,07	0,06	10,06	0,04	0,03	0,12	100,52
70	6,44	57,64	0,00	27,21	0,05	9,02	0,04	0,00	0,18	100,58
71	6,05	56,11	0,00	28,34	0,04	10,18	0,00	0,00	0,06	100,78
72	7,31	59,68	0,01	25,96	0,10	7,53	0,00	0,05	0,13	100,77
73	5,67	56,14	0,00	28,22	0,04	10,28	0,01	0,01	0,15	100,52
74	6,23	56,61	0,00	27,87	0,07	9,66	0,02	0,02	0,14	100,62
75	6,80	58,26	0,00	26,68	0,08	8,28	0,03	0,00	0,04	100,17
76	6,42	57,18	0,00	27,44	0,07	9,18	0,01	0,00	0,05	100,35
77	5,83	55,63	0,00	28,12	0,06	10,12	0,01	0,00	0,02	99,79
78	5,86	56,24	0,02	28,09	0,06	9,98	0,00	0,00	0,08	100,33
79	7,08	59,00	0,00	26,47	0,06	7,93	0,03	0,00	0,03	100,60
80	6,05	56,52	0,00	28,09	0,05	9,72	0,01	0,01	0,14	100,59
81	6,21	57,04	0,00	27,41	0,06	9,24	0,01	0,01	0,10	100,08
82	5,73	55,88	0,00	28,51	0,04	10,21	0,02	0,02	0,08	100,49
83	6,65	57,86	0,01	27,04	0,08	8,87	0,02	0,01	0,19	100,73
84	6,07	56,95	0,00	27,51	0,03	9,36	0,02	0,02	0,08	100,04
85	7,31	59,08	0,00	26,06	0,06	7,48	0,02	0,01	0,12	100,14
86	6,13	56,84	0,00	27,54	0,08	9,48	0,00	0,00	0,17	100,24
87	6,09	57,18	0,00	27,66	0,08	9,61	0,02	0,02	0,15	100,81
88	6,29	57,26	0,00	27,55	0,08	9,61	0,02	0,00	0,16	100,97
89	6,04	56,86	0,00	27,68	0,09	9,76	0,01	0,00	0,16	100,60
90	6,25	57,01	0,00	27,71	0,05	9,41	0,01	0,03	0,13	100,60
91	6,70	57,93	0,00	27,13	0,04	8,49	0,03	0,01	0,03	100,36
92	6,14	56,87	0,01	28,00	0,02	9,58	0,02	0,01	0,00	100,65

93	6,08	57,08	0,00	27,50	0,06	9,60	0,01	0,00	0,15	100,48
94	4,46	53,00	0,00	30,01	0,05	12,43	0,02	0,02	0,18	100,17
95	5,24	54,96	0,00	28,92	0,06	11,21	0,03	0,00	0,07	100,49
96	6,01	57,09	0,02	27,73	0,08	9,60	0,04	0,02	0,12	100,71
97	6,57	58,08	0,00	26,99	0,06	8,64	0,00	0,01	0,16	100,51
98	7,12	59,12	0,00	26,12	0,05	7,95	0,01	0,00	0,02	100,39
99	7,33	59,52	0,00	25,80	0,07	7,44	0,02	0,00	0,03	100,21
100	5,70	56,44	0,00	27,95	0,07	9,90	0,00	0,00	0,20	100,26
101	6,94	58,94	0,00	26,04	0,08	7,94	0,01	0,00	0,15	100,10
102	7,29	59,46	0,00	25,96	0,17	7,61	0,01	0,00	0,20	100,70
103	5,67	55,77	0,00	28,06	0,13	10,20	0,02	0,02	0,25	100,12
104	7,34	60,30	0,01	25,57	0,08	7,20	0,00	0,02	0,05	100,57
105	6,21	56,85	0,00	27,74	0,10	9,67	0,01	0,00	0,16	100,74
106	4,10	52,83	0,00	30,55	0,08	12,91	0,03	0,00	0,17	100,67
107	4,45	53,60	0,00	29,70	0,10	12,27	0,04	0,00	0,21	100,37
108	5,49	55,31	0,00	28,33	0,06	10,87	0,03	0,00	0,18	100,27
109	4,55	53,11	0,00	29,75	0,04	12,38	0,03	0,00	0,17	100,03
110	7,13	59,02	0,00	26,42	0,03	8,07	0,01	0,00	0,03	100,71
111	6,19	56,63	0,01	27,39	0,07	9,65	0,01	0,00	0,17	100,12
112	4,16	52,57	0,00	30,23	0,05	12,87	0,02	0,00	0,28	100,18
113	4,83	54,03	0,00	29,30	0,05	11,55	0,02	0,00	0,24	100,02
114	5,59	56,34	0,00	28,12	0,07	10,31	0,05	0,00	0,17	100,65
115	4,41	52,71	0,00	29,95	0,06	12,50	0,02	0,01	0,19	99,85
116	6,70	58,13	0,00	26,85	0,05	8,60	0,02	0,00	0,12	100,47
117	4,38	52,59	0,00	30,17	0,05	12,72	0,03	0,00	0,13	100,07
118	5,62	54,56	0,00	27,58	0,06	9,85	0,01	0,00	0,08	97,76
119	5,99	56,28	0,01	27,89	0,06	9,85	0,01	0,00	0,03	100,12
120	6,39	57,35	0,00	27,06	0,10	9,15	0,04	0,00	0,17	100,26
121	6,47	57,20	0,00	27,27	0,07	8,96	0,05	0,00	0,14	100,16
122	6,71	58,09	0,01	26,73	0,06	8,70	0,02	0,00	0,22	100,54

123	5,46	55,73	0,00	28,55	0,07	10,41	0,03	0,00	0,20	100,45
124	6,76	58,42	0,00	26,62	0,07	8,32	0,00	0,00	0,11	100,30
125	6,04	56,53	0,00	27,98	0,06	9,76	0,02	0,00	0,09	100,48
126	6,51	57,40	0,00	27,30	0,05	9,14	0,00	0,00	0,16	100,56
127	6,50	57,56	0,00	27,09	0,06	8,95	0,00	0,00	0,41	100,57
128	6,67	58,54	0,01	26,60	0,09	8,47	0,02	0,00	0,13	100,53
129	5,97	56,23	0,00	28,05	0,07	10,03	0,02	0,02	0,05	100,44
130	6,88	58,70	0,00	26,49	0,04	8,10	0,02	0,02	0,07	100,32
131	6,62	57,89	0,00	27,07	0,06	8,81	0,04	0,00	0,03	100,52
132	5,89	56,32	0,00	27,86	0,04	9,79	0,02	0,00	0,03	99,95
133	6,63	57,78	0,01	26,92	0,05	8,80	0,00	0,00	0,22	100,41
134	6,64	57,39	0,02	27,15	0,06	8,86	0,00	0,00	0,20	100,32
135	5,86	55,82	0,00	27,93	0,09	10,01	0,02	0,00	0,04	99,77
136	7,12	58,72	0,00	25,89	0,04	7,75	0,03	0,00	0,18	99,73
137	5,52	55,36	0,00	28,35	0,02	10,41	0,03	0,00	0,10	99,79
138	5,09	53,81	0,00	29,19	0,05	11,32	0,03	0,06	0,13	99,68
139	6,17	56,53	0,02	27,58	0,05	9,46	0,02	0,00	0,13	99,96
1 / 1 .	6,87	57,68	0,00	26,78	0,05	8,50	0,00	0,00	0,12	100,00
2 / 1 .	6,57	57,25	0,00	27,01	0,10	8,92	0,00	0,02	0,07	99,94
3 / 1 .	5,69	55,80	0,01	27,89	0,08	10,28	0,00	0,01	0,17	99,93
4 / 1 .	6,06	56,12	0,00	27,31	0,05	9,72	0,00	0,00	0,20	99,46
5 / 1 .	6,13	56,71	0,00	27,09	0,09	9,42	0,00	0,00	0,12	99,56
6 / 1 .	6,29	56,20	0,02	27,69	0,07	9,51	0,01	0,00	0,27	100,06
7 / 1 .	5,79	55,62	0,00	28,01	0,05	10,22	0,00	0,03	0,19	99,91
8 / 1 .	6,49	57,21	0,01	27,07	0,06	8,94	0,00	0,00	0,10	99,88
9 / 1 .	6,00	55,69	0,00	28,02	0,04	10,15	0,01	0,00	0,10	100,01
10 / 1 .	6,02	56,17	0,00	27,75	0,06	9,91	0,00	0,00	0,18	100,09
11 / 1 .	5,74	55,17	0,00	28,29	0,07	10,58	0,00	0,01	0,27	100,13
12 / 1 .	7,00	57,98	0,00	26,40	0,09	8,36	0,00	0,00	0,04	99,87
13 / 1 .	6,20	56,92	0,02	27,20	0,11	9,43	0,01	0,01	0,22	100,12

14 / 1 .	6,49	57,22	0,00	27,05	0,08	9,10	0,00	0,01	0,15	100,10
15 / 1 .	6,44	56,93	0,01	27,00	0,07	9,17	0,00	0,00	0,13	99,75
16 / 1 .	6,80	57,59	0,01	26,64	0,06	8,73	0,00	0,00	0,00	99,83
17 / 1 .	6,09	56,27	0,00	27,49	0,05	9,80	0,00	0,00	0,11	99,81
18 / 1 .	6,30	56,67	0,01	27,40	0,04	9,56	0,00	0,00	0,04	100,02
19 / 1 .	4,52	52,92	0,01	30,00	0,03	12,39	0,00	0,00	0,12	99,99
20 / 1 .	6,24	56,99	0,00	27,28	0,07	9,45	0,00	0,00	0,15	100,18
21 / 1 .	7,00	58,96	0,00	25,59	0,07	7,85	0,00	0,00	0,13	99,60
22 / 1 .	5,26	54,58	0,00	28,25	0,04	11,01	0,00	0,00	0,15	99,29
23 / 1 .	6,12	56,09	0,01	27,40	0,05	9,80	0,00	0,00	0,13	99,60
24 / 1 .	6,30	56,47	0,00	27,42	0,03	9,44	0,00	0,03	0,08	99,77
25 / 1 .	6,30	56,85	0,00	27,38	0,06	9,29	0,00	0,02	0,04	99,94
26 / 1 .	6,88	58,55	0,00	26,09	0,04	8,16	0,00	0,02	0,06	99,80
27 / 1 .	6,44	57,31	0,00	26,77	0,03	9,02	0,00	0,02	0,05	99,64
28 / 1 .	5,65	55,71	0,00	27,74	0,05	10,09	0,00	0,00	0,12	99,36
29 / 1 .	6,45	57,04	0,00	26,87	0,06	9,05	0,01	0,00	0,15	99,63
30 / 1 .	6,53	57,28	0,00	26,86	0,06	8,89	0,00	0,01	0,03	99,66
31 / 1 .	6,70	58,05	0,00	26,61	0,07	8,56	0,00	0,04	0,00	100,03
32 / 1 .	6,51	57,67	0,00	26,46	0,10	8,80	0,00	0,00	0,12	99,66
33 / 1 .	7,32	58,57	0,01	25,90	0,06	7,72	0,00	0,00	0,02	99,60
34 / 1 .	5,89	55,32	0,00	27,67	0,04	10,13	0,00	0,01	0,06	99,12
35 / 1 .	6,20	56,29	0,00	27,33	0,06	9,60	0,00	0,01	0,09	99,58
36 / 1 .	5,94	55,85	0,01	27,75	0,04	9,97	0,00	0,04	0,08	99,68
37 / 1 .	5,79	55,67	0,00	28,13	0,05	10,52	0,00	0,05	0,12	100,33
38 / 1 .	7,13	58,11	0,00	26,03	0,05	8,08	0,00	0,02	0,00	99,42
39 / 1 .	6,36	56,60	0,01	26,98	0,09	9,31	0,00	0,01	0,12	99,48
40 / 1 .	6,07	56,16	0,01	27,59	0,08	10,05	0,00	0,03	0,13	100,12
41 / 1 .	6,68	57,87	0,01	26,78	0,05	8,68	0,00	0,00	0,19	100,26
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,20	0,43	0,02	0,26	0,02	0,15	0,02	0,02	0,06	

Amostra: GPF-92 (Bt-Hbl diorito)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
1	7,49	59,55	0,01	25,58	0,07	7,06	0,00	0,01	0,06	99,83
2	6,26	56,55	0,00	27,15	0,05	9,22	0,00	0,00	0,17	99,40
3	6,01	56,04	0,01	27,72	0,05	9,84	0,00	0,00	0,19	99,86
4	5,74	55,67	0,00	28,06	0,04	10,25	0,02	0,00	0,06	99,84
5	7,70	60,11	0,00	25,30	0,06	6,92	0,01	0,00	0,10	100,20
11	5,72	55,28	0,00	28,42	0,02	10,33	0,02	0,00	0,16	99,95
12	5,56	55,12	0,01	28,39	0,06	10,41	0,02	0,01	0,20	99,78
13	6,04	56,04	0,00	27,93	0,03	9,95	0,03	0,00	0,07	100,09
23	7,26	59,21	0,01	26,03	0,03	7,81	0,02	0,04	0,10	100,51
24	5,45	55,14	0,01	28,32	0,05	10,57	0,03	0,00	0,16	99,73
25	6,40	56,91	0,00	27,75	0,04	9,30	0,03	0,01	0,14	100,58
26	7,58	59,14	0,00	26,07	0,03	7,64	0,01	0,00	0,08	100,55
27	5,70	55,64	0,00	28,16	0,04	10,48	0,02	0,00	0,19	100,23
28	7,71	59,54	0,00	25,82	0,03	7,16	0,00	0,00	0,05	100,31
34	6,42	57,02	0,00	27,51	0,03	9,34	0,03	0,01	0,15	100,51
35	6,36	56,39	0,01	27,49	0,03	9,66	0,02	0,00	0,05	100,01
36	7,55	59,47	0,00	25,90	0,04	7,38	0,00	0,00	0,01	100,35
37	5,52	55,01	0,00	28,95	0,03	10,76	0,02	0,04	0,13	100,46
38	3,47	50,40	0,00	31,30	0,02	14,27	0,04	0,00	0,18	99,68
39	6,26	56,46	0,00	27,71	0,04	9,61	0,03	0,01	0,10	100,22
40	6,89	57,97	0,02	26,96	0,05	8,91	0,03	0,01	0,25	101,09
41	5,58	55,21	0,02	28,38	0,05	10,63	0,02	0,00	0,21	100,10
42	5,28	54,87	0,01	29,04	0,06	11,37	0,04	0,03	0,19	100,89
43	5,90	55,63	0,00	28,31	0,07	10,08	0,02	0,02	0,61	100,64
44	5,63	54,87	0,02	28,57	0,04	10,83	0,04	0,01	0,19	100,20
45	5,65	55,11	0,02	28,49	0,08	10,63	0,04	0,00	0,41	100,43

46	6,58	57,38	0,01	27,09	0,03	8,91	0,01	0,00	0,02	100,03
47	7,41	58,87	0,02	26,39	0,04	7,73	0,00	0,00	0,01	100,47
48	7,43	58,70	0,01	26,29	0,05	8,08	0,02	0,00	0,19	100,77
49	5,54	54,78	0,00	28,82	0,02	10,82	0,02	0,00	0,08	100,08
50	7,58	58,17	0,01	26,68	0,05	7,51	0,04	0,03	0,19	100,26
51	4,46	52,34	0,00	30,46	0,01	12,78	0,00	0,00	0,07	100,12
52	5,85	55,75	0,00	28,16	0,03	10,15	0,02	0,00	0,03	99,99
53	5,91	56,16	0,00	27,88	0,03	9,79	0,02	0,00	0,16	99,95
54	7,23	58,63	0,00	26,40	0,07	8,03	0,01	0,03	0,09	100,49
73	6,86	57,65	0,00	26,87	0,02	8,63	0,02	0,00	0,19	100,24
74	5,58	54,77	0,01	28,60	0,03	10,88	0,03	0,00	0,11	100,01
75	5,15	53,57	0,00	29,27	0,04	11,34	0,02	0,00	0,23	99,62
76	6,40	56,29	0,01	27,78	0,04	9,54	0,02	0,02	0,11	100,21
77	7,06	58,29	0,01	26,48	0,04	8,19	0,00	0,00	0,12	100,19
78	6,32	55,38	0,00	27,95	0,04	9,86	0,02	0,00	0,21	99,78
79	3,80	51,07	0,00	31,23	0,03	13,88	0,03	0,04	0,16	100,24
80	6,22	55,81	0,00	27,89	0,04	9,68	0,02	0,00	0,07	99,73
81	4,81	53,04	0,00	29,63	0,04	12,05	0,04	0,00	0,23	99,84
82	5,99	55,66	0,00	28,24	0,06	10,34	0,01	0,00	0,17	100,47
89	7,70	58,77	0,00	26,11	0,02	7,57	0,01	0,05	0,02	100,25
90	5,67	54,19	0,00	28,75	0,03	10,79	0,01	0,00	0,08	99,52
91	5,52	54,45	0,01	28,87	0,04	10,87	0,00	0,00	0,14	99,90
92	6,72	56,81	0,00	27,02	0,02	8,82	0,00	0,00	0,03	99,42
93	7,53	59,02	0,00	26,04	0,04	7,26	0,01	0,02	0,03	99,95
94	6,86	57,12	0,01	26,93	0,05	8,78	0,00	0,00	0,16	99,91
95	4,46	51,81	0,01	30,54	0,01	13,09	0,02	0,00	0,20	100,14
96	6,41	55,95	0,00	27,66	0,04	9,78	0,02	0,00	0,18	100,04
97	5,64	54,91	0,00	28,44	0,05	10,72	0,02	0,00	0,24	100,02
104	6,09	55,57	0,00	27,88	0,05	9,99	0,01	0,01	0,17	99,77
105	5,51	54,77	0,00	28,80	0,03	10,98	0,03	0,00	0,04	100,16

106	7,33	58,58	0,00	26,44	0,02	7,98	0,03	0,00	0,09	100,47
107	6,74	57,64	0,00	26,99	0,02	8,77	0,01	0,02	0,00	100,19
108	6,94	57,16	0,00	26,77	0,02	8,62	0,02	0,00	0,03	99,56
109	5,72	54,55	0,00	29,05	0,03	10,93	0,00	0,00	0,08	100,36
110	5,67	54,94	0,00	28,77	0,03	10,89	0,02	0,00	0,05	100,37
111	7,32	58,31	0,00	26,56	0,01	8,04	0,00	0,00	0,18	100,42
112	7,13	58,63	0,00	26,67	0,03	8,05	0,02	0,01	0,13	100,67
113	5,46	54,51	0,00	29,33	0,03	11,18	0,01	0,01	0,07	100,60
114	7,16	58,74	0,01	26,34	0,03	7,98	0,02	0,00	0,17	100,45
115	8,02	60,27	0,00	25,31	0,05	6,77	0,02	0,00	0,06	100,50
116	6,48	56,11	0,00	27,77	0,04	9,51	0,02	0,00	0,16	100,09
117	6,22	55,91	0,01	27,89	0,05	9,87	0,02	0,01	0,17	100,15
118	6,28	56,13	0,01	27,62	0,10	9,54	0,03	0,00	0,19	99,90
119	6,26	56,22	0,00	27,64	0,05	9,51	0,01	0,00	0,15	99,84
120	7,38	58,60	0,02	26,21	0,03	7,66	0,00	0,00	0,06	99,96
121	7,77	59,05	0,00	25,83	0,06	7,28	0,03	0,03	0,27	100,32
122	5,64	54,66	0,01	28,71	0,06	10,92	0,03	0,04	0,22	100,29
123	5,54	54,82	0,00	28,66	0,03	10,86	0,00	0,00	0,15	100,06
124	5,64	54,93	0,00	28,35	0,04	10,75	0,03	0,00	0,15	99,89
125	7,22	57,59	0,00	26,43	0,09	8,18	0,00	0,02	0,18	99,71
126	5,36	53,96	0,00	29,16	0,04	11,15	0,01	0,00	0,23	99,91
127	5,91	55,73	0,00	28,31	0,03	10,33	0,04	0,00	0,05	100,40
128	7,90	59,30	0,00	25,40	0,04	6,71	0,04	0,00	0,22	99,61
129	6,24	56,30	0,01	27,36	0,06	9,31	0,04	0,01	0,19	99,52
130	5,58	54,25	0,02	28,54	0,04	10,63	0,03	0,00	0,19	99,28
131	5,35	54,43	0,00	28,53	0,03	10,85	0,04	0,02	0,16	99,41
132	6,65	56,56	0,01	27,56	0,04	9,16	0,01	0,00	0,09	100,08
133	6,45	56,33	0,00	27,79	0,02	9,49	0,00	0,01	0,08	100,17
134	7,23	58,41	0,00	26,36	0,05	8,17	0,03	0,00	0,13	100,38
135	6,86	57,51	0,00	26,82	0,03	9,05	0,03	0,00	0,07	100,37

136	6,25	55,85	0,00	27,84	0,04	9,74	0,03	0,01	0,14	99,90
137	6,78	56,94	0,00	27,39	0,04	9,01	0,01	0,06	0,07	100,30
138	7,25	58,14	0,00	26,28	0,05	8,10	0,00	0,01	0,10	99,93
139	7,50	58,39	0,00	25,81	0,04	7,83	0,02	0,00	0,10	99,69
140	5,77	54,10	0,00	28,60	0,04	10,78	0,02	0,00	0,12	99,43
141	5,47	54,63	0,00	28,76	0,04	11,09	0,03	0,03	0,23	100,28
142	5,70	54,47	0,00	28,61	0,09	10,82	0,05	0,01	0,21	99,96
143	6,31	55,48	0,01	27,70	0,04	9,66	0,03	0,01	0,18	99,42
144	6,79	57,22	0,00	26,72	0,07	8,85	0,00	0,01	0,16	99,82
145	6,84	57,39	0,00	26,92	0,06	8,73	0,00	0,04	0,08	100,06
146	5,49	54,08	0,00	29,14	0,03	11,30	0,04	0,02	0,14	100,24
147	5,49	53,41	0,00	28,77	0,04	10,98	0,02	0,01	0,22	98,94
148	6,39	56,11	0,00	27,41	0,04	9,79	0,02	0,00	0,14	99,90
149	5,69	54,52	0,00	28,69	0,04	11,02	0,03	0,03	0,08	100,10
150	5,90	54,25	0,01	28,44	0,04	10,84	0,00	0,01	0,20	99,69
192	6,86	57,15	0,00	26,91	0,02	8,86	0,00	0,00	0,06	99,86
193	6,78	57,19	0,01	26,71	0,03	8,72	0,01	0,03	0,00	99,48
194	7,46	56,87	0,00	26,26	0,24	7,37	0,02	0,04	0,06	98,32
195	5,83	54,96	0,00	28,15	0,05	10,73	0,01	0,00	0,15	99,88
196	5,95	54,49	0,01	28,24	0,03	10,65	0,02	0,00	0,15	99,54
197	5,85	54,13	0,00	28,48	0,04	10,67	0,01	0,00	0,10	99,28
211	7,14	57,48	0,00	26,59	0,05	8,35	0,02	0,00	0,07	99,70
212	5,53	54,54	0,00	28,42	0,06	11,09	0,04	0,02	0,14	99,84
213	6,09	55,60	0,00	27,94	0,04	10,08	0,01	0,00	0,12	99,88
214	7,05	57,30	0,21	26,67	0,20	8,52	0,01	0,01	0,29	100,26
215	5,53	53,76	0,00	28,83	0,04	11,14	0,02	0,00	0,13	99,45
216	7,03	58,69	0,00	25,97	0,05	8,09	0,03	0,01	0,15	100,02
234	7,48	57,43	0,00	26,32	0,02	8,03	0,00	0,02	0,07	99,37
235	5,43	54,06	0,00	28,72	0,01	11,33	0,02	0,00	0,05	99,62
236	4,79	52,58	0,00	29,74	0,02	12,28	0,04	0,00	0,00	99,45

237	6,36	56,30	0,01	27,85	0,03	9,73	0,01	0,00	0,04	100,33
238	6,21	55,42	0,00	27,75	0,04	9,92	0,00	0,00	0,17	99,51
239	5,49	53,84	0,00	28,60	0,03	11,00	0,02	0,00	0,16	99,14
240	5,63	55,17	0,02	28,32	0,05	10,66	0,05	0,00	0,16	100,06
241	6,20	55,48	0,00	27,51	0,03	9,91	0,01	0,00	0,07	99,21
264	7,46	58,55	0,00	25,93	0,03	7,72	0,00	0,02	0,01	99,72
265	5,65	54,41	0,01	28,68	0,03	11,04	0,02	0,00	0,04	99,88
266	5,83	54,97	0,00	28,53	0,02	10,54	0,05	0,00	0,09	100,03
267	6,65	56,16	0,00	27,29	0,04	9,50	0,02	0,00	0,04	99,70
268	7,11	58,10	0,01	26,29	0,05	8,03	0,01	0,02	0,15	99,77
269	5,53	54,62	0,00	28,89	0,01	10,98	0,01	0,00	0,04	100,08
270	5,88	55,24	0,00	28,41	0,01	10,34	0,01	0,00	0,01	99,90
271	7,95	59,25	0,00	25,70	0,02	7,09	0,04	0,02	0,00	100,07
272	6,48	56,25	0,00	27,41	0,03	9,39	0,01	0,00	0,06	99,63
273	5,84	55,39	0,00	28,18	0,04	10,55	0,01	0,03	0,03	100,07
274	6,00	55,27	0,00	28,02	0,02	10,25	0,01	0,00	0,03	99,60
275	7,54	57,91	0,00	26,05	0,05	7,77	0,01	0,01	0,13	99,47
285	7,35	57,80	0,00	26,27	0,04	7,97	0,00	0,03	0,06	99,52
286	5,23	53,99	0,09	28,53	0,06	10,74	0,02	0,00	0,18	98,84
287	5,64	54,37	0,01	28,57	0,04	10,94	0,01	0,00	0,31	99,89
288	7,08	56,67	0,01	26,63	0,03	8,65	0,00	0,00	0,02	99,09
289	5,79	54,34	0,02	28,30	0,05	10,57	0,00	0,01	0,24	99,32
290	5,44	54,04	0,00	28,63	0,05	11,28	0,04	0,04	0,21	99,73
298	8,00	60,29	0,02	24,99	0,04	6,52	0,03	0,01	0,04	99,94
299	6,26	55,89	0,01	27,61	0,05	9,53	0,03	0,02	0,12	99,52
300	6,72	56,81	0,00	27,21	0,03	9,08	0,02	0,00	0,06	99,93
306	6,68	56,72	0,00	26,98	0,05	8,94	0,02	0,02	0,09	99,50
307	6,19	55,57	0,00	27,81	0,03	9,77	0,02	0,01	0,16	99,56
308	6,86	57,47	0,01	26,59	0,04	8,56	0,01	0,00	0,10	99,64
309	6,37	56,22	0,00	27,39	0,02	9,48	0,02	0,01	0,13	99,64

