



FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

GABRIEL SILVEIRA BROD

OTÁVIO PASSO VIEIRA

**METAMORFISMO DA SEQUÊNCIA ANICUNS-ITABERAÍ NA  
REGIÃO DE NAZÁRIO – GO**

GOIÂNIA – GO

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

### 1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): Gabriel Silveira Brod e Otávio Passo Vieira

Título do trabalho: METAMORFISMO DA SEQUÊNCIA ANICUNS-ITABERAÍ NA REGIÃO DE NAZÁRIO – GO

### 2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [ X ] SIM [ ] NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

#### Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

**Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Filipe Altoe Temporim, Professor do Magistério Superior**, em 22/07/2024, às 22:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Silveira Brod, Discente**, em 23/07/2024, às 09:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Otávio Passo Vieira, Discente**, em 23/07/2024, às 16:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4688756** e o código CRC **35BF9CAA**.

---

Referência: Processo nº 23070.035907/2024-47

SEI nº 4688756

GABRIEL SILVEIRA BROD

OTÁVIO PASSO VIEIRA

**METAMORFISMO DA SEQUÊNCIA ANICUNS-ITABERAÍ  
NA REGIÃO DE NAZÁRIO – GO**

Monografia apresentada à Faculdade  
de Ciências e Tecnologia como parte  
dos requisitos para a conclusão do  
curso de Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Filipe Altoé Temporim

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Prudente de Melo

GOIÂNIA – GO

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Brod, Gabriel Silveira  
METAMORFISMO DA SEQUÊNCIA ANICUNS-ITABERAÍ NA  
REGIÃO DE NAZÁRIO – GO [manuscrito] / Gabriel Silveira Brod,  
Otávio Passo Vieira. - 2024.  
CXXV, 125 f.: il.

Orientador: Prof. Felipe Altoé Temporim; co-orientador Rodrigo Prudente de Melo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Goiás, , Geologia, Aparecida de Goiânia, 2024.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Mapeamento Litoestratigráfico. 2. Arco Magmático de Arenópolis. 3. Sequência Metavulcanosedimentar Anicuns-Itaberaí. 4. Geotemobarométrica. 5. XMapTools. I. Vieira, Otávio Passo. II. Temporim, Felipe Altoé , orient. III. de Melo, Rodrigo Prudente, co orient. IV. Título.

CDU 55



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 22 dias do mês de julho do ano de 2024 iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “METAMORFISMO DA SEQUÊNCIA ANICUNS-ITABERAÍ NA REGIÃO DE NAZÁRIO – GO”, de autoria de Gabriel Silveira Brod e Otávio Passo Vieira, do curso de Geologia, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo Dr. Filipe Altoé Temporim (FCT/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Débora Ezequiel Cavalcanti (FCT/UFG) e João Victor Grella (IGCE/Unesp). Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição dos estudantes. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de 10,0, tendo sido o TCC considerado aprovado. Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Debora Ezequiel Cavalcanti, Professora do Magistério Superior**, em 22/07/2024, às 18:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Filipe Altoe Temporim, Professor do Magistério Superior**, em 22/07/2024, às 22:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Victor Grella, Usuário Externo**, em 23/07/2024, às 15:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4688574** e o código CRC **77C11079**.

## RESUMO

A Sequência Anicuns-Itaberaí é uma das sequências metavulcanossedimentares que compõem o Arco Magmático de Arenópolis. Entretanto, mesmo com a abundância de pesquisas encontradas na literatura relacionadas aos aspectos geoquímicos, isotópicos e geocronológicos, ainda é escasso material acerca da petrologia e da geologia estrutural com enfoque para a evolução metamórfica dessas rochas, o que torna a evolução tectono-metamórfica dessas sequências ainda pouco compreendida. Este trabalho teve como objetivo estabelecer por meio da cartografia geológica, interpretação estrutural, e estudos petrológicos, uma maior compreensão a respeito das condições metamórficas (P-T) que as rochas da Sequência Anicuns-Itaberaí foram submetidas ao longo da evolução metamórfica da faixa Brasília. Os resultados deste trabalho incluem mapeamento geológico em escala de 1:50.000 da região limítrofe entre os municípios de Anicuns, Avelinópolis, Nazário e Palmeiras de Goiás. Também inclui a integração de dados estruturais, microestruturais e petrológicos, e confecção de mapas composicionais de duas amostras de granada-clorita-biotita-muscovita xisto da área que foram feitos utilizando o *software* XMapTools a partir de dados de microsonda eletrônica. A assembleia mineral dessas rochas, dada por granada + plagioclásio + biotita + muscovita + quartzo + clorita, foram modeladas geotermobarometricamente utilizando a extensão Bingo-Antidote. Os resultados da modelagem sugerem que o pico metamórfico ocorreu em condições de fácies anfíbolito (zona da estauroлита), com retrometamorfismo durante exumação crustal para condições da fácies xisto verde. Os resultados mostram pequenas diferenças nos valores entre as amostras. Na amostra 23GO\_022-P1 as condições obtidas foram de 630,9 °C e 1,007 GPa para o pico do metamorfismo e 536,6 °C e 0,588 GPa para o retrometamorfismo, enquanto que para a amostra 23GO\_025-T1 as condições foram de 654,2 °C e 1,198 GPa para o pico metamórfico e 569,9 °C e 0,703 GPa para o retrometamorfismo. Esses valores indicam que, embora haja pequena diferença entre os resultados de P-T entre as duas amostras, a amplitude de P-T entre o pico metamórfico e o retrometamorfismo, são muito parecidas para as duas amostras, o que sugere que essas diferenças podem estar relacionadas a diferentes níveis de soterramento entre as duas amostras durante o processo metamórfico. Por fim ressalta-se que os dados apresentados neste trabalho trazem novas informações a respeito da evolução geológica dessas rochas e também mostram a necessidade de mais estudos desse tipo na área, incluindo dados geocronológicos das rochas metamórficas para que se possa entender melhor as relações entre metamorfismo e os eventos tectônicos que afetaram a região.

Palavras-chave: Mapeamento Litoestratigráfico, Arco Magmático de Arenópolis, Sequência Metavulcanosedimentar Anicuns-Itaberaí, Geotemobarométrica, XMapTools, Bingo-Antidote.

## ABSTRACT

The Anicuns-Itaberaí Sequence is one of the metavolcanosedimentary sequences that make up the Arenópolis Magmatic Arc. However, even with the abundance of research found in the literature related to geochemical, isotopic and geochronological aspects, there is still little material on petrology and structural geology with a focus on the metamorphic evolution of these rocks, which makes the tectono-metamorphic evolution of these sequences still poorly understood. This work aimed to establish, through geological mapping, structural interpretation and petrological studies, a greater understanding of the metamorphic conditions (P-T) that the rocks of the Anicuns-Itaberaí Sequence were subjected to during the metamorphic evolution of the Brasília belt. The results of this work include geological mapping on a scale of 1:50,000 of the region bordering the municipalities of Anicuns, Avelinópolis, Nazário and Palmeiras de Goiás. It also includes the integration of structural, microstructural and petrological data, and the creation of compositional maps of two samples of garnet-chlorite-biotite-muscovite schist from the area that were made using XMapTools software from electron microprobe data. The mineral assemblage of these rocks, given by garnet + plagioclase + biotite + muscovite + quartz + chlorite, was modeled geothermobarometrically using the Bingo-Antidote extension. The modeling results suggest that the metamorphic peak occurred in amphibolite facies conditions (staurolite zone), with retrometamorphism during crustal exhumation to green schist facies conditions. The results show small differences in values between the samples. In sample 23GO\_022-P1 the conditions obtained were 630.9 °C and 1.007 GPa for the peak of metamorphism and 536.6 °C and 0.588 GPa for retrometamorphism, while for sample 23GO\_025-T1 the conditions were 654.2 °C and 1.198 GPa for the metamorphic peak and 569.9 °C and 0.703 GPa for retrometamorphism. These values indicate that, although there is a small difference between the P-T results between the two samples, the P-T amplitude between the metamorphic peak and the retrometamorphism are very similar for the two samples, which suggests that these differences may be related to different levels of burial between the two samples during the metamorphic process. Finally, it should be emphasized that the data presented in this work provides new information on the geological evolution of these rocks and also shows the need for more studies of this type in the area, including geochronological data on metamorphic rocks in order to better understand the relationship between metamorphism and the tectonic events that affected the region.

Keywords: Lithostratigraphic Mapping, Arenópolis Magmatic Arc, Anicuns-Itaberáí Metavolcanosedimentary Sequence, Geotemobarometric, XMapTools, Bingo-Antidote.

