



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA



GEOLOGIA DOS GRANITOIDES SANGA RASA,
TERRENO TAQUAREMBÓ, BAGÉ, RS.

Porto Alegre, dezembro de 2013

**GEOLOGIA DOS GRANITOIDES SANGA RASA,
TERRENO TAQUAREMBÓ, BAGÉ, RS.**

GUILHERME BALDISSERA TAMBARA

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Ruy Paulo Philipp

Supervisor: Prof. Eduardo Camozzato

Porto Alegre, dezembro de 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Rui Vicente Oppermann

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Tambara, Guilherme Baldissera

Geologia dos Granitoides Sanga Rasa, Terreno Taquarembó, Bagé, RS . / Guilherme Baldissera Tambara. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2013.

[73 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2013.

Orientador: Ruy Paulo Philipp

Coorientador: Eduardo Camozzato

1. Terreno Taquarembó. 2. Granitoides Sanga Rasa. 3. Geoquímica. 4. Geocronologia U-Pb ICP-MS. I. Título.

CDU 550.4

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Renata Cristina Grun CRB 10/1113

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer meu irmão Felipe, meu exemplo a seguir, meu mentor e minha “bússola”, que desde sempre me ajudou e apontou o sentido certo para mim;

A meu pai, que apesar das distâncias da vida, sei que sempre se esforçou para ser o melhor pai possível, me apoiando no que foi preciso;

Aos meus irmãos Gabriela, Cauê e Antônia, ainda recém começando suas vidas, sabem que sempre poderão contar comigo;

A minha avó Branca (*in memoriam*) e meu avô Cevy, meu respeito e minha profunda admiração por vocês;

A meus eternos amigos e bravos companheiros dessa tal de “geologia”, que batalharam durante o curso comigo, em especial: o “quarteto fantástico” Argos, Pedro e Recife, às gurias Ana Paula, Raquel, Raphaela, Elis, Camila, Liana, Stephanie, Karen, Susy, Evelin, Itiana e Paula, e em especial a Deise, minha “maninha”, minha amiga eterna, minha guia e companheira de todas as horas e sempre;

Aos doutorandos com os quais trabalhei Luiz Vedana e Cassiana Michelin, pelos ótimos trabalhos de campo e parceria!

Aos amigos Estevan, Fabrício, Rodrigo, Fernando, Cris e Diey, dos tempos de Santiago, apesar do afastamento, nunca me esqueci dos parceiros!

Meus orientadores, Ruy e Camozza, pelas piadas, conversas, discussões e chimarrão, que tornaram este trabalho possível;

Meu agradecimento e respeito a alguns dos mestres que tive na geologia, que por um motivo ou outro foram importantes: os professores Márcia, Evandro (Chinês), Frank, Remus, Lídia, Ari, Carla, Fátima, Hartmann (Barão), Clóvis, Karin, Edinei, Rommulo, Sommer, Mizusaki, Marina, Schultz, Juliana;

Por fim, a todos que foram importantes em minha vida, fica o meu muito obrigado!

RESUMO

O Terreno Taquarembó está localizado na porção SW do Escudo Sul-rio-grandense e é interpretado como um fragmento do Cráton Rio de La Plata. Este Terreno é composto por gnaisses paleoproterozóicos do Complexo Granulítico Santa Maria Chico (CGSMC) parcialmente retrabalhados no Ciclo Brasileiro pela colocação de corpos graníticos. O CGSMC é constituído principalmente por granulitos básicos, gnaisses tonalíticos a granodioríticos, metanortositos, metaultramafitos, metapelitos, mármore e gnaisses calco-silicáticos. Os granitos que intrudem este complexo incluem a Suíte Santo Afonso e Saibro, e também o Granitoides Sanga Rasa, unidade que será caracterizada neste trabalho. O Granitoides Sanga Rasa apresenta uma forma aproximadamente orientada segundo 015-195, mostra relação de contato intrusiva com relação aos granitos da Suíte Santo Afonso, constituindo-se de uma rocha de textura equigranular média com variação localizada para fina ou grossa, cor cinza escuro e composição variando de termos dioríticos a sienograníticos, dominados por termos granodioríticos. Os minerais máficos predominantes são biotita e hornblenda ($M' = 10-15$), com titanita subordinada. Apresenta foliação magmática bem desenvolvida, marcada pelo alinhamento dimensional dos minerais máficos e do K-feldspato e alongamento do quartzo. Esta foliação tem disposição concordante com a forma alongada do corpo e encontra-se paralela a uma foliação tectônica que apresenta feições de deformação em estado subsolidus e solidus. Estas feições incluem a extinção ondulante em feldspatos e quartzo, a formação de maclas de deformação lamelares e *chessboard* em quartzo e também o encurvamento de maclas em feldspatos. De modo muito localizado observa-se também a recristalização parcial de feldspatos, com formação de textura granoblástica poligonal acompanhada pela formação de subgrãos nos minerais. Análises químicas indicam composições granodioríticas a graníticas, cálcico-alcálicas, metaluminosas a levemente peraluminosas. Dados geocronológicos preliminares apontaram idades de 620 e 610 Ma para tonalito e granodiorito, respectivamente.

Palavras-Chave: 1. Terreno Taquarembó; 2. Granitoides Sanga Rasa; 3. Geoquímica; 4. Geocronologia U-Pb ICP-MS; 5. Neoproterozóico; 6. Granito

ABSTRACT

The Taquarembó Terrain is located in the SW portion of the Sul-rio-grandense Shield and is interpreted as a fragment of the Rio de La Plata Craton. This Terrain is composed by paleoproterozoic gneisses of Santa Maria Chico Granulite Complex (SMCGC) partially reworked in the Brasiliano Orogenic Cycle by the alocation of granite bodies. The SMCGC is mainly constituted by basic granulites, tonalitic to granodioritic gneisses, metanortosites, metaultramafites, metapelites, marble and calco-silicatic gneisses. The granites that intrude this complex includes the Santo Afonso and Saibro Suite, and as well the Sanga Rasa Granitoids, an unit characterized in this work. The Sanga Rasa Granitoids intrusion shows an orientation of approximately 015-195, showing intrusive contact relation with the granites from the Santo Afonso Suite, constituting an equigranular texture and medium-grained rock, locally varying to fine- to coarse-grained, with dark grey color and composition varying from dioritic to sienogranitic terms, with dominating granodioritic terms. The mafic minerals prevailing are biotite and hornblend ($M' = 10-15$), with subordinated titanite. The Sanga Rasa Granitoids shows a well-developed magmatic foliation, marked by dimensional alignment of mafic minerals and k-feldspar and quartz elongation. This foliation has a concordant disposition with the elongated form of the granitic body, and is parallel with a tectonic foliation that represents deformation features in *subsolidus* and *solidus* state. Those features include ondulant extinction in quartz and feldspar, the formation of lamellar deformation twins and "chessboard" in quartz, and the curving of twins in feldspar, with the formation of polygonal granoblastic texture followed by subgrain formation on minerals. Geochemistry analysis indicates granodioritic to tonalitic compositions, calc-alkaline series, metaluminous to slightly peraluminous. Preliminary geochronologic data shows ages of 620 and 610 Ma for a tonalite and granodiorite, respectively.

Keywords: 1. Taquarembó Terrain; 2. Sanga Rasa Granitoids; 3. Geochemistry; 4. U-Pb ICP-MS Geochronology; 5. Neoproterozoic; 6. Granite

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Via de acesso (em roxo) à cidade de Bagé/RS, com indicação da capital do estado, Porto Alegre (modificado de DAER, 2013).----- **12**
- Figura 2:** Mapa geológico com principais unidades tectônicas do sul do Brasil e Uruguai (extraído de Hartmann *et al.*, 2007).----- **15**
- Figura 3:** Localização da área estudada na América do Sul. Principais unidades geotectônicas do sul do Brasil e Uruguai. Principais zonas de cisalhamento: 1 - Itajaí Pirimbó; 2 - Major Gercindo; 3 - Santana da Boa Vista; 4 - Dorsal de Canguçu; 5 - Passo do Marinheiro; 6 - Ibaré; 7 - Sarandi Del Y; 8 - Sierra Ballena; 9 - Serro Amaro e 10- Arroio Grande. Localização da área de estudo delimitada pelo quadrado vermelho. (modificado de Philipp *et al.*, 2009).----- **16**
- Figura 4:** Britador de mandíbulas, do Laboratório de Apoio Analítico e Preparação de Amostras (Anexo) do Instituto de Geociências/UFRGS.----- **25**
- Figura 5:** Pulverizador (moinho de discos), do Laboratório de Apoio Analítico e Preparação de Amostras (Anexo) do Instituto de Geociências/UFRGS.----- **25**
- Figura 6:** a) e b) Gnaisses granodioríticos do CGSMC, mostrando dobras apertadas.----- **31**
- Figura 7:** Granitoides Sanga Rasa: a) Granodiorito equigranular com titanita; b) Quartzo-diorito equigranular fino a médio; c) Granodiorito com biotita euédrica; d) *Schlieren* dentro de granodiorito; e) Foliação magmática bem marcada; f) Orientação de forma de K-feldspato e alinhamento dimensional de minerais máficos.----- **33**
- Figura 8:** Estereograma mostrando a representação dos pólos da foliação magmática (S0) dos Granitoides Sanga Rasa.----- **35**
- Figura 9:** Estereograma mostrando a representação dos pólos da foliação tectônica (Sm) dos Granitoides Sanga Rasa.----- **36**
- Figura 10:** Croqui esquemático do ponto GT-15/PBT-4123, mostrando as três unidades (CGSMC, GSR e GSA). As letras de A até E indicam local onde foram coletadas algumas amostras para análises geoquímicas.----- **37**
- Figura 11:** Croqui esquemático em escala de afloramento, com monzogranito porfirítico mostrando orientação de K-feldspato em corredor de fluxo e par SC ígneo, do Granito Santo Afonso.----- **39**
- Figura 12:** Granito Santo Afonso: a) Monzogranito porfirítico com pórfiros de K-feldspato de até 7 cm de diâmetro; b) Megacristais de K-feldspato alinhados ao longo da foliação magmática.----- **40**
- Figura 13:** Estereograma mostrando a representação dos pólos da foliação magmática (S0) do Granito Santo Afonso----- **41**
- Figura 14:** Diagrama QAP com a representação das análises modais, mostrando um *trend* de termos dioríticos a sienograníticos (adaptado de Streckeisen, 1974).----- **45**
- Figura 15:** Microfotografias dos Granitoides Sanga Rasa: a) Plagioclásio com macla lamelar levemente deformada; b) Agregados de biotita, próximos a opacos e titanita; c) Titanita euédrica dispersa, orientada na foliação, e mirmequita no canto superior direito; d) Titanita euédrica e hornblenda verde, orientados na foliação e e)

Relação entre titanita e ilmenita, onde a titanita forma coroas (franjas) sobre a ilmenita. ----- 47

Figura 16: Microfotografias dos Granitoides Sanga Rasa: a) Hornblenda verde com textura simplectítica; b) Alanita castanha avermelhada levemente zonada, inclusa em biotita alinhada à foliação; c) No detalhe em amarelo, transição alanita → pistacita e d) Formação de sericita e mica branca sob plagioclásio, e forte cloritização da biotita. Também observa-se titanita subédrica e opacos no canto inferior direito. ----- 48

Figura 17: Diagrama adaptado de Lameyre & Bowden (1982), com diferentes domínios separando as séries composicionais. 1- Granitoides Toleiíticos; 2 - Série cálcico-alcálica Trondhjemítica; 3- Série cálcico-alcálica Granodiorítica; 4- Série cálcico-alcálica Monzonítica; 5- Granitos aluminosos; 6- Granitos peralcalinos e 7- Leucogranitos Peraluminosos. ----- 49

Figura 18: Diagramas de elementos maiores (Al_2O_3 , CaO, MgO e Fe_2O_3) versus SiO_2 . ----- 54

Figura 19: Diagramas de elementos maiores (K_2O , Na_2O , TiO_2 e P_2O_5) versus SiO_2 . ----- 55

Figura 20: Diagramas de elementos menores (Rb, Ba, Sr e Zr) versus SiO_2 . ----- 56

Figura 21: Diagrama TAS (total álcalis versus sílica) para rochas plutônicas, adaptado de Cox et al. (1979). ----- 57

Figura 22: Diagramas de composição: a) AFM, adaptado de Irvine & Baragar (1971) e b) $SiO_2 - FeO_{total} / MgO$ adaptado de Miyashiro (1974). ----- 58

Figura 23: Diagrama de composição, mostrando a tendência metaluminosa a peraluminosa das amostras (adaptado de Shand, 1943). ----- 58

Figura 24: Diagramas adaptados de Frost et al. (2001) de $FeO_{total} / FeO_{total} + MgO$ versus SiO_2 e $Na_2O + K_2O + CaO$ versus SiO_2 , mostrando tendência magnesiânica e álcali-cálcico a cálcico-alcálicas. ----- 59

Figura 25: Diagrama ETR, com amostras ácidas (em vermelho) e intermediárias a básicas (em azul), mostrando alta concentração de ETRs leves (adaptado de Nakamura, 1974). ----- 60

Figura 26: Gráfico comparativo das amostras do GSR com padrões N-MORB. --- 61

Figura 27: Gráfico comparativo das amostras do GSR com padrões OIB. ----- 61

Figura 28: Diagrama mostrando possível origem tipo VAG dos Granitoides Sanga Rasa (adaptado de Pearce et al. 1984) ----- 62

Figura 29: Modelo R1-R2 de Batchelor & Bowden (1985), mostrando uma geotectônica pós-colisional. ----- 63

Figura 30: Diagramas com base no trabalho de Whalen (1987), com diferentes parâmetros. ----- 64

Figura 31: Idades não recalculadas dos zircões de um tonalito dos Granitoides Sanga Rasa, ponto PBT-4033. ----- 65

Figura 32: Idades não recalculadas dos zircões de um granodiorito dos Granitoides Sanga Rasa, ponto PBT-4089. ----- 66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação das análises modais em lâmina petrográfica. -----	43
Tabela 2: Dados das análises de elementos maiores, menores e traço. -----	51
Tabela 3: Dados das análises de elementos maiores, menores e traço. -----	52
Tabela 4: Dados das análises de elementos maiores, menores e traço. -----	52

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	IX
SUMÁRIO	X
1. INTRODUÇÃO	11
1.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	11
1.2 OBJETIVO	12
2. CONTEXTO GEOTECTÔNICO E TRABALHOS ANTERIORES	13
2.1 COMPLEXO GRANULÍTICO SANTA MARIA CHICO	16
2.2 SUÍTE SANTO AFONSO (SSA).....	19
3. METODOLOGIA	21
3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.2 TRABALHO DE CAMPO	21
3.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	22
3.4 MICROSCOPIA ÓTICA	22
3.5 ANÁLISE U/P _B DE ZIRCÕES EM LA-ICP-MS	23
3.6 ANÁLISE GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL.....	28
3.7 ANÁLISE ESTRUTURAL.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA.....	30
4.1.1 <i>Rochas do Complexo Granulítico Santa Maria Chico</i>	30
4.1.2 <i>Granitoides Sanga Rasa</i>	31
4.1.3 <i>Granito Santo Afonso</i>	39
4.2 ANÁLISES PETROGRÁFICAS.....	42
4.3 ANÁLISES GEOQUÍMICAS	50
4.3.1 <i>Aspectos composicionais, elementos maiores e menores</i>	50
4.3.2 <i>Elementos terras-raras e diagramas multi-elementares</i>	59
4.3.3 <i>Geotectônica</i>	62
4.4 ANÁLISES GEOCRONOLÓGICAS	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXO I – Mapa de Amostragem e Localização	
ANEXO II – Mapa Geológico	

1. INTRODUÇÃO

O Terreno Taquarembó, pertencente ao Escudo Sul-rio-grandense, é composto por rochas granulíticas paleoproterozóicas parcialmente retrabalhadas no Brasileiro e granitos neoproterozóicos. Conforme a divisão do Escudo Sul-rio-grandense feita por Chemale Jr. (2000) e Hartmann *et al.* (2007), é interpretado como um fragmento do Cráton Rio de La Plata em conjunto com os terrenos Rivera, Valentines e Nico Perez descritos no Uruguai.

Algumas unidades, como a Suíte Santo Afonso, e diversos granitóides indivisos pertencentes ao Terreno Taquarembó necessitam de estudos de maior detalhe. A presente pesquisa busca detalhar os Granitóides Saga Rasa através de análises mineralógicas e texturais, obtenção de teores de elementos maiores, menores, traços e terras raras e por datação geocronológica em zircões.

1.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área estudada compreende o norte da cidade de Bagé, na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, consistindo-se de parte de duas folhas em escala 1:50.000, abrangendo o extremo norte da folha de Bajé/Bagé (SH-21-Z-D-III-4, MI 3007/4) e da porção sul da folha de Torquato Severo (SH-21-Z-D-III-2, MI 3007/2).

A região de Bagé dista 370 km da capital Porto Alegre, e seu acesso principal é realizado em sentido oeste pelas rodovias BR-290 e posteriormente

sentido sul pela BR-153 (figura 1, em roxo). O acesso aos afloramentos ocorre pela BR-293 e RS-473, além de algumas vias secundárias da zona rural do município.

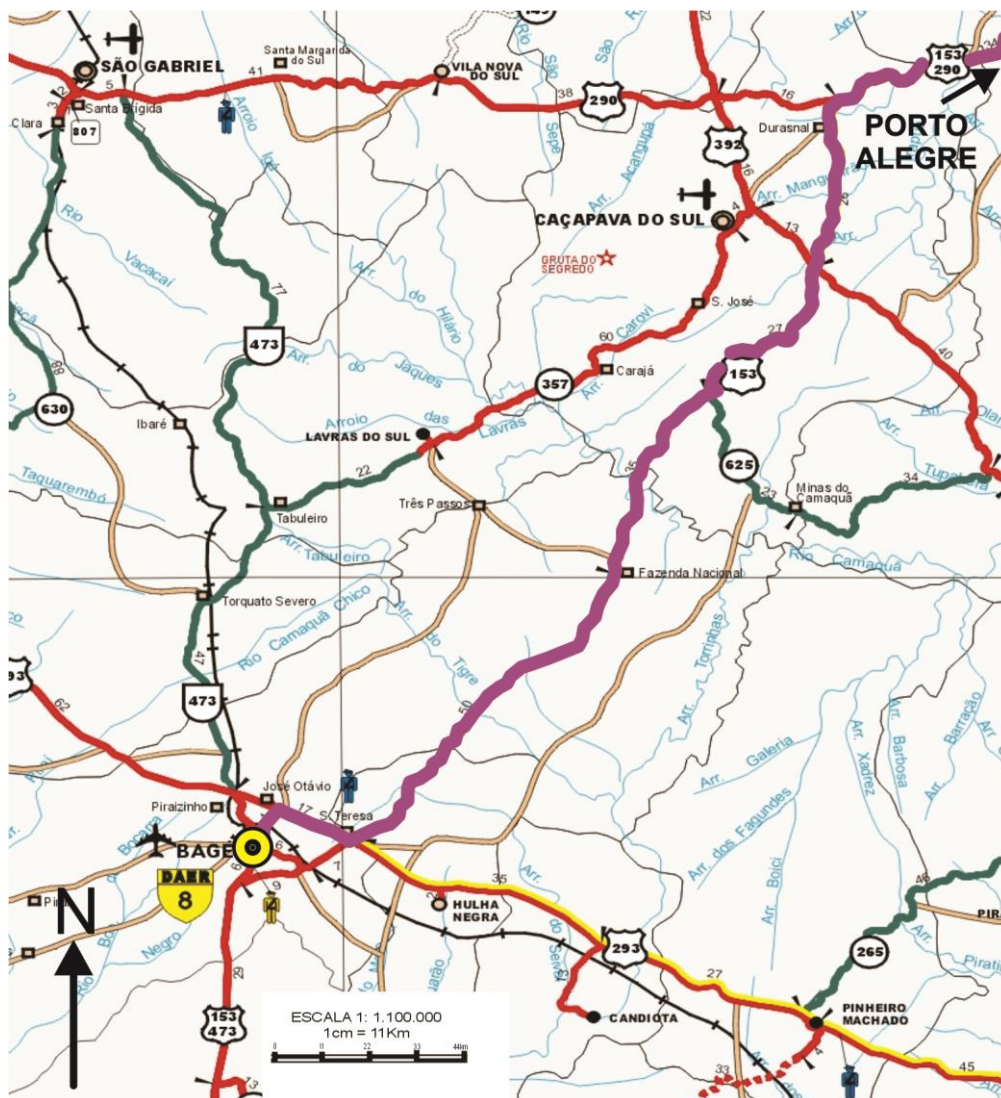


Figura 1: Via de acesso (em roxo) à cidade de Bagé/RS, com indicação da capital do estado, Porto Alegre (modificado de DAER, 2013).

1.2 OBJETIVO

O trabalho busca caracterizar os Granitoides Sanga Rasa na região de Bagé. Busca-se, através dos dados de UFRGS (2012), e de novos dados de campo, análises petrográficas, geoquímicas e geocronológicas, reavaliar trabalhos já existentes na literatura da região, e definir os Granitoides Sanga Rasa em relação à sua classificação, série magmática, idade e contexto geotectônico.

2. CONTEXTO GEOTECTÔNICO E TRABALHOS ANTERIORES

O Escudo Sul-rio-grandense (ESRG) delimita-se numa área de aproximadamente 65.000 km², sendo notavelmente composto de uma grande diversidade de associações petrotectônicas de rochas pré-cambrianas em uma área de dimensões reduzidas (Chemale Jr., 2000).

Neste estudo é utilizada a subdivisão do ESRG proposta por Chemale Jr. (2000) e Hartmann *et al.* (2007).

Conforme estes autores, o Escudo Sul-rio-grandense possui terrenos de médio a alto grau de metamorfismo, que constituem as áreas de embasamento paleoproterozóico, intercalados com associações de rochas que marcam a evolução de uma zona de convergência de placas durante o Neoproterozóico. Este escudo resultou de processos de geração e deformação de crosta continental que ocorreram principalmente em dois ciclos orogênicos: Ciclo Transamazônico (2,26 a 2,00 Ga) e Ciclo Brasileiro (900 a 535 Ma), onde associações de crosta oceânica (composta por planície basáltica e sedimentos abissais, ilhas oceânicas e platôs oceânicos), microcontinentes, e arcos de ilhas em oceanos e margens continentais colidiram sequencialmente contribuindo para o crescimento da porção sul do continente americano.

A proposta de divisão do ESRG feita por Chemale Jr. (2000) e Hartmann *et al.* (2007) resultou em quatro unidades geotectônicas principais (Fig. 2), baseados na geoquímica, petrografia, geofísica, geologia isotópica e litoestratigrafia: Terreno Taquarembó (rochas granulíticas Paleoproterozóicas parcialmente retrabalhadas no Brasileiro), Terreno São Gabriel (unidades formadas em parte por acreção juvenil ou derivadas de manto neoproterozóico), Terreno Tijucas (rochas granito-gnáissicas e anfibolíticas paleoproterozóicas, rochas supracrustais e rochas metavulcânicas) e Batólito Pelotas (suítes graníticas de retrabalhamento crustal e septos de embasamento).

O Terreno Taquarembó é interpretado como um fragmento do Cráton Rio de La Plata em conjunto com os terrenos Rivera, Valentines e Nico Perez descritos no Uruguai, e as outras três unidades mais jovens como constituintes do Cinturão Dom Feliciano, estabelecido durante o Neoproterozóico (Hartmann *et al.* 2007).

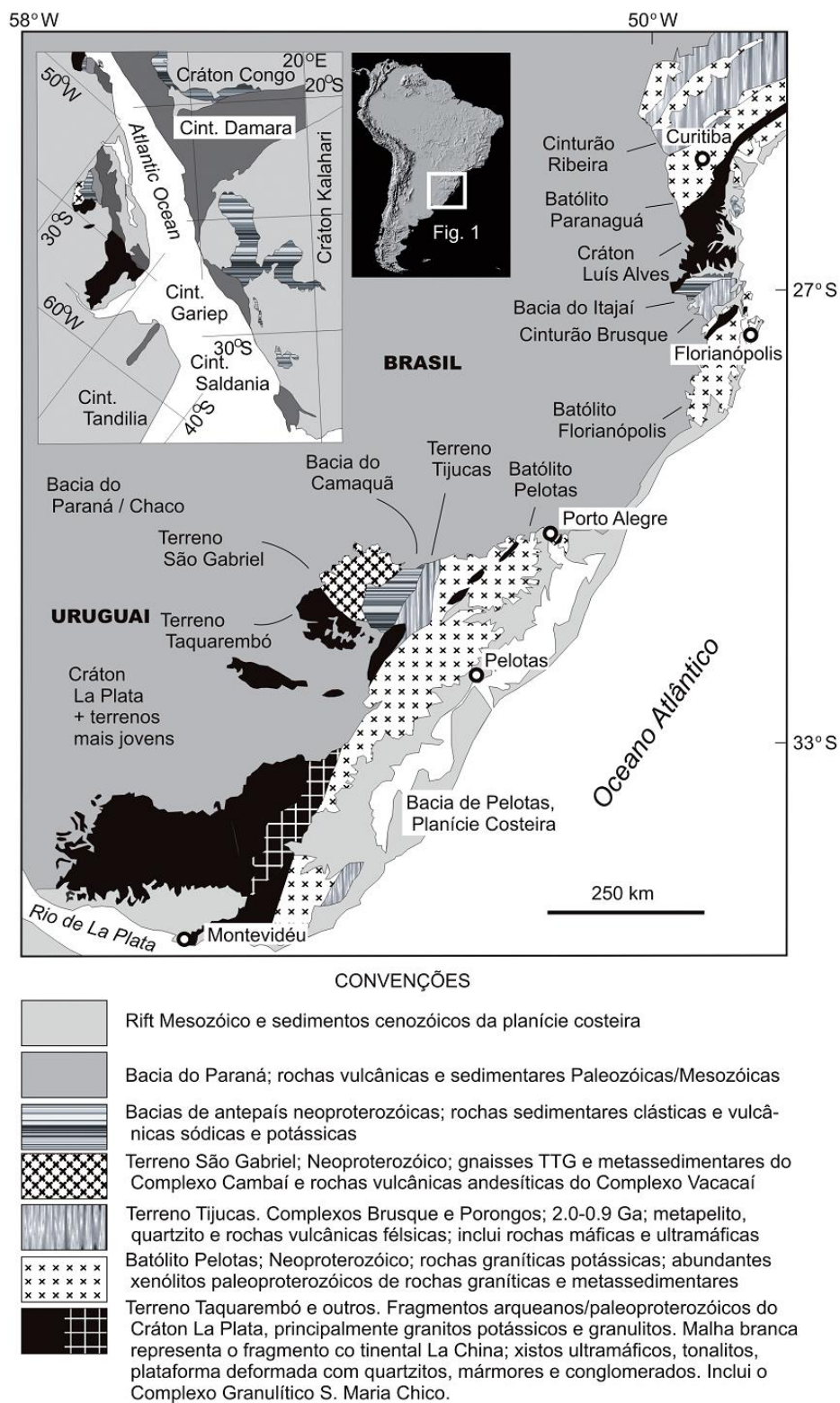


Figura 2: Mapa geológico com principais unidades tectônicas do sul do Brasil e Uruguai (extraído de Hartmann *et al.*, 2007).

O cenário das rochas da região de Bagé de maneira geral encontra-se caracterizado por gnaisses do Complexo Granulítico Santa Maria Chico a oeste, pelos granitos da Suite Santo Afonso na porção central e pelos gnaisses do Complexo Vigia (da região de Hulha Negra) ao leste (Hartmann *et al.*, 2007; Camozzato *et al.*, 2012). A área de estudo engloba a região indicada na figura 3.