319	5,50	54,44	0,00	28,71	0,05	11,17	0,04	0,00	0,16	100,07
320	5,64	54,59	0,01	28,45	0,04	10,75	0,04	0,03	0,28	99,83
321	5,93	54,83	0,00	28,33	0,05	10,39	0,03	0,02	0,12	99,70
322	5,85	54,78	0,00	28,63	0,03	10,80	0,02	0,00	0,11	100,22
323	6,25	56,28	0,00	27,83	0,03	9,64	0,01	0,01	0,00	100,05
324	5,98	55,06	0,02	28,10	0,02	10,28	0,01	0,04	0,06	99,57
325	5,87	54,97	0,01	28,32	0,03	10,42	0,02	0,02	0,09	99,75
326	6,43	56,46	0,00	27,50	0,03	9,46	0,02	0,00	0,05	99,95
330	5,81	55,45	0,00	27,90	0,04	10,12	0,03	0,00	0,06	99,41
331	4,47	52,16	0,00	30,45	0,02	12,94	0,01	0,03	0,00	100,08
332	4,21	51,63	0,01	30,74	0,05	13,38	0,02	0,00	0,19	100,23
333	7,54	59,21	0,00	25,64	0,03	7,46	0,02	0,01	0,01	99,92
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,18	0,41	0,01	0,23	0,02	0,19	0,01	0,02	0,04	

Diorito Capim Branco
Resultados em Óxidos
(wt%)

Amostra: GPF-78 (Bt-Hbl diorito)

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
1	6,38	57,66	0,00	25,27	0,10	8,40	0,00	0,03	0,22	98,06
2	6,65	57,44	0,00	26,79	0,09	8,81	0,00	0,00	0,12	99,90
3	7,51	59,42	0,01	25,33	0,16	7,17	0,00	0,01	0,22	99,83
4	5,98	55,66	0,01	27,92	0,08	10,04	0,00	0,02	0,30	100,01
5	5,96	56,31	0,02	27,52	0,07	9,73	0,00	0,01	0,11	99,73
6	7,09	58,47	0,00	25,88	0,11	7,97	0,00	0,02	0,13	99,67
7	7,24	59,02	0,00	25,76	0,10	7,73	0,00	0,02	0,13	100,00
8	7,10	58,81	0,02	26,09	0,12	7,92	0,00	0,01	0,08	100,15

9	6,99	58,45	0,00	26,21	0,09	8,18	0,00	0,00	0,15	100,07
10	6,64	58,09	0,00	26,42	0,09	8,56	0,00	0,02	0,15	99,97
11	4,38	52,73	0,00	29,68	0,06	12,47	0,00	0,01	0,24	99,57
12	7,37	59,39	0,01	25,63	0,12	7,46	0,00	0,00	0,18	100,16
13	6,38	57,07	0,00	26,37	0,13	8,76	0,00	0,00	0,21	98,92
14	3,29	50,24	0,00	31,42	0,07	14,30	0,01	0,00	0,20	99,53
15	6,57	57,28	0,00	26,72	0,13	8,66	0,00	0,00	0,17	99,53
16	7,30	59,29	0,00	25,57	0,14	7,38	0,00	0,02	0,22	99,92
17	4,89	53,73	0,00	29,26	0,08	11,79	0,00	0,00	0,10	99,85
18	7,81	60,24	0,00	24,93	0,10	6,79	0,00	0,00	0,17	100,04
19	7,36	59,39	0,00	25,40	0,14	7,35	0,00	0,00	0,15	99,79
20	6,96	58,49	0,01	26,05	0,14	8,02	0,00	0,00	0,22	99,89
21	7,10	58,82	0,01	25,92	0,11	7,90	0,00	0,04	0,23	100,13
22	6,45	57,22	0,00	26,87	0,09	8,91	0,00	0,00	0,13	99,67
23	6,62	58,12	0,00	26,40	0,08	8,44	0,00	0,00	0,06	99,72
24	6,72	58,16	0,02	26,30	0,10	8,39	0,00	0,00	0,12	99,81
25	7,18	58,90	0,00	25,83	0,13	7,64	0,00	0,03	0,14	99,85
26	7,23	59,10	0,00	25,61	0,12	7,62	0,00	0,00	0,13	99,81
27	5,85	55,87	0,00	27,60	0,08	9,92	0,00	0,00	0,12	99,44
28	7,39	59,59	0,00	25,71	0,10	7,46	0,00	0,01	0,09	100,35
29	7,51	59,26	0,00	25,55	0,13	7,38	0,00	0,00	0,12	99,95
30	6,56	57,52	0,01	26,53	0,10	8,77	0,00	0,03	0,16	99,68
31	7,45	59,11	0,00	25,51	0,11	7,52	0,00	0,03	0,23	99,96
32	7,23	59,04	0,01	25,86	0,12	7,82	0,00	0,00	0,10	100,18
33	6,45	57,68	0,01	26,70	0,09	8,82	0,00	0,03	0,12	99,90
34	7,31	59,00	0,00	25,80	0,13	7,66	0,00	0,00	0,14	100,04
35	6,79	57,86	0,00	26,67	0,08	8,60	0,00	0,03	0,12	100,15
36	6,29	57,08	0,01	26,74	0,10	8,92	0,00	0,02	0,20	99,36
37	6,93	58,51	0,01	25,89	0,12	7,82	0,00	0,00	0,10	99,38
38	7,07	58,40	0,01	25,72	0,12	8,08	0,00	0,06	0,23	99,69

39	6,78	57,46	0,01	26,37	0,10	8,55	0,00	0,01	0,15	99,43
40	7,04	58,79	0,00	26,03	0,11	8,02	0,00	0,03	0,22	100,24
41	7,13	58,55	0,00	25,96	0,12	7,89	0,00	0,00	0,13	99,78
42	6,28	56,95	0,00	27,00	0,08	9,06	0,00	0,00	0,15	99,52
43	6,83	58,05	0,00	26,27	0,10	8,34	0,00	0,01	0,20	99,80
44	6,35	56,11	0,00	27,45	0,09	9,36	0,00	0,01	0,31	99,68
45	6,49	56,67	0,01	26,98	0,06	9,07	0,00	0,00	0,09	99,37
46	7,08	58,12	0,00	26,03	0,10	7,98	0,00	0,00	0,19	99,50
47	7,50	59,31	0,00	25,51	0,12	7,35	0,00	0,00	0,20	99,99
48	6,80	57,80	0,02	26,47	0,09	8,46	0,00	0,00	0,12	99,76
49	6,98	58,03	0,01	26,27	0,10	8,22	0,00	0,00	0,06	99,67
50	6,73	58,22	0,00	26,03	0,11	8,38	0,00	0,00	0,16	99,63
51	4,58	53,49	0,00	29,47	0,06	12,04	0,00	0,01	0,21	99,86
52	6,05	56,76	0,01	27,34	0,11	9,56	0,00	0,00	0,10	99,93
53	7,12	58,83	0,01	25,89	0,09	7,79	0,00	0,00	0,25	99,98
54	7,20	58,62	0,00	25,87	0,10	7,91	0,00	0,02	0,12	99,84
55	6,82	58,06	0,00	26,42	0,09	8,37	0,00	0,01	0,12	99,89
56	7,05	58,97	0,00	25,67	0,10	7,83	0,01	0,00	0,20	99,83
57	6,43	57,37	0,00	26,43	0,12	8,84	0,00	0,00	0,22	99,41
58	7,24	58,91	0,01	25,83	0,11	7,68	0,00	0,00	0,20	99,98
59	7,09	58,03	0,00	25,99	0,09	7,93	0,00	0,00	0,05	99,18
60	6,50	56,95	0,00	26,34	0,11	8,98	0,00	0,01	0,17	99,06
61	6,64	57,11	0,00	26,94	0,10	8,97	0,00	0,00	0,14	99,90
62	6,63	57,25	0,00	26,60	0,06	8,78	0,01	0,00	0,10	99,43
63	6,44	56,48	0,01	27,37	0,09	9,37	0,00	0,00	0,11	99,87
64	6,95	57,62	0,00	26,11	0,10	8,35	0,00	0,01	0,15	99,29
65	6,97	58,36	0,00	25,78	0,12	7,90	0,00	0,00	0,17	99,30
66	7,92	59,99	0,00	24,33	0,09	6,56	0,00	0,00	0,23	99,12
67	4,11	50,98	0,00	30,39	0,07	13,20	0,00	0,03	0,17	98,95
68	7,29	58,72	0,00	25,21	0,11	7,61	0,00	0,02	0,24	99,20

69	7,26	58,35	0,00	25,20	0,09	7,27	0,00	0,00	0,14	98,31
70	6,53	56,70	0,01	26,42	0,12	8,93	0,00	0,03	0,14	98,88
71	7,24	58,55	0,00	25,54	0,10	7,57	0,00	0,03	0,09	99,12
72	6,82	57,95	0,00	26,12	0,14	8,42	0,00	0,00	0,16	99,61
73	4,49	51,39	0,03	30,35	0,07	11,17	0,02	0,00	0,61	98,13
74	7,30	58,84	0,00	25,65	0,14	7,83	0,00	0,01	0,22	99,99
75	4,58	52,64	0,00	29,27	0,06	12,16	0,00	0,01	0,21	98,93
76	6,83	57,81	0,01	26,16	0,07	8,40	0,00	0,00	0,17	99,45
77	7,59	59,38	0,00	25,45	0,11	7,11	0,00	0,01	0,05	99,70
78	6,62	57,75	0,00	26,30	0,09	8,45	0,00	0,00	0,12	99,33
79	7,07	58,39	0,01	26,24	0,12	7,96	0,00	0,00	0,25	100,04
80	7,08	58,11	0,00	26,26	0,12	8,29	0,00	0,00	0,16	100,02
81	7,28	59,17	0,00	25,24	0,14	7,40	0,00	0,03	0,17	99,43
82	6,64	57,50	0,01	26,56	0,07	8,64	0,00	0,00	0,22	99,64
83	4,27	52,33	0,02	29,52	0,08	12,45	0,02	0,07	0,33	99,09
84	7,38	58,83	0,00	25,71	0,11	7,68	0,00	0,01	0,18	99,90
85	6,12	56,09	0,00	26,36	0,08	8,76	0,00	0,03	0,25	97,69
86	7,19	57,98	0,02	25,64	0,11	7,78	0,00	0,01	0,12	98,85
87	7,13	58,48	0,00	25,45	0,12	7,70	0,00	0,02	0,27	99,17
88	7,43	59,04	0,01	25,67	0,12	7,48	0,00	0,00	0,19	99,94
89	4,41	53,00	0,00	29,51	0,05	12,19	0,01	0,00	0,22	99,39
90	7,37	59,39	0,00	25,43	0,11	7,42	0,00	0,00	0,35	100,07
91	5,04	53,37	0,00	28,91	0,09	11,40	0,00	0,02	0,18	99,01
92	4,00	51,60	0,01	30,18	0,05	13,20	0,00	0,02	0,19	99,25
93	7,78	59,81	0,00	25,02	0,13	6,85	0,00	0,00	0,09	99,68
94	7,17	58,93	0,00	25,67	0,40	7,14	0,00	0,00	0,06	99,37
95	7,08	58,86	0,00	26,09	0,11	7,99	0,00	0,00	0,11	100,24
96	6,72	57,55	0,00	26,82	0,05	8,85	0,00	0,00	0,13	100,12
97	7,01	58,99	0,00	25,67	0,13	7,68	0,00	0,00	0,17	99,65
98	6,39	56,95	0,01	27,01	0,09	9,20	0,00	0,00	0,19	99,84

99	7,62	59,49	0,01	24,98	0,15	7,08	0,00	0,00	0,19	99,52
100	4,48	52,94	0,00	29,64	0,07	12,33	0,00	0,00	0,20	99,66
101	4,29	52,65	0,00	29,84	0,06	12,47	0,02	0,00	0,19	99,52
102	6,66	57,83	0,01	26,59	0,11	8,46	0,00	0,00	0,19	99,85
103	6,76	57,71	0,00	26,44	0,11	8,40	0,00	0,01	0,22	99,65
104	7,01	58,65	0,00	26,10	0,09	8,10	0,00	0,00	0,12	100,07
105	7,17	59,00	0,00	25,93	0,10	7,76	0,00	0,01	0,18	100,15
106	6,95	58,36	0,03	26,51	0,09	8,13	0,00	0,00	0,17	100,24
107	7,37	59,26	0,00	25,43	0,09	7,38	0,00	0,00	0,15	99,68
108	6,82	58,08	0,00	26,48	0,10	8,39	0,00	0,00	0,12	99,99
109	6,76	57,72	0,01	26,30	0,07	8,52	0,00	0,00	0,16	99,54
110	6,53	57,78	0,01	26,51	0,11	8,69	0,00	0,01	0,20	99,84
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,26	0,29	0,05	0,30	0,02	0,15	0,01	0,02	0,06	

Amostra: GPF-79 (Hbl gabro)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
1	2,50	47,51	0,04	32,67	0,11	15,96	0,00	0,01	0,25	99,05
2	2,13	47,95	0,01	33,01	0,02	16,18	0,00	0,00	0,32	99,62
3	4,60	53,62	0,01	29,18	0,06	11,93	0,00	0,00	0,27	99,67
4	4,87	54,17	0,00	28,92	0,05	11,61	0,00	0,00	0,27	99,89
5	2,19	48,22	0,00	32,83	0,00	15,99	0,01	0,00	0,15	99,39
6	1,77	47,33	0,01	33,08	0,03	17,02	0,00	0,00	0,50	99,74
7	4,27	53,02	0,01	29,78	0,06	12,53	0,00	0,02	0,24	99,93
8	5,65	55,82	0,00	27,69	0,09	10,25	0,01	0,00	0,25	99,76
9	3,87	51,98	0,02	29,61	0,05	13,11	0,00	0,00	0,20	98,84
10	2,92	49,30	0,00	31,99	0,02	14,91	0,00	0,00	0,13	99,27
11	2,20	48,32	0,00	32,88	0,02	16,14	0,00	0,00	0,30	99,86
12	2,08	47,98	0,01	32,97	0,00	16,34	0,00	0,02	0,19	99,59

13	2,29	48,52	0,00	32,52	0,02	15,90	0,00	0,04	0,26	99,55
14	3,17	50,55	0,02	31,48	0,03	14,37	0,00	0,02	0,20	99,84
15	2,01	47,98	0,00	32,90	0,00	16,46	0,00	0,00	0,21	99,56
16	2,36	48,31	0,01	32,55	0,02	15,89	0,00	0,00	0,35	99,49
17	6,08	56,56	0,00	26,89	0,10	9,42	0,00	0,03	0,27	99,35
18	1,82	47,02	0,00	33,16	0,01	16,69	0,00	0,00	0,40	99,10
19	2,26	48,30	0,00	32,81	0,01	16,14	0,00	0,04	0,27	99,83
20	3,00	49,82	0,00	32,02	0,01	14,83	0,00	0,02	0,18	99,88
21	2,17	47,92	0,02	32,65	0,01	16,20	0,01	0,00	0,31	99,29
22	2,60	49,26	0,00	32,22	0,02	15,21	0,00	0,01	0,28	99,60
23	5,43	55,05	0,00	28,35	0,07	10,64	0,00	0,01	0,21	99,76
24	2,44	48,34	0,00	32,77	0,07	15,46	0,00	0,00	0,26	99,34
25	2,07	47,65	0,00	32,79	0,01	16,34	0,00	0,03	0,28	99,17
26	2,05	47,72	0,00	33,00	0,02	16,33	0,00	0,02	0,23	99,37
27	3,30	50,63	0,01	31,07	0,04	14,21	0,00	0,00	0,32	99,58
28	1,95	47,51	0,00	33,14	0,01	16,38	0,00	0,00	0,40	99,39
29	2,17	47,81	0,00	32,67	0,01	16,09	0,00	0,00	0,20	98,95
30	4,73	53,52	0,00	28,51	0,03	11,83	0,00	0,00	0,16	98,78
31	2,96	49,84	0,00	31,67	0,03	14,79	0,00	0,01	0,22	99,52
32	1,83	47,55	0,01	33,29	0,02	16,72	0,00	0,02	0,37	99,81
33	3,01	50,12	0,01	31,44	0,03	14,71	0,00	0,01	0,34	99,67
34	2,74	49,38	0,00	31,63	0,01	14,93	0,00	0,00	0,39	99,08
35	1,70	47,14	0,00	33,33	0,01	16,98	0,00	0,02	0,21	99,39
36	3,09	50,29	0,02	31,21	0,03	14,52	0,00	0,00	0,30	99,46
37	2,23	48,41	0,00	32,64	0,03	15,99	0,00	0,04	0,32	99,66
38	5,08	55,00	0,01	27,81	0,09	10,69	0,00	0,01	0,21	98,90
39	2,74	49,55	0,00	32,20	0,01	15,08	0,00	0,01	0,20	99,79
40	1,78	47,69	0,01	33,28	0,00	16,78	0,01	0,00	0,38	99,93
41	2,67	49,37	0,00	32,21	0,02	15,37	0,00	0,03	0,25	99,92
42	2,78	49,46	0,00	31,99	0,02	15,14	0,00	0,00	0,26	99,65

43	2,31	48,64	0,01	32,66	0,03	16,14	0,00	0,02	0,31	100,12
44	2,18	48,23	0,02	32,74	0,03	16,39	0,00	0,00	0,22	99,81
45	1,77	47,64	0,00	33,40	0,01	16,73	0,00	0,00	0,31	99,86
46	3,43	51,29	0,00	30,87	0,03	14,11	0,00	0,01	0,21	99,95
47	2,23	48,32	0,01	32,84	0,01	16,19	0,00	0,00	0,34	99,94
48	2,32	48,60	0,00	32,68	0,02	16,04	0,00	0,00	0,38	100,04
49	2,70	49,36	0,00	32,15	0,04	15,16	0,00	0,02	0,18	99,61
50	2,68	49,27	0,00	32,03	0,00	15,18	0,00	0,00	0,21	99,37
51	2,33	48,45	0,00	32,48	0,02	15,78	0,00	0,00	0,30	99,36
52	2,01	47,80	0,00	33,20	0,01	16,31	0,00	0,02	0,32	99,67
53	2,13	48,05	0,00	32,83	0,00	16,24	0,00	0,03	0,21	99,49
54	1,90	47,66	0,00	33,06	0,00	16,44	0,00	0,04	0,27	99,37
55	1,80	47,52	0,01	33,01	0,02	16,67	0,00	0,00	0,35	99,38
56	2,16	48,06	0,02	33,14	0,01	16,16	0,00	0,00	0,20	99,75
57	1,84	47,74	0,00	33,41	0,00	16,46	0,00	0,00	0,27	99,72
58	2,19	48,28	0,01	32,52	0,01	16,03	0,00	0,00	0,27	99,31
59	5,58	56,06	0,00	27,97	0,06	10,33	0,00	0,01	0,20	100,21
60	5,77	56,16	0,02	27,57	0,06	10,07	0,00	0,01	0,22	99,88
61	2,23	48,29	0,00	32,75	0,01	15,98	0,00	0,00	0,21	99,47
62	5,71	55,78	0,00	27,76	0,07	10,26	0,00	0,01	0,18	99,77
63	2,00	47,87	0,00	32,96	0,01	16,39	0,00	0,03	0,28	99,54
64	6,50	57,61	0,00	26,85	0,04	9,08	0,00	0,00	0,06	100,14
65	2,91	49,43	0,01	31,92	0,02	15,11	0,00	0,00	0,22	99,62
66	2,57	48,99	0,00	32,18	0,02	15,38	0,00	0,00	0,39	99,53
67	1,99	47,76	0,01	32,98	0,01	16,63	0,00	0,00	0,26	99,64
68	4,93	54,40	0,00	28,97	0,05	11,60	0,00	0,01	0,19	100,15
69	2,50	49,15	0,00	32,01	0,01	15,35	0,02	0,06	0,33	99,43
70	2,35	48,84	0,00	32,41	0,01	15,55	0,00	0,00	0,28	99,44
71	1,98	47,99	0,00	32,94	0,01	16,38	0,00	0,00	0,20	99,50
72	2,24	48,06	0,01	32,58	0,01	16,20	0,00	0,01	0,29	99,40

73	4,72	54,21	0,00	28,75	0,05	11,63	0,00	0,00	0,26	99,62
74	1,94	47,66	0,03	32,89	0,02	16,66	0,00	0,05	0,32	99,57
75	5,32	55,27	0,00	28,34	0,05	10,82	0,00	0,00	0,24	100,04
76	2,15	48,48	0,00	32,91	0,01	16,12	0,00	0,01	0,29	99,97
77	2,29	48,23	0,01	33,14	0,02	16,05	0,00	0,03	0,27	100,04
78	2,13	48,32	0,01	32,73	0,02	16,14	0,00	0,00	0,32	99,67
79	2,21	48,61	0,00	32,66	0,01	16,11	0,00	0,00	0,27	99,87
80	2,53	49,29	0,00	32,42	0,03	15,74	0,00	0,02	0,32	100,35
81	2,62	49,12	0,02	32,33	0,04	15,73	0,00	0,00	0,20	100,06
82	1,88	47,57	0,00	33,09	0,02	16,52	0,01	0,00	0,49	99,58
83	2,25	48,10	0,00	32,88	0,00	16,27	0,00	0,00	0,24	99,74
84	4,24	52,96	0,00	28,78	0,02	12,44	0,00	0,00	0,25	98,69
85	2,13	48,20	0,00	32,68	0,00	16,13	0,00	0,01	0,30	99,45
86	2,17	48,28	0,03	32,42	0,03	16,19	0,01	0,00	0,49	99,62
87	2,73	49,57	0,00	32,01	0,02	15,24	0,00	0,00	0,11	99,68
88	2,07	47,52	0,00	32,80	0,01	16,31	0,01	0,00	0,29	99,01
89	2,12	48,39	0,00	32,76	0,00	16,14	0,00	0,00	0,29	99,70
90	2,43	48,82	0,00	32,78	0,01	15,66	0,00	0,04	0,18	99,92
91	2,12	48,41	0,00	32,77	0,05	15,85	0,00	0,00	0,23	99,43
92	2,66	49,45	0,00	32,20	0,01	15,21	0,00	0,00	0,13	99,66
93	2,34	48,40	0,00	32,78	0,00	16,03	0,00	0,00	0,26	99,81
94	2,02	48,35	0,01	32,73	0,02	16,45	0,01	0,01	0,34	99,94
95	2,11	48,21	0,01	32,78	0,01	16,22	0,00	0,03	0,22	99,59
96	2,15	48,46	0,00	32,70	0,01	16,14	0,00	0,04	0,27	99,77
97	5,83	56,52	0,02	27,62	0,03	9,92	0,00	0,01	0,07	100,02
98	3,38	51,60	0,00	30,95	0,03	13,88	0,00	0,00	0,12	99,96
99	2,18	48,44	0,01	32,92	0,01	16,36	0,00	0,02	0,26	100,20
100	2,30	48,39	0,00	32,60	0,01	16,19	0,00	0,00	0,26	99,75
101	2,07	48,63	0,03	32,44	0,15	15,98	0,00	0,00	0,25	99,55
102	3,44	51,29	0,00	31,00	0,03	13,98	0,00	0,03	0,31	100,08

103	5,24	55,27	0,01	28,02	0,04	10,81	0,00	0,01	0,28	99,68
104	1,52	46,50	0,01	33,97	0,00	17,20	0,01	0,00	0,23	99,44
105	1,16	46,39	0,01	33,77	0,01	17,69	0,00	0,00	0,43	99,46
106	1,56	47,07	0,00	33,30	0,01	17,12	0,02	0,00	0,41	99,49
107	4,99	54,57	0,00	28,61	0,01	11,36	0,00	0,01	0,17	99,72
108	1,94	47,96	0,01	33,17	0,12	16,06	0,00	0,01	0,32	99,59
109	2,30	48,69	0,00	32,74	0,04	15,97	0,00	0,00	0,16	99,90
110	2,15	48,33	0,00	32,72	0,02	16,03	0,00	0,02	0,30	99,57
111	1,50	47,12	0,00	33,77	0,01	17,07	0,00	0,00	0,16	99,63
112	3,04	50,57	0,00	31,49	0,02	14,70	0,00	0,01	0,21	100,04
113	2,72	49,59	0,00	32,07	0,02	15,20	0,00	0,02	0,26	99,88
114	2,29	48,63	0,00	32,80	0,02	16,00	0,00	0,01	0,33	100,08
115	2,07	47,97	0,01	32,94	0,00	16,20	0,00	0,00	0,20	99,39
116	2,42	48,87	0,02	32,56	0,04	15,59	0,00	0,03	0,22	99,75
117	2,17	48,20	0,01	33,04	0,00	16,31	0,00	0,00	0,26	99,99
118	2,17	48,33	0,01	32,75	0,01	16,10	0,00	0,00	0,30	99,67
119	5,69	56,26	0,00	27,80	0,04	10,30	0,00	0,00	0,08	100,17
120	8,33	62,31	0,01	24,10	0,10	5,71	0,00	0,00	0,10	100,66
121	3,93	52,02	0,00	30,60	0,01	13,36	0,00	0,00	0,13	100,05
122	4,96	54,54	0,00	29,12	0,03	11,54	0,00	0,00	0,16	100,35
123	3,01	49,84	0,00	31,73	0,03	14,78	0,00	0,01	0,28	99,68
124	2,28	48,41	0,00	32,83	0,01	16,02	0,00	0,00	0,23	99,78
125	2,07	47,88	0,01	33,09	0,00	16,40	0,00	0,01	0,31	99,77
126	2,52	49,04	0,00	32,47	0,02	15,61	0,00	0,02	0,17	99,85
127	2,51	49,11	0,00	32,48	0,01	15,51	0,00	0,01	0,21	99,84
128	7,30	60,35	0,00	25,16	0,08	7,05	0,00	0,01	0,08	100,03
129	5,62	56,29	0,01	28,02	0,05	10,10	0,00	0,00	0,20	100,29
130	2,16	48,32	0,00	32,81	0,01	16,05	0,01	0,00	0,29	99,65
131	2,07	48,19	0,00	32,87	0,01	16,40	0,00	0,01	0,23	99,78
132	2,28	48,35	0,00	32,68	0,03	16,04	0,00	0,00	0,32	99,70

DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe
	0,13	0,26	0,02	0,34	0,02	0,21	0,01	0,03	0,07

EMPA-WDS: Análises em Olivina**Gabros Passo da Fabiana
Resultados em Óxidos
(wt%)****Amostra: GPF-3B (Px-Hbl
gabronorito)**

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	NiO	Total
168	0,01	37,76	39,81	0,01	0,02	0,01	0,01	0,43	22,06	0,00	0,01	100,13
167	0,01	37,44	40,53	0,01	0,00	0,01	0,02	0,38	21,69	0,00	0,00	100,09
166	0,01	37,48	40,11	0,01	0,00	0,01	0,00	0,40	21,65	0,00	0,04	99,67
165	0,01	37,61	40,24	0,00	0,01	0,01	0,01	0,38	21,69	0,00	0,02	99,95
164	0,02	37,89	40,11	0,01	0,01	0,01	0,01	0,40	21,96	0,01	0,08	100,43
162	0,01	37,88	39,45	0,01	0,00	0,02	0,01	0,41	22,58	0,01	0,03	100,37
163	0,01	37,21	39,46	0,01	0,00	0,02	0,03	0,36	22,55	0,00	0,03	99,64
116	0,00	37,54	39,33	0,01	0,00	0,00	0,01	0,40	22,78	0,00	0,03	100,07
115	0,02	37,64	39,33	0,00	0,01	0,02	0,00	0,39	23,10	0,00	0,03	100,51
110	0,02	37,43	39,45	0,01	0,00	0,02	0,02	0,43	22,97	0,00	0,02	100,35
69	0,01	37,63	39,69	0,01	0,00	0,01	0,03	0,36	22,35	0,00	0,01	100,10
72	0,02	38,02	39,49	0,01	0,00	0,00	0,01	0,39	22,68	0,01	0,01	100,62
61	0,02	37,39	39,14	0,00	0,01	0,01	0,03	0,42	23,05	0,01	0,04	100,06
60	0,02	38,11	40,20	0,00	0,00	0,03	0,01	0,38	22,06	0,01	0,04	100,80
92	0,01	37,80	39,71	0,01	0,02	0,02	0,01	0,40	22,64	0,02	0,03	100,61
77	0,01	37,75	39,65	0,01	0,00	0,01	0,01	0,40	22,28	0,01	0,04	100,12
78	0,00	37,62	39,51	0,01	0,02	0,02	0,01	0,43	22,47	0,00	0,06	100,08
79	0,02	37,60	39,45	0,02	0,00	0,03	0,01	0,41	22,69	0,00	0,03	100,22
80	0,00	37,96	39,78	0,01	0,01	0,02	0,04	0,40	22,26	0,00	0,03	100,47

41	0,01	37,28	39,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,41	22,79	0,01	0,01	99,57
42	0,02	38,36	39,61	0,03	0,00	0,02	0,02	0,38	22,33	0,02	0,03	100,77
11	0,00	37,72	39,64	0,00	0,00	0,03	0,02	0,45	22,26	0,01	0,06	100,12
10	0,02	37,67	39,02	0,02	0,00	0,04	0,04	0,42	23,13	0,00	0,02	100,35
30	0,01	37,70	39,67	0,02	0,01	0,01	0,01	0,39	22,62	0,00	0,03	100,42
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	Ni	
	0,02	0,32	0,50	0,02	0,01	0,02	0,02	0,05	0,29	0,02	0,08	

Amostra: GPF-105 (OI leucogabro)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	NiO	Total
1	0,00	39,22	40,55	0,00	0,00	0,03	0,00	0,35	19,71	0,00	0,05	99,86
2	0,02	39,23	39,98	0,00	0,00	0,01	0,01	0,38	20,46	0,00	0,04	100,09
3	0,00	39,05	39,27	0,00	0,00	0,02	0,01	0,39	21,50	0,04	0,01	100,24
4	0,00	38,75	39,57	0,00	0,00	0,06	0,00	0,37	21,04	0,04	0,01	99,79
23	0,00	38,52	40,31	0,00	0,00	0,02	0,03	0,36	20,51	0,00	0,00	99,75
24	0,01	38,16	40,25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,41	20,32	0,01	0,05	99,16
25	0,00	37,76	40,08	0,02	0,01	0,00	0,01	0,34	20,20	0,00	0,02	98,42
30	0,00	38,66	39,99	0,00	0,00	0,03	0,00	0,32	20,33	0,02	0,02	99,33
31	0,01	38,13	40,31	0,01	0,00	0,04	0,00	0,34	20,29	0,00	0,01	99,13
32	0,02	38,15	39,35	0,00	0,00	0,02	0,03	0,34	21,06	0,06	0,06	98,97
87	0,00	38,21	38,97	0,00	0,00	0,07	0,01	0,38	21,17	0,05	0,05	98,81
88	0,00	38,27	39,40	0,02	0,00	0,03	0,00	0,33	21,31	0,00	0,00	99,36
89	0,00	37,84	38,82	0,00	0,01	0,01	0,00	0,38	21,20	0,08	0,03	98,26
98	0,02	38,38	39,86	0,00	0,00	0,00	0,01	0,44	20,83	0,00	0,07	99,54
99	0,00	38,62	40,94	0,04	0,00	0,03	0,03	0,35	19,40	0,02	0,02	99,41
100	0,01	38,19	39,57	0,02	0,00	0,00	0,03	0,36	20,78	0,00	0,00	98,96
101	0,03	38,18	39,48	0,00	0,00	0,02	0,01	0,35	21,22	0,00	0,06	99,29
102	0,03	38,03	39,78	0,00	0,00	0,01	0,02	0,36	20,38	0,05	0,05	98,61
103	0,01	38,76	40,02	0,00	0,00	0,04	0,01	0,35	20,34	0,06	0,01	99,53

121	0,00	38,68	40,30	0,00	0,00	0,01	0,04	0,36	19,81	0,01	0,00	99,20
123	0,00	38,51	39,84	0,00	0,00	0,03	0,01	0,35	20,34	0,07	0,02	99,08
124	0,00	38,30	40,64	0,00	0,00	0,04	0,02	0,38	19,68	0,00	0,04	99,06
125	0,03	38,53	40,71	0,06	0,00	0,00	0,02	0,34	20,00	0,09	0,00	99,69
127	0,01	38,31	40,60	0,00	0,00	0,02	0,00	0,38	19,83	0,01	0,00	99,15
145	0,00	37,92	39,37	0,01	0,00	0,03	0,00	0,36	20,78	0,00	0,04	98,47
146	0,01	37,92	38,44	0,01	0,00	0,00	0,04	0,41	21,60	0,00	0,08	98,43
147	0,01	37,78	38,00	0,13	0,00	0,00	0,02	0,39	21,93	0,07	0,02	98,26
148	0,02	39,06	40,10	0,01	0,00	0,00	0,01	0,40	20,69	0,01	0,02	100,29
149	0,00	37,48	39,21	0,01	0,00	0,04	0,00	0,32	21,23	0,11	0,07	98,29
170	0,00	38,40	39,76	0,01	0,00	0,01	0,02	0,35	20,77	0,00	0,01	99,32
207	0,02	38,52	40,22	0,00	0,00	0,03	0,03	0,38	19,77	0,02	0,01	98,97
208	0,00	38,60	40,79	0,00	0,01	0,01	0,04	0,35	18,96	0,01	0,05	98,76
224	0,02	37,14	38,53	0,00	0,01	0,00	0,03	0,32	21,09	0,00	0,01	97,14
225	0,00	38,64	39,48	0,02	0,00	0,04	0,02	0,34	21,36	0,02	0,06	99,90
226	0,00	38,44	39,40	0,00	0,00	0,03	0,04	0,42	20,74	0,07	0,00	99,07
266	0,00	38,10	39,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,36	21,66	0,00	0,08	99,19
267	0,03	38,30	39,28	0,04	0,00	0,01	0,03	0,36	21,29	0,01	0,04	99,34
268	0,00	38,73	39,84	0,00	0,00	0,03	0,02	0,38	21,12	0,00	0,03	100,12
269	0,02	38,26	39,01	0,00	0,00	0,03	0,03	0,34	21,46	0,01	0,01	99,15
270	0,02	38,41	39,69	0,03	0,00	0,02	0,03	0,33	20,81	0,00	0,00	99,34
365	0,01	38,11	39,78	0,01	0,00	0,07	0,02	0,40	20,88	0,00	0,04	99,28
366	0,00	38,30	39,19	0,01	0,01	0,01	0,00	0,41	21,33	0,05	0,08	99,26
367	0,00	38,55	39,48	0,00	0,00	0,02	0,01	0,39	21,38	0,03	0,00	99,83
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	Ni	
	0,02	0,32	0,46	0,02	0,01	0,02	0,01	0,07	0,25	0,02	0,06	

EMPA-WDS: Análises em Ortopiroxênio**Gabbros Passo da Fabiana
Resultados in Óxidos (wt%)****Amostra: GPF-3B (Px-Hbl
gabronorito)**

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	Total
15	0,03	53,08	24,87	1,75	0,01	1,35	0,26	0,37	18,83	0,05	100,61
14	0,03	52,82	24,71	1,72	0,02	1,56	0,28	0,42	18,75	0,02	100,33
16	0,02	52,33	24,33	1,40	0,02	0,86	0,19	0,46	20,06	0,04	99,71
17	0,02	52,46	23,85	1,49	0,02	1,52	0,23	0,45	19,63	0,04	99,71
46	0,01	52,08	25,64	2,12	0,01	0,87	0,20	0,43	18,32	0,02	99,71
45	0,02	52,30	25,97	2,09	0,00	1,58	0,18	0,41	17,03	0,00	99,59
43	0,00	52,69	24,01	1,34	0,00	1,20	0,17	0,45	19,59	0,01	99,45
44	0,00	53,10	26,09	2,11	0,01	1,37	0,19	0,33	16,82	0,01	100,03
34	0,01	52,49	25,35	1,91	0,02	1,10	0,19	0,42	18,34	0,01	99,82
33	0,00	53,09	26,00	1,97	0,01	1,28	0,22	0,40	16,90	0,01	99,89
32	0,02	53,21	27,18	1,79	0,02	0,82	0,16	0,41	15,77	0,02	99,39
31	0,03	53,05	26,17	1,90	0,00	0,70	0,19	0,44	18,11	0,02	100,61
29	0,03	53,66	26,87	1,22	0,01	1,17	0,15	0,36	16,51	0,01	99,99
28	0,03	52,82	25,48	2,01	0,00	1,36	0,21	0,41	17,68	0,04	100,05
59	0,02	52,67	25,28	1,14	0,00	1,27	0,15	0,42	18,68	0,01	99,64
58	0,02	52,51	25,62	2,10	0,01	1,24	0,20	0,40	17,93	0,03	100,07
57	0,04	52,30	25,14	1,65	0,00	1,29	0,18	0,47	18,06	0,04	99,16
56	0,02	52,82	25,68	2,14	0,01	0,73	0,19	0,40	18,22	0,00	100,21
71	0,01	52,51	25,00	1,74	0,00	1,16	0,19	0,42	18,08	0,02	99,13
70	0,04	52,93	26,02	2,10	0,01	1,60	0,25	0,37	16,89	0,02	100,23
90	0,01	53,12	25,04	1,70	0,00	0,90	0,22	0,50	19,24	0,04	100,76
91	0,00	52,99	26,72	2,06	0,00	1,18	0,25	0,38	16,25	0,03	99,85
109	0,00	52,68	26,22	2,02	0,00	1,25	0,22	0,38	17,09	0,01	99,88

108	0,01	52,57	26,22	1,86	0,00	1,30	0,21	0,42	16,86	0,01	99,46
93	0,01	52,96	27,08	1,82	0,00	0,79	0,23	0,41	17,08	0,03	100,42
94	0,01	52,11	24,79	1,96	0,01	2,31	0,51	0,43	17,65	0,03	99,80
125	0,02	52,37	24,69	1,68	0,01	1,29	0,20	0,43	18,57	0,03	99,29
124	0,00	51,97	24,42	1,60	0,00	0,83	0,22	0,46	19,55	0,03	99,09
145	0,03	52,43	26,07	1,84	0,01	1,17	0,21	0,39	17,36	0,01	99,52
146	0,03	53,73	26,07	1,16	0,01	1,26	0,13	0,42	16,85	0,01	99,66
148	0,03	52,35	24,32	1,40	0,00	1,11	0,20	0,43	19,68	0,03	99,57
147	0,02	52,52	24,57	1,65	0,02	1,35	0,25	0,39	18,64	0,02	99,42
149	0,03	52,28	24,11	1,57	0,00	1,48	0,26	0,38	19,05	0,03	99,20
150	0,01	52,84	25,44	1,71	0,00	1,23	0,29	0,40	17,98	0,02	99,93
144	0,02	52,91	24,92	1,60	0,01	1,01	0,21	0,44	18,80	0,02	99,93
128	0,01	52,07	25,44	2,01	0,00	1,23	0,24	0,41	17,82	0,03	99,27
117	0,00	52,92	26,39	2,04	0,01	1,26	0,22	0,45	16,80	0,02	100,11
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	
	0,03	0,46	0,36	0,05	0,02	0,04	0,02	0,07	0,31	0,02	

Amostra: GPF-105 (OI leucogabro)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	Total
26	0,00	53,76	27,32	1,80	0,00	0,80	0,11	0,38	14,45	0,01	98,63
27	0,01	52,87	26,87	1,81	0,00	1,09	0,13	0,39	14,84	0,04	98,05
28	0,02	54,12	27,86	1,52	0,00	0,58	0,06	0,38	14,73	0,02	99,29
29	0,00	53,71	26,88	1,53	0,00	1,16	0,13	0,36	15,20	0,00	98,97
49	0,02	52,77	25,82	1,89	0,00	1,30	0,35	0,32	15,80	0,01	98,28
50	0,02	52,89	26,38	1,94	0,00	1,23	0,33	0,35	15,25	0,11	98,50
51	0,03	54,15	27,08	1,69	0,00	1,07	0,27	0,34	15,44	0,03	100,10
52	0,02	52,65	25,83	1,88	0,00	1,46	0,38	0,38	16,02	0,01	98,63
72	0,00	53,69	26,29	1,89	0,00	1,30	0,39	0,38	15,94	0,05	99,93
73	0,00	53,51	26,13	1,70	0,00	1,17	0,23	0,37	15,87	0,04	99,02

77	0,01	54,21	27,29	1,65	0,00	1,19	0,19	0,40	14,62	0,00	99,56
78	0,02	54,06	27,01	1,60	0,00	1,14	0,28	0,36	15,10	0,02	99,59
79	0,00	53,38	26,66	1,42	0,00	0,87	0,18	0,34	15,06	0,00	97,91
86	0,04	53,39	26,31	1,72	0,00	1,22	0,26	0,41	15,62	0,07	99,04
122	0,01	53,50	26,99	1,68	0,01	1,03	0,24	0,36	15,20	0,00	99,02
126	0,01	54,38	27,16	1,78	0,00	1,03	0,18	0,37	14,73	0,15	99,79
142	0,00	54,40	26,98	1,62	0,00	0,67	0,10	0,38	15,27	0,06	99,48
143	0,02	54,40	27,28	1,64	0,00	1,15	0,11	0,34	14,91	0,05	99,90
144	0,02	54,12	26,95	1,72	0,01	1,03	0,14	0,37	14,80	0,08	99,24
158	0,00	53,34	26,62	1,61	0,00	0,79	0,20	0,36	15,43	0,09	98,44
159	0,02	53,68	26,76	1,72	0,00	1,18	0,39	0,35	15,00	0,00	99,10
160	0,00	54,16	27,98	1,62	0,00	0,56	0,14	0,33	14,38	0,00	99,17
161	0,01	53,80	26,87	1,68	0,00	0,64	0,13	0,36	15,69	0,02	99,20
162	0,00	53,34	26,14	1,66	0,00	0,77	0,14	0,36	16,22	0,05	98,68
163	0,04	52,78	25,82	1,82	0,00	1,40	0,75	0,38	16,12	0,00	99,11
164	0,01	54,10	27,17	1,84	0,00	1,36	0,39	0,36	14,50	0,04	99,77
165	0,00	54,11	27,79	1,92	0,00	0,85	0,25	0,33	14,29	0,03	99,57
166	0,00	53,18	25,79	1,91	0,00	1,25	0,40	0,43	16,05	0,01	99,02
181	0,01	54,05	27,12	1,81	0,01	1,22	0,14	0,39	14,73	0,04	99,52
209	0,01	54,00	27,57	1,86	0,00	1,17	0,36	0,37	14,40	0,04	99,78
210	0,03	53,14	26,75	1,89	0,00	1,26	0,40	0,31	15,17	0,00	98,95
211	0,01	53,94	28,28	1,26	0,01	0,80	0,06	0,39	13,83	0,00	98,58
212	0,01	54,17	27,42	1,79	0,01	1,02	0,25	0,42	14,61	0,00	99,70
213	0,02	52,68	26,02	2,05	0,01	1,44	0,36	0,30	15,50	0,00	98,38
214	0,02	53,61	26,80	1,89	0,00	1,21	0,37	0,35	15,66	0,02	99,93
215	0,05	53,89	26,52	2,09	0,00	1,84	0,40	0,44	14,63	0,08	99,94
216	0,05	52,30	25,58	1,96	0,00	1,62	0,35	0,34	15,40	0,06	97,66
217	0,00	53,07	26,33	1,60	0,00	1,01	0,11	0,36	15,76	0,02	98,26
218	0,03	52,68	26,19	1,75	0,00	1,28	0,41	0,37	15,41	0,00	98,12
219	0,01	53,86	26,85	1,79	0,00	1,50	0,54	0,41	15,00	0,00	99,96

220	0,04	54,32	27,09	1,86	0,00	1,26	0,37	0,41	14,42	0,00	99,77
221	0,00	53,70	26,54	1,72	0,00	1,24	0,26	0,35	15,43	0,08	99,32
222	0,01	53,44	26,29	1,85	0,00	1,43	0,38	0,38	15,49	0,10	99,37
223	0,02	53,94	26,76	1,84	0,00	1,37	0,44	0,37	15,26	0,13	100,13
227	0,03	53,67	26,24	1,84	0,00	1,28	0,38	0,32	15,91	0,13	99,80
262	0,02	54,27	27,29	1,71	0,00	1,10	0,28	0,33	14,94	0,08	100,02
263	0,01	54,21	27,20	1,88	0,00	1,20	0,31	0,36	14,90	0,03	100,10
264	0,02	53,69	26,47	1,74	0,01	1,39	0,45	0,37	15,16	0,05	99,35
265	0,03	53,75	27,07	1,67	0,01	1,01	0,18	0,36	14,78	0,01	98,87
283	0,03	53,44	25,92	1,77	0,00	1,13	0,34	0,38	16,26	0,08	99,35
284	0,02	53,33	26,06	1,89	0,00	1,27	0,37	0,35	15,74	0,00	99,03
285	0,03	53,70	26,16	1,64	0,00	1,19	0,28	0,37	15,49	0,14	99,00
286	0,00	54,04	26,28	1,82	0,00	1,35	0,27	0,39	15,39	0,00	99,54
287	0,00	53,92	26,63	1,63	0,00	1,19	0,23	0,41	15,65	0,00	99,66
288	0,04	54,53	28,17	1,12	0,00	0,81	0,13	0,39	14,02	0,02	99,23
289	0,00	54,16	27,53	1,67	0,00	0,76	0,18	0,36	15,14	0,00	99,80
316	0,02	54,60	26,75	1,54	0,00	0,94	0,18	0,35	15,50	0,00	99,88
317	0,00	55,07	28,55	1,21	0,00	0,45	0,11	0,30	14,31	0,02	100,02
440	0,04	52,62	25,96	2,12	0,00	1,58	0,37	0,35	15,62	0,04	98,70
441	0,03	52,82	26,14	1,81	0,00	1,31	0,43	0,38	15,67	0,07	98,66
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	
	0,03	0,48	0,38	0,04	0,01	0,03	0,03	0,08	0,34	0,02	

**Diorito Capim Branco
Resultados em Óxidos
(wt%)**

DP (%): desvio padrão médio wt%

Amostra: GPF-79 (Hbl gabro)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	Total
38	0,07	56,54	22,71	1,05	0,02	0,91	0,06	0,67	15,53	0,00	97,56
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	
	0,04	0,28	0,26	0,05	0,02	0,05	0,03	0,08	0,39	0,06	

EMPA-WDS: Análises em Clinopiroxênio

**Gabros Passo da Fabiana
Resultados em Óxidos
(wt%)**

**Amostra: GPF-3B (Px-Hbl
gabronorito)**

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	Total
161	0,25	51,30	15,60	2,63	0,01	18,01	0,46	0,27	10,36	0,16	99,04
160	0,44	49,95	14,28	3,42	0,14	20,53	0,70	0,19	8,61	0,04	98,31
143	0,26	50,98	14,68	2,44	0,01	20,16	0,47	0,28	9,96	0,12	99,36
142	0,38	50,11	13,94	3,46	0,00	21,01	0,70	0,34	8,56	0,19	98,69
113	0,26	52,26	16,15	1,96	0,00	17,91	0,30	0,29	10,66	0,05	99,84
94	0,28	51,07	14,33	2,94	0,01	22,52	0,65	0,23	7,41	0,08	99,52
93	0,29	50,74	14,02	2,78	0,00	22,21	0,57	0,22	8,08	0,04	98,96
51	0,53	50,31	14,49	3,91	0,15	19,88	0,80	0,19	8,52	0,10	98,89
54	0,47	49,72	14,46	3,82	0,01	20,32	0,76	0,20	7,97	0,18	97,91

55	0,32	50,92	14,35	2,92	0,01	22,05	0,56	0,26	7,79	0,06	99,22
68	0,31	50,98	15,38	2,94	0,07	18,87	0,62	0,26	9,61	0,16	99,20
47	0,26	51,23	14,66	2,84	0,00	22,81	0,57	0,13	6,68	0,12	99,30
48	0,27	51,69	14,51	2,04	0,00	22,37	0,40	0,28	7,62	0,05	99,23
40	0,37	50,92	14,82	3,13	0,01	21,79	0,72	0,21	7,31	0,02	99,29
39	0,41	50,05	14,56	3,19	0,10	20,71	0,65	0,21	8,31	0,07	98,27
7	0,38	50,27	14,47	3,32	0,05	20,78	0,71	0,16	8,31	0,06	98,51
8	0,30	51,53	14,35	2,17	0,01	22,27	0,34	0,25	8,32	0,05	99,59
4	0,46	50,29	14,97	3,63	0,03	21,39	0,73	0,22	6,96	0,23	98,92
3	0,54	50,89	14,78	3,68	0,08	20,22	0,62	0,16	8,07	0,23	99,25
13	0,44	50,37	14,79	3,79	0,10	20,78	0,72	0,24	7,68	0,15	99,07
12	0,47	50,36	14,92	3,70	0,01	19,72	0,67	0,16	8,35	0,40	98,75
2	0,30	51,39	15,49	3,02	0,00	18,76	0,72	0,28	9,89	0,02	99,87
1	0,30	51,60	14,63	2,73	0,01	22,05	0,45	0,24	7,92	0,05	99,99
27	0,27	51,06	15,56	2,66	0,01	17,74	0,50	0,25	10,95	0,09	99,10
26	0,36	50,62	14,46	3,02	0,00	22,08	0,67	0,23	7,61	0,06	99,11
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	
	0,05	0,44	0,23	0,06	0,02	0,21	0,03	0,06	0,21	0,03	

Amostra: GPF-105 (OI leucogabro)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	Total
9	0,40	49,54	14,62	3,61	0,00	21,03	0,92	0,21	7,96	0,12	98,41
10	0,42	50,21	14,26	3,55	0,01	22,36	0,94	0,22	7,23	0,07	99,27
11	0,44	49,83	15,02	3,71	0,01	20,97	1,00	0,20	7,41	0,09	98,68
17	0,37	50,57	14,63	3,02	0,00	21,55	0,61	0,22	7,84	0,09	98,90
18	0,40	50,73	14,53	3,26	0,00	21,65	0,60	0,24	7,60	0,16	99,17
19	0,42	50,95	15,17	3,12	0,00	20,37	0,51	0,19	8,25	0,13	99,11
34	0,40	50,39	14,65	3,21	0,00	21,43	0,69	0,15	7,89	0,08	98,89
35	0,92	47,27	14,35	6,17	0,51	17,92	1,24	0,16	8,62	0,15	97,31

36	0,39	50,11	14,77	3,33	0,00	20,75	0,67	0,21	8,03	0,07	98,33
53	0,46	49,90	14,28	3,26	0,00	22,26	0,61	0,21	7,38	0,16	98,52
54	0,47	50,77	14,49	3,04	0,01	21,83	0,47	0,13	7,73	0,08	99,02
55	0,44	51,02	14,58	3,18	0,00	21,48	0,56	0,22	7,79	0,18	99,45
56	0,39	50,54	14,72	3,04	0,01	21,69	0,56	0,18	7,60	0,01	98,74
57	0,42	50,13	14,78	3,38	0,05	20,56	0,56	0,21	7,71	0,21	98,01
58	0,35	50,53	14,69	3,33	0,00	21,03	0,63	0,17	8,04	0,10	98,87
59	0,40	50,94	14,67	3,20	0,01	21,48	0,62	0,16	7,11	0,11	98,70
63	0,39	50,84	14,26	3,09	0,00	21,91	0,55	0,25	7,57	0,19	99,05
64	0,42	50,59	14,74	3,56	0,00	20,88	0,84	0,21	7,76	0,12	99,12
65	0,34	50,94	15,28	3,34	0,01	20,51	0,63	0,18	7,79	0,23	99,25
69	0,51	50,38	15,35	3,62	0,05	20,28	0,66	0,21	7,63	0,13	98,82
70	0,42	50,39	14,66	3,06	0,00	21,27	0,49	0,21	7,78	0,02	98,30
71	0,35	51,24	15,99	2,90	0,00	18,91	0,60	0,22	9,03	0,11	99,35
90	0,35	51,18	15,61	3,26	0,00	20,16	0,67	0,17	7,79	0,18	99,37
106	0,39	50,23	14,36	3,53	0,00	21,02	0,81	0,23	8,15	0,06	98,78
107	0,43	50,49	14,90	3,38	0,01	20,74	0,72	0,20	7,80	0,18	98,85
109	0,33	50,88	14,63	2,85	0,00	21,19	0,63	0,23	7,79	0,00	98,53
110	0,44	50,97	15,56	3,27	0,04	19,71	0,61	0,24	8,31	0,13	99,28
113	0,40	50,07	15,04	3,45	0,00	20,46	0,80	0,21	8,32	0,13	98,88
114	0,39	50,83	14,86	3,11	0,01	21,55	0,76	0,23	7,70	0,06	99,50
115	0,45	50,46	14,58	3,35	0,00	21,23	0,80	0,22	7,99	0,06	99,14
116	0,42	50,52	14,86	3,37	0,00	20,93	0,79	0,24	7,55	0,15	98,83
117	0,40	50,46	14,53	3,24	0,00	22,01	0,61	0,16	7,14	0,04	98,59
118	0,34	50,69	15,15	3,21	0,00	20,47	0,61	0,25	8,29	0,10	99,11
119	0,43	49,54	14,72	3,63	0,00	20,86	0,80	0,19	8,05	0,10	98,32
120	0,37	50,62	15,02	3,34	0,00	21,14	0,70	0,17	7,79	0,11	99,26
150	0,42	50,49	15,08	3,49	0,01	20,53	0,76	0,20	7,57	0,10	98,65
151	0,40	50,86	14,65	3,14	0,00	21,75	0,61	0,18	7,22	0,00	98,81
152	0,41	50,96	14,79	3,33	0,00	21,43	0,63	0,24	7,96	0,09	99,84

