



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

**Centro de Tecnologia e Ciências**

**Faculdade de Geologia**

**Fernando dos Anjos Cotias**

**Faciologia da Suíte Serra dos Órgãos entre Petrópolis e  
Teresópolis, Região Serrana Fluminense.**

Rio de Janeiro

2019

Fernando dos Anjos Cotias

**Faciologia da Suíte Serra dos Órgãos entre Petrópolis e  
Teresópolis, Região Serrana Fluminense.**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Tectônica, Petrologia e Recursos Minerais.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Antônio Tupinambá Araújo de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos Salomão

Rio de Janeiro

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

Bibliotecária  
Responsável:  
Taciane  
Ferreira da  
Silva / CRB-7:  
6337

C844 Cotias, Fernando dos Anjos.  
Faciologia da Suíte Serra dos Órgãos entre Petrópolis e  
Teresópolis, Região Serrana Fluminense / Fernando dos Anjos Cotias.  
– 2019.  
101 f.: il.

Orientador: Miguel Antônio Tupinambá Araújo de Souza.  
Coorientador: Marcelo dos Santos Salomão.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Faculdade de Geologia.

Autorizo,  
apenas  
para fins  
acadêmicos  
e  
científicos,

1. Batólito – Órgãos, Serra dos (RJ) – Teses 2. Fácies (Geologia) -  
Órgãos, Serra dos (RJ) – Teses. 3. Magmatismo – Órgãos, Serra dos  
(RJ) – Teses. I. Souza, Miguel Antônio Tupinambá Araújo de. II.  
Salomão, Marcelo dos Santos. III Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro. Faculdade de Geologia. IV. Título.

CDU 551.22(815.3)

a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Fernando dos Anjos Cotias

**Faciologia da Suíte Serra dos Órgãos entre Petrópolis e Teresópolis, Região Serrana Fluminense.**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Tectônica, Petrologia e Recursos Minerais.

Aprovada em 23 de janeiro de 2019.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Miguel Antônio Tupinambá Araújo de Souza (Orientador)  
Faculdade de Geologia - UERJ

---

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Salomão (Coorientador)  
Faculdade de Geologia – UERJ

---

Prof. Dr. Rubem Porto Junior  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Sergio Wilians de Oliveira Rodrigues  
Universidade Federal de Goiás

Rio de Janeiro

2019

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha amada esposa Lara Cotias - a quem também dedico este trabalho - pelo apoio incondicional e pela paciência durante a constante luta pela conciliação de trabalho e estudos, período este em que meu tempo livre foi bastante limitado. Também aos meus pais e irmãos, pelo suporte e incentivo de sempre.

Expresso também gratidão ao meu orientador, Miguel Tupinambá, pela oportunidade, pelos ensinamentos, e por toda a paciência e compreensão. Sempre analítico e minucioso, um exemplo que levarei para minha vida profissional.

Agradeço ao Marcelo Salomão, pela co-orientação, auxiliando-me ativamente no tratamento dos dados aerogeofísicos e me ajudando nas vezes em que precisei de socorro no Geosoft. Também sou grato por disponibilizar o Laboratório de Exploração Mineral (LEXIMIN – UERJ) para realização de atividades e reuniões.

Registro minha gratidão à Dimas Fernando, José Roberto Reis, Alexandre Kaliu, Joscil Galvão e Marcelo Rocha da Mineração Caraíba, além da própria empresa, pelo apoio à minha qualificação.

Sou muito grato também aos meus tios Tereza e João, Célia, Alba e Elísio, por me oferecerem estadia na cidade do Rio de Janeiro nas semanas em que realizava as disciplinas.

À Clayton Janoni e Emílio Alderete pelo apoio e pelas cartas de recomendação.

Agradeço ao Pedro Garcia, Otto Vaz e Thais Monteiro, pela parceria e dicas, as quais muito me foram úteis. Agradeço também aos colegas Pablo Graia e Wilton Lima com a sessão de *freewares*, de grande importância para esta pesquisa.

Minha gratidão a Eduardo da Silva, pelas informações dadas sobre as trilhas e por ter me acompanhado na árdua subida para o Pico do Pilatos. À Comunidade quilombola de Tapera pela receptividade, especialmente à Evair e Amarildo por me conduzirem ao topo do Cantagalo. À Gustavo Cotias e Luciano Renan por também terem me acompanhado em campo.

Agradecimentos ao Francis de Camaret pela autorização para acessar a bela Fazenda Boa Esperança.

Registro minha gratidão ao Nelson Fernandes pela oportunidade que me foi oferecida de participar de um projeto na área vizinha, mas que devido à minha mudança para Bahia, infelizmente não pudemos concretizar. Agradeço também à

Mayara Marinho, participante do referido projeto, por suas contribuições durante nossas discussões em campo.

Minha gratidão também ao Nilton Costa do DRM-RJ pela sessão das folhas Teresópolis, Petrópolis e Itaipava, bases para execução deste trabalho.

Sou agradecido ao Luiz Gustavo Rodrigues Pinto (DISEGE – CPRM) pela disponibilização dos dados aerogeofísicos do Projeto Rio de Janeiro. Também agradeço à Coordenação de Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pela sessão das fotografias aéreas, fundamentais para as foto-interpretações.

Agradeço à Rodrigo Peternel, Sérgio Williams, Marcelo Salomão, Miguel Mane e Mônica Heilbron pelas orientações e sugestões dadas durante os seminários apresentados no decorrer do trabalho.

Ao pessoal do Laboratório Geológico de Preparação de Amostras (LGPA-UERJ), Núbia e Luís pela confecção das lâminas delgadas e Gabriela pela orientação durante preparação de amostras.

Agradecimentos são devidos ainda à Monica Heilbron pelo financiamento das análises químicas. Ao Cláudio Valeriano e sua equipe do Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos (LAGIR-UERJ) pelas análises realizadas. Agradeço também ao Júlio Mendes e sua equipe do LABSONDA/UFRJ, pelas análises de química mineral.

Sou grato à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de pesquisa, fundamental para execução deste trabalho.

E finalmente agradeço à FGEL/UERJ por toda a infra-estrutura, laboratórios (incluindo também o laboratório de petrografia da FGEL), demais professores, corpo técnico, que sem dúvida tiveram grande contribuição neste trabalho. A Universidade do Estado do Rio de Janeiro para mim foi um acontecimento extraordinário. O pouco período que passei por esta instituição foi um capítulo muito marcante escrito na minha vida, o qual guardarei com muito carinho. A UERJ resiste com muita luta contra todo o descaso do poder público para com a educação, e seus funcionários merecem todo respeito pelo ensino, pesquisa e extensão de excelência entregues à população fluminense, resultado da luta cotidiana e compromisso com o ensino de qualidade. Também dedico meu trabalho à esta belíssima instituição.

## RESUMO

COTIAS, Fernando dos Anjos. **Faciologia da Suíte Serra dos Órgãos entre Petrópolis e Teresópolis, Região Serrana Fluminense**. 2019. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Faculdade de Geologia, Universidade do estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

O batólito Serra dos Órgãos constitui a feição dominante da Serra do Mar e se estende por mais de 140 km em abundantes exposições rochosas que demonstram a grande continuidade deste maciço e sua variedade composicional. Esta variedade compõe a chamada Suíte Serra dos Órgãos, representada na área de trabalho por três diferentes fácies: gnaiss leucocrático granítico, allanita gnaiss granítico e hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico. Estas fácies dispõem-se em faixas quilométricas alongadas, geralmente paralelizadas com a foliação e aos lineamentos estruturais. A foliação é marcada pela orientação de agregados máficos, geralmente biotíticos, embora contenha maior proporção de hornblenda nos tipos mais granodioríticos. Na área de estudo verificou-se que esta foliação mergulha com mais frequência para sul e sudeste, diferentemente do padrão de mergulho para noroeste conhecido para a SSO. A verificação da orientação de cristais eudrais de feldspatos indeformados indicam que a foliação foi gerada principalmente por fluxo magmático. Posteriormente esta foliação primária teria sido superimposta por pequenas zonas de cisalhamento dentro do plúton granítico, o que pode representar os reflexos do campo tensional após ou durante o estágio magmático, imprimindo feições de cisalhamentos locais e dobramentos dentro dos corpos ígneos associados a um sistema transpressivo. Dados geobarométricos apontam para pressões distintas de cristalização dos gnaisses graníticos leucocráticos (6,6kbars) e os hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos (5,8kbars). Estes valores permitem indicar profundidades de alojamento e cristalização comparáveis à crosta média a inferior. Os diagramas discriminantes de ambientes tectônicos apresentados corroboram que este posicionamento tenha ocorrido em um contexto tardi-tectônico. Dados isotópicos apontam para idade de extração mantélica dos magmas que deram origem a Suíte Serra dos Órgãos por volta de 1.4Ga. O protólito deste magma possivelmente sofreu intensa fusão crustal com potencial enriquecimento em Sm.

Palavras-chave: Serra dos Órgãos. Batólito. Suíte magmática. Intrusões ígneas.  
Neoproterozoico.

## ABSTRACT

COTIAS, Fernando dos Anjos. **Facies of Serra dos Órgãos Suite Between Petrópolis and Teresópolis, Mountain Range of Rio de Janeiro State.** 2019. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Faculdade de Geologia, Universidade do estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

The Serra dos Órgãos batholith is the dominant feature of Serra do Mar and it extends over 140 km in abundant rocky exposures that demonstrate the great continuity of this massif and its compositional variety. This variety composes the so-called Serra dos Órgãos, represented in the work area by three different facies: leucocratic granite gneiss, allanite granite gneiss and hornblende-biotite granodioritic gneiss. These facies are arranged in elongated kilometeric bands, generally parallel to foliation and structural lineaments. The foliation is marked by the orientation of mafic aggregates, generally biotitic, although it contains a greater proportion of hornblende in the granodioritic types. In the study area, it was observed that this foliation most often dips to the south and south-east, unlike the known northwest dip pattern for SSO. The verification of the orientation of euhedral crystals of undeformed feldspars indicates that the foliation was generated mainly by magmatic flow. Subsequently this primary foliation would have been superimposed by small shear zones within the granitic pluton, which may represent the tension field reflections after or during the magmatic stage, imparting features of local shears and folds within the igneous bodies associated to a transpressive system. Geobarometric data calculations showed distinct crystallization pressures for leucocratic granitic gneisses (6.6kbars) and hornblende-biotite granodioritic gneisses (5.8kbars). These values allow the indication of emplacement and crystallization depths comparable to the middle and lower crust. The discriminant diagrams of the presented tectonic environments corroborate that this positioning occurred in a late tectonic context. Isotopic data suggests that the age of the magmas' melt extraction, that originated the Serra dos Órgãos Suite, is around 1.4Ga. The protolith of this magma possibly underwent intense crustal fusion with potential Sm enrichment.

Keywords: Serra dos Órgãos. Batholith. Magmatic suite. Igneous intrusions.  
Neoproterozoic.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Junção das Folhas 1:50.000 Itaipava (à esquerda) e Teresópolis (à direita).....	16
Figura 2 -	Localização da área de estudo.....	18
Figura 3 -	Modelo digital do terreno sombreado.....	18
Figura 4 -	Fluxograma destacando as principais etapas da pesquisa.....	19
Figura 5 -	Laboratório LabSonda/UFRJ.....	23
Figura 6 -	O megacontinente Gondwana, com suas porções oriental e ocidental.....	24
Figura 7 -	Mapa geológico do Terreno Oriental da Faixa Ribeira na Região Serrana Fluminense.....	25
Figura 8 -	Localização do Complexo Rio Negro, da Suíte Serra dos Órgãos e dos plutons tardios da Suíte Nova Friburgo.....	28
Figura 9 -	Proterozóico superior com destaque para período Ediacarico.....	29
Figura 10 -	Idades das intrusões pós-tectônicas da Suíte Nova Friburgo.....	31
Figura 11 -	Pico do Pilatos (ITFC221) formado por allanita-gnaiss granítico. Ao fundo é possível ver a cidade de Teresópolis.....	33
Figura 12 -	Classificação petrográfica da fácies graníticas da Suíte Serra dos Órgãos plotados no diagrama QAP .....	34
Figura 13 -	Texturas da fácies gnaiss leucocrático granítico.....	35
Figura 14 -	Fotomicrografia da Lamina TSFC22 (Flg), onde é possível verificar a grande quantidade de cristais de microclina. No lado esquerdo inferior da foto, verificam-se grandes cristais de quartzo.....	35
Figura 15 -	Amostras de allanita gnaiss.....	37
Figura 16 -	Fotomicrografia da fácies leucocrática granítica (Fag).....	37
Figura 17 -	Amostras representativas da fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico.....	38
Figura 18 -	Classificação petrográfica das rochas da Suíte Serra dos Órgãos, fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico, plotadas no diagrama QAP .....	39
Figura 19 -	Corte de estrada apresentando o contato das fácies hornblenda-	

	biotita gnaissé granodiorítico (Fgd) com a fácies allanita gnaissé granítico (Fag) além da presença de rochas da Suíte Nova Friburgo.....	40
Figura 20 -	A e B – Xenólito da fácies mesocrática dentro do allanita gnaissé granítico na base da face norte da Serra do Cantagalo (ITFC240).....	40
Figura 21 -	Fotomicrografia da amostra ITFC34 exibindo agregados máficos sendo parcialmente consumidos ao mesmo passo que observa-se uma expressiva cristalização tardia de quartzo.....	41
Figura 22 -	Afloramento em pedreira abandonada na cidade de Teresópolis (TSFC21). Restitos do Complexo Rio Negro acompanhando uma grande variação da orientação da foliação, em aspecto que remete ao movimento em condição fluida.....	41
Figura 23 -	Medidas de foliação obtidas em campo ao longo da área de estudo e adjacências.....	42
Figura 24 -	Distribuição dos pólos dos planos da foliação em rede estereográfica. Máximo em 355/38 calculado a partir de medidas em 147 afloramentos distintos.....	43
Figura 25 -	Fotomicrografias exibindo orientações minerais.....	44
Figura 26 -	Bandas de cisalhamento observadas no vale do Bonfim afetando a foliação primária.....	45
Figura 27 -	Classificação petrográfica das rochas do Complexo Rio Negro de acordo com o diagrama QAP .....	46
Figura 28 -	Contato entre as rochas do batólito com o complexo Rio negro no ponto ITFC22.....	47
Figura 29 -	Formas de ocorrência dos migmatitos do Complexo Rio Negro.....	47
Figura 30 -	Soleira inclinada de granito da Suíte Nova Friburgo em fotografia tirada na BR-495, com visada para Sul.....	49
Figura 31 -	Classificação petrográfica das rochas da Suíte Nova Friburgo de acordo com o diagrama QAP .....	49
Figura 32 -	Contato entre Suíte NF e Gnaisses da SSO no ponto TSFC44 - Abaixo de ponte próximo a entrada do bairro Quebra-Frascos.....	50

Figura 33 -	Croqui de corte de estrada na BR-495 .....	50
Figura 34 -	Formação de veios “em rede” de microgranitos e dioritos no ponto TSFC24 – Fazenda Boa Esperança.....	51
Figura 35 -	Estruturas de brechas ígneas observadas no ponto ITFC44 - Abaixo de ponte na entrada do bairro Quebra-Frascos.....	52
Figura 36 -	Estrutura de fluxo laminar em dique de microgranito (ITFC167).....	52
Figura 37 -	Diques de microgranito da Suíte Nova Friburgo cortando os gnaisses SSO e carregando xenólitos.....	53
Figura 38 -	Morfologias observadas no domínio Nova Friburgo.....	54
Figura 39 -	Lajedo na Fazenda Boa Esperança (ITFC24), em plano inclinado condicionado por estruturas de faturamento na mesma condição....	54
Figura 40 -	Faturas e bordas de resfriamento em intrusão (TSFC53).....	55
Figura 41 -	Diferença no padrão de relevo em mesoescala entre as suítes Nova Friburgo e Serra dos Órgãos.....	56
Figura 42 -	Diques máficos cortando as rochas da Suíte Serra dos Órgãos.....	57
Figura 43 -	Seção delgada em dique máfico do ponto ITFC193 com zoom em um dos <i>schlieren</i> máficos, este composto de cristais subedricos de anfibólio envolto por biotitas paralelizadas.....	58
Figura 44 -	Média de Susceptibilidade Magnética nos afloramentos com os respectivos desvios padrões. ....	61
Figura 45 -	Média de Susceptibilidade Magnética nos afloramentos com os respectivos desvios padrões, excluídas as médias relativas aos gnaisses da SSO em contato como os granitos pós-tectônicos.....	62
Figura 46 -	Mapa pseudo-iluminado do campo magnético total (reduzido do IGRF).....	63
Figura 47 -	Mapa pseudo-iluminado do sinal analítico e linhas utilizadas para confecção dos perfis.....	64
Figura 48 -	Perfil apresentando a variação das anomalias magnéticas e sua relação com a seção geológica.....	65
Figura 49 -	Mapa pseudo-iluminado regional da 1 <sup>o</sup> a Derivada Vertical do Sinal Analítico.....	66
Figura 50 -	Mapa pseudo-iluminado da 1 <sup>a</sup> derivada do sinal analítico.....	67

Figura 51 -	Projeção em três dimensões das principais anomalias magnéticas identificadas a partir do método de deconvolução de Euler.....	68
Figura 52 -	Diagramas TAS para classificação de rochas plutônicas confrontando proporções de álcalis e sílica de amostras de fácies da Suíte Serra dos Órgãos.....	72
Figura 53 -	Distribuição de elementos maiores em diagramas binários (Harker) mostrando a proporção de elementos maiores em função de SiO <sub>2</sub> em duas amostras da Flg, duas amostras da Fag e duas amostras da Fgd.....	73
Figura 54 -	Diagrama discriminante tectônico para granitos aplicados aos gnaisses da SSO .....	74
Figura 55 -	Diagrama QAP calculado a partir da norma CPIW+hb mostrando o <i>trend</i> de evolução das fácies da SSO.....	75
Figura 56 -	Diagrama AFM e Diagrama de classificação de rochas magmáticas segundo sua alcalinidade.....	76
Figura 57 -	Perfil de enriquecimento de elementos incompatíveis.....	77
Figura 58 -	Aranhograma dos Elementos Terras Raras Leves.....	78
Figura 59 -	Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos, aplicado aos ortognaisses da Suíte Serra dos Órgãos.....	79
Figura 60 -	Resultados de química mineral dos feldspatos descritos e classificados em lâmina.....	81
Figura 61 -	Formas dos anfibólios encontrados em seções delgadas.....	82
Figura 62 -	Composições dos anfibólios analisados plotadas no diagrama composicional .....	83
Figura 63 -	Diagrama de evolução do sistema Sm/Nd para rochas da Suíte Serra dos Órgãos.....	87
Figura 64 -	Diagrama $\epsilon_{Nd} \times ^{87}Sr/^{86}Sr$ para os gnaisses da suíte intrusiva Serra dos Órgãos.....	89
Figura 65 -	Faturas em zonas de cisalhamento.....	92
Figura 66 -	O batólito Serra dos Órgãos com destaque para a disposição oblíqua de suas subfácies.....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resumo das idades of U-Pb do Complexo Rio Negro, Suíte Serra dos Órgãos e granitos pós tectônicos na faixa Ribeira.....	30
Tabela 2 -	Dados de susceptibilidade magnética coletados em afloramentos.....	60
Tabela 3 -	Elementos maiores de amostras de dois gnaisses sieníticos das fácies leucocrática granítica (ITFC09, ITFC159), duas amostras da fácies allanita gnaiss granítico (ITFC156, TSFC02B) e de dois exemplares dos hornblenda-biotita gnaiss granodioríticos (TSFC42 e TSFC60), representantes da Suíte Serra dos Órgãos na área de estudo.....	67
Tabela 4 -	Elementos menores e traços de duas amostras da fácies gnaiss leucocrático granítico (ITFC09, ITFC159), duas amostras da fácies allanita gnaiss granítico (ITFC156, TSFC02B) e duas amostras da fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (TSFC42 e TSFC60), representantes da Suíte Serra dos Órgãos na área de estudo.....	71
Tabela 5 -	Cálculos de minerais normativos (CPIW+Hb).....	75
Tabela 6 -	Cálculos de pressão para anfibólios (feitos de acordo com Smidth, 1992).....	84
Tabela 7 -	Resultados das análises de razões isotópicas de Sm-Nd.....	86
Tabela 8 -	Resultados das análises de razões isotópicas de <sup>87</sup> Sr- <sup>86</sup> Sr. Gnaisses graníticos-à-allanita (TSFC2B e ITFC156), Hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos (TSFC42 e ITFC60) e Gnaisses graníticos leucocráticos (ITFC09 e ITFC159).....	88

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1	<b>METODOLOGIA</b> .....	19
1.1	<b>Cartografia Geológica e Amostragem</b> .....	19
1.2	<b>Geofísica – Métodos Potenciais</b> .....	20
1.3.	<b>Petrografia</b> .....	21
1.4.	<b>Litogeoquímica</b> .....	21
1.5.	<b>Química Mineral</b> .....	22
1.6.	<b>Geologia Isotópica</b> .....	23
2.	<b>GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	24
2.1	<b>Síntese Geocronológica</b> .....	28
3.	<b>PETROGRAFIA E ASPECTOS DE CAMPO</b> .....	32
3.1.	<b>Suíte Serra Dos Órgãos</b> .....	32
3.1.1.	<u>Petrografia das fácies</u> .....	33
3.1.1.1.	Fácies Gnaiss Leucocrático Granítico (Flg).....	33
3.1.1.2.	Fácies Allanita-Gnaiss granítico (Fag).....	36
3.1.1.3.	Fácies Biotita-Hornblenda gnaiss granodiorítico (Fgd).....	37
3.1.2.	<u>Relações entre fácies</u> .....	39
3.1.3.	<u>Natureza da foliação</u> .....	42
3.1.4.	<u>Septos do Complexo Rio Negro</u> .....	45
3.2.	<b>Suíte Nova Friburgo</b> .....	48
3.2.1.	<u>Estruturas rúpteis</u> .....	53
3.3.	<b>Diques Máficos</b> .....	56
4.	<b>GEOFÍSICA</b> .....	59
4.1.	<b>Susceptibilidade Magnética</b> .....	59
4.2.	<b>Aeromagnetometria</b> .....	62
4.2.1.	<u>Campo Magnético Total</u> .....	63
4.2.2.	<u>Amplitude do Sinal Analítico</u> .....	64
4.2.3.	<u>1ª Derivada Vertical</u> .....	65
4.2.4.	<u>Deconvolução de Euler</u> .....	67
5.	<b>LITOGEOQUÍMICA</b> .....	69

6.	<b>QUÍMICA MINERAL</b> .....	80
6.1.	<b>Composição</b> .....	80
6.2.	<b>Geobarometria</b> .....	84
7.	<b>GEOLOGIA ISOTÓPICA</b> .....	86
7.1.	<b>Dados Isotópicos Sm-Nd</b> .....	86
7.2.	<b>Dados Sr-Sr</b> .....	88
8.	<b>DISCUSSÃO</b> .....	91
8.1.	<b>Evolução da Suíte Serra dos Órgãos</b> .....	91
8.1.1	<u>Posicionamento</u> .....	91
8.1.2	<u>Cristalização e caracterização do magma</u> .....	93
8.1.3	<u>Geoquímica e ambiente tectônico</u> .....	95
8.1.4	<u>Colapso do orógeno</u> .....	96
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	98
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	99
	<b>APÊNDICE A</b> – Resultados das análises de química mineral.....	103
	<b>APÊNDICE B</b> – Mapa Geológico.....	106
	<b>APÊNDICE C</b> – Mapa de Pontos.....	107

## INTRODUÇÃO

De acordo com Barbosa & Grossi Sad (1985), o até então chamado Batólito Serra dos Órgãos constitui a feição dominante da Serra do Mar e se estende por ambas as vertentes por mais de 140 km, com exposições abundantes que demonstram a grande continuidade do maciço e sua variedade composicional.

Lamego (1938), ao iniciar estudos mais direcionados à região serrana, reconheceu sua origem ígnea e descreveu este terreno como sendo granítico, constituído por um grande batólito, termo adotado por diversos autores até os dias de hoje. Rosier (1957), entretanto, foi o primeiro a cartografar as variedades faciológicas existentes neste corpo, identificando uma unidade de “gnaisses mais ou menos melanocráticos migmatizados” e outra de “microclima-oligoclásio-biotita com variedades leucocráticas a até hololeucocráticas”. Assim, em 1965, Rosier preferiu nomear este grupo como “Série Serra dos Órgãos”. Em seu mapa, porém, devido sua grande escala de trabalho, o autor sugere as ocorrências da fácies leucocráticas em duas localidades restritas: Itaipava e nas proximidades da cidade de Nova Friburgo.

Matos *et al.* (1980), durante execução do Projeto Faixa Calcária Cordeiro-Cantagalo, cartografou uma subunidade do então Batólito Serra dos Órgãos adotando critérios estruturais, nomeando-a de Unidade Monerá.

Já Barbosa e Grossi Sad (1980), empregando metodologia semelhante ao de Rosier (1957) para a distinção das fácies do Batólito Serra dos Órgãos, reconheceram e delimitaram diversas faixas composicionais alongadas na direção NE-SW, estendendo este raciocínio por todas as ocorrências do batólito nas folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo.

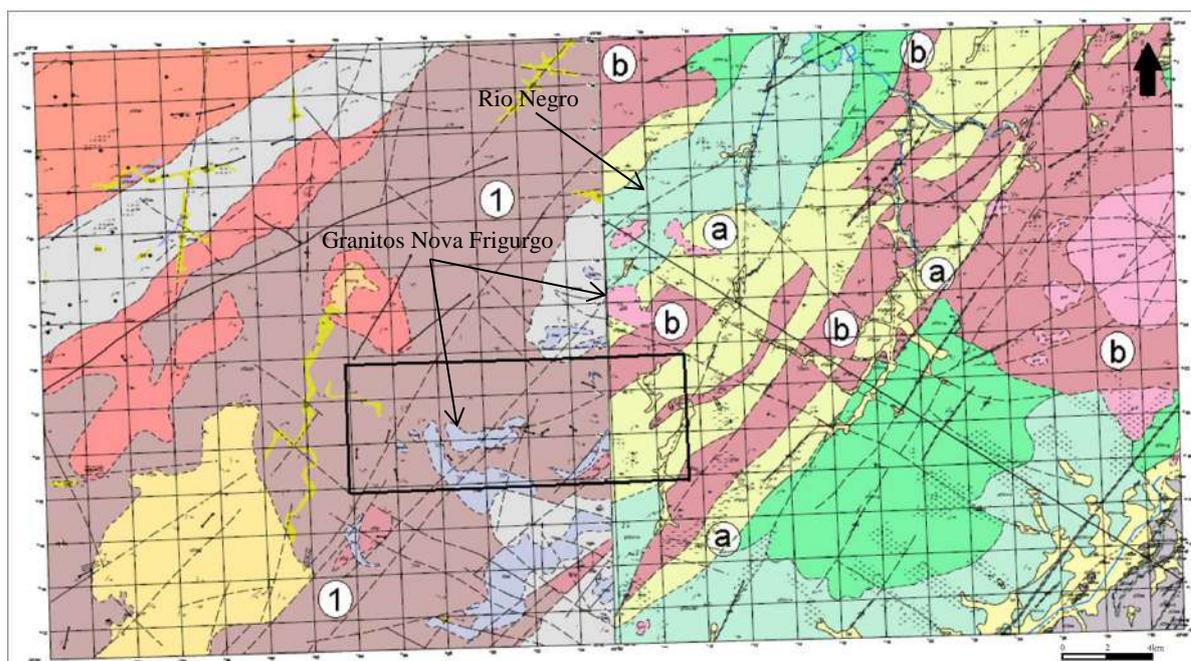
Similarmente, Tupinambá (1999) subdividiu a unidade Serra dos Órgãos em diversas faixas composicionais, reconhecendo um *trend* semelhante (NE-SW) de intercalação faciológica. Em 2012 o mesmo autor sugere a denominação deste grupo como “Suíte Serra dos Órgãos”,

Nesse sentido, Machado (1990), em diversas publicações a cerca da evolução da Suíte Serra dos Órgãos (1995, 1997 e 2016), também enfatiza essa variação faciológica em dois grupos distintos, um granodiorítico e outro granítico.

Todos estes trabalhos contribuíram expressivamente com o enriquecimento do tema relacionado às fácies da Suíte Serra dos Órgãos, trazendo a percepção de exequibilidade de cartografá-las.

De fato, como citado em diversos projetos na região, este mapeamento já fora realizado. Todavia, na cartografia original da Suíte Serra dos Órgãos, realizada por diferentes equipes durante o Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro (DRM/RJ), a cartografia das fácies não foi realizada ao longo de toda extensão do corpo plutônico (Fig. 1). Na Região Serrana Fluminense, as litofácies foram cartografadas na folha Teresópolis (1:50.000) por Barbosa e Grossi Sad (1980). Entretanto, na folha vizinha Itaipava, de mesma escala, executada por Penha *et al.* (1981), os dois litotipos referidos foram englobados em uma unidade indivisa.

Figura 1 – Junção das Folhas 1:50.000 Itaipava (à esquerda) e Teresópolis (à direita).



Legenda: (1) Gnaisses do Batólito Serra dos Órgãos; (a) Gnaisses Granodioríticos a quartzo dioríticos; (b) Gnaisses Graníticos Leucocráticos.

Fonte: Penha *et al.* (1984), Grossi Sad (1980).

Busca-se neste trabalho reconhecer e padronizar as descrições das diferentes litofácies da folha Teresópolis para que possam ser estendidos à folha vizinha, visando contribuir para uniformização da cartografia interna da Suíte Serra dos Órgãos. Além disso, a petrografia, a composição química e a idade de cristalização das fácies, que não foram estabelecidas nos trabalhos anteriores, foi objeto de estudo deste projeto.

Por outro lado, os granitos pós-colisionais da Suíte Nova Friburgo foram atribuídos ao colapso orogênico do Orógeno Ribeira (Valeriano *et al.* 2011), entretanto, os mecanismos de colocação dos plútons ainda não foram devidamente detalhados. Assim, o presente projeto também visou cartografar os corpos mais expressivos deste magmatismo na área e discutir sobre sua tectônica, com vistas a estabelecer um modelo local de alojamento dos plútons pós-tectônicos.

## Objetivos

Este projeto tem como objetivo contribuir para o estabelecimento de um modelo de evolução tectônica e magmática do magmatismo neoproterozoico a Cambriano da Faixa Ribeira na Região Serrana Fluminense, entre Petrópolis e Teresópolis.

Para subsidiar o modelo evolutivo, o projeto pretende:

- a) Caracterizar, do ponto de vista petrográfico, geoquímico e geocronológico, as diversas fácies magmáticas dos ortognaisses da Suíte Serra dos Órgãos;
- b) Estabelecer a geometria e as relações de contato entre os ortognaisses da Suíte Serra dos Órgãos e os granitos pós-colisionais da Suíte Nova Friburgo.

## Localização da área de estudo

A área de estudo encontra-se na região serrana fluminense (Fig. 2). O acesso a partir da cidade do Rio de Janeiro, é feito pela BR-040 sentido Belo Horizonte onde, a cerca de 80km, há a intersecção com a BR-495, que liga Itaipava a Teresópolis, cortando longitudinalmente toda a área. Também pode-se acessar Teresópolis diretamente a partir da BR-116.

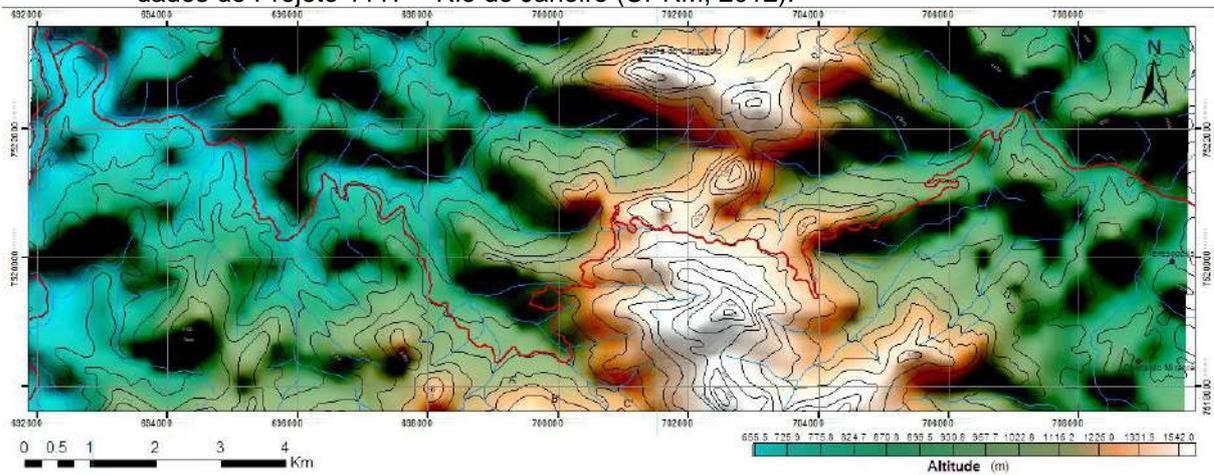
A área é cortada a oeste pelos rios Jacó e Cuiabá, afluentes do Rio Piabanha, e a leste pelo Rio Paquequer. A drenagem assume um padrão dendrítico na porção oeste do mapa. As altitudes variam entre 665m a 1950m (Fig.3), com zonas de intensa cobertura vegetal, principalmente no Parque Nacional Serra dos Órgãos. O setor central da área contém paredões escarpados e as maiores elevações enquanto que a parte oeste apresenta relevo relativamente mais suavizado e rochas em nível maior de alteração.

Figura 2 – Localização da área de estudo



Fonte: Google Earth, 2018

Figura 3 – Modelo digital do terreno sombreado, confeccionado no software Geosoft, a partir dos dados do Projeto 1117 – Rio de Janeiro (CPRM, 2012).



Fonte: O autor, 2019.

# 1 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho, de forma a atingir o objetivo proposto seguiu técnicas e procedimentos comuns aos adotados em projetos de mapeamento geológico de detalhe, cujas etapas principais, apresentadas na figura 4, são detalhadas no presente capítulo.

Figura 4 - Fluxograma destacando as principais etapas da pesquisa



Fonte: O autor, 2019

## 1.1 Cartografia Geológica e amostragem

Os mapas geológicos das folhas 1:50.000 Itaipava (Penha, 1981) e Teresópolis (Barbosa e Grossi Sad, 1980) integrantes do Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro (DRM/RJ) foram georreferenciados e integrados às folhas 1:100.000 Três Rios (Heilbron e Tupinambá, 2007) e Nova Friburgo (Heilbron e Tupinambá, 2009) para compor uma base de dados a ser verificada.

Para o mapeamento fotogeológico, ortofotos 1:25.000 foram cedidas pela Coordenação de Cartografia do IBGE e convertidas em anaglifos usando o software

*StereoPhotoMaker*® para serem transformadas em arquivo *raster* e interpretadas diretamente no software *ArcGis*® (ESRI, 2008) através de óculos 3D anaglífico.

O mapeamento geológico (APÊNDICE B) foi realizado em escala 1:50.000 e teve como eixo a rodovia BR-495 (Fig. 2) que liga os centros urbanos de Petrópolis (Itaipava) e Teresópolis, com numerosos e extensos cortes de estrada em rochas das suítes Serra dos Órgãos e Nova Friburgo.

A partir da rodovia BR-495 foram percorridas as principais estradas e caminhos em áreas urbanas e rurais. O mapeamento foi realizado de leste para oeste, acompanhando a continuidade das fácies estabelecidas por Barbosa e Grossi Sad (1980) na Folha Teresópolis. O terreno montanhoso e algumas ocupações, tanto de propriedades rurais, quanto urbanas, limitaram o acesso aos afloramentos em muitas localidades. Diversos afloramentos foram visitados dentro da área de estudo e em seu entorno, totalizando 250 estações cadastradas.

Para a representação das medidas estruturais, neste trabalho foi adotada a notação de direção de mergulho/mergulho.

## 1.2 Geofísica – métodos potenciais

A área de estudo se encontra em região montanhosa, com dificuldade de acesso e contem extensos afloramentos na forma de paredões e topos rochosos. Nestas condições a identificação dos litotipos e litofácies pode ser facilitada como a utilização de informações de levantamentos aerogeofísicos em magnetometria e espectrometria gama. Estes dados estão disponíveis no Projeto 1117 - Rio de Janeiro, com aquisição empreendida em 2011/2012 pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os mesmos foram cedidos pela CPRM para uso acadêmico, por solicitação da UERJ. Para interpretação e tratamento dos referidos dados, foi utilizado como recurso o software GEOSOFT, da Oasis Montaj©.

O aparelho Terraplus KT-10 S/C foi utilizado para a verificação da susceptibilidade magnética das rochas da área em campo, a fim de estabelecer relações com os dados aerogeofísicos. Este aparelho calcula a susceptibilidade magnética a partir da diferença de frequência entre os valores obtidos no ar (background) e na amostra. Assim, antes e depois de cada medição na rocha, o aparelho deve ser posicionado de forma a tomar medidas ao ar livre para sua

calibração. Uma vez identificado o alvo no afloramento, dez medidas foram tomadas estabelecendo um raio de amostragem de aproximadamente 1m.

Foram mensuradas as susceptibilidades magnéticas de 64 afloramentos totalizando 640 medidas registradas.

### 1.3 Petrografia

As litofácies das Suítes Serra dos Órgãos, Nova Friburgo e Rio Negro foram amostradas para análise petrográfica em luz polarizada para identificação da assembleia mineralógica e microtexturas além da classificação petrográfica. As lâminas delgadas foram elaboradas pelo Setor de Laminação do Laboratório Geológico de Processamento de Amostras (LGPA) da Faculdade de Geologia.

Um total de 63 lâminas foram confeccionadas, sendo 47 da suíte Serra dos Órgãos, 10 da Suíte Nova Friburgo e seis da Unidade Rio Negro. A descrição petrográfica foi feita no Laboratório de Petrografia da FGEL UERJ.

### 1.4 Litogeoquímica

Seis amostras foram enviadas para análise química de rocha total de elementos maiores (ICP) e traços (ICP/MS), no laboratório ACTLABS em Ontario (Canadá), com vista à classificação geoquímica de rochas, análise petrogenética e ambiência tectônica.

As amostras foram coletadas em cortes de estrada e pedreiras desativadas, no intuito de evitar alteração química por intemperismo. Foram extraídas seis amostras da Suíte Serra dos Órgãos: duas amostras de gnaiss leucocrático granítico, duas de allanita-gnaiss granítico e duas de hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico.

Todos os procedimentos de preparação das amostras foram realizados no LGPA (UERJ). Os exemplares escolhidos foram serrados em frações menores, lavados e secados em fornos a 60°C. Posteriormente as amostras foram esmagadas dentro de sacos plásticos rígidos utilizando marreta e bigorna até atingirem a

granulometria de 18 *mesh* (1 mm) para em seguida passarem pelos moinhos de bola. Após este processo, as amostras enviadas para o Activation Laboratories Ltd (ACTLABS).

Os resultados geoquímicos foram tratados utilizando o *freeware* GCDkit, onde foram gerados os gráficos e plotados os dados nos diagramas de classificação de rochas e geotectônico.

### 1.5 Química mineral

Dois dias foram utilizados no Labsonda, Laboratório de microsonda do Departamento de Geologia da UFRJ, para realização de análises pontuais em três lâminas polidas (duas da Suíte Serra dos Órgãos e uma da Suíte Nova Friburgo). Estas análises visam: a) obter a proporção de alumínio em hornblenda para determinação da pressão em que foi formado o mineral, permitindo assim obter a profundidade de cristalização magmática; b) composição dos feldspatos e verificação da existência de zonação química.

Para isto, três seções delgadas foram confeccionadas no LGPA (UERJ), sem lamínulas. Posteriormente estas seções foram polidas no laboratório de laminação da UFRJ. Em seguida, utilizando um microscópio petrográfico, e fotografados os espécimes minerais a serem analisados e editados em computador os pontos de interesse (borda e núcleo) para cada mineral selecionado.

No laboratório (Labsonda), a cobertura com carbono foi realizada antes de submeter as lâminas ao equipamento. A microsonda eletrônica JXA-8239 (Fig. 5), da marca JEOL, foi utilizada para as análises, submetendo áreas de 1 micrômetro a um feixe eletrônico de 15 keV produzido por uma corrente de 20 nA gerada em um filamento de W. Interagindo com a amostra, o feixe produz raios-x de espectros característicos para cada elemento analisado. Estes são difratados em cristais altamente sensíveis e direcionados para detectores, onde são contados e comparados com padrões na base de dados do equipamento.

### 1.6 Geologia Isotópica

As amostras para os métodos Sm/Nd e Sr/Sr foram as mesmas utilizadas para litogeoquímica, coletadas segundo os mesmos critérios citados no item anterior. As amostras foram preparadas no Laboratório Geológico de Preparação de Amostras, da UERJ. Estas foram coletadas de uma fração daquelas utilizadas para rocha total, sendo assim, para sua preparação estas passaram pelos mesmos procedimentos de serra, bigornas e moinhos de bola até que atingissem a granulometria de 18 *mesh* (1mm). Após a obtenção do pó de rocha, parte do material foi destinado ao Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Neste laboratório, as amostras foram quarteadas e o pó resultante foi submetido a um ataque químico com a mistura de HF e HNO<sub>3</sub>. Para diluição isotópica, adicionou-se um traçador às amostras.

Figura 5 – Laboratório LabSonda/UFRJ.



Fonte: O autor, 2019

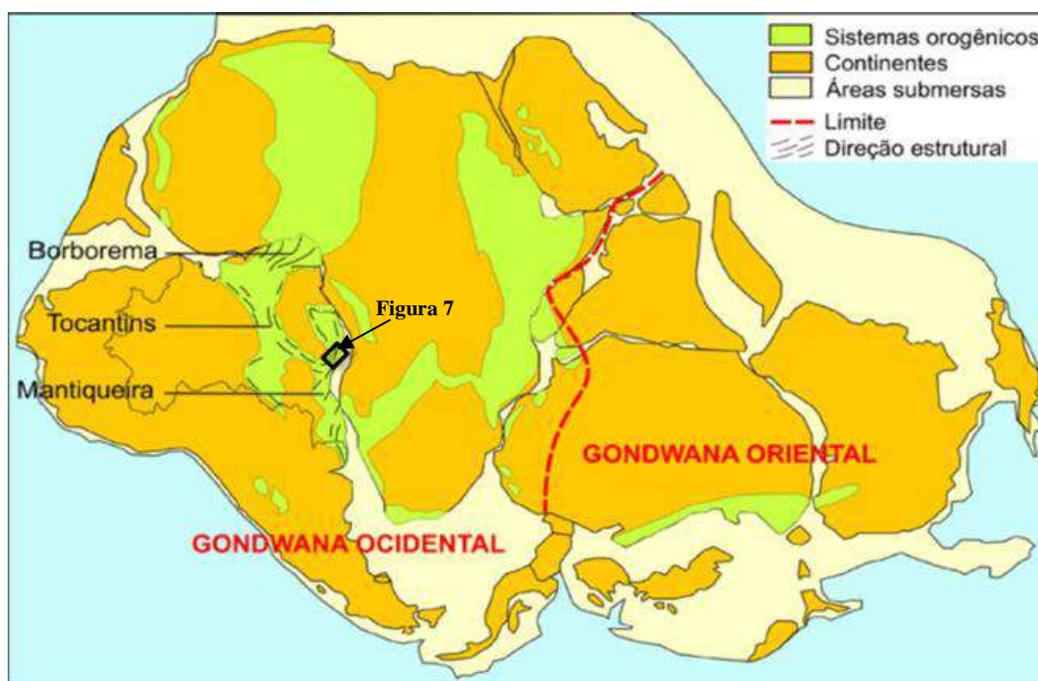
Posteriormente às etapas de separação química, as amostras foram analisadas em espectrômetro de massa ID-TIMS (*Thermallionization Mass Spectrometry*) no Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos (LAGIR/UERJ) para a determinação de razões  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ ,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  e  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ .

## 2 GEOLOGIA REGIONAL

Durante a colisão neoproterozoica que originou o supercontinente Gondwana, evento conhecido no Brasil como Orogenia Brasileira, a convergência entre os Crátons São Francisco/Congo e Amazônico (além de outros terrenos menores) resultou na instalação de uma série de faixas móveis pelo país, deformando bacias sedimentares, formando arcos magmáticos e acrescionando terrenos mais antigos, além da geração de intrusões ígneas, em sua maioria graníticas. Este grande evento geológico deu origem a três grandes províncias tectônicas brasileiras: Borborema, Tocantins e Mantiqueira (Fig. 6).

A Província Mantiqueira inclui um cinturão orogênico que se estende paralelamente ao litoral, denominado Faixa Ribeira (Almeida *et al.* 1977, 1981). Esta perfaz o embasamento cristalino de grande parte da Região Sudeste do Brasil.

Figura 6 - O megacontinente Gondwana, com suas porções oriental e ocidental.

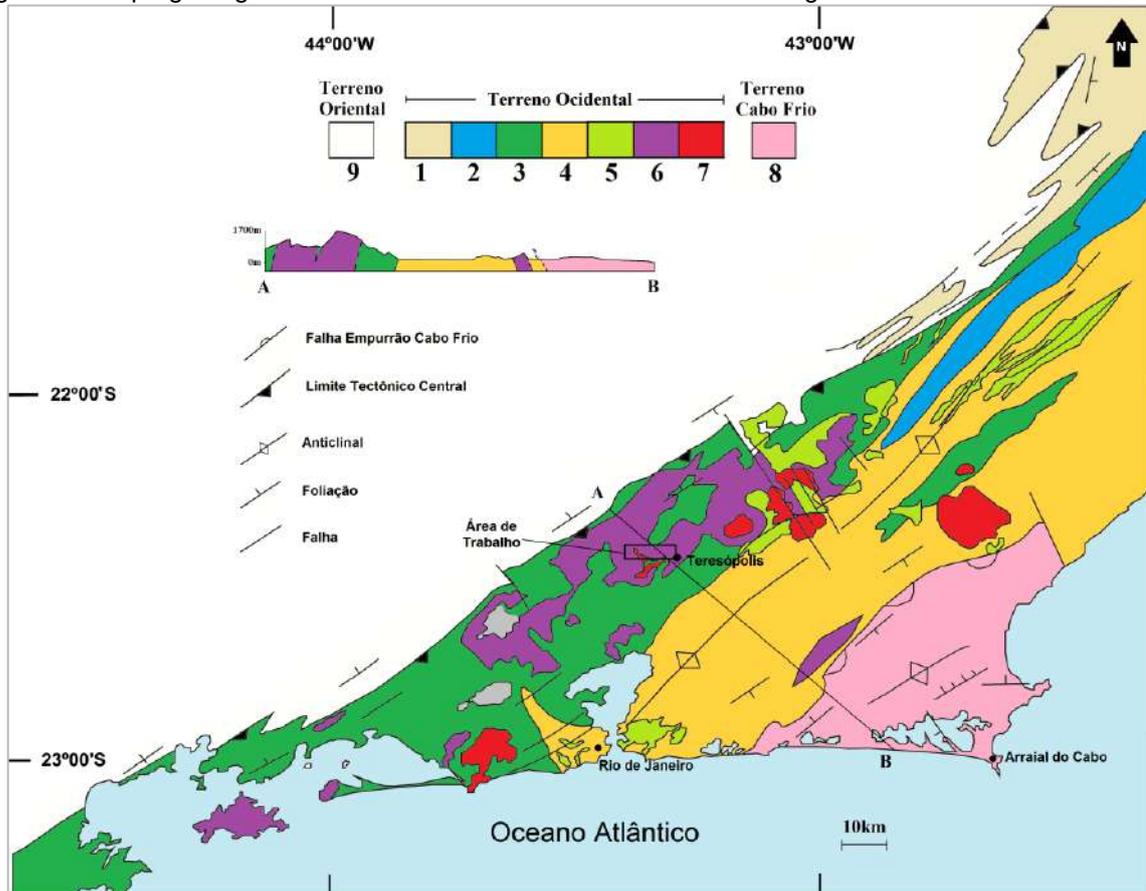


Fonte: de Witt *et al.* (1999), modificado por Hasui (2010)

Na Faixa Ribeira, em seu segmento central, os efeitos tectono-metamórficos e o magmatismo resultantes da Orogênese Brasileira afetaram unidades supracrustais meso a neoproterozoicas e o embasamento mais antigo em intensidades distintas, gerando diversos tipos de terrenos (Heilbron *et al.*, 1995).

Desta forma, Heilbron (2000) dividiu a faixa ribeira nos compartimentos tectono-estratigráficos Ocidental, Oriental, Paraíba do Sul/Embu e Cabo Frio. Os três primeiros terrenos foram amalgamados entre 605 e 570 Ma (Machado *et al.*, 1996; Heilbron & Machado, 2003), enquanto que Terreno Cabo Frio foi acrescido ao final da colagem orogênica, em 530-510 Ma (Schmitt *et al.*, 2005). O Terreno Ocidental corresponderia à paleoplaca inferior (Placa Sanfranciscana), e o Terreno Oriental a placa superior, na qual se instalou o arco magmático responsável pela colisão Arco/Continente. Estudos termocronológicos desenvolvidos na Faixa Ribeira indicam o pico de metamorfismo entre 590-560 (Machado *et al.*, 1996).

Figura 7 - Mapa geológico do Terreno Oriental da Faixa Ribeira na Região Serrana Fluminense.



Legenda: 1 – Grupo Bom Jesus de Itabapoana; 2: Grupo Italva; 3: Complexo Rio Negro; 4: Grupo São Fidélis; 5: Suíte Cordeiro; 6: Suíte Serra dos Órgãos; 7: Suíte Nova Friburgo; embasamento e cobertura dos terrenos: 8, Terreno Cabo Frio; 9, Ocidental. (Tupinambá *et al.* 2012)

Fonte: Adaptado de Tupinambá *et al.*, 2011.

Na Região Serrana Fluminense, setor oriental da Faixa Ribeira (Fig. 7), a evolução tectônica e magmática se inicia ao fim do Criogeniano (Neoproterozoico médio) com a instalação e desenvolvimento do arco magmático Rio Negro entre 630 e 600 Ma (Tupinambá *et al.* 2000; Heilbron & Machado, 2004).

Com o desenvolvimento da subducção, seguiu-se um período de colisão no Ediacarano (Neoproterozoico tardio), onde este arco magmático juntamente a sua margem passiva a oeste, foram metamorfizados com a geração dos gnaisses migmatíticos da Suíte Cordeiro (Tupinambá *et al.* 2012), incluída no Complexo Rio Negro (Tupinambá *et al.*, 1996).

O Complexo Rio Negro é representado por um conjunto de ortognaisses e granitoides (diorito, tonalito gnaiss, leucogranito e gnaiss porfiróide), fracamente deformados e com diversas feições de injeção entre si (Tupinambá *et al.* 1996).

Ao final deste evento colisional, entre 570Ma (Silva, *et al.*, 2003) e 560 Ma (Tupinambá, 1999) o magmatismo calci-alcálico da Suíte Serra dos Órgãos teria se desenvolvido com a implantação de uma grande soleira em contexto tardi-tectônico (Tupinambá, 1999) nas rochas do Complexo Rio Negro (Fig. 8). Sua composição é variada, o que levou Barbosa e Grossi Sad (1980) à subdivisão em duas fácies distintas. Uma delas teria composição granodiorítica a quartzo diorítica e outra granítica leucocrática. Segundo os autores, as fácies apresentam contatos bruscos ou composicionais, com distribuição no terreno variada entre elas.

De acordo com Machado & Damange (1994), a caracterização de um magmatismo de composição expandida do tipo-I Cordilheriano, com afinidade cálcio-alcálica, sugere fortemente a presença de uma margem continental ativa, com subducção da litosfera oceânica, semelhante ao da cadeia andina. Ainda segundo ele, o nível crustal profundo da colocação destes granitos (fácies anfíbolito) e o longo tempo necessário para a sua cristalização teriam favorecido o papel de coadjuvante de diversos processos de contaminação e acumulação magmática.

Tupinambá *et al.* (2012), propõem que o magma da Suíte Serra dos Órgãos compartilha do registro do episódio de acreção crustal das rochas do Complexo Rio Negro e dos corpos gabróticos (à exceção do tonalito gnaiss). A composição tonalítica de muitas amostras da suíte, o caráter metaluminoso e a presença de hornblenda primária (Tupinambá 1999) também apontam para a participação de ortognaisses na fonte do magmatismo.

Segundo Barbosa e Grossi Sad (1985) o posicionamento desses plútons dentro do ciclo orogênico seria evidenciado pela frequente foliação gnáissica. Tupinambá (1999), entretanto, observou que numerosas evidências estruturais indicam que essa

foliação teria sido gerada principalmente por fluxo magmático, seguida de recristalização estática.

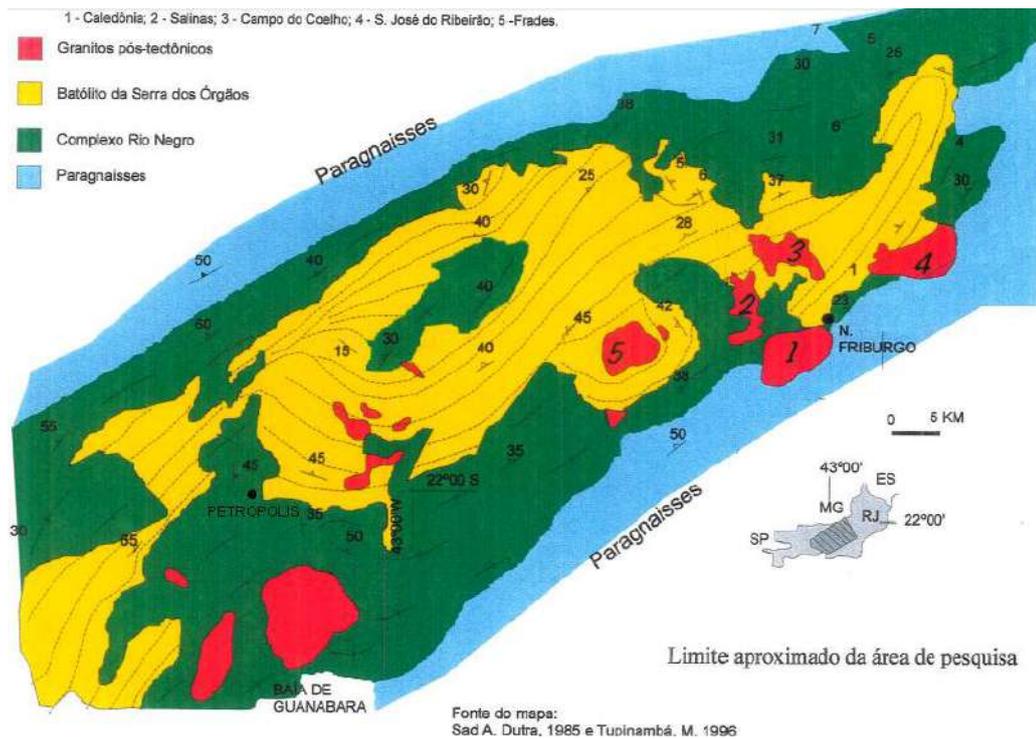
Por outro lado, considerando que na Faixa Ribeira o regime de deformação variou de compressivo a distensivo durante o evento colisional, Machado (2016) sugere que as rochas desta suíte teriam intrudido em um episódio extensional em 580Ma, em uma grande zona de cisalhamento que separa os terrenos orientais dos ocidentais. De fato, o período pós-colisional é representado por uma fase de deformação tardia, resolvendo o encurtamento através de redobramentos e da implantação de zonas de cisalhamento com componente direcional dextral (Chrispim & Tupinambá 1989, Ebert *et al.* 1991, Corrêa Neto *et al.* 1993, Heilbron 1993, Machado & Endo 1993, Heilbron 2003), sendo a mais representativa na região a Zona de Cisalhamento Paraíba do Sul.

Posteriormente, a progressiva exumação do conjunto contribuiu com o colapso tectônico e consequentes manifestações magmáticas cambro-ordovicianas, representadas por plútons e diques subverticais a sub-horizontais de granitos sem feições de deformação interna, o que levou Rosier a definir os mesmos como pós-tectônicos. O mesmo autor em 1957 diferenciou duas gerações de granitos pós-tectônicos ao observar exposições em que os mais novos cortam os mais antigos.

De sudoeste para nordeste são encontrados diversos corpos com nomes diferentes (Fig.8), mas de origem semelhante, são eles: Suruí, Andorinha, Teresópolis, Frades, Nova Friburgo, Conselheiro Paulino, São José do Ribeirão e Sana, todos posteriormente englobados como parte da Suíte Nova Friburgo. Junho (1990) descreveu diferentes fácies para este magmatismo: diorito, granodiorito, granito porfirítico, granito megaporfirítico e leucogranito.

Dados litogeoquímicos da Suíte Nova Friburgo se dispõem ao longo de uma série calci-alcalina a álcali-cálcica metaluminosa de alto-K. Os granitos plotam, em sua grande maioria, em campos em que são discriminados granitos pós-tectônicos. Idades U-Pb em zircão (Valeriano *et al.*, 2011) indicam que o magmatismo ocorreu entre o Cambriano e o Ordoviciano, em dois pulsos, um há 511 Ma e outro há 486 Ma, posteriores portanto ao magmatismo Ediacarano Sin a Tardi-colisional da encaixante Suíte Serra dos Órgãos (560 Ma, Tupinambá, 1999; 570 Ma, Silva *et al.*, 2003).

Figura 8 – Localização do Complexo Rio Negro, da Suíte Serra dos Órgãos e dos plutons tardios da Suíte Nova Friburgo



Fonte: Tupinambá, 1999

## 2.1 Síntese Geocronológica

Diversos estudos foram realizados no intuito de compreender a ordem dos eventos magmáticos que afetaram a região serrana. Rosier em 1957 foi o primeiro a documentar o estabelecimento de uma ordem cronológica para as diversas gerações de granitos e gnaisses existentes na região. Isto foi feito através de observações de

campo, ao reconhecer que os gnaisses da Suíte Serra dos Órgãos eram cortados por duas gerações de granitos isotrópicos, além de diversos diques e aplitos, mais tarde englobados na unidade Nova Friburgo. Mas o fato de a Suíte Serra dos Órgãos ser considerada até então como de origem Arqueana evidencia uma grande dificuldade, na época, para o posicionamento desses eventos na linha do tempo geológico.

Somente a partir da década de 60 diversos pesquisadores introduziram a utilização de métodos de datação radiométrica, o que iniciou uma fase de abordagem cada vez mais determinística para as idades dos eventos quanto mais as técnicas também evoluíam. Cordani (1973) obteve uma idade U/Pb em zircões de 620Ma para a Suíte Serra dos Órgãos. Posteriormente Tupinambá (1999) verificou que alguns zircões dentro da SSO eram herdados da sua encaixante, o Complexo Rio Negro, esta última com idades U/Pb obtidas no mesmo trabalho em torno de 635Ma. Considerando esta problemática, a partir de novas análises U-Pb, Tupinambá (1999) em zircões de tonalitos e Silva *et al.* (2003) em granodioritos, obtiveram idades de  $\pm 559$  Ma e 569 Ma respectivamente para a Suíte Serra dos Órgãos. Assim, tanto a unidade Rio Negro quanto a Suíte Serra dos Órgãos estariam englobadas dentro do período Ediacariano (Fig.9).

Figura 9 – Proterozóico superior com destaque para período Ediacarico



Fonte: Carta Cronoestratigráfica Internacional, 2016.

Os diversos granitos pós-tectônicos, identificados por Rosier e considerados na época como Pré-cambrianos, foram estudados individualmente nas décadas de 80 e 90 por vários pesquisadores e nomeados por eles conforme seu local de ocorrência, sendo os principais: Suruí, Andorinha, Teresópolis, Frades, Nova Friburgo, Conselheiro Paulino, São José do Ribeirão e Sana.

Por suas semelhanças no modo de ocorrência, características lito-estruturais, idades (Tabela 01), e, sobretudo no que se refere ao contexto geotectônico no qual se inserem, estes granitos foram englobados em uma só unidade: a Suíte Nova Friburgo.

Tabela 01 – Resumo das idades of U-Pb do Complexo Rio Negro, Suíte Serra dos Órgãos e granitos pós tectonicos na Faixa Ribeira.

Item	Idade (Ma)	Método	Autor
<b><u>PRÉ COLISIONAL</u></b>			
<b>Tonalito Rio Negro</b>	635 ± 10	U-Pb emzircão	Tupinambá (1999)
<b><u>SIN A TARDI COLISIONAL</u></b>			
<b>Granodiorito Serra dos Órgãos (Pedro do Rio)</b>	569± 6	U-Pb em zircão	Silva <i>et al.</i> (2003)
<b>Tonalito Serra dos Órgãos (Santa Teresa)</b>	546 ± 12	U-Pb em zircão	Tupinambá (1999)
<b>Granodiorito Serra dos Órgãos (Pedrinco)</b>	559 ±4	U-Pb em zircão	Tupinambá (1999)
<b>Granito Serra dos Órgãos (Bom Jardim)</b>	580 ± 17	Pb-Pb em zircão	Tupinambá (1999)
<b><u>PÓS-COLISIONAL</u></b>			
<b>GranitoPedraBranca</b>	513 ± 5	U/Pb emzircão	Heilbron e Machado (2003)
<b>Santa Angélica</b>	512.2 ± 8	U/Pb emzircão	Sollner <i>et al.</i> (1987)
<b>GranitoSuruí</b>	511.2 ± 6.9	Media de idades Pb/Pb	Valeriano <i>et al.</i> (2011)
<b>GranitoMangaratiba</b>	492 ± 15	U/Pb emtitanita	Machado <i>et al.</i> (1996)
<b>Granito Andorinha faciespegmatitic</b>	490.3 ± 8.7	U/Pb em zircão	Valeriano <i>et al.</i> (2011)
<b>Granito Sana</b>	490 ± 9.8	U/Pb em zircao	Valeriano <i>et al.</i> (2011)
<b>Granito Nova Friburgo</b>	488.7 ± 4.2	U/Pb em Titatina	Valeriano <i>et al.</i> (2011)
<b>Granito Favela</b>	482 ± 6	U/Pb em zircão	Heilbron e Machado (2003)
<b>GranitoFrades</b>	480.7 ± 6.1	U/Pb emzircão	Valeriano <i>et al.</i> (2011)
<b>Titanita-granitoBuarama</b>	480 ± 4	U/Pb emzircão	Söllner (2000)

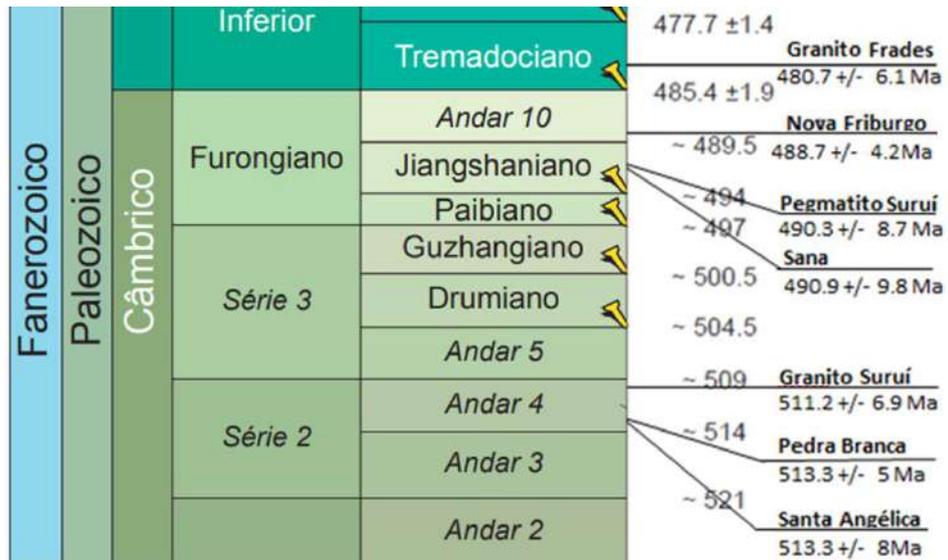
A partir de datações realizadas, juntamente a uma compilação de idades obtidas para estes granitos em trabalhos anteriores (Tabela 01), Valeriano *et al.* (2011) indicam que o magmatismo ocorreu entre o Cambriano e o Ordoviciano, em dois pulsos, um há 511 Ma e outro há 486 Ma, posteriores portanto ao magmatismo Ediacarano sin a tardi-colisional da encaixante Suíte Serra dos Órgãos (Fig. 10).

A Unidade Nova Friburgo, no geral, possui um satisfatório acervo geocronológico e dificilmente pode-se esperar dos granitos pós-tectônicos dispostos na área alguma anomalia referente a estas idades

A relação de contato entre os granitos Nova Friburgo e a Suíte Serra dos Órgãos também é conhecida, e serão detalhadas com dados de campo. Por outro lado a relação entre as subunidades Gnaiss Leucocráticos e Gnaisses Mesocráticos ainda carece de estudos no que se refere ao *timing* de intrusões, tanto em suas relações de

contato quanto ao acervo geocronológico. As idades apresentadas para a SSO (Tabela 1) sugerem que o gnaiss granítico seja mais antigo que os gnaisses granodioríticos e tonalíticos, embora o grande desvio padrão associado a este resultado não permita uma afirmação mais determinista sobre o caso.

Figura 10 – Idades das intrusões pós-tectônicas da Suíte Nova Friburgo



Fonte: Carta Cronoestratigráfica Internacional 2016

### 3 PETROGRAFIA E ASPECTOS DE CAMPO

Estabelecidos os padrões descritivos na folha Teresópolis (Barbosa e Grossi Sad, 1980), buscou-se identificar a distribuição dos litotipos na folha Itaipava, observando ainda o comportamento estrutural destas rochas e suas formas de contato. Nesse sentido, a maior parte das descrições realizadas em campo harmonizou as características das fácies em escala mesoscópica com a divisão cartográfica realizada pelos autores antecessores (Folhas Teresópolis e Itaipava). A cartografia das fácies e mapa de pontos encontram-se nos APÊNDICES B e C, respectivamente.

#### 3.1 Suíte Serra dos Órgãos

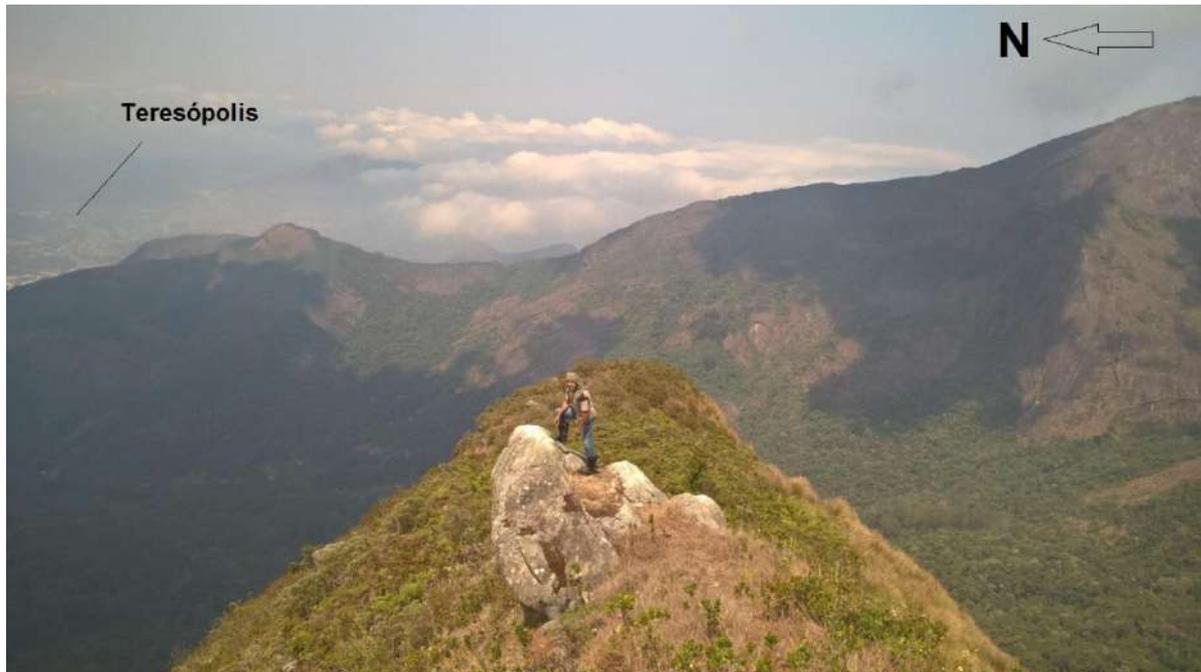
A Suíte Serra dos Órgãos (SSO) é a unidade mais representativa na área de estudo. Distribui-se ao longo de cristas montanhosas, ocorrendo em topos rochosos (Fig.11), em paredões escarpados e em lajedos expostos pelas drenagens. No leito de rios foram encontrados alguns dos melhores afloramentos. Cortes de estrada ao longo da BR-495 e BR-040, assim como pedreiras desativadas, também constituem valiosas exposições rochosas na área.

A SSO expõe mais de uma fácies em faixas quilométricas alongadas (APÊNDICE B), geralmente paralelizadas às cristas de montanhas, acompanhadas pelo alinhamento da foliação. Estas faixas representam zonas de predomínio de uma fácies sobre a outra, não excluindo, entretanto, a possibilidade de ocorrências de mais de uma fácies em uma determinada área. As formas de relevo não parecem refletir com nitidez as diferentes fácies mapeadas, possivelmente devido à sua semelhança composicional e estrutural.

De acordo com Barbosa & Grossi Sad (1980), as fácies variam entre composição granítica e granodiorítica, com todos os termos de transição. Segundo o mesmo autor, o índice de cor pode variar entre 20 a 5%, embora na área tenha sido verificados afloramentos destes gnaisses apresentando índices de cor superiores a 30%. Verifica-se também feldspato róseo, embora não seja comum. Entretanto, como

recomendado por Barbosa & Grossi Sad, a cor do feldspato e a proporção de máficos não deve ser usada para classificação definitiva dos litotipos graníticos e granodioríticos.

Figura 11 – Pico do Pilatos (ITFC221) formado por allanita-gnaisse granítico. Ao fundo é possível ver a cidade de Teresópolis.



Fonte: O autor, 2019

Tupinambá (1999) observou na fácies granítica a presença de cristais de quartzo maiores em formatos de “gotas”, facilmente identificados a olho nú. Esta característica, juntamente com as demais citadas, serviu de auxílio para distinção das fácies em campo antes da confecção das 45 lâminas petrográficas, cujas análises deram suporte à classificação definitiva.

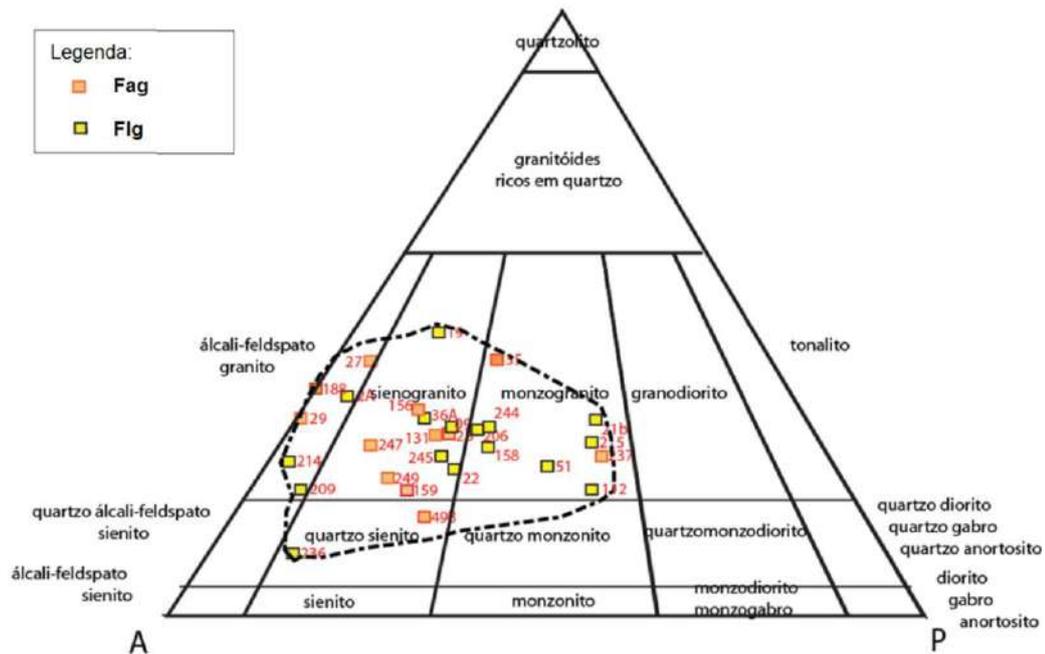
### 3.1.1 Petrografia das fácies

#### 3.1.1.1 Fácies Gnaiss Leucocrático Granítico (Flg)

Os gnaisses da fácies leucocrática da Suíte Serra dos Órgãos possuem uma composição média sieno a monzo-granítica (Fig. 12). Seu índice de cor no geral é

baixo (leucocrático), raramente apresentando-se em termos hololeucocráticos ou mesocráticos. A rocha é composta de cristais de microclina >30% (secundariamente oligoclásio 5-25%), comumente dispostos em uma massa esbranquiçada. Cristais de quartzo maiores em formatos de “gotas” são facilmente identificados a olho nú (Fig. 13b), característica que foi usada em campo como auxílio para identificação desta fácies. A rocha é fanerítica e eventualmente um aspecto porfírico faz-se notável quando os feldspatos potássicos apresentam-subedricos a euédricos, em dimensões de até 5mm. Epidoto também pode ser visto com alguma frequência em meio à fraturas.

Figura 12 – Classificação petrográfica da fácies graníticas da Suíte Serra dos Órgãos plotados no diagrama QAP de Streckeisen (1976).



Legenda: Fag – Fácies allanita gnaisse granítico; Flg – Fácies gnaisse leucocrático granítico.  
Fonte: O autor, 2019

O conteúdo de máficos é representado por agregados biotíticos descontínuos (Figs 13a e b). Estes encontram-se orientados por toda a SSO com relativa uniformidade em escala de afloramento, embora por vezes em microscópios espécimes biotíticos não se apresentem tão alinhados quanto sugere o panorama macroscópico. Cristais de granada, além de minerais opacos (geralmente magnetita), podem ser observados regularmente junto aos agregados biotíticos. Ainda como minerais acessórios, é possível encontrar zircão, titanita e allanita em menores quantidades.

Em lâmina, as rochas desta fácies exibem textura inequigranular hipidiomórfica. A microclina ocorre em quantidade expressiva (geralmente entre 35-60%), eventualmente em grandes cristais (5mm), mas na maioria dos casos em aglomerados contendo microclina e oligoclásio de dimensões inferiores a 1mm (Figs. 14a e b). Esta característica dificulta a classificação petrográfica da rocha em campo.

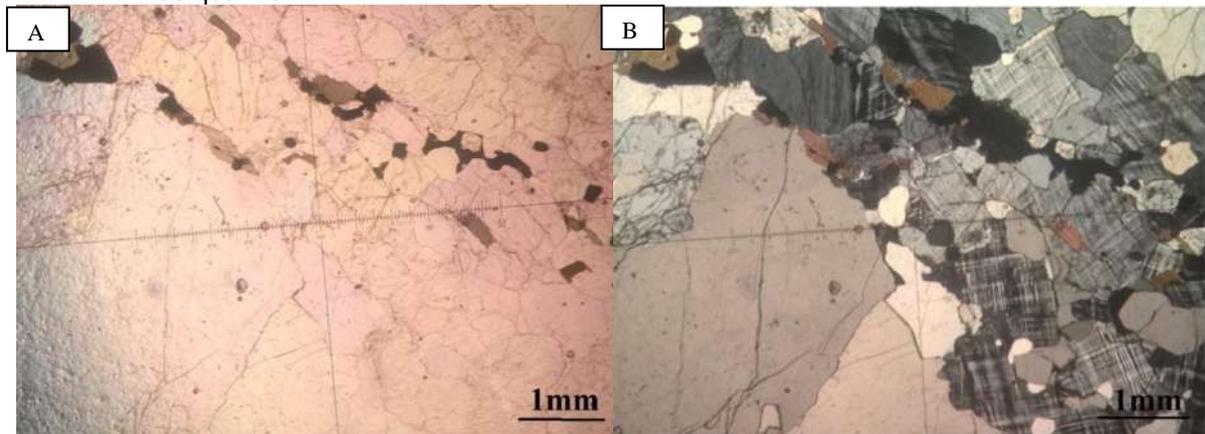
Figura 13 - Texturas da fácies gnaiss leucocrático granítico



Legenda: (A) textura porfirítica (ITFC-09) e (B) textura equigranular com granulometria média, apresentando cristais de quartzo “em gotas” (ITFC-209).

Fonte: O autor, 2019

Figura 14 – Fotomicrografia da Lamina TSFC22 (Flg), onde é possível verificar a grande quantidade de cristais de microclina. No lado esquerdo inferior da foto, verificam-se grandes cristais de quartzo.



Legenda: (A) luz polarizada; (B) nicóis cruzados.

Fonte: O autor, 2019

Texturas de exsolução foram observadas, na forma de pertita. O quartzo pode manifestar-se intersticialmente, mas comumente exibe indícios de recristalização tardia, apresentando-se em exemplares grandes o suficiente para serem visualizados a olho nu (por vezes cristais de até 1cm). Seus contatos são lobados, por vezes

consumindo as bordas de plagioclásio, hornblenda e atravessando biotita. Esta migração de limite de grãos pode ocorrer com tamanha intensidade a ponto de o quartzo adquirir formato amebóide. Como resultado, nos casos mais intensos deste processo ocorre a descaracterização da forma original dos demais minerais resultando em uma textura alotriomórfica para toda a rocha. Como consequência a verificação da orientação dos minerais prismáticos é frequentemente prejudicada.

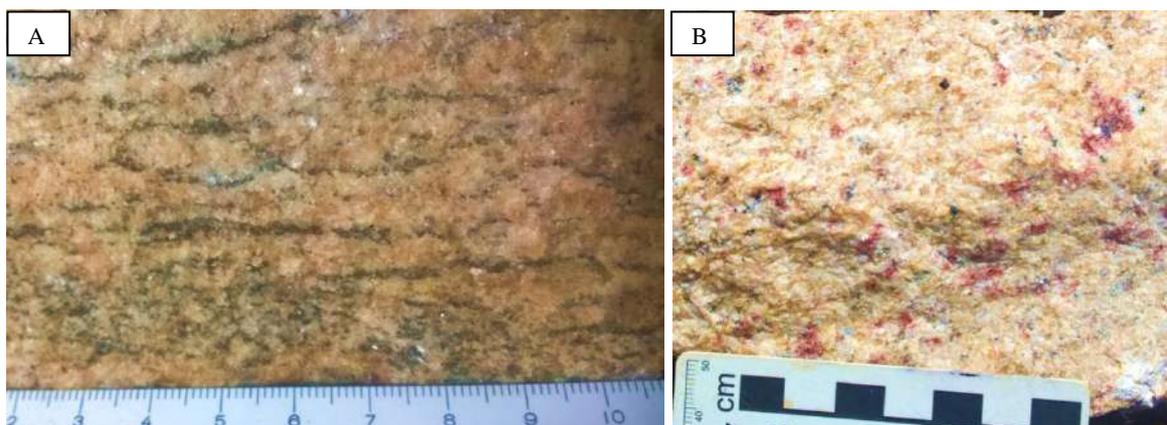
### 3.1.1.2 Fácies Allanita gnaiss granítico (Fag)

Esta fácies foi citada por Penha (1981) como uma variedade leucocrática do batólito, localmente bastante avermelhada, encontrada na região de Mata-Porcos no vale do Bonfim. Verificou-se, entretanto, uma grande distribuição areal para esta fácies na área mapeada. Seus minerais essenciais são o feldspato potássico e quartzo, podendo apresentar também plagioclásio.

Os agregados máficos são constituídos de biotita e geralmente dispõem-se ao longo de uma foliação descontínua. Esta é mais alongada que na fácies granítica leucocrática, por vezes chegando a formar uma espécie de bandamento gnaissico. Entretanto, sua coloração avermelhada descrita por Penha (1981) como fruto de uma provável oxidação de inclusões ferrosas dentro do quartzo e feldspato, é atribuída neste trabalho à forte presença de allanita, dando à rocha uma coloração bege-avermelhada (Figs. 15a e b). A presença de allanita por vezes é discreta (Fig. 15a), mas mostra-se marcante em boa parte destas exposições rochosas (Fig. 15b). Sua classificação petrográfica assemelha-se aos tipos da fácies granítica leucocrática (Fig. 12)

A pertita, assim como na fácies gnaiss leucocrático granítico, faz-se presente nestas rochas. A recristalização de quartzo se manifesta regularmente, onde o quartzo migra seu limite de grãos (Fig16a) conferindo aspecto amebóide ao cristal, ou por vezes intersectando diversos minerais de forma indiscriminada (Fig16b).

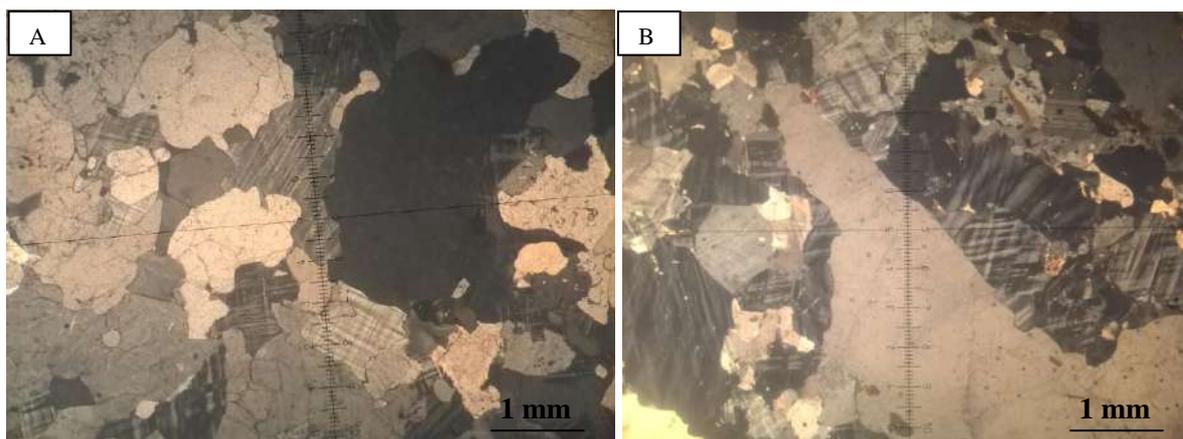
Figura 15 – Amostras de allanita gnaiss



Legenda: (A) Foliação composta por lentes compridas e delgadas de biotita orientadas (B) e a presença marcante de allanita.

Fonte: O autor, 2019

Figura 16 – Fotomicrografia da fácies leucocrática granítica (Fag)



Legenda: (A) Fotomicrografia da amostra ITFC131 onde nota-se o quartzo migrando seu limite de grãos conferindo aspecto ameboide ao cristal; (B) – Fotomicrografia da amostra ITFC247 na qual verificam-se cristais de microclina sendo intersectadas por relativamente grande cristal de quartzo.

Fonte: O autor, 2019

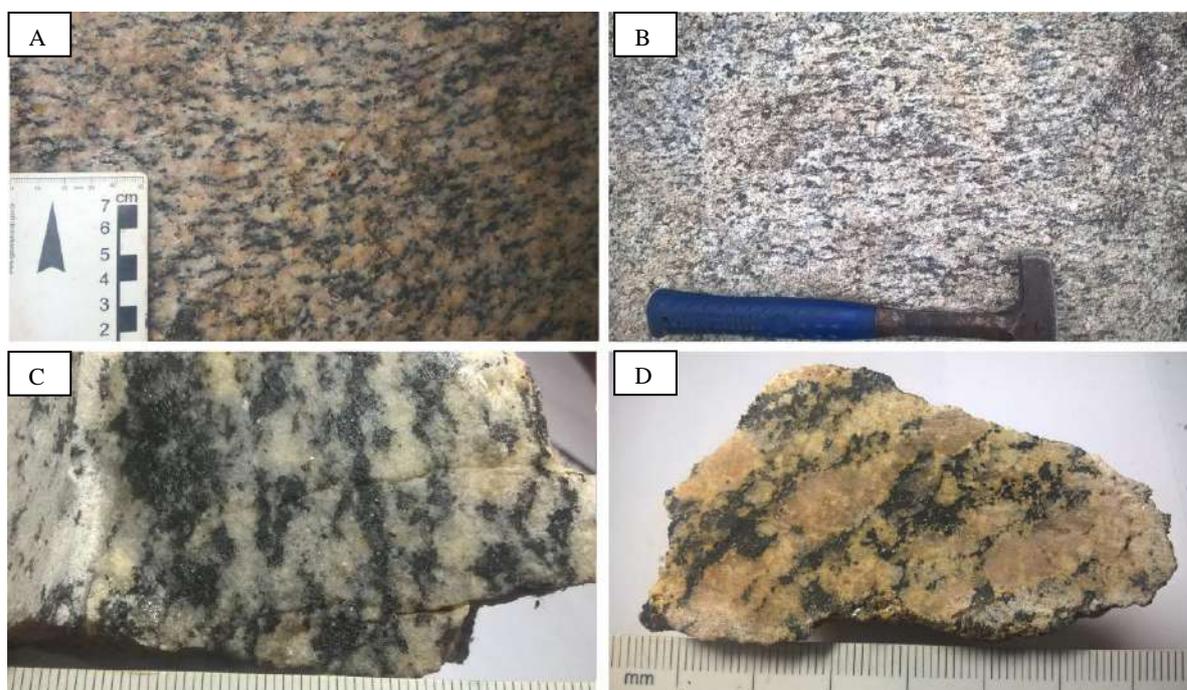
### 3.1.1.3 Fácies Biotita-Hornblenda gnaiss granodiorítico (Fgd)

Os gnaisses desta fácies são faneríticos, equigranulares e compostos por feldspatos (oligoclásio e secundariamente microclina) e quartzo, com agregados máficos orientados dando um aspecto “mesclado” a rocha (Fig. 17). O índice de cor é mais elevado (rocha mesocrática) e, embora não sirva para uma classificação

definitiva da fácies, pode ser útil como um indício em campo. Os agregados máficos são constituídos por biotita frequentemente acompanhada por hornblenda.

O oligoclásio, principal componente félsico da rocha, foi mais facilmente discriminado em lâmina através da identificação de suas maclas polissintéticas e pelo teste Michel Lévy. Também é possível verificar saussuritização, além de geminação ondulante em alguns exemplares, embora seja menos comum. O quartzo também pode ser identificado a olho nu, embora em cristais um pouco menores (1mm) e sem a forma de “gota” típica da fácies leucocrática granítica. Minerais opacos são bastante comuns junto aos agregados máficos e geralmente são representados por magnetita. Titanita e zircão fazem-se presente em pequena proporção

Figura 17 – Amostras representativas da fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico.

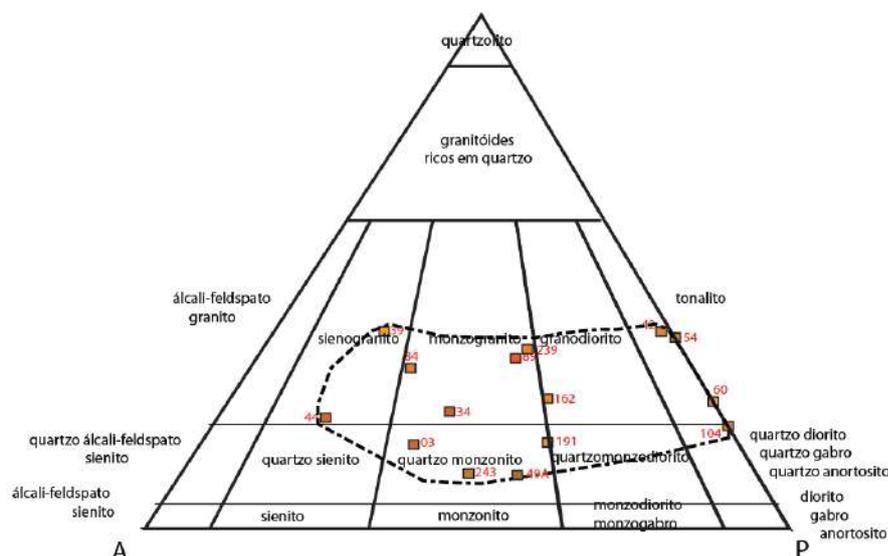


Legenda: (A) ITFC89, (B) ITFC192, (C) ITFC42, (D) ITFC34.

Fonte: O autor, 2019

Os resultados das descrições petrográficas da fácies biotita-honblenda gnaiss granodiorítico parecem expor um amplo espectro composicional (Fig. 18) para esta fácies, com a ocorrência de diversos exemplares com índice de cor mesocrático e composição granítica, contrariando por vezes as expectativas, o que revelou alguma imprecisão do índice de cor como critério de classificação (fato já alertado por Barbosa e Grossi Sad, 1980). Por outro lado, nenhum exemplar de índice de cor leucocrático apresentou composição granodiorítica.

Figura 18 – Classificação petrográfica das rochas da Suíte Serra dos Órgãos, fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico, plotadas no diagrama QAP de Streckeisen (1976).



Fonte: O autor, 2019

Em termos de distribuição, a fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (Fgd) ocorre em área bem menor que as demais fácies na área estudada (APÊNDICE B).

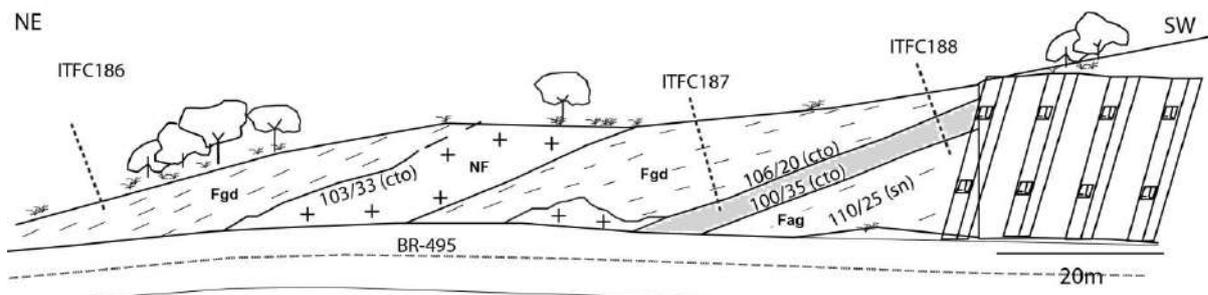
### 3.1.2 Relações entre fácies

As fácies da Suíte Serra dos Órgãos intercalam-se em faixas alongadas de direção NE-SW, com mergulho variável. Na Folha Teresópolis, Barbosa e Grossi Sad (1980) relatam que os corpos individuais podem apresentar contatos bruscos, mas que também ocorrem contatos transicionais. Na área de estudo foi possível constatar apenas um contato brusco entre as fácies. Em afloramento em corte de estrada na BR-495 (Fig. 19) no Vale da Boa Esperança, há uma zona de contato entre as fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (Fgd) e Fag. As duas fácies não aparentam se tocar, existindo entre elas uma faixa de aproximadamente 10m de uma rocha granodiorítica a diorítica com foliação incipiente e índice de cor >20%, diferente de quaisquer fácies da Suíte Serra dos Órgãos. Provavelmente trata-se de um dique que penetrou o plano de fraqueza gerado por este contato faciológico. Os contatos

apresentam atitude média 103/28 e são paralelizados com as foliações médias observadas nas duas fácies da SSO presentes.

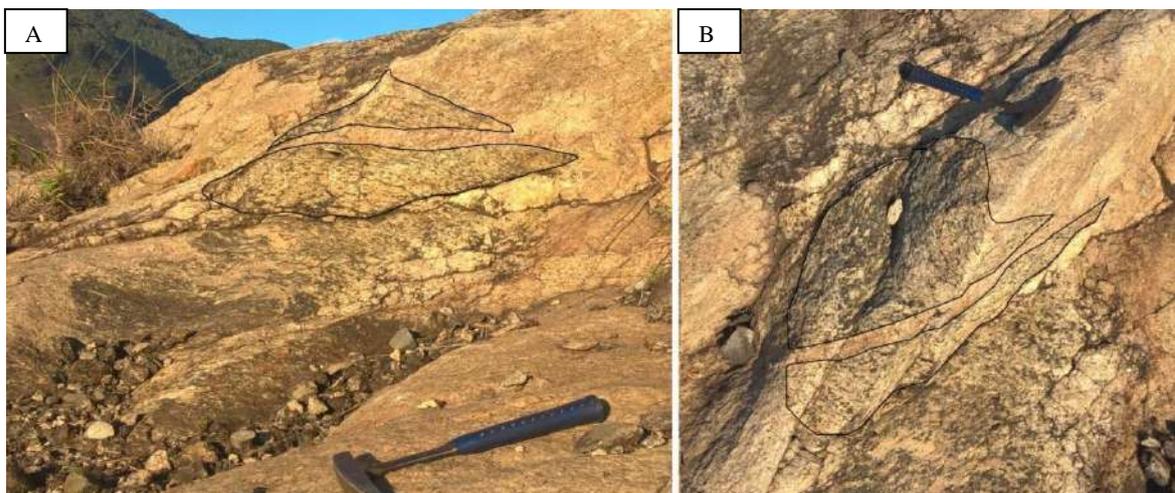
Para o estabelecimento da idade relativa entre as fácies a partir de observações de campo, uma grande dificuldade foi encontrada devido a não terem sido encontradas estruturas de entrecortes. Uma ocorrência de xenólito do gnaiss da fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (Fgd) foi encontrada dentro da fácies allanita gnaiss granítico (Fag) (Fig. 20a e b), um indício de que a fácies granodiorítica é mais antiga que a fácies granítica com allanita. Este fato condiz com a linha de evolução esperada considerando os processos de diferenciação magmática/cristalização fracionada potencialmente envolvidos durante sua evolução.

Figura 19 – Corte de estrada apresentando o contato das fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (Fgd) com a fácies allanita gnaiss granítico (Fag) além da presença de rochas da Suíte Nova Friburgo



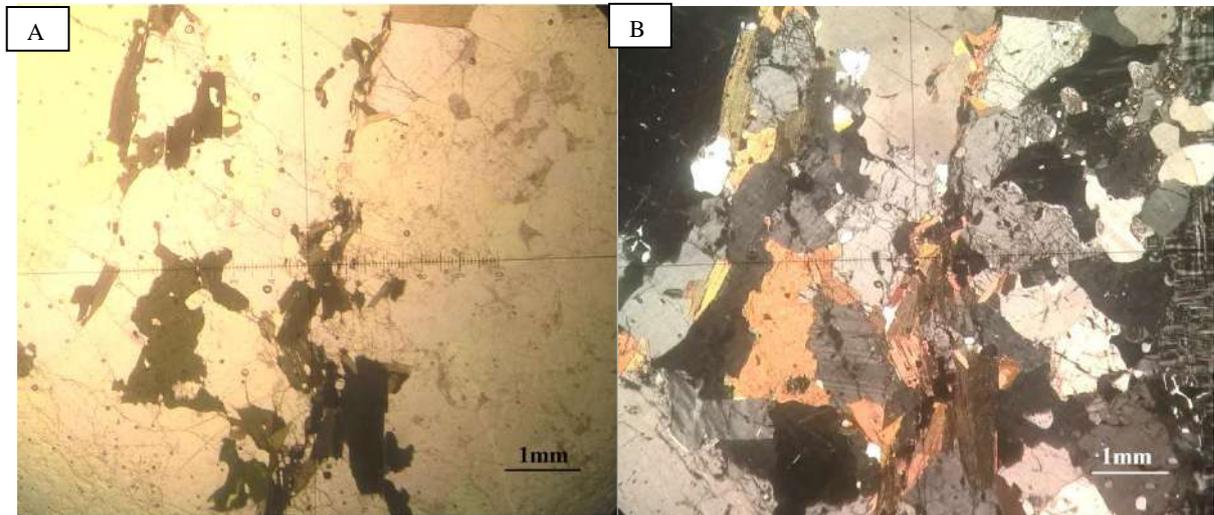
Fonte: O autor, 2019

Figura 20 A e B – Xenólito da fácies mesocrática dentro do allanita gnaiss granítico na base da face norte da Serra do Cantagalo (ITFC240).



Fonte: O autor, 2019

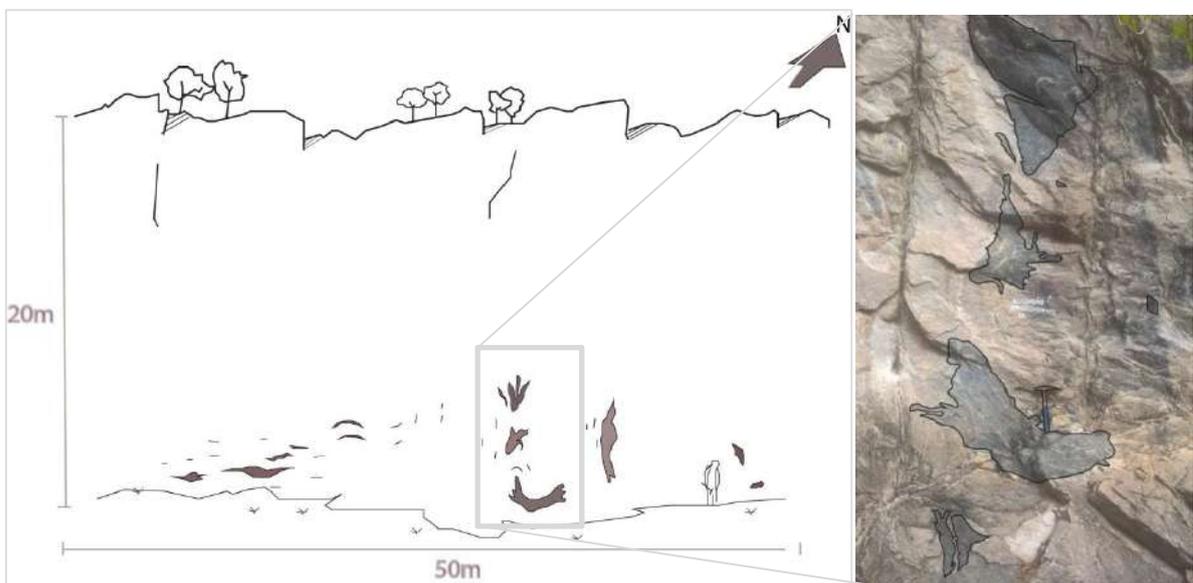
Figura 21 – Fotomicrografia da amostra ITFC34 exibindo agregados máficos sendo parcialmente consumidos ao mesmo passo que observa-se uma expressiva cristalização tardia de quartzo.



Legenda: (A) luz polarizada; (B) nicóis cruzados.

Fonte: O autor, 2019

Figura 22 – Afloramento em pedra abandonada na cidade de Teresópolis (TSFC21). Restitos do Complexo Rio Negro acompanhando uma grande variação da orientação da foliação, em aspecto que remete ao movimento em condição fluida.



Fonte: O autor, 2019

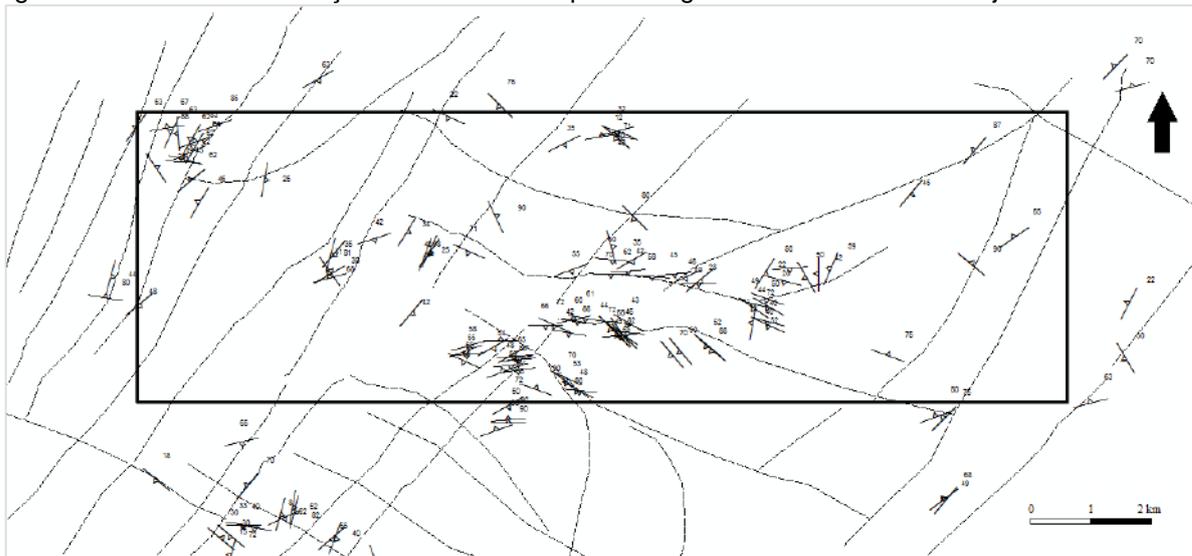
Em lâmina foi possível observar que os agregados máficos orientados podem tratar-se de restitos (Fig. 21) compostos de hornblenda e biotita com parcial substituição por quartzo, um indicativo que o Complexo Rio Negro tenha sido fonte

para o magmatismo da SSO. Restitos do Complexo Rio Negro podem ser observados escala de afloramento (Fig. 22), assumindo até dimensões grandes o suficiente para serem cartografados (Fig. 28).

### 3.1.3 Natureza da foliação

A foliação dos gnaisses da Suíte Serra dos Órgãos é marcada pela orientação dos agregados de biotita e hornblenda. Esta foliação, quando analisada numa perspectiva ampla, foi caracterizada por diversos autores como sendo uma feição de relativa homogeneidade no que tange à sua intensidade, distribuição, e disposição regional em mergulho para noroeste.

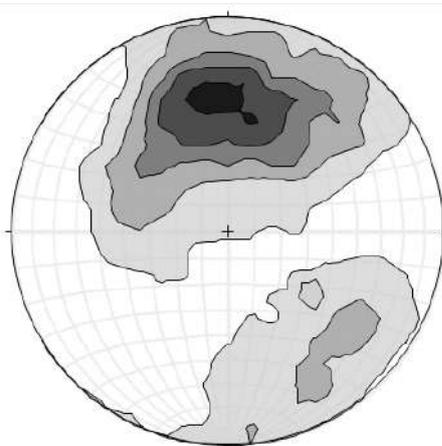
Figura 23 – Medidas de foliação obtidas em campo ao longo da área de estudo e adjacências



Fonte: O autor, 2019

Na área de estudo verificou-se que a foliação mergulha com mais frequência para sul e sudeste, diferentemente do padrão de mergulho para noroeste conhecido para a SSO (Figs. 23 e 24).

Figura 24 - Distribuição dos pólos dos planos da foliação em rede estereográfica. Máximo em 355/38 calculado a partir de medidas em 147 afloramentos distintos. Projeção Schmidt no hemisfério inferior, feita a partir do *software Stereonet* (Cardozo e Allmendinger, 2013)



Fonte: O autor, 2019

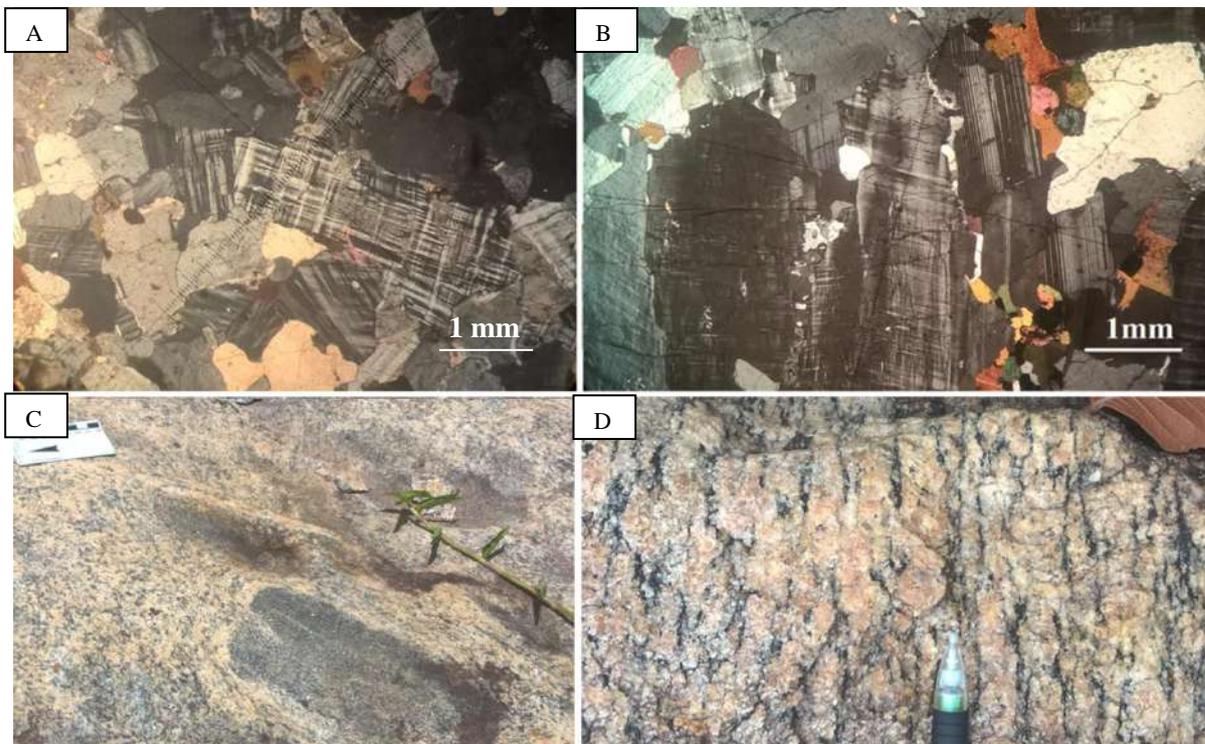
Para o entendimento dos processos que podem ter girado o padrão regional da foliação, é necessário, primeiramente, discutir como ela foi gerada. Diversos autores como Barbosa & Grossi Sad (1980), Machado & Demange 1994b, 1996, 1998 e Matos *et al.* (1980) defendem que estas foliações sejam de origem deformacional. No entanto, como observado por Tupinambá (1999, 2003), evidências texturais nas rochas da Suíte Serra dos Órgãos indicam que a foliação foi gerada principalmente por fluxo magmático. Entre elas estão:

- a) Orientação de feldspatos eudrais
- b) Agregados anedrais de quartzo não deformado
- c) Cristais de plagiocásio com lamelas de geminação alinhadas e paralelas.
- d) Alinhamento de enclaves microgranulares.
- e) *Schlieren* orientados
- f) Fluxo paralelo às paredes da intrusão.

Segundo Peterson *et al.* (1989) e Passchier & Trouw (2005), uma das melhores características para reconhecer fluxo magmático é a orientação de cristais eudrais não deformados. De fato, foi observado em campo, assim como em lâmina (Figs. 25b e d), que alguns exemplos de cristais de oligoclásio e microclina encontram-se fortemente orientados.

Outro indício de foliação por fluxo no SSO é a presença de xenólitos de biotita gnaisse aparentemente em sua forma original, em torno da qual a trama se paraleliza (Fig. 25 C). No afloramento da Fig. 22, uma pedreira antiga no bairro Pimenteiras, em Teresópolis, é possível observar enclaves máficos centimétricos orientados concordantemente com a foliação. Neste local a foliação apresenta um mosaico de foliações distintas acompanhadas de orientações de enclaves máficos em aspecto que remete ao movimento em condição fluida.

Figura 25 – Fotomicrografias exibindo orientações minerais



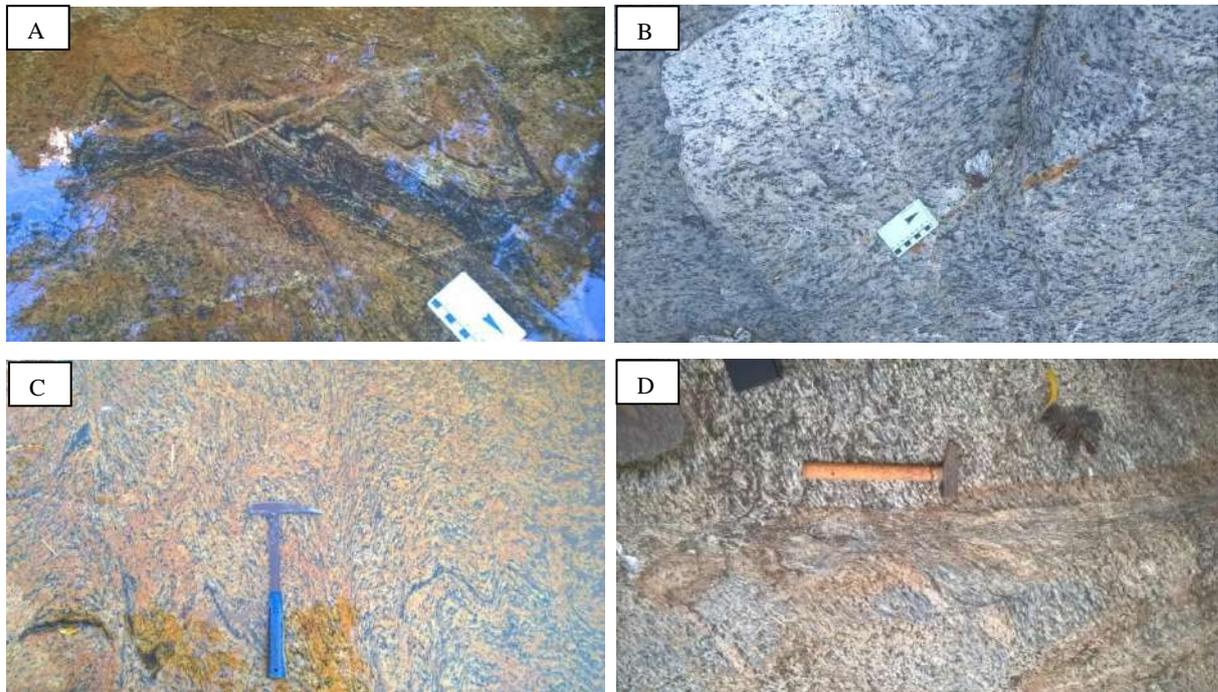
Legendas: (A) Fotomicrografia exibindo embrincamento de cristais de microclina e pertitas; (B) Fotomicrografia de alinhamento de oligoclásio, microclina e sanidina (TSFC21); (C) Fotografia de xenólitos máficos, sendo um deles retangular, contornado pela foliação ígnea (TSFC21); (D) cristais de feldspato potássico róseos paralelizados (ITFC-180).

Fonte: O autor, 2019

Superpostas à foliação regional ocorrem outras estruturas planares. Penha (1981) registrou “a ocorrência de uma faixa cataclástica verticalizada formada por protomilonitos de direção NNE”, observada na região de Pedro do Rio. Barbosa e Grossi Sad (1980) também relatam estruturas encontradas localmente em Teresópolis como “transposição da foliação, com microlitons de foliação NE, separados por zonas de cisalhamento orientadas segundo N-S”. No presente estudo bandas de

cisalhamento com espessura inferior a 1m foram verificadas à montante da cachoeira Pinheiral, na estrada do Bonfim em Petrópolis (Fig. 26D). Por mais de uma vez foram observados afloramentos onde a foliação primária foi afetada por sistema de microdobras com clivagem de crenulação, mais ou menos simétricas, com cisalhamento associado (Fig. 26 A, B e C). No vale do Bonfim em Petrópolis, assim como em alguns pontos em Itaipava e em Teresópolis, é possível verificar estas zonas de dobramento. O plano axial das pequenas dobras, assim como os planos de cisalhamento associado possuem *strike* médio N170, e em geral, são subverticalizados. Nestes pontos é possível perceber deformação dos minerais participantes.

Figura 26 – Bandas de cisalhamento observadas no vale do Bonfim afetando a foliação primária



Legenda: (A) ITFC128, (B) TSFC112, (C) ITFC128, (D) ITFC49a

Fonte: O autor, 2019

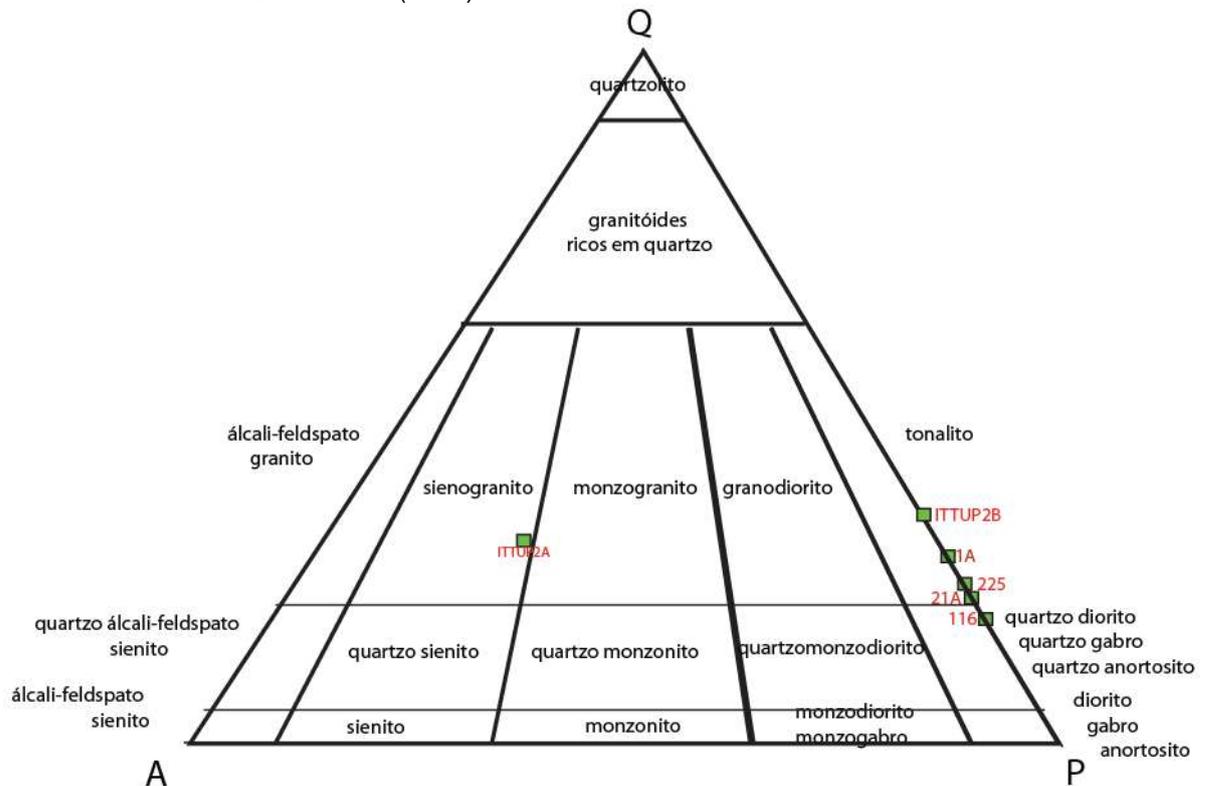
### 3.1.4 Septos do Complexo Rio Negro

O Complexo Rio Negro (CRN) é composto por gnaisses e migmatitos (Fig. 27), podendo, por vezes, atingir alto grau de deformação. Na BR-040, próximo dos limites

da área de estudo, foi verificado um gnaiss intensamente bandado exibindo neossoma granítico e paleossoma tonalítico. Estas rochas constituem as encaixantes da Suíte Serra dos Órgãos na região serrana fluminense, entretanto, na área de estudo apenas é possível localmente seus representantes, por vezes em escala mapeável.

Os afloramentos mais significativos desta unidade puderam ser verificados em duas localidades na área mapeada, ambas na folha Itaipava e em paredões rochosos de 200m e 400m de altura, e por este motivo, embora com extensa área aflorante, não puderam ser detalhados.

Figura 27 – Classificação petrográfica das rochas do Complexo Rio Negro de acordo com o diagrama QAP de Streckeisen (1976).



Fonte: O autor, 2019

Estes gnaisses foram observados principalmente na trilha que dá acesso ao Pico do Pilatos (como é conhecido localmente) a partir da BR-495. Nesta trilha, é possível encontrar um contato brusco concordante (Fig. 28) entre as duas unidades, Rio Negro e Serra dos Órgãos, e neste as rochas do CRN encontram-se intensamente migmatizadas.

Figura 28– Contato entre as rochas do batólito com o complexo Rio negro no ponto ITFC225 – flanco norte da serra que dá acesso ao Pico do Pilatos.



Fonte: O autor, 2019

Figura 29 – Formas de ocorrência dos migmatitos do Complexo Rio Negro.



Legenda: (A) ITFC-235, diatexitos em estrutura do tipo *schollen* onde blocos de paleossoma parecem “boiar” sobre a massa do neossoma que os envolve completamente; (B) ITFC-229 – migmatito em aspecto brechóide no qual blocos representando o paleossoma são divididos por “redes” de leucossoma; (C) ITFC-227 Migmatitos em estruturas de veios; (D) ITFC-238 - Na base norte da serra do Cantagalo ocorrem metatexitos em estruturas “em veios” onde lentes sigmoidais boudinadas de material félsico indicam um componente cisalhante no sistema.

Fonte: O autor, 2019

Na base desta serra, acessada a partir do vale, metatexitos foram observados em estruturas do tipo *schollen*, onde blocos do paleossoma são envoltos por um grande volume de leucossoma granítico (Fig. 29A), com os quais estabelecem contatos afiados e difusos. Diatexitos também foram verificados nestes paredões rochosos, por vezes apresentando a obliteração de quaisquer estruturas originais da rocha, assumindo um aspecto fluidal, indicando uma fusão parcial consideravelmente mais acentuada.

Metatexitos em estruturas “em veios” foram também observados (Figs. 29C e D). Estes “veios” são constituídos de material félsico boudinado, por vezes apresentando lentes sigmoidais sugerindo um componente cisalhante atuante no sistema.

### 3.2 Suíte Nova Friburgo

A Suíte Nova Friburgo (SNF) distribui-se em numerosas ocorrências por toda a área de estudo, assumindo formas intrusivas dimensões e geometria diversas, desde diques e aplitos graníticos centimétricos até grandes soleiras (Fig. 30). Estas rochas afloram comumente em topos rochosos e em drenagens, apresentando-se com frequência em grandes desníveis topográficos onde é possível observar expressivas quedas d'água naturais.

A rocha predominante na SNF é fanerítica de granulação fina a média, podendo assumir também a forma de microgranitos. Outra fácies muito comum é a rósea com allanita, também de granulação média. No geral, os litotipos são isotrópicos, cinzentos à róseos, compostos de feldspatos potássicos anédricos a subédricos envoltos por uma matriz fina de quartzo e biotita. Um tipo cinza escuro fino, de composição tonalítica pode ocorrer associado aos granitos. É comum a ocorrência de magnetita como acessório.

Figura 30 – Soleira inclinada de granito da Suíte Nova Friburgo em fotografia tirada na BR-495, com visada para Sul

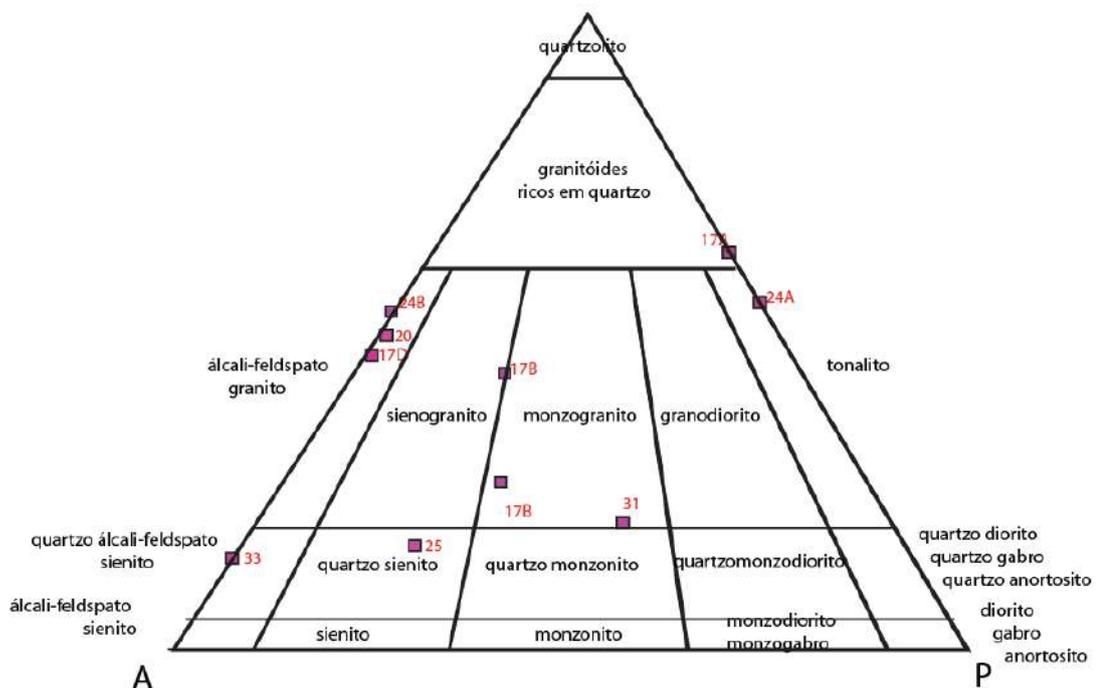


Legenda: Na base do paredão encontra-se o ponto ITFC31).

Fonte: O autor, 2019

Descrições de seções delgadas revelaram amplo espectro composicional nestas rochas, variando de álcali-feldspato sienito, passando por monzogranito, granodiorito a tonalito (Fig. 31).

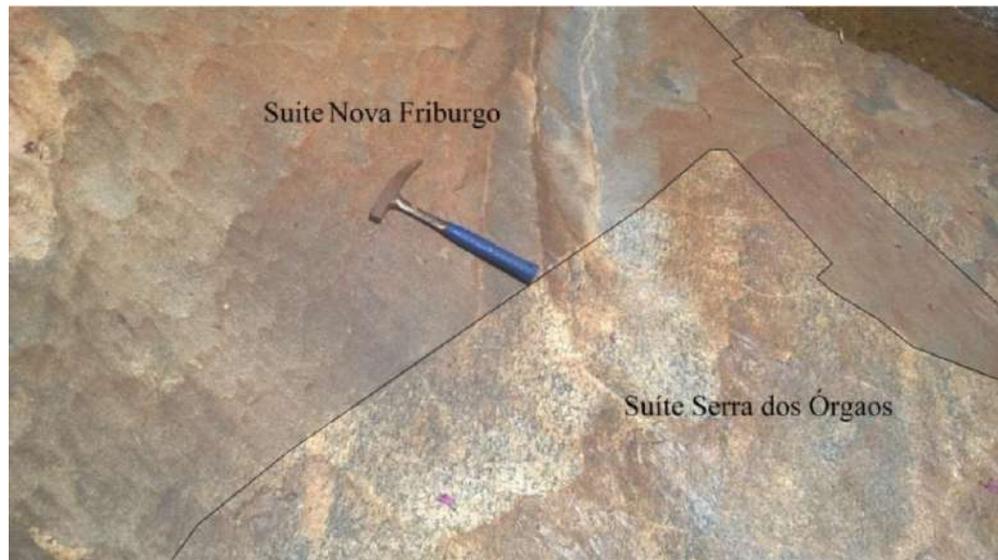
Figura 31 - Classificação petrográfica das rochas da Suíte Nova Friburgo de acordo com o diagrama QAP de Streckeisen (1976).



Fonte: O autor, 2019

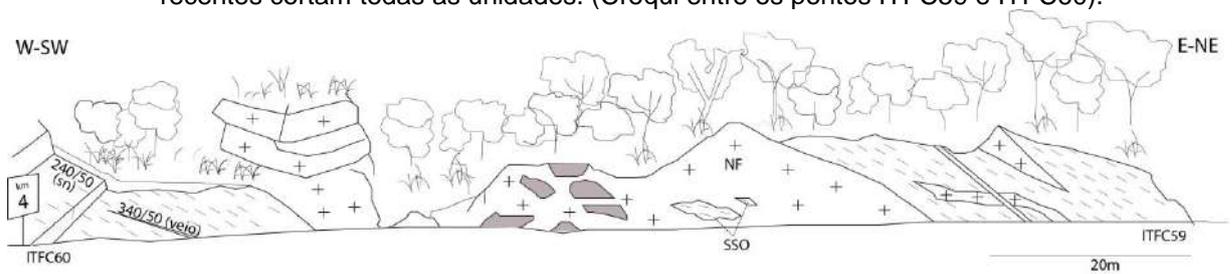
Os contatos com as rochas da Suíte Serra dos Órgãos são sempre abruptos. Por vezes estes granitos cortam os gnaisses em estruturas retilíneas “como uma faca” (Fig. 32), termo utilizado por Rosier (1953). Os limites destes granitos podem, localmente, se apresentar paralelizados à foliação, mas no geral a estruturação dos gnaisses é talhada indiscriminadamente por essas intrusões.

Figura 32 – Contato entre Suíte NF e Gnaisses da SSO no ponto TSFC44 - Abaixo de ponte próximo a entrada do bairro Quebra-Frascos.



Fonte: O autor, 2019

Figura 33 – Corte de estrada na BR-495 onde granitos da Suíte Nova Friburgo cortam o gnaisses da Suíte Serra dos Órgãos ( fácies honblenda-biotita gnaiss granodiorítico em diques de diferentes espessura, por vezes carregando massas dioríticas imiscíveis. Aplitos mais recentes cortam todas as unidades. (Croqui entre os pontos ITFC59 e ITFC60).



Fonte: O autor, 2019

Uma característica particularmente interessante nestas intrusões reside na ocorrência frequente de magmas de composição distinta, imiscíveis dentro da mesma intrusão (Figs. 33, 34, 35a e 35b). Em todas as situações encontradas desta natureza, a litologia máfica raramente encosta nas rochas encaixantes o que sugere que o magma granítico foi o “transportador” do magma básico. Como trata-se de dois fluídos distintos, possivelmente existiu uma relação de confluência entre duas fontes de

magmas, convergindo para um mesmo ponto materiais distintos. As diferenças composicionais, de temperatura e conseqüentemente de viscosidade, podem ter coibido interações não permitindo a formação de um líquido híbrido.

Estruturas de *back-veining* podem ser observadas em abundância neste contexto (Figs. 34 e 35b) e geralmente estão associadas a magmas com viscosidades distintas (Gill, 2014, p259). Para o caso em questão, o magma ácido, mais viscoso, invade o básico progressivamente desagregando-o em enclaves em forma de blocos. Por vezes, formam-se estruturas semelhantes a brechas (Fig. 35a) que podem representar um processo incipiente de mistura mecânica induzida por movimento na câmara.

Figura 34 – Formação de veios “em rede” de microgranitos e dioritos no ponto TSFC24 – Fazenda Boa Esperança.



Fonte: O autor, 2019

A presença regular de magma máfico junto às intrusões graníticas indicam uma bimodalidade do magmatismo, com uma contribuição significativa de conteúdo básico no desenvolvimento da Suíte Nova Friburgo, embora ainda seja proporcionalmente muito inferior à massa total, quando comparado aos litotipos mais ácidos.

A presença de dois fluidos imiscíveis também permite a visualização de estruturas que não seriam possíveis de observar em situações envolvendo uma única fase. Uma dessas estruturas é relativa à intensidade do fluxo. Na Fig. 36, bandas composicionais paralelizadas formam-se em um dique próximo a Fazenda Boa Esperança em Itaipava (ITFC-167). Estas estruturas estão relacionadas a um fluxo laminar de magma, sendo este geralmente desenvolvido em regimes de fluxo dominado pela viscosidade e conseqüente resistência ao movimento (Best, 2003).

Figura 35 – Estruturas de brechas ígneas observadas no ponto ITFC44 - Abaixo de ponte na entrada do bairro Quebra-Frascos.



Fonte: O autor, 2019

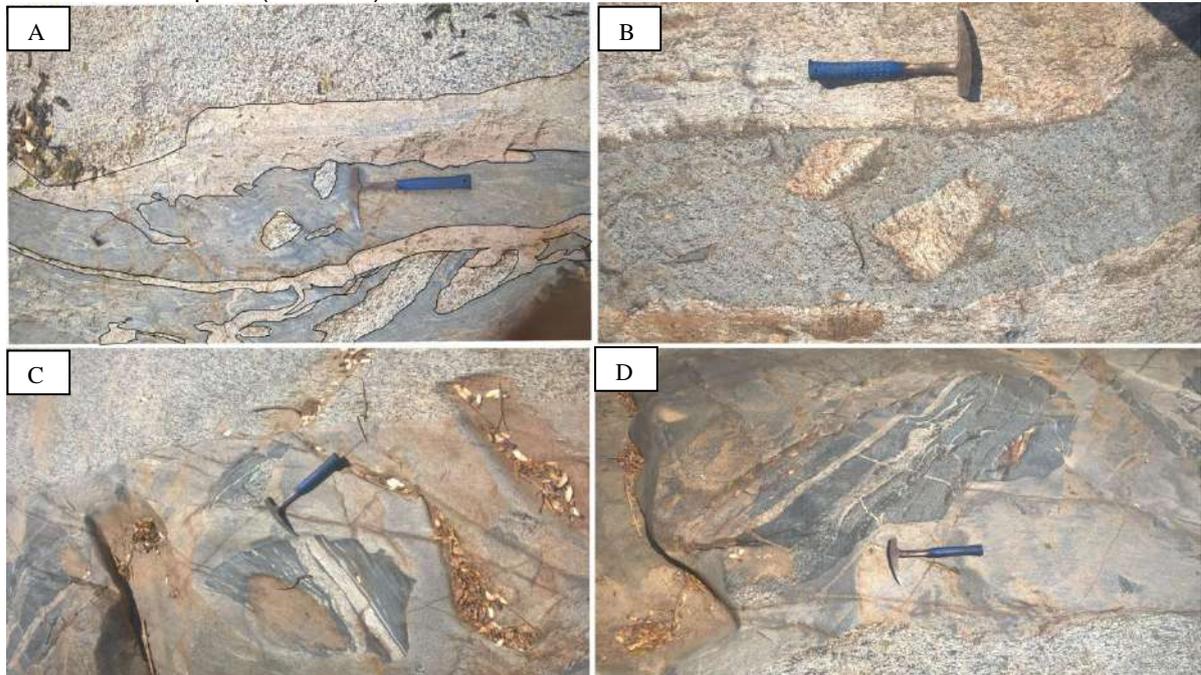
Já a predominância de xenólitos de gnaisses da Suíte Serra dos Órgãos (Fig. 37) sugere uma grande espessura da SSO no nível crustal de colocação das intrusões da Suíte Nova Friburgo. Na área de trabalho, os condutos da SNF não parecem ter atravessado outras unidades litológicas além da SSO e CRN, motivo pelo qual não apresenta xenólitos de outras unidades até o patamar de alojamento.

Figura 36 – Estrutura de fluxo laminar em dique de microgranito (ITFC167)



Fonte: O autor, 2019

Figura 37 – Diques de microgranito da Suíte Nova Friburgo cortando os gnaisses SSO e carregando xenólitos. Afloramento em grande lajedo no Rio Santo Antônio, próximo ao distrito de Itaipava (ITFC198).



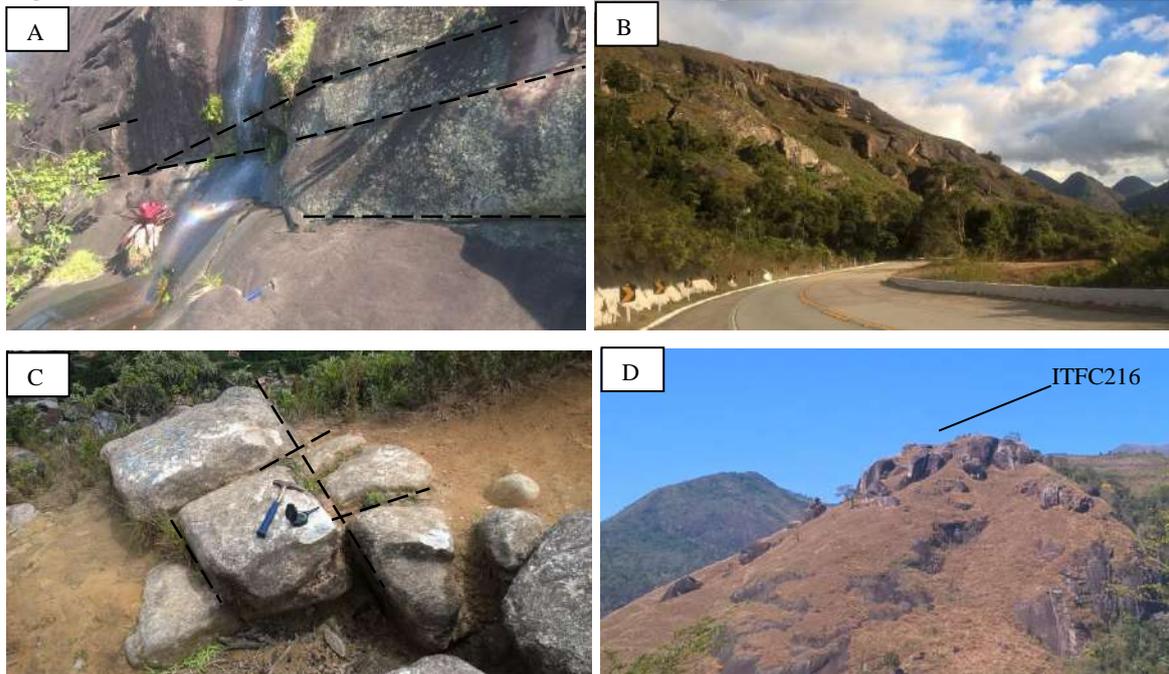
Fonte: O autor, 2019

### 3.2.1 Estruturas rúpteis

Um conjunto de juntas parecem se formar regularmente nas rochas da Suíte Nova Friburgo, provavelmente como resultado de resfriamento e das fases subsequentes de soerguimento. As juntas tabulares, observadas com frequência em grandes paredões (Fig. 38a), são interpretadas como resultado de *uplifting* e *uproofing*, tendendo a se formar paralelamente à superfície. O suave e constante mergulho para noroeste (atitude média de 335/15) é um indício de um potencial basculamento resultado de tectônica recente (Fig. 39).

A combinação da grande quantidade de juntas parece ter favorecido a erosão em planos preferenciais resultando no desenvolvimento de feições do tipo *tor*, (Fig. 38b) e *castle* (Fig. 38c e 38d), estruturas por vezes vistas à distância na área de estudo e atribuídas, com alto grau de acerto, às rochas da Suíte Nova Friburgo.

Figura 38 - Morfologias observadas no domínio Nova Friburgo



Legenda: (A) Juntas tabulares em paredão de grande soleira na Fazenda Boa Esperança (ITFC31), observada a distância na Fig. 30; (B) Feição do tipo Tor observada em mirante da BR-495 (próximo ao ponto ITFC96); Formações de feição do tipo *castle* na (C) Pedra do Quitandinha (PTFC10 em Petrópolis, fora da área de estudo) e (D) em formação rochosa no condomínio Vale da Boa Esperança (ITFC216);

Fonte: O autor, 2019

Figura 39– Lajedo na Fazenda Boa Esperança (ITFC24), em plano inclinado condicionado por estruturas de faturamento na mesma condição.



Fonte: O autor, 2019

Em alguns casos, como no afloramento exposto na localidade conhecida como Cascata dos Amores, em Teresópolis (Fig. 40), foi possível identificar fraturas em bordas de resfriamento nas intrusões menores. O faturamento se distribui em diferentes direções e é restrito aos limites do corpo. Possivelmente está relacionado à mudança de volume durante o resfriamento e cristalização dos granitos.

Figura 40 - Fraturas e bordas de resfriamento em intrusão (TSFC53)



Fonte: O autor, 2019

Em lajedo a montante da Cascata dos Amores (Fig. 41) é possível observar um exemplo de erosão diferencial no granito da Suíte Nova Friburgo em relação aos gnaisses da Suíte Serra dos Órgãos. As rochas da SNF apresentam-se em relevo pronunciado em relação à encaixante, podendo tratar-se da representação fractal, em escala de afloramento, de formas de relevo observadas na área, onde as rochas da SNF destacam-se em tabuleiros graníticos no topo de algumas serras, atribuído por alguns autores a uma maior resistência das rochas desta unidade aos agentes intempéricos.

Figura 41 – Diferença no padrão de relevo em mesoescala entre as duas suítes mostrando uma proeminência da Suíte Nova Friburgo em superfície irregular evidenciando também a influência de suas fraturas internas no processo erosivo. Área da SSO apresenta-se menos rugosa. Afloramento TSFC52.



Fonte: O autor, 2019

Outra observação importante de ser registrada é o fato de as rochas da Suíte Nova Friburgo geralmente predominarem em quase todas as cachoeiras encontradas, áreas de consideráveis quebras de relevo. Estas quebras de relevo têm sido verificadas em variadas direções, mas principalmente na direção E-W, e podem representar reativações cenozoicas de falhamentos mais antigos que podem ter servido como dutos para as intrusões que originaram a Suíte Nova Friburgo.

### 3.3 Diques Máficos

Em lajedo situado à jusante do encontro do Rio Cuiabá com o Rio Santo Antônio, próximo à margem da BR-495, foram verificados diques de rocha máfica com espessura variando entre 15cm a 70cm (Figs. 42a e b respectivamente). A atitude dos diques varia entre N40/60 (ponto ITFC197) e N345/81 (ponto ITFC193).

Estas ocorrências potencialmente representam manifestações mesozoicas relativas à abertura do Atlântico-sul e na área de estudo cortam o batólito quase que perpendicularmente a sua foliação apresentando orientação mineralógica interna

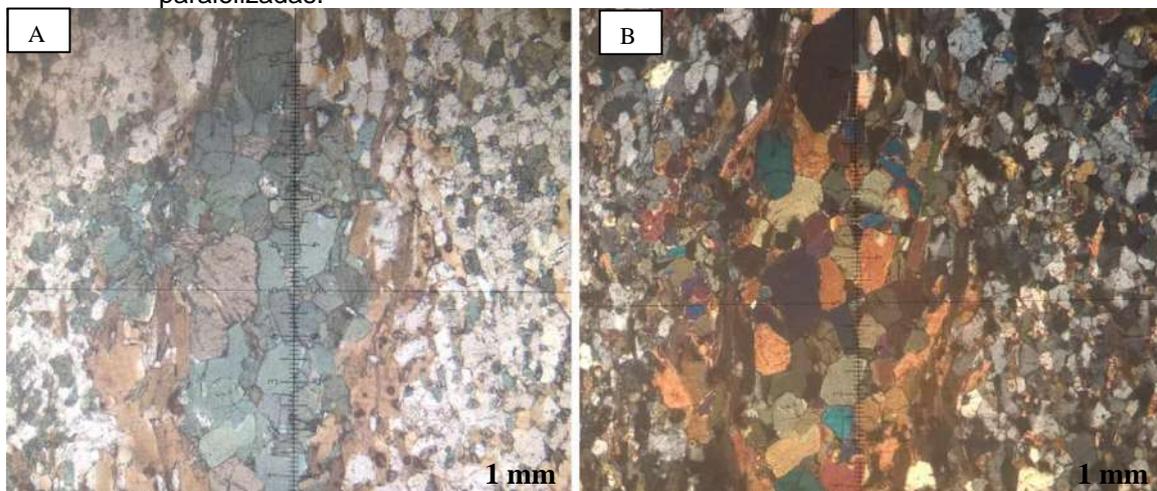
própria, que pode ser atribuída ao fluxo magmático. Em lâmina realizada em um dos diques menores (Fig. 43), aflorante na parte mais à montante do afloramento, foi possível notar que o mesmo é constituído de uma matriz composta de quartzo e secundariamente anfibólio, envolvendo *schlieren* orientados compostos de cristais de anfibólio de até 1mm imbricados e envoltos por biotita paralelizada.

Figura 42 A e B – Diques máficos cortando as rochas da Suíte Serra dos Órgãos.



Legenda: (A) ponto ITFC197; (B) ponto ITFC193.  
Fonte: O autor, 2019

Figura 43 – Seção delgada em dique máfico do ponto ITFC193 com zoom em um dos *schlieren* máficos, este composto de cristais subédricos de anfibólio envolto por biotitas paralelizadas.



Legenda: (A) nicóis paralelos e (B) em nicóis cruzados.  
Fonte: O autor, 2019

## 4 GEOFÍSICA

A área de estudo encontra-se em região montanhosa, com acesso dificultado devido a mata fechada e maciços rochosos com altitudes que chegam a 1961m, contendo paredões e topos rochosos. Nestas condições, dados geofísicos de aerolevantamentos foram utilizados para complementar o mapeamento geológico de superfície. Como apoio à interpretação dos dados aeromagnéticos, a susceptibilidade magnética foi medida em afloramentos dos litotipos mapeados.

### 4.1 Suscetibilidade magnética

Os dados foram adquiridos através do aparelho Terraplus KT-10 S/C. Este aparelho calcula susceptibilidade magnética a partir da diferença de frequência medida no ar (background) e na amostra. Uma vez identificado o alvo no afloramento, dez medidas foram tomadas estabelecendo em uma área aproximada de 1m<sup>2</sup>, calculando-se posteriormente a média aritmética e o desvio padrão. No total, foram mensuradas as susceptibilidades magnéticas de 64 afloramentos totalizando 640 medidas registradas (Tabela 2). Valores muito discrepantes foram removidos da tabela.

Medidas de condutividade elétrica foram realizadas simultaneamente no mesmo aparelho. Os valores obtidos não foram incluídos na Tabela 2 permanecem próximo a zero  $\Omega\text{S/m}$ .

#### *Resultados*

Inicialmente havia uma suspeita de que a susceptibilidade magnética dos gnaisses da fácies mesocrática poderia ter uma assinatura distinta dos gnaisses graníticos leucocráticos devido ao maior conteúdo em minerais máficos e, potencialmente, de magnetita. Entretanto, no decorrer das atividades, a alta susceptibilidade obtida no afloramento TSFC03 (que levantou esta suspeita) não se repetiu nos demais afloramentos.

Tabela 2 – Dados de susceptibilidade magnética coletados em afloramentos.

Ponto	Descrição	Medições de Susceptibilidade Magnética ( $\times 10^4(-3)$ SI)					
		UTM-Corr.Alegre (23K)			Média	Desv Pad	desv pad %
		X	Y	Z			
TSFC01	Gnaiss Rio Negro	707565	7516180		0.097	0.01	12
ITUP2A	Tonalito Complexo Rio Negro	687336	7517509	717	0.135	0.10	72
ITUP2A	Tonalito Complexo Rio Negro *	687336	7517509	717	0.091	0.01	10
ITUP2B	Diorito Complexo Rio Negro	687336	7517509	717	0.317	0.10	33
ITFC116	Gnaiss cinza fino	693999	7515497	1007	64.880	15.50	24
TSFC36	Dique pegmatítico	710077	7521318	982	0.050	0.01	19
TSFC41	Dique Máfico fino	708939	7521263	891	0.229	0.05	22
ITFC112	Dique granítico a diorítico (dentro do SSO)	693769	7517110	864	2.253	0.32	14
ITFC24	Diorito Nova Friburgo (em amostra)	698627	7517372	1263	10.660	2.90	27
ITFC25	Granito Róseo Nova Fr. (em amostra)	698610	7517407	1250	7.890	1.86	24
TSFC44	Diorito Nova Friburgo (em contato com a SSO)	706756	7521865	900	15.780	3.07	19
TSFC44	Granito Nova Friburgo (em contato com a SSO)	706756	7521865	900	5.564	2.64	47
TSFC45	Granito Nova Friburgo	694868	7515705	863	12.806	5.92	46
TSFC49b	Granito Nova Friburgo (em contato com a SSO)	695720	7515140	971	0.693	0.22	32
TSFC52	Granito Nova Friburgo (em contato com a SSO)	707431	7517775	955	0.503	0.09	18
TSFC53	Granito Nova Friburgo (em contato com a SSO)	707568	7517770	941	0.399	0.16	40
ITFC59	Granito Nova Friburgo (em contato com a SSO)	704795	7520526	1168	0.744	0.23	30
ITFC66	Granito Nova Friburgo	703841	7520142	1245	6.638	2.09	32
ITFC69	Granito Nova Friburgo (em contato com a SSO)	703891	7519982	1271	28.413	10.53	37
ITFC69	Diorito NF	703891	7519982	1271	2.483	1.40	57
ITFC85	Granito Nova Friburgo	701613	7520440	1407	19.380	2.06	11
ITFC93	Granito Nova Friburgo	700959	7520786	1312	10.960	1.21	11
ITFC96	Granito Nova Friburgo (em contato com a SSO)	700881	7520383	1290	12.999	6.44	50
TSFC02	SSO Facies Leucocrática	710864	7518935	932	0.758	0.82	108
TSFC02	SSO Facies Leucocrática *	710864	7518935	932	0.156	0.26	165
ITFC09	SSO Facies Leucocrática	692428	7530597	647	0.091	0.02	28
ITFC35	SSO Fácies leucocrática (em amostra)	698926	7521441	872	0.032	0.03	96
TSFC36	SSO Facies Leucocrática	710077	7521318	982	0.130	0.02	12
TSFC38	SSO Facies Leucocrática	716134	7522993	841	0.068	0.02	31
TSFC41	SSO Fácies leucocrática róseo afetado metassomatismo (Contato com NF)	708939	7521263	891	14.150	4.01	28
TSFC47	SSO Facies Leucocrática alterado	696405	751470	1095	5.935	2.69	45
TSFC21	SSO Facies Leucocrática kt 1	708159	7520550	920	0.473	0.08	17
TSFC21	SSO Facies Leucocrática kt2	708159	7520550	920	9.435	4.65	49
TSFC49b	SSO Facies Leucocrática bege. Contato com NF	695720	7515140	971	28.900	4.99	17
ITFC125	SSO Facies Leucocrática bege	693726	7515150	1062	1.060	0.85	80
ITFC130	SSO Facies Leucocrática bege	694632	7515586	907	16.650	1.29	8
ITFC133	SSO Facies Leucocrática bege, foliação fraca (ocorrecncias de Gr NF)	694905	7515721	894	20.550	5.44	26
TSFC03	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	711068	7520039	913	6.920	2.12	31
TSFC37	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	722888	7528140	961	0.127	0.03	22
TSFC39	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	711225	7524160	873	0.125	0.02	19
TSFC42	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	710864	7524614	795	0.163	0.23	142
TSFC43	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	708132	7522990	877	0.116	0.02	16
TSFC44	Gnaiss SSO fâcies mesocrática (em contato com NF)	706756	7521865	900	27.000	1.26	5
TSFC52	Gnaiss SSO fâcies mesocrática(em contato com NF)	707431	7517775	955	22.650	7.87	35
TSFC53	Gnaiss SSO fâcies mesocrática (em contato com NF)	707568	7517770	941	52.450	7.28	14
TSFC54	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	705285	7520700	1111	1.260	0.27	22
ITFC55	Gnaiss SSO fâcies mesocrática (em contato com NF)	705494	7520828	1091	28.300	7.37	26
ITFC55	Gnaiss SSO fâcies mesocrática (a 50m do contato)	705494	7520828	1091	2.310	0.25	11
ITFC57	Gnaiss SSO fâcies mesocrática (a 50m do contato)	705015	7520610	1139	8.850	1.62	18
ITFC59	Gnaiss SSO fâcies mesocrática (contato)	704795	7520526	1168	19.561	7.31	37
ITFC68	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	703812	7520047	1255	1.320	0.30	23
ITFC69	Gnaiss SSO fâcies mesocrática (contato com NF)	703891	7519982	1271	35.000	9.57	27
ITFC70	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	703935	7519838	1276	3.175	1.47	46
ITFC78	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	702678	7520187	1388	0.948	0.13	13
ITFC79	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	702590	7520220	1392	1.160	0.27	23
ITFC84	Gnaiss SSO fâcies mesocrática Intemperizado	701671	7520350	1435	2.435	0.63	26
ITFC96	Gnaiss SSO fâcies mesocrática (10m do contato com NF)	700881	7520383	1290	1.630	0.27	17
ITFC96	Gnaiss SSO fâcies mesocrática (no contato com NF)	700881	7520383	1290	2.135	1.16	54
ITFC113	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	694106	7516475	830	0.890	0.55	62
ITFC112	SSO Facies Leucocrática (a 20 m do dique)	693769	7517110	864	21.950	12.47	57
ITFC112	SSO Facies Leucocrática (próximo ao dique granítico)	693769	7517110	864	220.500	67.69	31
ITFC127	Gnaiss SSO fâcies mesocrática	693669	7515319	1007	1.050	0.22	21

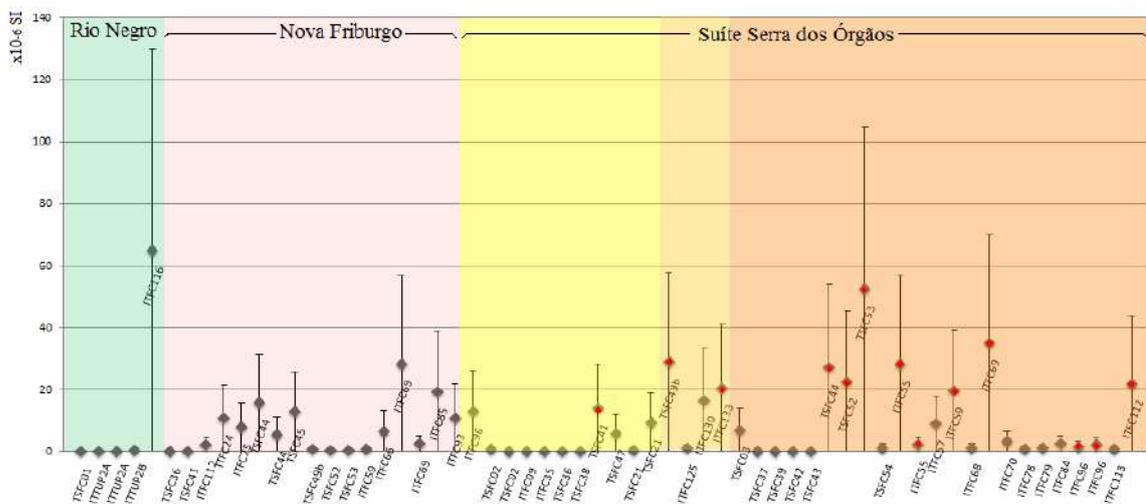
Legenda: Complexo Rio Negro (verde); granito e diorito da Suíte Nova Friburgo (rosa); Gnaiss da Suíte Serra dos Órgãos: fâcies granítica leucocrática (amarelo), fâcies allanita gnaiss granítico (ocre), fâcies hornblenda biotita gnaiss granodiorítico (laranja).

Fonte: O autor, 2019

Foi observado que em zonas de contato entre a Suíte Serra dos Órgãos e a Suíte Nova Friburgo os valores de susceptibilidade magnética nos gnaisses tornam-se tanto mais altos quanto mais perto estiverem destas intrusões. O alcance desta zona de influência parece se limitar a uma escala de poucos metros (aproximadamente 3m), mas o elevado número de intrusões graníticas observada na área leva a crer que os demais picos anômalos registrados nos gnaisses podem estar associados a intrusões próximas de rochas da suíte Nova Friburgo não expostas em afloramento.

No gráfico da Fig. 44 é possível observar, para os gnaisses da Suíte Serra dos Órgãos, que os maiores picos foram registrados em afloramentos onde também foram observadas rochas da Suíte Nova Friburgo.

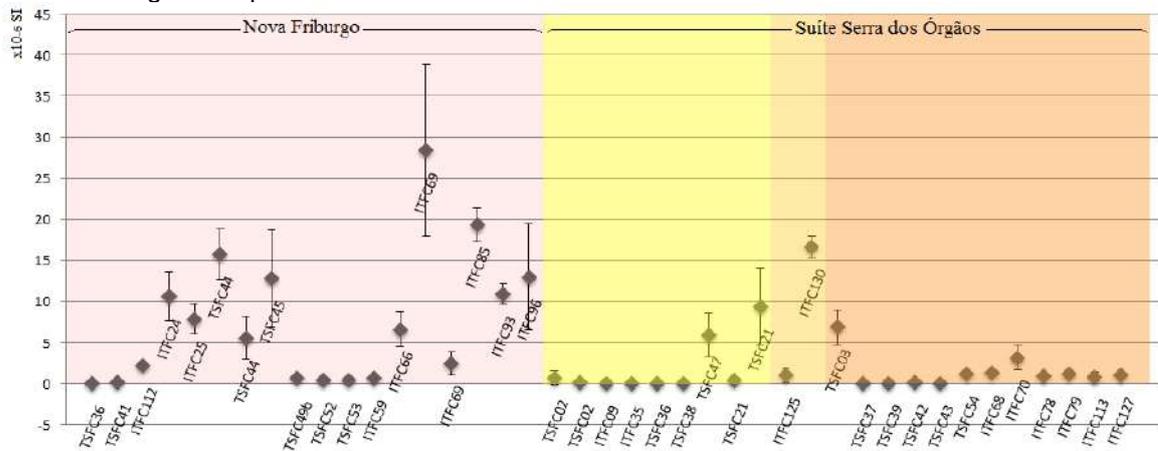
Figura 44 – Média de Susceptibilidade Magnética nos afloramentos com os respectivos desvios padrões. As cores são aquelas utilizadas na Tabela 2. Os pontos preenchidos em vermelho referem-se às rochas em contato com os granitos ou dioritos da Suíte Nova Friburgo.



Fonte: O autor, 2019

Visando melhor representar as diferenças de resposta magnética entre as rochas, foram eliminadas do gráfico da figura 44 as médias dos gnaisses relativas aos contatos com a Suíte Nova Friburgo. Assim é possível verificar na figura 45 que as rochas da Suíte Nova Friburgo apresentam valores relativamente mais elevados de susceptibilidade magnética, quando comparadas com as rochas da Suíte Serra dos Órgãos. Entretanto, vale ressaltar que nem todas as rochas da SNF apresentam esta resposta magnética.

Figura 45 – Média de Susceptibilidade Magnética nos afloramentos com os respectivos desvios padrões, excluídas as médias relativas aos gnaisses da SSO em contato como os granitos pós-tectônicos.



Fonte: O autor, 2019

Por outro lado, uma possível distinção de suscetibilidade magnética entre as diferentes litofácies da Suíte Serra dos Órgãos não é evidente. Para as fácies allanita granito, apesar de apresentar valores maiores, as poucas medidas tomadas não permitem uma definição segura.

## 4.2 Aeromagnetometria

Na primeira fase do projeto trabalhou-se com dados de levantamento aeromagnetométricos do Projeto São Paulo-Rio de Janeiro (nº1038), serviço contratado pela CPRM e executado em 1978. O espaçamento das linhas de voo deste projeto é de 1km. Posteriormente foram utilizados os dados do Projeto Rio de Janeiro (nº1117) através de cessão pela CPRM para uso estritamente acadêmico. Além de ser um levantamento mais recente (2011/2012), este projeto possui linhas de voo espaçadas de 500m. Os produtos adquiridos com o processamento desta base de dados trouxeram considerável melhoria na qualidade.

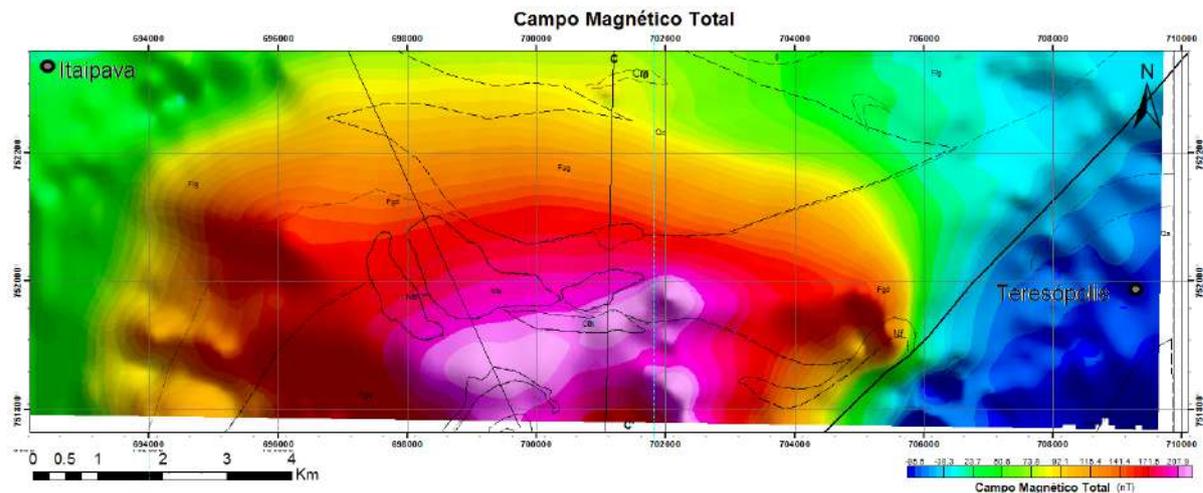
A área de interesse foi recortada utilizando o ArcGis no intuito de se estabelecer um espectro de respostas físicas menos abrangentes, modelando produtos levando em conta apenas valores locais. O restante do tratamento dos dados foi realizado utilizando o *software* GEOSOFT, da Oasis Montaj©.

A partir dos dados de aeromagnetometria foram confeccionados os mapas de: Campo Magnético Total, Sinal Analítico, Derivada Horizontal e Derivada Vertical. Ruídos relacionados às linhas de voo, evidentes nos primeiros mapas realizados, foram resolvidos utilizando o filtro *band-pass*.

#### 4.2.1 Campo Magnético Total

O mapa do Campo Magnético Total reduzido do IGRF (Fig.46) pode apresentar diferentes respostas para um mesmo corpo magnético dependendo da localização geográfica deste. A inclinação do campo magnético na região de estudo é de aproximadamente  $-39.34^\circ$ . Para este valor, um corpo mais magnético que a rocha encaixante tende a produzir uma anomalia de indução com características dipolares, comumente configurando-se o polo positivo a norte e o polo negativo a sul da anomalia.

Figura 46 – Mapa pseudo-iluminado do campo magnético total (reduzido do IGRF).



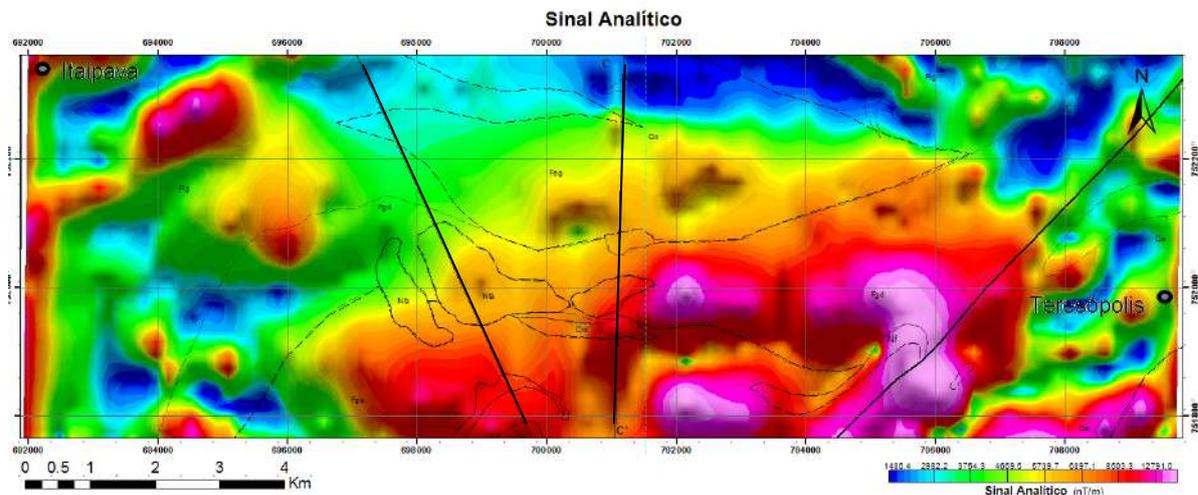
Fonte: O autor, 2019

Apesar de a maior área no mapa ser de domínio da Suíte Serra dos Órgãos, aparentemente a região de maior anomalia magnética engloba as áreas onde foram cartografados grandes corpos de granitos da suíte Nova Friburgo, com suscetibilidade magnética elevada.

#### 4.2.2 Amplitude do Sinal Analítico

O cálculo do SA independe da presença e da intensidade da magnetização remanescente associada ao corpo intrusivo, o que teoricamente tornaria este método uma ferramenta útil para obter informações preliminares sobre o comportamento do corpo em sub-superfície, especialmente para casos em que a anomalia magnética associada à intrusão apresenta comportamento complexo, como nesta pesquisa.

Figura 47 - Mapa pseudo-iluminado do sinal analítico e linhas utilizadas para confecção dos perfis.



Fonte: O autor, 2019

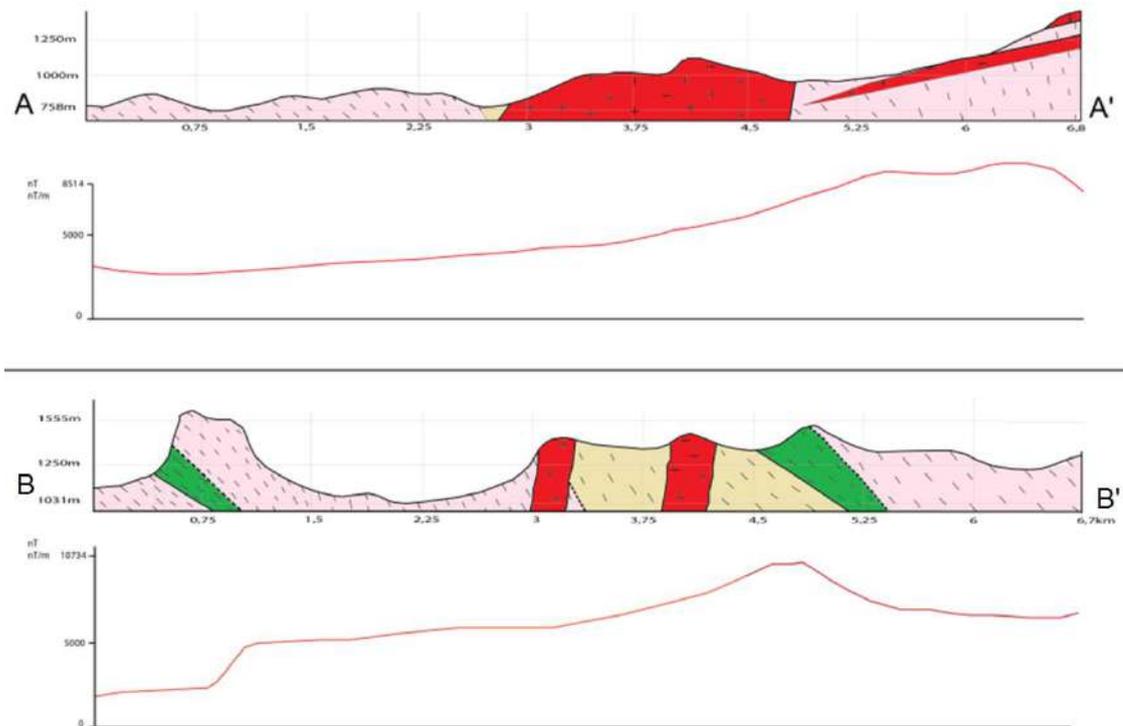
No mapa (Fig. 47), é possível verificar diversas áreas de sinal analítico atenuado, e apesar de algumas destas áreas não terem sido verificadas em campo por uma questão de dificuldade de acesso, outras regiões reconhecidas neste trabalho como grandes áreas de ocorrência da Suíte Nova Friburgo não aparecem nitidamente anômalas. Isto pode se dar devido aos diferentes níveis de magnetização para as distintas litofácies desta suíte. Entretanto, de forma geral, a região centro-sul do mapa, onde são verificadas as maiores anomalias, também é a região preferencial para afloramentos graníticos da Suíte Nova Friburgo.

Curiosamente, outra zona magnética anômala de menor intensidade é observada na região centro-sul do mapa, bordejando as anomalias principais. Esta é a área aproximada de domínio dos gnaisses graníticos-à-allanita, os quais apresentaram algum magnetismo em campo (constatado através de imãs comuns). Esta fácies também exibiu algum magnetismo anômalo durante as medidas com o

Terraplug KT-10, entretanto as poucas medidas realizadas o aparelho para esta rocha não permitiu uma análise concreta para esta questão.

No intuito de traçar perfis magnetométricos do sinal analítico paralelamente aos três perfis geológicos confeccionados, utilizou-se a ferramenta FX do software GEOSOFT da Oasis Montaj© (Fig. 48). Estes perfis mostram leituras mais altas que coincidem com as áreas de maiores exposições das rochas da Suíte Nova Friburgo, reduzindo progressivamente o sinal no sentido de mergulho destas rochas (NNE). Entretanto, a disposição das diferentes fácies da SSO na área não aparenta influenciar expressivamente o sinal magnético.

Figura 48 - Perfil apresentando a variação das anomalias magnéticas e sua relação com a seção geológica.



Fonte: O autor, 2019

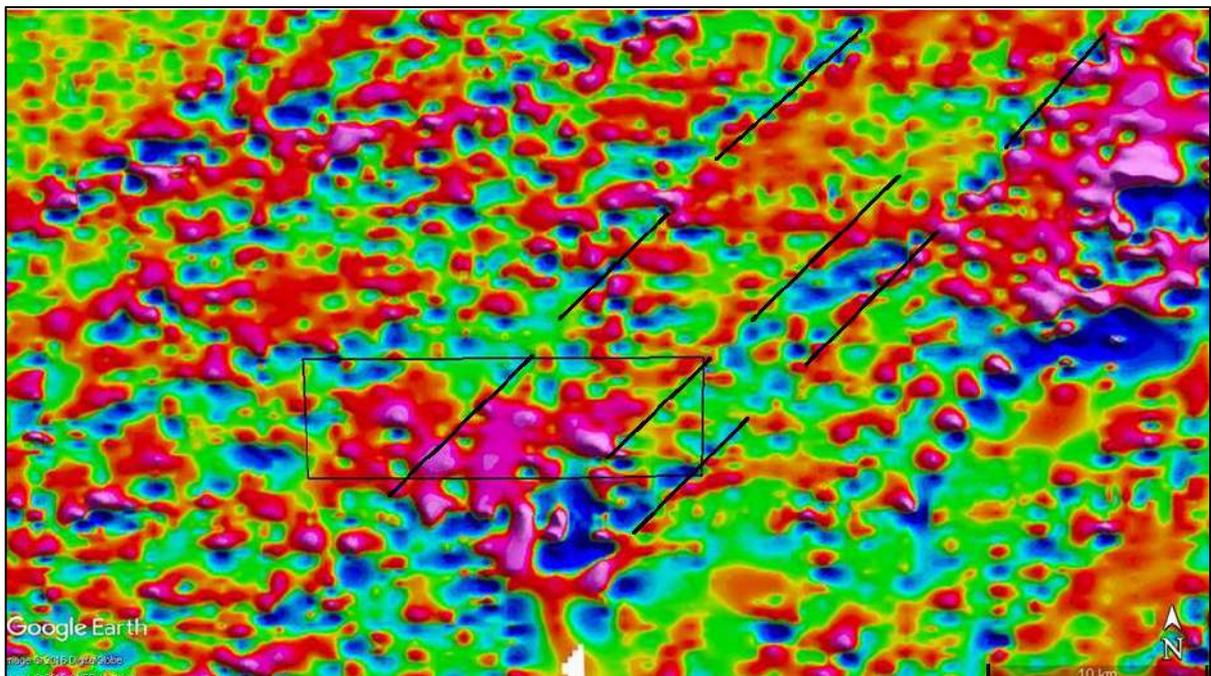
#### 4.2.3 1ª Derivada Vertical

O filtro de derivada vertical consiste na derivação dos dados de campo potenciais em relação à direção vertical no intuito de realçar altas frequências, evidenciando assim a amplitude das anomalias causadas por fontes mais rasas. Desta

forma, o método é utilizado regularmente para delinear feições estruturais como contatos, descontinuidades ou lineamentos difíceis de serem realçados em mapas de campo magnético anômalo.

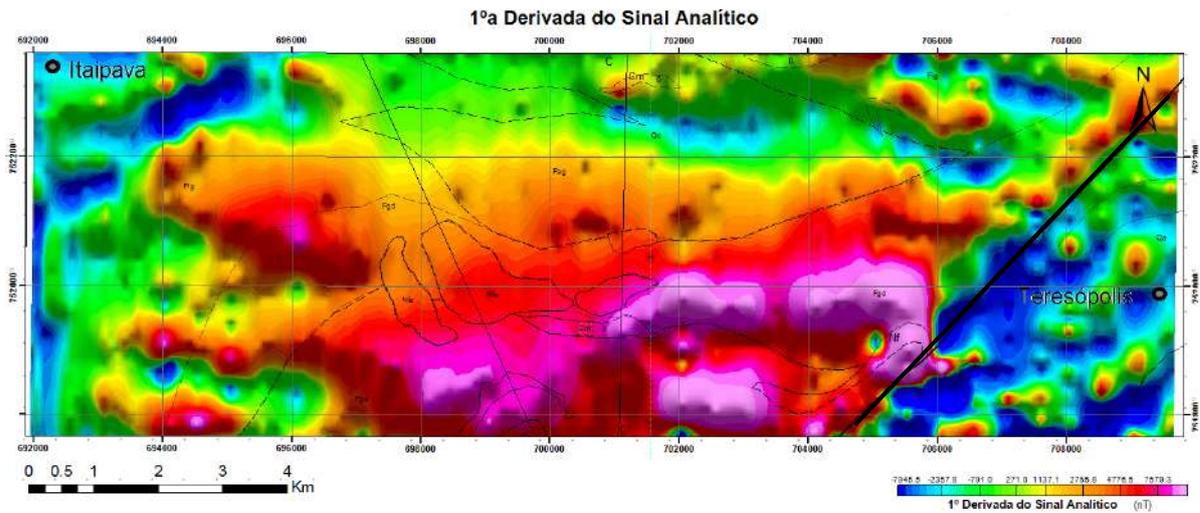
Partindo deste princípio, ao analisar o mapa pseudo-iluminado da primeira derivada em uma escala regional (Fig. 49), foi possível identificar três potenciais zonas de falhas geológicas próximas ou cortando a área de trabalho. Destes lineamentos, bem marcados, um coincide com um forte lineamento de drenagem identificado na área de estudo durante realização do mapa foto-interpretativo. Ao aplicar a derivada vertical mais especificamente para a área de estudo, foi possível verificar com mais nitidez a relação entre a referida estrutura e a anomalia magnética, permitindo ao menos a delimitação de uma grande falha na área (Fig. 50). A segunda, mais a oeste não coincidiu com o strike e posição com a área referente ao vale do Cuiabá, em Itaipava, onde havia uma suspeita maior de falha.

Figura 49 – Mapa pseudo-iluminado regional da 1ª Derivada Vertical do Sinal Analítico.



Fonte: O autor, 2019

Figura 50 - Mapa pseudo-iluminado da 1ª derivada do sinal analítico.



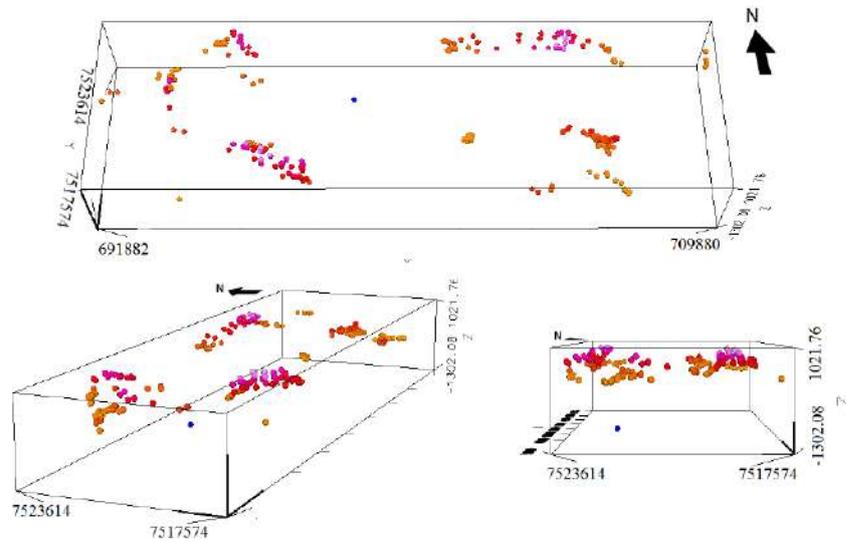
Fonte: O autor, 2019

#### 4.2.4 Deconvolução de Euler

A deconvolução de Euler é uma técnica de determinação de profundidade de fontes magnéticas a partir de levantamentos aerogeofísicos ou terrestres. Uma das vantagens da deconvolução de Euler clássica é fornecer uma rápida estimativa de localização da geometria de fontes anômalas a partir de dados potenciais. Na prática, o método facilita a visualização espacial do resultado estimado em um dado ambiente geológico (Barbosa e Silva, 2005).

No caso em estudo, este processo foi realizado a partir do software GEOSOFT, da Oasis Montaj© com o objetivo de identificar as profundidades das anomalias geradas pela Suíte Nova Friburgo e sua disposição espacial. A partir da análise dos produtos gerados (Fig. 51), verificou-se que as anomalias magnéticas da área de estudo concentram-se em uma faixa de cota que varia entre 235m (não-aflorantes) e 1021m em relação ao nível do mar. A escala de observação entretanto, não permitiu confirmar com segurança o mergulho para NNW (como já verificado nos perfis).

Figura 51– Projeção em três dimensões das principais anomalias magnéticas identificadas a partir do método de deconvolução de Euler.



Fonte: O autor, 2019

No geral, ao analisar os produtos obtidos pelas diversas aplicações de filtros, nota-se que os maiores valores observados para o campo magnético concentram-se na região centro-sul da área, onde foi verificada uma concentração de afloramentos das fácies graníticas mais magnéticas da Suíte Nova Friburgo, diminuindo a intensidade do magnetismo nos terrenos localizados mais a norte da área.

## 5 LITOGEOQUÍMICA

Foram analisadas seis amostras da Suíte Serra dos Órgãos, das quais, duas compreendem a fácies gnaiss leucocrático granítico, duas correspondendo a fácies allanita gnaiss granítico granítica-à-allanita e duas da fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico. As amostras encontram-se distribuídas na área de estudo e seu entorno (APÊNDICE C)

As análises químicas de rocha total foram realizadas no Actlabs, no Canadá, utilizando-se os pacotes 4B e 4B2 combinados (4Litho), mais adequados para o caso em estudo. Neste processo analítico, os elementos maiores foram dosados por *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES), e os elementos menores e traços por *Inductively Coupled Plasma Microspectrometry* (ICP-MS).

Os resultados obtidos para elementos maiores (%), traços e terras raras (ppm) estão apresentados nas tabelas 3 e 4. Estes foram tratados com a utilização do *freeware* GCDKit 4.1 (Janousek *et al.* 2006), através do qual foram confeccionados os diagramas de classificação geoquímica, multi-elementares e aranhogramas, assim como os diagramas de classificação geotectônica. A localização das amostras submetidas ao tratamento geoquímico está representada no mapa geológico.

Reunindo os dados litogeoquímicos e as descrições petrográficas dos exemplares mais representativos de cada fácies da Suíte Serra dos Órgãos discriminadas em campo, evidenciam-se algumas diferenças composicionais que reforçam a subdivisão dos grupos litológicos apresentados neste trabalho. Para esta análise, foram reunidas nas tabelas 3 e 4 as proporções de óxidos e de elementos traços, respectivamente.

As amostras da fácies granítica leucocrática, como esperado, são significativamente mais ácidas que os biotita-hornblenda gnaisses mesocráticos, com destaque para os gnaisses graníticos-à-allanita (TSFC2B e ITFC156). A amostra ITFC156 mais especificamente, apresenta 77,4% de sílica,

Tabela 3 – Elementos maiores de duas amostras da fácies gnaiss leucocrático granítico (ITFC09, ITFC159), duas amostras da fácies allanita gnaiss granítico (ITFC156, TSFC02B) e duas amostras da fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (TSFC42 e TSFC60), representantes da Suíte Serra dos Órgãos na área de estudo.

Óxidos	Gnaiss Leuc Granítico		Allanita Gnaiss Granítico		Hb-bt gnaiss Granodiorítico	
	ITFC 09	ITFC 159	ITFC 156	TSFC 2B	TSFC 42	ITFC 60
SiO <sub>2</sub>	71.81	70.54	77.44	75.67	63.19	64.86
TiO <sub>2</sub>	0.323	0.375	0.087	0.108	0.983	0.68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.67	13.84	12.15	12.43	14.45	15.6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (T)	3.09	3.65	1.22	1.32	8.74	6.53
MnO	0.053	0.089	0.019	0.027	0.164	0.143
MgO	0.28	0.13	0.06	0.05	1.04	0.38
CaO	1.71	1.32	0.5	0.52	3.81	2.81
Na <sub>2</sub> O	3.51	3.32	3.08	3.08	3.99	4.01
K <sub>2</sub> O	4.95	5.96	5.29	5.11	3.36	4.59
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.04	< 0.01	< 0.01	0.27	0.16
LOI	0.21	0.25	0.33	0.7	0.15	0.12
<b>Total</b>	<b>99.67</b>	<b>99.52</b>	<b>100.2</b>	<b>99.02</b>	<b>100.2</b>	<b>99.87</b>

Fonte: O autor, 2019

A grande concentração de microclina observada em lâminas em ambas as fácies graníticas coincide com os teores mais expressivos de K<sub>2</sub>O. Antagonicamente, a menor abundância de microclina nos hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos e maior proporção de oligoclásio, verificada em lâmina e microsonda eletrônica (capítulo VII), justificam os teores mais elevados de Na<sub>2</sub>O e CaO observados nestas rochas (TSFC42 e ITFC60). O maior índice de cor dos hornblenda-biotita gnaisses também é refletido em seus teores mais elevados de MgO e FeO, impulsionados pela presença mais regular destes minerais que, não por acaso, dão nome à fácies.

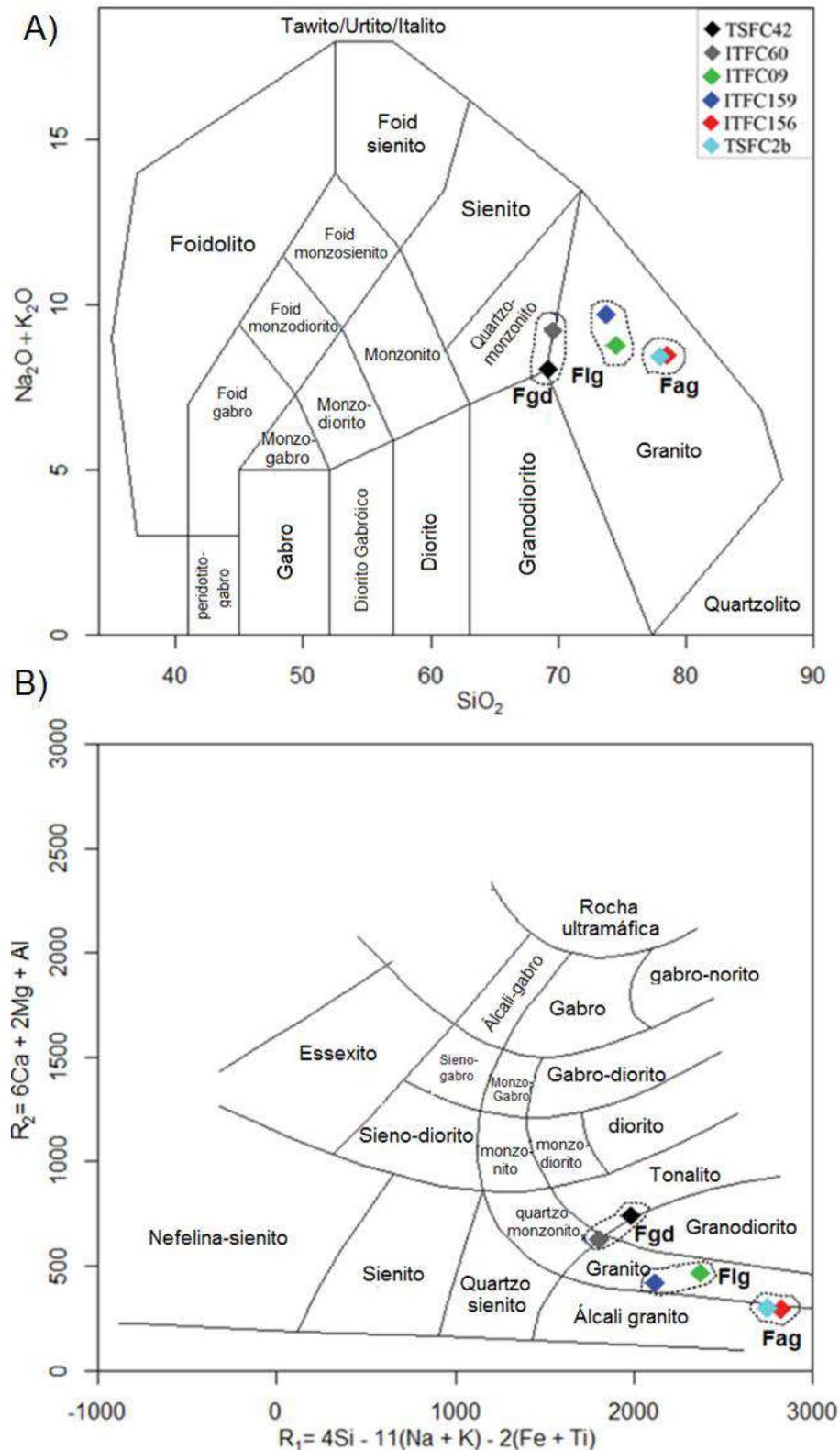
Nos diagramas de classificação da figura 52 (A e B), é possível observar que as amostras TSFC42 e ITFC60 encontram-se no limiar das zonas do quartzodioritos/granodioritos e granitos, mantendo uma distância considerável das fácies leucocráticas da SSO, estas fortemente graníticas. É pertinente destacar que a fácies allanita gnaiss granítico apresenta-se ainda mais ácida que a fácies leucocrática granítica.

Embora seja possível observar *gaps* entre o range de proporção de SiO<sub>2</sub> de cada fácies da SSO, vale ressaltar que as amostras selecionadas foram as mais representativas de cada variedade, não tendo sido incluído representantes intermediários.

Tabela 4 – Elementos menores e traços de duas amostras da fácies gnaiss leucocrático granítico (ITFC09, ITFC159), duas amostras da fácies allanita gnaiss granítico (ITFC156, TSFC02B) e duas amostras da fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (TSFC42 e TSFC60), representantes da Suíte Serra dos Órgãos na área de estudo.

Elemento	Gnaiss leucocrático granítico (Flg)		Allanita Gnaiss Granítico (Fag)		Hb-bt gnaiss Granodiorítico (Fgd)	
	ITFC 09	ITFC 159	ITFC 156	TSFC 2B	TSFC 42	ITFC 60
Sc	20	2	7	23	4	1
Be	2	2	2	2	2	< 1
V	43	6	13	11	7	< 5
Cr	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Co	10	8	10	8	9	6
Ni	20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Cu	< 10	< 10	< 10	30	< 10	< 10
Zn	140	< 30	70	90	90	30
Ga	20	16	19	18	19	14
Ge	2	2	2	1	2	1
As	< 5	< 5	15	< 5	< 5	< 5
Rb	93	227	119	96	114	87
Sr	172	29	107	445	62	21
Y	60	39	33	33	38	6
Zr	762	108	356	638	663	145
Nb	22	11	10	15	17	1
Mo	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ag	2.5	< 0.5	1.2	2.2	2	< 0.5
In	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Sn	2	1	1	2	2	< 1
Sb	< 0.5	< 0.5	1.8	0.7	< 0.5	< 0.5
Cs	1.2	1.3	3.3	1.3	1.7	0.8
Ba	1702	235	1190	5581	1637	431
La	44.6	14.7	87.7	50.6	185	19.3
Ce	104	31.9	176	98.5	352	57
Pr	13.3	4.25	19.1	11.4	36.7	4.57
Nd	57.9	16.8	69.8	47.6	133	17.4
Sm	13.9	4.3	12.2	9.9	17.9	2.8
Eu	3.14	0.42	1.75	5.02	2.88	0.76
Gd	12.1	4.5	8.9	7.7	10.8	1.4
Tb	2	0.9	1.3	1.1	1.4	0.2
Dy	11.7	6.1	7.4	6.5	7.4	1
Ho	2.3	1.3	1.4	1.2	1.4	0.2
Er	6.7	4.2	3.8	3.6	4.2	0.6
Tm	0.98	0.63	0.52	0.51	0.64	0.1
Yb	6.4	4	3.1	3.4	4	0.7
Lu	1.01	0.61	0.48	0.53	0.64	0.11
Hf	17.2	3.7	8.7	11.4	13.6	3.5
Ta	1.4	1.3	0.5	1	1	0.2
W	22	111	86	69	97	53
Tl	0.4	1	2.7	1.2	0.6	0.8
Pb	17	30	41	25	18	23
Bi	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
Th	10.1	19.2	13.2	3.8	20.6	4
U	1.9	3.3	1.5	1.6	1.7	0.7

Figura 52 – A) Diagrama TAS (Middlemost, 1994) e B) Diagrama TAS (De La Roche *et al*, 1980) para classificação de rochas plutônicas confrontando proporções de álcalis e sílica de amostras de fácies da Suíte Serra dos Órgãos.

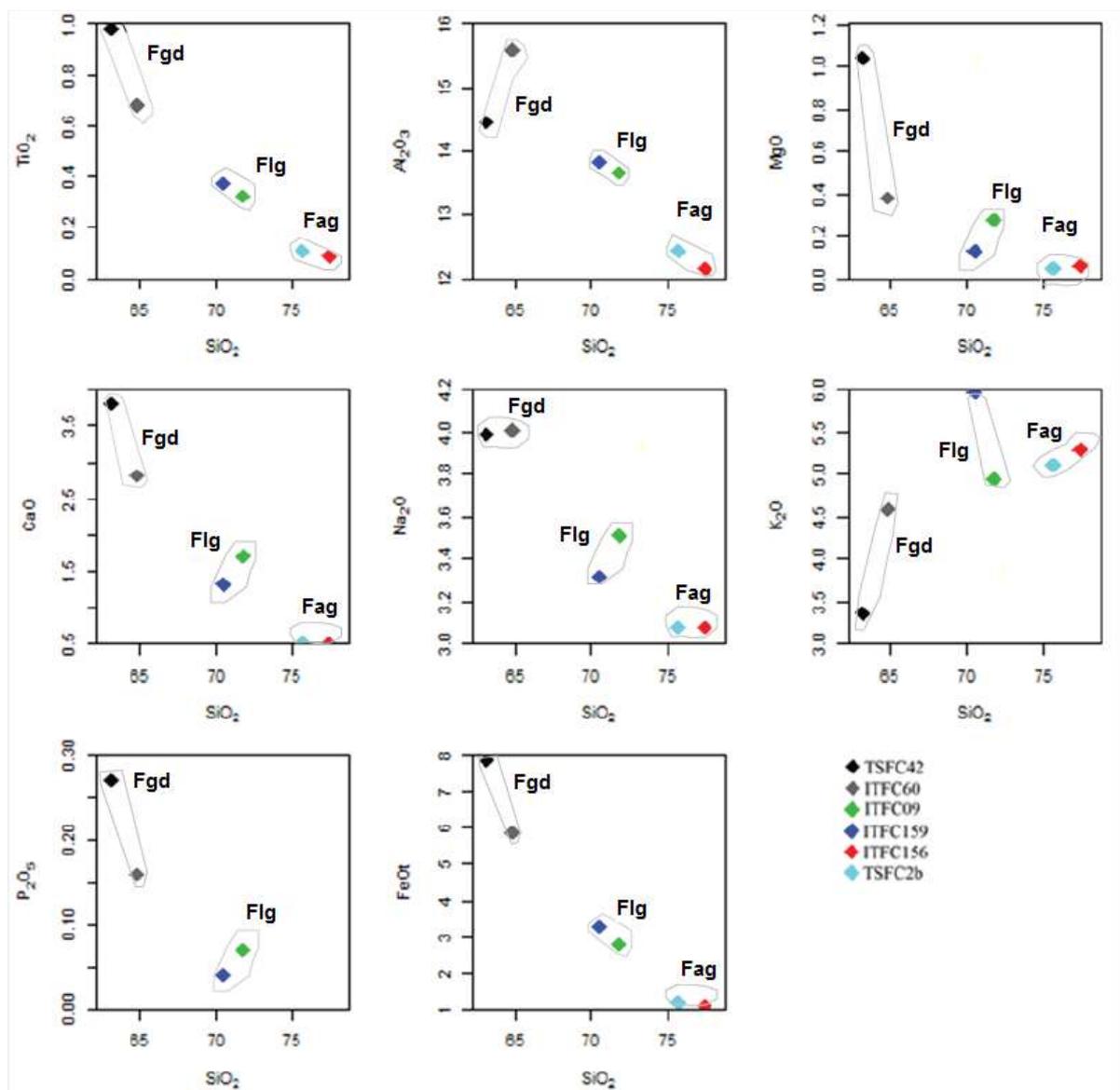


Legenda: (Flg) fácies gnaiss leucocrático granítico, (Fag) fácies allanita gnaiss granítico e (Fgd) fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico.

Fonte: O autor, 2019

Os diagramas de Harker (Fig. 53) permitem analisar o comportamento dos elementos químicos ao longo da evolução magmática. Aplicando o mesmo para o caso em estudo, tornam-se notáveis a correlação negativa da  $\text{SiO}_2$  com os óxidos  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{FeO}$  e correlação positiva com o  $\text{K}_2\text{O}$ . Estes *trends* sugerem uma cogeneticidade entre as fácies, mostrando um comportamento compatível com os processos de diferenciação magmática.

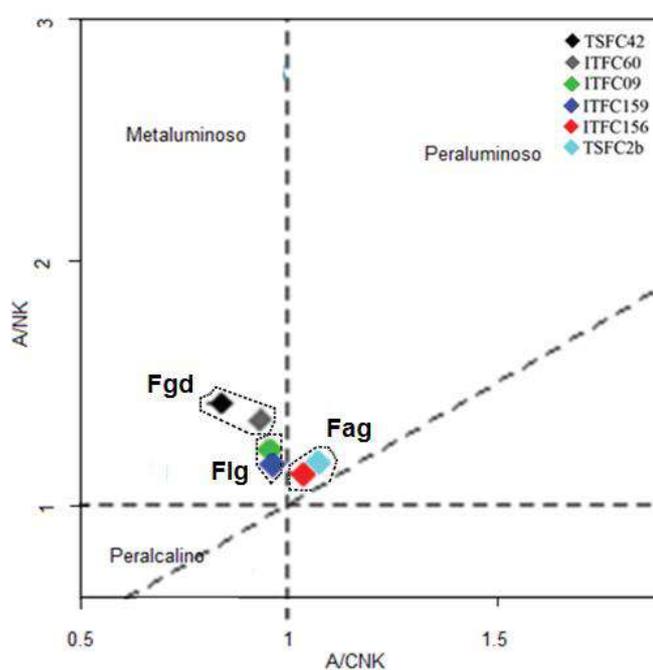
Figura 53 – Distribuição de elementos maiores em diagramas binários (Harker) mostrando a proporção de elementos maiores em função de  $\text{SiO}_2$  em duas amostras da fácies gnaiss leucocrático granítico (Flg), duas amostras da fácies allanita gnaiss granítico (Fag) e duas amostras da fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (Fgd), representantes da Suíte Serra dos Órgãos na área de estudo.



Fonte: O autor, 2019

Quanto à alumina-saturação, no geral os teores de  $Al_2O_3$  são semelhantes para as rochas da suíte, tornando possível classificá-las no diagrama de Maniar & Piccoli (1989), da Fig. 54, como metaluminosas. A exceção fica para as amostras dos gnaisses graníticos-à-allanita (TSFC02 e ITFC156), passíveis de serem classificados como fracamente peraluminosos. Esta característica mais aluminosa coincide com a presença constante de allanita observada nos exemplares desta fácies, além da presença de córidron normativo (Tabela 5).

Figura 54 - Diagrama discriminante tectônico para granitos aplicados aos gnaisses da SSO (Maniar & Piccoli, 1989).



Legenda: Flg - fácies gnaiss leucocrático granítico; Fag - fácies allanita gnaiss granítico; Fgd - fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico.

Fonte: O autor, 2019

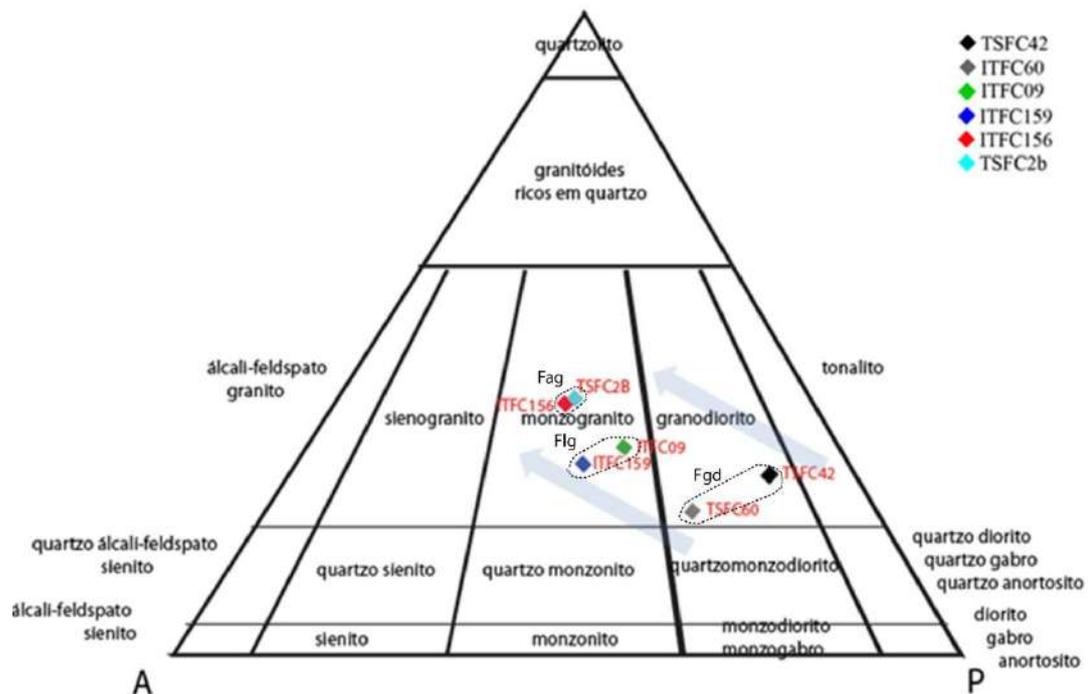
Aplicando o cálculo para os minerais normativos, considerando a presença de hornblenda, algumas discrepâncias puderam ser observadas em relação à moda, como por exemplo o aparecimento de ortoclásio nas amostras TSFC42 e TSFC60 o que não foi verificado em lâmina. Entretanto, a Fig. 55 evidencia uma evolução com crescente índices de alcalinidade dos hornblenda-biotita gnaisses para os gnaisses graníticos-à-allanita.

Tabela 5 – Cálculos de minerais normativos (CPIW+Hb)

	Gnaiss leucocrático granítico		Allanita Gnaiss Granítico		Hb-bt gnaiss Granodiorítico	
	ITFC9	ITFC159	ITFC156	TSFC2B	TSFC42	ITFC60
Q	29.226	25.931	38.213	37.089	20.922	18.811
C	0	0	0.448	0.886	0	0
Or	25.322	30.998	29.781	28.638	8.231	19.263
Ab	29.699	28.091	26.061	26.061	33.76	33.93
An	6.924	5.258	2.481	2.58	11.594	11.009
Wo	0.46	0.43	0	0	2.315	0.788
Il	0.614	0.713	0.165	0.205	1.868	1.292
Ap	0.166	0.095	0	0	0.64	0.379
Bi	6.755	7.391	2.579	2.728	19.814	13.653
Sum	99.165	98.906	99.727	98.186	99.143	99.124

Fonte: O autor, 2019

Figura 55 - Diagrama QAP calculado a partir da norma CPIW+hb (tabela 5) mostrando o *trend* de evolução das fácies da SSO.



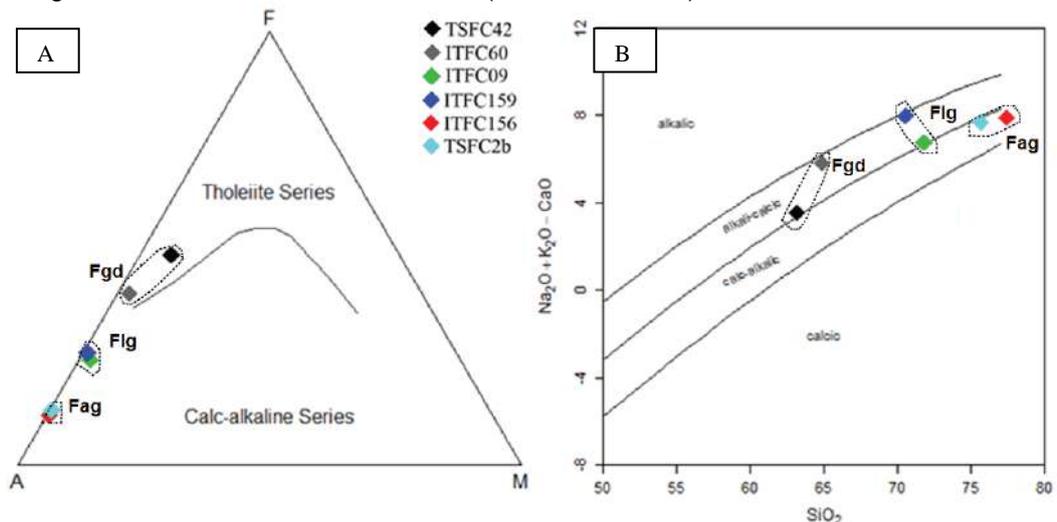
Legenda: Flg - fácies gnaiss leucocrático granítico; Fag - fácies allanita gnaiss granítico; Fgd - fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico.

Fonte: O autor, 2019

No diagrama proposto por Frost *et al.* (2001), no qual relacionam-se as proporções de SiO<sub>2</sub> com Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO para classificação das rochas segundo sua alcalinidade (Fig. 56b), as amostras encontram-se plotadas nos campos de álcali-cálcico a cálcio-alcálico. Já no diagrama AFM (Fig. 56a), proposto por Irvine e Baragar

(1971) nota-se a distribuição das fácies félsicas no *trend* de evolução das séries cálcio-alcalinas, enquanto que os hornblenda-biotita gnaisses apresentam-se plotados no campo de evolução das séries toleíticas.

Figura 56 - (A) Diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971). (B) Diagrama de classificação de rochas magmáticas  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO} : \text{SiO}_2$  (Frost *et al*, 2001).



Legenda: Flg - fácies gnaiss leucocrático granítico; Fag - fácies allanita gnaiss granítico; Fgd - fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico.

Fonte: O autor, 2019

Mesmo com poucas amostras analisadas, é importante observar que nos gráficos apresentados anteriormente, existem campos de plotagens próximos para as amostras de cada uma das fácies da Suíte Serra dos Órgãos, explicitando diferenças composicionais entre os litotipos o que corrobora com a divisão faciológica realizada em campo.

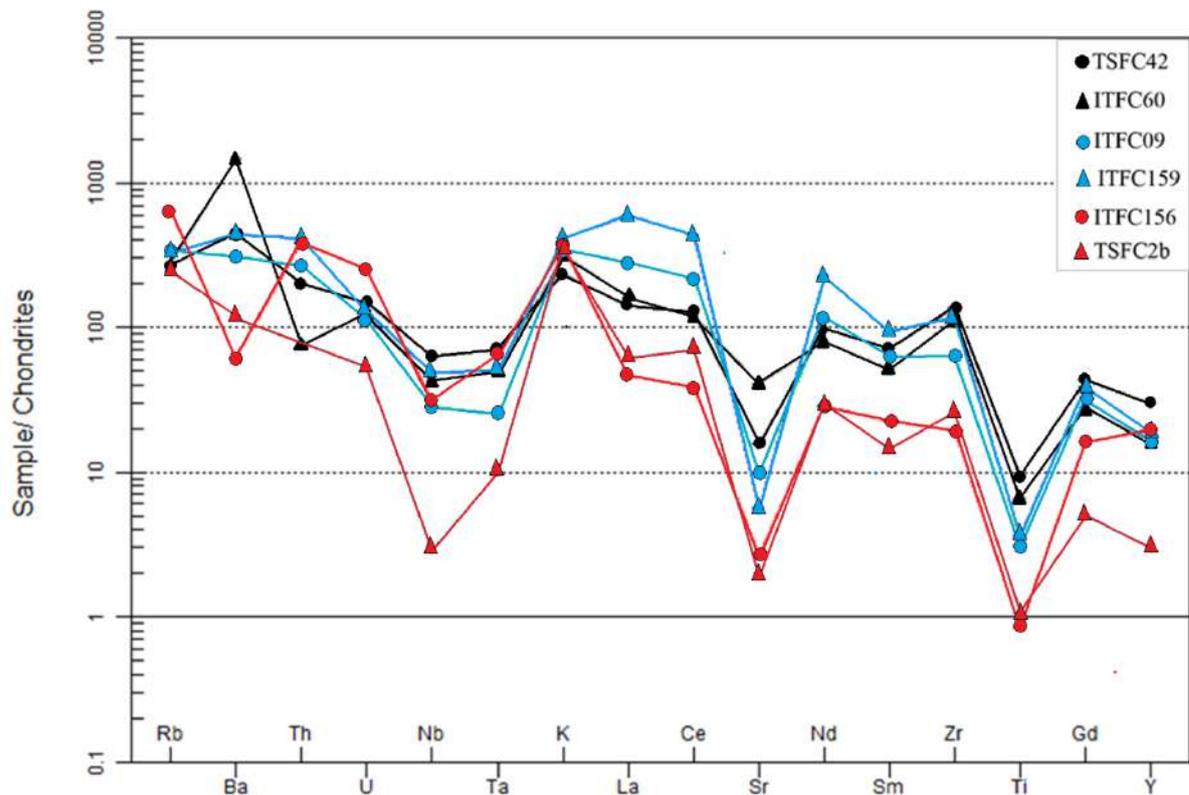
No que se refere aos elementos menores e traços (Tabela 4), o nível de enriquecimento dos mais incompatíveis e a consequente inclinação negativa do perfil (Fig. 57) sugere expressivo fracionamento, característica que persiste em todas as rochas amostradas. Estas parecem compartilhar atributos comuns para rochas de arco, como a anomalia negativa de Nb, que embora não seja pronunciada, faz-se presente. Anomalias negativas de Sr e Ti, também persistem em todas as amostras, esta última podendo ocorrer devido a um fracionamento de ilmenita na fonte.

O amplo fracionamento observado no aranhograma dos elementos terras raras leves (Fig. 58), também sugere que estas rochas tratam-se de granitóides evoluídos. Entretanto, um menor fracionamento destes elementos foi observado para as

amostras ITFC156 e TSFC2B sugerindo, juntamente com outros indícios já apresentados, que esta rocha (allanita gnaiss granítico) possa ter passado por processos distintos que as demais, ou até mesmo, possuir fonte distinta.

Um aumento significativo de Ce, La ou Y era esperado nas amostras da fácies allanita gnaiss granítico, teores que poderiam apresentar-se em evidência a depender da sua variedade da allanita presente na rocha. Entretanto, ao analisar os gráficos este fenômeno não parece ocorrer. Anomalias dos demais Elementos Terras Raras conhecidos para esta espécie mineral (Th, U, Zr, P, Ba, Cr) também não evidenciam-se nos gráficos apresentados, quando comparados às demais fácies.

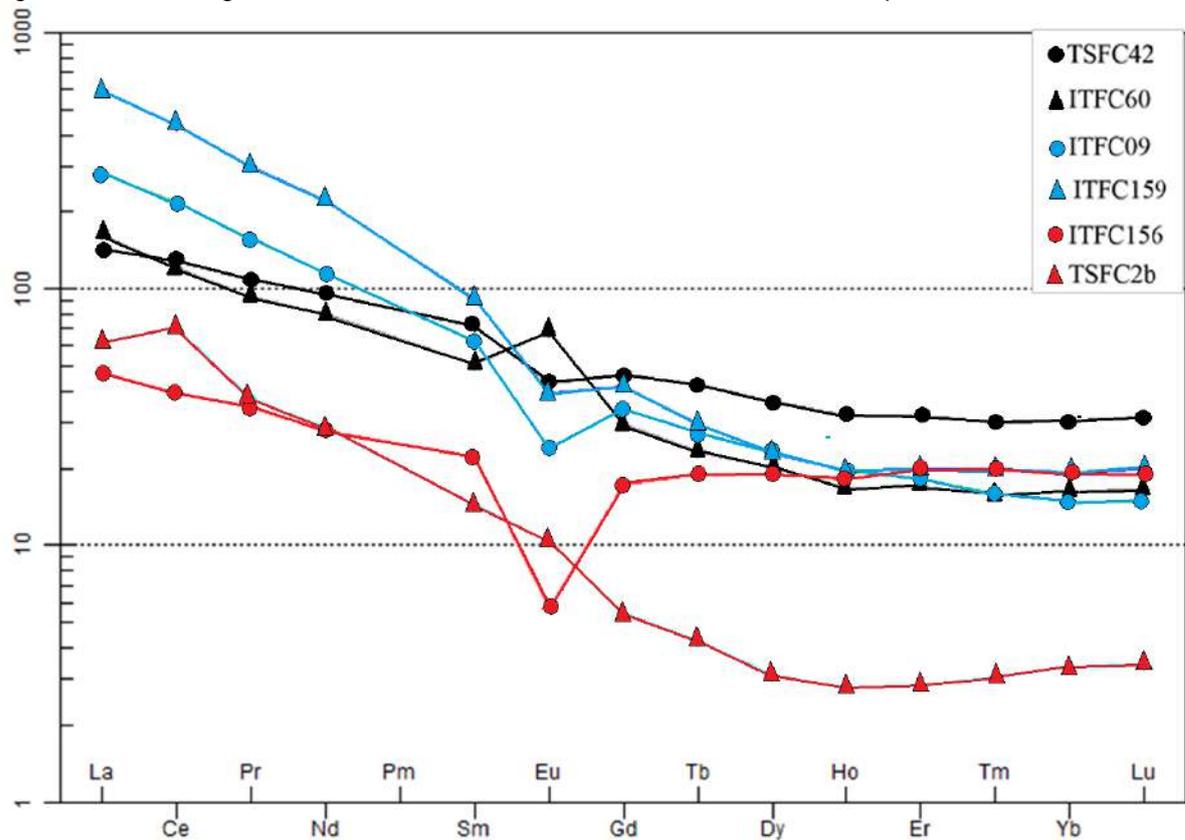
Figura 57 – Perfil de enriquecimento de elementos incompatíveis normalizado para condritos.



Legenda: Fácies gnaiss leucocrático granítico (TSFC2B e ITFC156), Fácies Hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (TSFC42 e ITFC60) e Fácies Allanita gnaiss granítico (ITFC09 e ITFC159).

Fonte: O autor, 2019

Figura 58 – Aranhograma dos Elementos Terras Raras Leves normalizado para condritos.



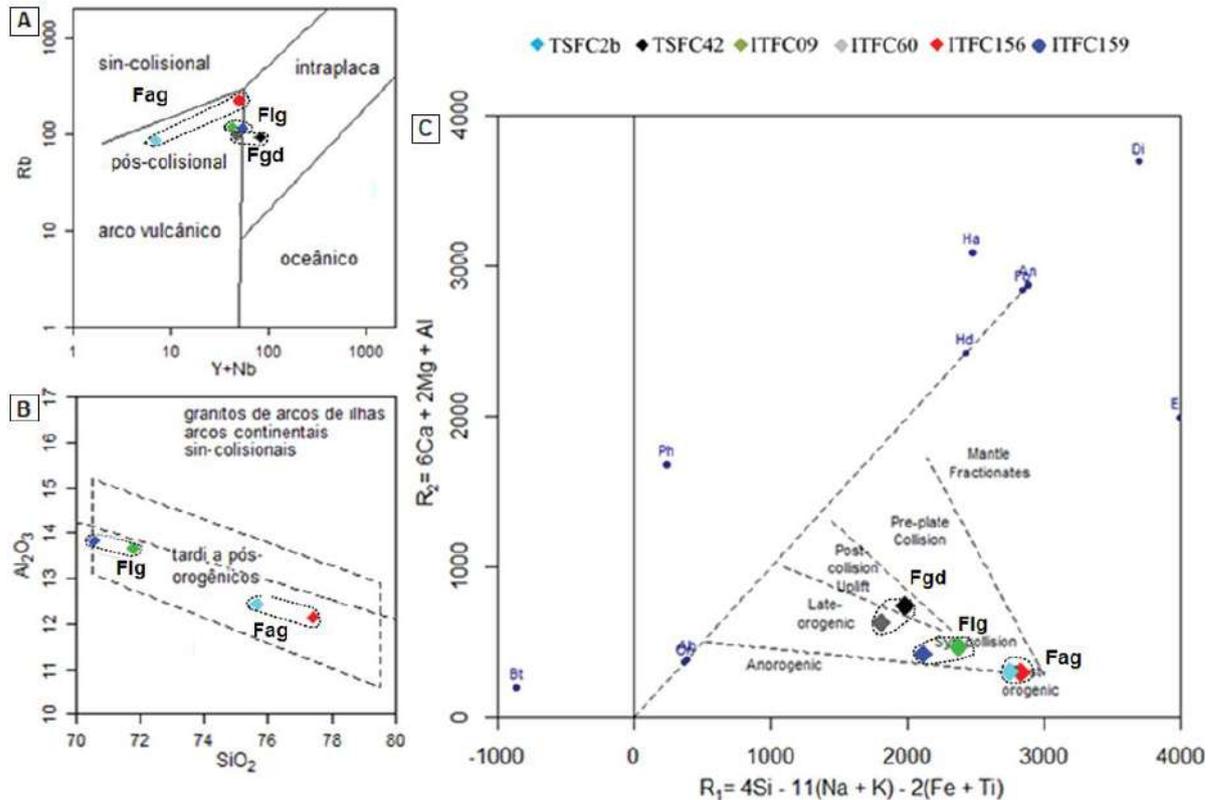
Legenda: Fácies gnaiss leucocrático granítico (TSFC2B e ITFC156), Fácies Hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (TSFC42 e ITFC60) e Fácies Allanita gnaiss granítico (ITFC09 e ITFC159).

Fonte: O autor, 2019

O diagrama discriminante de ambientes tectônicos (Fig. 59a) (Pierce *et al*, 1984), estabelecido com base nas razões entre Rb, Y e Nb, distribui as amostras analisadas nos campos de arco-vulcânico, sugerindo relações genéticas ou de contaminação das rochas da Suíte Serra dos Órgãos com rochas de arco magmático, mais especificamente no caso em estudo, da sua encaixante, o Complexo Rio Negro. O diagrama R1-R2 (Fig. 59c) (Batchelor & Bowden, 1985), apesar de também posicionar as rochas do SSO nos campos sin-orogênico e sin-colisional, estas dispõem-se alinhadas em um trend que aponta para uma intrusão tardia. Esta classificação leva em consideração conceitos como silica-saturação e variações observadas no fracionamento magmático como o teor de Na no plagioclásio, a cristalização sucessiva de piroxênio, hornblenda e biotita, além do aumento da relação (Ab+Or), para discriminar granitos de diferentes ambientes tectônicos. O diagrama da

Fig. 59b (Maniar & Piccoli, 1989) também corrobora com a colocação da SSO em um contexto tardi-a-pós orogênico.

Figura 59– Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos, aplicado aos ortognaisses da Suíte Serra dos Órgãos. A - Pearce, 1984 ; B - Maniar & Piccoli, 1989; C - Batchelor & Bowden, 1985.



Legenda: Fig - fácies gnaiss leucocrático granítico; Fag - fácies allanita gnaiss granítico; Fgd - fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico.

Fonte: O autor, 2019

## 6 QUÍMICA MINERAL

### 6.1 *Composição*

Para as análises de microsonda eletrônica foram selecionadas três amostras: uma correspondente aos gnaisses graníticos leucocráticos da SSO (ITFC09), uma representante dos hb-bi gnaisses granodioríticos da SSO (TSFC42) e uma da Suíte Nova Friburgo (ITFC24A). A Suíte Nova Friburgo foi representada por um tonalito por conta da quantidade maior de hornblenda para o cálculo geobarométrico. As duas primeiras amostras fazem parte do grupo de exemplares escolhidos para litogeoquímica. Foi realizado um total de 35 análises de feldspatos e 14 análises de anfibólios, distribuídas entre os três litotipos investigados.

Os feldspatos, todos incolores, foram diferenciados por suas características marcantes em nicóis cruzados: Os feldspatos potássicos identificados pela macla xadrez típica, plagioclásio pela macla polissintética e as pertitas pela textura de exsolução, presentes nos exemplares escolhidos, especialmente na amostra ITFC09.

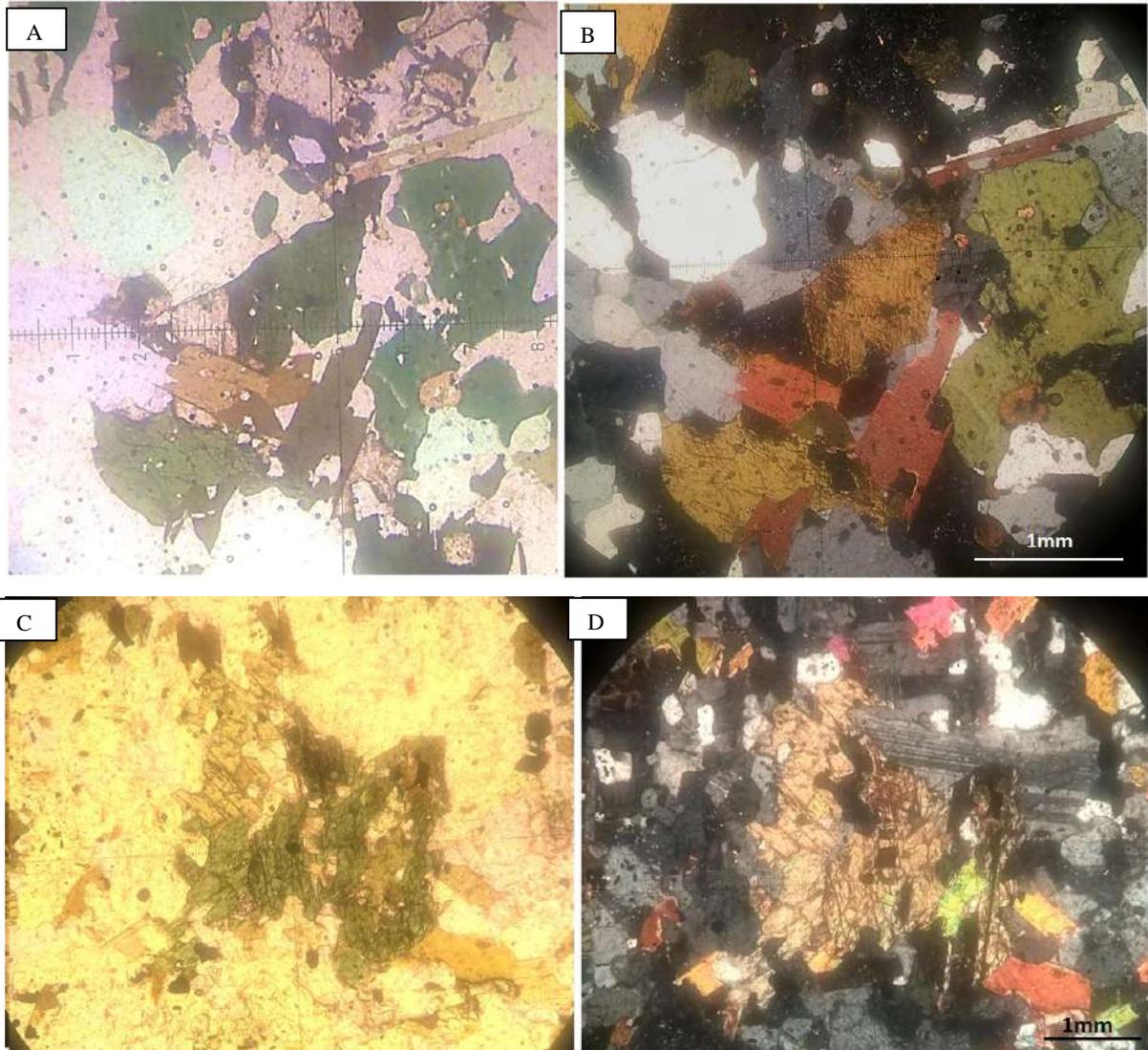
As análises mostraram pouca variedade de espécies de feldspatos, indicando um considerável equilíbrio químico durante a cristalização ígnea ou a recristalização metamórfica. Entretanto, os casos registrados em que borda mostrou diferença química com o núcleo, apesar de raros, sinalizam um processo de diminuição de Ca disponível no sistema, possivelmente já em um momento próximo ao seu estágio final de cristalização.

O plagioclásio foi analisado nas duas fácies da SSO, posicionando-se no campo do Oligoclásio (Fig. 60). Mas a uniformidade composicional entre fácies de composição distinta demonstra equilíbrio metamórfico atingido durante a cristalização ígnea ou a recristalização metamórfica (fácies anfíbolito). Na amostra da Suíte Nova Friburgo todos os exemplares de plagioclásio analisados foram classificados como Andesina, espécie mineral mais comum em rochas ígneas de composição intermediária. Os feldspatos potássicos e pertitas da fácies gnaiss leucocrático granítico (Fag) foram classificados como Microclina.



por quartzo. Exibem contatos retos com a biotita e dividem espaço com quantidade razoável de minerais opacos.

Figura 61 – Formas dos anfibólios encontrados em seções delgadas.

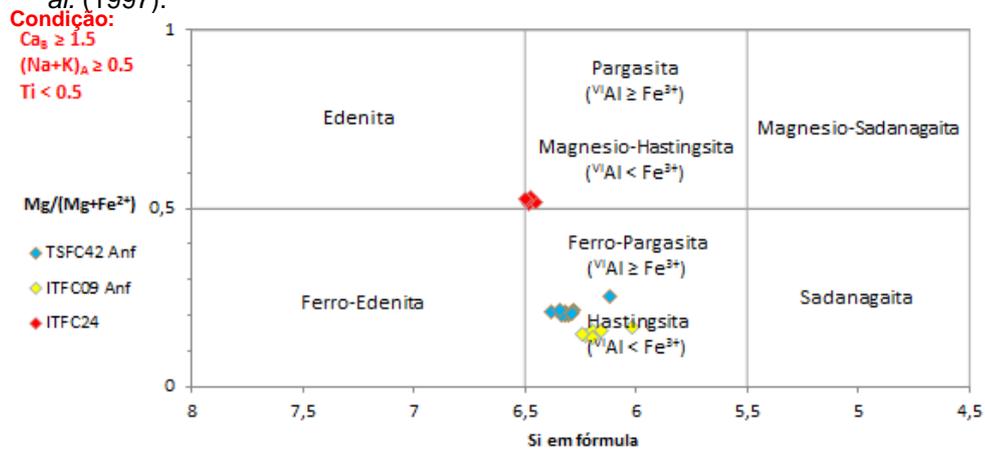


Legenda: (A) e (B) Fotomicrografia de amostra ITFC42 ( fácies hornblenda-biotita gnaisse granodiorítico) com destaque para anfibólio em espécimes anédricos a subedricos em luz polarizada à esquerda e nicóis cruzados a direita. (C) e (D) – Fotomicrografia de anfibólio em tonalito da Suíte Nova Friburgo (ITFC24) em luz polarizada e nicóis cruzados, respectivamente.

Fonte: O autor, 2019

A partir dos dados de composição química dos anfibólios obtidos através da microsonda, utilizou-se a classificação de Leake *et al.* (1997), respeitando os requisitos ( $Ca \geq 1,5$ ;  $(Na + K) > 0,5$ ;  $Ti < 0,5$ ) para utilização deste gráfico em específico (Figura 62), o qual se baseia na relação do conteúdo de Si *versus* a razão  $Mg/(Fe^{+2} + Mg)$ .

Figura 62 – Composições dos anfibólios analisados plotadas no diagrama composicional de Leake *et al.* (1997).



Legenda: Fácies Hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos (TSFC42), fácies gnaiss leucocrático granítico (ITFC09) e em tonalito da Suíte Nova Friburgo (ITFC24).

Fonte: O autor, 2019

Desta forma, foi possível identificar a hastingsita como a espécie de anfibólio presente nas duas fácies analisadas da SSO e Mg-hastingsita para a amostra da SNF. Dentre as fácies do SSO, na fácies fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico a hastingsita tem maior razão  $Mg/(Fe^{+2} + Mg)$  e menos moléculas de Si.

Em comparação aos anfibólios presentes na Suíte Serra dos Órgãos, ao menos para as amostras analisadas, os anfibólios da Suíte Nova Friburgo contém maiores teores de  $TiO_2$  e  $Al_2O_3$ .

Não há evidências claras que apontem o anfibólio da SSO como fruto de processos metamórficos. Por outro lado, a hastingsita é um mineral representante dos anfibólios nas duas suítes, sendo uma delas (Nova Friburgo) indubitavelmente ígnea. Somando isto, pesa também o fato de a hastingsita ser um mineral comumente associado a cristalização de *melts*. Sendo assim, os dados disponíveis apontam para uma origem ígnea.

## 6.2 Geobarometria

Com base nos dados químicos obtidos para os anfibólios, foi possível ainda estimar as condições de pressão vigentes no período de cristalização de cada cristal (Tabela 6).

Para o cálculo das estimativas, foi utilizada a planilha confeccionada por Tindle e Webb (1994). Estes baseiam-se na fórmula (01) desenvolvida por Schmidt (1992), que apoiado em experimentos laboratoriais, correlaciona matematicamente à presença de alumínio total no anfibólio e a pressão de cristalização em kbars:

$$(\pm 0,6 \text{ kbar}) = -3,01 + 4,76 \times \text{Al total (01)}$$

Tabela 6 – Cálculos de pressão para anfibólios (feitos de acordo com Smidth, 1992)

TSFC42											
CA_01 (N)	CA_01 (B)	CA_02 (N)	CA_02 (B)	CB_01 (N)	CB_01 (B)	CD_01 (N)	CD_01 (B)	CA_03 (N)	CA_03 (B)	CA_04 (N)	CA_04 (B)
5.72	5.85	6.57	5.73	5.89	5.85	5.63	5.64	5.74	5.56	5.54	5.71
Média = 5.8kbars											

ITFC09					
CA_01 (N)	CA_01 (B)	CA_02 (N)	CA_02 (B)	CB_0 (N)	CB_01 (B)
6.4	6.1	6.2	6.1	8.2	6.6
Média = 6.6kbars					

ITFC24A									
CA_01 (N)	CA_01 (B)	CB_01 (N)	CB_01 (B)	CC_01 (N)	CC_01 (B)	CC_02 (N)	CC_02 (B)	CD_01 (N)	CD_01 (B)
*	*	*	5.3	*	5.5	5.3	5.2	5.5	*
Média = 5.4kbars									

Legenda: Hornblenda-biotita gnaisses granodioritos (TSFC42); gnaiss leucocrático granítico (ITFC09) da Suíte Serra dos Órgãos; tonalito da Suíte Nova Friburgo (ITFC24A), considerando análises feitas nas bordas (B) e no núcleo (N) dos cristais. (\*) não calculado

Fonte: O autor, 2019

Para a Suíte Serra dos Órgãos, os valores de pressão foram diferentes entre as fácies. Para a fácies honblenda-biotita gnaiss granodiorítico, foram de 5,5 a 5,9 kbar (média 5,8 kbar) com um valor discrepante de 6,6 kbar. Já para a fácies leucocrática granítica, a pressão variou entre 6,1 e 6,6 (média 6,3 kbar), com uma medida discrepante de 8,2 kbar. O nível crustal de alojamento do SSO, é comparável à crosta média a inferior, como observado por Machado *et al.* (2016). Entretanto a fácies honblenda-biotita gnaiss granodiorítico mostra um nível mais raso de alojamento que a fácies leucocrática granítica. Por outro lado, os valores de pressão

para a Suíte Nova Friburgo variaram entre 5,2 a 5,5 Kbar, com média 5,4 kbar e sem valores discrepantes.

## 7 GEOLOGIA ISOTÓPICA

Com a intenção de obter maiores informações sobre a origem das rochas da Suíte Serra dos Órgãos e sobre os processos que atuaram no decorrer da sua história geológica, foram selecionadas seis amostras para análises isotópicas Sm-Nd e Sr-Sr, as mesmas analisadas pelo método rocha total. Duas amostras correspondem à fácies gnaiss leucocrático granítico (ITFC09 e ITFC159), duas da fácies allanita gnaiss granítico (TSFC2B e ITFC156) e duas do hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico (TSFC42 e ITFC60).

### 7.1 Dados Isotópicos Sm-Nd

Na tabela 7, dispõem-se as razões isotópicas  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  e  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  das seis amostras analisadas. As razões  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  demonstram variação relativamente maior no *range* das análises (0,08-0,14). Valores acima de 0,12 indicam que houve fracionamento elevado da razão, que costuma ser de cerca de 0,11 para rochas granitóides (Sato & Siga Junior 2000).

Tabela 07 - Resultados das análises de razões isotópicas de Sm-Nd.

		$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(\text{m})$	Erro (2s)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}(\text{m})$	eNd(0)	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(\text{i})$	$\epsilon\text{Nd}(560)$	T(DM) (Ga)
<b>Flg</b>	ITFC9	0.511936	0.000005	0.100200	-13.7	0.511555	-6.54	1.44
	ITFC159	0.511835	0.000004	0.082900	-15.7	0.511519	-7.25	1.37
<b>Fag</b>	TSFC2B	0.511866	0.000006	0.089700	-15.1	0.511528	-7.08	1.39
	ITFC156	0.512085	0.000006	0.148600	-10.8	0.511524	-7.17	2.03
<b>Fgd</b>	TSFC42	0.512076	0.000005	0.135700	-11.0	0.511579	-6.61	1.77
	ITFC60	0.512013	0.000005	0.122500	-12.2	0.511565	-6.88	1.63

Legenda: Flg - fácies gnaiss leucocrático granítico; Fag - fácies allanita gnaiss granítico; Fgd - fácies hornblenda-biotita gnaiss granodiorítico.

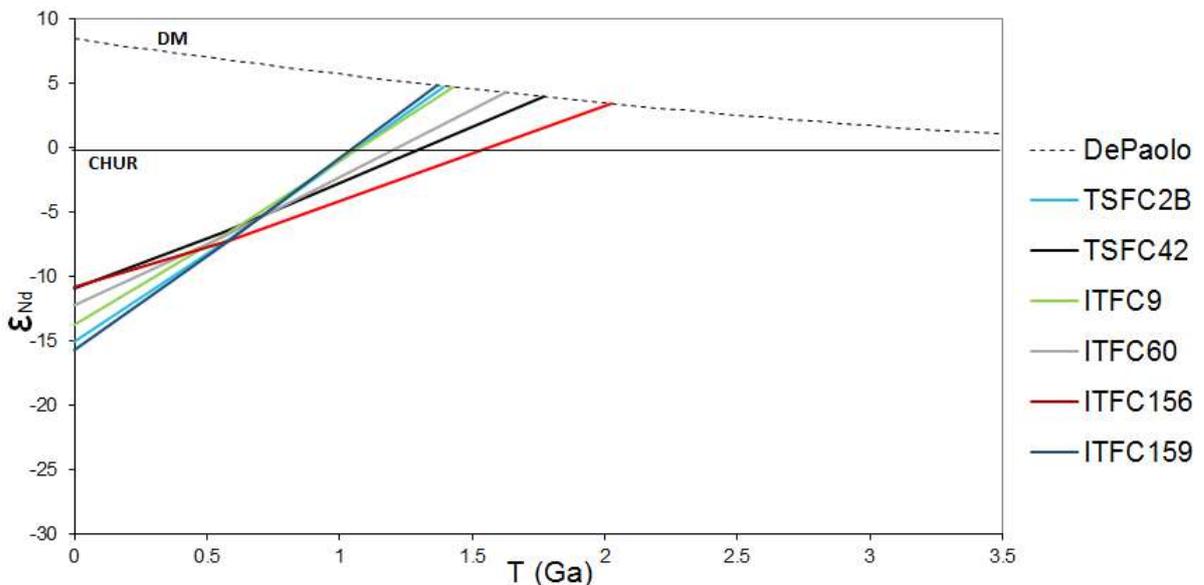
Fonte: O autor, 2019

Já as razões  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  foram recalculadas para as idades de cristalização obtidas em trabalhos anteriores (Tabela 7), considerando 560Ma para os gnaisses da SSO. Assim, os valores de  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  inicial passam a variar na quinta casa decimal em diante (0.51151 a 0.51157).

Os resultados dos cálculos das razões  $\epsilon_{Nd}$  inicial mostram-se francamente negativos e apontam para uma contaminação crustal considerável para todas as rochas da Suíte Serra dos Órgãos analisadas. Tanto as rochas intermediárias da suíte quanto as variedades mais ácidas, possuem valores próximos, sugerindo fontes crustais semelhantes.

É possível que tenha havido um duplo estágio de evolução. As razões podem ter sido fracionadas por enriquecimento em Sm ou fusão parcial do protólito crustal. Pode-se afirmar, então, que (Fig. 63): a) a idade de extração mantélica das rochas do SSO esteja por volta de 1,4Ga; b) e que o protólito do magma da SSO sofreu intensa fusão crustal e/ou foi enriquecido em Sm.

Figura 63 - Diagrama de evolução do sistema Sm/Nd para rochas da Suíte Serra dos Órgãos.



Legenda: Gnaisses graníticos-à-allanita (TSFC2B e ITFC156), Hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos (TSFC42 e ITFC60) e Gnaisses graníticos leucocráticos (ITFC09 e ITFC159).

Fonte: O autor, 2019

## 7.2 Dados Sr-Sr

Na tabela 8, dispõem-se os dados das seis amostras da Suíte Serra dos Órgãos cujas razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  foram medidas. Após recalculer estas razões para as idades obtidas em trabalhos anteriores –559 Ma para a fácies granodiorítica a partir do método U-Pb (Tupinambá 1999) e 580 Ma para as fácies graníticas pelo método Pb-

Pb (Tupinambá, 1999) – foi possível observar que cada grupo de fácies possui uma assinatura distinta, sendo o allanita gnaise granítico aquele que exibe as maiores razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0,728-0,743), seguido pelos gnaisses graníticos leucocráticos (0.711-0.718) e finalmente os hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos (0.708-0.711).

Tabela 8 - Resultados das análises de razões isotópicas de  $^{87}\text{Sr}$ - $^{86}\text{Sr}$ .

	Amostra	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (m)	Erro (2s)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (i)
Flg	ITFC9	0.736800	0.000007	0.711139
	ITFC159	0.761084	0.000005	0.718660
Fag	TSFC2B	0.823831	0.000006	0.728243
	ITFC156	0.924013	0.000008	0.743408
Fgd	TSFC42	0.723626	0.000008	0.711151
	ITFC60	0.713059	0.000007	0.708081

Legenda: Flg - fácies gnaise leucocrático granítico; Fag - fácies allanita gnaise granítico; Fgd - fácies hornblenda-biotita gnaise granodiorítico.

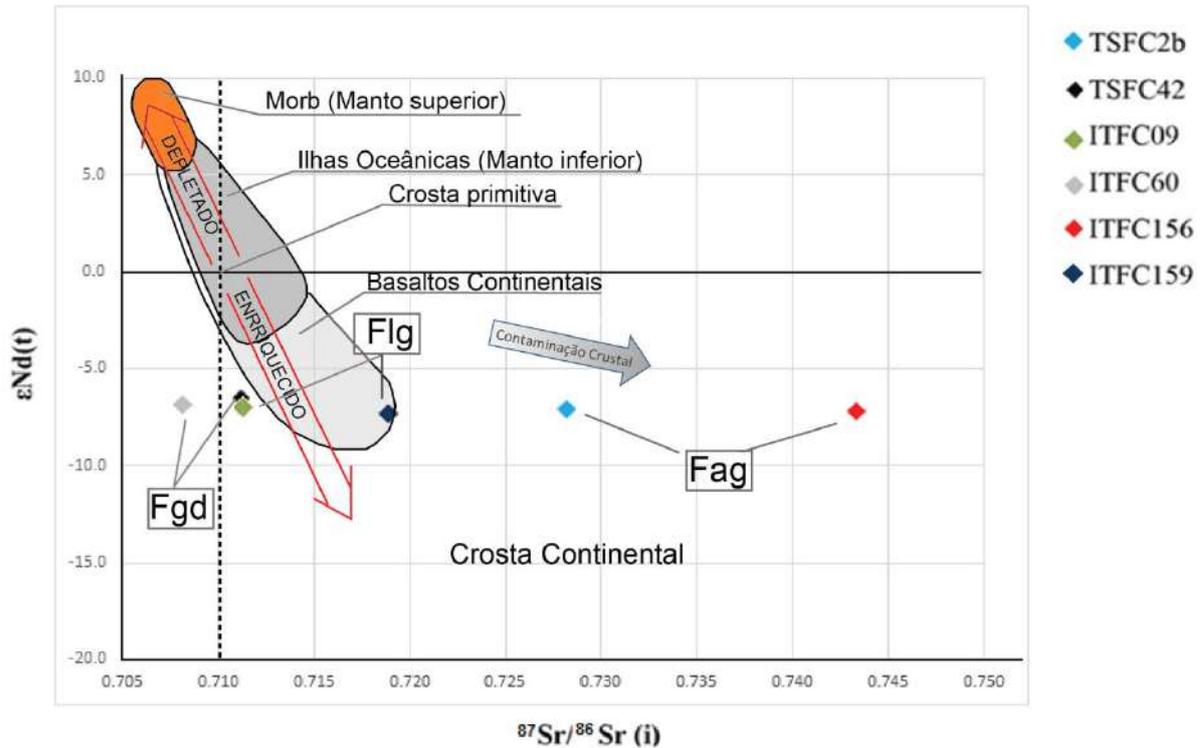
Fonte: O autor, 2019

Os valores mais altos de Sr/Sr coincidem com os termos mais ácidos da Suíte Serra dos Órgãos, exibindo valores menores quanto menor o conteúdo de  $\text{SiO}_2$ . Esta verificação coincide com o esperado fracionamento de Sr durante episódios de fusão e diferenciação magmática a que podem ter sido submetidas estas rochas graníticas.

Ao confrontar no gráfico as razões de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  com os valores de  $\epsilon\text{Nd}$  (Fig.64), é possível observar uma curva de evolução para as rochas da Suíte Serra dos Órgãos, onde os hornblenda-biotita gnaisses representariam os exemplares de composição química intermediária (TSFC42 e ITFC60), seguido dos gnaisses graníticos leucocráticos (ITFC09 e ITFC159) e por último, os gnaisses graníticos-à-allanita (ITFC156 e TSFC2B).

Alguns processos podem ter corroborado com esta discrepância das razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  dos gnaisses graníticos-à-allanita com as demais rochas do batólito, como a idade modelo ( $T_{\text{DM}}$ ) mais elevada, que sugere um período maior de residência crustal do material que serviu de fonte, ou parte dele (contaminação). Somando-se a isto, verificou-se uma maior proporção em sílica (75,6-77,4%) nestas rochas, o que indica uma maior diferenciação magmática e conseqüentemente um fracionamento mais efetivo de Rb.

Figura 64 - Diagrama  $\epsilon_{Nd}$  x  $^{87}Sr/^{86}Sr$  para os gnaisses da suíte intrusiva Serra dos Órgãos.



Fonte: O autor, 2019

Este fracionamento mais efetivo de Rb pode ser verificado ao analisarmos a tabela 8 (química), onde se torna evidente a maior concentração de Sr nesta fácies, mesmo esta sendo uma fácies com muito pouca proporção de plagioclásio, mineral o qual o Sr tem maior afinidade. Partindo deste princípio, a alta quantidade de Sr nestas rochas sugere que este seja em maior parte radiogênico, indicando uma grande proporção de Rb original na rocha, ou ainda, que este enriquecimento seja fruto de processos evolutivos associados a modelos de ACF (Assimilações com Cristalizações Fracionadas). Este fenômeno, descrito por De Paolo (1981), sugere que ao provocar fusões parciais das rochas encaixantes com a emissão constante de calor latente, pequenas frações de fluido com altas razões Sr/Sr (quando na crosta continental) são incorporadas ao corpo de magma em evolução, elevando progressivamente esta razão. Este efeito pode ser maximizado quanto maiores forem as razões Sr/Sr das rochas contaminantes, como por exemplo, no caso em que estas são muito antigas (Gill, 2014, p89).

## 8 DISCUSSÃO

Após o levantamento de trabalhos anteriores, da coleta de dados em campo e organização dos resultados obtidos, foram organizados neste capítulo alguns itens essenciais para a discussão da evolução tectono-magmática da área, tendo como objetivo contribuir com a elucidação de um modelo apropriado para o terreno em estudo.

### 8.1 Evolução da Suíte Serra dos Órgãos

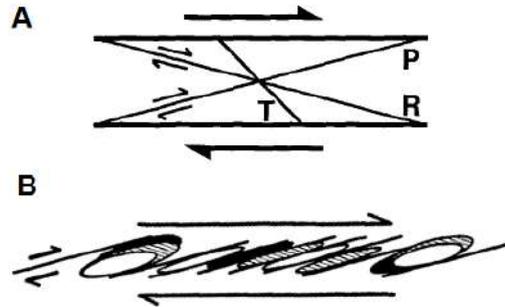
#### 8.1.1 Posicionamento

Abordando questões relativas à geometria do batólito Serra dos Órgãos, Tupinambá e Heilbron (2003) verificaram que a proporção média entre o comprimento maior, largura e espessura do corpo apresentam-se na razão 14:2:1 respectivamente, confirmando o formato tabular deste corpo. De fato, diversos estudos (Petford, 2000; Cruden, 1998) têm observado formatos tabulares para a maioria dos corpos graníticos em geral, expandido para corpos magmáticos de diferentes dimensões o conceito de alojamento em estruturas para a maioria das intrusões. Estas estruturas podem variar de falhamentos a grandes zonas de cisalhamento (Tupinambá, 1999; e Machado, 2016).

Neste contexto, como já levantado por Tupinambá (1999) e Machado *et al.* (2016), a Suíte Serra dos Órgãos pode ter-se favorecido da existência de zonas de cisalhamento para sua colocação. Machado (2016) postulou que a SSO poderia ter intrudido em regime de transtração ao longo da zona de cisalhamento Ribeirão das Lages. Por outro lado, algumas características também permitem conjecturar que o alojamento destas rochas tenha se dado em meio a um sistema transpressivo. Tycoff e Teyssier (1992) ao estudarem as rochas do batólito Sierra Nevada, levantaram a possibilidade destas intrusões estarem associadas às zonas de “cisalhamento P”, termo em alusão a fraturas P do modelo de Riedel (Fig. 65a). Segundo os autores, o desenvolvimento progressivo destas estruturas resultaria em uma alternância mais

complexa de plútons em forma de camadas máficas e félsicas (Fig.65b). Esta configuração também resultaria no alongamento consistente de plútons em  $15^\circ$  no sentido anti-horário, obliquamente ao trend principal do plúton.

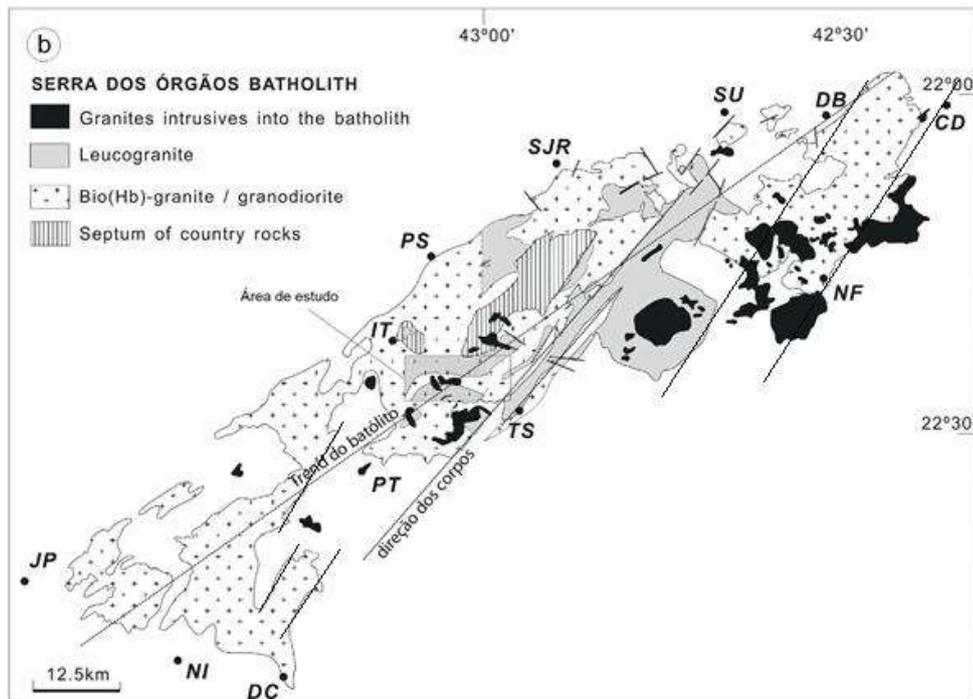
Figura 65 – Fraturas em zonas de cisalhamento.



Legenda: (A) Algumas orientações comuns de fratura dentro de uma zona de cisalhamento. Fraturas P estão dispostas obliquamente ( $\sim 15^\circ$ ) da direção geral do cisalhamento e registram o mesmo sentido de deslizamento. Modificado de Logan *et al.* (1979). (B) Interpretação de Tycoff & Teyssier das pontes de fraturas tensionais no batólito Sierra Nevada com complexa alternância de granitoides máficos e félsicos.

Fonte: Logan *et. al.*, 1979. Modificado

Figura 66 – O batólito Serra dos Órgãos com destaque para a disposição oblíqua de suas subfácies.



Fonte: Machado *et al.*, 2016 (modificado).

De forma análoga, as fácies da Suíte Serra dos Órgãos mapeadas até o momento, também dispõem-se obliquamente (aproximadamente  $15\text{-}20^\circ$ ) ao trend

principal do batólito (Fig. 66). Assim, em um mecanismo semelhante ao estudado em Sierra Nevada, o sistema dextral da zona de cisalhamento Paraíba do Sul poderia ter favorecido a formação progressiva do batólito.

Partindo desta linha de raciocínio, reativações das zonas de cisalhamento, na fase final de evolução do orógeno podem ter contribuído com os sucessivos pulsos de material ígneo que, apesar do contexto compressivo, apenas utilizaram passivamente o espaço gerado para sua colocação. Os *schlieren* compostos por agregados máficos de biotita + hornblenda, responsáveis pela regularidade da foliação conferida às rochas do batólito, são uma das características mais notáveis da Suíte Serra dos Órgãos. A concentração destes minerais em lentes descontínuas é uma feição comum em rochas graníticas, frequentemente atribuída ao fluxo magmático e seu alongamento maior tem seu eixo principal paralelizado a direção do fluxo (Wernick, 2003). Assim, é possível que seu deslocamento através dos espaços gerados pelos reflexos da tectônica cisalhante (transtracional ou transpressional) tenha dado origem à foliação, considerada aqui como  $S_0$ . De fato, a foliação da Suíte Serra dos Órgãos apresenta evidências de origem primária, entretanto, a atitude da foliação é perturbada por dobramentos verticais localizados, que formam crenulações da foliação  $S_0$  com bandas de cisalhamento associadas. Barbosa e Grossi Sad (1980) descreveram planos de cisalhamento subverticais com a mesma direção, assim como Penha (1981). Estas estruturas posteriores podem representar os reflexos do campo tensional após o estágio magmático, imprimindo feições de cisalhamentos locais e dobramentos dentro dos corpos ígneos associados à transpressão.

### 8.1.2 Cristalização e caracterização do magma

A mineralogia mais usual observada para as rochas da Suíte Serra dos Órgãos é representada pela paragênese microclina + oligoclásio + quartzo + biotita + anfibólio, sendo a variação da proporção destes minerais um dos critérios mais importantes para a discriminação das principais variedades faciológicas mapeadas.

A ordem de cristalização dos minerais é coerente com a série de cristalização de Bowen (1928), sendo os cristais de anfibólio, em associação com minerais opacos, os primeiros a cristalizar. Tal fato foi constatado através de observações em seções

delgadas, onde é possível verificar o anfibólio sendo intersectado por biotita e plagioclásio. Os dados de microsonda apontam a hastingita como representante dos anfibólios, indicando ainda uma variedade mais magnesiânica nos exemplares dos hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos do que nos gnaisses leucocráticos graníticos. Tal fato, juntamente a observação da maior presença de máficos nos exemplares granodioríticos, complementa a ideia de que o magma que deu origem a fácies mais máfica era substancialmente mais enriquecido em Mg que os representantes félsicos.

Os dados de microsonda para os feldspatos (microclina e oligoclásio) mostram que não há variações significativas entre a borda e o núcleo destes minerais, sugerindo que a química do magma, desde o início da cristalização destes, não sofreu grandes alterações. Este dado serve como uma indicação de que a variação faciológica da Suíte Serra dos Órgãos dificilmente tenha se dado por episódios de recarregamento de um mesmo reservatório por novos aportes de magmas, em um mesmo compartimento como uma grande soleira ou câmara magmática.

As análises feitas por microsonda em hornblenda contribuíram ainda com o estabelecimento da pressão litostática a que era submetido o magma no momento da cristalização, uma vez que este mineral atinge o equilíbrio na presença de material fundido próximo ao *solidus* (Schmidt, 1992). Assim, os dados apontam para pressões distintas de cristalização para os gnaisses graníticos leucocráticos (6,6kbars) e os hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos (5,8kbars). Estes valores coincidem com os já observados por Machado (2016) para as rochas do batólito, permitindo indicar profundidades de alojamento e cristalização comparáveis à crosta média a inferior.

A distinção de valores de pressão para as diferentes fácies, contudo, pode ser atribuída ao *timing* de injeção destas massas, considerando que magmas de composição granodiorítica a tonalítica da Suíte Serra dos Órgãos (fácies hornblenda-biotita gnaisses granodiorítico) teriam sido intrudidos posteriormente ao gnaisses leucocrático granítico, o que coincide com as diferenças de idades obtidas por Silva *et al.* (2003) para gnaisses granodioríticos (569Ma), Tupinambá (1999) para gnaisses tonalíticos e granodioríticos (546 e 559Ma respectivamente) e o cálculo de idade obtida por Tupinambá (1999) para gnaisses graníticos (580Ma), dados resumidos na tabela 1.

A pertita, observada com mais frequência nos exemplares graníticos, indica um resfriamento lento destas rochas, uma vez que os cristais de feldspato alcalino

necessitam de tempo para passar por uma inversão para estruturas mais estáveis à medida que a temperatura diminui (Gill, 2014, p244). Mirmequitas também foram verificadas em crescimento sobre perfitas, assim como em grãos de plagioclásio, e podem estar associadas a processos magmáticos tardios.

Outro indício de processos magmáticos tardios pode ser observado na intensa recristalização dos cristais de quartzo que afeta todas as rochas da Suíte Serra dos Órgãos. O fenômeno de recristalização de quartzo é frequentemente associado na literatura como produto de stress e metamorfismo, entretanto as feições de migração de limites de grãos observadas nestas rochas não apontam para uma associação com campos de tensão, não remetendo, portanto, a processos de cunho deformacional. No caso em estudo, parece mais sensato presumir a origem deste processo a uma recristalização estática impulsionada por um evento térmico de cunho regional, uma hipótese que também já fora levantada por Tupinambá (1999). O evento desta natureza mais conhecido é a intrusão dos granitos da Suíte Nova Friburgo, com afloramentos distribuídos em toda a área de mapeamento em diversas escalas de observação.

### 8.1.3 Geoquímica e ambiente tectônico

Os estudos geoquímicos realizados no presente trabalho permitiram classificar as rochas da Suíte Serra dos Órgãos como calci-alcalinas de alto potássio, de natureza metaluminosa a ligeiramente peraluminosa.

Os dados químicos dão suporte à divisão da SSO, na área de estudo, em três fácies distintas, sendo duas monzograníticas e uma granodiorítica. A disposição dos dados em diagramas clássicos de classificação química (Harker, Irvine e Baragar, Frost *et al*, Streckeisen) demonstram uma franca tendência de evolução química a partir dos hornblenda-biotita granodioritos, passando para gnaisses leucocráticos graníticos até finalmente os allanita gnaisses graníticos. A presença de córindon normativo neste último, aliado à ligeira característica paraluminosa e alta razão  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  sugere uma intensa contaminação crustal.

O *trend* de enriquecimento em ETRs leves é mais pronunciado nos hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos e gnaisses graníticos leucocráticos que nos gnaisses

graníticos-à-allanita. Tal fato corrobora com a hipótese de que esta última fácies tenha intensidade de contaminação, ou até mesmo participação de fontes, distintas na geração deste magma em relação aos demais.

Em comum, os granitoides da SSO compartilham algumas características de rochas de arco magmático, como a anomalia negativa de Nb. Além do mais, como o padrão geral de fracionamento observado no aranhograma dos elementos terras raras leves (Fig. 58) sugere que estas rochas tratam-se de granitoides evoluídos com graus significativos de contaminação crustal, é possível supor uma considerável contribuição do Complexo Rio Negro na sua geração, seja por assimilação durante ascensão, seja diretamente por fusão parcial. Considerando o contexto tectônico atribuído ao Complexo Rio Negro e levando em conta o posicionamento espacial da SSO, restam poucas unidades geológicas que poderiam servir de fonte se não o *underplating* do Complexo Rio Negro, com alguma contribuição de terrenos paleoproterozoicos amalgamados como no caso dos granitos-à-allanita.

Dados isotópicos apontam para idade de extração mantélica dos magmas que deram origem a Suíte Serra dos Órgãos por volta de 1.4Ga. O protólito deste magma possivelmente sofreu intensa fusão crustal com potencial enriquecimento em Sm.

Os diagramas discriminantes de ambientes tectônicos apresentados (Pierce *et al*, 1984; Maniar & Piccoli, 1989; Batchelor & Bowden, 1985) corroboram que este posicionamento tenha ocorrido em um contexto tardi-tectônico como já observado por diversos autores.

#### 8.1.4 Colapso do orógeno

Com a cessão dos esforços tectônicos que esculpiram a zona orogênica, uma fase de colapso tectônico se instalou no orógeno, dando origem a falhamentos que serviram como dutos para as intrusões pós-tectônicas da Suíte Nova Friburgo. O magma, potencialmente ascendeu em falhas de alto ângulo e se alojou em diques sub-horizontais. Este magmatismo apresenta bimodalidade composicional, com predomínio de magmas graníticos em relação aos dioritos e tonalitos. Os dados geocronológicos apresentados por Valeriano *et al.* (2011), complementados com os cálculos geobarométricos realizados através dos dados de microsonda no presente

trabalho, sugerem um longo intervalo (pelo menos 40 milhões de anos) entre o magmatismo da Suíte Serra dos Órgãos e as intrusões pós tectônicas, tempo suficiente para cristalização da SSO e razoável soerguimento crustal até a intrusão dos granitos e dioritos da Suíte Nova Friburgo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da interpretação e integração dos dados de campo, petrografia, petrologia, química mineral e geobarometria foi possível observar que as três fácies da Suíte Serra dos Órgãos compartilham características que permitem classificá-las como integrantes de uma mesma suíte magmática, com significativa contribuição do Complexo Rio Negro. Ao mesmo tempo, as diferentes fácies desta suíte apresentam particularidades geoquímicas e isotópicas que atestam a validade da discriminação faciológica adotada em campo.

A observação em mapa da disposição das fácies em faixas alongadas, indica que intrusões ocorreram em lençóis extensos gerados em regime transcorrente em vigência nos terrenos adjacentes. É possível especular que estas rochas tenham se alojado a partir de um grande lineamento crustal onde suas foliações preservam o fluxo magmático adquirido durante o estágio final de alojamento. Localmente, estas foliações são superimpostas por pequenas zonas de cisalhamento dentro do plúton granítico, o que pode representar as últimas manifestações tectônicas, em regime dúctil, relacionadas à colisão brasileira na região serrana.

## REFERÊNCIAS

- ALLMENDINGER, R. W., CARDOZO, N. C., AND FISHER, D. Structural Geology Algorithms: Vectors & Tensors: Cambridge, England, Cambridge University Press, p. 289 , 2013.
- BARBOSA, A.L.M. & GROSSI SAD, J.H. – 1980 – Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro, Folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo. Geosol - DRM, Belo Horizonte, p. 316, 2013.
- BARBOSA A.L.M. & SAD J.H.G. 1985. Batólito Granítico da Serra dos Orgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Contribuição a Geologia e Petrologia. Boletim Especial do Núcleo de Minas Gerais, p. 49-61, 2013.
- BARBOSA, V. C. F. & SILVA, J. B. C. 2005. Deconvolução de Euler: passado, presente e futuro – um tutorial. Rev. Bras. Geof. 23 (3): p. 243-250, 2013.
- BEST, M. G. Igneous and metamorphic petrology. Oxford: Blackwell Science Ltd. 2nd ed. p. 758, 2003.
- BRITO NEVES; B.B., DE WIT M.J. (Eds). West Gondwana Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. The Geological Society of London. London 294, p. 211-237. 2008
- BOWEN, N. L. The evolution of the igneous rocks. Princeton University Press. 1928.
- CARDOZO, N., AND ALLMENDINGER, R. W., Spherical projections with OSX Stereonet: Computers & Geosciences, v. 51, no. 0, p. 193 – p. 205, 2013.
- CRUDEN, A. R. On the emplacement of tabular granites. Journal of the Geological Society of London, 155, p. 853-862, 1998.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute. *Arcgis 10.2*. Redlands: Esri, 2008.
- GEOSOFT. Oasis Montaj 5.2. Geosoft, Inc., Toronto. 2000.
- GILL, R. - Rochas e Processos Ígneos – um guia prático. Tradução Felix José Nonnenmacher. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- GROSSI SAD, J.H., BARBOSA, A.L., PINTO, C.P. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro, Folha Teresópolis SF.23-Z-B-II-3. Niterói: Departamento do Recursos Minerais DRM-RJ, 1982. Escala 1:50.000.
- HARTWIG, M.E. & Riccomini, C. Padrão de fraturas da região da Serra dos Órgãos (RJ) e sua relação com a tectônica mesozóico-cenozóica do sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, 39 (3): p. 452-464, 2009.

HASUI, Y. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. *Geociências*, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 141 – 169, 2010.

HEILBRON, Monica; EIRADO, Luiz Guilherme; ALMEIDA, Julio. Mapa geológico e recursos minerais do estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte: CPRM, 2016. Escala 1:400.000

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J. & JANASI, V.C. A Província Mantiqueira: In MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R. & BRITO NEVES, B.B. (Eds). *O Desvendar de Um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, p. 203-234, 2004.

HEILBRON M., VALERIANO C.M., VALLADARES C.S., MACHADO N. A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 25: p. 249-266, 1995.

HEILBRON, M.; VALERIANO C. M.; TASSINARI, C.C.G.; ALMEIDA J.C.H.; TUPINAMBÁ M.; SIGA JR. O. & TROUW, R.J.A. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In: PANKHURST, R.J.; TROUW, R.A.J, 2008.

STEINSUND, I. Stereonet versão 3.03, Tromso, Noruega. 1992-1994.

V. JANOUŠEK, J.-F. MOYEN, H. MARTIN, V. ERBAN, C. Geochemical data Toolkit for Windows, version 4.1. 2016

MACHADO, RÔMULO & PHILIPP, RUY & MCREATH, IAN & JACQUES PEUCAT, JEAN. Geochemical and isotopic evidence for the petrogenesis and emplacement tectonics of the Serra dos Órgãos batholith in the Ribeira Belt, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. 2016.

M. W. SCHMIDT, “Amphibole Composition in Tonalite as a Function of Pressure: An Experimental Calibration of the Al-in-Hornblende Barometer,” *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Vol. 110, No. 2-3, p. 304-310, 1992.

MACHADO R. & DEMANGE M. Classificação estrutural e tectônica dos granitoides neoproterozóicos do Cinturão Paraíba do Sul no Estado do Rio de Janeiro. *Boletim do IG-USP*, 25: p.81-96, 1994.

PASSCHIER CW, Trouw R.A.J. *Microtectonics*. 2<sup>nd</sup> edition, Springer Verlag, Heidelberg, 366p, 2005.

PATERSON, S.R.; VERNON, R.H.; TOBISCH, O.T. A review of criteria for the identification of magmatic and tectonic foliations in granitoids. *J. Strc. Geol.* 11 (3), p. 349-363, 1989.

PENHA, H. M., FERRARI, A.L, SOUZA, S.L.A., JUNHO, M.C.B. e BRENNER, T.L. – Projeto Carta Geológica, Folha Itaipava, Convênio DRM/IG-UFRJ. Relatório Final, Texto, DRM. 1981.

PETFORD, N., CRUDEN, A. R., MCCAFFREY, K. J. W., VIGNERESE, J.-L. Grante magma formation, transport, emplacement in the Earth's crust. *Nature* 408, p. 669-673, 2000

ROSIER, G. F. A geologia da Serra do Mar, entre os picos Maria Comprida e Desengano: estado do Rio de Janeiro. *Boletim do DNPM/DGEM*, 1666, Rio de Janeiro: DNPM; DGM, p. 58. 1957.

SCHMITT, R. S., GUERRA, J. V., SKREPNEK, C. C., STANTON, N. S. G., MOHRIAK W. U. & TROUW, R. Tectonic evolution of the offshore islands of Cabo Frio Tectonic High, southeastern Brazilian continental margin from Cambrian to Recent. In X Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, IV International Symposium on Tectonics. *Anais. Curitiba*, p. 84 -86, 2005.

SCHMIDT M.W. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 110: p. 304-310, 1992.

SIGA JR O, BASEI MAS, SATO K, CORDANI UG AND CITRONI SB. U-Pb and Sm-Nd isotopic studies of Campo Alegre and Guaratubinha volcano-sedimentary basins, Southern region. In: International Geology Congress 31, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, IUGS, (CD), 2000.

STRECKEISEN, A..To each plutonic rock its proper name. *Earth-Science Reviews*, 12, p. 1-33, 1976.

TIKOFF, B. AND TEYSSIER, C. Crustal-scale, en echelon 'P-shear' da, Reno. tensional bridges: A possible solution to the batholithic room problem. *Geology* 20,p. 927-930, 1992.

TINDLE, A. G., & WEBB, P. C. Probe-AMPH—A spreadsheet program to classify microprobe-derived amphibole analyses. *Computers&Geosciences*, 20(7-8), p. 1201–1228, 1994.

TUPINAMBÁ, M. Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira na região da Serra dos Órgãos. 1999. 186 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, São Paulo.

TUPINAMBÁ, M. *et al.* Geologia e recursos minerais da folha Nova Friburgo SF.23-Z-B-II, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000 / Miguel Tupinambá [*et al.*]; organizador Luiz Carlos da Silva. – Belo Horizonte. p. 136, 2012.

TUPINAMBÁ, M., HEILBRON, M., VALERIANO, C.M., JÚNIOR, R.P., DE RIOS, F.B., MACHADO, N., EIRALDO, SILVA, L.G., ALMEIDA, J.C.H. Juvenil contribution of the Neoproterozoic Rio Negro Magmatic Arc (Ribeira Belt, Brazil): implications for Western Gondwana amalgamation. *Gondwana Research* 21, p. 422-438, 2012.

VALERIANO, C. ; TUPINAMBÁ, M. ; SIMONETTI, A. ; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J. & EIRADO SILVA, L. U-Pb LA-MC- ICPMS geochronology of Cambro-Ordovician post- collisional granites of the Ribeira Belt, southeast Brazil: Terminal Brasiliano magmatism in central Gondwana supercontinent. *Journal of South American Earth Sciences*, 32: p. 416-428, 2011.

WERNICK, E. Rochas magmáticas: conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica. Editora UNESP, São Paulo. p.655, 2004.

## APÊNDICE A - Resultado das Análises de Química Mineral

ITFC09					
Grão	KFEL_CB_01	KFEL_CB_02	KFEL_CB_03	KFEL_CB_05	KFEL_CD_02
Local analisado	B	N	N	N	N
SiO <sub>2</sub>	59,542	65,549	64,986	65,541	66,827
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,559	19,157	18,728	18,751	18,927
FeO	0,006	0,002	0,01	0,02	0,01
CaO	0,021	0,02	0,005	0,012	0
Na <sub>2</sub> O	0,737	1,202	0,894	1,035	0,723
K <sub>2</sub> O	13,652	14,826	15,501	15,144	12,298
Total (%)	95,782	101,08	100,438	100,765	99,075
Ab	0,119	0,100	0,025	0,060	0,000
An	7,532	10,894	8,011	9,359	8,148
Or	91,802	88,413	91,396	90,102	91,192
Mineral	Microclina	Microclina	Microclina	Microclina	Microclina

Composições químicas de feldspato potássico da amostra ITFC09, representante da fácies granítica leucocrática da Suíte Serra dos Órgãos. **N** representa o núcleo do grão e **B** as bordas.

ITFC09					
Grão	PERT_CB_01	PERT_CB_02	PERT_CB_02	PERT_CB_03	PERT_CD_01
Local analisado	N	N	B	N	N
SiO <sub>2</sub>	64,767	66,672	65,059	65,338	66,113
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,423	19,913	18,77	18,857	19,078
FeO	0,028	0,023	0,013	0,022	0,033
CaO	0,016	0,031	0,013	0,016	0,016
Na <sub>2</sub> O	1,089	2,432	0,908	0,838	1,092
K <sub>2</sub> O	14,234	12,321	15,047	15,539	14,113
Total (%)	99,866	101,714	100,368	100,938	100,776
Ab	0,084	0,161	0,000	0,025	0,085
An	10,346	22,897	8,312	8,011	10,446
Or	88,977	76,329	90,632	91,396	88,830
Mineral	Microclina	Microclina	Microclina	Microclina	Microclina

Composições químicas de perfitas da amostra ITFC09, representante da fácies granítica leucocrática da Suíte Serra dos Órgãos. **N** representa o núcleo do grão e **B** as bordas

ITFC09					
Grão	PLA_CA_01	PLA_CA_02	PLA_CD_02	PLA_CB_02	PLA_CD_02
Local analisado	P5	P5	B	N	N
SiO <sub>2</sub>	65,115	65,061	69,264	65,342	65,585
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,563	22,622	20,043	22,42	22,274
FeO	0,109	0,115	0,052	0,126	0,033
CaO	3,777	3,696	0,683	3,345	3,429
Na <sub>2</sub> O	9,631	9,816	11,27	9,757	9,504
K <sub>2</sub> O	0,002	0,045	0	0,027	0,018
Total (%)	101,225	101,367	101,312	101,017	100,859
Ab	17,809	17,180	3,240	15,903	16,606
An	82,179	82,570	96,760	83,944	83,290
Or	0,011	0,249	0,000	0,153	0,104
Mineral	Oligoclásio Alto	Oligoclásio Alto	Albita	Oligoclásio Alto	Oligoclásio Alto

Composições químicas de cristais de plagioclásio da amostra ITFC09, representante da fácies granítica leucocrática da Suíte Serra dos Órgãos. **N** representa o núcleo do grão e **B** as bordas.

ITFC09					
Grão	ANF_CA_01	ANF_CA_01	ANF_CA_02	ANF_CB_01	ANF_CB_01
Local analisado	N	B	N	B	N
SiO <sub>2</sub>	38,736	39,524	39,084	37,684	38,263
TiO <sub>2</sub>	1,598	1,842	1,666	1,492	1,902
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,394	10,316	10,347	12,487	10,61
FeO	29,354	30,442	30,4	28,471	29,006
MnO	0,584	0,617	0,601	0,519	0,57
MgO	2,413	2,614	2,364	2,427	2,563
CaO	11,076	11,088	11,213	10,336	10,91
Na <sub>2</sub> O	2,084	1,978	2,003	1,673	1,911
K <sub>2</sub> O	1,676	1,664	1,693	1,685	1,694
Total (%)	<b>97,915</b>	<b>100,085</b>	<b>99,371</b>	<b>96,774</b>	<b>97,429</b>

Composições químicas de cristais de anfibólio da amostra ITFC09, representante da fácies granítica leucocrática da Suíte Serra dos Órgãos. **N** representa o núcleo do grão e **B** as bordas.

TSFC42					
Grão	KFEL_CD_01	PLA_CA_01	PLA_CB_01	PLA_CC_01	PLA_CD_01
Local analisado	B	N	N	P5	N
SiO <sub>2</sub>	65,125	64,532	64,949	65,685	65,284
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,43	22,683	22,262	22,35	22,463
FeO	0,057	0,051	0,111	0,055	0,048
CaO	0,011	3,771	3,241	3,456	3,652
Na <sub>2</sub> O	1,256	9,765	9,605	9,959	9,565
K <sub>2</sub> O	14,676	0,024	0,028	0,041	0,002
Total (%)	101,488	100,838	100,204	101,604	101,018
Ab	0,055	17,564	15,691	16,054	17,421
An	11,308	82,303	84,148	83,719	82,568
Or	86,940	0,133	0,161	0,227	0,011
Classificação	Microclina	Oligoclásio Alto	Oligoclásio Alto	Oligoclásio Alto	Oligoclásio Alto

Composições químicas de cristais de feldspatos da amostra TSFC42, representante dos hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos da Suíte Serra dos Órgãos. **N** representa o núcleo do grão, **B** as bordas e **P** num ponto específico do cristal para os casos de múltiplas análises (mais que duas) por mineral.

TSFC42					
Grão	ANF_CA_01	ANF_CA_02	ANF_CB_01	ANF_CD_01	ANF_CA_04
Local analisado	N	N	N	N	N
SiO <sub>2</sub>	39,656	38,946	40,007	40,238	40,05
TiO <sub>2</sub>	1,606	1,29	1,674	1,649	1,611
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,777	10,869	10,097	9,803	9,956
FeO	28,313	29,604	28,348	28,453	28,725
MnO	0,584	0,49	0,608	0,56	0,61
MgO	3,446	3,24	3,596	3,646	3,52
CaO	11,024	8,902	11,162	11,35	11,104
Na <sub>2</sub> O	1,974	1,665	1,867	1,922	1,984
K <sub>2</sub> O	1,488	1,568	1,512	1,486	1,505
Total (%)	97,868	96,574	98,871	99,107	99,065

Composições químicas de cristais de anfibólio da amostra TSFC42, representante dos hornblenda-biotita gnaisses granodioríticos da Suíte Serra dos Órgãos. **N** representa o núcleo do grão, **B** as bordas

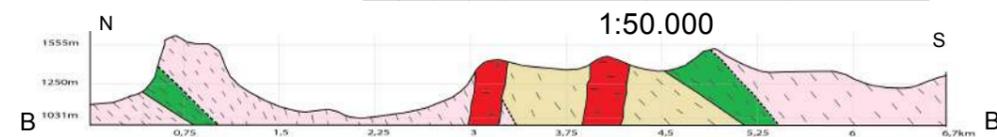
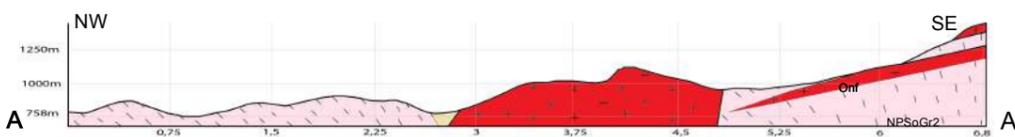
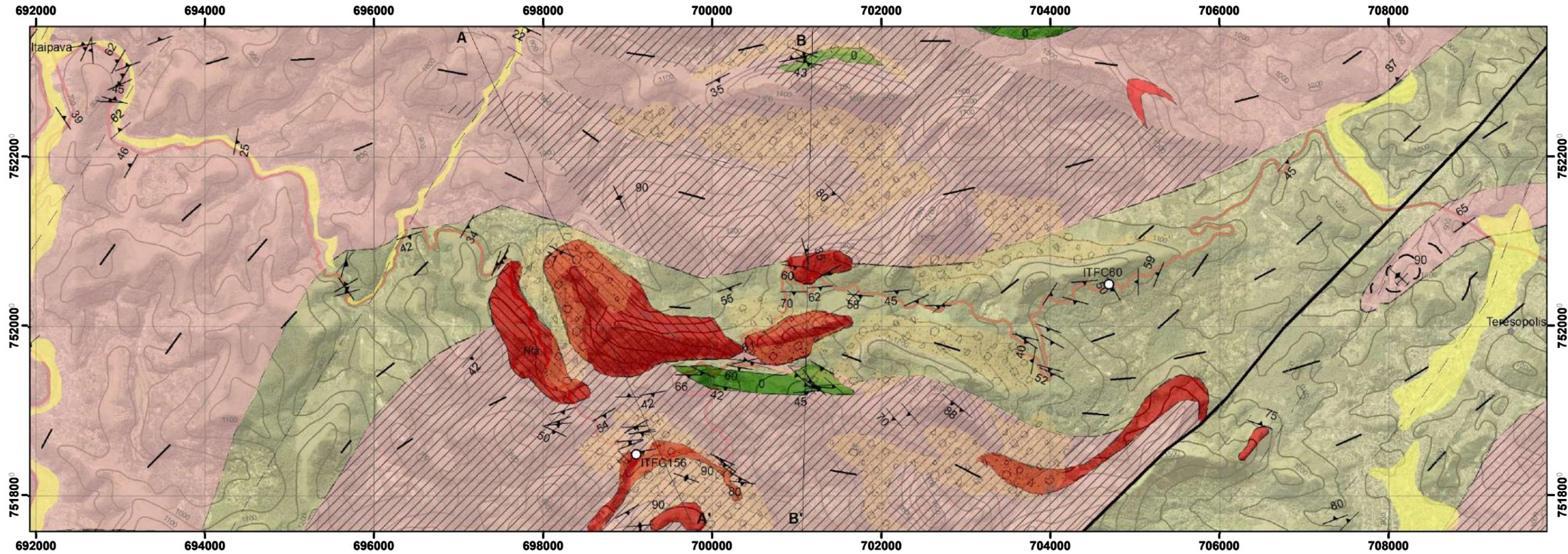
ITFC24A					
Grão	PLA_CA_01	PLA_CB_01	PLA_CC_01	PLA_CC_02	PLA_CD_02
Local analisado	N	P3	N	B	N
SiO <sub>2</sub>	58,967	60,78	56,376	59,483	57,703
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,925	25,375	27,682	25,142	28,05
FeO	0,165	0,138	0,285	1,627	0,108
CaO	8,408	6,861	6,53	6,967	9,157
Na <sub>2</sub> O	6,795	7,805	6,853	7,365	6,304
K <sub>2</sub> O	0,025	0,019	0	0,012	0,005
Total (%)	101,368	100,99	97,759	100,845	101,361
Ab	40,552	32,659	34,493	34,305	44,515
An	59,305	67,233	65,507	65,625	55,456
Or	0,144	0,108	0,000	0,070	0,029
Classificação	Andesina Alta				

Composições químicas de cristais de plagioclásio da amostra ITFC24A, representante da fácies diorítica da Suíte Nova Friburgo. **N** representa o núcleo do grão, **B** as bordas e **P** num ponto específico do cristal para os casos de múltiplas análises (mais que duas) por mineral.

ITFC24					
Grão	ANF_CB_01	ANF_CC_01	ANF_CC_02	ANF_CC_02	ANF_CD_01
Local analisado	B	B	N	B	N
SiO <sub>2</sub>	42,946	42,416	43,114	42,983	43,174
TiO <sub>2</sub>	1,227	1,203	1,108	1,078	1,136
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,826	10,009	9,891	9,737	10,049
FeO	19,234	18,767	19,239	19,142	18,613
MnO	0,381	0,37	0,352	0,363	0,353
MgO	9,588	9,619	9,76	9,721	9,839
CaO	12,027	11,938	12,062	12,011	12,157
Na <sub>2</sub> O	1,618	1,695	1,485	1,645	1,531
K <sub>2</sub> O	1,524	1,51	1,404	1,453	1,477
Total (%)	98,371	97,527	98,415	98,133	98,329

Composições químicas de cristais de anfibólio da amostra ITFC24A, representante da fácies diorítica da Suíte Nova Friburgo. **N** representa o núcleo do grão, **B** as bordas.

# Faciologia da Suíte Serra dos Órgãos entre Petrópolis e Teresópolis, Região Serrana Fluminense.



- Convenções**
- Foliação
  - Foliação Sub-vertical
  - - - Fraturas
  - Falhas
  - Pontos de amostragem
  - ⊗ Pedreiras desativadas
- Infraestrutura**
- Rodovias

**Legenda:**

- Qa Depósitos aluvionares quaternários
- Qc Depósitos coluvionares e de tálus

**Suíte Nova Friburgo**

**CAMBRIANO/ORDOVICIANO**

- Nf Granito fino a médio, isotrópico, composto por quartzo, biotita, feldspato potássico e plagioclásio. Frequentemente contém massas meso-a-melanocráticas, dioríticas e magnéticas. (489 Ma U-Pb)
- Nfa Granito leucocrático isotrópico, róseo, fanerítico, composto de quartzo, biotita, feldspatos potássicos e plagioclásio. Marcado pela presença abundante de allanita

**NEOPROTEROZÓICO**

**Suíte Serra dos Órgãos**

- Fig Fácies Gnaiss Leucocrático Granítico - Rocha fanerítica, granulação média, composta de microclina, ortoclásio e quartzo e biotita. Seu conteúdo em máficos varia entre 5-15%. Cristais de quartzo maiores em “gotas” são facilmente identificados à vista desarmada. (580Ma Pb-Pb)
- Fag Fácies Alanita Gnaiss Granítico - Rocha fanerítica, bege, composta de microclina, quartzo e biotita, podendo apresentar também plagioclásio. Sua foliação é geralmente mais contundente, e é por vezes reforçada pelo aparecimento de faixas máficas biotíticas gnaissificadas, podendo atingir até 10cm de espessura. A presença expressiva de alanita é uma característica marcante desta fácies.
- Fgd Fácies Hb-bt Gnaisses Granodioríticos - Faneríticos, equigranulares compostos por felds e qtz, com agregados máficos orientados de biotita e hornblenda, dando um aspecto “mesclado” a rocha. O índice de cor varia entre 15 a 25%. (559Ma U-Pb)

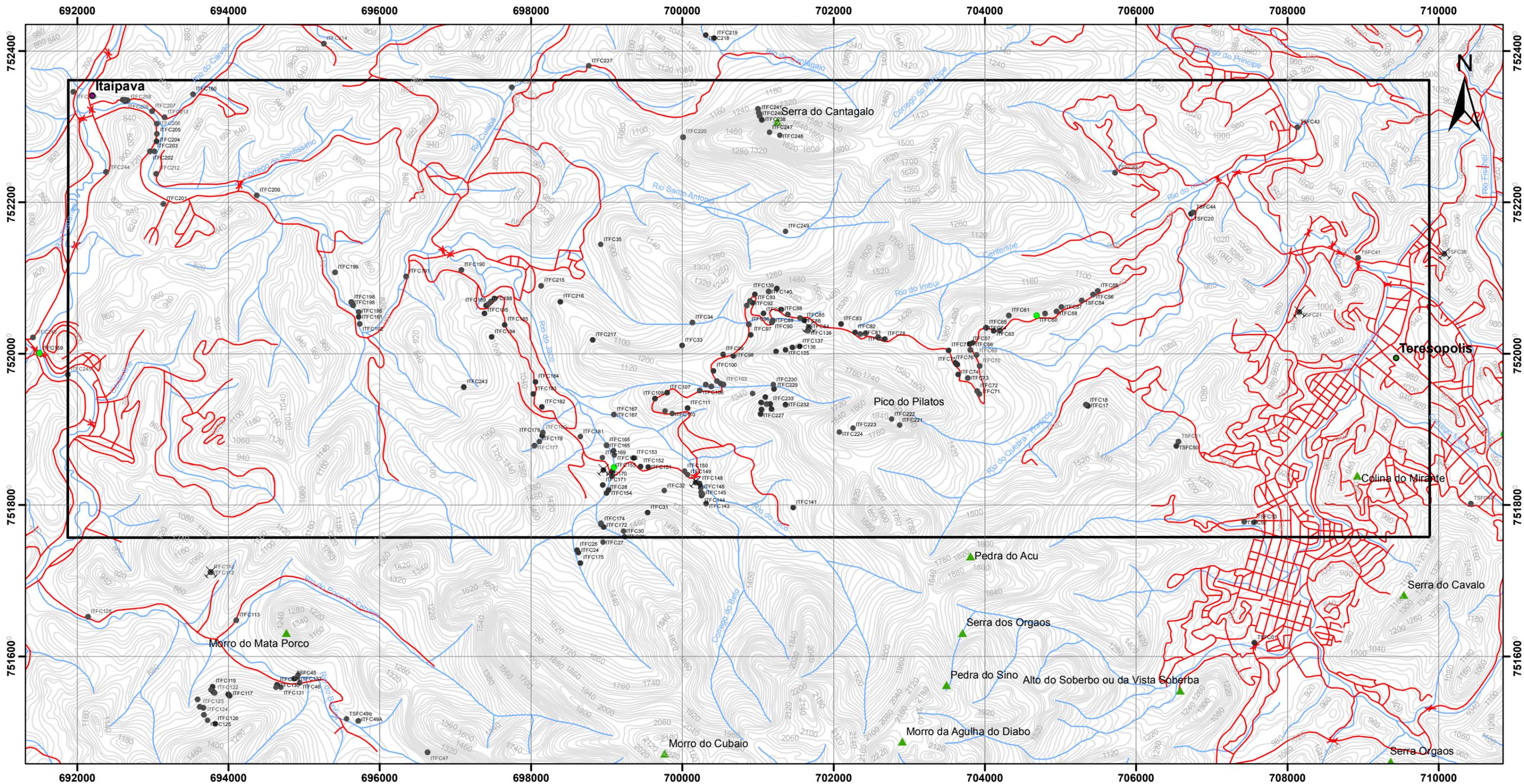
**Complexo Rio Negro**

- NPrn Metatextitos, diatextitos e gnaisses, de composição tonalítica e frequentemente magnéticos. (635Ma U-Pb)



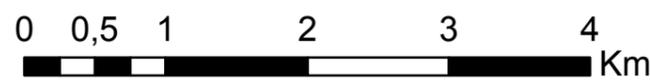


# Faciologia da Suíte Serra dos Órgãos entre Petrópolis e Teresópolis, Região Serrana Fluminense.



## Legenda

- Pontos visitados
- Pontos de amostragem (geoquímica e isotópica)
- ✕ Pontos de extração de rochas desativados
- ▲ Toponímia
- Área do projeto
- Drenagens
- Curvas de nível
- Infraestrutura**
- Ruas e Rodovias



1:50.000



Datum - Corrego Alegre  
 Projeção Cartográfica - UTM  
 Declinação magnética - 22,5°  
 Fernando dos Anjos Cotias - 2018