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da área em estudo (23GO) destacada no polígono em vermelho. ....	16
Figura 2 - Fluxograma das principais etapas realizadas ao longo do estudo (Fonte: Elaborado pelos autores). ....	17
Figura 3 - Microsonda eletrônica JEOL modelo JXA-8230 (Fonte: autores).....	20
Figura 4 - Mapa de zonas homólogas definidas com base na fotointerpretação geológica....	26
Figura 5 - Mapas aeromagnetométricos. A) Amplitude do sinal analítico (ASA); B) Primeira Derivada Vertical (Dz). ....	28
Figura 6 - Mapa de domínios magnetométricos da área 23GO.....	29
Figura 7 - Mapa radiométrico das proporções relativas para radioelemento potássio (K), equivalentes tório (eTh) e urânio (eU) e Contagem Total. A) Concentração relativa de K (%). B) Concentração relativa de eU (ppm). C) Concentração relativa de eTh (ppm). D) Ternário (RGB).....	31
Figura 8 - Mapa ternário RGB dos domínios radiométricos da área 23GO.....	33
Figura 9 - Mapa das unidades tectônicas da Faixa Brasília. O polígono representa de maneira aproximada a área de pesquisa. Modificado de Pimentel et al., 2004. ....	35
Figura 10 - Mapa com as unidades da Sequência Anicuns-Itaberaí. O polígono vermelho representa a área de pesquisa. Modificado de Lacerda Filho et al., (2021). ....	37
Figura 11 - A) Foto de detalhe do granada-clorita-biotita-muscovita xisto do ponto 23GO_025 com destaque para o porfiroblasto de granada; B) Vista geral do afloramento do ponto 23GO_016 caracterizado por lajedos e matacões. ....	41
Figura 12 - Fotomicrografia com os principais minerais que constituem o granada-clorita-biotita-muscovita xisto da amostra 23GO_022-P1, com destaque para o porfiroblasto de granada e minerais acessórios como rutilo e turmalina. A) Nicóis descruzados; B) Nicóis cruzados (Aumento de 25x). ....	42
Figura 13 - A) Foto de detalhe do hornblenda-granada-clorita-biotita-muscovita xisto do ponto 23GO_004 com destaque para o porfiroblasto de hornblenda orientado ao longo da foliação principal; B) Vista geral do afloramento do 23GO_004. ....	43
Figura 14 - Aspectos mineralógicos do xisto calcissilicático da lâmina 22TF01_109. A) Imagem scan da lâmina; B) Fotomicrografia com destaque para o porfiroblasto de hornblenda e C) Fotomicrografia com presença de epidoto como mineral acessório (Fonte: Coutinho e Maciel, 2023). ....	43

Figura 15 - Afloramento do ponto 23GO_01 dado por intercalações de granada-muscovita xisto e muscovita quartzito. A) Quartzito com presença de mica muscovita; B) Xisto com predomínio de muscovita e porfiroblastos de granada. ....	46
Figura 16 - Afloramento do ponto 23GO_02. A) Intercalações de quartzito com camadas centimétricas a milimétricas de granada-muscovita xisto; B) As linhas amarelas representam a foliação principal da rocha, a linha tracejada vermelha indica o contorno de dobras intrafoliais comumente observadas nos afloramentos destas rochas e a linha tracejada azul indica o plano axial da dobra.....	46
Figura 17 - Amostra de mão do ponto 23GO_036, onde nota-se uma foliação milonítica com presença de porfiroclastos de plagioclásio e quartzo. ....	48
Figura 18 - Afloramento de xisto calcissilitático exibindo o bandamento composicional ( $S_0$ ) dobrado por dobras intrafoliais (D1) com padrão em laço, gerado durante a fase D2. (Ponto: 22TF01_122). ....	50
Figura 19 - Fotomicrografia do porfiroblasto de granada com linhas de inclusões que desenham dobras isoclinais, interpretadas como pertencentes a fase D1 e cujo plano axial representa a foliação $S_1$ . A) Nicóis descruzados; B) Nicóis cruzados. Lâmina 22TF-01-B, aumento de 25 vezes.....	51
Figura 20 - Imagem de scanner da lâmina 23GO_025-T1. ....	53
Figura 21 - Estereograma dos pólos dos planos das medidas da foliação $S_1$ com base nos valores obtidos na etapa de campo do projeto em questão, juntamente com dados do TF 2022 da UFG. ....	53
Figura 22 - Estereograma indicando as linhas relacionadas com os eixos de dobras. ....	54
Figura 23 - Clivagem espaçada relacionada a foliação $S_3$ (075/88) com direção do strike do plano indicado pela ponta da lapiseira do ponto 23GO_029. ....	55
Figura 24 - Estereograma dos pólos dos planos das medidas de clivagem espaçada $S_3$ com base nos valores obtidos na etapa de campo do projeto em questão, juntamente com dados do TF 2022 da UFG. ....	55
Figura 25 - Estereograma plotado com os pólos dos planos $S_1$ , contorno de densidade e seta indicando o espalhamento lateral relacionado à fase D4.....	56
Figura 26 - Estereograma plotado com as linhas referentes às lineações minerais ( $L_m$ ) dadas por muscovita, com destaque para o contorno de densidade de pontos que indica uma direção preferencial para NNW.....	57
Figura 27 - Bloco diagrama com as respectivas fases de deformação (Fonte: elaborado pelos autores).....	58

Figura 28 - Fotomicrografia mostrando a reação de substituição entre granada e biotita gerando clorita (lâmina 23GO_022-P1 com aumento de 25 vezes). A) Nicóis descruzados, B) Nicóis cruzados.....	59
Figura 29 - Imagem de microscópio petrográfico da lâmina 23GO_025-T1 com aumento de 50 vezes. A) Nicóis descruzados; B) Nicóis cruzados, onde se notam os contatos engrenados na trama de quartzo característicos de recristalização tipo GBM.....	61
Figura 30 - Relação de temperatura, mecanismos de deformação para diferentes minerais e transição entre domínio rúptil para dúctil da área em branco para cinza, com destaque para o quartzo no polígono vermelho e para o mecanismo de recristalização di tipo GBM no polígono tracejado azul. Modificado de Passchier e Trouw, 2005.....	61
Figura 31 - Fotomicrografia de cristal de plagioclásio com textura mirmequítica da lâmina 22TF-01-121-B. A) Nicóis descruzados B) Nicóis cruzados. ....	62
Figura 32 - Diagrama de blastese mineral (Fonte: Elabora pelos autores). ....	63
Figura 33 - Porfiroblasto de granada com borda cloritizada durante o retrometamorfismo. Também se observa a presença de inclusões que desenham dobras suaves dentro do porfiroblasto, sugerindo que o porfiroblasto se cristalizou durante o início da fase D2. Lâmina 23GO_25-T1, aumento de 25 vezes, nicóis descruzados. ....	63
Figura 34 - Fotomicrografia de porfiroblasto de granada quase que totalmente substituído por clorita, durante o retrometamorfismo. Lâmina 23GO_22-P1, aumento de 25 vezes, nicóis descruzados.....	64
Figura 35 - Reações associadas à fácies anfíbolito da assembleia mineral descrita. ....	65
Figura 36 - Mapa composicional obtido por meio do software XMapTools para a lâmina 23GO_022-P1.....	66
Figura 37 - Mapa composicional obtido por meio do software XMapTools para a lâmina 23GO_025-T1.....	67
Figura 38 - Diagramas composicionais dos porfiroblastos de granada. A) Diagrama ternário de membros finais do porfiroblasto de granada entre os membros piropo (pyrope), grossulária (gross) e espessartita (spess); B) Diagrama ternário de membros finais do porfiroblasto de granada entre os membros grossulária, almandina (alm) e piropo. C) Diagrama ternário de membros finais do porfiroblasto de granada entre os membros piropo, almandina e espessartita. ....	68
Figura 39 - Mapas composicionais do porfiroblasto de granada na lâmina 23GO_022-P1, onde as cores quentes representam a maior concentração para os membros: A) Concentração de	

almandina; B) Concentração de grossulária; C) Concentração de Piropo; D) Concentração de espessartita.....	69
Figura 40 - Mapas posicionais do porfiroblasto de granada na lâmina 23GO_025-T1, onde as cores quentes representam a maior concentração para os membros: A) Concentração de almandina; B) Concentração de grossulária; C) Concentração de piropo; D) Concentração de espessartita.....	70
Figura 41 - Pontos selecionados da amostra 23GO_022-T1 para o cálculo da fórmula química em diferentes zonas do porfiroblasto de granada, com destaque em cores quentes para as porções mais ricas em manganês (espessartita).....	71
Figura 42 - Pontos selecionados da amostra 23GO_025-T1 para o cálculo da fórmula química em diferentes zonas do porfiroblasto de granada, com destaque em cores quentes para as porções mais ricas em manganês (espessartita).....	73
Figura 43 - Diagrama ternário com a composição dos cristais de plagioclásio das amostras 23GO_022-P1 e 23GO_025-T1, onde nota-se que os pontos estão relacionados com os membros oligoclásio e albita.....	75
Figura 44 - Pontos selecionados da amostra 23GO_022-P1 para o cálculo da fórmula química em diferentes zonas. Os tons de vermelho mais escuro relacionam-se com maior teor de Na, ou seja, albita.....	75
Figura 45 - Pontos selecionados da amostra 23GO_025-T1 para o cálculo da fórmula química em diferentes zonas. Os tons de vermelho mais escuro relacionam-se com maior teor de Na, ou seja, albita.....	77
Figura 46 - Diagrama composicional de biotitas com base em $X_{Fe}(Fe/Fe+Mg)$ e Al na posição IV.....	79
Figura 47 - Composição química dos cristais de muscovita das amostras analisadas. A) $X_{Na}$ (Na/Na+K) vs $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$ . B) Fe vs Mg. C) Si vs K. D) Si vs Al IV.....	82
Figura 48 - Diagrama de composição entre os membros finais da muscovita (ferro-celadonita, paragonita e muscovita) A) Lâmina 23GO_022-P1; B) Lâmina 23GO_025-T1.....	83
Figura 49 - Pontos selecionados da lâmina 23GO_022-P1 para análise de clorita, onde a cor amarela relaciona-se com valores intermediários para $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$ .....	84
Figura 50 - Pontos selecionados da lâmina 23GO_025-T1 para análise de clorita, onde a cor amarela relaciona-se com valores intermediários para $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$ .....	86
Figura 51 - Histogramas dos valores de pressão obtidos pelo geobarômetro de Anderson (1996). A) Calculado com base na temperatura de 536,6 °C e relacionado com retrometamorfismo; B)	