153	0,36	50,75	15,05	3,23	0,00	20,74	0,58	0,21	7,80	0,04	98,76
154	0,44	50,61	14,33	3,54	0,00	22,23	0,64	0,20	7,16	0,15	99,30
155	0,44	50,93	15,04	3,23	0,01	20,91	0,53	0,18	7,69	0,19	99,15
156	0,41	50,74	14,98	3,26	0,00	21,09	0,60	0,21	7,59	0,17	99,05
157	0,28	50,94	15,09	3,26	0,00	20,89	0,60	0,22	7,78	0,15	99,21
167	0,47	49,43	14,26	3,70	0,00	21,69	0,91	0,20	7,92	0,18	98,76
168	0,43	50,85	14,80	3,30	0,00	21,47	0,63	0,21	7,80	0,19	99,68
169	0,47	49,77	14,17	3,70	0,00	21,98	0,88	0,22	7,68	0,12	98,99
174	0,37	50,92	15,08	3,05	0,00	21,10	0,49	0,18	8,09	0,03	99,31
175	0,41	50,99	14,54	3,09	0,01	21,86	0,59	0,19	7,03	0,25	98,96
176	0,40	50,50	15,34	3,51	0,00	20,11	0,82	0,15	8,54	0,09	99,46
177	0,47	51,05	14,76	3,10	0,00	20,87	0,74	0,18	8,04	0,15	99,36
178	0,44	51,02	14,74	2,89	0,00	21,85	0,45	0,17	7,93	0,06	99,55
179	0,40	50,52	14,66	3,30	0,00	21,18	0,61	0,24	7,66	0,12	98,69
180	0,40	50,87	14,43	2,99	0,00	21,65	0,55	0,20	7,70	0,12	98,91
188	0,42	51,15	15,26	3,30	0,00	20,36	0,66	0,23	7,91	0,16	99,45
189	0,43	50,42	14,78	3,15	0,01	20,98	0,74	0,23	8,16	0,19	99,09
190	0,49	50,67	14,33	3,42	0,00	21,66	0,74	0,20	7,74	0,04	99,29
191	0,43	51,37	15,06	2,85	0,00	20,99	0,50	0,26	7,73	0,17	99,36
192	0,40	51,03	14,48	2,74	0,00	21,93	0,39	0,16	7,43	0,00	98,56
193	0,34	51,21	15,41	3,20	0,00	19,91	0,75	0,23	8,40	0,13	99,58
246	0,24	50,59	14,76	1,63	0,00	22,57	0,59	0,17	9,45	0,21	100,21
247	0,21	52,02	14,86	1,90	0,00	23,24	0,43	0,23	6,55	0,08	99,52
248	0,38	50,97	14,82	3,10	0,00	21,02	0,55	0,16	7,98	0,10	99,08
249	0,36	51,00	15,88	3,12	0,00	19,33	0,70	0,20	8,48	0,12	99,19
250	0,34	51,04	15,27	3,00	0,00	20,30	0,58	0,16	8,05	0,10	98,84
251	0,37	50,83	15,18	3,10	0,00	20,62	0,62	0,20	7,83	0,11	98,86
252	0,43	51,00	14,85	3,36	0,00	21,36	0,63	0,18	7,37	0,20	99,38
253	0,39	50,74	14,49	3,16	0,00	21,53	0,62	0,26	7,75	0,15	99,09
254	0,39	51,01	14,75	2,97	0,00	21,49	0,60	0,22	7,57	0,04	99,04

255	0,54	50,54	15,28	3,75	0,09	19,50	0,68	0,21	8,03	0,20	98,82
256	0,39	50,80	15,63	3,21	0,00	19,56	0,61	0,18	8,50	0,16	99,04
277	0,37	51,11	15,03	3,18	0,00	21,09	0,56	0,17	7,55	0,10	99,16
278	0,41	51,25	14,65	2,97	0,00	21,70	0,68	0,15	7,37	0,12	99,30
279	0,38	51,11	14,69	2,81	0,00	22,06	0,47	0,21	6,75	0,14	98,62
280	0,37	49,66	15,02	3,74	0,02	19,82	0,99	0,16	7,96	0,11	97,85
281	0,57	50,22	15,13	4,02	0,00	19,64	0,90	0,18	7,59	0,19	98,44
282	0,37	50,59	14,86	3,13	0,00	21,37	0,70	0,20	7,94	0,15	99,31
318	0,35	50,17	14,38	3,53	0,00	21,54	0,70	0,26	7,77	0,17	98,87
319	0,32	50,50	15,51	3,31	0,00	20,53	0,67	0,18	8,40	0,23	99,65
321	0,39	51,02	15,48	3,11	0,00	20,65	0,58	0,16	8,03	0,16	99,58
322	0,43	51,32	14,86	3,34	0,00	20,58	0,75	0,23	7,85	0,15	99,51
324	0,38	50,84	15,57	3,26	0,00	20,20	0,64	0,22	8,12	0,06	99,29
325	0,37	51,02	14,79	3,13	0,00	21,99	0,65	0,22	7,42	0,07	99,66
326	0,39	50,79	14,68	3,38	0,00	21,53	0,75	0,20	7,65	0,06	99,43
327	0,42	51,38	14,82	3,17	0,00	21,18	0,64	0,21	7,72	0,15	99,69
328	0,32	51,63	15,50	2,81	0,00	20,25	0,54	0,19	8,26	0,08	99,58
329	0,35	50,29	15,46	3,39	0,00	19,34	0,82	0,18	9,14	0,13	99,10
330	0,55	49,76	14,38	3,61	0,00	21,00	0,89	0,24	7,96	0,29	98,68
331	0,39	50,78	14,80	3,14	0,00	21,51	0,61	0,17	7,63	0,10	99,13
332	0,43	50,88	14,20	3,39	0,00	22,30	0,59	0,21	6,95	0,03	98,98
333	0,50	50,39	14,75	3,77	0,01	20,44	0,85	0,16	7,38	0,17	98,42
334	0,37	51,85	14,44	2,60	0,00	22,39	0,36	0,21	7,18	0,20	99,60
335	0,42	50,08	14,85	3,68	0,00	20,58	0,81	0,19	8,13	0,14	98,88
336	0,30	51,18	15,48	2,85	0,00	20,00	0,68	0,27	8,92	0,23	99,91
337	0,37	51,20	14,95	3,07	0,00	21,28	0,56	0,13	7,88	0,16	99,60
338	0,31	50,92	15,49	2,69	0,00	20,34	0,68	0,26	9,17	0,11	99,97
339	0,33	51,34	15,49	2,68	0,00	20,79	0,64	0,24	8,31	0,19	100,01
340	0,30	51,15	15,51	2,75	0,00	20,85	0,65	0,19	8,01	0,14	99,55
341	0,36	51,14	14,71	3,05	0,00	21,77	0,69	0,17	7,49	0,14	99,52

342	0,42	51,01	14,81	3,21	0,00	21,18	0,63	0,24	8,05	0,09	99,64
343	0,42	50,73	14,66	3,41	0,00	21,48	0,84	0,19	7,58	0,00	99,31
344	0,37	50,17	15,44	3,36	0,02	19,41	0,76	0,14	7,69	0,13	97,49
345	0,40	50,69	15,01	3,39	0,00	20,86	0,76	0,20	7,81	0,12	99,24
346	0,37	51,05	15,42	3,27	0,00	20,71	0,62	0,18	8,00	0,05	99,67
347	0,40	50,07	14,19	3,34	0,00	22,18	0,63	0,21	7,52	0,13	98,67
348	0,41	49,90	14,63	3,77	0,00	20,87	0,93	0,17	8,19	0,12	98,99
349	0,40	50,68	15,24	3,36	0,00	20,75	0,76	0,20	7,62	0,17	99,18
350	0,28	50,53	15,42	3,07	0,00	20,27	0,59	0,23	8,54	0,11	99,04
351	0,44	50,33	14,27	3,47	0,01	21,58	0,72	0,28	7,31	0,22	98,63
352	0,41	50,36	14,69	3,06	0,01	21,49	0,54	0,22	7,71	0,08	98,57
353	0,34	51,18	14,99	3,52	0,02	21,03	0,68	0,22	7,21	0,06	99,25
354	0,41	51,03	15,27	3,15	0,00	20,60	0,63	0,27	8,03	0,16	99,55
355	0,39	51,50	14,77	2,88	0,00	21,60	0,39	0,17	7,20	0,10	99,00
356	0,46	50,38	14,87	3,27	0,00	20,87	0,58	0,21	8,12	0,19	98,95
357	0,41	50,89	14,59	2,87	0,00	21,85	0,43	0,23	7,61	0,15	99,03
358	0,38	50,90	15,02	3,30	0,00	20,12	0,56	0,19	8,53	0,11	99,11
359	0,37	50,28	14,81	3,50	0,00	21,02	0,79	0,26	8,06	0,20	99,29
360	0,36	51,16	14,57	2,66	0,00	21,43	0,55	0,20	7,86	0,00	98,79
361	0,28	50,95	14,66	2,73	0,00	21,13	0,64	0,25	8,28	0,15	99,07
362	0,36	51,20	15,19	3,04	0,00	20,71	0,68	0,26	8,08	0,06	99,58
363	0,39	50,46	15,19	3,16	0,00	20,83	0,73	0,17	8,11	0,09	99,13
364	0,32	50,57	15,12	3,15	0,00	20,91	0,71	0,23	8,03	0,13	99,17
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	
	0,04	0,42	0,21	0,05	0,02	0,23	0,04	0,04	0,19	0,02	

Amostra: GPF-13 (Hbl gabro)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	Total
2	0,30	52,94	14,16	1,56	0,01	23,21	0,35	0,31	7,32	0,06	100,22
4	0,36	52,27	14,04	1,15	0,00	22,03	0,19	0,39	8,30	0,00	98,72
5	0,39	52,50	14,02	1,35	0,01	22,85	0,25	0,39	7,96	0,08	99,80
6	0,32	52,61	14,03	1,44	0,01	22,39	0,26	0,37	8,00	0,04	99,46
7	0,29	52,02	12,98	4,21	0,07	19,95	0,25	0,32	7,99	0,08	98,15
11	0,29	52,78	15,40	1,75	0,01	22,32	0,35	0,33	6,44	0,03	99,71
12	0,47	51,89	14,82	3,62	0,14	20,42	0,67	0,30	7,57	0,11	100,01
13	0,38	52,37	14,49	1,91	0,05	21,48	0,40	0,33	8,13	0,10	99,65
14	0,28	52,38	14,16	1,91	0,01	23,04	0,44	0,32	7,02	0,02	99,58
15	0,34	53,00	14,79	1,90	0,00	21,38	0,32	0,31	7,29	0,01	99,34
16	0,34	52,21	14,77	2,75	0,03	22,09	0,53	0,31	6,96	0,00	100,00
17	0,35	52,46	14,78	2,12	0,00	23,04	0,55	0,30	6,24	0,19	100,03
18	0,31	52,07	14,44	2,32	0,01	22,86	0,57	0,32	6,83	0,04	99,77
19	0,35	52,31	14,69	2,44	0,01	21,88	0,55	0,29	7,15	0,15	99,83
21	0,63	53,38	13,64	1,54	0,00	21,98	0,17	0,41	7,79	0,06	99,60
22	0,50	51,46	15,02	3,47	0,03	19,72	0,55	0,30	7,44	0,52	99,01
23	0,30	52,22	15,57	2,74	0,00	22,15	0,48	0,24	6,05	0,25	100,01
24	0,32	52,59	14,15	2,10	0,01	22,79	0,36	0,31	7,64	0,30	100,57
25	0,32	51,43	15,55	3,25	0,02	20,72	0,45	0,15	6,44	0,23	98,56
26	0,40	52,90	16,20	3,16	0,00	20,07	0,51	0,20	6,43	0,37	100,23
27	0,49	51,48	14,43	3,44	0,07	20,81	0,59	0,24	7,32	0,41	99,28
28	0,37	52,84	16,62	3,17	0,03	18,82	0,51	0,21	6,89	0,28	99,73
29	0,39	51,86	15,29	3,37	0,00	21,24	0,59	0,21	6,36	0,57	99,87
30	0,42	51,84	14,89	2,77	0,05	20,41	0,49	0,26	7,38	0,21	98,72
31	0,41	52,43	15,07	2,58	0,07	20,14	0,43	0,31	7,66	0,22	99,30
32	0,38	51,59	14,10	2,60	0,05	22,11	0,58	0,25	7,72	0,16	99,54

33	0,50	51,62	14,87	3,30	0,16	19,39	0,62	0,28	8,18	0,25	99,16
34	0,47	51,46	15,17	5,28	0,13	17,44	0,76	0,28	8,86	0,19	100,04
35	0,47	52,27	14,59	3,62	0,12	20,06	0,60	0,23	8,17	0,33	100,46
36	0,30	52,32	14,45	2,21	0,02	22,45	0,49	0,26	6,73	0,00	99,22
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	
	0,06	0,44	0,20	0,07	0,02	0,23	0,03	0,07	0,22	0,06	

Diorito Capim Branco
Resultados em Óxidos
(wt%)

DP (%): desvio padrão médio wt%

Amostra: GPF-79 (Hbl gabro)

Análise	Na ₂ O	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO	Cr ₂ O ₃	Total
6	0,35	52,79	15,12	2,39	0,03	21,40	0,52	0,25	6,92	0,03	99,80
12	0,35	53,12	14,05	1,29	0,00	22,15	0,17	0,41	8,41	0,02	99,97
15	0,30	53,19	14,00	1,10	0,00	22,37	0,18	0,37	8,19	0,00	99,70
16	0,27	53,80	14,23	0,98	0,01	22,45	0,16	0,40	8,07	0,03	100,40
17	0,30	53,62	13,82	1,03	0,00	23,18	0,16	0,34	7,92	0,01	100,38
18	0,21	53,79	14,47	0,75	0,00	22,78	0,11	0,38	7,53	0,00	100,02
19	0,23	53,60	13,83	0,65	0,00	23,72	0,05	0,40	7,54	0,06	100,08
20	0,24	53,47	13,85	0,78	0,00	23,64	0,11	0,37	7,25	0,00	99,71
21	0,35	53,16	14,08	1,18	0,00	22,79	0,23	0,34	7,89	0,03	100,05
22	0,31	53,14	14,80	2,10	0,04	21,37	0,39	0,31	7,51	0,00	99,97
23	0,31	52,74	14,10	2,17	0,01	23,02	0,51	0,33	6,96	0,00	100,15
24	0,38	52,80	14,62	1,68	0,05	21,00	0,39	0,33	7,57	0,00	98,82
25	0,51	51,81	15,19	4,34	0,19	15,33	0,78	0,25	10,04	0,00	98,44
26	0,31	53,20	15,05	1,86	0,01	22,82	0,42	0,23	5,57	0,05	99,52
27	0,29	53,60	14,28	1,23	0,00	22,55	0,22	0,30	8,04	0,00	100,51

28	0,45	52,11	15,23	3,40	0,09	20,19	0,72	0,18	6,79	0,01	99,17
30	0,32	53,01	14,12	1,92	0,02	22,04	0,39	0,28	7,70	0,02	99,82
33	0,29	53,18	14,60	1,15	0,01	21,77	0,19	0,34	8,49	0,00	100,02
35	0,07	56,50	21,79	1,07	0,00	2,59	0,09	0,66	15,06	0,03	97,86
36	0,10	56,56	21,52	1,49	0,03	4,67	0,06	0,68	13,82	0,01	98,94
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	
	0,05	0,27	0,18	0,08	0,01	0,26	0,03	0,07	0,26	0,02	

EMPA-WDS: Análises em Anfibólio
**Gabros Passo da Fabiana
Resultados em Óxidos
(wt%)**
**Amostra: GPF-3B (Px-Hbl
gabronorito)**

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
18	1,76	42,04	12,84	11,68	0,87	11,70	2,73	0,13	12,73	96,47
19	1,87	42,30	12,97	11,79	0,81	11,68	2,85	0,14	13,05	97,46
20	1,67	42,29	13,62	11,52	1,01	11,77	2,37	0,10	12,05	96,40
21	1,79	41,73	13,56	12,31	0,88	11,60	2,63	0,14	11,91	96,56
22	2,02	42,20	15,08	12,89	0,84	11,50	1,86	0,15	10,37	96,92
84	1,68	42,45	12,65	11,40	0,82	11,49	2,28	0,13	13,73	96,63
83	1,53	43,11	13,27	10,68	0,94	11,75	1,90	0,17	13,05	96,39
89	1,68	42,36	13,25	11,45	0,96	11,67	2,49	0,13	12,82	96,81
95	1,75	42,23	13,34	11,51	0,85	11,51	2,78	0,15	12,23	96,35

98	1,91	41,81	13,15	11,90	0,81	11,42	3,12	0,16	12,30	96,59
88	1,79	41,91	12,66	11,93	0,85	11,63	2,86	0,12	12,86	96,61
87	1,65	43,02	13,28	11,19	0,88	11,57	2,20	0,17	13,03	96,98
86	1,21	45,20	14,31	9,34	0,73	11,48	1,53	0,15	12,54	96,49
85	1,45	43,18	13,31	10,75	0,92	11,71	1,99	0,15	12,97	96,41
111	1,86	41,83	12,79	11,75	0,88	11,69	3,08	0,16	12,62	96,65
104	1,51	43,41	13,72	10,19	0,81	11,68	1,87	0,15	12,69	96,04
103	1,42	43,49	13,50	10,55	0,88	11,85	2,24	0,15	12,55	96,63
102	1,32	45,24	14,18	9,40	0,77	11,86	1,81	0,16	12,29	97,04
107	1,63	42,42	12,83	11,60	1,00	11,82	2,42	0,16	13,22	97,09
106	1,61	42,54	13,00	11,36	0,91	11,85	2,58	0,18	12,89	96,91
105	1,48	43,13	13,40	11,10	0,99	11,83	2,43	0,10	12,37	96,83
133	1,78	41,35	12,86	11,86	0,97	11,77	2,38	0,14	13,29	96,40
132	1,76	41,96	13,03	12,02	0,81	11,66	2,70	0,13	12,62	96,68
131	1,80	42,44	13,06	11,37	0,83	11,58	2,55	0,14	12,44	96,21
130	1,73	42,60	13,57	11,50	0,88	11,57	2,37	0,17	12,55	96,94
129	1,66	42,31	12,81	11,24	0,89	11,71	2,34	0,14	13,29	96,40
121	1,45	43,75	13,01	10,88	0,87	11,65	2,01	0,16	13,46	97,24
122	0,87	48,58	15,89	7,15	0,49	12,23	1,13	0,13	10,68	97,15
123	0,95	45,01	14,69	10,23	0,73	11,46	1,08	0,19	11,70	96,04
126	1,77	41,89	12,70	11,90	1,00	11,74	2,85	0,13	13,04	97,02
158	1,46	43,34	13,53	10,85	0,90	11,82	2,28	0,15	12,58	96,90
155	1,58	42,76	13,22	11,47	0,98	11,70	2,44	0,15	12,34	96,62
154	1,69	41,96	12,91	11,57	0,84	11,63	2,87	0,16	12,58	96,21
139	1,84	42,05	12,95	11,67	0,82	11,77	2,93	0,14	12,48	96,63
112	1,61	42,03	12,36	11,57	1,00	11,67	2,53	0,12	13,50	96,41
159	1,73	42,02	12,86	11,65	0,88	11,75	2,89	0,13	12,43	96,34
156	1,77	41,98	13,06	11,68	0,87	11,68	2,80	0,15	12,26	96,26
157	1,70	42,34	13,09	11,63	0,89	11,75	2,92	0,11	12,01	96,43
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	

0,10 0,36 0,17 0,14 0,04 0,16 0,05 0,05 0,27

Amostra: GPF-105 (OI leucogabro)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
20	1,91	41,29	13,65	12,23	1,18	11,78	2,37	0,12	11,17	95,70
21	2,05	41,52	13,70	12,00	1,02	11,47	2,54	0,14	11,00	95,43
22	1,98	42,10	14,47	12,14	1,16	11,59	2,08	0,18	10,25	95,93
96	2,01	41,46	13,18	12,23	1,09	11,49	2,45	0,10	11,68	95,69
97	1,98	42,63	14,39	11,72	1,09	11,97	2,46	0,13	9,64	96,00
104	1,85	41,90	13,65	11,88	1,13	11,54	2,15	0,13	11,44	95,67
105	1,99	41,80	13,96	12,05	1,07	11,67	2,47	0,14	10,63	95,78
111	2,02	42,24	13,98	11,76	1,06	11,82	2,09	0,09	11,33	96,38
112	1,99	41,93	13,46	11,97	1,06	11,74	2,50	0,17	11,44	96,27
128	1,98	42,07	14,44	12,36	1,12	12,05	2,02	0,12	10,16	96,31
135	2,04	41,63	13,29	11,95	0,98	11,63	2,67	0,16	11,09	95,45
171	1,89	42,15	13,40	11,92	1,11	11,70	2,52	0,13	11,16	95,98
172	1,94	41,41	13,41	12,21	1,10	11,89	2,55	0,12	11,29	95,93
173	1,96	41,92	13,32	11,94	1,06	12,11	2,54	0,12	11,49	96,46
198	1,77	42,32	13,49	12,20	1,07	12,05	2,11	0,17	11,21	96,39
199	1,98	41,62	13,53	11,98	1,05	11,65	2,47	0,13	11,43	95,83
200	2,02	42,06	13,59	11,80	1,07	12,04	2,61	0,14	11,14	96,46
201	1,99	41,70	13,67	12,08	1,08	11,78	2,35	0,11	11,42	96,17
202	2,17	41,53	13,54	11,86	0,97	11,68	3,11	0,13	11,13	96,13
203	2,16	41,75	13,79	11,77	1,01	11,81	2,71	0,15	11,25	96,38
204	2,06	41,38	13,42	12,10	0,95	11,89	3,04	0,12	11,22	96,18
205	2,07	41,23	13,77	11,96	1,08	11,78	2,69	0,12	11,14	95,85
206	2,19	40,93	13,43	12,28	0,98	11,78	3,00	0,11	11,24	95,93
236	1,96	42,10	13,27	11,90	1,07	11,82	2,44	0,14	11,76	96,45
237	1,91	41,97	13,42	12,01	1,11	11,71	2,34	0,07	11,66	96,20

238	2,07	41,85	13,81	11,81	1,04	11,64	2,93	0,11	11,17	96,44
239	1,91	41,63	13,35	12,09	1,11	11,86	2,54	0,12	11,35	95,95
240	1,94	41,65	13,33	11,91	1,10	11,92	2,36	0,15	11,68	96,04
241	2,03	42,38	13,82	11,68	1,10	11,84	2,46	0,12	11,34	96,78
242	2,19	41,84	13,63	12,06	0,97	11,57	2,84	0,10	11,56	96,75
243	2,09	42,03	13,92	11,86	0,96	11,70	2,71	0,11	11,37	96,76
257	2,05	41,90	14,05	12,04	1,11	11,96	2,22	0,12	10,90	96,35
258	2,16	41,30	13,37	12,17	0,96	11,56	2,80	0,13	11,45	95,90
259	1,93	41,87	13,90	11,80	1,15	11,98	2,24	0,09	11,42	96,37
260	2,28	41,50	14,04	11,68	0,80	11,63	3,18	0,14	10,81	96,07
261	1,91	41,83	13,91	12,54	1,11	12,11	2,29	0,11	10,61	96,43
271	2,09	41,69	13,74	12,29	1,03	11,72	2,61	0,13	11,34	96,65
272	2,00	41,50	13,29	12,04	1,08	11,89	2,60	0,14	11,54	96,06
273	1,87	42,05	13,16	11,83	1,11	11,64	2,33	0,08	11,95	96,02
274	2,13	41,45	13,36	11,96	0,91	11,56	3,18	0,09	11,36	96,01
275	2,00	41,56	13,53	12,02	1,03	11,74	2,89	0,11	11,17	96,06
276	1,92	43,00	14,37	10,86	0,95	11,89	2,58	0,09	10,61	96,25
290	1,91	41,98	13,65	12,29	1,10	11,80	2,07	0,13	11,19	96,13
295	1,90	42,35	14,36	11,84	1,07	11,97	2,25	0,19	10,02	95,93
296	2,12	41,57	13,80	12,10	0,98	11,73	2,90	0,10	10,92	96,22
297	1,86	42,01	13,17	11,90	1,08	12,05	2,40	0,11	11,75	96,34
298	2,05	41,66	13,28	12,11	1,04	11,81	2,43	0,15	11,53	96,06
299	1,92	41,86	13,48	12,09	1,05	11,92	2,63	0,16	11,41	96,51
368	1,84	41,95	13,46	12,02	1,13	12,25	2,32	0,12	11,42	96,51
369	2,00	41,55	13,44	12,13	1,13	11,93	2,43	0,13	11,66	96,40
370	1,78	42,07	13,31	12,03	1,11	11,98	2,67	0,13	11,33	96,41
371	2,01	41,86	13,79	11,87	1,10	11,87	2,35	0,15	11,33	96,34
372	2,02	41,79	13,93	12,31	1,11	11,94	2,47	0,10	10,85	96,53
373	1,96	42,09	13,39	11,84	1,11	12,03	2,48	0,18	11,48	96,55
374	1,81	41,98	13,30	11,78	1,14	11,90	2,48	0,14	11,34	95,86