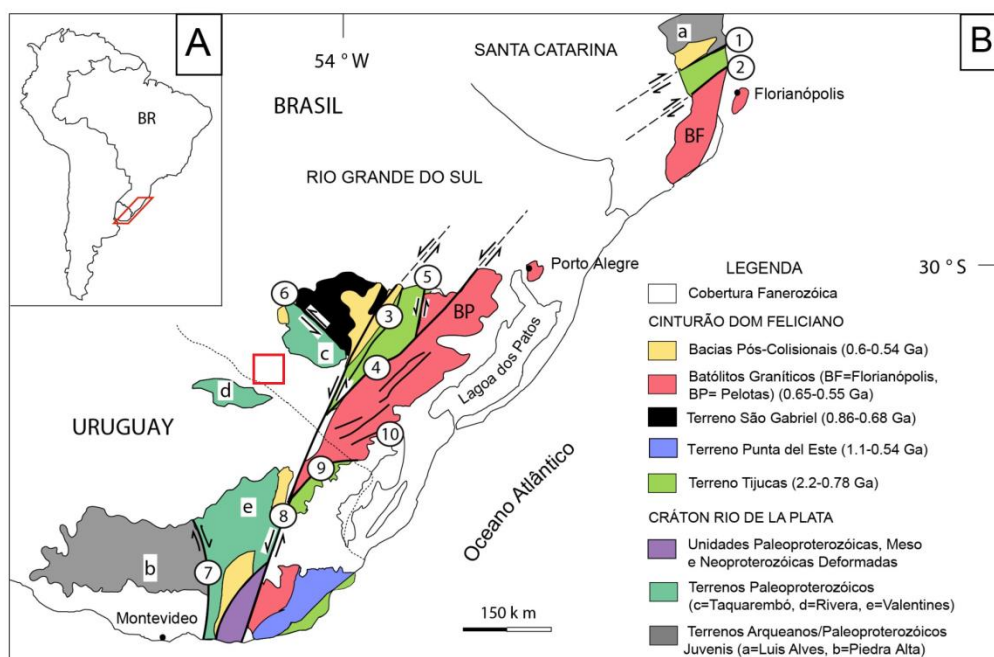


Figura 3: Localização da área estudada na América do Sul. Principais unidades geotectônicas do sul do Brasil e Uruguai. Principais zonas de cisalhamento: 1 - Itajaí Pirimbó; 2 - Major Gercindo; 3 - Santana da Boa Vista; 4 - Dorsal de Canguçu; 5 - Passo do Marinheiro; 6 - Ibaré; 7 - Sarandi Del Y; 8 - Sierra Ballena; 9 - Serro Amaro e 10- Arroio Grande. Localização da área de estudo delimitada pelo quadrado vermelho. (modificado de Philipp *et al.*, 2009).

2.1 COMPLEXO GRANULÍTICO SANTA MARIA CHICO

O Complexo Granulítico Santa Maria Chico envolve associações compostas principalmente de gnaisses básicos, gnaisses quartzo-feldspáticos, anortositos, metaultramafitos, metapelitos e mármores definidos por Nardi & Hartmann (1979). Estas rochas granulíticas, com seção-tipo ao longo das cabeceiras do Arroio Santa Maria Chico (situado próximo a Dom Pedrito – RS), fazem parte, no Rio Grande do Sul, do Complexo Santa Maria Chico (CGSMC), considerado um fragmento do Crátón Rio de La Plata (Fernandes *et al.*, 1995) e como parte do Terreno Taquarembó (Hartmann *et al.*, 2007).

Conforme Nardi & Hartmann (1979) e Hartmann (1981), o CGSMC faz contato, a nordeste, com rochas contidas no Lineamento de Ibaré (Complexo Ibaré, Formação Maricá e sedimentos gondwânicos da Formação Rio Bonito); a oeste, com vulcânicas intermediárias e ácidas das formações Hilário e Acampamento Velho, formadoras do Platô do Taquarembó e com o Monzogranito Santo Antônio; a sudeste, com a Suíte Granítica Santo Afonso (unidade de interesse neste estudo) e Suíte Sub-vulcânica Vauthier e, a sudoeste, é recoberto pelas rochas sedimentares gondwânicas da Bacia do Paraná, como a Formação Rio Bonito.

Os granulitos do Complexo Granulítico Santa Maria Chico, além das suítes graníticas Santo Afonso, Saibro e Vauthier (Hartmann & Nardi, 1982), muito predominantes na área, foram estudados pela primeira vez por Nardi & Hartmann (1979), tendo como base o mapeamento geológico realizado pela turma de graduação da UNISINOS (1979), e posteriormente pelas turmas da UFRGS em mapeamentos realizados por graduandos em 1981, além de mais recentemente (2012 e 2013) pelas turmas de mapeamento geológico. Os autores descreveram as rochas do complexo como isótropas e bandadas, com foliação predominante NW, de litotipos agrupados em gnaisses básicos, gnaisses quartzo-feldspáticos, anortositos, metaultramafitos, metapelitos e mármore, e com as litologias comportando-se como “grandes blocos rígidos envoltos por rochas graníticas”. Ainda, as rochas granulíticas estariam amplamente retrometamorfisadas em fácies xisto verde devido à influência térmica de granitos intrusivos, com muitos corpos granulíticos constituindo até mega-xenólitos nos granitos. Nardi & Hartmann (1979) ainda citam um bom potencial econômico de metais básicos nos ultramafitos, e análises evidenciando baixíssimo teor de potássio em comparação a granulitos de outros continentes.

Posteriormente, Nardi & Hartmann (1980) encontraram baixos teores de TiO_2 e P_2O_5 , o que sugeria uma sequência pré-metamórfica predominantemente sedimentar. Entretanto, com um metamorfismo de alta temperatura e a fusão parcial à qual as rochas teriam sido submetidas, estes padrões geoquímicos assemelhavam-se aos de rochas magmáticas. Em Hartmann & Nardi (1980) os autores citam que as áreas de CGSMC constituíam porções de um cinturão móvel, de litologias de metamorfismo granulítico de média a alta pressão de idades Arqueanas, com continuidade do cinturão verificada no Uruguai e Argentina (Cráton Rio de La Plata) e ao norte nos estados do Paraná, São Paulo e outros.

Pesquisas realizadas na região (Hartmann, 1987; Hartmann *et al.*, 1998; Hartmann *et al.*, 2000a; Philipp *et al.*, 2009) indicam que a característica geológica mais importante deste complexo é apresentar rochas metamórficas de alto grau, com dados geocronológicos indicando pertencerem ao início do Paleoproterozóico (2,4 Ga), e afetadas por eventos metamórficos de idade principalmente Paleoproterozóica, até Neoproterozóica. Hartmann (1987) definiu a idade metamórfica Sm-Nd em 2.100 Ma e uma idade Tdm Sm/Nd Arqueana. A datação SHRIMP de zircões mostra idades variadas de acresção dos magmas do complexo granulítico, entre 2,5-2,1 Ga, com um evento colisional gerador dos granulitos ocorrendo em 2,02 Ga (Hartmann *et al.*, 1999, 2000b, 2008). Mais recentemente, Philipp *et al.* (2009) mostraram que as idades datadas em U-Pb (SHRIMP) de zircões indicam 2.489 ± 6 Ma e 2366 ± 8 Ma para o intervalo de cristalização ígnea relacionada à evolução de um arco insular, e de 2.035 ± 9 Ma e 2.006 ± 3 Ma para os eventos metamórficos de alto grau de natureza colisional de magmas graníticos Neoproterozóicos. O CGSMC já possui amplo número de datações, e de forma sistemática são encontradas as mesmas idades (Laux *et al.* 2010): 2,4 Ga para os granulitos máficos, 2,3 Ga para os granulitos félsicos e 2,0 Ga para o metamorfismo. Zircões detríticos podem apresentar idades arqueanas, porém são provavelmente provenientes de outras partes do Cráton Rio de La Plata.

O conjunto de rochas de composições graníticas a granodioríticas do sul do Terreno Taquarembó, com feições de deformação e gnaissificação, acabou por ser representado por Santos *et al.* (1989), no mapa geológico em escala 1:1.000.000 do Rio Grande do Sul, como sendo Complexo Cambaí, recebendo diferentes interpretações. Foi estabelecida uma correlação destas rochas com metagranitóides aflorantes no Terreno São Gabriel por Fragoso Cesar (1991), que os denominou como Granitoides e Gnaisses Bagé, de suposta idade transamazônica. Atualmente, a denominação mais adotada é a que foi originalmente sugerida por Nardi & Hartmann (1979).

Utilizando dados geoquímicos e as características juvenis do CGSMC, com ênfase nas rochas máficas coletadas em trabalho da CPRM na Folha Lagoa de Meia Lua (1:100.000), Laux & Bongiolo (2011) interpretaram a região como um ambiente de arcos de ilhas, caracterizado por magmatismo bimodal toleítico a cálcico-alcálico, com granulitização formada em um ambiente de colisão continental (Laux *et al.* 2010)

2.2 SUÍTE SANTO AFONSO (SSA)

A Suíte Santo Afonso é uma unidade do ESRG com poucos estudos publicados que foi pioneiramente descrita por Hartmann & Nardi (1982) tendo como base o mapeamento geológico da turma de graduação de 1979-1 da UNISINOS. Apresenta ampla ocorrência ao norte de Bagé, na região do Arroio Santa Maria Chico.

Hartmann & Nardi (1982) descrevem essa suíte como um batólito composto por monzogranitos com variações que vão de granodioritos a sienogranitos e até mesmo tipos mais pobres em quartzo. Os constituintes mineralógicos comuns são feldspato alcalino, plagioclásio e quartzo, com ocorrência de anfibólio, biotita e clorita como constituintes menores. Em campo, observa-se uma grande mistura de tipos graníticos, desde granitos finos isótopos, até granitos grossos fortemente foliados, granitos com poucos máficos, granitos milonitizados (Iglesias, 2000).

A intrusão da Suíte Santo Afonso ocorreu no extremo oeste do Escudo, junto às rochas paleoproterozóicas do CGSMC, com uma idade Rb-Sr de 586 ± 48 Ma, uma assinatura isotópica Sm-Nd mostrando valor negativo ($\epsilon_{Nd} = -14$) e idades T_{DM} de 2,04 a 2,12 Ga (Chemale Jr. 2000), indicando forte contribuição crustal na formação do magma.

A definição mais atual da Suíte Santo Afonso, conforme Camozzato *et al.* (2012), define que esta suíte compreende predominantemente termos monzograníticos de granulação média a grossa ou porfiríticos, cores acinzentadas, de cinza-claro a róseo,. Também são descritos quartzo-dioritos, tonalitos e granodioritos como termos híbridos. Gabros, dioritos e quartzo-dioritos são subordinados, por vezes ocorrendo como corpos mapeáveis (Diorito São Ezidro de Camozzato *et al.*, 2012) e como enclaves máficos microgranulares de formas e dimensões variadas. A suíte engloba xenólitos de rochas gnáissicas variadas, por vezes com dimensões quilométricas.

Assim, a relação de intrusão da suíte com as unidades do Complexo Granulítico Santa Maria Chico por vezes apresenta xenólitos de dimensões menores que 1 m até megaxenólitos maiores que 1 km do CGSMC (Hartmann & Nardi, 1982), tornando complicado o mapeamento e dificultando a separação entre

os granitos porfíricos, granitos foliados e gnaisses quartzo-feldspáticos grossos que ocorrem misturados entre estas unidades (Iglesias, 2000).

Conforme Gastal *et al.* (1992), Gastal & Lafon (1998) e Gastal (1999), representa quimicamente composições cálcico-alcálicas alto K altamente fracionadas, que segundo os autores apresentam muitas analogias com o Complexo Granítico Caçapava do Sul.

Os dados geoquímicos de Camozzato *et al.* (2013) permitem caracterizar na Suíte Santo Afonso duas séries de rochas pós-colisionais: uma toleítica alto-K (rochas máficas) e uma shoshonítica (granitoides).

A estrutura desta suíte em geral apresenta-se orientada, caracterizada por uma foliação definida pelos megacristais de K-feldspato e pelos agregados de minerais máficos. Também nota-se uma foliação pelo alongamento de diques sin-plutônicos e enclaves microdioríticos e localmente por bandamento irregular e descontínuo marcado por *schlieren* de biotita e/ou hornblenda e/ou por cumulos de megacristais de K-feldspato (Camozzato *et al.* 2013). Algumas unidades, tais como o Granito Cerro das Marcas e variedades Santa Branca, Cerro Preto, Santuário e Pontas do Quebracho (Camozzato *et al.* 2012), em função de características petrográficas e geoquímicas, foram classificadas como pertencentes à Suíte Santo Afonso .

Quanto à geofísica, em gamaespectrometria de Iglesias (2000), a área mapeada como pertencente à Suíte Granítica Santo Afonso apresenta comportamento diferente em relação às áreas dos gnaisses, tanto dos granulitos do CGSMC, como dos gnaisses do Complexo Cambaí.

Por fim, a Formação Palermo (Grupo Guatá) e a Formação Santa Tecla comumente recobrem a Suíte Santo Afonso, sendo que a Formação Santa Tecla forma extensas chapadas nas áreas topograficamente mais altas da suíte.

3. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa empregada neste projeto se baseia em um levantamento bibliográfico, seguido de trabalho de campo com coleta de dados geológicos e estruturais e de amostras para levantamentos petrográficos, geoquímicos e geocronológicos e uma posterior interpretação dos dados obtidos.

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A etapa de pesquisa e levantamento bibliográfico se constitui na reunião e estudo de materiais publicados pertinentes ao projeto obter embasamento teórico sobre conceitos, metodologias, técnicas e geologia da região. Esta etapa de pré-campo e pós-campo envolveu principalmente a compilação de diversos materiais, tais como artigos, teses, dissertações, mapas, monografias, livros e principalmente informações geradas nas disciplinas de Mapeamento Geológico Básico I e II em 2012 pelo curso de Geologia da UFRGS.

3.2 TRABALHO DE CAMPO

Foram realizados trabalhos de campo na região durante os mapeamentos ocorridos em março e outubro de 2012, além de posterior campo em maio de 2013, que consistiu na realização de perfis geológicos na região de Bagé/RS, que

contaram com um enfoque no reconhecimento geral da região, informações sobre as rochas e suas relações com encaixantes, as variações na composição e na textura, medidas estruturais, aquisição de fotos, e a realização de coleta de amostras para posteriores análises laboratoriais.

Em campo foram coletadas amostras de rochas representativas das diferentes unidades. A amostragem foi procedida com cuidados para coletar fragmentos de rocha livres de alteração e em locais com boas exposições, e foram identificadas com as iniciais GT (GT-01, GT-02, etc.).

3.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

A etapa de preparação de amostras para análises geoquímicas, geocronológicas e confecção de lâminas delgadas foi realizada no Laboratório de Preparação de Amostras do Instituto de Geociências da UFRGS. As amostras foram fragmentadas e/ou cortadas, para a realização das análises supracitadas.

3.4 MICROSCOPIA ÓTICA

A utilização de lâminas petrográficas visou principalmente definir uma contagem modal dos minerais da rocha, sua composição, textura e estruturas de interesse, e definir sua paragênese.

A preparação das amostras para petrografia consistiu nas etapas de corte, laminação e polimento. Estes procedimentos foram feitos no laboratório de preparação de amostras do Laboratório de Apoio Analítico e Preparação de Amostras (Anexo) do Instituto de Geociências.

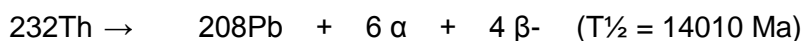
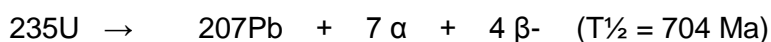
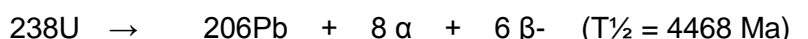
Ao todo, foram utilizadas 10 lâminas confeccionadas para o projeto, além de outras 15 cedidas pela regente da disciplina de Mapeamento Geológico Básico da UFRGS.

Além da identificação da rocha, foi realizada contagem modal com um total de no mínimo 300 pontos por lâmina, para obtenção de um dado estatístico razoável para uma plotagem em diagrama QAP de rochas plutônicas de Streckeinsen (1974).

3.5 ANÁLISE U/Pb DE ZIRCÕES EM LA-ICP-MS

O método U/Pb está baseado no decaimento dos isótopos de ^{238}U e ^{235}U para ^{206}Pb e ^{207}Pb , respectivamente. A metodologia aqui empregada é bem discutida por Geraldès (2010).

As três séries naturais de decaimento do sistema isotópico de datações U, Th-Pb em função da emissão de partículas α e β podem ser resumidas da seguinte forma:



Onde α representa a partícula alfa ($\alpha = 4\text{He}$) e β representa a partícula beta.

O zircão é o melhor mineral para esta metodologia, por ser um mineral resistente aos mais variados processos geológicos, sendo difícil a troca de elementos com o meio, e comporta-se como um sistema fechado. Outra vantagem é que o zircão não aceita na sua estrutura cristalina, quando da sua cristalização, o Pb, face ao seu grande raio iônico e diferentes cargas eletrônicas, sendo esse elemento quando presente, resultante do decaimento do U e do Th.

Ocorre, contudo, que as idades calculadas desta maneira são geralmente, muito diferentes, conforme se utilize o método $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ ou $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$. Esta discordância é devida a uma abertura do sistema U-Pb. Entretanto, os resultados podem ser reinterpretados usando-se um diagrama com a razão $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ como abcissa e $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ como ordenada. Este diagrama é chamado de diagrama concórdia.

Sobre este diagrama é colocada uma linha curva, calibrada em intervalos de 500 Ma, chamada de linha concórdia, sendo definida como o local onde plotam todos os pontos cujas idades $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ e $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ são iguais.

A etapa de separação dos zircões das amostras foi processada no Laboratório de Apoio Analítico e Preparação de Amostras (Anexo) do Instituto de Geociências.

Os equipamentos utilizados durante a preparação das amostras foram:

1. Britador (Fig 4);
2. Moinho de pratos (pulverizador, Fig. 5);
3. Peneiras de 7, 80 e 170 mesh;
4. Prensa hidráulica;
5. Ultrassom.

Os materiais que auxiliaram na preparação das amostras foram: álcool, papel toalha, folhas de rascunho de tamanho A4; sacolas plásticas de tamanho A4; caneta permanente e fita adesiva.

Durante a fase de preparação das amostras, procurou-se ter o máximo cuidado possível para manter a sala de preparação limpa, a fim de evitar contaminações. Antes do início da preparação de cada amostra, todas as superfícies da prensa hidráulica foram limpas com escova e álcool, e posteriormente secas com jato de ar comprimido. O britador e o moinho de prato foram limpos com jato de ar comprimido até ter a certeza de não haver fragmentos de rocha aderidos na superfície. Depois foram limpos com esponja e detergente e secos com flanela e ar comprimido. Por último, limpos com álcool e secos com flanela e ar comprimido.

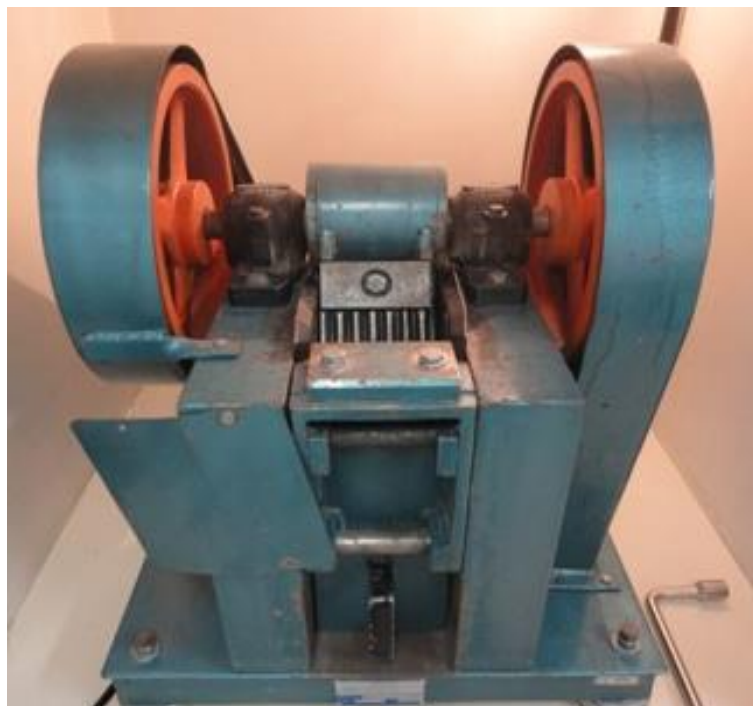


Figura 4: Britador de mandíbulas, do Laboratório de Apoio Analítico e Preparação de Amostras (Anexo) do Instituto de Geociências/UFRGS.



Figura 5: Pulverizador (moinho de discos), do Laboratório de Apoio Analítico e Preparação de Amostras (Anexo) do Instituto de Geociências/UFRGS.

O primeiro passo na preparação das amostras foi sua lavagem, para retirada de alterações e de material vegetal. Com as amostras secas e livres de impurezas, iniciou-se o processo de desfragmentação das mesmas. Essa etapa

foi realizada até o possível com martelo e marreta, e depois se usou do auxílio de uma prensa hidráulica, que suporta pressões de até 400 Kgf/cm², e possui uma panela de aço acoplada, onde a amostra foi depositada e submetida a pressões suficientes para sua quebra.

Depois da quebra da amostra, resultaram dois grupos diferentes de fragmentos. Os maiores, com até 8 cm de comprimento, foram separados e britados até tamanhos de no máximo 1 cm de comprimento, para que pudessem ser moídos em moinho de pratos. Os menores, de tamanhos milimétricos a no máximo 3 cm, foram peneirados em peneiras com malha de 7 mesh, sendo que o material peneirado foi selecionado para posterior moagem em pulverizador. Depois da moagem dos dois grupos de fragmentos no moinho de pratos, obteve-se um tamanho de grão suficiente para se iniciar o processo de peneiramento.

O peneiramento das amostras foi realizado entre as frações de 80 e 170 mesh (0,177 e 0,088 mm). O material retido na peneira de 80 mesh foi guardado e o retido na peneira de 170 mesh foi separado para posterior separação via bateia.

A primeira separação entre os minerais leves e pesados foi realizada através da técnica de bateamento, na qual se utiliza um instrumento de metal com forma de um escudo cônico. Após as amostras serem bateadas, obteve-se o primeiro concentrado de minerais pesados, que foi colocado em estufa, a 50° C, por aproximadamente um dia.

Depois de secas as amostras, utilizou-se um imã de mão para a separação dos minerais de alta e baixa susceptibilidade magnética, sendo o zircão um mineral com baixa susceptibilidade magnética. Esta etapa foi necessária pelo fato de que os minerais magnéticos reagem com o líquido denso diodometano utilizado na preparação das amostras, modificando suas características físico-químicas e, portanto, não desempenhando seu papel na separação mineral por densidade. Devido ao teor pouco significativo de minerais magnéticos nas amostras estudadas neste trabalho, não se fez necessária a utilização do separador magnético isodinâmico (Frantz), que é normalmente utilizado para amostras com teores elevados de minerais susceptíveis magneticamente.

Separados os zircões, ele foram analisados no Laboratório de Química e ICP da USP, em um espectrômetro tipo quadrupolo, modelo ELAN 6100DRC PerkinElmer/Sciex.

As vantagens do LA-ICP-MS, em relação ao sistema convencional de datação de zircão em que se usa o método químico e o TIMS, são a não necessidade de um laboratório químico extremamente limpo, a velocidade de obtenção de resultados e, principalmente na possibilidade de efetuar micro-análises localizadas e, portanto, na obtenção de informações adicionais de eventos geológicos impressos no zircão.

Basicamente, os espectrômetros de massa possuem quatro partes principais: fonte de íons; filtro de massas; detector; e sistema de vácuo.

Os espectrômetros de massa operam com íons positivos ou negativos de elementos ou espécies moleculares, em um sistema de ultra alto vácuo, de 10^{-7} a 10^{-9} mbar. A amostra necessariamente deve ser ionizada, pois é necessário acelerar a massa no analisador, que é responsável por fazer a deflexão de íons em função da massa, da velocidade e da intensidade de campos elétricos e/ou magnéticos. Existem várias técnicas de ionização, tais como a termo-ionização (utilizada no TIMS); o plasma (utilizada no LA-ICP-MS); impacto de elétrons; Impacto de íons (utilizado no SHRIMP). Neste trabalho, será descrita somente a técnica de ionização da amostra por meio de plasma.

A técnica de plasma acoplado indutivamente, *Inductively Coupled Plasma – ICP* produz com maior eficiência o feixe de íons do que a termo-ionização, usada no TIMS. Outra vantagem do ICP com relação às outras formas de ionização é quanto ao mecanismo de introdução da amostra, que se dá através do processo clássico de nebulização ou injeção de átomos ou moléculas liberados por abrasão a laser. Nos dois casos, a introdução de amostras se dá em condições de pressão ambiental.

Um plasma é definido como o alto estado de energia de um gás no qual praticamente todos os átomos e moléculas são ionizados. O início do protoplasma se dá através de um fluxo de gás que possui elétrons livres, produzidos através de uma faísca de alta tensão, capaz de vencer a resistência dielétrica do gás. Campos elétricos e magnéticos produzidos pelo gerador de

ondas de rádio frequência (RF) da ordem de 40 MHz que é produzida dentro de uma bobina de carga (“load coil”) são responsáveis pela sustentação do plasma. Através da aceleração de elétrons livres da periferia para uma zona interna da bobina de carga, estes campos acoplam a energia no plasma. A energia é então transferida para outra espécie de plasma por meio de colisão. O gás de argônio atinge uma temperatura de até 10000 °K na porção central do plasma para um fluxo de 0.7 litros por minuto e uma pressão de 1,25 bares.

Como o plasma possui alto estado de energia, as moléculas injetadas dentro da tocha são quebradas em seus elementos químicos constituintes que por sua vez, são ionizados. O plasma gerado em argônio flui através de três tubos de vidro concêntricos (tocha). O tubo interno carrega o gás da amostra, o tubo médio carrega gás que tem a função de manter a tocha afastada dos tubos (para não fundir os tubos de vidro) e o tubo externo carrega gás com a função de refrigerar o sistema.

Os íons devem passar da pressão de 1 atmosfera para o vácuo, através de bombas de vácuo extremamente eficientes. Ocorrem duas quebras na pressão do sistema: a primeira entre o cone da amostra e o cone skimmer, e a segunda após o cone skimmer. Os íons do plasma adentram o equipamento com altas velocidades através de um pequeno orifício no cone de amostra. Apenas 1% da amostra atinge o espectrômetro, os outros 99% restantes são retirados pelos dois cones.

Os íons produzidos em um ICP são extraídos para dentro de um sistema de lentes que colimam e aceleram os íons para dentro de um analisador de massas, que pode ser, na sua versão mais simples, do tipo Quadrupolo (QP) ou por tempo de voo (TOF – “time of flight”), ou, em versões com maior resolução de massas, Analisador Eletrostático (ESA) e Analisador Magnético (AM). Os íons que são defletidos duplamente no ESA e no AM obtêm uma alta resolução, capaz de diferenciar, em certos casos, alguns tipos de isóbaros. Neste trabalho, o ICP-MS utilizado é o de tipo Quadrupolo.

