

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

Caraterização Petrográfica, Geoquímica e Isotópica do Granito Itapuranga na Porção Central da Faixa Brasília.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 402

Alanna Cristina Vieira Rodrigues da Silva

Orientador: Prof. Dr. Valmir da Silva Souza

Brasília – DF

Fevereiro/2018

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**Caraterização Petrográfica, Geoquímica e Isotópica do Granito
Itapuranga na Porção Central da Faixa Brasília.**

Alanna Cristina Vieira Rodrigues da Silva

**Orientador:
Prof. Dr. Valmir da Silva Souza**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Valmir da Silva Souza - (UnB)

Dr. Jaime Estevão Scandola - (CPRM)

Prof. Dr. Elton Luiz Dantas - (UnB)

Brasília – DF

Fevereiro/2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelos dons da vida e sabedoria concebida, e pela força, coragem e determinação em cada etapa alcançada. Obrigada Deus misericordioso, pela a proteção e crescimento espiritual adquiridos nessa etapa da minha vida.

Agradeço também as instituições que me apoiaram durante o período de Mestrado: Universidade de Brasília (UnB), Programa de Pós-Graduação em Geologia (PPGG) do Instituto de Geociências (IG) e Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF) pelo fornecimento da bolsa de mestrado. Ao profº Dr. Massimo Matteini pela a oportunidade dada. Ao Profº. Dr. Valmir da silva Souza, meu humilde e sincero agradecimento pelo acolhimento, atenção, paciência, dedicação, profissionalismo e pelas palavras de incentivo durante a orientação que tanto me acalmava nos momentos de aflição e angustia. Agradeço também ao professor Nilson Francisquini Botelho, por todo apoio e compreensão nas oportunidades acadêmicas.

Aos meus colegas de Mestrado e Doutorado, pelo conhecimento compartilhado, pela ajuda, pelo carinho, pelo companheirismo e todo apoio nesse tempo do mestrado.

À minha família por ter acreditado e apoiado na concretização desse sonho. À minha mãe Hilda Vieira meu eterno obrigada por tudo, obrigada por ser meu sustento, por ser minha fortaleza e meu espelho. Essa vitória é nossa. Dedico a ti, minha amada mãe.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	x
CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação	1
1.2 Localização	1
1.3 Objetivo	2
1.4 Materiais e Métodos.....	2
1.5 Contexto Geológico.....	4
1.6 Escopo da Dissertação.....	5
CAPÍTULO 2	7
2 CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA, GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DO GRANITO ITAPURANGA NA PORÇÃO CENTRAL DA FAIXA BRASÍLIA.	7
2.1 INTRODUÇÃO	8
2.2 GEOLOGIA REGIONAL.....	9
2.3 MATERIAIS METODOS	13
2.4 O GRANITO ITAPURANGA	14
2.4.1 Aspecto de Campo	14
2.4.2 Petrografia.....	17
2.4.3 Química Mineral.....	20
2.4.4 Litogeoquímica	29
2.4.6 Isótopos Sm-Nd	36
2.5 DISCUSSÃO	37
2.6 CONCLUSÕES.....	43
2.7 REFERENCIAS.....	44
ANEXO 1 - Análises dos minerais K-Feldspato e Plagioclásio.....	50
ANEXO 2 - Análises dos minerais anfibólio	59
ANEXO 3 - Análises dos minerais micáceos.....	68

SILVA, A,C,V,R, da. Caraterização Petrográfica, Geoquímica e Isotópica do Granito Itapuranga: na Porção Central da Faixa Brasília. Programa de Pós Graduação em geologia (Dissertação de Mestrado), IG/UnB, Brasília, 2018, 94p.

RESUMO

O Granito Itapuranga está localizado na porção central da Faixa Brasília, Província Tocantins, produto da convergência e colisão entre os crátons São Francisco, Paranapanema e Amazônico. A Faixa Brasília constitui um cinturão orogênico Neoproterozóico, com aproximadamente 1200 km de comprimento por 300 km de largura. Na sua porção central ocorre um sistema de lineamentos com direção EW, sendo o Lineamento dos Pirineus a estrutura mais proeminente desse conjunto. Vários corpos graníticos sin e pós colisionais estão associados a este lineamento como, por exemplo, o Granito Itapuranga. O Granito Itapuranga é uma intrusão alongada na direção E-W, apresentando textura porfírica em diferentes estágios deformacionais, variando de protomilonito a ultramilonito, com assembleia mineral constituída por fenocristais de feldspato potássico imerso numa matriz quartzo-feldspática, com biotita, anfibólio e minerais acessórios como titanita, epidoto e zircão. Enclaves ocorrem em tamanho variando de 10 a 30 cm, com forma achatada e estirada. Os dados geoquímicos para estas rochas apresentam ampla variação do teor de SiO₂, altos conteúdos de Al₂O₃, Fe₂O₃ e K₂O, altas concentrações de Rb, Ba e Sr e moderados teores de Nb, Zr e Y. As idades TDM Sm-Nd para essas rochas variam de 1,27 a 1,91 Ga sugerindo material derivado da crosta sílica mais antiga na origem dos magmas. Esse Magmatismo do tipo-I envolve processo de fracionamento por cristalização fracionada caracterizando ambiente tectônico pós-colisional a tarde-orogênico. A presença de enclaves indica coexistência de membros máficos e félsicos. O félsico pode ser produto da fusão da crosta continental provavelmente de idade Paleo-Mesoproterozóica com algum grau de contribuição de fusão mantélica.

Palavras chave: Granito Itapuranga, Magmatismo Shoshonítico, Faixa Brasília.

ABSTRACT

The Itapuranga Granite is located in the central portion of the Brasília Belt, Tocantins Province, product of the convergence and collision between the São Francisco, Paranapanema and Amazonian cratons. The Brasília Belt is a Neoproterozoic orogenic belt, with approximately 1200 km long and 300 km wide. In its central portion occurs a system of lineaments with direction EW, being the Pyrenees Lineament the most prominent structure of this set. Several granite **sin** and post collisional bodies are associated with this lineage, such as Itapuranga Granite. The Itapuranga granite is an intrusion elongated in the EW direction, presenting porphyritic texture in different deformational stages, ranging from protomylonite to ultramylonite, with mineral assembly constituted by phenocrysts of potassium feldspar immersed in a quartz-feldspathic matrix, with biotite, amphibole and accessory minerals such as titanite, epidote and zircon. Enclaves occur in size ranging from 10 to 30 cm, with flattened and stretched form. The geochemical data for these rocks show a wide variation in the content of SiO₂, high content of Al₂O₃, Fe₂O₃ and K₂O, high concentrations of Rb, Ba and Sr and moderate levels of Nb, Zr and Y. The TDM Sm-Nd ages for these rocks vary from 1.27 to 1.91 Ga suggesting material derived from the oldest sialic crust in the origin of the magmas. This type I magmatism involves fractional crystallization fractionation characterizing post-collisional tectonic environment to late-orogenic. The presence of enclaves indicates coexistence of mafic and felsic limbs. The felsic may be the product of the melting of the continental crust probably of Paleo-Mesoproterozoic age with some degree of contribution of mantle fusion.

Key words: Itapuranga granite, Shoshonite magmatism, Brasília belt.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização e acesso da região de estudo.....	1
Figura 2 - Mapa das principais unidades geotectônicas da Faixa Brasília. (Pimentel <i>et al.</i> , 2003).....	11
Figura 3: Mapa geológico simplificado da área de Itapuranga.	15
Figura 4: A) Tipos de afloramentos encontrado do granito Itapuranga. B) e C) Litotipos apresentando coloração cinza clara a rosa, com características holocristalina e granulometria grossa. D) Fenocristais de feldspato imersos numa matriz fina. E) Enclave microgranular com formato elipsoidal. F) Dique afanítico, tabular.....	16
Figura 5 Principais características mineralógicas e microestruturais do Granito Itapuranga. - A) Fenocristal tabular e alongado de feldspato potássico apresentando zoneamento oscilatório. B) Fenocristal de feldspato alcalino com geminação microclinio e textura do tipo mimerquita. C) e D) Cristais de quartzo compondo matriz quartzo-feldspática exibindo feições de recristalização, extinção ondulante, e formação de subgrãos em microfaixas paralela a foliação principal. E) Cristais de biotita estirado apresentando feições pisciformas e distribuídos em meio a matriz quartzo-feldspática. F) Cristal de anfibólio ocelar apresentando pleocroísmo em tons de marrom a verde.	19
Figura 6 - Diagrama de classificação para os feldspatos.	20
Figura 7: Diagrama de classificação para anfibólios (Leake <i>et al.</i> , 1997) .A) $(Na + K)A \geq 0,50$.B) $(Na + K)A < 0,50$	23
Figura 8: A) diagrama de classificação das micas analisadas. B) Diagrama TiO_2 - $FeO+MnO-MgO$, para discriminação de origem de biotita: Primária (P), Secundária (S), Reequilibrada (R). C): Diagrama discriminante de biotita de diferentes suítes graníticas: A) alcalina, C) calci-alcalina e P) peraluminosa.....	26
Figura 9: A) Diagrama de classificação Q-P de (Debon & LeFort 1983) B) Índice de alcalinidade segundo Irvine & Baragar (1971); C) Diagrama de correlação entre SiO_2 Vs K_2O (Peccherillo & Taylor 1976); D) Índice de saturação em alumina A/CNK A/NK de Shand (1943).....	30
Figura 10: A) Diagrama multielementar, normalizado para condrito de acordo com Thompson (1982). B) Diagrama dos Elementos Terras Raras com normalização para o condrito de Boynton (1984).....	31
Figura 11 - A) Disposição das amostras nos diagramas discriminante de Pearce <i>et al.</i> , (1986), com subdivisão dos campos intra-placa (WPG), arco vulcânico (VAG), sin-colisionais (SYN-COLG), cadeias oceânicas (ORG). B) Disposição das amostras no diagrama R1-R2, mostrando ambiente pós-colisional e tarde-colisional para as amostras do Granito Itapuranga.	32
Figura 12 - Diagrama para as composições isotópicas de ϵNd x T(Ga), com os modelos de evolução do manto empobrecido (DM) dos principais litotipos do Granito Itapuranga.....	36
Figura 13 - Diagrama Harker com variação dos elementos maiores e menores usando SiO_2 como índice de diferenciação.....	39
Figura 14- Diagrama Zr / Nb vs Zr (Geng <i>et al.</i> , 2009), mostram as tendências de fusão parcial e cristalização fracionada para as rochas do Granito Itapuranga.	40

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Análises representativas do k-feldspato e plagioclásio.	21
Tabela 2: Análises representativas dos anfibólios	24
Tabela 3: Análises representativas das micas.	27
Tabela 4: Composição geoquímica dos elementos maiores, menores e traços.....	33
Tabela 5: Análises isotópicas de Sm-Nd para as rochas do Granito Itapuranga.	37

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

O presente documento trata de pesquisa de Dissertação de Mestrado, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade de Brasília. O objeto da pesquisa é o Granito Itapuranga, suas características petrográficas, geoquímicas e isotópicas (Sm-Nd).

1.2 Localização

A área de estudo está inserida na porção central do Estado de Goiás, nas mediações dos municípios de Itapuranga e Uruana. O acesso pode ser realizado partindo de Brasília-DF em direção sudoeste através da DF-70 em seguida acessando a BR-153 na direção norte passando pela a Cidade de Uruana até chegar à cidade de Itapuranga, sede da área de trabalho, totalizando um percurso de 347 km (Figura 1). O granito Itapuranga tem suas exposições ao sul da sede do município homônimo.

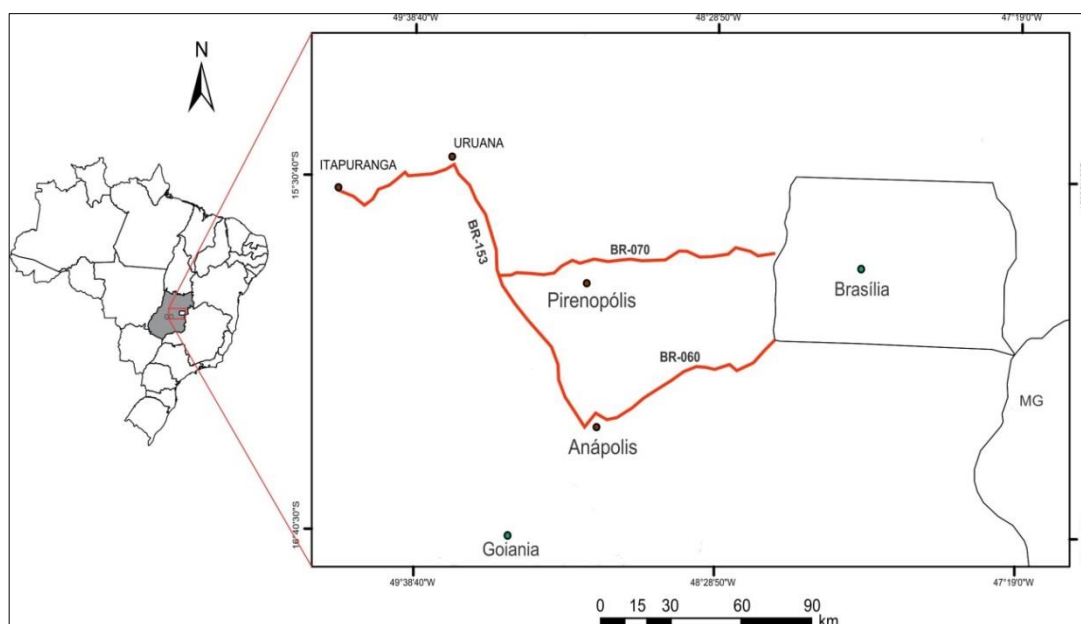


Figura 1- Mapa de localização e acesso da região de estudo.

1.3 Objetivo

O objetivo geral desta dissertação é a abordagem de novos dados geológicos, geoquímicos e geocronológicos, no acréscimo do conhecimento dos processos de evolução crustal da porção central da Faixa Brasília. Para tal, utiliza-se da caracterização petrográfica, química mineral, litogeoquímica e isotópica (Sm-Nd), a fim de contribuir com o entendimento processos petrogenéticos envolvidos na gênese do granito Itapuranga.

Como objetivos específicos, temos como indicadores os seguintes:

- Contribuir com o estudo petrográfico e de química mineral para classificação das rochas e caracterização de sua mineralogia, microestruturas e texturas associadas.
- Realização de análises geoquímicas (elementos maiores, traços e Terras Raras) para classificação das rochas e caracterização dos principais processos de diferenciação magmática (cristalização fracionada, mistura, assimilação) e ambiente de formação do Granito Itapuranga.
- Estudo isotópico sobre rocha total (Sm-Nd) para caracterizar os processos petrogenéticos profundos.

1.4 Materiais e Métodos.

A etapa de campo foi realizada no município de Itapuranga-Go em Março de 2016. Durante essa etapa, foi realizado o reconhecimento geológico da área, acompanhado de coleta de dados com o objetivo de amostrar os principais tipos de rochas do Granito Itapuranga. A etapa de pesquisa laboratorial, responsável pela a maior parte do tempo da pesquisa, consistiu primeiramente na identificação e separação das amostras durante a etapa de campo para serem analisadas.

Estudo petrográfico de 22 lâminas delgadas polidas teve como objetivo caracterizar e quantificar as assembleias minerais e arranjos microestruturais.

O estudo foi realizado no Laboratório de Microscopia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (IG-UnB), utilizando os microscópios petrográficos binoculares convencionais com luz transmitida e refletida da marca Olympus BX41.

Análise de química mineral foi realizada no laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociência da Universidade de Brasília, utilizando equipamento da marca JEOL, modelo Superprobe JXA-8230. As análises químicas foram obtidas com as seguintes condições de operação: voltagem de 15 kV e uma corrente de feixe de 10 nA e 1 µm de diâmetro de feixe. As análises de plagioclásio foram feitas com 5 µm, tempo de aquisição foi de 10 s. Cada elemento foi padronizado usando minerais sintéticos ou naturais. As análises foram feitas em anfibólio, biotita, feldspatos, minerais opacos, epidoto e titanita.

As análises litogeoquímica foram realizadas em 18 amostras representativas de rochas graníticas, enclaves e dique da região de Itapuranga. A preparação foi realizada na Universidade de Brasília, onde estas foram britadas utilizando um britador de mandíbula. Em seguida as amostras foram peneiradas para a eliminação do pó fino, reduzindo o risco de contaminação. Essas amostras ainda foram quarteadas visando à redução volumétrica e, por fim, a fração reservada para análise química foi pulverizada utilizando panela de ágata, resultando em uma fração pó. As análises foram realizadas no ACME - *Analytical Laboratories Ltd.* (Vancouver, Canadá), usando ICP-ES (*Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer*) para os elementos maiores (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O_{3tot}, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O e P₂O₅) e ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*), para análises dos elementos traços e terras raras.

As análises isotópicas Sm-Nd foram realizadas no Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília e seguiram o método descrito por Gioa e Pimentel (2000). Cerca de 50 mg de amostras de rocha total foi misturado com uma solução de *epike* ¹⁴⁹Sm-¹⁵⁰Nd e dissolvido em cápsulas Savillex. A extração de Sm e Nd seguiu a técnica convencional com colunas de Teflon contendo LN-Specresin (HDEHP –

diethylhexil phosphoric acid supported on PTFE powde). As amostras de Sm e Nd foram carregadas em filamentos de re-evaporação em conjuntos de filamentos duplos e as medidas isotópicas foram feitas em espectrômetro de massa do tipo multicoletor Finnigan MAT 262. O grau de incertezas para as razões $^{149}\text{Sm}/^{150}\text{Nd}$ é menor que $\pm 0,4\%$ (1σ) e $\pm 0,005\%$ (1σ), respectivamente, de acordo com análises do padrão internacional BHVO-1 e BCR-1. As razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foram normalizadas para $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,7219, e a constante de decaimento usada foi $6,54 \times 10^{-12}$ a 10^{-1} . Valores TDM foram calculados segundo método de De Paolo (1981).

1.5 Contexto Geológico

O Granito Itapuranga está localizado na porção central da Faixa Brasília, inserida na Província Tocantins (Almeida *et al.*, 1981; Marini *et al.*, 1994ab), região central do Brasil. A Faixa Brasília, resultado da convergência e colisão dos crátons São Francisco, Paranapanema e Amazônico (Fuck *et al.*, 1994; Fonseca *et al.*, 1995; Dardenne 2000; Uhlein *et al.*, 2012; Fuck *et al.* 2014; Pimentel 2014), constitui cinturão orogênico Neoproterozoico, com aproximadamente 1200 km de comprimento por 300 km de largura.

A porção central da Faixa Brasília é marcada pela ocorrência de um conjunto de lineamentos na direção E-W, o lineamento dos Pirineus, estrutura mais proeminente da faixa se estendendo por cerca de 200 km na direção E-W, definindo a Sintaxe dos Pirineus (Araújo Filho, 2000, Dardenne, 1978, 2000). Associados a estes lineamentos, alguns corpos graníticos como o Granito Itapuranga e o Sienito de Uruana (Suíte Itapuranga, Oliveira, 1997). O Lineamento dos Pirineus e as intrusões Itapuranga e Uruana estão localizados na parte central da Faixa Brasília entre dois grandes cinturões Neoproterozóico. O Cinturão a norte constituído pelos complexos Barro Alto, Niquelândia e Cana Brava, (Pimentel *et al.*, 2003, Ferreira Filho *et al.*, 1998, 2010) e o Cinturão ao sul pelo complexo Anápolis-Itaçu (Pimentel *et al.*, 2003) exposto entre metassedimentos do Grupo Araxá.

A Suíte Itapuranga ocorre na porção do Complexo Anápolis-Itaçu (Pimentel *et al.*, 1999), formando corpos alongados de direção NW-SE, com

contato tectônico através de zonas de transcorrência com as rochas das sequências metavulcanossedimentares Rio do Peixe, Serra Dourada e metassedimentos do Grupo Araxá (Pimentel *et al.*, 2000). Os afloramentos desta suíte ocorrem ainda em áreas isoladas, como a sul de Uruíta, sul de Itapuranga, sudoeste de Uruana e na região do Cedro (norte de Itapuranga).

Este magmatismo granítico foi identificado por Pimentel *et al.*, (1999), representando importante componente do Complexo Anápolis-Itauçu. Ainda de acordo com esses autores, intrusão Uruana e Itapuranga apresentam idades U-Pb, SHRIMP, em torno de 0,6 Ga com idade modelo TDM de 1,44 Ga, sugerindo fonte crustal Mesoproterozóica (Pimentel *et al.*, 2003). Algumas denominações para as rochas da Suíte Itapuranga foram proposta por vários autores como Almeida (1967) que incluem as rochas dessa suíte no Complexo Basal, e Barbosa *et al.*, (1969) as incluíram no Grupo Araxá. Pena *et al.* (1975), cartografaram estas rochas como núcleo granítico Rubiataba-Itapuranga, parte do complexo Basal no projeto Goiânia II, folha SD.22-Z-C, que de acordo com esses autores é constituído de biotita granito e biotita hornblenda granito com gradações para gnaisses e migmatitos, limitados por extensas faixa milonítica. Sá (1987), no Projeto mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais agrupou estas rochas como conjunto plutônico formado por metagranitos e metasienitos com fácies subvulcânicas, com a denominação de "Rochas Plutônicas Intermediárias e Ácidas". Oliveira (1997) propôs a denominação Suíte Itapuranga para designar conjunto de rochas subalcalinas potássicas (shoshonítica) a calcialcalina, constituída por metaquartzo sienito, alcalifeldspato granitos, granitos ss. com gradações para metaquartzo, monzonitos, metaquartzo dioritos e tonalitos.

1.6 Escopo da Dissertação

Esta dissertação está estruturada na forma de artigo a ser submetido para publicação em periódico científico especializado sobre o tema. O artigo é intitulado "Caraterização Petrográfica, Geoquímica e Isotópica do Granito Itapuranga na porção central da Faixa Brasília", elaborado entre os anos de 2015 e 2017.

O objetivo principal do artigo é apresentar a caracterização petrográfica, geoquímica e isotópica do Granito Itapuranga da porção central da Faixa Brasília, abordando discussões sobre o tipo de magmatismo e sua implicação tectônica na evolução da faixa.

O capítulo 1 abrange Apresentação do trabalho, Localização da área de estudo, Objetivos geral e específicos, Técnicas Analíticas, Contexto Geológico do área de estudo e “escopo da dissertação”

O “Capítulo 2” se refere ao artigo, precedido por Capítulo introdução, geologia regional e técnicas analíticas empregadas para cada tipo de análise feita. A parte dos Resultados e Conclusão apresenta de forma resumida os resultados da pesquisa previamente discutidos no artigo. Ao final do volume, o Capítulo de Anexo, no qual serão incluídos os resultados de química mineral não apresentado no corpo do artigo.

CAPÍTULO 2

Nesse capítulo apresentamos o artigo científico produto da pesquisa, o qual será transcrito para o inglês e submetido periódico de circulação internacional.

2 CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA, GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DO GRANITO ITAPURANGA NA PORÇÃO CENTRAL DA FAIXA BRASÍLIA.

Alanna C. Silva¹, Massimo. Matteini¹, Valmir da Silva Souza, Nilson Francisquini Botelho.

¹Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Campus D. Ribeiro, 70910-900 Brasília-DF, Brasil.

Corresponding author: Alanna C. Silva (alannacvrs@gmail.com) / Massimo. MATTEINI (massimo@unb.br)/ Valmir da Silva Souza (vsouza@unb.br), Nilson Francisquini Botelho (nilsonfb@unb.br)

Resumo

O granito Itapuranga uma intrusão alongada na direção E-W localiza-se na porção central da Faixa Brasília. Essa intrusão associada ao Lineamento dos Pirineus apresenta textura porfirítica em diferentes estágios deformacionais, variando de protomilonito a ultramilonito. Os dados geoquímicos revelam composição subalcalina, metaluninosa, shoshonítica para as rochas que podem variar de quartzo sienito a sienogranito e monzogranito. As idades T_{DM} Sm-Nd para esses litótipos variam 1,27 a 1,91 Ga com valores $\epsilon Nd(t)$ sugerindo a participação de material derivado da crosta sílica mais antiga (Paleo a Mesoproterozóico) na origem dos magmas. Esse Magmatismo do tipo-I envolve processo de fracionamento caracterizando ambiente tectônico pós-colisional a tarde-orogênico. Os dados obtidos indicam que o Granito Itapuranga, qual foi derivado de um magmatismo de crosta litosférica metassomatizada, cuja presença de enclaves indica coexistência de membros félsico produto da fusão da crosta continental provavelmente com contribuição mantélica nos estágios finais do Ciclo Brasileiro.

Palavras chave: Granito Itapuranga, Magmatismo shoshonítico, Faixa Brasília.

2.1 INTRODUÇÃO

O termo “Shoshonite” foi definido por Iddings (1895), que descreveu basaltos do Yellowstone Park, Wyoming, reconhecendo-os como rochas ígneas potássicas. De acordo com Muller e Groves (2000), a definição de rochas ígneas potássicas abrange as rochas que são mais enriquecidas em K que as rochas ígneas típicas. As rochas da série shoshonítica ocorrem predominantemente em ambientes de arco magmático continental maduro e pós-colisionais, são de grande interesse devido à associação com mineralizações relacionadas a certos tipos de depósitos como ouro e metais-base, além de que seu significado importante para a reconstrução de ambientes tectônicos de antigos terrenos (Muller e Groves 2000). De acordo com Morisson (1980), a associação de rochas com afinidade shoshonítica é geoquimicamente definida por altos valores de álcalis ($K_2O + Na_2O > 5 \text{ wt } \%$), elevados teores de Al_2O_3 (14-19 wt%), baixo TiO_2 (<1,3 wt%), alta razão K_2O/Na_2O (>0,6 em 50% SiO_2 , >1 em 55% de SiO_2) e ainda forte enriquecimento nos elementos Ba e Sr com médios teores de Rb, Zr e Nb.

A Faixa Brasília inserida Província Tocantins (Almeida *et al.*, 1981; Marini *et al.*, 1994ab), região central do Brasil, representa um cinturão orogênico Neoproterozóico, com aproximadamente 1200 km de comprimento por 300 km de largura, resultado da convergência e colisão de três blocos: crátons São Francisco, Paranapanema e Amazônico (Fuck *et al.*, 1994; Fonseca *et al.*, 1995; Dardenne 2000; Uhlein *et al.*, 2012; Fuck *et al.* 2014; Pimentel 2014). A Faixa Brasília foi compartimentada em Zona de Antepaís, Zona Interna, Zona Externa, Maciço de Goiás e Arco Magmático de Goiás (Dardene 1978 e 2000, Fuck *et al.*, 1993 e 1994, Pimentel *et al.*, 2000, e Valeriano *et al.*, 2008). Fuck *et al.* (2005) dividiram a Faixa Brasília nas seguintes unidades geotectônicas: i) Arco Magmático de Goiás ii) Maciço de Goiás; iii) Núcleo Metamórfico de Alto Grau e iv) Cinturão de Dobras e Empurrões. Nesse trabalho adotaremos a proposta de Fuck *et al.* (2005).

O granito Itapuranga (Pimentel *et al.*, 1999), está inserido no domínio das rochas do Complexo Núcleo Metamórfico de Alto Grau e nos metassedimentos do Grupo Araxá associados com Cinturão de Dobras e

empurrões. Este granito representa magmatismo de composição subalcalino potássico (shoshonítico), petrograficamente sienogranito, quartzosienito e monzogranito. Dados isotópicos U-Pb (SHRIMP) apontam idade de cristalização neoproterozoica de 624 ± 10 Ma, enquanto que análises Sm-Nd apresentam idades TDM de 1,44 Ga e valores de ϵ_{Nd} entre -5.1 e -5.7 (Oliveira 1997, Pimentel et al., 2003).