375	1,97	41,80	13,22	11,76	1,10	11,58	2,93	0,07	11,42	95,85
376	2,03	41,43	13,52	12,18	1,04	11,66	2,91	0,17	11,43	96,37
377	1,88	42,38	13,64	11,66	1,12	11,76	2,33	0,17	11,66	96,59
378	1,99	42,27	13,77	12,06	1,00	11,85	2,61	0,12	11,48	97,15
379	1,89	42,07	13,77	12,15	1,10	11,67	2,38	0,14	11,49	96,66
380	1,90	42,03	13,49	11,82	1,11	11,73	2,35	0,11	11,47	96,00
381	2,03	41,69	13,55	11,84	1,13	11,76	2,33	0,14	11,56	96,03
382	1,89	41,64	13,37	12,08	1,10	11,94	2,45	0,12	11,48	96,05
383	1,92	42,53	13,43	11,87	1,11	11,86	2,28	0,11	11,67	96,77
384	1,98	42,27	13,59	11,73	1,13	11,59	2,28	0,12	11,79	96,47
385	2,03	42,14	13,84	11,96	1,12	11,82	2,24	0,09	11,28	96,51
386	2,12	42,10	13,80	11,88	1,07	11,78	2,29	0,09	11,38	96,50
387	1,99	41,95	13,87	12,01	1,12	11,87	2,39	0,08	11,34	96,64
388	1,18	48,83	17,20	7,20	0,40	11,91	0,35	0,14	8,93	96,15
389	2,00	41,63	13,84	11,92	1,12	11,88	2,26	0,07	10,94	95,66
390	1,85	42,08	14,35	12,25	1,14	11,89	2,23	0,13	10,25	96,15
391	1,94	42,07	13,57	12,02	1,08	11,81	2,32	0,13	11,74	96,69
392	2,10	41,82	13,75	11,87	1,05	11,80	2,34	0,13	11,35	96,22
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,12	0,35	0,16	0,15	0,03	0,14	0,04	0,06	0,29	

Amostra: GPF-13 (Hbl gabro)

Análise	Na2O	FeO	CaO	Cr2O3	Al2O3	SiO2	MgO	K2O	TiO2	MnO	Total
1	1,27	14,18	11,86	0,02	9,30	45,18	12,69	0,80	2,17	0,25	97,72
2	1,19	13,97	11,59	0,03	9,13	45,71	13,01	0,79	1,80	0,27	97,49
3	1,51	13,94	11,69	0,00	10,63	43,38	12,20	0,68	3,08	0,26	97,36
4	1,13	14,69	11,69	0,00	8,94	45,48	12,58	0,64	1,87	0,25	97,26
5	1,10	13,69	11,66	0,04	8,36	46,42	13,36	0,60	1,75	0,32	97,29
6	0,89	13,45	12,02	0,03	7,26	48,06	13,92	0,60	1,40	0,23	97,88

7	1,44	13,51	11,46	0,00	10,65	43,64	12,86	0,71	3,05	0,29	97,62
8	1,53	14,32	11,68	0,02	10,91	43,19	11,86	0,76	3,07	0,27	97,60
9	1,49	13,95	11,68	0,06	10,74	43,67	12,41	0,75	2,82	0,23	97,79
10	1,51	13,71	11,42	0,03	10,50	43,62	12,46	0,69	2,89	0,23	97,06
11	1,23	13,89	11,33	0,03	9,52	44,93	12,77	0,78	2,17	0,26	96,91
12	1,22	14,29	11,62	0,00	9,08	45,49	12,69	0,69	1,95	0,28	97,31
13	1,21	14,04	11,62	0,01	8,57	46,18	12,96	0,64	1,92	0,29	97,44
14	1,45	14,99	11,66	0,06	10,43	43,26	11,46	0,79	2,62	0,28	96,98
15	1,14	13,81	11,73	0,05	8,66	46,52	13,28	0,66	1,77	0,26	97,86
16	1,17	13,78	11,78	0,06	8,91	45,75	13,17	0,61	1,93	0,31	97,45
17	1,20	14,30	11,84	0,10	9,36	44,97	12,65	0,76	1,93	0,21	97,32
18	0,99	13,84	11,99	0,03	8,30	46,68	13,32	0,60	1,59	0,31	97,65
19	1,50	13,81	11,31	0,04	10,20	44,02	12,84	0,70	2,67	0,28	97,37
20	1,42	14,19	11,55	0,03	10,43	43,65	12,28	0,73	2,76	0,28	97,32
21	0,69	13,31	11,98	0,05	6,62	49,05	13,76	0,46	1,02	0,28	97,23
22	0,80	13,18	11,69	0,04	6,47	49,41	14,58	0,48	1,06	0,28	98,00
23	1,12	14,46	11,79	0,00	8,68	46,14	12,80	0,79	1,54	0,25	97,58
24	1,23	14,60	11,44	0,03	9,13	45,52	12,77	0,65	1,78	0,22	97,37
25	1,22	14,49	11,65	0,00	9,09	45,36	12,62	0,67	2,01	0,27	97,38
26	1,23	14,46	11,54	0,01	8,89	45,83	12,83	0,67	1,90	0,29	97,66
27	0,98	13,46	11,68	0,00	7,30	47,53	14,01	0,61	1,42	0,31	97,29
28	1,23	14,46	11,52	0,02	8,98	45,36	12,69	0,65	1,99	0,25	97,15
29	0,77	13,21	11,91	0,00	6,53	48,97	14,49	0,51	1,04	0,23	97,67
30	1,57	15,22	11,61	0,01	10,69	42,87	11,35	0,68	3,05	0,30	97,35
31	1,63	13,86	11,64	0,08	11,11	42,61	12,09	0,66	3,43	0,24	97,36
32	1,59	13,55	11,55	0,00	10,93	43,22	12,26	0,69	3,06	0,27	97,12
33	1,55	14,80	11,82	0,07	11,09	42,78	11,72	0,78	3,03	0,16	97,79
34	1,44	15,10	11,56	0,00	10,38	43,86	11,93	0,64	2,69	0,24	97,84
35	1,54	14,33	11,75	0,02	10,86	42,69	11,86	0,70	3,18	0,26	97,19
36	1,44	15,40	11,23	0,00	9,37	44,84	12,13	0,61	2,15	0,33	97,50

37	1,35	15,22	11,23	0,06	9,31	44,64	12,22	0,65	2,03	0,26	96,97
39	1,69	14,05	11,58	0,02	11,34	42,59	11,99	0,67	3,20	0,23	97,37
40	1,21	13,41	11,90	0,00	10,87	43,24	12,39	0,92	2,97	0,25	97,16
41	1,38	13,88	11,85	0,05	10,55	43,67	12,46	0,80	2,70	0,20	97,56
42	1,34	14,56	12,33	0,04	10,59	42,90	11,45	0,74	3,05	0,22	97,23
43	1,64	13,35	11,89	0,00	11,13	42,61	12,27	0,70	3,49	0,28	97,37
44	1,54	13,78	11,80	0,08	11,33	42,79	11,96	0,73	3,42	0,24	97,67
45	1,57	15,62	11,74	0,04	11,06	42,43	11,05	0,73	3,04	0,25	97,52
46	1,32	14,23	11,89	0,03	10,02	44,23	12,05	0,75	2,55	0,27	97,34
47	1,42	14,36	11,69	0,03	10,17	43,77	12,03	0,78	2,68	0,24	97,18
48	1,53	14,41	11,76	0,00	10,83	42,76	11,81	0,84	3,34	0,19	97,47
49	1,20	13,09	12,77	0,07	10,62	43,46	12,05	0,77	3,28	0,21	97,52
50	1,41	14,02	11,49	0,03	9,83	44,04	12,19	0,72	2,34	0,24	96,31
51	1,24	14,79	11,78	0,06	10,27	43,48	11,66	1,04	2,63	0,25	97,21
53	1,26	14,19	11,88	0,01	10,37	43,73	12,18	0,95	2,67	0,24	97,49
54	1,66	15,01	11,39	0,04	10,66	43,19	11,51	0,69	2,90	0,30	97,35
55	1,62	14,30	11,63	0,05	11,03	43,47	12,09	0,65	3,33	0,28	98,45
56	1,39	13,37	11,65	0,00	10,03	44,02	12,74	0,70	2,77	0,24	96,91
57	1,51	13,77	11,50	0,02	10,14	44,07	12,69	0,79	2,66	0,24	97,39
58	0,98	13,32	11,94	0,09	8,65	46,27	13,32	0,76	1,82	0,26	97,40
59	1,18	15,07	11,93	0,06	9,68	44,40	11,90	0,94	2,09	0,24	97,49
60	1,24	14,62	11,93	0,07	10,45	43,40	11,98	1,05	2,67	0,26	97,66
61	1,41	14,26	11,77	0,02	10,06	44,84	12,10	0,76	2,49	0,24	97,94
62	1,45	14,76	11,87	0,00	10,44	43,77	11,86	0,78	2,64	0,22	97,79
63	1,52	14,30	11,61	0,00	11,02	42,82	11,66	0,74	3,20	0,20	97,08
64	1,38	14,27	11,59	0,06	9,82	44,33	12,27	0,88	2,44	0,21	97,24
65	1,39	15,08	11,69	0,00	10,67	43,24	11,36	0,88	2,70	0,23	97,23
66	1,01	12,83	11,85	0,03	7,82	47,23	13,96	0,65	2,17	0,20	97,77
67	1,33	15,24	11,80	0,13	9,74	44,07	11,53	0,67	2,29	0,20	97,00
68	1,18	14,81	11,70	0,08	9,33	44,78	11,84	0,81	2,20	0,28	97,01

69	1,40	15,44	11,56	0,00	10,41	43,46	11,84	0,72	2,71	0,23	97,77
70	1,57	14,27	11,29	0,03	10,54	43,81	12,26	0,66	2,87	0,30	97,60
71	1,58	14,66	11,56	0,04	10,42	43,70	11,95	0,66	2,61	0,28	97,47
72	1,26	15,05	11,76	0,00	9,81	44,37	11,68	0,81	2,08	0,26	97,08
73	1,13	14,36	11,71	0,05	8,49	46,16	12,83	0,71	1,76	0,23	97,41
74	1,55	13,81	11,94	0,03	11,61	42,59	11,89	0,73	3,33	0,23	97,70
75	1,30	16,29	11,56	0,00	10,33	43,29	10,78	0,93	2,14	0,27	96,90
76	1,45	15,24	11,83	0,00	10,63	42,96	11,59	0,87	2,95	0,28	97,80
77	1,35	14,27	12,11	0,02	10,55	43,34	11,85	1,07	2,86	0,26	97,68
78	1,68	12,91	11,70	0,02	11,12	43,28	12,64	0,67	3,28	0,26	97,56
79	1,42	14,88	11,79	0,07	10,53	43,58	11,68	0,83	2,88	0,23	97,88
80	1,01	14,04	12,02	0,06	8,50	45,94	12,79	0,81	1,94	0,22	97,32
81	1,51	12,71	11,92	0,03	11,47	42,86	12,36	0,66	3,21	0,27	96,99
82	1,68	13,38	11,79	0,00	11,29	42,90	12,08	0,62	3,75	0,24	97,73
83	1,72	13,24	11,63	0,05	11,52	42,52	12,64	0,62	3,47	0,25	97,64
84	1,66	13,11	11,61	0,02	11,53	42,33	12,38	0,61	3,60	0,25	97,10
85	1,48	13,62	11,77	0,02	11,66	42,79	12,04	0,83	3,13	0,26	97,60
86	1,67	12,23	11,70	0,03	11,35	42,82	13,01	0,63	3,78	0,25	97,47
87	1,35	12,66	11,71	0,02	11,11	43,57	13,35	0,64	2,88	0,23	97,51
88	0,98	10,66	12,13	0,01	8,71	46,95	14,96	0,78	1,65	0,12	96,95
89	1,60	12,35	11,49	0,05	11,49	42,43	12,83	0,61	3,55	0,19	96,59
90	1,59	11,98	11,45	0,02	11,60	42,68	13,18	0,65	3,71	0,24	97,10
91	1,57	12,38	11,73	0,02	11,61	42,58	12,94	0,64	3,72	0,25	97,44
92	1,51	12,98	11,78	0,01	11,51	43,00	12,58	0,74	3,51	0,25	97,86
93	1,66	13,00	11,83	0,09	11,63	42,32	12,27	0,67	3,65	0,21	97,32
95	1,53	12,79	11,72	0,00	11,50	42,64	12,75	0,67	3,72	0,27	97,58
96	1,49	14,40	11,70	0,00	11,27	42,39	11,43	0,76	3,45	0,25	97,16
97	1,55	13,80	11,76	0,01	11,41	42,41	11,85	0,73	3,49	0,26	97,28
98	1,64	12,43	11,63	0,04	11,63	42,59	12,74	0,63	3,84	0,23	97,39
99	1,61	13,59	11,33	0,03	10,85	42,27	12,23	0,69	2,98	0,31	95,89

100	1,60	13,32	11,87	0,00	11,35	42,58	12,09	0,90	3,18	0,24	97,11
101	1,04	12,41	12,17	0,00	9,67	45,06	13,68	0,76	2,23	0,23	97,25
102	1,59	13,01	11,92	0,01	11,65	42,28	12,31	0,71	3,49	0,25	97,23
103	1,52	14,01	11,77	0,00	11,40	42,05	11,86	0,91	3,16	0,30	96,99
104	1,47	14,09	11,68	0,05	10,84	42,81	12,14	0,73	3,11	0,21	97,13
105	1,57	13,63	11,55	0,00	10,95	42,94	12,39	0,67	3,13	0,25	97,08
106	1,63	13,33	11,28	0,02	10,77	42,82	12,87	0,65	2,88	0,26	96,52
107	1,54	13,26	11,75	0,00	11,49	42,32	12,34	0,64	3,70	0,24	97,28
108	1,72	13,85	11,86	0,02	11,16	42,87	12,31	0,67	3,26	0,22	97,94
109	1,69	14,05	11,85	0,01	11,23	42,64	12,07	0,65	3,21	0,29	97,68
110	1,54	15,20	11,56	0,00	10,86	42,59	11,31	0,65	3,00	0,23	96,93
111	1,53	13,28	11,77	0,02	11,59	42,54	12,54	0,70	3,09	0,26	97,32
112	1,52	13,76	11,86	0,05	11,11	41,92	12,00	0,89	3,08	0,21	96,40
114	1,57	13,05	11,66	0,07	11,84	41,98	12,01	0,70	3,67	0,25	96,79
115	1,39	14,07	11,88	0,02	11,36	42,53	11,93	0,79	3,31	0,28	97,56
116	1,71	13,89	11,78	0,08	11,47	41,98	11,66	0,60	3,63	0,19	96,98
117	1,73	12,90	11,66	0,00	11,67	42,16	12,52	0,64	3,69	0,25	97,21
118	1,53	12,84	11,89	0,00	11,60	42,53	12,41	0,68	3,68	0,23	97,39
119	1,54	13,53	11,85	0,00	11,46	42,14	11,99	0,75	3,26	0,17	96,69
120	1,67	13,25	11,78	0,01	11,44	42,24	11,94	0,66	3,50	0,21	96,68
121	1,34	13,53	11,92	0,10	10,96	42,63	12,01	0,72	3,07	0,19	96,46
122	1,55	13,75	11,74	0,01	11,51	42,06	12,00	0,87	3,23	0,20	96,93
123	1,52	13,23	11,89	0,03	11,58	42,47	12,26	0,67	3,64	0,22	97,50
124	1,53	14,52	11,79	0,01	11,19	42,65	11,74	0,77	3,37	0,22	97,79
DP (%)	Na	Fe	Ca	Cr	Al	Si	Mg	K	Ti	Mn	
	0,10	0,31	0,16	0,05	0,14	0,38	0,18	0,04	0,05	0,07	

Diorito Alto Alegre
Resultados em Óxidos
(wt%)

Amostra: AP-8 (Hbl diorito)

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na ₂ O	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO	Total
9	1,41	42,13	12,01	11,79	0,64	11,32	2,67	0,33	14,44	96,73
5	1,50	43,66	12,44	10,52	0,52	11,14	2,15	0,34	13,67	95,93
30	1,61	42,81	12,75	10,64	0,52	10,91	1,81	0,32	14,07	95,44
29	1,68	40,83	11,85	11,63	0,66	10,88	3,27	0,34	14,04	95,18
26	1,53	43,23	12,27	10,87	0,54	11,28	2,29	0,33	14,21	96,55
25	1,40	43,01	12,16	11,10	0,58	11,24	2,51	0,35	14,13	96,47
24	1,60	42,78	12,31	10,91	0,50	11,06	1,90	0,36	14,26	95,68
32	1,56	41,64	12,25	11,73	0,66	10,99	3,35	0,33	13,79	96,30
31	1,72	42,27	12,31	11,41	0,63	10,96	3,05	0,34	13,86	96,54
35	1,69	42,69	12,39	11,29	0,57	10,79	2,40	0,36	14,15	96,33
36	1,57	43,25	12,24	10,97	0,52	11,12	1,99	0,29	14,36	96,31
48	1,58	41,45	11,68	12,00	0,60	11,02	3,37	0,33	14,00	96,03
49	1,65	42,89	12,32	11,17	0,57	10,89	2,54	0,33	14,00	96,37
57	1,71	42,32	11,82	11,71	0,61	11,01	2,16	0,30	14,68	96,33
58	1,47	41,88	11,98	11,77	0,60	11,19	3,42	0,31	13,49	96,12
100	1,77	42,56	12,33	11,42	0,57	11,03	2,09	0,39	14,23	96,39
101	1,60	42,00	12,43	11,54	0,60	10,98	2,60	0,35	13,69	95,79
99	1,71	42,86	12,43	11,37	0,56	10,87	2,10	0,31	14,26	96,47
98	1,72	42,24	11,98	11,75	0,60	10,96	3,17	0,35	14,17	96,93
96	1,64	42,06	12,67	11,42	0,58	10,96	3,14	0,32	13,39	96,18
97	1,74	42,86	12,44	11,04	0,60	10,75	2,54	0,32	14,21	96,49
95	1,63	42,50	12,29	11,33	0,60	11,02	2,43	0,32	14,44	96,55
94	1,71	42,24	12,28	11,79	0,60	10,81	2,55	0,37	14,03	96,39

80	1,40	42,78	11,81	11,29	0,44	11,57	1,87	0,27	14,44	95,86
79	1,80	42,20	12,41	11,10	0,58	10,80	2,80	0,33	13,99	96,02
81	1,68	42,61	12,42	11,33	0,61	10,80	2,60	0,34	14,00	96,39
82	1,68	42,11	12,14	11,69	0,60	11,05	3,32	0,31	13,78	96,67
83	1,76	42,97	12,53	11,13	0,60	10,74	2,31	0,34	14,16	96,54
84	1,71	42,32	12,49	11,17	0,58	10,88	2,93	0,29	13,79	96,14
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,10	0,36	0,17	0,14	0,03	0,15	0,05	0,06	0,29	

Amostra: GPF-92 (Bt-Hbl diorito)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
6	0,85	47,31	12,86	7,84	0,41	11,52	1,05	0,37	14,42	96,63
7	1,00	46,95	12,62	8,18	0,41	11,71	0,59	0,37	14,65	96,49
8	0,94	46,72	12,52	7,55	0,59	11,44	1,12	0,40	14,83	96,10
9	0,90	46,77	12,73	8,24	0,56	11,64	1,01	0,42	14,43	96,71
10	0,89	46,80	12,48	8,12	0,56	11,67	1,03	0,35	14,50	96,40
14	1,00	46,38	11,78	9,17	0,34	11,90	0,37	0,40	15,38	96,73
15	1,03	46,46	12,55	8,39	0,47	11,64	1,34	0,42	14,49	96,78
16	0,91	46,01	11,78	9,29	0,58	11,94	1,08	0,36	15,27	97,21
17	1,07	46,22	12,23	8,86	0,44	11,14	1,20	0,46	15,06	96,69
18	1,08	43,79	11,22	10,22	0,57	11,30	2,20	0,36	15,30	96,03
19	1,02	46,49	12,45	8,14	0,58	11,67	1,01	0,40	15,03	96,79
66	0,97	46,15	12,57	8,26	0,61	11,80	1,11	0,40	14,79	96,66
67	0,98	46,83	12,94	8,03	0,57	11,72	1,12	0,38	14,27	96,84
68	1,24	42,39	10,20	11,44	0,60	11,84	2,09	0,36	17,04	97,19
69	1,08	45,99	12,47	8,81	0,44	11,64	1,23	0,35	14,86	96,88
70	0,90	46,73	12,63	8,29	0,42	12,19	1,02	0,36	14,29	96,84
71	1,00	47,15	13,33	7,59	0,37	11,79	1,17	0,45	13,93	96,77
72	0,92	47,03	13,21	8,07	0,43	11,74	1,27	0,44	13,70	96,81

83	1,29	43,37	11,52	10,05	0,68	11,70	1,52	0,44	16,29	96,86
84	0,98	46,30	12,63	8,17	0,57	11,71	1,12	0,41	14,63	96,52
85	1,06	46,89	13,25	7,80	0,46	11,63	1,06	0,39	14,30	96,84
151	0,96	46,68	12,80	7,86	0,50	11,78	1,01	0,42	14,71	96,72
152	1,05	46,13	13,06	8,06	0,50	11,53	1,11	0,41	14,34	96,19
180	1,07	46,09	12,85	8,39	0,38	11,53	1,11	0,45	14,49	96,36
181	1,00	45,49	12,10	9,04	0,54	11,95	1,39	0,37	15,18	97,08
182	0,93	46,80	12,86	8,16	0,36	12,07	1,00	0,43	14,18	96,80
183	1,16	46,26	13,28	8,08	0,39	11,55	1,07	0,44	14,09	96,32
184	1,25	43,27	11,17	10,50	0,57	11,58	1,71	0,40	16,26	96,72
185	0,99	45,35	12,55	8,68	0,54	11,76	1,38	0,43	14,74	96,40
186	0,98	46,61	12,53	8,31	0,42	12,07	1,03	0,34	14,50	96,78
187	1,33	43,82	11,70	10,44	0,55	11,33	2,00	0,44	15,01	96,63
188	1,25	43,00	11,14	10,73	0,75	11,96	1,72	0,40	15,54	96,48
189	1,08	45,38	12,15	9,16	0,42	11,72	1,30	0,41	14,92	96,53
190	1,08	46,57	12,89	7,91	0,38	11,86	1,04	0,46	14,61	96,82
191	1,18	43,51	10,89	10,67	0,51	11,90	1,85	0,43	15,96	96,91
207	1,01	45,57	12,44	8,91	0,46	12,02	1,12	0,42	14,46	96,41
208	1,28	44,66	11,88	9,75	0,49	11,33	1,39	0,43	14,89	96,09
209	1,25	45,49	12,87	8,75	0,40	11,44	1,17	0,48	14,13	95,99
210	0,90	46,08	12,64	8,24	0,45	11,74	1,07	0,33	14,21	95,66
242	1,06	44,82	11,59	9,46	0,68	11,89	1,32	0,37	15,64	96,82
243	1,05	44,10	11,49	10,13	0,57	11,99	1,98	0,37	14,86	96,55
244	0,76	46,52	12,64	7,82	0,55	12,11	1,08	0,36	14,46	96,31
245	0,74	46,79	12,84	7,61	0,56	11,88	1,08	0,40	14,16	96,05
246	1,07	45,79	12,36	8,00	0,53	11,96	1,06	0,37	15,10	96,23
247	1,04	44,32	11,91	9,15	0,49	12,49	1,41	0,37	14,19	95,36
248	1,05	45,65	11,74	9,14	0,40	12,14	0,50	0,31	15,34	96,27
249	1,20	44,68	11,77	9,26	0,50	11,52	1,48	0,37	15,30	96,07
250	0,93	46,44	12,81	7,99	0,41	11,68	1,14	0,45	14,36	96,20

251	0,97	45,57	12,23	8,92	0,54	11,81	1,23	0,35	15,17	96,80
252	0,97	46,07	12,54	8,00	0,48	11,86	0,85	0,38	14,91	96,07
253	1,21	42,79	11,14	11,08	0,54	11,68	2,57	0,42	14,85	96,28
254	1,33	43,34	11,66	10,68	0,60	11,86	1,97	0,39	14,81	96,64
255	1,10	45,59	12,40	8,97	0,40	11,56	1,30	0,43	14,71	96,47
256	0,88	46,45	12,65	7,85	0,43	12,21	1,00	0,37	14,52	96,36
258	1,31	44,30	12,09	9,65	0,46	11,49	1,59	0,45	15,09	96,42
259	1,06	46,19	13,12	8,09	0,43	11,55	1,09	0,39	14,14	96,07
260	0,88	46,52	12,34	8,09	0,54	12,01	0,97	0,37	14,73	96,45
261	0,98	47,04	13,16	7,82	0,40	11,85	1,14	0,45	13,95	96,80
262	1,32	43,48	11,61	10,88	0,53	11,53	2,45	0,42	14,31	96,53
263	1,02	45,59	12,44	8,56	0,51	11,63	1,34	0,45	14,74	96,29
276	0,81	47,07	13,04	7,41	0,43	12,29	1,00	0,35	14,11	96,50
277	0,93	45,83	12,31	8,68	0,43	12,03	0,68	0,32	14,77	95,97
278	0,80	45,36	12,18	8,46	0,55	12,17	1,06	0,32	14,94	95,85
279	1,22	43,40	12,00	10,55	0,52	11,43	2,20	0,42	14,79	96,53
280	0,97	45,46	12,28	8,88	0,50	11,82	1,21	0,33	15,00	96,45
281	1,54	43,58	11,86	10,70	0,53	11,41	1,88	0,48	14,69	96,68
282	0,91	46,21	12,30	8,49	0,52	12,27	0,84	0,26	14,81	96,61
283	1,29	44,34	11,97	9,57	0,50	11,65	1,60	0,45	14,66	96,03
284	1,23	42,16	11,04	11,35	0,61	11,86	2,53	0,40	15,59	96,76
296	0,92	45,54	12,46	8,02	0,52	11,94	1,11	0,39	14,41	95,30
297	0,98	46,14	12,50	8,33	0,54	11,96	0,91	0,41	14,91	96,68
301	0,93	46,91	12,45	8,09	0,41	11,71	1,00	0,49	14,49	96,49
302	1,12	46,76	12,87	8,11	0,43	11,83	1,06	0,44	13,96	96,58
303	1,08	44,35	11,24	10,47	0,43	12,01	1,25	0,36	15,33	96,53
304	1,35	42,86	11,25	10,91	0,56	11,68	2,16	0,41	15,36	96,53
305	1,02	45,71	12,50	8,39	0,63	11,71	1,50	0,43	14,46	96,35
30	0,95	47,57	13,22	7,94	0,30	11,91	0,89	0,41	13,90	97,10
311	0,87	46,62	12,80	7,91	0,37	12,09	0,96	0,42	14,23	96,28

