



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

CINTHYA DE DEUS SOUZA

**GRANITO SÃO FRANCISCO E FORMAÇÃO SERRA DA
BOCAINA: EVIDÊNCIAS DE MAGMATISMO
OROSIRIANO EM ARCO MAGMÁTICO CONTINENTAL
- TERRENO RIO APA- SUL DO CRÁTON AMAZÔNICO**

Orientadora

Prof^ª. Dra. Maria Zélia Aguiar de Sousa

Coorientador

Prof. Dr. Amarildo Salina Ruiz

CUIABÁ

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

REITORIA

Reitora

Prof.^a Dr.^a Maria Lucia Cavalli Neder

Vice-Reitor

Prof. Dr. João Carlos de Souza Maia

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Pró-Reitora

Prof.^a Dr.^a Leny Caselli Anzai

FACULDADE DE GEOCIÊNCIAS – FAGEO

Diretor

Prof. Dr. Paulo César Corrêa da Costa

Diretor adjunto

Prof. Dr. Carlos Humberto da Silva

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Coordenador

Prof. Dr. Ronaldo Pierosan

Vice Coordenador

Prof. Dr. Jayme Alfredo Leite

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nº

**GRANITO SÃO FRANCISCO E FORMAÇÃO SERRA
DA BOCAINA: EVIDÊNCIAS DE MAGMATISMO
OROSIRIANO EM ARCO MAGMÁTICO CONTINENTAL
- TERRENO RIO APA- SUL DO CRÁTON AMAZÔNICO**

CINTHYA DE DEUS SOUZA

Orientadora

Prof^ª. Dra. Maria Zélia Aguiar de Sousa

Coorientador

Prof. Dr. Amarildo Salina Ruiz

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Faculdade de Geociências da Universidade Federal de Mato Grosso como requisito para obtenção do Título de Mestre em Geociências.

**CUIABÁ
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

D486g Deus Souza, Cinthya de.
GRANITO SÃO FRANCISCO E FORMAÇÃO SERRA DA
BOCAINA: EVIDÊNCIAS DE MAGMATISMO OROSIRIANO
EM ARCO MAGMÁTICO CONTINENTAL - TERRENO RIO
APA- SUL DO CRÁTON AMAZÔNICO : Geoquímica e
Geocronologia do Granito São Francisco / Cinthya de Deus Souza. -
- 2016
xvi, 89 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Maria Zélia Aguiar de Sousa.

Co-orientador: Amarildo Salina Ruiz.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação
em Geociências, Cuiabá, 2016.

Inclui bibliografia.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

**GRANITO SÃO FRANCISCO E FORMAÇÃO SERRA
DA BOCAINA: EVIDÊNCIAS DE MAGMATISMO
OROSIRIANO EM ARCO MAGMÁTICO CONTINENTAL
- TERRENO RIO APA- SUL DO CRÁTON AMAZÔNICO**

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dra. Maria Zélia Aguiar de Sousa
Orientadora

Prof. Dr. Ronaldo Pierosan
Examinador Interno (UFMT)

Prof. Dr. Jean Michel Lafon
Examinador Externo (UFPA)

Dedicatória

Essa minha conquista eu dedico à minha família:

Leandro Menezes e Heitor Menezes.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pela abençoada oportunidade de chegar até aqui, de ter vivido preciosas experiências e vivências pessoais e acadêmicas na UFMT.

Agradeço imensamente a minha querida orientadora Maria Zélia Aguiar de Sousa por todo conhecimento, apoio, carinho e compreensão que foram concedidos a mim. Sou grata ao meu coorientador Amarildo Salinas Ruiz por ter sempre me incentivado e me encorajado na vida acadêmica, proporcionando oportunidades de aprendizado e boas experiências tanto durante a graduação como durante o mestrado.

Agradeço à Maria Elisa Fróes Batata, pelas inúmeras ajudas que foram de grande valia, pelo conhecimento, visão crítica que um pesquisador deve ter e por tamanha generosidade que sempre se dispôs a me auxiliar.

Gostaria de ressaltar enorme admiração e carinho por essas três pessoas que sempre estiveram disponíveis, atenciosas e são mais que orientadores, professores, são, na verdade, grandes amigos que guardarei sempre comigo.

Manifesto aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Geociências eterna gratidão pela troca de experiências, bem como pela amizade e companheirismo.

Agradeço a minha família pela força e incentivos a cada dia de batalha durante toda a jornada acadêmica, especialmente a Leandro Menezes e Heitor Menezes. Além de todo amor que nos faz seguir avante.

Sou muito grata àqueles que contribuíram comigo, direta ou indiretamente, para o meu crescimento durante toda minha caminhada pela UFMT. Obrigada a todos!

Agradeço a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), ao Programa de Pós-graduação em Geociências (PPGEC), ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD - 096/2007), ao Programa de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ - 479779/2011-2), ao Instituto Nacional e Tecnologia de Geociências da Amazônia (GEOCIAM), ao Grupo de Pesquisa Evolução Crustal e Tectônica – Guaporé, pelo suporte financeiro ao desenvolvimento da pesquisa e a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	vii
RESUMO	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I INTRODUÇÃO	17
I. 1. INTRODUÇÃO.....	17
I. 1. 1. APRESENTAÇÃO DO TEMA.....	17
I. 1. 2. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	18
I. 1. 3. OBJETIVOS	18
I. 1. 4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	19
I. 1. 5. MATERIAS E MÉTODOS DE PESQUISA	20
I. 1. 5. 1. Etapa Preliminar.....	20
I. 1. 5. 2. Etapa de Aquisição de dados	20
I. 1. 5. 2. 1. Trabalhos de campo	20
I. 1. 5. 2. 2. Trabalhos de Laboratório.....	21
<i>Análises Petrográficas</i>	21
<i>Análises Litogeoquímicas</i>	22
<i>Análise geocronológica- Método U-Pb SHRIMP (zircão)</i>	23
<i>Análise Isotópica - Método Sm-Nd</i>	24
I. 2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	24
I. 2. 1. CRÁTON AMAZÔNICO.....	24
I. 2. 2. TERRENO RIO APA	26
i) Remanescente de Crosta Oceânica	27
ii) Arco Magmático Rio Apa.....	27
iii) Arco Magmático Amogujá	28
I. 2. 2. 1. Contexto Geológico do Bloco Oriental.....	29
Complexo Paso Bravo.....	29
Gnaisse Caracol.....	29
Grupo Alto Tererê	30
I. 2. 2. 2. Contexto Geológico do Bloco Ocidental	30
Complexo Rio Apa.....	31
Supersuíte Amogujá.....	31
Gabro Anortosito Serra da Alegria.....	31
Grupo Amolar	31
Grupo San Luis/Campanário	32

Suíte Intrusiva Morro do Triunfo	32
Formação Xaraiés.....	32
Formação Pantanal	32
I. 2. 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA SUPERSUÍTE AMOGUIJÁ	34
CAPÍTULO II GEOLOGIA, PETROGRAFIA, GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA U-Pb SHRIMP	38
II. 1. GEOLOGIA E PETROGRAFIA DA FORMAÇÃO SERRA DA BOCAINA.....	38
II. 2. GEOQUÍMICA ELEMENTAR	46
II. 3. ANÁLISE GEOCRONOLÓGICA (U-PB SHRIMP)	53
II. 3. 1. Análise U-Pb em Zircão (SHRIMP).....	54
CAPÍTULO III ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DA USP.....	57
RESUMO	57
ABSTRACT.....	57
III. 1. INTRODUÇÃO	58
III. 2. GEOLOGIA REGIONAL.....	58
III. 4. GEOLOGIA E PETROGRAFIA DO GRANITO SÃO FRANCISCO	61
III. 5. GEOQUÍMICA ELEMENTAR.....	67
III. 6. GEOCRONOLOGIA U-Pb SHRIMP EM ZIRCÃO E Sm-Nd EM ROCHA TOTAL	72
III. 6. 1. Análise U-Pb em Zircão (SHRIMP)	72
III. 6. 2. Análise Isotópica Sm-Nd em Rocha Total.....	75
III. 7. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	75
AGRADECIMENTOS.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
CAPÍTULO IV CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
Referências Bibliográficas	83

Lista de Figuras

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

- Figura I. 1.** Mapa de localização e vias de acesso da área de estudo. 19
- Figura I. 2.** Mapa de localização dos afloramentos da área estudada. 22
- Figura I. 3.** Compartimentação geocronológica e tectônica do Cráton Amazônico, considerando o Maciço rio Apa como seu extremo meridional (Ruiz 2005). 26
- Figura I. 4.** Mapa tectônico do Sul/Sudoeste do Cráton Amazônico de Ruiz *et al.* (2010) destacando a área de estudo. 28
- Figura I. 5.** Mapa geológico do Terreno Rio Apa destacando os dois blocos tectônicos Oriental e Ocidental, zona de sutura preferencial NS e área de estudo, extraído de Cordani *et al.* (2010). 33

CAPÍTULO II - GEOLOGIA, PETROGRAFIA, GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA U-Pb SHRIMP

- Figura II. 1.** Mapa geológico da região da serra de São Francisco, extraído de Souza em prep., destacando o granito homônimo (GSF), Formação Pantanal (FP), Aluviões Atuais (Al), Ignimbrito Lítico (IgL), Ignimbrito rico em cristais (IgC), Tufo Ignimbrítico (TIg), Efusivas (Ef), sendo as quatro últimas pertencentes à Formação Serra da Bocaina. 38
- Figura II. 2.** Aspectos de campo e/ou macroscópicos de rochas da Formação Serra da Bocaina: (A), (B) e (C) grande quantidade de fragmentos líticos de variados tamanhos e formas, imersos numa matriz cinerítica muito fina da FIL; (D) afloramento de blocos in situ com elevado grau de alteração da FIRC; (E) fratura conchoidal e fenocristais de feldspato e quartzo em rocha de cor cinza-escuro a cinza-esverdeado da FIRC; (F) enclave da FTI na FIL. 41
- Figura II. 3.** Aspecto macroscópico de rochas da Formação Serra da Bocaina. (A) estrutura primária do tipo laminação plano-paralela evidenciada pela variação de cores da FTI; (B) detalhe de litofisa com formas elipsoidal e em estrela da FTI; (C) e (D) rochas cinza-esverdeadas a avermelhadas- alaranjadas, matriz fina e textura porfírica da FE. 42
- Figura II. 4.** Fotomicrografias de rochas da FIL da Formação Serra da Bocaina. (A) púmice achatado com devitrificação; (B) púmice no canto superior direito, fenocristais de plagioclásio e quartzo e textura eutaxítica; (C) cristaloclastos de quartzo e feldspatos corroídos; (D) litoclasto com textura porfírica em matriz vítrea; (E) esferulito em matriz cinerítica muito fina; (F) cristalização na fase vapor. Polarizadores cruzados em A, B, C, D, E e F. 44
- Figura II. 5.** Fotomicrografias de rochas das FIRC em A e B e da FTI em C e D da Formação Serra da Bocaina. (A) púmice elipsoidal; (B) púmice com shards em seu interior, cristaloclastos de plagioclásio, quartzo, imersos numa mesóstase cinerítica muito fina; (C) lamelas criptocristalinas com intensa sericitização imersos em matriz felsítica muito fina; (D) evidência de queda de cristaloclastos. Polarizadores cruzados em A, B, C e D. 45
- Figura II. 6.** Fotomicrografias de rochas da FE da Formação Serra da Bocaina. (A) textura porfírica com fenocristal de plagioclásio alterado para carbonato; (B) glômero de feldspato em matriz fina. Polarizadores cruzados em A e B. 45
- Figura II. 7.** Diagramas de variação de Harker (1909) para elementos maiores, expressos em óxidos (% em peso), de rochas da Formação Serra da Bocaina. 49
- Figura II. 8.** Diagrama Zr versus elementos-traços da Formação Serra da Bocaina. 50

- Figura II. 9.** Diagramas de classificação geoquímica das rochas da Formação Serra da Bocaina nos diagramas: **(A)** R1 versus R2 (La Roche et al. 1980); **(B)** total de álcalis versus sílica (Le Bas, 1986), com limite entre domínio alcalino/subalcalino de Irvine & Baragar (1971); **(C)** SiO₂ versus Zr/TiO₂ (Winchester & Floyd, 1977); **(D)** Na₂O+ K₂O-CaO versus SiO₂ (Frost et al. 2001). 51
- Figura II. 10.** Distribuição dos pontos representativos das rochas da Formação Serra da Bocaina nos diagramas: **(A)** FeOt/(FeOt+MgO) versus SiO₂ (Frost et al., 2001); **(B)** A/NK versus A/CNK (Maniar & Piccoli, 1989). 52
- Figura II. 11.** Distribuição dos pontos representativos das rochas da Formação Serra da Bocaina nos diagramas: **(A)** Hf-Rb/30-Ta*3 (Harris et al. 1986); **(B)** Rb versus Y+Nb (Pearce et al. 1984; Pearce 1996). 53
- Figura II. 12.** Padrões de distribuição das rochas da Formação Serra da Bocaina nos diagramas: **(A)** ETR, normalizados pelos valores condríticos (Nakamura, 1977) e **(B)** elementos traço e K₂O, normalizados pelos valores dos granitos de Cordilheira Meso-Oceânica (Pearce et al. 1984). Área em cinza: Granito São Francisco (Souza em prep.). 53
- Figura II. 13.** Imagem de catadoluminescência de cristais de zircão da Formação Serra da Bocaina: **(A)** ST 01.1, **(B)** ST 01.2, **(C)** ST 01.3, **(D)** ST 01.4, **(E)** ST 01.5, **(F)** ST 01.6, **(G)** ST 01.7, **(H)** ST 01.8, **(I)** ST 01.9, **(J)** ST 01.10, **(L)** ST 01.11, **(M)** ST 01.2. Os círculos representam os pontos de impacto do feixe iônico. 54
- Figura II. 14.** Diagrama concórdia U/Pb (SHRIMP) da amostra ST 01 da Fácies Efusiva da Formação Serra da Bocaina. 55
- CAPÍTULO III - ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DA USP**
- Figura III. 1.** Mapa tectônico do Sul/Sudoeste do Cráton Amazônico de Ruiz et al. (2010) destacando o Terreno Rio Apa; 59
- Figura III. 2.** Mapa geológico do Terreno Rio Apa destacando os dois blocos tectônicos Oriental e Ocidental, zona de sutura preferencial NS e área de estudo, extraído de Cordani et al. (2010). 60
- Figura III. 3.** Mapa geológico da região da serra de São Francisco destacando o granito homônimo (GSF) e unidades adjacentes identificadas como Formação Pantanal (FP), Aluviões (Al), Ignimbrito Lítico (IgL), Ignimbrito rico em cristais (IgC), Tufo Ignimbrito (TIg), Efusivas (Ef), sendo as quatro últimas pertencentes à Formação Serra da Bocaina... 62
- Figura III. 4.** Fotografias de rochas do GSF ilustrando: **(A)** xenólito de Tremolita-Actinolita Xisto; **(B)** dique do GSF cortando a fácies efusiva da FSB; **(C)** FAFGG de textura porfírica fina a média; **(D)** FAFGG de cor rosa, textura inequigranular fina onde se sobressaem agregados de biotita e opacos; **(E)** monzogranito da FBMS de textura inequigranular média e cor rosa predominante com tonalidade esverdeada de plagioclásio saussuritizado; **(F)** FBMS de cor cinza-esverdeado devido alteração dominada por clorita e epidoto. 63
- Figura III. 5.** Fotomicrografias das rochas da Fácies Álcali feldspato granito gráfico (FAFGG) do GSF ilustrando: **(A)** textura micrográfica a microgranofírica média; **(B)** textura microgranofírica do tipo radiada; **(C)** textura porfírica com fenocristal de feldspato alcalino argilizado em matriz micrográfica; **(D)** porção mais máfica com lamela e agregado de biotita, muscovita e opacos. Polarizadores cruzados em A, B, C e D. 65
- Figura III. 6.** Fotomicrografias das rochas da fácies Biotita - monzo a sienogranito (FBMS) do GSF ilustrando: **(A)** vênulas e grãos zonados de plagioclásio sódico em grão de K-feldspato hospedeiro caracterizando textura perítica e quartzo com golfos de corrosão; **(B)** textura inequigranular hipidiomórfica média formada por plagioclásio tabular deformado, feldspato alcalino, quartzo e fratura preenchida por carbonato, sericita e argilominerais; **(C)** agregado

de biotita cloritizada; (D) textura sagenítica. Polarizadores paralelos em C e cruzados em A, B e D.	66
Figura III. 7. (A) Foliação S1 representada por reorientação preferencial dos minerais máficos/félsicos em amostra do GSF; (B) fotomicrografia com polarizadores cruzados ilustrando cristais de quartzo levemente estirados, extinção ondulante, recristalização em subgrãos e feldspato com estrutura bookshelf.	67
Figura III. 8. Classificação das rochas do GSF nos diagramas: (A) R1–R2 (La Roche, 1980); (B) álcalis versus sílica (Le Bas et al., 1986), com limite entre domínios alcalino/subalcalino de Irvine e Baragar (1971).	70
Figura III. 9. Distribuição dos pontos representativos das rochas do GSF nos diagramas: (A) Na ₂ O+ K ₂ O-CaO versus SiO ₂ (Frost et al., 2001); (B) K ₂ O versus SiO ₂ (Peccerilo e Taylor, 1976).	70
Figura III. 10. Distribuição dos pontos representativos do GSF nos diagramas: (A) FeOt/(FeOt+MgO) versus SiO ₂ (Frost et al., 2001); (B) A/NK versus A/CNK (Maniar e Piccoli, 1989).	71
Figura III. 11. Distribuição dos pontos representativos das rochas do GSF nos diagramas: (A) Hf-Rb/30-Ta*3 (Harris et al., 1986); (B) Rb versus Y+Nb (Pearce et al. 1984; Pearce 1996).	72
Figura III. 12. Padrões de distribuição das rochas do GSF nos diagramas: (A) ETR, normalizados pelos valores condríticos de Nakamura (1974); (B) elementos traço e K ₂ O, normalizados pelos valores dos granitos de Cordilheira Meso-Oceânica (Pearce et al., 1984).	72
Figura III. 13. Imagem de catadoluminescência de cristais de zircão: (A) ST 55 - 1.1, (B) ST 55 - 2.1, (C) ST55 - 3.1, (D) ST 55 - 4.1, (E) ST 55 - 5.1, (F) ST 55 - 6.1, (G) ST 55 - 7.1, (H) ST 55 - 8.1, (I) ST 55 - 9.1, (J) ST 55 - 10.1, (L) ST 55 - 11.1, (M) ST 55 - 12.1. Os círculos representam os pontos de impacto do feixe iônico.	73
Figura III. 14. Diagrama concórdia U/Pb (SHRIMP) da amostra ST-55 do GSF.	74

Lista de Tabelas

CAPÍTULO II - GEOLOGIA, PETROGRAFIA, GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA U-Pb SHRIMP.

Tabela II. 1. Composição química de elementos maiores, menores (% em peso), traços incluindo terras raras (ppm) de rochas da Formação Serra da Bocaina. 46

Tabela II. 2. Dados isotópicos de zircões para a fácies efusiva da Formação Serra da Bocaina referente à amostra ST 01. Razão corrigida para chumbo comum. Erro 1σ 55

CAPÍTULO III - ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DA USP

Tabela III. 1. Sumário de dados geocronológicos e isotópicos da Supersuíte Amoguijá. Análises em biotita (bt), zircão (Zr) e rocha total (RT). Referências: **(A)**: Araújo et al. (1982); **(B)**: Lacerda Filho et al. (2006); **(C)**: Cordani et al. (2010); **(D)**: Plens et al. (2013); **(E)**: Brittes et al. (2013); **(F)**: Redes et al. (2015); **(G)**: Faleiros et al. (2015); **(H)** Nogueira et al. (submetido); **(I)**: este trabalho. 61

Tabela III. 2. Composição química de rochas da FBMS do GSF (óxidos em % em peso e demais elementos em ppm). 67

Tabela III. 3. Dados isotópicos de zircões para o GSF da amostra ST-55. Razão corrigida para chumbo comum. Erro 1σ 74

Tabela III. 4. Dados analíticos de Sm-Nd das amostras ST- 55 e ST- 07 do GSF. 75

Lista de Anexos

Tabela de pontos dos afloramentos descritos	87
---	----

Resumo

O Granito São Francisco e a Formação Serra da Bocaina localizam-se no extremo meridional do Cráton Amazônico, próximo ao limite Brasil-Bolívia-Paraguai, sudeste do estado de Mato Grosso do Sul, no município de Porto Murtinho, sendo parcialmente recobertos pelos sedimentos quaternários da Formação Pantanal e Aluviões Atuais. A partir de mapeamento geológico e estudo petrográfico das rochas do Granito São Francisco, foi realizada a identificação de duas fácies petrográficas: Biotita - Monzo a Sienogranito e Álcali - Feldspato Granito Gráfico. A primeira ocorre em porções restritas na área de estudo, NE e SE, caracteriza-se por rochas leucocráticas de cor rosa a cinza-esverdeado, textura inequigranular hipidiomórfica a xenomórfica, média. A segunda é, espacialmente, dominante no corpo mapeado; constituída por rochas leucocráticas de cor rosa a avermelhada, textura hipidiomórfica, porfírica média a fina e por intercrescimentos micrográfico e microgranofírico. Foram identificadas duas fases deformacionais, uma de natureza dúctil-rúptil (F_1) e outra rúptil (F_2). As rochas do Granito São Francisco estão encaixadas nas vulcânicas da Formação Serra da Bocaina observadas através de contato intrusivo por diques e apófises. A Formação Serra da Bocaina, na serra de São Francisco, caracteriza-se por vulcanismo efusivo evidenciado por depósitos vulcânicos coerentes subaéreos, expresso pela ocorrência de lavas riolíticas e também por vulcanismo explosivo representado por depósitos ignimbríticos, onde foram separados em três fácies petrográficas: Ignimbrito Lítico, Ignimbrito Rico em Cristais e Tufo Ignimbrítico. Na área de estudo, foram identificados xenólitos de tremolita-actinolita xisto, que são interpretados como rochas do Complexo Porto Murtinho que constituem o embasamento desta área. Os dados geoquímicos, para as rochas do Granito São Francisco e vulcânicas da Formação Serra da Bocaina, indicam composição ácida e sugerem sua colocação em ambiente de arco, em estágio pós-colisional, representando um magmatismo ferroso, peraluminoso e afinidade com granitos do tipo A. Através do método geocronológico U-Pb (SHRIMP) em zircão se obteve idade de 1878 ± 7 Ma para a cristalização do Granito São Francisco e 1899 ± 4 Ma para a cristalização dos derrames riolíticos da Formação Serra da Bocaina. Análises Sm-Nd em rocha total obtidas para o Granito São Francisco fornecem valores de $\epsilon_{Nd(1,87 Ga)}$ negativos (-3,65 e -2,53) e T_{DM} em torno de 2.60 e 2.36 Ga, sugerindo sua geração através de fusão parcial de uma fonte crustal continental. Os resultados obtidos indicam que as rochas do Granito São Francisco e vulcânicas da Formação Serra da Bocaina constituem um evento plutono-vulcânico com magmatismo desenvolvido durante o Orosiriano pertencente ao Arco Magmático Amoguijá.

Palavras-Chave: Granito São Francisco, Formação Serra da Bocaina, Geoquímica, Geocronologia U-Pb e Sm-Nd.

Abstract

The Sao Francisco Granite and Serra da Bocaina Formation are located in the southernmost part of the Amazon Craton - near the boundaries between Brazil-Bolivia-Paraguay, southeast of the Brazilian state of Mato Grosso do Sul, Porto Murtinho City, which is partially covered by Quaternary sediments of the Pantanal Formation and Alluvial Deposits. Two petrographic facies have been identified in the Sao Francisco Granite based on geological mapping and petrographic analysis: Biotite Monzonitic to Syenogranite and Alkali-feldspar Graphitic Granite. The former occurs only in the NE and SE of the study area being composed of pink to greenish gray medium-grained leucocratic rocks which shows inequigranular hypidiomorphic to xenomorphic textures. The latter is the dominant rock type in the batholith being composed of pink to reddish porphyritic fine- to medium-grained leucocratic rocks with hypidiomorphic texture as well as micrographic (granophyric) intergrowths. Two deformation stages are observed: a ductile-brittle stage (F_1) and a brittle stage (F_2). The rocks of the Sao Francisco Granite are hosted by volcanic rocks of the Serra da Bocaina Formation as highlighted by the intrusion of dykes and *apophyses*. The Serra da Bocaina in the Sao Francisco Hill results from effusive volcanism according to concordant subaerial volcanic deposits that occur in the form of rhyolitic lava, but it is also attributed to explosive volcanism due to the occurrence of ignimbrite deposits that are here divided into three petrographic facies: Lithic Ignimbrite, Crystal-rich Ignimbrite and Ignimbrite Tuff. In the study area, xenoliths of tremolite-actinolite schist belonging to the Porto Murtinho Complex, which composes the basement rock, are identified. Geochemical data from the Sao Francisco Granite and volcanics of the Serra da Bocaina Formation show that these rocks are of acid composition with magmatism emplacement in magmatic arc settings; in post collisional stage, data also yield ferroan and peraluminous affinities which are compatible with A-type granites. U-Pb zircon (SHRIMP) analyses yield crystallization ages of 1878 ± 7 Ma for the Sao Francisco Granite, and 1899 ± 4 Ma for the rhyolitic flows of Serra da Bocaina Formation. Whole-rock Sm-Nd analyses yield $\epsilon_{Nd(1.87 Ga)}$ negative values ranging from -3.65 to -2.53, and T_{DM} ages 2.60 and 2.36 Ga that indicate these rocks must have formed by partial melting of continental crust. The results show that the Sao Francisco Granite and the volcanics of the Serra da Bocaina Formation are related to an Orosirian plutonic and volcanic event which is attributed to the Amoguija Magmatic Arc.

Keywords: Sao Francisco Granite, Serra da Bocaina Formation, Geochemistry, U-Pb and Sm-Nd Geochronology.

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO

I. 1. INTRODUÇÃO

I. 1. 1. Apresentação do Tema

As rochas do Granito São Francisco e vulcânicas da Formação Serra da Bocaina, objetos desse estudo, situam-se na porção sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, especificamente nas fronteiras Brasil – Bolívia – Paraguai e estão localizadas aproximadamente a 60 km do município de Porto Murtinho. A área é caracterizada pela ocorrência de rochas pertencentes ao Terreno Rio Apa, extremo meridional do Cráton Amazônico. De acordo com a compartimentação tectônica proposta por Lacerda Filho *et al.* (2006), a Suíte Intrusiva Alumiador e a Formação Serra da Bocaina constituem um conjunto plutono-vulcânico pertencentes ao Arco Magmático Amoguijá.

O contexto geológico em que se insere a área estudada é formado por rochas vulcânicas da Formação Serra da Bocaina, pelo Granito São Francisco da Suíte Intrusiva Alumiador e Formação Pantanal. Manzano *et al.* (2012) descrevem a Suíte Intrusiva Alumiador como rochas isotrópicas a levemente foliadas, de composição predominantemente monzo a sienogranítica, de cor cinza, mas predominando a cor rosa a vermelha. As texturas mais frequentes são as porfíricas e inequigranulares grossas, mas termos aplíticos e pegmatóides também são comuns. Datações U-Pb (SHRIMP) em zircão forneceram idade de cristalização de 1839 ± 33 Ma (Cordani *et al.* 2010).

Conforme Godoy *et al.* (2010) a Formação Serra da Bocaina é constituída por uma diversidade composicional e textural de rochas subvulcânicas, vulcânicas e vulcanoclásticas ácidas que constituem os termos mais representativos e compõem uma sequência magmática de composição álcali- riolítica a riolítica, incluindo menores proporções de andesitos, dacitos e riodacitos. Estas rochas encontram-se, em geral, assentadas discordantemente sobre os litotipos do Complexo Rio Apa e suas exposições apresentam-se circundadas pelos sedimentos da Bacia Sedimentar do Pantanal.

O intuito deste trabalho é colaborar com a compreensão da história magmática de ambas unidades (Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina) com base no mapeamento geológico sistemático e investigação petrográfica, geoquímica, isotópica (Sm-Nd) e geocronológica (U-Pb em zircão), dos mesmos, buscando o entendimento dos processos petrogenéticos responsáveis pela geração deste magmatismo, bem como suas idades de cristalização. Tenta-se, portanto, trazer mais informações para a compreensão da evolução tectônica deste importante evento que gerou vulcano-plutonismo nesta porção Sul do Cráton

Amazônico.

I. 1. 2. Localização e vias de acesso

A área de estudo situa-se na porção sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, que está inserida nas folhas Porto Murtinho (SF. 21-V-D) e Colônia São Lourenço (SF. 21-V-D-VI), no município de Porto Murtinho (Fig. I. 1), na serra de São Francisco. A área mapeada compreende o polígono que tem como limite as coordenadas UTM WGS 84 21S: 45607/7606485, 451607/766391, 432138/7626422, 432106/7606453 abrangendo a serra de São Francisco.

O acesso, a partir da cidade de Cuiabá, é feito pela BR 364 até o município de Rondonópolis, percorrendo-se aproximadamente 230 km, de onde se toma a BR 163 por mais 380 km até a cidade de Campo Grande. Da capital de Mato Grosso do Sul prossegue-se 240 km pela rodovia BR 060 até o município de Jardim, e daí até o município de Porto Murtinho, pela BR 267, totalizando 1.100 km. O trajeto em geral, é feito por estradas asfaltadas, em bom estado de conservação, e a locomoção até a área mapeada, a partir de Porto Murtinho, é concluída por estradas sem pavimentação asfáltica e vicinais que interligam as fazendas.

I. 1. 3. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo contribuir para o entendimento do evento plutono-vulcânico de idade Orosiriana, que é um importante registro geológico na porção sul do Cráton Amazônico.

Para isso se adotou uma abordagem multidisciplinar, que contou com mapeamento geológico, análises petrográficas, geoquímicas e de geologia isotópica das rochas do Granito São Francisco e vulcânicas da Formação Serra da Bocaina.

A partir do mapeamento geológico na escala 1:100.000 da área almejou-se os seguintes objetivos específicos:

- Cartografia geológica do Granito São Francisco e vulcânicas da Formação Serra da Bocaina;
- Caracterização petrográfica das rochas do Granito São Francisco e vulcânicas da Formação Serra da Bocaina;
- Investigação da petrogênese das unidades, com a utilização de dados litogeoquímicos (elementos maiores, traços e terras raras) e isotópicos (Sm - Nd), este último, exclusivamente para o Granito São Francisco.
- Definição da idade de cristalização das rochas do Granito São Francisco e vulcânicas da Formação Serra da Bocaina (U-Pb SHRIMP).

- Correlação com possíveis eventos magmáticos de natureza similar no sul do Cráton Amazônico.
- Ambiente tectônico responsável pela formação das rochas do Granito São Francisco e vulcânicas da Formação Serra da Bocaina.

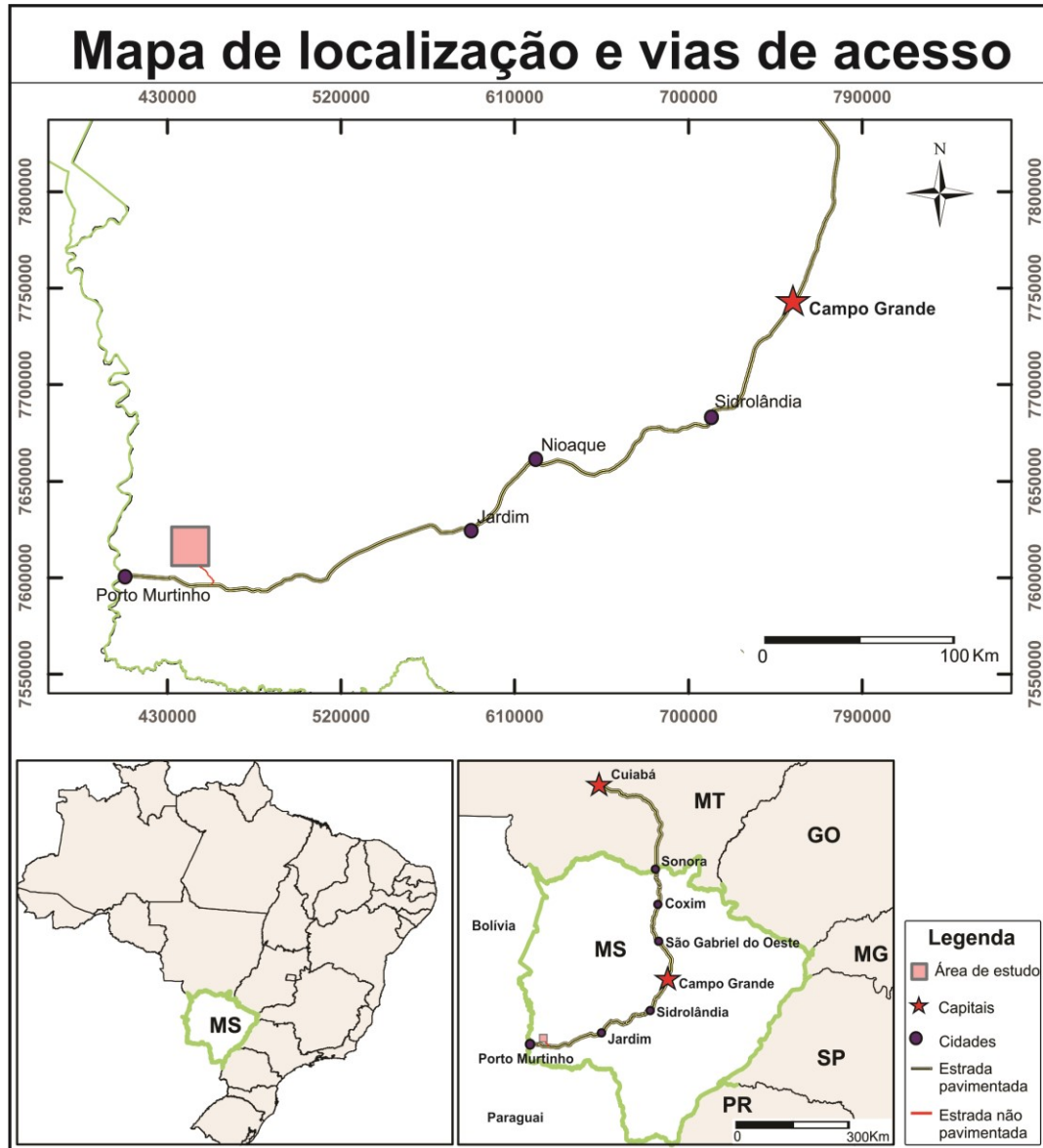


Figura I. 1. Mapa de localização e vias de acesso da área de estudo.

I. 1. 4. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está composta por quatro capítulos, em que o primeiro deles, além de abordar o tema estudado, destaca a relevância desta pesquisa para a região de Porto Murtinho (MS). Neste capítulo são elucidados os objetivos, a localização da área de estudo, bem como os materiais e métodos adotados na coleta de dados em campo e em laboratórios. Ainda no

primeiro capítulo é exposta uma revisão bibliográfica da Supersuíte Amoguijá, um conjunto de rochas plutono-vulcânicas que ocorrem no Terreno Rio Apa, sul do Cráton Amazônico.

No capítulo II é tratada a geologia local com os aspectos de campo e petrográficos das rochas vulcânicas da Formação Serra da Bocaina, análises geoquímica e geocronológica (U-Pb SHRIMP), aflorantes na área mapeada, rochas que são encaixantes do Granito São Francisco.