O presente artigo traz uma revisão sobre o Granito Itapuranga, caracterizada pela aquisição de novos dados petrográficos, isotópicos (U-Pb, Sm-Nd), geoquímicos e de química mineral, contribuindo assim com o entendimento deste importante evento magmático na porção central da Faixa Brasília.

2.2 GEOLOGIA REGIONAL

Na área do granito Itapuranga predominam rochas das unidades geotectônicas (i) *Maciço do Goiás* localizado na porção centro-norte de Goiás (Figura 2) constitui um bloco alóctone acrescionário à Faixa Brasília na Orogênese Brasileira (Pimentel e Fuck 1992, Queiroz et al., 2008, Valeriano et al., 2004, Laux et al., 2004, Jost et al., 2013), composto pelos terrenos arqueanos granitogreenstone, com idades entre 2.8 e 2.6 Ga; (ii) *Arco Magmático de Goiás*, localizado a oeste da faixa, representa um segmento de crosta juvenil neoproterozoica. Apresenta dois segmentos separados entre si pelas rochas do Maciço do Goiás: No segmento Norte é chamado de Arco de Mara Rosa, e no segmento sul de Arco de Arenópolis (Figura 2). No geral, esse arco é constituído por seqüências vulcanossedimentares rochas graníticas sintectônicas, e granitos sin a tardi e pós-tectônico (Pimentel & Fuck (1992), Pimentel et al., 2001; Pimentel et al., 2004, Laux et al., 2005); (iii) O *Núcleo Metamórfico* integra o Complexo Anápolis-Itaçu, Complexos Máficos-Ultramáficos Acamadados (Canabrava, Barro Alto e Niquelândia) e Complexo Uruaçu e (iv) *Cinturão de Dobras e Empurrões* constituído por uma espessa seqüência sedimentar representada pelos grupos Bambuí, Paranoá, Vazante, Canastra, Ibiá e Araxá e seqüências tipo rifte caracterizadas pelos grupos Serra da Mesa, Araí e Natividade.

A porção central da Faixa Brasília é marcada pela ocorrência de um conjunto de lineamentos. Dentre esses, destaca-se o lineamento do Pirineus, uma mega estrutura que se estende por cerca de 200 km na direção E-W, marcando a chamada Sintaxe dos Pirineus (Araújo Filho, 2000, Dardenne, 1978, 2000). Corpos graníticos intrude ao longo desses lineamentos como o Granito Itapuranga e o Sienito de Uruana (conhecidos coletivamente como Suíte Itapuranga, Oliveira (1977)). .

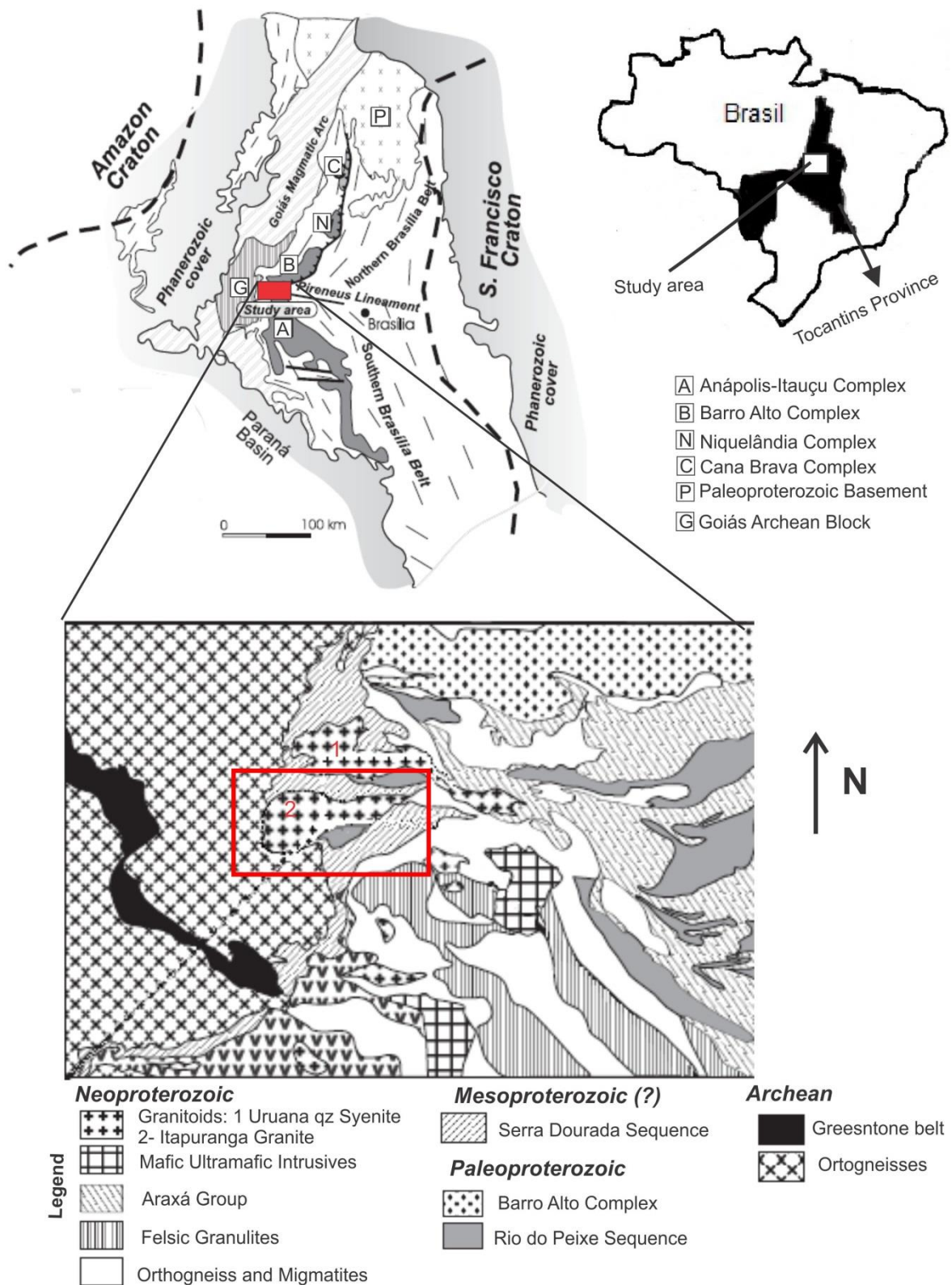


Figura 2 - Mapa das principais unidades geotectônicas da Faixa Brasília. (Pimentel *et al.*, 2003).

Essas intrusões estão localizadas entre dois complexos: os complexos máficos-ultramáficos (Barro Alto, Niquelândia e Cana Brava) ao norte e o Complexo Anápolis-Itaçu (Figura 2) localizado ao sul, expostos entre os metassedimentos do Grupo Araxá, Pimentel *et al.*, (2003). Este complexo abrange diferentes tipos de rochas, incluindo ortogranulitos, granulitos aluminosos, sequências vulcanossedimentares, (Silvânia, Bonfinópolis e Rio do Peixe) (Araújo Filho 1981, Lacerda Filho e Oliveira 1995), e intrusões graníticas que formam corpos alongados com direção E-W

O Granito Itapuranga e o Sienito Uruana ocorrem expostos ao norte do Complexo Anápolis-Itaçu, intrusivo em rochas supracrustais da Sequência Rio do Peixe e também, rochas do Grupo Araxá e Sequência Serra Dourada Pimentel *et al.*, (2003). Na área de estudo, a sequência Rio do Peixe é constituída por rochas cálcio-alcálicas, anfibolitos e micaxisto com granada e estauroлита e subordinadamente rochas metavulcânicas felsicas. O Grupo Araxá é formado predominantemente por xistos pelíticos com granada e quartzitos, e a Sequência Serra Dourada por sua vez é composta por xisto e quartzito (Oliveira 1997).

O Granito Itapuranga é composto por metaquartzo sienito, alcalisfeldspato granito, metaquartzo, monzonito, metaquartzo diorito e granodioritos, tendo como mineralogia primária K-feldspato, plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda (Oliveira 1997; Souza *et al.*, 1993, Lacerda Filho *et al.*, 1995, 1999 e Moreira *et al.*, 2008). Geoquimicamente são subalcalinas potássicas (shoshoníticas) a cálcio alcalina, marcadas por zonas de cisalhamento, apresentando texturas milonítica (Oliveira, 1997). O Granito Itapuranga apresenta idades U-Pb SHRIMP em torno de 0,6 Ga com idade modelo T_{DM} de 1,44 Ga Pimentel (2003).

2.3 MATERIAIS METODOS

As etapas de campo foram realizadas no município de Itapuranga-GO em março de 2016 com o objetivo de amostrar as principais características litológicas do Granito Itapuranga. A etapa de pesquisa laboratorial, responsável pela a maior parte do tempo da pesquisa, consistiu primeiramente na identificação e separação das amostras durante a etapa de campo para serem analisadas pelas as seguintes técnicas.

As descrições petrográficas tiveram como objetivo caracterizar e quantificar as assembleias minerais presentes bem como as relações texturais. Para tais descrições foram confeccionadas um total de 22 lâminas delgadas representativas tanto do Granito Itapuranga quanto dos enclaves utilizando os microscópios petrográficos binoculares convencionais com luz transmitida e refletida da marca Olympus BX41.

As análises de química mineral foram realizadas no laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociência da Universidade de Brasília utilizando o Electron Probe Microanalyzer (EPMA) JXA-8230 (EPMA). As análises químicas foram obtidas com as seguintes condições de operação: voltagem de 15 kV e uma corrente de feixe de 10 nA e 1 µm de diâmetro de feixe. As análises de plagioclásio foram feitas com 5 µm. O tempo de aquisição foi de 10 s. Cada elemento foi padronizado usando minerais sintéticos ou naturais. As análises foram feitas em anfibólio, biotita, feldspatos, granada, minerais opacos, epídoto e titanita.

As amostras para as análises geoquímicas e isotópicas (Sm-Nd) foram selecionadas e preparadas, usando esmagador convencional moinho de mandíbulas, seguido de pulverização em panela de ágata. As análises geoquímicas foram realizadas no ACME - *Analytical Laboratories Ltd.* (Vancouver, Canadá). As amostras foram analisadas usando ICP-ES (*Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer*) para os elementos maiores (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃tot, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O e P₂O₅) e ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*), para análises dos elementos traços e terras raras.

As análises isotópicas (Sm-Nd) foram realizadas nos laboratórios de geocronologia da Universidade de Brasília, aplicando os procedimentos analíticos descritos abaixo:

As análises isotópicas de Sm-Nd seguiram o método descrito por Gióia & Pimentel (2000). Cerca de 50 mg de amostras de rocha total foi misturado com uma solução de *epike* ^{149}Sm - ^{150}Nd e dissolvido em cápsulas Savillex. A extração de Sm e Nd seguiu a técnica convencional com colunas de Teflon contendo LN-Specresin (HDEHP – diethylhexil phosphoric acid supported on PTFE powde). As amostras de Sm e Nd foram carregadas em filamentos de re- evaporação em conjuntos de filamentos duplos e as medidas isotópicas foram feitas em espectrômetro de massa do tipo multicoletor Copyola Tritonal. O grau de incertezas para as razões $^{149}\text{Sm}/^{150}\text{Nd}$ é menor que $\pm 0,4\%$ (1σ) e $\pm 0,005\%$ (1σ), respectivamente, de acordo com análises do padrão internacional BHVO-1 e BCR-1. As razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foram normalizadas para $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,7219, e a constante de decaimento usada foi $6,54 \times 10^{-12}$ a 10^{-1} . Valores TDM foram calculados segundo método de De Paolo (1981).

2.4 O GRANITO ITAPURANGA

2.4.1 Aspecto de Campo

O Granito Itapuranga possui forma alongada (Figura 3) aflora como blocos, morrotes em relevo arrasado ou em altos topográficos, apresentando cor cinza claro a cinza-escuro e, subordinadamente rosa (Figura 4A), holocristalino, por vezes anisotrópico, inequigranular, e principalmente porfirítico, com granulometria média a grossa (Figura 4B e 4C). O arranjo textural porfirítico é marcado pela presença de fenocristais de feldspato alcalino imersos em uma matriz fina a média (Figura 4D). A matriz exhibe foliação, ressaltada pela intercalação de níveis félsicos (quartzo-feldspáticos) e níveis máficos (biotita e anfibólio).

Localmente, observa-se a presença de enclaves e dique máficos. Os enclaves possuem forma esferoidal achatada, tipo ovalados a elípticos, coloração cinza escuro e tamanho variando de 20 a 40 cm, exibindo textura equigranular fina. Os contatos com a rocha hospedeira são geralmente irregulares e difusos, sem evidencia de deformação, porém alguns enclaves envolvem parcialmente fenocristais de k-feldspato da rocha hospedeira (Figura 4E). A composição mineralógica se assemelha a da rocha hospedeira, mas com maior proporção de minerais máficos e granulação mais fina (abaixo de 2mm). Por outro lado, dique máfico foi observado em apenas um ponto. Ocorre como corpo tabular, descontínuo e irregular, apresentando espessura variando de 10 a 25 cm, granulação fina a afanítica e cor cinza esverdeada claro (Figura 4F).

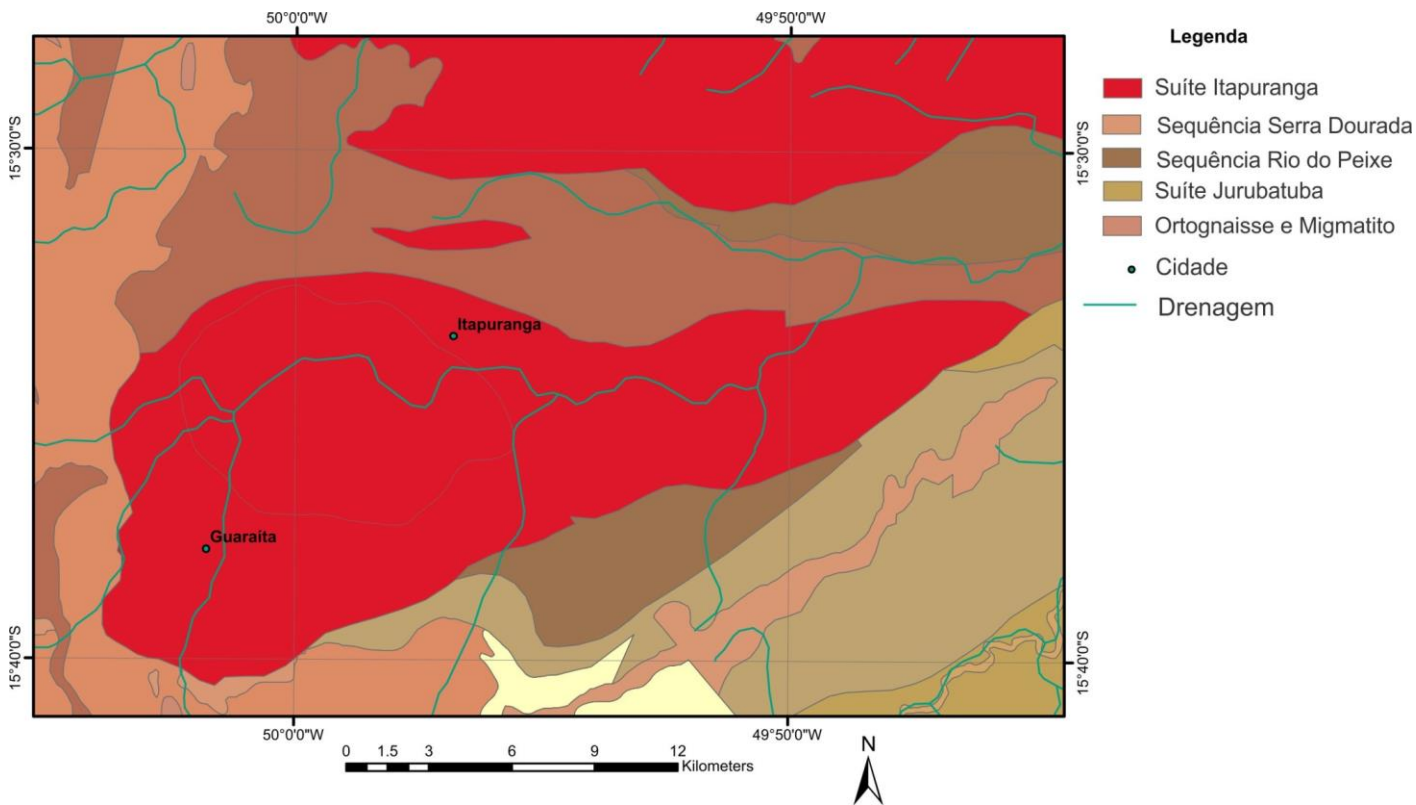


Figura 3: Mapa geológico simplificado da área de Itapuranga.

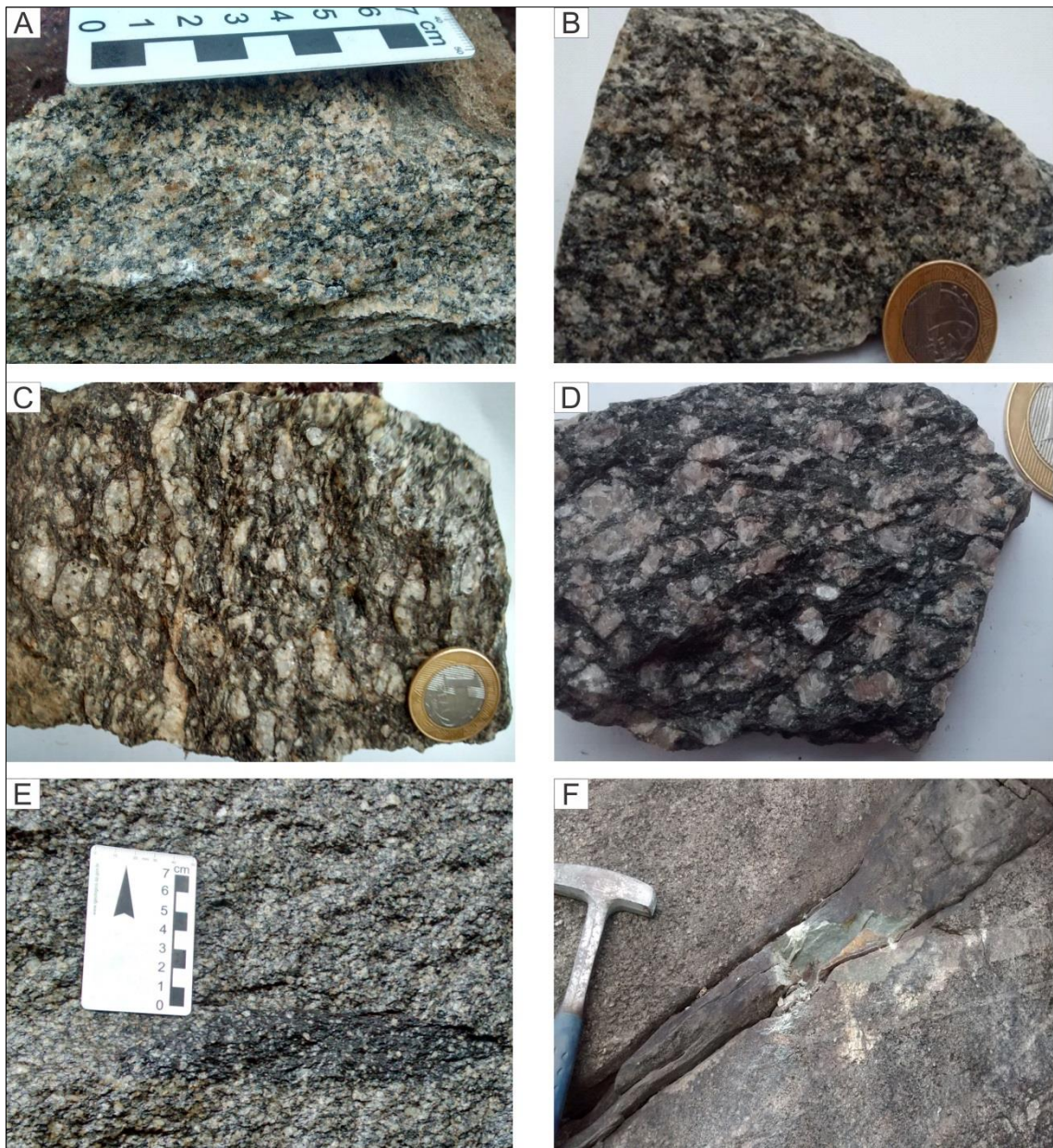


Figura 4: A) Tipos de afloramentos encontrado do granito Itapuranga. B) e C) Litotipos apresentando coloração cinza clara a rosa, com características holocristalina e granulometria grossa. D) Fenocristais de feldspato imersos numa matriz fina. E) Enclave microgranular com formato elipsoidal. F) Dique afanítico, tabular.

2.4.2 Petrografia

Os aspectos microestruturais apresentam textura porfirítica em diferentes estágios deformacionais, com arranjos que variam de protomilonitos a milonítico, marcados pela presença de fenocristais de feldspato amendoados, por vezes ocelares e rotacionados, imersos em uma matriz quartzo-feldspática e contornados por níveis máficos (biotita e anfibólio).

A paragênese principal dessas rochas compõe-se de feldspato potássico (55-70%), plagioclásio (10 a 20%), quartzo (5 a 15%), biotita (3 a 10%), anfibólio (5 a 15%) e muscovita (<1%). Os minerais acessórios mais comuns nessas rochas são titanita, epidoto, apatita, magnetita e zircão (<1%). Como minerais de substituição aparecem epidoto, clorita, mica branca e carbonatos.

O feldspato potássico ocorre sob a forma de fenocristais/porfiroclastos dispersos na matriz, alongados, ocelares ou tabulares, principalmente microclinio (Figura 5B), formando cristais anédricos e subédricos por vezes pertitíticos e geminação do tipo albita-periclina parcialmente preservada. Alguns cristais apresentam zoneamentos oscilatórios (Figura 5A) com limites retos, porém é possível observar que as suas maclas estão deformadas ou descontinua (Figura 5A).

O plagioclásio apresenta composição de albita-oligoclásio, ocorre como cristais subédricos por vezes alongados. São caracterizados segundo a lei da albita com maclas polissitética e termos mostrando albita carlsbad (Figura 5D), por vezes mascarados pelo processo de saussuritização. Alguns cristais apresentam textura do tipo mirmequitica (Figura 5B) em sua periferia dada pelo intercrescimento de quartzo vermicular nos cristais de plagioclásio.

Os cristais de quartzo são subédricos a anédricos, equigranulares compondo a matriz quartzo-feldspática, exibindo feições de recristalização marcadas por extinção ondulante e formação de subgrãos. Ocasionalmente desenvolvem microfaixas formada por agregados de cristais em contatos poligonizados (neoblastos) e estirados paralelamente a foliação principal, contornado fenocristais de feldspato (Figura 5 C e D).

Biotita e anfibólio representam a fase máfica, ocorrendo principalmente como agregados em níveis ou faixas alongadas e estiradas desenhando arranjo anastomosado milonítico (Figura 5D), contornando fenocristais/porfiroclastos e frações quartzo-feldspáticas. Contudo, não raramente, também se observa esses minerais isolados ou em agregados pouco deformados e intersticiais em relação às frações quartzo-feldspáticas.

A biotita ocorre como cristais subédricos estirados, localmente desenhando feições pisciformes e distribuídos intersticialmente em meio a matriz (Figura 5E), associados a anfibólio e demais minerais opacos. Esses minerais estão orientados segundo a foliação principal exibem pleocroísmo que varia de verde claro a castanho-amarronzado e contem micro-inclusões de minerais (zircão, monazita e apatita). O anfibólio, por sua vez, ocorre como cristal subédrico apresentando coloração verde, com pleocroísmo em tons de marrom a verde (Figura 5F). No geral compõem aglomerados junto com a biotita, titanita e minerais opacos (Figura 5D). Ocasionalmente, ocorre circundado por palhetas de biotitas segundo seus planos de clivagem. Inclusões de pequenos cristais de zircão, biotita, quartzo, apatita e minerais opacos são encontrados e distribuídos num arranjo caótico, tipo “retalho”.

Dentre os minerais acessórios, destacam-se cristais euédricos de epidoto, exibindo marcante zoneamento em cores de interferência de 1ª ordem (Figura 5E), cristais euédricos de titanita, parcialmente envolvido por biotita e anfibólio, dispersos nas frações quartzo-feldspáticas e cristais de apatita e zircão.

Os enclaves, por sua vez, apresentam aspecto microtextural granolepdoblástico milonítico, ressaltado pela presença de cristais orientados de micas (biotita e muscovita), desenhando feições pisciformes, contornando de modo anastomosado frações quartzo-feldspática estiradas e amendoadas. Em geral, a rocha é constituída por biotita, muscovita, plagioclásio, feldspato potássico e quartzo, tendo como acessórios opacos, apatita, epidoto, monazita e zircão. O arranjo estrutural e a mineralogia nos permite caracterizar essa rocha como um monzogranito deformado.

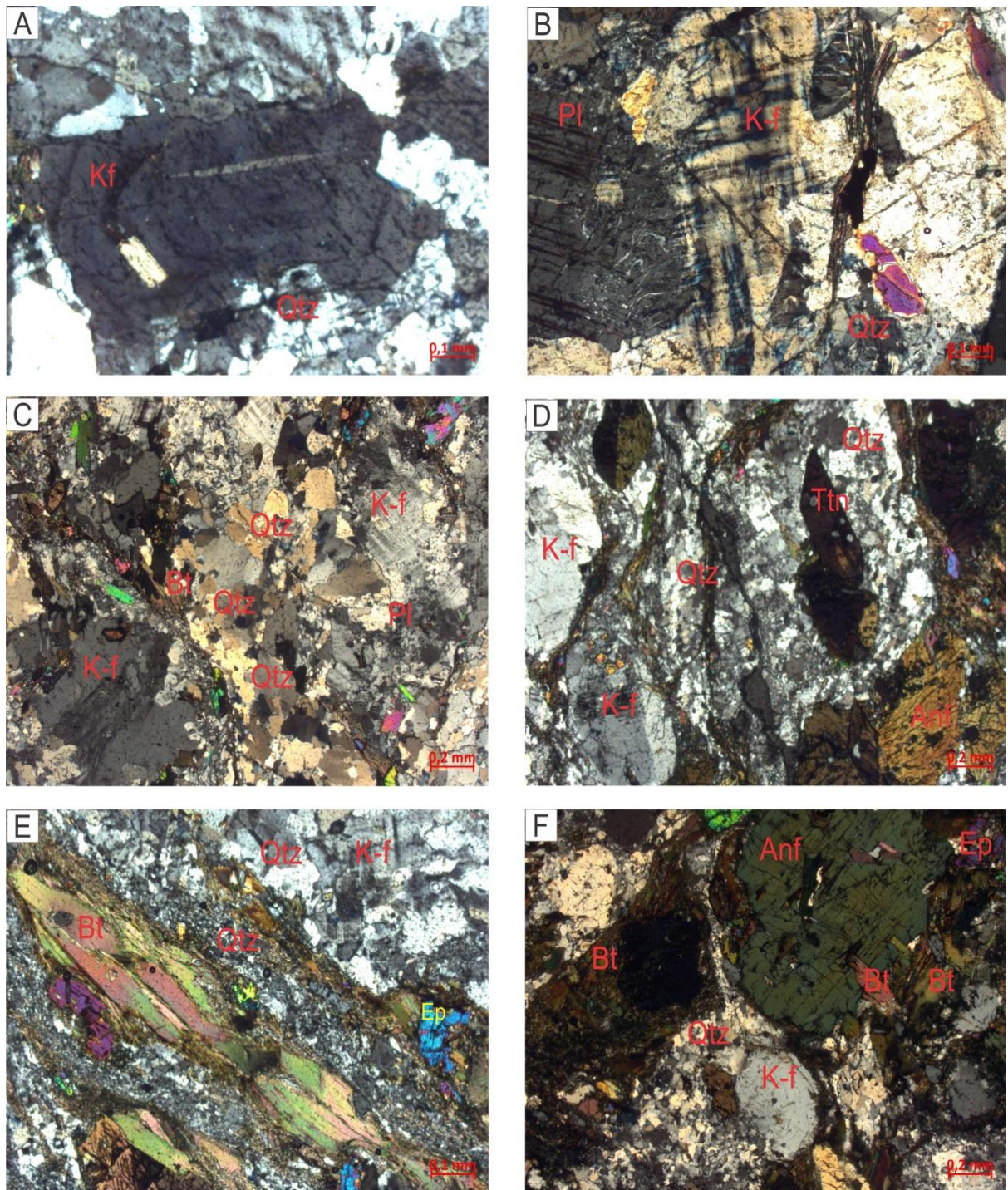


Figura 5 Principais características mineralógicas e microestruturais do Granito Itapuranga. - A) Fenocristal tabular e alongado de feldspato potássico apresentando zoneamento oscilatório. B) Fenocristal de feldspato alcalino com geminação microclinio e textura do tipo mimerquita. C) e D) Cristais de quartzo compondo matriz quartzo-feldspática exibindo feições de recristalização, extinção ondulante, e formação de subgrãos em microfaixas paralela a foliação principal. E) Cristais de biotita estirado apresentando feições pisciformas e distribuídos em meio a matriz quartzo-feldspática. F) Cristal de anfibólio ocular apresentando pleocroísmo em tons de marrom a verde.