312	0,98	46,59	12,76	8,01	0,40	11,62	1,04	0,40	14,71	96,51
327	1,06	46,55	12,86	7,99	0,41	11,64	1,03	0,45	14,59	96,57
328	1,07	46,25	12,35	8,29	0,36	11,86	1,18	0,39	14,76	96,49
329	1,10	44,65	11,15	10,24	0,49	11,96	1,17	0,32	15,84	96,91
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,10	0,37	0,19	0,15	0,03	0,14	0,04	0,05	0,29	

Amostra: GPF-89A (Bt-Hbl diorito)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	Total
1	1,29	44,19	12,59	9,76	0,53	11,01	2,19	0,51	14,42	0,02	96,51
2	1,52	42,70	11,92	10,69	0,64	11,09	2,32	0,48	15,18	0,04	96,58
3	1,29	44,77	12,37	9,49	0,44	11,01	1,61	0,53	15,27	0,02	96,80
4	1,29	43,66	11,76	10,25	0,60	11,40	1,70	0,42	15,58	0,03	96,69
5	1,02	45,79	13,14	8,66	0,60	11,43	1,19	0,32	14,79	0,00	96,94
6	0,97	46,86	13,41	7,74	0,40	11,48	1,19	0,46	13,81	0,00	96,32
7	1,37	43,13	11,19	10,98	0,63	10,88	2,72	0,50	15,38	0,01	96,79
8	1,31	43,57	11,72	10,29	0,53	11,41	1,73	0,39	15,70	0,00	96,65
9	0,73	49,22	14,08	6,48	0,34	11,68	0,81	0,41	13,59	0,00	97,34
10	1,01	44,06	11,47	10,16	0,65	11,87	1,45	0,32	16,12	0,01	97,12
11	1,16	43,93	11,64	9,93	0,61	11,29	1,57	0,40	15,88	0,03	96,44
12	0,92	46,39	12,90	8,00	0,53	11,46	1,07	0,40	14,81	0,00	96,48
13	0,95	46,94	13,64	7,73	0,49	11,23	1,05	0,45	14,11	0,00	96,59
14	1,34	43,23	11,80	10,57	0,64	11,06	2,17	0,44	15,39	0,00	96,64
15	0,96	45,04	11,74	9,45	0,48	11,77	0,70	0,28	15,89	0,00	96,31
16	1,11	43,62	11,76	10,24	0,62	11,54	1,73	0,39	15,86	0,00	96,87
17	1,05	45,95	13,24	8,54	0,41	11,38	1,23	0,46	14,42	0,05	96,73
18	1,08	45,99	13,09	8,24	0,42	11,39	1,27	0,42	14,63	0,00	96,53
19	1,32	44,19	12,19	9,95	0,56	11,07	1,69	0,48	15,04	0,04	96,53
20	1,20	45,32	13,08	8,71	0,60	11,24	1,71	0,44	14,44	0,00	96,74

21	1,18	45,51	12,44	8,73	0,48	11,23	1,29	0,47	15,24	0,00	96,57
22	1,27	45,34	12,91	8,87	0,44	11,05	1,48	0,40	14,81	0,03	96,60
23	1,24	44,58	12,55	9,54	0,51	10,94	2,06	0,43	14,42	0,00	96,27
24	1,68	42,72	11,47	10,82	0,64	10,98	2,73	0,49	15,04	0,01	96,58
25	1,10	46,38	13,10	8,26	0,41	11,25	1,24	0,39	14,38	0,00	96,51
26	1,01	45,79	13,14	8,16	0,37	11,50	1,25	0,37	14,08	0,00	95,67
27	1,24	45,27	12,64	8,76	0,45	11,14	1,46	0,42	14,90	0,00	96,28
28	1,17	44,49	12,11	9,66	0,59	11,52	1,55	0,40	15,29	0,08	96,86
29	1,05	44,99	12,10	9,33	0,50	11,73	1,40	0,39	15,29	0,00	96,78
31	1,21	45,35	12,42	9,02	0,44	10,97	1,48	0,47	15,64	0,00	97,00
32	1,20	43,36	11,73	10,42	0,56	11,49	1,94	0,39	15,45	0,00	96,54
33	1,34	45,24	12,45	8,94	0,45	11,01	1,42	0,56	15,41	0,07	96,89
34	1,28	44,08	11,98	10,12	0,64	11,41	1,75	0,36	15,11	0,02	96,75
35	1,29	44,15	12,28	10,09	0,58	11,34	1,73	0,40	14,27	0,00	96,13
36	1,21	43,74	12,26	10,23	0,57	11,34	1,92	0,40	14,61	0,02	96,30
37	1,35	43,45	11,81	10,44	0,62	11,15	2,15	0,46	15,08	0,02	96,53
38	0,98	45,69	12,99	8,70	0,51	11,63	1,04	0,45	13,97	0,01	95,97
39	1,37	44,05	12,40	10,06	0,55	11,09	1,89	0,36	14,76	0,00	96,53
52	1,07	45,91	13,16	8,39	0,47	11,37	1,32	0,39	14,16	0,01	96,25
53	0,92	46,84	13,03	7,80	0,38	11,53	0,93	0,42	14,64	0,01	96,50
54	0,96	46,47	13,29	7,89	0,48	11,50	1,13	0,45	14,48	0,00	96,65
55	1,37	43,75	11,53	10,12	0,57	11,02	1,72	0,42	15,77	0,00	96,27
56	0,91	46,75	12,95	7,88	0,49	11,74	1,07	0,34	14,56	0,03	96,72
57	1,40	43,99	11,52	9,80	0,61	11,03	1,72	0,47	16,15	0,01	96,70
58	1,41	44,83	12,63	9,60	0,52	11,08	1,78	0,46	14,30	0,01	96,62
59	0,94	47,07	13,61	7,72	0,50	11,53	1,02	0,43	13,83	0,02	96,67
60	0,85	47,68	14,00	7,36	0,41	11,59	1,00	0,39	13,69	0,00	96,97
61	1,55	43,66	12,12	10,40	0,57	10,87	2,09	0,47	14,89	0,03	96,65
62	1,22	43,94	11,88	10,15	0,58	11,44	1,65	0,44	15,73	0,00	97,03
63	0,96	46,89	13,09	7,81	0,47	11,34	1,14	0,40	14,94	0,04	97,08

64	1,06	43,94	11,70	10,02	0,70	11,59	1,81	0,38	15,40	0,02	96,62
65	1,19	45,56	12,38	8,94	0,46	11,50	1,43	0,43	15,03	0,00	96,92
66	1,13	45,05	12,04	9,11	0,50	11,46	1,48	0,42	15,74	0,02	96,95
67	0,98	46,08	12,40	8,68	0,46	11,52	1,19	0,38	15,21	0,00	96,90
68	1,33	43,37	11,59	10,16	0,60	11,20	2,06	0,36	15,65	0,00	96,32
69	1,09	43,79	11,57	10,06	0,66	11,45	1,90	0,32	15,47	0,00	96,31
70	1,11	45,42	12,95	9,33	0,35	11,37	1,67	0,47	14,12	0,00	96,79
71	1,18	42,59	10,89	10,86	0,61	11,04	2,39	0,42	16,25	0,03	96,26
72	1,21	44,24	12,28	9,72	0,57	11,39	1,76	0,37	14,89	0,02	96,45
73	1,12	47,14	13,82	7,90	0,36	11,07	1,33	0,46	13,37	0,00	96,57
74	1,31	44,19	12,67	10,45	0,63	11,04	2,11	0,45	13,82	0,05	96,72
75	1,39	44,07	11,99	10,06	0,56	11,02	2,20	0,47	15,05	0,00	96,81
76	1,32	42,58	11,31	10,93	0,66	11,22	2,20	0,40	15,68	0,03	96,33
77	1,46	43,29	11,69	10,92	0,61	11,01	2,36	0,41	15,23	0,01	96,99
78	1,19	45,04	12,26	9,61	0,54	11,28	1,47	0,41	15,04	0,00	96,84
79	1,24	43,99	11,68	10,34	0,64	11,28	1,96	0,42	15,38	0,01	96,94
80	1,14	45,21	12,52	9,09	0,52	11,35	1,35	0,40	14,97	0,00	96,55
81	0,89	46,80	13,03	7,91	0,51	11,51	1,08	0,40	14,40	0,05	96,58
82	1,00	44,99	11,83	9,47	0,68	11,58	1,35	0,45	15,27	0,00	96,62
83	0,97	46,68	13,12	8,34	0,40	11,23	0,98	0,42	14,85	0,00	96,99
84	1,03	45,28	12,26	9,10	0,43	11,37	1,53	0,42	15,42	0,03	96,87
85	1,12	45,04	12,51	9,35	0,58	11,28	1,52	0,39	14,82	0,02	96,63
86	1,22	46,48	13,81	8,66	0,42	11,12	1,42	0,44	13,47	0,01	97,05
87	1,33	45,45	12,86	9,42	0,46	10,87	1,97	0,41	14,01	0,00	96,78
88	1,13	44,82	12,42	9,46	0,56	11,46	1,75	0,38	14,75	0,01	96,74
89	1,30	44,75	12,44	9,62	0,49	11,21	2,08	0,42	14,25	0,00	96,56
90	0,95	47,20	13,47	7,74	0,49	11,55	1,18	0,36	14,07	0,00	97,01
91	0,94	46,59	12,73	8,46	0,58	11,71	0,98	0,34	15,22	0,00	97,55
92	1,11	45,13	12,09	9,51	0,48	11,38	1,67	0,43	14,88	0,05	96,73
93	1,08	44,10	11,88	9,91	0,62	11,69	1,81	0,42	15,03	0,04	96,58

94	1,25	43,14	11,13	10,87	0,62	11,54	1,69	0,43	15,68	0,02	96,37
95	1,03	47,30	13,95	7,87	0,50	11,40	1,05	0,40	13,62	0,00	97,12
96	1,10	43,86	11,46	10,10	0,64	11,38	2,01	0,45	15,39	0,00	96,39
97	0,97	45,70	12,45	8,79	0,47	11,45	1,26	0,43	14,72	0,00	96,24
98	0,94	46,59	13,23	8,45	0,51	11,58	1,41	0,41	14,09	0,03	97,24
99	1,02	46,51	12,94	8,55	0,41	11,29	1,18	0,45	14,52	0,00	96,87
100	1,03	46,62	13,34	8,32	0,57	11,47	1,16	0,46	14,28	0,01	97,26
101	1,01	46,93	13,77	7,87	0,50	11,11	1,24	0,48	13,51	0,06	96,48
102	0,94	47,41	13,35	8,34	0,44	11,40	1,41	0,40	13,14	0,00	96,83
103	1,06	45,70	12,83	9,02	0,39	11,24	1,70	0,41	14,09	0,00	96,44
104	1,29	43,43	11,91	10,76	0,64	11,29	2,31	0,45	15,08	0,03	97,19
105	1,28	43,76	11,68	10,16	0,59	11,19	1,80	0,48	15,40	0,00	96,34
106	1,00	44,41	11,46	9,76	0,63	11,78	1,52	0,31	16,16	0,00	97,03
107	1,24	44,36	11,96	10,13	0,51	11,09	1,88	0,49	15,37	0,02	97,05
108	1,24	45,00	12,36	9,42	0,47	11,02	2,11	0,45	14,53	0,05	96,65
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	
	0,09	0,24	0,17	0,14	0,03	0,18	0,04	0,07	0,37	0,03	

Diorito Capim Branco
Resultados em Óxidos
(wt%)

Amostra: GPF-78 (Bt-Hbl diorito)

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	Total
1	0,93	47,42	13,09	6,97	0,54	11,70	0,99	0,46	15,46	0,03	97,59
2	0,95	46,29	12,60	7,46	0,56	11,78	1,37	0,38	15,46	0,01	96,86
3	0,87	46,93	12,77	7,36	0,66	11,83	1,01	0,40	15,02	0,00	96,85
4	0,88	47,59	13,26	6,94	0,45	11,79	1,16	0,41	14,67	0,03	97,18
5	0,86	46,05	12,25	7,81	0,67	11,92	1,35	0,42	15,59	0,06	96,98

6	0,96	44,57	11,59	8,76	0,74	11,79	1,58	0,34	16,42	0,00	96,75
7	0,86	47,91	13,29	6,66	0,44	11,80	1,06	0,39	14,86	0,01	97,28
8	0,95	46,36	12,74	7,48	0,53	11,60	1,37	0,40	15,33	0,00	96,76
9	1,17	43,97	11,34	9,26	0,75	11,64	1,76	0,40	16,75	0,09	97,13
10	1,34	42,62	10,57	10,31	0,82	11,45	2,50	0,40	16,98	0,02	97,01
11	0,80	47,93	13,24	6,43	0,46	11,76	0,95	0,40	14,75	0,05	96,77
12	0,86	43,83	11,34	9,44	0,86	11,66	1,71	0,35	16,54	0,00	96,59
13	0,82	47,30	12,74	7,16	0,55	11,81	0,84	0,37	15,28	0,02	96,89
14	1,29	42,00	10,42	10,78	0,79	11,68	2,16	0,41	17,30	0,01	96,84
15	1,43	43,19	10,72	10,03	0,62	11,60	2,55	0,39	16,63	0,02	97,18
16	0,78	47,13	13,09	7,23	0,55	11,95	1,14	0,33	14,86	0,03	97,09
17	0,89	44,67	11,36	8,95	0,83	11,76	1,50	0,38	16,88	0,02	97,24
18	0,77	48,07	13,24	6,52	0,44	11,70	0,95	0,43	14,78	0,03	96,93
19	0,78	48,00	12,87	6,66	0,41	12,00	0,50	0,38	14,93	0,04	96,57
20	0,85	47,25	12,99	7,13	0,53	11,85	0,89	0,34	15,24	0,00	97,07
21	1,23	43,77	11,01	9,75	0,87	11,74	1,88	0,36	16,88	0,00	97,49
22	1,00	47,00	12,94	7,24	0,64	11,71	1,06	0,37	15,33	0,06	97,35
23	0,79	47,13	12,88	7,34	0,63	11,94	1,13	0,40	14,94	0,10	97,28
24	0,97	47,69	13,51	6,96	0,38	11,61	1,00	0,44	14,32	0,01	96,89
25	0,71	47,95	13,08	6,80	0,49	12,01	0,96	0,35	14,72	0,00	97,07
26	0,92	47,08	12,39	6,85	0,46	11,68	1,03	0,46	15,94	0,02	96,83
27	0,76	49,06	13,94	5,88	0,40	11,85	0,79	0,45	14,18	0,00	97,31
28	0,92	47,10	13,10	7,00	0,46	11,42	1,24	0,41	15,00	0,05	96,7
29	0,84	47,34	13,06	6,94	0,46	11,77	1,06	0,42	14,70	0,00	96,59
30	0,79	47,79	13,19	6,79	0,49	11,75	0,95	0,44	14,56	0,04	96,79
31	0,89	47,10	12,88	6,99	0,50	11,67	1,04	0,43	15,43	0,02	96,95
32	0,74	47,86	13,01	6,91	0,52	11,95	0,99	0,39	14,83	0,00	97,2
33	0,75	48,08	13,10	6,53	0,52	11,95	1,01	0,38	14,82	0,00	97,14
34	0,77	47,91	13,09	6,87	0,57	11,86	0,99	0,37	15,16	0,00	97,59
35	0,83	47,26	13,04	6,83	0,52	11,90	1,06	0,47	15,18	0,00	97,09

36	1,02	47,36	12,99	7,13	0,39	11,58	1,14	0,41	14,78	0,00	96,8
37	1,22	43,04	10,91	9,70	0,80	11,67	1,74	0,43	17,02	0,00	96,53
38	0,94	45,36	11,92	8,41	0,76	11,73	1,46	0,36	15,86	0,00	96,8
39	0,86	48,24	13,47	6,49	0,42	11,84	1,00	0,45	14,73	0,00	97,5
40	1,06	43,24	10,76	10,04	0,95	11,68	1,64	0,35	17,21	0,00	96,93
41	0,83	48,45	13,40	6,46	0,48	11,97	0,94	0,39	14,71	0,00	97,63
42	0,87	47,05	12,84	7,43	0,50	11,70	1,25	0,41	15,14	0,05	97,24
43	0,92	46,05	12,37	7,84	0,62	11,72	1,28	0,36	15,88	0,00	97,04
44	0,98	45,33	11,81	8,47	0,76	11,88	1,48	0,39	15,96	0,03	97,09
45	0,85	48,28	13,39	6,31	0,43	11,75	0,97	0,49	14,68	0,07	97,22
46	1,18	44,30	11,44	9,40	0,76	11,37	1,85	0,40	16,16	0,00	96,86
47	0,74	47,07	13,10	7,28	0,50	11,92	1,30	0,40	14,92	0,01	97,24
48	0,79	47,24	12,85	7,24	0,64	11,76	1,01	0,41	15,07	0,00	97,01
49	0,99	44,42	11,39	9,19	0,86	11,58	1,74	0,38	16,31	0,01	96,87
50	1,05	45,36	11,89	8,50	0,75	11,70	1,30	0,43	16,29	0,00	97,27
51	1,01	45,50	11,99	8,17	0,59	11,66	1,74	0,41	15,79	0,00	96,86
52	0,96	46,20	12,17	7,68	0,66	11,61	1,12	0,37	15,92	0,06	96,75
53	0,95	45,22	11,59	8,57	0,72	11,79	1,36	0,37	16,14	0,00	96,71
54	1,02	47,42	12,71	7,19	0,41	11,79	1,44	0,38	14,92	0,03	97,31
56	0,89	47,78	12,93	6,94	0,55	11,82	1,01	0,49	15,30	0,00	97,71
57	1,43	42,49	10,24	10,37	0,74	11,63	2,41	0,41	16,96	0,03	96,71
58	1,04	44,57	11,46	8,79	0,72	11,82	1,47	0,42	16,87	0,02	97,18
59	0,86	46,47	12,38	7,68	0,65	12,02	1,22	0,33	15,64	0,04	97,29
60	0,79	48,13	13,25	6,48	0,47	11,71	0,90	0,44	14,87	0,08	97,12
61	0,89	47,32	12,88	7,14	0,57	11,88	1,08	0,35	15,20	0,03	97,34
62	0,79	48,45	13,55	6,23	0,43	11,74	0,91	0,39	14,66	0,00	97,15
63	0,70	47,87	13,31	6,56	0,48	11,81	0,89	0,44	14,95	0,00	97,01
64	0,85	47,40	12,89	7,17	0,62	11,77	1,03	0,36	15,21	0,01	97,31
65	0,89	47,31	13,04	7,09	0,48	11,75	1,09	0,37	15,05	0,00	97,07
66	1,07	45,50	11,74	8,28	0,64	11,56	1,48	0,34	15,95	0,02	96,58

67	0,92	46,59	12,44	7,68	0,54	11,75	1,28	0,42	15,66	0,06	97,34
68	0,85	44,69	11,64	9,12	0,78	11,88	1,29	0,27	16,81	0,02	97,35
69	0,78	47,50	12,94	6,85	0,59	11,89	1,00	0,38	15,32	0,02	97,27
70	0,72	47,04	12,46	7,48	0,56	12,00	0,92	0,36	15,88	0,00	97,42
71	0,96	46,89	12,54	7,32	0,60	11,72	1,05	0,43	15,52	0,05	97,08
72	0,77	46,58	12,70	7,58	0,59	11,79	1,35	0,38	15,31	0,03	97,08
73	0,81	46,66	12,64	7,37	0,61	11,89	1,34	0,36	15,17	0,00	96,85
75	0,97	45,72	11,57	8,46	0,83	11,68	1,29	0,35	16,19	0,05	97,11
76	0,84	47,32	12,73	6,96	0,57	11,65	0,98	0,38	15,45	0,02	96,9
77	0,82	46,66	12,47	7,43	0,64	11,98	1,10	0,31	15,22	0,05	96,68
78	0,91	46,25	12,33	7,99	0,73	11,84	1,22	0,37	15,42	0,00	97,06
79	0,78	46,60	12,41	7,61	0,64	11,90	0,97	0,32	15,37	0,00	96,6
80	0,81	47,19	12,96	7,02	0,55	11,69	0,90	0,39	15,13	0,04	96,68
81	0,81	48,00	13,41	6,36	0,48	11,89	0,93	0,44	14,60	0,03	96,95
83	0,91	46,87	12,90	7,14	0,62	11,66	1,00	0,44	15,16	0,02	96,72
84	1,11	43,40	11,13	9,41	0,87	11,70	1,79	0,39	16,82	0,00	96,62
86	0,75	47,30	12,97	7,40	0,53	11,98	0,92	0,37	14,45	0,00	96,67
87	0,87	47,35	13,01	6,85	0,57	11,68	0,98	0,38	15,24	0,04	96,97
88	1,07	43,22	11,01	9,59	0,89	11,76	1,95	0,40	16,71	0,00	96,6
89	0,89	47,29	13,12	7,10	0,44	11,58	1,25	0,45	15,35	0,04	97,51
90	0,89	46,98	12,63	7,27	0,57	11,66	1,01	0,42	15,34	0,01	96,78
91	0,74	47,52	13,27	6,54	0,49	11,83	0,94	0,37	15,10	0,00	96,8
92	1,03	43,55	11,34	9,50	0,80	11,76	1,59	0,45	16,72	0,04	96,78
93	0,88	48,00	13,83	6,53	0,42	11,77	1,00	0,42	14,18	0,04	97,07
94	1,14	42,90	10,81	9,47	0,80	11,62	1,69	0,39	17,34	0,07	96,23
95	0,94	46,40	12,57	7,29	0,71	11,73	1,13	0,38	15,62	0,02	96,79
96	0,68	47,67	13,33	6,45	0,48	11,92	1,00	0,34	14,96	0,07	96,9
97	0,69	46,96	12,86	7,14	0,55	11,97	0,98	0,35	15,28	0,03	96,81
98	0,84	47,55	13,27	6,52	0,42	11,77	1,08	0,45	14,74	0,00	96,64
99	0,83	46,86	12,75	7,32	0,59	11,61	1,08	0,37	15,61	0,00	97,02

100	0,73	46,88	12,67	7,34	0,52	11,83	0,65	0,36	15,60	0,04	96,62
101	0,80	47,86	13,57	6,32	0,48	11,82	1,02	0,40	14,18	0,00	96,45
102	1,19	42,69	10,69	9,84	0,78	11,51	1,80	0,39	17,16	0,00	96,05
103	1,13	44,09	11,23	9,19	0,78	11,85	1,72	0,31	16,50	0,01	96,81
104	0,94	45,25	12,13	8,64	0,60	11,79	1,40	0,44	15,85	0,03	97,07
105	0,50	49,22	13,87	6,27	0,39	12,06	0,84	0,26	13,28	0,19	96,88
106	0,84	47,98	13,48	6,47	0,43	11,79	0,97	0,44	14,59	0,07	97,06
107	0,86	47,53	12,46	7,25	0,57	11,92	0,78	0,36	15,22	0,00	96,95
108	0,84	46,99	12,80	7,28	0,55	11,83	1,11	0,40	15,38	0,03	97,21
109	0,89	47,02	12,94	6,99	0,59	11,82	1,06	0,41	15,04	0,06	96,82
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	
	0,09	0,25	0,17	0,13	0,04	0,18	0,04	0,07	0,39	0,02	

Amostra: GPF-79 (Hbl gabro)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Cr2O3	Total
1	0,88	49,33	14,23	6,44	0,32	11,91	1,30	0,29	12,60	0,04	97,34
2	1,07	45,19	12,94	9,76	0,66	11,93	2,51	0,21	13,11	0,00	97,37
3	1,52	43,03	12,53	11,07	0,59	11,77	3,36	0,23	12,60	0,04	96,74
4	1,64	43,14	12,37	11,67	0,70	11,80	2,41	0,22	13,03	0,02	97,01
5	1,38	43,74	12,51	11,16	0,75	11,97	1,90	0,23	13,28	0,03	96,96
6	1,09	46,94	14,09	8,60	0,53	11,95	2,05	0,20	11,77	0,01	97,23
7	0,79	49,24	14,30	6,37	0,34	11,79	1,31	0,21	12,45	0,06	96,87
8	1,48	43,32	12,74	11,49	0,51	11,75	3,32	0,28	12,37	0,04	97,28
9	1,55	42,88	13,05	11,41	0,47	11,70	3,60	0,27	12,12	0,04	97,07
10	1,42	42,88	12,66	11,65	0,58	11,75	3,38	0,19	12,29	0,04	96,85
11	1,37	42,96	12,06	10,95	0,65	11,93	3,08	0,25	13,51	0,00	96,75
12	1,39	43,19	12,59	11,13	0,61	11,70	3,33	0,23	12,57	0,06	96,79
13	1,48	43,09	12,31	11,07	0,62	11,75	3,09	0,27	13,36	0,02	97,05
14	1,83	42,64	13,19	11,57	0,47	11,51	3,64	0,17	11,75	0,04	96,82