3.6 ANÁLISE GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL

Para a separação de material para envio de análise geoquímica em rocha total, foram utilizados os mesmos processos e etapas realizados para separação de

zircões (uso de sacolas plásticas, identificação da amostra, britagem, peneiragem, etc.), para posterior envio para análise no laboratório Acme Labs Analytical Laboratories Ltda, no Canadá.

Cada análise requer 10g de pacote combinado, das quais 5g são destinadas para analisar. A abundância total dos principais óxidos e vários elementos menores é dada em amostra de 0,2g analisados por espectrometria de massa ICP-MS depois de uma fusão da amostra por lítio metaborato / tetraborato e a sua diluição pela digestão nítrica. O processo de perda em ignição (PI) ocorre por diferença de peso após a ignição da amostra a 1000°C.

Elementos traços (terras raras e elementos refratários) são determinados por ICP-MS na sequência de uma fusão em amostra de 0,2g por lítio metaborato / tetraborato e digestão por ácido nítrico. Além disso, uma amostra de 0,5g separada é digerida em água régia e analisada por espectrometria de massa para relatar os metais preciosos e de base.

Os resultados químicos adquiridos com estas análises foram estudados e são aqui mostrados na forma de tabelas e gráficos gerados com o programa *GeoChemical Data ToolKIT*® (GCDkit®), que é um sistema para tratar e recalcular os resultados gerados pelas análises de rocha total.

3.7 ANÁLISE ESTRUTURAL

Os dados levantados nesta fase envolvem a integração de dados estruturais colhidos em campo. Foram integrados os dados de foliações magmáticas e lineação mineral. O processamento dos dados estruturais foi feito através de análise em diagramas equiárea de Schmidt em programas específicos (*Stereonet*® e *Stereo32*®), para posterior montagem de *plates* com as informações das litologias medidas com bússola marca *Brunton* em campo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

4.1.1 Rochas do Complexo Granulítico Santa Maria Chico

A área da região de estudo encontra-se inserida no Terreno Taquarembó, pertencente à porção sudoeste do Escudo Sul-riograndense (ESRG). Foi definido como embasamento cristalino desta região o Complexo Granulítico Santa Maria Chico (CGSMC), de idade paleoproterozóica, que possui litotipos agrupados em uma sequência pré-metamórfica predominantemente sedimentar dividida em gnaisses pelíticos, mármore, gnaisses básicos, gnaisses quartzo-feldspáticos, ultramafitos (em geral anfibolitos), além de anortositos não encontrados neste estudo, todos com foliação de direção predominantemente NW. Todas estas unidades do embasamento são encontradas sob a forma de xenólitos centimétricos a decamétricos dentro dos Granitoides Sanga Rasa e Santo Afonso (ver Anexo I e II), e são sistematicamente descritos a seguir.

Os gnaisses pelíticos encontrados apresentam-se quase sempre em estágio muito avançado de alteração, de coloração amarelada a bege, descritos como silimanita-granada-biotita gnaisses, com bandamento composicional contínuo e regular de espaçamento milimétrico, e de marcada textura lepidoblástica marcada pela elevada quantidade de biotita e quartzo estirado. Os mármore apresentam tons esverdeados, em uma estrutura maciça a por vezes bandada marcada por níveis centimétricos contínuos ricos em carbonatos (em geral dolomita), com textura

granoblástica, e níveis descontínuos de olivina serpentinizada, tremolita e diopsídio. Algumas intercalações com anfibolitos são encontradas, por vezes boudinadas. Os gnaisses variam em termos mais quartzo-feldspáticos como granodioríticos e tonalíticos, até termos mais básicos dioríticos. Dobras centimétricas fechadas (figuras 6a e 6b) são comuns no gnaisse granodiorítico. Possui textura granoblástica, compostos por plagioclásio com teor de An 30-50 (andesina), quartzo, com pouco ou nenhum feldspato alcalino, com piroxênios hiperstênio, diopsídio e anfibólio hornblenda. Os gnaisses básicos assemelham-se aos quartzo-feldspáticos, porém com menor quantidade de quartzo, e maior quantidade de plagioclásio e minerais máficos.



Figura 6: a) e b) Gnaisses granodioríticos do CGSMC, mostrando dobras apertadas.

4.1.2 Granitoides Sanga Rasa

Os Granitoides Sanga Rasa, definidos primeiramente por UFRGS (2012), ocorrem predominantemente na porção central do norte de Bagé, entre as folhas de Bagé e Torquato Severo, formando um corpo de dimensões quilométricas (aproximadamente 30 km²), com ocorrências de expressão menor a noroeste e nordeste da cidade. A unidade possui forma alongada segundo a direção 015-195, com cerca de 8 km de comprimento e 4 km de largura. Os principais afloramentos descritos foram cortes de estrada, leitos de rio ou pequenos campos de matacão, formando em geral corpos alongados com extensões variadas, de tamanhos métricos a decamétricos, destacando-se os pontos PBT-4032, PBT-4089, PBT-5008 e GT-15 (ver Anexo I e II).

Os granitoides apresenta uma textura equigranular média, variando de fino a grosso, cor cinza escuro a cinza claro, apresenta como minerais predominantes o plagioclásio, K-feldspato, quartzo, biotita (M' 10 a 15), e subordinadamente hornblenda marrom ou verde. A composição petrográfica classifica estas rochas como granodioritos (Fig. 7a) a quartzo-dioritos (Fig. 7b). O principal mineral acessório é a titanita, encontrada subédrica a euédrica (identificada facilmente em amostra de mão como na figura 7a). Os minerais associados ao metamorfismo cataclástico incluem o epidoto anédrico e a clorita, ambos como produtos de alteração da biotita. Por vezes biotita e hornblenda euédricos são encontrados (Fig. 7c). O K-feldspato constitui-se principalmente de microclínio subédrico, com macla xadrez bem desenvolvida ou levemente deformada, podendo ocorrer localmente pertitas finas e irregulares e formação de subgrãos. O plagioclásio é subédrico a euédrico, apresentando maclas polissintéticas por vezes contínuas (em "chama") e subgrãos. Os cristais de quartzo são anédricos e têm extinção ondulante.



Figura 7: Granitoides Sanga Rasa: a) Granodiorito equigranular com titanita; b) Quartzo-diorito equigranular fino a médio; c) Granodiorito com biotita euédrica; d) *Schlieren* dentro de granodiorito; e) Foliação magmática bem marcada; f) Orientação de forma de K-feldspato e alinhamento dimensional de minerais máficos.

Os Granitoides Sanga Rasa são uma unidade intrusiva no embasamento cristalino, apresentando xenólitos parcialmente assimilados de rochas do CGSMC,

como mármore, gnaisses granodioríticos a dioríticos, ortoanfibolitos e granitos deformados. A assimilação parcial de xenólitos centimétricos a métricos de gnaisses básicos do CGSMC geram *schlieren* de biotita no Granitoides Sanga Rasa (Fig. 7d), constituindo um bandamento e dando um aspecto gnáissico ao granito.

Apresenta uma foliação magmática quase sempre bem desenvolvida (Fig. 7e), marcada pelo alinhamento dimensional dos minerais máficos e do K-feldspato e pelo estiramento do quartzo (Fig. 7f). A S0 tem uma atitude média segundo a direção N58°E, com mergulho de 74° para SE. Esta estrutura é por vezes realçada por inúmeras injeções leucograníticas concordantes, que formam um bandamento de injeção com espessura milimétrica a centimétrica (Fig. 8).

Possui uma foliação tectônica com uma atitude média segundo a direção N46°E e com mergulho de 69° para SE. Apresenta lineação de estiramento média orientada segundo direção 05/214 (Fig. 9). Esta foliação tem disposição concordante com a forma alongada do corpo e encontra-se paralela a uma foliação tectônica que apresenta feições de deformação em estado subsolidus e solidus.

GRANITO SANGA RASA
S0 (N=23)

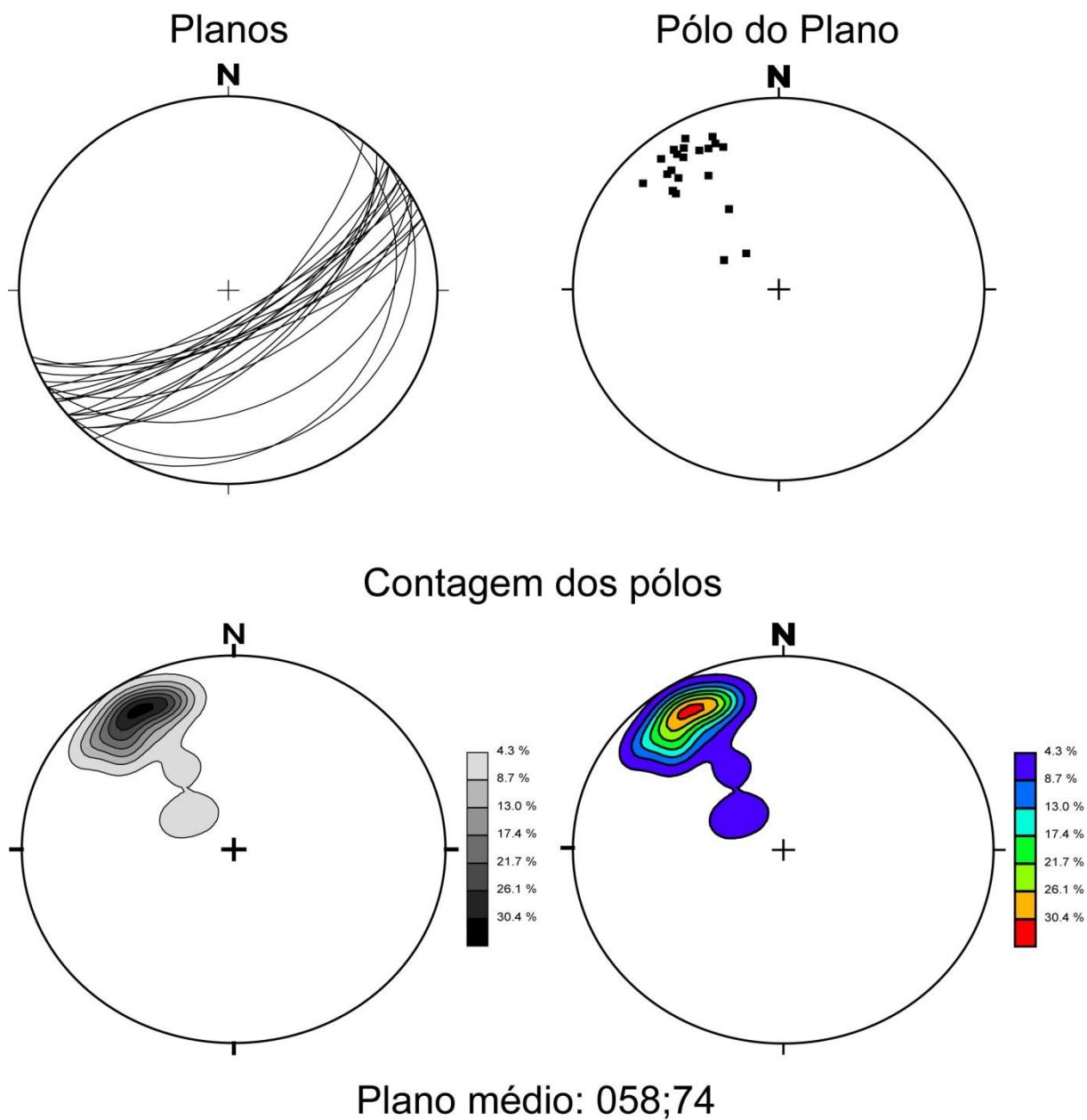


Figura 8: Estereograma mostrando a representação dos pólos da foliação magmática (S0) dos Granitoides Sanga Rasa.

GRANITO SANGA RASA
Sm (N=40)

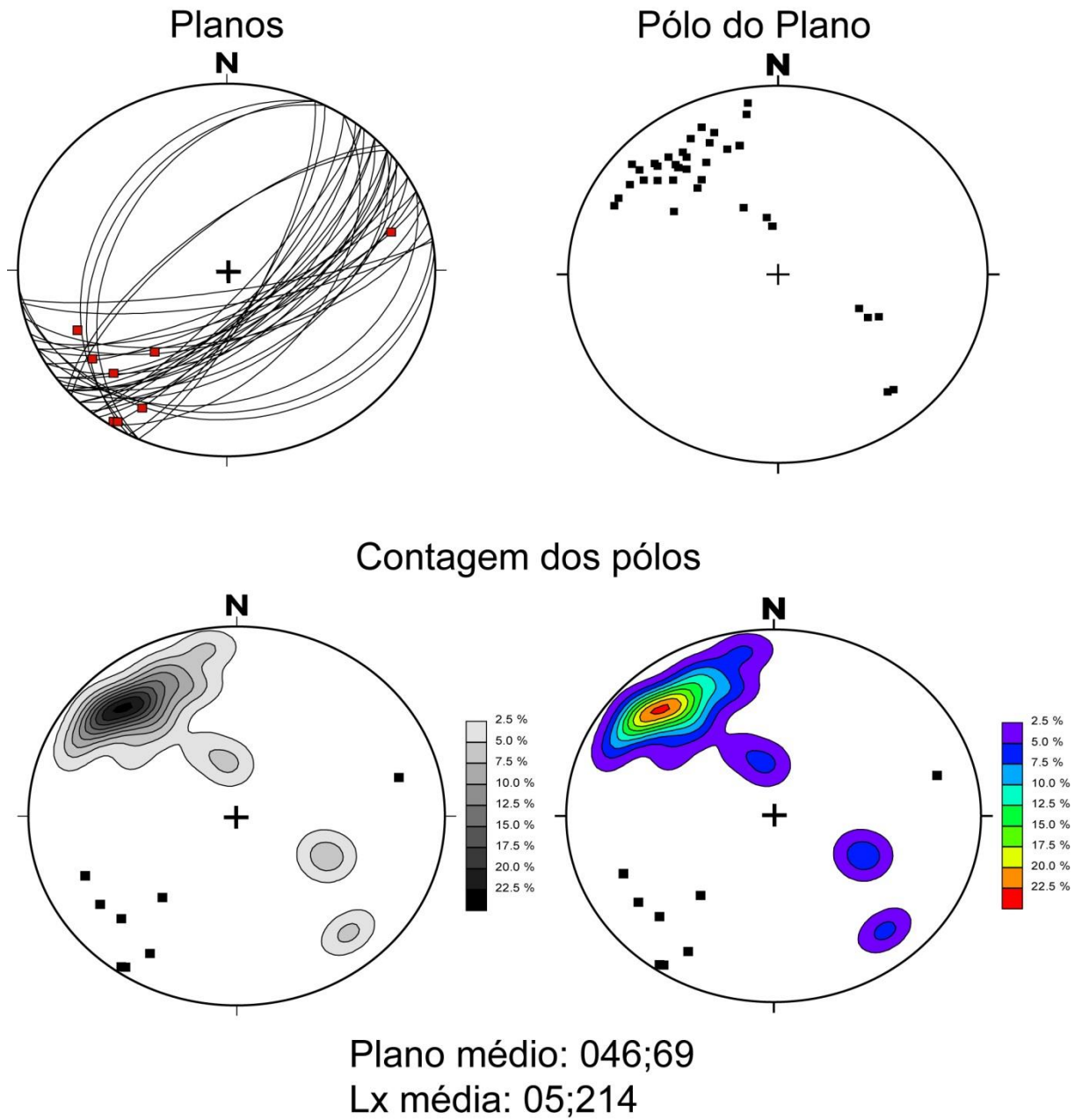


Figura 9: Estereograma mostrando a representação dos pólos da foliação tectônica (Sm) dos Granitoides Sanga Rasa.

Em croqui esquemático do ponto GT-15/PBT-4123 (Fig.10), é possível identificar as três unidades citadas no capítulo 3. Este ponto é constituído de intercalações de diferentes composições graníticas descritas a seguir.

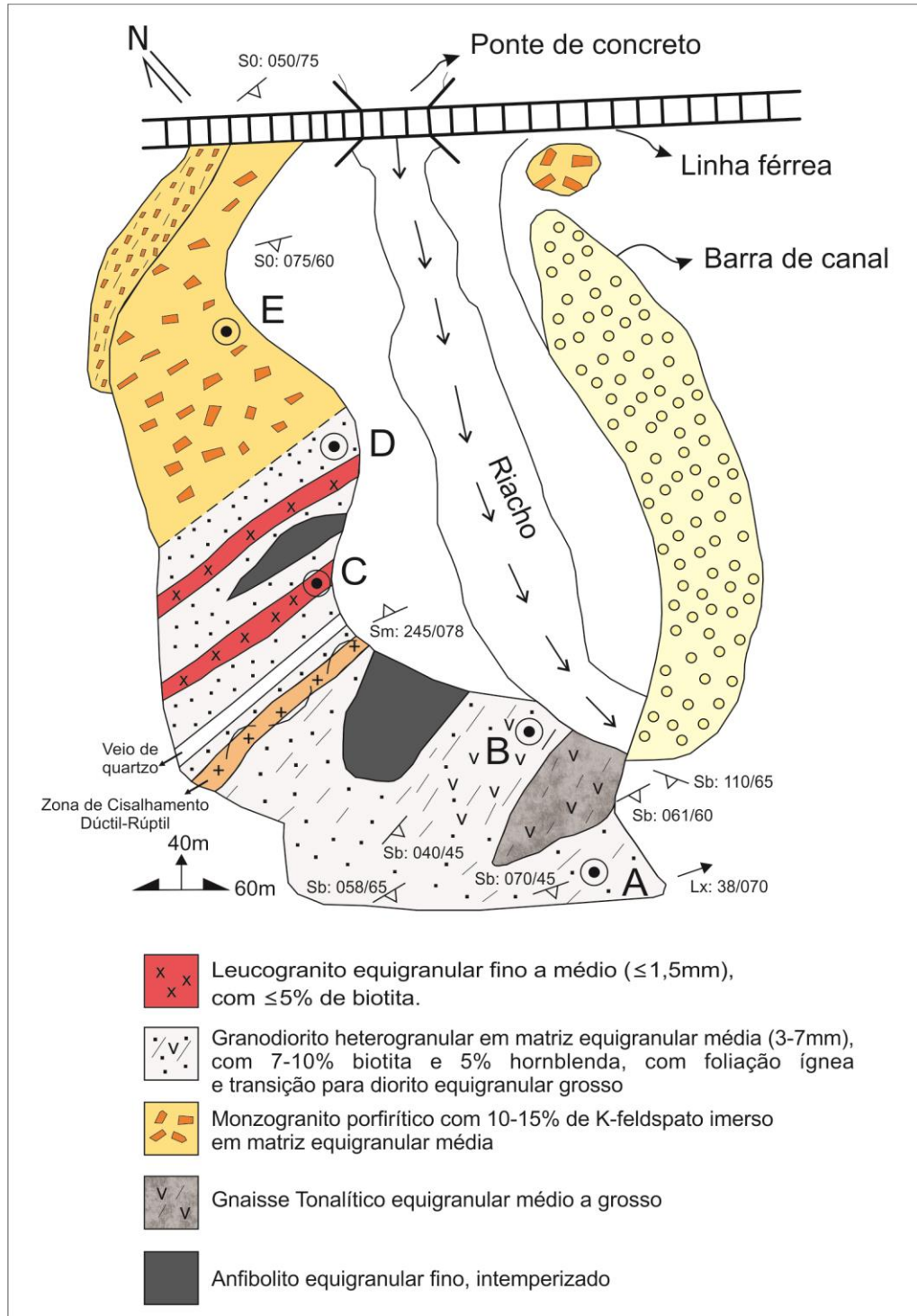


Figura 10: Croqui esquemático do ponto GT-15/PBT-4123, mostrando as três unidades (CGSMC, GSR e GSA). As letras de A até E indicam local onde foram coletadas algumas amostras para análises geoquímicas.

Iniciando pelo sul do afloramento em direção norte até o centro, são encontradas lentes de xenólitos do embasamento (CGSMC) englobados pelo Granitoides Sanga Rasa, compostas por anfibolito e gnaiss tonalítico bandado alterados. O GSR neste ponto é composto de granodiorito a diorito foliados, de cor cinza claro a médio, textura heterogranular em matriz equigranular média, ricos em biotita (7-10%) e hornblenda (5%), com titanita subédrica a euédrica diagnóstica imersa na matriz (Fig. 7a). São cortados por veios de quartzo e por um leucogranito equigranular fino, de cor rosa, rico em quartzo e k-feldspato, com plagioclásio e biotita subordinados.

A porção norte é dominada por monzogranito porfirítico com 10 a 15% de K-feldspato imerso em matriz equigranular média, pertencente ao Granito Santo Afonso. Os granitoides destas unidades apresentam foliação de fluxo magmático com orientação de agregados de minerais máficos (*schlieren*) ou do k-feldspato no caso do GSA, em distintos corredores de fluxo. Esta foliação grada para zonas mais foliadas com espaçamentos milimétricos que se observa deformação sin-tectônica dos cristais. Na figura 11, detalhe do monzogranito (GSA) apresentando par SC ígneo com indicadores cinemáticos com topo aproximadamente para leste.

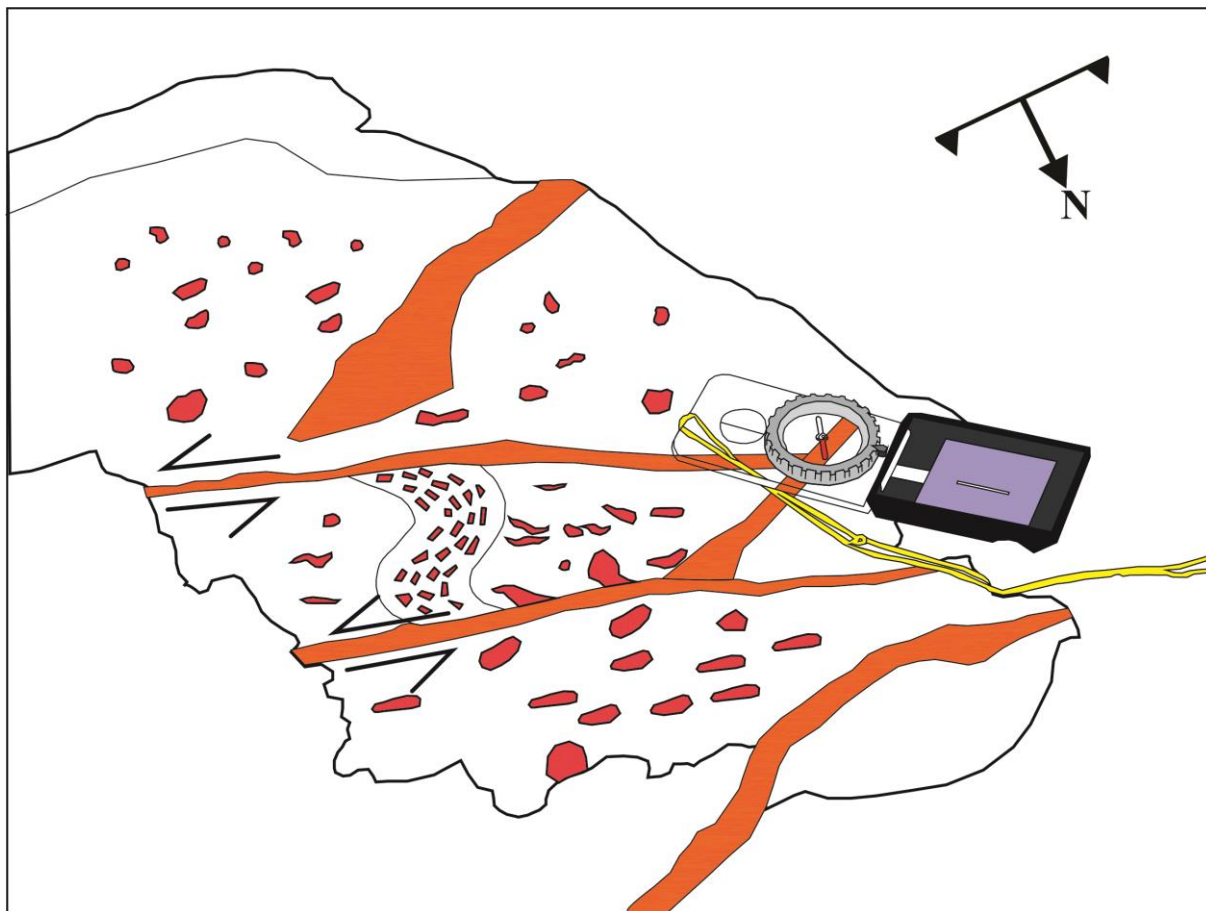


Figura 11: Croqui esquemático em escala de afloramento, com monzogranito porfírico mostrando orientação de K-feldspato em corredor de fluxo e par SC ígneo, do Granito Santo Afonso.

4.1.3 Granito Santo Afonso

Sendo uma suíte de dimensões batolíticas e de grande extensão regional, o Granito Santo Afonso constitui a unidade intrusiva predominante na região norte da cidade de Bagé. As porções aflorantes são em sua maioria compostas por matacões e lajeados em relevos arrasados. Pode ser encontrado próximo a xenólitos e *roof pendants* de ortognaisses. As rochas dessa unidade variam de monzogranitos a gabros e dioritos, com ocorrência subordinada de corpos máficos. Ocorrem ainda quartzo-dioritos, tonalitos e granodioritos representando termos híbridos, com teor de máficos variável entre 10 e 25%. A principal característica diagnóstica destes termos é a presença de megacristais centimétricos de K-feldspato euédricos, dispersos em proporções de 15 a 30%, amplamente dominantes sobre plagioclásio, com dimensões variando de 1 a 7 cm (Fig. 12a). A titanita euédrica constitui um mineral acessório diagnóstico. Os megacristais de K-feldspato encontram-se imersos em uma matriz equigranular média a grossa

composta por plagioclásio, quartzo e biotita, que marcam a foliação magmática (Fig. 12b).



Figura 12: Granito Santo Afonso: a) Monzogranito porfirítico com pórfiros de K-feldspato de até 7 cm de diâmetro; b) Megacristais de K-feldspato alinhados ao longo da foliação magmática.

Quando a foliação é bem desenvolvida, a concentração e o tamanho dos megacristais diminuem, homogeneizando o tamanho dos cristais como um todo, por vezes formando corredores de fluxo com orientação preferencial do K-feldspato. O K-feldspato também forma indicadores cinemáticos em par SC ígneo encontrado no ponto GT-15 (Fig. 11). A atitude média dos pólos da foliação magmática apresenta uma direção N60°E, com mergulho de 72° para SE e de N46°E, com mergulho de 66° para NW, respectivamente (Fig. 13).

Na proximidade de xenólitos parcialmente assimilados de gnaisses quartzo-feldspáticos ou pelíticos do CGSMC, tende a apresentar uma composição tonalítica, sendo também identificados xenocristais de granada assimilados.