2.4.3 Química Mineral

As Análises de química mineral obtida por meio de microsonda eletrônica foram realizadas em cristais de plagioclásio, feldspato potássico, anfibólio, biotita e muscovita.

As análises químicas representativas dos cristais de plagioclásio e feldspatos potássico são apresentadas na tabela 1. Os cristais de plagioclásio analisados apresentam composição predominantemente de oligoclásio (An_{1-20}), e subordinadamente de albita (Figura 6, Tabela 1), enquanto que os fenocristais de feldspato potássico apresentam variação composicional com Or_{91-96} (Figura 6).

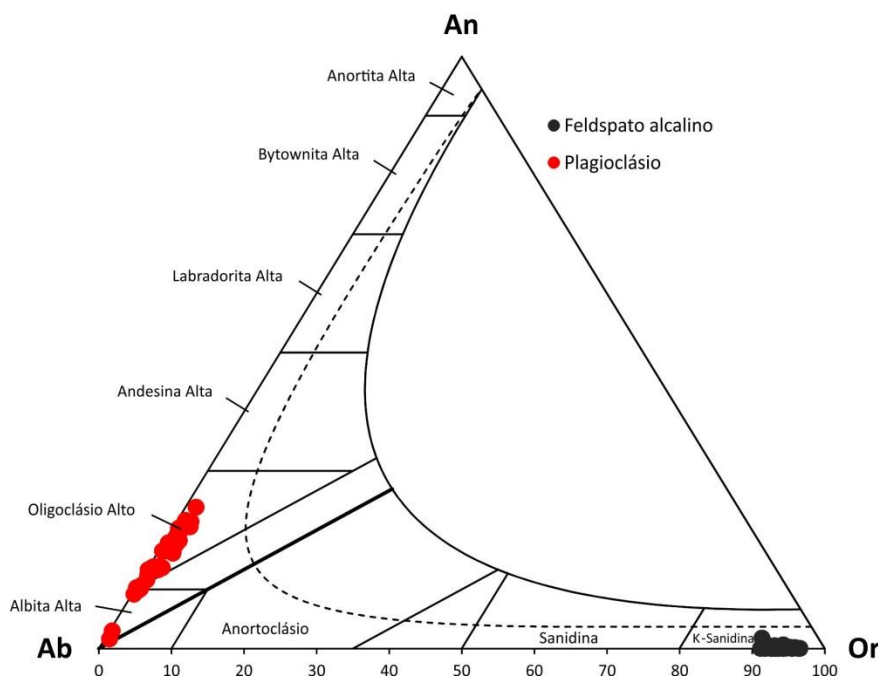


Figura 6 - Diagrama de classificação para os feldspatos.

As análises mostram alteração dos cristais de k-feldspato, sendo evidenciado pelo excesso de sílica (tabela 1) e deficiências dos álcalis. A ampla variação composicional do plagioclásio apresentando teores de An_{1-20} pode ser explicada pelo processo de saussuritização e reequilíbrio nesses cristais adotando valores menores que An_{10} .

Tabela 1: Análises representativas do k-feldspato e plagioclásio.

elemento	K-feldspato							Plagioclásio						
	IT07	IT22	IT04	IT11	IT31	IT12	IT20	IT19	IT07	IT10	IT26	IT11	IT12	IT20
SiO ₂	64.838	65.735	64.651	65.237	65.438	63.802	65.72	63.527	63.785	63.013	69.093	63.244	64.171	63.877
TiO ₂	0.357	1.114	0	0	0	0	0	0	0.354	0.053	0	0	0.576	0.576
Al ₂ O ₃	18.485	18.817	18.057	18.285	17.885	18.749	18.616	21.868	21.179	22.191	19.546	22.305	21.411	22.848
FeO	0	0.127	0.062	0	0.002	0.006	0	0	0.095	0.06	0.054	0.106	0.09	0.115
MnO	0.069	0	0	0.014	0.037	0	0.179	0	0.24	0.042	0.013	0.033	0.2	0.069
MgO	0	0.075	0	0	0	0.108	0.017	0	0	0.018	0.002	0	0.034	0
CaO	0.033	0.035	0.031	0	0.008	0	0.159	3.567	2.918	3.975	0.36	3.747	3.541	3.562
Na ₂ O	0.628	0.469	0.753	0.688	0.472	0.889	0.767	9.852	10.037	9.621	12.165	9.502	8.955	9.008
K ₂ O	13.998	14.828	15.302	15.288	15.124	13.985	13.569	0.385	0.117	0.365	0.134	0.294	0.115	0.262
Cr ₂ O ₃	0.238	0	0	0	0	0	0.133	0	0	0	0.022	0.021	0	0.587
V ₂ O ₃	0.296	0	0.001	0.05	0.008	0.118	0	0.177	0.379	0	0.021	0.078	0.18	0
NiO	0.07	0.243	0.011	0.048	0	0	0	0.07	0	0	0	0.004	0.244	0
Total	99.012	101.443	98.868	99.61	98.974	97.657	99.16	99.446	99.104	99.338	101.41	99.334	99.517	100.904
T														
Si	3.043	3.015	3.021	3.028	3.064	3.017	3.074	2.813	2.839	2.796	2.969	2.810	2.871	2.815
Al	1.022	1.017	0.994	1.000	0.987	1.045	1.026	1.141	1.111	1.160	0.990	1.168	1.129	1.187
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.002	0.004	0.000	0.000
Ti	0.013	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.002	0.000	0.000	0.019	0.019
Cr	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.020
V	0.011	0.000	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.006	0.014	0.000	0.001	0.003	0.006	0.000
Total	4.098	4.070	4.015	4.030	4.052	4.067	4.105	3.961	3.979	3.960	3.962	3.985	4.025	4.041
A														
Mg	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.008	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000
Ni	0.003	0.009	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000

elemento	K-feldspato							Plagioclásio						
	IT07	IT22	IT04	IT11	IT31	IT12	IT20	IT19	IT07	IT10	IT26	IT11	IT12	IT20
Fe ²⁺	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004
Mn	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.007	0.000	0.009	0.002	0.000	0.001	0.008	0.003
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.008	0.169	0.139	0.189	0.017	0.178	0.170	0.168
Na	0.057	0.042	0.068	0.062	0.043	0.082	0.070	0.846	0.866	0.828	1.013	0.818	0.777	0.770
K	0.838	0.867	0.912	0.905	0.903	0.844	0.810	0.022	0.007	0.021	0.007	0.017	0.007	0.015
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	0.902	0.930	0.985	0.970	0.948	0.933	0.895	1.039	1.021	1.040	1.038	1.015	0.975	0.959
An	0.185	0.189	0.158	0.000	0.042	0.000	0.898	16.322	13.751	18.217	1.598	17.598	17.809	17.656
Ab	6.371	4.578	6.947	6.402	4.526	8.810	7.840	81.580	85.593	79.791	97.694	80.758	81.502	80.798
Or	93.444	95.233	92.895	93.598	95.431	91.190	91.262	2.098	0.657	1.992	0.708	1.644	0.689	1.546

Os resultados representativos dos anfibólios (Tabela 2) foram classificados baseado na proposta de Leake *et al.* (1997), os quais apresentam composição cálcica, sendo classificado predominantemente como edenita seguido por pargasita, para valores $(Na+K)_A > 0.5$ (Figura 7A). Foi ainda caracterizado anfibólio de composição ferro-hornblenda (Figura 7B) em algumas amostras de quartzosienito.

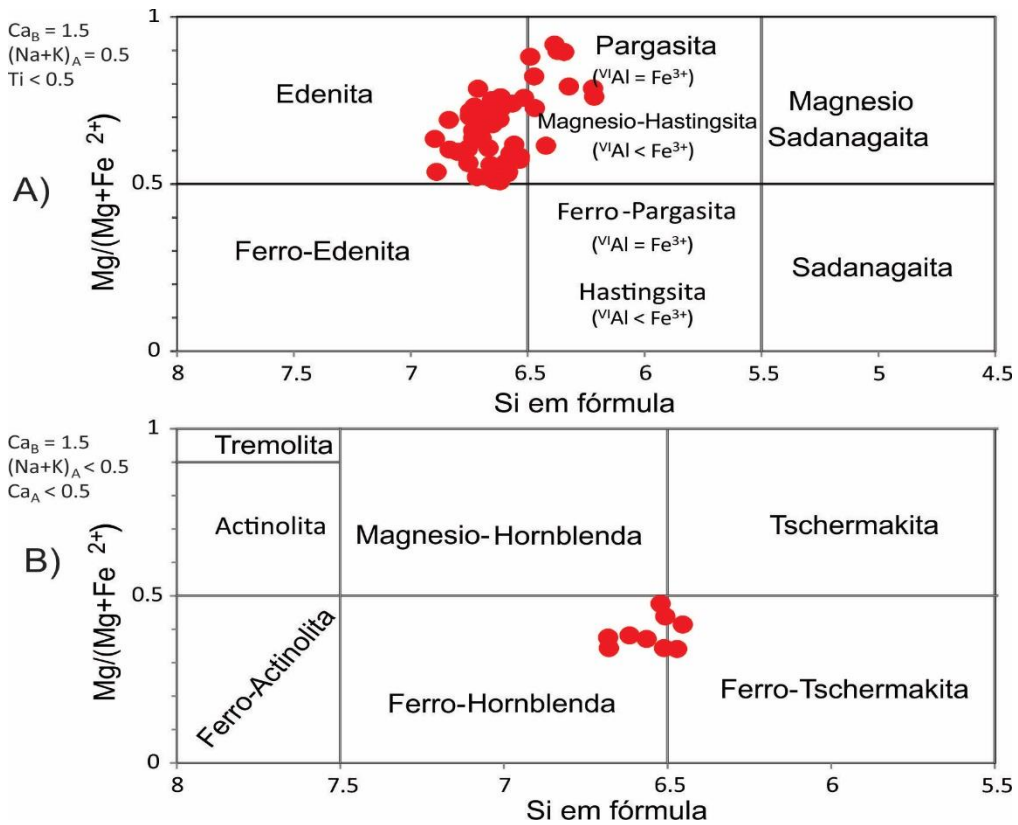


Figura 7: Diagrama de classificação para anfibólios (Leake et al., 1997) .A) $(Na + K)_A \geq 0,50$.B) $(Na + K)_A < 0,50$.

Tabela 2: Análises representativas dos anfibólios

Amostra	IT10		IT11		IT12		IT16	IT17	IT27	IT20		IT23		IT01	
SiO ₂	44.913	44.737	44.874	44.678	44.328	43.957	45.298	44.434	43.93	44.755	44.23	44.052	44.659	39.523	39.93
TiO ₂	1.367	1.258	1.533	1.498	1.363	1.361	0.568	0.538	0.555	0.612	0	0.819	0.563	0.377	0.814
Al ₂ O ₃	9.129	8.512	8.644	8.833	9.525	9.063	8.624	9.347	9.358	9.503	10.08	8.694	9.17	10.206	9.727
FeO	15.066	15.881	15.113	15.876	16.463	16.095	16.713	16.941	17.403	18.495	18.869	17.954	17.519	22.505	25.193
MnO	0.208	0.223	0.243	0.251	0	0.061	0.513	0.506	0.448	0.529	0	0.365	0.421	0.401	0.324
MgO	10.951	11.95	10.866	11.423	11.91	11.546	11.337	11.509	10.239	10.458	10.29	9.674	9.403	6.429	6.679
CaO	11.143	10.908	10.859	10.698	9.742	9.831	11.107	10.79	11.037	9.36	9.683	11.549	11.935	10.084	9.871
Na ₂ O	1.765	2.479	2.236	2.296	2.283	2.112	2.247	2.198	1.992	2.334	2.504	1.57	1.424	2.441	2.591
K ₂ O	1.4	1.235	1.329	1.312	1.361	0.999	1.479	1.137	1.546	1.016	1.388	1.233	1.147	1.873	1.79
F	0.299	0.484	0.331	0.333	0	0	0.88	0	0.753	0	0	0.222	0.133	0.877	1.033
Cl	0.067	0.075	0.154	0.087	0.113	0.195	0.028	0.026	0.001	0	0.041	0.047	0.079	0.163	0.194
Cr ₂ O ₃	0	0.022	0.055	0.022	0.218	0.689	0.047	0	0	0	0.112	0.101	0.055	0.054	0.087
V ₂ O ₃	0.101	0.047	0	0	0.203	0	0.072	0	0.041	0.008	0.008	0.057	0.006	0.026	0.043
NiO	0	0	0.043	0	0.104	0.172	0	0	0	0.034	0	0	0.011	0	0.067
TOTAL	96.409	97.811	96.28	97.307	97.613	96.081	98.913	97.426	97.303	97.104	97.205	96.337	96.525	95.078	98.343
OH															
OH	1.839	1.749	1.800	1.818	1.971	1.950	1.571	1.993	1.632	2.000	1.989	1.879	1.915	1.497	1.419
Cl	0.017	0.019	0.040	0.022	0.029	0.050	0.007	0.007	0.000	0.000	0.011	0.012	0.021	0.046	0.053
F	0.144	0.232	0.160	0.160	0.000	0.000	0.422	0.000	0.368	0.000	0.000	0.108	0.064	0.458	0.528
T	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Si	6.829	6.777	6.859	6.774	6.660	6.708	6.865	6.708	6.780	6.785	6.728	6.803	6.843	6.522	6.458
Al	1.171	1.223	1.141	1.226	1.340	1.292	1.135	1.292	1.220	1.215	1.272	1.197	1.157	1.478	1.542
Total	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000

Amostra	IT10		IT11		IT12		IT16	IT17	IT27	IT20		IT23		IT01	
SiO ₂	44.913	44.737	44.874	44.678	44.328	43.957	45.298	44.434	43.93	44.755	44.23	44.052	44.659	39.523	39.93
C															
Al	0.465	0.297	0.416	0.353	0.347	0.338	0.406	0.371	0.482	0.483	0.536	0.386	0.499	0.506	0.311
Ti	0.156	0.143	0.176	0.171	0.154	0.156	0.065	0.061	0.064	0.070	0.000	0.095	0.065	0.047	0.099
V	0.012	0.006	0.000	0.000	0.024	0.000	0.009	0.000	0.005	0.001	0.001	0.007	0.001	0.003	0.006
Cr	0.000	0.003	0.007	0.003	0.026	0.083	0.006	0.000	0.000	0.000	0.013	0.012	0.007	0.007	0.011
Mg	2.483	2.699	2.476	2.582	2.668	2.627	2.562	2.590	2.356	2.364	2.334	2.227	2.148	1.582	1.610
Ni	0.000	0.000	0.005	0.000	0.013	0.021	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.001	0.000	0.009
Fe ²⁺	1.883	1.853	1.920	1.892	1.768	1.775	1.954	1.977	2.093	2.079	2.116	2.273	2.245	2.855	2.954
Mn ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000
Total	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
B															
Mn ²⁺	0.027	0.029	0.031	0.032	0.000	0.008	0.066	0.065	0.059	0.068	0.000	0.048	0.020	0.056	0.044
Fe ²⁺	0.033	0.159	0.012	0.121	0.300	0.279	0.165	0.162	0.153	0.266	0.284	0.046	0.000	0.251	0.453
Ca	1.815	1.770	1.778	1.738	1.568	1.607	1.769	1.745	1.789	1.520	1.578	1.906	1.959	1.693	1.502
Na	0.125	0.042	0.178	0.109	0.131	0.105	0.000	0.029	0.000	0.145	0.138	0.000	0.021	0.000	0.000
Total	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
A															
Na	0.395	0.686	0.485	0.566	0.534	0.520	0.660	0.615	0.596	0.541	0.601	0.470	0.402	0.781	0.812
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	0.036	0.000	0.000	0.005	0.000	0.090	0.208
K	0.272	0.239	0.259	0.254	0.261	0.194	0.286	0.219	0.304	0.196	0.269	0.243	0.224	0.394	0.369
Total	0.666	0.925	0.744	0.820	0.794	0.714	0.980	0.834	0.937	0.737	0.870	0.718	0.627	1.273	1.390

As análises representativas para as micas estão na tabela 3. As biotitas analisadas revelaram ampla variação composicional nas diferentes amostras, principalmente com relação aos conteúdos de Al_2O_3 , FeO e MgO (12.208 a 17.344%; 13.285 a 26.181% e 8.314 a 17.181% respectivamente). No diagrama “mgli vs feal”. As micas do Granito Itapuranga posicionam-se no campo da flogopita, annita e, subordinadamente, muscovita (Figura 8A). No diagrama de TiO_2 - $\text{FeO}+\text{MnO}$ - Mg (Nachit 1986), as biotitas exibem um trend vertical que se estende do campo de biotita primária para biotita reequilibrada (Figura 8B), com predominância no campo da biotita reequilibrada.

Estes resultados são coerentes com as informações observadas na petrografia que indicam deformação das rochas. Estas análises foram ainda projetadas em diagramas que utilizam composições de biotita como fatores discriminantes de séries magmáticas (Figura 8C). Apesar do reequilíbrio observa-se que tanto biotita primária quanto a reequilibrada apresentam afinidades com biotita da série cálcio-alkalina.

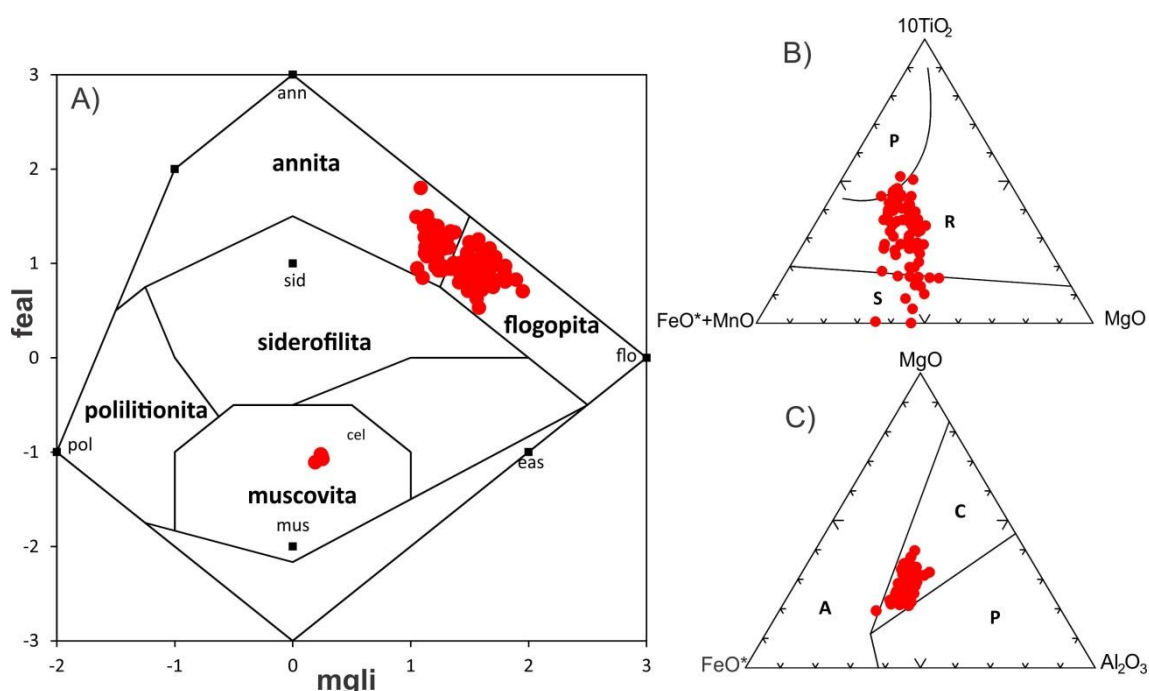


Figura 8: A) diagrama de classificação das micas analisadas. B) Diagrama TiO_2 - $\text{FeO}+\text{MnO}$ - MgO , para discriminação de origem de biotita: Primária (P), Secundária (S), Reequilibrada (R). C): Diagrama discriminante de biotita de diferentes suítes graníticas: A) alcalina, C) calci-alkalina e P) peraluminosa.

Tabela 3: Análises representativas das micas.

Elemento	It17	IT07		IT22	IT10	IT04		IT01	IT05		IT16	IT11		IT20
SiO ₂	36.723	39.202	38.655	39.227	38.359	37.338	36.881	37.385	38.407	38.026	39.191	38.313	38.212	39.212
TiO ₂	2.883	1.403	2.57	1.12	1.531	3.096	2.624	1.808	1.62	1.972	0.627	1.859	1.876	2.013
Al ₂ O ₃	13.713	13.646	15.054	15.243	13.75	15.164	14.928	14.037	15.223	14.552	12.208	14.154	13.466	14.781
FeO	26.181	19.688	19.094	17.325	15.356	18.554	18.638	21.642	16.418	17.088	16.377	16.533	17.041	16.872
MnO	0	0.542	0.462	0.369	0.281	0.285	0.341	0.232	0.23	0.324	0.589	0.252	0.155	0.311
MgO	9.541	11.724	11.599	13.774	14.158	10.22	10.111	9.818	12.182	12.421	15.534	13.767	14.089	13.383
CaO	0	0.08	0.051	0.065	0.046	0	0	0.028	0	0.008	0.001	0.01	0.137	0
Na ₂ O	0.088	0.047	0.096	0.066	0.03	0.108	0.224	0.049	0.081	0.08	0.053	0.083	0.111	0.092
K ₂ O	9.135	8.981	9.31	8.984	9.871	9.694	9.773	9.705	9.806	9.953	9.993	9.565	9.55	9.644
F	0	0.34	0	0	0.996	1.876	1.638	1.841	2.168	2.229	2.14	0.805	0.788	0
Cl	0.151	0	0.087	0.11	0.152	0.037	0.106	0.198	0.003	0.014	0.052	0.182	0.217	0.151
Cr ₂ O ₃	0	0.236	0	0.004	0	0	0	0.089	0.26	0.091	0.01	0.047	0.09	0.122
V ₂ O ₃	0	0	0	0.129	0.032	0.066	0.061	0.106	0.013	0.039	0.062	0.04	0.049	0.067
NiO	0	0.206	0	0.069	0.057	0.021	0.011	0.06	0.06	0.028	0	0.152	0.056	0
Total	98.415	96.095	96.978	96.485	94.619	96.459	95.336	96.998	96.471	96.825	96.837	95.762	95.837	96.648
OH														
OH	1.980443	1.918322	1.989001	1.986183	1.73655	1.530675	1.575548	1.511678	1.466702	1.447833	1.466457	1.78197	1.780885	1.981012
Cl	0.019557	0	0.010999	0.013817	0.019916	0.004908	0.014226	0.02661	0.000395	0.001852	0.006858	0.02356	0.028176	0.018988
F	0	0.081678	0	0	0.243535	0.464417	0.410226	0.461712	0.532903	0.550314	0.526685	0.19447	0.190939	0
soma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T														
Si	2.806643	2.977899	2.883686	2.907529	2.965831	2.922833	2.92072	2.964783	2.985226	2.968652	3.050011	2.926717	2.927835	2.909602
Al	1.193357	1.022101	1.116314	1.092471	1.034169	1.077167	1.07928	1.035217	1.014774	1.031348	0.949989	1.073283	1.072165	1.090398
soma	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Elemento	It17	IT07		IT22	IT10	IT04		IT01	IT05		IT16	IT11		IT20
M														
Al	0.041769	0.199522	0.207188	0.239024	0.218718	0.321766	0.313937	0.276681	0.379657	0.307501	0.16968	0.200935	0.143784	0.202156
Ti	0.165745	0.080169	0.144219	0.062446	0.089043	0.182306	0.156314	0.107855	0.094717	0.115806	0.036705	0.106822	0.108125	0.112358
Cr	0	0.014173	0	0.000234	0	0	0	0.00558	0.015977	0.005616	0.000615	0.002838	0.005452	0.007157
V	0	0	0	0.007666	0.001984	0.004142	0.003873	0.006739	0.00081	0.002441	0.003868	0.00245	0.00301	0.003986
Mg	1.087096	1.327707	1.289994	1.522032	1.631946	1.192693	1.19373	1.160763	1.411596	1.44564	1.802284	1.567829	1.609355	1.480447
Ni	0	0.012587	0	0.004114	0.003545	0.001322	0.000701	0.003827	0.003751	0.001758	0	0.00934	0.003451	0
Fe2+	1.673396	1.25074	1.19125	1.07393	0.992935	1.214658	1.234383	1.435346	1.067212	1.115664	1.065892	1.056209	1.091957	1.046995
Mn	0	0.034869	0.029189	0.023163	0.0184	0.018895	0.022871	0.015582	0.01514	0.021422	0.038821	0.016303	0.010058	0.019544
soma	2.968006	2.919767	2.86184	2.932609	2.956571	2.935782	2.925809	3.012373	2.98886	3.01585	3.117866	2.962726	2.975192	2.872643
I														
Ca	0	0.00651	0.004076	0.005161	0.00381	0	0	0.002379	0	0.000669	8.34E-05	0.000818	0.011246	0
Na	0.013039	0.006922	0.013884	0.009484	0.004497	0.01639	0.034391	0.007534	0.012206	0.012108	0.007996	0.012292	0.016488	0.013235
K	0.890605	0.87027	0.885971	0.849447	0.973571	0.968018	0.987285	0.98179	0.972268	0.991197	0.992061	0.932067	0.933421	0.91285
soma	0.903644	0.883702	0.903931	0.864092	0.981878	0.984408	1.021676	0.991702	0.984474	1.003975	1.000141	0.945177	0.961155	0.926084

2.4.4 Litogeoquímica

As análises litogeoquímicas foram realizadas em 18 amostras, sendo 14 do Granito Itapuranga, 3 de enclaves e 1 de dique (Tabela 4), cujos resultados são apresentados e discutidos a seguir.

As rochas do granito Itapuranga possuem teores de $\text{SiO}_2 = 60,57$ a $70,57$ %; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 14,56$ a $15,66$ %; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,70$ a $5,07$ %; $\text{MgO} = 0,57$ a $3,71$ %; $\text{CaO} = 0,82$ a $4,24$ %; $\text{Na}_2\text{O} = 2,94$ a $3,93$ %; $\text{K}_2\text{O} = 4,58$ a $6,49$ %, $\text{TiO}_2 = 0,35$ a $0,80$. Quanto aos elementos traços, possuem teores moderados a elevados dos elementos litófilos de grande raio iônico (LILE), tais como Rb ($175,9$ a $362,2$ ppm), Ba (1035 a 2663 ppm), Sr ($447,2$ a $1348,7$ ppm) e apresenta também moderados teores de elementos de alto potencial iônico (HFSE), como o Nb ($11,1$ a $31,9$ ppm), Zr ($198,2$ a $436,3$ ppm) e Y ($5,3$ a $24,2$ ppm). Do ponto de vista químico mineralógico, as amostras do Granito Itapuranga, baseado no gráfico P-Q (Debon & LeFort 1983), distribuem-se nos campos dos sienogranitos, quartzo sienito e monzogranito (Figura 9A), exibindo característica subalcalina (Figura 9B), conforme mostrado no diagrama de correlação $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 (Irvine & Baragar, 1971). O caráter subalcalino dessas rochas tem como responsável o elevado teor de potássio ($4 < \text{K}_2\text{O} < 7$) que as situam no campo da suíte de alto K shoshonítica, segundo o diagrama TAS K_2O vs SiO_2 (Figura 9C). Quanto à aluminosidade, mostra características com tendência metaluminosa a peraluminosa (Figura 9D).