O capítulo III corresponde ao artigo: “Petrogênese e Contexto Tectônico do Granito São Francisco - Terreno Rio Apa - Sul do Cráton Amazônico” que será submetido à Revista de Geociências da USP.

As considerações finais e sugestões encontram-se no capítulo IV, onde é apresentada uma proposta de evolução geológica das rochas do Granito São Francisco e vulcânicas da Formação Serra da Bocaina e são sugeridas correlações entre elas e demais unidades do Terreno Rio Apa.

I. 1. 5. Materias e Métodos de Pesquisa

Para a execução e desenvolvimento desse trabalho, foram adotados procedimentos usuais em mapeamento geológico e coleta de amostras para análises laboratoriais seguindo um cronograma constituído de quatro fases principais: etapa preliminar, etapa de aquisição de dados (campo e laboratório), etapa de tratamento e sistematização de dados e etapa de conclusão e divulgação dos resultados.

I. 1. 5. 1. Etapa Preliminar

Nesta etapa efetuou-se o levantamento bibliográfico disponível referente à região do extremo sul do Cráton Amazônico e também a fotointerpretação de imagens *Geocover* e satélite. Além de análise dos dados geológicos e petrográficos previamente obtidos no Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Geologia-UFMT.

I. 1. 5. 2. Etapa de Aquisição de dados

Esta etapa corresponde às atividades desenvolvidas para a aquisição de dados em campo através do mapeamento geológico, e em laboratório por meio de análises petrográficas, geoquímicas e geocronológicas.

I. 1. 5. 2. 1. Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados em duas etapas. A primeira se deu durante os dias 25 e 30 de julho de 2014 e a segunda entre os dias 10 e 15 de dezembro do mesmo ano, quando foram realizadas a descrição de 85 afloramentos (Fig. I. 2), o reconhecimento das diferentes fácies litológicas, a coleta de dados estruturais e de amostras para os estudos geoquímicos, petrológicos e geocronológicos. Foram coletadas 40 amostras do Granito São

Francisco, 30 amostras das rochas da Formação Serra da Bocaina, tendo sido identificadas e orientadas para estudos laboratoriais (macro e microscópicos).

O mapeamento geológico foi realizado na escala 1:100.000, na região de Porto Murtinho (MS), para reconhecimento geológico e definição das litologias presentes. Nessa etapa, foi empregada também uma análise estrutural e metamórfica com o intuito de se estabelecer um entendimento geológico-estrutural da área.

I. 1. 5. 2. 2. Trabalhos de Laboratório

Análises Petrográficas

As amostras coletadas durante as etapas de campo foram descritas macroscopicamente considerando os aspectos texturais, estruturais e composicionais. A partir daí, foram confeccionadas trinta e oito seções delgadas no Laboratório de Laminação da Faculdade de Geociências (FAGEO-UFMT), sendo 18 seções delgadas do Granito São Francisco e 20 das rochas da Formação Serra da Bocaina.

A atividade de descrição das lâminas foi desenvolvida em microscópio óptico binocular da marca Olympus, modelo BX50, no Laboratório de Microscopia (FAGEO-UFMT), com a finalidade de caracterizar petrograficamente os litotipos (composição mineralógica, feições texturais), verificar sua variação faciológica e identificar seus aspectos deformacionais.

As fotomicrografias das seções delgadas foram obtidas com polarizadores paralelos e cruzados, usando uma câmera modelo *Infinity Capture* acoplada ao microscópio, disponibilizada também pela FAGEO-UFMT.

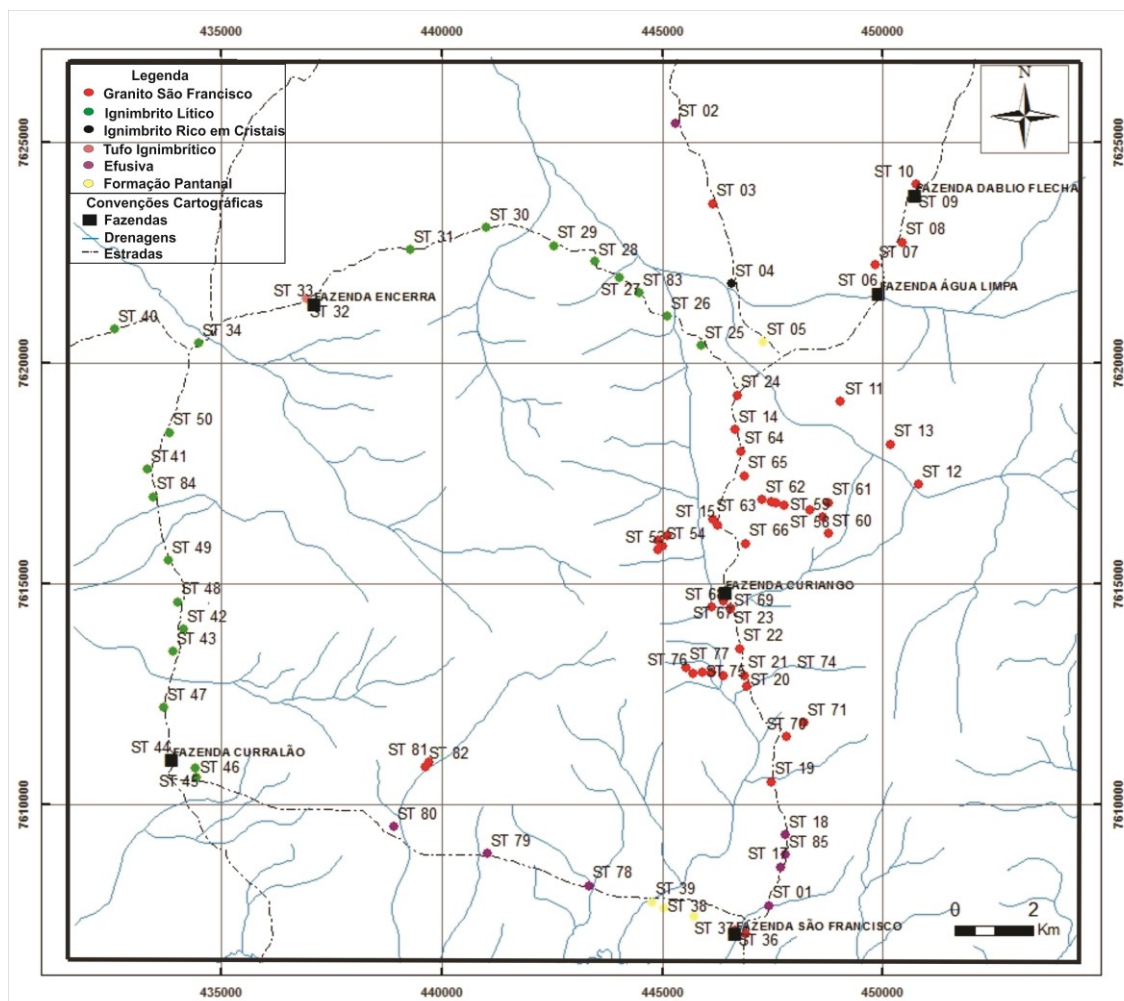


Figura I. 2. Mapa de localização dos afloramentos da área estudada.

Análises Litogeoquímicas

Para as análises geoquímicas foram estudados os resultados de 13 amostras mais representativas do Granito São Francisco, atentando para sua distribuição na área, diversidade mineralógica e granulação. Foram escolhidas 6 amostras da Fácies Biotita Monzo-Sienogranito e 7 da Fácies Álcali-Feldspato Granito Gráfico. Enquanto para as rochas da Formação Serra da Bocaina, foram analisadas 12 amostras, sendo 4 amostras da Fácies Ignimbrito Lítico, 2 da Fácies Ignimbrito rico em Cristais, 2 da Fácies Tufo Ignimbrito, 3 da Fácies Efusiva e uma do litoclasto. Essas foram lavadas para a remoção de impurezas e cortadas com serra diamantada para a remoção de camadas alteradas com a finalidade de evitar a contaminação química. Posteriormente, foram britadas e pulverizadas em moinho oscilante no Laboratório Intermediário de Preparação de Amostras da Rede Geocronos da FAGEO-UFMT. Após quarteamento, separou-se aproximadamente 100 gramas de cada amostra para serem enviadas ao *Acme Analytical Laboratories (Acmelab)* - Vancouver/Canadá para análise de elementos maiores e menores expressos em óxidos (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , $\text{FeO}_{\text{total}}$, MnO , MgO , CaO , Na_2O ,

Souza, C.D. 2016. Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina: Evidências de Magmatismo Tipo A Em Arco Magmático Continental – Terreno Rio Apa – Sul do Cráton Amazônico.

K₂O e P₂O₅) e traços (Rb, Sr, Cr, Ni, Zr, Y, Ce, Ba, Be, Nb, Cu, Lu, Dy, Gd, Er, Yb, Y, La, Eu, Nd, Ce e Sm), através dos métodos ICP-ES (*Inductively Couple Plasma Emission Spectrometry*) e ICP-MS (*Inductively Couple Plasma Mass Spectrometry*).

Para o tratamento dos dados de química de rocha foi utilizado o *software GCDkit 3.0*. A interpretação dos resultados das análises buscou a caracterização geoquímica, a natureza do magmatismo e ambiência tectônica.

Análise geocronológica- Método U-Pb SHRIMP (zircão)

Na análise geocronológica foi utilizado o método de datação U/Pb (SHRIMP) em zircões da amostra ST - 55, do Granito São Francisco, que corresponde à Fácies Alcali-Feldspato Granito Gráfico, com o intuito de estabelecer sua idade de cristalização. Enquanto para determinar a idade de cristalização dos derrames da Formação Serra da Bocaina, foi selecionada a amostra ST 01 da Fácies Efusiva que corresponde a um riolito, localizada na porção sul da área mapeada.

As amostras coletadas foram preparadas seguindo os métodos convencionais como britagem, moagem e peneiramento nas frações entre 63-250 *mesh*, sendo utilizada a do intervalo de 90 *mesh*. Para facilitar o trabalho na etapa posterior foram removidos os minerais magnéticos com a utilização de ímã. Em sequência, as amostras foram processadas em líquido denso (Bromofórmio 2,85 g/cm³), que resultou num concentrado de minerais pesados, utilizando-se um separador magnético Frantz. A partir disso, com auxílio de lupa binocular, foram selecionados 100 (cem) cristais de zircão, para cada amostra, que foram enviados para o laboratório CPGeo-IGc/USP.

Nesse laboratório, os dados isotópicos U-Pb (SHRIMP) foram obtidos através de feixe primário de O² com 30 µm de diâmetro. Os procedimentos analíticos e calibração do aparelho são detalhados em Stern (1988), Willians (1998) e Sato et al. (2008). O equipamento SHRIMP II (*Sensitive High Resolution Ion Microprobe*) é um espectrômetro de massa de alta resolução que utiliza ionização por íons de oxigênio (negativo) acoplado a uma microssonda iônica, que permite efetuar análises isotópicas de U e Pb de zircão “*in situ*” e, portanto, a datação de zircão que apresente multifases de crescimento. No entanto, fez-se necessário um estudo prévio por microscopia eletrônica de varredura para a obtenção de imagens por catodoluminescência (CL) dos cristais de zircão.

As idades foram calculadas através do programa ISOPLOT/EX de Ludwig (2001) e estão representados nos diagramas de concórdia nos Capítulos II e III.

Análise Isotópica - Método Sm-Nd

As amostras ST - 55 e ST - 07, correspondentes às fácies Álcali-Feldspato Granito e Biotita Monzo-Sienogranito, do Granito São Francisco, que foram analisadas no laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) da Universidade Federal do Pará. O método Sm-Nd aplicado em rocha total, seguiu o procedimento analítico descrito por Gioia & Pimentel (2000), com algumas modificações em Oliveira *et al.* (2008). Estas amostras selecionadas foram previamente pulverizadas e dissolvidas com HNO₃, HCl e HF em forno de microondas, após introdução de um traçador misto ¹⁴⁹Sm/¹⁵⁰Nd para a determinar os teores de Sm e Nd por diluição isotópica.

Em continuidade, foi realizada a separação química por cromatografia em resina de troca iônica em duas etapas. A primeira, para separar os ETRs dos demais elementos, utilizando uma coluna de teflon com resina catiônica Dowex Ag50x8 e a segunda, para separar dos elementos Sm e Nd entre si dos outros ETRs em uma coluna de teflon com resina Ln. Após, sua coleta e secagem, as frações de Sm e Nd foram solubilizadas de HNO₃. Essa solução é analisada por um espectrômetro de massa com fonte de plasma (ICP-MS) modelo *Thermo-Finnigan Neptune*.

As razões ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd foram normalizadas pelos valores ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd= 0,7219. A correção de fracionamento seguiu a lei exponencial do padrão La Jolla. A constante do decaimento usada foi o valor de 6,54 x 10⁻¹²/ano (Lugmair & Marti 1978). Os cálculos idades-modelo foram baseados no modelo de evolução do manto empobrecido de DePaolo (1981).

I. 2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

I. 2. 1. Cráton Amazônico

O Cráton Amazônico está inserido na Plataforma Sul-Americana representando uma das mais expressivas áreas no mundo de idade Arqueana/Proterozóica (Almeida & Hasui, 1984). Foram discutidas ao longo do tempo duas hipóteses quanto à evolução tectônica do Cráton, a primeira concepção denominada de modelo fixista e a segunda concepção trata-se do modelo mobilista, o mais aceito atualmente para a evolução do Cráton fundamentando-se na Teoria da Tectônica Global ou de Placas.

Nas últimas décadas, alguns autores buscaram descrever o cenário evolutivo do Cráton Amazônico baseados na teoria da Tectônica de Placas, mas não há consenso de compartimentação tectônica - geocronológica da área total e permanecem em debate. Vale ressaltar os três principais modelos: Tassinari e Macambira (1999 e 2004), Santos *et al.* (2000 e 2008), e Ruiz *et al.* (2005).

Tassinari & Macambira (1999 e 2004) propõem uma compartimentação baseada em idades do embasamento metamórfico, características geológicas e evidências geofísicas, dados

evoluídos a partir de Cordani *et al.* (1979), que retrata sucessivas acreções de crostas juvenis em cinturões móveis proterozóicos (províncias Maroni-Itacaiúnas, 2.2 a 1.9 Ga; Ventuari-Tapajós, 1.9 a 1.8 Ga; Rio Negro-Juruena, 1.8 a 1.55 Ga; Rondoniano-San Ignácio, 1.55 a 1.3 Ga e Sunsás-Aguapeí, 1.2 a 0.9 Ga), situados ao redor de um núcleo proto-cratônico arqueano (Província Amazônia Central > 2.5 Ga).

Santos *et al.* (2000 e 2008) fundamenta-se, principalmente, em dados geocronológicos obtidos pelo método U-Pb (SHRIMP), propuseram uma subdivisão para o Cráton Amazônico, nas seguintes províncias: Carajás-Imataca, 3.10 a 2.53 Ga; Transamazônica, 2.25 a 2.00 Ga; Tapajós-Parima, 2.10 a 1.87 Ga; Amazônia Central, 1.88 a 1.70 Ga; Rio Negro, 1.86 a 1.52 Ga; Rondônia-Juruena, 1.76 a 1.47 Ga e Sunsás, 1.33 a 0.99 Ga.

A compartimentação tectônica-geocronológica adotada nesse trabalho é a de Ruiz *et al.* (2005) que considera o Terreno Rio Apa como parte integrante do Cráton Amazônico (Fig. I. 3). Com esta nova configuração, o Cráton apresenta em seu extremo sul um comportamento de margem passiva.

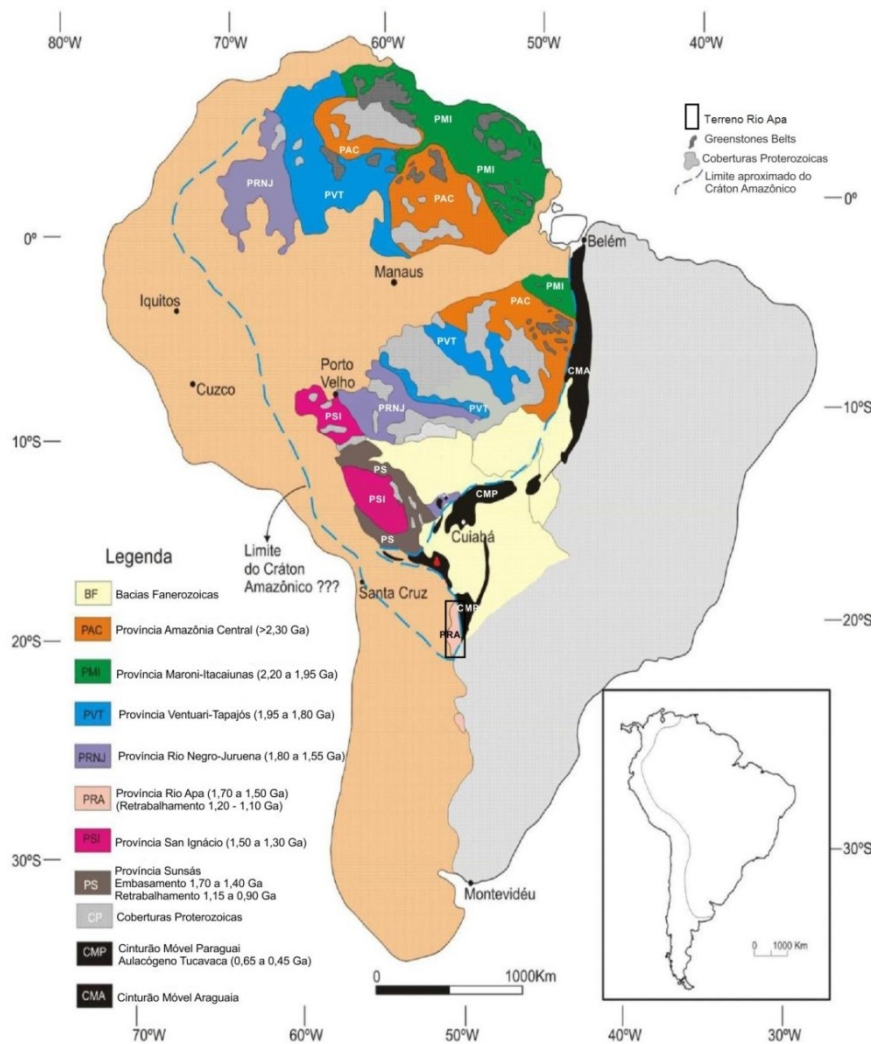


Figura I. 3. Compartimentação geocronológica e tectônica do Cráton Amazônico, considerando o Maciço rio Apa como seu extremo meridional (Ruiz 2005).

I. 2. 2. Terreno Rio Apa

As rochas plutono-vulcânicas que ocorrem na serra de São Francisco estão inseridas dentro do contexto geotectônico do Terreno Rio Apa, no sul do Cráton Amazônico. O Terreno Rio Apa é um fragmento crustal exposto em área restrita no SW do Mato Grosso do Sul fronteira com a Bolívia e estende-se para o norte paraguaio, constitui-se por rochas paleo-mesoproterozoicas, intrudidas por granitos, recoberto por sequências sedimentares neoproterozoicas dos grupos Itapocumi e Corumbá e quaternárias da Formação Pantanal, e tem sua evolução tectônica atribuída a formação de uma série de arcos magmáticos complexos (Fig. I. 4).

Lacerda Filho *et al.* (2006) através de análises litogeoquímicas e geocronológicas indicam que as rochas do Terreno Rio Apa foram geradas entre 1.95 e 1.75 Ga e reúnem granitoides e sequências metavucano - sedimentares de arcos magmáticos acrescionários do

segmento mais meridional do Cráton Amazônico. Os mesmos autores propõem uma compartimentação tectônica para o Terreno Rio Apa em: Remanescente de Crosta Oceânica (2.2 a 1.95 Ga), Arco Magmático Rio Apa (1.95 a 1.87 Ga), Arco Magmático Amoguijá (1.87 a 1.75 Ga) e Intrusivas Básicas (1.79 a 1.78 Ga).

Cada unidade tectônica será descrita abaixo conforme sua constituição litológica, geoquímica, geocronológica e seus aspectos deformacionais e metamórficos.

i) Remanescente de Crosta Oceânica

Essa unidade é formada por rochas metavulcanossedimentares paleoproterozoicas que pertencem ao Grupo Alto Tererê, situadas na porção central do Terreno Rio Apa, orientadas segundo a direção NNW-SSE e intrudidas pelos granitoides do Complexo Rio Apa (1.94 Ga) e do Granito Alumiador (1.83 Ga), representando a unidade mais antiga do Cráton Amazônico na região sul do estado de Mato Grosso do Sul (Lacerda Filho *et al.* 2006).

Segundo esses autores, são rochas supracrustais representadas por metapelitos aluminosos e anfibolitos derivados de metavulcânicas básicas toleíticas, deformadas e metamorfizadas na fácies anfibolito, com retrometamorfismo para a fácies xisto verde. Feições primárias, como a presença de lavas almofadadas, e as características litogeoquímicas dos anfibolitos indicam ambiente extensional de bacia oceânica.

O regime compressivo que afetou a seqüência gerou deformações progressivas com vergência para oeste, e desenvolvimento de cinturões de cavalgamento de direção submeridiana, colocando-a, por vezes, sobre as rochas do Grupo Amoguijá por meio de falhas de empurrão. Análises U-Pb (SHRIMP), em zircão, indicam 2.2 a 1.95 Ga e isótopos Sm-Nd com idade-modelo (T_{DM}) de 2.2 Ga para essas rochas (Lacerda Filho *et al.* 2006).

ii) Arco Magmático Rio Apa

O Arco Magmático Rio Apa corresponde ao Complexo Rio Apa, é constituído predominantemente por hornblenda – biotita gnaisses, gnaisses migmatíticos e/ou migmatitos ortoderivados de composição ácida a tonalítica de coloração rósea e cinza, interdigitados tectonicamente, além de raros anfibolitos e metagranitoides de composição variando predominantemente entre tonalitos e granodioritos, constituindo as principais variações litológicas do Arco Magmático Rio Apa (Godoy 2010).

Os dados litogeoquímicos apresentados por Lacerda Filho *et al.* (2006) definem para estas rochas filiação cálcio-alcálica, de afinidade adakítica, indicativa de ambiente de arco vulcânico; enquanto datações U-Pb SHRIMP, em zircão, mostram idade paleoproterozoica de 1.94 Ga. Dados isotópicos Sm-Nd reportam idade-modelo (2.57Ga) e valores de ϵ_{Nd} de -6 indicam forte envolvimento de material crustal mais antigo na sua formação.

Essas rochas possuem orientação NNW/SSE, com vergência direcionada para oeste, afetada por uma tectônica dúctil a dúctil-rúptil, evidenciada por zonas de cisalhamento contracionais predominantemente NE-SW, com mergulhos entre 20° e 60° SE, com inflexões para NS e NW-SE (Godoi *et al.* 1999).

iii) Arco Magmático Amoguijá

O Arco Magmático Amoguijá, de acordo com Lacerda Filho *et al.* (2006), compreende rochas subvulcânicas e vulcânicas félsicas da Formação Serra da Bocaina e pelas plutônicas da Suíte Intrusiva Alumiador. Essas rochas estão pouco deformadas e foram afetadas por tectônica rúptil a rúptil-dúctil, expressa por zonas transcorrentes confinadas, com direção predominante NW-SE.

Os dados litogeoquímicos apresentados por esses autores indicam afinidade cálcio-alcalina, enquanto os dados U-Pb (SHRIMP) em zircão, realizados em amostra da fácies plutônica, apontam idades paleoproterozoicas de 1.86 e 1.79 Ga. Dados isotópicos Sm-Nd para o Granito Alumiador e metavulcânicas da Serra da Bocaina ofereceram idades-modelo T_{DM} paleoproterozoicas de 2.17 Ga e 2.26 Ga, respectivamente. As informações sobre a Suíte Intrusiva Alumiador e Formação Serra da Bocaina serão abordadas no item Revisão Bibliográfica da Supersuíte Amoguijá.

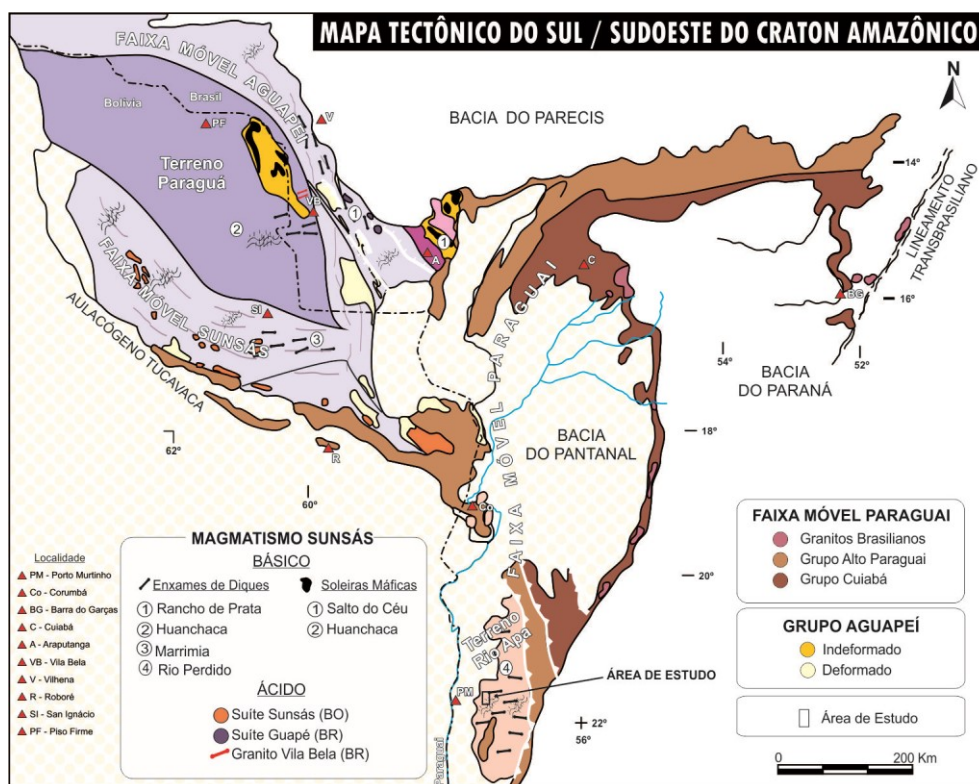


Figura I. 4. Mapa tectônico do Sul/Sudoeste do Cráton Amazônico de Ruiz *et al.* (2010) destacando a área de estudo.

Cordani *et al.* (2010) considerando a distribuição geográfica, idade e assinatura isotópica das unidades litotectônicas apresentadas por este terreno sugerem a existência de dois domínios diferentes, oriental e ocidental (Fig. I. 5.), que teriam evolução distintas e são separados por uma zona de sutura, com direção predominante NS, que foram justapostos em torno de 1670 Ma.

O Bloco Ocidental é composto pelos gnaisses do complexo Porto Murtinho – embasamento deste domínio, Supersuíte Amoguijá (que compreende a Suíte Intrusiva Alumiador e Formação Serra da Bocaina), Suíte Intrusiva Morro do Triunfo, Suíte Gabro-Anortosítica Serra da Alegria e os metassedimentos dos grupos Amolar e São Luis/Campanário. Enquanto o Bloco Oriental inclui os gnaisses Morraria e Caracol, Grupo Alto Tererê, Granito Baía das Garças e os gnaisses, granitos e migmatitos da Província Paso Bravo.

I. 2 .2. 1. Contexto Geológico do Bloco Oriental

Considerando a disposição estratigráfica proposta em Cordani *et al.* (2010) para o Bloco Oriental, são reconhecidas as seguintes unidades litoestratigráficas que, da base ao topo: Complexo Paso Bravo (Wiens, 1986), Complexo Rio Apa (Araújo *et al.* 1982), Grupo Alto Tererê (Lacerda Filho *et al.* 2006).

Complexo Paso Bravo

As rochas desse bloco são descritas originalmente por (Wiens 1986) e constituem um conjunto litológico complexo e diversificado, de médio grau metamórfico que ocorre no Paraguai. Na parte oeste do Complexo, são caracterizados gnaisses, fortemente foliados e podem ser facilmente correlacionados ao Gnaisse Caracol. Na porção leste, a ocorrência dos gnaisses não apresenta correlação com nenhuma unidade mapeada no Brasil.

Tais rochas, além de quartzo e feldspato, apresentam uma grande concentração de minerais máficos como granada, hornblenda, biotita e piroxênio. Migmatitos são descritos com diferentes níveis de deformação, com granulação média a grossa, por vezes, apresentam-se localmente porfíricos e são constituídos por biotita granito. Os migmatitos, também, não possuem correlatos no Brasil. Cordani *et al.* (2010) revelaram uma idade de cristalização de 1839 ± 33 Ga, com análises U-Pb em zircão.

Gnaisse Caracol

Essa unidade foi descrita e individualizada por Cordani *et al.* (2010) como Gnaisse Caracol dos Gnaisses Porto Murtinho, Morraria e Paso Bravo baseado em dados litológicos e geocronológicos. Os mesmos autores descrevem como ortognaisses leucocráticos, cinza a rosa, médio a grosso e textura granoblástica, com fraca a moderada foliação, que ocorrem entre as cidades de Bonito e Caracol. A individualização desta unidade é constatada pelas diferenças

entre estes litotipos ao norte e sul desta região, devido características isotópicas U-Pb e Rb-Sr, mas principalmente em sua paragênese mineral. Apresentam idades de cristalização de 1721 ± 25 Ma conforme dados isotópicos U-Pb em zircão.

Cabrera & Nogueira (2013) a caracterizam com textura gnáissica típica, inequigranular média a porfirítica, com porfiroblastos rotacionados de feldspato alcalino, e bandamento composicional, caracterizado por níveis félsicos e máficos. São litotipos leucocráticos, de cor rosa, compostos por feldspato alcalino, plagioclásio e quartzo, tendo biotita e anfibólio como máficos essenciais.

Grupo Alto Tererê

Lacerda Filho *et al.* (2006) propõem que Grupo Alto Tererê está situado na porção central da província, que ocorrem rochas metavulcanossedimentares paleoproterozoicas. Seus litotipos estão orientados segundo NNW-SSE e, por estarem intrudidos pelos granitoides do Complexo Rio Apa e da Suíte Amoguijá, representam a unidade mais antiga do Cráton Amazônico na região Sul do Mato Grosso do Sul.

As rochas supracrustais compreendem metapelitos aluminosos e anfibolitos derivados de metavulcânicas básicas de filiação toleítica, deformadas e metamorizadas na fácies anfibolito, com retrometamorfismo para a fácies xisto verde. São identificadas estruturas primárias, tais como derrames com *pillows* e as características litogeoquímicas dos anfibolitos, indicam ambiente extensional de bacia oceânica.

O Grupo Alto Tererê é marcado pelo regime compressivo caracterizado por deformações progressivas, com vergência para oeste, e desenvolvimento de cinturões de cavalgamento de direção submeridiana, colocando-o, por vezes, sobre as rochas da Suíte Amoguijá por meio de falhas de empurrão/inversas. As idades modelo T_{DM} de 2.26 e 2.28 Ga, que são consideradas pelos autores como próximas às idades de cristalização das rochas básicas que correspondem ao protólito dos anfibolitos (Lacerda Filho *et al.* 2006).

I. 2. 2. 2. Contexto Geológico do Bloco Ocidental

Considerando a disposição estratigráfica em Cordani *et al.* (2010), são reconhecidas as seguintes unidades litoestratigráficas para o Bloco Ocidental, da base ao topo: Gnaisse Porto Murinho e Morraria, Gabro-Anortosito Serra da Alegria (Silva 1998), Supersuíte Amoguijá (Godoi & Martins 1999) – Suíte Intrusiva Alumiador (Araújo *et al.* 1982) e Formação Serra da Bocaina (Brites *et al.* 2013); Grupo Amolar (Lacerda Filho *et al.* 2006); Grupo San Luis (Wiens, 1986) e Suíte Intrusiva Morro do Triunfo (Araújo *et al.* 1982).

Complexo Rio Apa

Cordani *et al.* (2010) individualizam as faixas de rochas gnáissicas a leste da cidade de Porto Murtinho denominando-as de Gnaisse Porto Murtinho com referência na diferença entre as paragêneses minerais, além de análises isotópicas de U-Pb e Rb-Sr. Estas rochas do embasamento são consideradas por Lacerda Filho *et al.* (2004) como possivelmente correlatas com os gnaisses do norte do Complexo Rio Apa (Gnaisse Morraria). Essa unidade encontra-se recoberta pelas rochas vulcânicas félsicas da Formação Serra da Bocaina e intrudidas pelos granitoides da Suíte Intrusiva Alumiador, onde alguns xenólitos podem ser observados.

Campos (2011) descreve as rochas dessa unidade como gnaisses bandados, compostos por rochas leucocráticas cinza-esbranquiçado a rosado, textura inequigranular média a fina. São ortoderivadas e evidenciam efeitos de polideformação marcada pela presença de bandamentos expressivos, dobramentos e foliação penetrativa, proeminente, de direção SEE, relacionada a um evento deformacional posterior que deu origem ao bandamento gnáissico

Supersuíte Amoguijá

A Supersuíte Amoguijá, foco deste trabalho, será descrita mais detalhadamente no item a seguir em Revisão Bibliográfica da Supersuíte Amoguijá.

Gabro Anortosito Serra da Alegria

O Gabro Anortosito Serra da Alegria é descrito por Silva (1998) como um corpo cumulático, constituído por anortositos, leucogabros, gabros e melagabros. Datação em amostra de anortosito pelo método U-Pb SHRIMP em zircão, gerou a idade de 1790 Ma.

Dados isotópicos Sm-Nd de anortosito e gabro geraram idade modelo T_{DM} de 2.51 Ga, com valores de ϵNd de -2,89 a -4,32, sugestivos de contribuição crustal (Lacerda Filho *et al.* 2006).

Grupo Amolar

O Grupo Amolar foi definido por Lacerda Filho *et al.* (2006) como rochas metassedimentares, tais como: quartzitos, filitos, metaconglomerados e xistos. Segundo Theodorovicz & Câmara (1991) essas rochas foram depositadas em ambiente costeiro devido à fácies de canais entrelaçados, lagunar e fluvial e encontram-se estruturadas por dobras abertas e isoclinais fechadas, transpostas por zonas de cisalhamento dúcteis sinistrais, de direção NW-SE, associadas com cavalgamentos resultantes de deformação progressiva.

A ocorrência destas rochas na região de fronteira Brasil-Paraguai estende-se por uma vasta área, próximo ao rio Apa e entrando para o Paraguai, constitui uma estrutura de ziguezague. São intrudidas por pequenos plútons graníticos segundo Cordani *et al.*(2010).

Grupo San Luis/Campanário

As rochas desta unidade são descritas por Fúlfaro & Palmieri (1986) como metarenitos, arcóseos, metaconglomerados, xistos quartzo-sericíticos, filitos, xistos filíticos, quartzitos e quartzitos com muscovita, apresentando em sua base camadas de conglomerado. Conforme Wiens (1986) essas rochas apresentam baixo metamorfismo e não são observadas grandes deformações no Paraguai.

O Grupo San Luis é caracterizado por Cabrera & Nogueira (2013) como uma sequência metassedimentar incluindo metarenitos e quartzitos micáceos, intercalados com lentes de metapelito, metarenito de granulometria grossa e metaconglomerados. Seus litotipos são definidos por xistos e metarenitos micáceos, de granulometria fina a média, e cor cinza, quando inalteradas, a bege claro devido à percolação de água meteórica, sendo composta por mais de 80% de quartzo, associado à muscovita, sericita e opacos.