GRANITO SANTO AFONSO
S0 (N=29)

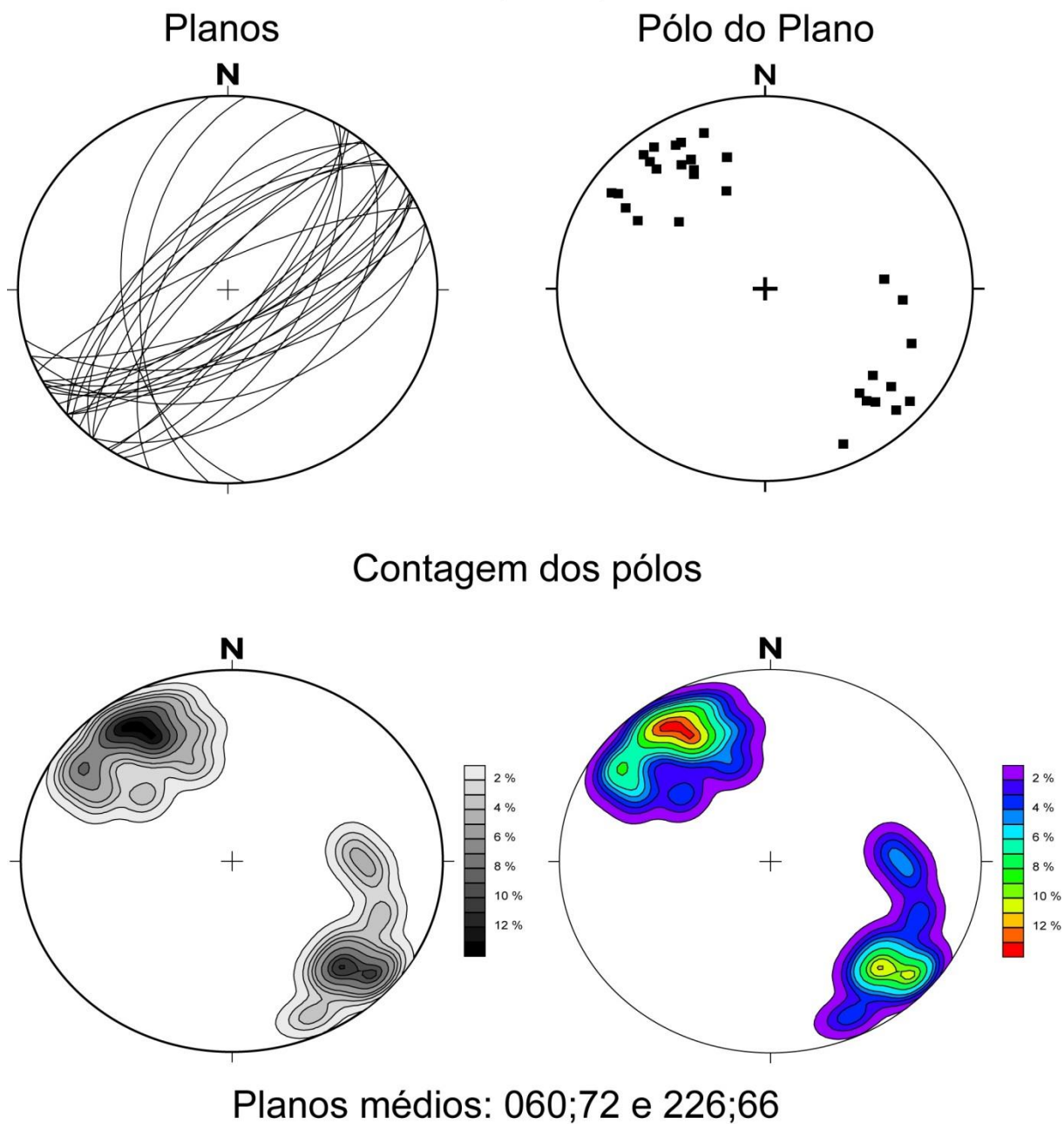


Figura 13: Estereograma mostrando a representação dos pólos da foliação magmática (S0) do Granito Santo Afonso

4.2 ANÁLISES PETROGRÁFICAS

As análises em 23 lâminas petrográficas auxiliaram a definir a composição modal do Granitoides Sanga Rasa (ver Tabela 1). Todas as lâminas analisadas para contagem modal fazem parte do Granitoides Sanga Rasa, cabendo ressaltar que no Anexo I (Mapa de Amostragem e Localização) e Anexo II (Mapa Geológico) o ponto em questão pode ter sido definido como outra unidade de maior relevância localmente.

Em lâmina petrográfica, o Granitoides Sanga Rasa possui um *trend* composicional variando de monzogranitos a granodioritos, com raros sienogranitos, tonalitos, quartzo-dioritos e dioritos (ver figura 14).

Tabela 1: Relação das análises modais em lâmina petrográfica.

	LÂMINA	QUARTZO	K-FELDS.	PLAGIOC.	BIOTITA	MUSCOVITA	HB MARROM	HB VERDE	CLINOPX	EPIDOTO	PISTACITA	ALANITA	CLORITA	TITANITA	OPACOS	CARBONATO
1	GT-1 A	44%	15%	29%	<1%	<1%		7%		1%			<1%		1%	
2	PBT-4010 A	32%	2%	42%	10			12%		1%		<1%		<1%	<1%	<1%
3	PBT-4010 B	8%	2%	36%	25%	1%	25%			2%					1%	
4	PBT-4010 C	42%	13%	30%	10%	3%				<1%					1%	
5	PBT-4020 A	35%	20%	25%		4%				2%			12%	2%		
6	PBT-4033 A	2%	2%	32%				24%		3%	1%		28%	3%	4%	1%
7	PBT-4033 C	32%	8%	38%	10%			7%		1%				2%	2%	
8	PBT-4034 A	40%	30%	20%	5%	1%							1%	1%	2%	
9	PBT-4089 A	37%	34%	18%	6%	1%				<1%			<1%	2%	2%	
10	PBT-4089 B	46%	20%	24%	7%									1%	2%	
11	PBT-4089 C	3%	3%	40%	15%			32%		1%	1%			2%	3%	
12	PBT-5008	35%	25%	32%	6%	1				1%		<1%	<1%		1%	
13	PBT-5010	28%	22%	24%	12%			4%		3%		<1%	<1%	4%	2%	
14	PBT-5011	35%	3%	33%	28%					<1%			<1%		<1%	
15	PBT-5012 A	40%	32%	14%	11%	4%									3%	
16	PBT-5012 A2	38%	18%	30%	11%									2%	1%	
17	PBT-5012 B	33%	15%	25%		<1%		15%	2%	3%						
18	PBT-5012 B2	45%	3%	33%				15%		2%				1%	1%	
19	PBT-5012 I	35%	17%	25%				13%		5%				2%	3%	
20	PBT-5014 C	35%	20%	25%	15%		1%			2%				1%	1%	
21	PBT-5035 A	43%	37%	14%	4%	2%									1%	
22	PBT-5053 A	48%	30%	17%	1%	4%									<1%	
23	PBT-5092 A	15%	20%	43%	5%		7%			<1%			3%	4%	3%	

Os granodioritos e monzogranitos apresentam, em geral, textura equigranular hipiomórfica média, variando entre grossa e fina, com grãos de 1,5 a 2,5mm.

Dentre as texturas marcantes, podem-se citar as texturas nematoblástica e lepidoblásticas marcadas pela orientação de minerais prismáticos (hornblenda e feldspatos) e minerais lamelares (biotita, muscovita e clorita), respectivamente, como por exemplo, nas figuras 15b, 16c e 16d. Também é comum textura simplectítica na hornblenda, com formação de inclusões de quartzo vermiforme (Fig. 16a), principalmente nos termos de composição mais básica (tonalítica a diorítica)

A mineralogia é composta por plagioclásio prismático, subédrico, por vezes zonado e com inclusões de biotita, apresentando maclas polissintéticas que geralmente são bem desenvolvidas, ou então descontínuas e difusas devido à deformação (Fig. 15a), formando maclas “em chama” e subgrãos. O K-feldspato normalmente se constitui de microclínio prismático, anédrico a subédrico, com macla albita-periclina, e às vezes pertita fina e irregular. O quartzo é anédrico a subédrico, alongado e comumente apresentando deformação em estado subsolidus, com extinção ondulante e subgrãos irregulares. A biotita ocorre em cristais precoces, sob a forma de agregados lamelares ou intersticiais, de cores castanhas claras a castanhas esverdeadas (Fig. 15b) A muscovita é subordinada, subédrica, dispersa, por vezes inclusa nos feldspatos (Fig. 16d). Os anfibólios constituem-se de hornblenda verde ou mais raramente hornblenda marrom, prismática, subédrica a anédrica, com textura poiquilítica comum (Fig. 16a). Piroxênio, possivelmente diopsídio, foi observado em uma lâmina.

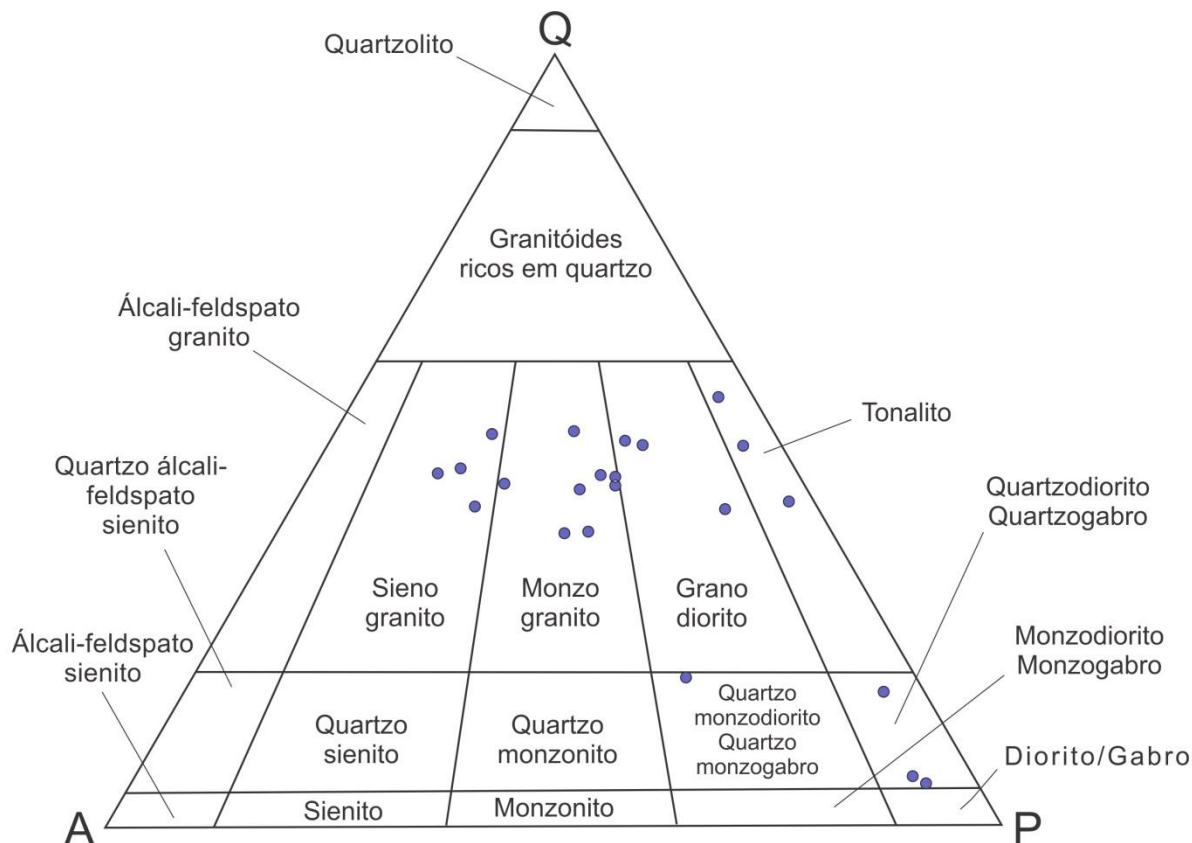


Figura 14: Diagrama QAP com a representação das análises modais, mostrando um *trend* de termos dioríticos a sienograníticos (adaptado de Streckeisen, 1974).

Como minerais acessórios, destaca-se: titanita em teores de até 4%, bem formada, subédrica a euédrica de 0,2 a 0,4 mm (Figs. 15c e 15d), ou intersticial anédrica, ou então por vezes formando coroas (franjas) anédricas em torno de opacos (ilmenita) subédricos (Fig. 15e); apatita euédrica, hexagonal, inclusa em plagioclásio, K-feldspato, biotita e quartzo; zircão formando núcleos em biotita; e alanita de cor castanha clara a castanha avermelhada, geralmente inclusa em biotita e plagioclásio, muito comumente alterada para epidoto e mais raramente para pistacita, sendo possível observar em algumas amostras a transição alanita → pistacita (Figs. 16b e 16c, nos detalhes em amarelo).

Como produtos de alteração, carbonato é raramente observado, sempre próximo de epidoto; plagioclásio é comumente sericitizado, às vezes chegando a formar muscovita (Fig. 16d). Biotita ocorre em cristais precoces, inclusos no plagioclásio em textura poiquilítica, ou em fases mais tardias, em espaços intergranulares, podendo ser também sericitizada. A clorita aparece alterando a biotita entre as lamelas ou nas bordas (Fig. 16d).

As amostras possuem foliação ígnea marcada pelo alinhamento de biotita e quartzo alongado. É comum a presença de termos protomiloníticos, formados em ambiente de maior deformação, como zonas de cisalhamento ou de falhas. Em uma das lâminas observa-se a ocorrência de uma foliação tectônica superposta, definindo de modo muito localizado recristalização parcial do microclínio e plagioclásio, principalmente nos limites dos grãos, com formação de textura granoblástica poligonal equigranular fina a média, acompanhada pela formação de subgrãos em ambos os minerais. Frequentemente esta recristalização é associada com formação de mirmequita (Fig. 15c). Esta formação seria indicativa de metamorfismo de fácies anfibolito inferior a médio, porém o quartzo muito raramente encontra-se recristalizado: o plagioclásio tende a resfriar antes e por isso é mais competente e recristaliza, enquanto o quartzo resfria sobre condições mais dúcteis e absorve a deformação criando as lamelas de deformação. Isto indica que na realidade ocorreu uma deformação em estado subsolidus, onde quartzo formou estas lamelas de deformação e subgrãos irregulares.

Quanto aos termos subordinados de composições sienograníticas, tonalíticas quartzo-dioríticas e dioríticas, a única variação relevante é sua proporção entre seus minerais félsicos quartzo, plagioclásio (An_{05-100}) e K-feldspato, com um maior teor de minerais máficos (M'), ressaltando um aumento na proporção de minerais menos hidratados como a hornblenda em relação a minerais mais hidratados (ex.: biotita) nos termos mais básicos.

As análises modais das lâminas petrográficas mostram uma composição granodiorítica a trondhemítica/tonalítica, cálcico-alcalina, com alguma contribuição crustal (Fig. 17), como mostrado no diagrama de Lameyre & Bowden (1982).

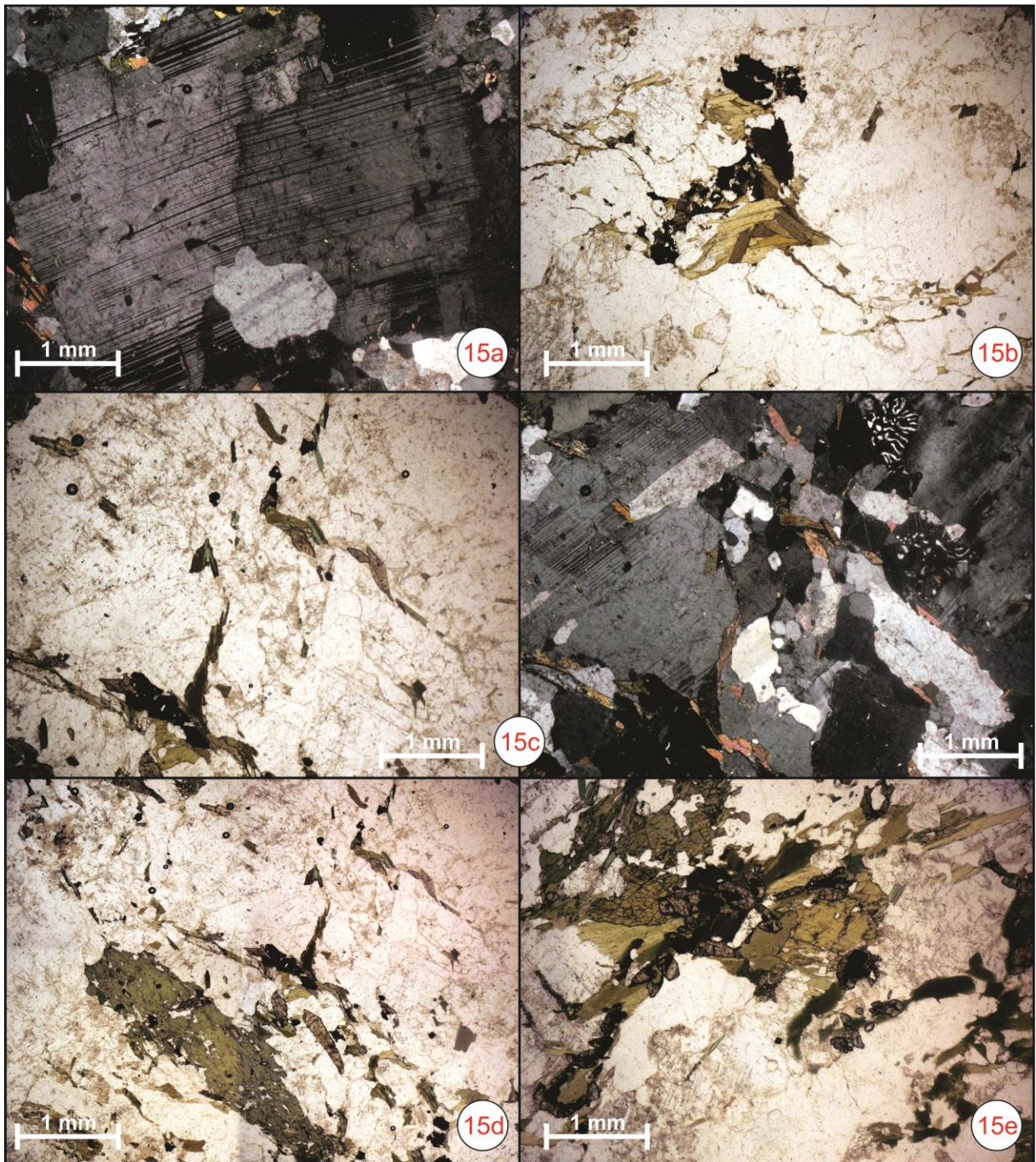


Figura 15: Microfotografias dos Granitoides Sanga Rasa: a) Plagioclásio com macla lamelar levemente deformada; b) Agregados de biotita, próximos a opacos e titanita; c) Titanita euédrica dispersa, orientada na foliação, e mirmequita no canto superior direito; d) Titanita euédrica e hornblenda verde, orientados na foliação e e) Relação entre titanita e ilmenita, onde a titanita forma coroas (franjas) sobre a ilmenita.

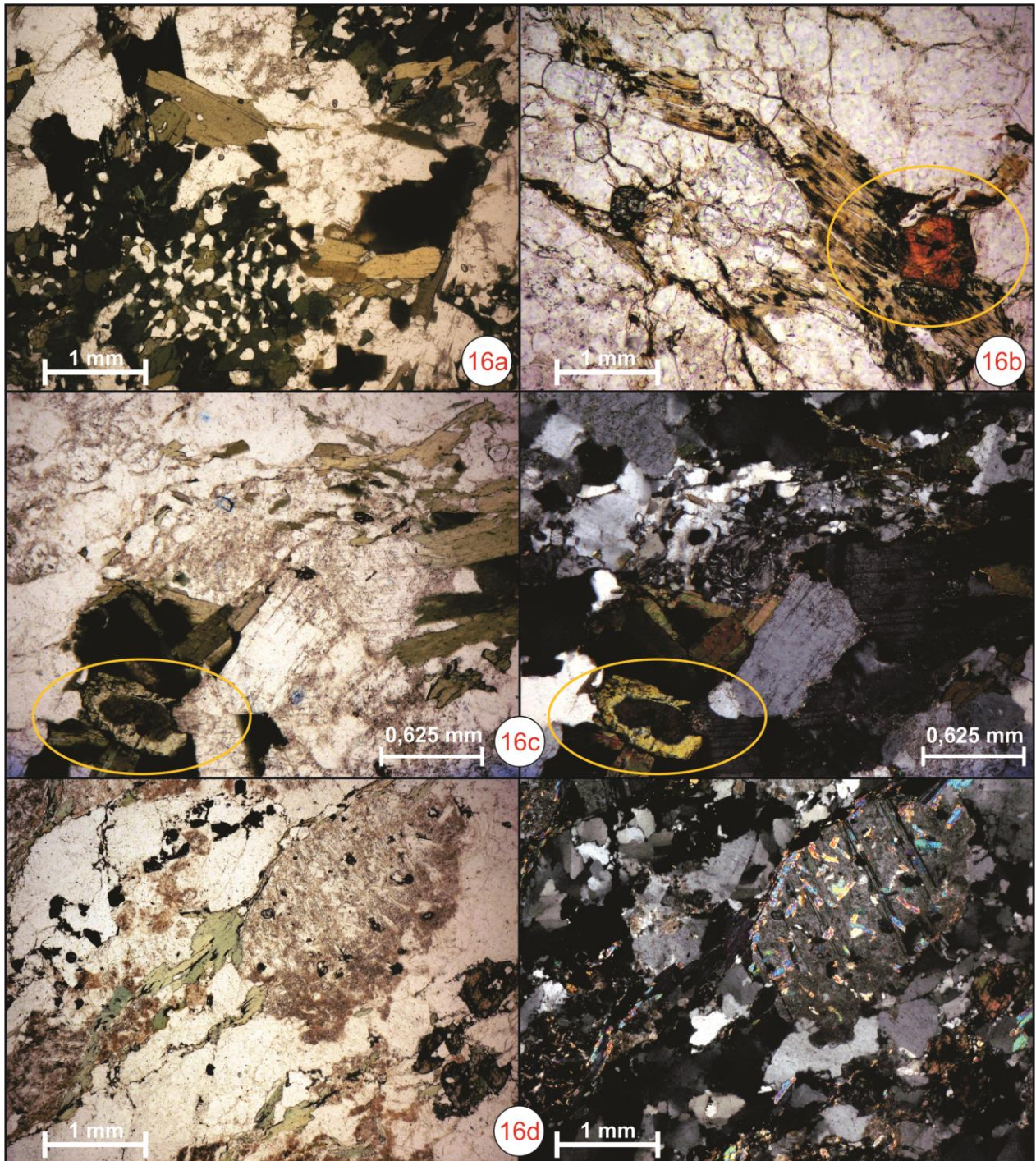


Figura 16: Microfotografias dos Granitoides Sanga Rasa: a) Hornblenda verde com textura simplectítica; b) Alanita castanha avermelhada levemente zonada, inclusa em biotita alinhada à foliação; c) No detalhe em amarelo, transição alanita → pistacita e d) Formação de sericita e mica branca sob plagioclásio, e forte cloritização da biotita. Também observa-se titanita subédrica e opacos no canto inferior direito.

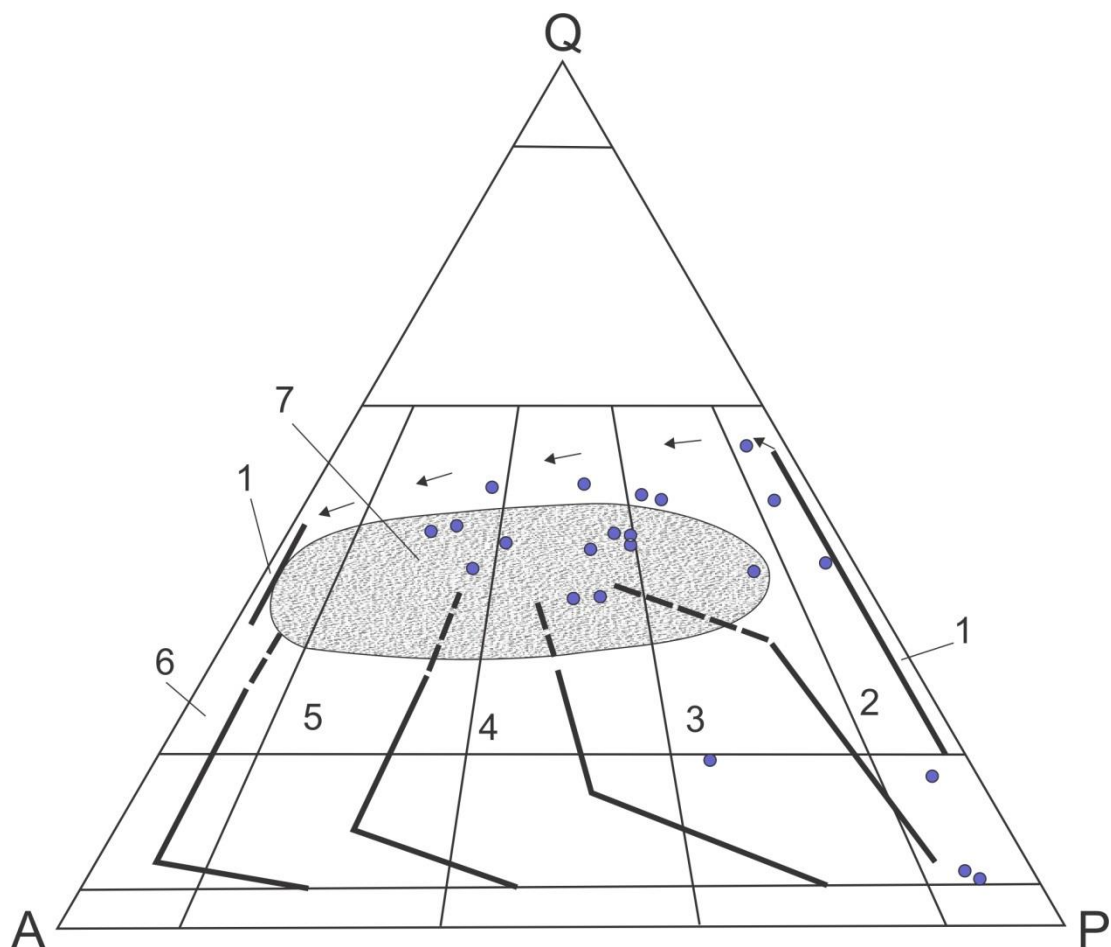


Figura 17: Diagrama adaptado de Lameyre & Bowden (1982), com diferentes domínios separando as séries composicionais. 1- Granitoides Toleiíticos; 2 - Série cálcico-alkalina Trondhjemítica; 3- Série cálcico-alkalina Granodiorítica; 4- Série cálcico-alkalina Monzonítica; 5- Granitos aluminosos; 6- Granitos peralcalinos e 7- Leucogranitos Peraluminosos.

4.3 ANÁLISES GEOQUÍMICAS

Os dados geoquímicos de 41 amostras selecionadas são mostrados nas tabelas 2, 3 e 4. As informações sobre composição, elementos maiores, menores e ETR são discutidas a seguir.

4.3.1 Aspectos composicionais, elementos maiores e menores.

Conforme as tabelas 2, 3 e 4, as análises químicas dos Granitoides Sanga Rasa mostraram que esta unidade apresenta dois conjuntos distintos de amostras (i) rochas ácidas, com teores em SiO_2 maiores que 66%, chegando até 74% e (ii) rochas intermediárias a básicas, com valores entre 66% a 45%. Os teores em álcalis ($\text{NaO}_2 + \text{K}_2\text{O}$) nas rochas ácidas é variável entre 5,65 e 9,59%, e nas rochas intermediárias a básicas entre 4,59% e 8,73%, enquanto para todas as amostras os teores de FeO_t apresentam em média 5,23%, com picos em 1,81% e 13,95% e os teores de MgO têm média de 1,89%, com variação de 0,06% a 6,06%.

Nos diagramas de Harker de elementos maiores (Figs. 18 e 19), os óxidos Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , Na_2O , P_2O_5 e TiO_2 versus SiO_2 formam *trends* com formatos geralmente lineares ou às vezes curvilíneos bem desenvolvidos.