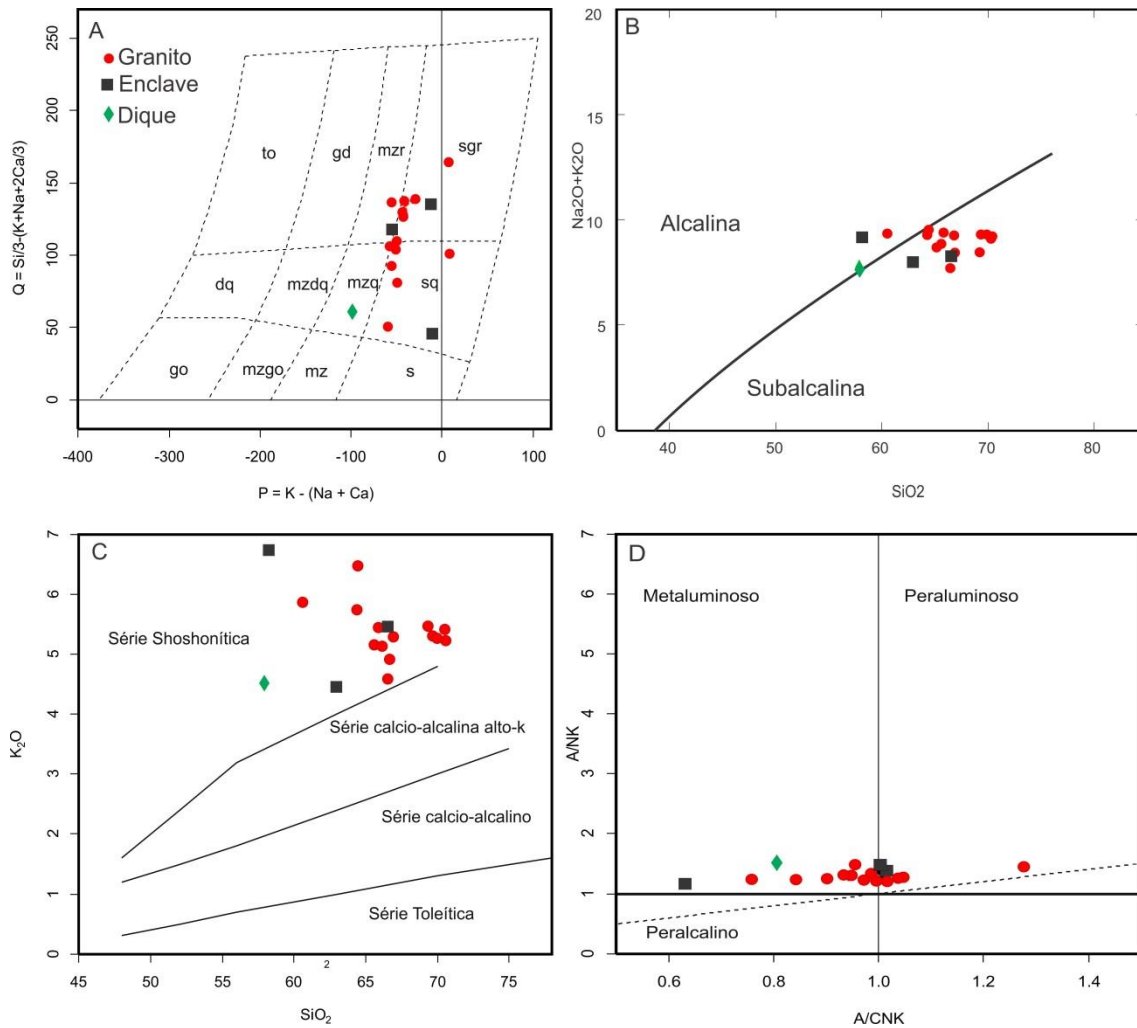


Figura 9: A) Diagrama de classificação Q-P de (Debon & LeFort 1983) B) Índice de alcalinidade segundo Irvine & Baragar (1971); C) Diagrama de correlação entre SiO₂ Vs K₂O (Peccerillo & Taylor 1976); D) Índice de saturação em alumina A/CNK A/NK de Shand (1943).

No diagrama multielementar (Figura 10A) as amostras apresentam altos teores dos elementos Rb, Ba, Th e K, destacando-se ainda anomalias negativa de Ti e P, bem como pronunciada anomalia negativa de Nb e Ta (Figura 10A). Quanto aos elementos terras raras, as amostras mostram um padrão enriquecido em elementos Terras Raras Leves (ETRL) em relação aos Elementos Terras Raras Pesados (ELTP), (Figura 10B), com moderado a elevado fracionamento dos ETRL, apresentando razão $[La/Eu]_N = 6.00$ a 11.24 . Enquanto o fracionamento dos ETRP é baixo a moderado com razão $[Gd/Lu]_N = 2.22$ a 7.10 . No geral, o fracionamento entre os ETRL e ETRP é elevado, exibindo uma razão $[La/Yb]_N = 22.10$ a 87.65 . Apresenta ainda fraca anomalia negativa de európio, com razão $Eu/Eu^* = 0.64$ a 0.83 . As anomalias negativas

de Eu observadas para essas rochas evidenciam o fracionamento do feldspato ao longo da diferenciação magmática.

Em geral, nos diagramas de multielementos e ETR, as amostras se distribuem em dois grupos. Um grupo formado pelas amostras menos deformadas e relativamente mais empobrecidas em ETRP, e um segundo grupo formado por amostras de rochas mais deformadas ou milonitizadas, as quais também possuem maior conteúdo em máficos (anfíbólio e biotita).

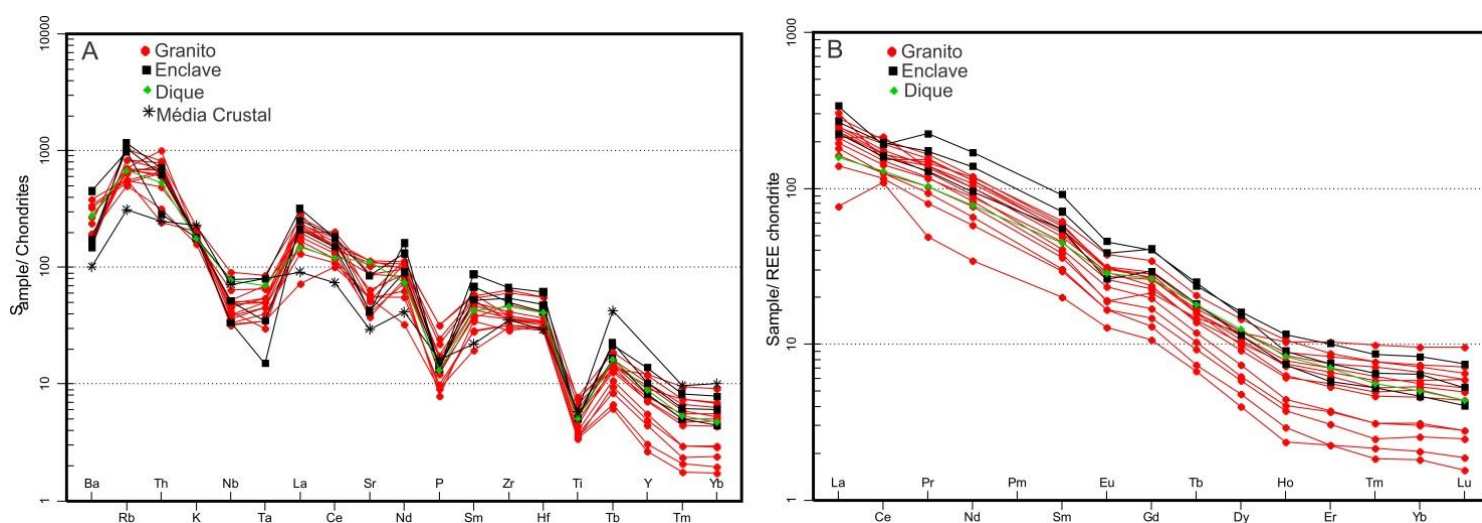


Figura 10: A) Diagrama multielementar, normalizado para condrito de acordo com Thompson (1982). B) Diagrama dos Elementos Terras Raras com normalização para o condrito de Boynton (1984).

O diagrama multi-elementar, apresenta padrão semelhante à crosta continental superior (Figura 9A), marcado por positivas anomalias Rb, Th, K, La, Ce, Nd e Zr e fortes anomalias negativas de Ba, Nb, Sr, P e Ti (Figura 10A) Thompson (1982).

Para a classificação do ambiente geotectônico de geração do Granito Itapuranga, foi utilizado do diagrama de discriminação de Pearce *et al.*, (1986). A representação dos dados no diagrama (Y+Nb vs Rb) sugere ambiente pós-colisional (Figura 11A) de acordo com Pearce *et al.*, (1986). Adicionalmente, segundo Lusa *et al.*, (2010), os teores de alto K associados a presença de anomalias negativas de Nb em relação ao La e de Ti em relação ao Gd nos diagramas multielementares, e as relações Nb, Y e Rb sugerem que os magmas geradores das rochas graníticas sejam provenientes de fontes afetadas previamente por subducção associando ambiente de arco magmático.

A disposição das amostras do diagrama R₁-R₂ (De LA Roche & Leterrier 1973), forma um *trend* paralelo e alinhado dentro do campo dos granitos pós-colisional e tarde-orogênico (Figura 11B).

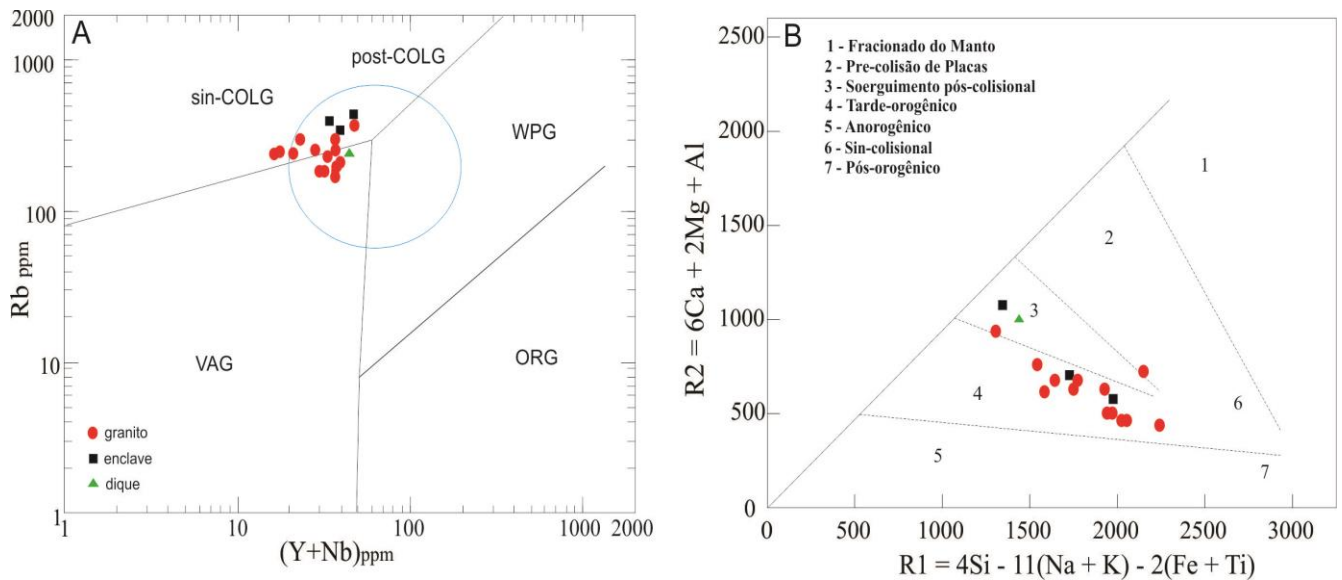


Figura 11 - A) Disposição das amostras nos diagramas discriminante de Pearce *et al.*, (1986), com subdivisão dos campos intra-placa (WPG), arco vulcânico (VAG), sin-colisionais (SYN-COLG), cadeias oceânicas (ORG). B) Disposição das amostras no diagrama R₁-R₂, mostrando ambiente pós-colisional e tarde-colisional para as amostras do Granito Itapuranga.

Tabela 4: Composição geoquímica dos elementos maiores, menores e traços.

Litotipo	Granito														Enclave			Dique
Elemento	IT 04	IT 05	IT 06	IT 07	IT 08	IT 09	IT 10	IT 11	IT 19	IT 20	IT 21	IT 22	IT 23	IT 31	IT 08b	IT 09b	IT 13	IT 18
SiO ₂	70.48	66.63	69.67	64.43	70.06	70.57	64.34	60.57	66.13	65.87	66.87	65.73	66.49	69.29	66.53	62.98	58.18	57.92
TiO ₂	0.38	0.77	0.41	0.77	0.37	0.35	0.61	0.80	0.54	0.50	0.45	0.55	0.70	0.35	0.69	1.10	0.90	1.12
Al ₂ O ₃	15.20	14.56	15.10	14.90	15.20	15.17	15.01	14.79	15.30	15.37	15.42	15.26	14.80	15.66	14.28	14.40	12.83	15.56
Fe ₂ O ₃	1.81	3.73	2.06	4.76	1.77	1.70	3.83	5.07	3.35	3.20	2.88	3.62	4.10	1.71	4.35	5.49	5.96	6.81
MnO	0.02	0.05	0.03	0.07	0.02	0.02	0.06	0.08	0.05	0.06	0.04	0.06	0.07	0.02	0.06	0.07	0.15	0.09
MgO	0.62	2.40	0.78	2.03	0.63	0.60	2.41	3.71	1.74	1.61	1.33	1.86	1.96	0.57	1.91	3.71	5.44	3.02
CaO	1.43	1.98	1.59	1.94	1.54	1.40	3.11	4.24	2.58	2.64	2.32	2.49	3.03	0.82	1.84	2.15	5.12	4.97
Na ₂ O	3.77	3.51	3.91	2.96	3.93	3.93	3.61	3.40	3.75	3.87	3.88	3.64	3.06	2.94	2.97	3.45	2.10	3.27
K ₂ O	5.39	4.92	5.33	6.49	5.28	5.26	5.76	5.88	5.14	5.45	5.31	5.15	4.58	5.46	5.47	4.46	6.99	4.52
P ₂ O ₅	0.16	0.40	0.20	0.52	0.15	0.15	0.36	0.52	0.24	0.27	0.24	0.29	0.21	0.13	0.35	0.69	0.74	0.66
LOI	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.3	0.3	0.7	0.6	0.7	0.8	0.7	2.8	1.2	1.0	0.8	1.5
Total	99.66	99.55	99.68	99.47	99.65	99.65	99.40	99.36	99.52	99.44	99.44	99.45	99.70	99.75	99.65	99.50	99.21	99.44
Ba (ppm)	1192	1161	1264	1651	1178	1160	2350	2663	1869	2337	2233	1876	1334	1035	1186	1020	3113	1904
Be	7	4	6	5	6	6	5	4	4	6	5	5	<1	8	4	6	2	5
Co	3.8	10.7	4.5	9.8	3.8	3.2	11.8	16.8	9.7	8.9	6.8	10.0	8.9	3.0	9.6	14.8	24.1	15.8
Cs	14.0	12.1	11.5	21.9	5.7	7.8	4.2	6.1	8.8	7.8	6.9	18.2	2.9	12.0	13.2	22.5	12.0	9.8
Cu	4.1	2.8	4.9	5.6	3.4	2.7	11.2	27.2	20.1	2.1	3.9	17.5	7.9	2.8	6.1	3.8	320.6	47.6
Ga	23.7	24.2	24.1	25.5	22.9	23.2	18.6	18.7	19.7	19.9	19.6	19.6	21.7	25.9	27.8	25.5	17.8	19.7
Hf	5.9	11.1	6.6	11.1	6.1	5.8	6.6	7.0	6.6	6.8	6.4	7.3	8.2	6.2	9.6	12.3	8.3	8.2
Mo	<0.1	0.2	0.2	0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.1	0.4	0.4	0.4	0.5	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nb	11.7	22.6	17.3	31.9	11.5	11.1	16.7	14.5	18.2	15.9	13.6	18.1	12.6	13.4	18.0	27.5	11.8	27.0
Pb	3.0	4.8	7.9	8.4	7.0	4.9	8.6	7.9	14.4	8.8	15.9	29.2	5.6	11.3	6.4	6.6	6.1	6.3
Rb	241.4	294.0	242.2	362.2	242.6	236.2	193.7	196.5	224.3	192.3	187.5	250.5	175.9	292.5	365.0	407.6	343.4	236.1
Sc	2	6	3	7	3	3	8	12	6	6	5	7	10	3	6	9	14	10

Litopito	Granito														Enclave			Dique
Elemento	IT 04	IT 05	IT 06	IT 07	IT 08	IT 09	IT 10	IT 11	IT 19	IT 20	IT 21	IT 22	IT 23	IT 31	IT 08b	IT 09b	IT 13	IT 18
Sn	3	6	4	5	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4	6	8	2	3
Sr	654.8	606.5	751.8	702.1	644.7	640.5	1212.4	1348.7	1022.4	1342.9	1287.4	1034.5	447.2	483.3	501.9	487.0	1001.7	1309.8
Ta	0.8	1.3	1.1	1.7	0.7	0.7	1.0	0.6	1.4	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.7	1.6	0.3	1.4
Th	29.3	32.8	28.7	34.4	25.2	26.3	20.7	10.3	31.5	28.3	27.0	42.1	13.5	29.4	26.1	30.1	12.0	22.2
U	4.2	6.3	7.7	5.5	4.3	4.0	2.9	3.0	4.0	4.4	4.3	8.6	2.8	10.5	6.0	9.0	3.3	7.6
V	23	54	28	64	24	25	69	98	50	47	41	58	58	27	59	83	108	131
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	1.0	0.6	<0.5	1.1	5.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.7
Y	8.9	14.2	11.2	16.0	6.2	5.3	20.8	23.7	15.5	14.4	19.3	18.2	24.2	9.8	16.3	20.5	27.7	17.7
Zn	52	114	57	122	49	46	37	55	58	52	56	63	61	43	133	153	80	98
Zr	219.7	412.6	247.2	436.3	219.7	210.9	244.0	264.8	252.8	262.3	240.6	283.2	327.1	198.2	372.1	457.6	343.8	315.7
Ni	7.2	59.6	10.2	31.2	6.5	6.8	32.2	65.4	31.4	25.5	20.6	35.5	14.4	5.5	46.6	88.8	108.0	25.4
Cr ₂ O ₃	0.002	0.014	0.006	0.007	0.003	0.002	0.011	0.016	0.008	0.008	0.005	0.009	0.011	0.002	0.011	0.020	0.023	0.006
La (ppm)	43.5	76.3	75.4	87.5	55.9	23.8	72.1	72.1	60.5	78.0	94.4	65.9	65.9	50.2	69.5	104.7	83.0	48.9
Ce	93.9	155.7	135.0	165.6	102.0	88.1	128.1	133.3	114.8	141.6	123.4	174.8	122.0	102.0	129.7	154.4	159.4	104.3
Pr	9.82	19.04	15.56	20.16	11.50	5.93	17.16	17.86	14.16	17.05	18.79	16.55	14.49	12.52	15.67	27.41	21.13	12.60
Nd	34.7	68.0	54.5	72.1	39.3	20.7	64.0	70.9	52.5	61.0	67.9	60.8	49.3	45.6	57.3	102.0	82.9	46.7
Sm	5.74	11.06	7.94	11.52	5.88	3.92	10.57	12.03	8.89	9.57	10.47	10.18	7.42	6.99	10.66	17.76	13.83	8.71
Eu	1.22	2.29	1.72	2.24	1.22	0.94	2.30	2.78	1.90	2.12	2.23	2.02	1.39	1.40	1.92	3.35	2.83	2.10
Gd	3.81	6.88	5.14	7.27	3.35	2.74	7.55	8.93	5.83	6.12	7.01	6.74	5.54	4.38	7.61	10.42	10.56	6.80
Tb	0.44	0.75	0.56	0.77	0.35	0.32	0.84	0.98	0.68	0.66	0.75	0.80	0.70	0.49	0.86	1.18	1.12	0.85

Litotipo	Granito														Enclave			Dique
Elemento	IT 04	IT 05	IT 06	IT 07	IT 08	IT 09	IT 10	IT 11	IT 19	IT 20	IT 21	IT 22	IT 23	IT 31	IT 08b	IT 09b	IT 13	IT 18
Dy	1.87	3.18	2.38	3.41	1.55	1.28	3.91	4.65	3.26	2.96	3.65	3.88	3.81	2.01	3.67	4.95	5.19	4.01
Ho	0.27	0.45	0.32	0.52	0.21	0.17	0.61	0.76	0.54	0.44	0.56	0.64	0.74	0.29	0.53	0.65	0.83	0.6
Er	0.64	1.12	0.79	1.30	0.47	0.47	1.56	1.83	1.39	1.17	1.48	1.74	2.17	0.77	1.21	1.58	2.11	1.48
Tm	0.08	0.15	0.10	0.17	0.07	0.06	0.23	0.25	0.19	0.16	0.20	0.25	0.32	0.10	0.17	0.21	0.28	0.18
Yb	0.53	0.95	0.65	1.11	0.43	0.38	1.38	1.49	1.22	1.06	1.16	1.53	2.01	0.63	0.97	1.33	1.73	1.04
Lu	0.08	0.14	0.09	0.16	0.06	0.05	0.19	0.21	0.19	0.14	0.17	0.23	0.31	0.09	0.13	0.17	0.24	0.14
K ₂ O+Na ₂ O	9.16	8.43	9.24	9.45	9.21	9.19	9.37	9.28	8.89	9.32	9.19	8.79	7.64	8.4	8.44	7.91	9.09	7.79
MgO+Fe ₂ O ₃	2.43	6.13	2.84	6.79	2.4	2.3	6.24	8.78	5.09	4.81	4.21	5.48	6.06	2.28	6.26	9.2	11.4	9.83
Na ₂ O+K ₂ O	9.16	8.43	9.24	9.45	9.21	9.19	9.37	9.28	8.89	9.32	9.19	8.79	7.64	8.4	8.44	7.91	9.09	7.79
(La/Eu)N	8.5	7.9	10.4	9.3	10.9	6.0	7.4	6.1	7.5	8.7	10.0	7.7	11.2	8.5	8.6	7.4	7.0	5.5
(Gd/Lu)N	5.9	6.1	7.1	5.6	6.9	6.8	4.9	5.3	3.8	5.4	5.1	3.6	2.2	6.1	7.3	7.6	5.5	6.0
(La/Yb)N	55.3	54.1	78.2	53.1	87.6	42.2	35.2	32.6	33.4	49.6	54.9	29.0	22.1	53.7	48.3	53.1	32.3	31.7
Eu/Eu*	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.8
K ₂ O/Na ₂ O	1.4	1.4	1.4	2.2	1.3	1.3	1.6	1.7	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.9	1.8	1.3	3.3	1.4
FeO/(FeO+MgO)	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
K ₂ O+Na ₂ O-CaO	50.17	48.79	71.88	48.20	81.47	36.25	31.03	28.12	30.38	44.97	50.49	26.10	20.52	48.39	41.65	46.15	27.56	26.47

2.4.6 Isótopos Sm-Nd

As análises isotópicas de Sm-Nd foram realizadas nas amostras representativas entre granito, enclave e dique, cujos dados estão listados na Tabela 5 e plotados na (Figura 12). Os dados obtidos para tais rochas mostram uma diferença nos valores das idades-modelo (T_{DM}) situadas entre 1,27 a 1,91 Ga e valores de $\epsilon Nd(0)$ variando entre -11.24 a 15.23. Para o recálculo dos valores iniciais de ϵNd foram recalculados usando idade de cristalização U-Pb de 624 Ma Pimentel *et al.*, (2003). As razões de $^{143}Nd/^{144}Nd$ para as amostras analisadas variam em torno de 0,511857 a 0,512062 (Tabela 5). A ampla variação nos valores obtidos para a idade modelo (T_{DM}) associados com valores negativos de ϵNd sugere a participação de um componente crustal.

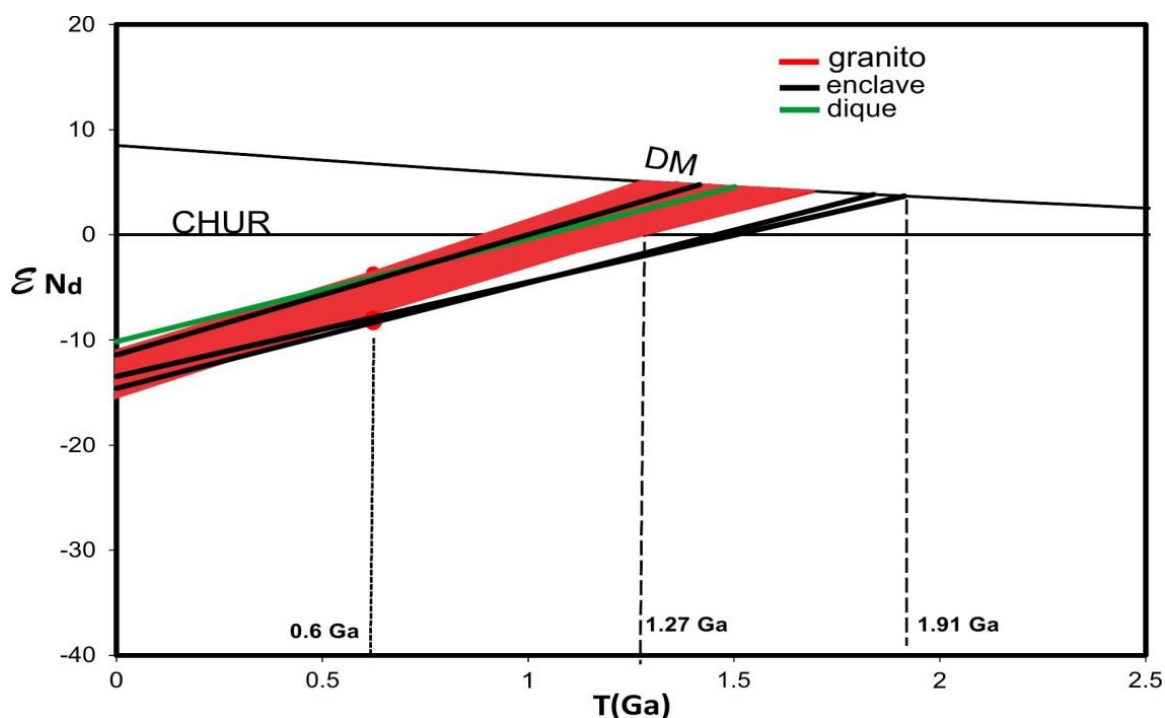


Figura 12 - Diagrama para as composições isotópicas de ϵNd x T(Ga), com os modelos de evolução do manto empobrecido (DM) dos principais litotipos do Granito Itapuranga.

Tabela 5: Análises isotópicas de Sm-Nd para as rochas do Granito Itapuranga.