Calculado com base na temperatura de 630,9 °C e relacionado com o pico do metamorfismo. (Amostra 23GO_022-P1, n = 23).....	89
Figura 52 - Histogramas dos valores de pressão obtidos pelo geobarômetro de Anderson (1996). A) Calculado com base na temperatura de 569,9 °C e relacionado com o retrometamorfismo; B) Calculado com base na temperatura de 654,2 °C e relacionado com o pico do metamorfismo. (Amostra 23GO_025-T1, n = 30).....	90
Figura 53 - Histogramas da relação entre a frequência de dados analisados e a temperatura obtida pelo percentual de Ti em biotita dado pelo geotermômetro de Henry et al., (2005). A) Amostra 23GO_022-P1 com 20 pontos analisados; B) Amostra 23GO_025-T1 com 28 ponto .....	91
Figura 54 - Detalhe do porfiroblasto de granada da amostra 23GO_022-P1 com destaque para a composição rica em Mn (espessartita) e os respectivos pontos selecionados para a modelagem no Bingo-Antidote.....	93
Figura 55 - Detalhe dos porfiroblasto de granada da amostra 23GO_025-T1 com destaque para a composição rica em Mn (espessartita) e os respectivos pontos selecionados para a modelagem no Bingo-Antidote.....	94
Figura 56 - Gráfico comparativo entre os dados obtidos para a composição observada vs modelada para a amostra 23GO_022-P1. A) Pico metamórfico. B) Retrometamorfismo. ....	96
Figura 57 - Gráfico comparativo entre os dados obtidos para a composição observada vs modelada para a amostra 23GO_025-T1. A) Pico metamórfico. B) Retrometamorfismo. ....	96
Figura 58 - Diagrama AFM para rochas metamórficas pelíticas de J. B. Thompson, 1957. (Plotado na plataforma: <a href="https://www.science.smith.edu/~jbrady/petrology/metrocks-tools/afm-diagram-plProj.php">https://www.science.smith.edu/~jbrady/petrology/metrocks-tools/afm-diagram-plProj.php</a> ) .....	99
Figura 59 - Grid petrogenético mostrando as profundidades relativas ao pico do metamorfismo e ao retrometamorfismo. Modificado de Winter (2014).....	100
Figura 60 - Correlação entre as condições de P-T na modelagem do Bingo-Antidote com as respectivas porções nos porfiroblastos das amostras selecionadas. ....	101

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Relação do mineral analisado e a quantidade de pontos para a lâmina 23GO_025-T1 .....	21
Tabela 2 - Relação do mineral analisado e a quantidade de pontos para a lâmina 23GO_022-P1 .....	21
Tabela 3 - Análise química dos principais óxidos realizada por FRX para xistos calcissilicáticos mapeados no 22TF04 .....	45
Tabela 4 - Tabela de composição química das amostras ( <i>bulk composition</i> ) 23GO_022-P1 e 23GO_025-T1.....	67
Tabela 5 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual dos membros finais do porfiroblasto de granada da amostra 23GO_022-P1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.....	72
Tabela 6 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual dos membros finais do porfiroblasto de granada da amostra 23GO_025-T1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.....	74
Tabela 7 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual dos membros finais dos cristais de plagioclásio da amostra 23GO_022-P1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.....	76
Tabela 8 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual dos membros finais dos cristais de plagioclásio da amostra 23GO_025-T1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.....	78
Tabela 9 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual do $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$ de biotita presentes nas amostras 23GO_022-P1 e 23GO_025-T1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.....	80
Tabela 10 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual do $X_{Fe}(Fe/Fe+Mg)$ de muscovita presentes nas amostras 23GO_022-P1 e 23GO_025-T1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.....	81
Tabela 11 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral, percentual dos membros finais e $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$ dos cristais de clorita da amostra 23GO_022-P1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.....	85
Tabela 12 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral, percentual dos membros finais e $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$ dos cristais de clorita da amostra 23GO_025-T1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.....	87

Tabela 13 - Valores de P-T para diferentes pontos da lâmina 23GO_022-P1. ....	94
Tabela 14 - Valores de P-T para diferentes pontos da lâmina 23GO_025-T1. ....	94
Tabela 15 - Fatores de qualidade do Bingo-Antidote para a amostra 23GO_022-P1.....	95
Tabela 16 - Fatores de qualidade do Bingo-Antidote para a amostra 23GO_025-T1.....	95

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. LOCALIZAÇÃO .....	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	17
3.1. Fotointerpretação .....	18
3.2. Processamento de dados aerogeofísicos .....	18
3.4. Descrições petrográficas .....	19
3.5. Análises em microsonda .....	19
3.5 - Integração de dados.....	22
3.6. Processamento dos dados de microsonda .....	22
3.6.1. XMapTools .....	22
3.6.2. Bingo-Antidote .....	23
3.6.3. Cálculo da fórmula estrutural dos minerais .....	24
3.7. Cálculos geotermobarométricos .....	24
4. INTERPRETAÇÃO FOTOGEOLOGICA .....	26
5. AEROGEOFÍSICA .....	28
5.1 Magnetometria.....	28
5.2 Radiometria .....	30
6. GEOLOGIA REGIONAL .....	34
7. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO .....	39
7.1. Talco xisto .....	39
7.2. Mármore calcítico .....	39
7.3. Xistos .....	40
7.4. Xistos Calcissilicáticos .....	42
7.4. Quartzito intercalado com xisto .....	45
7.5. Quartzito.....	46
7.6. Biotita Monzogranito Creoulos .....	47
7.7. Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas .....	48
8. GEOLOGIA ESTRUTURAL .....	49
8.1. Estruturas da Fase D1.....	49
8.2. Estruturas da Fase D2.....	52
8.3. Estruturas da Fase D3.....	54
8.4. Estruturas posteriores (D4?) .....	56
8.5. Lineação Mineral .....	57

8.6. Interpretação dos dados .....	57
9. METAMORFISMO .....	59
9.1. Evidências texturais .....	59
10. MAPAS COMPOSICIONAIS.....	66
11. QUÍMICA MINERAL.....	68
12. GEOTERMOBAROMETRIA.....	88
12.1 Geotermômetros e geobarômetros baseados na composição de minerais .....	88
12.2. Geotermobarometria utilizando o bingo-antidote .....	92
13. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	97
14. CONCLUSÃO.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
APÊNDICE A - PONTOS ANALISADOS POR WDS (AMOSTRA: 23GO_022-P1).....	107
APÊNDICE B - PONTOS ANALISADOS POR WDS (AMOSTRA: 23GO_025-T1).....	108
APÊNDICE C - MAPA DE PONTOS .....	109
APÊNDICE D - MAPA GEOLÓGICO.....	110
APÊNDICE E - TABELA DE PONTOS.....	111
APÊNDICE F - TABELA DE AMOSTRAS.....	114
APÊNDICE G - DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS (LÂMINA: 23GO_022-P1).....	115
APÊNDICE H - DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS (LÂMINA: 23GO_025-T1) .....	117
APÊNDICE I - DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS (LÂMINA: 23TF04-93) .....	119

## 1. INTRODUÇÃO

O Arco Magmático de Goiás compreende sequências de rochas vulcanossedimentares e ortognaisses com assinatura geoquímica de Arco de Ilhas, que foram acrescentados à porção oeste da Faixa Brasília durante o Neoproterozóico (e.g., Pimentel & Fuck, 1992; Junges *et al.*, 2002; Pimentel *et al.*, 2016). Geograficamente o Arco Magmático é segmentado em duas partes, separadas por rochas Paleoproterozoicas do Bloco Goiás (e.g., Pimentel e al., 2016). O segmento sul, denominado Arco de Arenópolis, é constituído por ortognaisses e uma série de sequências vulcanossedimentares, que incluem a Sequência Anicuns-Itaberaí, interpretada como uma sequência do tipo *fore-arc*, associada ao sistema de arco de ilha (Laux, *et al.*, 2010).

Apesar da diversidade de trabalhos publicados na literatura a respeito do Arco Magmático de Goiás a maioria aborda os aspectos geoquímicos, isotópicos e geocronológicos dos ortognaisses e das unidades vulcanossedimentares do arco (e.g., Laux *et al.*, 2004; Laux *et al.*, 2010). Entretanto, estudos estruturais e petrológicos, em especial aqueles voltados à evolução metamórfica dessas rochas, ainda são escassos, de maneira que a evolução tectonometamórfica de muitas dessas sequências ainda não é completamente entendida.

Neste trabalho é apresentado o resultado do mapeamento geológico 1:50.000 de uma área de cerca de 142 km<sup>2</sup> localizada na região da Serra da Jiboia, próxima ao limite do Arco Arenópolis com a Zona Interna da Faixa Brasília. Além do mapa geológico, este trabalho também apresenta a arquitetura estrutural das rochas da área mapeada e dados petrológicos inéditos. Esses dados são baseados no mapeamento composicional de lâminas delgadas de xistos pelíticos em microsonda eletrônica, que revelam a história metamórfica à qual as rochas supracrustais da Sequência Anicuns-Itaberaí foram submetidas ao longo de sua evolução. Esses dados possibilitam restringir a evolução geológica desta região, no sentido de compreender sob quais condições ocorreu a acreção do Arco Magmático de Goiás à Faixa Brasília e como se deu a exumação dessas rochas.

## 2. LOCALIZAÇÃO

A área de estudo compreende um polígono com cerca de 142 km<sup>2</sup>, na região central do estado de Goiás e que se localiza entre os municípios de Anicuns, Avelinópolis, Nazário e Palmeiras de Goiás. Na região sudeste da área destaca-se a Serra da Jiboia, a qual ocupa aproximadamente 30% da área mapeada. O acesso a partir de Goiânia é realizado pela GO-060 onde, após percorridos 70 km, adentra-se a área delimitada nas proximidades do povoado de Claudinápolis (Figura 1).