Suíte Intrusiva Morro do Triunfo

A Suíte Intrusiva Morro do Triunfo constitui um maciço com notável destaque devido seu posicionamento em meio um relevo topograficamente rebaixado típico da região pantaneira. Configura-se em um único corpo de aproximadamente 23 km². Apresenta um contato claramente litológico com os sedimentos da Formação Pantanal que encobre a relação desta intrusiva com as rochas do embasamento Pré-Cambriano, tendo na parte oeste, um contato por falha com as vulcânicas ácidas do Grupo Amoguijá (Araújo *et al.* 1982).

Cabrera *et al.* (2011) descrevem as rochas desta unidade como gabróicas, melanocráticas de cor cinza-escuro, maciças, granulação média a fina, textura ofítica a subofítica, e diversos estágios de alteração. A análise química preliminar indicaram um magmatismo sub-alcalino, de caráter toleítico, desenvolvido em ambiente intra-placa.

Formação Xaraiés

Os sedimentos da Formação Xaraiés, no Mato Grosso do Sul, de acordo com Godoi *et al.* (1999) ocorrem em áreas aplainadas de relevo baixo e cobrem indistintamente litotipos do Complexo Rio Apa, dos grupos Jacadigo e Corumbá e é recoberta pela Formação Pantanal. Sua origem está associada ao intemperismo químico de rochas carbonáticas dos Grupos Corumbá e Alto Paraguai, que propiciaram a precipitação de carbonato e formação de depósitos nos sopés das serras da Bodoquena e Araras, em sítios de transporte reduzido (Almeida, 1945b, 1964; Figueiredo & Olivatti, 1974; Nogueira *et al.*, 1978; Luz *et al.*, 1980; Del'Arco *et al.*, 1982).

Formação Pantanal

A Formação Pantanal é uma das maiores planícies de nível de base interiores do globo ainda em processo de entulhamento. Sua deposição está relacionada aos efeitos da orogenia

Andina, desenvolvendo-se ao longo de falhas em ambiente fluvial e/ou flúviolacustre, num processo de subsidência do embasamento (Almeida 1959 e Del’Arco *et al.* 1982).

Almeida (1964) a caracteriza com sedimentos arenosos e silto-argilosos, com pouco cascalho parcialmente laterizados, depositados em leques aluviais.

A neotectônica tem atuado na modelagem do Pantanal, proporcionando mudanças de níveis de base, de gradientes topográficos e condicionado o curso do rio Paraguai na borda oeste da bacia. Estruturas NE associadas ao Lineamento Transbrasiliano indicam atividade tectônica sinsedimentar. A sedimentação atual ocorre principalmente na planície meandrante do rio Paraguai, e no lobo atual do megaleque do rio Taquari, áreas sob forte inundação anual (Assine 2005).

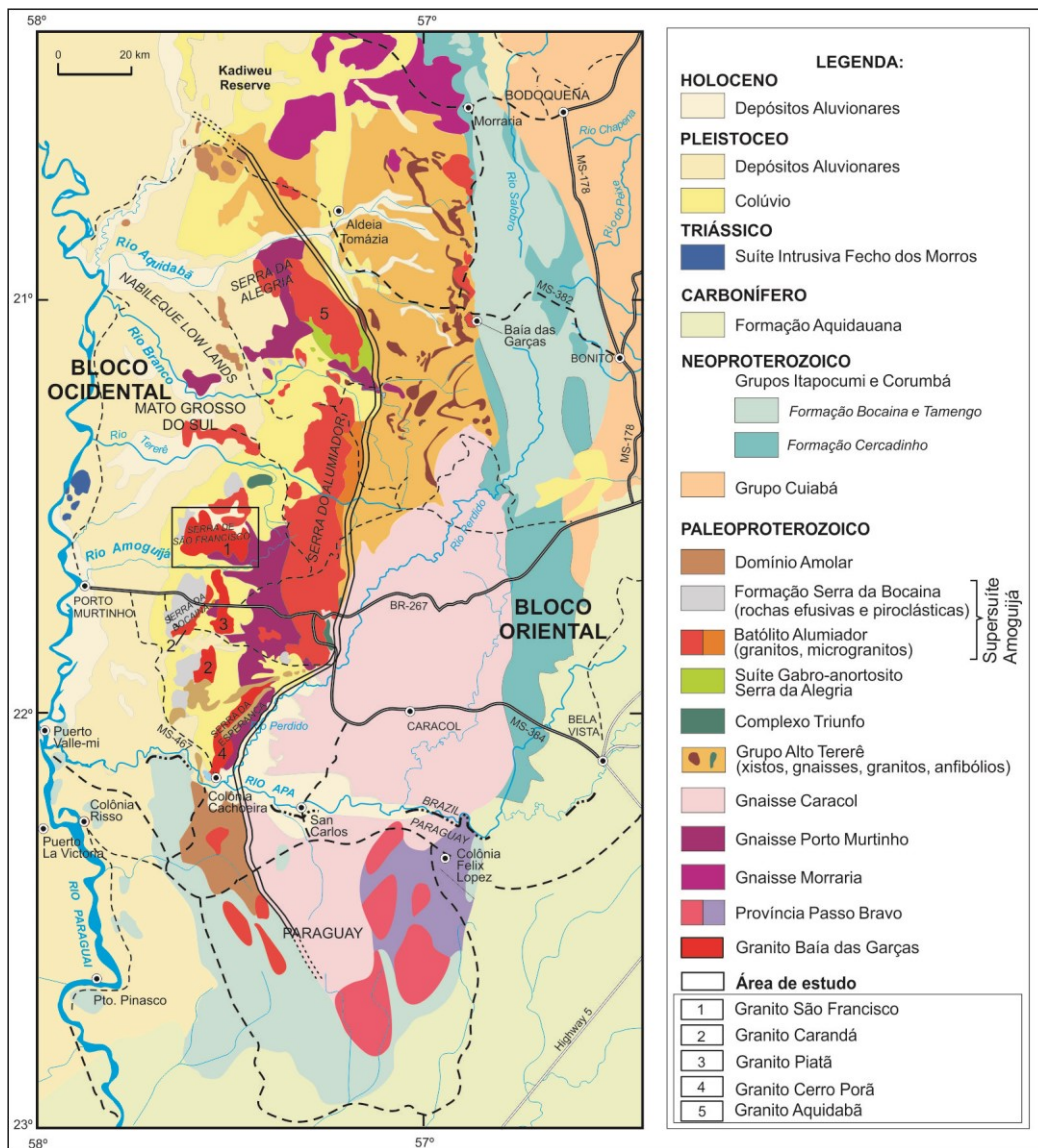


Figura I. 5. Mapa geológico do Terreno Rio Apa destacando os dois blocos tectônicos Oriental e Ocidental, zona de sutura preferencial NS e área de estudo, extraído de Cordani *et al.* (2010).

I. 2. 3. Revisão Bibliográfica da Supersuíte Amoguijá

As primeiras referências das rochas plutônicas e vulcânicas da região de Porto Murinho devem-se a Hussak (1894), Lisboa (1909), Oliveira & Leonardos (1943), Oliveira & Moura (1944) e Almeida (1965) denominou as vulcânicas que ocorrem as margens da rodovia BR 267 de Quartzo-Pórfiros de Amoguijá (Lacerda Filho *et al.* 2006).

Corrêa *et al.* (1976) agrupam as rochas vulcânicas, granitos e microgranitos no Complexo Basal e as definem em Intrusivas e Extrusivas Ácidas. Enquanto Nogueira *et al.* (1978) ao individualizar corpos graníticos ao longo da borda da serra da Bodoquena seguem a denominação de Intrusivas Ácidas.

Schobbenhaus *et al.* (1979) denominaram este conjunto de rochas ácidas que ocorrem segundo um alinhamento preferencial norte-sul como Complexo Amoguijá e dividiram em duas associações, superior e inferior. Sendo a superior composta de rochas vulcânicas ácidas, representadas por diversas variedades de quartzo pórfiros e produtos piroclásticos e a inferior compreendendo maciços intrusivos de granitos, granófiros, granitos gráficos, biotita microgranitos porfíricos, aplitos e gnaisses graníticos.

Araújo *et al.* (1981) denominou de Suíte Intrusiva Alumiador as rochas plutônicas representadas por corpos graníticos, granodioritos e, raramente, subvulcânicos da serra do Alumiador e Suíte Vulcânica Serra da Bocaina para rochas metavulcânicas de baixo grau, ácidas a intermediárias, constituídas por riolitos, riodacitos, dacitos, brechas vulcânicas e tufos.

Silva (1998) reconheceu variações petrográficas em uma das serras que constituem a Suíte Intrusiva Alumiador e interpretou-as como uma série diferenciada e ampla, e, portanto petrograficamente distinta das demais partes do batólito.

Godoi & Martins (1999) utilizam a designação Supersuíte Amoguijá para reunir as rochas vulcânicas pertencentes à Suíte Vulcânica Serra da Bocaina e plutônicas da Suíte Intrusiva Alumiador.

O termo Supersuíte Amoguijá foi substituído por Grupo Amoguijá por, Godoi *et al.* (2001), dividindo em Suíte Vulcânica Serra da Bocaina e Suíte Intrusiva Alumiador que são consideradas contemporâneas. Estes mesmos autores classificam a Suíte Vulcânica Serra da Bocaina como rochas vulcânicas ácidas, incluindo dacitos, riodacitos, riolitos e rochas vulcanoclásticas, tais como: tufos, lapilitufos e brechas vulcânicas.

Lacerda Filho *et al.* (2006) adotaram o termo Suíte Amoguijá e o subdividiram em Granito Alumiador que engloba biotita granitos, monzogranitos com autólitos de tonalito, micromonzogranitos, granodioritos, magnetita-biotita sienogranitos, sienogranitos granofíricos e granófiros; e as Vulcânicas Serra da Bocaina constituída de riolitos porfíricos e

microporfíricos, riolitos e dacitos, com intercalações de rochas piroclásticas e brechas vulcânicas, considerando as relações de cogeneticidade destas rochas.

As rochas vulcanoclásticas ácidas pertencentes à Suíte Vulcânica Serra da Bocaina do Grupo Amoguijá, estudadas por Manzano *et al.* (2008), são compostas por riolitos e pela presença de variados produtos piroclásticos, além de outras rochas vulcânicas como riolitos e dacitos.

Godoy *et al.* (2010) caracterizam a Suíte Vulcânica por variedade textural de rochas subvulcânicas, vulcânicas e vulcanoclásticas. Os depósitos piroclásticos são de maior expressão e constituem-se por partículas piroclásticas imersas em matriz afanítica de granulometria fina ou amorfa. As rochas piroclásticas são representadas por brechas, tufos, ignimbritos, aglomerados, lapilitos e púmices.

Cordani *et al.* (2010) definiram como Suíte Intrusiva Alumiador (1839 ± 33 Ma) as rochas graníticas e micrograníticas de composição sieno a monzograníticas e Grupo Serra da Bocaina os riolitos, dacitos, rochas piroclásticas e as brechas vulcânicas.

Brittes & Plens (2010), Brittes *et al.* (2013), seguindo os parâmetros estabelecidos pelo Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri *et al.* 1986), designaram as rochas efusivas e piroclásticas expostas na serra da Bocaina como Formação Serra da Bocaina, mantendo o termo Suíte Intrusiva Alumiador, proposto por Araújo *et al.* (1981), para denominar as rochas graníticas que sustentam a serra do Alumiador e da Alegria.

Campos (2011) caracteriza o Granito Piatã por rochas leucocráticas ou, mais raramente, hololeucocráticas, de cor cinza, anisotrópicas e foliação proeminente de direção E-SE, de textura fanerítica fina a média, equi a inequigranulares porfíricas ou pegmatíticas, composições granodiorítica a monzogranítica. Por vezes, apresenta enclaves microgranulares de cor cinza-escuro e xenólitos do Gnaisse Porto Murinho.

As rochas da Formação Serra da Bocaina (1877 ± 3.9 Ma, Brittes *et al.* 2013) são diferenciadas em cinco fácies petrográficas, sendo uma efusiva e quatro piroclásticas: brecha ignimbrítica, ignimbrito rico em cristais, tufo co-ignimbrítico e reoignimbrito. De acordo com os mesmos autores, as fácies piroclásticas são caracterizadas pela presença de diferentes produtos piroclásticos, tais como, fragmentos líticos e pumíceos, cristaloclastos, *flammas*, *shards* e cristalitos de variadas dimensões e composições. A fácies efusiva caracteriza-se por textura porfírica a glomeroporfírica e composições andesíticas e riolíticas.

De acordo com Brittes *et al.* (2013) o Arco Magmático Amoguijá é composto por rochas plutono-vulcânicas da Supersuíte Amoguijá, que constituem a última adição de terrenos paleoproterozoicos do Terreno Rio Apa.

Os mesmos autores classificam as rochas da Formação Serra da Bocaina como andesitos e predominantemente riolitos. A Suíte Intrusiva Alumiador, além de constituir o batólito principal disposto na direção N-S composto predominantemente por sieno- a monzogranitos, isotrópicos a fracamente anisotrópicos é constituída pelos granitos Cerro Porã, São Francisco, Piatã e Carandá de composições sieno- a monzograníticas e granodioríticas.

Plens *et al.* (2013) descreve o Granito Cerro Porã (1749 ± 45 Ma) como um batólito alongado segundo NNE, com aproximadamente 120 km^2 tendo a porção sul orientada NS e a norte segundo N30E. Seus litotipos foram caracterizados com composições de sienogranítica a monzogranítica, com padrões de granitoides tipo A, da série alcalina potássica saturada em sílica.

Do ponto de vista tectônico, o Granito Cerro Porã corresponde a um magmatismo associado a um arco vulcânico desenvolvido no Estateriano e que sua colocação se deu no estágio tardi a pós-orogênico.

Cabrera & Nogueira (2013) caracterizam o Granito Aquidabã, um dos corpos da Suíte Intrusiva Alumiador, como uma extensão batolítica, de direção preferencial NW/SE. É caracterizado por duas fácies: dacítica a riolítica e granodiorítica. A fácies dacítica a riolítica ocorre na porção central do batólito, com litotipos rosa-acinzentados, maciços, afaníticos a subfaneríticos com variedades porfiríticas. A fácies granodiorítica é formada por rochas que variam de equi a inequigranulares média a grossa, por vezes porfiríticas, rosa-acinzentadas, isotrópicas, compostas essencialmente por plagioclásio, quartzo, feldspato alcalino, biotita e anfibólio.

O Granito Carandá ocupa as porções nordeste e sudeste da serra da Bocaina, fazendo contato tectônico com as rochas efusivas e piroclásticas da Formação Serra da Bocaina. É composto por rochas como biotita-sienogranitos, leucocráticas, de cor cinza-esverdeado, tendo biotita como único máfico essencial primário. Apresenta-se isotrópico a foliado quando nas proximidades do contato com as rochas efusivas da Formação Serra da Bocaina (Brittes *et al.* 2013).

Souza *et al.* (2013a) destacam para a serra de São Francisco um magmatismo ácido, representado pela ocorrência de rochas plutônicas e vulcânicas. As rochas vulcânicas são constituídas por duas fácies piroclásticas: Brecha Ignimbrítica e Ignimbrito rico em cristais. Enquanto, o Granito São Francisco é representado por rochas de composição monzogranítica, identificado em duas fácies principais: uma de granulação fina porfirítica e outra média inequigranular. Suas rochas foram afetadas por um único evento deformacional dúctil identificado através de foliação (S_1), com direção preferencial NE e mergulhos baixos.

Souza *et al.* (2013b) reconhecem um vulcanismo efusivo e piroclástico para a Formação Serra da Bocaina, na serra de São Francisco. As rochas efusivas estão expostas nas porções norte e sul da área mapeada e são caracterizadas por texturas porfirítica e glomeroporfirítica, onde se pode encontrar fenocristais de quartzo e feldspatos imersos numa matriz fina a muito fina.

O Granito Taquaral foi datado em 1861 ± 7 Ma pelo método U-Pb (SHRIMP) e apresenta dimensões batolíticas. Suas rochas são isotrópicas a fracamente anisotrópicas classificadas como quartzo monzodioritos, granodioritos, quartzo-monzonitos, monzo e sienogranitos e separadas em três fácies petrográficas (Redes *et al.* 2015).

Geoquimicamente, apresentam composição intermediária a ácida, magmatismo cálcio-alcalino de médio alto-K, metaluminoso a peraluminoso desenvolvidas em ambiente de arco magmático. Análises Sm-Nd em rocha total fornecem valores de $\epsilon_{Nd(1,86 Ga)}$ de -1,48 e -1,28 e T_{DM} de 2.32 e 2.25 Ga indicando uma provável fonte crustal riaciana (Redes *et al.* 2015).

O Granito Coimbra é definido por Santos *et al.* (2015) como um batólito de composição desde termos tonalíticos até sienograníticos, deformado ductilmente, marcado por zonas de cisalhamento e exposto pela tectônica rúptil pós-deposição das rochas neoproterozoicas do Grupo Corumbá.

Do ponto vista geotectônico, os resultados apresentados, associados aos dados geológicos, estruturais, geoquímicos e geocronológicos (U-Pb) disponíveis para a área sugerem que as intrusões estudadas foram geradas em um ambiente tectônico do tipo arco magmático continental (Arco Magmático Amoguijá 1.87-1.75 Ga).

CAPÍTULO II GEOLOGIA, PETROGRAFIA, GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA U-Pb SHRIMP

II. 1. Geologia e Petrografia da Formação Serra da Bocaina

As rochas vulcânicas que ocorrem na serra de São Francisco pertencem a Formação Serra da Bocaina e representam o revelo negativo da região, apresentando-se maciças ou com discreta foliação (Fig. II. 1.). O mapeamento geológico, em escala 1:100.000, realizado neste trabalho permitiu a identificação de 4 fácies petrográficas nesta unidade, a partir de granulação, cor, texturas e produtos piroclásticos, sendo elas, Ignimbrito Lítico (FIL), Ignimbrito Rico em Cristais (FIRC), Tufo Ignimbrítico (FTI), Efusiva (FE).

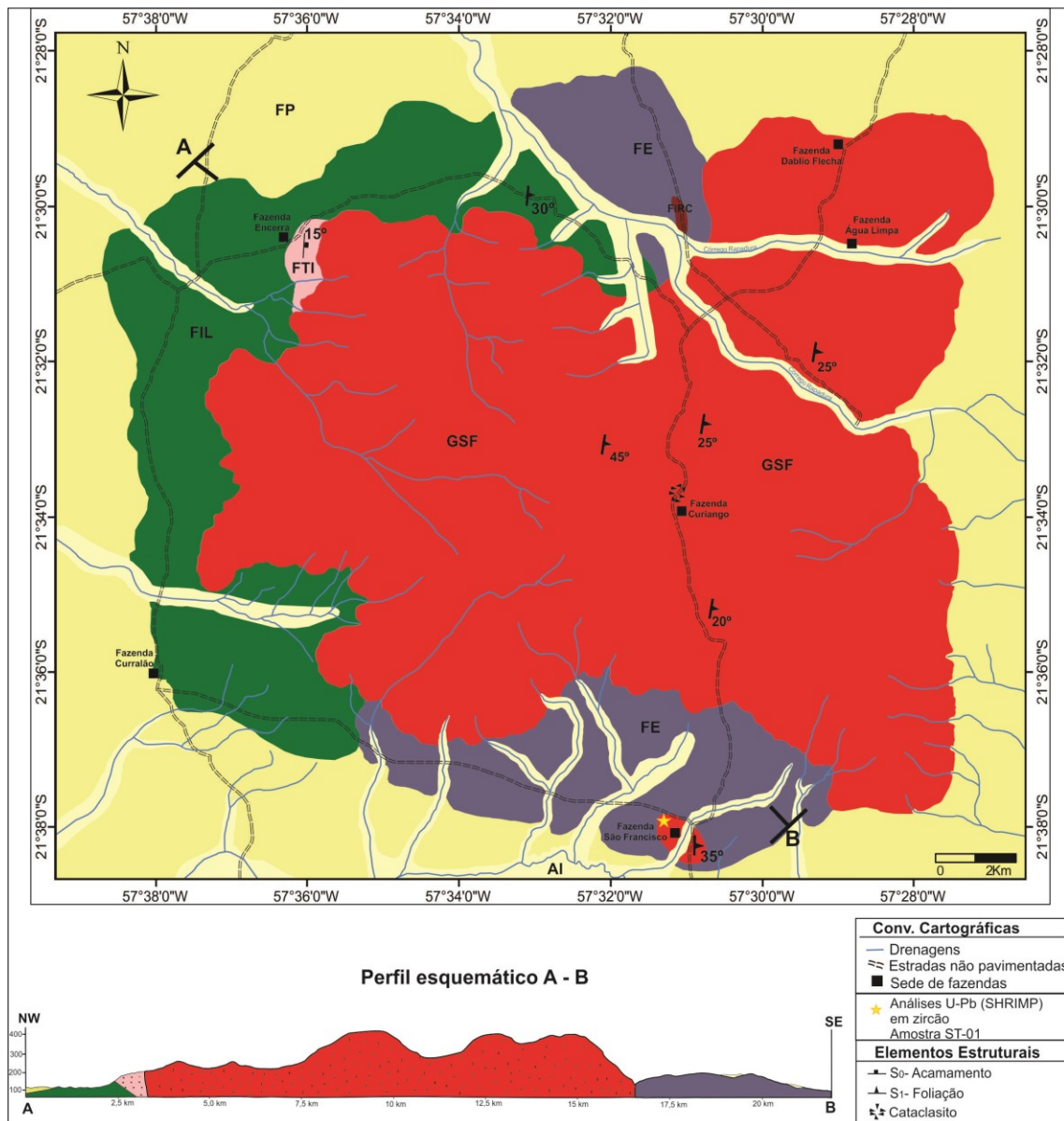


Figura II. 1. Mapa geológico da região da serra de São Francisco, extraído de Souza em prep., destacando o granito homônimo (GSF), Formação Pantanal (FP), Aluviões Atuais (Al), Ignimbrito Lítico

(IgL), Ignimbrito rico em cristais (IgC), Tufo Ignimbrítico (TIg), Efusivas (Ef), sendo as quatro últimas pertencentes à Formação Serra da Bocaina.

O mapa geológico da região da serra de São Francisco apresentado na Fig. II.1 é resultado parcial do trabalho de conclusão de curso de Geologia da UFMT e com nova etapa de campo, realizada durante o mestrado, foi aprimorado, finalizado e constitui um dos produtos deste trabalho.

A FIL está situada na porção oeste da área de estudo e corresponde a rochas fracamente anisotrópicas de cores avermelhadas/arroxeadas, acinzentadas ou esverdeadas, sendo caracterizadas pela abundância e variedade de fragmentos líticos (Fig. II. 2.A, B e C). Esses fragmentos são de composição riolítica, com formas tanto elipsoidais como arredondadas e angulosas, de tamanhos que variam entre 3 mm a 7 cm, imersos em matriz cinerítica fina a vítrea, onde às vezes se identificam cristaloclastos de feldspato alcalino e quartzo.

A FIRC é volumetricamente subordinada e ocorre na porção central da área estudada. As rochas dessa fácies apresentam estrutura maciça, fratura conchoidal, cor cinza-escuro a cinza-esverdeado, exibindo fenocristais de quartzo e feldspato, apresentando mesóstase cinerítica fina a vítrea (Fig. II. 2.D e E). Os cristaloclastos, quando identificáveis a olho nu, são de mesma composição dos fenocristais, com dimensões sempre inferiores a 5,0 mm, enquanto os demais produtos piroclásticos são de difícil percepção a olho nu.

A FTI ocorre na porção NW da serra de São Francisco, seus litotipos apresentam cor avermelhada a rosada e cinza-esbranquiçada e diferencia-se das outras fácies pelo tamanho dos fenocristais e produtos piroclásticos ($\ll 0,1$ mm) que não são identificáveis à vista desarmada. A mesóstase apresenta tamanho cinza muito fina, com porções criptocristalinas. Observam-se estrutura primária, do tipo laminação plana paralela, de baixo ângulo, formada por faixas ou camadas delgadas de diferentes composições (Fig. II. 3.A) e feições de devitrificação como litofisas com *vugs* circulares ou em forma de estrelas (Fig. II. 3.B).

A FE ocorre na porção central N e S da área estudada, corresponde às lavas riolíticas, de cor vermelha-alaranjadas ou cinza-esverdeadas, apresentando textura porfirítica a glomeroporfirítica, com matriz fluidal, fina a muito fina, onde se destacam fenocristais bem formados de feldspato alcalino, plagioclásio e quartzo (Fig. II. 3. C e D).

As rochas da Formação Serra da Bocaina ocorrem em blocos *in situ*, lajedos ou em morrote (FTI). A FE é cortada por diques do Granito São Francisco, que também pode ser observado através de apófises. Os contatos entre as fácies da Formação Serra da Bocaina encontram-se recobertos pelos sedimentos quaternários da Formação Pantanal, excetuando-se a FTI que apresenta contato abrupto com a FIL através de lentes ou fragmentos (Fig. II. 2.F)

Microscopicamente, as rochas da FIL são caracterizadas pela abundância de elementos piroclásticos como: púmices, cristaloclastos, fragmentos líticos (litoclastos) de variadas dimensões e composições, que se encontram imersos numa mesóstase cinerítica muito fina, de composição felsítica, intensamente alterada.

Os púmices ocorrem com contornos predominantemente elipsoidais, achatados ou alongados e, por vezes, apresentam-se com grau de achatamento maior como evidência de atuação de processo de soldagem (Fig. II. 4.A); formando, desta maneira, *fiammes* estirados e orientados com intenso grau de alteração para sericita e argilominerais, configurando textura eutaxítica (Fig. II. 4.B). Mostram-se parcialmente devitrificados, compostos por arranjos quartzo-feldspáticos. Púmices-tubo também foram identificados, imersos na mesóstase.

Os cristaloclastos essenciais são predominantemente de feldspato alcalino, quartzo e plagioclásio (Fig. II. 4.C) , ocorrendo angulosos a subarredondados com feições de corrosão magmática perfazendo 13 % da rocha. Apresentam-se parcialmente alterados, fraturados com embaçamento e golfos de corrosão.

Os fragmentos líticos (litoclastos) constituem 24 % dessas rochas e ocorrem subarredondados a angulosos, com dimensões entre 3 mm e 7 cm (Fig. II. 4.D). Representam termos cognatos de composição similar a da rocha ou porções do mesmo magma, e caracterizam-se por textura porfirítica com fenocristais de feldspato alcalino e quartzo em matriz felsítica.

Os produtos de devitrificação são encontrados na mesóstase como axiolitos e esferulitos (Fig. II. 4.E), formados por feldspato alcalino e quartzo. Os shards são comumente encontrados na matriz e nos púmices com formas típicas em *plates* e “Y” envoltos por micrólitos fibrosos representados por axiolitos. Observam-se também fragmentos devitrificados arredondados a subarredondados, achatados constituindo mosaicos quartzo-feldspáticos; bem como fraturas preenchidas por esses mesmos minerais representando cristalizações na fase a vapor (Fig. II. 4.F).

O feldspato alcalino, identificado como microclina, é mais preservado de alteração, ocorrendo em cristais subédricos, com geminação em grade e dimensões, em geral, sub-milimétricas. O quartzo, em geral, ocorre em fenocristais anédricos, com dimensões entre 1,5 e 1,0 mm, também sendo possível encontrar quartzo de alta temperatura. O plagioclásio ocorre subédrico a anédrico, com dimensões de 1,5 mm e mais raramente inferiores a 1 mm; exibindo zonação, geminações albita, periclina, por vezes combinadas com Carlsbad, bem como, intenso grau de alteração (sericitização, argilização e saussuritização).

O mineral máfico essencial é representado unicamente pela biotita de alta temperatura, que ocorre de plaquetas e palhetas parcialmente transformadas em opacos. A paragênese

accessória e de alteração é formada por: apatita, zircão, opacos, epidoto, argilominerais, clorita, sericita e muscovita.

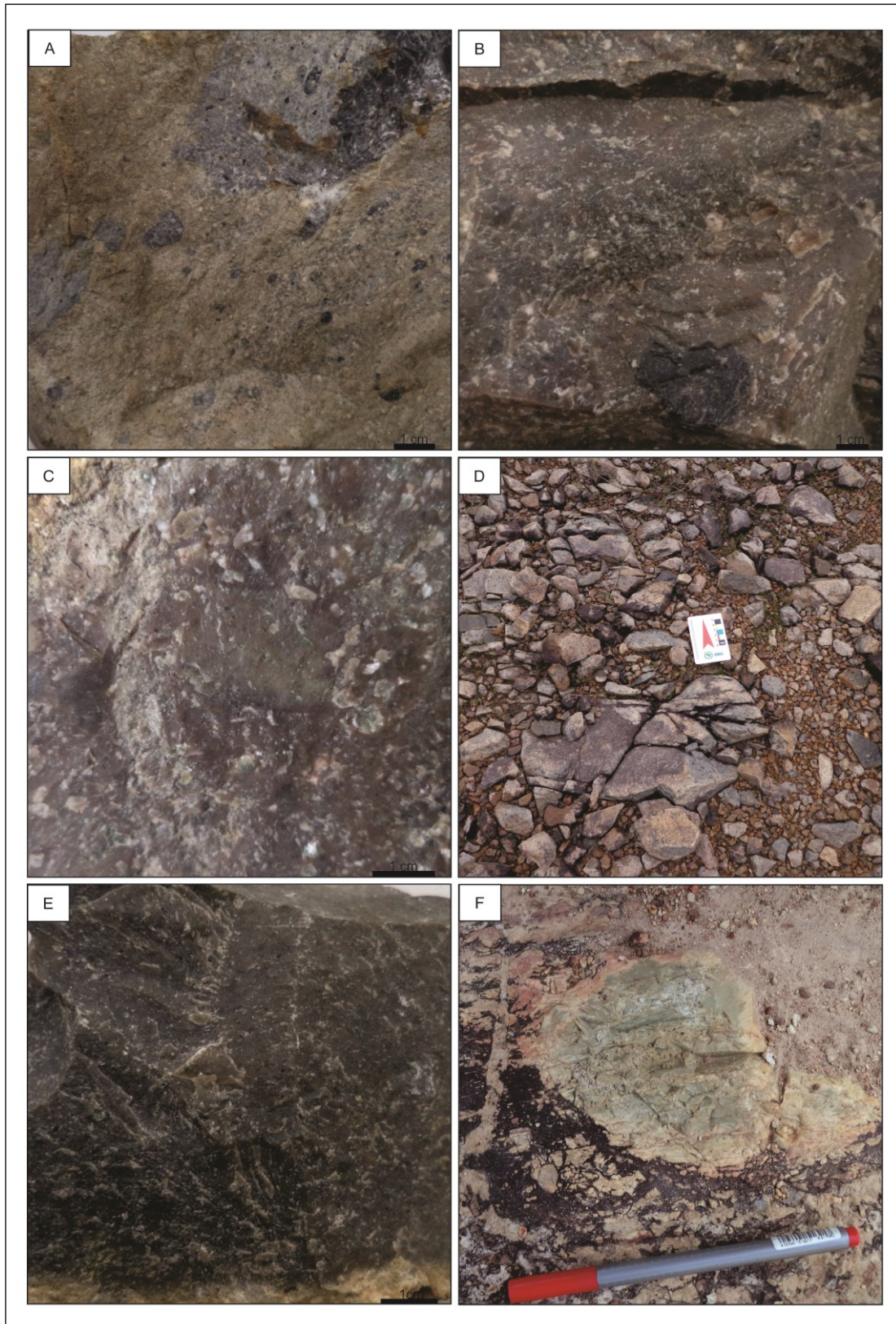


Figura II. 2. Aspectos de campo e/ou macroscópicos de rochas da Formação Serra da Bocaina: (A), (B) e (C) grande quantidade de fragmentos líticos de variados tamanhos e formas, imersos numa matriz cinerítica muito fina da FIL; (D) afloramento de blocos in situ com elevado grau de alteração da FIRC;

(E) fratura conchoidal e fenocristais de feldspato e quartzo em rocha de cor cinza-escuro a cinza-esverdeado da FIRC; (F) enclave da FTI na FIL.

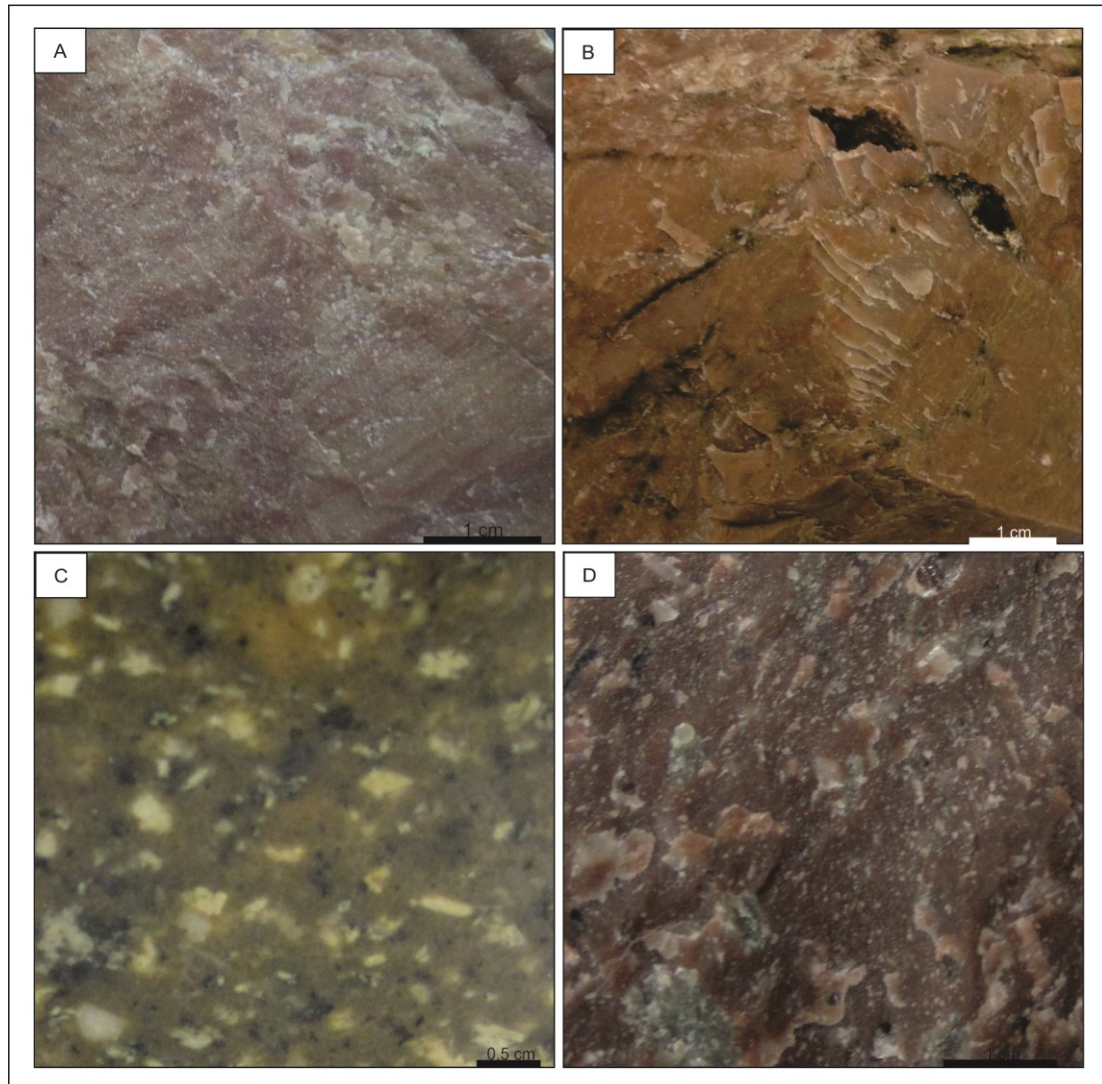


Figura II. 3. Aspecto macroscópico de rochas da Formação Serra da Bocaina. (A) estrutura primária do tipo laminação plano-paralela evidenciada pela variação de cores da FTI; (B) detalhe de litofisa com formas elipsoidal e em estrela da FTI; (C) e (D) rochas cinza- esverdeadas a avermelhadas- alaranjadas, matriz fina e textura porfírica da FE.