Amostra	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ($\pm 2\text{SE}$)	ϵ_{Nd} (0)	ϵ_{Nd} (t=624 Ma)	T_{Dm} (Ga)
IT-05	12.071	74.478	0.0980	0.511857 ± 10	-15.23	-7.38	1.56
IT-06	9.630	60.428	0.0964	0.511933 ± 9	-13.75	-5.76	1.44
IT-07	13.111	76.787	0.1033	0.511875 ± 13	-14.88	-7.44	1.61
IT-08	6.236	41.599	0.0907	0.511944 ± 7	-13.54	-5.09	1.36
IT-09	4.396	22.357	0.1189	0.511987 ± 9	-12.70	-6.51	1.69
IT-10 granito	12.040	71.046	0.1025	0.512017 ± 11	-12.11	-4.61	1.40
IT-11	15.677	84.885	0.1117	0.512057 ± 14	-11.33	-4.56	1.47
IT-19	8.761	50.317	0.1053	0.51203 ± 9	-11.86	-4.58	1.42
IT-20	10.050	64.240	0.0946	0.511984 ± 9	-12.76	-4.62	1.35
IT-21	11.336	74.188	0.0924	0.512026 ± 7	-11.94	-3.63	1.28
IT-31	8.004	50.243	0.0964	0.51196 ± 7	-13.23	-5.23	1.40
IT-08 B	12.182	62.327	0.1182	0.511889 ± 13	-14.61	-8.36	1.84
IT-09 B enclave	23.884	114.157	0.1266	0.511947 ± 9	-13.48	-7.90	1.91
IT-13	15.813	89.208	0.1072	0.512052 ± 8	-11.43	-4.30	1.42
IT-18 dique	10.690	53.894	0.1200	0.512117 ± 10	-10.16	-4.05	1.50

2.5 DISCUSSÃO

Oliveira *et al.* (1997) caracteriza o Granito Itapuranga como produto de magmatismo subalcalino, shoshonítico e do tipo I ou Caledoniano. Os dados aqui apresentados corroboram com as interpretações de Oliveira *et al.* (*op. cit.*), porém em diagramas do tipo Harker (Figura 13), as amostras não definem *trends* específicos, mas um espalhamento caótico ou até dois grupos de rochas, aparentemente indicando tratar-se de pulsos distintos e não co-genéticos. Em geral, o aumento progressivo de SiO_2 é acompanhado pelo aumento de Al_2O_3 , e decréscimo de CaO e TiO_2 . Há um empobrecimento também na soma de alguns elementos maiores tais quais ($\text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ e $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$). A tendência observada na soma dos álcalis $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 mostra um aumento progressivo com o aumento do teor da sílica. A correlação negativa observada no CaO pode indicar o fracionamento do feldspato, bem como no anfibólio durante a evolução dessas rochas. Da mesma forma, correlações negativas de TiO_2 , MgO e Fe_2O_3 indicam ter havido fracionamento dos máficos (biotita, anfibólio) durante a evolução magmática.

Em relação aos elementos traços o padrão de distribuição das amostras apresenta comportamento semelhante aos elementos maiores, ou seja, sem definir *trends* específicos. O Ba por sua vez, possui distribuição aproximadamente sob um *trend* negativo com o aumento do SiO₂, provavelmente associado ao fracionamento dos feldspatos. Os teores de Sm também mostram tendência negativa com o aumento do teor de sílica. Os teores de Zr variam muito pouco em relação ao aumento da SiO₂, indicando o comportamento compatível do Zr durante a evolução magmática, direcionado para a estrutura de mineral típico (zircão) nos estágios menos evoluídos.

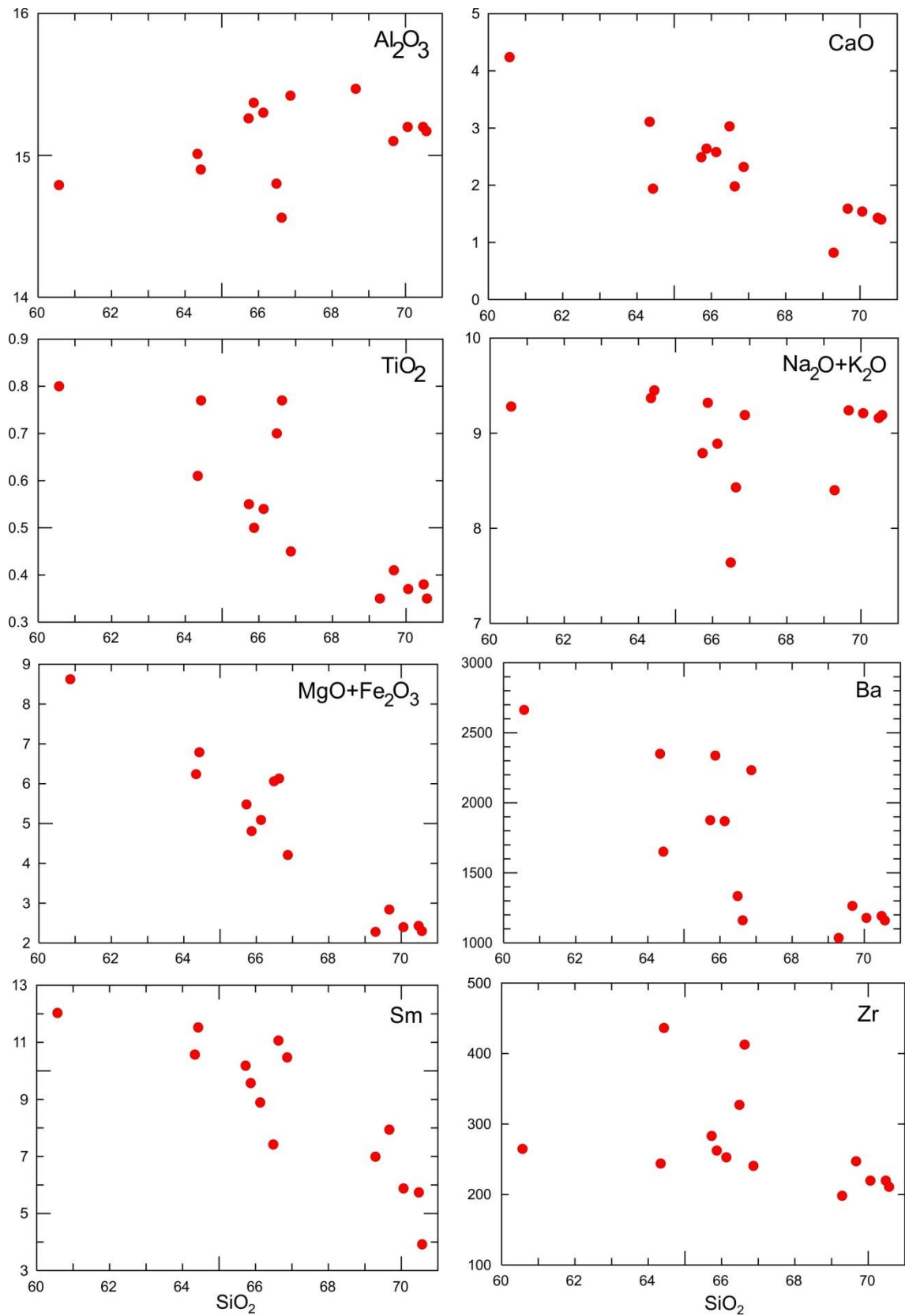


Figura 13 - Diagrama Harker com variação dos elementos maiores e menores usando SiO₂ como índice de diferenciação.

Aplicando o diagrama de correlação (Figura 14) Zr/Nd vs Zr (Geng *et al.* 2009), as amostras se posicionam em um *trend* aproximadamente regular no campo de cristalização fracionada.

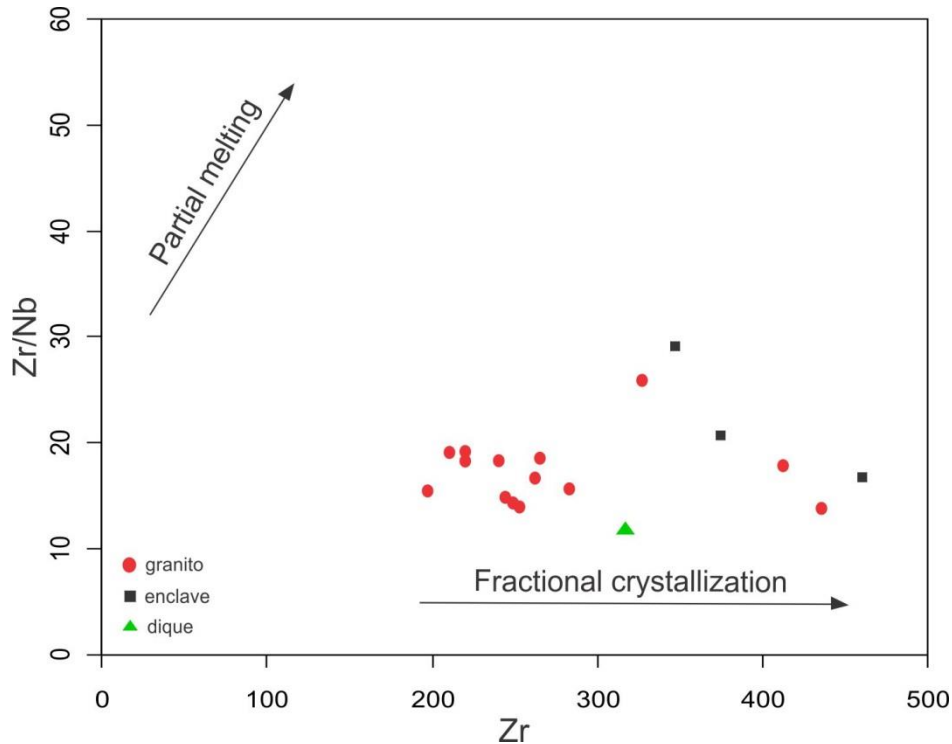


Figura 14-Diagrama Zr / Nb vs Zr (Geng *et al.*, 2009), mostram as tendências de fusão parcial e cristalização fracionada para as rochas do Granito Itapuranga.

A distribuição dos elementos maiores e menores em diagramas binários, anomalias negativas em diagramas multielementares associado ao diagrama Zr / Nb vs Zr, sugerem a atuação de processos de cristalização fracionada de fases minerais como plagioclásio, biotita, apatita e zircão para as rochas do Granito Itapuranga.

Aplicando os valores obtidos no Granito Itapuranga junto à proposta de Morisson (1980), a associação de rochas com afinidade shoshonítica é geoquimicamente definida por altos valores de álcalis ($K_2O + Na_2O > 5$ wt %), elevados teores de Al_2O_3 (14-19 wt%), baixo TiO_2 (<1,3 wt%), alta razão K_2O/Na_2O (>0,6 em 50% SiO_2 , >1 em 55% de SiO_2) e ainda forte enriquecimento nos elementos Ba e Sr com médios teores de Rb, Zr e Nb.

A natureza shoshonítica das rochas do Granito Itapuranga é demonstrada a partir da observação do diagrama de correlação entre SiO_2 vs K_2O (Peccerilo & Taylor, 1976) (Figura 9C). Essas rochas apresentam razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (1,34 a 2,19), TiO_2 (0,35 a 0,80), soma dos álcalis ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 7,64$ a $9,45$) e valores alto Rb (175,9 a 362,2 ppm), Ba (1035 a 2663 ppm), Sr (447,2 a 1348,7 ppm), Zr (198,2 a 436,3 ppm) e Nb (11,1 a 31,9 ppm). O enriquecimento de Ba, Sr e Rb é diagnóstico distintivo entre os granitoides da série cálcio alcalina e da série shoshonítica. De acordo com Souza *et al.* (1993, *in* Oliveira 1997), a característica shoshonítica dessa unidade sobretudo é dada pelo altíssimo grau de fracionamento dos ETRL em relação aos ETRP, explicitado através das altas razões de $(\text{La}/\text{Yb})_N = 22.10$ a 87.65 maiores que 10 (Tabela 4) e incipiente anomalia negativa de Eu com razão Eu/Eu^* variando de 0.64 a 0.83.

Apenas uma amostra, que corresponde a um enclave (Tabela 4), apresenta valores de $\text{MgO} > 3\%$, razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 2$ e $\text{K}_2\text{O} > 3\%$ que, segundo Foley *et al.* (1987), permitem classificá-la como rocha ultrapotássica.

A presença de rocha com afinidade ultrapotássica como membros mais máficos em suítes potássicas tem sido interpretada por Thompson & Fowler (1986) e Conceição *et al.* (1995) como rocha menos evoluída, podendo ser interpretada também como expressões de processos cumulativos (Conceição 1990) ou mesmo como imiscibilidade de líquidos. Estes enclaves máficos possuem padrão similar aos ETR e aos elementos traço das rochas do Granito Itapuranga. Tal característica é indicativa de possível congeneticidade. Contudo, tal afirmação ainda carece de maiores investigações petrológicas.

As rochas potássicas e ultrapotássicas associadas à série shoshonítica podem ocorrer em diferentes ambientes geotectônicos, tais como os ambientes intraplaca, arco da ilha, colisional e pós-colisional (Muller *et al.*, 1992). De acordo com alguns autores, os magmatismos potássico e ultrapotássico são gerados por fusão parcial de um manto litosférico metassomatizado (Foley & Wheller, 1990; Foley, 1992). O metassomatismo é produto de uma desidratação progressiva da placa subductada dada inicialmente pelo escape dos fluidos da crosta oceânica alterada. Os fluidos liberados percolam a cunha

mantélica sobrepostas à zona de subducção modificando a composição das rochas. (Conceição 1993; Conceição *et al.*, 1997, 2002; Nardi *et al.*, 2007).

De acordo com Foley (1992), os fluidos gerados pela desidratação da placa subducada seriam responsáveis pelo enriquecimento dos elementos LILE e LREE. Adicionalmente, para o Granito Itapuranga, os valores negativos de $\epsilon_{Nd}(0)$ bem como as razões $^{143}Nd/^{144}Nd$, situadas entre 0,511857 a 0,512062, reforça o envolvimento de um componente crustal antigo com idade Paleoproterozóica baseados em valores (T_{DM}) para os granitos situados entre 1,28 a 1.61 Ga e para os encaves com idade de 1,91 Ga.

Os dados geoquímicos e isotópicos obtidos indicam que o Granito Itapuranga, derivado de magmatismo de crosta continental, está relacionado a ambientes de arcos magmáticos sin-colisionais. Segundo Morisson (1980), as associações shoshoníticas caracterizam a transição temporal e espacial do magmatismo de ambiente orogênico para anorogênico.

Magmatismo máfico com idade entre 630 e 580 Ma, abundante no Arco Magmático de Goiás, situado ao noroeste e sudoeste da área de estudo, associado a anatexia crustal durante os estágios finais da Orogenia Brasileira (Pimentel *et al.* 1996). A mesma proposta pode ser aplicada para tentar explicar a origem do Granito Itapuranga, em que magma félsico pode ter sido derivado ou contaminado com crosta continental mais antiga e que teve algum grau de interação com magmas máficos

A idade de cristalização para o Granito Itapuranga é de 624 ± 10 Ma (Pimentel *et al.*, 2003), sendo esta idade contemporânea com o pico metamórfico da orogênese Brasileira, que está entre 640 e 620 Ma, registrada no Complexo Anapólis-Itauçu (Fischel *et al.* 1998). O pico do magmatismo foi logo seguido ou concomitante por processos de elevação, erosão e extenso magmatismo máfico na parte central da Faixa Brasília (Pimentel *et al.* 1996). Essas informações sugerem que a gênese do magmatismo que deu origem as rochas do Granito Itapuranga, ocorreu num sistema sin- à tarde-tectônico associado a um processo de fusão do manto devido à descompressão adiabática após o evento metamórfico (Pimentel *et al.*, 1996).

2.6 CONCLUSÕES

Os dados apresentados nessa pesquisa nos permitem apresentar as seguintes conclusões:

- O Granito Itapuranga apresenta distintas fácies petrográficas, as quais se distribuem nos campos sienogranito, quartzosienito, monzogranito. Apresenta composição química subalcalina, metaluminosa da à série shoshonítica de alto K_2O ;
- Possui características tipológica de granito tipo I, devido aos elevados valores de CaO e MgO , além de incipiente anomalia negativa de Eu , comparativamente aos clássicos granitos do tipo A. Portanto, a afinidade do Granito Itapuranga com magmas do tipo I nos parece mais adequada. Muito embora, granitos do tipo I intensamente fracionados tornem difícil a distinção dos granitos do tipo A;
- Os diagramas do tipo Harker apontam para um processo de fracionamento por cristalização fracionada durante a evolução do magmatismo Itapuranga, Todavia, a presença de enclaves máficos com padrão de distribuição de ETRs similar ao do Granito Itapuranga, sugere também algum grau de interação entre distintos líquidos durante a evolução magmática;
- Os dados isotópicos $Sm-Nd$ indicam que o magmatismo Itapuranga pode ter se originado a partir da fusão parcial de uma crosta Paleoproterozóica, com algum grau de interação com manto litosféricos heterogêneo metassomatizado durante processo de subducção. Para essas interpretações, associa-se uma importante contribuição de fontes astenosféricas associado com a colisão do Arco Magmático de Goiás a partir da fusão do manto por descompressão adiabática;
- Padrões semelhantes de litoquímica e isotópos $Sm-Nd$ tem sido observados nas amostras do Sienito Uruana publicados por Sandoval *et al.*, (2016) que juntamente com o Granito Itapuranga constituem um conjunto de rochas plutônicas denominadas de

Suíte Itapuranga. Indicando que o Granito Itapuranga pode ter sido originado a partir de mais de um tipo de fonte magmática. A disposição espacial do Granito Itapuranga, o seu alongamento na direção E-W associados ao lineamento dos Pirineus, sugere que esse magma ascendeu por zonas de fraqueza muito provavelmente em ambientes transicionais.

2.7 REFERENCIAS

- ALMEIDA, F.F. M., 1967. **Observações sobre o Pré-Cambriano da região Central de Goiás**. Curitiba. B. Paranaense de Geociências, 26. 19-22.
- ALMEIDA, F. F. M., HASUI, Y., BRITO NEVES, B. B., FUCK, R. A., 1981. **Brazilian structural provinces: an introduction**. Earth Sci. Rev., v.17, pp. 1-29.
- ARAÚJO FILHO, J. O., 1981. **Contribuição à estratigrafia e tectônica da Megainflexão dos Pirineus**. In: Simp. Geologia Centro-Oeste, 1., Anais... SBG, Goiânia, p. 24-26.
- ARAÚJO-FILHO, J.O., 2000. **The Pireneus Syntaxis: An example of the intersection of two Brasiliano foldthrust belts in central Brazil and its implications for the tectonic evolution of western Gondwana**. Rev Bras Geocienc 30:144-148.
- BARBOSA, O., 1969. **O Projeto Brasília-Goiás. Geologia e Inventário dos recursos Minerais**. Goiânia, PROSPECS.A/Dep. Nac. Prod. Min., ,225p.
- BOYNTON W.V., 1984. **Cosmogeochimistry of the rare earth elements: meteorite studies**. In: Henderson, P. (Ed.), Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier, pp. 63-114.
- CONCEIÇÃO, H. (1990) **Petrologie du Massif Syenitique d Itiúba: contribution à l' étude minéralogique des roches alcalines dans l'État de Bahia (Brésil)**. Thèse Doctorat. Université Paris-Sud, Centre d'Orsay, 395p.
- CONCEIÇÃO H. 1993. **Petrology of the syenites form the Salvador- Curaçá Mobile Belt (Bahia, Brazil): geodynamic significance**. An. Acad. Bras. Sci., 65:18-32.
- CONCEIÇÃO, H.; RIOS, D.R.; ROSA, M.L.S. (1995) **Petrologia da associação sienito-lamprótiro: Caso da intrusão de morro do Afonso (Greenstone Belt do Rio Itapicuru, Bahia)**: Geochim. Brasil.,9(1):91-109.
- CONCEIÇÃO H., MARTIN H., ROSA M.L.S., CONCEIÇÃO R.V. & SABATÉ P. 1997. **Alkali-potassic magmas generated by partial melting of an enriched-mantle source: example from the Paleoproterozoic plutonism, State of**

- Bahia, NE Brazil.** In: International Symposium on Granites and Associated Mineralizations, Salvador, Ext. Abs., p. 108-109.
- CONCEIÇÃO H., RIOS D.C., ROSA M.L.S., DAVIS D.W., DICKIN A.P., MCREATH I., MARINHO M.M. & MACAMBIRA M.J.B. 2002. **Zircon Geochronology and Petrology of Alkaline- Potassic Syenites, Southwestern Serrinha Nucleus, East São Francisco Craton, Brazil.** *Int. Geol. Reviews*, 44(2): 117-136.
- DARDENNE, M. A., 1978. **Zonação tectônica na borda ocidental do Cráton São Francisco.** In: Congresso Brasileiro De Geologia, Recife, 30, Anais, p. 299-308.
- DARDENNE, M.A., 2000. **The Brasília Fold Belt.** In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (eds). **Tectonic Evolution of South America.** 31st Int. Geol. Congr.; Rio de Janeiro, p. 231-263
- DEBON, F. & Le Fort, P., 1983: **A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations.** *Transactions of Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences* 73, 135–149
- DE LA ROCHE H., Leterrier J., Grandclaude P., Marchal M. 1980. **A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analyses – its relationships with current nomenclature.** *Chemical Geology*, 29, 183–210.
- DEPAOLO D.J. 1981. **Neodymium isotopes in the Colorado Front Range and crust–mantle evolution in the Proterozoic.** *Nature*, 291:193-197.
- FERREIRA FILHO, C. F., NALDRETT, A. J. GORTON, M.P., 1998. **REE and pyroxene compositional variation across the Niquelândia layered intrusion, Brazil: petrological and metallogenetic implications.** *Trans Inst Min Metall (Applied Earth Sciences)* 107:B1–B21.
- FERREIRA FILHO, C.F., PIMENTEL, M.M., ARAÚJO, S.M., LAUX, J.H., 2010. **Layered intrusions and volcanic sequences in Central Brazil: geological and geochronological constraints for Mesoproterozoic (1.25 Ga) and Neoproterozoic (0.79 Ga) igneous associations.** *Precambrian Research*, v. 183, pp. 617–634.
- FISCHEL D. P, PIMENTEL M. M., and FUCK R. A., 1998. **Idade do metamorfismo de alto grau no Complexo Anápolis- Itauçu, Goiás, determinada pelo método Sm- Nd.** *Rev Bras Geocienc* 28: 607-609.
- FONSECA, M. A., DARDENNE M. A., UHLEIN, 1995 A. **Faixa Brasília setor setentrional: estilos estruturais e arcabouço tectônico.** *Revista Brasileira de Geociências* v. 25, n. 4, p. 267- 278,
- FOLEY, S. F., VENTURELLI, G., GREEN, D.H. and TOSCANI L.,1987. The ultrapotassic rocks: **Characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models:** *Earth-Science Reviews*, v. 24, p. 81–134.

- FOLEY, S. 1992. **Petrological characterization of the source components of potassic magmas: geochemical and experimental constraints**: Lithos, v. 28, p. 187–204.
- FROST, B.R., BARNES C.G., COLLINS W.J., ARCULUS R.J., ELLIS D.J., FROST C.D. 2001. **A geochemical classification for granitic rocks**. Journal of Petrology, 42(11):2033-2048.
- FUCK R.A., JARDIM DE SÁ E.F., PIMENTEL M.M., DARDENNE M.A., PEDROSA-SOARES A.C., 1993. **As Faixas de Dobramentos Marginais do Cráton do São Francisco**. In: J.M.L. Dominguez & A. Misi (eds). O Cráton do São Francisco. SBG/SGM/CNPq, Salvador, p. 161-186.
- FUCK, R.A., PIMENTEL, M.M., D'EL-REY S.L.J., 1994 **A Faixa Brasília e a Compartimentação Tectônica na Província Tocantins**. In: SIMP. GEOL. CENTROOESTE, 4, Brasília, 1994. Anais... Brasília, SBG, p. 184-187.
- FUNK, R.A et al. 2005 **Compartimentação da Faixa Brasília**- In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 9,2005, Goiânia. Anais Geologia: SBG, pag 26-27.
- GIOIA S.M.L. & PIMENTEL M.M. 2000. **The Sm–Nd Isotopic Method in the Geochronology Laboratory of the University of Brasília**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 72(2):219-245.
- GENG, H.Y., SUN, M., YUAN, C., XIAO, W.J., XIAN, W.S., ZHAO, G.C., ZHANG, L.F., WONG, K., WU, F.Y., 2009. **Geochemical, Sr–Nd and zircon U–Pb–Hf isotopic studies of Late Carboniferous magmatism in the West Junggar, Xinjiang: implications for ridge subduction?** Chemical Geology 266 (3–4), 364–389.
- IRVINE T.N. & BARAGAR W.R. 1971. **A guide to the chemical classification of the common igneous rocks**. Canadian Journal of Earth Sciences, 8, p. 523–548.
- JOST H., Chemale Jr. F., Fuck R.A., Dussin I.A. 2013. **Uvã Complex, The Oldest Orthogneisses of the Archean-Paleoproterozoic Terrane of Central Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, 47:201-212.
- LACERDA FILHO, J. V.; OLIVEIRA, C. C., 1995 **Geologia da Região Centro-Sul de Goiás**. Boletim de Geociências do Centro-Oeste, v. 18, n. 1/2, p.3-19.
- LACERDA FILHO J.V. 1999. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal – Relatório do Mapa Geológico do Estado de Goiás – Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/METAGO/UnB.
- LAUX J.H., Pimentel M.M., Dantas E.L., Armstrong R., Junges S.L., 2005. **The Neoproterozoic Crustal Accretion Events in the Brasília Belt, central Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, 18:183-198.

- LEAKE, B.E., 1997. Nomenclature of Amphiboles: **Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names**. The Canadian Mineralogist Vol. 35, pp. 219-246.
- LUSA M., Philipp R. P., Nardi L. V., 2010. **Geoquímica e petrologia dos metagranitos do Complexo Encantadas, Santana de Boa Vista, (RS): a evolução de uma margem continental ativa no Paleoproterozóico**. Revista Brasileira de Geociências, 40(2): 151-166.
- MARINI, O.J., Liberal, C.S., Reis, L.T., Trindade, C.A.H., Souza, S.L., 1978. **Nova unidade litostratigráfica do Pré-Cambriano do estado de Goiás**, In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia., 30, Recife, Bol. Esp. 1: 126-127.
- MARINI, O.J., Fuck, R.A., Dardenne, M.A., Danni, J.C.M. 1984. Província Tocantins, Setores Central e Sudeste. In: Almeida, F.F.M., Hasui, Y. (Org.), O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blücher, pp. 205–264.
- MOREIRA, M. L. O., MORETON, L. C., ARAÚJO V. A., Lacerda Filho, J. V., Costa, H. F. **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal texto explicativo do mapa geológico do estado de Goiás e Distrito Federal Escala 1:500.000 CONVÊNIO: MME/CPRM - SIC/FUNMINERAL/GO**
- MORRISON, G. W. 1980. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. Lithos 13,97-108. Oslo .ISSN 0024-4937.
- MULLER, D. P., GROVES, D. I., 1992. **Geochemical discrimination between shoshonitic and potassic volcanic rocks in different tectonic settings: A pilot study**: Mineral. Petrol., v. 46, p. 259-289.
- MULLER, D. P., GROVES, D. I., 2000. **Potassic Igneous Rocks and Associated Gold-Copper Mineralization**. 3rd ed, 225pp.
- NARDI, L. V. S., CID, J. P., & BITENCOURT, M. F. 2007. **Minette mafic microgranular enclaves and their relationship to host syenites in systems formed at mantle pressures: major and trace element evidence from the Piquiri Syenite Massif, southernmost Brazil**. Mineralogy and Petrology, v. 91, n.1-2, p. 101-116.
- NACHIT H. 1986. **Contribution à l'étude analytique et expérimentale des biotites des granitoïdes. Applications typologiques**, Tese de doutoramento, Université de Bretagne Occidentale, 181 pg.
- OLIVEIRA C. C., 1997. **Itaguaru. Folha SD.22-Z-C-VI 1:100.000. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos**, CPRM-MME, Brasília, 108p.
- PECCERILLO, A. & Taylor, R.S. 1976. **Geochemistry of Eocene calc- alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology**, 58: 63-81.
- PENA, G. S., Figueredo, A.J. 1975. **Projeto Goiania II. Relatório Final, Goiania, Dep. Nac. Prod. Min/ Comp. Pesq. Rec. min. v.5**.