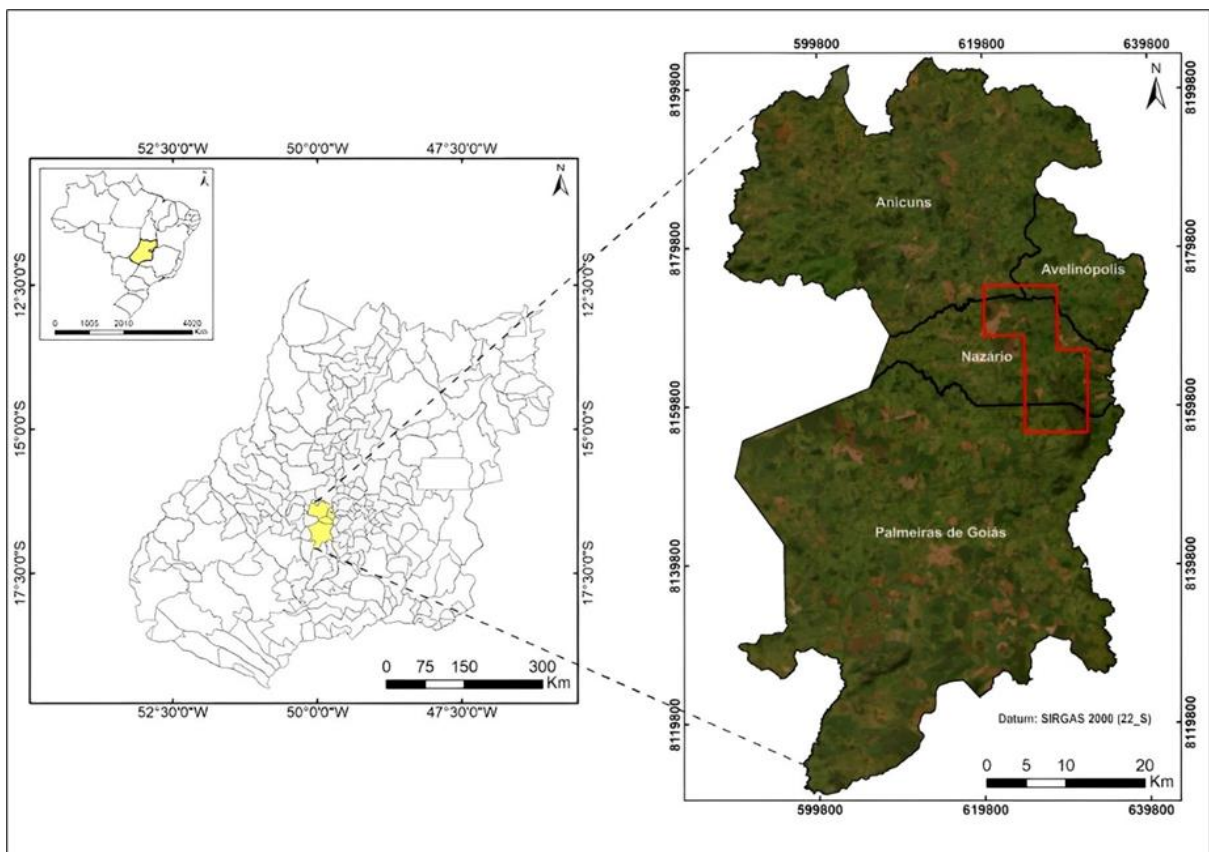


Figura 1 - Mapa de localização da área em estudo (23GO) destacada no polígono em vermelho.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Durante a realização deste trabalho, foram executadas etapas que envolveram levantamento bibliográfico, análise prévia de dados geológicos da área de estudo, fotointerpretação geológica, interpretação aerogeofísica e trabalhos de campo para obtenção de amostras e dados estruturais. Posteriormente, foram executadas as etapas de tratamento dos dados, descrições petrográficas, elaboração de mapa e perfil geológico, confecção de estereogramas, análise de lâminas em microsonda e cálculos geotermobarométricos (Figura 2).

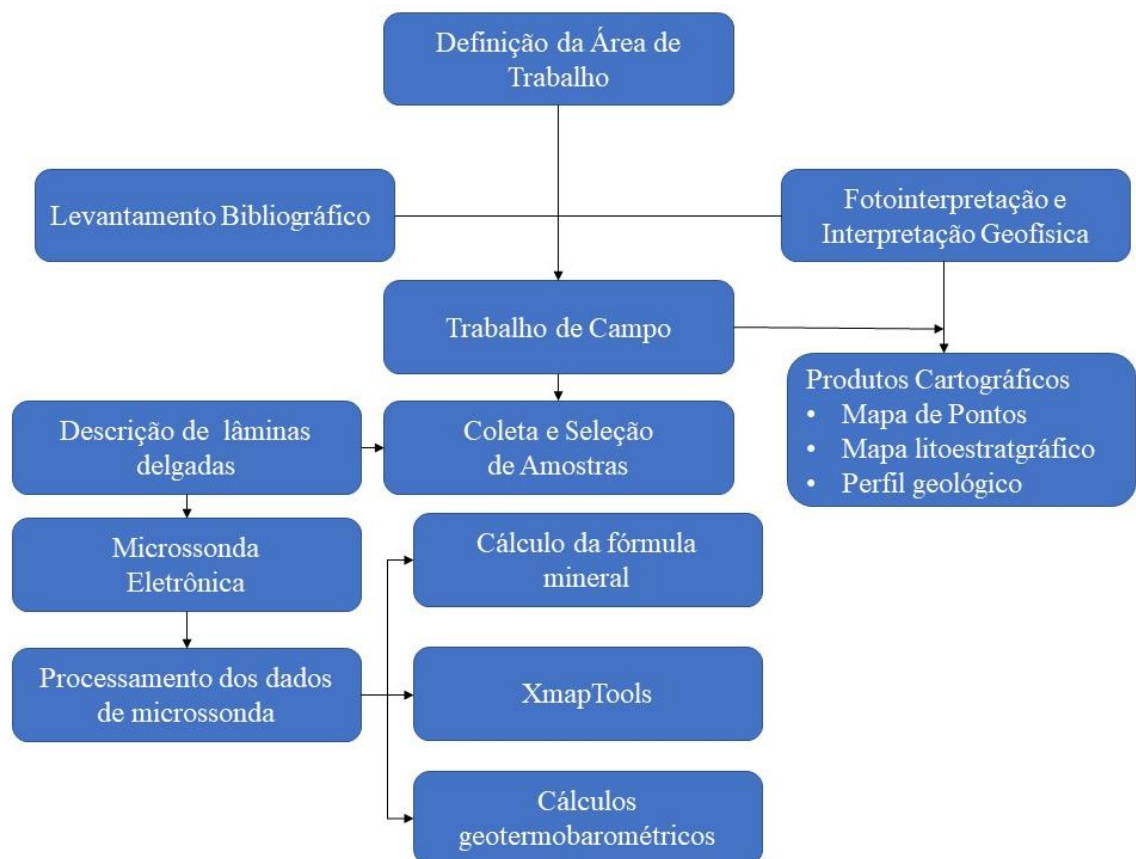


Figura 2 - Fluxograma das principais etapas realizadas ao longo do estudo (Fonte: Elaborado pelos autores).

A etapa inicial consistiu na análise prévia da área de estudo com base em dados da geologia regional da Folha Nazário (SE.22-X-A-VI) elaborada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) em 2020 e obtida na plataforma GeoSGB, além de artigos

científicos, teses de doutorado/mestrado e mapeamentos realizados nos trabalhos de conclusão do curso de geologia da Universidade Federal de Goiás (UFG) nos anos 2020 e 2021.

### **3.1. Fotointerpretação**

A fotointerpretação geológica da área foi realizada com base em aerofotografias do Projeto USAF-63-32, onde se utilizou um estereoscópio de mesa para visualização das feições. O método está baseado essencialmente no estabelecimento de conjuntos homólogos (ou zonas homólogas), que consiste no estudo das propriedades do relevo e dos elementos texturais e estruturais. Os critérios estabelecidos foram os mesmos utilizados por Soares e Fiori (1976). A partir da fotogeologia, foram extraídos dados de lineamentos estruturais, alinhamentos de relevo, padrão de drenagem e delimitação de zonas fotolitológicas com base em texturas de drenagem e de relevo.

### **3.2. Processamento de dados aerogeofísicos**

Utilizou-se os dados do levantamento aerogeofísico, obtidos pela parceria entre a CPRM e o Governo de Goiás por meio do Fundo de Fomento à Mineração (Funmineral). A primeira etapa foi concluída utilizando o *software* Oasis Montaj. Inicialmente as coordenadas foram convertidas de SAD-69 para WGS84. Para determinar a consistência dos dados, foi calculada a diferença de quarta ordem. Após garantir a qualidade dos dados, o método de interpolação foi escolhido. O tamanho da célula foi selecionado, segundo Vasconcelos *et al.*, (1990) que definiu que as mesmas devem estar entre 1/4 e 1/8 do espaçamento. Como o espaçamento entre linhas é de 500 m, um tamanho de célula de 100 m aplicado foi o mais adequado. Os métodos comparados foram a Curvatura Mínima e o Bidirecional, conforme sugerido por Leão-Santos (2006). Os valores usados para comparação foram a Intensidade Magnética Total (TMI) e o Gradiente Total (GT), com declinação do sombreamento a 90° e inclinação do sombreamento a 45°. Selecionado o método de interpolação, aplicou-se um filtro de suavização para remover qualquer ruído residual. Ajustou-se o filtro de convolução, que é um método estatístico matricial. Por fim, foram plotados os seguintes dados radiométricos: Contagem Total (TC), potássio em porcentagem (K %). Tório em ppm (Th ppm). Urânio em ppm (U ppm), e imagem ternária RGB – K eTh eU.