Estes *trends* mostram um empobrecimento em Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O , P_2O_5 e TiO_2 e um enriquecimento no óxido K_2O em comparação ao aumento nos teores de sílica (SiO_2). Essas informações sugerem a atuação de processos de cristalização fracionada, onde o CaO e Al_2O_3 são consumidos para a formação de plagioclásio, Fe_2O_3 na formação de minerais máficos (como biotita e hornblenda), TiO_2 na formação de titanita e ilmenita, e P_2O_5 na formação de apatita. O comportamento do K_2O aumenta com o aumento de SiO_2 sugerindo que o K-feldspato está cristalizando no final da diferenciação magmática.

Para os elementos menores (Fig, 20), os diagramas de Harker mostram, apesar de um pouco dispersos, que as amostras apresentam um enriquecimento nos elementos Rb e Ba em relação à sílica, o que corrobora uma cristalização tardia de K-feldspato. Os elementos Sr e Zr possuem um empobrecimento em relação à sílica, devido ao consumo de Sr pelo plagioclásio e Zr pelo zircão.

Elemento	SiO2	Al2O3	CaO	Fe2O3	MgO	K2O	Na2O	TiO2	P2O5	MnO	Ni	Rb	Ba	Sr	Zr	Be	Ce	Co	Cr2O3
Teor	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	%
GT-01D	74,63	13,33	0,96	1,94	0,06	4,83	3,56	0,07	0,00	0,02	6,4	116,6	98	157,2	48,8	1	8,9	0,8	0,000
GT-01E	59,41	17,83	5,01	6,28	2,01	2,14	4,64	0,85	0,33	0,11	10,4	66,6	1774	1377,1	336,0	1	129,8	10,2	0,004
GT-01F	62,24	17,18	3,71	5,62	1,86	2,59	4,44	0,68	0,19	0,06	33,8	52,9	1590	1222,0	211,5	4	77,0	13,0	0,010
GT-01G	60,32	16,76	4,81	6,21	1,88	3,07	4,33	0,81	0,33	0,10	10,3	43,7	1539	1168,6	328,2	5	132,2	9,7	0,000
GT-01H	70,15	14,94	1,21	2,51	0,30	5,28	4,15	0,31	0,08	0,02	6,5	104,9	1828	724,6	259,4	2	121,1	1,6	0,000
GT-02	63,03	16,27	3,95	5,13	1,42	3,60	4,22	0,65	0,26	0,09	9,1	64,6	1578	1054,7	245,0	1	93,0	7,3	0,002
GT-03	72,45	14,29	0,81	2,08	0,11	5,96	3,63	0,07	0,07	0,01	7,8	124,1	773	287,4	53,7	0	55,1	0,8	0,000
GT-04A	62,82	16,39	3,89	5,18	1,48	3,94	4,13	0,67	0,29	0,09	8,9	71,7	2044	1210,9	260,6	1	125,7	7,7	0,002
GT-04B	69,10	15,00	1,73	3,50	0,66	4,54	4,25	0,57	0,18	0,04	8,6	117,0	1107	638,1	350,0	4	139,6	4,1	0,002
GT-05	63,84	16,05	3,86	5,29	1,48	2,36	4,62	0,65	0,26	0,10	9,1	94,0	679	789,5	246,4	3	93,9	6,6	0,000
GT-06	63,84	14,73	1,83	3,43	0,82	4,83	3,90	0,70	0,22	0,04	8,4	134,2	1644	634,5	394,0	2	130,7	5,0	0,003
GT-08A	68,19	14,86	1,80	3,17	0,70	5,40	3,79	0,60	0,20	0,03	8,7	160,1	1609	632,9	338,2	1	119,2	4,4	0,003
GT-08B	64,85	15,99	3,67	5,15	1,46	2,60	4,33	0,66	0,28	0,08	9,0	93,3	1376	997,7	250,7	0	106,7	7,8	0,003
GT-09	57,68	17,66	4,53	7,31	2,78	2,45	4,25	0,95	0,34	0,09	38,1	77,5	1123	1113,5	279,9	0	90,4	18,8	0,013
GT-10	65,75	15,90	3,11	4,62	1,10	3,92	4,02	0,50	0,18	0,08	12,0	92,2	1593	1048,7	217,0	0	89,5	6,4	0,000
GT-11	58,77	17,53	4,63	6,72	1,76	2,87	5,03	0,83	0,33	0,11	13,9	56,4	1247	1307,0	347,2	6	155,4	10,2	0,003
GT-12	62,91	15,60	3,65	5,82	1,73	3,46	3,51	0,89	0,31	0,07	7,1	103,9	1138	709,3	299,3	0	135,3	12,4	0,000
GT-13	59,67	17,01	4,49	6,52	2,25	3,45	3,86	1,03	0,36	0,08	10,0	94,7	1343	796,5	326,0	4	93,9	14,5	0,003
GT-15A	60,51	17,29	4,93	5,79	1,80	2,51	4,73	0,74	0,31	0,07	11,6	41,6	1530	1376,6	294,1	0	123,0	10,7	0,003
GT-15B	63,23	16,63	4,12	4,61	2,15	1,90	4,83	0,91	0,39	0,05	31,8	79,9	543	1193,1	300,8	6	75,9	13,2	0,005
GT-15C	74,45	13,33	0,99	1,81	0,12	4,51	3,87	0,05	0,00	0,02	8,7	83,7	1194	340,1	61,2	3	17,4	0,8	0,000
GT-15D	70,21	14,83	2,19	2,69	0,78	4,40	3,69	0,38	0,13	0,03	16,5	79,9	1926	1027,3	162,7	1	108,4	5,9	0,003
GT-15E	63,33	15,39	3,65	5,58	1,84	3,97	3,67	0,91	0,36	0,07	12,7	86,3	1855	1160,3	266,5	2	135,4	10,3	0,003
GT-16A	64,25	16,03	3,64	5,20	1,65	3,41	3,73	0,48	0,21	0,08	12,9	87,6	817	602,7	212,5	0	83,0	9,3	0,004
GT-16B	61,15	17,89	4,30	5,41	1,84	2,64	4,47	0,63	0,24	0,07	13,8	77,5	638	802,8	275,7	1	110,9	11,7	0,003
GT-17	63,74	16,48	3,61	5,30	1,63	3,47	4,06	0,66	0,29	0,09	14,0	104,5	671	550,2	205,9	0	72,9	9,9	0,000
GT-18A	67,21	15,07	3,45	4,89	1,47	1,92	3,73	0,60	0,17	0,09	11,6	114,6	562	344,1	183,6	4	99,0	9,5	0,003
GT-18B	72,67	13,51	1,05	1,93	0,23	6,44	2,87	0,13	0,02	0,02	5,8	145,1	858	237,6	117,5	4	49,5	0,9	0,002
GT-19	63,12	16,64	4,52	5,62	2,03	1,91	4,07	0,86	0,20	0,07	16,7	98,2	236	512,3	217,2	2	57,6	10,8	0,004
GT-20A	68,86	14,93	2,43	3,54	0,89	4,48	3,50	0,48	0,16	0,04	10,0	93,0	1651	783,0	188,1	1	72,1	5,3	0,000
GT-20B	69,83	14,47	2,04	3,70	1,01	4,28	3,50	0,37	0,09	0,04	17,6	100,1	832	594,1	138,4	3	62,1	5,5	0,004
PBT-4010A	52,45	19,28	6,84	8,76	3,91	2,23	3,99	0,92	0,36	0,13	24,8	57,1	558	687,9	211,3	0	65,8	22,5	0,004
PBT-4010B	67,71	15,75	3,22	3,99	1,29	2,95	3,85	0,40	0,10	0,05	16,5	75,8	982	605,8	120,5	3	41,4	7,8	0,004
PBT-4010C	64,76	17,00	4,27	4,29	1,56	1,64	4,42	0,47	0,14	0,05	19,4	60,4	410	687,8	167,3	3	31,6	9,1	0,004
PBT-4033A	45,73	15,84	8,28	13,29	6,06	3,03	2,29	2,21	0,37	0,19	24,7	92,0	719	681,0	106,7	1	59,2	40,0	0,014
PBT-4033B	63,57	15,93	4,21	5,83	1,97	2,71	3,70	0,73	0,25	0,09	13,7	81,0	871	707,4	211,3	4	71,8	12,0	0,004
PBT-4089A	43,10	19,17	9,46	13,95	4,87	2,02	2,57	2,05	0,39	0,19	14,0	56,7	339	674,2	59,1	1	33,9	37,7	0,004
PBT-4089B	71,78	13,48	1,94	3,68	0,76	4,35	2,89	0,31	0,11	0,06	10,1	98,8	1346	432,0	188,8	1	135,4	4,8	0,003
PBT-5008	63,67	16,86	3,63	5,23	1,55	2,24	4,19	0,52	0,16	0,04	31,2	55,9	1097	1029,0	204,2	4	17,8	11,8	0,008
PBT-5010	59,13	18,13	4,31	6,34	2,26	2,53	4,75	0,79	0,25	0,07	38,4	62,3	1145	1076,7	201,9	2	66,2	15,1	0,011
PBT-5011	58,95	17,96	4,31	6,64	2,23	2,44	4,62	0,83	0,25	0,08	34,5	93,3	1154	1143,2	255,7	3	83,7	16,3	0,010

Tabela 2: Dados das análises de elementos maiores, menores e traço.

Elemento	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf	Ho	La	Lu	Nb	Nd	Pr	Sc	Sm	Sn	Ta	Tb	Th	Tm
Teor	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM
GT-01D	0,5	0,87	0,70	0,37	21,0	0,88	1,9	0,20	4,9	0,12	6,6	4,0	1,00	1	0,91	0	0,9	0,15	5,4	0,10
GT-01E	0,8	4,56	1,80	2,50	23,1	6,94	7,9	0,71	63,8	0,25	13,3	56,6	15,60	9	9,48	2	0,8	0,81	3,3	0,27
GT-01F	0,6	1,74	0,65	1,47	22,4	2,96	4,6	0,26	43,6	0,08	7,0	31,0	8,64	8	4,39	0	0,2	0,30	3,7	0,10
GT-01G	0,4	4,20	1,66	2,30	23,6	6,26	8,2	0,68	69,7	0,26	14,2	55,2	14,80	10	9,22	2	0,7	0,78	3,7	0,26
GT-01H	0,5	0,81	0,15	1,63	22,3	3,55	6,0	0,10	62,0	0,02	9,0	45,4	13,33	2	6,55	2	0,4	0,28	10,2	0,02
GT-02	0,7	3,26	1,53	1,83	20,8	5,12	6,3	0,49	45,1	0,22	11,8	41,0	11,24	6	7,14	1	0,6	0,60	3,8	0,23
GT-03	0,9	1,19	0,38	0,75	21,4	2,31	2,2	0,18	26,4	0,05	2,6	18,8	5,52	2	3,77	0	0,3	0,27	17,6	0,06
GT-04A	0,9	3,34	1,35	1,90	21,0	5,40	7,1	0,55	70,3	0,20	12,1	47,7	12,77	6	6,94	3	0,6	0,63	4,6	0,20
GT-04B	1,4	2,27	0,79	1,41	24,3	4,50	9,1	0,34	74,9	0,12	21,1	50,9	14,71	4	7,58	1	1,3	0,49	12,6	0,13
GT-05	1,9	3,43	1,27	1,57	22,5	5,00	5,9	0,60	47,9	0,19	12,5	38,8	10,77	9	6,89	2	0,7	0,61	6,6	0,20
GT-06	1,1	1,69	0,43	1,61	21,8	3,88	8,6	0,18	68,0	0,05	6,1	48,2	15,08	3	6,91	2	0,3	0,36	12,1	0,08
GT-08A	1,3	1,55	0,47	1,31	21,4	3,22	7,5	0,18	66,9	0,05	5,9	41,9	12,79	3	5,55	2	0,4	0,31	13,3	0,06
GT-08B	1,8	3,05	1,33	1,84	21,4	5,07	5,8	0,55	52,0	0,20	13,3	44,0	11,89	7	7,50	1	0,7	0,63	4,9	0,20
GT-09	0,6	2,98	1,23	1,75	24,2	4,25	6,7	0,49	51,2	0,16	9,8	35,4	10,33	12	5,76	1	0,3	0,52	5,7	0,19
GT-10	1,5	2,17	1,02	1,45	24,3	3,77	5,1	0,44	48,9	0,14	9,6	36,2	9,99	5	5,45	2	0,4	0,44	5,4	0,16
GT-11	0,7	4,01	1,80	2,29	26,4	6,23	7,9	0,63	79,3	0,24	15,1	58,4	16,70	7	8,59	3	0,8	0,73	6,3	0,24
GT-12	0,5	3,29	1,16	1,98	21,9	5,88	7,5	0,52	69,3	0,14	11,5	52,8	14,44	7	8,32	3	0,6	0,66	9,1	0,14
GT-13	0,8	2,40	0,89	2,16	24,2	4,72	8,0	0,44	45,0	0,11	10,0	39,8	10,23	8	6,55	2	0,5	0,53	1,5	0,14
GT-15A	0,4	4,36	1,95	2,55	24,4	6,59	6,7	0,77	66,0	0,24	13,0	53,5	14,55	8	9,35	3	0,7	0,82	7,9	0,28
GT-15B	2,5	3,37	1,19	1,97	22,3	4,90	8,1	0,47	33,1	0,16	10,0	41,9	9,69	3	7,11	1	0,7	0,57	4,3	0,16
GT-15C	0,6	0,98	0,52	0,39	15,0	0,86	2,3	0,17	10,8	0,09	4,7	5,5	1,76	1	0,96	1	0,4	0,15	3,5	0,07
GT-15D	0,7	1,91	0,80	1,11	18,1	2,87	4,6	0,29	73,6	0,10	5,8	33,4	10,19	1	4,91	0	0,4	0,36	10,5	0,12
GT-15E	1,0	2,74	1,33	2,41	21,7	5,31	6,4	0,49	67,3	0,15	12,6	52,2	14,83	7	8,08	2	0,5	0,59	9,0	0,18
GT-16A	0,7	2,95	1,33	1,59	17,2	4,29	5,0	0,49	45,6	0,18	11,5	36,2	9,58	7	6,02	2	0,2	0,57	3,7	0,23
GT-16B	0,6	2,74	1,26	1,75	22,0	4,89	7,3	0,44	60,4	0,15	9,8	41,7	12,10	7	6,10	1	0,2	0,54	5,0	0,19
GT-17	1,8	2,43	1,12	1,51	16,8	4,03	4,4	0,41	40,7	0,15	13,3	32,6	8,29	6	4,86	0	0,6	0,45	1,9	0,16
GT-18A	1,7	3,16	1,38	1,27	21,0	4,28	4,9	0,57	51,7	0,20	12,2	33,5	9,86	7	5,47	4	0,4	0,55	6,0	0,21
GT-18B	0,4	1,39	0,66	0,67	18,8	1,73	4,0	0,23	25,8	0,12	7,6	16,5	4,91	3	2,50	0	0,5	0,24	7,5	0,11
GT-19	1,9	1,61	0,78	1,12	20,7	2,72	5,4	0,31	31,5	0,11	10,8	23,8	6,55	6	3,62	2	0,3	0,32	2,4	0,10
GT-20A	0,9	1,51	0,76	1,37	20,2	2,78	4,5	0,26	33,3	0,09	9,6	26,5	7,80	3	4,26	2	0,7	0,33	8,2	0,11
GT-20B	1,9	2,08	0,99	0,91	19,1	2,68	3,5	0,33	33,9	0,12	6,9	23,8	6,96	5	4,01	0	0,3	0,36	8,6	0,15
PBT-4010A	0,5	2,86	1,70	1,68	20,0	4,25	5,1	0,60	32,6	0,25	11,6	30,9	7,77	13	5,26	2	0,6	0,52	1,2	0,24
PBT-4010B	0,5	1,19	0,64	1,08	19,0	1,56	3,2	0,14	25,3	0,08	5,5	14,7	4,44	5	2,18	0	0,1	0,19	2,5	0,08
PBT-4010C	0,5	1,02	0,53	1,03	20,6	1,76	4,5	0,19	19,4	0,10	5,8	13,6	3,74	5	2,28	0	0,2	0,21	1,5	0,08
PBT-4033A	0,4	4,87	1,92	2,27	25,1	6,85	3,7	0,87	23,4	0,23	11,1	37,8	8,13	19	7,81	3	0,5	0,98	0,7	0,27
PBT-4033B	0,5	2,32	1,05	1,39	23,1	3,48	6,4	0,37	37,2	0,14	8,8	28,5	7,54	9	4,82	3	0,2	0,44	1,3	0,13
PBT-4089A	2,0	4,67	2,45	1,58	21,8	5,36	1,7	0,88	14,7	0,27	8,6	21,5	4,61	27	5,23	1	0,5	0,80	1,6	0,28
PBT-4089B	1,0	2,02	0,77	2,09	15,9	4,69	6,3	0,30	77,2	0,13	4,1	53,7	14,72	7	7,28	1	0,1	0,44	14,4	0,13
PBT-5008	0,5	0,82	0,40	1,54	23,4	1,36	5,5	0,17	9,1	0,07	11,7	8,8	2,23	4	1,72	0	0,2	0,15	0,7	0,06
PBT-5010	1,0	2,32	0,81	1,19	23,7	3,09	5,4	0,33	36,7	0,12	7,5	27,2	7,57	11	4,19	0	0,2	0,36	3,4	0,13
PBT-5011	1,5	2,24	0,94	1,42	25,0	3,75	5,9	0,42	44,9	0,16	8,5	32,6	9,20	10	5,00	1	0,3	0,43	5,7	0,16

Tabela 3: Dados das análises de elementos maiores, menores e traço.

Elemento	U	V	W	Y	Yb	Ag	As	Au	Bi	Cd	Cu	Hg	Mo	Pb	Sb	Se	Tl	Zn	LOI	Sum
Teor	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPB	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	%	%
GT-01D	3,5	0	0,0	5,9	0,78	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,2	0,00	1,5	9,2	0,1	0,0	0,0	21	0,5	99,90
GT-01E	1,2	77	2,3	21,7	1,64	0,0	0,9	0,5	0,0	0,0	25,9	0,00	0,9	3,2	0,0	0,0	0,2	89	0,8	99,36
GT-01F	0,3	77	0,0	7,5	0,56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,1	0,00	1,8	3,6	0,0	0,0	0,2	95	1,0	99,55
GT-01G	0,3	76	0,0	20,3	1,80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	0,00	1,3	3,6	0,0	0,0	0,0	67	0,9	99,53
GT-01H	2,4	10	0,0	3,5	0,19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,7	0,00	1,2	7,8	0,1	0,0	0,0	63	0,6	99,58
GT-02	0,8	59	0,0	17,0	1,47	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	27,8	0,00	1,2	5,1	0,0	0,0	0,2	72	1,0	99,57
GT-03	3,0	9	0,5	5,6	0,40	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	51,3	0,00	2,2	14,6	0,2	0,0	0,0	36	0,3	99,81
GT-04A	0,4	67	0,0	15,7	1,22	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	22,1	0,00	1,1	5,2	0,0	0,0	0,2	78	0,6	99,51
GT-04B	2,4	20	0,5	9,8	0,79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,8	0,00	1,5	9,6	0,0	0,0	0,3	62	0,1	99,66
GT-05	1,7	60	0,0	16,4	1,29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,9	0,00	1,2	4,6	0,0	0,0	0,4	92	0,7	99,25
GT-06	1,7	44	0,8	6,1	0,34	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	48,6	0,00	1,3	8,1	0,0	0,0	0,3	85	5,3	99,59
GT-08A	1,5	32	0,0	5,5	0,38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,7	0,00	1,7	8,9	0,0	0,0	0,3	70	0,9	99,60
GT-08B	2,8	60	0,0	17,3	1,48	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,6	0,00	0,8	4,2	0,0	0,0	0,3	89	0,5	99,59
GT-09	0,5	113	0,0	13,9	1,15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,1	0,00	3,3	3,5	0,0	0,0	0,3	98	1,5	99,60
GT-10	1,4	49	0,5	12,6	0,91	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	25,4	0,00	2,1	4,2	0,1	0,0	0,2	70	0,4	99,58
GT-11	1,1	80	0,0	18,7	1,62	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	23,7	0,00	1,9	3,9	0,1	0,0	0,1	92	1,0	99,55
GT-12	0,4	82	0,0	13,3	0,95	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	0,00	0,7	5,6	0,0	0,0	0,0	89	1,7	99,65
GT-13	0,3	123	0,0	11,6	0,78	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8	0,00	0,5	3,1	0,0	0,0	0,2	90	0,9	99,62
GT-15A	1,8	75	0,5	21,6	1,83	0,0	0,6	1,0	0,0	0,0	49,2	0,00	1,4	4,4	0,0	0,0	0,0	46	0,8	99,53
GT-15B	1,4	71	0,0	14,7	1,08	0,0	0,6	0,9	0,0	0,0	38,9	0,00	1,9	2,9	0,0	0,0	0,3	60	0,8	99,67
GT-15C	1,0	8	0,7	5,4	0,50	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	26,4	0,00	1,9	6,2	0,1	0,0	0,0	13	0,6	99,76
GT-15D	1,2	28	0,0	8,6	0,65	0,0	0,6	2,3	0,0	0,0	32,6	0,00	2,0	6,2	0,1	0,7	0,1	38	0,2	99,55
GT-15E	1,1	82	0,0	15,7	1,25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	0,00	1,5	3,8	0,0	0,0	0,2	68	0,7	99,52
GT-16A	0,4	65	0,0	15,2	1,20	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	36,2	0,00	1,3	3,5	0,0	0,0	0,2	58	0,8	99,47
GT-16B	0,4	74	0,0	13,9	1,17	0,0	0,6	0,5	0,0	0,0	26,3	0,00	1,7	3,5	0,0	0,0	0,2	69	1,1	99,70
GT-17	1,6	65	0,0	12,6	1,03	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,2	0,00	1,6	3,9	0,0	0,0	0,4	64	0,4	99,74
GT-18A	0,4	75	0,0	15,8	1,25	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	20,5	0,00	1,8	5,3	0,0	0,0	0,6	68	1,2	99,79
GT-18B	2,8	0	0,0	7,5	0,74	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	26,9	0,00	1,5	13,7	0,1	0,0	0,1	24	0,9	99,81
GT-19	0,6	88	0,0	10,0	0,60	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	26,9	0,00	1,2	3,4	0,0	0,0	0,4	66	0,8	99,80
GT-20A	1,2	40	0,5	8,7	0,50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2	0,00	1,5	3,7	0,1	0,0	0,2	50	0,3	99,63
GT-20B	1,2	36	0,0	10,0	0,92	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	36,2	0,00	1,4	5,5	0,0	0,0	0,2	68	0,4	99,74
PBT-4010A	0,4	139	0,0	16,2	1,47	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	56,3	0,00	5,5	2,9	0,0	0,0	0,2	62	0,8	99,73
PBT-4010B	0,3	52	0,0	6,0	0,59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,7	0,00	1,4	3,8	0,0	0,0	0,2	45	0,4	99,73
PBT-4010C	0,3	59	0,0	7,0	0,53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,3	0,00	1,6	3,1	0,0	0,0	0,2	56	1,2	99,79
PBT-4033A	0,2	329	0,0	22,0	1,64	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,9	0,00	0,4	5,6	0,0	0,0	0,0	88	2,4	99,70
PBT-4033B	0,2	90	0,0	11,6	0,88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,5	0,00	0,9	4,2	0,0	0,0	0,2	81	0,7	99,71
PBT-4089A	0,5	262	1,1	25,3	1,89	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	86,1	0,00	0,8	5,9	0,0	0,0	0,1	102	2,0	99,76
PBT-4089B	0,4	33	0,0	8,9	0,82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,1	0,00	1,4	6,4	0,0	0,0	0,2	58	0,3	99,68
PBT-5008	0,4	66	0,0	4,0	0,40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,5	0,00	1,8	4,4	0,0	0,0	0,3	77	1,3	99,40
PBT-5010	0,5	97	0,0	9,5	0,76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,7	0,00	1,1	3,3	0,0	0,0	0,3	99	1,1	99,62
PBT-5011	0,5	95	0,0	11,1	0,92	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	62,7	0,00	1,1	4,0	0,0	0,0	0,3	112	1,3	99,59

Tabela 4: Dados das análises de elementos maiores, menores e traço.

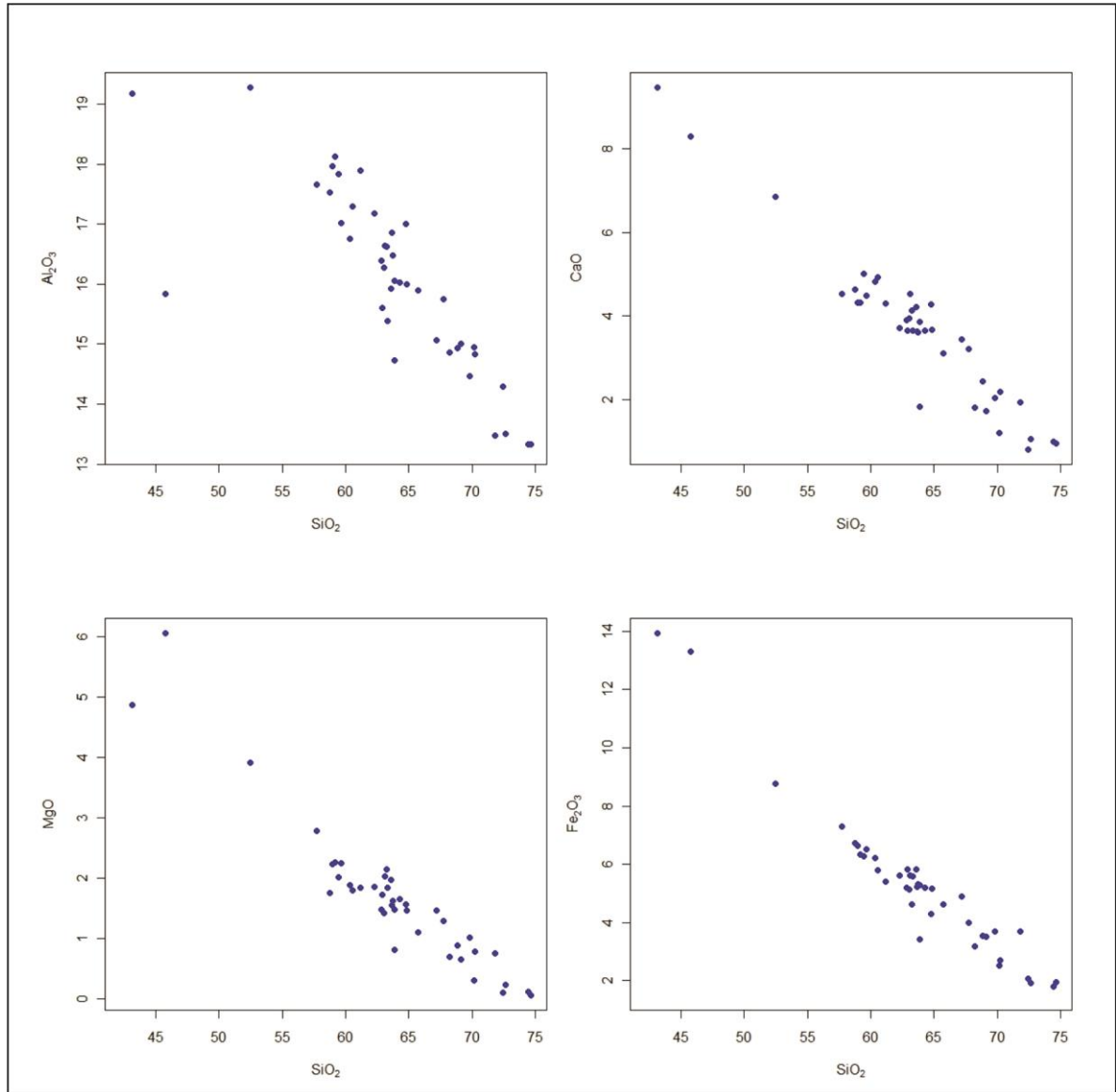


Figura 18: Diagramas de elementos maiores (Al₂O₃, CaO, MgO e Fe₂O₃) versus SiO₂.