- PEAECE J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. 1984. **Trace elemento discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks.** *Journal of Petrology*, 25:956-983.
- PIMENTEL M.M. & Fuck R.A. 1992. **Neoproterozoic Crustal Accretion in central Brazil.** *Geology*, v. 20, p. 375-379.
- PIMENTEL M.M., Fuck R.A., D'el-Rey Silva J.H., 1996. **Dados Rb-Sr e Sm-Nd da região de Jussara-Goiás Mossâmedes (Go) e o limite entre terrenos antigos do Maciço de Goiás e o arco magmático de Goiás.** *Rev. Brás. de Geociências* 26 (2): 61-70.
- PIMENTEL, M.M., Fuck, R. A., Botelho, N.F., 1999. **Granites and the Geodynamic History of the Neoproterozoic Brasília belt, Central Brazil: A review: Lithos**, v. 46, p. 463–483.
- PIMENTEL, M.M., FUCK, R.A., JOST, H., FERREIRA FILHO, C.F. & ARAUJO, S.M., 2000. **The Basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás Magmatic Arc.** In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. *Tectonic Evolution of South America*, p 195-229.
- PIMENTEL M.M., FUCK R.A., JOST H., FERREIRA FILHO C.F., ARAÚJO S.M. 2000a. **The basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás Magmatic Arc.** In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America. 31st International Geological Congress*, Rio de Janeiro, p. 195-229.
- PIMENTEL, M.M., DANTAS, E.L., FUCK R.A., ARMSTRONG R.A. 2003 **Shrimp and conventional U-Pb age, Sm-Nd isotopic characteristics and tectonic significance of the K-rich Itapuranga suite in Goiás, Central Brazil.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 75(1): 97-108.
- PIMENTEL M.M., Jost H., Fuck R.A., Armstrong R.A., Dantas E.L., Potrel A., 2003. **Neoproterozoic anatexis of 2.9 Ga old granitoids in the Goiás-Crixás block, Central Brazil: evidence from new SHRIMP U-Pb data and SmNd isotopes.** *Geologia USP, Série Científica*, 3:1-12.
- PIMENTEL M.M., Yost H., Fuck R.A. 2004. **O embasamento da Faixa Brasília e o Arco Mágmatco de Goiás.** In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves (eds). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Ed. Beca, São Paulo, p.355-368.
- PIMENTEL M.M. 2014. **The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: a geochronological and isotopic approach.** *Brazilian Journal of Geology*.
- QUEIROZ C.L., Jost H., Silva L.C., McNaughton N.J. 2008. **U-Pb SHRIMP and Sm-Nd geochronology of granite–gneiss complexes and implications for the evolution of the Central Brazil Archean Terrain.** *Journal of South American Earth Sciences*, 26:100-124.

- ROSA M.L.S. 1999. **Geologia geocronologia mineralogia litogeoquímica e petrologia do Batólito Monzo-Sienítico Guanambi-Urandi (SW-Bahia)**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 186 p.
- SA, A. M. 1987 **Projeto Mapas Metalogenéticos e de previsão de Recursos Minerais; Carta Metalogenética; Carta de Previsão de Recursos Minerais; Carta de Previsão para planejamento de Ações Governamentais**. Folha SD.22-Z-C- Ceres, Brasília DNPM/CPRM.
- SANDOVAL, S. A. R., 2016 - **Caraterização petrográfica, geoquímica e isotópica do sienito de uruana e suas implicações sobre a gênese do magmatismo sin-tectônico da faixa Brasília**. Dissertação (Mestrado em Geologia)—Universidade de Brasília, Brasília. p. 86.
- SOUZA, E. C., 1993. **Lithogeochemical Panorama of the subalkaline (shoshonitic) Itapuranga Suite, SE Goiás, central Brazil**. In: WORKSHOP MAGMATISMO GRANÍTICO E MINERALIZAÇÕES ASSOCIADAS, 1.; Resumos Expandidos... Rio de Janeiro, Acad Bras Ciênc, p. 82..
- THOMPSON R.N. 1982. **Magmatism of the British Tertiary volcanic province**. Scottish Journal of Geology, 18:49-107.
- THOMPSON, R.N. & FOWLER, M. (1986) Subduction-Related shoshonitic and ultrapotassic magmatism: a study of Siluro-Ordovician Syenites from Scottish Caledonites. Contrib. Mineral.Petrol., 14:507-522
- UHLEIN, A.; Fonseca, M.A.; Seer, H.J. e Dardenne, M.A. 2012. **Tectônica Da Faixa De Dobramentos Brasília – Setores Setentrional E Meridional**. Geonomos, 20(2), 1-14.
- VALERIANO, C.M., Dardenne, M.A., Fonseca, M.A., Simões, L.S.A., Seer, H.J., 2004. **A Evolução Tectônica da Faixa Brasília**. In: Mantesso Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. (Org.), Geologia do Continente Sul-Americano— Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Beca, pp.575–592
- VALERIANO, C. M., Pimentel, M.M., Heilbron M., Almeida, J.C.H, Trouw, R.A.J., 2008 **Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana**: Geological Society, London, Special Publications, v. 294, p. 197–210.

ANEXO 1 - Análises dos minerais K-Feldspato e Plagioclásio

Elemento	IT17										IT07					
SiO ₂	62.027	64.886	61.944	64.933	63.106	64.656	65.472	64.676	66.466	65.799	64.095	64.572	64.743	64.838	65.356	66.528
TiO ₂	0	0	0	0	0.197	0	0	0	0.481	0	0.858	1.163	0	0.357	2.328	0
Al ₂ O ₃	16.952	17.978	16.947	18.271	18.228	18.151	17.246	18.122	17.934	18.474	18.485	17.857	17.936	18.485	18.386	17.687
FeO	0	0.029	0.227	0	0	0	0.013	0.029	0.193	0.285	0.13	0.074	0	0	0.057	0
MnO	0.377	0	0.268	0.268	0	0.227	0	0	0	0	0	0.138	0.357	0.069	0.401	0.11
MgO	0	0.012	0	0	0.058	0.025	0.03	0	0	0.044	0	0.05	0.049	0	0.16	0.002
CaO	0.108	0	0	0.022	0.007	0.053	0	0	0	0.014	0.022	0.029	0.003	0.033	0.084	0.059
Na ₂ O	0.529	0.646	0.653	0.709	0.819	0.661	0.524	0.631	0.356	0.658	0.781	0.397	0.872	0.628	0.686	0.692
K ₂ O	14.019	14.577	12.54	13.874	14.415	14.124	13.056	13.567	14.392	14.311	14.484	14.503	14.715	13.998	14.553	14.506
Cr ₂ O ₃	0.362	0.477	0	0	0	0.234	0.138	0	0	0	0.124	0	0.358	0.238	0.11	0.229
V ₂ O ₃	0	0.204	0.092	0	0.042	0.125	0	0.337	0.093	0	0.046	0.004	0	0.296	0	0
NiO	0.104	0.174	0	0	0.035	0	0	0.383	0	0.105	0.104	0.105	0	0.07	0.07	0.174
Total	94.478	98.983	92.671	98.077	96.907	98.256	96.479	97.745	99.915	99.69	99.129	98.892	99.033	99.012	102.191	99.987
T																
Si	3.049	3.042	3.107	3.069	3.009	3.052	3.159	3.075	3.099	3.060	2.999	3.042	3.025	3.043	2.984	3.089
Al	0.982	0.993	1.002	1.018	1.024	1.010	0.981	1.015	0.985	1.013	1.019	0.991	0.988	1.022	0.989	0.968
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.030	0.041	0.000	0.013	0.080	0.000
Cr	0.014	0.018	0.000	0.000	0.000	0.009	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.013	0.009	0.004	0.008
V	0.000	0.008	0.004	0.000	0.002	0.005	0.000	0.013	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000
Total	4.045	4.061	4.113	4.087	4.042	4.075	4.145	4.103	4.104	4.073	4.055	4.075	4.026	4.098	4.057	4.065
A																
Mg	0.000	0.001	0.000	0.000	0.004	0.002	0.002	0.000	0.000	0.003	0.000	0.004	0.003	0.000	0.011	0.000
Ni	0.004	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.015	0.000	0.004	0.004	0.004	0.000	0.003	0.003	0.006
Fe ²⁺	0.000	0.001	0.010	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.008	0.011	0.005	0.003	0.000	0.000	0.002	0.000

Elemento	IT17										IT07					
SiO ₂	62.027	64.886	61.944	64.933	63.106	64.656	65.472	64.676	66.466	65.799	64.095	64.572	64.743	64.838	65.356	66.528
Mn	0.016	0.000	0.011	0.011	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.014	0.003	0.016	0.004
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.006	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.004	0.003
Na	0.050	0.059	0.064	0.065	0.076	0.060	0.049	0.058	0.032	0.059	0.071	0.036	0.079	0.057	0.061	0.062
K	0.879	0.872	0.802	0.836	0.877	0.851	0.804	0.823	0.856	0.849	0.864	0.872	0.877	0.838	0.847	0.859
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	0.955	0.939	0.887	0.913	0.958	0.925	0.855	0.897	0.896	0.927	0.945	0.925	0.974	0.902	0.943	0.935
Na	0.608	0.000	0.000	0.123	0.038	0.293	0.000	0.000	0.000	0.077	0.118	0.161	0.016	0.185	0.450	0.317
Ab	5.391	6.310	7.334	7.198	7.945	6.621	5.749	6.602	3.623	6.526	7.565	3.988	8.261	6.371	6.655	6.738
Or	94.001	93.690	92.666	92.679	92.017	93.086	94.251	93.398	96.377	93.397	92.317	95.851	91.724	93.444	92.895	92.944

Elemento	IT22			IT26		IT11		IT-01				IT04	IT12	IT20	IT31
SiO ₂	63.944	65.735	61.986	65.071	65.455	66.077	65.237	63.919	64.654	64.899	65.339	64.651	63.802	65.72	65.438
TiO ₂	0	1.114	0	0.158	0	0.005	0	0.096	0.12	0.172	0	0	0	0	0
Al ₂ O ₃	17.666	18.817	17.78	18.511	17.959	18.905	18.285	17.866	17.983	18.459	18.568	18.057	18.749	18.616	17.885
FeO	0.263	0.127	0.292	0	0.053	0.183	0	0.056	0.112	0.082	0.062	0.062	0.006	0	0.002
MnO	0.02	0	0.02	0.056	0	0.02	0.014	0.017	0.009	0.113	0.056	0	0	0.179	0.037
MgO	0	0.075	0.017	0	0.016	0.013	0	0.009	0	0	0.023	0	0.108	0.017	0
CaO	0	0.035	0.036	0	0.023	0.022	0	0	0.009	0.013	0.009	0.031	0	0.159	0.008
Na ₂ O	0.721	0.469	0.763	0.365	0.594	0.775	0.688	0.646	0.604	0.692	0.576	0.753	0.889	0.767	0.472
K ₂ O	13.918	14.828	14.014	15.833	15.714	14.953	15.288	14.277	15.538	15.088	15.615	15.302	13.985	13.569	15.124
Cr ₂ O ₃	0.233	0	0	0	0	0.013	0	0	0	0.047	0	0	0	0.133	0
V ₂ O ₃	0	0	0	0.023	0.061	0.013	0.05	0.035	0.09	0.073	0	0.001	0.118	0	0.008
NiO	0.035	0.243	0	0.022	0	0	0.048	0.021	0	0	0.007	0.011	0	0	0
Total	96.8	101.443	94.908	100.039	99.875	100.979	99.61	97.323	99.428	99.977	100.255	98.868	97.657	99.16	98.974
T															
Si	3.063	3.015	3.020	3.013	3.031	3.026	3.028	3.049	3.015	3.010	3.014	3.021	3.017	3.074	3.064
Al	0.997	1.017	1.021	1.010	0.980	1.020	1.000	1.004	0.988	1.009	1.009	0.994	1.045	1.026	0.987
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.038	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000
V	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.002	0.001	0.003	0.003	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000
Total	4.070	4.070	4.041	4.029	4.014	4.048	4.030	4.058	4.010	4.030	4.023	4.015	4.067	4.105	4.052
A															
Mg	0.000	0.005	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.008	0.001	0.000
Ni	0.001	0.009	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ²⁺	0.011	0.005	0.012	0.000	0.002	0.007	0.000	0.002	0.004	0.003	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000

Elemento	IT22			IT26		IT11		IT-01				IT04	IT12	IT20	IT31
SiO ₂	63.944	65.735	61.986	65.071	65.455	66.077	65.237	63.919	64.654	64.899	65.339	64.651	63.802	65.72	65.438
Mn	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.007	0.001
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.008	0.000
Na	0.067	0.042	0.072	0.033	0.053	0.069	0.062	0.060	0.055	0.062	0.052	0.068	0.082	0.070	0.043
K	0.851	0.867	0.871	0.935	0.928	0.874	0.905	0.869	0.924	0.893	0.919	0.912	0.844	0.810	0.903
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.005	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	0.930	0.930	0.959	0.971	0.986	0.952	0.970	0.942	0.990	0.970	0.977	0.985	0.933	0.895	0.948
Na	0.000	0.189	0.199	0.000	0.116	0.114	0.000	0.000	0.046	0.067	0.046	0.158	0.000	0.898	0.042
Ab	7.298	4.578	7.627	3.385	5.426	7.293	6.402	6.409	5.546	6.485	5.306	6.947	8.810	7.840	4.526
Or	92.702	95.233	92.174	96.615	94.457	92.592	93.598	93.198	93.883	93.035	94.648	92.895	91.190	91.262	95.431

Elemento	IT17			IT19			IT07		IT10		IT04	IT26	IT11		
SiO ₂	64.649	63.879	66.322	64.538	63.527	66.786	63.785	63.785	65.117	63.013	63.303	69.093	64.029	65.108	63.244
TiO ₂	0	0	0	0.706	0	0	0.354	0	0	0.053	0.069	0	0.018	0	0
Al ₂ O ₃	20.944	21.662	21.339	20.705	21.868	20.699	21.179	20.133	21.724	22.191	21.577	19.546	22.702	21.835	22.305
FeO	0	0.196	0.035	0.019	0	0.203	0.095	0.029	0.054	0.06	0	0.054	0.094	0.033	0.106
MnO	0	0	0.09	0	0	0.159	0.24	0	0.06	0.042	0.049	0.013	0	0.066	0.033
MgO	0	0	0.017	0.017	0	0	0	0	0	0.018	0	0.002	0	0.004	0
CaO	2.62	2.712	2.108	3.451	3.567	1.993	2.918	2.66	2.979	3.975	3.829	0.36	3.848	2.842	3.747
Na ₂ O	10.254	9.771	10.211	9.607	9.852	10.877	10.037	11.124	10.059	9.621	9.619	12.165	9.657	10.076	9.502
K ₂ O	0.108	0.032	0.017	0.099	0.385	0.049	0.117	0.166	0.26	0.365	0.345	0.134	0.275	0.282	0.294
Cr ₂ O ₃	0	0.831	0.717	0.351	0	0	0	0	0	0	0.011	0.022	0	0.026	0.021
V ₂ O ₃	0	0	0.033	0.165	0.177	0.336	0.379	0.046	0	0	0	0.021	0	0.06	0.078
NiO	0	0	0	0.035	0.07	0	0	0.07	0	0	0.061	0	0.101	0	0.004
Total	98.575	99.083	100.889	99.693	99.446	101.102	99.104	98.013	100.253	99.338	98.863	101.41	100.724	100.332	99.334
T															
Si	2.882	2.849	2.902	2.871	2.813	2.903	2.839	2.841	2.860	2.796	2.824	2.969	2.805	2.857	2.810
Al	1.100	1.138	1.100	1.085	1.141	1.060	1.111	1.057	1.124	1.160	1.134	0.990	1.172	1.129	1.168
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.004	0.001	0.002	0.002	0.000	0.002	0.003	0.001	0.004
Ti	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000
Cr	0.000	0.029	0.025	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
V	0.000	0.000	0.001	0.006	0.006	0.012	0.014	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.003
Total	3.982	4.017	4.028	3.998	3.961	3.982	3.979	3.901	3.986	3.960	3.961	3.962	3.980	3.991	3.985
A															
Mg	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.000
Fe ²⁺	0.000	0.007	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Elemento	IT17			IT19			IT07		IT10		IT04	IT26	IT11		
SiO ₂	64.649	63.879	66.322	64.538	63.527	66.786	63.785	63.785	65.117	63.013	63.303	69.093	64.029	65.108	63.244
Mn	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.006	0.009	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.002	0.001
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.125	0.130	0.099	0.164	0.169	0.093	0.139	0.127	0.140	0.189	0.183	0.017	0.181	0.134	0.178
Na	0.886	0.845	0.866	0.829	0.846	0.917	0.866	0.961	0.857	0.828	0.832	1.013	0.820	0.857	0.818
K	0.006	0.002	0.001	0.006	0.022	0.003	0.007	0.009	0.015	0.021	0.020	0.007	0.015	0.016	0.017
Ba	1.018	0.983	0.972	1.002	1.039	1.018	1.021	1.099	1.014	1.040	1.039	1.038	1.020	1.009	1.015
Total	12.298	13.273	10.230	16.470	16.322	9.170	13.751	11.571	13.861	18.217	17.689	1.598	17.773	13.273	17.598
Na	87.098	86.540	89.672	82.968	81.580	90.562	85.593	87.569	84.698	79.791	80.413	97.694	80.715	85.159	80.758
Ab	0.604	0.186	0.098	0.563	2.098	0.268	0.657	0.860	1.440	1.992	1.898	0.708	1.512	1.568	1.644
Or	0.604	0.186	0.098	0.563	2.098	0.268	0.657	0.860	1.440	1.992	1.898	0.708	1.512	1.568	1.644

Elemento	IT31		IT12					IT20		IT-01			
SiO ₂	64.313	63.769	64.489	63.152	62.88	64.171	64.669	63.877	61.77	68.279	65.328	64.035	63.731
TiO ₂	0.067	0	0.151	0	0	0.576	0	0.576	0	0.17	0.1	0.057	0
Al ₂ O ₃	21.17	22.585	21.359	21.857	21.923	21.411	21.073	22.848	22.017	19.717	20.773	21.713	22.252
FeO	0	0.058	0.31	0	0.025	0.09	0	0.115	0	0.015	0.15	0.052	0.009
MnO	0	0	0.557	0.11	0	0.2	0	0.069	0	0	0	0	0.001
MgO	0	0	0.006	0	0.012	0.034	0	0	0.115	0.004	0.014	0.007	0
CaO	2.791	3.898	2.038	2.793	3.495	3.541	2.112	3.562	3.744	0.651	2.194	3.452	3.883
Na ₂ O	9.568	8.997	9.873	9.738	9.814	8.955	10.723	9.008	8.18	11.814	10.713	9.576	9.26
K ₂ O	0.336	0.249	0.106	0.089	0.401	0.115	0.101	0.262	0.161	0.074	0.132	0.161	0.26
Cr ₂ O ₃	0.021	0	0.104	0.237	0.232	0	0.246	0.587	0	0	0	0.038	0.071
V ₂ O ₃	0.072	0.02	0.075	0	0.084	0.18	0	0	0.294	0.039	0.023	0.069	0.041
NiO	0	0	0.035	0	0.244	0.244	0.209	0	0	0	0	0.017	0.004
Total	98.338	99.576	99.103	97.976	99.11	99.517	99.133	100.904	96.281	100.834	99.468	99.435	99.546
T													
Si	2.888	2.837	2.875	2.840	2.795	2.871	2.860	2.815	2.854	2.958	2.881	2.848	2.832
Al	1.120	1.184	1.122	1.158	1.148	1.129	1.098	1.187	1.199	1.007	1.080	1.138	1.165
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.000	0.000
Ti	0.002	0.000	0.005	0.000	0.000	0.019	0.000	0.019	0.000	0.006	0.003	0.002	0.000
Cr	0.001	0.000	0.004	0.008	0.008	0.000	0.009	0.020	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
V	0.003	0.001	0.003	0.000	0.003	0.006	0.000	0.000	0.011	0.001	0.001	0.002	0.001
Total	4.014	4.022	4.009	4.007	3.956	4.025	3.967	4.041	4.064	3.972	3.971	3.992	4.001
A													
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.008	0.000	0.001	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.001	0.000	0.009	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe ²⁺	0.000	0.002	0.012	0.000	0.000	0.003	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000

Elemento	IT31		IT12					IT20		IT-01			
Mn	0.000	0.000	0.021	0.004	0.000	0.008	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.005	0.001
Ca	0.134	0.186	0.097	0.135	0.166	0.170	0.100	0.168	0.185	0.030	0.104	0.164	0.185
Na	0.833	0.776	0.853	0.849	0.846	0.777	0.919	0.770	0.733	0.992	0.916	0.826	0.798
K	0.019	0.014	0.006	0.005	0.023	0.007	0.006	0.015	0.009	0.004	0.007	0.009	0.015
Total	0.986	0.978	0.991	0.993	1.044	0.975	1.033	0.959	0.936	1.028	1.029	1.008	0.999
An	13.611	19.037	10.174	13.610	16.082	17.809	9.761	17.656	19.980	2.943	10.093	16.438	18.535
Ab	84.438	79.515	89.195	85.873	81.721	81.502	89.683	80.798	78.997	96.658	89.184	82.520	79.987
Or	1.951	1.448	0.630	0.516	2.197	0.689	0.556	1.546	1.023	0.398	0.723	0.913	1.478

ANEXO 2 - Análises dos minerais anfibólio

Elemento	IT17				IT10											
SiO ₂	44.562	44.127	44.434	44.999	41.211	44.496	43.999	43.713	43.942	43.984	44.913	43.72	44.71	44.539	41.771	44.737
TiO ₂	0.59	2.065	0.538	0.567	2.095	1.223	1.168	1.143	0.805	1.24	1.367	1.646	0.455	0.34	0.505	1.258
Al ₂ O ₃	7.777	8.676	9.347	8.441	10.517	8.998	8.865	8.964	8.673	9.008	9.129	8.669	8.893	8.621	9.198	8.512
FeO	16.925	16.667	16.941	17.339	16.193	17.023	16.526	16.164	16.05	15.976	15.066	16.075	15.787	16.027	16.791	15.881
MnO	0.587	0.459	0.506	0.089	0.277	0.514	0.303	0.417	0.236	0.26	0.208	0.224	0.165	0.453	0.299	0.223
MgO	10.084	11.277	11.509	11.574	11.344	11.15	11.338	11.143	11.042	11.225	10.951	11.162	11.469	11.548	10.64	11.95
CaO	11.013	10.552	10.79	11.805	6.608	11.044	11.04	10.967	11.046	10.956	11.143	10.868	11.157	11.1	10.693	10.908
Na ₂ O	2.085	2.189	2.198	1.521	1.184	2.431	2.222	2.194	2.204	2.444	1.765	2.329	2.228	2.058	2.274	2.479
K ₂ O	0.928	1.134	1.137	1.317	4.098	1.407	1.382	1.475	1.359	1.343	1.4	1.296	1.359	1.345	1.423	1.235
F	0	0	0	0	0.618	0.411	0.374	0.504	0.439	0.382	0.299	0.425	0.458	0.485	0.482	0.484
Cl	0.072	0.095	0.026	0.085	0.09	0.098	0.054	0.035	0.082	0.047	0.067	0.095	0.108	0.084	0.103	0.075
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0.582	0.24	0.057	0.08	0.079	0.047	0.011	0	0.023	0.045	0	0.124	0.022
V ₂ O ₃	0.196	0.083	0	0.249	0.054	0.118	0.044	0.038	0.026	0.131	0.101	0.054	0.144	0.067	0.098	0.047
NiO	0	0.035	0	0	0.06	0.036	0	0	0.021	0	0	0	0.064	0	0.043	0
Total	94.819	97.359	97.426	98.568	94.589	99.006	97.395	96.836	95.972	97.007	96.409	96.586	97.042	96.667	94.444	97.811
OH																
OH	1.981	1.976	1.993	1.978	1.666	1.779	1.806	1.746	1.764	1.803	1.839	1.769	1.751	1.743	1.730	1.749
Cl	0.019	0.024	0.007	0.022	0.024	0.025	0.014	0.009	0.021	0.012	0.017	0.025	0.028	0.022	0.028	0.019
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.310	0.196	0.180	0.245	0.215	0.185	0.144	0.207	0.221	0.235	0.242	0.232
	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
T																
Si	6.924	6.676	6.708	6.743	6.535	6.705	6.712	6.720	6.797	6.719	6.829	6.722	6.823	6.838	6.638	6.777
Al	1.076	1.324	1.292	1.257	1.465	1.295	1.288	1.280	1.203	1.281	1.171	1.278	1.177	1.162	1.362	1.223
Total	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
C																

Elemento	IT17				IT10											
Al	0.348	0.222	0.371	0.234	0.501	0.303	0.305	0.344	0.378	0.341	0.465	0.293	0.423	0.397	0.360	0.297
Ti	0.069	0.235	0.061	0.064	0.250	0.139	0.134	0.132	0.094	0.142	0.156	0.190	0.052	0.039	0.060	0.143
V	0.024	0.010	0.000	0.030	0.007	0.014	0.005	0.005	0.003	0.016	0.012	0.007	0.018	0.008	0.012	0.006
Cr	0.000	0.000	0.000	0.069	0.030	0.007	0.010	0.010	0.006	0.001	0.000	0.003	0.005	0.000	0.016	0.003
Mg	2.336	2.543	2.590	2.586	2.682	2.505	2.578	2.554	2.546	2.556	2.483	2.559	2.609	2.643	2.521	2.699
Ni	0.000	0.004	0.000	0.000	0.008	0.004	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.005	0.000
Fe ²⁺	2.199	1.985	1.977	2.018	1.523	2.028	1.967	1.955	1.970	1.943	1.883	1.948	1.885	1.912	2.025	1.853
Mn ²⁺	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
B																
Mn ²⁺	0.053	0.059	0.065	0.011	0.037	0.066	0.039	0.054	0.031	0.034	0.027	0.029	0.021	0.059	0.040	0.029
Fe ²⁺	0.000	0.124	0.162	0.155	0.624	0.118	0.141	0.123	0.106	0.098	0.033	0.119	0.130	0.145	0.206	0.159
Ca	1.833	1.710	1.745	1.833	1.123	1.783	1.804	1.806	1.831	1.793	1.815	1.790	1.824	1.796	1.753	1.770
Na	0.113	0.107	0.029	0.000	0.216	0.034	0.016	0.016	0.032	0.075	0.125	0.062	0.024	0.000	0.000	0.042
Total	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
A																
Na	0.515	0.535	0.615	0.442	0.148	0.677	0.641	0.638	0.629	0.648	0.395	0.633	0.635	0.613	0.701	0.686
Ca	0.000	0.000	0.000	0.062	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.067	0.000
K	0.184	0.219	0.219	0.252	0.829	0.270	0.269	0.289	0.268	0.262	0.272	0.254	0.265	0.263	0.288	0.239
Total	0.699	0.754	0.834	0.756	0.977	0.947	0.910	0.927	0.897	0.910	0.666	0.887	0.900	0.906	1.056	0.925