As rochas da Fácies Ignimbrito Rico em Cristais são caracterizadas por púmices, mesóstase muito fina de composição felsítica e pela abundância de fragmentos de cristais (Fig. II. 5.A) em relação aos litoclastos que são mais raramente encontrados. Os produtos piroclásticos são menos abundantes que os da fácies FIL, sendo mais comuns na FIRC, os púmices, fragmentos vítreos e cristaloclastos. Os púmices são arredondados a subarredondados apresentando *shards* (Fig. II. 5.B), enquanto os fragmentos vítreos apresentam a mesma geometria dos púmices e demonstram-se parcialmente a totalmente devitrificados constituindo arranjos quartzo-feldspáticos.

Os cristaloclastos (20%) são de mesma composição dos encontrados nas rochas das outras fácies ignimbríticas, porém com dimensões inferiores (entre 1 e < 1 mm) e exibem

feições de corrosão magmática, tais como, como golfos e embaiamentos. A biotita é o único mineral máfico essencial e encontra-se parcialmente transformada em opacos.

A Fácies Tufo Ignimbrítico é caracterizada por uma mesóstase homogênea, cinerítica muito fina a criptocristalina (Fig. II. 5.C), com evidências de queda de cristais (Fig. II. 5.D). Os produtos piroclásticos descritos são púmices e cristaloclastos. Os fragmentos de cristais (cristaloclastos) são de feldspato alcalino, quartzo e plagioclásio e exibem efeitos de intensa corrosão magmática. Os púmices apresentam-se arredondados a subarredondados com cristaloclastos. A biotita, caracterizada como de alta temperatura, ocorre em pequenas plaquetas ou palhetas com intensa transformação para opacos e clorita.

A Fácies Efusiva é caracterizada por textura porfirítica (Fig. II. 6.A) a glomeroporfirítica (Fig. II. 6.B), com fenocristais de feldspato alcalino, quartzo e plagioclásio (perfazendo um total de 18 %) que se apresentam subédricos a anédricos com dimensões entre 1 e 3 mm e com evidências de corrosão magmática, imersos numa matriz fina a muito fina de composição felsítica. A biotita é o único mineral máfico essencial ocorrendo em minúsculas plaquetas ou palhetas, parcial a totalmente alterada para clorita sempre associada a epídoto e opacos. Os minerais acessórios e de alteração são representados por: apatita, zircão, epídoto, clorita, sericita e argilominerais.

O feldspato alcalino é representado pela microclina e apresenta-se subédrico a anédrico, com dimensões entre 1,0 e 1,5 mm, geminado em grade, fracamente alterado para sericita e argilominerais, por vezes, ocorre formando glômeros que definem uma textura típica de lavas. O quartzo ocorre na matriz felsítica e como fenocristais geralmente embaiados e com golfos de corrosão.

O plagioclásio ocorre como fenocristais subédricos de hábito tabular, com zonação normal e geminação albita e/ou periclina podendo estar combinadas com Carlsbad. A alteração é proeminente e evidencia atuação de processos de sericitização, argilização, saussuritização e epidotização.

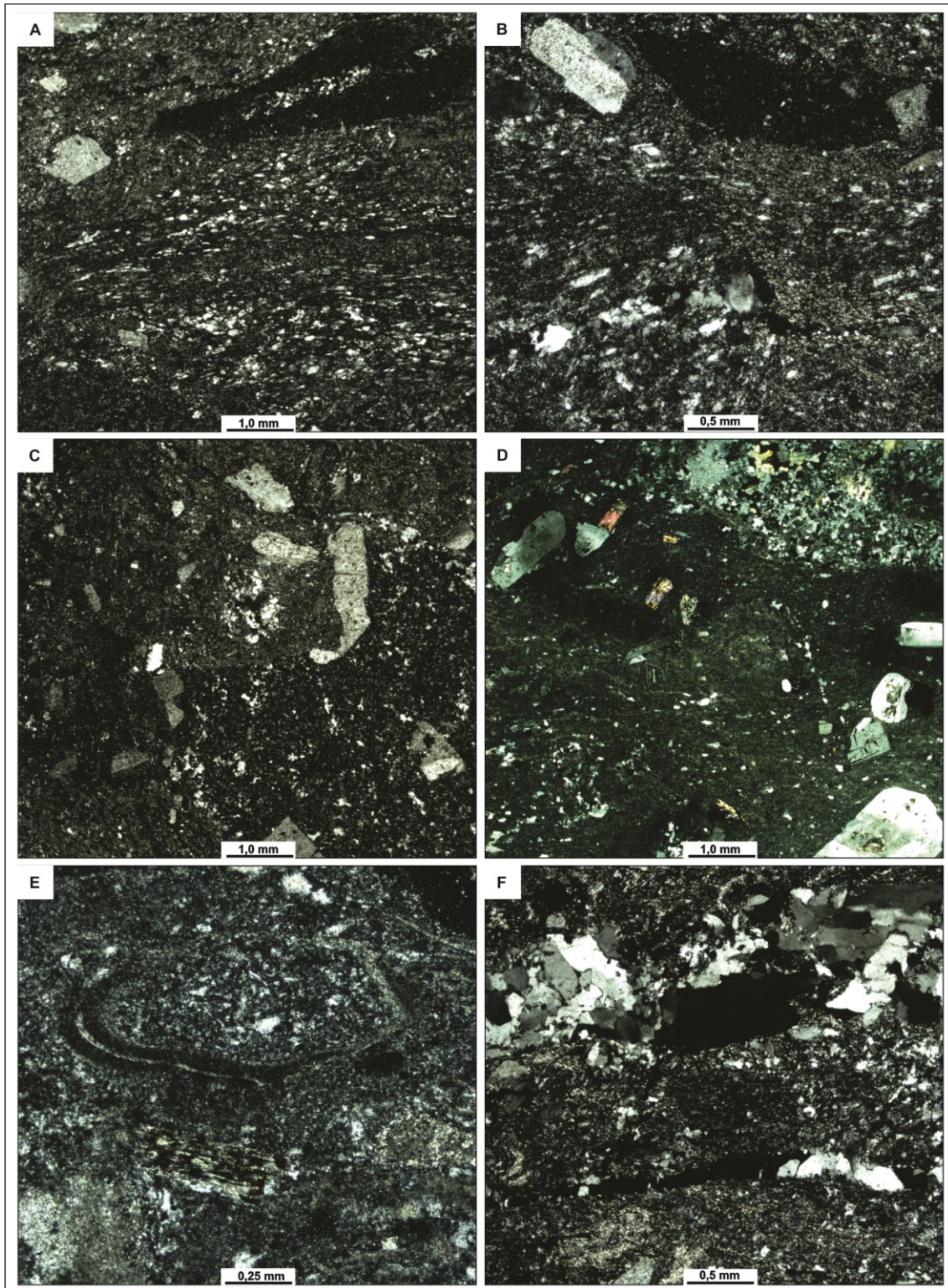


Figura II. 4. Fotomicrografias de rochas da FIL da Formação Serra da Bocaina. (A) púmice achatado com devitrificação; (B) púmice no canto superior direito, fenocristais de plagioclásio e quartzo e textura eutaxítica; (C) cristaloclastos de quartzo e feldspatos corroídos; (D) litoclasto com textura porfirítica em matriz vítrea; (E) esferulito em matriz cinerítica muito fina; (F) cristalização na fase vapor. Polarizadores cruzados em A, B, C, D, E e F.

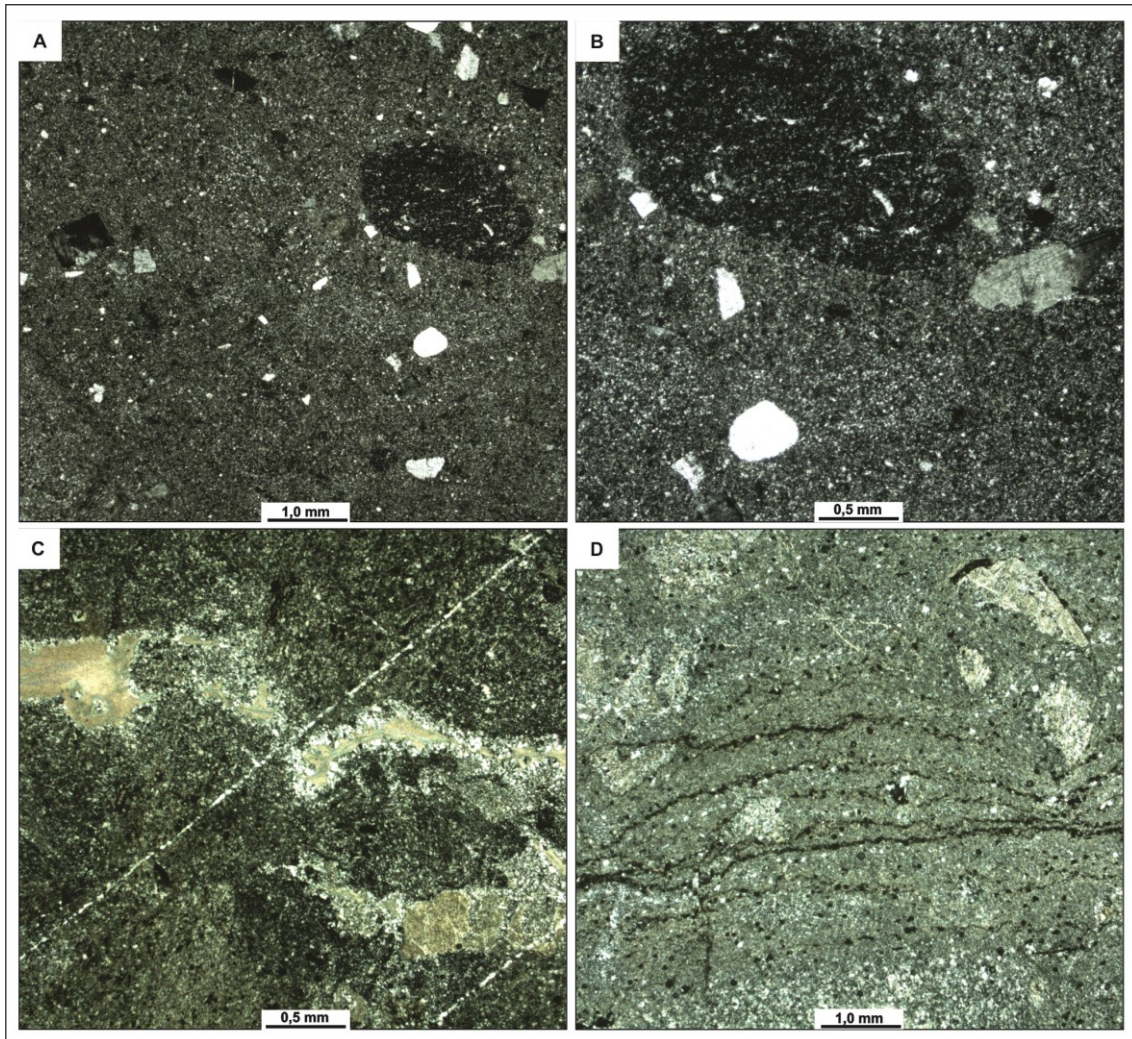


Figura II. 5. Fotomicrografias de rochas das FIRC em A e B e da FTI em C e D da Formação Serra da Bocaina. (A) púmice elipsoidal; (B) púmice com shards em seu interior, cristoclastos de plagioclásio, quartzo, imersos numa mesóstase cinerítica muito fina; (C) lamelas criptocristalinas com intensa sericitização imersos em matriz felsítica muito fina; (D) evidência de queda de cristoclastos. Polarizadores cruzados em A, B, C e D.

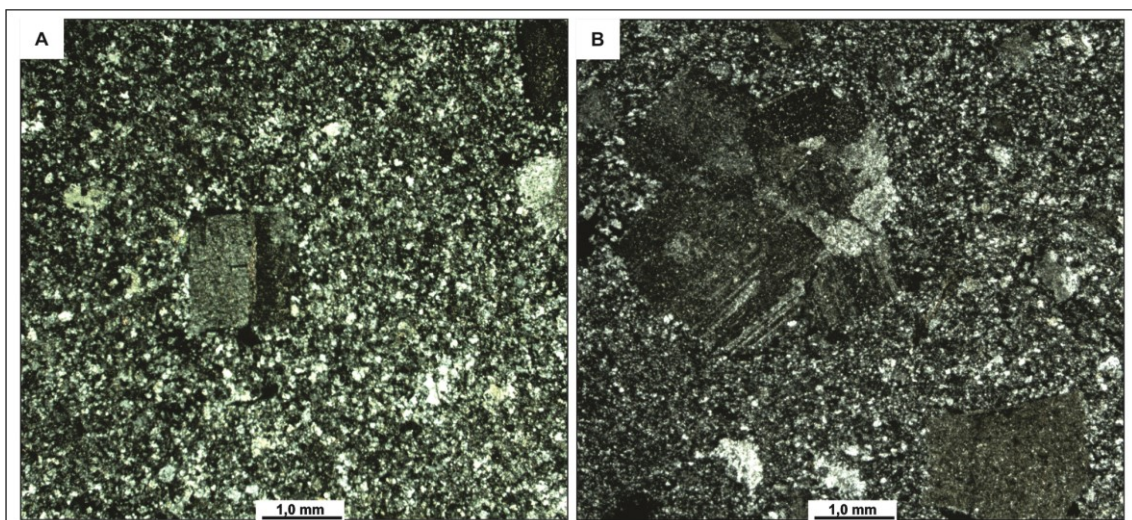


Figura II. 6. Fotomicrografias de rochas da FE da Formação Serra da Bocaina. (A) textura porfírica com fenocristal de plagioclásio alterado para carbonato; (B) glômero de feldspato em matriz fina. Polarizadores cruzados em A e B.

II. 2. GEOQUÍMICA ELEMENTAR

O estudo geoquímico das rochas da Formação Serra da Bocaina foi realizado a partir dos dados analíticos obtidos para elementos maiores, menores e traços, incluindo terras raras de 12 amostras (Tabela II. 2), objetivando a caracterização geoquímica e identificação da natureza do magmatismo. Das amostras analisadas, quatro são da FIL, duas da FIRC, duas da FE, três da FTI e uma média de litoclastos da FIL. As amostras da FIL foram tratadas, através de catação manual, visando a separação dos fragmentos líticos, para serem analisados separadamente.

As amostras de todas as fácies definidas neste trabalho apresentam natureza ácida, com homogeneidade composicional e valores de sílica entre 72,70 a 75,32 %. A amostra de fragmento lítico da FIL apresenta um maior teor de sílica (77,13 %), mostrando-se, no entanto, geoquimicamente semelhante às demais fácies (Tabela II.1).

Nos diagramas do tipo Harker (Fig. II. 7.) observa-se que os conteúdos de TiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MnO , MgO , P_2O_5 e Fe_2O_3 tendem a decrescer com o aumento de sílica devendo refletir o empobrecimento em plagioclásio e em minerais máficos primários, tais como, biotita, titanita, ilmenita/magnetita/hematita e apatita durante a evolução magmática. Esta hipótese é coerente com os padrões geoquímicos dos elementos traço *versus* Zr (Fig. II. 8) justificado pelo aumento dos teores de Rb, Th, Hf e Y que não são compatíveis com as fases extraídas. Os diagramas que envolvem os álcalis apresentam relativa dispersão, provavelmente, resultante da maior mobilidade destes elementos durante a atuação de processos pós-magmáticos.

Tabela II. 1. Composição química de elementos maiores, menores (% em peso), traços incluindo terras raras (ppm) de rochas da Formação Serra da Bocaina.

Amostras	ST-83	ST-45	ST-04 A	ST-33A	ST-47	ST-02 A
Fácies	FIL	FIL	FIRC	FTI	FIL	FE
SiO ₂	72.70	73.01	73.11	74.45	73.58	73.69
TiO ₂	0.34	0.42	0.38	0.19	0.28	0.30
Al ₂ O ₃	14.46	14.04	13.95	15.79	13.76	13.70
Fe ₂ O ₃	2.56	3.16	2.69	1.35	2.34	2.27
MnO	0.09	0.05	0.09	0.06	0.08	0.05
MgO	0.38	0.40	0.46	0.15	0.29	0.38
CaO	1.35	0.75	1.44	0.58	0.71	0.60
Na ₂ O	3.98	3.47	2.99	3.81	3.98	4.43
K ₂ O	3.84	4.38	4.55	3.41	4.58	4.30
P ₂ O ₅	0.05	0.08	0.06	0.04	0.01	0.05
P.F.	0.60	0.90	0.90	1.70	0.50	0.60
Total	100.35	100.66	100.62	101.53	100.11	100.37
Ba	1256.00	1343.00	1481.00	1122.00	1512.00	1181.00
Be	4.00	1.00	1.00	3.00	3.00	1.00
Co	1.50	3.00	1.00	39.60	0.70	0.50
Cs	2.60	2.40	2.50	2.30	3.70	0.90

Ga	15.20	15.10	19.10	15.60	17.00	15.10
Hf	6.60	6.30	8.10	4.00	5.90	6.00
Nb	9.60	9.70	10.80	7.90	10.60	9.50
Rb	116.80	131.80	168.30	108.50	135.20	121.10
Sr	228.10	221.10	228.70	191.10	169.70	103.80
Ta	0.80	0.70	0.70	0.70	0.80	0.70
Th	12.10	10.70	12.50	8.90	12.30	9.90
U	2.00	1.80	2.40	2.10	2.70	2.30
W	0.80	1.00	0.80	163.80	1.90	1.00
Zr	257.70	236.60	328.90	138.50	233.00	202.60
Y	27.00	25.70	30.00	17.50	26.40	34.10
Pb	16.70	5.20	15.30	4.40	10.80	8.70
La	49.00	42.30	48.90	29.60	50.50	58.50
Ce	93.00	77.40	93.00	65.20	96.80	99.30
Pr	10.71	9.29	11.37	7.03	10.81	13.24
Nd	40.40	36.70	41.10	26.20	40.50	46.40
Sm	7.03	6.55	7.84	4.24	6.93	8.57
Eu	1.45	1.43	1.73	0.91	1.70	1.80
Gd	5.91	5.69	6.58	3.34	6.07	7.48
Tb	0.91	0.89	1.04	0.52	0.86	1.18
Dy	4.81	4.50	5.39	3.10	4.96	6.27
Ho	0.94	0.88	1.15	0.64	0.92	1.28
Er	2.85	2.74	3.16	2.05	3.14	3.64
Tm	0.41	0.42	0.46	0.29	0.42	0.52
Yb	2.86	2.51	3.12	2.02	2.46	3.34
Lu	0.42	0.39	0.49	0.32	0.36	0.49
Eu/Eu*	0.69	0.72	0.74	0.74	0.80	0.69
(La/Yb)N	11.58	11.39	10.59	9.9	13.87	11.84

Tabela II. 1. Continuação.

Amostras	ST-33	ST-04	ST-01	ST-02	ST-43	ST-83A
Fácies	FTI	FIRC	FE	FE	FIL	Litoclasto
SiO ₂	74.57	74.30	75.07	75.09	75.32	77.13
TiO ₂	0.20	0.38	0.25	0.24	0.16	0.20
Al ₂ O ₃	14.86	13.32	13.12	12.91	13.30	11.01
Fe ₂ O ₃	2.00	2.62	1.76	2.29	1.66	2.80
MnO	0.06	0.08	0.06	0.08	0.05	0.06
MgO	0.14	0.45	0.19	0.25	0.14	0.07
CaO	0.84	1.31	0.70	0.58	0.41	0.61
Na ₂ O	3.47	2.73	3.99	4.07	4.13	2.35
K ₂ O	3.62	4.41	4.44	4.18	4.60	5.54
P ₂ O ₅	0.05	0.07	0.03	0.05	0.02	0.04
P.F.	1.30	0.60	0.20	0.20	0.40	0.50
Total	101.11	100.27	99.81	99.94	100.19	100.31
Ba	1191.00	1554.00	1384.00	1155.00	1373.00	1129.00
Be	4.00	2.00	5.00	4.00	1.00	3.00

Co	0.80	1.40	0.30	0.80	0.60	0.20
Cs	1.80	3.00	1.30	1.10	1.90	1.80
Ga	14.70	20.40	14.10	15.90	11.90	10.60
Hf	4.30	9.60	7.00	5.60	3.30	5.10
Nb	7.90	11.60	10.60	12.60	9.20	8.10
Rb	108.10	185.10	120.40	130.50	136.20	116.00
Sr	226.20	237.10	137.90	98.30	91.00	98.80
Ta	0.60	1.00	0.80	0.70	0.70	0.70
Th	7.50	12.90	11.60	12.00	8.30	8.80
U	1.80	2.40	2.20	2.60	2.00	1.90
W	0.70	1.50	0.50	0.80	0.50	3.70
Zr	135.80	335.20	224.70	203.80	108.10	186.00
Y	17.60	34.20	36.00	38.40	20.80	25.50
Pb	5.70	12.30	21.90	11.70	4.80	47.60
La	35.90	55.30	60.70	47.10	41.60	35.90
Ce	63.70	108.40	110.60	92.30	76.80	71.40
Pr	7.49	12.59	12.86	10.25	8.69	8.49
Nd	27.50	43.40	49.20	39.50	28.90	30.80
Sm	4.45	8.15	8.35	6.89	5.39	5.93
Eu	0.85	2.04	1.67	1.40	0.93	1.10
Gd	3.52	7.27	7.45	6.79	4.51	5.29
Tb	0.58	0.98	1.11	0.98	0.71	0.81
Dy	3.05	6.06	6.12	6.48	3.51	4.27
Ho	0.59	1.06	1.20	1.28	0.74	0.88
Er	1.78	3.65	3.26	4.14	2.13	2.60
Tm	0.25	0.54	0.48	0.61	0.32	0.38
Yb	1.82	3.68	3.18	3.68	2.21	2.52
Lu	0.26	0.53	0.50	0.56	0.33	0.39
Eu/Eu*	0.66	0.81	0.65	0.63	0.58	0.6
(La/Yb) _N	13.33	10.15	12.9	8.65	12.72	9.63

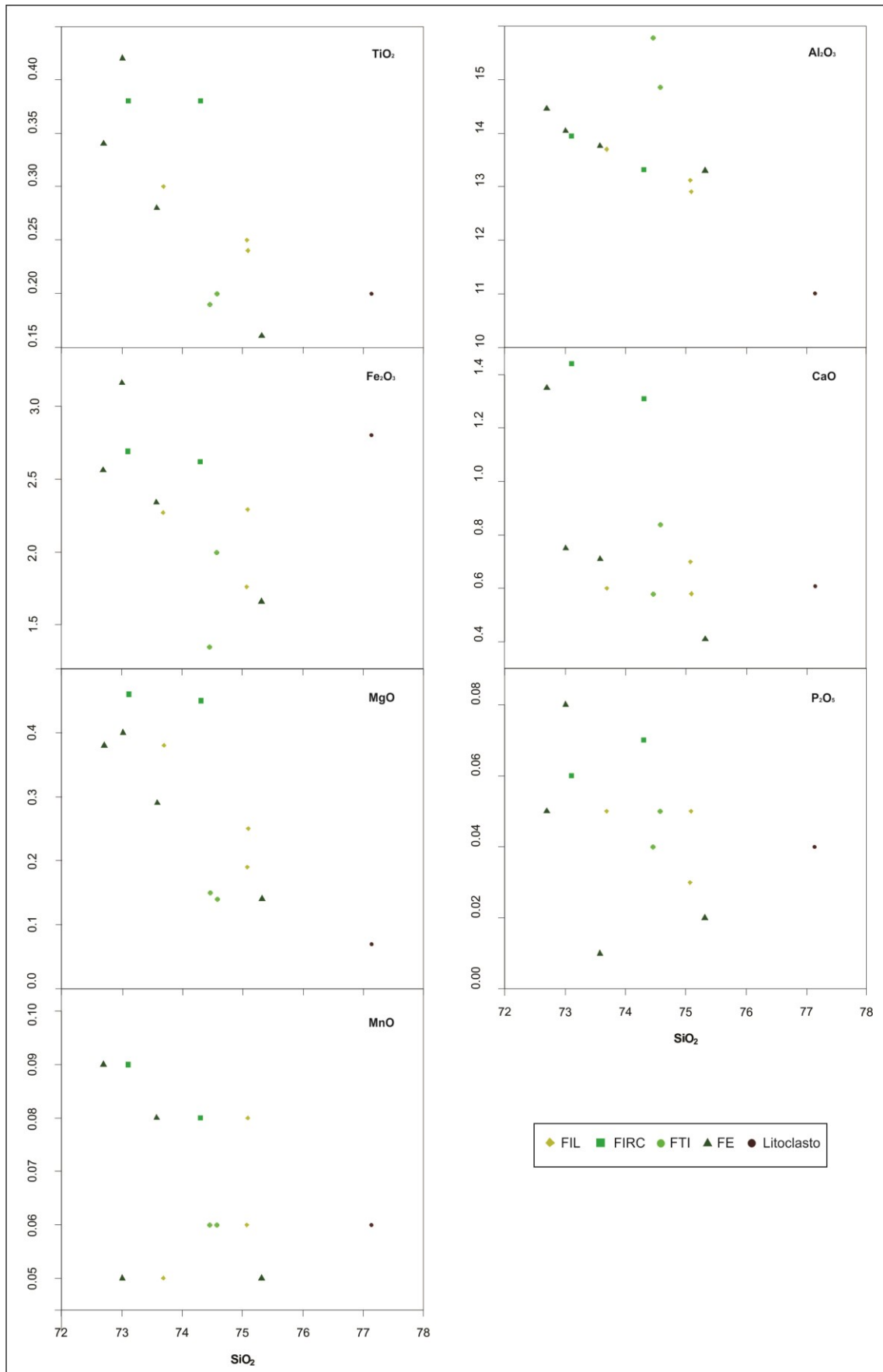


Figura II. 7. Diagramas de variação de Harker (1909) para elementos maiores, expressos em óxidos (% em peso), de rochas da Formação Serra da Bocaina.

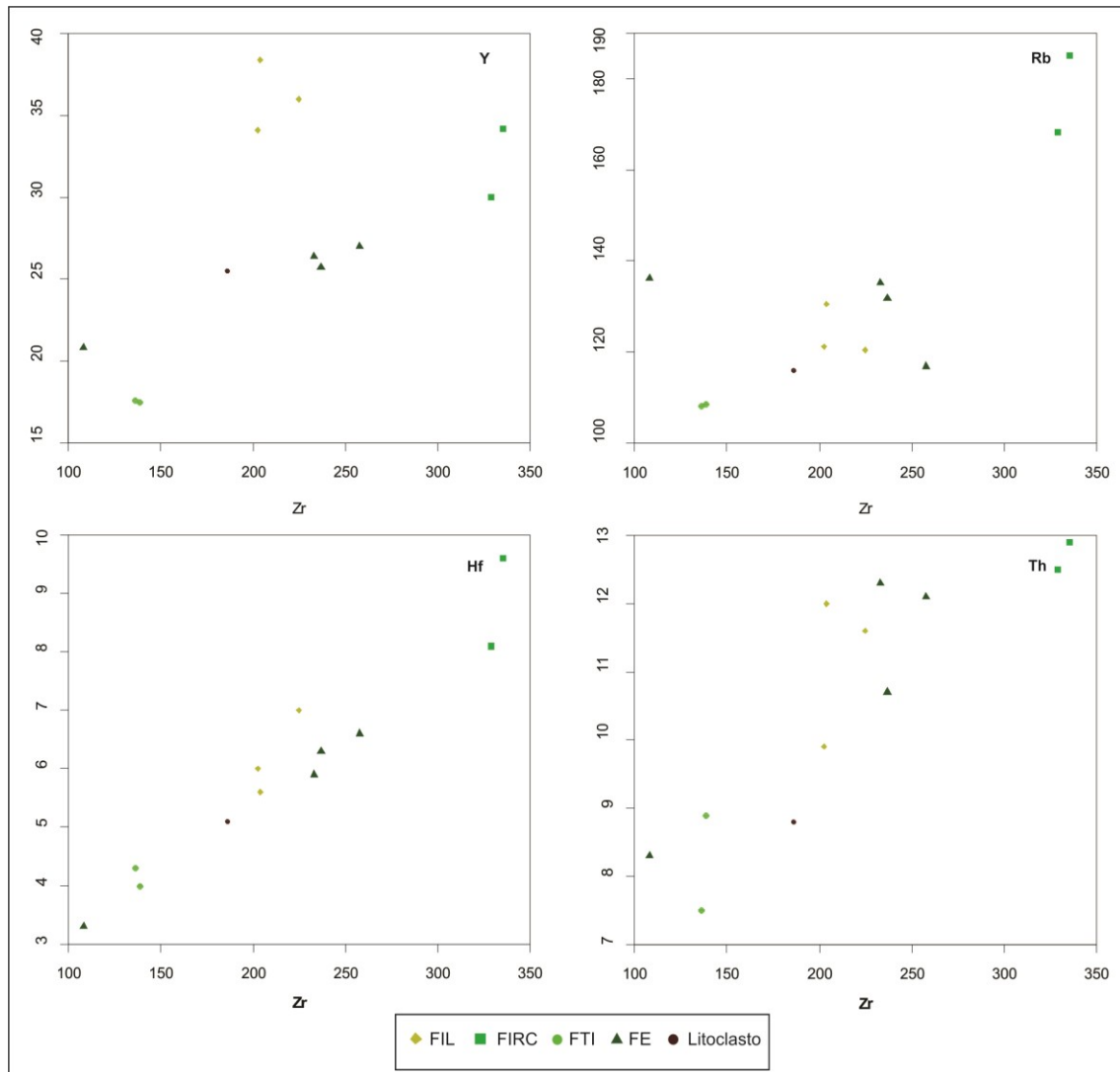


Figura II. 8. Diagrama Zr versus elementos-traços da Formação Serra da Bocaina.

As rochas de todas as fácies e do litoclasto da Formação Serra da Bocaina são classificadas como riolitos nos diagramas R_1 - R_2 e TAS que utilizam apenas elementos maiores e que foram propostos, respectivamente, por La Roche *et al.* (1980; Fig. II. 9.A) e Le Bas (1986; Fig. II. 9.B), bem como, quando leva-se em consideração também elementos traço Zr/TiO₂ versus SiO₂ no diagrama de Winchester & Floyd (1977; Fig. II. 9.C).

O diagrama TAS com limite alcalinidade de Irvine & Baragar (1971), ilustrado na figura II. 9.B, indica que o magmatismo que originou as rochas da Formação Serra da Bocaina é de afinidade subalcalina, enquanto sua natureza cálcio-alcalina a álcali-cálcica é sugerida no diagrama Na₂O+ K₂O - CaO versus SiO₂ de Frost *et al.* (2001, Fig. II. 9.D).

A relação entre ferro e magnésio das rochas da Formação Serra da Bocaina as classificam como granitos ferrosos, no gráfico FeO_t/(FeO_t+MgO) versus SiO₂ de Frost *et al.*

(2001; Fig.II. 11.A); enquanto o diagrama A/CNK versus A/NK, proposto por Maniar & Picolli (1989), que utiliza índices de Shand as caracteriza como peraluminosas (Fig. II. 11.B).

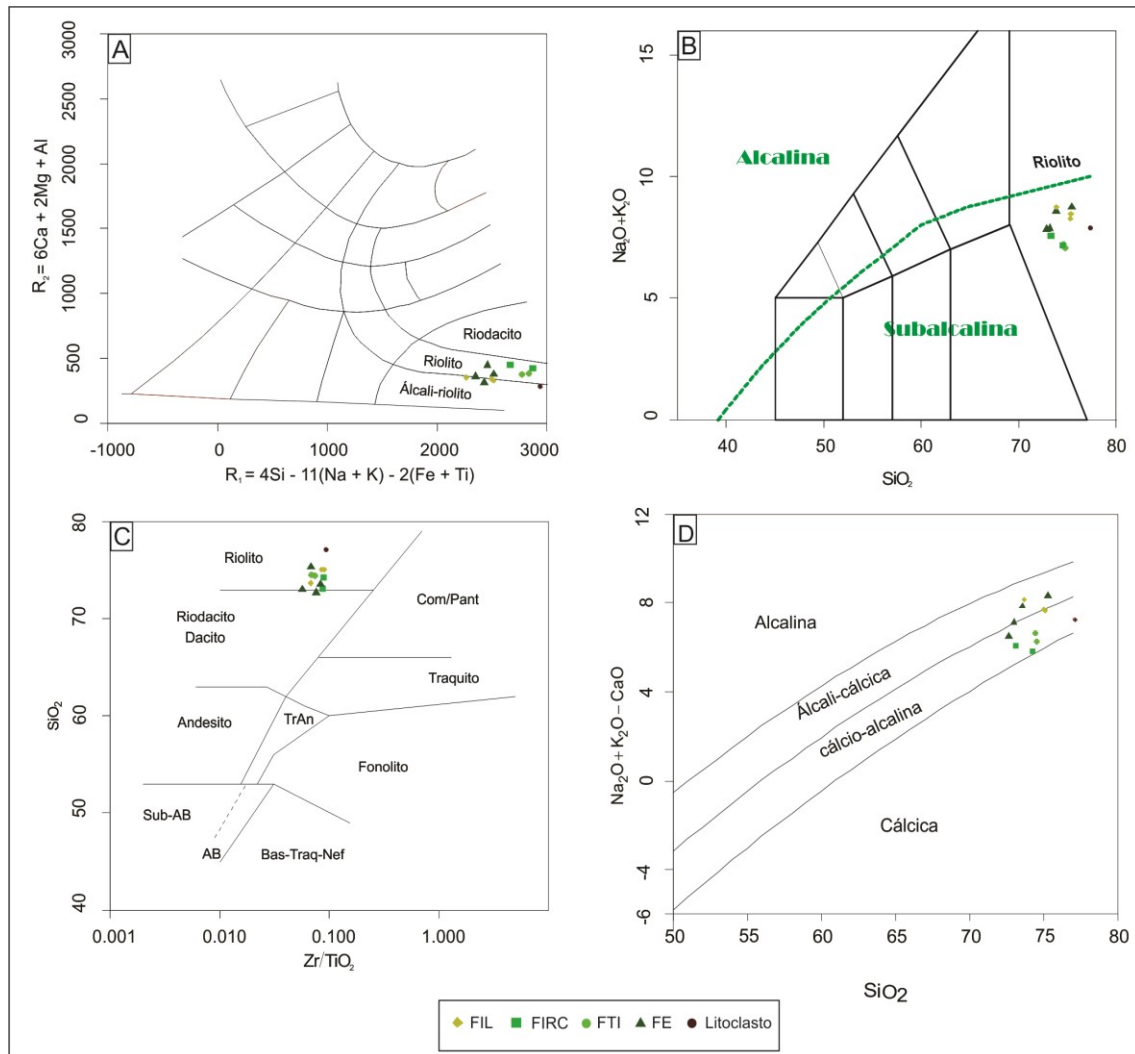


Figura II. 9. Diagramas de classificação geoquímica das rochas da Formação Serra da Bocaina nos diagramas: (A) R_1 versus R_2 (La Roche *et al.* 1980); (B) total de álcalis versus sílica (Le Bas, 1986), com limite entre domínio alcalino/subalcalino de Irvine & Baragar (1971); (C) SiO_2 versus Zr/TiO_2 (Winchester & Floyd, 1977); (D) $Na_2O + K_2O - CaO$ versus SiO_2 (Frost *et al.* 2001).