### **3.3. Etapa de campo e processamento de dados**

O mapeamento geológico realizado na área de estudo ocorreu entre os dias 07 e 15 de julho de 2023. Na ocasião, foram analisados e descritos 40 afloramentos em uma área de aproximadamente 142 km<sup>2</sup>. Durante esta etapa, realizou-se a coleta de amostras de rocha, sendo duas delas (23GO\_22B e 23GO\_25B) retiradas com orientação estrutural, para posteriormente serem serradas em direções específicas para a confecção de lâminas petrográficas. Todas as amostras coletadas foram armazenadas e catalogadas conforme o número do ponto mapeado e data de amostragem.

Os produtos relacionados com Sistema de Informações Geográficas (SIG), dados pelos mapas de imagens aerogeofísicas, fotogeologia, mapa geológico e demais produtos cartográficos presentes neste relatório, foram obtidos e cartografados com base no Datum WGS84 projeção UTM zona 22S e gerados a partir do *software* ArcMap 10.6.1. A mencionada plataforma foi utilizada para edição, confecção e interpretação dos dados. Os estereogramas de medidas estruturais presentes no tópico de geologia estrutural foram confeccionados por meio do *software* Stereonet v.11.3.0 (Allmendinger, 2013). A elaboração de perfil geológico e todos os produtos relativos à edição e criação de imagens foram executados com o uso dos *softwares* CorelDRAW 2019 e Inkscape 1.3.2 (2023).

### **3.4. Descrições petrográficas**

Esta etapa foi realizada no Laboratório de Petrografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Federal de Goiás (UFG), e consistiu na análise de lâminas delgadas para identificação/interpretação mineralógica e textural e para elaboração das fichas petrográficas (APÊNDICE G, APÊNDICE H e APÊNDICE I) em microscópio binocular modelo Axio Scope A1 da marca Zeiss, bem como para seleção de áreas mineralogicamente e texturalmente representativas das lâminas, para posteriormente serem analisadas em microsonda eletrônica.

### **3.5. Análises em microsonda**

Esta etapa foi realizada no laboratório de Microsonda Eletrônica do Departamento de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho” (IGCE - UNESP) em Rio Claro (SP). O equipamento utilizado foi uma microsonda eletrônica da marca JEOL, modelo JXA-8230 SuperProbe (Figura 3).



Figura 3 - Microsonda eletrônica JEOL modelo JXA-8230 (Fonte: autores)

As análises de microsonda foram realizadas em duas lâminas de granada-biotita-muscovita xisto da área de estudo (23GO\_022-P1 e 23GO\_025-T1) confeccionadas a partir de amostras orientadas coletadas nos pontos (23GO\_022 e 23GO\_025) (APÊNDICE C). Esta etapa foi precedida por estudo petrográfico e microestrutural das amostras selecionadas. Para cada uma das amostras selecionadas, foram confeccionadas duas lâminas polidas, uma paralela à lineação mineral da rocha, e outra perpendicular. Posteriormente as lâminas foram imageadas em um scanner fotográfico Epson Perfection V550 do Laboratório de Petrografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Federal de Goiás (UFG) e analisadas utilizando microscópio binocular modelo Axio Scope A1 da marca Zeiss do Laboratório de Petrografia da FCT. Foram selecionadas áreas texturalmente interessantes e mineralogicamente representativas das amostras selecionadas, para mapeamento composicional em microsonda

eletrônica. Após a definição de áreas de interesse, as lâminas foram metalizadas com *carbon coating* no Departamento de Geologia do IGCE.

Após preparadas as amostras foram inseridas no equipamento para calibração e delimitação da região de cada lâmina a ser mapeada. Com o auxílio do espectrômetro WDS (*Wavelength Dispersive Spectrometry*) foram selecionados pontos para análise química em cristais de granada (Grt), muscovita (Ms), plagioclásio (Plg), clorita (Chl) e biotita (Bt) (Kretz, 1983) dentro da área selecionada para mapeamento de cada lâmina (Tabela 1) e (Tabela 2) que serviram para calibração dos dados de mapeamento composicional das áreas selecionadas. As imagens com os respectivos pontos analisados para cada uma das duas lâminas encontram-se no APÊNDICE A e APÊNDICE B.

Tabela 1 - Relação do mineral analisado e a quantidade de pontos para a lâmina 23GO\_025-T1

<b>Lâmina 23GO_025-T1</b>	
Granada	2 perfis de 20 pontos
Muscovita	2 perfis de 15 pontos
Biotita	28 pontos dispersos
Clorita	25 pontos dispersos
Plagioclásio	2 perfis de 10 pontos
Total	143 pontos

Tabela 2 - Relação do mineral analisado e a quantidade de pontos para a lâmina 23GO\_022-P1

<b>Lâmina 23GO_022-P1</b>	
Granada	25 pontos + 8 pontos na borda
Muscovita	1 perfil de 15 pontos + 8 dispersos
Biotita	20 pontos dispersos
Clorita	28 pontos dispersos
Plagioclásio	25 pontos dispersos
Total	129 pontos

Os parâmetros analíticos (tamanho de pixel, corrente de emissão, voltagem e *dwell time*) foram os mesmos para o mapeamento das duas lâminas:

- Tamanho do pixel: 4  $\mu\text{m}$
- Corrente: 100 nA
- Voltagem: 15kV
- *Dwell time*: 80 ms
- Dois espectrômetros WDS para a análise dos elementos Si, Al, Na, Mg Ca, K, Ti, Fe e Mn.
- EDS para a análise de elementos como S, P, Zr e Cr

### 3.5 - Integração de dados

A área de estudo se sobrepõe parcialmente à área mapeada por Coutinho e Maciel (2023) em escala 1:50.000. Dados estruturais, de contatos litológicos e descrições de afloramentos, executados pelos autores serviram de base para o presente trabalho e foram utilizados e integrados com os dados obtidos nas etapas de campo para elaboração do mapa geológico (APÊNDICE D). Este trabalho também contou com dados de análise química por fluorescência de raio-X (FRX) realizada no Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CRTI) para amostras de xistos calcissilicáticos, relacionados com o trabalho de Santos *et al.*, (2022).

### 3.6. Processamento dos dados de microsonda

#### 3.6.1. XMapTools

O *software* XMapTools (Lanari *et al.*, 2014) foi utilizado para processar imagens obtidas em microsonda eletrônica de raio-X e na confecção de mapas composicionais. O *software* funciona por intermédio do programa MATLAB na versão 7.5.

O processamento utilizando o programa se deu em três etapas: (i) o tratamento das imagens de microsonda de raios-X, que consistiu na análise estatística da composição dos píxeis; (ii) a etapa *Quanti*, que consistiu em transformar o mapa padronizado em mapas de composição estrutural e mapas de P-T, e a última; (iii) relaciona com os resultados em que foram construídos diagramas de composição química binários e ternários com as funções

*Chem2D* e *TriPlot3D* (Lanari *et al.*, 2014). Usando a função *TriPlot3D* (Lanari *et al.*, 2014) no XMapTools foram confeccionados diagramas ternários de composição.

Foram selecionadas uma área em cada lâmina das amostras 23GO\_022-P1 e 23GO\_025-T1 para confecção de mapas químicos e de composição mineral. A seleção das áreas foi feita com base na descrição petrográfica das lâminas delgadas, buscando-se selecionar áreas que representassem quimicamente e mineralogicamente a rocha como um todo.

Os dados obtidos na microsonda foram inseridos no *software* XMapTools (Lanari *et al.* 2014) que, com base nos valores de intensidade composicional de cada pixel, foram gerados os mapas composicionais (Figura 36 e Figura 37). Essa etapa ilustrou de forma digital as fases minerais que foram: quartzo (Qtz), plagioclásio (Plg), muscovita (Ms), biotita (Bt), granada (Grt), clorita (Chl), turmalina (Tur), epidoto (Ep), apatita (Ap), rutilo (Rt) e titanita (Ttn) na lâmina 23GO\_022-P1. Para a lâmina 23GO\_025-T1, as fases minerais foram: quartzo, plagioclásio, muscovita, biotita, granada, clorita, apatita, rutilo e titanita.

### 3.6.2. Bingo-Antidote

O Bingo-Antidote é uma extensão do *software* XMapTools (Lanari *et al.*, 2014). Seu funcionamento é dado a partir da extensão *Xthermo*, que permite rodar modelos termodinâmicos iterativos por meio da minimização da energia livre de Gibbs. O processamento utilizando a extensão foi feito em duas etapas, a primeira consistiu na utilização do Bingo para minimização da energia livre de Gibbs. Esse processo foi feito com o auxílio do *software Theriaki* (Captain & Brown, 1987) que realizou a etapa de minimização da energia livre de Gibbs, calculando os fatores de qualidade Q para determinar o modelo termodinâmico com relação à paragênese observada. Os fatores mencionados relacionam-se com os seguintes parâmetros: Qasm corresponde a assembléia mineral; Qvol associado a moda mineral; Qcmp relacionado com a composição química e Qtotal que é a avaliação global para qualquer condição de P-T

A avaliação da correlação entre as observações e previsões dos modelos de equilíbrio é um problema de otimização não linear. O programa Antidote contém diversas rotinas, chamadas de *recipes*, para investigar como os fatores de qualidade dos modelos avaliados pelo Bingo mudam dentro da faixa de pressão, temperatura e pressão do modelo. (Duesterhoeft e Lanari, 2020).

Foi utilizada a *receipe #1*, cuja função é otimizar a pressão e a temperatura conforme a composição das amostras que leva em conta a quantidade molar de H, C e O. Com a execução da *receipe #1*, foram calculadas as condições de P-T para o pico metamórfico e para o retrometamorfismo.