Elemento	IT10			IT27						IT16				IT23		
SiO ₂	44.251	43.806	44.651	45.136	43.93	42.74	43.565	43.421	44.005	44.391	44.225	43.069	45.298	43.267	44.052	44.659
TiO ₂	1.633	0.934	0.896	0.659	0.555	0.349	0.347	0.305	0.325	0.474	0.411	0.528	0.568	4.72	0.819	0.563
Al ₂ O ₃	8.534	9.318	8.5	9.894	9.358	10.612	9.528	10.091	9.172	8.766	9.04	9.276	8.624	8.781	8.694	9.17
FeO	15.96	16.661	16.512	16.975	17.403	18.3	18.151	17.753	17.398	18.934	17.803	18.496	16.713	17.653	17.954	17.519
MnO	0.376	0.317	0.321	0.377	0.448	0.427	0.436	0.399	0.42	0.709	0.277	0.466	0.513	0.337	0.365	0.421
MgO	11.452	10.965	11.595	10.444	10.239	9.852	10.01	9.719	10.185	9.639	10.258	10.036	11.337	9.265	9.674	9.403
CaO	10.928	10.978	11.082	11.115	11.037	11.02	11.127	11.119	11.323	10.716	10.963	10.965	11.107	11.272	11.549	11.935
Na ₂ O	2.292	2.409	2.274	2.149	1.992	2.046	2.148	2.007	1.795	2.313	2.343	2.146	2.247	1.776	1.57	1.424
K ₂ O	1.308	1.38	1.289	1.681	1.546	1.758	1.635	1.631	1.552	1.537	1.616	1.625	1.479	1.237	1.233	1.147
F	0.334	0.352	0.482	0.714	0.753	0.593	0.707	0.605	0.718	0.927	0.837	0.554	0.88	0.325	0.222	0.133
Cl	0.078	0.123	0.05	0.026	0.001	0.02	0.013	0.022	0.026	0.008	0.001	0.028	0.028	0.044	0.047	0.079
Cr ₂ O ₃	0.059	0.056	0.057	0.079	0	0.02	0.058	0	0	0.022	0.055	0.069	0.047	0	0.101	0.055
V ₂ O ₃	0.102	0.109	0.084	0.055	0.041	0.008	0.015	0	0.015	0.011	0	0.032	0.072	0.107	0.057	0.006
NiO	0.139	0.185	0.039	0	0	0.018	0.053	0.05	0	0	0.028	0	0	0	0	0.011
Total	97.446	97.593	97.832	99.304	97.303	97.763	97.793	97.122	96.934	98.447	97.857	97.29	98.913	98.784	96.337	96.525
OH																
OH	1.819	1.798	1.755	1.654	1.632	1.706	1.652	1.698	1.642	1.546	1.592	1.721	1.571	1.833	1.879	1.915
Cl	0.020	0.032	0.013	0.007	0.000	0.005	0.003	0.006	0.007	0.002	0.000	0.007	0.007	0.011	0.012	0.021
F	0.161	0.170	0.232	0.340	0.368	0.289	0.345	0.296	0.352	0.452	0.408	0.272	0.422	0.155	0.108	0.064
T	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Si	6.729	6.686	6.786	6.789	6.780	6.592	6.724	6.713	6.815	6.849	6.814	6.682	6.865	6.539	6.803	6.843
Al	1.271	1.314	1.214	1.211	1.220	1.408	1.276	1.287	1.185	1.151	1.186	1.318	1.135	1.461	1.197	1.157
Total	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
C																

Elemento	IT10			IT27						IT16				IT23		
Al	0.258	0.362	0.308	0.543	0.482	0.521	0.457	0.551	0.488	0.443	0.456	0.378	0.406	0.103	0.386	0.499
Ti	0.187	0.107	0.102	0.075	0.064	0.040	0.040	0.035	0.038	0.055	0.048	0.062	0.065	0.537	0.095	0.065
V	0.012	0.013	0.010	0.007	0.005	0.001	0.002	0.000	0.002	0.001	0.000	0.004	0.009	0.013	0.007	0.001
Cr	0.007	0.007	0.007	0.009	0.000	0.002	0.007	0.000	0.000	0.003	0.007	0.008	0.006	0.000	0.012	0.007
Mg	2.596	2.495	2.627	2.342	2.356	2.265	2.303	2.240	2.351	2.217	2.356	2.321	2.562	2.088	2.227	2.148
Ni	0.017	0.023	0.005	0.000	0.000	0.002	0.007	0.006	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Fe ²⁺	1.923	1.993	1.940	2.025	2.093	2.168	2.184	2.167	2.121	2.280	2.130	2.226	1.954	2.231	2.273	2.245
Mn ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.035
Total	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
B																
Mn ²⁺	0.048	0.041	0.041	0.048	0.059	0.056	0.057	0.052	0.055	0.093	0.036	0.061	0.066	0.015	0.048	0.020
Fe ²⁺	0.107	0.133	0.158	0.111	0.153	0.193	0.159	0.128	0.133	0.163	0.164	0.174	0.165	0.000	0.046	0.000
Ca	1.780	1.795	1.800	1.791	1.789	1.751	1.784	1.820	1.812	1.745	1.800	1.765	1.769	1.825	1.906	1.959
Na	0.064	0.031	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.160	0.000	0.021
Total	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
A																
Na	0.611	0.682	0.670	0.577	0.596	0.612	0.643	0.602	0.539	0.692	0.700	0.646	0.660	0.360	0.470	0.402
Ca	0.000	0.000	0.004	0.000	0.036	0.070	0.056	0.022	0.066	0.027	0.009	0.058	0.034	0.000	0.005	0.000
K	0.254	0.269	0.250	0.323	0.304	0.346	0.322	0.322	0.307	0.303	0.318	0.322	0.286	0.238	0.243	0.224
Total	0.865	0.951	0.924	0.899	0.937	1.027	1.021	0.945	0.912	1.021	1.027	1.025	0.980	0.599	0.718	0.627

Elemento	IT11					IT12										
SiO ₂	44.874	44.891	44.549	44.536	44.678	43.785	43.082	45.456	43.282	44.196	44.869	44.328	43.989	43.194	44.66	45.56
TiO ₂	1.533	1.109	1.216	1.632	1.498	1.975	0	0.567	1.179	1.314	1.129	1.363	0.417	0.283	2.256	0.897
Al ₂ O ₃	8.644	8.889	8.541	8.918	8.833	9.324	9.94	8.504	9.019	9.302	9.015	9.525	9.802	10.28	8.434	8.757
FeO	15.113	16.134	15.924	15.87	15.876	16.035	15.35	15.886	16.538	16.565	16.573	16.463	16.328	15.973	16.533	16.105
MnO	0.243	0.436	0.284	0.182	0.251	0.482	0.747	0.265	0.305	0.353	0.923	0	0.462	0.257	0.461	0.904
MgO	10.866	11.685	11.242	10.824	11.423	11.603	11.221	10.983	11.684	11.004	12.094	11.91	10.59	11.104	11.12	11.24
CaO	10.859	10.8	10.799	10.585	10.698	9.85	10.185	10.735	9.379	10.185	10.189	9.742	10.022	9.84	10.359	9.917
Na ₂ O	2.236	2.197	2.204	2.207	2.296	2.04	2.255	1.928	1.985	2.181	1.933	2.283	2.111	2.274	2.206	2.469
K ₂ O	1.329	1.353	1.23	1.426	1.312	1.041	1.328	1.17	1.369	1.258	1.319	1.361	1.412	1.607	1.181	1.467
F	0.331	0.385	0.308	0.307	0.333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0.154	0.118	0.077	0.104	0.087	0	0.115	0.048	0.087	0.094	0.131	0.113	0.005	0.028	0.06	0.081
Cr ₂ O ₃	0.055	0	0.09	0	0.022	0.459	0	0	0.1	0	0.567	0.218	0.222	0.222	0.345	0
V ₂ O ₃	0	0.076	0.092	0.079	0	0.162	0.11	0	0.126	0	0	0.203	0.069	0.154	0.052	0.212
NiO	0.043	0	0.07	0.131	0	0.138	0.173	0	0	0.138	0	0.104	0	0	0.034	0
Total	96.28	98.073	96.626	96.801	97.307	96.894	94.506	95.542	95.053	96.59	98.742	97.613	95.429	95.216	97.701	97.609
OH																
OH	1.800	1.786	1.831	1.825	1.818	2.000	1.970	1.988	1.977	1.976	1.967	1.971	1.999	1.993	1.985	1.979
Cl	0.040	0.030	0.020	0.027	0.022	0.000	0.030	0.012	0.023	0.024	0.033	0.029	0.001	0.007	0.015	0.021
F	0.160	0.184	0.149	0.148	0.160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
T																
Si	6.859	6.775	6.806	6.789	6.774	6.617	6.693	6.935	6.689	6.722	6.691	6.660	6.754	6.654	6.720	6.845
Al	1.141	1.225	1.194	1.211	1.226	1.383	1.307	1.065	1.311	1.278	1.309	1.340	1.246	1.346	1.280	1.155
Total	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
C																

Elemento	IT11					IT12										
Al	0.416	0.356	0.343	0.392	0.353	0.278	0.513	0.464	0.331	0.389	0.275	0.347	0.528	0.520	0.216	0.396
Ti	0.176	0.126	0.140	0.187	0.171	0.225	0.000	0.065	0.137	0.150	0.127	0.154	0.048	0.033	0.255	0.101
V	0.000	0.009	0.011	0.010	0.000	0.020	0.014	0.000	0.016	0.000	0.000	0.024	0.008	0.019	0.006	0.026
Cr	0.007	0.000	0.011	0.000	0.003	0.055	0.000	0.000	0.012	0.000	0.067	0.026	0.027	0.027	0.041	0.000
Mg	2.476	2.629	2.560	2.460	2.582	2.614	2.599	2.498	2.692	2.495	2.689	2.668	2.424	2.550	2.494	2.518
Ni	0.005	0.000	0.009	0.016	0.000	0.017	0.022	0.000	0.000	0.017	0.000	0.013	0.000	0.000	0.004	0.000
Fe ²⁺	1.920	1.879	1.926	1.935	1.892	1.792	1.853	1.973	1.812	1.949	1.843	1.768	1.964	1.851	1.983	1.960
Mn ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
B																
Mn ²⁺	0.031	0.056	0.037	0.023	0.032	0.062	0.098	0.034	0.040	0.045	0.117	0.000	0.060	0.034	0.059	0.115
Fe ²⁺	0.012	0.157	0.109	0.088	0.121	0.235	0.141	0.054	0.325	0.158	0.224	0.300	0.132	0.206	0.097	0.064
Ca	1.778	1.746	1.767	1.729	1.738	1.595	1.695	1.755	1.553	1.659	1.628	1.568	1.649	1.624	1.670	1.596
Na	0.178	0.041	0.087	0.160	0.109	0.109	0.066	0.157	0.082	0.137	0.031	0.131	0.159	0.136	0.174	0.225
Total	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
A																
Na	0.485	0.602	0.566	0.492	0.566	0.489	0.614	0.413	0.513	0.506	0.527	0.534	0.470	0.543	0.469	0.495
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.259	0.260	0.240	0.277	0.254	0.201	0.263	0.228	0.270	0.244	0.251	0.261	0.277	0.316	0.227	0.281
Total	0.744	0.862	0.805	0.770	0.820	0.690	0.877	0.641	0.783	0.750	0.778	0.794	0.746	0.859	0.696	0.776

Elemento	IT12					IT20							IT01							
SiO ₂	44.219	45.198	44.763	45.043	43.957	44.755	42.704	42.574	44.47	44.23	43.557	44.609	39.523	39.93	40.434	42.435	40.934	40.419	40.771	40.132
TiO ₂	1.41	0.432	0.617	0.233	1.361	0.612	0.563	0.696	0.977	0	1.027	0.794	0.377	0.814	0.664	1.148	0.787	0.611	0.372	0.618
Al ₂ O ₃	8.438	8.777	9.548	8.987	9.063	9.503	10.507	10.311	10.456	10.08	10.326	9.76	10.206	9.727	9.947	8.727	9.809	10.287	10.36	11.209
FeO	17.524	16.417	14.826	15.755	16.095	18.495	18.379	17.539	18.294	18.869	18.055	18.032	22.505	25.193	24.35	22	22.047	22.901	22.536	23.882
MnO	0.265	0.462	0.136	0.489	0.061	0.529	0.02	0.393	0.271	0	0.529	0.725	0.401	0.324	0.466	0.446	0.419	0.507	0.289	0.332
MgO	10.426	11.681	12.077	12.131	11.546	10.458	10.111	10.029	10.099	10.29	10.462	10.287	6.429	6.679	6.502	7.248	6.793	6.815	7.105	6.587
CaO	10.346	10.727	9.615	9.347	9.831	9.36	9.998	9.123	9.961	9.683	10.176	10.038	10.084	9.871	10.108	9.974	10.441	10.212	10.582	10.194
Na ₂ O	2.633	2.125	2.264	2.314	2.112	2.334	2.427	2.062	2.881	2.504	1.796	2.249	2.441	2.591	2.379	2.567	2.398	2.635	2.511	2.219
K ₂ O	1.338	1.054	1.486	1.02	0.999	1.016	1.545	1.462	1.17	1.388	1.332	0.998	1.873	1.79	1.837	1.489	1.781	1.821	1.899	2.042
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.877	1.033	0.91	0.992	1.081	1.082	0.917	0.972
Cl	0.002	0.122	0	0.081	0.195	0	0	0.021	0.099	0.041	0.067	0	0.163	0.194	0.297	0.167	0.147	0.146	0.164	0.26
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0.689	0	0.559	0.577	0	0.112	0.217	0.564	0.054	0.087	0	0	0	0.021	0	0.045
V ₂ O ₃	0.035	0.073	0	0.036	0	0.008	0	0.072	0.072	0.008	0	0.129	0.026	0.043	0.01	0	0.001	0.087	0.076	0.051
NiO	0	0.034	0.138	0.207	0.172	0.034	0.069	0.069	0	0	0	0	0	0.067	0.021	0	0.017	0.017	0.032	0
Total	96.636	97.102	95.47	95.643	96.081	97.104	96.882	94.928	98.75	97.205	97.544	98.185	95.078	98.343	98.042	97.193	96.798	97.687	97.614	98.543
OH																				
OH	1.999	1.969	2.000	1.979	1.950	2.000	2.000	1.994	1.975	1.989	1.983	2.000	1.497	1.419	1.455	1.454	1.407	1.409	1.491	1.438
Cl	0.001	0.031	0.000	0.021	0.050	0.000	0.000	0.006	0.025	0.011	0.017	0.000	0.046	0.053	0.081	0.045	0.040	0.040	0.045	0.070
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.458	0.528	0.464	0.501	0.553	0.551	0.464	0.492
T	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Si	6.761	6.824	6.800	6.859	6.708	6.785	6.545	6.621	6.655	6.728	6.602	6.702	6.522	6.458	6.521	6.777	6.621	6.514	6.530	6.418
Al	1.239	1.176	1.200	1.141	1.292	1.215	1.455	1.379	1.345	1.272	1.398	1.298	1.478	1.542	1.479	1.223	1.379	1.486	1.470	1.582
Total	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
C																				

Elemento	IT12					IT20							IT01							
Al	0.281	0.386	0.509	0.471	0.338	0.483	0.443	0.511	0.499	0.536	0.446	0.430	0.506	0.311	0.412	0.419	0.490	0.467	0.485	0.531
Ti	0.162	0.049	0.071	0.027	0.156	0.070	0.065	0.081	0.110	0.000	0.117	0.090	0.047	0.099	0.081	0.138	0.096	0.074	0.045	0.074
V	0.004	0.009	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.009	0.009	0.001	0.000	0.016	0.003	0.006	0.001	0.000	0.000	0.011	0.010	0.007
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083	0.000	0.068	0.071	0.000	0.013	0.026	0.067	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.006
Mg	2.377	2.629	2.735	2.754	2.627	2.364	2.310	2.325	2.253	2.334	2.364	2.304	1.582	1.610	1.563	1.726	1.638	1.637	1.696	1.571
Ni	0.000	0.004	0.017	0.025	0.021	0.004	0.009	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.003	0.000	0.002	0.002	0.004	0.000
Fe ²⁺	2.176	1.923	1.668	1.718	1.775	2.079	2.105	1.994	2.129	2.116	2.047	2.094	2.855	2.954	2.940	2.717	2.773	2.805	2.760	2.812
Mn ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
B																				
Mn ²⁺	0.034	0.059	0.017	0.063	0.008	0.068	0.003	0.052	0.034	0.000	0.068	0.092	0.056	0.044	0.064	0.060	0.057	0.069	0.039	0.045
Fe ²⁺	0.065	0.150	0.215	0.288	0.279	0.266	0.251	0.288	0.160	0.284	0.242	0.172	0.251	0.453	0.344	0.221	0.209	0.281	0.259	0.382
Ca	1.695	1.735	1.565	1.525	1.607	1.520	1.642	1.520	1.597	1.578	1.652	1.616	1.693	1.502	1.593	1.706	1.734	1.650	1.702	1.573
Na	0.206	0.055	0.202	0.124	0.105	0.145	0.105	0.141	0.208	0.138	0.038	0.120	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
A																				
Na	0.575	0.567	0.464	0.559	0.520	0.541	0.616	0.481	0.628	0.601	0.490	0.535	0.781	0.812	0.744	0.783	0.752	0.823	0.780	0.688
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.208	0.154	0.000	0.075	0.114	0.114	0.174
K	0.261	0.203	0.288	0.198	0.194	0.196	0.302	0.290	0.223	0.269	0.258	0.191	0.394	0.369	0.378	0.303	0.367	0.374	0.388	0.417
Total	0.836	0.770	0.752	0.757	0.714	0.737	0.918	0.771	0.851	0.870	0.747	0.726	1.273	1.390	1.286	1.086	1.205	1.323	1.281	1.278

ANEXO 3 - Análises dos minerais micáceos

Elemento	IT27		IT17										IT19	
SiO ₂	38.717	39.159	39.409	38.614	38.746	38.331	38.978	39.644	40.736	38.934	36.723	39.209	38.04	37.764
TiO ₂	1.126	1.424	0.485	1.274	1.121	2.48	0.636	1.312	0	1.22	2.883	0.636	1.22	1.806
Al ₂ O ₃	13.654	15.518	13.86	13.567	13.77	13.941	13.379	13.494	12.963	13.898	13.713	13.078	14.842	14.231
FeO	14.603	13.285	16.322	17.887	16.687	17.546	19.1	17.097	17.944	18.691	26.181	17.547	17.385	17.187
MnO	0.2	0.228	0.418	0.222	0.262	0	0	0.545	0.222	0.417	0	0.349	0	0
MgO	14.588	13.776	14.683	14.186	15.008	13.152	12.979	15.639	15.474	15.145	9.541	14.497	13.695	12.756
CaO	0.083	0.088	0	0.117	0.102	0.007	0	0.082	0.077	0.062	0	0	0	0
Na ₂ O	0.036	0.111	0	0.113	0.096	0.152	0.067	0.02	0.066	0	0.088	0	0	0
K ₂ O	9.052	8.717	10.139	8.912	8.86	9.34	9.252	9.311	8.563	8.728	9.135	8.866	8.808	9.498
F	1.802	1.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0.042	0.048	0.183	0.227	0.165	0.083	0	0.125	0.181	0.063	0.151	0.067	0.102	0.279
Cr ₂ O ₃	0.069	0	0	0	0.113	0	0	0	0.342	0	0	0.112	0	0
V ₂ O ₃	0.064	0.023	0	0	0	0	0	0.043	0	0.119	0	0.111	0.194	0.083
NiO	0.138	0	0	0	0.207	0.344	0	0	0	0.069	0	0.31	0.103	0
Total	94.174	94.027	95.499	95.119	95.137	95.376	94.391	97.312	96.568	97.346	98.415	94.782	94.389	93.604
OH														
OH	1.548833586	1.591994	1.976676	1.970847	1.978946	1.989376	2	1.984381	1.977281	1.992098	1.980443	1.991398	1.986883	1.963558
Cl	0.00556539	0.006263	0.023324	0.029153	0.021054	0.010624	0	0.015619	0.022719	0.007902	0.019557	0.008602	0.013117	0.036442
F	0.445601025	0.401743	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
soma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T														
Si	3.027408682	3.01491	2.964008	2.926306	2.9175	2.895156	2.980542	2.92316	3.017253	2.881805	2.806643	2.970586	2.886671	2.91075
Al	0.972591318	0.98509	1.035992	1.073694	1.0825	1.104844	1.019458	1.07684	0.982747	1.118195	1.193357	1.029414	1.113329	1.08925
soma	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
M														

Elemento	IT27		IT17										IT19	
Al	0.28563668	0.422929	0.192514	0.137988	0.139435	0.136081	0.186215	0.095749	0.14879	0.094126	0.041769	0.138277	0.214002	0.203434
Ti	0.066229882	0.082471	0.027439	0.072626	0.063494	0.140903	0.036583	0.07277	0	0.067927	0.165745	0.036246	0.069641	0.104711
Cr	0.004265435	0	0	0	0.006727	0	0	0	0.020026	0	0	0.006708	0	0
V	0.004012043	0.00142	0	0	0	0	0	0.002542	0	0.007062	0	0.006742	0.011803	0.005129
Mg	1.700552273	1.581214	1.646356	1.602728	1.684735	1.480943	1.479591	1.719131	1.70868	1.671205	1.087096	1.637417	1.549329	1.465771
Ni	0.008679924	0	0	0	0.012538	0.0209	0	0	0	0.004108	0	0.018892	0.006287	0
Fe2+	0.9549377	0.855397	1.026647	1.133642	1.050814	1.108316	1.221442	1.054286	1.111517	1.156995	1.673396	1.11179	1.103304	1.107874
Mn	0.013244577	0.014867	0.026626	0.014248	0.016708	0	0	0.034034	0.013926	0.02614	0	0.022393	0	0
Soma	3.037558514	2.958298	2.919581	2.961232	2.974451	2.887143	2.923831	2.978513	3.00294	3.027564	2.968006	2.978467	2.954365	2.886919
Ca	0.006952954	0.007259	0	0.009499	0.008228	0.000566	0	0.006478	0.00611	0.004916	0	0	0	0
Na	0.00545733	0.016568	0	0.016602	0.014014	0.022257	0.009933	0.002859	0.009477	0	0.013039	0	0	0
K	0.902903544	0.856125	0.972762	0.861544	0.851031	0.899904	0.902483	0.875788	0.809071	0.824096	0.890605	0.856863	0.852632	0.93387
Soma	0.915313828	0.879952	0.972762	0.887645	0.873273	0.922728	0.912415	0.885124	0.824659	0.829012	0.903644	0.856863	0.852632	0.93387

Elemento	IT07												IT22		
SiO ₂	37.46	37.967	36.081	38.12	36.774	37.335	37.586	37.058	37.777	39.202	38.655	38.583	38.518	39.227	39.391
TiO ₂	0.015	1.745	1.693	0.965	0.671	1.46	2.621	1.169	1.164	1.403	2.57	1.112	1.22	1.12	0.776
Al ₂ O ₃	15.684	14.279	13.82	14.319	14.499	14.122	14.313	14.701	14.981	13.646	15.054	15.53	14.302	15.243	14.506
FeO	18.993	20.388	20.229	18.682	19.121	19.614	19.86	17.625	19.762	19.688	19.094	20.482	18.835	17.325	17.594
MnO	0.542	0.784	0.475	0	0.503	0.302	0.59	0.543	0.308	0.542	0.462	0.3	0	0.369	0
MgO	10.681	11.528	11.384	11.82	10.356	10.652	12.212	12.198	10.162	11.724	11.599	10.515	14.543	13.774	14.106
CaO	0.023	0	0	0.006	0	0	0.027	0.089	0.072	0.08	0.051	0	0.027	0.065	0
Na ₂ O	0.039	0.002	0.197	0.153	0.087	0.105	0.126	0	0.079	0.047	0.096	0.173	0.01	0.066	0
K ₂ O	9.03	8.488	8.682	9.013	8.895	9.443	8.748	8.96	8.343	8.981	9.31	9.352	8.722	8.984	8.939
F	0	0	0.099	0.249	0.039	0	0.206	0.463	0	0.34	0	0.248	0	0	0
Cl	0.041	0	0	0	0.039	0.034	0.002	0.055	0.064	0	0.087	0.014	0.032	0.11	0.225
Cr ₂ O ₃	0.555	0	0.446	0	0.224	0	0.211	0	0.545	0.236	0	0.321	0.337	0.004	0.009
V ₂ O ₃	0	0	0	0	0.367	0.007	0.083	0.112	0.12	0	0	0.052	0	0.129	0.076
NiO	0.241	0	0	0.172	0	0.069	0.172	0.103	0.034	0.206	0	0.069	0	0.069	0
Total	93.304	95.181	93.106	93.499	91.575	93.143	96.757	93.076	93.411	96.095	96.978	96.751	96.546	96.485	95.622
OH	1.994602	2	1.975318	1.938957	1.984946	1.99549	1.950534	1.878064	1.991596	1.918322	1.989001	1.938946	1.995958	1.986183	1.971458
Cl	0.005398	0	0	0	0.005252	0.00451	0.000256	0.007297	0.008404	0	0.010999	0.001793	0.004042	0.013817	0.028542
F	0	0	0.024682	0.061043	0.009802	0	0.04921	0.114639	0	0.081678	0	0.059261	0	0	0
soma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T	2.910571	2.897894	2.844453	2.95509	2.922494	2.922407	2.83915	2.901417	2.927125	2.977899	2.883686	2.915353	2.871346	2.907529	2.948654
Si	1.089429	1.102106	1.155547	1.04491	1.077506	1.077593	1.16085	1.098583	1.072875	1.022101	1.116314	1.084647	1.128654	1.092471	1.051346
Al	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
soma	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
M															

Elemento	IT07												IT22		
Al	0.346713	0.182305	0.128434	0.263249	0.280435	0.225126	0.113307	0.257871	0.295121	0.199522	0.207188	0.298272	0.127806	0.239024	0.228343
Ti	0.000877	0.100189	0.100398	0.056272	0.040113	0.085965	0.148928	0.068848	0.067844	0.080169	0.144219	0.063204	0.068411	0.062446	0.043695
Cr	0.034092	0	0.027797	0	0.014074	0	0.012601	0	0.033385	0.014173	0	0.019175	0.019861	0.000234	0.000533
V	0	0	0	0	0.023383	0.000439	0.005026	0.00703	0.007454	0	0	0.00315	0	0.007666	0.004561
Mg	1.237221	1.311762	1.33795	1.36603	1.226958	1.243027	1.375225	1.423776	1.173864	1.327707	1.289994	1.184484	1.616221	1.522032	1.574184
Ni	0.015062	0	0	0.010725	0	0.004345	0.010451	0.006487	0.002119	0.012587	0	0.004194	0	0.004114	0
Fe2+	1.234149	1.301411	1.3337	1.211169	1.270828	1.283968	1.254599	1.15404	1.280585	1.25074	1.19125	1.294289	1.174224	1.07393	1.101425
Mn	0.035666	0.050679	0.031714	0	0.033855	0.02002	0.037744	0.036005	0.020212	0.034869	0.029189	0.019198	0	0.023163	0
soma	2.90378	2.946346	2.959993	2.907445	2.889645	2.862891	2.957881	2.954057	2.880585	2.919767	2.86184	2.885966	3.006523	2.932609	2.952741
I															
Ca	0.001915	0	0	0.000498	0	0	0.002185	0.007465	0.005977	0.00651	0.004076	0	0.002156	0.005161	0
Na	0.005875	0.000296	0.030109	0.022994	0.013404	0.015934	0.018452	0	0.011867	0.006922	0.013884	0.025343	0.001445	0.009484	0
K	0.895005	0.826436	0.873107	0.891281	0.90175	0.942892	0.842943	0.894878	0.824638	0.87027	0.885971	0.90142	0.829403	0.849447	0.853578
soma	0.902795	0.826732	0.903216	0.914773	0.915154	0.958826	0.86358	0.902343	0.842482	0.883702	0.903931	0.926762	0.833004	0.864092	0.853578