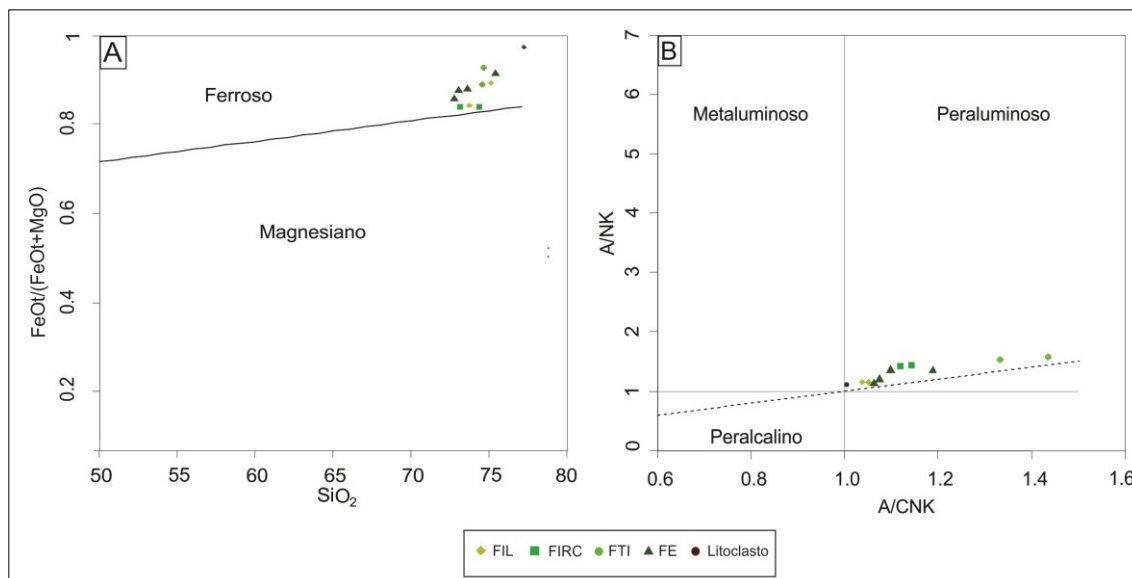


Figura II. 10. Distribuição dos pontos representativos das rochas da Formação Serra da Bocaina nos diagramas: (A) $FeO_t/(FeO_t+MgO)$ versus SiO_2 (Frost et al., 2001); (B) A/NK versus A/CNK (Maniar & Piccoli, 1989).

Os pontos que representam as rochas da Formação Serra da Bocaina coincidem com o domínio de granitoides fanerozoicos gerados em ambiente de arco magmático no diagrama Hf-Rb/30-Ta (Harris *et al.* 1986; Fig. II. 12.A) e corroborado no diagrama Rb versus Y+Nb (Pearce *et al.* 1984; Pearce 1996; Fig. II.12.B) que posiciona-os como pertencentes a um arco magmático, num estágio pós-colisional.

O padrão geoquímico dos Elementos Terras Raras (ETR) destas rochas, normalizados pelo condrito de Nakamura (1977; Fig. II. 13.A), mostra um enriquecimento dos ETR leves em relação aos ETR pesados, com razões $(La/Yb)_n$ entre 8,65 e 13,87; apresentando discretas anomalias de Eu (Eu/Eu^* entre 0,65 e 0,81), relacionadas, possivelmente, a fracionamento de feldspatos.

Nos diagramas multi-elementares (Fig. II. 13.B), normalizados por valores dos granitos de cordilheiras meso-oceânicas (Pearce *et al.* 1984), as amostras da Formação Serra da Bocaina caracterizam-se por um enriquecimento em elementos litófilos de íons grandes (LILE) em relação aos elementos de alto potencial iônico (HFSE), padrão típico de granitoides de arco magmático. Observam-se, no grupo dos HFSE, anomalias negativas de Ta e Nb, que de acordo com Hugh (1993), que podem sugerir envolvimento crustal nos processos magmáticos.

Esses padrões definidos nos últimos diagramas (ETR e multi-elementares, respectivamente, Fig. II. 13.A e Fig. II. 13.B) mostram muita semelhança com aqueles encontrados para as rochas do Granito São Francisco (Souza em prep.) sugerindo uma provável fonte geradora comum a estas rochas.

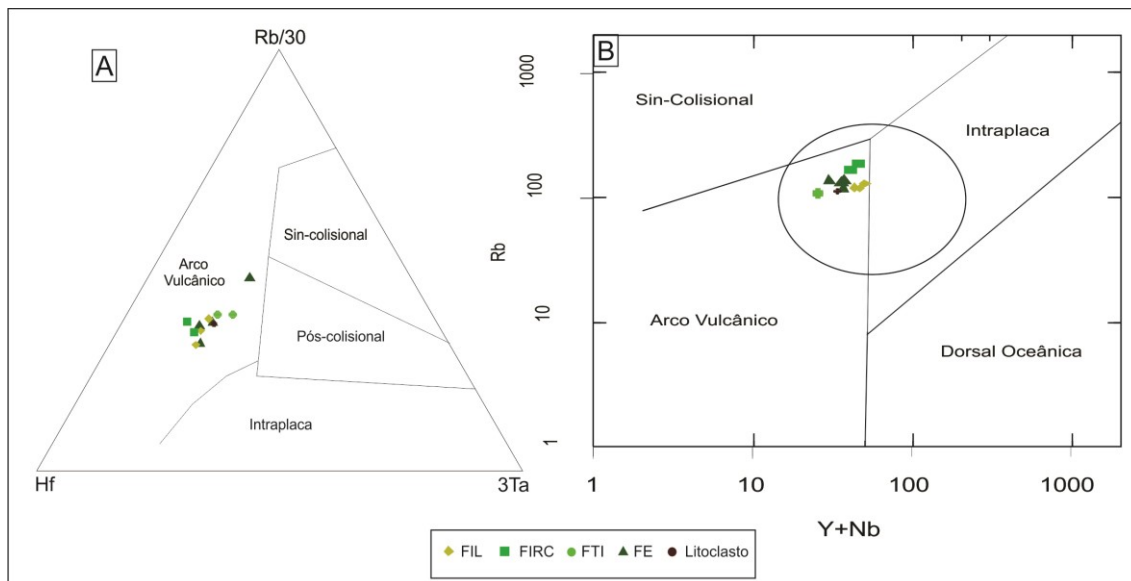


Figura II. 11. Distribuição dos pontos representativos das rochas da Formação Serra da Bocaina nos diagramas: (A) Hf-Rb/30-Ta*3 (Harris *et al.* 1986); (B) Rb versus Y+Nb (Pearce *et al.* 1984; Pearce 1996).

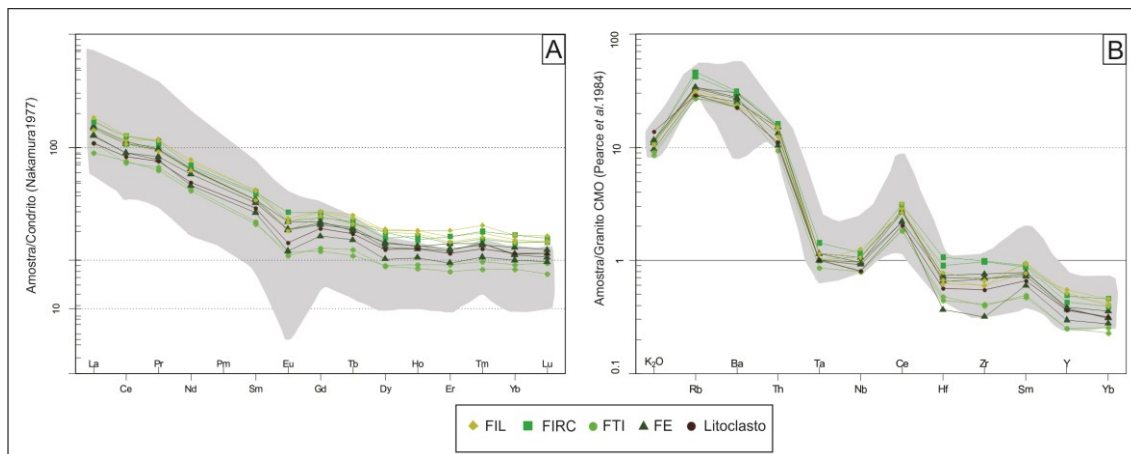


Figura II. 12. Padrões de distribuição das rochas da Formação Serra da Bocaina nos diagramas: (A) ETR, normalizados pelos valores condriticos (Nakamura, 1977) e (B) elementos traço e K₂O, normalizados pelos valores dos granitos de Cordilheira Meso-Oceânica (Pearce *et al.* 1984). Área em cinza: Granito São Francisco (Souza *em prep.*).

II. 3. Análise Geocronológica (U-Pb SHRIMP)

Para determinar a idade de cristalização do riolito da Formação Serra da Bocaina, foi selecionada a amostra ST-01 (Coordenadas em UTM 447444/7607708), coletada nas proximidades da sede da fazenda São Francisco. Corresponde a riolito da fácies efusiva, com textura porfírica a glomeroporfírica, apresentando fenocristais de feldspato alcalino e subordinadamente de plagioclásio, imersos numa matriz felsítica fina a muito fina. Para a análise geocronológica foi empregada a técnica U-Pb (SHRIMP) em zircão.

A amostra foi processada no Laboratório de Preparação de Amostras da Faculdade de Geociências – UFMT e os dados U-Pb (SHRIMP) foram obtidos no Laboratório do Centro de

Pesquisas Geocronológicas do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (CPGeo-IGc/USP)

II. 3. 1. Análise U-Pb em Zircão (SHRIMP)

A amostra ST 01 foi preparada conforme os métodos convencionais, a partir da qual foram selecionados 100 (cem) cristais de zircão, com o auxílio de lupa óptica binocular instalada na sala de pesquisa da FAGEO-UFMT. Em seguida, esse concentrado foi enviado para o laboratório do CPGeo-IGc/USP para análises U-Pb (SHRIMP), cujos detalhes de procedimentos experimentais utilizados estão descritos em Sato *et al.* (2014).

Dos cristais de zircões selecionados, 45 (quarenta e cinco) grãos foram utilizados para obter imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Caracterizam-se, morfológicamente, como cristais de primas curtos, subordinadamente, largos, com comprimento entre 80 e 270 μm , onde a relação dessa medida *versus* largura corresponde a 1/1 e 2/1. Exibem-se nas cores fumê a esbranquiçado, variando de transparentes a opacos; alguns exemplares mostram-se fraturados e quebrados. De acordo com as imagens de CL utilizadas para delinear a área mais adequada à aplicação do feixe de O^2 , observa-se que os cristais ST-01.1, ST-01.2, ST-01.3, ST-01.4, ST-01.5, ST-01.6, ST-01.7, ST-01.8, ST-01.9, ST-01.10, ST-01.11, ST-01.12 apresentam zonação em bandas claras e escuras, relativamente regulares (Fig. II. 13.), características tipicamente magmáticas. As razões Th/U maiores que 0,1 (Tabela II. 2.) corroboram essa hipótese.

Para a confecção do diagrama concórdia (Fig. II. 14.) foram utilizados os dados dos zircões identificados na figura II. 13, com exceção de ST 01.7, ST 01.8, ST 01.9, por apresentarem alto Pb comum e idades discordantes. Os pontos analíticos fornecem idade concordante de $1899 \pm 4.4 \text{ Ma}$.

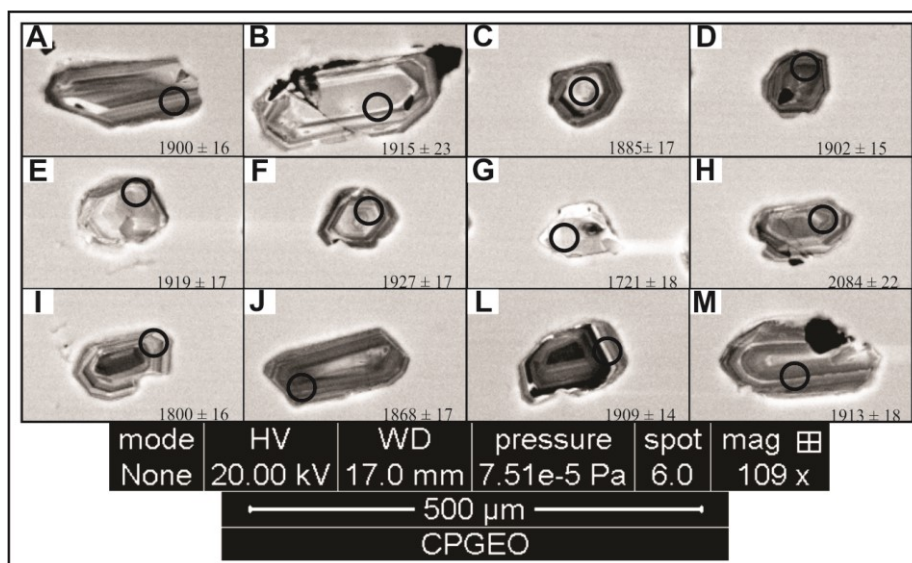


Figura II. 13. Imagem de catadoluminescência de cristais de zircão da Formação Serra da Bocaina: (A)

ST 01.1, (B) ST 01.2, (C) ST 01.3, (D) ST 01.4, (E) ST 01.5, (F) ST 01.6, (G) ST 01.7, (H) ST 01.8, (I) ST 01.9, (J) ST 01.10, (L) ST 01.11, (M) ST 01.2. Os círculos representam os pontos de impacto do feixe

Spot	U ppm	Th ppm	$^{232}\text{Th} / ^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_c$ %	^{206}Pb ppm	$^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$ (1)	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ (1)	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$ (1)	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ Ma (1)	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$ Ma	$\pm 1\sigma$	Disc %	Err. Corr.
------	-------	--------	------------------------------------	-----------------------	-----------------------	--	---------	--	---------	---	---------	---	---------------	--	---------------	--------	------------

iônico.

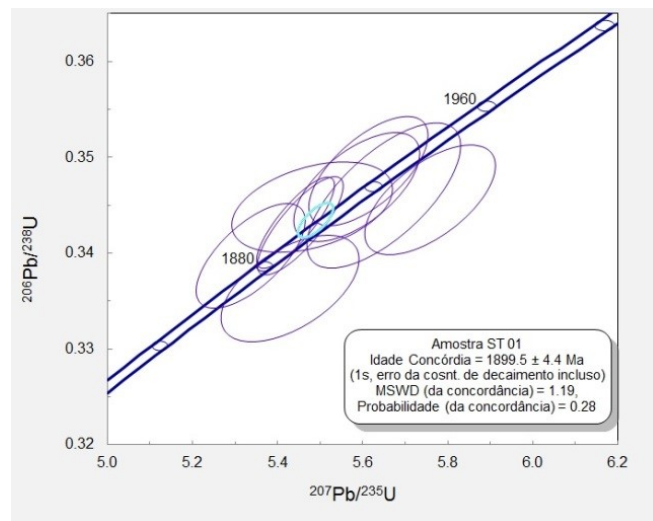


Figura II. 14. Diagrama concórdia U/Pb (SHRIMP) da amostra ST 01 da Fácies Efusiva da Formação Serra da Bocaina.

Tabela II. 2. Dados isotópicos de zircões para a fácies efusiva da Formação Serra da Bocaina referente à amostra ST 01. Razão corrigida para chumbo comum. Erro 1σ .

														(1)			
ST 1.1	102	108	1.09	0.02	29.9	5.45	1.2	0.3429	1.0	0.1154	0.7	1900.5	16.3	1885	13	-1	0.809
ST 1.2	44	65	1.53	0.22	13.1	5.65	2.1	0.3460	1.4	0.1184	1.5	1915.6	23.9	1933	28	1	0.685
ST 1.3	74	119	1.66	0.38	21.8	5.34	1.6	0.3397	1.1	0.1139	1.2	1885.3	17.3	1863	21	-1	0.669
ST 1.4	166	202	1.26	0.16	49.1	5.44	1.1	0.3432	0.9	0.1150	0.6	1902.0	15.1	1880	11	-1	0.824
ST 1.5	72	85	1.23	0.14	21.4	5.59	1.7	0.3469	1.1	0.1168	1.4	1919.8	17.9	1908	25	-1	0.618
ST 1.6	64	67	1.08	0.23	19.3	5.61	1.6	0.3486	1.1	0.1168	1.2	1927.8	17.9	1908	22	-1	0.656
ST 1.7	78	120	1.59	6.51	22.1	4.73	9.2	0.3060	1.2	0.1121	8.3	1721.2	18.5	1835	165	7	0.135
ST 1.8	125	154	1.27	7.91	45.6	7.20	9.1	0.3818	1.3	0.1367	7.8	2084.6	22.0	2188	157	5	0.138
ST 1.9	86	145	1.74	3.21	24.7	5.04	5.2	0.3223	1.1	0.1135	4.7	1800.9	16.8	1856	91	3	0.209
ST 1.10	141	173	1.27	0.11	40.9	5.43	2.0	0.3363	1.1	0.1171	1.6	1868.9	17.7	1912	29	2	0.553
ST 1.11	195	182	0.97	1.61	58.8	5.48	2.3	0.3448	0.9	0.1153	1.9	1909.8	14.9	1884	38	-1	0.397
ST 1.12	72	92	1.33	0.18	21.4	5.76	1.8	0.3456	1.1	0.1209	1.4	1913.4	18.1	1969	25	3	0.621

CAPÍTULO III

ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DA USP

PETROGÊNESE E CONTEXTO TECTÔNICO DO GRANITO SÃO FRANCISCO – TERRENO RIO APA – SUL DO CRÁTON AMAZÔNICO

PETROGENESIS AND TECTONIC SETTINGS OF THE SAO FRANCISCO GRANITE - RIO APA TERRANE- SOUTHERN AMAZON CRATON

Geoquímica e Geocronologia do Granito São Francisco

Cinthy de Deus Souza^(1,4,5), Maria Zélia Aguiar de Sousa^(1,3,4,5), Amarildo Salina Ruiz^(1,2,4,5), Maria Elisa Fróes Batata^(5,6), Ana Flávia Nunes Brittes^(4,8)

(1) Programa de Pós-Graduação em Geociências, Faculdade de Geociências – (FAGEO), Universidade Federal de Mato Grosso – (UFMT) – Avenida Fernando Corrêa, s/n, Bairro Coxipó. CEP: 78060-900. Cuiabá-MT, Brasil. E-mail: cinthyasouza17@gmail.com

(2) Departamento de Geologia Geral, FAGEO, UFMT. E-mail: asruiz@gmail.com

(3) Departamento de Recursos Minerais, FAGEO, UFMT. E-mail: prof.mzaguiar@gmail.com.br

(4) Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Geociências da Amazônia (GEOCIAM). Email: geo.geociam@ufpa.br

(5) Grupo de Pesquisa em Evolução Crustal e Tectônica – Guaporé. Email: gabilimigel@gmail.com

(6) Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, USP. Email: elisabatata@hotmail.com

(8) Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (UFPA). Email: afbrittes@gmail.com

Número de palavras: 8180; número de figuras: 15; número de tabelas: 4.

RESUMO

O Granito São Francisco é um corpo batolítico de aproximadamente 350 km², localizado na região de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul. Situa-se nos domínios do Terreno Rio Apa, porção sul do Cráton Amazônico. Constitui-se pelas fácies Biotita - Monzo a Sienogranito e Alkali - Feldspato Granito Gráfico. A primeira é caracterizada pela textura inequigranular hipidiomórfica a xenomórfica, média, e a segunda por intercrescimentos micrográfico e microgranofírico, textura hipidiomórfica, porfírica média a fina, ambas metamorfizadas na fácies xisto verde. Suas rochas são isotrópicas a fracamente anisotrópicas associadas a único evento deformacional de natureza rúptil-dúctil. Geoquimicamente, esses litotipos classificam-se ferrosos e fracamente peraluminosos com afinidade com granitoides cálcio-alcálicos. A determinação geocronológica obtida pelo método U-Pb (SHRIMP) em zircão e geoquímica isotópica Sm-Nd, em rocha total, forneceram respectivamente idade de 1878 ± 7 Ma para sua cristalização, T_{DM} em torno de 2,60 e 2,36 Ga e valores de ε_{Nd(1,87)} negativos (-3,65 e -2,53), sugerindo sua geração através de fusão parcial de uma fonte crustal continental. Os resultados obtidos indicam ambiente de arco magmático continental para o Granito São Francisco, e que sua colocação se deu no estágio tardi a pós-orogênico.

Palavras-chave: Granito São Francisco; Arco magmático Amoguijá; Geoquímica; Geocronologia U-Pb (SHRIMP).

ABSTRACT

The São Francisco Granite (SFG) is a batholith covering approximately 350 km² in the region of Porto Murtinho, in the Brazilian state of Mato Grosso do Sul. It occurs in the Rio Apa Terrane, southern Amazon Craton, where two facies are recognized: Biotite-Monzo to Sienogranite, and Alkali-Feldspar Graphic Granite. The former is equigranular, medium-grained, and shows hypidiomorphic to xenomorphic texture; the latter displays, in its turn, micrographic and microgranophyric intergrowth as well as hypidiomorphic and medium- to fine-grained porphyritic textures. Both of them were metamorphosed under greenschist facies conditions.

These rocks are isotropic to weakly anisotropic related to a single brittle-ductile deformation event. Their geochemical signature is compatible with calc-alkaline type granites which are classified into ferrous to weakly peraluminous. Zircon U-Pb data (SHRIMP) and Sm-Nd isotope data, respectively, yielded a crystallization age of 1878 ± 7 Ma, and T_{DM} ages varying from 2.6 to 2.36 Ga with negative $\epsilon_{Nd(1.87)}$ values of (-3,65 e -2,53) that suggest formation by partial melting of continental crust. According to the results, the São Francisco Granite is associated with magmatic arc settings as well as with late to post-collisional magmatism.

Keywords: São Francisco Granite; Amoguijá magmatic arc; Geochemistry; U-Pb (SHRIMP) Geochronology.

III. 1. INTRODUÇÃO

O magmatismo de idade orosiriana que ocorre no sul do Cráton Amazônico tem sido relatado por diversos autores como: Araújo et al. (1982), Lacerda Filho et al. (2006), Godoy et al. (2010), Cordani et al. (2010), Plens et al. (2013), Brittes et al. (2013). O estudo deste evento magmático é relevante para o entendimento da formação e evolução crustal do Terreno Rio Apa.

O Granito São Francisco (GSF), foco deste trabalho, está inserido num conjunto plutono-vulcânico representado pelos granitos da Suíte Intrusiva Alumiador (SIA) e Formação Serra da Bocaina com rochas vulcânicas (efusivas e piroclásticas), o qual foi gerado no Arco Magmático Amoguijá (Lacerda Filho et al., 2006).

A área estudada está localizada no sudoeste de Mato Grosso do Sul, na fronteira com a Bolívia e o Paraguai, a aproximadamente 40 km da cidade de Porto Murtinho. Souza et al. (2012, 2013, 2014), estudando parte da serra já cartografada como Serra de São Francisco (folhas Porto Murtinho e Colônia São Lourenço), nomeiam este corpo, pela primeira vez, como Granito São Francisco, conforme os parâmetros estabelecidos no código brasileiro de nomenclatura estratigráfica de Petri et al. (2006). Desconsiderando esse termo, posteriormente, Pavan et al. (2014) ao encontrarem pequenos afloramentos de 2 x 5 m, o renomeiam como Granito Chatelodo.

Este trabalho envolve mapeamento geológico na escala 1:100.000, análises petrográficas, geoquímicas, geocronológicas (U-Pb/SHRIMP em zircão) e isotópicas Sm-Nd, em rocha total, para definir a petrogênese do GSF e sua idade de colocação. Tem como objetivo adensar dados e contribuir para o entendimento do magmatismo do Arco Amoguijá, bem como tentar correlacionar este corpo aos já estudados na SIA e posicioná-lo no evento plutono-vulcânico do Arco Magmático Amoguijá que ocorreu no sul do Cráton Amazônico.

III. 2. GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo está inserida no Cráton Amazônico, nos domínios do Terreno Rio Apa (TRA). Este terreno compreende um fragmento cratônico paleoproterozoico localizado na porção central da América do Sul, que é pouco exposto por estar extensamente recoberto por sequências sedimentares neoproterozoicas, dos grupos Itapocumi e Corumbá, e quaternárias da Formação Pantanal (Fig. III. 1).

Lacerda Filho et al. (2006) observam que as rochas desse terreno foram geradas entre 1.95 e 1.75 Ga, estão regionalmente dispostas segundo NS e reúnem granitoides e sequências metavulcanossedimentares de arcos magmáticos acrecionários do segmento mais meridional do cráton. Os mesmos autores propõem uma subdivisão em compartimentos geotectônicos, com base em propriedades litoestratigráficas, estruturais, geoquímicas e geocronológicas em: Remanescente de Crosta Oceânica (2.2 a 1.95 Ga), Arco Magmático Rio Apa (1.95 a 1.87 Ga), Arco Magmático Amoguijá (1.87 a 1.75 Ga) e Intrusivas Básicas (1.79 a 1.78 Ga).

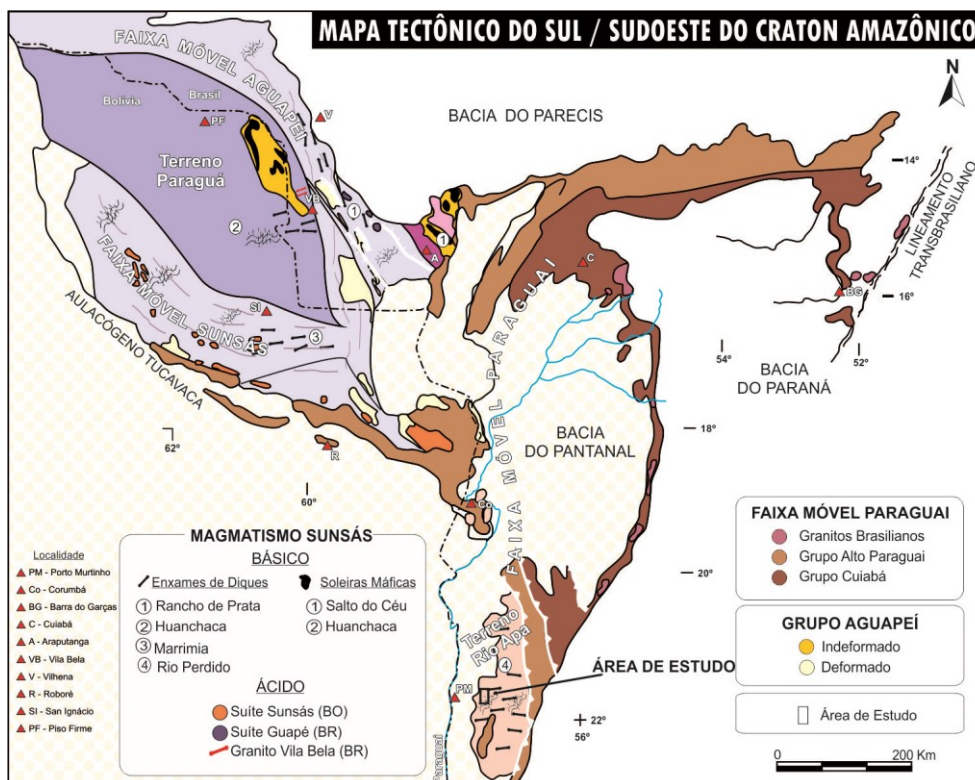


Figura III. 1. Mapa tectônico do Sul/Sudoeste do Cráton Amazônico de Ruiz et al. (2010) destacando o Terreno Rio Apa;

Considerando dados geológicos, geocronológicos e idades modelo Sm-Nd, Cordani et al. (2010) dividem este terreno em dois domínios: blocos Oriental e Ocidental, limitados por uma zona de sutura com direção predominante NS, que têm uma correlação tectônica, mas histórias evolutivas distintas. Estes autores destacam ainda que, em torno de 1670 Ma, o terreno foi regionalmente afetado por tectonismo dúctil causando metamorfismo de médio a alto grau em algumas rochas e provocando uma homogeneização isotópica de Sr. Em 1310-1270 Ma, foi subsequentemente deformado e metamorfozido num evento colisional que afetou toda a região, sugerindo que os blocos já estivessem aglutinados (Fig. III. 2).

De acordo com este último modelo de compartimentação, que será adotado neste trabalho, o Bloco Ocidental é constituído pelo Gnaise Porto Murtinho, Supersuíte Amoguijá, Suíte Intrusiva Morro do Triunfo, Suíte Gabro-Anortosítica Serra da Alegria e pelos metassedimentos dos grupos San Luis/Campanário e Amolar; enquanto o Bloco Oriental inclui os gnaisses Morraria e Caracol, Grupo Alto Tererê, Granito Baía das Garças e os gnaisses, granitos e migmatitos da Província Paso Bravo.

Faleiros et al. (2015), utilizando dados geológicos e geocronológicos U-Pb (SHRIMP), sugerem que o TRA foi formado pela acreção de arcos magmáticos como uma margem continental ativa em 1950 a 1720 Ma e seria composto por 3 domínios principais, sendo eles: sudeste, ocidental e oriental, sendo estes dois últimos já indicados no trabalho de Cordani et al. (2010).

O Arco Magmático Amoguijá está inserido no Bloco Ocidental e agrupa rochas da Suíte Vulcânica Serra da Bocaina e Suíte Intrusiva Alumiador (SIA). Essas duas unidades foram agrupadas, estratigraficamente, como Supersuíte Amoguijá por Godoi e Martins (1999).

Araújo et al. (1982) propuseram a denominação Suíte Intrusiva Alumiador para as rochas intrusivas graníticas formadoras das serranias que constituem a cordilheira do Alumiador, as serras de São Miguel e São Francisco e aquelas situadas na borda ocidental da serra da Bodoquena.

O Granito Alumiador é descrito por Lacerda Filho et al. (2006) com rochas sin a tardi colisionais, de idade U-Pb (SHRIMP) em zircão de 1,86 Ga, com idade modelo (T_{DM} 2.17 Ga), com ϵ_{Nd} fracamente negativo de -0.68 e engloba biotita granitos, monzogranitos com autólitos

de tonalito, micromonzogranitos, granodioritos, magnetita-biotita sienogranitos, sienogranitos granofíricos e granófiros. Esse mesmo corpo foi posteriormente descrito como uma intrusão alongada NNE na porção central do Bloco Ocidental formado por monzo a sienogranitos, isotrópicos, incluindo variedades granofíricas, com idade de 1839 ± 33 (Cordani et al. 2010).

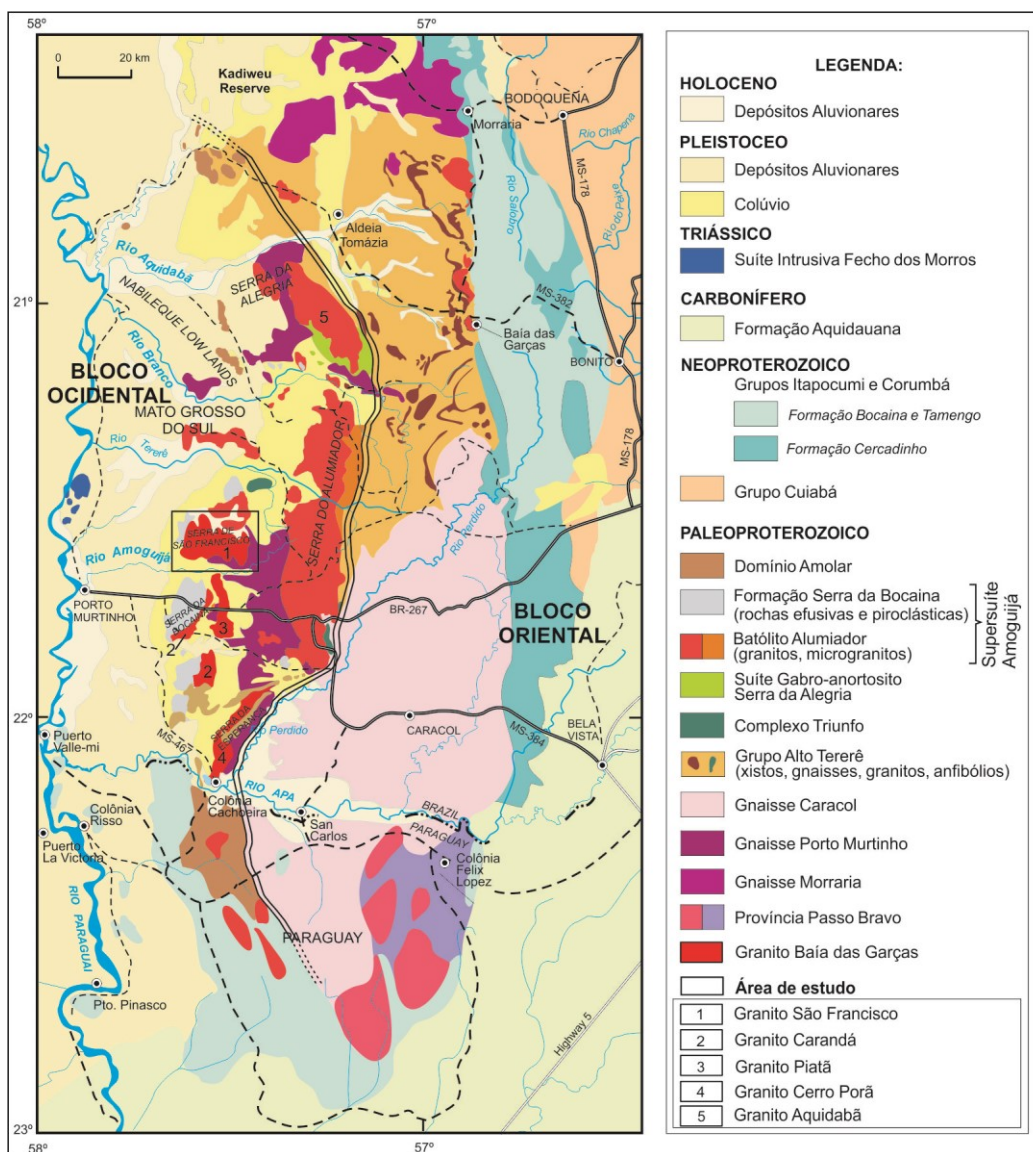


Figura III. 2. Mapa geológico do Terreno Rio Apa destacando os dois blocos tectônicos Oriental e Ocidental, zona de sutura preferencial NS e área de estudo, extraído de Cordani et al. (2010).

Associado às elevações designadas na serra de São Francisco descritas em Araújo et al. (1982) e cartografadas nas folhas Porto Murtinho (SF.21-V-D-V) e Colônia São Lourenço (SF. 21V-D-VI), encontra-se um corpo batolítico individualizado, descrito e denominado Granito São Francisco por Souza et al. (2012, 2013, 2014), que está inserido na Suíte Intrusiva Alumiador.

Plens et al. (2013) definem as rochas do Granito Cerro Porã como monzo a sienogranitos do tipo A da série alcalina potássica saturada em sílica. Essa unidade apresenta idade de cristalização U-Pb (SHRIMP), em zircão, de 1749 ± 45 Ma, tendo seu magmatismo associado a um arco magmático desenvolvido no Estateriano, com colocação num estágio tardi a pós-orogênico.