### 3.6.3. Cálculo da fórmula estrutural dos minerais

Assim como nos cálculos geotermobarométricos, descritos no tópico subsequente, as fórmulas estruturais dos cristais de biotita e muscovita presentes nas amostras foram obtidas a partir de dados planilhados, respectivamente relacionados aos trabalhos de Henry *et al.*, (2005) e Anderson (1996). Para a fórmula estrutural dos cristais de clorita, os cálculos foram realizados a partir do *software* Winccac (Yavuz *et al.*, 2015). Os diagramas confeccionados com base nos valores calculados foram plotados a partir da extensão GCDKit (*Geochemical Data Toolkit*) no *software* RStudio 3.6.

### 3.7. Cálculos geotermobarométricos

Além dos valores de pressão e temperatura obtidos por meio da modelagem a partir do *software* XMapTools na interface Bingo-Andidote, os dados analíticos de cristais individuais obtidos na microsonda, foram utilizados para cálculos geotermobarométricos utilizando geotermômetros e geobarômetros baseados na composição química de alguns dos minerais da rocha. Esses cálculos foram feitos com o objetivo de se obter valores aproximados de pressão e temperatura, que pudessem servir como referência para a modelagem utilizando o XMapTools e a extensão Bingo-Andidote. Para isso foram utilizados o geotermômetro de Ti em biotita de Henry *et al.*, (2005) e o geobarômetro de muscovita de Anderson (1996).

O geobarômetro de muscovita, originalmente criado para rochas graníticas, é baseado na variação de Si do componente fengítico da muscovita, em que o aumento relativo das condições de pressão e temperatura resultam em um aumento de Si no sistema, o que acaba marcando as condições de pressão (Massome.H,J & Schreyer.W. 1987). O cálculo de pressão é realizado pela equação de Anderson (1996).

$$P(\text{kbar}) = - 2-6786 \text{ Si}_2 + 43-975 \text{ Si} + 0-01253 \text{ T(=C)} -113-999$$

O geotermômetro de Henry *et al.*, (2005) relaciona a quantidade de  $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$  e a concentração de Ti em biotitas às condições de temperatura. Nesse caso, a concentração de Ti na biotita aumenta com a temperatura e diminui com o aumento de  $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$ . Os valores de temperatura são obtidos com a seguinte equação:

$$T = \{[\ln(Ti) - a - c(X_{Mg})^3]/b\}^{0.333}$$

- T é a temperatura dada em °C
- Ti é a concentração de Ti
- $X_{Mg} = Mg/(Mg+Fe)$
- $a = -2,3594$
- $b = 4,6482 \times 10^{-9}$
- $c = -1,7283$

#### 4. INTERPRETAÇÃO FOTOGEOLÓGICA

Na área de pesquisa foram delimitadas quatro zonas homólogas, conforme a fotointerpretação das aerofotografias, divididas em zonas homólogas A, B, C e D (Figura 4). Cada domínio possui características morfológicas, texturais e radiométricas distintas.

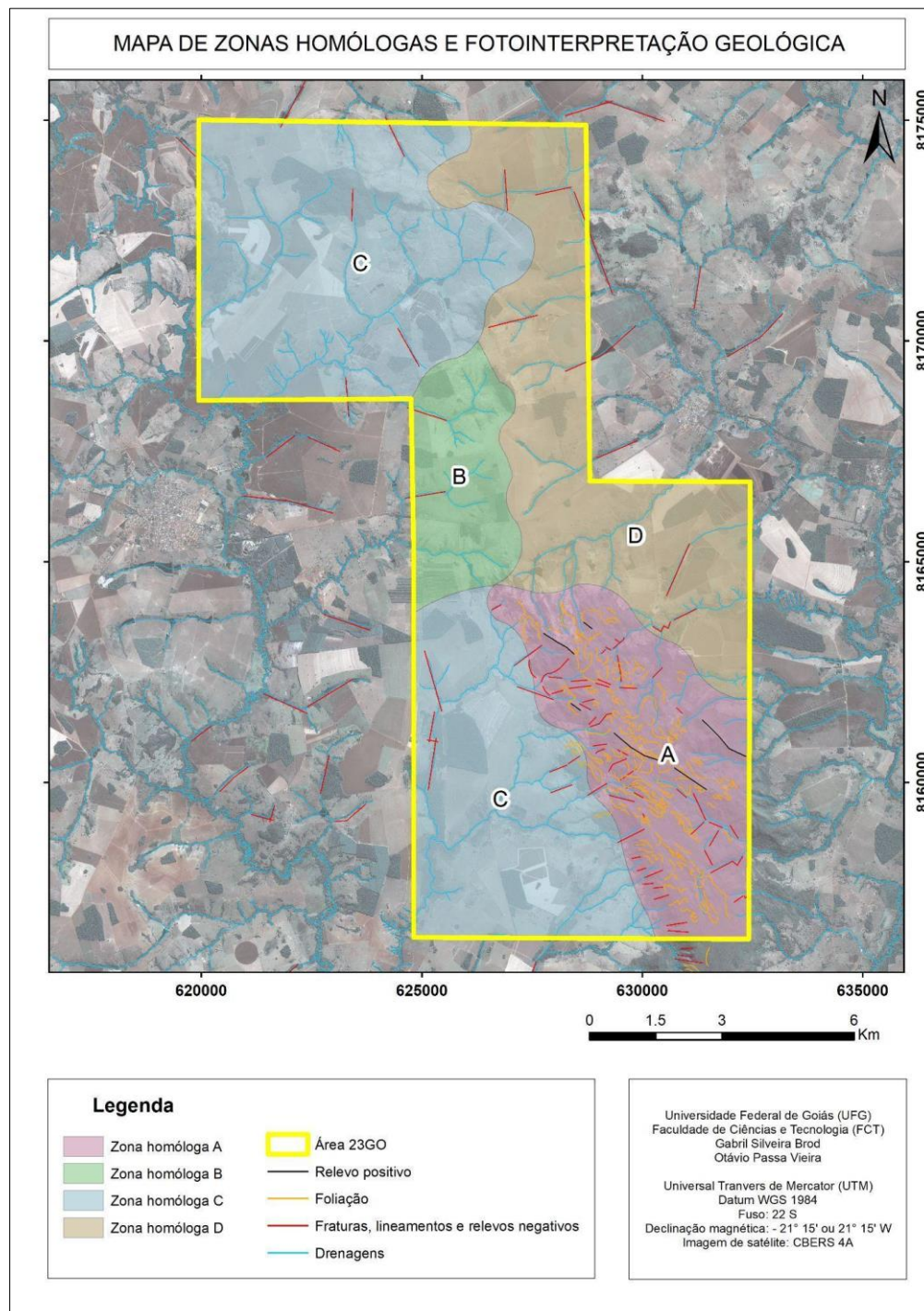


Figura 4 - Mapa de zonas homólogas definidas com base na fotointerpretação geológica.

A Zona Homóloga A está localizada na porção centro-sudeste da área e está associada a um alto topográfico descrito por Lacerda Filho (2021) como Serra da Jiboia. Tem como característica um *trend* NW-SE com uma densidade de drenagens que varia de média a baixa, sinuosidade moderada, baixa angularidade e multidirecional. O relevo tem alta rugosidade com quebras positivas em formato côncavo e côncavo-convexo e fortemente assimétrico. Faz contato com as zonas homólogas B, C e D.

A zona Homóloga B está localizada a leste da área com densidade de drenagens média, baixa sinuosidade, baixa angularidade e tropia unidirecional. O relevo é pouco rugoso com forma plana sem características morfológicas expressivas. Faz contato com todas as demais zonas homólogas.

A zona Homóloga C está localizada na porção sudoeste e centro-noroeste da área, distinta por densidade de drenagens média a alta, sinuosidade mista e tropia uni a bidirecional. Possui baixa rugosidade de relevo. Na porção sudeste faz contato com as zonas homólogas A e B, enquanto que no centro-noroeste, está em contato com B e D.

A zona Homóloga D está localizada na parte centro-leste a nordeste da área, com densidade de drenagem média a baixa, sinuosidade mista, angularidade média e tropia unidirecional. Possui baixa rugosidade de relevo e faz contato com as zonas homólogas A, B e C.

## 5. AEROGEOFÍSICA

### 5.1 Magnetometria

Os domínios magnetométricos foram definidos a partir de dados brutos aerogeofísicos obtidos pela parceria entre a CPRM/SGB (Serviço Geológico do Brasil) e o Governo do Estado de Goiás por intermédio do Fundo de Fomento à Mineração (Funmineral) em 2004.

As respostas magnéticas fornecem informações relacionadas não somente ao litotipo presente em determinada área, mas também a anisotropia da região. Os contrastes são dados pela composição mineralógica em relação à concentração ou ausência de minerais magnéticos. Essas diferenças de concentração realçam o contraste entre as litologias e as anisotropias da região, como falhas e zonas de cisalhamento. A fim de definir os domínios magnéticos, foi utilizado o mapa amplitude do sinal analítico (ASA), juntamente com o processamento denominado de primeira derivada vertical (dZ) (Figura 5).