15	1,49	43,56	12,97	11,51	0,58	11,81	2,95	0,23	12,39	0,04	97,53
16	1,61	43,52	12,89	11,03	0,52	11,43	3,33	0,24	12,22	0,01	96,80
17	0,89	49,40	14,76	6,49	0,38	11,53	1,24	0,29	12,35	0,01	97,34
18	0,88	49,39	14,93	6,31	0,34	11,17	1,23	0,27	12,47	0,01	97,01
19	0,96	48,83	14,31	6,69	0,29	11,42	1,42	0,35	13,03	0,00	97,30
20	1,20	46,68	13,28	8,22	0,45	11,46	1,87	0,29	13,76	0,00	97,21
21	1,61	43,15	11,83	10,84	0,55	11,53	3,28	0,27	13,82	0,02	96,90
22	1,62	43,50	12,49	11,09	0,50	11,69	3,12	0,23	12,69	0,01	96,93
23	1,53	42,79	11,90	11,06	0,60	11,69	3,24	0,25	13,69	0,07	96,82
24	1,49	43,30	12,75	11,32	0,54	11,61	3,17	0,24	12,01	0,07	96,49
25	1,61	43,27	13,17	11,49	0,55	11,68	3,21	0,20	11,95	0,04	97,18
26	1,63	43,83	13,59	11,26	0,52	11,57	2,56	0,19	11,36	0,02	96,52
27	1,45	44,00	13,13	11,03	0,58	11,60	2,81	0,23	12,64	0,04	97,52
28	1,33	44,47	12,80	9,96	0,60	11,43	2,74	0,18	13,18	0,01	96,69
29	1,22	45,75	13,27	8,99	0,57	11,64	2,39	0,22	13,55	0,00	97,59
30	1,61	43,35	12,65	11,28	0,52	11,69	3,25	0,20	12,29	0,00	96,84
31	1,66	42,80	12,55	11,51	0,50	11,71	3,29	0,21	12,73	0,00	96,95
32	1,13	46,52	13,36	8,72	0,53	11,72	1,86	0,24	13,23	0,05	97,36
33	1,10	47,27	14,15	8,07	0,43	11,70	2,07	0,23	12,29	0,04	97,36
34	1,59	43,15	12,99	11,36	0,46	11,69	3,13	0,23	12,19	0,00	96,79
35	1,62	43,16	12,72	11,48	0,49	11,62	3,47	0,24	12,05	0,05	96,88
36	1,69	43,07	12,64	11,23	0,50	11,62	3,55	0,23	12,38	0,06	96,97
37	1,37	43,76	12,93	10,79	0,62	11,87	3,05	0,20	12,74	0,02	97,34
38	1,45	43,29	13,24	11,62	0,55	11,51	3,41	0,26	11,58	0,00	96,91
39	1,74	43,12	13,53	11,28	0,48	11,51	3,51	0,19	11,20	0,04	96,60
40	1,53	43,51	12,76	11,20	0,57	11,68	3,19	0,24	12,07	0,00	96,76
41	1,28	46,49	13,12	8,43	0,41	11,63	2,12	0,25	13,51	0,00	97,24
42	1,53	43,36	12,39	11,01	0,53	11,80	3,16	0,21	12,88	0,01	96,88
43	1,37	43,11	13,08	11,28	0,49	11,44	3,34	0,18	11,52	0,06	95,87
44	1,47	42,79	12,41	11,40	0,63	12,02	3,11	0,26	13,24	0,00	97,32

45	1,37	43,15	11,57	10,72	0,65	11,85	2,98	0,27	14,32	0,00	96,90
46	1,01	48,11	14,12	7,12	0,42	11,54	1,57	0,27	12,74	0,03	96,93
47	1,49	43,46	12,64	11,21	0,56	11,70	3,23	0,22	12,56	0,02	97,09
48	1,57	43,32	12,94	11,43	0,48	11,35	3,33	0,21	12,02	0,01	96,68
49	1,57	43,36	13,80	11,75	0,56	11,32	2,53	0,21	11,50	0,03	96,64
50	1,45	43,26	13,44	11,23	0,55	11,67	3,39	0,22	11,50	0,00	96,71
51	1,48	43,43	13,02	11,24	0,52	11,56	3,29	0,20	11,89	0,00	96,63
52	1,07	47,29	13,62	7,79	0,42	11,64	1,65	0,24	13,44	0,00	97,16
53	1,08	46,96	13,43	7,92	0,49	11,59	1,73	0,28	13,56	0,01	97,04
54	0,83	49,12	14,52	6,55	0,37	11,78	1,09	0,30	12,72	0,01	97,29
55	1,12	46,96	13,56	8,13	0,46	11,76	2,04	0,27	13,13	0,03	97,45
56	1,11	46,87	13,33	8,14	0,47	11,63	1,74	0,34	13,34	0,02	96,98
57	0,97	49,27	14,65	6,64	0,32	11,51	1,31	0,27	12,20	0,00	97,15
58	1,68	43,08	12,60	11,41	0,52	11,61	3,43	0,25	12,30	0,00	96,88
59	1,73	43,01	13,00	11,70	0,45	11,62	3,68	0,23	11,63	0,01	97,04
60	1,62	43,30	13,26	11,67	0,50	11,65	3,50	0,18	11,43	0,00	97,10
61	1,67	42,54	13,07	11,50	0,49	11,62	3,32	0,23	11,97	0,00	96,41
62	1,35	43,74	12,22	10,54	0,55	11,55	2,98	0,22	13,58	0,02	96,74
63	1,22	44,27	12,36	10,17	0,68	11,64	2,41	0,26	13,53	0,00	96,54
64	1,39	43,52	12,89	11,29	0,58	11,67	3,07	0,20	12,56	0,09	97,26
65	1,61	43,07	13,31	11,68	0,49	11,70	3,36	0,21	11,41	0,05	96,88
67	1,48	44,07	13,33	10,85	0,50	11,69	3,03	0,21	12,17	0,01	97,33
68	1,42	43,80	12,57	10,73	0,55	11,75	3,06	0,23	13,10	0,00	97,20
69	0,70	50,60	15,76	6,03	0,32	11,92	1,08	0,24	10,63	0,03	97,31
70	1,52	43,55	13,34	11,36	0,58	11,57	2,85	0,20	11,67	0,04	96,67
71	1,48	43,88	13,72	11,80	0,60	11,61	2,92	0,20	10,85	0,06	97,11
72	1,30	45,13	14,23	10,81	0,49	11,51	2,57	0,22	11,13	0,04	97,42
73	1,58	43,55	13,06	11,25	0,51	11,57	3,25	0,19	11,83	0,05	96,83
74	1,48	43,61	12,64	10,76	0,52	11,47	3,16	0,23	12,86	0,07	96,80
75	0,94	49,16	14,57	6,45	0,27	11,33	1,29	0,24	12,62	0,00	96,89

76	0,86	49,71	15,02	6,41	0,31	11,46	1,23	0,25	12,31	0,01	97,56
77	0,71	51,25	15,84	5,19	0,25	11,25	0,98	0,28	11,69	0,02	97,46
78	1,07	48,18	14,12	7,29	0,34	11,18	1,68	0,26	13,07	0,02	97,22
79	0,91	48,26	14,28	7,29	0,36	11,32	1,39	0,32	12,24	0,00	96,37
80	0,88	49,34	14,63	6,53	0,35	11,66	1,29	0,24	12,40	0,00	97,32
81	1,35	45,37	12,57	9,16	0,48	11,33	2,37	0,31	14,02	0,03	96,97
82	1,11	45,97	12,89	8,97	0,60	11,60	2,00	0,25	13,78	0,02	97,20
83	1,13	45,99	12,94	8,78	0,54	11,54	1,98	0,23	13,72	0,00	96,86
84	0,93	49,34	14,16	6,52	0,34	11,51	1,19	0,32	13,01	0,05	97,37
85	1,54	43,93	12,69	10,99	0,48	11,65	3,22	0,24	12,79	0,04	97,58
86	1,65	43,19	13,26	11,47	0,49	11,57	3,38	0,19	11,66	0,04	96,90
87	1,41	43,21	12,72	11,56	0,56	11,90	3,01	0,17	12,22	0,04	96,81
88	1,39	43,58	12,47	10,66	0,70	11,67	2,47	0,24	13,42	0,02	96,61
89	1,21	43,75	11,78	10,72	0,62	11,64	3,03	0,21	14,39	0,02	97,37
90	1,10	47,46	13,62	8,15	0,48	11,38	1,81	0,29	13,36	0,01	97,66
91	1,19	45,44	13,01	9,63	0,49	11,64	2,52	0,22	13,55	0,05	97,72
92	0,84	49,51	14,92	6,54	0,35	11,62	1,28	0,25	12,08	0,05	97,43
93	1,45	44,11	12,56	10,67	0,61	11,66	2,91	0,23	13,17	0,00	97,36
94	1,16	45,64	13,38	9,77	0,54	11,88	2,11	0,23	12,47	0,03	97,20
95	0,76	47,35	12,62	11,75	1,72	10,77	1,96	0,16	9,71	0,06	96,86
96	1,46	43,15	13,21	11,63	0,50	11,59	3,40	0,20	11,61	0,00	96,76
97	1,44	43,75	11,76	10,71	0,63	11,56	2,61	0,30	14,42	0,03	97,21
98	1,44	43,65	12,00	10,77	0,67	11,73	2,90	0,21	14,26	0,00	97,62
99	1,25	43,36	12,44	11,58	0,77	11,98	2,80	0,21	12,96	0,02	97,37
100	1,54	43,85	13,37	11,37	0,54	11,76	2,56	0,19	12,03	0,08	97,30
102	1,08	46,95	13,46	8,45	0,51	11,64	1,76	0,24	13,24	0,00	97,34
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	
	0,09	0,24	0,19	0,15	0,03	0,18	0,05	0,06	0,33	0,01	

EMPA-WDS: Análises em Micas**Gabros Passo da Fabiana
Resultados em Óxidos
(wt%)****Amostra: GPF-105 (OI
leucogabro)**

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
291	0,30	36,83	17,48	15,49	9,27	0,00	3,76	0,06	11,40	94,59
292	0,33	36,71	17,42	15,26	8,99	0,01	3,75	0,08	11,60	94,15
293	0,38	37,13	17,54	15,24	9,17	0,00	3,76	0,05	11,15	94,42
294	0,15	36,24	17,93	15,01	8,96	0,00	3,35	0,06	12,10	93,80
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,03	0,23	0,24	0,16	0,15	0,01	0,03	0,05	0,46	

**Diorito Alto Alegre
Resultados em Óxidos
(wt%)****Amostra: AP-8 (Hbl diorito)**

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
89	0,26	36,30	14,25	16,78	8,59	0,26	1,78	0,14	14,36	92,72
91	0,28	35,56	14,17	16,67	9,14	0,03	1,80	0,05	14,07	91,77
77	0,20	35,24	14,16	16,43	9,08	0,06	1,85	0,05	15,01	92,09
78	0,16	36,23	13,44	16,22	8,99	0,00	1,76	0,13	15,31	92,23
76	0,21	36,40	14,47	15,78	9,00	0,06	1,82	0,10	15,17	93,01
75	0,23	36,34	13,61	16,04	8,73	0,06	1,84	0,12	15,17	92,15
74	0,19	36,47	14,19	15,98	8,97	0,07	1,79	0,08	15,14	92,90
73	0,14	36,03	13,98	15,88	8,57	0,16	1,78	0,17	15,76	92,46
72	0,28	36,30	14,57	15,83	8,85	0,07	1,72	0,09	15,23	92,94

71	0,22	36,56	13,71	16,11	8,95	0,03	1,72	0,06	15,10	92,46
70	0,24	36,42	14,52	16,25	8,73	0,13	1,78	0,09	14,99	93,13
61	0,25	36,18	13,88	16,28	9,13	0,01	1,94	0,15	14,49	92,31
60	0,25	36,05	14,45	16,41	9,25	0,03	1,96	0,06	14,69	93,15
59	0,22	36,48	13,88	16,00	9,38	0,01	1,77	0,10	14,49	92,34
62	0,25	36,77	14,83	16,46	9,23	0,03	1,80	0,06	14,51	93,93
63	0,18	36,73	14,15	16,03	9,36	0,04	1,72	0,08	14,39	92,67
42	0,21	35,31	14,06	16,54	9,01	0,04	2,03	0,04	14,71	91,95
43	0,23	35,81	14,22	16,21	8,30	0,14	1,74	0,06	15,20	91,89
41	0,22	36,24	15,19	16,43	8,91	0,09	1,63	0,15	14,33	93,20
39	0,23	36,03	13,94	16,22	9,26	0,01	1,67	0,12	14,89	92,37
37	0,26	36,21	14,47	16,19	9,14	0,02	1,69	0,11	15,15	93,24
38	0,23	36,37	13,88	16,24	9,11	0,00	1,69	0,07	15,00	92,60
40	0,16	36,08	13,98	16,13	9,23	0,09	1,89	0,08	14,66	92,30
53	0,21	36,43	13,92	16,01	9,24	0,02	1,74	0,14	15,05	92,75
54	0,17	36,28	14,39	16,24	9,16	0,06	1,71	0,09	15,36	93,46
23	0,26	36,62	14,35	16,21	9,12	0,03	1,73	0,14	14,49	92,96
22	0,18	36,66	14,70	16,33	9,27	0,03	1,72	0,08	14,66	93,62
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,06	0,44	0,27	0,26	0,22	0,03	0,06	0,08	0,38	

Amostra: GPF-92 (Bt-Hbl diorito)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
20	0,15	37,26	13,59	16,06	9,07	0,00	1,88	0,16	16,05	94,22
21	0,12	37,23	13,40	15,45	9,17	0,00	1,94	0,15	16,17	93,63
22	0,13	37,44	13,69	15,65	8,90	0,00	1,72	0,22	16,11	93,86
55	0,15	36,63	13,16	16,22	9,09	0,00	2,02	0,20	16,47	93,94
56	0,15	36,99	13,25	16,01	9,08	0,00	2,06	0,15	16,39	94,08
57	0,14	37,15	13,53	16,05	9,09	0,00	1,86	0,15	16,03	94,00

58	0,12	37,23	13,56	15,98	9,19	0,00	1,81	0,14	16,03	94,06
59	0,15	36,71	13,33	16,13	8,98	0,00	1,93	0,13	16,23	93,59
60	0,12	37,19	13,53	16,08	9,06	0,00	1,81	0,18	16,21	94,18
61	0,15	36,56	13,16	16,26	9,05	0,00	2,03	0,17	16,33	93,71
62	0,18	36,87	13,37	16,20	9,15	0,00	1,95	0,19	16,39	94,30
63	0,15	36,81	13,09	16,16	9,04	0,00	2,09	0,14	16,25	93,73
64	0,15	36,75	13,46	16,02	9,16	0,00	1,88	0,20	16,13	93,75
65	0,16	36,86	13,54	16,28	9,12	0,00	1,82	0,17	16,42	94,37
86	0,12	36,94	13,83	15,92	9,20	0,00	1,81	0,15	16,10	94,07
87	0,15	37,06	13,65	16,27	9,24	0,00	1,80	0,14	16,45	94,76
88	0,11	37,30	13,68	15,75	9,03	0,00	1,97	0,16	16,01	94,01
98	0,17	37,50	13,59	16,15	9,24	0,00	1,84	0,13	16,03	94,65
99	0,16	36,96	13,62	15,99	9,14	0,00	1,98	0,18	16,09	94,12
100	0,18	36,98	13,73	15,86	9,25	0,00	1,91	0,12	16,19	94,22
101	0,10	36,91	13,27	15,90	9,09	0,00	1,94	0,21	16,45	93,87
102	0,15	37,37	13,73	15,90	9,00	0,03	1,75	0,17	16,39	94,49
103	0,15	37,26	13,67	15,87	9,04	0,00	1,89	0,16	16,21	94,25
155	0,13	36,43	13,21	16,17	9,07	0,00	1,89	0,17	16,18	93,25
156	0,14	36,74	13,45	16,27	8,99	0,00	1,87	0,13	15,93	93,52
157	0,15	36,38	13,27	16,16	8,89	0,00	2,55	0,21	16,15	93,76
158	0,15	35,98	13,28	16,07	8,82	0,00	2,04	0,15	16,06	92,55
159	0,17	36,80	13,59	16,20	9,08	0,00	1,88	0,18	15,99	93,89
160	0,15	36,08	13,17	16,25	8,75	0,00	2,08	0,17	16,34	92,99
161	0,13	36,62	13,27	16,46	9,02	0,00	1,93	0,14	15,63	93,20
162	0,19	36,50	13,13	16,27	8,94	0,00	2,12	0,17	16,24	93,56
163	0,13	36,40	13,01	16,44	8,87	0,00	2,08	0,19	16,14	93,26
164	0,14	36,30	12,97	16,35	8,72	0,00	2,28	0,19	16,35	93,30
165	0,18	36,00	13,56	15,99	8,31	0,00	1,89	0,18	16,75	92,86
166	0,15	36,04	13,01	16,48	8,80	0,00	2,24	0,12	16,14	92,98
167	0,18	36,42	13,07	16,20	8,91	0,00	2,10	0,17	16,33	93,38

168	0,13	36,66	13,09	16,39	8,90	0,00	2,00	0,15	16,63	93,95
169	0,14	36,81	13,45	16,04	8,98	0,00	1,95	0,18	16,05	93,60
170	0,14	36,14	13,29	16,39	8,70	0,00	1,92	0,14	16,09	92,81
171	0,13	36,04	13,10	16,40	8,79	0,00	2,12	0,20	16,43	93,21
172	0,13	36,55	12,94	16,18	8,87	0,00	2,17	0,14	16,48	93,46
173	0,13	36,77	13,26	16,31	8,95	0,00	1,85	0,15	16,15	93,57
174	0,14	36,40	13,36	15,85	8,93	0,00	2,05	0,14	16,34	93,21
175	0,17	37,13	13,52	15,92	8,95	0,00	1,86	0,14	15,26	92,95
176	0,16	37,30	13,50	16,34	9,13	0,00	2,14	0,19	15,58	94,34
177	0,13	36,68	13,65	15,93	8,98	0,00	1,68	0,20	15,84	93,09
178	0,17	36,97	13,68	15,78	9,08	0,00	1,96	0,18	15,97	93,79
179	0,16	36,94	13,62	15,88	9,14	0,00	1,89	0,20	15,70	93,53
198	0,13	36,77	13,52	15,96	8,96	0,00	1,97	0,15	15,95	93,41
199	0,13	36,80	13,78	15,63	9,00	0,00	1,91	0,13	16,10	93,48
200	0,12	36,65	13,87	16,05	8,09	0,10	1,80	0,17	15,95	92,80
201	0,13	36,82	13,47	15,70	8,59	0,09	1,85	0,14	16,22	93,01
202	0,14	36,53	13,84	15,90	8,71	0,02	1,87	0,17	15,44	92,62
203	0,13	36,54	13,57	16,05	9,08	0,00	1,98	0,15	15,39	92,89
204	0,16	36,18	13,79	16,05	8,68	0,01	1,98	0,15	16,18	93,18
205	0,11	36,55	13,64	16,05	9,09	0,00	1,88	0,21	15,53	93,06
206	0,13	36,76	13,80	16,13	8,99	0,00	1,88	0,20	15,55	93,44
217	0,12	36,51	13,39	16,14	9,12	0,00	1,65	0,20	16,36	93,49
218	0,16	36,32	13,49	15,86	8,92	0,00	1,88	0,13	16,07	92,83
219	0,13	36,69	13,27	16,09	9,11	0,00	1,90	0,12	16,12	93,43
220	0,14	36,40	13,45	16,12	8,93	0,00	1,98	0,20	16,22	93,44
221	0,12	36,58	13,41	15,86	8,98	0,00	1,95	0,14	16,31	93,35
222	0,12	36,47	13,06	15,96	8,97	0,00	2,23	0,16	16,20	93,17
223	0,16	36,74	13,40	16,04	9,09	0,00	1,97	0,06	16,20	93,66
224	0,17	36,20	12,96	16,41	8,97	0,00	2,16	0,11	16,53	93,51
225	0,14	36,41	13,12	16,07	9,01	0,00	2,12	0,13	16,24	93,24

226	0,19	36,37	13,30	15,99	8,85	0,00	2,10	0,16	16,44	93,40
227	0,16	36,05	12,77	16,07	8,91	0,00	2,45	0,13	16,42	92,96
228	0,18	36,32	13,03	15,82	8,90	0,00	2,43	0,19	16,60	93,47
229	0,16	35,76	12,77	16,10	8,81	0,00	2,40	0,19	16,42	92,61
230	0,14	36,86	13,46	15,98	8,98	0,00	1,80	0,12	15,93	93,27
231	0,19	36,57	13,20	15,84	9,00	0,00	2,12	0,16	16,39	93,47
232	0,13	36,30	13,35	16,13	9,06	0,00	2,01	0,16	16,12	93,26
233	0,12	36,48	13,32	16,02	9,08	0,00	1,87	0,15	16,11	93,15
291	0,15	36,06	12,81	16,13	8,77	0,00	2,16	0,17	16,52	92,77
292	0,18	36,22	13,27	16,39	8,91	0,00	1,98	0,18	16,20	93,33
293	0,14	36,02	13,08	16,26	8,82	0,00	2,07	0,18	16,29	92,86
294	0,19	35,74	12,94	16,07	8,83	0,00	2,34	0,19	16,07	92,37
295	0,14	36,61	13,48	16,15	8,94	0,00	2,03	0,13	15,81	93,29
313	0,15	36,93	13,52	15,97	9,05	0,00	1,92	0,16	15,96	93,66
314	0,13	36,25	13,20	16,23	8,93	0,00	2,01	0,16	16,04	92,95
315	0,11	36,61	13,42	16,05	8,98	0,00	2,04	0,15	16,09	93,45
316	0,14	36,93	13,57	16,06	9,02	0,00	1,96	0,15	15,88	93,71
317	0,11	37,22	13,55	16,19	9,14	0,00	1,82	0,19	16,15	94,37
318	0,15	36,54	13,38	16,16	9,03	0,00	1,91	0,14	16,34	93,65
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,03	0,24	0,22	0,16	0,17	0,01	0,03	0,07	0,45	

Amostra: GPF-89A (Bt-Hbl diorito)

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
1	0,16	36,76	12,82	15,66	9,00	0,00	2,30	0,13	16,86	93,69
2	0,14	36,28	12,74	15,92	9,04	0,00	2,44	0,12	16,97	93,65
3	0,15	36,29	12,71	16,06	8,89	0,00	2,34	0,16	17,01	93,61
4	0,14	36,19	12,81	15,80	8,86	0,00	2,19	0,15	17,08	93,22

5	0,13	37,12	13,11	15,71	9,10	0,01	2,37	0,17	16,68	94,40
6	0,11	36,61	12,98	15,35	8,91	0,00	2,30	0,16	16,40	92,82
7	0,15	36,45	12,88	15,65	8,97	0,00	2,21	0,15	17,04	93,50
8	0,18	36,97	13,18	16,05	8,84	0,02	2,05	0,16	17,13	94,58
9	0,13	36,47	13,01	15,76	8,98	0,00	2,06	0,14	16,88	93,43
10	0,14	36,78	13,10	15,66	9,02	0,00	2,06	0,14	17,09	93,99
11	0,14	36,86	13,03	15,55	8,91	0,00	2,10	0,17	17,15	93,91
12	0,12	36,49	13,03	15,89	8,97	0,00	2,11	0,17	17,09	93,87
13	0,11	36,63	12,65	15,70	9,00	0,00	2,38	0,12	17,41	94,00
14	0,13	36,92	12,97	15,61	8,90	0,00	2,22	0,15	17,32	94,22
15	0,14	37,15	13,14	15,69	8,94	0,02	2,08	0,19	17,18	94,53
16	0,14	36,66	13,08	15,84	8,94	0,00	1,94	0,20	17,21	94,01
17	0,13	36,74	13,07	15,88	9,08	0,00	2,24	0,14	17,20	94,48
18	0,15	36,83	13,14	15,75	9,06	0,00	2,02	0,16	16,89	94,00
19	0,16	37,33	13,01	15,59	9,12	0,00	2,17	0,19	17,24	94,81
20	0,11	36,70	13,04	15,61	9,03	0,00	2,19	0,16	17,28	94,12
21	0,09	36,07	13,23	16,04	8,41	0,01	2,04	0,16	17,69	93,74
22	0,13	36,49	12,78	15,95	9,07	0,00	2,23	0,17	17,34	94,16
23	0,13	36,96	13,53	15,95	8,72	0,01	2,03	0,17	17,12	94,62
24	0,13	36,59	12,94	15,70	8,92	0,00	2,35	0,17	17,03	93,83
25	0,14	36,79	12,96	15,73	8,93	0,00	2,56	0,16	16,90	94,17
26	0,16	37,01	13,07	15,97	8,97	0,00	2,34	0,17	16,73	94,42
27	0,11	37,22	13,26	15,81	9,14	0,00	2,28	0,13	16,56	94,51
28	0,13	36,73	13,03	15,98	8,97	0,00	2,21	0,15	16,73	93,93
29	0,13	37,09	13,24	15,91	8,95	0,03	2,19	0,16	16,94	94,64
30	0,18	37,04	13,25	15,50	9,11	0,00	2,25	0,15	16,74	94,22
31	0,15	37,02	13,18	15,86	9,03	0,00	2,24	0,16	16,66	94,30
32	0,17	36,73	13,09	15,84	9,09	0,00	2,51	0,19	16,63	94,25
33	0,12	36,17	13,01	15,84	8,75	0,00	2,54	0,19	17,35	93,97
34	0,15	36,81	12,99	15,84	9,12	0,00	2,42	0,11	16,92	94,36

35	0,11	37,37	13,32	15,57	9,18	0,00	2,23	0,14	17,37	95,29
36	0,11	37,17	13,01	15,38	8,95	0,00	2,60	0,17	17,30	94,69
37	0,12	37,05	12,79	15,54	8,95	0,00	2,43	0,17	16,94	93,99
38	0,15	37,20	12,98	15,49	9,15	0,00	2,44	0,19	17,21	94,81
39	0,16	36,99	13,25	15,77	9,07	0,00	2,31	0,16	17,37	95,08
40	0,13	36,90	13,11	15,68	9,04	0,00	2,42	0,11	17,11	94,50
41	0,13	36,63	12,82	15,36	9,03	0,00	2,56	0,15	17,09	93,77
42	0,15	36,69	12,85	15,77	9,07	0,00	2,53	0,17	16,99	94,22
43	0,16	36,96	12,91	15,63	9,03	0,00	2,43	0,17	17,12	94,41
44	0,13	36,75	13,03	15,78	9,16	0,00	2,13	0,17	17,10	94,25
45	0,12	37,24	13,23	15,39	9,09	0,00	2,13	0,13	16,98	94,31
46	0,16	37,22	12,96	15,47	9,10	0,00	2,42	0,17	17,16	94,66
47	0,14	36,68	13,09	15,75	8,97	0,00	2,27	0,18	16,95	94,03
48	0,16	36,87	12,96	15,50	9,02	0,00	2,46	0,19	17,12	94,28
49	0,17	37,20	13,11	15,23	9,11	0,00	2,29	0,16	17,01	94,28
50	0,16	37,50	13,46	15,45	9,10	0,00	2,15	0,16	16,74	94,72
51	0,17	36,75	12,93	15,42	8,99	0,00	2,21	0,16	17,18	93,81
52	0,13	36,72	13,06	15,43	8,99	0,00	2,28	0,12	17,27	94,00
53	0,10	36,70	13,37	15,67	8,76	0,02	2,16	0,14	17,46	94,38
54	0,14	37,19	13,30	15,57	9,10	0,00	2,18	0,14	16,71	94,33
55	0,13	37,20	13,37	15,72	8,76	0,01	2,13	0,15	17,21	94,68
56	0,17	37,06	13,02	15,58	8,98	0,00	2,23	0,14	17,34	94,52
57	0,12	37,59	13,78	14,89	8,93	0,01	2,11	0,18	16,85	94,46
58	0,11	36,91	13,54	15,24	8,54	0,07	2,04	0,20	16,99	93,64
59	0,15	36,89	13,41	15,53	8,98	0,02	2,07	0,16	16,74	93,95
60	0,14	37,09	13,52	15,46	9,08	0,00	1,96	0,19	17,04	94,48
61	0,13	37,47	13,40	15,53	9,09	0,00	2,00	0,14	16,74	94,50
62	0,11	36,94	13,29	15,36	9,24	0,00	2,18	0,14	17,21	94,47
63	0,12	36,65	13,00	15,09	9,07	0,00	2,37	0,15	17,04	93,49
64	0,10	36,89	12,81	15,39	9,08	0,00	2,42	0,19	17,17	94,05