O Granito Taquaral é constituído por rochas granodioríticas até sienograníticas, leucocráticas com textura inequigranular média a grossa e formadas a partir de um magmatismo cálcio-alcalino de alto K, metaluminoso a peraluminoso colocado, possivelmente, em um

ambiente de arco magmático. O Granito Taquaral foi datado pelo método U-Pb (SHRIMP) em zircão em $1861 \pm 5,3$ Ma, interpretada como sua idade de cristalização (Redes et al. 2013).

Nogueira et al. (2015) descrevem o Granito Aquidabã como rochas de composição ácida, subvulcânicas, classificadas como riolitos, dacitos, monzogranitos a granitos alcalinos que foram formadas a partir de um magmatismo subalcalino do tipo cálcio-alcalino de alto K, metaluminoso a peraluminoso, gerado em ambiente de arco magmático, em período pós-colisional. Esse corpo foi posteriormente descrito como um batólito de 264 Km^2 , orientado NNW, constituído por litotipos isotrópicos, de cor rosa e composição dominante sienogranítica e renomeado como Granito Santa Otília datado em 1830 ± 12 Ma (Faleiros et al. 2014; Pavan et al. 2014).

Pavan et al. (2014) caracterizam o Granito Córrego do Cervo como um batólito alongado de aproximadamente 270 km^2 , com rochas de cor rosa, fina a média e composição sienogranítica datado em 1841 ± 15 Ma (U-Pb SHRIMP).

Quanto às rochas de natureza vulcânica, Araújo et al. (1982) agrupam riolitos, riodacitos, dacitos, brechas vulcânicas e tufos de natureza ácida a intermediária como Suíte Vulcânica Serra da Bocaina. Godoi et al. (2001) as classificam como dacitos, riodacitos e vulcanoclásticas (tufos, lapilitufos, brechas vulcânicas) onde estruturas ígneas primárias podem ser observadas como: bombas vulcânicas e estruturas de fluxo.

Brittes et al. (2013) utilizam a terminologia Formação Serra da Bocaina (FSB) para enquadrar o conjunto de rochas efusivas e piroclásticas, exposto nas serras da Bocaina e São Francisco e descreve, detalhadamente, riolitos e dacitos, brechas ignimbríticas, ignimbritos rico em cristais, tufos co-ignimbríticos e reoignimbritos. A tabela III.1 sumariza os dados geocronológicos e isotópicos disponíveis da Supersuíte Amoguijá.

Tabela III. 1. Súmario de dados geocronológicos e isotópicos da Suíte Intrusiva Alumiador e Formação Serra da Bocaina. Análises em biotita (bt), zircão (Zr) e rocha total (RT). Referências: (A): Araújo et al. (1982); (B): Lacerda Filho et al. (2006); (C): Cordani et al. (2010); (D): Plens et al. (2013); (E): Brittes et al. (2013); (F): Redes et al. (2015); (G): Faleiros et al. (2015); (H) Nogueira et al. (submetido); (I): este trabalho.

Unidades Litoestratigráficas		U-Pb	Pb-Pb	Rb-Sr	Sm-Nd		Ar-Ar
		Idade (Ma) (z)	Idade (Ma) (z)	Idade (Ma) (rt)	T_{DM} (Ga)	$\epsilon_{Nd(t)}$ (rt)	Idade (Ma) (b)
Suíte Intrusiva Alumiador	Granito Chatelodo	$1902 \pm 12^{(G)}$	-	-	-	-	-
	Granito São Francisco	$1878 \pm 7^{(I)}$	-	-	$2,60^{(I)}$ $2,36^{(I)}$	$-3,65^{(I)}$ $-2,53^{(I)}$	-
	Granito Alumiador	$1867^{(B)}$	-	-	2,17	-0,68	-
	Granito Taquaral	$1861 \pm 5^{(F)}$	-	-	$2,32^{(F)}$ $2,35^{(F)}$	$-1,48^{(F)}$ $-1,28^{(F)}$	-
	Granito Córrego do Cervo	$1841 \pm 15^{(G)}$	-	-	-	-	-
	Granito Alumiador	$1839 \pm 33^{(C)}$	-	-	-	-	-
	Granito Santa Otília	$1830 \pm 12^{(G)}$	-	-	-	-	-
	Granito Aquidabã	$1811 \pm 6,8^{(H)}$	-	-	-	-	-
	Granito Cerro Porã	$1749 \pm 45^{(D)}$	-	-	-	-	-
	Granito Alumiador	-	-	$1600 \pm 40^{(A)}$	-	-	-
Formação Serra da Bocaina	Ignimbrito rico em cristais	-	$1877 \pm 3,9^{(E)}$	-	-	-	-
	Vulcânica Saussuritizada	$1794^{(B)}$	-	-	$2,49^{(C)}$ $2,53^{(C)}$	-	$1304 \pm 4^{(C)}$ $1295 \pm 3^{(C)}$
	Vucânica ácida	-	-	$1650 \pm 63^{(A)}$	-	-	-

III. 4. GEOLOGIA E PETROGRAFIA DO GRANITO SÃO FRANCISCO

O GSF constitui o alto topográfico da serra homônima e ocorre como um batólito alongado de dimensões aproximadamente 350 km^2 , com eixo maior orientado segundo EW (Fig. III. 3) sendo formado por rochas isotrópicas a fracamente anisotrópicas. Nele, foram identificados xenólitos de tremolita-actinolita xisto (Fig. III. 4.A), de cor verde-acinzentado,

granulação fina e acentuada foliação, que são interpretados como rochas do Complexo Porto Murtinho que constituem o embasamento desta área.

As rochas da Formação Serra da Bocaina ocupam o relevo negativo da área e são identificados por litotipos de caráter predominantemente vulcanoclástico separados em três fácies ignimbríticas, sendo: Ignimbrito Lítico, Ignimbrito rico em Cristais, Tufo Ignimbrítico; e uma fácies efusiva. Os ignimbritos caracterizam-se pela grande variedade de produtos piroclásticos, tais como: púmices, *fiammes*, cristaloclastos, fragmentos líticos, *shards* e esferulitos dispostos em uma mesóstase cinerítica muito fina, enquanto a fácies efusiva exhibe composição riolítica e texturas porfírica a glomeroporfírica e de fluxo magmático.

O GSF mantém contato intrusivo (Fig. III. 4.B), em diques e apófises, com a fácies efusiva da FSB e encontra-se, em parte, recoberto pelos sedimentos quaternários da Formação Pantanal e Aluviões Atuais.

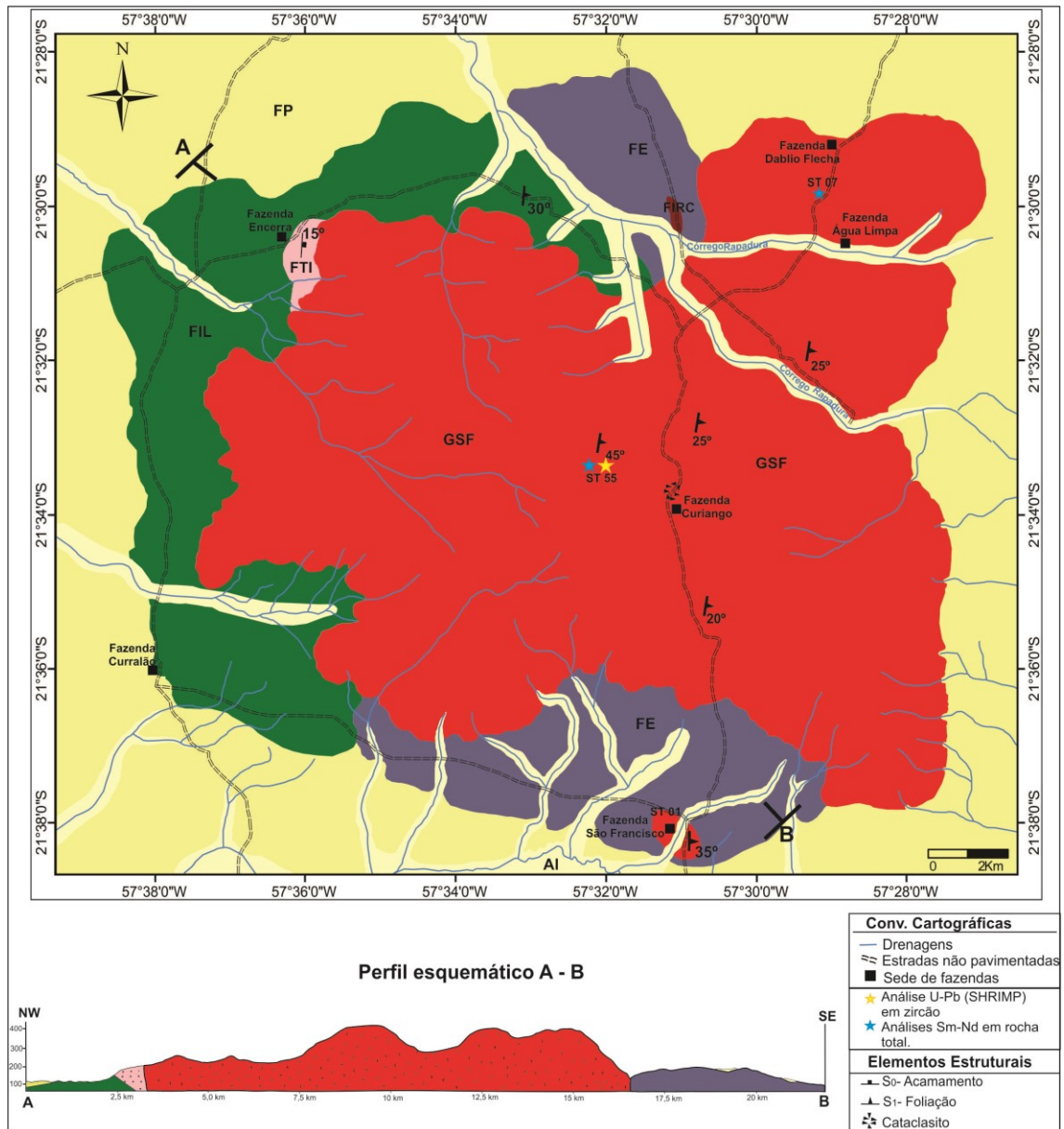


Figura III. 3. Mapa geológico da região da serra de São Francisco destacando o granito homônimo (GSF) e unidades adjacentes identificadas como Formação Pantanal (FP), Aluviões (AI), Ignimbrito Lítico (IgL), Ignimbrito rico em cristais (IgC), Tufo Ignimbrítico (TIg), Efusivas (Ef), sendo as quatro últimas pertencentes à Formação Serra da Bocaina.

O estudo das rochas do GSF e o mapeamento geológico da área na escala 1:100.000 permitiram, a partir de granulação, cor e composição, a identificação de duas fácies

petrográficas: Fácies Álcali-feldspato granito gráfico (FAFGG) e Fácies Biotita monzo a sienogranito (FBMS). A primeira é, especialmente, dominante no corpo mapeado e caracteriza-se por rochas leucocráticas, rosa-claro a avermelhada, com índice M entre 5 e 8 %, de textura porfirítica (Fig. III. 4.C) e granulação variando entre fina (Fig. III. 4.D) e média. A FBMS ocorre em porções restritas do NE e SE da área e é formada por rochas leucocráticas, de cor rosa (Fig. III. 4.E) a cinza-esverdeado quando alteradas (Fig. III. 4.F), com índice M entre 8 e 15 % e textura, predominantemente, média.

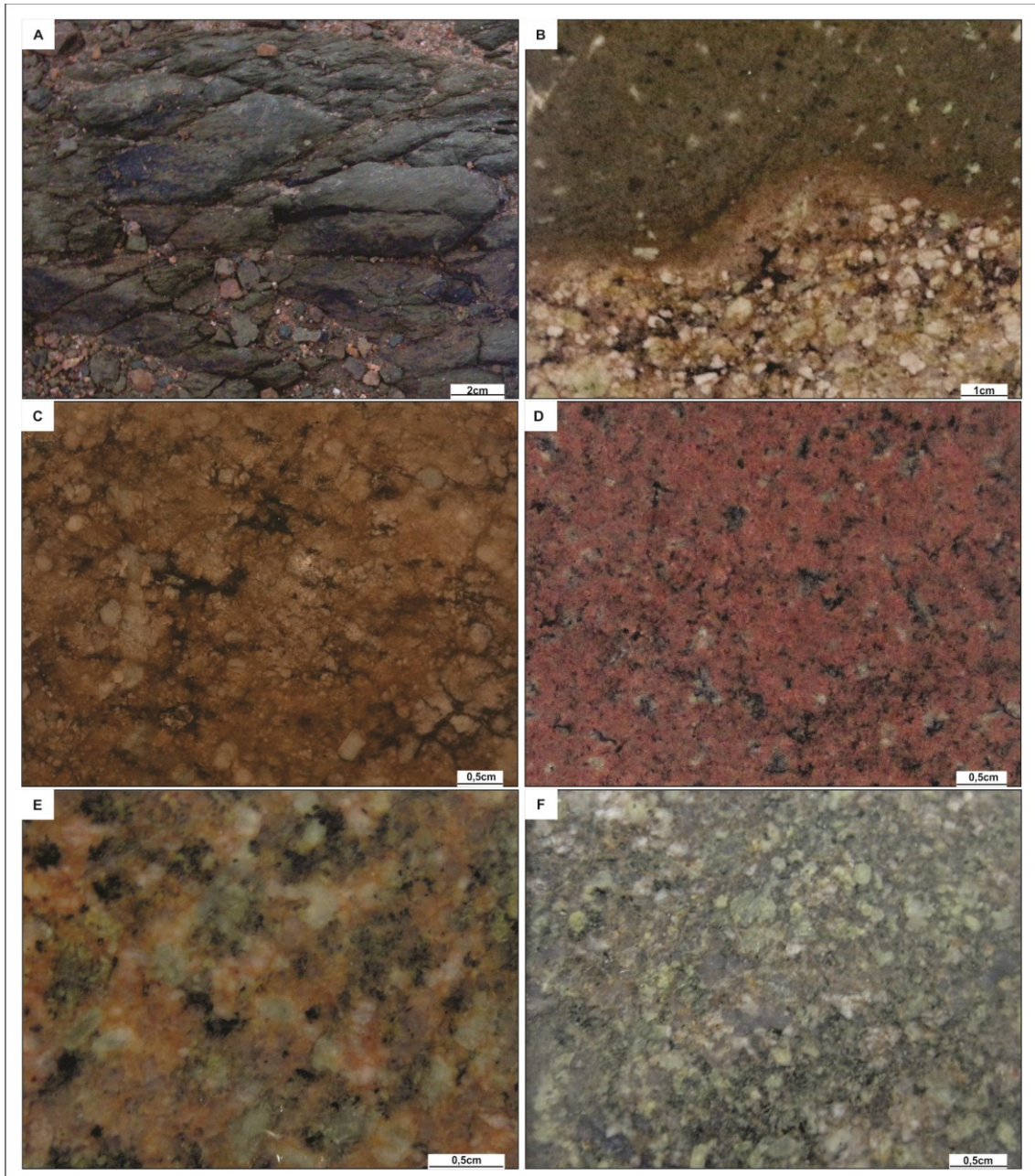


Figura III. 4. Fotografias de rochas do GSF ilustrando: **(A)** xenólito de Tremolita-Actinolita Xisto; **(B)** dique do GSF cortando a fácies efusiva da FSB; **(C)** FAFGG de textura porfirítica fina a média; **(D)** FAFGG de cor rosa, textura inequigranular fina onde se sobressaem agregados de biotita e opacos; **(E)** monzogranito da FBMS de textura inequigranular média e cor rosa predominante com tonalidade esverdeada de plagioclásio saussuritizado; **(F)** FBMS de cor cinza-esverdeado devido alteração dominada por clorita e epidoto.

Opticamente, a FAFGG difere-se da FBMS pela presença constante de intercrescimentos micrográficos e microgranofíricos (Fig. III. 5.A). No intercrescimento

microgranofírico, o quartzo ocorre em franja radial (Fig. III. 5.B), semicircular e vermicular que se desenvolve principalmente ao redor dos cristais de feldspato alcalino. A primeira delas exhibe textura porfírica (Fig. III. 5.C) com fenocristais de feldspato alcalino e quartzo imersos em matriz hipidiomórfica a xenomórfica fina a média, enquanto a FBMS caracteriza-se por textura inequigranular hipidiomórfica média (Fig. III. 6).

As rochas de ambas as fácies apresentam apenas biotita como máfico essencial primário; têm apatita, zircão, titanita, allanita, rutilo e minerais opacos como paragênese acessória e encontram-se metamorfizadas, em baixo grau, na fácies xisto-verde. A maioria das rochas exhibe alteração, mas as da FAFGG encontram-se mais alteradas para clorita, sericita, muscovita, epidoto, zoisita, argilominerais e opacos (Fig. III. 5.D).

O quartzo é encontrado comumente em grãos anédricos, por vezes, fraturados, com efeitos de corrosão magmática e/ou com evidências de deformação intracristalina, tais como, ocorrência em fitas, subgrãos e extinção ondulante, lamelas e bandas bem marcadas. Pode se exhibir também com hábito vermicular configurando textura gráfica/granofírica ou em grãos recristalizados, menores do que 1 mm, bem como, fase ainda mais tardia preenchendo fraturas.

O feldspato alcalino ocorre como cristais tabulares subédricos a anédricos em ambas as fácies e como fenocristais na FAFGG; apresenta geminação do tipo grade, por vezes combinada com *Carlsbad*. Encontra-se pertítico (Fig. III. 6.A) tanto em vênulas como em grãos/gotas e pode exhibir inclusões de apatita, biotita e opacos.

O plagioclásio é raro na FAFGG e mais comum na FBMS, ocorrendo como cristais tabulares subédricos ou em grãos anédricos, com geminação albita, *Carlsbad*, periclina, que podem estar combinadas (Fig. III. 6.B). Verifica-se, frequentemente, zonação normal onde o núcleo, mais cálcico, encontra-se fortemente saussuritizado; ocorre, por vezes, como pseudomorfos totalmente substituídos por epidoto; apresenta inclusões de quartzo, biotita, apatita e opacos e, de acordo com o método estatístico de Michel-Levy, foi classificado desde albita até oligoclásio.

A biotita (Fig. III. 6.C) ocorre em lamelas dobradas, plaquetas e palhetas subédricas, com pleocroísmo castanho-claro a verde-escuro, isoladas ou formando agregados com opacos e epidoto ou inclusas nos feldspatos. Inclui, apenas na fácies FBMS, cristais euédricos aciculares de rutilo formando textura saagenítica (Fig. III. 6.D) e altera-se, comumente, para clorita e muscovita.

Os opacos podem ser fase primária em cristais euédricos/subédricos isolados ou secundária proveniente de alteração de biotita e titanita, por vezes, anédricos em agregados, pretos ou com tonalidades marrons e avermelhadas.

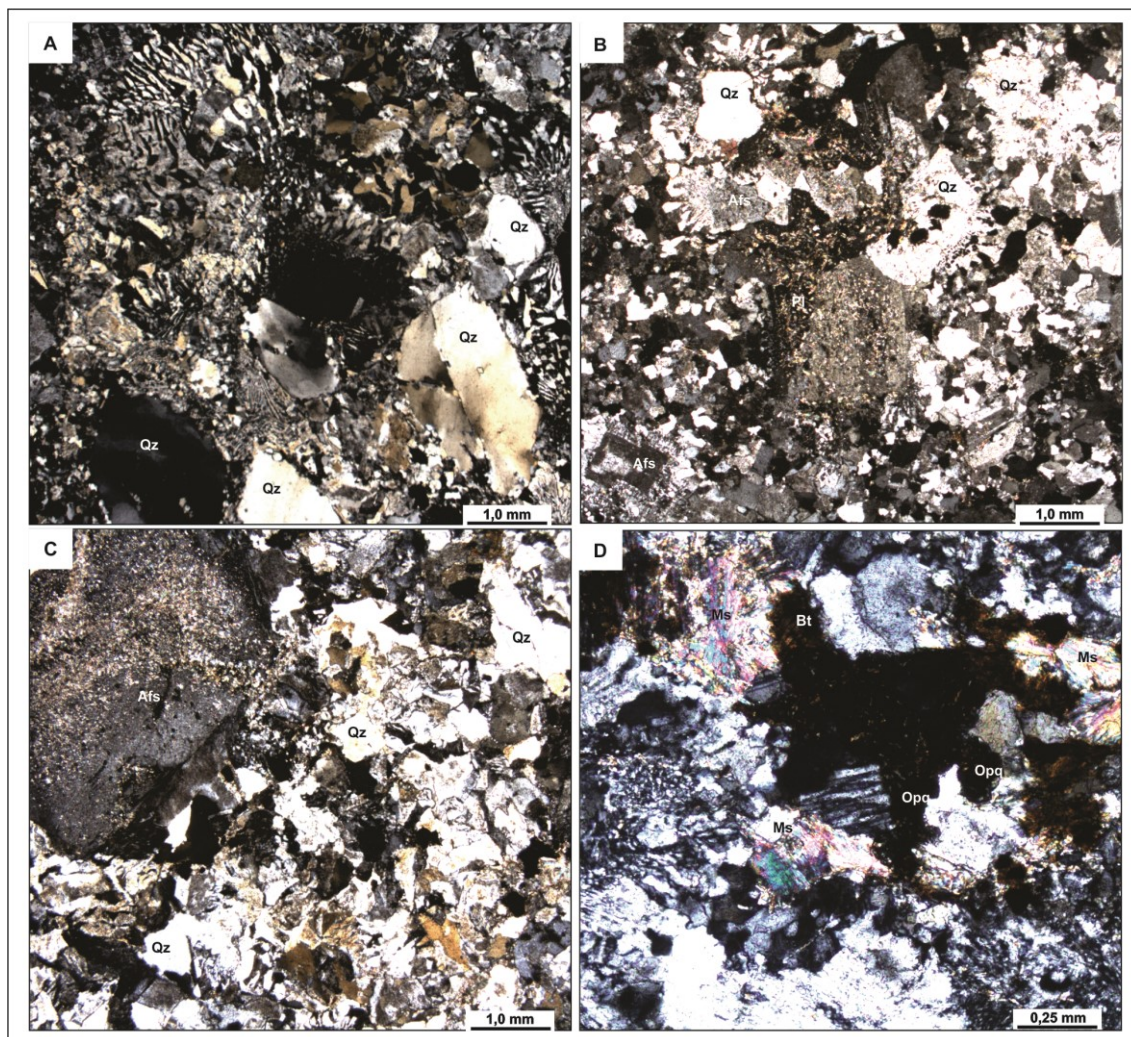


Figura III. 5. Fotomicrografias das rochas da Fácies Álcali feldspato granito gráfico (FAFGG) do GSF ilustrando: **(A)** textura micrográfica a microgranofírica média; **(B)** textura microgranofírica do tipo radiada; **(C)** textura porfírica com fenocristal de feldspato alcalino argilizado em matriz micrográfica; **(D)** porção mais máfica com lamela e agregado de biotita, muscovita e opacos. Polarizadores cruzados em A, B, C e D.

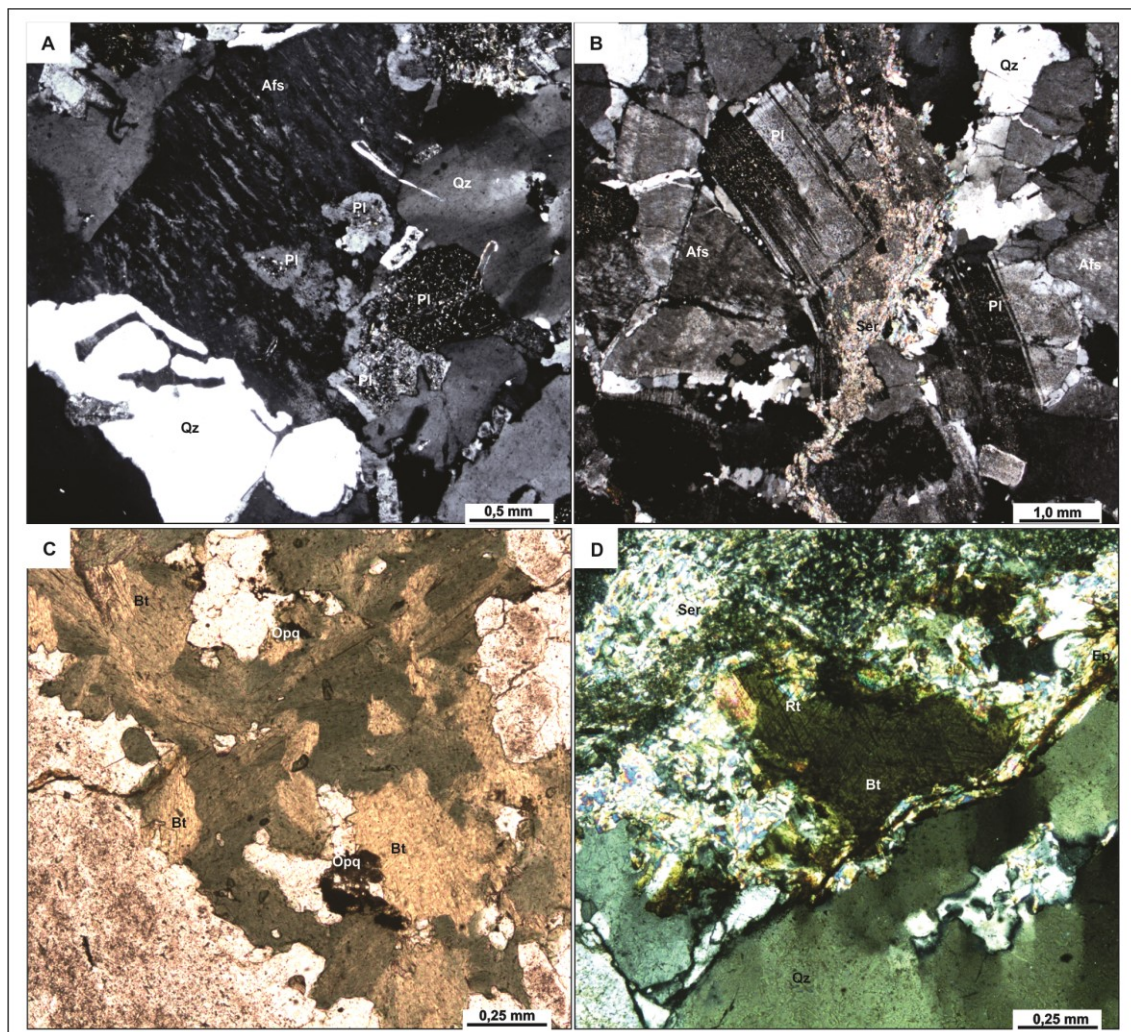


Figura III. 6. Fotomicrografias das rochas da fácies Biotita - monzo a sienogranito (FBMS) do GSF ilustrando: **(A)** vênulas e grãos zonados de plagioclásio sódico em grão de K-feldspato hospedeiro caracterizando textura pertítica e quartzo com golfos de corrosão; **(B)** textura inequigranular hipidiomórfica média formada por plagioclásio tabular deformado, feldspato alcalino, quartzo e fratura preenchida por carbonato, sericita e argilominerais; **(C)** agregado de biotita cloritizada; **(D)** textura sagenítica. Polarizadores paralelos em C e cruzados em A, B e D.

O GSF apresenta rochas isotrópicas a fracamente foliadas (Fig. III. 7.A). Uma discreta foliação (S_1), é representada por orientação preferencial dos minerais félsicos (Fig. III. 7.B) e dos agregados de biotita. As medidas da foliação penetrativa S_1 mostram uma concentração em torno de N10E/30SE.

Zona milonítica estreita recorta a porção central do corpo com *trend* NS, relativamente concordante com a foliação regional. Indicadores cinemáticos sugerem um transporte tectônico para W - NWW. Na área estudada, foram encontradas estruturas de natureza rúptil, destacando-se juntas observadas em toda intrusão que se orientam, preferencialmente, NS e pequenas falhas com rochas cataclásticas na porção central da serra.

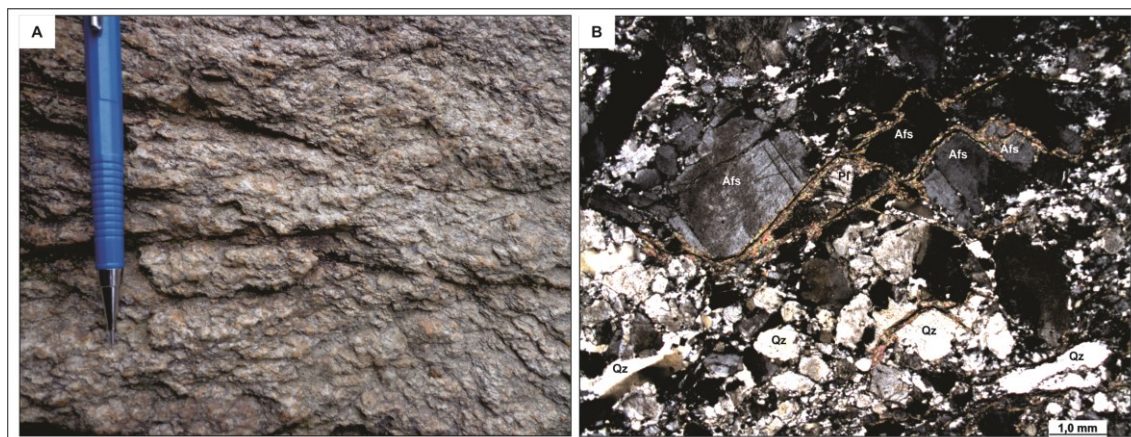


Figura III. 7. (A) Foliação S_1 representada por reorientação preferencial dos minerais máficos/félsicos em amostra do GSF; (B) fotomicrografia com polarizadores cruzados ilustrando cristais de quartzo levemente estirados, extinção ondulante, recristalização em subgrãos e feldspato com estrutura bookshelf.

III. 5. GEOQUÍMICA ELEMENTAR

Para o estudo geoquímico das rochas do GSF foram selecionadas 13 amostras para análises de elementos maiores e alguns menores, expressos em óxidos, (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O e P_2O_5), traços, incluindo terra raras (ETR), em ppm. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 2 e seu tratamento objetivou caracterizá-las, geoquimicamente, e identificar a natureza do magmatismo que as gerou e o seu provável ambiente tectônico.

As amostras foram britadas e pulverizadas no Laboratório de Preparação de Amostras da Faculdade de Geociências da Universidade Federal de Mato Grosso e posteriormente foram enviadas para um laboratório comercial (*Acme Analytical Laboratories - Acmelab*) para análises através dos métodos ICP-ES (*Inductively Couple Plasma Emission Spectrometry*) utilizado para elementos maiores e menores e ICP-MS (*Inductively Couple Plasma Mass Spectrometry*) para os traços, incluindo ETR.

Tabela III. 2. Composição química de rochas da FBMS do GSF (óxidos em % em peso e demais elementos em ppm).

Amostra	ST-7A	ST-07	ST-08	ST-09	ST-1B	ST-01
SiO_2	70.88	71.28	71.28	72.72	73.52	74.43
TiO_2	0.41	0.39	0.36	0.36	0.34	0.31
Al_2O_3	14.67	14.32	14.72	13.72	13.86	13.23
Fe_2O_3	2.75	3.14	2.63	2.88	1.99	1.95
MnO	0.13	0.14	0.07	0.09	0.09	0.08
MgO	0.63	0.61	0.54	0.51	0.28	0.18
CaO	2.06	1.96	1.93	1.74	0.97	0.97
Na_2O	4.28	4.03	3.98	3.72	3.90	4.15
K_2O	3.69	3.66	4.04	3.85	4.45	4.34
P_2O_5	0.15	0.13	0.13	0.15	0.07	0.05
LOI	0.70	1.10	1.30	0.90	0.70	1.00
Total	100.35	100.76	100.98	100.64	100.17	100.69
Ba	1133	1228	1263	1201	2449	1577
Cs	4.70	3.70	3.70	2.80	1.00	1.70
Ga	15.90	16.40	15.30	14.70	16.10	15.70

Hf	5.30	5.30	4.90	4.70	7.40	8.30
Nb	10.00	9.50	9.70	8.60	11.20	18.00
Rb	140.60	139.00	164.60	138.30	133.50	125.10
Sr	313.20	283.50	292.70	246.00	226.50	213.60
Ta	1.00	0.80	0.90	0.50	1.00	1.40
Th	10.50	9.80	11.40	10.50	11.90	13.40
U	2.40	2.30	3.60	2.50	2.60	4.30
Zr	181.90	191.80	182.10	184.90	304.20	302.30
Y	35.60	34.00	24.90	28.00	47.00	43.60
Pb	9.90	9.10	10.20	10.00	19.70	34.40
La	69.60	58.20	35.10	47.10	122.40	51.20
Ce	108.20	93.90	72.10	87.10	261.20	114.80
Pr	14.28	11.77	7.38	9.50	26.88	11.27
Nd	53.60	42.60	26.70	34.60	99.40	42.80
Sm	9.42	7.59	5.36	6.14	15.63	7.92
Eu	1.79	1.52	1.26	1.42	3.73	1.79
Gd	7.72	6.92	4.78	5.40	11.98	6.54
Tb	1.12	0.96	0.75	0.79	1.66	1.07
Dy	6.56	6.03	4.24	4.50	8.97	6.54
Ho	1.30	1.16	0.90	1.01	1.69	1.44
Er	3.69	3.27	2.77	2.38	4.81	4.50
Tm	0.53	0.51	0.40	0.40	0.76	0.75
Yb	3.40	3.40	2.64	2.79	4.99	4.80
Lu	0.55	0.53	0.43	0.38	0.75	0.78
Eu/Eu*	0.65	0.64	0.77	0.76	0.84	0.76
(La/Yb) _N	13.70	11.40	8.90	11.30	16.40	7.10

Tabela III. 2. Continuação. Composição química de rochas da FAFGG do GSF (óxidos em % em peso e demais elementos em ppm).