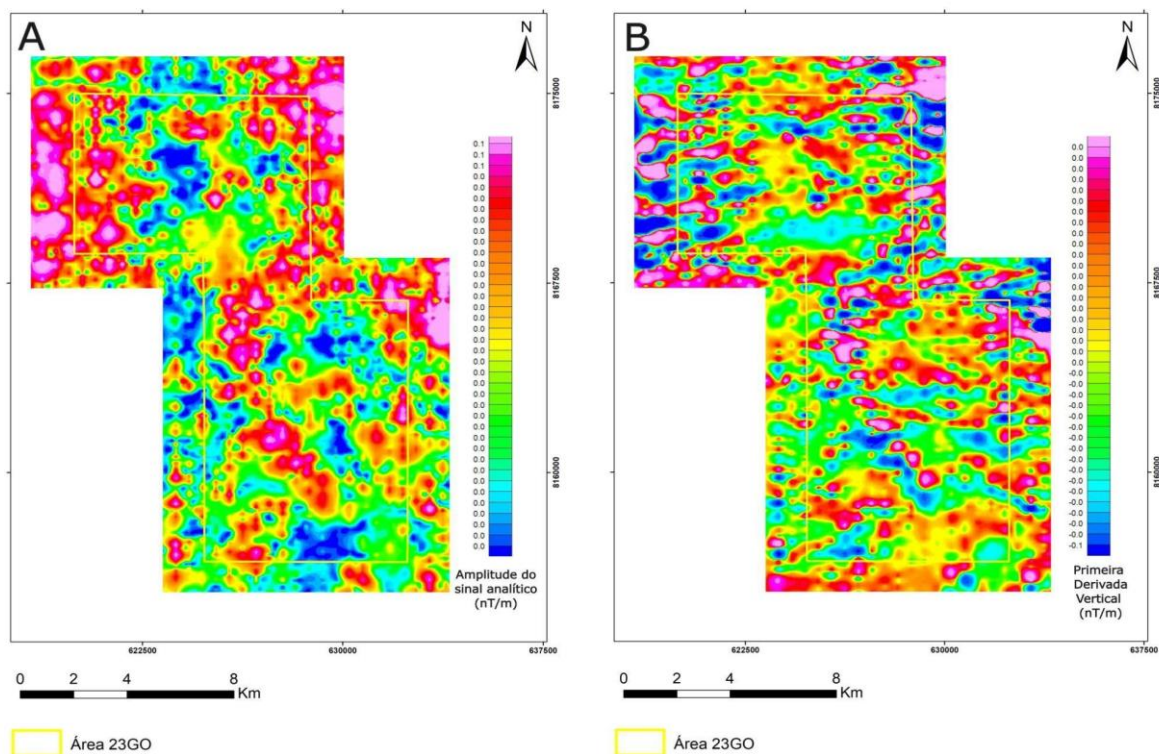


Figura 5 - Mapas aeromagnetométricos. A) Amplitude do sinal analítico (ASA); B) Primeira Derivada Vertical (Dz).

Com base na interpretação das imagens dos mencionados produtos, foram definidos três domínios magnetométricos. Cada um destes domínios apresenta características distintas com relação às porções adjacentes (Figura 6).

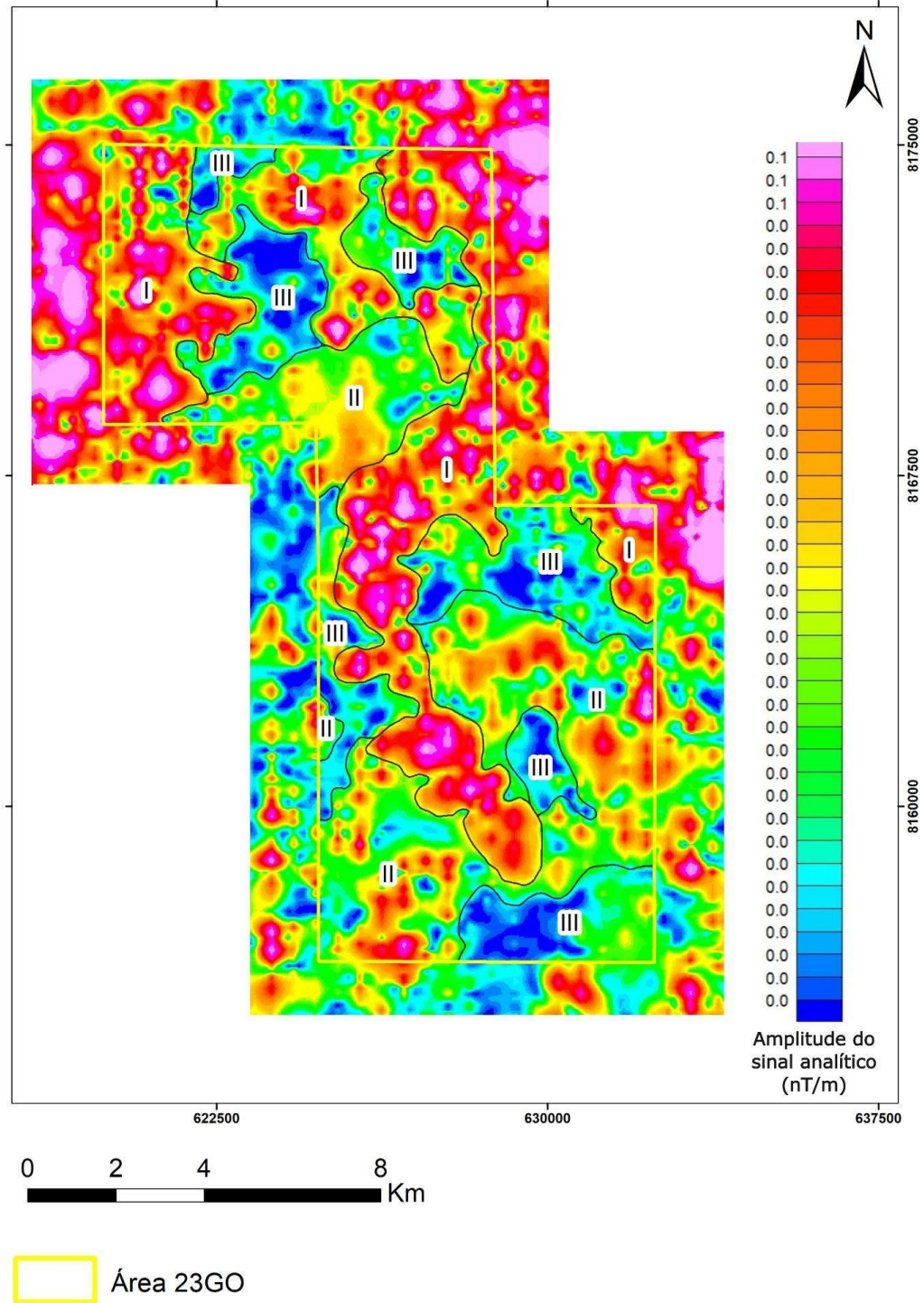


Figura 6 - Mapa de domínios magnetométricos da área 23GO.

**Domínio I** - Situa-se nas porções leste e centro sul da área e se destaca nos mapas de amplitude do sinal analítico (ASA) por anomalias de alta intensidade. No mapa de Derivada Vertical esse domínio tem porções com alta intensidade e com direção preferencial E-W.

**Domínio II** - Concentra-se no centro e na parte sul da área com destaque no mapa de sinal analítico e caracteriza-se por amplitudes magnéticas que variam de média a alta. No mapa de derivada vertical as anomalias têm baixas amplitudes com porções com alta intensidade e *trend* preferencial na direção E-W.

**Domínio III** - Localiza-se no sul e ao norte da área e se destaca no mapa de sinal analítico (ASA) por baixas amplitudes magnéticas. No mapa de derivada vertical esse domínio também fica ressaltado por anomalias de baixa intensidade.

## 5.2. Radiometria

Os domínios radiométricos foram definidos a partir de dados brutos aerogeofísicos obtidos pela parceria entre a CPRM/SGB (Serviço Geológico do Brasil) e o Governo do Estado de Goiás por intermédio da Funmineral em 2004. Os resultados obtidos por este método são gerados a partir da emissão de raios gama pelos isótopos de potássio (K em %), equivalente de tório (eTh em ppm) e equivalente de urânio (eU em ppm). Com base nos diferentes valores apresentados para cada um dos três mencionados canais, é possível inferir contatos litológicos, os quais foram utilizados como guia nas etapas pré e pós-campo. O método em questão relaciona-se com dados superficiais (30 a 50 cm de profundidade), mas que contribuem de maneira satisfatória para a definição dos limites de mudanças litológicas.

Os parâmetros quantitativos de teor (Figura 7) para cada um dos três canais analisados foram estabelecidos da seguinte forma:

- K (%) – baixo para teores entre 0,1 e 0,4; médio para teores entre 0,5 e 1,2 e alto para valores entre 1,3 a 1,9.
- eU (ppm) – baixo para teores entre 0,1 e 0,6; médio para teores entre 0,7 e 1,2 e alto para valores entre 1,3 e 1,8.
- eTh (ppm) – baixo para teores entre 3,1 e 6,0; médio para teores entre 6,1 e 9,9 e alto para valores entre 10,0 e 13,9.