Elemento	IT22							IT10		IT04					
SiO ₂	38.138	37.219	37.702	37.532	37.93	39.651	38.144	38.359	38.334	35.753	37.66	37.407	37.338	36.881	36.934
TiO ₂	1.309	1.617	0.154	1.219	3.159	1.414	1.752	1.531	1.132	2.256	2.37	1.603	3.096	2.624	2.439
Al ₂ O ₃	15.538	15.399	13.9	14.754	13.567	14.869	13.611	13.75	14.177	14.392	15.413	14.861	15.164	14.928	14.552
FeO	16.996	16.965	15.367	17.675	17.606	15.509	16.541	15.356	15.634	18.951	18.261	17.654	18.554	18.638	19.224
MnO	0.457	0.167	0.417	0.388	0	0.302	0.087	0.281	0.169	0.319	0.244	0.356	0.285	0.341	0.331
MgO	13.324	13.432	13.587	13.752	13.334	14.122	13.551	14.158	13.896	9.506	8.954	10.681	10.22	10.111	10.306
CaO	0	0.075	0.076	0.082	0	0.206	0.017	0.046	0.009	0.014	0.031	0.012	0	0	0
Na ₂ O	0.046	0.028	0.111	0.274	0.126	0	0.048	0.03	0.046	0.256	0.098	0.104	0.108	0.224	0.039
K ₂ O	8.796	9.023	8.647	8.577	9.481	8.415	8.893	9.871	9.925	9.569	9.507	9.795	9.694	9.773	9.881
F	0	0	0	0	0	0	0	0.996	0.95	1.451	1.576	1.746	1.876	1.638	1.749
Cl	0.071	0.009	0.11	0.167	0.066	0.11	0.064	0.152	0.084	0.083	0.015	0.019	0.037	0.106	0.022
Cr ₂ O ₃	0	0.122	0.122	0	0.338	0	0.104	0	0	0	0.135	0	0	0	0.047
V ₂ O ₃	0	0.016	0.162	0	0	0	0.039	0.032	0.08	0.096	0.101	0.053	0.066	0.061	0.078
NiO	0	0	0	0.103	0.137	0.069	0	0.057	0.064	0	0.014	0.06	0.021	0.011	0.113
Total	94.675	94.072	90.355	94.523	95.744	94.667	92.851	94.619	94.5	92.646	94.379	94.351	96.459	95.336	95.715
OH															
OH	1.990921	1.998839	1.985313	1.978435	1.991563	1.986102	1.991654	1.73655	1.756802	1.613929	1.603397	1.557886	1.530675	1.575548	1.558637
Cl	0.009079	0.001161	0.014687	0.021565	0.008437	0.013898	0.008346	0.019916	0.011002	0.011482	0.002013	0.002563	0.004908	0.014226	0.002955
F	0	0	0	0	0	0	0	0.243535	0.232196	0.374589	0.39459	0.439551	0.464417	0.410226	0.438408
soma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T															
Si	2.877908	2.833964	2.970398	2.859943	2.861217	2.956151	2.93525	2.965831	2.96274	2.918625	2.981594	2.977803	2.922833	2.92072	2.927472
Al	1.122092	1.166036	1.029602	1.140057	1.138783	1.043849	1.06475	1.034169	1.03726	1.081375	1.018406	1.022197	1.077167	1.07928	1.072528
soma	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Elemento	IT22							IT10		IT04					
M															
Al	0.259705	0.215787	0.261008	0.184882	0.067313	0.262575	0.169602	0.218718	0.25403	0.303202	0.419682	0.37199	0.321766	0.313937	0.286784
Ti	0.074303	0.092616	0.009127	0.069872	0.179252	0.079299	0.101414	0.089043	0.065812	0.138532	0.141144	0.095989	0.182306	0.156314	0.14542
Cr	0	0.007344	0.007599	0	0.020157	0	0.006327	0	0	0	0.00845	0	0	0	0.002945
V	0	0.000977	0.010232	0	0	0	0.002406	0.001984	0.004957	0.006283	0.006411	0.003382	0.004142	0.003873	0.004957
Mg	1.49892	1.524738	1.595874	1.562235	1.499524	1.569616	1.554587	1.631946	1.601121	1.156881	1.056842	1.267593	1.192693	1.19373	1.217815
Ni	0	0	0	0.006313	0.008313	0.004138	0	0.003545	0.003979	0	0.000892	0.003842	0.001322	0.000701	0.007205
Fe2+	1.072579	1.080307	1.012518	1.126364	1.110688	0.966985	1.064497	0.992935	1.010516	1.293783	1.209084	1.175303	1.214658	1.234383	1.274306
Mn	0.029206	0.010769	0.027824	0.02504	0	0.019069	0.00567	0.0184	0.011062	0.022054	0.016361	0.024001	0.018895	0.022871	0.022219
soma	2.934713	2.932538	2.924183	2.974706	2.885247	2.901682	2.904504	2.956571	2.951475	2.920736	2.858864	2.942101	2.935782	2.925809	2.961652
I															
Ca	0	0.006118	0.006415	0.006694	0	0.016454	0.001401	0.00381	0.000745	0.001224	0.002629	0.001023	0	0	0
Na	0.00673	0.004133	0.016954	0.040478	0.018427	0	0.007161	0.004497	0.006892	0.040515	0.015042	0.01605	0.01639	0.034391	0.005993
K	0.846704	0.876412	0.869047	0.833717	0.912325	0.800302	0.872961	0.973571	0.978515	0.99646	0.96015	0.994661	0.968018	0.987285	0.999067
soma	0.853434	0.886663	0.892416	0.880889	0.930752	0.816756	0.881523	0.981878	0.986152	1.038199	0.977821	1.011734	0.984408	1.021676	1.00506

Elemento	IT04					IT01					IT05				
SiO ₂	36.312	36.735	37.092	33.7	37.298	36.539	37.385	37.224	37.861	36.69	38.989	38.596	37.631	38.812	38.407
TiO ₂	2.171	2.485	2.538	1.57	2.188	1.549	1.808	2.043	1.826	2.044	1.836	1.855	1.768	1.905	1.62
Al ₂ O ₃	14.744	14.865	14.842	13.589	15.295	13.672	14.037	13.643	13.82	14.102	15.132	14.549	14.59	14.964	15.223
FeO	19.907	19.354	18.699	15.493	17.925	17.582	21.642	21.598	20.949	20.624	15.986	15.61	15.471	16.136	16.418
MnO	0.309	0.333	0.28	0.145	0.405	0.262	0.232	0.342	0.316	0.369	0.257	0.261	0.426	0.273	0.23
MgO	9.397	9.537	9.602	8.314	10.266	10.357	9.818	10.441	10.487	9.887	12.73	12.847	12.215	12.321	12.182
CaO	0	0.009	0.008	0.13	0	0.031	0.028	0.014	0.02	0.074	0.013	0	0.022	0.001	0
Na ₂ O	0.044	0.059	0.101	0.642	0.142	0.062	0.049	0.035	0.103	0.047	0.072	0.062	0.029	0.094	0.081
K ₂ O	9.623	9.522	9.627	8.939	9.686	9.051	9.705	9.732	9.794	9.688	9.955	10.088	10.11	10.004	9.806
F	1.531	1.683	1.598	1.21	1.868	2.161	1.841	1.916	2.025	1.844	2.187	2.296	2.097	2.252	2.168
Cl	0.018	0.027	0.048	0.379	0.061	0.187	0.198	0.211	0.189	0.209	0	0.005	0.028	0	0.003
Cr ₂ O ₃	0	0.1	0.069	0.035	0	0.122	0.089	0	0.009	0.012	0.044	0.001	0.092	0.114	0.26
V ₂ O ₃	0	0.036	0.077	0.07	0.042	0.068	0.106	0.034	0.063	0.071	0.046	0.066	0.048	0.117	0.013
NiO	0.032	0	0.085	0.074	0.081	0.053	0.06	0.071	0.092	0	0.057	0.081	0.035	0.05	0.06
Total	94.088	94.745	94.666	84.29	95.257	91.696	96.998	97.304	97.554	95.661	97.304	96.317	94.562	97.043	96.471
OH	1.60778	1.571452	1.591734	1.602522	1.52429	1.406352	1.511678	1.491107	1.469727	1.503318	1.468661	1.433426	1.469831	1.449338	1.466702
Cl	0.002456	0.003653	0.006467	0.057126	0.008181	0.026308	0.02661	0.028357	0.025258	0.028439	0	0.00066	0.003766	0	0.000395
F	0.389764	0.424895	0.401798	0.340352	0.467529	0.56734	0.461712	0.480536	0.505016	0.468243	0.531339	0.565914	0.526402	0.550662	0.532903
soma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T	2.923177	2.932617	2.9491	2.997442	2.951857	3.033355	2.964783	2.952101	2.985725	2.946023	2.995318	3.008145	2.987053	3.000965	2.985226
Al	1.076823	1.067383	1.0509	1.002558	1.048143	0.966645	1.035217	1.047899	1.014275	1.053977	1.004682	0.991855	1.012947	0.999035	1.014774
soma	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
M															

Elemento	IT04					IT01					IT05				
Al	0.32196	0.331142	0.339795	0.421863	0.378415	0.370963	0.276681	0.227213	0.270112	0.280464	0.365339	0.344494	0.351895	0.36452	0.379657
Ti	0.131465	0.149227	0.151791	0.105043	0.130258	0.096731	0.107855	0.121877	0.108319	0.123457	0.106101	0.108754	0.105566	0.110799	0.094717
Cr	0	0.006311	0.004337	0.002461	0	0.008007	0.00558	0	0.000561	0.000762	0.002672	6.16E-05	0.005773	0.006969	0.015977
V	0	0.002304	0.004908	0.004992	0.002665	0.004526	0.006739	0.002162	0.003983	0.00457	0.002833	0.004124	0.003055	0.007253	0.00081
Mg	1.127766	1.135042	1.13814	1.102442	1.211256	1.281815	1.160763	1.234455	1.232917	1.183526	1.457989	1.492736	1.445491	1.420253	1.411596
Ni	0.002072	0	0.005436	0.005294	0.005157	0.003539	0.003827	0.004529	0.005836	0	0.003522	0.005078	0.002235	0.00311	0.003751
Fe2+	1.340215	1.29214	1.243344	1.152444	1.186404	1.220671	1.435346	1.432469	1.381607	1.384921	1.02708	1.017473	1.02702	1.043408	1.067212
Mn	0.021067	0.022514	0.018854	0.010923	0.027146	0.018421	0.015582	0.022971	0.021105	0.025093	0.016721	0.017228	0.028638	0.017877	0.01514
soma	2.944545	2.938681	2.906606	2.805462	2.9413	3.004673	3.012373	3.045676	3.02444	3.002793	2.982258	2.98995	2.969674	2.974189	2.98886
I															
Ca	0	0.00077	0.000681	0.012388	0	0.002757	0.002379	0.001189	0.00169	0.006366	0.00107	0	0.001871	8.28E-05	0
Na	0.006867	0.009131	0.015568	0.110704	0.021787	0.009979	0.007534	0.005381	0.015747	0.007316	0.010724	0.009368	0.004463	0.014091	0.012206
K	0.988196	0.969686	0.9764	1.014232	0.977871	0.958497	0.98179	0.98455	0.985247	0.992316	0.975595	1.002973	1.023707	0.986725	0.972268
soma	0.995062	0.979587	0.992649	1.137324	0.999659	0.971232	0.991702	0.991121	1.002684	1.005998	0.987389	1.012341	1.030041	1.000898	0.984474

Elemento	IT05					IT27		IT16					IT23		
SiO ₂	37.876	38.301	38.026	38.039	38.416	37.977	39.246	39.191	39.9	39.256	39.547	40.9	36.351	36.852	37.126
TiO ₂	2.108	1.328	1.972	0.712	1.849	1.327	0.97	0.627	0.358	0.474	0.603	0.586	1.913	1.627	1.007
Al ₂ O ₃	14.613	14.882	14.552	14.072	14.258	15.021	14.045	12.208	12.611	12.227	12.51	12.36	15.458	14.641	14.319
FeO	16.434	16.689	17.088	15.405	15.4	14.052	15.355	16.377	15.402	15.956	14.822	13.732	17.002	17.023	17.638
MnO	0.307	0.251	0.324	0.199	0.207	0.199	0.188	0.589	0.305	0.344	0.463	0.3	0.298	0.221	0.407
MgO	12.109	12.971	12.421	13.443	13.057	13.261	14.425	15.534	15.66	15.44	16.432	17.181	10.894	11.339	11.124
CaO	0.002	0.021	0.008	0.011	0.026	0.075	0.043	0.001	0.052	0.007	0	0.017	0.003	0.016	0.12
Na ₂ O	0.071	0.012	0.08	0.058	0.076	0.062	0.076	0.053	0.053	0.098	0.03	0.043	0.1	0.117	0.104
K ₂ O	9.667	10.049	9.953	10.1	9.966	8.321	9.578	9.993	9.833	9.954	9.855	9.814	9.556	9.484	8.462
F	2.051	2.268	2.229	2.358	2.432	1.602	1.747	2.14	2.025	2.057	2.224	2.447	0.613	0.762	0.739
Cl	0.004	0.005	0.014	0.023	0	0.04	0.08	0.052	0.008	0.03	0.044	0.018	0.1	0.164	0.166
Cr ₂ O ₃	0.225	0.032	0.091	0	0.146	0.137	0.047	0.01	0.057	0.069	0	0.023	0.046	0.035	0.079
V ₂ O ₃	0.016	0.041	0.039	0	0.043	0.092	0.049	0.062	0.037	0.081	0.048	0	0.056	0.078	0.024
NiO	0.06	0	0.028	0.106	0.05	0.004	0.053	0	0	0.018	0	0.067	0.025	0.011	0
Total	95.543	96.85	96.825	94.526	95.926	92.17	95.902	96.837	96.301	96.011	96.578	97.488	92.415	92.37	91.315
OH															
OH	1.490337	1.441196	1.447833	1.402341	1.396634	1.594734	1.564104	1.466457	1.504263	1.488033	1.450243	1.408176	1.833058	1.786292	1.790072
Cl	0.000532	0.000659	0.001852	0.003108	0	0.005351	0.01044	0.006858	0.001047	0.00397	0.005767	0.002324	0.01342	0.022098	0.022554
F	0.509131	0.558144	0.550314	0.594551	0.603366	0.399915	0.425456	0.526685	0.494689	0.507997	0.54399	0.589501	0.153521	0.19161	0.187374
soma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T															
Si	2.973077	2.980517	2.968652	3.032862	3.013752	2.997807	3.022284	3.050011	3.082183	3.065566	3.058776	3.115671	2.878743	2.930232	2.976604
Al	1.026923	1.019483	1.031348	0.967138	0.986248	1.002193	0.977716	0.949989	0.917817	0.934434	0.941224	0.884329	1.121257	1.069768	1.023396
soma	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Elemento	IT05					IT27		IT16					IT23		
M															
Al	0.324875	0.345329	0.307501	0.355099	0.331961	0.395179	0.296936	0.16968	0.230244	0.190831	0.199083	0.225297	0.321423	0.302193	0.329566
Ti	0.124468	0.077737	0.115806	0.042702	0.109114	0.078795	0.05619	0.036705	0.020802	0.027844	0.035083	0.033579	0.113959	0.097314	0.060732
Cr	0.013963	0.001969	0.005616	0	0.009055	0.00855	0.002861	0.000615	0.003481	0.00426	0	0.001385	0.00288	0.0022	0.005007
V	0.001007	0.002558	0.002441	0	0.002704	0.005822	0.003025	0.003868	0.002291	0.005071	0.002976	0	0.003555	0.004972	0.001543
Mg	1.417018	1.504803	1.44564	1.597882	1.527087	1.560573	1.656077	1.802284	1.803442	1.797533	1.894739	1.951199	1.286171	1.344128	1.329624
Ni	0.003788	0	0.001758	0.006798	0.003155	0.000254	0.003283	0	0	0.001131	0	0.004106	0.001593	0.000704	0
Fe2+	1.07882	1.086114	1.115664	1.027185	1.010368	0.927651	0.988902	1.065892	0.995007	1.042059	0.958748	0.874834	1.126031	1.131985	1.182649
Mn	0.020409	0.016542	0.021422	0.013437	0.013753	0.013304	0.012261	0.038821	0.019954	0.022751	0.030329	0.019355	0.019987	0.014882	0.027636
soma	2.984348	3.035052	3.01585	3.043104	3.007198	2.990128	3.019536	3.117866	3.075222	3.091479	3.120959	3.109755	2.875599	2.898378	2.936756
I															
Ca	0.000168	0.001751	0.000669	0.00094	0.002185	0.006343	0.003548	8.34E-05	0.004303	0.000586	0	0.001387	0.000255	0.001363	0.010307
Na	0.010805	0.00181	0.012108	0.008965	0.011559	0.009488	0.011346	0.007996	0.007937	0.014837	0.004498	0.00635	0.015353	0.018036	0.016165
K	0.967969	0.997543	0.991197	1.027241	0.997341	0.837888	0.940897	0.992061	0.968945	0.991585	0.97234	0.953678	0.965362	0.961966	0.865453
soma	0.978941	1.001104	1.003975	1.037146	1.011085	0.853719	0.955791	1.000141	0.981185	1.007007	0.976839	0.961416	0.98097	0.981365	0.891925

Elemento	IT11					IT31						IT12			
SiO ₂	38.119	38.363	38.342	38.313	38.064	37.682	47.385	46.303	45.442	46.589	46.794	39.147	38.109	38.356	37.117
TiO ₂	1.47	1.668	1.632	1.859	2.651	2.137	1.027	1.109	0.524	0.94	0.904	0.745	2.018	0	3.362
Al ₂ O ₃	14.004	14.146	14.578	14.154	13.717	14.502	25.042	25.248	26.243	25.292	25.873	13.046	14.895	14.451	13.243
FeO	16.273	15.187	16.022	16.533	15.853	19.592	5.674	6.029	6.439	6.249	6.464	14.857	14.945	15.611	16.922
MnO	0.25	0.207	0.286	0.252	0.21	0.336	0.052	0	0.056	0.074	0.111	0.461	0.04	0	0.203
MgO	13.499	13.622	13.334	13.767	13.185	9.929	2.391	2.282	1.774	2.248	2.328	13.387	14.123	13.892	13.794
CaO	0.02	0.017	0.027	0.01	0.067	0.057	0.03	0	0.008	0	0.031	0.018	0	0.083	0.11
Na ₂ O	0.028	0.096	0.053	0.083	0.08	0.095	0.152	0.256	0.215	0.2	0.203	0.082	0	0	0.123
K ₂ O	9.83	9.459	9.66	9.565	9.415	9.1	9.689	9.585	9.64	10.038	9.919	9.088	8.487	8.866	8.763
F	0.917	0.824	0.732	0.805	0.942	1.948	0.55	0.575	0.469	0.48	0.66	0	0	0	0
Cl	0.169	0.15	0.158	0.182	0.122	0.037	0.002	0.009	0.007	0.009	0	0.046	0.197	0.094	0.057
Cr ₂ O ₃	0.123	0.125	0.1	0.047	0.077	0.099	0.045	0.035	0.043	0.102	0	0.675	0	0	0
V ₂ O ₃	0.096	0.046	0.044	0.04	0.025	0.114	0.081	0.084	0.024	0.069	0.059	0.121	0.161	0	0.163
NiO	0.074	0.178	0.03	0.152	0.061	0.13	0.048	0	0.026	0.109	0	0	0	0.241	0.034
Total	94.872	94.088	94.998	95.762	94.469	95.758	92.168	91.515	90.91	92.399	93.346	91.673	92.975	91.594	93.891
OH															
OH	1.753511	1.779205	1.80213	1.78197	1.753543	1.507137	1.876014	1.868115	1.891706	1.890529	1.852104	1.993964	1.974606	1.98765	1.9926
Cl	0.022155	0.019624	0.020514	0.02356	0.015994	0.004966	0.000241	0.001097	0.000859	0.001089	0	0.006036	0.025394	0.01235	0.0074
F	0.224334	0.201171	0.177356	0.19447	0.230463	0.487897	0.123745	0.130788	0.107435	0.108382	0.147896	0	0	0	0
soma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T															
Si	2.948798	2.961618	2.937562	2.926717	2.944707	2.984358	3.371197	3.330321	3.291612	3.326413	3.315743	3.031401	2.898789	2.973715	2.843386
Al	1.051202	1.038382	1.062438	1.073283	1.055293	1.015642	0.628803	0.669679	0.708388	0.673587	0.684257	0.968599	1.101211	1.026285	1.156614
soma	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
M															

Elemento	IT11					IT31						IT12			
Al	0.225489	0.248623	0.253818	0.200935	0.195302	0.337911	1.470825	1.470421	1.531853	1.454582	1.476309	0.221964	0.23403	0.29408	0.038968
Ti	0.08554	0.096863	0.094054	0.106822	0.154271	0.127312	0.054962	0.06	0.028551	0.050486	0.048184	0.043396	0.115467	0	0.193734
Cr	0.007522	0.007629	0.006057	0.002838	0.004709	0.006199	0.002531	0.00199	0.002462	0.005758	0	0.041323	0	0	0
V	0.005954	0.002847	0.002703	0.00245	0.001551	0.007238	0.00462	0.004844	0.001394	0.00395	0.003352	0.007512	0.009818	0	0.010011
Mg	1.55679	1.56777	1.522992	1.567829	1.520662	1.172323	0.253599	0.244691	0.191571	0.239284	0.245923	1.545443	1.601552	1.605668	1.575354
Ni	0.004605	0.011054	0.001849	0.00934	0.003796	0.008282	0.002747	0	0.001515	0.00626	0	0	0	0.01503	0.002095
Fe2+	1.052773	0.98051	1.02658	1.056209	1.025658	1.297655	0.337595	0.362649	0.390062	0.373136	0.38305	0.962143	0.950711	1.012186	1.084122
Mn	0.016379	0.013534	0.018557	0.016303	0.013759	0.022537	0.003133	0	0.003435	0.004475	0.006661	0.030233	0.002577	0	0.01317
soma	2.955052	2.928829	2.92661	2.962726	2.919707	2.979457	2.130013	2.144595	2.150843	2.137929	2.163479	2.852014	2.914155	2.926963	2.917455
I															
Ca	0.001658	0.001406	0.002216	0.000818	0.005553	0.004836	0.002287	0	0.000621	0	0.002353	0.001493	0	0.006894	0.009028
Na	0.004199	0.014368	0.007872	0.012292	0.011998	0.014586	0.020965	0.035696	0.030192	0.027684	0.027887	0.01231	0	0	0.018267
K	0.970029	0.931513	0.944098	0.932067	0.929128	0.919361	0.879326	0.879421	0.89075	0.914255	0.896574	0.89772	0.823514	0.876842	0.856334
soma	0.975885	0.947287	0.954186	0.945177	0.946679	0.938783	0.902577	0.915117	0.921563	0.941939	0.926814	0.911523	0.823514	0.883736	0.883629

Elemento	IT12					IT20					IT01				
SiO ₂	37.804	37.451	39.547	38.145	37.931	39.212	39.078	39.426	38.953	38.892	36.865	36.647	36.483	37.484	37.607
TiO ₂	2.343	2.153	0.513	1.405	1.404	2.013	2.753	1.353	0.049	1.174	1.437	1.707	1.934	1.672	1.508
Al ₂ O ₃	13.354	14.672	12.911	13.638	13.887	14.781	13.978	14.844	14.629	14.234	13.486	13.449	14.208	13.89	13.675
FeO	15.963	15.153	16.324	14.957	15.944	16.872	15.636	16.75	15.641	16.476	20.956	21.308	20.022	21.423	22.357
MnO	0.812	0	0.04	0.528	0.088	0.311	0.439	0	0.169	0.359	0.435	0.281	0.401	0.269	0.351
MgO	14.639	14.5	14.55	13.475	14.259	13.383	12.42	13.484	13.012	14.356	9.439	9.152	9.355	9.622	9.875
CaO	0	0	0	0	0	0	0.075	0	0.055	0.03	0	0.021	0.021	0.01	0
Na ₂ O	0.063	0.173	0.129	0.02	0.22	0.092	0.008	0	0.094	0	0.064	0.044	0.043	0.043	0.069
K ₂ O	8.718	9.115	9.064	8.196	8.548	9.644	8.779	8.502	9.367	9.72	8.726	9.366	9.122	9.287	9.184
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.107	2.069	1.996	2.351	2.179
Cl	0.195	0.126	0.064	0	0.186	0.151	0.055	0.147	0.041	0.108	0.197	0.264	0.218	0.169	0.21
Cr ₂ O ₃	0	0	0.104	0.335	0	0.122	0	0.108	0.447	0.217	0.01	0.044	0.066	0.057	0.044
V ₂ O ₃	0.043	0.144	0.226	0.121	0.016	0.067	0.317	0.242	0.15	0.084	0.094	0.014	0.045	0.057	0.096
NiO	0	0	0.034	0	0	0	0.069	0.241	0.172	0.034	0.021	0	0	0	0.029
Total	93.934	93.487	93.506	90.82	92.483	96.648	93.607	95.097	92.779	95.684	93.837	94.366	93.914	96.334	97.184
OH															
OH	1.974776	1.983736	1.991735	2	1.975705	1.981012	1.992932	1.981378	1.99467	1.986279	1.425531	1.426081	1.45443	1.379034	1.421804
Cl	0.025224	0.016264	0.008265	0	0.024295	0.018988	0.007068	0.018622	0.00533	0.013721	0.027409	0.03673	0.030165	0.023033	0.028394
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.54706	0.537189	0.515405	0.597934	0.549802
soma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T															
Si	2.885617	2.852625	3.013819	2.968554	2.923573	2.909602	2.963532	2.947249	2.988005	2.91577	3.026651	3.008727	2.978904	3.014562	3.000514
Al	1.114383	1.147375	0.986181	1.031446	1.076427	1.090398	1.036468	1.052751	1.011995	1.08423	0.973349	0.991273	1.021096	0.985438	0.999486
soma	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Elemento	IT12					IT20					IT01				
M															
Al	0.086892	0.16967	0.17338	0.219354	0.184989	0.202156	0.212791	0.25497	0.310473	0.173392	0.331503	0.309988	0.346094	0.331031	0.286346
Ti	0.13453	0.123359	0.029408	0.082249	0.081402	0.112358	0.157047	0.076081	0.002827	0.066208	0.088746	0.10542	0.118787	0.101149	0.090505
Cr	0	0	0.006266	0.020611	0	0.007157	0	0.006383	0.027108	0.012862	0.000649	0.002856	0.00426	0.003624	0.002775
V	0.002631	0.008793	0.013808	0.007549	0.000989	0.003986	0.019273	0.014503	0.009225	0.005049	0.006187	0.000921	0.002946	0.003675	0.006141
Mg	1.665855	1.646547	1.653071	1.563367	1.638452	1.480447	1.404183	1.502719	1.488022	1.604543	1.155311	1.120173	1.138766	1.153635	1.174597
Ni	0	0	0.002084	0	0	0	0.004209	0.014492	0.010613	0.00205	0.001387	0	0	0	0.001861
Fe2+	1.019011	0.965258	1.040384	0.973454	1.027734	1.046995	0.991669	1.047159	1.003387	1.033019	1.438865	1.463021	1.367215	1.440861	1.491778
Mn	0.052492	0	0.002582	0.0348	0.005744	0.019544	0.028196	0	0.010979	0.022794	0.030247	0.019538	0.02773	0.018322	0.023718
soma	2.961412	2.913627	2.920983	2.901384	2.939309	2.872643	2.817368	2.916306	2.862635	2.919917	3.052896	3.021919	3.005799	3.052297	3.077721
I															
Ca	0	0	0	0	0	0	0.006093	0	0.00452	0.00241	0	0.001847	0.001837	0.000862	0
Na	0.009323	0.025547	0.019059	0.003017	0.032874	0.013235	0.001176	0	0.013979	0	0.010187	0.007003	0.006807	0.006704	0.010673
K	0.848878	0.885657	0.881152	0.813648	0.84045	0.91285	0.849278	0.810742	0.916576	0.92958	0.913883	0.980903	0.950131	0.952755	0.93473
soma	0.858201	0.911203	0.900211	0.816666	0.873323	0.926084	0.856548	0.810742	0.935075	0.93199	0.925132	0.992327	0.960566	0.960321	0.945685