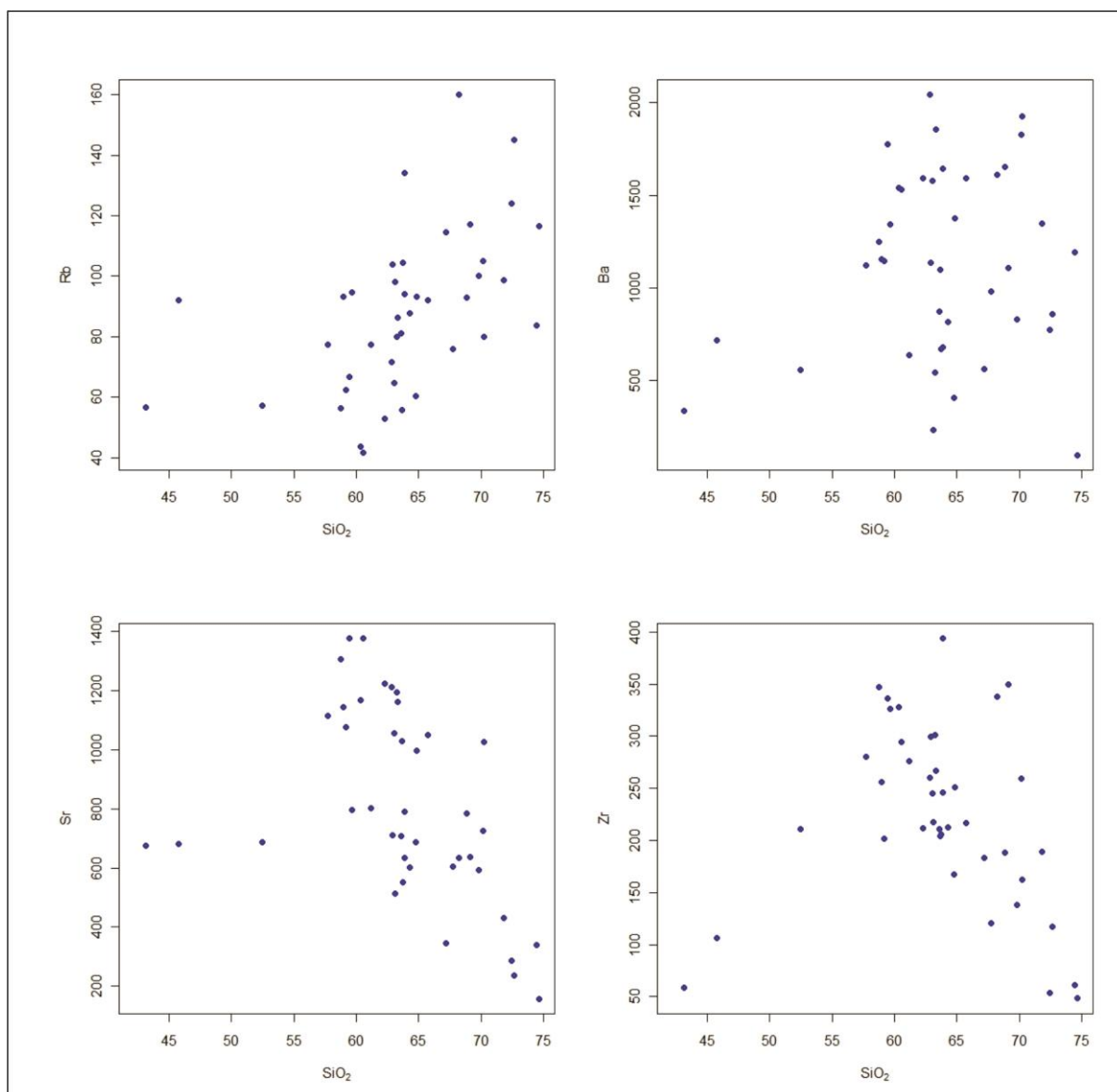


Figura 19: Diagramas de elementos maiores (K₂O, Na₂O, TiO₂ e P₂O₅) versus SiO₂.

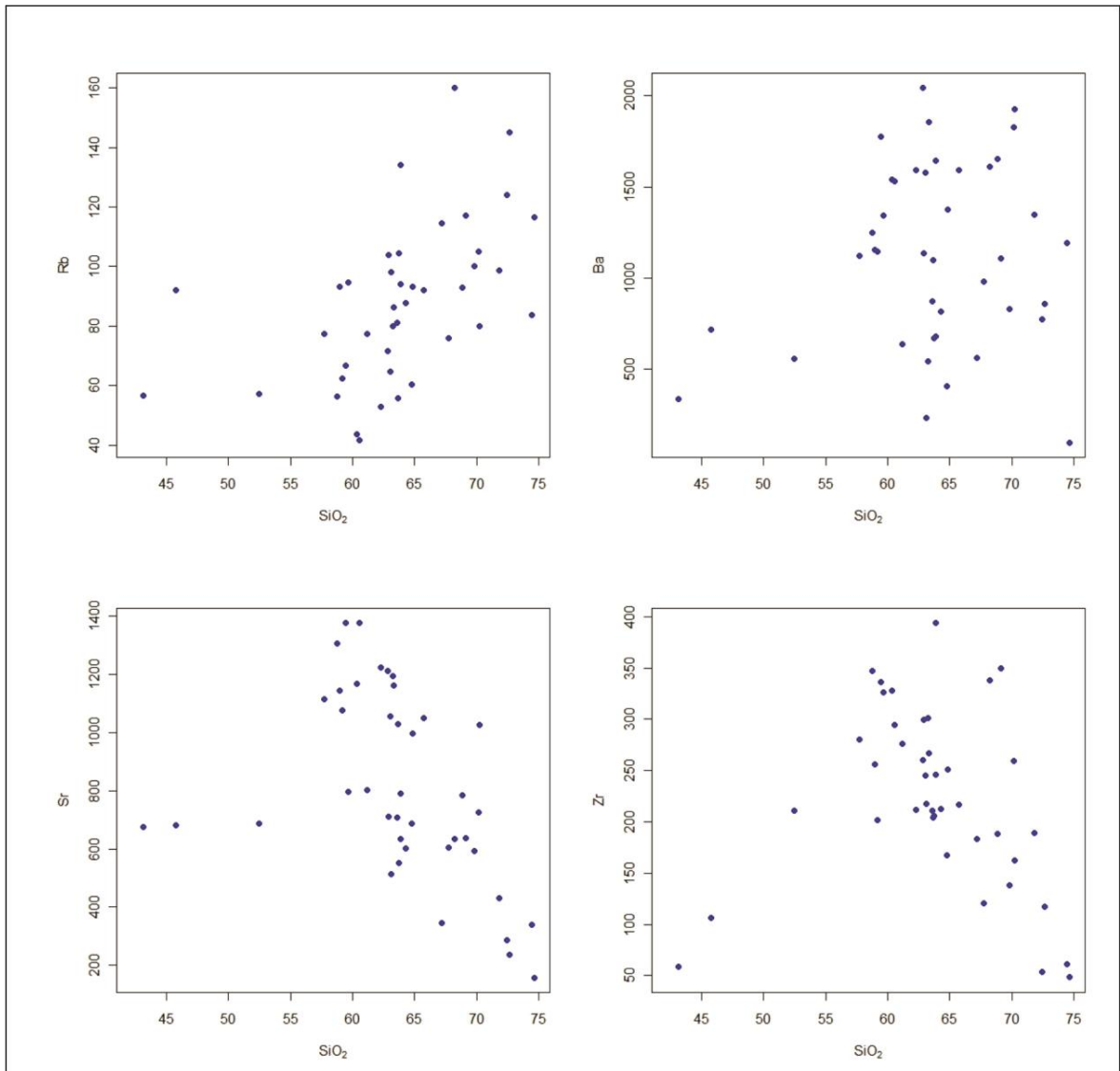


Figura 20: Diagramas de elementos menores (Rb, Ba, Sr e Zr) versus SiO₂.

No diagrama de classificação TAS (Cox *et al.*, 1979), que compara o total de álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) versus sílica (SiO_2), as amostras do Granitoides Sanga Rasa mostraram uma composição subalcalina, com composições em geral granodioríticas a graníticas, com alguns termos quartzo-dioríticos a dioríticos subordinados (Fig. 21).

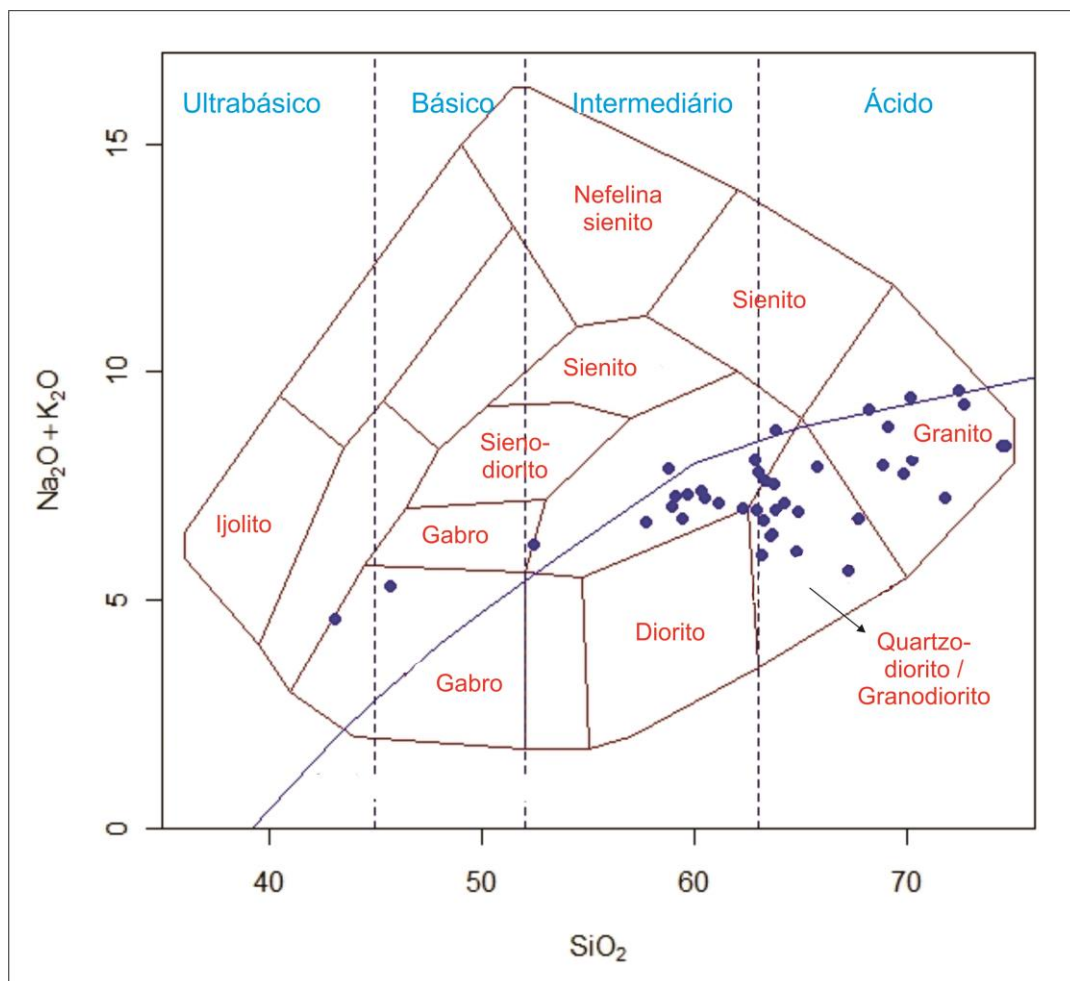


Figura 21: Diagrama TAS (total álcalis versus sílica) para rochas plutônicas, adaptado de Cox et al. (1979).

Na comparação entre álcalis, MgO e Fe_2O_3 do diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971), e no diagrama $\text{SiO}_2 - \text{FeO}_{\text{total}} / \text{MgO}$ de Miyashiro (1974), o Granitoides Sanga Rasa apresenta uma composição pertencente à série cálcico-alcalina (Figs. 22a e 22b).

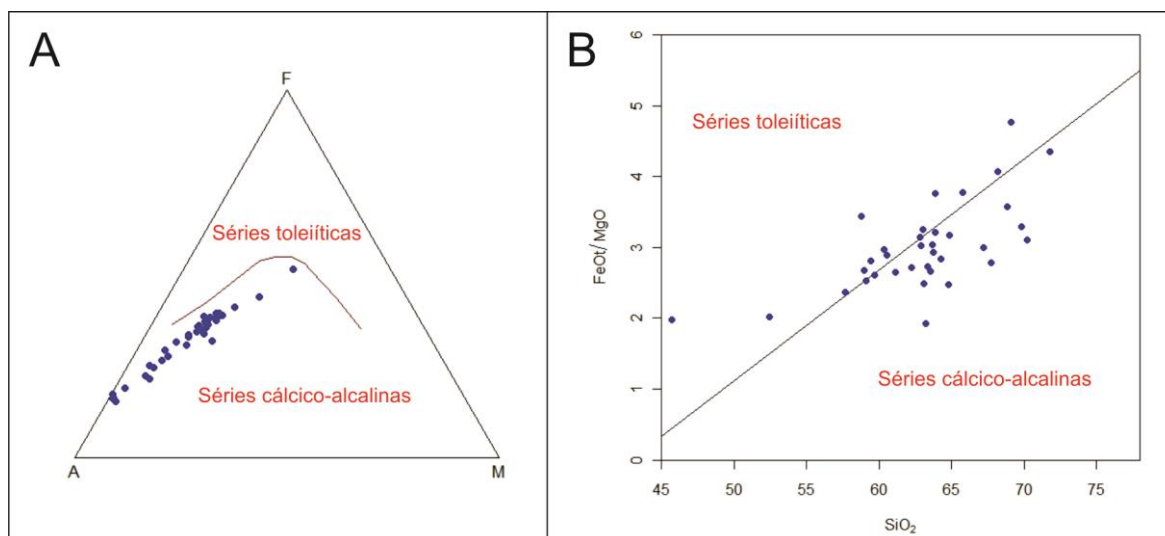


Figura 22: Diagramas de composição: a) AFM, adaptado de Irvine & Baragar (1971) e b) SiO_2 – $\text{FeO}_{\text{total}} / \text{MgO}$ adaptado de Miyashiro (1974).

No diagrama tipo A/CNK – A/NK de Shand (1943), as amostras mostram composições metaluminosas a levemente peraluminosas (Fig. 23). Os diagramas de Frost *et al.* (2001) de $\text{FeO}_{\text{total}} / \text{FeO}_{\text{total}} + \text{MgO}$ versus SiO_2 , e de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$ versus SiO_2 , mostram que as amostras caem abaixo do campo das rochas alcalinas, no campo dos granitos magnesianos. As relações álcalis contra sílica indicam uma composição variável entre cálcico-alcálica a álcali-calcica (Fig. 24).

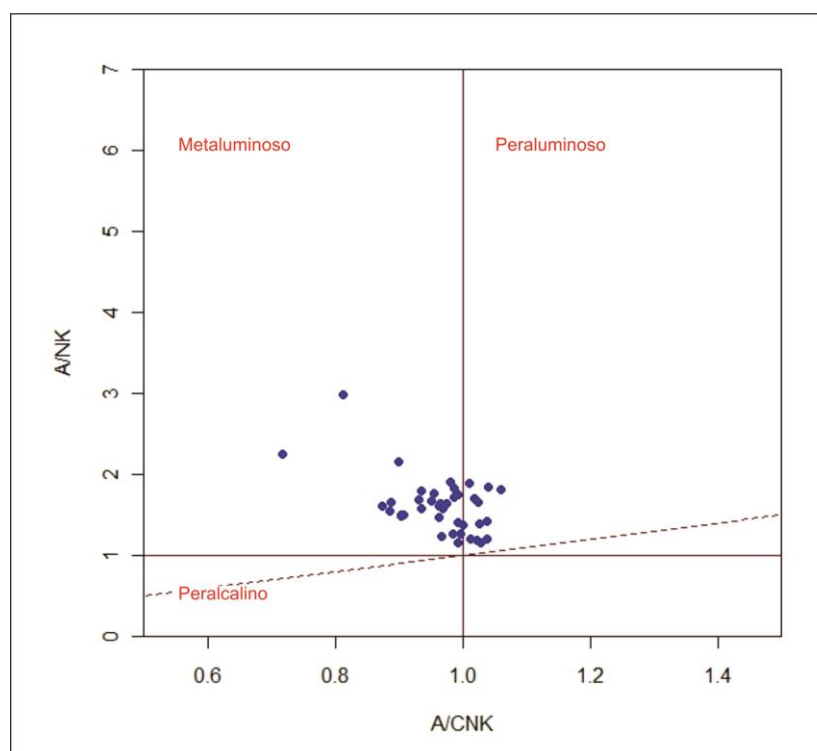


Figura 23: Diagrama de composição, mostrando a tendência metaluminosa a peraluminosa das amostras (adaptado de Shand, 1943).

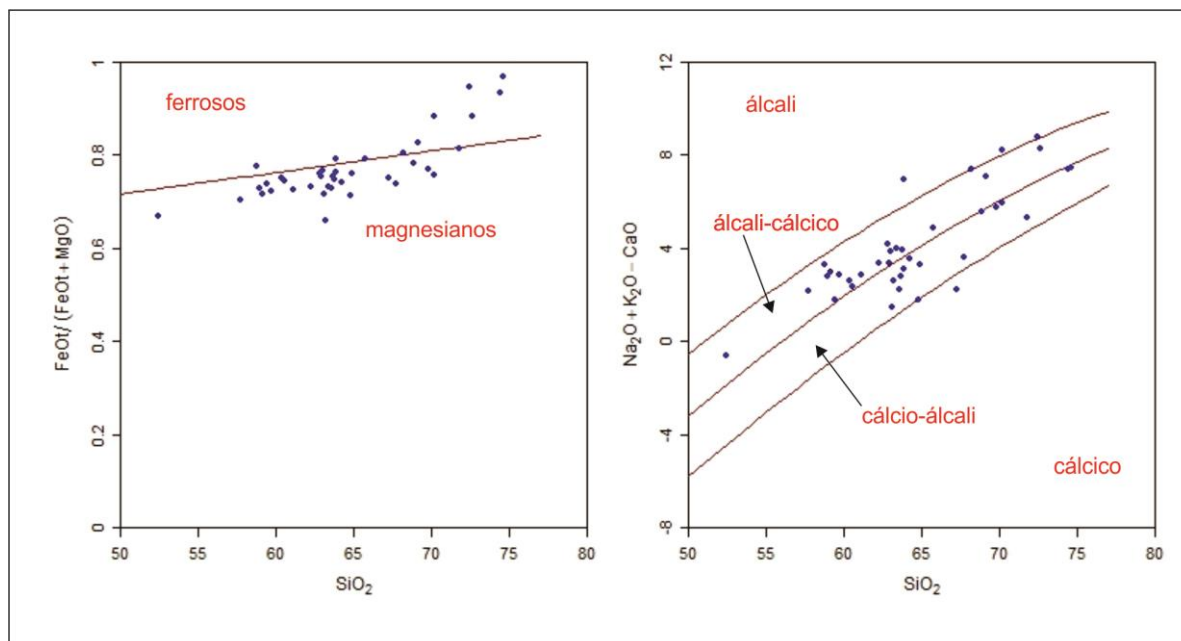


Figura 24: Diagramas adaptados de Frost et al. (2001) de FeOtotal / FeOtotal+MgO versus SiO₂ e Na₂O+K₂O+CaO versus SiO₂, mostrando tendência magnésiana e álcali-cálcico a cálcico-alcalinas.

4.3.2 Elementos terras-raras e diagramas multi-elementares

Os elementos terras-raras (ETR), quando representados no diagrama de Nakamura (1974), mostram que as amostras do Granitoides Sanga Rasa (composições ácidas em vermelho, intermediárias a básicas em azul) são homogêneas, mostrando enriquecimento em ETRs leves, com uma alta razão das médias de La / Lu ($\frac{La}{Lu} = \frac{45,9}{0,15} = 313$) e altos valores de elementos tipo LILE (Fig. 25). São observadas anomalias de Eu apenas em algumas das amostras de composições mais básicas do Granitoides Sanga Rasa, não apresentando anomalia nas restantes.

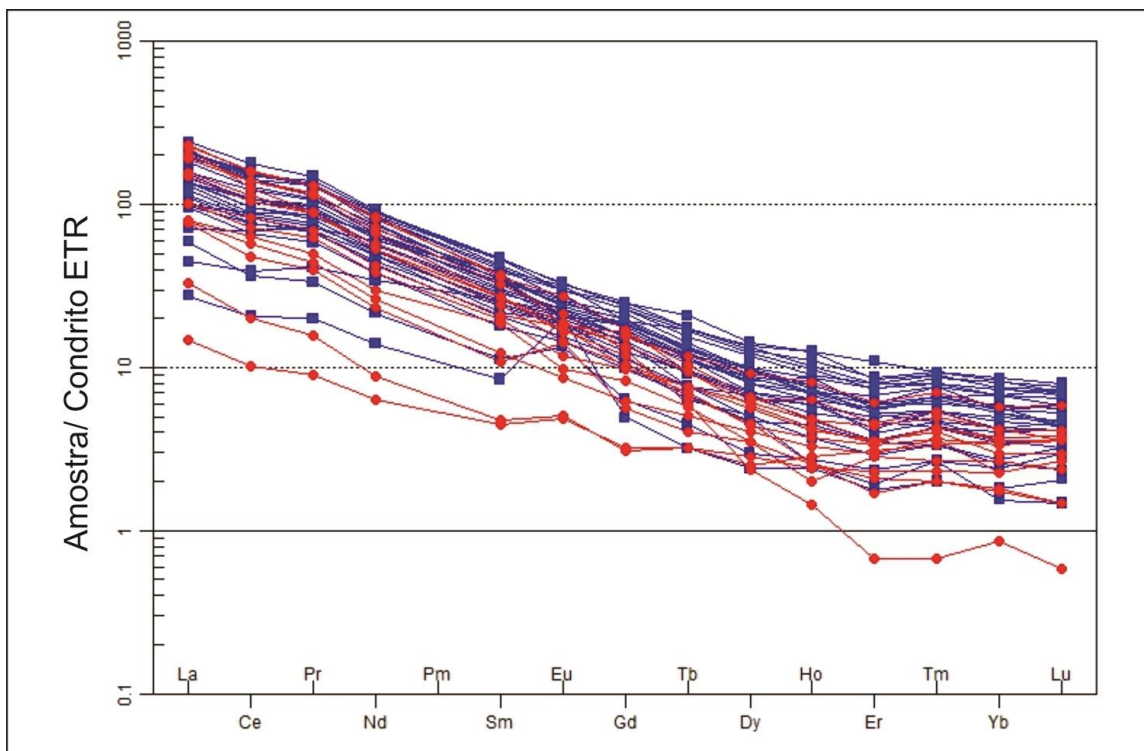


Figura 25: Diagrama ETR, com amostras ácidas (em vermelho) e intermediárias a básicas (em azul), mostrando alta concentração de ETRs leves (adaptado de Nakamura, 1974).

Nos diagramas multi-elementares (Figs. 26 e 27), são feitas comparações dos elementos terras-raras das amostras analisadas com padrões N-MORB (Middle Ocean Ridge Basalts) e OIB (Ocean Island Basalts), respectivamente, para tentar avaliar as fontes do magmatismo do Granitoides Sanga Rasa.

O gráfico da figura 26 mostra que os Granitoides Sanga Rasa encontram-se enriquecido em quase todos os elementos em uma escala até 400 vezes maior que o padrão N-MORB, exceto alguns terras-raras pesados, o que invalida uma possível composição toleítica.

Já o gráfico da figura 27, que compara os Granitoides Sanga Rasa com basaltos do tipo OIB, é possível notar maiores semelhanças, nas quais os elementos do GSR ficam numa margem mais próxima do padrão OIB (valor 1 no eixo das abscissas) do que quando comparado ao padrão N-MORB, e também apresentam um padrão mais subhorizontalizado, sem grandes diferenças na proporção de ETR leves ou pesados.

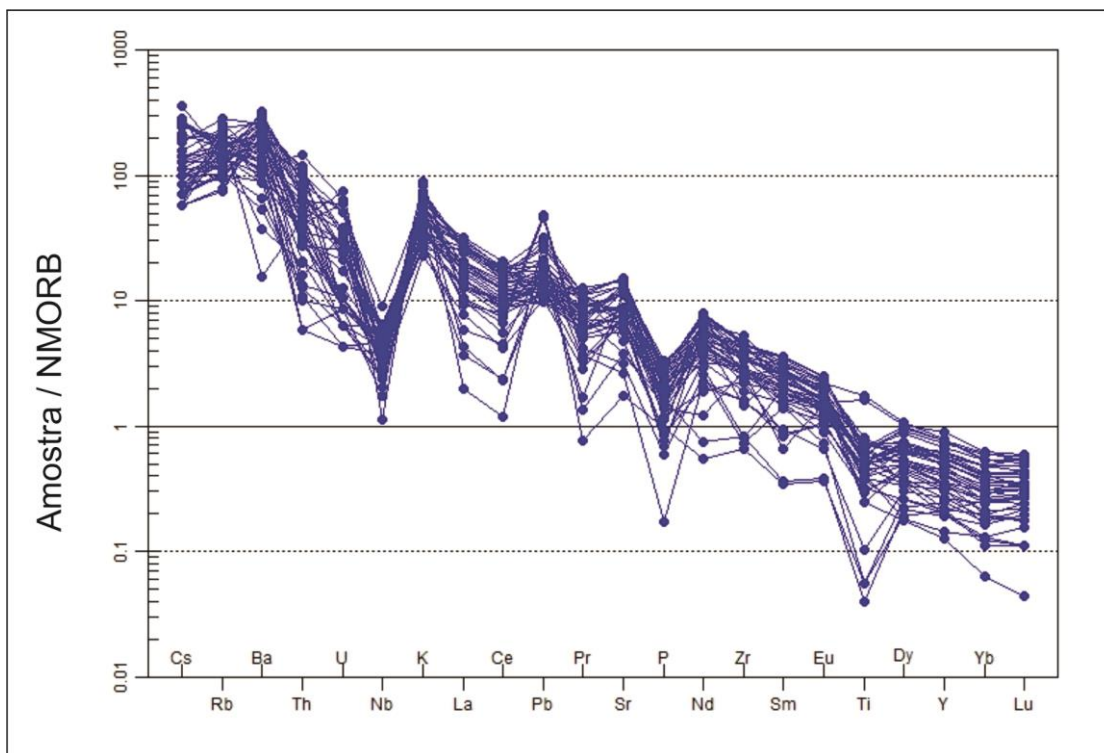


Figura 26: Gráfico comparativo das amostras do GSR com padrões N-MORB.