65	0,15	37,11	13,22	15,30	9,18	0,00	2,35	0,19	16,93	94,43
66	0,13	36,87	13,15	15,48	9,14	0,00	2,19	0,14	16,83	93,93
67	0,11	36,94	13,22	15,38	9,06	0,00	2,24	0,17	16,92	94,04
68	0,12	36,96	13,16	15,36	8,93	0,00	2,25	0,16	16,97	93,91
69	0,15	36,81	12,71	15,28	9,08	0,00	2,65	0,11	17,28	94,07
70	0,11	36,27	13,41	15,87	8,65	0,01	2,04	0,14	17,14	93,64
71	0,14	36,50	13,73	15,74	8,52	0,04	1,98	0,18	16,96	93,79
72	0,16	37,03	13,02	15,64	9,04	0,00	2,46	0,13	16,99	94,47
73	0,15	36,98	13,19	15,30	9,01	0,00	2,25	0,16	17,04	94,08
74	0,13	36,82	13,13	15,73	8,96	0,00	2,25	0,15	17,07	94,24
75	0,11	37,26	13,19	15,32	9,11	0,00	2,39	0,14	17,27	94,79
76	0,12	36,70	13,19	15,34	9,14	0,00	2,27	0,14	16,90	93,80
77	0,11	37,22	13,53	15,34	9,26	0,00	2,14	0,14	16,82	94,56
78	0,13	36,96	13,21	15,52	8,87	0,00	2,46	0,15	16,91	94,21
79	0,14	36,62	12,98	15,17	9,02	0,00	2,25	0,15	17,16	93,49
80	0,18	37,09	13,29	15,55	9,07	0,00	2,25	0,19	16,62	94,24
81	0,10	36,83	13,08	15,51	9,05	0,00	2,52	0,18	17,06	94,33
82	0,17	36,14	13,31	15,38	8,31	0,09	2,45	0,15	16,97	92,97
83	0,12	37,22	13,34	15,37	8,89	0,00	2,24	0,13	16,99	94,30
84	0,09	37,05	13,31	15,33	9,14	0,00	2,28	0,19	16,75	94,14
85	0,14	36,91	13,09	15,19	9,29	0,00	2,33	0,16	16,69	93,80
86	0,13	36,72	13,33	15,50	9,08	0,00	2,11	0,17	16,82	93,86
87	0,15	37,02	13,08	15,60	9,19	0,00	2,20	0,16	16,75	94,15
88	0,16	37,10	13,45	15,56	9,28	0,00	2,36	0,16	16,37	94,44
89	0,13	36,97	13,27	15,39	9,08	0,00	2,36	0,10	16,57	93,87
90	0,13	36,75	13,25	15,46	8,98	0,00	2,34	0,13	16,71	93,75
91	0,10	36,97	13,58	15,72	8,73	0,03	2,00	0,11	16,77	94,01
92	0,11	37,06	13,40	15,45	9,00	0,00	2,09	0,14	16,75	94,00
93	0,14	37,29	13,74	15,81	9,24	0,00	2,10	0,17	15,77	94,26
94	0,09	36,91	13,25	15,36	9,22	0,00	2,28	0,19	16,54	93,84

95	0,15	36,94	13,17	15,37	9,09	0,00	2,34	0,17	16,61	93,84
96	0,14	36,32	13,37	15,74	8,50	0,04	2,07	0,17	17,44	93,79
97	0,14	37,10	13,38	15,44	8,90	0,00	2,17	0,12	16,66	93,91
98	0,13	37,38	13,66	15,63	9,20	0,00	1,99	0,20	15,87	94,06
99	0,11	36,75	13,11	15,21	9,17	0,00	2,15	0,19	17,26	93,95
100	0,15	36,28	12,94	15,31	9,03	0,00	2,43	0,11	16,73	92,98
101	0,15	36,38	12,90	15,17	9,03	0,00	2,51	0,13	16,88	93,15
102	0,12	36,43	13,07	15,31	8,87	0,01	2,22	0,12	17,20	93,35
103	0,14	35,98	12,70	15,44	8,51	0,01	2,13	0,20	17,74	92,85
104	0,10	37,02	13,62	15,27	9,16	0,00	2,15	0,15	16,84	94,31
105	0,13	36,94	13,30	15,21	9,07	0,00	2,25	0,17	16,62	93,69
106	0,11	36,97	13,42	15,45	9,08	0,00	2,27	0,14	16,94	94,38
107	0,17	37,24	13,24	15,43	9,17	0,00	2,43	0,15	16,96	94,79
108	0,15	37,41	13,30	15,29	9,20	0,00	2,47	0,21	16,89	94,92
109	0,13	36,86	13,68	15,26	8,82	0,02	2,15	0,16	16,83	93,91
110	0,13	36,63	13,20	15,31	9,20	0,00	2,32	0,16	16,89	93,84
111	0,14	37,06	13,65	15,19	9,20	0,00	2,15	0,15	16,57	94,11
112	0,14	37,13	13,49	15,36	9,32	0,00	2,15	0,19	16,67	94,45
113	0,14	37,20	13,40	15,08	9,23	0,00	2,22	0,10	16,67	94,04
114	0,14	36,47	13,17	15,19	9,08	0,00	2,33	0,19	17,02	93,59
115	0,16	36,67	13,21	15,00	9,13	0,00	2,35	0,17	17,12	93,81
116	0,13	36,53	13,15	15,39	9,10	0,00	2,14	0,17	17,02	93,63
117	0,10	36,93	13,39	15,47	9,19	0,00	2,01	0,14	16,68	93,91
118	0,13	37,00	13,31	15,12	9,17	0,00	2,16	0,14	16,66	93,69
119	0,13	36,75	13,05	15,11	9,21	0,00	2,43	0,21	16,97	93,86
120	0,11	36,38	12,83	15,19	8,95	0,00	2,42	0,14	17,31	93,33
40 / 1 .	0,15	36,39	13,20	15,52	9,02	0,00	2,24	0,17	16,45	93,14
41 / 1 .	0,12	36,60	12,87	15,36	8,92	0,00	2,45	0,15	16,56	93,03
42 / 1 .	0,13	36,30	12,78	15,85	9,02	0,00	2,48	0,16	16,78	93,50
43 / 1 .	0,13	36,74	13,30	15,60	8,84	0,01	2,20	0,19	16,65	93,66

44 / 1 .	0,15	36,78	13,37	15,66	9,02	0,01	2,11	0,21	15,99	93,30
45 / 1 .	0,16	37,08	13,29	15,75	8,90	0,01	2,09	0,18	16,19	93,65
46 / 1 .	0,13	36,17	13,37	15,61	8,80	0,03	1,87	0,19	16,57	92,74
47 / 1 .	0,11	36,70	13,51	15,44	8,76	0,04	2,01	0,14	16,64	93,35
48 / 1 .	0,14	36,35	13,10	15,42	9,05	0,00	2,38	0,15	16,72	93,31
49 / 1 .	0,17	36,67	13,05	15,69	8,88	0,00	2,20	0,17	16,53	93,36
50 / 1 .	0,15	36,84	13,36	15,96	9,08	0,00	2,05	0,16	16,41	94,01
51 / 1 .	0,14	36,69	13,69	15,46	8,45	0,06	2,06	0,15	16,50	93,20
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,04	0,21	0,21	0,19	0,18	0,01	0,05	0,06	0,45	

Diorito Capim Branco
Resultados em Óxidos
(wt%)

Amostra: GPF-78 (Bt-Hbl diorito)

DP (%): desvio padrão médio wt%

Análise	Na2O	SiO2	MgO	Al2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Total
3	0,09	36,01	12,25	15,05	9,24	0,06	2,45	0,19	17,78	93,12
5	0,09	36,17	12,55	14,46	9,25	0,04	2,68	0,24	17,96	93,44
6	0,14	36,97	12,52	14,75	9,19	0,00	3,15	0,20	18,19	95,11
7	0,13	36,01	11,21	14,61	9,38	0,00	4,90	0,20	18,44	94,88
8	0,17	36,53	12,14	14,92	9,32	0,00	3,39	0,23	18,05	94,75
9	0,17	36,37	12,49	14,94	8,96	0,00	2,78	0,17	18,01	93,89
10	0,17	36,82	12,58	14,89	9,05	0,06	3,09	0,19	18,09	94,94
11	0,11	36,33	12,24	14,88	9,12	0,02	3,36	0,19	18,50	94,75
12	0,11	36,65	12,08	14,69	9,20	0,06	3,53	0,22	17,48	94,02
13	0,13	36,75	12,49	14,82	9,09	0,02	2,70	0,21	18,04	94,25
14	0,16	36,38	12,12	14,60	9,26	0,00	3,33	0,18	18,61	94,64
15	0,21	36,56	12,30	14,67	9,27	0,00	3,09	0,23	17,90	94,23
16	0,13	36,55	12,59	14,54	9,21	0,04	2,91	0,22	17,61	93,80

17	0,13	36,33	12,46	14,97	9,33	0,03	2,58	0,20	17,90	93,93
18	0,09	36,29	11,96	15,00	9,08	0,02	2,71	0,10	18,37	93,62
19	0,11	36,31	12,37	15,02	9,20	0,00	2,72	0,17	18,00	93,90
20	0,11	36,38	12,31	14,71	9,30	0,00	3,48	0,16	18,16	94,61
21	0,10	36,67	12,45	15,18	9,34	0,03	2,79	0,18	18,08	94,82
22	0,15	36,62	12,17	14,70	9,29	0,01	3,43	0,23	18,41	95,01
23	0,14	36,47	12,06	14,59	9,44	0,00	3,25	0,22	18,10	94,27
24	0,14	36,08	11,68	14,59	9,11	0,00	3,37	0,18	18,34	93,49
25	0,15	36,29	12,42	14,82	9,27	0,02	3,12	0,23	18,21	94,53
26	0,15	36,09	12,02	14,59	9,26	0,00	3,62	0,19	18,19	94,11
27	0,16	36,80	12,17	14,69	9,29	0,00	3,60	0,20	17,61	94,52
28	0,13	36,48	12,56	14,71	9,16	0,02	3,31	0,23	17,99	94,59
29	0,15	36,81	12,18	14,72	9,23	0,00	3,47	0,28	18,11	94,95
30	0,12	36,57	12,13	14,82	9,25	0,00	3,59	0,14	18,11	94,73
31	0,16	36,20	12,05	14,52	9,32	0,01	3,58	0,13	18,46	94,43
32	0,13	36,60	11,95	14,83	9,46	0,02	3,77	0,21	17,83	94,80
33	0,19	36,61	12,15	14,79	9,22	0,00	3,63	0,22	18,22	95,03
34	0,14	36,57	12,63	14,96	9,16	0,00	2,75	0,22	17,74	94,17
35	0,11	36,43	12,20	15,00	9,21	0,00	3,07	0,21	18,11	94,34
36	0,14	36,88	12,17	14,78	9,31	0,00	3,52	0,16	18,02	94,98
37	0,17	36,51	12,24	14,63	9,35	0,00	3,55	0,22	17,97	94,64
38	0,13	36,80	12,62	14,84	9,29	0,02	3,17	0,21	17,70	94,78
39	0,14	36,55	12,36	14,94	9,26	0,00	3,26	0,21	17,90	94,62
40	0,13	36,68	12,32	15,02	9,23	0,00	3,05	0,17	18,09	94,69
41	0,17	33,57	11,08	13,64	8,05	0,00	2,94	0,12	23,56	93,13
42	0,10	36,31	12,28	14,50	9,24	0,00	2,96	0,19	17,89	93,47
43	0,06	35,66	11,27	15,02	9,17	0,00	2,44	0,13	19,43	93,18
44	0,12	35,92	11,82	14,95	8,75	0,05	2,85	0,17	18,46	93,09
45	0,12	36,25	12,04	14,86	9,13	0,02	3,14	0,20	18,06	93,82
46	0,15	36,85	11,81	14,60	9,32	0,00	3,55	0,18	18,29	94,75

47	0,13	36,54	12,00	14,72	9,20	0,00	3,35	0,19	18,17	94,30
48	0,08	35,95	11,92	15,33	9,36	0,01	2,50	0,19	18,55	93,89
49	0,12	36,48	12,08	14,84	9,37	0,02	3,27	0,22	17,98	94,38
50	0,17	36,18	11,91	14,91	9,22	0,00	3,36	0,16	18,02	93,93
51	0,10	36,51	12,26	15,18	9,47	0,00	2,83	0,17	17,48	94,00
52	0,13	36,97	11,92	15,19	8,75	0,00	2,69	0,20	18,15	94,00
53	0,15	36,38	11,75	14,46	9,23	0,00	3,35	0,16	18,39	93,87
54	0,16	36,44	11,96	14,43	9,31	0,00	3,36	0,21	18,13	94,00
57	0,13	36,81	12,94	15,27	8,94	0,03	2,12	0,20	16,97	93,41
58	0,14	36,34	11,89	14,88	9,24	0,00	3,37	0,22	18,09	94,17
59	0,14	36,42	12,24	14,97	9,10	0,00	3,11	0,21	18,25	94,44
60	0,12	36,27	12,11	14,87	9,19	0,00	3,08	0,18	18,14	93,96
61	0,11	36,32	12,24	15,02	9,29	0,00	3,11	0,19	18,04	94,32
62	0,10	36,16	12,50	14,99	8,73	0,05	2,41	0,20	17,79	92,93
63	0,17	36,32	11,99	14,67	9,11	0,00	3,54	0,22	17,96	93,98
64	0,13	36,26	12,20	14,88	9,01	0,01	2,89	0,21	18,04	93,63
65	0,14	36,10	12,05	14,41	9,11	0,00	3,40	0,21	17,99	93,41
66	0,07	36,85	12,31	14,71	9,33	0,02	3,00	0,23	17,70	94,22
67	0,13	36,19	12,11	14,60	9,02	0,00	3,40	0,21	17,45	93,11
68	0,17	37,26	12,65	14,92	9,08	0,00	2,94	0,24	16,98	94,24
69	0,05	36,26	12,58	14,93	8,28	0,10	2,27	0,18	17,28	91,93
70	0,15	36,83	12,72	14,82	9,02	0,03	2,86	0,17	17,66	94,26
71	0,15	36,33	12,13	15,04	9,03	0,09	3,14	0,15	17,41	93,47
72	0,14	36,70	12,31	14,47	9,12	0,00	3,54	0,15	18,00	94,43
73	0,15	36,51	12,28	14,76	9,20	0,04	3,18	0,20	17,78	94,10
74	0,12	36,52	12,39	14,86	8,85	0,00	3,05	0,25	17,69	93,73
75	0,10	36,30	12,70	14,91	9,26	0,00	2,69	0,14	17,70	93,80
76	0,16	36,15	12,00	14,79	9,26	0,00	3,35	0,19	18,12	94,02
77	0,14	36,67	12,18	14,75	9,27	0,00	2,99	0,19	17,58	93,77
78	0,11	36,36	11,91	14,29	9,13	0,00	4,13	0,19	17,92	94,04

79	0,16	36,74	11,92	14,35	9,24	0,00	4,20	0,20	17,61	94,42
80	0,08	36,74	12,01	14,54	9,31	0,01	3,43	0,20	17,94	94,26
81	0,13	36,71	12,32	14,40	9,20	0,04	3,49	0,21	18,01	94,51
82	0,09	36,72	12,52	15,08	9,22	0,00	2,44	0,17	18,18	94,42
83	0,13	36,60	12,57	15,00	9,22	0,02	2,82	0,20	18,14	94,70
84	0,11	36,92	12,43	14,43	9,20	0,04	3,63	0,19	18,03	94,98
85	0,15	36,96	12,17	14,71	9,09	0,01	3,73	0,24	17,80	94,86
86	0,14	36,74	12,20	14,83	9,24	0,00	3,08	0,21	18,26	94,70
87	0,12	36,85	12,37	14,72	9,26	0,00	2,99	0,15	18,19	94,65
88	0,11	36,87	12,86	14,78	9,40	0,00	2,31	0,18	18,03	94,54
89	0,10	36,60	12,29	15,11	9,22	0,03	3,04	0,19	17,96	94,54
90	0,15	36,29	12,15	15,15	9,06	0,00	2,75	0,19	17,80	93,54
91	0,10	37,32	12,86	14,40	9,37	0,03	3,35	0,13	17,61	95,17
92	0,06	36,91	12,51	14,58	9,31	0,03	3,32	0,21	17,70	94,63
93	0,13	37,15	12,57	14,49	9,25	0,00	3,09	0,23	17,88	94,79
94	0,19	37,00	12,33	14,25	9,18	0,01	3,19	0,23	18,21	94,59
95	0,14	37,04	12,51	14,82	9,17	0,03	2,93	0,18	17,69	94,51
96	0,11	36,67	12,31	14,81	9,38	0,04	2,98	0,21	18,11	94,62
97	0,11	36,86	12,21	14,80	9,01	0,00	2,97	0,28	18,42	94,66
98	0,09	36,82	11,86	14,97	9,05	0,05	3,31	0,20	18,05	94,40
99	0,11	36,69	12,16	14,61	9,36	0,00	3,08	0,19	17,83	94,03
100	0,14	36,09	12,11	14,59	9,07	0,00	2,98	0,24	17,81	93,03
101	0,15	36,65	12,28	14,97	9,25	0,00	3,25	0,23	17,92	94,70
102	0,12	36,78	12,15	14,67	9,31	0,00	3,26	0,23	18,01	94,53
103	0,16	36,65	12,01	14,73	9,18	0,01	3,97	0,16	18,03	94,90
104	0,11	36,18	12,21	14,76	9,20	0,05	3,29	0,22	18,16	94,18
105	0,17	36,88	12,38	14,76	9,22	0,00	3,12	0,22	17,94	94,69
106	0,11	37,09	12,63	14,86	9,17	0,05	2,84	0,12	17,37	94,24
107	0,15	36,63	12,37	14,91	9,37	0,04	3,14	0,18	18,08	94,87
108	0,12	36,43	12,17	14,81	9,36	0,01	3,26	0,20	18,43	94,79

109	0,09	36,78	12,27	14,85	9,42	0,02	2,89	0,18	18,29	94,79
110	0,04	36,78	12,40	15,16	9,53	0,00	2,55	0,18	18,36	95,00
111	0,18	36,71	12,62	14,75	9,34	0,00	3,17	0,20	18,00	94,97
112	0,11	36,82	12,06	14,92	9,36	0,00	3,23	0,14	18,00	94,64
113	0,15	36,86	12,54	14,96	9,34	0,00	2,96	0,19	17,56	94,56
114	0,19	36,72	11,93	14,54	9,34	0,00	3,78	0,22	18,36	95,08
115	0,15	36,94	12,47	14,95	9,40	0,01	2,80	0,13	17,52	94,37
116	0,15	37,03	12,63	14,85	9,24	0,00	2,80	0,16	17,89	94,75
117	0,11	36,93	12,43	14,57	9,31	0,01	3,11	0,16	17,83	94,46
118	0,13	36,45	12,08	14,70	9,33	0,00	3,28	0,18	17,99	94,14
119	0,16	36,35	12,22	14,66	9,04	0,01	3,25	0,25	18,14	94,08
120	0,16	36,47	12,68	14,81	8,93	0,05	2,86	0,17	18,19	94,32
121	0,13	36,67	11,85	14,72	9,18	0,00	3,50	0,19	18,55	94,79
122	0,07	36,58	12,21	14,64	9,32	0,00	3,10	0,18	18,03	94,13
123	0,11	36,24	12,34	15,39	9,31	0,01	2,55	0,14	17,83	93,92
124	0,18	36,61	12,22	14,50	9,17	0,00	3,52	0,20	18,09	94,49
DP (%)	Na	Si	Mg	Al	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
	0,04	0,22	0,21	0,18	0,19	0,01	0,05	0,06	0,47	

Análises químicas em rocha-total

	Amostra	SiO₂	TiO₂	Al₂O₃	FeO_t	MnO	MgO	CaO	Na₂O	K₂O	Cr₂O₃	P₂O₅	PF
GPF	GPF-3B*	47,91	0,36	20,42	6,86	0,11	8,24	14,30	1,56	0,17	0,04	0,02	1,60
	GPF-105	47,88	1,16	17,07	11,99	0,17	9,21	10,37	1,86	0,25	0,02	0,02	0,90
	GPF-13*	47,76	1,06	21,30	8,32	0,12	5,67	12,56	2,47	0,59	0,01	0,12	1,80
DAA	AP-8*	46,24	2,09	18,53	11,97	0,19	6,56	10,31	3,16	0,54	0,00	0,40	1,30
	GPF-92	51,27	1,41	18,78	9,17	0,16	5,48	8,46	3,59	1,43	0,00	0,25	0,90
	GPF-89A	51,77	1,31	19,75	9,05	0,12	4,13	8,08	3,78	1,52	0,00	0,49	0,60
DCB	GPF-78	52,29	1,52	17,87	9,28	0,16	5,13	8,22	3,50	1,57	0,01	0,45	1,20
	GPF-79	44,69	1,83	18,14	13,37	0,15	7,15	12,11	1,95	0,40	0,02	0,18	0,90

Análises químicas em rocha-total (wt%), recalculadas em base anidra. PF = Perda ao fogo (LOI = *loss on ignition*). *Dados de Dal Olmo-Barbosa *et al.* (2018)

ANEXO I
Título da Tese:
“EVOLUÇÃO PETROLÓGICA E CONTEXTO GEODINÂMICO DAS ROCHAS INTRUSIVAS BÁSICAS EDIACARANAS DO SUDESTE DO CINTURÃO DOM FELICIANO, RS”
Área de Concentração: Geoquímica
Autor: Laércio Dal Olmo Barbosa
Orientador: Prof. Dr. Edinei Koester
Examinadora: Profa. Dra. Adriane Machado
Data: 06/09/2022
Conceito: A (EXCELENTE)
PARECER:
<p>A Tese de Doutorado de Laércio Dal Olmo Barbosa representa uma contribuição científica de excelência, para a compreensão da evolução petrológica relacionada à geração das rochas básicas intrusivas ediacaranas, da região sudeste do Cinturão Dom Feliciano (RS).</p> <p>Na introdução é justificada e atestada a necessidade de estudar as rochas intrusivas básicas da região de Dom Feliciano, considerando a carência de trabalhos referentes as rochas e o cenário petrológico complexo, que envolve a formação dessas rochas.</p> <p>Os objetivos da tese de doutorado foram cumpridos plenamente. As metodologias utilizadas foram adequadas, de forma a gerar dados de qualidade, que corroboram para as interpretações geológicas apresentadas.</p> <p>O texto da geologia regional e contexto geotectônico auxilia na identificação dos elementos geológicos, que constituem as áreas de estudo, e permite compreender a geodinâmica do ambiente geológico, no qual se enquadram as rochas intrusivas básicas.</p> <p>O estado da arte é uma peça imprescindível da tese, constituído por uma revisão bastante completa, atual e interessante, que discorre sobre (i) intrusões dioríticas e gabroicas cálcio-alcálicas de ambientes orogênicos e pós-colisionais; (II) rochas cumuladas e (III) rochas básicas intrusivas do Cinturão Dom Feliciano. O</p>

texto fornece um embasamento substancial e importante sobre os modelos petrológicos publicados na literatura, assim como, as prováveis interações magmáticas associadas a colocação de magmas básicos em ambientes colisionais.

As considerações finais são coerentes com os dados e interpretações apresentados, e representam um avanço significativo e notório a respeito do conhecimento geológico das rochas intrusivas básicas.

Os artigos apresentados são de expressiva qualidade. No artigo I, submetido ao periódico "*Chemical Geology*", as variações texturais e composições de minerais das rochas intrusivas básicas são interpretadas e correlacionadas com processos petrológicos relatados na literatura. No artigo II, publicado no periódico "*Journal of South American Earth Sciences*", o posicionamento e correlação estratigráfica das rochas são estabelecidos, através das idades de cristalização das rochas intrusivas básicas. As interpretações e discussões reportadas nos artigos são de alta qualidade e fidedignas aos dados apresentados. Os artigos representam um marco geológico de excelência, para a evolução do conhecimento da geologia do Cinturão Dom Feliciano e das rochas intrusivas básicas da região, que careciam de estudos aprofundados.

As exigências de estrutura de trabalho, base conceitual, fundamentação teórica, coerência teórico-metodológica, procedimentos técnicos de pesquisa, qualidade e originalidade requeridos para uma tese de doutorado foram cumpridos.

Parabéns pelo trabalho excelente e primoroso. Cumprimentos extensivos ao orientador.

Assinatura: *Adriane Machado*

Data: 06/09/2022

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I

Título da Tese:

“EVOLUÇÃO PETROLÓGICA E CONTEXTO GEODINÂMICO DAS ROCHAS INTRUSIVAS BÁSICAS EDIACARANAS DO SUDESTE DO CINTURÃO DOM FELICIANO, RS”

Área de Concentração: Geoquímica

Autor: **Laércio Dal Olmo Barbosa**

Orientador: Prof. Dr. Edinei Koester

Examinador: Prof. Dr. Viter Magalhães Pinto


Data: 06/09/2022

Conceito: A (Excelente)

PARECER:

A Tese de Doutorado avaliada resultou no avanço do entendimento da evolução petrológica do magmatismo básico Ediacarano – Gabro Passo da Fabiana e Dioritos Alto Alegre e Capim Branco e no sudeste do Cinturão Dom Feliciano, RS. Além da avaliação dos processos petrológicos vinculados à evolução dos magmas básicos, a cronologia do posicionamento dos corpos estudados foi definida, trazendo importante contribuição para a estratigrafia e análise da evolução geodinâmica do cinturão. A tese está bem escrita, com revisão atualizada e pertinente ao tema da tese. A apresentação foi correta, didática e no tempo disponível.

Assinatura:



Data: 06/09/2022

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno: