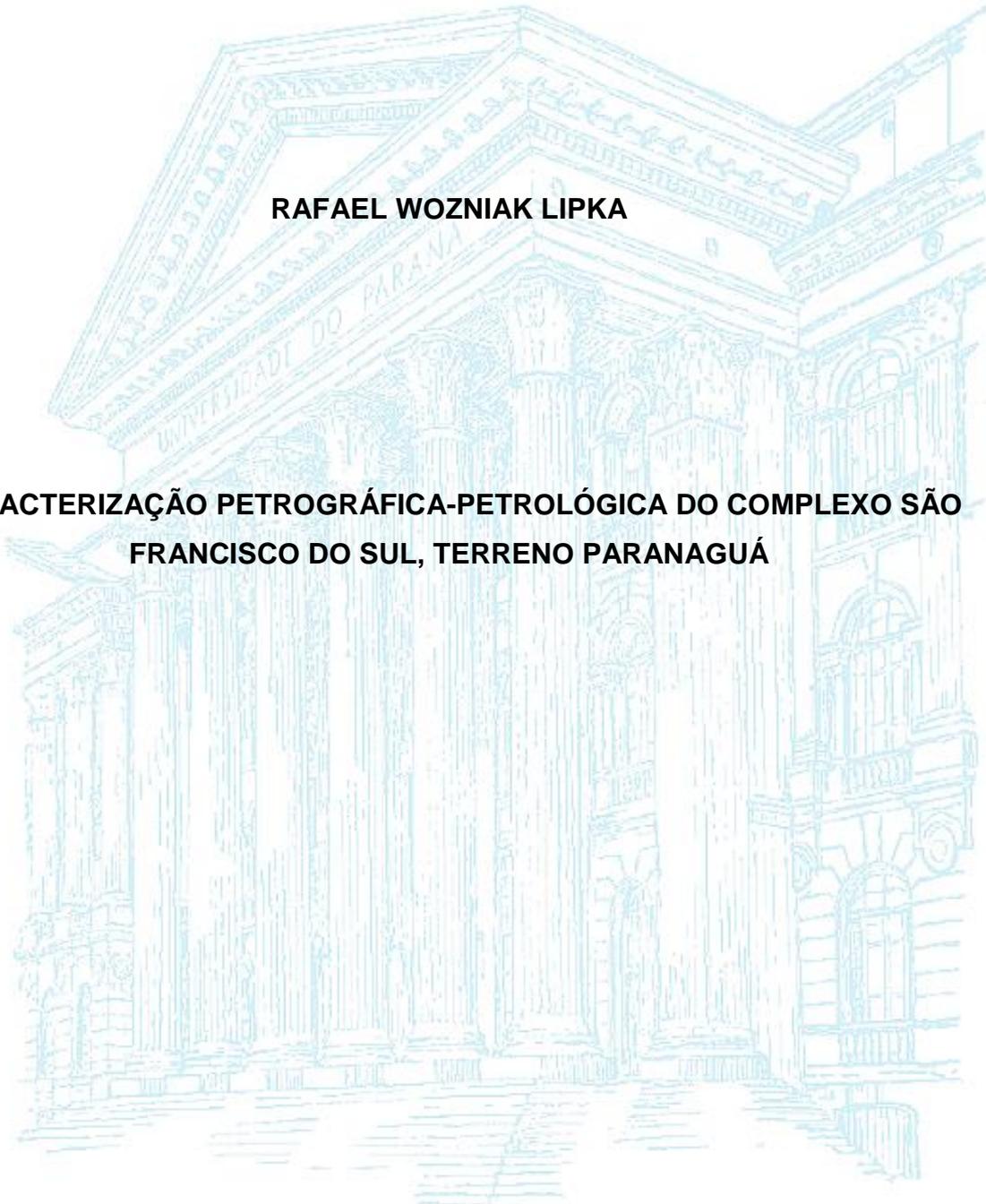


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
CURSO DE GEOLOGIA**

**RAFAEL WOZNIAK LIPKA**

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA-PETROLÓGICA DO COMPLEXO SÃO  
FRANCISCO DO SUL, TERRENO PARANAGUÁ**



**CURITIBA**

**2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
CURSO DE GEOLOGIA**

**RAFAEL WOZNIAK LIPKA**

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA-PETROLÓGICA DO COMPLEXO SÃO  
FRANCISCO DO SUL, TERRENO PARANAGUÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Geologia da Universidade Federal do  
Paraná como requisito parcial para à obtenção do  
grau de Bacharel em Geologia

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Fadel Cury

Co-orientadora: Me. Mariana de Resende  
Madeira

Co-orientador: Me. Daniel Patias

**CURITIBA**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Não existiria outra maneira de iniciar este trabalho que não seja agradecendo imensamente a minha família por todo o apoio e suporte ao longo não somente do TCC, mas de toda a minha vida. Um agradecimento e um abraço mais do que especial aos meus pais, Tomaz e Marli, por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos, me incentivando a seguir meus sonhos e me garantindo todas as condições necessárias para tal. E também a meus padrinhos, Gustavo e Andrea, por todo o incentivo, desde a infância, para trilhar os caminhos da ciência.

Devo também agradecer imensamente ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo Fadel Cury, e aos meus coorientadores, Me. Mariana de Resende Madeira e Me. Daniel Patias, por todo o auxílio e suporte no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço por todas as discussões, sugestões e aconselhamentos, bem como pela paciência e compreensão, considerando as condições sob as quais este trabalho foi desenvolvido. Um agradecimento especial a Prof. Me. Mariana Madeira pelas infinitas reuniões, revisões e correções ao longo do último ano, sem as quais este trabalho não seria possível. Agradeço ao Prof. Dr. Leonardo Cury por ceder as laminas, amostras e dados necessários para este trabalho, e por aceitar o desafio de orientar este projeto quando o mesmo já estava em andamento. Um muito obrigado ao Me. Daniel Patias, que mesmo estando longe, sempre se dispôs a ajudar de todas as maneiras possíveis.

Agradeço infinitamente a todos os amigos e amigas com quem tive a oportunidade de compartilhar estes anos de graduação, através de conversas geológicas nos corredores, das sempre memoráveis aulas de campo, e também dividindo algumas cervejas no CEGEP. Sem dúvida alguma foram vocês que tornaram os anos de graduação este período tão especial na minha vida.

Agradeço ao Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (LAMIR) e a todo seu corpo técnico pela disponibilização de aparelhos, infraestrutura e auxílio que foram, sem dúvidas, essenciais para este trabalho. Por fim, agradeço ao Departamento de Geologia (DEGEOL), a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e a todos os professores que compartilharam parte de seu conhecimento comigo e com os colegas, possibilitando nossa formação como geólogos.

*“Wijl wintars stilta hvis en wijl vorjaarns guldyn sunnaluiht  
Den oude vandrar waagt, fuer eweroun en eweroun”*

*(While winter's silent white and while spring's golden sunlight,  
the old wanderer walks forevermore and evermore)*

*Falkenbach – Eweroun*

## RESUMO

Correspondente a um complexo gnáissico-migmatítico paleoproterozoico, retrabalhado no Neoproterozoico, o Complexo São Francisco do Sul representa ao embasamento do Terreno Paranaguá, um dos vários fragmentos litosféricos envolvidos nas colisões decorrentes evento Brasiliano/Pan-Africano na porção sudoeste do Gondwana. Apesar da existência de rochas gnáissicas na região do litoral do estado do Paraná ser reconhecida desde a primeira metade do século 20, somente há pouco mais de uma década o Complexo São Francisco do Sul foi individualizado e descrito formalmente, de modo que o conhecimento sobre o mesmo ainda apresenta várias questões em aberto. Neste contexto, o presente trabalho visa expor novos dados acerca destes litotipos, a partir de investigações petrográficas e petrológicas. Com a análise de 15 lâminas delgadas, provenientes de quatro pontos distintos do Terreno Paranaguá, foi possível definir e caracterizar quatro conjuntos de litotipos pertencentes ao Complexo São Francisco do Sul, correspondente aos granitóides, aos ortognaisses, aos milonitos e aos anfibolitos. Através da análise da morfologia de determinados minerais traço, foi possível também reiterar o caráter ígneo para o protólito dos ortognaisses da unidade, e identificar o conjunto caracterizado como granitóides como correspondente a esta rocha original, em um estado relativamente pouco deformado. Em contrapartida, a análise das feições de recristalização em litotipos miloníticos sugere um pico de temperatura da ordem de 550 – 600 °C para o processo de milonitização, com subsequente resfriamento do sistema. Ainda dentro deste contexto, as amostras classificadas como anfibolitos foram entendidas como enclaves máficos, similares aos descritos por outros autores em investigações de campo. Com a associação de dados geocronológicos foi possível inferir que o principal evento de metamorfismo ocorreu ainda no período ediacarano ( $626 \pm 25$  Ma), mas que o sistema permaneceu sob elevadas temperaturas, superiores a 300 °C, possivelmente por um período de tempo superior a 100 Ma, até os momentos iniciais do período Cambriano. Em contrapartida, a idade paleoproterozóica de  $2072 \pm 48$  Ma corresponderia a cristalização do protólito granítico. Não foram identificadas microfeições de migmatização nas lâminas delgadas investigadas, o que associado a descrições de campo que relatam a ocorrência destes litotipos bastante próximos a locais de origem das amostras analisadas, permite pressupor que exista um controle estrutural para o processo de migmatização, em especial através de zonas cisalhamento.

**Palavras-chave:** Complexo São Francisco do Sul, Terreno Paranaguá, Protólito Granítico, Microestruturas de Recristalização.

## ABSTRACT

Corresponding to a Paleoproterozoic gneiss-migmatitic complex, reworked in the Neoproterozoic, the São Francisco do Sul Complex represents the basement of the Paranaguá Terrane, one of several lithospheric fragments involved in the collisions associated to the Brasiliano/Pan-African event in the southwestern portion of Gondwana. Although the existence of gneissic rocks in the coastal region of the state of Paraná has been recognized since the first half of the 20th century, only a little over a decade ago the São Francisco do Sul Complex was individualized and formally described, so that the knowledge about it still presents several open questions. In this context, the present work aims to expose new data about these lithotypes, from petrographic and petrological investigations. With the analysis of 15 thin sections from four different points of the Paranaguá Terrane, it was possible to define and characterize four sets of lithotypes belonging to the São Francisco do Sul Complex, corresponding to granitoids, orthogneisses, mylonites and amphibolites. Through the analysis of the morphology of certain trace minerals, it was also possible to reiterate the igneous character for the protolith of the unit's orthogneisses, and identify the set characterized as granitoids as corresponding to this original rock, in a relatively undeformed state. On the other hand, the analysis of recrystallization features in mylonitic lithotypes suggests a temperature peak in the order of 550 - 600°C for the mylonitization process, with subsequent cooling of the system. Also within this context, samples classified as amphibolites were understood as mafic enclaves, similar to those described by other authors in field investigations. With the association of geochronological data, it was possible to infer that the main metamorphism event still occurred in Ediacaran period ( $626 \pm 25$  Ma), but that the system remained at high temperatures, above 300°C, possibly for a period of time greater than 100 Ma, until early moments of the Cambrian period. On the other hand, the Paleoproterozoic age of  $2072 \pm 48$  Ma would correspond to the crystallization of the granitic protolith. No migmatization microfeatures were identified in the thin sections investigated, which associated with field descriptions that report the occurrence of these lithotypes very close to the places of origin of the analyzed samples, allows us to assume that there is a structural control for the migmatization process, in particular through shearzones.

**Keywords:** São Francisco do Sul Complex, Paranaguá Terrane, Granitic Protolith, Recrystallization Microstructures.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa de localização dos pontos em que foram coletadas as amostras investigadas neste projeto.....	3
Figura 2.1 : Exemplificação e explicação dos distintos elementos acerca da barra de informação utilizada nas fotomicrografias expostas neste trabalho.....	5
Figura 3.1: Mapa geológico simplificado do Sistema orogênico Ribeira Meridional e a parte nordeste do Cinturão Dom Feliciano.....	7
Figura 3.2: Ilustração simplificada das diferentes propostas para compartimentação regional e evolução dos conhecimentos ao longo do tempo.....	9
Figura 3.3: Mapa geológico do Terreno Paranaguá .....	12
Figura 4.1: Fotografia das amostras de mão correspondentes ao conjunto dos granitóides....	19
Figura 4.2: Fotografia de amostras de mão representativa do conjunto dos milonitos.....	20
Figura 4.3: Fotografia das amostras de mão correspondentes ao conjunto dos anfibolitos.....	21
Figura 5.1: Fotomicrografias do conjunto dos granitóides.....	23
Figura 5.2: Fotomicrografias do conjunto dos ortognaisses.....	25
Figura 5.3: Fotomicrografias de feições de recristalização dinâmica de cristais de quartzo em meio a litotipos miloníticos.....	27
Figura 5.4: Fotomicrografias de feições deformacionais de feldspatos em meio a litotipos miloníticos .....	28
Figura 5.5: Fotomicrografias de feições deformacionais de anfibólios e ocorrência de biotita sagenítica em meio a litotipos miloníticos.....	29
Figura 5.6: Fotomicrografias do subconjunto dos anfibolitos foliados.....	30
Figura 5.7: Fotomicrografias do subconjunto dos anfibolitos bandados.....	31
Figura 6.1: Desenho esquemático exemplificando os distintos litotipos e feições identificadas no Complexo São Francisco do Sul.....	33
Figura 6.2: Fotomicrografias de cristais de allanita.....	35
Figura 6.3: Fotomicrografias de cristais de titanita.....	37
Figura 6.4: Fotomicrografias de cristais de apatita.....	38
Figura 6.5: Temperatura de ocorrência dos distintos processos de deformação e recristalização dinâmica em quartzo e feldspato.....	41
Figura 6.6 : Fotomicrografias de Feições de recristalização <i>Chessboard</i> em quartzo.....	42
Figura 6.7: Fotomicrografias de Feições de recristalização da matriz milonítica.....	42

Figura 6.8: Fotomicrografias dos aspectos deformacionais e de recristalização em feldspatos, incluindo pertitas em chama e mirmequitas.....	43
Figura 6.9: Distintos graus metamórficos com base na deformação de agregados quartzo-feldspáticos.....	44
Figura 6.10 Diagrama de concórdia para zircões provenientes do ponto PB-84.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1.: Coordenadas referentes aos quatro afloramentos dos quais provem as amostras investigadas neste projeto.....	3
Tabela 2.1.: Nomenclatura das lâminas investigadas neste projeto e sua proveniência.....	5
Tabela 3.1: Quadro resumo acerca das unidades que compõem o Terreno Paranaguá, segundo os dados de Cury (2009) e Guimarães (2019).....	11
Tabela 3.2: Significado dos termos adotados por Fuck et al. (1968).....	14
Tabela 4.1.: Tabela de identificação e proveniência das amostras de mão.....	18
Tabela 5.1.: Tabela de nomenclatura das lâminas investigadas neste projeto e sua classificação dentro dos conjuntos propostos, de acordo com seus aspectos composicionais e estruturais.....	22

## LISTA DE SIGLAS

BLG	<i>Bulging</i>
GBM	<i>Grain Boudary Migration</i>
LA-ICP-MS	<i>Laser Ablation Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer</i>
SGR	<i>Subgrain Rotation</i>

## SIGLAS DOS MINERAIS FORMADORES DE ROCHAS

Aln	Allanita
Ap	Apatita
Bt	Biotita
Ep	Epidoto
Fpd	Feldspato (Indiferenciado)
Hbl	Hornblenda
Kfs	Feldspato Potássico
Mc	Microclínio
Ms	Muscovita
Opq	Opacos
Pl	Plagioclásio
Qz	Quartzo
Ttn	Titanita
Zrn	Zircão

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. Justificativa .....	1
1.2 Localização e Vias de Acesso.....	2
1.3 Objetivos.....	2
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	4
2.1 Levantamento Bibliográfico.....	4
2.2. Análise Petrográfica.....	4
2.3. Geocronologia.....	6
<b>3. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA</b> .....	6
3.1. Evolução do Conhecimento .....	8
3.2. Terreno Paranaguá.....	10
3.2. Complexo São Francisco do Sul.....	14
3.3. Evolução do Tectônica.....	17
<b>4. CONTEXTUALIZAÇÃO DAS LÂMINAS INVESTIGADAS</b> .....	17
4.1 Granitóides .....	18
4.2 Milonitos.....	18
4.3 Anfibolitos .....	19
<b>5. PETROGRAFIA</b> .....	21
5.1 Granitóides .....	21
5.2 Ortognaisses.....	24
4.3 Milonitos.....	26
4.4 Anfibolitos .....	29
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	32
6.1 Protólito.....	33
6.2 Metamorfismo e recristalização dinâmica.....	39
6.3 Geocronologia.....	45
<b>7. CONCLUSÕES</b> .....	46
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	48
<b>ANEXO I - FICHAS DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA</b> .....	53

## **1. INTRODUÇÃO**

O Complexo São Francisco do Sul, correspondente a ortognaisses migmatíticos paleoproterozóicos que constitui o embasamento do Terreno Paranaguá, possui uma complexa história evolutiva, em especial no que diz respeito a sua gênese, aos processos metamórficos e deformacionais relacionados ao evento Brasileiro durante a amalgamação do Gondwana Ocidental e a evolução geodinâmica desta porção da província Mantiqueira. Dentro deste contexto, o presente Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná visa contribuir para o conhecimento acerca desta unidade por meio da caracterização petrográfica e petrológica de seus litotipos.

Desenvolvido durante o ano de 2021, em meio a pandemia de COVID-19, e frente a impossibilidade da realização de pesquisas de campo, o projeto foi elaborado a partir da descrição de lâminas petrográficas, cedidas pelo orientador, confeccionadas a partir de amostras da região de São Francisco do Sul (SC) e Guaraqueçaba (PR), no litoral sul-sudeste brasileiro, com foco na compreensão dos processos metamórficos e deformacionais aos quais esta unidade foi submetida.

### **1.1. Justificativa**

O conhecimento acerca do Terreno Paranaguá, apesar de ter evoluído muito nas últimas décadas ainda apresenta algumas lacunas, em especial no que diz respeito ao seu embasamento, que corresponde aos gnaisses migmatíticos do Complexo São Francisco do Sul, unidade definida por Cury (2009), caracterizada principalmente na região da Ilha de São Francisco do Sul. Paralelamente a isto, afloramentos destes litotipos são relatados ao longo do litoral paranaense desde trabalhos pioneiros desenvolvidos durante a primeira metade do século 20, e apesar de mencionados na literatura geológica, ainda carecem de uma descrição e caracterização em maior nível de detalhe.

Neste contexto, a caracterização petrográfica e petrológica detalhada dos litotipos que compõem esta unidade contribui para uma melhor compreensão dos

processos pelos qual o Terreno Paranaguá foi submetido e a reconstrução de sua história evolutiva.

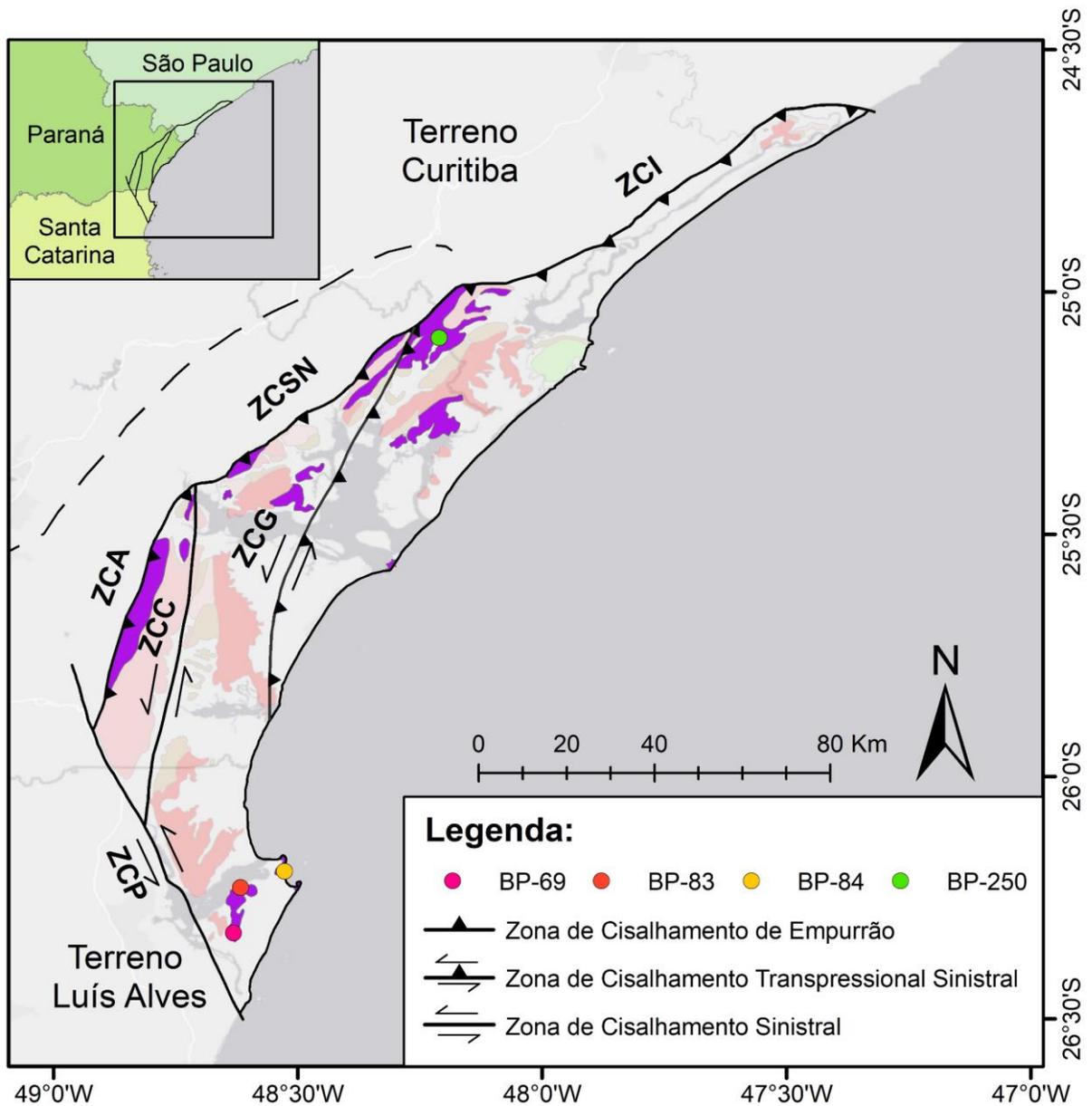
## **1.2 Localização e Vias de Acesso**

As amostras analisadas foram coletadas em quatro pontos distintos do Terreno Paranaguá, sendo três localizados na Ilha de São Francisco do Sul e uma no município de Guaraqueçaba (Fig. 1.1 - Tabela 1.1). A Ilha de São Francisco do Sul pertence ao estado de Santa Catarina e se encontra na porção meridional do Terreno Paranaguá. Estando a aproximadamente 170 Km da cidade de Curitiba, o acesso a ilha pode ser realizado através das rodovias BR-376, BR-101 e BR-280. O ponto localizado no município de Guaraqueçaba se encontra próximo da divisa entre os estados do Paraná e São Paulo, a cerca de 180 Km da capital, e pode ser acessado através das rodovias BR-277, PR-408 e PR-405 e vias secundárias.

## **1.3 Objetivos**

Este trabalho possui como objetivo principal caracterizar as feições petrográficas dos gnaisses migmatíticos do Complexo São Francisco do Sul, na região da Ilha de São Francisco do Sul e Guaraqueçaba. Para isto, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- 1) Caracterizar petrograficamente os distintos litotipos pertencentes ao Complexo São Francisco do Sul, reconhecendo seus aspectos composicionais, texturais e microestruturais.
- 2) Reconhecer as paragêneses metamórficas e feições de deformação na escala microscópica observadas em lâminas delgadas. Identificar a ocorrência de processos anatéticos e suas feições migmatíticas associadas.
- 3) Investigar acerca da natureza do protólito e condições geotermobarométricas as quais o Complexo São Francisco do Sul foi submetido e determinar a cronologia relativa dos distintos eventos registrados em seus litotipos, correlacionando estes dados dentro do contexto evolutivo do Terreno Paranaguá.



**Figura 1.1** Mapa de localização dos pontos em que foram coletadas as amostras investigadas neste projeto. As regiões em roxo representam as áreas de afloramento do Complexo São Francisco do Sul. Legenda: ZCP: Zona de Cisalhamento Palmital; ZCA: Zona de Cisalhamento Alexandra; ZCSN: Zona de Cisalhamento Serra Negra; ZCI: Zona de Cisalhamento Icapara; ZCC: Zona de Cisalhamento Cubatãozinho; ZCG: Zona de Cisalhamento Guaratuba. (Adaptado de Cury, 2009 e Guimarães, 2019.)

**Tabela 1.1.:** Coordenadas referentes aos quatro afloramentos dos quais provem as amostras investigadas neste projeto.

Afloramento	Latitude	Longitude	UTM_W	UTM_S	DATUM	ZONA
BP-69	-26,32257	-48,63159	736416	7086415	SAD-69	S22
BP-83	-26,2287	-48,6170	738064	7096790	SAD-69	S22
BP-84	-26,19496	-48,52704	747126	7100360	SAD-69	S22
BP-250	-25,09443	-48,21051	781344	7221680	SAD-69	S22

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

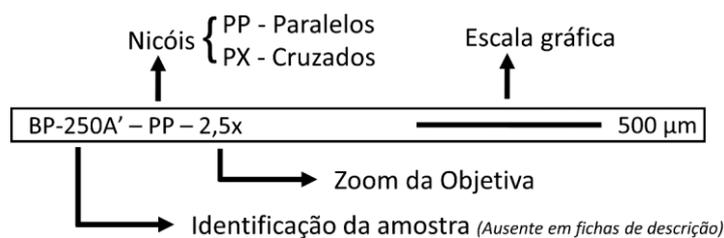
A fim de atingir os objetivos deste trabalho, o método adotado se fundamentou em uma extensa revisão bibliográfica e na caracterização petrográfica, com subsequente integração dos dados obtidos com as informações já disponíveis na literatura.

### **2.1 Levantamento Bibliográfico**

A etapa de revisão bibliográfica consistiu no levantamento e leitura crítica de trabalhos que abordam os tópicos relacionados a este trabalho. Dentre estes, devem ser destacados: i) estado da arte acerca do conhecimento do Terreno Paranaguá e suas unidades, com destaque para trabalhos que abordam direta ou indiretamente informações a respeito do Complexo São Francisco do Sul; ii) revisão de trabalhos clássicos e modernos sobre a definição e o estudo petroográfico de gnaisses migmatíticos, suas texturas, estruturas e litotipos associados, a exemplo de Sederholm (1907), Mehnert (1968), Passchier & Trouw (2005), Sawyer (2008), e Bucher & Grapes (2011).

### **2.2. Análise Petrográfica**

Esta etapa consistiu na análise de 15 lâminas petrográficas cedidas pelo orientador deste projeto, confeccionadas a partir de amostras de quatro pontos distintos, de duas localidades do Terreno Paranaguá (Tabela 2.1). As lâminas descritas estão discriminadas na tabela 2.1, bem como a classificação designada a cada uma delas. A descrição foi realizada em um microscópio de luz transmitida modelo *Nikon Eclipse E200MV-POL*, equipamento cedido pelo Instituto Lamir para realização das análises no modelo *Home Office*, devido às restrições de atividades presenciais causada pela pandemia de COVID-19. As fotomicrografias presentes neste trabalho foram capturadas no Instituto Lamir, com uma câmera *Axio Imager A2m* e tratadas nos softwares *Axio Vision*, *Adobe Illustrator* e *Microsoft Powerpoint*. Todas as fotomicrografias exibem em sua porção inferior informações acerca da posição dos nicóis no momento de sua captura e a objetiva utilizada (Fig. 1.2). As abreviações para as fases minerais identificadas foram utilizadas segundo a proposta de Whitney & Evans (2010).



**Figura 2.1** Exemplificação e explicação dos distintos elementos acerca da barra de informação utilizada nas fotomicrografias expostas neste trabalho.

**Tabela 2.1.:** Nomenclatura das rochas e lâminas investigadas neste projeto, sua proveniência e classificação, com base nos litotipos caracterizados por Cury (2009) e em relação aos conjuntos definidos por este trabalho.

	<b>Afloramento</b>	<b>Descrição de campo (Cury, 2009)</b>	<b>Lâmina</b>	<b>Conjunto</b>
<b>Ilha de São Francisco do Sul</b>	<b>BP-69</b>	<b>Granito deformado</b>	<b>BP-69</b>	<b>Granitóides</b>
	<b>BP-83</b>	<b>Granito-Gnaise</b>	<b>BP-83a</b>	
			<b>BP-83b</b>	<b>Ortognaisses</b>
	<b>BP-84</b>	<b>Granito-Gnaise</b>	<b>BP-84a1'(a)</b>	<b>Milonitos</b>
			<b>BP-84a1'(b)</b>	
			<b>BP-84a1''</b>	
			<b>BP-84a1'''</b>	
			<b>BP-84a1l</b>	
			<b>BP-84b</b>	
			<b>BP-84c</b>	
<b>BP-84d</b>	<b>BP-84e</b>	<b>BP-84d</b>	<b>Anfibolitos</b>	
		<b>BP-84e</b>		
<b>Guaraqueçaba</b>	<b>BP-250</b>	<b>Gnaise Migmatítico</b>	<b>BP-250a</b>	<b>Ortognaisses</b>
			<b>BP-250a'</b>	
			<b>BP-250d</b>	

A etapa de análise petrográfica objetivou a identificação da mineralogia e das microestruturas das amostras a fim de categorizar as lâminas investigadas em

distintos grupos, de acordo com aspectos composicionais e estruturais, sendo possível dividir as amostras em quatro grupos principais (Tabela. 2.1). Inferências acerca do protólito foram realizadas tomando por base a obra de Bucher & Grapes (2011), bem como trabalhos a respeito de fases acessórias, mais especificamente da allanita, titanita e apatita. De mesmo modo, foram realizadas investigações relativas as microestruturas presentes, em especial as relacionadas à processos de recristalização e fusão parcial, que permitem, segundo as propostas de Passchier & Trouw (2005) e Sawyer (2008), determinar importantes parâmetros termobarométricos.

De maneira concomitante à investigação através da microscopia óptica, foram também realizadas descrições de sete amostras de mão, que representariam três dos quatro conjuntos caracterizados. Este procedimento visou colaborar com as interpretações microscópicas e resolver possíveis ambiguidades geradas pela realização de descrições apenas em escala microscópica. O único conjunto não representado por uma amostra de mão é o dos ortognaisses, já que nenhuma amostra correspondente pôde ser encontrada.

### **2.3. Geocronologia**

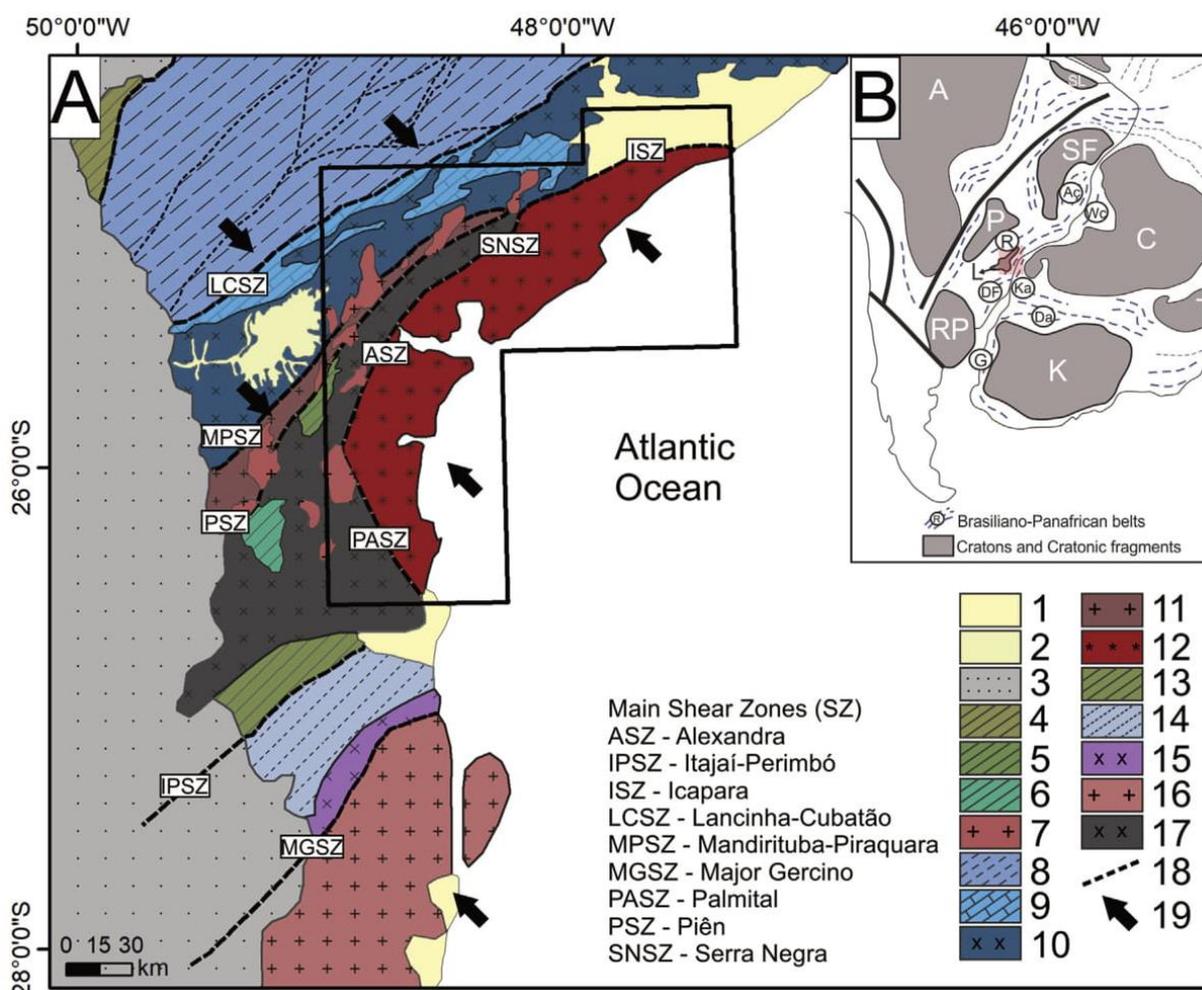
As interpretações geocronológicas apresentadas neste trabalho foram desenvolvidas com base em dados cedidos pelo professor Leonardo Fadel Cury, orientador deste projeto. Os dados isotópicos foram obtidos por meio do método U-Pb em zircão através de análises com LA-ICP-MS do afloramento BP-84 (Cury, 2009). As análises foram realizadas no Laboratório de Estudos Geocronológicos, Geodinâmicos e Ambientais da Universidade de Brasília (UNB).

## **3. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA**

A área de estudo pertence ao contexto geológico-tectônico do Terreno Paranaguá, um dos terrenos pré-cambrianos localizados do sul-sudeste do território brasileiro. Esses terrenos estão inseridos na Província Mantiqueira, que, definida por Almeida et al (1981), compreende registros de um sistema orogênico com mais de 3000 Km de extensão, amalgamado durante o evento Brasileiro / Pan-Africano na porção sudoeste do Gondwana (Heilbron et al., 2008, Silva et al, 2005, Cury, 2009 – Fig 3.1). A Província Mantiqueira pode ser subdividida em três cinturões orogênicos

distintos e de evolução diacrônica sendo eles: Araçuaí, Ribeira e Dom Feliciano (Heilbron et al., 2004; Heilbron et al., 2008; Hasui, 2010;).

O Terreno Paranaguá está localizado entre o Cinturão Ribeira e o Cinturão Dom Feliciano onde, além desse segmento, são caracterizadas, de oeste para leste, outras três unidades geotectônicas: Terreno Apiaí e microplacas Curitiba e Luis Alves. Esses domínios, limitados por zonas de cisalhamento expressivas, apresentam características geológicas (ex.: litológicas e estruturais) específicas e distintas. (Basei et al, 1992; Siga Jr., 1995; Passarelli et al, 2018 – Fig. 3.1). Ainda nesse contexto, ocorrem granitoides da Província Graciosa, também denominada Suíte Serra do Mar, correspondente ao processo de granitogênese anorogênico mais expressivo do sudeste brasileiro. (Gualda & Vlach, 2007).



**Figura 3.1 A)** Mapa geológico simplificado do Sistema orogênico Ribeira Meridional e a parte nordeste do Cinturão Dom Feliciano. Legenda: 1) Sedimentos recentes; 2) Bacia de Curitiba (Quaternário); 3) Bacia do Paraná (Paleozoico); *Bacias Ediacaranas do Cinturão Ribeira Meridional* 4) Bacia de Castro; 5) Bacia de Guaratubinha; 6) Bacia de Campo Alegre; 7) Suíte Serra do Mar (590-575Ma); 8) Terreno Apiaí; *Terreno Curitiba* 9) Formações Metassedimentares Capirú (Mesoproterozóico) e Turvo-Cajati

(Ediacarano); 10) Complexo Atuba (Paleoproterozóico); 11) Suíte Rio Piên (Ediacarano); 12) **Terreno Paranaguá**; *Cinturão Dom Feliciano* 13) Bacia de Itajaí (Ediacarano - Cambriano); 14) Grupo Brusque (Neoproterozóico); 15) Complexo de Camboriú (Paleoproterozóico); 16) Batólito de Florianópolis (Ediacarano); 17) Cráton Luís Alves (Arqueano - Paleoproterozóico); 18) Principais zonas de cisalhamento; 19) Vergência tectônica neoproterozóica. **B)** Reconstrução da porção Oeste do Gondwana. Legenda: Fragmentos Cratônicos: A – Amazonas; SF – São Francisco; C – Congo; P – Parapanema; L – Luís Alves; RP – Rio de la Plata; K – Kalahari; Cinturões Móveis: Aç – Araçuaí; Wc – Oeste do Congo; R – Ribeira; DF – Dom Feliciano; Ka –Kaoko; Da – Damara; G – Gariep (Fonte: Patias et al., 2019).

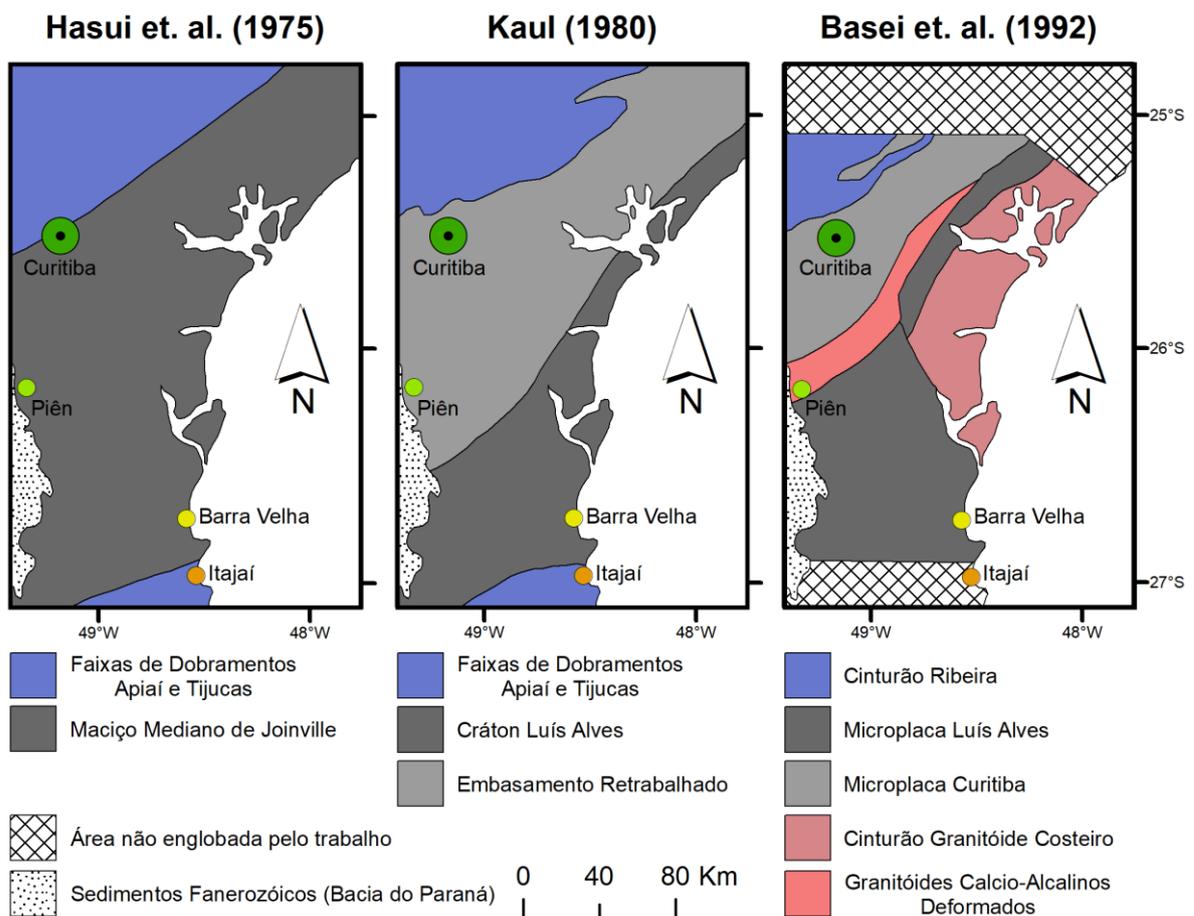
### 3.1. Evolução do Conhecimento

Os primeiros trabalhos que individualizam as unidades localizadas próximas ao litoral paranaense e os demais terrenos que compõem o Cinturão Ribeira Meridional e suas adjacências são atribuídos aos mapeamentos pioneiros desenvolvidos por Maack (1953). Anteriormente, o paradigma que predominou até meados da década de 60, e postulado por Branner (1915), era de que esses terrenos seriam todos partes do “Complexo Brasileiro”, de idades arqueanas (gnaisses) a proterozóicas (demais litotipos), estendendo-se ao longo de quase toda a costa brasileira.

A partir dos dados de geocronologia, na década de 60, a região entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano foi compreendida como parte de um cinturão orogênico desenvolvido entre 650 e 450 milhões de anos (Almeida, 1967, Almeida et al., 1981, Hasui, 1982). Nas décadas seguintes, vários foram os trabalhos que contribuíram para uma melhor compartimentação desses terrenos e o entendimento da geologia regional, como, por exemplo, Hasui et al. (1975), Kaul (1980) e Basei et al. (1992) (Fig.3.2). Hasui et al. (1975) distinguem os gnaisses, migmatitos e granulitos pertencentes ao chamado “Maciço Meridiano de Joinville” dos sistemas dobrados de Apiaí e Tijucas, compostos por metassedimentos e granitos de idade brasileira. Uma proposta de compartimentação regional em quatro unidades geotectônicas foi realizada por Kaul (1979), com a divisão do “Maciço Meridiano de Joinville” em uma área cratônica e uma área correspondente ao embasamento retrabalhado, que posteriormente seriam caracterizadas por Basei et al. (1992) e Siga Jr. (1995) como Cráton Luís Alves e Terreno Curitiba, respectivamente.

Na década de 90, os trabalhos de Basei et al. (1990) e Basei et al. (1992) definem o “Cinturão Granitóide Costeiro” como uma unidade tectônica distinta dos

terrenos Curitiba e Luís Alves (Fig. 3.2), tendo Siga Jr (1995) adotado a denominação de Domínio Paranaguá para esta entidade. Também nos trabalhos de Basei et al. (1992) e Siga Jr (1995) são propostos os primeiros modelos para a evolução tectônica e processo de aglutinação dos terrenos entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano. Siga Jr (1995), caracteriza os terrenos Luís Alves e Curitiba, que limitam a borda oeste do Terreno Paranaguá, e são constituídos essencialmente por gnaisses migmatíticos, de idades, neo-arqueana e paleoproterozoica respectivamente. Entre esses domínios destaca-se a Suíte Granítica Rio Piên, caracterizada por granitos cálcio-alcálicos de arco magmático, juntamente com uma sequência ofiolítica incompleta (Harara, 2001).



**Figura 3.2:** Ilustração simplificada das diferentes propostas para compartimentação regional e evolução dos conhecimentos ao longo do tempo. Adaptado de Kaul (1997).

A utilização da nomenclatura “Domínio Paranaguá” por Siga Jr (1995), em detrimento dos termos “Batólito Paranaguá” de Basei et al. (1990) e “Cinturão Granitóide Costeiro” de Basei et al. (1992) se deve ao fato que o mesmo não é composto unicamente por rochas ígneas, mas apresenta também sequências

metassedimentares e rochas gnáissico-migmatíticas. Posteriormente, Cury (2009) utiliza o termo “Terreno Paranaguá”, seguindo o conceito de “terreno” de Howell (1989) definido por uma porção da crosta parte de um cinturão orogênico, limitada por zonas de cisalhamento, e composta de distintas unidades litológicas que compartilham uma mesma história evolutiva.

Por meio de análises petrográficas, geoquímicas, geocronológicas e estruturais, Cury (2009) individualiza as unidades do Terreno Paranaguá, caracterizando dentre elas o Complexo São Francisco do Sul, alvo deste projeto. Posteriormente Guimarães (2019) e Patias et al. (2019, 2020), contribuem para a caracterização das unidades supracrustais, a história deformacional e entendimento da evolução tectonometamórfica desse seguimento. Esses aspectos, tanto litoestruturais quanto em relação à evolução tectônica, são detalhados à luz do conhecimento atual nos tópicos a seguir.

### **3.2. Terreno Paranaguá**

O Terreno Paranaguá é composto majoritariamente por granitos ediacaranos, correspondente às suítes graníticas Canavieiras-Estrela, Morro Inglês e Rio do Poço, e que afloram de maneira mais expressiva ao longo de seu limite oeste. Estes corpos graníticos encontram-se intrudidos em unidades metassedimentares da Sucessão Rio das Cobras e nos gnaisses migmatíticos do Complexo São Francisco do Sul, estes de maior expressão na porção setentrional do terreno. (Fig. 3.3 – Tabela 3.1 – Cury, 2009; Patias et al, 2019).

O Complexo São Francisco do Sul corresponde a gnaisses migmatíticos que representam o embasamento do Terreno Paranaguá (Cury, 2009). Por ser a unidade alvo deste trabalho, será descrita em maior detalhe no tópico seguinte.

A Sucessão Rio das Cobras (Guimarães, 2019), definida originalmente por Lopes e Lima (1985) como Formação Rio das Cobras, apresenta uma distribuição espacial na forma de faixas alongadas com orientação nordeste-sudoeste e representa uma unidade metassedimentar supracrustal composta essencialmente por xistos, com mármore, anfíbolitos e gnaisses subordinados. Esses litotipos correspondem a metapelitos e metapsamitos (quartzitos e grauvacas) que foram

submetidos a metamorfismo regional, predominantemente em fácies xisto verde, com ocorrências localizadas de metamorfismo de alto grau (Cury, 2009; Guimarães, 2019). As condições de metamorfismo evoluíram de um estágio inicial de maior pressão, em profundidades de até 37.5 Km (7-8 kbar) e temperaturas entre 540-550°C, para um sistema de pressões ligeiramente inferiores, controlado pelo fluxo termal gerado pela ampla atividade magmática em um estágio pós-colisional, com temperaturas da ordem de  $700 \pm 50^\circ\text{C}$  e pressões de 3–5 kbar. Um último estágio posterior de resfriamento também é reconhecido, marcado pela ocorrência de metamorfismo retrógrado. (Patias et al., 2020). As datações sugerem idades máximas de sedimentação entre 2200Ma e 1800Ma, com pico metamórfico no intervalo de 600 a 590 Ma (Cury, 2009, Patias et al., 2020).

**Tabela 3.1:** Quadro resumo acerca das unidades que compõem o Terreno Paranaguá, segundo os dados de Cury (2009) e Guimarães (2019).

<b>Unidade</b>	<b>Litotipos</b>	<b>Idade</b>
Suíte Rio do Poço	granitos leucocráticos	$615,8 \pm 6,7$ Ma
Suíte Morro Inglês	sienogranitos e monzogranitos porfiríticos	$617,0 \pm 9,7$ Ma
Suíte Canavieiras-Estrela	quartzo-monzodioritos, leuco-granodioritos e monzogranitos	$638 \pm 10$ Ma
Sucessão Rio das Cobras	xistos, quartzitos, mármore, anfíbolitos e paragneisses	1450 Ma (Deposição Máxima)
Complexo São Francisco do Sul	Gnaisses e milonitos (composição diorítica, granodiorítica, quartzo-monzodiorítica monzogranítica e trondhjemítica)	$2173 \pm 18$ Ma (Protólito)

A Suíte Canavieiras-Estrela ocorre ao longo da margem do Terreno Paranaguá com o Terreno Luís Alves e é composta por quartzo-monzodioritos, leuco-granodioritos e monzogranitos (Fig. 3.3). Assim como a Suíte Morro Inglês apresentam texturas porfiríticas e inequigranulares, porém, com megacristais e máficos mais expressivos. Se diferencia das demais suítes graníticas por apresentar uma intensa deformação milonítica, e aspectos cataclásticos. Esta deformação se deve a ocorrência de importantes zonas de cisalhamento no limite do Terreno

Paranaguá que afetam esta unidade, e a atuação de falhas no momento de sua colocação (Cury, 2009). Classificado como um membro da série cálcio-alcalina de alto potássio, apresenta características de granitos sin ou pós colisional com idades de cristalização entre 638 Ma e 577 Ma (Siga Jr, 1995; Cury, 2009).

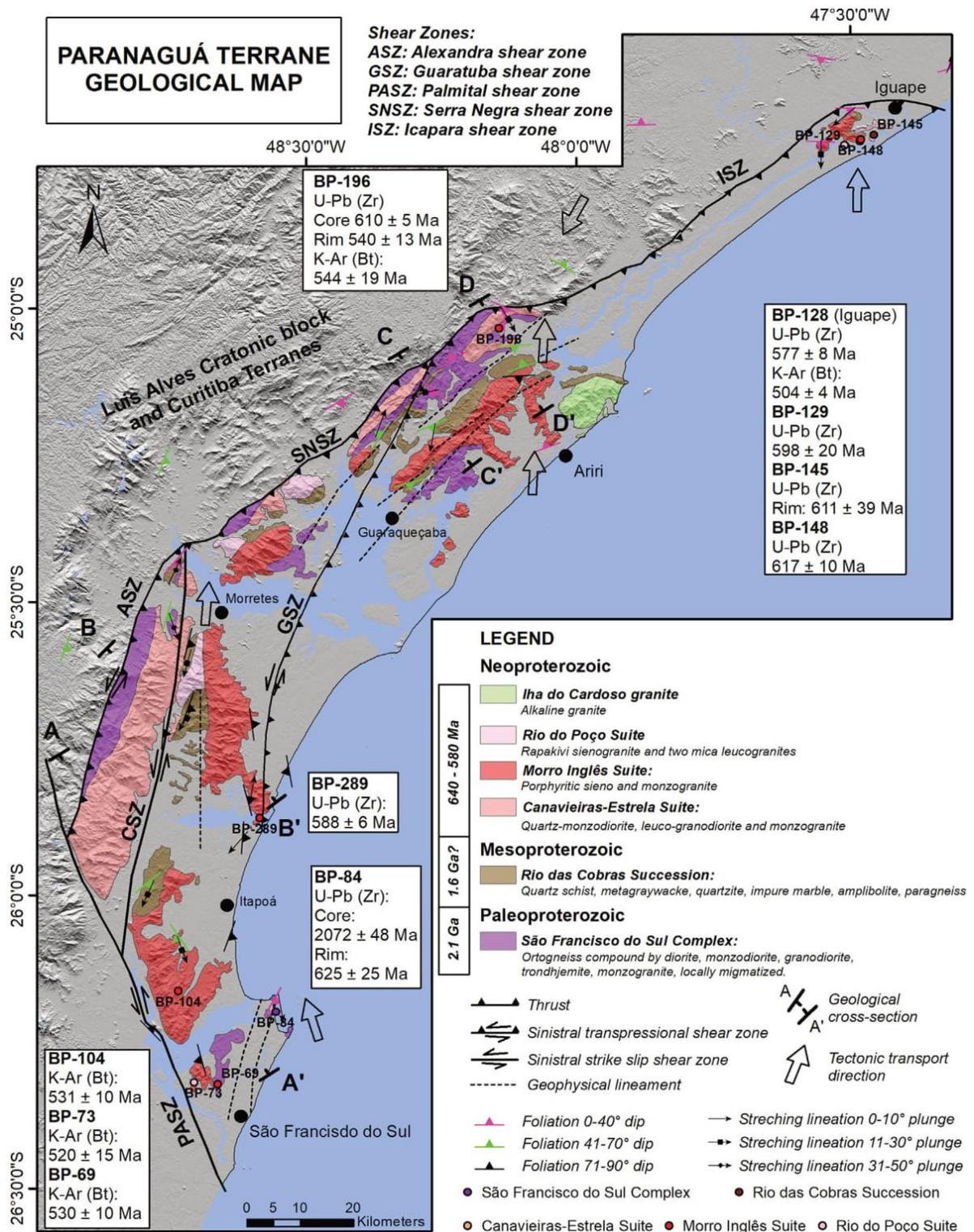


Figura 3.3: Mapa geológico do Terreno Paranaguá. Fonte: Patias et al, 2019.

A Suíte Morro Inglês, definida originalmente por Lopes (1987), corresponde ao maior dos corpos graníticos do Terreno Paranaguá, abrange uma área desde Iguape (SP) até São Francisco do Sul (SC) (Fig. 3.3). Essa unidade é composta por sienogranitos e monzogranitos porfíricos, sendo os fenocristais de feldspato potássico uma de suas características mais distintivas. A mineralogia desses litotipos é composta por feldspato potássico, quartzo, plagioclásio, biotita, epidoto, titanita, allanita, apatita e zircão. Localmente ocorrem foliação magmática, mixing-mingling, diques de aplito, pegmatitos e xenólitos (Siga Jr, 1995; Cury, 2009). Localmente são descritos processos de milonitização associados a zonas de cisalhamento, para os quais foram inferidas temperaturas da ordem de 450°C (Baldin & Barros, 2017). Possui uma assinatura litogeoquímica característica de arcos magmáticos em estágios sin a tardi-colisionais, como um caráter cálcio-alcálico de alto potássio a shoshonítico e altos teores de Ba, Nb, Zr, Rb, Sr, Th e K<sub>2</sub>O. A idade de cristalização destes granitos é de 617 Ma e 600 Ma (Cury, 2009).

A Suíte Rio do Poço, também definida por Lopes (1987), corresponde ao corpo granítico de menor área de afloramento no Terreno Paranaguá, ocorrendo localmente próximo às cidades de Morretes, Guaraqueçaba e Ariri (Fig. .3.). É caracterizada por granitos leucocráticos, de coloração cinza clara e de textura inequigranular média. Sua mineralogia é composta por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita, muscovita, epidoto e allanita, sendo a existência de duas micas uma de suas características mais distintivas. Localmente pode ser encontrado com granulometria fina ou com textura Rapakivi (Siga Jr, 1995; Cury, 2009). A partir das características litogeoquímicas, esses granitos são interpretados como anorogênicos pós-colisionais, e possuem idades de cristalização entre 615 Ma e 598 Ma (Cury, 2009; Baldin & Barros, 2017).

Segundo Patias et al. (2019) o Terreno Paranaguá pode ser dividido em dois domínios estruturais distintos, setentrional e meridional, separados pela Zona de Cisalhamento Guaratuba (Figura 3.3). No domínio meridional predominam sistemas transcorrentes de orientação norte–noroeste e cinemática sinistral, controlados por cisalhamento simples com componentes oblíquas, com coexistência de feições de *strike-slip* e lineações de estiramento. Já o domínio setentrional, no qual está inserida a área de estudo, atua uma colisão frontal, onde prevalece uma tectônica de baixo a médio ângulo controlada por cisalhamento puro, com sistemas de dobramentos e

empurrões de vergência para norte-noroeste, (Baldin et al., 2017; Patias et al., 2019). Os limites com os demais terrenos são marcados por zonas de cisalhamento (Figura 3.3). Na porção meridional, com o cráton Luís Alves ocorrem as zonas de cisalhamento de Alexandra e Palmital, a primeira correspondente a uma rampa lateral, já a segunda representa uma zona transpressiva, ambas de cinemática sinistral. No setor setentrional, o Terreno Paranaguá é limitado pelas microplacas Luís Alves e Curitiba, pelas zonas de cisalhamento Serra Negra e Icapara, respectivamente, ambas correspondentes a zonas de empurrão (Cury, 2009; Patias et al., 2019)

### 3.2. Complexo São Francisco do Sul

A primeira menção à ocorrência de rochas gnáissicas no litoral paranaense, e que hoje podem ser compreendidas como parte do Complexo São Francisco do Sul, remonta os trabalhos de Bigarella (1946), onde é relatada a ocorrência de gnaisses cortados por diques de diabásio, com destaque para a Gruta das Encantadas, localizada na porção meridional da Ilha do Mel. Posteriormente, em seu trabalho de cartografia geológica regional, Maack (1953) reconhece esse afloramento, juntamente com demais áreas ao longo da costa, como representante de uma unidade composta por gnaisses, correspondentes ao “Complexo Brasileiro” de Branner (1915). Os mapas produzidos pela Comissão da Carta Geológica do Paraná (1968) e que abrangem a região do Terreno Paranaguá (folhas Antonina, Barra do Ararapira, Guaraqueçaba, Guaratuba, Ilha do Mel, Paranaguá, Pedra Branca do Araraquara e Serra da Igreja) também apresentam unidades gnáissicas, gnáissico-migmatíticas e migmatíticas ao longo da região. Destaque para a Folha Ilha do Mel (Fuck et al., 1968), onde é mencionada a ocorrência de migmatitos tipo embrechito e epibolito, termos atualmente em desuso e que são utilizados pelo autor segundo a nomenclatura proposta por Jung & Roques (1952). (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2:** Significado dos termos adotados por Fuck et al. (1968) (Jung & Roques, 1952 apud Suk, 1983).

Epibolito	Rocha migmatítica heterogênea caracterizada pela intercalação de bandas de neossoma e paleossoma
Embrechito	Rocha migmatítica caracterizada pela presença de veios irregulares de leucossoma

Já na década de 90, os litotipos gnáissicos e migmatíticos, bem como as sequências metassedimentares, passaram a ser interpretados como encaixantes de um terreno predominantemente granítico (Basei et al., 1990; Basei et al., 1992; Siga Jr., 1995). Exposições, geralmente pouco expressivas, da unidade ortognáissica ocorrem ao longo de todo o terreno, normalmente em afloramentos métricos a decamétricos, compostos por biotita-gnaisses, gnaisses granodíferos e anfibólio-gnaisses. Estes litotipos apresentam um característico bandamento gnáissico e podem ser encontrados em distintos graus de migmatização (Basei et al., 1990; Siga Jr., 1995). Análises geocronológicas em dois cristais de zircão das rochas graníticas, através do método U-Pb, indicaram a idade de 2300 Ma, em contraste com a idade de  $614 \pm 9$  Ma, referente à cristalização do corpo granítico (Basei et al., 1990). Apesar da existência de todas estas informações acerca destas rochas gnáissicas, a formalização desta unidade somente foi realizada mais recentemente, por intermédio dos trabalhos de Cury (2009).

Correspondendo ao embasamento das demais unidades do Terreno Paraguaçu, o Complexo São Francisco do Sul é constituído por ortognaisses de composição diorítica, granodiorítica, quartzo-monzodiorítica, tronhjemítica e monzogranítica. O mesmo apresenta um característico bandamento gnáissico, com intercalações de bandas máficas e félsicas em distintos tons de cinza e com os cristais dispostos em arranjos nematoblásticos ou granulares orientados. A mineralogia destes litotipos é composta por plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, biotita, muscovita, epidoto, titanita, allanita, apatita e zircão. Ocorrem enclaves anfibolíticos ricos em biotita, internamente foliados e com formas ovaladas e estiradas, e veios tonalíticos, localmente na forma de enxames (Cury, 2009; Baldin et al., 2017).

São também identificados milonitos de textura porfiroblástica e composições monzogranítica e granodiorítica, nos quais os porfiroblastos se encontram estirados, podendo apresentar estruturas do tipo augen ou em níveis e filetes, a depender da intensidade do processo deformacional. Os porfiroblastos são compostos por microclínio, anfibólio, plagioclásio, quartzo e biotita. Como acessórios ocorrem titanita, apatita, allanita e zircão (Cury, 2009; Baldin et al., 2017).

Localmente ocorrem migmatitos, e os mesmos possuem formas bastante variáveis em escala de afloramento. Frequentemente apresentam estruturas do tipo estromática, schlieren, flebítica e augen, e, mais raramente, do tipo dobrada, schollen e nebulítica (Cury, 2009). Enclaves de gnaisses máficos com sua foliação interna e

demais estruturas preservadas podem ocorrer em meio a porções nebulíticas, geralmente com formas estiradas e sigmoidais, podendo ou não apresentar bordas de reação relacionadas ao processo anatético. É também reconhecida a existência de fases pegmatíticas de textura hipidiomórfica a idiomórfica, compostas por quartzo, feldspato alcalino, biotita e turmalina (Cury, 2009).

O paleossoma destas rochas migmatíticas apresenta estrutura gnáissica e é composto por bandas de biotita e anfibólio, alternadas com plagioclásio e quartzo. Já a porção neoformada, correspondente ao leucossoma, apresenta quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e traços de biotita (Siga Jr, 1995; Cury, 2009). Os cristais de plagioclásio se encontram fraturados, porém límpidos, com apenas ocorrências localizadas de saussuritização. Em contraste, os cristais de feldspato potássico se encontram fortemente sericitizados, muitas vezes já substituídos. Os cristais de biotita tendem a ocorrer em níveis orientados e apresentam localmente alteração para muscovita em suas bordas. Ocorrem também cristais de epidoto, provenientes majoritariamente de outros minerais, com feições magmáticas subordinadas (Cury, 2009). Estes processos de alteração mineral são característicos de temperaturas relativamente mais baixas e podem ser interpretados como indícios de processos retrometamórficos reconhecidos em escala regional (Cury, 2009, Patias et al., 2019, 2020)

Análises realizadas em seis amostras coletadas próximo ao limite meridional do Terreno Paranaguá indicam que os ortognaisses do Complexo São Francisco do Sul apresentam um teor de sílica entre 60,25 e 70,21%, bem como um caráter cálcio-alcalino a álcali-cálcico e magnésiano. O padrão de Elementos Terras Raras (ETR) indica um leve fracionamento dos ETR leves, que se acentua nos ETR pesados, bem como uma moderada anomalia de európio. Os conteúdos de ítrio, rubídio e nióbio são característicos de granitos de arcos vulcânicos (Baldin et al., 2017). Datações realizadas por Cury (2009) indicam idades de cristalização paleoproterozóicas, de 2100 Ma, bem como idades de recristalização ediacaranas (620 Ma) e eopaleozóicas (530 Ma).

Questões acerca da existência de variações internas dentro do Complexo São Francisco do Sul, sua origem, sua evolução tectonometamórfica, e sua possível correlação com unidades de terrenos adjacentes são pouco investigadas e permanecem em aberto.

### **3.3. Evolução do Tectônica**

A atual configuração do Terreno Paranaguá e dos terrenos adjacentes é resultante de uma tectônica ediacarana a cambriana, que culminou com a formação do Gondwana Ocidental. (Siga Jr.,1995). Dentro deste contexto, o Terreno Paranaguá é interpretado como um sistema arco magmático transpressional, ativo principalmente durante o intervalo de 600 Ma e 580 Ma, e que teria colidido com os terrenos Curitiba e Luís Alves, após os mesmos já estarem amalgamados, em um único evento de deformação heterogênea (Basei et al., 1992; Cury, 2009; Passarelli et al., 2018, Patias et al., 2019,2020). Patias et al. (2020) reconhece quatro estágios de evolução tectônica neste setor, o primeiro, T1, entre 640 e 610 Ma, relacionado com um sistema de subducção regional no estágio sin-colisional, marcado pela transição entre uma condição acrescionária para colisional, com importante influência de deformações transpressionais e de empurrão. Durante esse estágio, o Terreno Paranaguá estaria conectado com a porção setentrional do Cinturão Dom Feliciano. Em um segundo momento, T2, em um contexto tardi a pós-colisional, entre 610 e 580 Ma, ocorre a principal etapa de cristalização e colocação dos corpos graníticos, além de corresponder também ao pico metamórfico para as unidades supracrustais. Ainda em T2, ocorre o escape lateral do Terreno Paranaguá em relação ao Cinturão Dom Feliciano, ocasionado pelo aumento da obliquidade entre a direção de transporte e a geometria da Microplaca Luís Alves. O estágio T3, entre 580 Ma e 550 Ma, estaria relacionado a um momento de quiescência tectônica e vagaroso resfriamento do sistema, seguido pelo intervalo T4, entre 550 Ma e 500 Ma, relacionado a reativação de zonas de cisalhamento, com o desenvolvendo milonitos e processos de recristalização dinâmica, ainda em um contexto de arrefecimento regional (Cury, 2009, Guimarães, 2019; Patias et al., 2019, 2020).

## **4. CONTEXTUALIZAÇÃO DAS ROCHAS INVESTIGADAS**

As lâminas investigadas neste trabalho são provenientes de amostras de quatro pontos distintos do Terreno Paranaguá conforme apresentado anteriormente (Fig. 1.1; Tabela 1.1; Tabela 4.1). A partir de três desses pontos (BP-69, BP-83 e BP-84) foram também disponibilizadas sete amostras de mão que compreendem a três dos quatro conjuntos identificados por este trabalho, nomeadamente o conjunto dos

granitóides, dos milonitos e dos anfibolitos (Tabela 1.1; Tabela 4.1). Os tópicos seguintes visam uma descrição macroscópica dos conjuntos abrangidos por estas amostras. Apenas o conjunto dos ortognaisses não é representado por uma amostra de mão.

**Tabela 4.1.:** Tabela de identificação e proveniência das amostras de mão.

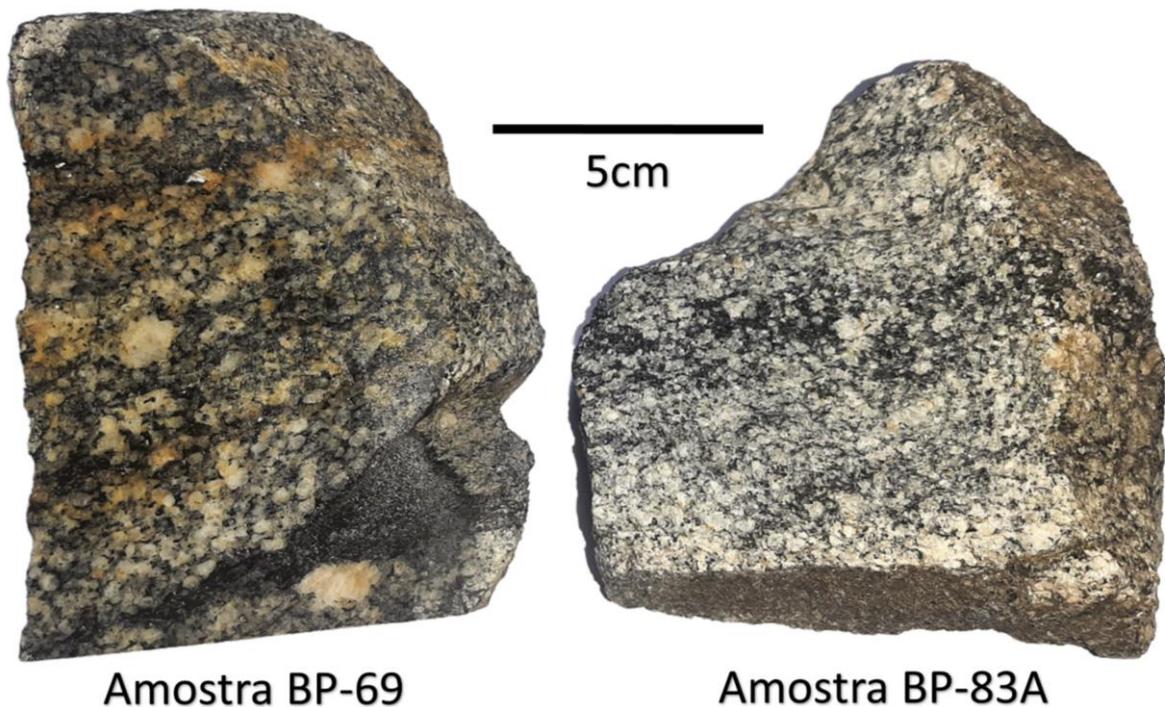
Amostra	Proveniência	Conjunto
BP-69	BP-69	Granitóides
BP-83A	BP-83	
BP-84AI	BP-84	Milonitos
BP-84AI'		
BP-84C		
BP-84D		Anfibolitos
BP-84E		

#### 4.1 Granitóides

Conjunto representado por duas amostras proveniente dos afloramentos BP-69 e BP-83 (Fig. 4.1). Apresentam textura inequigranular seriada, com ocorrência de cristais euédricos e subédricos prismáticos de plagioclásio e feldspato potássico cuja granulometria pode variar entre 2 mm e 11mm. Ocorrem também quartzo e biotita. A rocha possui estrutura maciça, apesar dos cristais de biotita tenderem a se concentrar em determinadas faixas da amostra, gerando um aspecto de manteamento por máficos para os cristais de feldspato. Localmente é identificado um cumulado biotítico, que se apresenta em um formato estirado a sigmoidal.

#### 4.2 Milonitos

Conjunto representado por três amostras provenientes do afloramento BP-84, que possuem como principal característica a aparência inequigranular, com a ocorrência de clastos de feldspato potássico, plagioclásio e anfibólio, em meio a uma matriz afanítica (Fig. 4.2). Apresenta estrutura bandada, com a ocorrência de porções de coloração cinza-escuro levemente esverdeado intercalada com porções róseo-esbranquiçado. Possui textura porfiroclástica, com clastos arredondados e prismáticos deformados, de granulação predominantemente média e granulometria em torno de 4 mm, mas que apresenta uma ampla variação no caso dos feldspatos, podendo variar entre clastos menores que 1mm e clastos de até 12mm.



**Figura 4.1:** Amostras de mão representantes do conjunto dos granitos. A região escura localizada na porção inferior direita da amostra BP-69 corresponde ao cumulado biotítico. Observar também o aspecto de manteamento por máficos visível na amostra BP-83A.

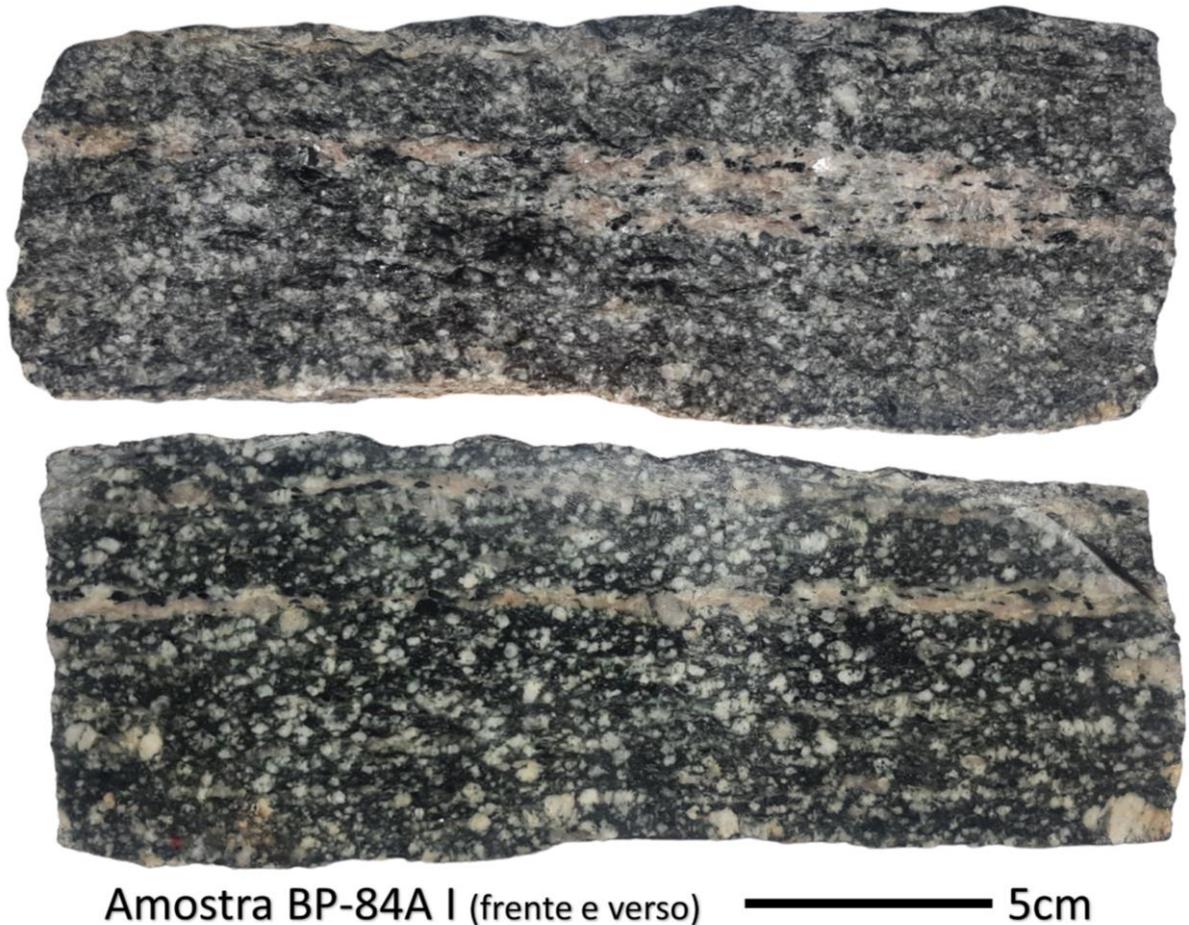
Foram também cedidos pelo Prof. Dr. Leonardo Fadel Cury dados geocronológicos obtidos através de análises U-Pb LA-ICP-MS em zircões provenientes de litotipos miloníticos do afloramento PB-84 (Fig.6.10 - Cury, 2009). Os mesmos indicam uma idade de cristalização paleoproterozóica, bem como processos de recristalização neoproterozóicos e serão posteriormente discutidos de maneira integrada aos demais resultados obtidos.

### **4.3 Anfibolitos**

Conjunto representado por duas amostras provenientes do afloramento BP-84 e serão descritas separadamente. As mesmas foram individualizadas tendo por base suas distintas características mineralógicas e estruturais, a exemplo da existência ou ausência de bandamento composicional (Fig. 4.3).

A amostra BP-84D é constituída por duas partes distintas, sendo a mais expressiva composta inteiramente por cristais prismáticos de anfibólio. Estes cristais são equigranulares, de granulometria média de 3mm, e ocorrem orientados, definindo

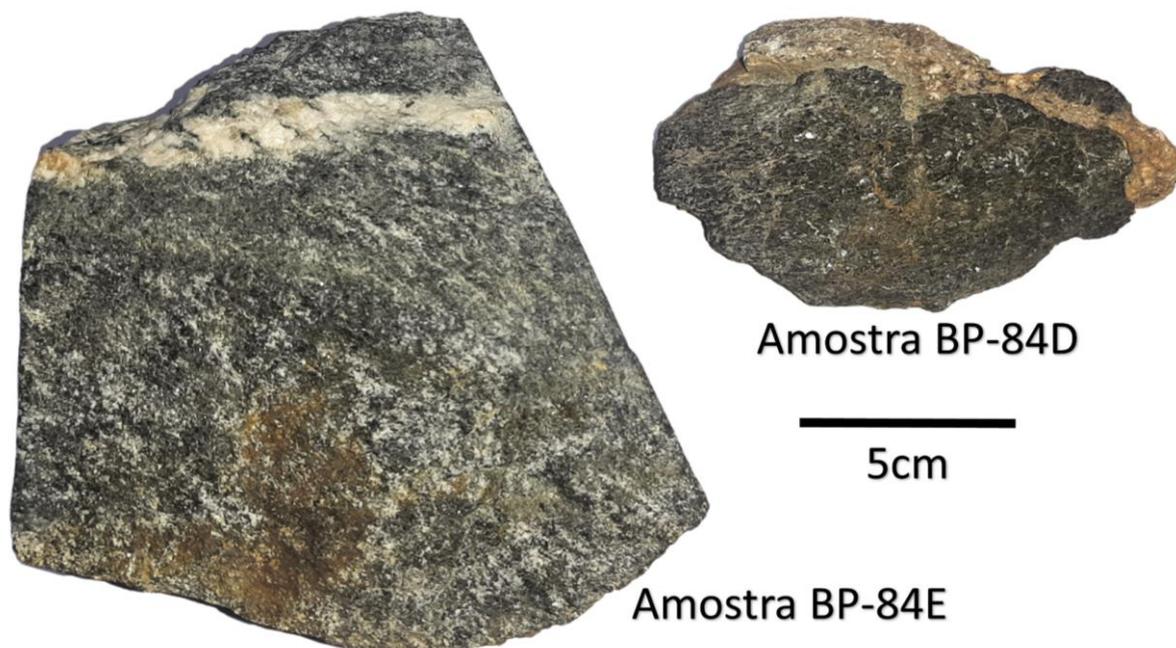
uma textura nematoblástica. A outra porção da amostra corresponde a cristais de plagioclásio e feldspato alcalino subédricos prismáticos, ocorrendo de maneira orientada e associados a pequenas quantidades de uma matriz afanítica de coloração cinza, levemente esverdeada. Estes feldspatos apresentam granulometria entre 1mm e 9mm, junto a eles ocorrem pequenas quantidades de cristais de anfibólio com até 4mm.



**Figura 4.2:** Amostra de mão BP-84A I, representativa do conjunto dos milonitos. Notar a presença de porfiroclastos de tamanhos variados imersos em matriz afanítica.

A amostra BP-84E é composta por grãos finos a muito finos de anfibólio e plagioclásio que ocorrem na forma de finas bandas irregulares alternadas. A granulometria dos cristais tende a não ultrapassar 2 mm, o que dificulta a identificação do hábito, apesar de os anfibólios aparentarem formas subédricas prismáticas, que, em associação ao feldspato, definiria uma textura granonematoblástica. Localmente apresentam uma banda de aproximadamente 6 mm composta por feldspato e quartzo,

com cristais relativamente maiores, de até 6 mm, e com pequenos cristais de anfibólio associados. Possivelmente configura um veio leucocrático posterior, já que ocorre de maneira discordante ao bandamento presente nas demais partes da amostra.



**Figura 4.3:** Amostras de mão representantes do conjunto dos anfibolitos. A amostra BP-84D corresponde ao subconjunto dos anfibolitos foliados e a BP-84E aos anfibolitos bandados.

## 5. PETROGRAFIA

A partir da análise petrográfica das quinze lâminas delgadas do Complexo São Francisco do Sul, e com base em características composicionais macroscópicas e microscópicas além de estruturais, foi possível definir e caracterizar quatro conjuntos litológicos-composicionais distintos. Os conjuntos, denominados “Granitóides”, “Ortognaisses”, “Milonitos” e “Anfibolitos”, serão descritos em maior detalhe nos tópicos a seguir (Tabela 5.1).

### 5.1 Granitóides

O conjunto dos granitóides é caracterizado pela ocorrência de cristais de plagioclásio e feldspato potássico de granulação média que ocorrem em hábitos predominantemente euédricos e subédricos moderadamente orientados (Fig. 5.1). Localmente ocorrem bandas ricas em biotita, bastante concentradas e orientadas,

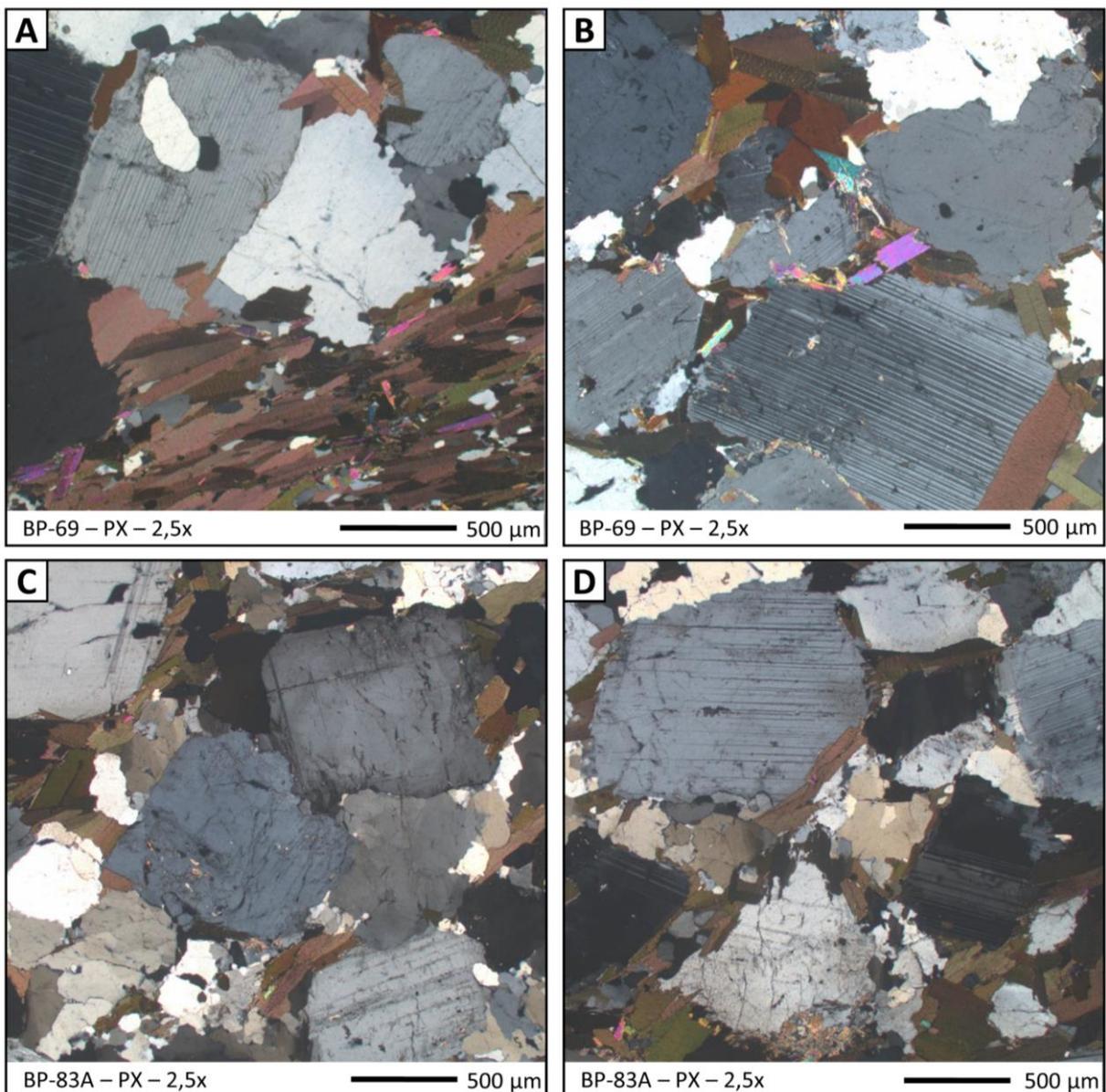
definindo uma textura granolepidoblástica e um bandamento composicional em escala de lâmina (Fig. 5.1A). Em associação a amostra de mão (Fig. 4.1), pode-se compreender esta feição predominantemente máfica como um cumulado biotítico. Apesar da ocorrência localizada de processos de recristalização do tipo SGR, não há indícios de processos miloníticos intensos, ou mesmo da formação de uma matriz milonítica. Apresenta composição granodiorítica.

**Tabela 5.1.:** Tabela de classificação das lâminas investigadas neste projeto e sua classificação dentro dos conjuntos propostos, de acordo com seus aspectos composicionais e estruturais.

Afloramento	Lâmina	Conjunto	
BP-69	BP-69	Granitóides	
	BP-83		
BP-84	BP-83a	Milonitos	
	BP-83b		
	BP-84aI'(a)		
	BP-84aI'(b)		
	BP-84aI''		
	BP-84aI'''		
	BP-84aII		
	BP-84b		
	BP-84c		
BP-84d	BP-84d	Anfibolitos	Anf. Foliado
	BP-84e		Anf. Bandado
BP-250	BP-250a	Ortognaisses	
	BP-250a'		
	BP-250d		

Os cristais de quartzo se apresentam em formatos anédricos interlobados, localmente retilíneos com contato definido por cristais de feldspatos, e raramente serrilhados. Pode ocorrer também na forma de inclusões. Ocorrem feições de recristalização do tipo SGR (Fig. 5.1C e D), localmente com feições do tipo *Chessboard pattern* (Fig. 6.6). Dentre os feldspatos, predomina a ocorrência de plagioclásio, com o método Michel-Levy indicando composições labradorítica e bytownítica. Estas composições são incompatíveis com o litotipo investigado, de modo

que este resultado pode se apresentar como consequência da deformação das maclas polissintéticas. O feldspato potássico ocorre na forma de ortoclásio e microclínio, localmente ocorrendo pertitas e sendo identificado um bandamento composicional núcleo-borda. A biotita ocorre na forma de cristais lamelares predominantemente subédricos que, além de definir um bandamento, podem ocorrer ao entorno de cristais de feldspato em um aspecto de manteamento (Fig. 5.1C) e como inclusões. Apresenta composição granodiorítica.



**Figura 5.1:** **A)** Cristais euédricos-subédricos de plagioclásio e cristais anédricos de quartzo com interdigitações ocorrendo na porção félsica, em contraste à banda máfica, correspondente a um cumulado biotítico, com muscovita e apatita associada. **B)** Cristal subédrico de plagioclásio com maclas polissintéticas indeformadas. Ocorrem associados cristais de biotita e muscovita euédricos-subédricos

tabulares e quartzo. **C)** e **D)** Cristais de plagioclásio e feldspato potássico associados a quartzo com evidências de SGR e biotita. Notar a relação da biotita com os cristais de feldspato, que ocorre definindo um aspecto de manteamento.

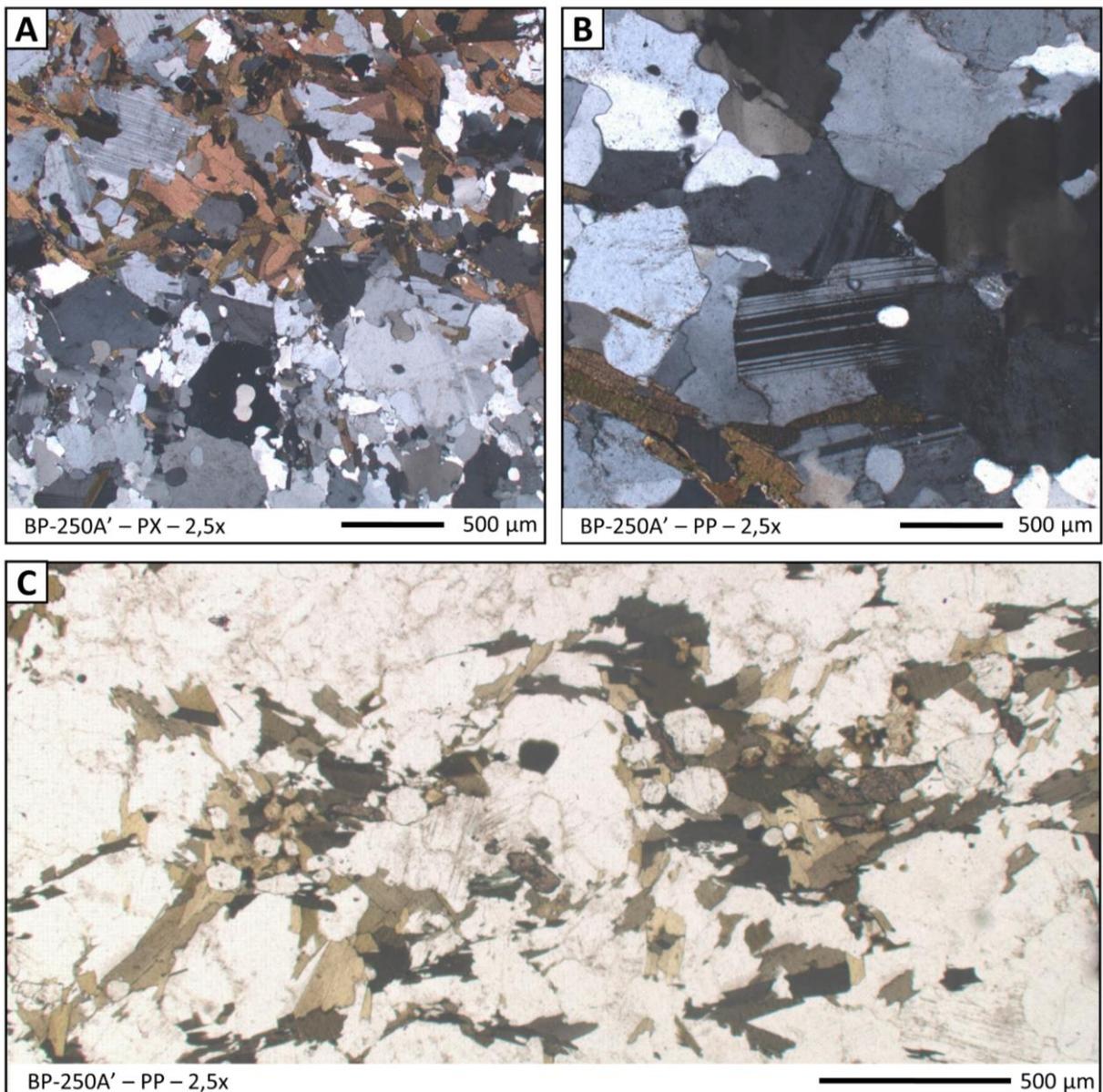
Em relação aos minerais acessórios, a muscovita ocorre tanto na forma euédrica lamelar como anédrica, com indícios de ocorrência na forma de minerais primários e também secundários, associados a alteração da biotita. Frequentemente, em meio às bandas ricas em biotita, são encontrados cristais de allanita, em formatos prismáticos de bordas arredondadas (Fig. 6.2A e B). Aparentam possuir zoneamento, mas esta característica frequentemente é de difícil identificação devido aos processos de metamictização em seu núcleo. Os cristais de allanita possuem granulação fina a média, sempre associados à epidoto, que ocorre na forma de manto de alteração, e que tende a delimitar um contorno hexagonal quando indeformada (Fig. 6.2). Ocorre também apatita na forma de prismas curtos, de seções basais hexagonais.

## **5.2 Ortognaisses**

O conjunto dos ortognaisses, apesar de compartilhar semelhanças mineralógicas com o subconjunto dos granitos, se distingue do mesmo pela ocorrência de bandas biotíticas e pela predominância de feldspatos anédricos (Fig. 5.2). Possui composições monzogranítica e granodiorítica. O feldspato potássico e o plagioclásio ocorrem na forma de grãos predominantemente anédricos interlobados, localmente suturados e retilíneos, este último ocorrendo no caso de cristais subédricos prismáticos. Os feldspatos potássicos são representados por ortoclásio e microclínio, e os cristais de plagioclásio possuem composição labradorítica determinada por meio do método Michel-Lévy. Maclas em grade e polissintéticas ocorrem deformadas, sendo comuns feições em cúspide e alguns apresentam kink. Os grãos de quartzo apresentam-se interlobados e serrilhados, localmente retilíneo quando limitados por cristais de outras fases minerais subédricas. Feições de SGR são frequentes. Localmente, ocorrem também na forma de inclusões arredondadas em feldspato, criando uma textura goticular relacionada a mirmequitas.

Os cristais de biotita ocorrem na forma de cristais predominantemente subédricos lamelares, que podem variar entre euédricos e anédrico. Localmente está alterada para clorita. A orientação preferencial da biotita e a concentração destes

crystalis em porções específicas da lâmina definem o bandamento composicional (Fig. 5.2A). Se encontram mais difusas do que nos cumulados biotíticos descritos no conjunto dos granitóides. Em relação aos minerais acessórios, ocorrem cristais de titanita associados as bandas máficas, em formatos anédricos fraturados e cominuídos a subédricos naviculares (Fig. 5.2C). A apatita tende a se concentrar nos níveis biotíticos, bem como as esparsas ocorrências de allanita, cujo manteamento por epidoto se encontra ausente na grande maioria dos casos, exceto quando ocorre na forma de pequenas inclusões em biotita.



**Figura 5.2:** **A)** Bandamento composicional gnáissico, definido pela ocorrência de bandas ricas em biotita alternadas a porções leucocráticas. **B)** Detalhe da banda leucocrática, em que se pode observar

os cristais anédricos-subédricos de feldspato, bem como quartzo com evidência de processos de SGR.  
C) Detalhe da banda biotítica, onde se pode observar a ocorrência de cristais de titanita e apatita.

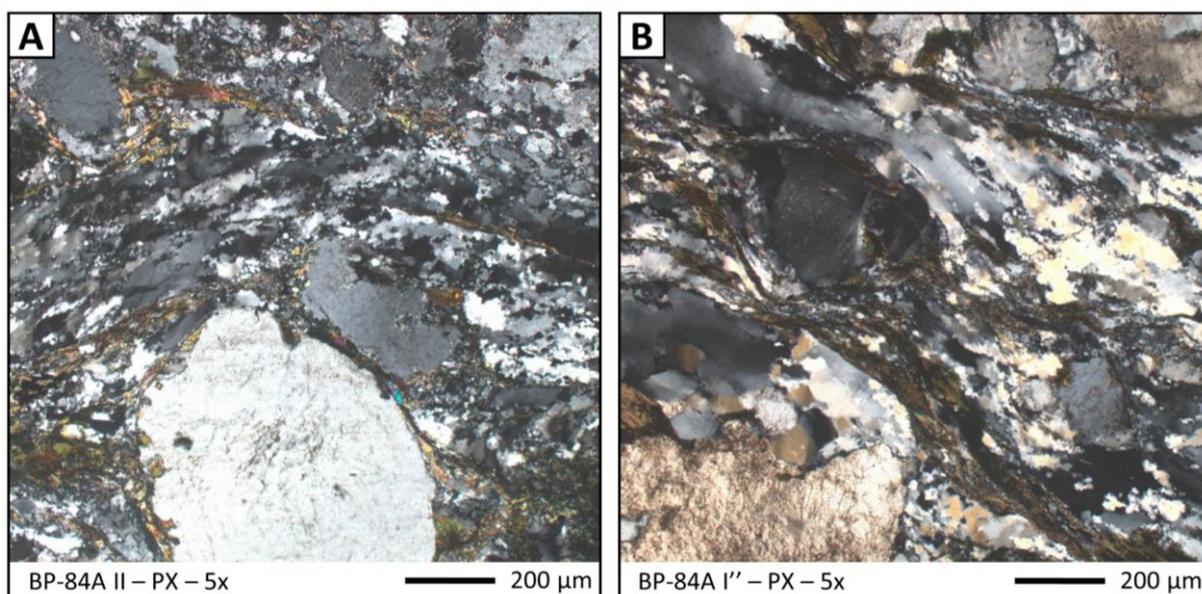
### 4.3 Milonitos

Conjunto correspondente a rochas miloníticas, bastante deformadas e marcada por intensos processos de recristalização dinâmica. Corresponde a litotipos inequigranulares porfiroclásticos, com evidente foliação milonítica, definida localmente por grãos finos de quartzo recristalizado e também por planos ricos em biotita cominuída e sericita. Ocorrem porfiroclastos médios e grossos do tipo sigma, constituídos por cristais de feldspato potássico, plagioclásio e hornblenda. Ocorre também biotita, allanita, titanita e apatita na forma de clastos menores. Epidoto e zircão ocorrem como acessórios.

A matriz milonítica é composta principalmente por quartzo, que pode ser encontrado na forma de grãos recristalizados com evidentes feições de BLG e SGR. Também ocorrem localmente processos de GBM (Fig. 5.3). Se apresentam em formatos irregulares, geralmente serrilhados, podendo ocorrer na forma de grãos estirados e sigmoidais. Localmente são reconhecidos *ribbons* monocristalinos e policristalinos de quartzo formados por processos de SGR e GBM, e que ocorrem em distintos graus de cristalinidade (Fig. 6.7). O quartzo ocorre também como preenchimento de fraturas, tendo seu formato condicionado pela borda do grão fraturado (Fig. 5.5), e na forma de inclusões arredondadas que ocorrem principalmente em clastos de feldspato e hornblenda, e nestes casos encontram-se com níveis menores de deformação e recristalização.

Os feldspatos de maneira geral ocorrem na forma de porfiroclastos anédricos a subédricos prismáticos, com as bordas arredondadas e constituem a maioria dos clastos presentes nas amostras miloníticas. Localmente apresentam inclusões e comumente possuem fraturas preenchidas por quartzo, fraturas estas que podem formar estruturas “em dominó” (*Bookshelf microfracturing*) (Fig. 5.4A). Os feldspatos alcalinos correspondem a maior parte dos clastos feldspáticos e são representados majoritariamente por cristais de ortoclásio. O microclínio ocorre de maneira subordinada e sua característica geminação em grade geralmente se encontra deformada e de difícil identificação. O ortoclásio se apresenta geralmente na forma de grãos de granulação grossa e média, correspondendo aos maiores porfiroclastos

observados. A ocorrência de pertitas em chama é comum e ocasionalmente podem ser observadas feições mirmequitas nas bordas de alguns grãos. Os cristais de plagioclásios também ocorrem na forma de porfiroclastos, mas tendem a possuir uma granulação menor que os feldspatos alcalinos, com predomínio de clastos médios, localmente grossos, e em geral se apresentam em quantidades inferiores aos feldspatos potássicos. A característica geminação polissintética presente nos plagioclásios frequentemente está deformada, sendo comum feições em cúspide e localmente a formação de *kink bands*, o que dificulta a aplicação do método michellevy para especificação da espécie de plagioclásio. É comum a ocorrência de inclusões em porfiroclastos feldspáticos, em especial nos feldspatos alcalinos, e estas são constituídas principalmente por quartzo e biotita, mas que podem também ocorrer na forma de clorita, epidoto, plagioclásio e minerais opacos. Via de regra, os feldspatos apresentam sericitização incipiente, localmente moderada, bem como uma extinção ondulante bastante acentuada.



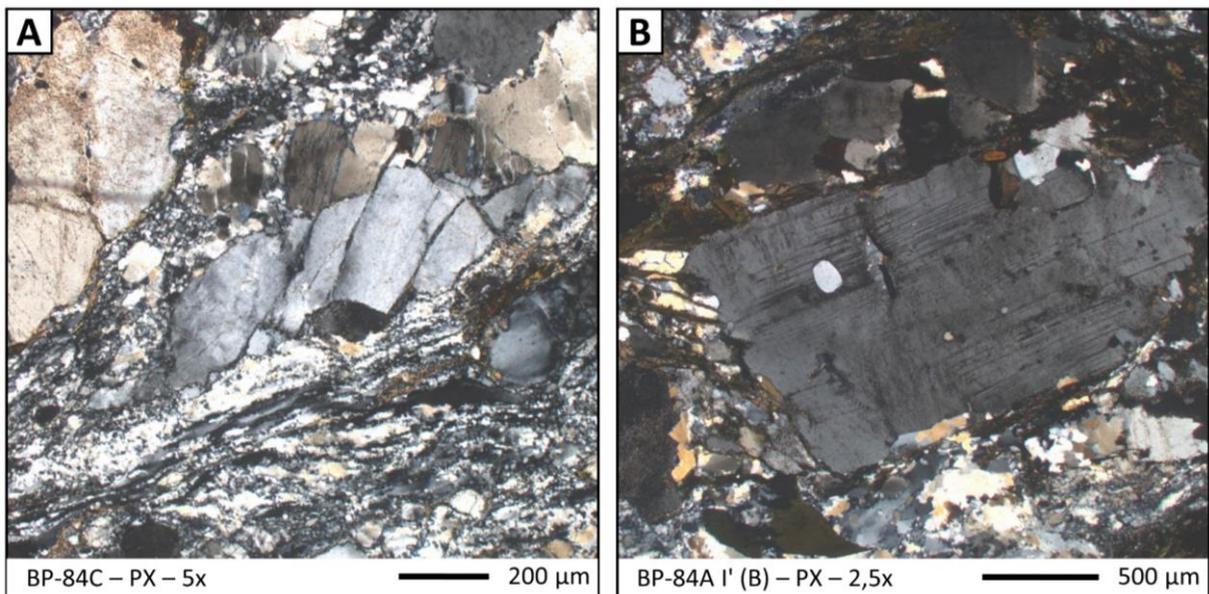
**Figura 5.3: A) e B)** Porfiroclastos de feldspato imersos em uma matriz quartzo-feldspática cominuída e recristalizada. Notar a ocorrência dos processos de BLG e SGR em (A) e BLG, SGR e GBM em (B)

A hornblenda ocorre na forma de clastos de granulação predominantemente média, localmente grossa, e apresenta formatos que variam entre subédricos prismáticos e losangulares a anédricos. É comum a ocorrência de inclusões de quartzo, bem como planos de fratura que ocorrem seguindo os planos de sua clivagem basal (Fig. 5.5A), e pode ocorrer na forma de cristais deformados com morfologia

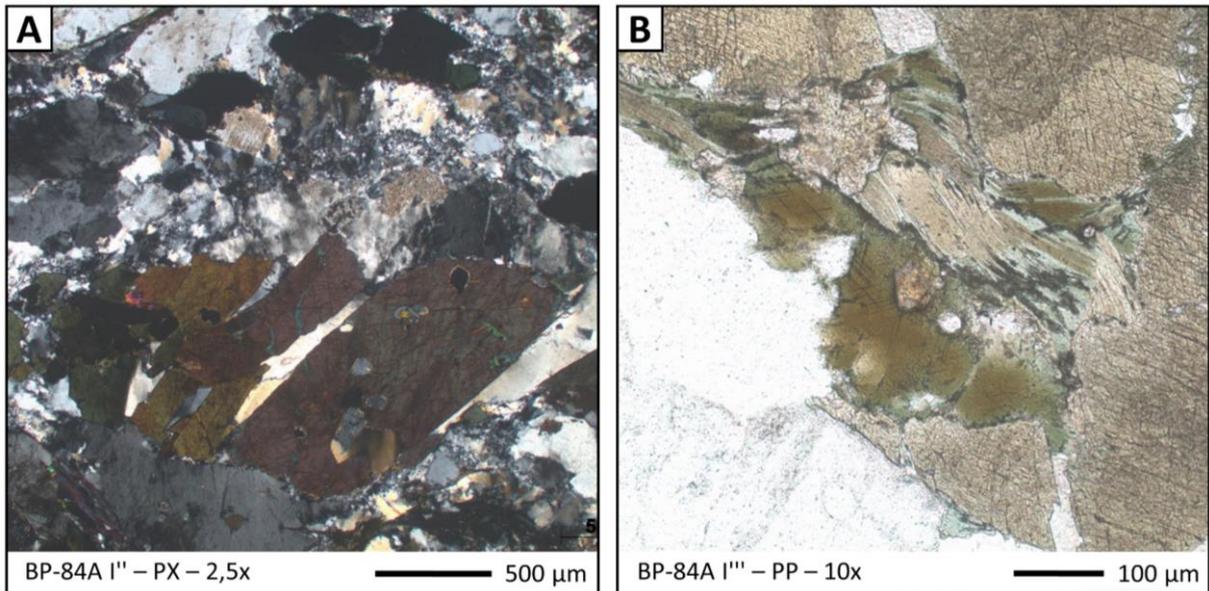
anfíbólio-fish (Fig. 5.4B). Frequentemente apresenta alteração moderada para clorita, e localmente para titanita, epidoto e opacos.

Os cristais de biotita ocorrem na forma de grãos finos, raramente médios, e em hábitos que variam entre subédrico lamelar a anédrico. Cristais cominuídos em que a morfologia dificilmente pode ser identificada são abundantes. Tende a ocorrer em bandas e pode apresentar morfologia mica-fish. Alteração para clorita é bastante comum, e ocorre desde níveis incipientes até casos em que a biotita se encontra totalmente substituída. Localmente ocorrem inclusões de rutilo em cristais de biotita (biotita sagenítica), visíveis principalmente em seção basal (Fig. 5.5B).

Os feldspatos também podem ocorrer como parte da matriz milonítica e se encontram na forma de grãos pequenos e anédricos, bastante cominuídos e com um aspecto cataclástico. Em função da pequena granulometria e de aspectos deformacionais, a diferenciação das espécies de feldspatos que compõem a matriz se torna inviável na maioria dos casos.



**Figura 5.4:** **A)** *Bookshelf microfracturing* em porfiroclasto de feldspato potássico. Notar a ocorrência de *ribbons* de quartzo associados a matriz milonítica. **B)** Porfiroclasto de plagioclásio com maclas polissintéticas deformadas. Notar a recristalização do tipo BLG e SGR da matriz milonítica e a ocorrência de feição “anfíbólio-fish” na porção inferior esquerda.



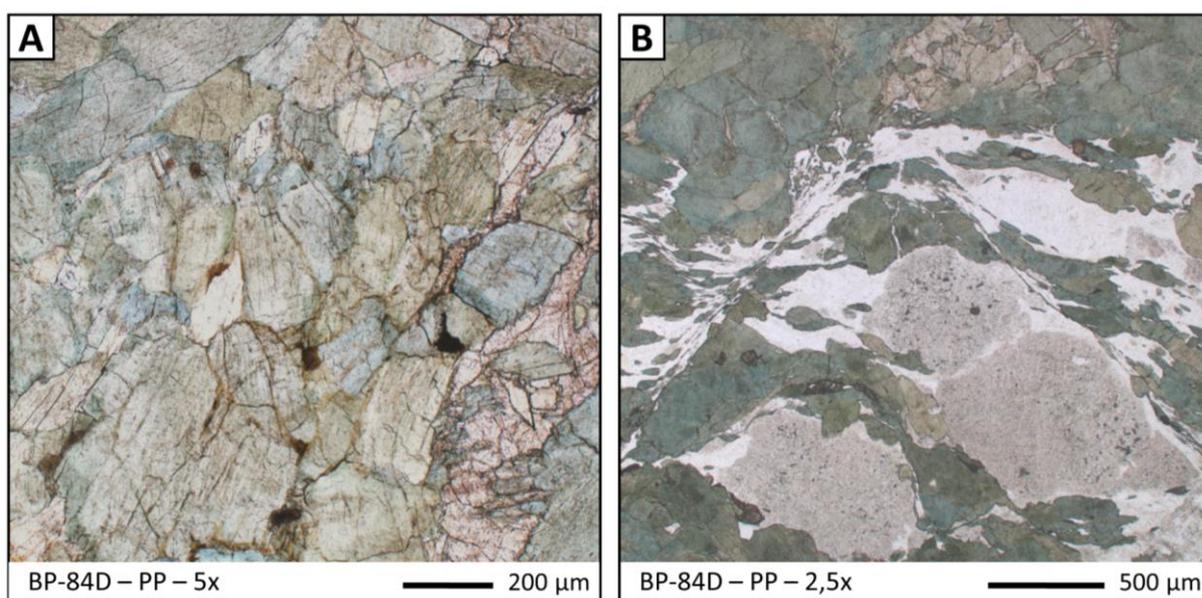
**Figura 5.5:** **A)** Porfiroclasto de hornblenda com fraturas seguindo a clivagem basal. Quartzo recristalizado ocorre como preenchimento destas fraturas. **B)** Cristal de biotita com inclusões aciculares de rutilo (biotita sagenítica) associada a epidoto e hornblenda, e com alteração local para clorita.

Em relação às fases acessórias ocorrem titanita, allanita, epidoto, apatita, zircão e opacos. A titanita pode ocorrer na forma de cristais subédricos, localmente anédrico, ou euédricos (Fig. 6.3A), frequentemente fraturados e deformados. A allanita ocorre na forma de cristais prismáticos com as bordas arredondadas, localmente com zoneamento (Fig. 6.2A). Em alguns casos apresentam manteamento por epidoto parcialmente preservado, sendo comum que o epidoto seja fraturado e separado do grão de allanita originário por processos deformacionais (Fig. 6.2D). Cristais finos de apatita também são identificados, predominantemente com hábitos prismáticos e hexagonais, podendo estar fraturados (Fig. 6.4B). De mesmo modo, foram juntamente identificados cristais de zircão elipsoidal com zoneamento.

#### 4.4 Anfibolitos

Os litotipos classificados como pertencentes ao grupo dos Anfibolitos têm como característica principal a grande quantidade de cristais de hornblenda em sua composição. De acordo com a quantidade dos demais minerais presentes nas amostras e sua disposição, este grupo pode ser dividido em dois subgrupos distintos: Anfibolitos Bandados e Anfibolitos Foliados.

Os anfibolitos foliados correspondem a litotipos compostos praticamente em sua totalidade por cristais equigranulares médios de hornblenda, com hábitos subédricos e euédricos. Estes cristais ocorrem orientados, definindo um plano de foliação, bem como uma textura Nematoblástica (Fig. 5.6A). Em meio aos cristais de hornblenda raramente são identificados pequenos cristais anédricos de quartzo e feldspato, que ocorrem com um aspecto de preenchimento de espaços vazios, e possuem seu formato e limites condicionados pelos anfibólios. Ocorrem também cristais de epidoto, em especial ao longo de alguns planos de fratura, que podem ser compreendidos como produto de alteração das hornblenda.

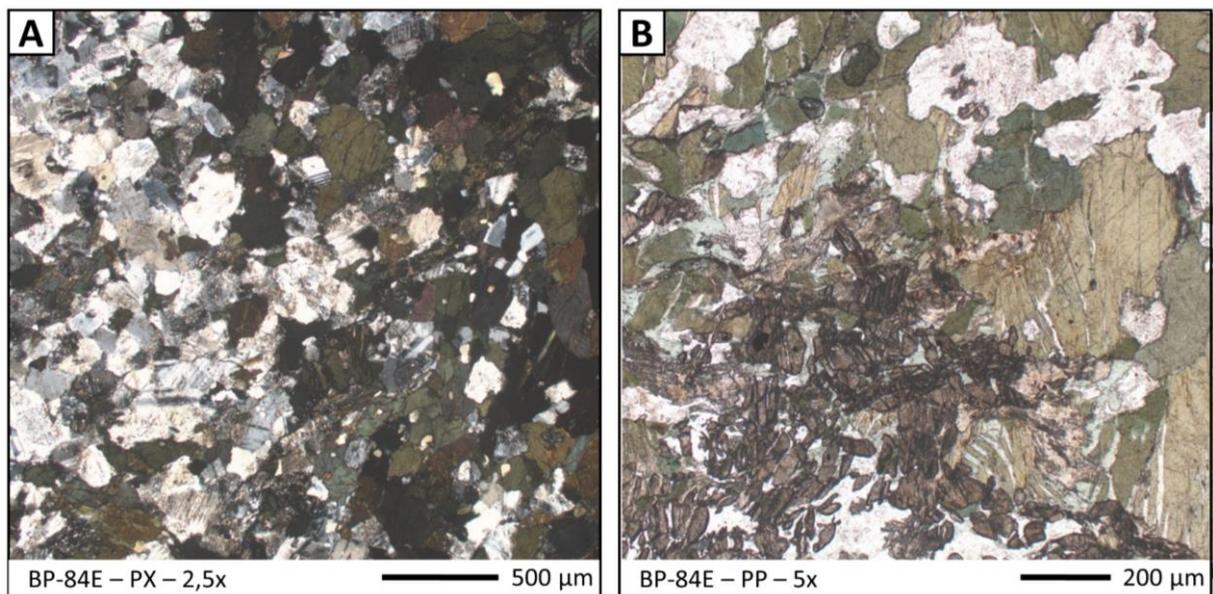


**Figura 5.6:** **A)** Textura nematoblástica característica dos anfibolitos foliados. Localmente ocorrem fraturas preenchidas por epidoto. **B)** Porção milonítica que ocorre junto aos anfibolitos foliados, com ocorrência de cristais de feldspato (plagioclásio e feldspato potássico) fortemente sericitizados associados a uma matriz quartzosa recristalizada, e localmente pequenos cristais de titanita deformada. São bastante comuns feições de “anfibólio-fish”.

Associado aos anfibólios foliados, localmente, podem ocorrer porções miloníticas, de aspecto porfiroclástico (Fig. 5.6B). A faixa milonítica possui uma matriz composta principalmente por quartzo, com quantidades subordinadas de feldspato, onde são identificadas feições de recristalização dinâmica dos tipos BLG, SGR, e mais raramente GBM. O estiramento e orientação destes cristais da matriz define a foliação milonítica, que ocorre paralela a foliação nematoblástica definida pelos cristais de hornblenda. Imersos na matriz milonítica ocorrem porfiroclastos do tipo sigma, compostos por cristais médios a grossos de plagioclásio e feldspato potássico, com

formatos elipsoidais e prismáticos com as bordas cominuídas. A hornblenda é encontrada na faixa milonítica na forma de clastos médios e finos, frequentemente com a morfologia anfibólio-fish (Fig. 5.6B). Em relação aos minerais acessórios, a titanita se apresenta na forma de clastos de granulometria fina a média, frequentemente deformados e anédricos, mas que localmente se preservam em formas euédricas. A allanita ocorre na forma de um único cristal subédrico hexagonal e sem o característico manteamento de epidoto, mas que possui zoneamento muito bem desenvolvido. São também identificados grãos de zircão elipsoidais, em que se pode reconhecer a existência de um zoneamento.

O subconjunto dos anfibolitos bandados correspondem a litotipos que também são compostos em sua maioria por hornblenda, mas que são caracterizados por um bandamento composicional assimétrico, com a ocorrência de porções quartzo-feldspáticas na forma de bandas irregulares (Fig. 5.7A).



**Figura 5.7:** **A)** Transição entre porção máfica constituída de hornblenda e banda félsica composta por plagioclásio e quartzo. **B)** Aglomerado de cristais de titanitas anédricos a subédricos, associados a clorita e produzidos a partir da alteração da hornblenda.

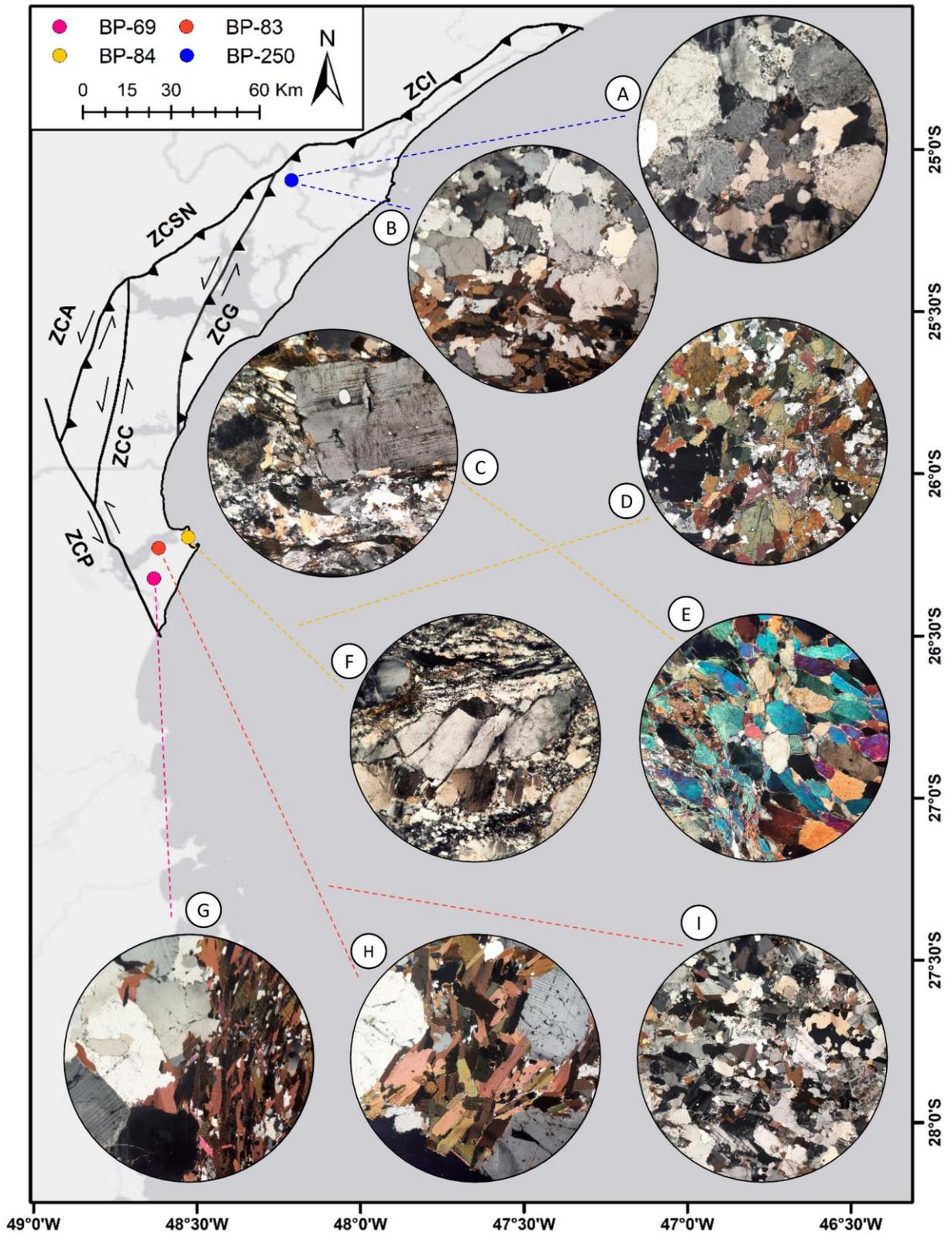
A hornblenda, que ocorre em quantidades ligeiramente superiores a 50%, se apresenta na forma de cristais subédricos prismáticos a anédricos de granulometria média, moderadamente orientados, que em associação aos demais cristais na rocha, define uma textura granonematoblástica. Apresenta diferentes níveis de alteração,

podendo ser encontrada desde completamente límpida até completamente alterada para clorita, epidoto e titanita.

As bandas félsicas irregulares são compostas majoritariamente por plagioclásio na forma de grãos anédricos e subédricos prismáticos com as maclas polissintéticas deformadas e coma formação de *kink bands*. Já os feldspatos alcalinos são menos abundantes, mas localmente podem ser identificadas feições pertíticas e geminações em grade. Os feldspatos em geral apresentam-se com vários níveis de alteração, com processos de sericitização incipiente a moderado. O quartzo é encontrado principalmente como inclusões arredondadas em anfibólios, mas também com formatos interlobados e localmente com contatos serrilhados. Comumente apresenta intensa extinção ondulante e localmente com feições de recristalização do tipo SGR. A titanita ocorre na forma de aglomerados granulares de pequenos cristais anédricos, raramente euédricos (Fig. 5.7B). Estes aglomerados se localizam sempre associados a zonas fraturadas e bastante alteradas, associados a clorita e hornblenda, podendo ser entendidos como produto de alteração deste último. São encontrados cristais de apatita prismáticas de seção basal hexagonal, bem como minerais opacos com manto de alteração para epidoto.

## **6. DISCUSSÃO**

Com base nas informações obtidas através da análise petrográfica foi possível identificar e categorizar quatro conjuntos litológicos distintos, cada qual com suas particularidades composicionais, estruturas e texturais, o que aponta para um caráter bastante heterogêneo do Complexo São Francisco do Sul. (Fig. 6.1). Os dados obtidos e apresentados acima suportam interpretações acerca do protólito, metamorfismo, processos deformacionais e de recristalização dos litotipos investigados. Nos próximos tópicos serão discutidos esses dados e suas interpretações com a posterior integração com os dados geocronológicos.



**Figura 6.1:** Desenho esquemático exemplificando os distintos litotipos e feições identificadas no Complexo São Francisco do Sul e suas respectivas localizações. As fotomicrografias não apresentam escala, entretanto todas estas feições já foram exemplificadas em imagens anteriores ao longo do capítulo 5. **A)** Porção leucocrática de litotipo gnáissico com predominância de feldspatos anédricos (Fig. 5.2B) **B)** Bandamento composicional em litotipo gnáissico marcado pela orientação de cristais de biotita

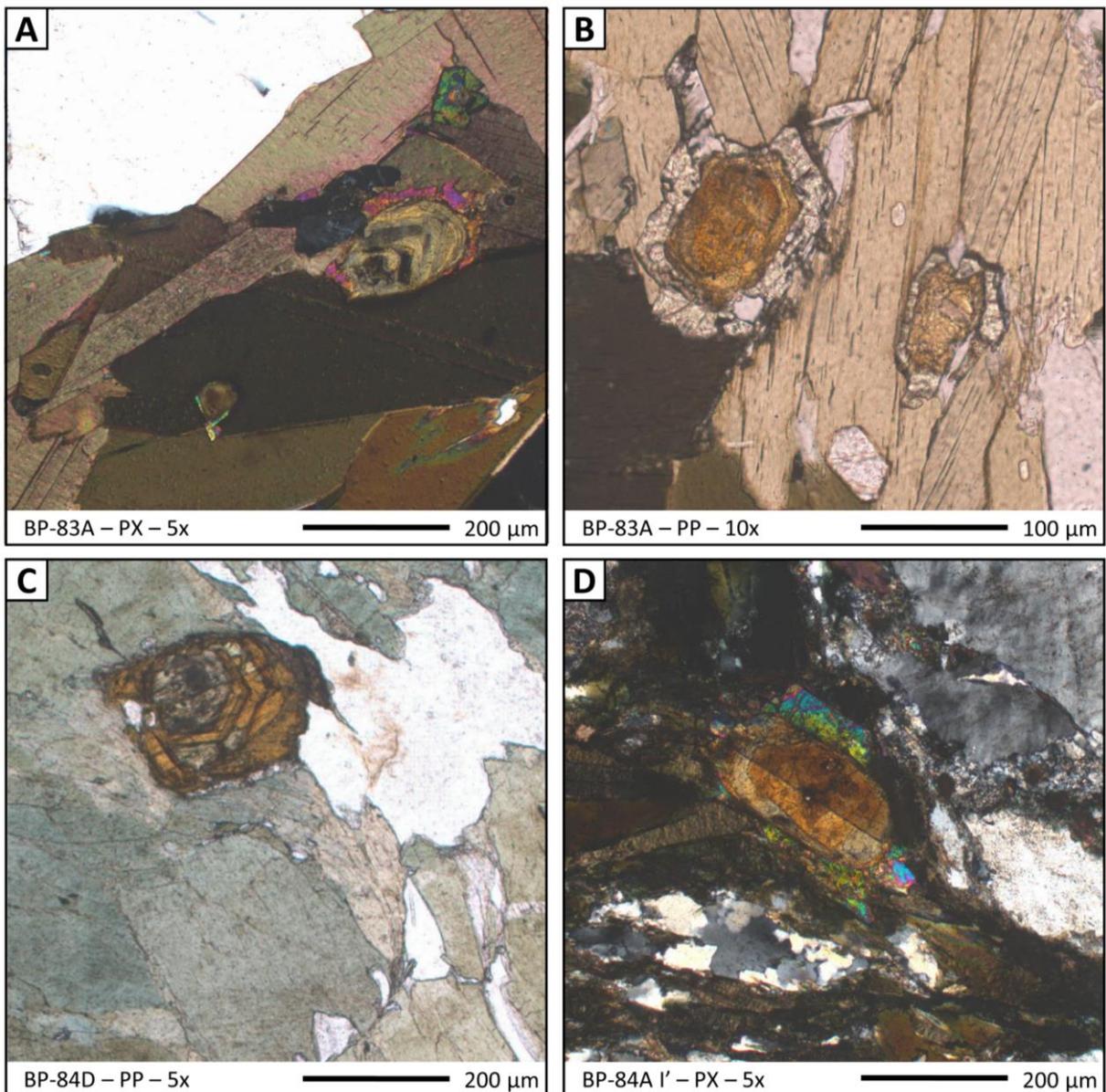
(Fig. 5.2A e C). **C)** Litotipo milonítico, marcado por porfiroclastos de feldspatos e hornblenda subédricos a anédricos, associado a uma matriz quartzosa intensamente recristalizada por processos de GBM e SGR (Fig. 5.4B). **D)** Subconjunto dos anfibolitos foliados, com intercalação de níveis ricos em hornblenda e níveis de predomínio de plagioclásio (Fig. 5.7A). **E)** Subconjunto dos anfibolitos foliados, localmente com a ocorrência de faixas miloníticas (Fig. 5.6). **F)** Porfiroclasto de Feldspato com feição de *Bookshelf microfracturing* associado a matriz milonítica com *ribbons* recristalizados (Fig. 5.4A). **G)** Transição entre cumulado biotítico e porção quartzo-feldspática em litotipo granítico, com cristais de feldspatos predominantemente euédricos (Fig. 5.1). **H)** Aspecto de manteamento por máficos em litotipo granítico (Fig. 5.1), com ocorrência de allanita mateada e apatita (Fig. 6.2A e B). **I)** Cristais predominantemente anédricos em litotipo gnáissico, associado a orientação preferencial de cristais de biotita (Fig. 5.2A).

## 6.1 Protólito

Com a identificação das fases minerais acessórias presentes nas amostras investigadas, em especial da titanita, allanita e apatita, foi possível reiterar o caráter ígneo do protólito do Complexo São Francisco do Sul, conforme proposto por Cury (2009). A identificação de cada uma destas fases minerais e suas morfologias possuem importantes implicações acerca do protólito do complexo gnáissico.

A Allanita corresponde a uma fase mineral acessória de ocorrência bastante acentuada em meio ao conjunto dos litotipos graníticos, mas que também ocorre em meio aos milonitos, gnaisses e anfibolitos foliados. Possui como principal característica o seu hábito prismático manteado por epidoto, que tende a se apresentar feições hexagonais. A identificação de cristais de allanita de hábitos subédricos a euédricos, com aparente zoneamento interno, manteadas por epidoto, e sem evidência de corrosão por um fluido migmatítico (Fig. 6.2A e B), em especial no conjunto dos granitóides, faz com que as mesmas estejam bastante condizentes com os parâmetros utilizados por Sorensen (1991) e Liu et al. (1998) para a determinação da origem ígnea desta espécie mineral. Entretanto a hipótese de um sobrecrecimento destes cristais de allanita associado a fluidos hidrotermais não pôde ser investigada apenas através da microscopia óptica, e não deve ser completamente descartada (Exley, 1980; Sorensen, 1991; Giere & Sorensen, 2004). Apesar disto, vale ressaltar que o manteamento por epidoto, gerado por alteração e catalisado pelo processo de metamictização da allanita, tende a blindar o cristal hospedeiro, dificultando futuras alterações (Giere & Sorensen, 2004).

O fato de os cristais de allanita serem encontrados praticamente indeformados e com o mantoamento por epidoto preservado no conjunto dos granitóides, em contraste aos cristais cominuídos/deformados, e com o manto de epidoto fraturado ou ausente nos conjuntos dos Gnaisses e Milonitos (Fig. 6.2D), permite inferir que os mesmos pré-datam os processos de metamorfismo e milonitização, respectivamente, em um raciocínio similar ao utilizado por Liu et al. (1998). Destaque para o conjunto dos Gnaisses, onde a allanita raramente é encontrada, exceto na forma de pequenas inclusões em biotita.



**Figura 6.2:** **A)** Allanitas com zoneamento e manto de epidoto deformado, englobados por Biotita. **B)** Allanitas com zoneamento interno e manto de epidoto hexagonal, englobados por Biotita. **C)** Cristal de allanita com zoneamento interno complexo e de núcleo fortemente metamictizado. **D)** Cristal de allanita

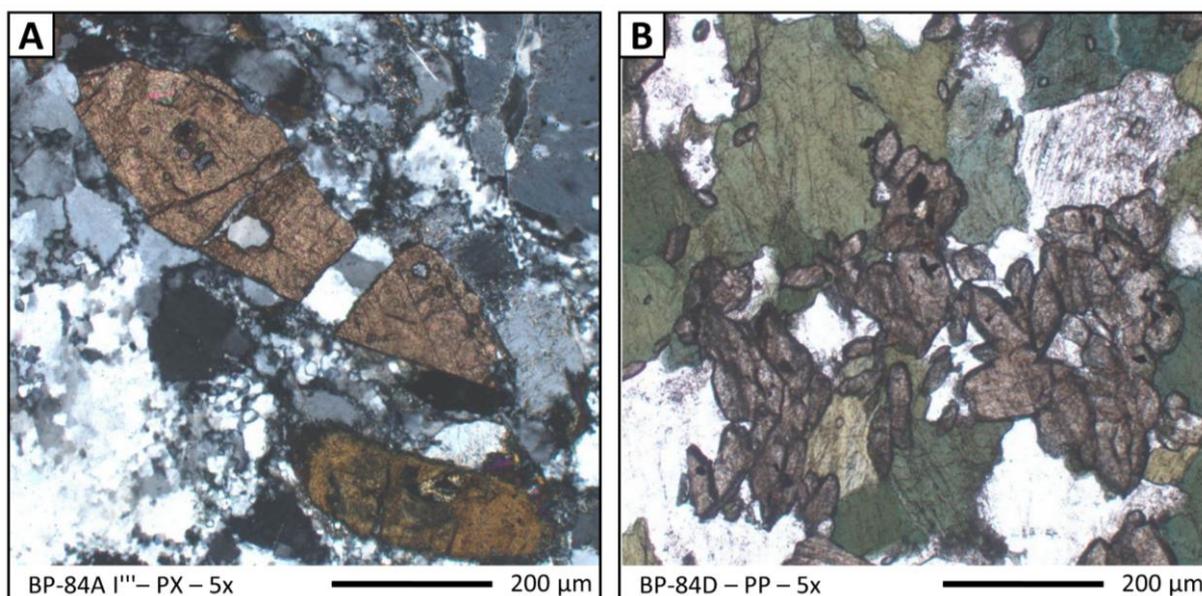
com geminação simples. Associado a feições miloníticas, o característico manteamento por epidoto se encontra deformado.

A allanita é um mineral inserido no supergrupo do epidoto bastante enriquecida em elementos terras raras. Esse mineral ocorre principalmente como fase acessórias em granitos, granodioritos, monzonitos, sienitos e pegmatitos, (Giere & Sorensen, 2004; Deer, 2013). Sua formação frequentemente é associada às fases finais de um processo de cristalização magmática, e comumente possui um zoneamento composicional, que reflete e registra mudanças nas condições físico-químicas durante o processo de cristalização e metassomatismo (Exley, 1980). Trabalhos antigos e recentes indicam que pode também estar associada a metapelitos, se formando em graus metamórficos baixos e persistindo até a fácies anfibolito (Sakai et al., 1984; Spear, 2010). Pode se formar associado a migmatitos, mas neste caso é comum a ocorrência de feições corrosivas no próprio cristal de allanita ou nos demais minerais associados (Sorensen, 1991).

A titanita também representa um mineral acessório de ocorrência bastante constante em meio aos litotipos gnáissicos, miloníticos e anfibolitos. A identificação de titanitas predominantemente euédricas em meio aos litotipos gnáissicos e miloníticos permite inferir uma origem magmática para os cristais losangulares (Fig. 6.3A). Em contrapartida, no subgrupo caracterizado como anfibolitos bandados ocorrem titanitas predominantemente anédricas (Fig. 6.3B), mas que, a partir de relações texturais com a hornblenda e a clorita, podem ser compreendidas como produtos de retrometamorfismo, similar ao identificado nos trabalhos de Corfu & Stone (1998). A teoria de uma origem ígnea para estes cristais euédricos seria melhor evidenciada caso fosse identificado um zoneamento interno nestes mesmos cristais, mas esta característica é de difícil observação unicamente através da microscopia óptica.

A ocorrência de titanita é bastante comum em rochas ígneas, especialmente em litotipos de composição cálcio-alcalina, mas que pode também ser encontrado em gnaisses, xistos e rochas cálcio-silicática. Pode ser formada em reações metamórficas, em especial em reações de retrometamorfismo (Frost et al., 2001; Deer, 2013). Possui um hábito euédrico bastante característico, frequentemente interpretado como evidência de uma origem magmática, em especial se associado a

um zoneamento interno ou a ocorrência de cristais euédricos na forma de inclusões. Em contrapartida, titanitas secundárias podem ser formadas em uma ampla gama de texturas, geralmente anédricas, que variam conforme condições físico-químicas do ambiente (Frost et al., 2001; Broska et al., 2007; McLeod et al., 2010; Xiao et al., 2020).

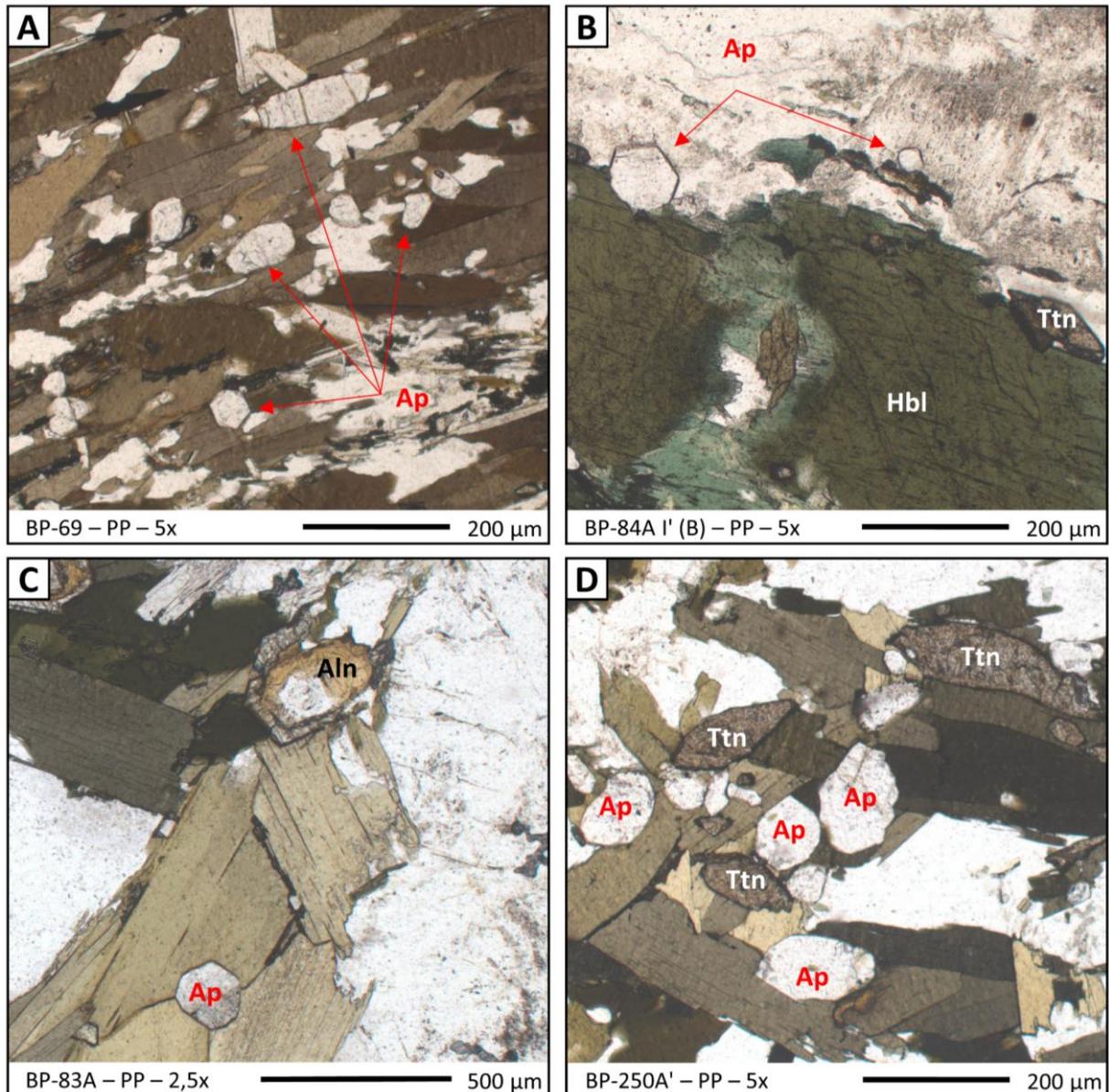


**Figura 6.3:** **A)** Titanita euédrica de formato losangular fraturada imersa em matriz milonítica, juntamente a um cristal de allanita em lâmina pertencente ao conjunto dos milonitos. **B)** Aglomerado de titanitas anédricas a subédricas naviculares, geradas por alteração de cristais de hornblenda.

A apatita corresponde a um mineral que é encontrado em praticamente todas as amostras investigadas e possui como característica o seu constante hábito prismático curto, com seção basal hexagonal (Fig. 6.4), verificado inclusive em meio a rochas miloníticas (Fig. 6.4B). Estas características se adequam perfeitamente nas propostas de Wyllie et al. (1962) para a morfologia de apatitas plutônicas, e permite que as mesmas sejam interpretadas como tal.

A apatita é uma fase mineral que possui ampla ocorrência em rochas ígneas, sendo praticamente onipresente em litotipos mais evoluídos, mesmo que em pequenas quantidades, e seu estudo é de grande importância para análises geocronológicas, termocronológicas e geoquímicas (Piccoli & Candela, 2002; Deer, 2013). Pode apresentar dois hábitos principais, ocorrendo na forma de prismas hexagonais relativamente curtos ou na forma de cristais aciculares. A velocidade de resfriamento do sistema tende a determinar o formato do cristal, sendo um resfriamento lento, característico de sistemas graníticos, o ideal para a formação de

apatitas prismáticas. Em contrapartida, a presença de apatitas aciculares indicaria um resfriamento rápido para o sistema, geralmente associado a processos hidrotermais (Wyllie et al., 1962; Piccoli & Candela, 2002).



**Figura 6.4:** **A)** Apatitas ocorrendo na forma de prismas curtos e com a característica feição basal hexagonal em meio a cumulado biotítico. **B)** Seção basal hexagonal de cristais de apatita em meio a litotipo milonítico. Ocorre associado a porfiroclastos deformado de hornblenda e a titanita navicular. **C)** Seção basal hexagonal de apatita em meio a banda biotítica. Ocorre associado a cristais de allanita manteadas por epidoto, e cujo núcleo se encontra totalmente metamictizado. **D)** Cristais subédricos prismáticos e hexagonais de apatita associados a titanita subédrica a euédrica e biotita em litotipo gnáissico.

## 6.2 Metamorfismo e recristalização dinâmica

Considerando o caráter ígneo sugerido para o protólito do Complexo São Francisco do Sul, ao se tratar de condições de metamorfismo, devem ser consideradas as ideias de Bucher & Grapes (2011) para o metamorfismo de granitóides. Segundo os autores, rochas graníticas não são propícias para a formação paragêneses metamórficas devido a estabilidade de seus principais constituintes (quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita, muscovita e hornblenda) em uma ampla gama de condições de pressão e temperatura. Estes litotipos podem preservar suas feições ígneas praticamente de forma inalterada, mesmo em condições metamórficas de *Ultra High Pressure*. Ainda de acordo com Bucher & Grapes (2011), devido a estas características, é necessário a ocorrência de intensos processos de hidratação para que ocorra a formação de paragênese metamórfica, e devido a predominância de minerais anidros em rochas granitóides, o fluido necessário para tal teria uma proveniência externa ao corpo granítico, e entraria no sistema principalmente através de processos deformacionais. De maneira concomitante, a entrada de grandes quantidades de água no sistema, em condições elevadas de temperatura, pode levar a processos de fusão parcial, em especial do tipo *water-fluxed melting*, e a formação de migmatitos (Mehnert, 1968; Sawyer, 2008; Weinberg e Hasalova, 2015). Desta forma, condicionando a ocorrência de processos de metamorfismo de granitos e migmatização com eventos de deformação, a exemplo de zonas de cisalhamento, seria possível explicar a ocorrência de granitóides praticamente indeformados e inalterados muito próximos a litotipos deformados e até mesmo migmatíticos, conforme postulado por Sawyer (2008).

Apesar de feições migmatíticas serem reconhecidas em afloramentos pertencentes ao Complexo São Francisco do Sul (Cury, 2009; Guimarães, 2019; Patias et al, 2019;) é importante ressaltar que não foram identificadas feições migmatíticas em nenhuma das lâminas analisadas, a exemplo de grãos corroídos ou patches quartzo-feldspáticos (Sawyer, 2008). Apesar destas evidências de campo em outros trabalhos indicarem a ocorrência de processos acima da temperatura de sólidos de granitos, e por consequência permitirem inferências acerca das condições metamórficas ( fácies anfibolito superior a granulito, segundo Sawyer (2008)) não foi reconhecido em lâmina delgada a formação de minerais ou paragêneses metamórficas que possam corroborar esses dados. Uma particularidade de

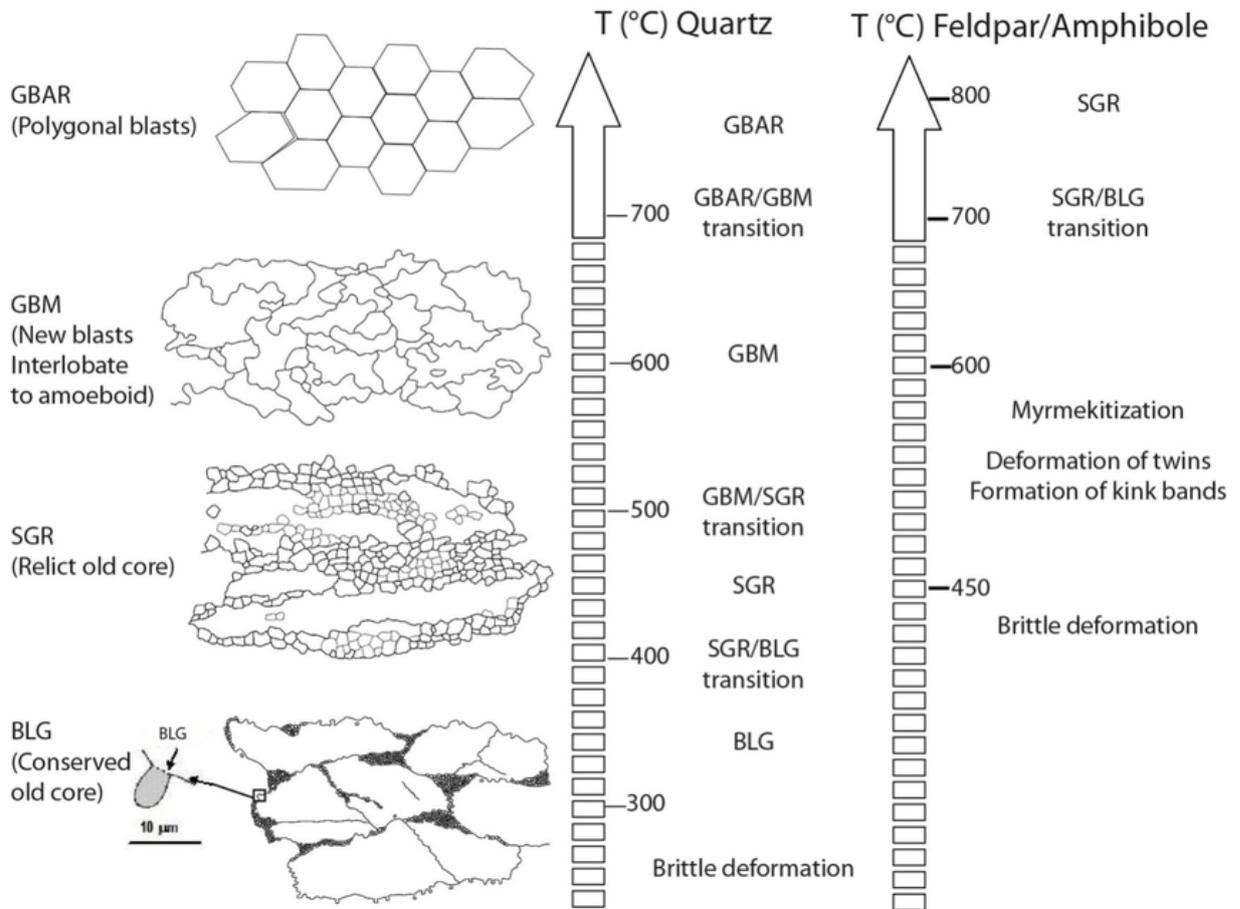
metagranitos mencionada por Bucher & Grapes (2011), e que ocorre nas amostras investigadas, é a ausência de aluminossilicatos (andaluzita, cianita e silimanita), que tendem a não se formar em suas condições metamórficas características devido ao baixo teor de alumínio destes litotipos, em relação as elevadas quantidades de sílica presentes no sistema.

Desta forma, com base na mineralogia constante e relações estruturais observadas, o subconjunto dos granitóides, descrito anteriormente neste trabalho, pode ser compreendido como equivalente ao protólito do Complexo São Francisco do Sul em seu estágio menos deformado, preservado em meio a porções miloníticas e migmatíticas. De mesmo modo o, subgrupo dos gnaisses teria desenvolvido seu característico bandamento composicional a partir da reorganização textural/estrutural, sem a ocorrências de severas alterações na composição mineralógica. Os subconjuntos descritos como anfibolitos corresponderiam a enclaves, conforme descritos nos trabalhos de campo de Cury (2009) e (Baldin et al., 2017).

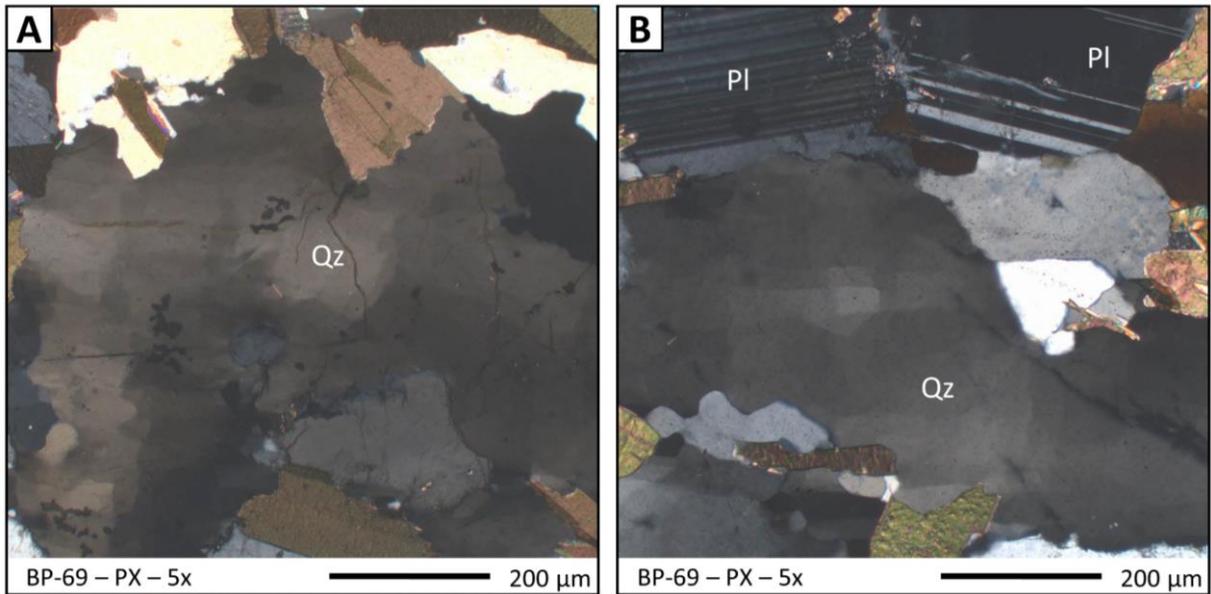
Feições de cristalização dinâmica e demais processos deformacionais podem ser encontrados em todos os litotipos investigados, com destaque para as lamina classificadas como milonitos. Com base nestas feições, na obra de Passchier & Trouw (2005) e demais autores, podem ser realizadas estimativas acerca da temperatura em que estes processos deformacionais ocorreram (Fig. 6.5).

O quartzo corresponde à fase mineral em que a maior parte dos processos de recristalização são identificados, e processos de *Subgrain Rotation* (SGR) são praticamente onipresentes em todas as amostras analisadas (Fig. 6.6, 6.7 e 6.8). Segundo Stipp et al., (2002) e Passchier & Trouw (2005), esta feição de recristalização em grãos de quartzo ocorre caracteristicamente no intervalo de temperatura entre 400-500°C. Também gerado por processos de SGR, porém característico de temperaturas superiores a 550°C, e encontrado nas amostras investigadas, são as feições tipo *chessboard* em grãos de quartzo (Fig. 6.6 A e B – Kruhl, 2003; Wallis et al., 2017). Localmente ocorrem feições de Grain Boundary Migration (GBM), também característico de temperaturas da ordem de 500-700 °C, com a formação de *ribbons* de quartzo em formatos ameboides e com pouca ou nenhuma evidência de deformação intracristalina (Fig. 6.7A – Stipp et al., 2002; Owona et al., 2013). Feições similares são encontradas recristalizadas em zonas de sombra de pressão (Fig. 6.8B).

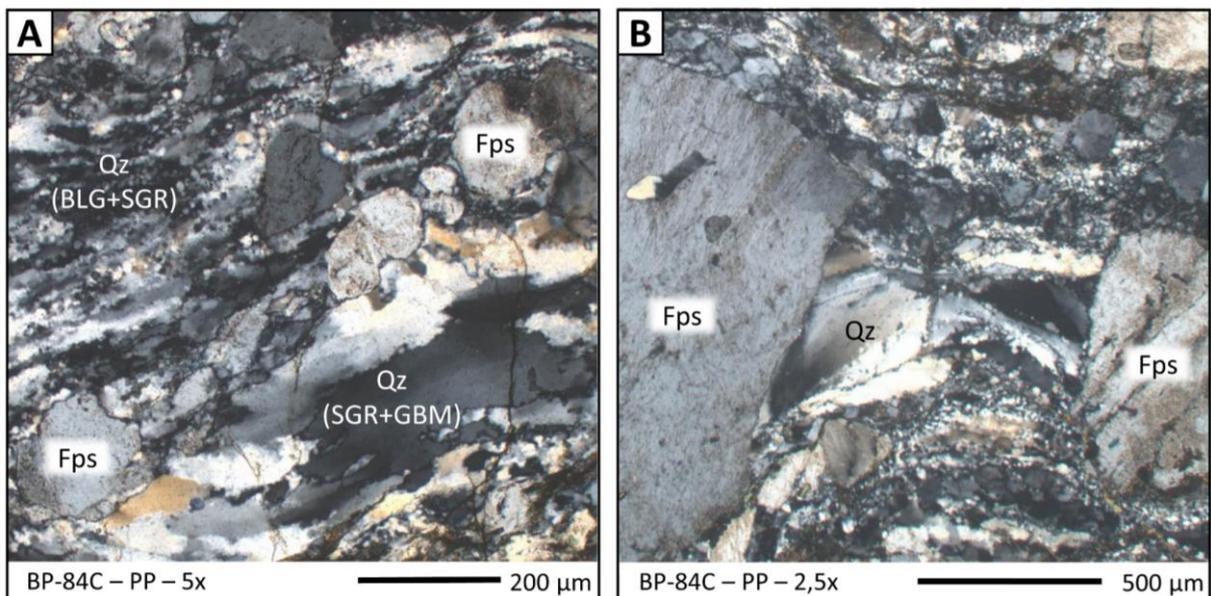
Os processos de recristalização dinâmica de mais baixas temperaturas identificadas nos litotipos miloníticos correspondem a grãos de quartzo com evidência de recristalização do tipo *bulging* (BLG), geralmente associado a temperaturas da ordem de 300-400°C (Fig. 6.7A e B; Fig.6.8A - Stipp et al., 2002; Owona et al., 2013). Entretanto, é mencionado por Stipp et al. (2002) que processos de BLG podem continuar a ocorrer mesmo em temperaturas ligeiramente superiores, a depender da intensidade do stress diferencial.



**Figura 6.5:** Imagem retirada de Owona et al., (2013) exemplificando e correlacionando as temperaturas de ocorrência de distintos processos de recristalização em grãos de quartzo e feldspato.



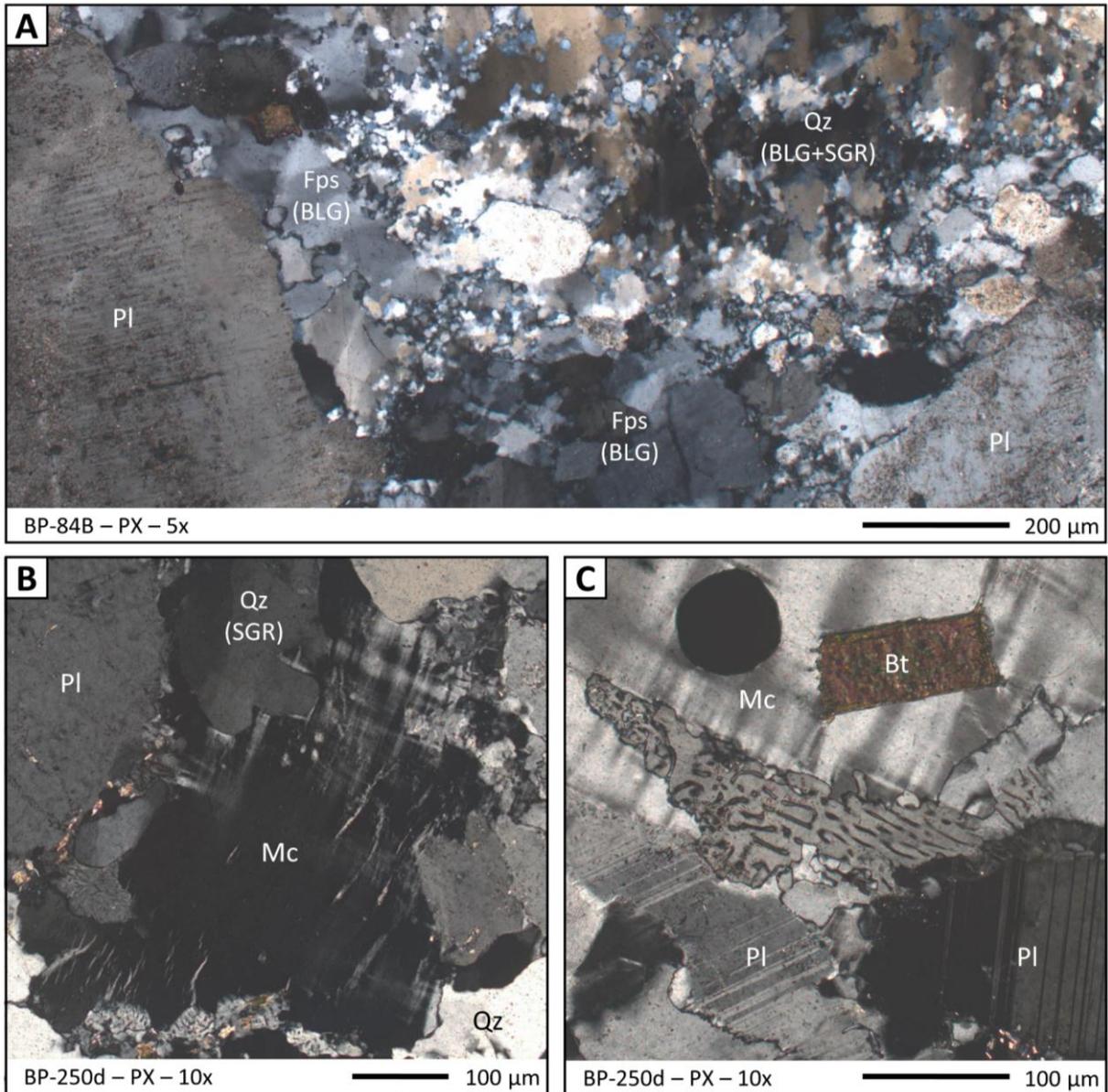
**Figura 6.6:** A) e B) Cristais de quartzo com evidências de recristalização do tipo SGR, com feições do tipo *chessboard*.



**Figura 6.7:** A) Matriz milonítica quartzosa recristalizada (BLG+SGR), localmente com a formação de *ribbons* ameboides formados por GBM . B) Recristalização de quartzo em zona de sombra de pressão, associado a porfiroclastos de feldspato.

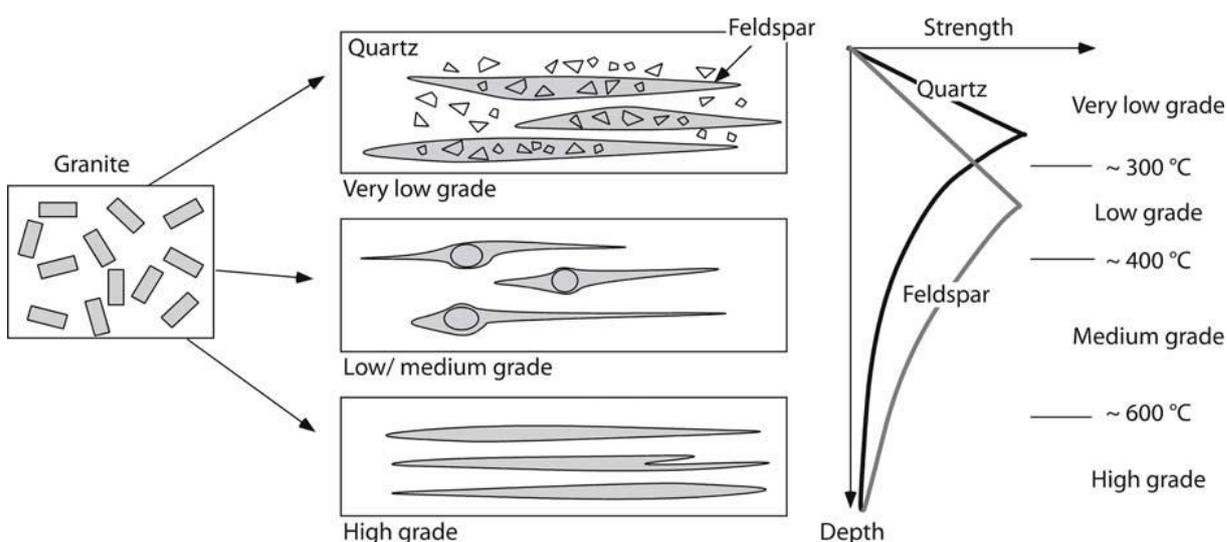
Os feldspatos, em geral, foram submetidos principalmente a processos de deformação rúptil, como evidenciado pelas feições de *Bookshelf microfracturing* (Fig. 5.3A). Ocorre também a cominuição de grãos de feldspatos e localmente a incorporação dos mesmos à matriz milonítica, e associado a este processo, há indícios de recristalização do tipo BLG, indicativa de temperaturas da ordem de 450-600°C

Fig. 6.8A - Passchier & Trouw; 2005). Apesar de possuírem uma intensa extinção ondulante, não aparentam possuir feições de recristalização dinâmica do tipo SGR. Localmente ocorrem também pertitas “em chama” e mirmequitas, feições características de recristalização de feldspatos em temperaturas da ordem de 500-600°C (Fig. 6.8B e C – Pryer, 1993; Passchier & Trouw, 2005).



**Figura 6.8:** **A)** Matriz milonítica quartzosa recristalizada (BLG+SGR) e cristais de feldspatos deformados e de intensa extinção ondulante, localmente com processos de BLG. **B)** Ocorrência de pertitas com morfologia “em chama” em cristais de microclínio, associado a plagioclásio e quartzo com recristalização SGR. **C)** Intercrescimento mirmequítico em cristal de microclínio associado a plagioclásio.

A coexistência de feições de graus elevados e baixos de recristalização em uma mesma amostra é algo já reconhecido por Passchier e Trouw (2005), e que também ocorre nas lâminas miloníticas analisadas. Apesar de existir uma certa sobreposição entre as condições em que cada uma das feições é gerada, esta característica pode ser também entendida como uma evidência de resfriamento do sistema. A partir disto, as feições de milonitização identificadas neste trabalho podem ser interpretadas como tardias em relação ao pico metamórfico-deformacional do evento brasileiro ao qual o Complexo São Francisco do Sul foi submetido. Em relação aos intervalos metamórficos definidos por de Passchier & Trouw (2005) com base em feições de recristalização de agregados quartzo-feldspáticos (Fig. 6.9), a partir das feições observadas é possível determinar um metamorfismo de grau médio para o conjunto dos milonitos, podendo ser inferido um pico de temperatura da ordem de 550-600°C.



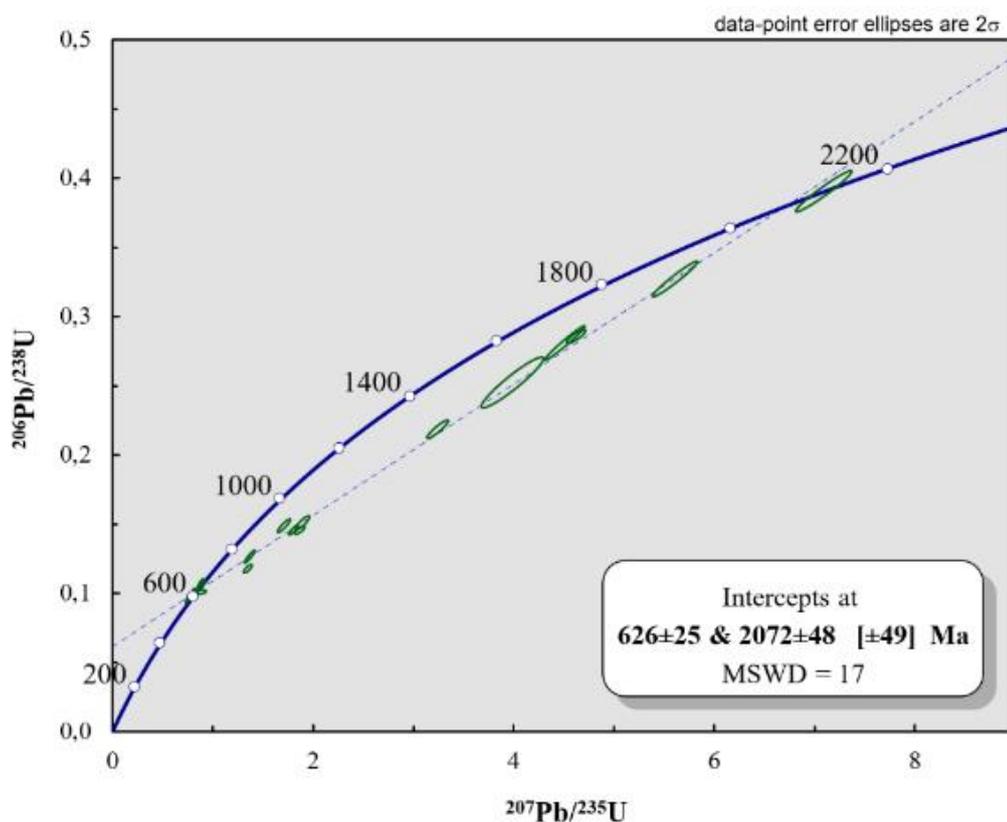
**Figura 6.9:** Imagem retirada de Passchier & Trouw (2005) exemplificando os distintos graus metamórficos propostos pelos autores e seus limites aproximados, bem como o comportamento de agregados quartzo-feldspáticos sob distintas condições.

Relacionando com os trabalhos recentes acerca da evolução tectônica regional (Guimarães, 2019; Patias et al, 2019; 2020), as feições de recristalização identificadas estariam relacionadas ao evento metamórfico M3, compreendido entre 540Ma e 500Ma, e que representa um período de resfriamento e metamorfismo retrógrado. De mesmo modo, representariam o intervalo evolutivo T4 (Patias et al, 2020), caracterizado por um resfriamento generalizado do sistema, com temperaturas da ordem de 300-500°C, acompanhado da reativação de zonas de cisalhamento de

escala crustal, em um cenário extremamente propício a ocorrência de processos de milonitização.

### 6.3 Geocronologia

Associando o diagrama concórdia produzido através da análise de zircões provenientes de milonitos do afloramento BP-84 (Fig.6.10 - Cury, 2009) aos litotipos e processos identificados neste trabalho, pode-se pressupor que a idade paleoproterozoica de  $2072 \pm 48$ Ma seja correspondente ao processo de cristalização do protólito do Complexo São Francisco do Sul, que pode ser representado pelas amostras BP-69 e BP-83A, classificadas como granitoides. Em contrapartida, a idade neoproterozoica de  $626 \pm 25$  Ma, indicadas pelo intercepto inferior, corresponderia a idade de metamorfismo deste protólito granítico, com a geração das amostras classificadas como ortognaisses.



**Figura 6.10:** Diagrama de concórdia (LA-ICP-MS) para zircões provenientes do ponto BP-84, cedido pelo Prof. Dr. Leonardo Fadel Cury. Nele estão explicitados os interceptos superiores e inferiores da linha da discórdia, que correspondem, respectivamente, a idade de cristalização do protólito granítico e a idade de metamorfismo e deformação associada ao ciclo brasileiro.

Relacionando esta idade de metamorfismo ediacarana com as idades eopaleozoicas ( $530 \pm 48$  Ma) obtidas por Cury (2009) através do método K-Ar em biotita, e a relação proposta anteriormente entre os litotipos miloníticos e o evento metamórfico M3 (540 Ma – 500 Ma), é possível reiterar as propostas de Patias et al. (2020), na qual o Complexo São Francisco do Sul teria sido exposto a elevadas condições metamórficas ainda em fases iniciais do processo colisional, tendo a gnaissificação de seus litotipos ocorrido em um intervalo entre 650 Ma e 610 Ma. Dentro deste contexto, é possível propor que mesmo após este evento metamórfico, as rochas do Complexo São Francisco do Sul estiveram expostas a temperaturas superiores a  $300^{\circ}\text{C}$  por um intervalo de tempo possivelmente superior a 100Ma. Isto corroboraria para com a ideia de um resfriamento lento para o sistema, associado a processos de deformação e recristalização atuantes em seus estágios evolutivos tardios e finais, controlados majoritariamente pela atividade de zonas de cisalhamento.

## **7. CONCLUSÕES**

A partir da análise petrográfica foi possível identificar e categorizar quatro conjuntos litológicos distintos, com base em suas características composicionais e estruturais, o que aponta para a existência de variações internas e de uma expressiva heterogeneidade do Complexo São Francisco do Sul. (Fig. 6.1). Foi também possível reiterar e reforçar a proposta de uma origem ígnea para o protólito do complexo gnáissico-migmatítico, conforme proposto por Cury (2009) e Baldin et al., (2017) através da identificação e caracterização de minerais traços, mais especificamente da allanita, titanita e apatita. Além disso, foi possível identificar em meio as amostras analisadas, mais especificamente no subconjunto dos granitóides, feições que permitem a interpretação deste litotipo como exemplares menos deformados em meio ao complexo gnáissico-migmatítico, podendo ser correlacionado ao protólito paleoproterozóico, datado por Cury (2009) em 2100Ma.

Em contraste, o conjunto dos ortognaisses e dos milonitos representariam os litotipos recristalizados durante a orogenia Brasileira, e corresponderiam, respectivamente, as idades ediacaranas (620 Ma) e eopaleozóicas (530 Ma) obtidas por Cury (2009). Tratando-se especificamente do conjunto dos milonitos, é possível, através de feições de recristalização, estabelecer que o processo de milonitização

possui um pico de temperatura da ordem de 500-600°C, com subsequente resfriamento do sistema. A partir disso, é possível estabelecer relação entre estes litotipos miloníticos e o intervalo evolutivo T4 e evento metamórfico M3, propostos por Patias et al. (2020). Ainda neste contexto, o conjunto dos anfibolitos, representado pelos anfibolitos bandados e anfibolitos foliados corresponderiam a enclaves máficos presentes em meio ao complexo gnáissico-migmatítico, de forma similar aos descritos em campo por Cury (2009) e Baldin et al. (2017).

Com base nos dados obtidos e na bibliografia existente, é possível também sugerir que o processo de migmatização das rochas do Complexo São Francisco do Sul, registrado por registrado por Cury (2009), Guimarães (2019) e Patias et al (2019), seja do tipo *water-fluxed melting* e controlado por zonas de cisalhamento. Considerando a obra de Bucher & Grapes (2011), que relaciona o metamorfismo de rochas graníticas a entrada de fluidos por zonas de cisalhamento e as ideias de Sawyer (2008) e Weinberg & Hasalova (2015), onde processos de cisalhamento poderiam condicionar a formação de migmatitos, a presença de litotipos praticamente indeformados, associados a milonitos e a migmatitos descritos em campo por outros autores, poderia indicar a existência de um intenso controle estrutural para o processo de migmatização. Entretanto, um maior volume de dados de campo e futuras investigações ainda são necessárias para uma melhor defesa desta hipótese.

Além disto, com esta investigação restrita apenas a análises microscópicas e a descrição de amostras coletadas anteriormente pelo Prof. Dr. Leonardo Fadel Cury em pontos bastante específicos, e considerando a bibliografia existente, ainda não é possível determinar como se distribuem espacialmente e como ocorre a transição entre estes distintos domínios composicionais e estruturais internos do Complexo São Francisco do Sul. Estas questões estariam condicionadas a realização de futuros projetos de mapeamento, em escala de detalhe, que certamente contribuiriam muito para o conhecimento acerca do complexo gnáissico-migmatítico. De mesmo modo, futuras investigações acerca da geoquímica de rocha total de cada um destes conjuntos definidos, bem como análises da química mineral e construção de pseudo-seções, em especial de minerais acessórios, certamente serão de grande importância para a compreensão dos processos atuantes, desde sua origem paleoproterozóica e sua subsequente evolução geodinâmica.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.F.M. 1967 Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPMIDGM. 96 p. (Boletim 241)
- Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B., Fuck R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, 17(1/2):1-29.
- Baldin, M. T., Barros, C. E. M., Cury, L.,F., 2017. Geoquímica e estrutura dos ortognaisses das ilhas do Balneário Barra do Sul e de São Francisco do Sul, litoral norte do Estado de Santa Catarina. *Geologia-USP: Série Científica*, 2, 8-105.
- Baldin, M.T., Barros, C. E. M., 2017. Geologia das ilhas de Tamboretas, litoral norte do Estado de Santa Catarina, limite meridional do Terreno Paranaguá. *Boletim Paranaense de Geociências*, 73, 1-14.
- Basei, M. A. S., 1985 O cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina, 190p. (Tese de Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Basei, M.A.S., Siga Júnior, O., Reis-Neto, J.M., 1990. O Batólito Paranaguá: proposição, idade, considerações petrogenéticas e implicações tectônicas. *Congresso Brasileiro de Geologia 1684–1699*.
- Basei, M.A.S., Siga Júnior, O., Machiavelli, A., Mancini, F., 1992. Evolução tectônica dos terrenos entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). *Revista Brasileira de Geociências* 22, 216–221.
- Bigarella, J. J. Contribuição ao estudo da planície litorânea do estado do Paraná. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v. 1, p. 95-143, 1946.
- Branner, J.C., 1915. *Geologia Elementar*. Rio de Janeiro, Livraria Francisco Alves, 404p.
- Broska I., Harlov, D., Tropper, P., Siman, P., 2007. Formation of magmatic titanite and titanite–ilmenite phase relations during granite alteration in the Tribeč Mountains, Western Carpathians, Slovakia. *Lithos* 95, (1–2) 58-71. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2006.07.012>.
- Bucher, K., Grapes, R., 2004. *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. 8a edição. Alemanha, Springer,
- Campanha, G.A. da C., Sadowski, G.R., 1999. Tectonics of the southern portion of the Ribeira Belt (Apiai Domain). *Precambrian Research* 98, 31–51.
- Corfu, F., Stone, D., 1998. The significance of titanite and apatite U-Pb ages: constraints for the post-magmatic thermal-hydrothermal evolution of a batholithic

complex, Berens River area, northwestern Superior Province, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62 (17), 2979-2995. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(98\)00225-7](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(98)00225-7).

Cury, L.F., 2009. Geologia do terreno Paranaguá. (Tese de Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 187p. 2009. <https://doi.org/10.11606/T.44.2009.tde-06072009-113335>

Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J. (2013): An Introduction to the Rock-Forming Minerals. Longman, 3a edição. Londres, Longman.

Exley, R.A., 1980. Microprobe studies of REE-rich accessory minerals: Implications for Skye granite petrogenesis and REE mobility in hydrothermal systems. *Earth and Planetary Science Letters*, 48 (1), 97-110. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(80\)90173-9](https://doi.org/10.1016/0012-821X(80)90173-9).

Frost, B.R., Chamberlain, K.R., Schumacher, J.C., 2001. Sphene (titanite): phase relations and role as a geochronometer, *Chemical Geology*, 172, (1–2) 131-148. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(00\)00240-0](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(00)00240-0).

Gieré R, Sorensen S.S., 2004. Allanite and Other REE-Rich Epidote-Group Minerals. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 56 (1), 431–493. doi: <https://doi.org/10.2138/gsrmg.56.1.431>

Gualda, G.A.R.; Vlach, S.R.F.. The Serra da Graciosa A-type granites and syenites, southern Brazil. Part 1: regional setting and geological characterization. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, Rio de Janeiro, v. 79, n. 3, p. 405-430, 2007.

Guimaraes, D.P., 2019. Evolução Tectonometamórfica e estudo de proveniência da Sucessão Rio das Cobras - Terreno Paranaguá (Cinturão Ribeira Sul), 130p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Harara, O.M.M., 2001. Mapeamento e Investigação Petrológica e Geocronológica dos litotipos da região do Alto Rio Negro (PR-SC): Um exemplo de sucessivas e distintas atividades magmáticas durante o Neoproterozoico..206p. (Tese de Doutorado) Universidade de São Paulo

Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Coimbra, A. M., The Ribeira folded belt. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 257-266, 1975.

Hasui, Y. 1982. The Mantiqueira Province: Archean Structure and Proterozoic Evolution. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 12, p. 167-171, 1982.

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 M., Pedrosa-Soares A.C., Campos Neto M.C., Silva L.C., Trouw R.A.J., Janasi V.C., (2004). A Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto V, Bartorelli A, Carneiro CDR, Brito Neves BB (eds) O Desvendar de um Continente: a moderna geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Ed. Beca, São Paulo, pp 203–234

Heilbron, M., Valeriano, C.M., Tassinari, C.C.G., Almeida, J., Tupinambá, M., Siga, O., Trouw, R., 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. Geological Society, London, Special Publications 294, 211–237. <https://doi.org/10.1144/SP294.12>

Howell, D.G. 1989. Principles of Terrane Analysis – new applications for global tectonics. 1st Edition. Chapman & Hall, London, UK, 1993, 245p.

Jung, J., Roques, M., 1952. Introduction a l'etude zoneographique des formations cristallophylliennes. Bulletin du Service de la Carte Géologique de France, 235, 1-62.

Kaul, P.F.T. Precambriano e eopaleozóico do nordeste de Santa Catarina e leste do Paraná: reavaliação de dados e correlações com a África. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. Atas... São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1979. 2v. v.1, p.1-15.

Kaul, P.F.T. O cráton de Luís Alves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário Camboriú. Anais. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980. 5v. v.5, p.2677-2683.

Kaul, P.F.T. O magmatismo na Serra do Mar e adjacências (sul do Brasil) no final do neoproterozóico e seus condicionantes tectônicos. 1997. 288f. mapa. (Tese de Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Kruhl, J. H., 2003. Prism- and basal-plane parallel subgrain boundaries in quartz: a microstructural geothermobarometer. *Journal of Metamorphic Geology* 14, 581-589.

Liu, X., Dong, S., Xue, H., & Zhou, J., 1999. Significance of allanite-(Ce) in granitic gneisses from the ultrahigh-pressure metamorphic terrane, Dabie Shan, central China. *Mineralogical Magazine*, 63(4), 579-586. <https://doi.org/10.1180/minmag.1999.063.4.10>

Lopes, O.F., 1987. Zoneamento metamórfico da Formação Rio das Cobras do Pré-Cambriano do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. p. 303–312.

Lopes, O.F., Lima, R.E., 1985. Nota preliminar sobre a geologia da Serra da Prata - PR. *Boletim Paranaense de Geociências* 36, 65–68.

Maack, R. 1947. Mapa geológico do estado do Paraná (Escala 1:750 000). Curitiba, IBPT

McLeod, G.W., Dempster, T.J., Faithfull, J.W., 2011. Deciphering Magma-Mixing Processes Using Zoned Titanite from the Ross of Mull Granite, Scotland, *Journal of Petrology*, 52, (1), 55–82. <https://doi.org/10.1093/petrology/egq071>.

Mehnert, K.R., 1968. *Migmatites and the Origin of Granitic Rocks*. Elsevier, Amsterdam.

Owona, S., Ondo, J. M., Ratschbacher, L., Ekodeck, G.E., (2013). Evidence of quartz dynamic recrystallizations in SW Cameroon: Implications on post-archean, -eburnean and late-panafrican deformations over 250-750°C. *Sciences, Technologies et Développement*. 14. 48-58.

Passarelli, C.R., Basei, M.A.S., Siga Jr, O., Harara, O.M.M., 2018. The Luis Alvez and Curitiba Terranes: Continental Fragments in the Adamastor Ocean. *Regional Geology Reviews - Geology of Southwest Gondwana* 189–216.

Passchier, C.W., Trouw, R., 2005. *Microtectonics*, *Tectonophysics*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-08734-3>

Patias, D., Cury, L.F., Siga Jr., O., 2019. Transpressional deformation during Ediacaran Accretion of the Paranaguá terrane, southernmost Ribeira belt, western Gondwana, *Journal of South American Earth Sciences*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102374>.

Patias, D., Cury, L.F., Siga Jr., O., Calderón, M., Siga Jr, O., Theye, C., 2020. Late Neoproterozoic P-T-t paths of syn- and post-collisional metamorphism in the Paranaguá Terrane, Ribeira Belt (Brazil): implications for West Gondwana assembly, *International Geology Review*. doi:10.1080/00206814.2020.1833372

Piccoli, P.M., Candela; P.A., 2002. Apatite in Igneous Systems. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 48 (1): 255–292. doi: <https://doi.org/10.2138/rmg.2002.48.6>.

Pryer, L.L., 1993. Microstructures in feldspars from a major crustal thrust zone: the Grenville Front, Ontario, Canada. *Journal of Structural Geology*, 15: 21–36.

Sawyer, E.W., 2008. *Atlas of migmatites*. Canadian Mineralogist, Special Publication 9. Mineralogical Association of Canada, (386 pp.).

Sederholm, J. J., 1907. On granite and gneiss. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 23, 1

Siga Jr, O., 1995. Domínios Tectônicos do Sudeste do Paraná e Nordeste de Santa Catarina: Geocronologia e Evolução crustal. 212p. (Tese de Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo

Siga Jr., O.; Basei, M.A.S.; Machiavelli, A., 1993. Evolução geotectônica da porção NE de Santa Catarina e SE do Paraná, com base em interpretações geocronológicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 23(3): 215-223.

Suk, M. (1983) *Petrology of metamorphic rocks*. Elsevier, Amsterdam. 322p.

Silva, L.C., Mcnaughton, N.J., Armstrong, R., Fletcher, I.R., 2005. The neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U – Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano / Pan-African systems of orogens. *Precambrian Research* 136, 203–240. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2004.10.004>

Sorensen, S.S., 1991. Petrogenetic significance of zoned allanite in garnet amphibolites from a paleo-subduction zone: Catalina Schist, southern California. *American Mineralogist* 76 (3-4), 589–601.

Spear, F.S., 2010. Monazite–allanite phase relations in metapelites. *Chemical Geology* 279, (1–2),55-62, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2010.10.004>.

Streckeisen, A.L., 1976. Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. . *Journal of Mineralogy and Geochemistry*, 107, 144-240.

Wallis, D., Parsons, A., Hansen, L., 2017. Quantifying geometrically necessary dislocations in quartz using HR-EBSD: Application to chessboard subgrain boundaries. *Journal of Structural Geology*. 125.

Weinberg, R., Hasalová, P., 2014. Water-Fluxed Melting of the Continental Crust: A Review. *Lithos* 212-215(1):158-188.

Whitney, D., Evans, B., 2010. Abbreviations for Names of Rock-Forming Minerals. *American Mineralogist*. 95. 185-187.

Wyllie, P.J., Cox, K.G., Biggar, G.M., 1962. The Habit of Apatite in Synthetic Systems and Igneous Rocks, *Journal of Petrology* 3 (2), 238–243, <https://doi.org/10.1093/petrology/3.2.238>

Xiao, X., Zhou, T., White, N.C., Zhang, L., Fan, Y., Chen, X., 2021. Multiple generations of titanites and their geochemical characteristics record the magmatic-hydrothermal processes and timing of the Dongguashan porphyry-skarn Cu-Au system, Tongling district, Eastern China. *Miner Deposita* 56, 363–380. <https://doi.org/10.1007/s00126-020-00962-0>.

**ANEXO I**

**FICHAS DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-69

Ponto: BP-69

Estrutura: Bandamento composicional

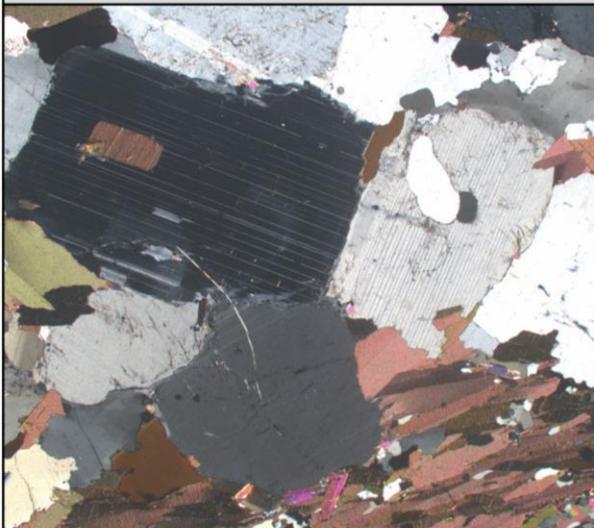
Textura: Granoblástica, localm. Lepidoblástica

Descrição: Litotipo bandado, marcado pela intercalação de porções equigranulares quartzo-feldspáticos e níveis ricos em biotita, com ocorrências localizadas de muscovita e apatita, bem com traços de epidoto, zircão e opacos.

O quartzo ocorre na forma de grãos interlobados irregulares, localmente com limites serrilhados, e também como inclusões em feldspato. Ocorrem feições de recristalização do tipo SGR, localmente formando feições do tipo *Chessboard*.

Os Plagioclásios correspondem a maioria dos cristais de feldspato na amostra e são encontrados em hábitos prismáticos euédricos e subédricos prismáticos médios. A geminação polissintética pode ser encontrada levemente deformada, mas com a aplicação do método Michael-Lévy em grãos indeformados foi possível estimar uma composição bytownítica. Já os feldspatos alcalinos, representados pelo oligoclásio e microclínio, ocorrem anédricos e subédricos prismáticos médios. A geminação dos microclínios ocorre deformada e localmente são identificadas pertitas. Via de regra os feldspatos apresentam uma sericitização incipiente

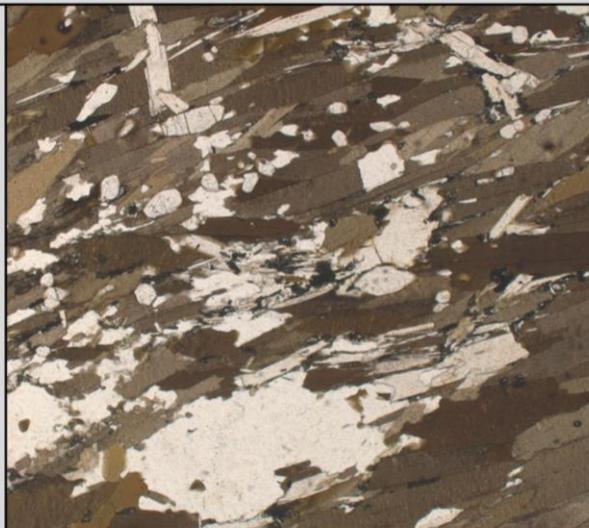
A biotita ocorre como cristais prismáticos e tabulares fortemente orientados, definindo um bandamento composicional, que associado a descrição macroscópica pode ser entendido como parte de um cumulado biotítico. A biotita pode ocorrer como inclusão em feldspatos, bem como pode possuir inclusões de zircão, com a geração de halo pleocróico. Localmente pode ser encontrada com alteração incipiente para muscovita. A Muscovita aparenta ocorrer tanto como alteração da biotita como na forma de cristais primários em meio ao bandamento máfico. Em meio os cristais de biotita ocorrem também grãos anédricos de epidoto e grãos prismáticos e hexagonais de apatita, que podem também ocorrer como inclusões.



PX – 2,5X

500 µm

Descrição: Cristais euédricos e subédricos de plagioclásio em contato com cumulado biotítico.



PP – 5X

200 µm

Descrição: Detalhe do cumulado biotítico, aonde podem ser identificados cristais de muscovita tabular, bem como apatitas prismáticas e hexagonais.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	20	10	35	30	-	-	Traço	-	4	Traço	1	Traço

**Litotipo: Granodiorito**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-83A

Ponto: BP-83

Estrutura: Bandamento composicional

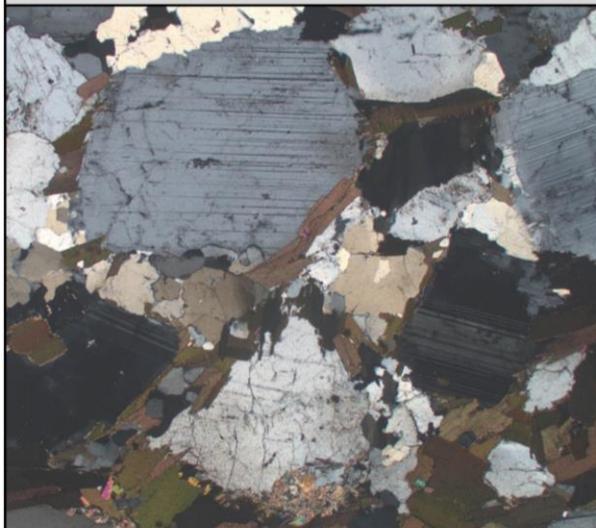
Textura: Granolepidoblástica

Descrição: Litotipo composto principalmente por cristais arredondados de feldspato rodeados por biotita, com os máficos ocorrendo orientados e em quantidades distintas ao longo da amostra, definindo um bandamento composicional irregular. Ocorrem também allanita, epidoto e muscovita, com traços de zircão, apatita e opacos.

Os feldspatos ocorrem na forma de cristais médios a grossos anédricos arredondados, localmente subédricos prismáticos, e são representados principalmente por plagioclásio, cuja deformação polissintética pode ocorrer deformada com formas em cúspide. Com a aplicação do método Michael-Lévy em grãos de geminação indeformada foi possível estimar uma composição labradorítica. Já nos feldspatos alcalinos, representados por ortoclásio e microclínio, localmente foram identificadas pertitas, e geminações em grade deformadas. Via de regra os feldspatos apresentam uma sericitização incipiente

A biotita ocorre na forma de cristais tabulares e prismáticos que ocorrem fortemente orientados e envolvendo cristais de feldspatos. É comum sua ocorrência como inclusão em feldspatos, bem como pode possuir inclusões de zircão, com a geração de halo pleocróico. Localmente pode ser encontrada com alteração incipiente para muscovita.

É bastante comum a ocorrência de cristais médios de Allanita em meio as bandas de biotita, em formatos prismáticos com as bordas arredondadas, localmente prismático hexagonal. A porção central dos cristais de allanita frequentemente se encontra metamictizado e isotrópico. O epidoto ocorre principalmente como alteração da allanita, mas pode também ser encontrado na forma de raros cristais anédricos em outras porções da lâmina. Em meio os cristais de biotita ocorrem também grãos prismáticos e hexagonais de apatita, que podem também ocorrer como inclusões, e cristais de muscovita, este último se apresentando na forma de cristais euédricos tabulares, frequentemente associados a da biotita.



PX – 2,5X

500 µm

Descrição: Cristais euédricos-subédricos de plagioclásio associados a quartzo e biotita. Notar o aspecto de manteamento por biotita.



PP – 5X

200 µm

Descrição: Detalhe da porção rica em biotita, aonde podem ser identificadas allanita manteadas por epidoto e apatita na forma de prismas curtos.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	21	10	40	25	-	-	Traço	2	2	Traço	Traço	Traço

**Litotipo: Granodiorito**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-83B

Ponto: BP-83

Estrutura: Foliada

Textura: Granolepidoblástica

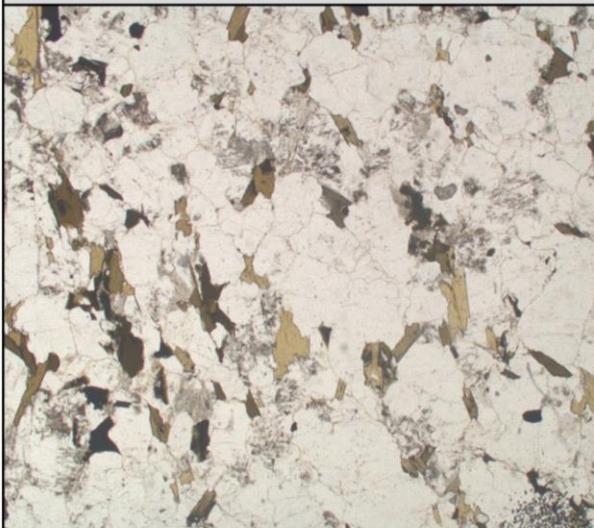
Descrição: Litotipo equigranular médio, composto por plagioclásio, quartzo, feldspato alcalino e biotita, com quantidades menores de muscovita, allanita e epidoto, e traços de apatita, opacos e zircão.

Quartzo ocorre na forma de grãos irregulares, interlobados e ameboides, raramente serrilhados. Pode ocorrer como inclusões arredondadas em alguns poucos cristais de feldspato de maior granulometria. Localmente apresenta feições de recristalização do tipo SGR.

O feldspato alcalino (microclínio e ortoclásio) ocorre na forma de cristais anédricos, localmente subédricos prismáticos de granulação média e fina. Localmente ocorrem pertitas e intercrescimento mirmequítico e a geminação em grade dos microclínios frequentemente se encontra deformada e irregular. Já os plagioclásios (Labradorita) ocorrem na forma de cristais pequenos a médios, subédricos prismáticos a anédricos. Apresentam sua característica geminação polissintética deformada, em forma de cunha. Ocorre na lâmina um único cristal de granulação grossa, que aparenta possuir antipatriotas, bem como inclusões de quartzo, biotita e feldspato potássico. Via de regra os feldspatos apresentam uma sericitização incipiente.

A biotita ocorre na forma de cristais subédricos tabulares médios e pequenos dispersos ao longo da lâmina, que apresentam uma evidente orientação preferencial. Ocorrem algumas inclusões de allanita manteada por epidoto e apatita. Alguns cristais apresentam alteração moderada a intensa para muscovita.

Ocorrem cristais pequenos de allanita manteada por epidoto, sempre associados ou como inclusões em biotita. Os cristais de apatita ocorrem com hábito hexagonal e prismático euédricos.



PP – 2,5X

500 µm



PX – 5X

200 µm

Descrição: Aspecto geral da lâmina, aonde pode ser verificada a orientação preferencial das biotitas, que ocorrem de maneira relativamente dispersa.

Descrição: Imagem em maior detalhe aonde se pode verificar o hábito anédrico dos feldspatos. Ocorrem pequenas inclusões de allanita e epidoto em biotita.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	35	20	20	20	-	-	Traço	Traço	5	Traço	Traço	Traço

**Litotipo: Monzogranito**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-84Al'(a)

Ponto: BP-84

Estrutura: Milonítica

Textura: Porfiroclástica

Descrição: Litotipo milonítico composto por porfiroclastos de feldspato potássico (microclínio e ortoclásio), plagioclásio e hornblenda imersos em matriz de quartzo recristalizado. Ocorre também biotita, titanita, allanita, epidoto, zircão, apatita e opacos.

O quartzo corresponde a matriz milonítica cominuída e recristalizada, sendo comum feições de GBM, BLG e localmente SGR. Ocorre recristalizado com formatos estirados e suturados, localmente ameboides. Pode ser encontrado recristalizado na sombra de pressão de porfiroclastos e também como preenchimento de fraturas e raras inclusões em feldspatos. Pode se apresentar na forma de ribbons.

Os Feldspatos ocorrem na forma de porfiroclastos médios, localmente grossos, com formatos anédricos e prismáticos com bordas arredondadas, frequentemente fraturados. Nos feldspatos alcalinos localmente são identificadas mirmequitas e pertita “em chama”, enquanto a foliação polissintética dos plagioclásios frequentemente se encontra deformada, em forma de cúspide e com a ocorrência de kink bands. Feldspatos também ocorrem localmente como parte da matriz, na forma de cristais extremamente cominuídos e recristalizados por processos de BLG. Via de regra apresentam uma sericitização incipiente.

A hornblenda ocorre na forma de porfiroclastos anédricos a subédricos losangulares e prismáticos de granulometria média. Já a biotita ocorre na forma de grãos médios a finos, em hábitos que variam de anédrico a subédrico tabular, e tendem a ocorrer em bandas. Podem ser encontrados nas formas de “anfíbio-fish” e “mica-fish”, e ambos estão localmente alterados para clorita, em especial a biotita.

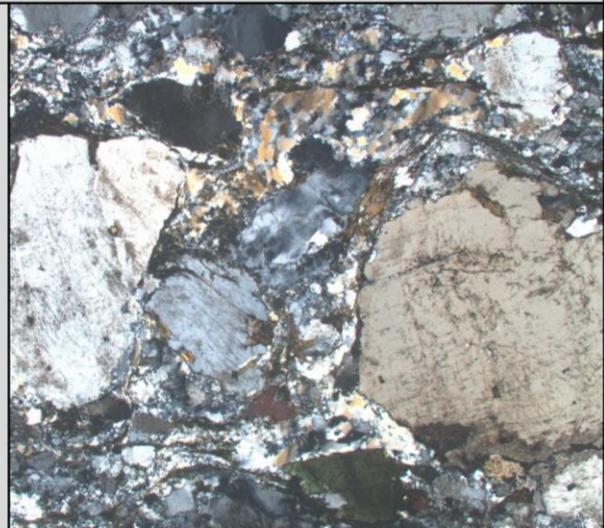
Ocorrem clastos de allanita com seu núcleo metamictizado e manteados por epidoto. Localmente este manto de epidoto se encontra alterado para clorita. A titanita ocorre como cristais anédricos fraturados, raramente naviculares. Foram também identificadas apatitas prismáticas. Ocorrem minerais opacos manteados por epidoto.



PX – 2,5X

500 μm

Descrição: Aspecto milonítico, com porfiroclastos de feldspato e hornblenda, imersos em mátriz milonítica. Ocorrem clastos de allanita deformada.



PX – 2,5X

500 μm

Descrição: Feições de deformação de quartzo em matriz milonítica (BLG+SGR). Ocorrem clastos de plagioclásio, feldspato alcalino e hornblenda.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	40	30	18	5	5	2	Traço	Traço	-	Traço	Traço	Traço

**Litotipo: Ortognaisse Milonítico – Composição monzogranítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-84Al'(b)

Ponto: BP-84

Estrutura: Milonítica

Textura: Porfiroclástica

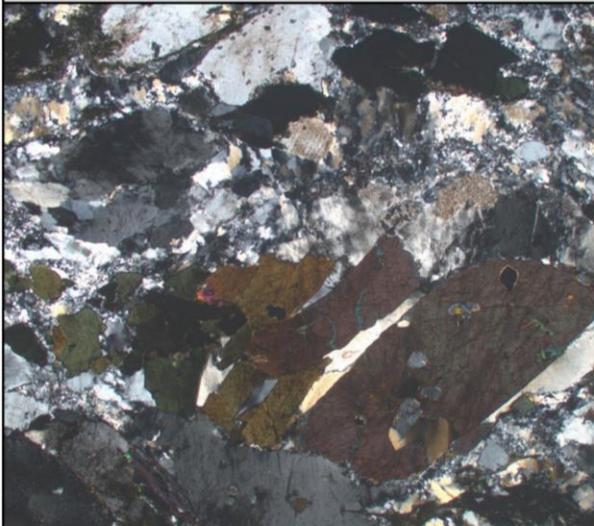
Descrição: Litotipo milonítico composto por porfiroclastos de feldspato potássico (microclínio e ortoclásio), plagioclásio e hornblenda imersos em matriz de quartzo recristalizado. Ocorre também biotita, titanita, allanita, epidoto, zircão, apatita e opacos.

O quartzo corresponde a matriz milonítica cominuída e recristalizada, sendo comum feições de GBM, BLG e SGR. Ocorre recristalizado com formatos estirados e suturados, localmente ameboides. Pode ser encontrado recristalizado na sombra de pressão de porfiroclastos e também como preenchimento de fraturas e inclusões em feldspatos e hornblenda.

Os Feldspatos ocorrem na forma de porfiroclastos médios, localmente grossos, com formatos anédricos e prismáticos com bordas arredondadas, frequentemente fraturados. Nos feldspatos alcalinos localmente são identificadas mirmequitas e pertita “em chama”, enquanto a foliação polissintética dos plagioclásios frequentemente se encontra deformada, em forma de cúspide e com a ocorrência de kink bands. Feldspatos também ocorrem localmente como parte da matriz, na forma de cristais extremamente cominuídos e recristalizados por processos de BLG. Via de regra apresentam uma sericitização incipiente.

A hornblenda ocorre na forma de porfiroclastos anédricos a subédricos losangulares e prismáticos de granulometria média, localmente grossa. Já a biotita ocorre na forma de grãos médios a finos de hábitos tabulares e prismáticos que variam de euédricos a anédricos e tendem a ocorrer em bandas. Podem ser encontrados nas formas de “anfíbólio-fish” e “mica-fish”, e ambos estão localmente alterados para clorita, em especial a biotita.

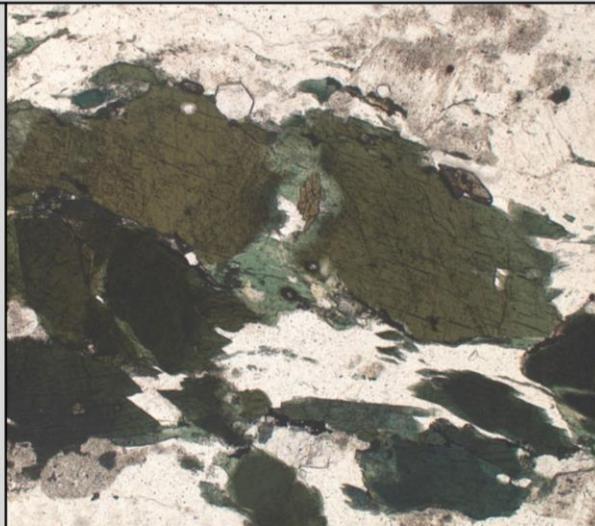
A titanita ocorre na forma de cristais fraturados, mas que localmente apresentam habito navicular. Ocorrem allanitas prismáticas hexagonais manteadas por epidoto, bem como cristais hexagonais e prismáticos de apatita. Foram identificados cristais de zircão elipsoidal com zoneamento interno.



PX – 2,5X

500 µm

Descrição: Porfiroclasto de hornblenda com fraturas seguindo os planos de clivagem basal. Estes espaços são então preenchidos por quartzo recristalizado.



PP – 5X

200 µm

Descrição: Porfiroclasto de hornblenda associado a grãos menores perfeitamente euédricos de apatita hexagonal (seção basal) e titanita navicular.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	30	25	15	20	10	Traço	Traço	Traço	-	Traço	Traço	Traço

**Litotipo: Ortognaisse Milonítico – Composição monzogranítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-84A1''

Ponto: BP-84

Estrutura: Milonítica

Textura: Porfiroclástica

Descrição: Litotipo milonítico composto por porfiroclastos de feldspato potássico (ortoclásio), plagioclásio e hornblenda imersos em matriz de quartzo recristalizado. Ocorre também biotita, muscovita, titanita, allanita, epidoto, zircão, apatita e opacos.

O quartzo corresponde a matriz milonítica cominuída e recristalizada, sendo comum feições de GBM, BLG e SGR. Ocorre recristalizado com formatos estirados e suturados, localmente ameboides. Pode ser encontrado recristalizado na sombra de pressão de porfiroclastos e também como preenchimento de fraturas e inclusões em feldspatos e hornblenda. Pode se apresentar na forma de ribbons recristalizados.

Os Feldspatos alcalinos ocorrem na forma de porfiroclastos médios e grossos, com formatos anédricos e subédricos prismáticos arredondados, frequentemente fraturados. A presença de mirmequitas e pertitas são bastante comuns. Os plagioclásios apresentam hábitos similares, porém somente ocorrem com granulação média. A geminação polissintética se encontra deformada em cuspede e com a formação de kink bands. Feldspatos também ocorrem localmente como parte da matriz, na forma de cristais extremamente cominuídos e recristalizados por processos de BLG. Nos feldspatos ocorrem inclusões de quartzo, biotita e opacos e um processo de sericitização incipiente.

A hornblenda ocorre na forma de porfiroclastos anédricos, raramente subédricos losangulares e prismáticos, de granulometria média. Localmente apresenta alteração incipiente para clorita. Já a biotita ocorre na forma de grãos médios a finos predominantemente anédricos estirados e deformados e tendem a ocorrer em bandas. Pode ser encontrado no formato "mica-fish" e localmente apresenta inclusões de rutilo (biotita sagenítica). Localmente alterada para muscovita e clorita.

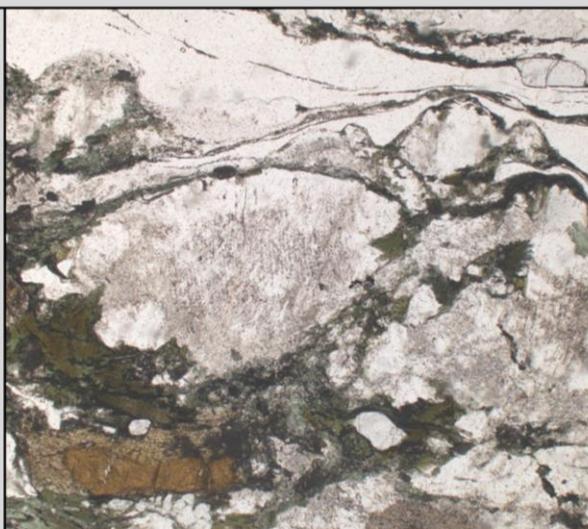
A titanita ocorre na forma de cristais anédricos fraturados, e a apatita em hábitos prismáticos arredondados ou hexagonais. Ocorrem allanitas manteadas, mas frequentemente o epidoto ao seu redor se encontra fraturado e cominuído, e em alguns casos, ausente.



PX – 2,5X

500 µm

Descrição: Sombra de pressão em porfiroclasto de feldspato alcalino, com recristalização de feldspato (BLG) e Quartzo (BLG+SGR) .



PP – 5X

200 µm

Descrição: Cristal de allanita estirado e deformado, associado a biotita e feldspato imersos em matriz milonítica. Localmente ocorre um cristal de apatita.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	20	40	20	15	5	Traço						

**Litotipo: Ortognaisse Milonítico – Composição sienogranítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-84A1'''

Ponto: BP-84

Estrutura: Milonítica

Textura: Porfiroclástica

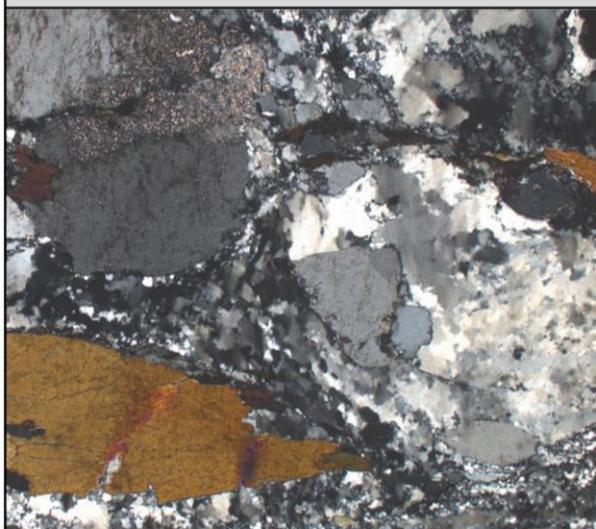
Descrição: Litotipo milonítico composto por porfiroclastos de feldspato potássico (ortoclásio e microclínio), plagioclásio e hornblenda imersos em matriz de quartzo recristalizado. Ocorre também biotita, muscovita, titanita, allanita, epidoto, zircão, apatita e opacos.

O quartzo corresponde a matriz milonítica cominuída e recristalizada, sendo comum feições de GBM, SGR e GBM. Ocorre também na forma de ribbons irregulares e como preenchimento de fraturas e inclusões em hornblenda e feldspatos.

Os feldspatos ocorrem na forma de porfiroclastos médios e grossos, com formatos anédricos e subédricos prismáticos arredondados, frequentemente fraturados. Nos feldspatos alcalinos são identificadas inclusões de quartzo, biotita e plagioclásio, bem como pertitas e mirmequitas. A geminação em grade dos microclínios é rara, e ocorre sempre deformada. De maneira similar a geminação polissintética dos plagioclásios se encontra deformada, localmente formando cúspides. Feldspatos também ocorrem localmente como parte da matriz, na forma de cristais extremamente cominuídos e recristalizados por processos de BLG. Via de regra apresentam uma sericitização incipiente.

A hornblenda ocorre na forma de clastos anédricos, raramente subédricos losangulares, de granulometria média. Localmente está alterada para clorita e pode ser encontrada na morfologia "anfíbio-fish". A biotita ocorre predominantemente como cristais deformados ou cominuídos, raramente subédricos tabulares. Apresenta alteração moderada para clorita em alguns pontos e localmente apresenta inclusões de rutilo (biotita sagenítica).

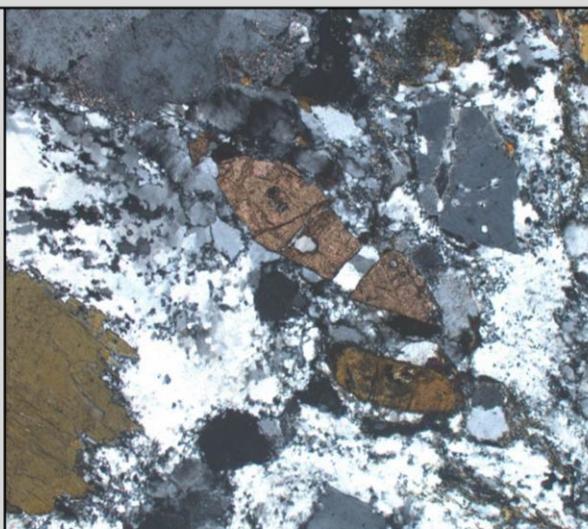
A titanita pode ocorrer na forma de cristais anédricos fraturados e euédricos naviculares. A apatita se apresenta em hábitos prismáticos arredondados ou hexagonais, raramente anédricos. Ocorrem allanita, cujo manto de epidoto pode ou não estar presente, considerando que o epidoto frequentemente está fraturado e localmente alterado.



PX – 5X

200 µm

Descrição: Porfiroclastos de feldspato e hornblenda imersos em matriz milonítica quartzosa. Destaque para os intensos processos de BLG e SGR na matriz.



PX – 5X

200 µm

Descrição: Cristal de titanita perfeitamente euédrica navicular com fraturas fraturado, associado a allanita ligeiramente metamictizada em matriz milonítica.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	25	30	20	7	15	3	Traço	Traço	Traço	Traço	Traço	Traço

**Litotipo: Ortognaisse Milonítico – Composição monzogranítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-84All

Ponto: BP-84

Estrutura: Milonítica

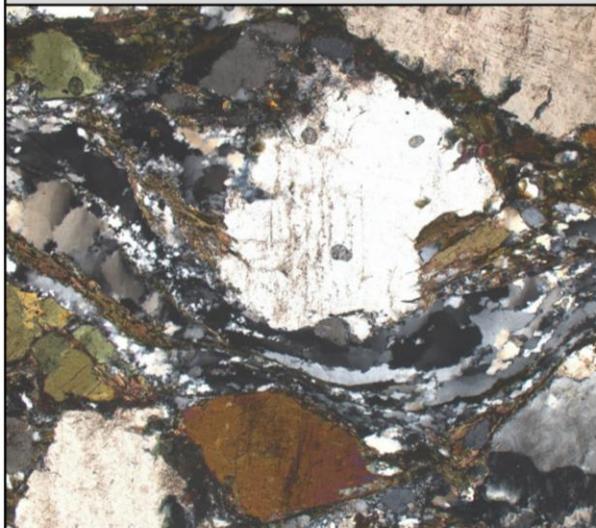
Textura: Porfiroclástica

Descrição: Litotipo milonítico composto por porfiroclastos de feldspato potássico (ortoclásio e microclínio), plagioclásio e hornblenda imersos em matriz de quartzo recristalizado. Ocorre também biotita, titanita, allanita, epidoto, zircão, apatita e opacos.

O quartzo corresponde a matriz milonítica cominuída e recristalizada, sendo comum feições de GBM, BLG e SGR. Ocorre recristalizado com formatos estirados e suturados, localmente ameboides. Pode ser encontrado recristalizado na sombra de pressão de porfiroclastos e também como preenchimento de fraturas e inclusões em feldspatos e hornblenda. Pode se apresentar na forma de ribbons bem desenvolvidos.

Os feldspatos ocorrem na forma de porfiroclastos médios e grossos, com formatos anédricos e subédricos prismáticos arredondados, frequentemente fraturados. Nos feldspatos alcalinos são identificadas inclusões de quartzo, biotita e plagioclásio, bem como pertitas e mirmequitas. A geminação em grade dos microclínios é rara, e ocorre sempre deformada. De maneira similar a geminação polissintética dos plagioclásios se encontra deformada, localmente formando cúspides, e com a formação de kink bands. Feldspatos também ocorrem localmente como parte da matriz, na forma de cristais extremamente cominuídos e recristalizados por processos de BLG. Via de regra apresentam uma sericitização incipiente.

A hornblenda ocorre na forma de porfiroclastos anédricos, raramente subédricos losangulares e prismáticos, de granulometria média. Localmente apresenta alteração para clorita. Já a biotita ocorre na forma de grãos médios a finos anédricos, estirados e deformados, que tendem a ocorrer em bandas. Localmente apresenta inclusões de rutilo (biotita sagenítica) e apresenta uma alteração moderada a intensa para clorita. A titanita ocorre na forma de cristais anédricos fraturados, raramente apresentando faces retilíneas que possam ser compreendidas como resquício de hábitos naviculares deformados. A apatita se apresenta em hábitos prismáticos arredondados ou hexagonais, raramente anédricos. Ocorrem allanita, Geralmente com o manto de epidoto deformado ou ausente. Foram identificados cristais de zircão elipsoidal com zoneamento interno.



PX – 5X

200 µm

Descrição: Porfiroclastos de plagioclásio, feldspato alcalino e hornblenda em matriz milonítica. Destaque para a recristalização de *ribbons* na matriz (SGR+GBM).



PX – 5X

200 µm

Descrição: Porfiroclastos de plagioclásio e feldspato alcalino em matriz milonítica (BLG+SGR). Notar os de planos ricos em sericita e biotita cominuída.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	30	20	30	10	10	Traço	Traço	Traço	-	Traço	Traço	Traço

**Litotipo: Ortognaisse Milonítico – Composição monzogranítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-84B

Ponto: BP-84

Estrutura: Milonítica

Textura: Porfiroclástica

Descrição: Litotipo milonítico composto por porfiroclastos de feldspato potássico (ortoclásio), plagioclásio e hornblenda imersos em matriz de quartzo recristalizado. Ocorre também titanita, allanita, epidoto, zircão, apatita e opacos.

O quartzo corresponde a matriz milonítica cominuída e recristalizada, sendo comum feições de GBM, BLG e SGR. Ocorre recristalizado com formatos estirados e suturados, localmente ameboides. Pode ser encontrado recristalizado na sombra de pressão de porfiroclastos e também como preenchimento de fraturas. Localmente Pode se apresentar na forma de ribbons bem desenvolvidos.

O ortoclásio corresponde a maioria dos porfiroclastos, e os mesmo se apresentam na forma de cristais médios e grossos, em formatos anédricos e prismáticos arredondados. Localmente apresenta pertitas em chama bem desenvolvidas e mirmequitas. Ocorrem inclusões de quartzo, plagioclásio, clorita e epidoto. Já o Plagioclásio ocorre na forma de porfiroclastos médios, com sua geminação polissintética deformada, pouco visível e com feições em cúspide. Feldspatos também ocorrem localmente como parte da matriz, na forma de cristais extremamente cominuídos e recristalizados por processos de BLG. Via de regra apresentam uma sericitização incipiente.

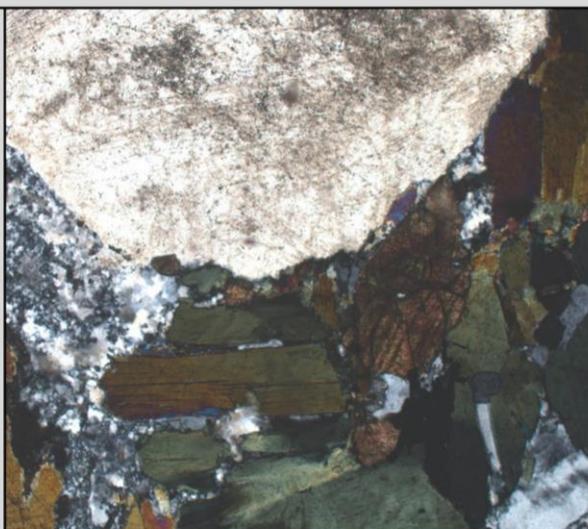
A hornblenda ocorre na forma de grãos médios de hábito anédrico, localmente subédrico prismático e losangulares. Ocorrem inclusões de quartzo, bem como fraturas preenchidas por quartzo recristalizada. Apresenta alterações para clorita, titanita e opacos.

A titanita ocorre na forma de cristais anédricos e naviculares fraturados e a apatita em hábitos prismáticos. Ocorrem allanitas que podem ou não estar manteadas por epidoto. Foram identificados cristais de zircão elipsoidal com zoneamento interno.



PP – 5X

200 µm



PX – 5X

200 µm

Descrição: Allanita com parte de seu manto de epidoto preservado em litotipo milonítico. Ocorre associado a hornblenda, feldspato, apatita e opacos.

Descrição: Titanita euédrica navicular fraturada associada a clastos de hornblenda e porfiroclasto de plagioclásio em litotipo milonítico.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	30	20	30	-	15	3	Traço	Traço	-	Traço	Traço	2

**Litotipo: Ortognaisse Milonítico – Composição monzogranítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-84C

Ponto: BP-84

Estrutura: Milonítica

Textura: Porfiroclástica

Descrição: Litotipo milonítico composto por porfiroclastos de feldspato potássico (ortoclásio), plagioclásio e hornblenda imersos em matriz de quartzo recristalizado. Ocorre também biotita, allanita, epidoto, zircão, apatita e opacos.

O quartzo corresponde a matriz milonítica cominuída e recristalizada, sendo comum feições de GBM, BLG e SGR. Ocorre recristalizado com formatos estirados e suturados, localmente ameboides. Pode ser encontrado recristalizado na sombra de pressão de porfiroclastos e também como preenchimento de fraturas e inclusões em feldspatos. Pode se apresentar na forma de ribbons bem desenvolvidos.

O ortoclásio corresponde a maioria dos porfiroclastos, e os mesmo se apresentam na forma de cristais médios e grossos, em formatos anédricos e prismáticos arredondados. Localmente apresenta pertitas em chama e mirmequitas. Ocorrem inclusões de quartzo e plagioclásio. Já o Plagioclásio ocorre na forma de porfiroclastos médios, com sua geminação polissintética deformada, pouco visível e com feições em cúspide. Feldspatos também ocorrem localmente como parte da matriz, na forma de cristais extremamente cominuídos e recristalizados por processos de BLG. Via de regra apresentam uma sericitização incipiente.

A hornblenda ocorre na forma de grãos médios e pequenos de hábito anédrico, raramente subédrico. Apresenta alterações para clorita, e opacos. A biotita ocorre na forma de grãos cominuídos, raramente na forma de grãos tabulares. Localmente apresenta uma forte alteração para clorita, e localmente ocorre na forma de mica-fish.

Os cristais de allanita geralmente não apresentam manteamento por epidoto, e nos casos em que ocorre esta alteração, o epidoto se encontra fortemente fraturado. Foram identificados cristais de zircão elipsoidal com zoneamento interno e cristais euédricos de apatita prismática.



PX – 2,5X

500 µm

Descrição: Porfiroclasto de feldspato potássico com intensa recristalização de quartzo em sua zona de sombra de pressão.



PX – 5X

200 µm

Descrição: Porfiroclasto de feldspato potássico com fraturas escalonadas (*Bookshelf microfracturing*). Ocorrem *ribbons* de quartzo associados.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	45	30	10	8	3	-	Traço	Traço	-	Traço	Traço	4

**Litotipo: Ortognaisse Milonítico - Composição sienogranítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-84D

Ponto: BP-84

Estrutura: Foliada

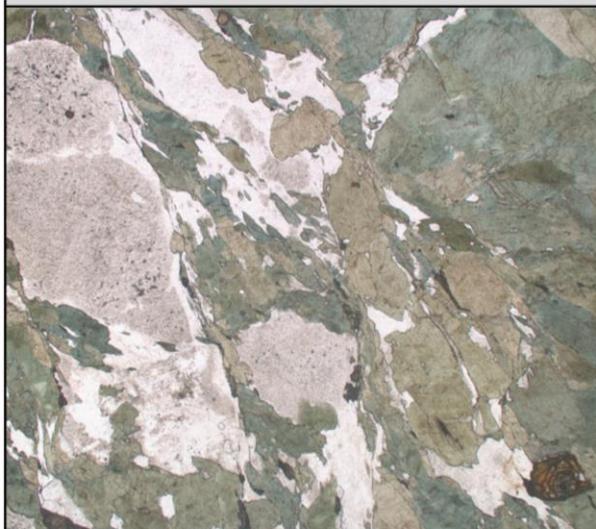
Textura: Nematoblástica, localm. porfiroclástica

Descrição: Litotipo anfibolítico composto quase em sua totalidade por hornblenda, com quantidades subordinadas de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, titanita e epidoto, com traços de muscovita, allanita, opacos e apatita. Localmente apresenta uma faixa porfiroclástica-milonítica, em que ocorrem porfiroclastos de feldspato e clastos de hornblenda, titanita e allanita imersos em uma matriz quartzosa.

A porção predominante anfibolítica é composta por cristais equigranulares médios de hornblenda, que ocorrem orientados, definindo um plano de foliação paralela ao plano de milonitização. Os cristais de apresentam subédricos a euhédricos, em formas prismáticas e losangulares. Podem apresentar uma leve alteração para epidoto, em especial nas porções próximas a fraturas. Na porção milonítica, a hornblenda ocorre na forma de clastos médios e finos, frequentemente apresentando aspectos “anfíbio-fish”.

O quartzo ocorre como a matriz milonítica e corresponde a cristais anédricos cominuídos e recristalizados. Ocorrem processo de BLG e SGR. Fora da zona milonítica o quartzo ocorre com um aspecto de preenchimento de espaços vazios. Os feldspatos ocorrem na forma de clastos e porfiroclastos subédricos prismáticos e anédricos que ocorrem orientados com a foliação. Os plagioclásios se encontram intensamente sericitizados, enquanto os feldspatos potássicos apresentam alteração moderada a intensa, localmente sendo identificadas perfitas.

A titanita ocorre na forma de clastos de granulometria fina a média, frequentemente deformados e anédricos, mas que localmente preservam um hábito navicular. Ocorrem também clastos de alanita que apresentam uma morfologia prismática hexagonal e possuem um zonamento interno concêntrico muito bem desenvolvido. O característico manteamento por epidoto está ausente e este ocorre principalmente como alteração em fraturas. Foram identificados cristais de zircão elipsoidal com zoneamento interno.



PP – 2,5X

500 µm

Descrição: Porção milonítica porfiroclástica em meio a litotipo anfibolíticos. Notar a ocorrência de cristal de allanita com zoneamento interno bem desenvolvido.



PP – 5X

200 µm

Descrição: Cristais subédricos prismáticos orientados de hornblenda em anfibolito, localmente com fraturas preenchidas por epidoto.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	8	2	8	-	80	2	2	Traço	-	Traço	Traço	Traço

**Litotipo: Anfibolito – Composição sienogranítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-84E

Ponto: BP-84

Estrutura: Bandada

Textura: Nematoblástica

Descrição: Litotipo composto majoritariamente por anfibólio, porém com a ocorrência de bandas félsicas irregulares, compostas por plagioclásio, feldspato potássico e quartzo. Ocorre também titanita, e pequenas quantidades de apatita e opacos, juntamente com clorita e epidoto, que ocorrem na forma de minerais de alteração.

A hornblenda ocorre na forma de cristais subédricos prismáticos a anédricos de granulometria média que ocorrem moderadamente orientados. Localmente se encontram inalterados, mas em determinadas porções próximas a fraturas podem se encontrar fortemente alterados para clorita, epidoto e titanita.

A titanita ocorre na forma de aglomerados granulares de pequenos cristais anédricos, raramente naviculares. Estes aglomerados ocorrem sempre em zonas fraturadas e associados a cristais de hornblenda completamente cloritizados, de modo que podem ser considerados como produtos de alteração de anfibólio.

Os feldspatos se fazem presentes principalmente na forma de cristais anédricos, localmente subédricos de plagioclásio, frequentemente com sua geminação polissintética deformada e com formação de *kink bands*. Os feldspatos potássicos (microclínio e ortoclásio) são raros, mas localmente podem ser identificadas feições peritíticas e geminações em grade. Os feldspatos em geral se apresentam em vários níveis de alteração (sericitização).

O quartzo ocorre principalmente na forma de inclusões arredondadas em cristais de anfibólio, mas pode ocorrer também com formatos interlobados e localmente com contatos serrilhados. Em geral apresenta um aspecto de preenchimento de espaços vazios. Ocorre sempre com extinção ondulante e localmente com processos de SGR.

Ocorrem minerais opacos com manto de alteração para epidoto e apatitas prismáticas e hexagonais.



PX – 2,5X 500 µm

Descrição: Contraste entre porções anfibolíticas e bandas irregulares de plagioclásio. Localmente ocorrem pequenas inclusões de quartzo.



PP – 5X 200 µm

Descrição: Aglomerado de cristais anédricos e subédricos de titanita secundária, formados a partir de alteração da hornblenda.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	10	3	20	-	60	7	Traço	-	-	-	Traço	Traço

**Litotipo: Anfibolito – Composição granodiorítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-250A

Ponto: BP-250

Estrutura: Bandamento composicional

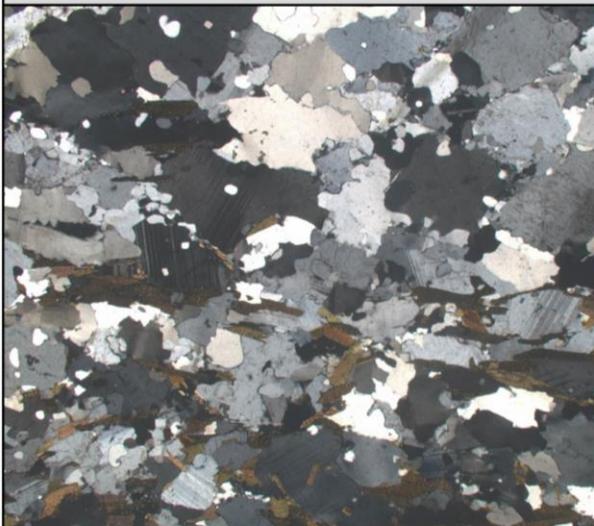
Textura: Granoblástica, localm. Lepidoblástica

Descrição: Litotipo bandado, predominantemente equigranular médio, marcado pela intercalação de níveis ricos em biotita e níveis quartzo-feldspáticos. Ocorrem cristais de feldspato potássico, (ortoclásio e microclínio), quartzo, plagioclásio, biotita e titanita, com traços de hornblenda, allanita, zircão, apatita e opacos.

Os feldspatos ocorrem na forma de cristais predominantemente anédricos, localmente subédricos prismáticos, com limites em sua maioria interlobados, mas que pode ocorrer em morfologias suturadas e interdigitadas. Os feldspatos alcalinos são representados primariamente por ortoclásio, com microclínios secundários, e raramente apresentam pertitas, geralmente mal desenvolvidas. Já para os plagioclásios, foi possível determinar uma composição labradorítica pelo método Michael-Lévy. As maclas, sejam em grade e polissintéticas, ocorrem deformadas, sendo comum feições em cúspide. Localmente ocorrem kink bands. Os feldspatos de maneira geral ocorrem pouco alterados, muito localmente com alteração para sericita. O quartzo ocorre na forma de cristais interlobados e também como inclusões arredondadas. Frequentemente apresenta feições de SGR e extinção ondulante, este ultimo ocorrendo também nos feldspatos.

As biotitas compõe a maior parte das bandas máficas e a orientação preferencial destes minerais marca o bandamento composicional. Ocorrem na forma de cristais tabulares que variam de euédricos a anédrico e que estão localmente alterados para clorita. A hornblenda ocorre na forma de um único cristal anédrico de aproximadamente 4mm de aspecto esquelético.

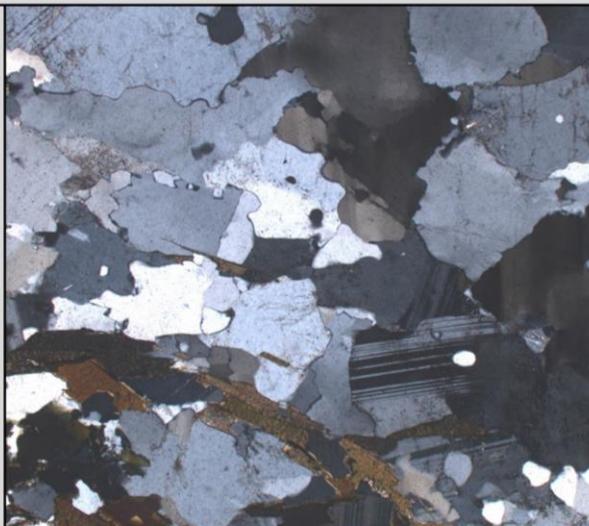
A titanita ocorre na forma de cristais fraturados e cominuídos, raramente naviculares, sempre associados a biotita. A apatita também tende-se a concentrar nos níveis biotíticos, bem como as raras ocorrências de allanita.



PX – 2,5X

500 µm

Descrição: Biotitas tabulares orientadas definindo o bandamento gnáissico, em contraste a porção quartzo-feldspática.



PX – 5X

200 µm

Descrição: Cristais predominantemente anédricos a subédricos prismáticos de plagioclásio e feldspato alcalino. Ocorre também biotita e quartzo.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	28	30	25	15	Traço	2	-	Traço	-	Traço	Traço	Traço

**Litotipo: Gnaiss – Composição monzogranítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-250A'

Ponto: BP-250

Estrutura: Bandamento composicional

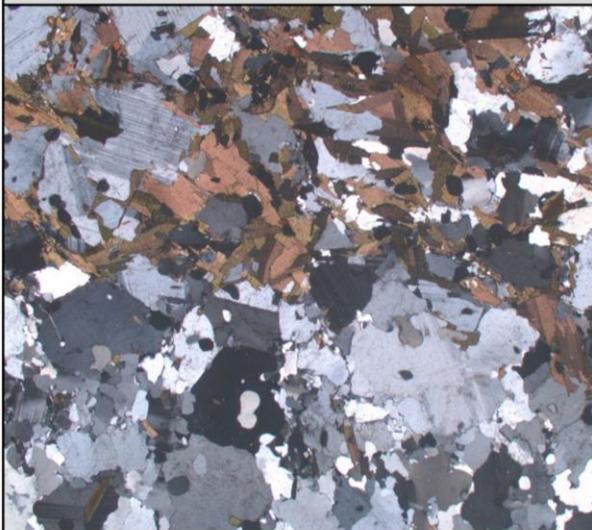
Textura: Granoblástica, localm. Lepidoblástica

Descrição: Litotipo bandado, marcado pela intercalação de níveis ricos em biotita e níveis quartzo-feldspáticos. Ocorrem cristais de quartzo, plagioclásio, biotita, feldspato potássico (ortoclásio e microclínio), titanita e apatita, com traços de allanita, zircão e opacos.

O quartzo ocorre na forma de cristais anédricos de limites interlobados e serrilhados, localmente retilíneo. Ocorre também na forma de inclusões arredondadas em feldspato, localmente criando uma textura goticular.

Os feldspatos ocorrem na forma de cristais predominantemente anédricos, localmente subédricos prismáticos, com limites em sua maioria interlobados, mas que pode ocorrer em morfologias suturadas e interdigitadas. Localmente se apresentam em um aspecto arredondado, englobados por biotita. Os feldspatos alcalinos são representados primariamente por ortoclásio, com microclínios secundários, e raramente apresentam pertitas, geralmente mal desenvolvidas, e mirmequitas. Já para os plagioclásios, foi possível determinar uma composição labradorítica pelo método Michael-Lévy em cristais indeformados. As maclas, sejam em grade e polissintéticas, geralmente ocorrem deformadas, sendo comum feições em cúspide. Localmente ocorrem kink bands. Os feldspatos de maneira geral ocorrem pouco alterados, muito localmente com alteração para sericita.

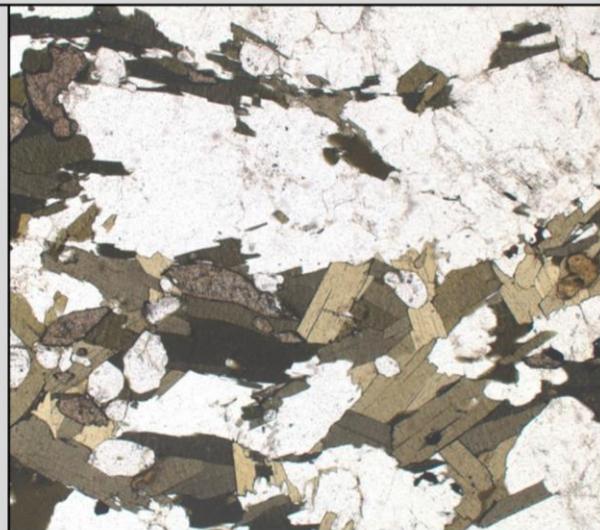
As biotitas compõe a maior parte das bandas máficas e a orientação preferencial destes minerais marca o bandamento composicional. Ocorrem na forma de cristais tabulares que variam de euédricos a anédrico e que estão localmente alterados para clorita. A titanita pode ocorrer na forma de cristais anédricos fraturados e cominuídos ou naviculares, sempre associados a biotita. A apatita também tende-se a concentrar nos níveis biotíticos, bem como as ocorrências de allanita. Foram identificados cristais de zircão elipsoidal com zoneamento interno



PX – 2,5X

500 µm

Descrição: Contraste entre a banda rica em biotita e a banda leucocrática. Notar o predomínio de cristais anédricos de feldspato .



PP – 5X

200 µm

Descrição: Detalhe da banda rica em biotita, com ocorrências associadas de titanita euédrica-subédrica, apatita e allanita.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	30	15	30	20	-	3	-	Traço	-	Traço	2	Traço

**Litotipo: Gnaise – Composição granodiorítica**

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA – COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso - Rafael Wozniak Lipka

Identificação da lâmina: BP-250D

Ponto: BP-250

Estrutura: Maciça

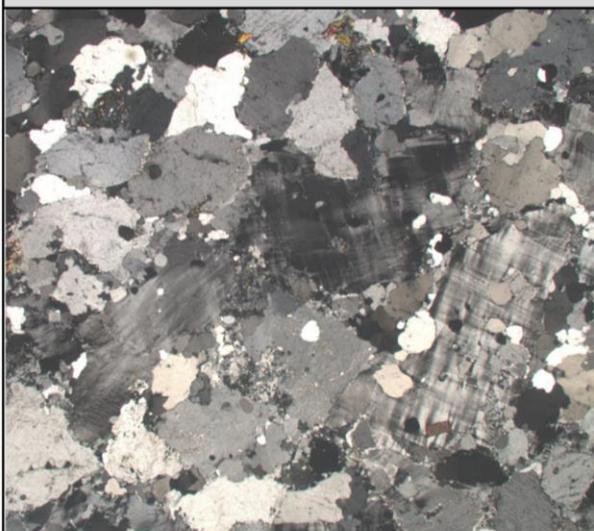
Textura: Granoblástica

Descrição: Litotipo leucocrático equigranular médio, composto por feldspato potássico (ortoclásio e microclínio), quartzo, plagioclásio, com pequenas quantidades de biotita e traços de epidoto, muscovita e opacos.

O quartzo ocorre na forma de cristais anédricos de formato interlobado, que localmente apresenta limites serrilhados ou retilíneos. Localmente apresenta feições de recristalização do tipo SGR.

O feldspato alcalino é representado por cristais de granulometria média e hábitos anédricos, raramente subédricos prismáticos. Pertitas são bastante comum (tipo "em chamas"), bem como intercrescimentos mirmequíticos. Alguns cristais possuem a característica geminação em grade dos microclínios, que sempre se encontra deformada. Já o plagioclásio ocorre como cristais de granulometria média e pequena, com hábitos majoritariamente anédricos, raramente subédrico prismático. Apresenta a característica geminação polissintética, que na maioria das vezes se encontra deformada em maior ou menor grau, localmente formando feições em cúspide. Os feldspatos em geral apresentam uma sericitização incipiente, localmente moderada.

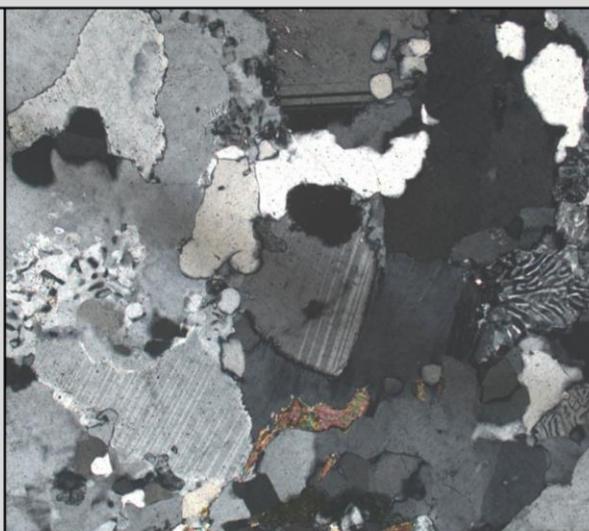
A biotita corre na forma de poucos e pequenos cristais tabulares a anédricos dispersos pela lâmina. Sempre possuem algum nível de alteração para muscovita e clorita. Apesar de dispersos, é evidente uma orientação preferencial. Localmente apresenta inclusões de rutilo (biotita sagenítica).



PX – 2,5X

500 µm

Descrição: Cristais predominantemente anédricos a subédricos de feldspato. Localmente ocorrem inclusões arredondadas de quartzo e biotita.



PX – 10X

200 µm

Descrição: Ocorrência de intercrescimento mirmequítico em área de contato entre feldspato alcalino e plagioclásio.

Mineral	Qz	Fk	Pl	Bt	Hbl	Ttn	Ep	Aln	Mc	Zrn	Ap	Opq
(%)	25	45	25	5	-	-	Traço	-	Traço	Traço	Traço	Traço

**Litotipo: Gnaiss (Banda félsica) – Composição Monzogranítica**