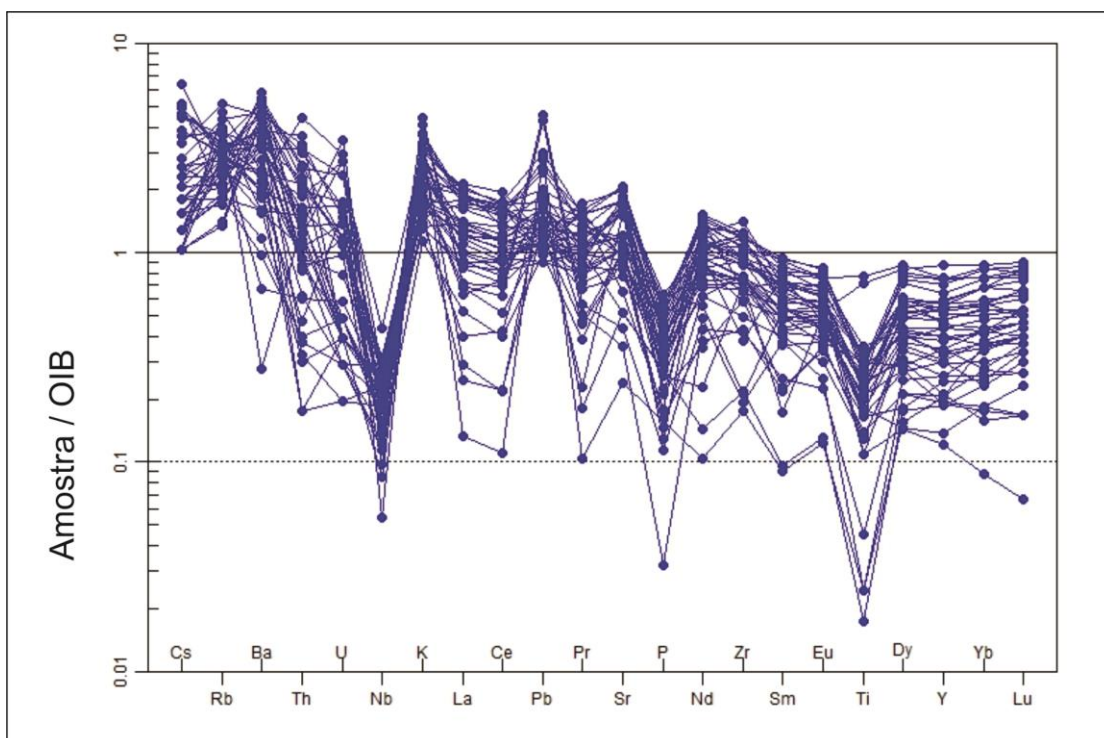


Figura 27: Gráfico comparativo das amostras do GSR com padrões OIB.

Esta maior semelhança com o padrão tipo OIB pode sugerir que a rocha fonte provavelmente enriquecida em LILE e outros elementos crustais, indicando um provável enriquecimento associada ao metassomatismo devido a processos de subducção.

4.3.3 Geotectônica

Nos diagramas que avaliam a composição geotectônica, o modelo de Pearce (1984), que utiliza $Rb / Y+Nb$ (Fig. 28), define a unidade estudada como sendo de tipo *Volcanic Arc Granite* (VAG) e/ou pós-colisional (POST-COLG).

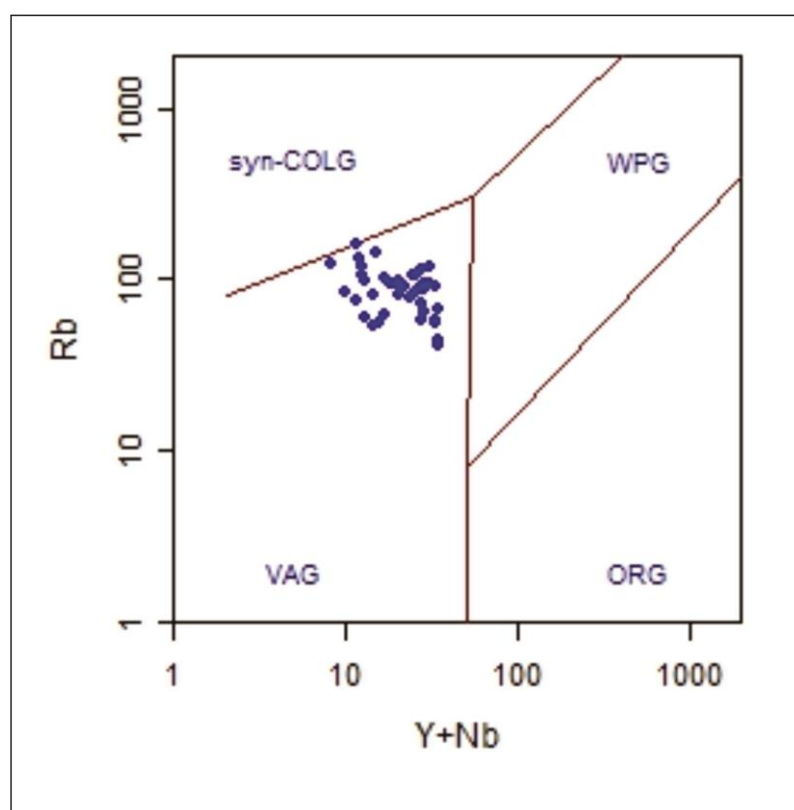


Figura 28: Diagrama mostrando possível origem tipo VAG dos Granitoides Sanga Rasa (adaptado de Pearce *et al.* 1984)

No modelo R1-R2 de Batchelor & Bowden (1985) também são mostradas evidências de uma origem geotectônica pós-colisional (Fig. 29).

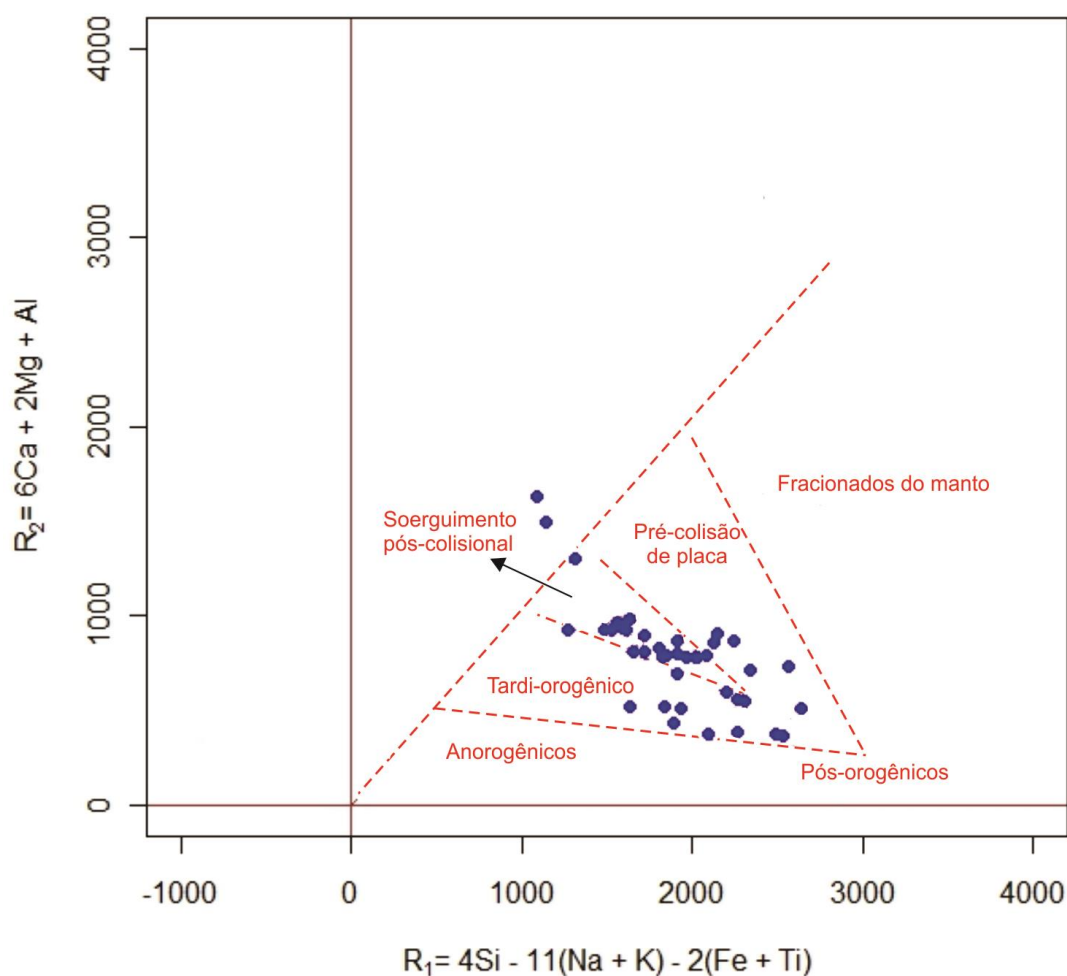


Figura 29: Modelo R1-R2 de Batchelor & Bowden (1985), mostrando uma geotectônica pós-colisional.

Outra confirmação de que o Granitoides Sanga Rasa não é de composição alcalina e nem derivado de ambiente de rift intra-placa é corroborado pela figura 30, gráfico feito com base no trabalho de Whalen (1987), onde são utilizados os parâmetros de índice alagático versus $10.000 \times Ga/Al$, FeO_{total}/MgO versus $Zr+Nb+Ce+Y$, e Y versus $10.000 \times Ga/Al$. Nestes gráficos, as amostras caem no campo dos granitos cálcico-alcalinos.

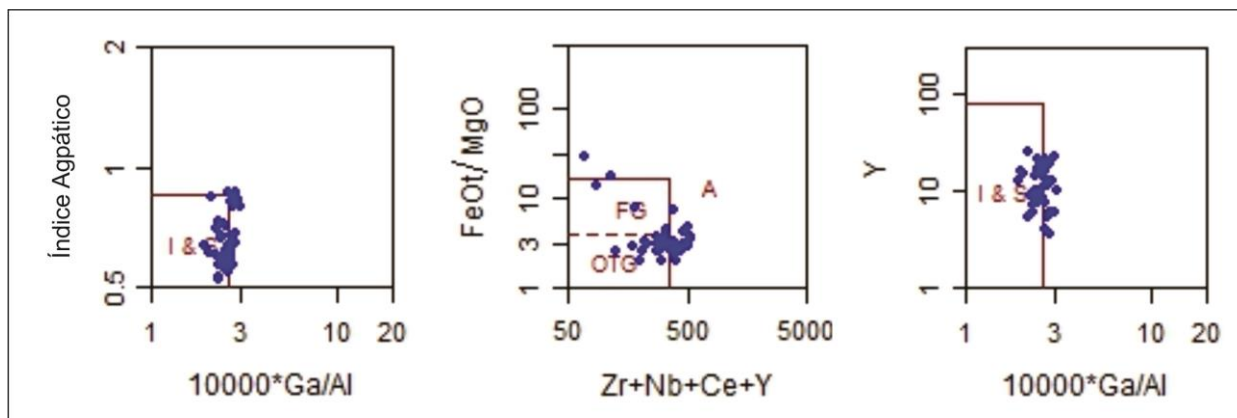


Figura 30: Diagramas com base no trabalho de Whalen (1987), com diferentes parâmetros.

4.4 ANÁLISES GEOCRONOLÓGICAS

Foram selecionadas duas amostras dos Granitoides Sanga Rasa para análise geocronológica, com o objetivo de estabelecer uma idade para esta unidade. Por conta do atraso no recebimento de todas as idades recalculadas das datações U/Pb em ICP-MS, são mostrados apenas as idades não refinadas dos zircões analisados dos pontos PBT-4033 e PBT-4089, nas figuras 31 e 32, respectivamente.

As idades mostram valores médios de 620 Ma para o tonalito PBT-4033 e um pouco mais novas, 610 Ma para o granodiorito do ponto PBT-4089.

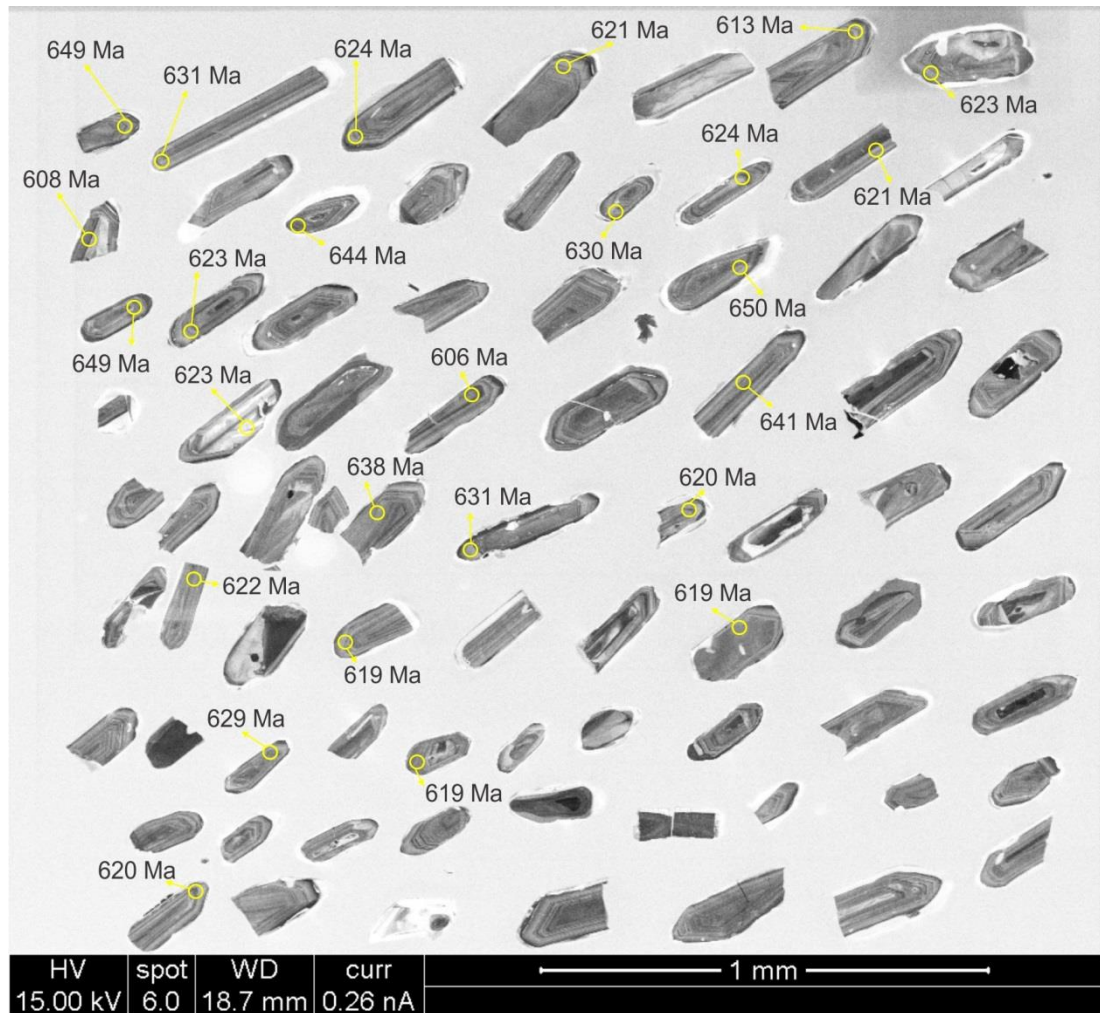


Figura 31: Idades não recalculadas dos zircões de um tonalito dos Granitoides Sanga Rasa, ponto PBT-4033.

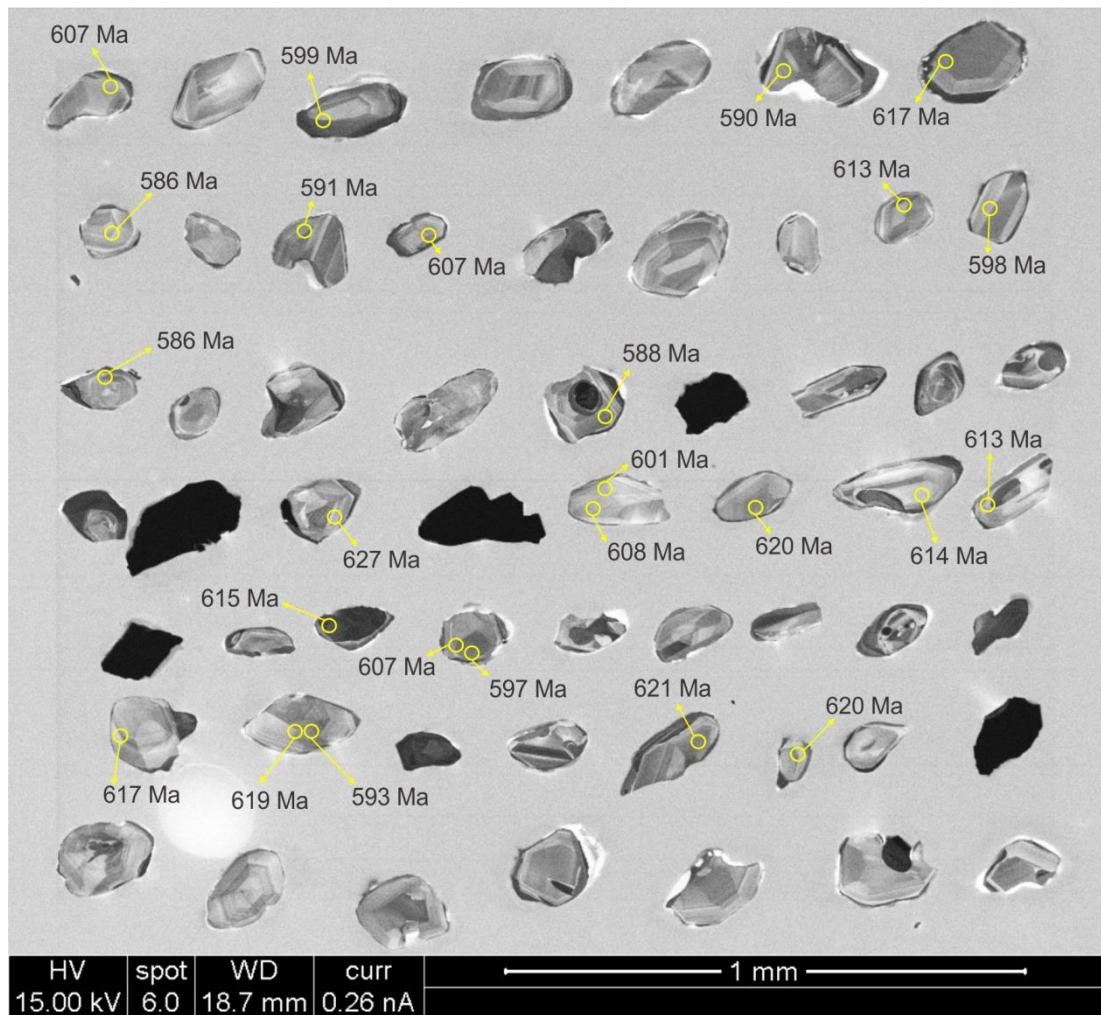


Figura 32: Idades não recalculadas dos zircões de um granodiorito dos Granitoides Sanga Rasa, ponto PBT-4089.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as informações adquiridas sobre os Granitoides Sanga Rasa, tais como medidas de campo, descrição e contagem modal de lâminas petrográficas, análises químicas e geocronológicas, foram estabelecidas algumas propostas quanto à sua classificação, composição, idade, origem, etc.

As informações de campo mostram que os Granitoides Sanga Rasa, de idades neoproterozóicas, são uma unidade intrusiva no Complexo Granulítico Santa Maria Chico, de idade Paleoproterozóica, englobando xenólitos de gnaisses da mesma. Os dados estruturais apontam que a direção das camadas dos Granitoides Sanga Rasa são paralelas à forma alongada do corpo, com um caimento mergulhando para SE.

As análises modais das lâminas petrográficas mostram uma composição granodiorítica a trondhjemítica/tonalítica, cálcico-alkalina, com alguma contribuição crustal.

Os dados das análises geoquímicas apontam teores em sílica ácidos a intermediários, uma diminuição nos teores de Al_2O_3 , CaO, Fe_2O_3 , MgO, Na_2O , P_2O_5 e TiO_2 e elementos Rb e Ba, e um aumento nos teores de K_2O , Sr e Zr, indicando a tendência de formar K-feldspato tardio e o consumo de Sr e Zr pelo plagioclásio e zircão. A composição mostrada pelos demais diagramas de classificação apontam composições granodioríticas a graníticas, cálcico-alkalinas, metaluminosas a levemente peraluminosas, e uma classificação como granito magnesiano.

Os elementos ETR dos Granitoides Sanga Rasa mostram um *trend* linear claramente mostrando serem enriquecidas em ETRs leves. As amostras também mostraram semelhanças com ambiente tipo OIB, com as amostras plotadas no diagrama linearmente subhorizontalizadas, com teores ETR tanto leves quanto pesados próximos do padrão OIB. O padrão que indica origem OIB mostra uma rocha fonte possivelmente enriquecida em LILE e outros elementos crustais, associada ao metassomatismo devido a processos de subducção.

Os gráficos geotectônicos Rb / Y+Nb definem a unidade estudada como sendo de tipo VAG (Volcanic Arc Granite), e o diagrama R1-R2 mostra evidências de uma origem geotectônica pós-colisional.

Os dados geocronológicos, apesar de não refinados no momento da publicação deste trabalho, mostram idades em média 620 Ma para tonalito e 610 Ma para granodiorito da unidade estudada, indicando que os Granitoides Sanga Rasa são provavelmente uma unidade mais antiga do que o Granito Santo Afonso, unidade batolítica de maiores dimensões da região norte de Bagé.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATCHELOR, R. A. & BOWDEN, P.. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. **Chem Geol** 48: 43-55. 1985

CAMOZZATO, E. ; LOPES, R. C. ; PHILIPP, R. P. . **Mapa Geológico da Folha Hulha Negra (SH.22.Y-C-1) 1:100.000**. CPRM, 2012.

CAMOZZATO, E. ; PHILIPP, R. P. ; LAUX, J. H. ; NARDI, L. V. S. . **Magmatismo Pós-Colisional no Terreno Taquarembó: geologia e geoquímica das Suítes Santo Afonso, Saibro e Vauthier e Granito Passo da Chácara, RS..** In: XIV Congresso Brasileiro de Geoquímica, 2013, Diamantina. XIV Congresso Brasileiro de Geoquímica. Belo Horizonte: SBGq, 2013. v. 1

CHEMALE JR., F. **Evolução Geológica do Escudo Sul-Riograndense**. In: Michael Holz; Luiz Fernando de Ros. (Org.). Geologia e Estratigrafia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, p. 03-44. 2000.

COX, K. G., BELL J. D. & PANKHURST, R. J.. **The Interpretation of Igneous Rocks**. Allen & Unwin, London. 450p. 1974.

DAER. **Mapa Rodoviário do Rio Grande do Sul**. 1p. 2013.

FERNANDES, L. A. D.; MENEGAT, R.; COSTA, A. F. U.; KOESTER, E.; PORCHER, C. C.; TOMMASI, A.; KRAEMER, G.; RAMGRAB, G. E.; CAMOZZATO, E.. Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-rio-grandense:

Parte II - uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. **Revista Brasileira de Geociências**. 25(4): 375-384. 1995.

FRAGOSO CESAR, A. R. S. **Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: As orogenias nos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 362 p. 1991.

FROST, B. R.; BARNES, C. G.; COLLINS, W. J.; ARCULUS, R. J.; ELLIS, D. J., FROST, C. D.. A geochemical classification for granitic rocks. **J Petrol** 42: 2033-2048. 2001.

GASTAL, M. C. P. The alkaline and shoshonitic intrusives in the region of the Taquarembó Plateau, southern Brazil: Are they genetically related? **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n.1, p. 85-98, 1999.

GASTAL, M. C. P.; LAFON, J. M.. Gênese e evolução dos granitóides metaluminosos de afinidade alcalina da porção oeste do escudo Sul-riograndense: geoquímica e isótopos de Rb-Sr e Pb-Pb. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 28, n.1, p. 9-28, 1998.

GASTAL, M. C. P. ; SCHMITT, R. S. ; NARDI, L. V. S. . Granitóides da parte centro-sudoeste do Escudo Sul-riograndense: novos dados e discussão sobre a gênese e tipologia do magmatismo alcalino. **Revista Pesquisas**, Porto Alegre, v. 19, n.2, p. 174-182, 1992.

GERALDES, M. C. **Introdução à Geocronologia**. 1ªed. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geociências. 146p. 2010

HARTMANN, L. A.. Condições de metamorfismo no Complexo Granulítico Santa Maria Chico, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 21, p. 107-113, 1991.

HARTMANN, L. A.. Deepest Exposed Crust Of Brazil - Geochemistry Of Paleoproterozoic Depleted Santa Maria Chico Granulites. **Gondwana Research**, Japão, v. 1, n. 3/4, p. 331-341, 1998.

HARTMANN, L. A.. **Isócrona SM-Nd de 2,1 Ga em minerais de duas amostras do Complexo Granulítico Santa Maria Chico**, RS. In: Cong. Bras. Geol. 1. Vol 1 pp. 105-111, 1987.

HARTMANN, L. A.. Geoquímica de Terras Raras e Geotermobarometria de Granulitos de Dom Pedrito e Luis Alves, No Extremo Sul do Brasil.. **Geochimica Brasiliensis** (Rio de Janeiro), v. 2, n.1, p. 1-14, 1988.

HARTMANN, L. A. **Petrogênese dos granulitos e ultramafitos de Luiz Alves (SC)**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pp.. 1981.

HARTMANN, L. A., CHEMALE JR., F, PHILIPP, R. P. **Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré- Cambriano**. In: Ianuzzi, R.; Frantz, J.C.. (Org.). 50 anos de Geologia no Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Contribuições.. 1ª ed. Porto Alegre: Editora Comunicação e Identidade, CIGO. IG-UFRGS, v. 1, p. 97-123. 2007.

HARTMANN, L. A.; LEITE, J. A. D.; SILVA, L. C.; REMUS, M. V. D.; MCNAUGHTON, N. J.; GROVES, D. I.; FLETCHER, I. R.; SANTOS, J. O. S.; VASCONCELLOS, M. A. Z. Advances in SHRIMP geochronology and their impact on understanding the tectonic and metallogenic evolution of southern Brazil. **Australian Journal of Earth Sciences**, **47**:829-844. 2000a.

HARTMANN, L. A.; LIU, D.; WANG, Y.; MASSONNE, H-J.; SANTOS, J. O. S.. Protolith age of Santa Maria Chico Granulites dates from zircons from an associated amphibolite-facies granodiorite in southernmost Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **80**(3): 543-551. 2008.

HARTMANN, L. A.; NARDI, L. V. S.. Cinturão Granulítico Atlântico nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 4, n. 7, p. 3-12, 1980.

HARTMANN, L. A.; NARDI, L. V. S.. Os Granitos Santo Afonso, Saibro e Vauthier da região do Arroio Santa Maria Chico, Dom Pedrito, RS - Geologia, petrografia e química de elementos maiores. **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 16, p. 153-178, 1982.

HARTMANN, L. A.; NARDI, L. V. S.; FORMOSO, L. L.; REMUS, M. V. D.; LIMA, E. F.; MEXIAS, A. S.. Magmatism and metallogeny in the crustal evolution of Rio Grande do Sul shield, Brazil. **Pesquisas**, **26**:45-63. 1999.

HARTMANN, L. A., PORCHER, C. C., REMUS, M. V. D. **Evolução das rochas metamórficas do Rio Grande do Sul**. In: **Geologia do Rio Grande do Sul**,

Centro de Investigação do Gondwana. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pp. 53-79. 2000a.

IGLESIAS, C. M. da F. **Análise integrada de dados geológicos e estruturais para a prospecção de ouro na região de Torquato Severo (RS)**. Porto Alegre, 2000. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

IRVINE, T. M. & BARAGAR, W. R.. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. **Canadian Journal of Earth Sciences** 8: 523-548. 1971.

LAMEYRE, J. & P. BOWDEN. Plutonic rock type series: discrimination of various granitoids series and related rocks. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, 14: 169-186. 1982.

LAUX, J. H.; BONGIOLO, E. M.. **Geoquímica do Complexo Granulítico Santa Maria Chico: Arco de Ilha Proterozóico no Rio Grande do Sul**. In: Cong. Bras. Geol. 13; Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul, 3., 09-14 out. 2011, Gramado, RS. Anais... Gramado, RS: CBG, out. 2011.

LAUX, J. H. ; BONGIOLO, E. M. ; CHEMALE JR., F. ; Gross, A.O.M.S. ; Santos, T.C. . **Reavaliação da Idade do Complexo Granulítico Santa Maria Chico, RS**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 45, 2010, Belém. Boletim de Resumos, 2010.

MIYASHIRO, A. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. **American Journal of Science**, 274, 321-355p. 1974.

NAKAMURA, N.. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. **Geochim Cosmochim Acta** 38: 757-775. 1974.

NARDI, L. V. S.; HARTMANN, L. A. Estudo geoquímico de rochas granulíticas do oeste do Escudo Sulriograndense. **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 4, n. 8, p. 3-12, 1980.

NARDI, L. V. S.; HARTMANN, L. A.. O Complexo Granulítico Santa Maria Chico no Escudo Sulriograndense. **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 10, p. 45-75, 1979.

PHILIPP, R. P.; HARTMANN, L. A.; CHEMALE Jr., F.. **Significado geotectônico das unidades Paleoproterozóicas no Escudo Sul-Rio-Grandense**. In: Simpósio

45 Geocronologia no Brasil, 2009, São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo: EDUSP, 2009. v. 1. p. 283-285.

SANTOS, E. L.; RAMGRAB, G. E.; MACIEL, L. A.; MOSMANN, R.. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. DNPM, Porto Alegre, RS. Escala (1:1.000.000). 1989.

SHAND, S J. **Eruptive rocks, 2nd ed.** John Wiley, New York, pp 1-444. 1943.

STRECKEINSEN, A. L., 1974. **Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks. Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks**. Geologische Rundschau. Internationale Zeitschrift für Geologie. Stuttgart. Vol.63, p. 773-785.

UFRGS. **Mapeamento Geológico de parte das folhas de Bagé Torquato Severo**. Projeto Bagé-Torquato (PBT), realizado pela disciplina de Mapeamento Geológico Básico I e II. UFRGS. 164p. 2012.

WHALEN, J. B.; CURRIE, K. L.; CHAPPELL, B. W.. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. **Contrib Mineral Petrol** 95: 407-419. 1987.

Legenda

- PBT-4010/GT-01 - Afloramentos
- Granito Santo Afonso
- Granito Sanga Rasa
- Complexo Granulítico Santa Maria Chico - Biotita Metagranito
- Complexo Granulítico Santa Maria Chico - Gnaiss Diorítico
- Complexo Granulítico Santa Maria Chico - Gnaiss Granodiorítico
- Complexo Granulítico Santa Maria Chico - Mármore
- Complexo Granulítico Santa Maria Chico - Silimanita-Granada-Biotita Gnaiss

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1976 E CONVERGÊNCIA MERIDIANA DO CENTRO DA FOLHA

A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA CRESCE 9,6 ANUALMENTE

DADOS TÉCNICOS

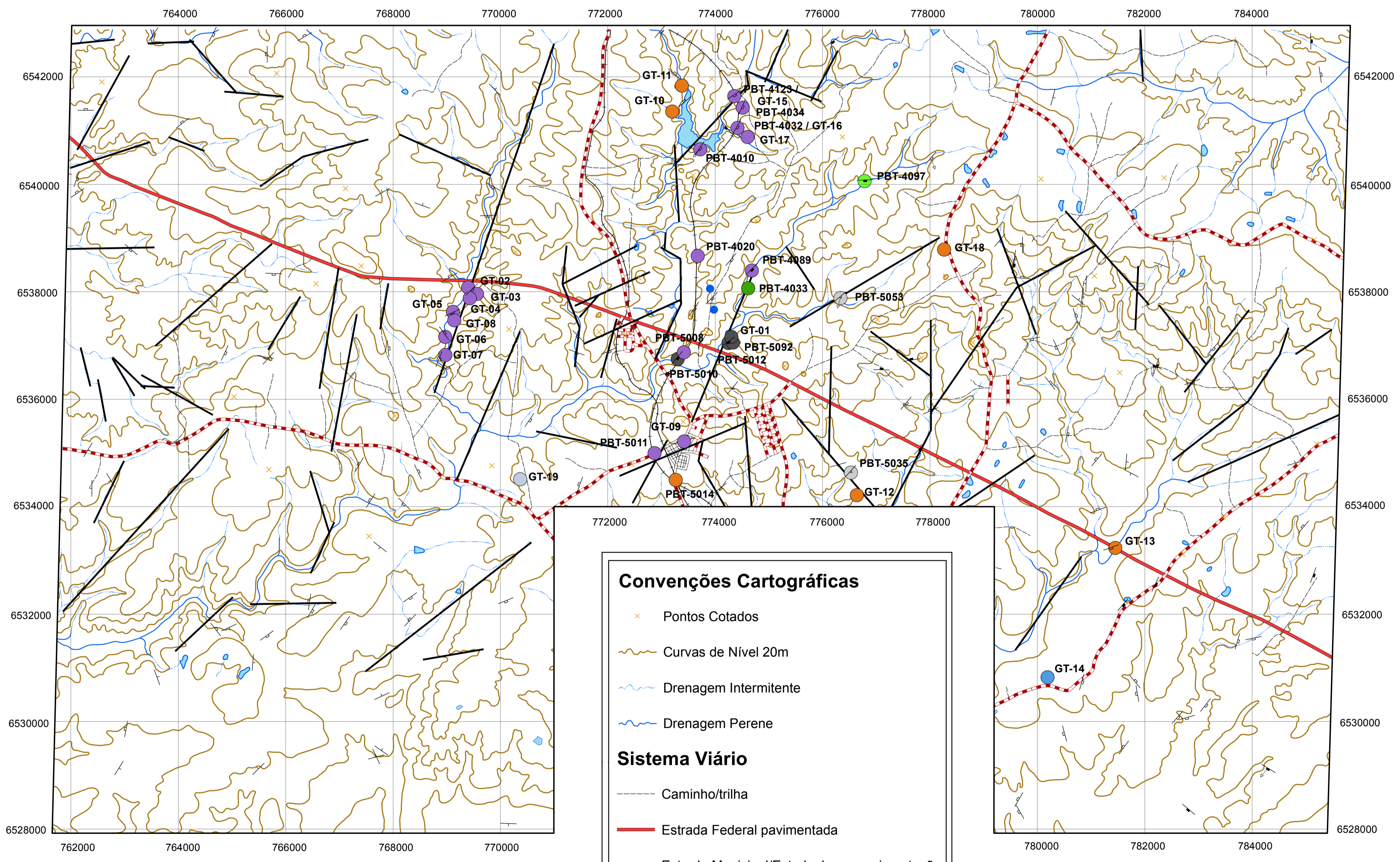
ESCALA 1:50.000

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 20 METROS
DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE TORRES - RIO GRANDE DO SUL

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: CORREGO ALEGRE - MINAS GERAIS

ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM: "EQUADOR E MERIDIANO 51° W GR"
ACRESCIDAS AS CONSTANTES 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE

Base cartográfica digitalizada a partir das folhas SH.21-Z-D-III-4 e SH.21-Z-D-III-2 com escala 1:50.000 levantadas, desenhadas e impressas pela DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO - BRASIL Segunda Edição DSG - Primeira impressão 1980



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

VILA AFINSO JACINTO MI-3007/1	TORQUATO SEVERO MI-3007/2	PASSO DO TIGRE MI-3008/1
PIRAÍ MI-3007/3	BAJÉ MI-3007/4	FELHA NEGRA MI-3008/3
VILA DA LATA MI-3016/1	COLÔNIA NOVA MI-2998/1	TUPI SILVEIRA MI-2998/2

Convenções Cartográficas

- ✕ Pontos Cotados
- Curvas de Nível 20m
- Drenagem Intermitente
- Drenagem Perene

Sistema Viário

- Caminho/trilha
- Estrada Federal pavimentada
- Estrada Municipal/Estadual sem pavimentação
- Ferrovia
- Rua

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM GEOLOGIA

GEOLOGIA DO GRANITO SANGA RASA, TERRENO TAQUAREMBÓ, BAGÉ, RS.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO E AMOSTRAGEM

MODIFICADO DO PROJETO BAGÉ-TORQUATO, MAPEAMENTO UFRGS (2012)

Autor: Guilherme Baldissera Tambara

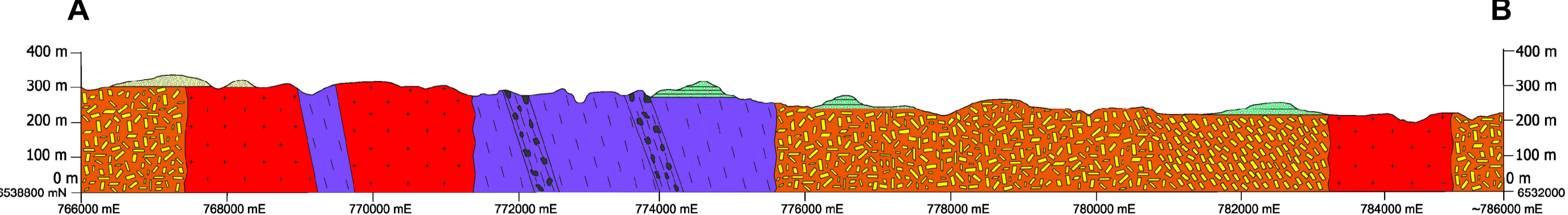
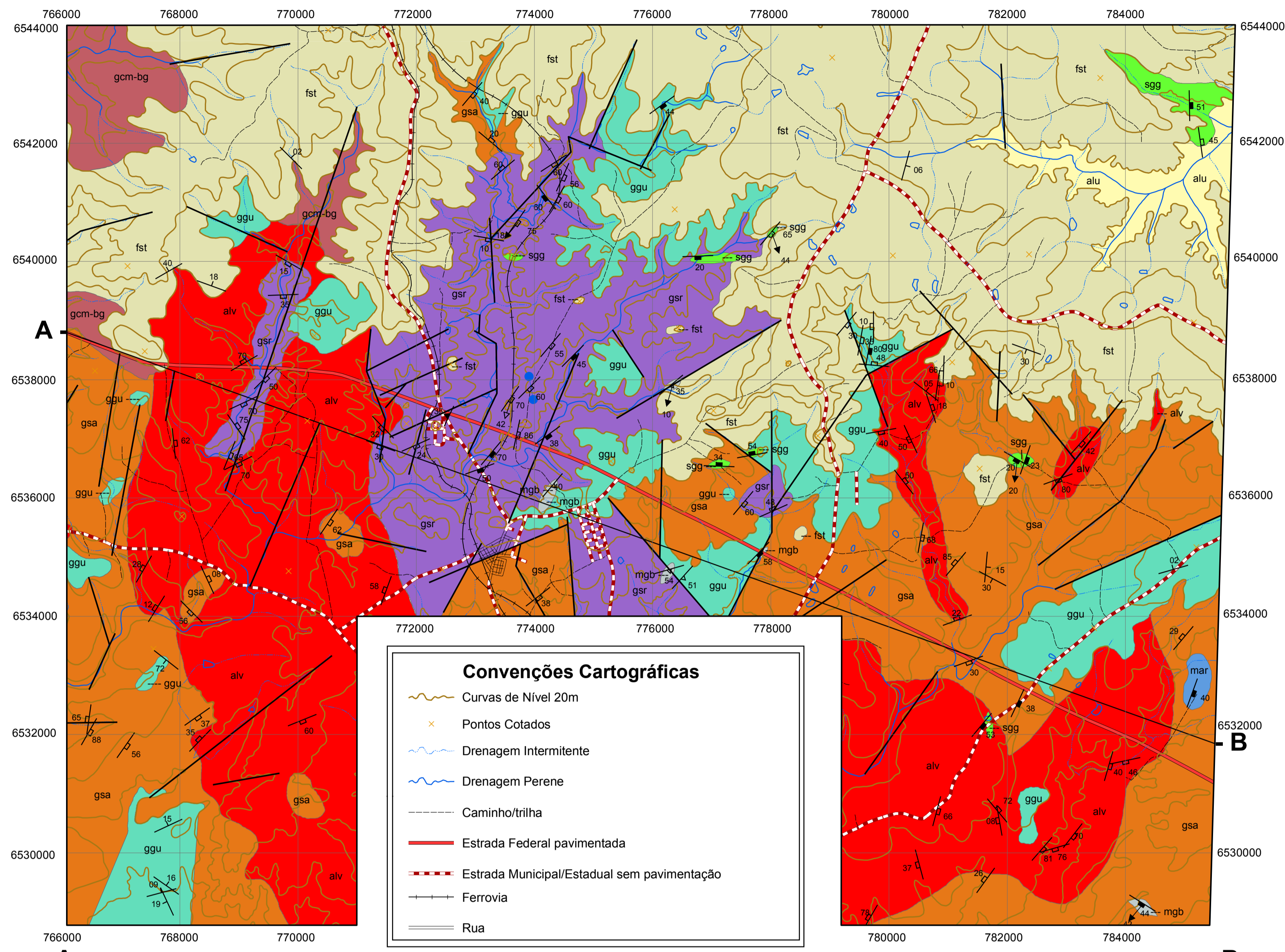
Orientador: Prof. Dr. Ruy Paulo Philipp (UFRGS)

Supervisor: Prof. Eduardo Camozzato (UNISINOS/CPRM)

ESCALA: 1:50.000

Novembro de 2013

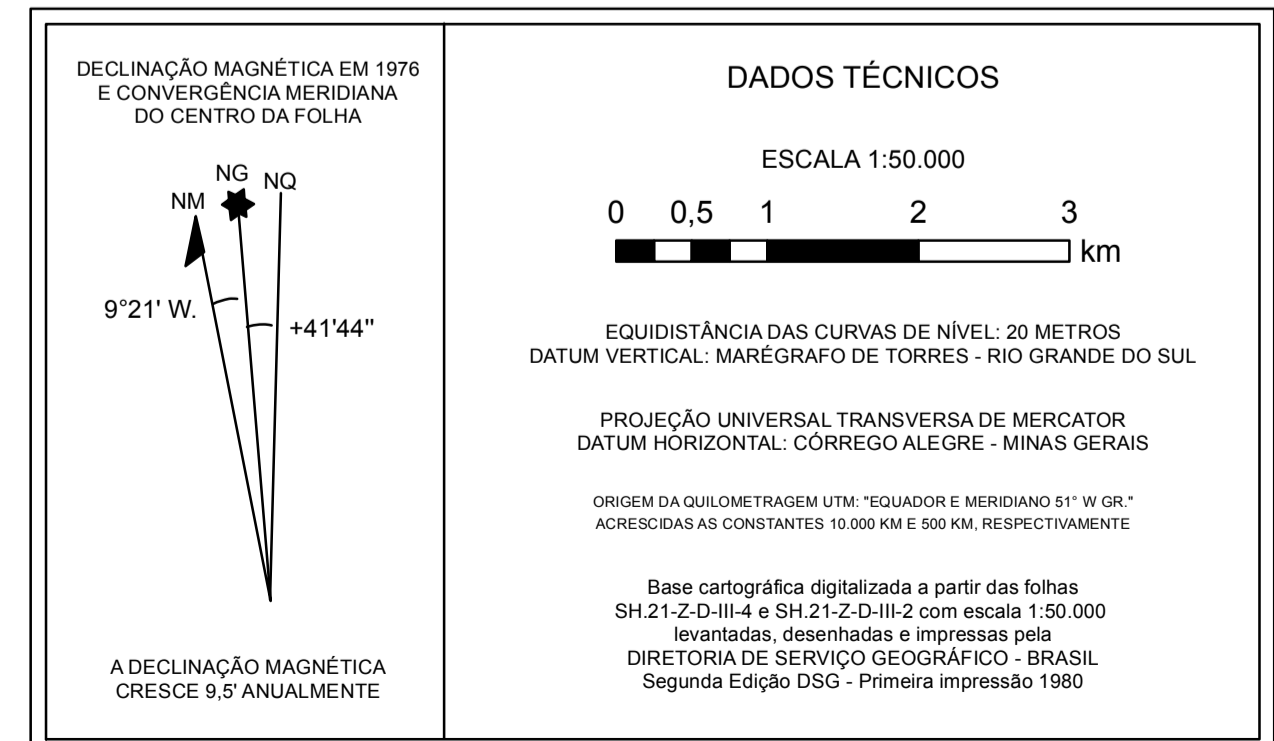
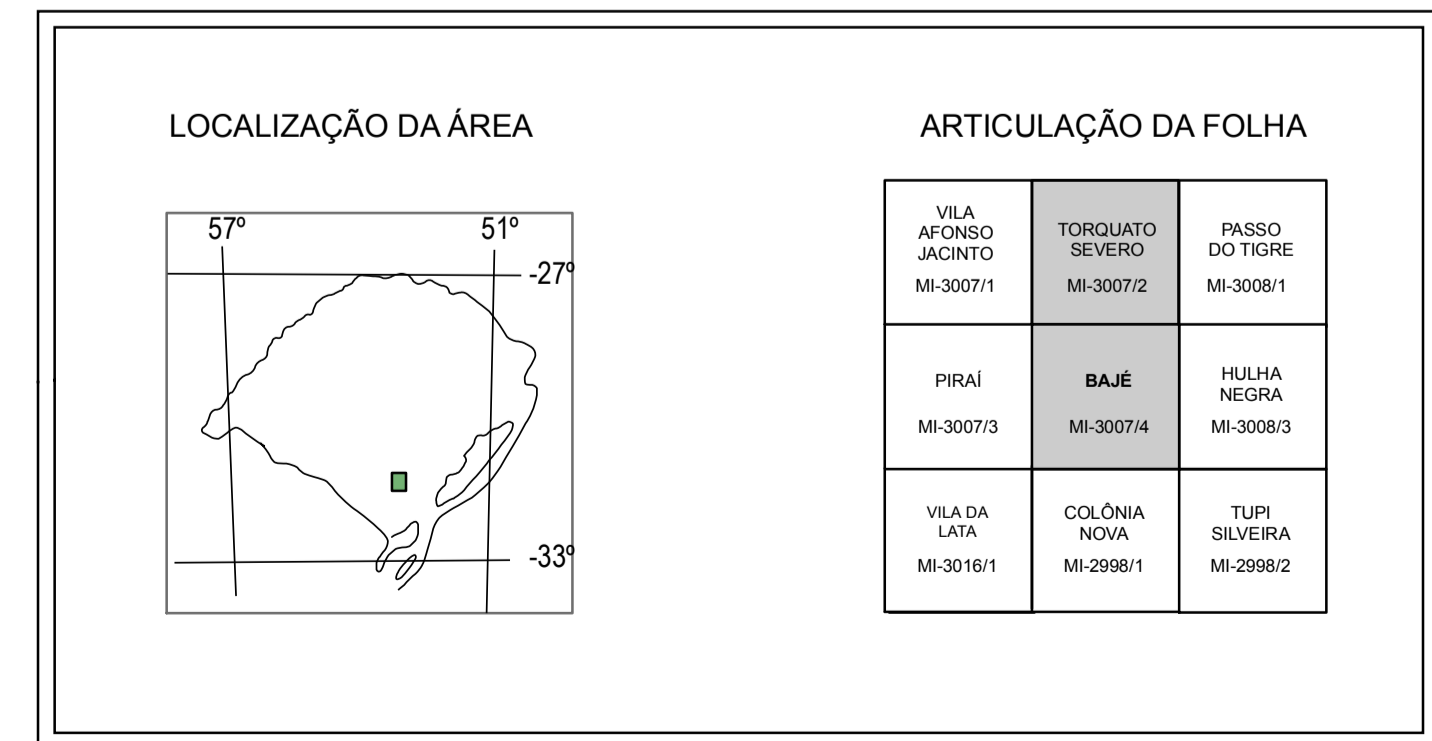
ANEXO I



Escala horizontal do perfil: 1:50.000
Exagero vertical: 5 x

ERA	PERÍODO	HIERARQUIA	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO		ALU	Aluviões (ALU) - depósitos inconsolidados a semi-consolidados, argilosos a cascalhosos, que se intercalam lateral e verticalmente em camadas decimétricas a métricas; fração lamosa predominantemente argilosa, com restos orgânicos; areias texturais e mineralogicamente imaturas, com clastos de rochas ígneas e metamórficas do embasamento e rochas sedimentares da Bacia do Paraná; fração cascalhosa composta por seixos arredondados de quartzo leitoso e de rochas do embasamento.
	TERCIÁRIO		FST	Formação Santa Tecla (FST) - Fácies de sistema aluvial - conglomerados de grânulos e seixos, clasto-suportados, maciços, com clastos angulosos e de baixa esfericidade; arenitos conglomeráticos a arenitos finos, maciços ou com estratificação de marcas onduladas, quartzo-feldspáticos, com grãos angulosos a subangulosos, de baixa a alta esfericidade, com grau de silificação variável; cimentação carbonática, comumente nodular elou com pedotubos; no topo, crosta silícea (parcialmente dissolvida e ferruginosa em alguns locais).
PALEOZÓICO	PERMIANO	Grupo Guatá	GGU	Grupo Guatá (GGU) - Fácies de leque aluvial- conglomerados a arenitos conglomeráticos, bege, maciços ou com estratificação cruzada acanalada, comumente silificados. Fácies de plataforma dominada por ondas - silitos cinza-claros com acamamento wavy-lens; arenitos muito finos a grossos, amarelados, com estratificação cruzada swaley e hummocky, laminação truncada de baixo ângulo, e ripples de onda.
			CDM	Granito Cerro das Marcas (GCM) - sienogranitos de textura equigranular hipidiomórfica média, geralmente isotropos e por vezes com foliação magmática incipiente, marcada pelo alinhamento dimensional de K-feldspato e biotita; quartzo facetado e biotita eudítica característicos; apatita e zircão como acessórios; localmente, porções porfíricas de forma irregular e contatos difusos, com fenocristais eudíticos de plagioclásio e K-feldspato, por vezes manteados. Fácies biotita granito (GCM-bg) - M' 5 a 8, com biotita às vezes formando agregados de até 1 cm; Fácies biotita leucogranito (GCM-lg) (não presente neste mapa) - M' 1 a 4. Margem resfriada (v) marcada por afinamento progressivo do tamanho de grão na fácies GCM-lg em distâncias quilométricas.
NEOPROTEROZÓICO	Suíte Intrusiva Santo Afonso		ALV	Granitoides Alvoradinha (ALV) - associação de rochas de textura predominante equigranular fina a média com variação contínua da composição entre os extremos monzogranítico e diorítico; índice de cor varia independente da composição (M' 4 a 20); graduação entre os extremos feldsítico e máfico; enclaves microgranulares máficos centimétricos a métricos, indicativos de mistura heterogênea de magmas; foliação magmática marcada pela orientação biotita e anfibólio, tipicamente como agregados alongados; ocorrência localizada de zonas de espessura métrica com foliação muito desenvolvida, onde injeções leucograníticas, normalmente irregulares, tomam-se regulares e paralelas à foliação magmática, formando um bandamento rimário localizado; xenólitos de dimensões centimétricas a métricas do Granito Santo Afonso.
			GSA	Granito Santo Afonso (GSA) - biotitamonzogranito porfírico; 20 a 30%, raramente 10%, de fenocristais de 2 a 5 cm de comprimento, de K-feldspato principal em relação a plagioclásio, em matriz equigranular média; titanita, eudítica e bem desenvolvida, como acessório característico; foliação magmática, geralmente bem desenvolvida, marcada pela orientação dos fenocristais de feldspato e lamelas de biotita; variação para termos equigranulares de composição tonalítica próximo a xenólitos parcialmente assimilados, com ocorrência restrita de xenocristais de granada.
			GSR	Granito Sanga Rasa (GSR) - composição tonalítica a granodiorítica, textura equigranular média, com variação localizada para fina ou grossa, e cor cinza escura; biotita como mineral máfico dominante (M' 10-15); anfibólio subordinado; titanita como principal acessório; foliação primária bem desenvolvida, marcada pelo alinhamento dimensional dos minerais máficos, com frequência reatada por injeções leucograníticas concordantes, de espessura milimétrica a centimétrica e contatos difusos, ou por schlieren resultantes da assimilação parcial de xenólitos de dimensões métricas das rochas do embasamento.
PALEOPROTEROZÓICO		Complexo Granulítico Santa Maria Chico	Complexo Granulítico Santa Maria Chico (CGSMC) - Gnaisses pelíticos (sgg) - silimanita-granada-biotita gnaisses com bandamento composicional contínuo, regular, de espaçamento milimétrico e textura lepidoblástica marcada pela elevada quantidade de biotita e quartzo estratido. Mármore (mar) - tons esverdeados, estrutura macia a bandada, marcada por níveis contínuos e centimétricos ricos em carbonatos com textura granoblástica e níveis descontínuos de olivina serpentinizada e diopsidó; localmente, intercalações de rochas cálcio-silicáticas e anfibolitos. Gnaisses granodioríticos (ggd) - cor cinza azulada, textura granoblástica inequigranular e bandamento composicional de espessura milimétrica marcado por níveis feldsíticos contínuos e irregulares e níveis contínuos contendo hornblenda e poucos feldsitos; titanita como acessório principal. Gnaisses dioríticos (gndt) - cor preta, textura equigranular média a fina, bandamento milimétrico irregular e descontínuo, marcado por hornblenda e biotita; plagioclásio granoblástico; alantita como mineral acessório. Biotita metagranitos (mgb) - sieno a monzogranitos de textura granoblástica equigranular fina a média, localmente com duas foliações. Hipertítico-granulito (hgr) - fortemente retemetamorfizado, com formação de clorita às expensas da mineralogia máfica, preservando localmente a composição quartzo-feldspática, textura granoblástica equigranular média, com clino e ortopiroxeno circundados por plagioclásio. Ocorrências isoladas de ortoanfibolitos e gnaisses trondjemíticos.	

Estruturas Lineares	Estruturas Planares
● Dique de diabásio	— Acamamento Sedimentar
↑ Lineação mineral	— Bandamento metamórfico
↑ Lineação de estiramento	— Foliação magmática
↑ Paleocorrente	— Foliação milonítica
— Lineamento	— Foliação metamórfica
▲▲▲▲▲ Zona de cataclase	



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
UFRGS
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM GEOLOGIA

GEOLOGIA DO GRANITO SANGA RASA, TERRENO TAQUAREMBO, BAGÉ, RS.
 SEÇÃO E MAPA GEOLÓGICO
 MODIFICADO DO PROJETO BAGÉ-TORQUATO, MAPEAMENTO UFRGS (2012)

ESCALA: 1:50.000
 Autor: Guilherme Baldissera Tambara
 Orientador: Prof. Dr. Ruy Paulo Philipp (UFRGS)
 Supervisor: Prof. Eduardo Camozzato (UNISINOS/CPRM)

Novembro de 2013
ANEXO II