Amostra	ST-03	ST-13	ST-23	ST-52	ST-11	ST-14	ST-55
SiO ₂	76.08	76.82	76.86	76.87	77.12	77.32	77.46
TiO ₂	0.23	0.17	0.2	0.15	0.18	0.13	0.16
Al ₂ O ₃	12.87	12.39	12.21	12.17	11.96	12.18	11.95
Fe ₂ O ₃	1.85	1.43	1.17	1.58	1.87	1.46	1.55
MnO	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.02	0.05
MgO	0.17	0.12	0.12	0.09	0.12	0.09	0.13
CaO	0.13	0.28	0.17	0.34	0.20	0.08	0.22
Na ₂ O	3.72	3.89	3.76	3.79	3.54	3.50	3.77
K ₂ O	4.61	4.72	4.71	4.77	4.75	5.09	4.56
P ₂ O ₅	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.04
LOI	0.60	0.30	0.20	0.30	0.40	0.50	0.50
Total	100.33	100.21	99.48	100.13	100.22	100.41	100.39
Ba	1538	513	539	443	598	488	479
Cs	1.60	1.00	1.10	1.10	1.10	0.80	0.50

Amostra	ST-03	ST-13	ST-23	ST-52	ST-11	ST-14	ST-55
Ga	14.80	14.10	15.20	15.50	15.30	17.30	14.50
Hf	4.30	4.70	6.20	5.80	4.80	4.50	4.40
Nb	8.80	11.70	13.20	13.00	14.10	13.00	12.90
Rb	192.00	144.40	144.90	168.00	179.80	192.10	140.80
Sr	72.10	30.40	26.60	28.80	31.30	21.70	26.80
Ta	0.60	0.80	1.60	1.10	1.20	1.10	0.80
Th	9.00	12.00	14.80	14.80	12.60	14.80	11.80
U	1.20	2.20	2.70	3.80	2.00	3.10	1.80
Zr	182.60	134.70	159.60	135.90	136.30	125.40	117.30
Y	18.50	35.90	29.60	34.10	27.10	36.40	34.50
Pb	20.70	16.30	9.60	13.80	17.60	11.00	14.60
La	39.00	32.90	32.10	30.20	22.70	28.00	37.40
Ce	75.50	68.10	78.40	67.80	55.80	43.50	85.90
Pr	9.09	7.96	7.49	6.95	5.22	5.60	8.88
Nd	31.60	29.70	25.70	27.90	18.90	20.40	34.20
Sm	5.31	6.48	5.42	5.67	4.23	3.76	6.60
Eu	1.13	0.95	0.76	0.71	0.66	0.53	0.89
Gd	4.08	6.59	4.86	5.58	4.66	3.90	5.90
Tb	0.57	1.11	0.75	0.99	0.75	0.75	0.97
Dy	3.52	3.99	4.94	5.95	4.97	4.96	5.91
Ho	0.74	1.33	1.01	1.36	1.12	1.12	1.04
Er	2.33	3.99	3.17	4.05	3.19	4.08	3.38
Tm	0.39	0.61	0.50	0.61	0.47	0.61	0.55
Yb	2.22	4.23	3.36	3.70	3.40	4.00	3.43
Lu	0.40	0.62	0.53	0.64	0.48	0.64	0.58
Eu/Eu*	0.75	0.45	0.46	0.39	0.46	0.43	0.44
(La/Yb) _N	11.70	5.20	6.40	5.50	4.50	4.70	7.30

De acordo com os teores de SiO₂, os litotipos do GSF indicam uma sequência de composição ácida, pouco expandida, com teores nos intervalos de 70,88 a 74,43 % (Fácies Biotita-Monzo a Sienogranito) e 76,08 a 77,46 % (Fácies Álcali-Feldspato Granito Gráfico), tendo um discreto hiato composicional entre as fácies.

Corroborando o estudo petrográfico, essas rochas são classificadas, geoquimicamente, como monzo a sienogranitos e álcali-feldspato granitos no diagrama R₁-R₂, proposto por La Roche (1980; Fig. III. 8.A). No diagrama álcalis *versus* sílica de Le Bas et al. (1986; Fig. III.8.B), com a linha divisória de Irvine e Baragar (1971), observa-se que o magmatismo é classificado como sub-álcalino.

No diagrama Na₂O+K₂O-CaO *versus* SiO₂ (Frost et al., 2001; Fig. III. 9.A) a disposição dos pontos aponta para um magmatismo de afinidade entre cálcio-álcalino a álcali-cálcico, o que é corroborado no diagrama K₂O *versus* SiO₂ (Peccerillo e Taylor, 1976; Fig. III. 9.B), onde se observa que o quimismo dessas rochas coincide com o da série cálcio-álcalina de alto-K. A natureza ferrosa e fracamente peraluminosa dessas rochas é sugerida, respectivamente, nos diagramas FeO_v/(FeO_t+MgO) *versus* SiO₂ (Frost et al., 2001; Fig. III. 10.A) e A/CNK *versus* A/NK (Maniar e Piccoli, 1989; Fig. III. 10.B).

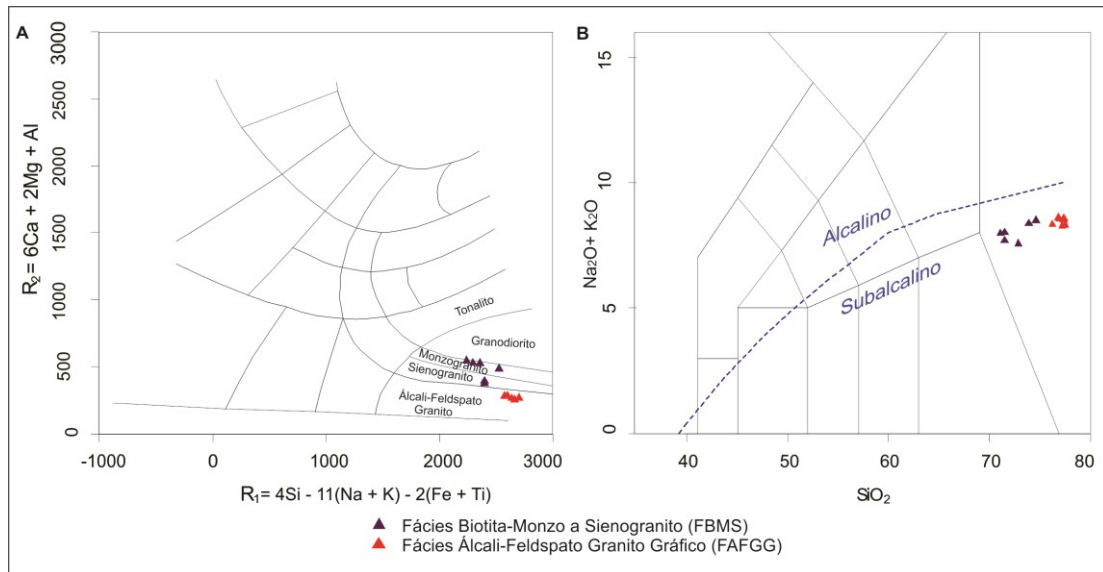


Figura III. 8. Classificação das rochas do GSF nos diagramas: **(A)** R_1-R_2 (La Roche, 1980); **(B)** álcalis versus sílica (Le Bas et al., 1986), com limite entre domínios alcalino/subalcalino de Irvine e Baragar (1971).

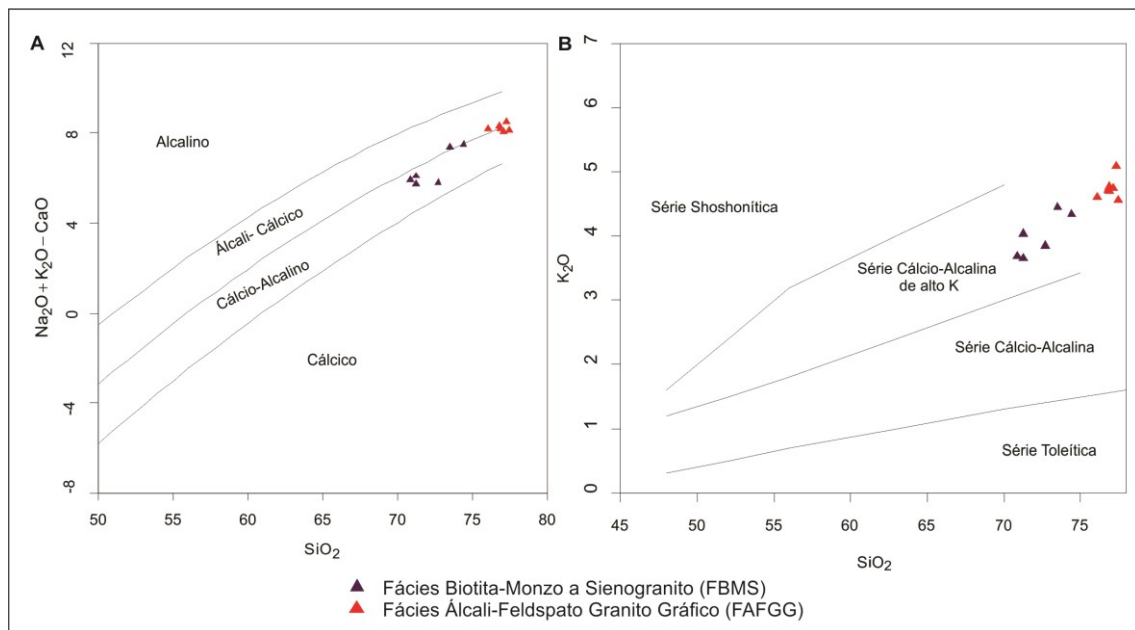


Figura III. 9. Distribuição dos pontos representativos das rochas do GSF nos diagramas: **(A)** $Na_2O + K_2O - CaO$ versus SiO_2 (Frost et al., 2001); **(B)** K_2O versus SiO_2 (Peccerilo e Taylor, 1976).

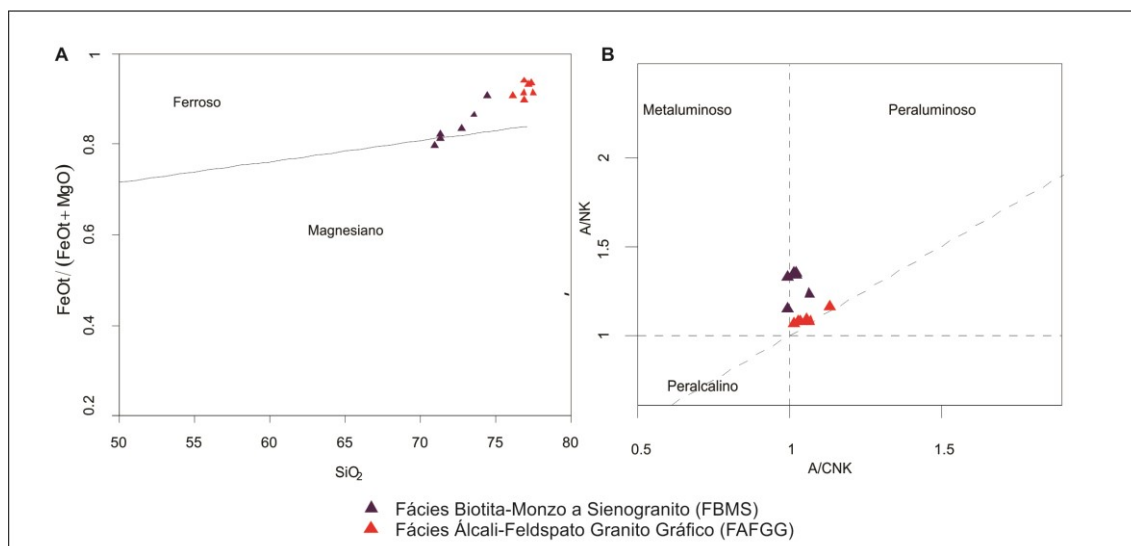


Figura III. 10. Distribuição dos pontos representativos do GSF nos diagramas: **(A)** $FeO_t/(FeO_t+MgO)$ versus SiO_2 (Frost et al., 2001); **(B)** A/NK versus A/CNK (Maniar e Piccoli, 1989).

Para a inferência da ambiência tectônica do GSF foram utilizados os diagramas Hf-Rb-Ta e Rb versus Y+Nb propostos, respectivamente, por Harris *et al.* (1986, Fig. III. 11.A) e Pearce *et al.* (1984 e 1996; Fig. III. 11.B). A distribuição dos pontos representativos das rochas analisadas sugere um magmatismo compatível com o das séries graníticas fanerozoicas geradas em ambiente de Arco Magmático, e também, num estágio pós-colisional no diagrama de Pearce (1984 e 1996).

O padrão geoquímico identificado para as rochas do GSF, a partir do estudo de Elementos Terras Raras (ETR) normalizados pela composição condrítica (Nakamura, 1974; Fig. III. 12.A), mostra-se similar ao apresentado por séries cálcio-alcálicas, com fracionamento de Elementos Terras Raras Pesados (ETRP) em relação aos Elementos Terras Raras Leves (ETRL) e razões $(La/Yb)_n$ entre 4,70 e 16,40. Verifica-se anomalias negativas de Eu, com razões Eu/Eu^* entre 0,39 e 0,84, mais discretas na FBMS.

No diagrama de distribuição de elementos traço associados aos dados de K_2O , normalizados pelos valores de granitos de Cordilheira Meso-Oceânica (Pearce *et al.*, 1984; Fig. III. 12.B), observa-se um enriquecimento em elementos litófilos de raios iônicos grandes (LILE) em relação aos elementos de alto potencial iônico (HFSE), com anomalias negativas de Nb e Ta, comportamento típico de contribuição crustal (Hugh, 1993).

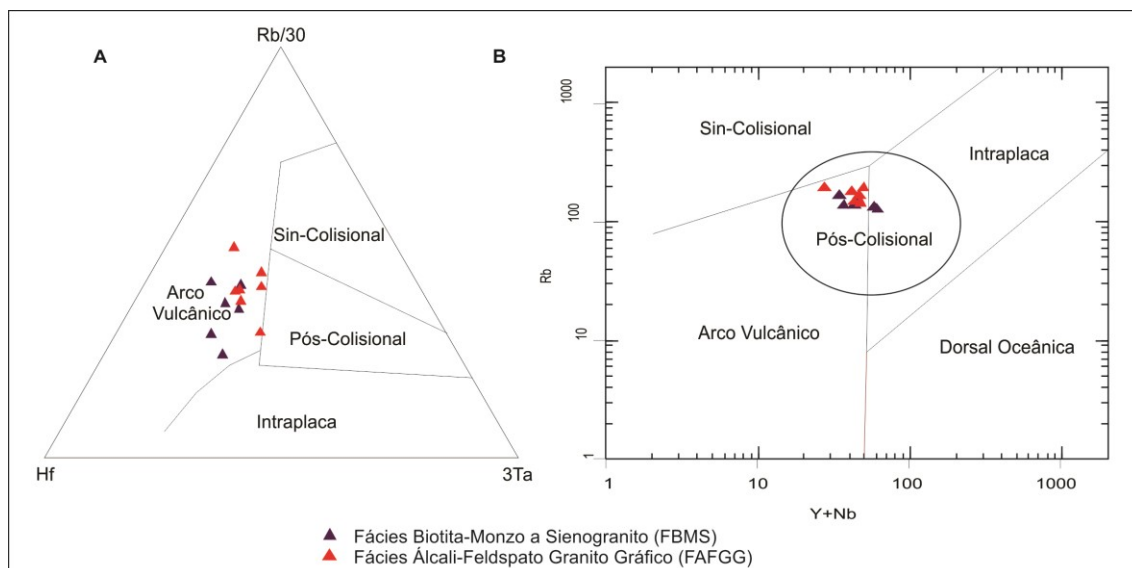


Figura III. 11. Distribuição dos pontos representativos das rochas do GSF nos diagramas: **(A)** Hf-Rb/30-Ta*3 (Harris et al., 1986); **(B)** Rb versus Y+Nb (Pearce et al. 1984; Pearce 1996).

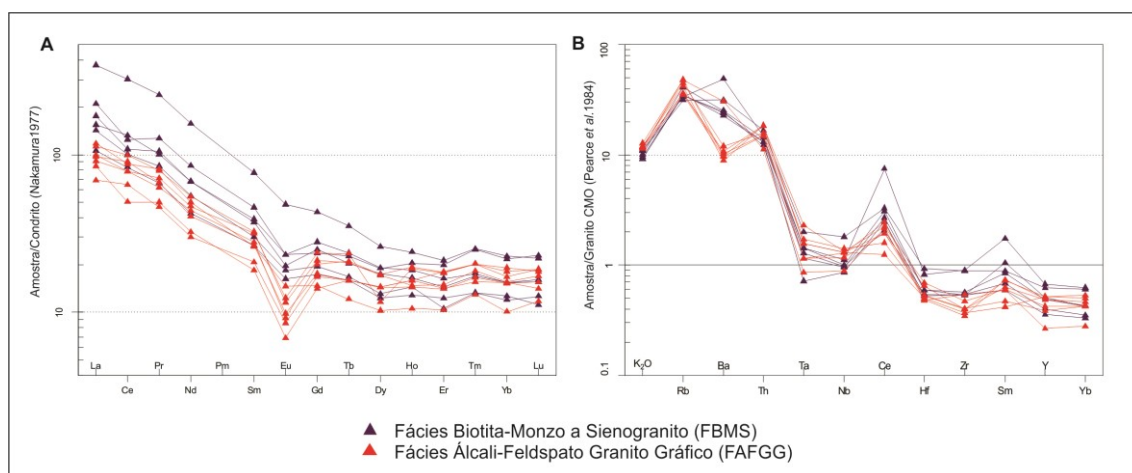


Figura III. 12. Padrões de distribuição das rochas do GSF nos diagramas: **(A)** ETR, normalizados pelos valores condriticos de Nakamura (1974); **(B)** elementos traço e K₂O, normalizados pelos valores dos granitos de Cordilheira Meso-Oceânica (Pearce et al., 1984).

III. 6. GEOCROLOGIA U-Pb SHRIMP EM ZIRCÃO E Sm-Nd EM ROCHA TOTAL

Para identificar a idade de cristalização e da fonte do magma gerador do GSF, duas amostras foram coletadas ST- 55 e ST - 07. A amostra ST-55 foi coletada nas proximidades da sede da fazenda Curiango (coordenadas em UTM 447482/7616861), para análises geocronológica e isotópica através dos métodos, U-Pb (SHRIMP) em zircão e Sm-Nd em rocha total, respectivamente, e a ST - 07 foi coletada na fazenda Minha Mãe (coordenadas em UTM 449856/7622233) para análise isotópica Sm-Nd em rocha total. A primeira pertence à Fácies Álcali-Feldspato Granito Gráfico (FAFGG), e apresenta textura porfírica, com fenocristais de feldspato alcalino e subordinadamente de plagioclásio, imersos em matriz quartzo-feldspática inequigranular média a fina. A segunda pertence a Fácies Biotita-Monzo-Sienogranito (FBMS), e apresenta textura inequigranular, hipidiomórfica média.

III. 6. 1. Análise U-Pb em Zircão (SHRIMP)

A amostra ST-55 foi preparada seguindo os métodos convencionais para a obtenção de um concentrado de 100 (cem) cristais de zircão, que foram selecionados em lupa óptica binocular, na sala de pesquisa da FAGEO - UFMT. Posteriormente, esse concentrado foi enviado para o laboratório do CPGeo-IGc/USP, onde foram realizadas imagens por

catodoluminescência (CL) e análises U-Pb (SHRIMP), cujos detalhes de procedimentos experimentais utilizados estão descritos em Sato et al. (2014).

Dos cristais de zircões selecionados, 34 (trinta e quatro) grãos foram utilizados para obter imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e posterior análise. Caracterizam-se, morfologicamente, como cristais de primas curtos, com dimensões entre 55 e 170 μm , onde a relação comprimento *versus* largura corresponde a 2/1 e, subordinadamente, 1/1. Exibem-se nas cores fumê a esbranquiçado e variando de transparentes a opacos; alguns exemplares mostram-se fraturados e quebrados.

De acordo com as imagens de CL utilizadas para delinear a área mais adequada à aplicação do feixe iônico do laser, observa-se que os cristais ST-55 1.1, ST-55 2.1, ST-55 3.1, ST-55 4.1, ST-55 5.1, ST-55 6.1, ST-55 7.1, ST-55 8.1, ST-55 9.1, ST-55 10.1, ST-55 12.1. são morfologicamente magmáticos, com típica zanação com bandas claras e escuras, relativamente regulares (Fig. III. 13), que são assegurados pelos valores Th/U maiores que 0.1.

Os pontos ST – 55 1.1 e 7.1 têm teores de ^{206}Pb comum muito altos (>10%) e representam, portanto, erros extremamente elevados sobre a razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e idades correspondentes. De um modo geral, todos os zircões apresentam alto Pb comum, apesar das imagens de CL não demonstram feições de zircões metamíticos.

Para a confecção do diagrama concórdia foram utilizados os dados dos zircões ST -55 2.1, 6.1, 8.1, 10.1 e 12.1, enquanto os dados dos zircões ST 55 - 1.1, 3.1, 4.1, 5.1, 7.1, 9.1, 11.1 não foram utilizados devido ao alto teor de Pb comum (Tabela III. 3). Desse modo, os pontos com baixo teor de Pb comum fornecem idade de 1878 ± 7 Ma observada no diagrama concórdia (Fig. III. 14) que é semelhante aos pontos analíticos de idade concordante de 1877 ± 7 Ma.

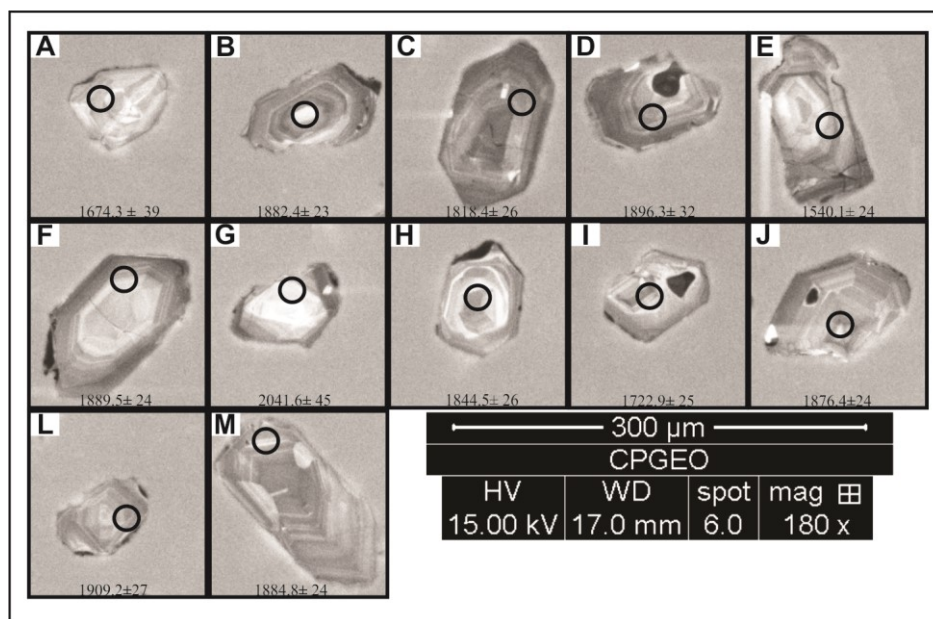


Figura III. 13. Imagem de catodoluminescência de cristais de zircão: (A) ST 55 - 1.1, (B) ST 55 - 2.1, (C) ST55 - 3.1, (D) ST 55 - 4.1, (E) ST 55 - 5.1, (F) ST 55 - 6.1, (G) ST 55 - 7.1, (H) ST 55 - 8.1, (I) ST 55 - 9.1, (J) ST 55 – 10.1, (L) ST 55 - 11.1, (M) ST 55 – 12.1. Os círculos representam os pontos de impacto do feixe iônico.

Tabela III. 3. Dados isotópicos de zircões para o GSF da amostra ST-55. Razão corrigida para chumbo comum. Erro 1 σ .

Nome Spot	U ppm	Th ppm	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_c$ %	^{206}Pb ppm	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (1)	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (1)	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (1)	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ Ma (1)	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Ma (1)	$\pm 1\sigma$	Disc %	Err. Corr.
ST 1.1	155	151	1,01	18,52	50,7	5,41	28,3	0,2966	2,6	0,1311	25,4	1674,3	37,5	2127	493	27	0,093
ST. 2	166	231	1,44	0,22	48,6	5,29	1,9	0,3391	1,5	0,1132	1,3	1882,4	23,8	1851	23	-2	0,755
ST. 3	188	146	0,8	6,79	57,3	5,33	9,0	0,3259	1,6	0,1185	7,9	1818,4	26,0	1935	159	6	0,183
ST. 4	135	165	1,26	5,55	42,5	5,88	13,1	0,3420	2,0	0,1247	12,4	1896,3	30,8	2025	229	7	0,152
ST. 5	97	90	0,96	5,76	24,2	3,75	10,1	0,2699	1,8	0,1009	9,3	1540,1	24,2	1641	185	7	0,179
ST. 6	125	158	1,31	0,11	36,5	5,40	1,8	0,3406	1,5	0,1150	1,1	1889,5	24,2	1880	20	-1	0,799
ST. 7	101	141	1,45	14,67	39,4	6,76	20,6	0,3726	2,6	0,1314	17,7	2041,6	42,7	2119	358	4	0,126
ST. 8	94	125	1,36	0,67	27,1	5,37	2,8	0,3313	1,6	0,1177	2,3	1844,5	25,9	1921	41	4	0,579
ST. 9	134	289	2,23	5,59	37,7	4,66	8,6	0,3064	1,7	0,1102	7,7	1722,9	24,8	1803	153	5	0,195
ST. 10	106	177	1,73	0,12	30,7	5,30	2,0	0,3379	1,5	0,1138	1,3	1876,4	24,7	1861	23	-1	0,769
ST. 11	114	128	1,16	4,41	35,6	5,48	6,9	0,3447	1,6	0,1153	6,2	1909,2	26,8	1884	121	-1	0,237
ST 12.1	150	218	1,5	0,10	43,9	5,48	1,8	0,3396	1,5	0,1169	1,1	1884,8	24,0	1910	20	1	0,794

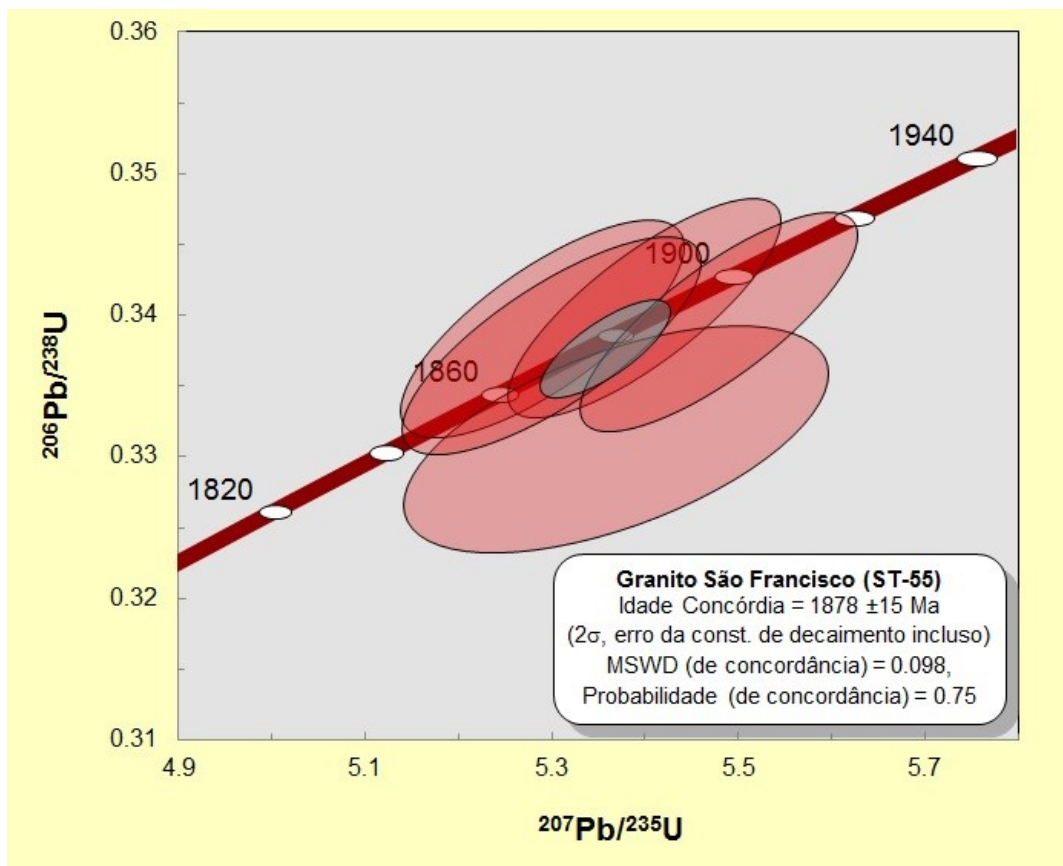


Figura III. 14. Diagrama concórdia U/Pb (SHRIMP) da amostra ST-55 do GSF.

III. 6. 2. Análise Isotópica Sm-Nd em Rocha Total

O procedimento analítico adotado para preparação de amostras para o método Sm-Nd, em rocha total, empregado no laboratório Pará-Iso encontra-se descrito em Gioia & Pimentel (2000), com algumas modificações em Oliveira et al. (2008).

Os dados isotópicos Sm-Nd obtidos para as amostras ST-55 e ST- 07 (Tabela III. 4) possibilitam a determinação das idades modelo T_{DM} de 2,60 Ga e 2,36, respectivamente. Os ϵ_{Nd} recalculados considerando a idade de cristalização do granito de 1878 ± 7 Ma pelo método U-Pb (SHRIMP) apresentam valores de - 3,65 para a amostra ST - 55 e -2,53 para a ST - 07.

Os valores negativos de $\epsilon_{Nd(1,87)}$ associados às idades modelo T_{DM} de 2.60 para a FAFGG e 2,36 para a FBMS indica, possivelmente, fontes diferentes: uma fonte crustal riaciana (2.36 Ga) e uma fonte com contribuição arqueana maior (2.60 Ga), sugerindo que fragmentos crustais arqueanos estivessem envolvidos na evolução do Arco Amoguijá. Embora, a idade T_{DM} de 2.60 Ga revela um uma razão Sm-Nd fracionada ($^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,1304$), o que é acima do intervalo normalmente aceito para rochas félsicas (0,08 - 0,12), no entanto, isso poderia explicar uma idade mais velha que as outras rochas encontradas, até o momento, no Arco.

Tabela III. 4. Dados analíticos de Sm-Nd das amostras ST- 55 e ST- 07 do GSF.

Amostra	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	2 σ	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	2 σ	f(Sm/Nd)	$\epsilon_{Nd(0)}$	$T_{(DM)}$	$\epsilon_{Nd(1,8)}$
ST-55	5,4	25,05	0,13042	0,0012	0,511633	0,000007	-0,3370	-19,60	2,60	-1,73

III. 7. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O GSF é pouco deformado, intrusivo em rochas efusivas e piroclásticas da Formação Serra da Bocaina, formado por rochas leucocráticas, que podem ser divididas em duas fácies petrográficas: Álcali Feldspato Granito Gráfico, mais abundante, e Biotita Monzo a Sienogranito. Xenólitos de tremolita-actinolita xisto são encontrados e atribuídos ao Complexo Porto Murtinho.

O Complexo Porto Murtinho é a unidade mais antiga onde se implantou o Arco Magmático Amoguijá. Foi datado em 1950 ± 23 Ma por Cordani et al.(2010) e entre 1989 ± 11 a 1950 ± 9 Ma por Faleiros et al. (2015) pelo método U-Pb (SHRIMP). Suas rochas são caracterizadas por gnaisses, migmatitos e intercalações de anfibolito segundo Cordani et al.(2010).

A presença constante de feldspato potássico peráltico nos litotipos do GSF, bem como, de uma fase sódica isolada permite classificá-los como granitos *subsolvus* (Tuttle e Bowen, 1958).

As rochas desta unidade são isotrópicas a fracamente orientadas, com plano de foliação dominante em 108/27. A foliação S_1 indica paragênese da fácies xisto verde compatível com as condições de metamorfismo regional. Estruturas de natureza rúptil também foram encontradas como juntas e pequenas falhas e termos cataclásticos observados na porção central da área, provavelmente relacionados com um nível crustal raso onde o corpo está alojado.

O estudo geoquímico do GSF mostra que seus litotipos constituem uma sequência ácida pouco expandida e classificam-se como monzo a sienogranitos e álcali-feldspato granitos que foram formados a partir de um magmatismo subalcalino, fracamente peraluminoso e ferroso, gerados em ambiente de arco magmático. As altas razões FeO/(FeO+MgO) entre 0,79 e 0,95 não correspondem aos granitos típicos cordilheranos, como demonstrado no trabalho de Frost et al. (2001). Estes valores são atribuídos a magmas altamente diferenciados que podem ser enriquecidos em Fe durante os estágios finais da diferenciação magmática.

Os dados geocronológicos U-Pb (SHRIMP) que indicam 1878 ± 15 Ma como idade de cristalização do GSF, compatível com o resultado U-Pb (SHRIMP) de 1902 ± 12 Ma apresentada por Faleiros (2015) para o mesmo corpo. Em relação ao intervalo de formação da Suíte Intrusiva Alumiador, que varia entre 1870 a 1810 Ma segundo (Tabela III. 1), excetuando-se o resultado de 1745 Ma para o Granito Cerro Porã (Plens et al. 2013) que não é considerado

uma dado consistente devido seu erro de 45 Ma, o GSF faz referência ao início do plutonismo da suíte.

Os dados isotópicos Sm-Nd, em rocha total, forneceram idades modelo T_{DM} de 2,60 e 2,36 Ga e valores de ϵ_{Nd} de -3,65 e -2,53, respectivamente, sugerindo contribuição crustal no processo de geração do magma, provavelmente envolvendo processos de fusão parcial de uma crosta continental. A idade modelo T_{DM} de 2,60, neoarqueana, destoa das idades modelos paleoproterozoicas apresentadas para os granitos da Suíte Alumiador, por Lacerda Filho et al. (2006), Cordani et al. (2010), Nogueira et al. (2015), Redes et al. (2015), Santos et al. (2015) e rochas efusivas da Formação Serra da Bocaina (Brittes et al. 2013).

As evidências petrográficas, composicionais, geoquímicas e isotópicas de Sm-Nd (idade modelo T_{DM} e $\epsilon_{Nd(t)}$ fracamente negativos), bem como idade de cristalização do GSF permitem correlacioná-lo com os granitos da Suíte Intrusiva Alumiador.

Agrupando os dados levantados neste presente trabalho, a correlação entre este granito e as demais intrusões da Suíte Intrusiva Alumiador, excetuando-se o batólito Cerro Porã de Plens et al. (2013) aliado às vulcânicas da Formação Serra da Bocaina (1877 ± 3 Ma; Brittes et al. 2013) fica caracterizado um evento plutono-vulcânico de idade orosiriana fortalecendo a definição de um arco magmático do tipo continental elaborada por Lacerda Filho et al. (2006) e denominado como Arco Magmático Amoguijá (1.90 -1.81 Ga), situado no Bloco Ocidental de Cordani et al. (2010).

Em termos de correlações regionais com o SW do Cráton Amazônico, particularmente em relação à Província Rondoniana-San Ignacio, não há magmatismo granítico que seja equivalente temporalmente, no entanto, na região de Rincón del Tigre e Santo Corazón, na Bolívia, Vargas-Mattos (2010) apresenta idade Pb-Pb para o Granito Carrereca, no valor de 1920 a 1895 Ma, sugerindo a extensão do Arco Amoguijá a essa região do pré-cambriano boliviano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós- Graduação da FAGEO - UFMT, Grupo de Pesquisa em Evolução Crustal e Tectônica (Guaporé), ao PROCAD (Proc. Nº 096/2007), à FAPEMAT (Proc. Nº 448287/2009) e ao GEOCIAM (Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia de Geociências da Amazônia) pelo suporte financeiro e apoio à pesquisa; à CAPES pela e concessão de bolsa de mestrado à primeira autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, F.F.M. (1967). *Origem e evolução da plataforma brasileira*. Rio de Janeiro, Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 241, 1-36.

Araújo, H.J.T., Santos, N. A., Trindade, C.H., Pinto, J.C.A., Montalvão, R.M.G., Dourado, T. D.C.; Palmeira, R.C.B., Tassinari, C.C.G. (1982). Geologia. In: Projeto RADAMBRASIL, Ministério das Minas e Energia-Secretaria Geral, *Folha SF. 21- Campo Grande*. Rio De Janeiro, 28, 23-124.

Brittes, A.F.N., Sousa, M.Z.A., Ruiz, A.S., Batata, M.E.F., Lafon, J.M., Plens, D.P. (2013). Geology, petrology and geochronology (Pb-Pb) of the Serra da Bocaina Formation: evidence of an Orosirian Amoguijá arc in the Rio Apa Terrane, south of the Amazonian Craton. *Brazilian Journal of Geology*.

Cordani, U.G., Teixeira, W., Tassinari, C.C.G., Ruiz, A.S. (2010). The Rio Apa Craton in Mato Grosso do Sul (Brazil) and Northern Paraguay: geochronological evolution, correlations and tectonic implications of and Gondwana. *American Journal of Science*, 310, 981-1023.

Dall'Agnol, R.; Pichavant, M. (1999). An experimental study of a Lower Proterozoic A-type granite from the Eastern Amazonian craton Brazil. *Journal of Petrology*, 40, 1673-1698.

Souza, C.D. 2016. Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina: Evidências de Magmatismo Tipo A Em Arco Magmático Continental – Terreno Rio Apa – Sul do Cráton Amazônico.

Dall'Agnol, R.; Oliveira, D.C. (2007). Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brazil: implications for classification and petrogenesis of A-type granites. *Lithos*, 93, 215-233.

Faleiros, F. M., Caltabeloti, F.P., Pinto, L. G. R. (2014). Programa Geologia do Brasil-PGB. Aldeia Tomázia. Folha SF.21-V-B-VI. Estado de Mato Grosso do Sul. Carta Geológica. Escala 1:100.000. São Paulo: CPRM.

Faleiros, F.M., Pavan, M., Remédio, M.J., Rodrigues, J.B., Almeida, V.V., Caltabeloti, F.P., Pinto, L.G.R., Oliveira, A.A., Pinto de Azevedo, E.J., Costa, V.S. (2015). Zircon U-Pb ages of rocks from the Rio Apa Cratonic Terrane (Mato Grosso do Sul, Brazil): New insights for its connection with the Amazonian Craton in pre-Gondwana times. *Gondwana research*.

Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Elis, D.J. e Frost, C.D. (2001). A Geochemical Classification for Granitic Rocks, *Journal of Petrology*, 42, 2033-2048.

Gioia, S.M.C.L., Pimentel, M.M. (2000). The Sm-Nd isotopic method in the geochronology laboratory of the University of Brasilia. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 72, 219-245.

Godoi, H.O., Martins, E.G. (1999). Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB: Folha SF.21, Campo Grande. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM. Harker A. (1909). *The natural history of the igneous rocks*. Cambridge: Cambridge University Press.

Godoi, H.O., Martins, E.G., Mello, C.R., Scislawski, G. (2001). Projeto RadamBrasil. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folhas Corumbá (SE.21-Y-D), Aldeia Tomázia, (SF.21-V-B) e Porto Murtinho (SF. 21-V-D). Escala 1:250.000. Mato Grosso do Sul.

Godoy, A. M., Ruiz, A. S., Manzano, J. C., Araújo Ruiz, L.M.B., Sousa, M.Z.A., Batata, M.E. F., Montano, L.F., Silva, M.V.V., Baldim, I., Lima, G.A. (2006) Aspectos petrográficos e litogeoquímicos da Suíte Vulcânica Serra da Bocaina, Maciço Rio Apa, sul do Cráton Amazônico-MS. *43º Congresso Brasileiro de Geologia*, p.250. Aracaju: SBG.

Godoy, A.M., Manzano, J.C., Silva, M.V.V., Araújo-Ruiz, L.M.B., Ruiz, A.S., Silva, J.A. (2007). Litogeoquímica da Suíte Vulcânica Serra da Bocaina, Maciço Rio Apa, Sul do Cráton Amazônico – MS. *11º Congresso Brasileiro de Geoquímica*. São Paulo.

Harris, N.B.W., Pearce, J.A., Tindle, A.G. (1986). Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. *London*, 19, 67-81.

Irvine, I.N., Baragar, W.R.A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal Earth Science*, 8, 523-548.

Lacerda Filho, J.W., Brito, R.S.C., Silva, M.G., Oliveira, C.C., Moreton, L.C., Martins, E.G., Lopes, R.C., Lima, T.M., Larizzatti, J.H., Valente, C.R. (2006). Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. Programa Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Convênio CPRM/SICME-MS, MME, 10-28p.

La Roche, H. (1980). Granites chemistry through multicationic diagrams. *Sciences de la Terre*, 13, 65-88.

Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B.A. (1986). Chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27, 745-750.

Souza, C.D. 2016. Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina: Evidências de Magmatismo Tipo A Em Arco Magmático Continental – Terreno Rio Apa – Sul do Cráton Amazônico.

Maniar, P.D., Piccoli, P.M. (1989). Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society American Bulletin*, 101, 635-643.

Manzano, J.C., Godoy, A.M., Araújo, L.M.B., Godoy, L.P. (2012). Suíte Plutônica Alumiador, Grupo Amongujá, Maciço Rio Apa- MS. *Revista de Geociências- UNESP*, 31, 351-370.

Le Maitre, R.W. (2002). *Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the international union of geological sciences subcommission on the systematics of igneous rocks*. Cambridge: Cambridge University Press.

Maniar, P.D., Piccoli, P.M. (1989). Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 101, 635-643.

Nogueira, S.F, Sousa, M.Z.A., Ruiz, A.S., Batata, M.E.F., Cabrera, R.F., Costa, J.T. (2015). Geologia, Petrografia e Geoquímica do Granito Aquidabã – Arco Magmático Amogujá – Terreno Rio Apa (MS). *Contribuições à Geologia da Amazônia*, v.9.

Nakamura, N. (1974). Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na, and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38, 757-775.

Oliveira, C.C., Albuquerque, M. C. (2003). Geologia e Recursos Minerais da Província Mineral de Alta Floresta. Escala 1:250.000. Brasília: Serviço Geológico do Brasil-CPRM.

Oliveira, E.C., Lafon, J.M., Gioia, S.M.C.L., Pimentel, M.M. (2008). Datação Sm-Nd em rocha total e granada do metamorfismo granulítico da região de Tartarugal Grande, Amapá Central. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(1), 114-127.

Patiño Douce, A.E. (1997). Generation of metaluminous A-type granites by low-pressure melting of calc-alkaline granitoids. *Geology*, 25, 743-746.

Pavan, M., Faleiros, F.M. (2014). Geologia da borda W do Terreno Rio Apa, SE do Cráton Amazônico, SW de Mato Grosso do Sul. *47º Congresso Brasileiro de Geologia*, p 1668. Salvador: SBG.

Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A. G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25(4), 956-983.

Pearce, J.A. (1996). Sources and settings of granitic rocks. *Episodes*, 19,120-125.

Petri, S., Coimbra, A. M., Amaral, G., Ojeda, H.O., Fúlfaro, V.J., Ponçano, V.L. 1986. Código brasileiro de nomenclatura estratigráfica [Brazilian code of stratigraphic nomenclature]. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(4), 370-415.

Plens, D.P., Ruiz, A. S., Sousa, M.Z.A, Batata, M.E.F., Lafon, J.M., Brittes, A.F.N. (2013). Cerro Porã Batholith: post-orogenic A-type granite from the Amogujá Magmatic Arc – Rio Apa Terrane – South of the Amazonian Craton. *Brazilian Journal of Geology*, 43 (3), 515-534.

Redes, L.A., Sousa, M.Z.A., Ruiz, A.S., Lima, G.A., Martins, L.C.D. (2013). Geologia, Petrografia e Geoquímica do Granito Taquaral-Embasamento das Coberturas Neoproterozoicas do Aulacógeno Tucavaca na região de Corumbá-MS. *13º Simpósio de Geologia da Amazônia*. Bélem: SBG.

Redes, L.A., Sousa, M.Z.A., Ruiz, A.S., Lafon, J.M. (2015). Petrogênese e Geocronologia U-Pb e Sm-Nd do Granito Taquaral: Registro de um Arco Magmático Continental Orosiriano na

Souza, C.D. 2016. Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina: Evidências de Magmatismo Tipo A Em Arco Magmático Continental – Terreno Rio Apa – Sul do Cráton Amazônico.

Região de Corumbá – MS. Dissertação (Mestrado). Cuiabá: Instituto de Ciências Exatas e da Terra/ UFMT.

Ruiz, A. S.; Simões, L., S., A.; Brito Neves, B., B. (2005). Maciço Rio Apa: extremo meridional do Cráton Amazônico. *Simpósio de Estudos Tectônicos*, 10, 301–304. Curitiba: SBG.

Santos, G., Ruiz, A.S., Sousa, M.Z.A., Batata, E. F., Cabrera, R. F. (2015). Geologia e Análise Estrutural do Granito Coimbra: Implicações para a evolução do Arco Magmático Amoguijá na Região de Corumbá (MS)- Sul do Cráton Amazônico. *XV Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*. Vitória: SBG.

Sato, k., Basei, M.A.S., Siga, O.J., (2008). Novas técnicas aplicadas ao método U-Pb no CPGeo - IGC/USP: avanços na digestão química, espectrometria de massa (TIMS) e exemplos de aplicação integrada com SHRIMP. *Geol. USP Série Científica*, 8, 77-99.

Sato, K., Tassinari, C.C.G., Basei, M.A.S., Siga, O.J., Onoe, A.T., Souza, M.D. (2014). Sensitive High Resolution Ion Microprobe (SHRIMP IIe/MC) of the Institute of Geosciences of the University of São Paulo, Brazil: analytical method and first results. *Geol. USP Série Científica*, 14, 3-18.

Souza, C.D., Campos, G.Z., Sousa, M.Z.A., Ruiz, A.S. (2012). Geologia e Análise Petrográfica do Granito São Francisco- Suíte Intrusiva Alumiador- Terreno Rio Apa- Porto Murtinho (MS). *46º Congresso Brasileiro de Geologia*. Santos: SBG.

Souza, C.D., Trivelli, G.G.B., Sousa, M.Z.A., Ruiz, A.S. (2013), Caracterização Geológica e Petrográfica do Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina na Região da Serra de São Francisco-Terreno Rio Apa - Sul do Cráton Amazônico. *13º Simpósio de Geologia da Amazônia*. Belém: SBG.

Souza, C.D., Trivelli, G.G.B., Sousa, M.Z.A., Ruiz, A.S., Batata, M.E.F., Brittes, A.F. (2014). Aspectos Deformacionais do Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina- Arco Magmático Amoguijá - Sul do Cráton Amazônico. *47º Congresso Brasileiro de Geologia*. Salvador: SBG

Tuttle, O.F., Bowen, N.L. (1958) Origin of granite in the light of experimental studies in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - KAlSiO_8 - SiO_2 - H_2O . *Geol. Soc. Am. Mem.*74.

Vargas-Mattos G.L. 2010. Caracterização geocronológica e geoquímica dos granitos proterozoicos: implicação para a evolução crustal da borda SW do Cráton Amazônico na Bolívia. Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 164 p.

CAPÍTULO IV CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa dissertação teve como objetivo acrescentar informações ao conhecimento das rochas que ocorrem no extremo sul do Cráton Amazônico, no Terreno Rio Apa, aqui representados por um dos corpos da Suíte Intrusiva Alumiador - Granito São Francisco e pelas rochas vulcânicas da Formação Serra da Bocaina que afloram na serra de São Francisco.

A partir de mapeamento geológico sistemático em escala 1:100.000, análises petrográficas, geoquímicas, geocronológicas (U-Pb - SHRIMP), e isotópicas (Sm-Nd em rocha total) foi possível compreender e caracterizar estas duas unidades.

O Granito São Francisco, principal objeto de estudo dessa dissertação de mestrado, corresponde a corpo batolítico isotrópico a fracamente foliado que faz contato intrusivo através de diques e apófises com a Fácies Efusiva da Formação Serra da Bocaina. Do Granito São Francisco foram identificadas duas fácies petrográficas: Fácies Biotita Monzo-Sienogranito (FBMS) e Fácies Álcali-Feldspato Granito Gráfico (FAFGG), ambas metamorfozadas, em baixo grau, na fácies xisto-verde.

A FBMS ocorre em porções restritas NE e SE da área e é formada por rochas leucocráticas, de cor rosa a cinza-esverdeado quando alteradas e textura, predominantemente, média. Enquanto, a FAFGG é composta por rochas leucocráticas, rosa-claro a avermelhada, textura porfirítica, granulação variando entre fina e média que é, espacialmente, dominante no corpo mapeado.

Na área estudada, duas fases deformacionais foram encontradas F_1 e F_2 . A primeira fase (F_1) é de natureza dúctil-rúptil e observada através de discreta foliação (S_1) com concentração de suas medidas em torno de N10E/30SE. A fase (F_2), de natureza rúptil, é marcada por juntas que seccionam toda intrusão e se orientam, preferencialmente, NS e microfalhas com rochas cataclásticas que são restritas à porção central da serra. Na região central do corpo, é registrada uma zona milonítica estreita, com *trend* NS, relativamente concordante com a foliação regional, onde os indicadores cinemáticos sugerem transporte tectônico para W - NWW.

Geoquimicamente, as rochas do Granito São Francisco formam uma sequência ácida, pouco expandida, de afinidade com granitos cálcio-alcálicos. Classificam-se como monzo-sienogranitos a álcali-feldspato granitos, geradas a partir de um magmatismo ferroso e fracamente peraluminoso, em ambiente de arco magmático, nos estágios tardi a pós-colisional.

As rochas vulcânicas da Formação Serra da Bocaina, encaixantes do Granito São Francisco, expostas na serra homônima, são representadas por fluxos de derrames ácidos,

expressos por riolitos, que caracterizam depósitos vulcânicos coerentes subaéreos. As demais são caracterizadas como depósitos ignimbríticos separados em 3 fácies: Ignimbrito Lítico, Ignimbrito Rico em Cristais e Tufo Ignimbrítico.

Os derrames riolíticos da porção sul da área estudada são intrudidos por diques e apófises do Granito São Francisco. A distribuição espacial e a geometria das rochas vulcânicas, efusivas e piroclásticas, com o Granito São Francisco, associado às grandes dimensões das erupções explosivas e altas temperaturas a que estão relacionadas sugerem um ambiente de caldeira félsica como indicado por Gudmundsson (2008), no entanto, estudos adicionais são necessários para a comprovação dessa hipótese.

No litotipo denominado Ignimbrito Lítico é caracterizado pela ocorrência e abundância de litoclastos (piroclastos juvenis) sustentados por uma matriz cinerítica rica em *shards* e cristaloclastos. Os litoclastos são considerados piroclastos cognatos oriundos da fragmentação de rochas vulcânicas co-magmáticas previamente formadas.

O Ignimbrito rico em cristais é caracterizado predominantemente por cristaloclastos equidimensionais que é justificável devido ao mecanismo de elutriação de cinza durante o fluxo piroclástico, que permite uma seleção natural de partículas, podendo apresentá-las angulosas ou arredondadas devido seu efeito abrasivo.

O tufo Ignimbrítico caracteriza um depósito típico de queda regido pelo mecanismo de suspensão, evidentes na área de estudo devido à presença, em escala de afloramento, de estratificação plano-paralela de baixo ângulo. Essas rochas são formadas a partir da coluna de erupção, onde os piroclastos são depositados, sob efeito da gravidade, numa matriz tufácea. A natureza primária desse depósito estudado é reconhecida através de indicadores de calor identificados como: soldagem, esferulitos, estrutura de escape de gases – litofisa e cristalização na fase vapor, que também são considerados processos de modificação pós-magmáticos.

Geoquimicamente, também constituem uma sequência ácida pouco expandida e seus litotipos são classificados como riolitos a álcali-riolitos que foram formados a partir de um magmatismo subalcalino, peraluminoso e ferroso. Os dados geoquímicos sugerem que suas rochas foram geradas nos estágios tardi- a pós-orogênicos de um arco magmático tipo continental.

Os padrões de elementos terras raras, multielementares e demais diagramas geoquímicos propostos para rochas do Granito São Francisco e vulcânicas da Formação Serra da Bocaina sugerem suas evoluções através de um mesmo magma.

O conjunto de dados isotópicos Sm-Nd, em rocha total elaborados para o Granito São Francisco que forneceram idades modelo T_{DM} de 2,60 e 2,36 Ga e valores de ϵ_{Nd} de -3,65 e -

Souza, C.D. 2016. Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina: Evidências de Magmatismo Tipo A Em Arco Magmático Continental – Terreno Rio Apa – Sul do Cráton Amazônico.

2,53, respectivamente, sugerindo contribuição crustal no processo de geração do magma, possivelmente envolvendo processos de fusão parcial de uma crosta continental.

Considerando a compartimentação e evolução tectônica propostas para o Terreno Rio Apa, as rochas estudadas retratam um evento plutono-vulcânico, relacionadas à evolução do Arco Magmático Amogujá, de idade orosiriana, conforme idades U-Pb (SHRIMP) indicadas pelo Granito São Francisco em 1878 ± 7 Ma e pelos derrames riolíticos da Formação Serra da Bocaina em 1889 ± 4 Ma.

Referências Bibliográficas

- Almeida, F.F. M. 1964. Geologia do centro-oeste mato-grossense. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 137 p, (Boletim 215).
- Almeida, F.F.M.; Hasui, Y. 1984. O embasamento da Plataforma Sul Americana. In: O Pré-Cambriano do Brasil, p. 1-5. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 378p.
- Araújo, H.J.T.; Santos Neto, A.; Trindade, C.A.H.; Pinto, J.C. de A.; Montalvão, R.M.G.; Dourado, T. D.C.; Palmeira, R.C.B.; Tassinari, C.C.G. 1982. Folha SF. 21 – Campo Grande. Projeto RADAMBRASIL; Geologia. Rio de Janeiro, Min. das Minas e Energia; Secretaria Geral. v. 28, p.23-109.
- Assine, M.L. A bacia sedimentar do Pantanal mato-grossense. In: MANTESSO NETO, Virgínio et al. (Org.). Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2005. 1 CD-Rom. Cap. IV, p. 61-74.
- Brittes, A.F.N.; Sousa, M.Z.A.; Ruiz, A.S.; Batata, M.E.F.; Lafon, J.M.; Plens, D.P. 2013. Geology, petrology and geochronology (Pb-Pb) of the Serra da Bocaina Formation: evidence of an Orosirian Amoguijá Magmatic Arc in the Rio Apa Terrane, south of the Amazonian Craton. *Revista Brasileira de Geociências*, v.43, p.48-69.
- Cabrera, R.F., Ruiz, A. S., Sousa, M.Z.A., Nogueira, S.F. 2011. Suíte Intrusiva Morro do Triunfo - Sul do Cráton Amazônico geologia, petrografia e geoquímica, caracterização preliminar. In: *XII Simpósio de Geologia da Amazônia*, Boa Vista-RO.
- Cabrera, R.F. & Nogueira, S.F. *Levantamento Geológico e estrutural (Escala 1:100.000) da Serra da Alegria e seu Entorno, Terreno Rio Apa, Sul do Cráton Amazônico*. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso- Departamento de Geologia Geral, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- Campos, G.Z. *Geologia, Petrografia e Geoquímica do Complexo Metamórfico Rio Apa na Região de Porto Murtinho - MS*. 2011. F. Trabalho de Conclusão de Curso- Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011. p. 2-58.
- Cordani, U.G., Tassinari C.C.G., Teixeira W., Basei M.A.S., Kawasita K. 1979. Evolução Tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: Congresso Geológico Chileno, Chile. *Atas*, p.137-48.
- Cordani, U.G.; Teixeira, W.; Tassinari, C.C.G.; and Ruiz, A.S.; 2010, The Rio Apa Craton in MatoGrosso do Sul (Brazil) and Northern Paraguay: Geochronological Evolution, Correlations andTectonic Implications for Rodinia and Gondwana. *American Journal of Science*, 310:1-43.
- Côrrea, J.A.; Neto, C.; Correia Filho, F.C.L.; Scislewski, G.; Cavallon, L.; Cerqueira, N.L.S.; Nogueira, V.L. 1976. Projeto Bodoquena. Relatório Final. MMEDNPM-CONVÊNIO DNPM/CPRM, Superintendência Regional de Goiânia.
- Dall’Agnol, R.; Oliveira, D.C. (2007). Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brazil: implications for classification and petrogenesis of A-type granites. *Lithos*, 93, 215-233.
- Del’arco, J.O.; Silva, R.H. Tarapanoff, I.; Freire, F.A.; Pereira, L.G.M.; Souza, S.L.; Luz, D.S.; Palmeira, R.C.B; Tassinari, C.C.G. 1982. Geologia. MME/SG. Projeto Radam Brasil, Levantamentos dos Recursos Naturais. Folha SE.21 – Corumbá e parte da Folha SE.20. Rio de Janeiro, v.27, p. 25-160.
- Figueiredo, A.J.A.; Olivatti, O. 1974. Projeto Alto Guaporé. Goiânia, DNPM/CPRM, 173p. (Relatório Final Integrado).
- Frost, B.R., Barnes, C.G, Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J., Frost, C., 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology* 42, 2033–2048.
- Fúlfaro, V.J. & Palmieri, J.H. 1986. Mapa Geológico del Paraguay (1 mapa 1:1.000.000 y texto explicativo).PROYECTO PAR 83/005. Gov. Rep. del Paraguay/ONU, Asunción, Paraguay.
- Gioia, S.M.C.L. & Pimentel, M.M. 2000. The Sm-Nd isotopic method in the geochronology laboratory of the University of Brasilia. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 72: 219-245.
- Godoi, H.O.; Martins, E.G. 1999. Folha SF.21 Campo Grande: Escala 1:500.000. Brasília: CPRM. (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB).

- Souza, C.D. 2016. Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina: Evidências de Magmatismo Tipo A Em Arco Magmático Continental – Terreno Rio Apa – Sul do Cráton Amazônico.
- Godoi, H.O.; Martins, E.G.; Mello, C.R.; Scislewski, G. 2001. Geologia. MME/SG. Projeto Radam - Brasil. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folhas Corumbá (SE. 21-Y-D), Aldeia Tomázia, (SF. 21-V-B) e Porto Murtinho (SF. 21-V-D), Mato Grosso do Sul, escala 1: 250.000.
- Godoy, A.M.; Manzano, J.C.; Araújo, L.M.B.; Silva, J.A. 2010. Suíte Vulcânica Serra da Bocaina, Grupo Amoguijá, Maciço Rio Apa – MS. *São Paulo, UNESP, Geociências*, 29:571-587.
- Gudmundsson, A. Magma-chamber geometry, fluid transport, local stresses, and rock behaviour during collapse-caldera formation. In: Gottsmann, J.; Marti, J. *Caldera Volcanism: Analysis, Modelling and Response*. v. 10. Amsterdam: Elsevier, 2008. p. 313-349.
- Harker A. 1909. The natural history of the igneous rocks. New York, 384 p.
- Harris, N.B.W.; Pearce, J.A. & Tindle, A.G. 1986. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. *Geological Society, London, Special Publications*, 19:67-81.
- Irvine, I.N. & Baragar, W.R.A. 1971. A Guide To The Chemical Classification Of The Common Volcanics Rocks. *Canadian Journal Earth Science*, 8:523-548.
- Lacerda Filho, J.W.; Brito, R.S.C. Silva, M.G.; Oliveira, C.C De, Moreton, L.C., Martins, E.G., Lopes, R.C., Lima, T.M., Larizzatti, J.H. Valente, C.R. 2006. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. Programa Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Convênio CPRM/SICME-MS, MME, 10-28 p.
- La Roche H. de, 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. *Chem. Geol.*, (2):183-210.
- Le Bas, M.J.; Le Maitre, R.W.; Streckeisen, A.; Zanettin, B.A. 1986. Chemical Classification Of Volcanic Rocks Based On Total Alkali-Silica Diagram. *Journal Of Petrology*, 27:745-750.
- Le Maitre R.W. 2002. Igneous Rocks: a Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Cambridge, Cambridge University Press*, 236 p.
- Ludwig, K.R., 2001. Isoplot/Ex. rev., 2.49. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. *Berkeley Geochronological Center, Special Publication 1A*, 59p.
- Lugmair, G.W, Marti, K. (1978). Lunar initial $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$: differential evolution of the lunar crust and mantle. *Earth and Planetary Science Letters*. 39: 349-357.
- LUZ, J.S. 1980. Projeto Fosfato de Bonito. Goiânia:CPRM. Convênio Codesul / CPRM.
- Maniar P.D. & Piccoli P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bulletin*, 101:635-643.
- Manzano, J.C.; Godoy, A.M.; Araújo, L.M.B. DE; Silva, J.A. DA. 2008. Vulcanismo do Grupo Amoguijá, Suíte Serra da Bocaina, Maciço Rio Apa, Sul do Cráton Amazônico- MS. In: Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados, Foz do Iguaçu. Anais. Foz do Iguaçu: SBG.
- Manzano, J.C.; Godoy, A., M.; Araújo, L.M.B.; Godoy, L.P. 2012. Suíte Plutônica Alumiador, Grupo Amoguijá, Maciço Rio Apa - MS. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v.31, n.3, p. 351-370.
- Nakamura K. 1977. Volcanoes as a possible indicator of tectonic stress orientation: principle and proposal. *Journal of Volcanology Geothermal Research*, 2:1-16.
- Nogueira, S.F, Sousa, M.Z.A., Ruiz, A.S., Batata, M.E.F., Cabrera, R.F., Costa, J.T. 2015. Geologia, Petrografia e Geoquímica do Granito Aquidabã – Arco Magmático Amoguijá – Terreno Rio Apa (MS). *Contribuições à Geologia da Amazônia*, v.9.
- Nogueira, V.L.; Oliveira, C. C. 1978. In: Projeto Bonito-Aquidauana. Goiânia: DNPM/CPRM. p.121 (Relatório n. 2744).
- Oliveira, E.C., Lafon, J. M., Gioia, S. M. C. L., Pimentel, M. M. 2008. Datação Sm-Nd em rocha total e granada do metamorfismo granulítico da região de Tartarugal Grande, Amapá Central. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(1), 114-127.
- Paces J.B., Miller Jr, J. D. 1993. Precise U-Pb ages of Duluth Complex and related mafic intrusions, northeastern Minnesota: Geochronological insights to physical, petrogenetic, paleomagnetic, and

Souza, C.D. 2016. Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina: Evidências de Magmatismo Tipo A Em Arco Magmático Continental – Terreno Rio Apa – Sul do Cráton Amazônico.

- tectono magmatic processes associated with the 1.1 Ga midcontinent rift system. *Journal Geophysical Research*, v. 98, p. 13997-14013.
- Patiño Douce, A. E. 1997. Generation of metaluminous A-type granites by low-pressure melting of calc-alkaline granitoids. *Geology*, 25, 743-746.
- Petri, S., Coimbra, A.M., Amaral, G., Ojeda, H.O., Fúlfaro, V.J., Ponçano, V.L. 1986. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 4:370-415.
- Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, 25(4):956-983.
- Pearce J.A. 1996. Sources and settings of granitic rocks. *Episodes*, 19:120-125.
- Plens, D.P.; Ruiz, A.S.; Sousa, M.Z.A.; Batata, M.E.F.; Lafon, J., M.; Brittes, A.F.N. 2013. Cerro Porã Batholith: post-orogenic A-type granite from the Amoguijá– Rio Apa Terrane – South of the Amazonian Craton. *Revista Brasileira de Geociências*, v.43, 515-534.
- Redes, L.A., Sousa, M.Z.A., Ruiz, A.S., Lafon, J.M. 2015. *Petrogênese e Geocronologia U-Pb e Sm-Nd do Granito Taquaral: Registro de um Arco Magmático Continental Orosiriano na Região de Corumbá – MS*. Dissertação (Mestrado). Cuiabá: Instituto de Ciências Exatas e da Terra/ UFMT.
- Ruiz, A.S. 2005. *Evolução Geológica do Sudoeste do Cráton Amazônico Região Limitrofe Brasil Bolívia – Mato Grosso*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 14-245p.
- Santos, J.O., S.; Hartmann, L.A.; Gaudette, H.E.; Groves, D.I.; Mcnaughton, N.J.; Fletcher, I.R. 2000. A new understanding of the provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research*, v.3, n4, p.453-488.
- Santos J.O.S.; Rizzotto G.J.; Potter P. E.; Mcnaughton N.J.; Matos R.S.; Hartmann L.A.; Chemale Jr.F.; Quadros M.E.S. 2008. Age and Autochthonous Evolution of The Sunsás Orogen in the West Amazon Craton based on mapping and U-Pb Geochronology. *Precambrian Research*, 165:120-152.
- Santos, G., Ruiz, A.S., Sousa, M.Z.A., Batata, M.E.F., Cabrera, R.F. 2015. Geologia e Análise Estrutural do Granito Coimbra: Implicações para a evolução do Arco Magmático Amoguijá na Região de Corumbá (MS)- Sul do Cráton Amazônico. *In: XV Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*. Vitória: SBG.
- Sato k., Basei M.A.S., Siga O. J. 2008. Novas técnicas aplicadas ao método U-Pb no CPGeo - IGc/USP: avanços na digestão química, espectrometria de massa (TIMS) e exemplos de aplicação integrada com SHRIMP. *Geologia USP Série Científica*, 8: 77-99
- Sato, K., Tassinari, C.C.G., Basei, M.A.S., Siga, O. J., Onoe, A. T., Souza, M. D. 2014. Sensitive High Resolution Ion Microprobe (SHRIMP IIe/MC) of the Institute of Geosciences of the University of São Paulo, Brazil: analytical method and first results. *Geol. USP Série Científica*, 14, 3-18.
- Silva, E.L. *Geologia da região da Serra da Alegria, extremo sul do Cráton Amazônico, município de Porto Murtinho– MS*. 1998. Dissertação (Mestrado) em Geociências – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. 147 p.
- Schobbenhaus, C.; Oliva, L. A. 1979. Carta Geológica do Brasil ao milionésimo: folha Corumbá – SE. 21. Brasília: DNPM.
- Stern R.A. 1998. High resolution SIMS determination of radiogenic trace isotope ratios in minerals. *In: Cabri, L.J.; Vaughan, D. J (Eds). Modern approaches to ore and environmental mineralogy. Mineralogical Association of Canada. Short Course Series 27: 241-268.*
- Souza, C.D., Trivelli, G. G. B., Sousa, M. Z. A., Ruiz, A. S. 2013a, Caracterização Geológica e Petrográfica do Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina na Região da Serra de São Francisco-Terreno Rio Apa - Sul do Cráton Amazônico. *In: 13º Simpósio de Geologia da Amazônia*. Bélem: SBG.
- Souza, C.D., Trivelli, G.G.B., Ruiz, A.S., Sousa, M.Z.A., Batata, M.E.F., Brittes, A.F.N. 2013b. Geologia e Petrografia das lavas e piroclásticas da Formação Serra da Bocaina na Serra de São Francisco-Arco Magmático Amoguijá – Terreno Rio Apa. *In: 13º Simpósio de Geologia do Centro-oeste*. Cuiabá:SBG.

Souza, C.D. 2016. Granito São Francisco e Formação Serra da Bocaina: Evidências de Magmatismo Tipo A Em Arco Magmático Continental – Terreno Rio Apa – Sul do Cráton Amazônico.

Tassinari, C.G.C., Macambira, M. J. B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, Beijing, v. 22, n. 3, p. 174-182.

Theodorovicz, A. & Câmara, M.M. 1991. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil/PLGB–Geologia da Região da Serra do Amolar. Folhas: Morraria do Insua, Lagoa de Mandioré e Amolar Escala 1:100.000. Brasília, DNPM/CPRM.

Wiens, F. 1984. El Precámbrico Paraguayo. *In: Simpósio Nacional de Geologia Resumen*. Asunción.

Winchester J.A. & Floyd P.A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chem. Geol.*, 20:325-343.

ANEXO 1

Tabela de pontos dos afloramentos descritos.

Pontos	Coord. X	Coord. Y	Litologia	Unid. Litoestratigráficas
ST 01	447444	7607708	Riolito/Granito/ Xisto	FSB/GSF/Complexo P. Murinho
ST 02	445322	7625436	Riolito	FSB
ST 03	446170	7623624	Granito	GSF
ST 04	446576	7621818	Ignimbrito Rico em Cristal	FSB
ST 05	447309	7620483	Cobertura Pantanal	Formação Pantanal
ST 06	449923	7621584	Cobertura Pantanal	Formação Pantanal
ST 07	449856	7622233	Granito	GSF
ST 08	450448	7622751	Granito	GSF
ST 09	450746	7623813	Granito	GSF
ST 10	450763	7624056	Granito	GSF
ST 11	449055	7619140	Granito	GSF
ST 12	450827	7617258	Granito	GSF
ST 13	450188	7618170	Granito	GSF
ST 14	446655	7618504	Granito	GSF
ST 15	446265	7616343	Granito	GSF
ST 16	446447	7614798	Cataclasito/Granito	GSF
ST 17	447706	7608579	Granito	GSF
ST 18	447814	7609303	Granito	GSF
ST 19	447498	7610513	Granito	GSF
ST 20	446945	7612687	Granito	GSF
ST 21	446887	7612924	Granito	GSF
ST 22	446772	7613537	Granito	GSF
ST 23	446574	7614454	Granito	GSF
ST 24	446712	7619279	Granito	GSF
ST 25	445910	7620407	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 26	445122	7621066	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 27	444047	7621951	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 28	443497	7622323	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 29	442575	7622676	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 30	441036	7623080	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 31	439317	7622585	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 32	436960	7621459	Tufo Ignimbrítico	FSB
ST 33	437123	7621348	Tufo Ignimbrítico	FSB
ST 34	434521	7620453	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 35	446915	7607077	Granito	GSF
ST 36	446660	7607153	Granito	GSF
ST 37	445753	7607473	Cobertura Pantanal	Formação Pantanal
ST 38	445049	7607635	Cobertura Pantanal	Formação Pantanal
ST 39	444795	7607791	Cobertura Pantanal	Formação Pantanal
ST 40	432604	7620771	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 41	433342	7617607	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 42	434176	7613971	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 43	433928	7613477	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 44	433906	7611009	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 45	434441	7610815	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 46	434463	7610601	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 47	433723	7612198	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 48	434042	7614594	Ignimbrito Lítico	FSB

Pontos	Coord. X	Coord. Y	Litologia	Unid. Litoestratigráficas
ST 49	433824	7615542	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 50	433842	7618438	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 51	445121	7616108	Granito	GSF
ST 52	444910	7615993	Granito	GSF
ST 53	444929	7615780	Granito	GSF
ST 54	445022	7615856	Granito	GSF
ST 55	447482	7616861	Granito	GSF
ST 56	447598	7616844	Granito	GSF
ST 57	447785	7616784	Granito	GSF
ST 58	448354	7616682	Granito	GSF
ST 59	448641	7616506	Granito	GSF
ST 60	448780	7616149	Granito	GSF
ST 61	448797	7616843	Granito	GSF
ST 62	447290	7616915	Granito	GSF
ST 63	446172	7616479	Granito	GSF
ST 64	446796	7618007	Granito	GSF
ST 65	446874	7617455	Granito	GSF
ST 66	446898	7615921	Granito	GSF
ST 67	446410	7614619	Granito	GSF
ST 68	446130	7614470	Granito	GSF
ST 69	446563	7614422	Granito	GSF
ST 70	447826	7611532	Granito	GSF
ST 71	448230	7611849	Granito	GSF
ST 72	446396	7612905	Granito	GSF
ST 73	446127	7612999	Granito	GSF
ST 74	447996	7612948	Actinolita-tremolita-xisto/Granito	Complexo Porto Murtinho/GSF
ST 75	445932	7612998	Granito	GSF
ST 76	445704	7612975	Granito	GSF
ST 77	445544	7613110	Granito	GSF
ST 78	443368	7608161	Riolito	FSB
ST 79	441041	7608885	Riolito	FSB
ST 80	438946	7609496	Riolito	FSB
ST 81	439730	7610952	Granito	GSF
ST 82	439661	7610857	Granito	GSF
ST 83	444490	7621599	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 84	433492	7616974	Ignimbrito Lítico	FSB
ST 85	447815	7608856	Riolito	FSB