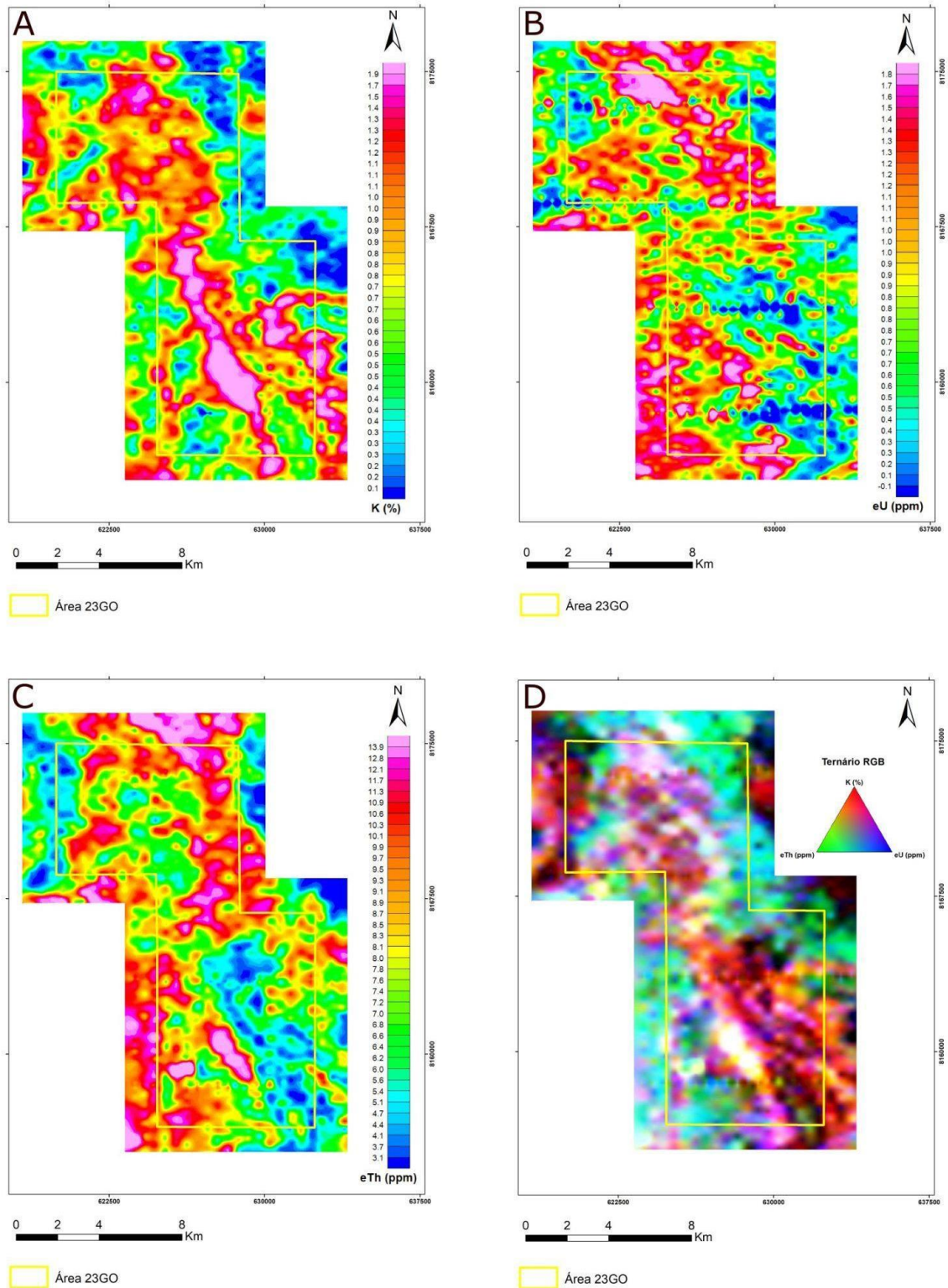


Figura 7 - Mapa radiométrico das proporções relativas para radioelemento potássio (K), equivalentes tório (eTh) e urânio (eU) e Contagem Total. A) Concentração relativa de K (%). B) Concentração relativa de eU (ppm). C) Concentração relativa de eTh (ppm). D) Ternário (RGB)

Com base nos produtos radiométricos, dos padrões estabelecidos para cada um dos três canais e da análise geral a partir do produto ternário RGB, foram definidos cinco domínios (Figura 8) ao longo da área em estudo.

**Domínio radiométrico I:** Ocorre na porção centro-sudeste da área e relaciona-se com quartzitos intercalados com muscovita xistos, caracterizada como a região com as cotas mais elevadas e fotointerpretada como zona homóloga A. De maneira geral, apresenta valores elevados para K e baixos para eTh e eU. Os valores anômalos para o canal do potássio estão relacionados com muscovita xistos e muscovita quartzitos, mapeados principalmente na porção sudeste deste domínio. Faz contato com os domínios II, III e V.

**Domínio radiométrico II:** Localizado na porção centro-sul da área, esta pequena região delimitada apresenta valores elevados para K, eTh e eU, onde não foi possível correlacionar tais anomalias com os litotipos mapeados. Faz contato com os domínios I e V.

**Domínio radiométrico III:** Abrange três porções distintas dentro da área em estudo, sendo elas nas regiões sudoeste, centro e extremo noroeste. São caracterizadas por baixos valores de K, eTh e eU, com exceção da do domínio NW onde os valores de K apresentam-se com variação entre baixo e alto. Também da porção sudoeste onde possui altos valores de eTh em porções localizadas. Faz contato com os domínios I, IV e V.

**Domínio radiométrico IV:** Localizado na porção norte da área, este domínio caracteriza-se por valores médios a alto de K, médio a alto de eU, com destaque para o extremo norte e leste, com as maiores proporções do radioelemento em questão em toda a área, e valores baixos a altos para o canal do eTh. Em função disso, algumas porções do domínio apresentam a cor branca, indicando locais com presença dos três radioelementos. Este domínio contempla as zonas homólogas C e D caracterizadas por superfícies arrasadas. Faz contato com os domínios I, III e V.

**Domínio radiométrico V:** Está inserido na porção sudoeste da área, onde faz limite a leste com a serra composta por quartzitos e xistos dada pelo domínio I. Nota-se que as anomalias de K apresentam valores médios a pontualmente altos, eU com valores altos, principalmente na região oeste do domínio, e o eTh por valores que variam de média a alto. Faz contato com os domínios I e II.

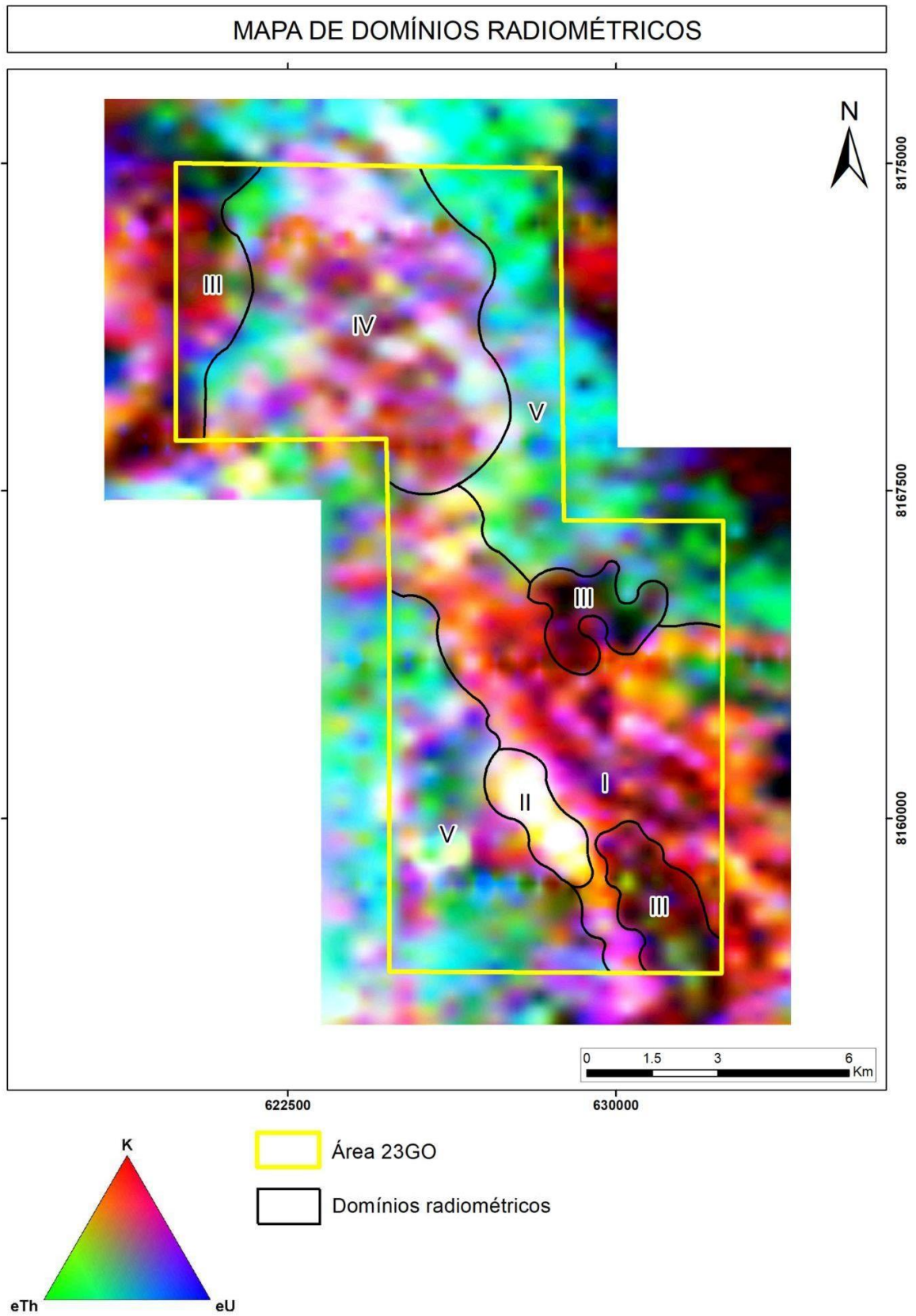


Figura 8 - Mapa ternário RGB dos domínios radiométricos da área 23GO.

## 6. GEOLOGIA REGIONAL

A província Tocantins (Almeida, 1966) é um conjunto de orógenos neoproterozoicos resultado da colisão entre os crátons do Amazonas, São Francisco e bloco do Paranapanema, o que originou as Faixa Araguaia a noroeste e Paraguai a sudoeste, ambas bordejam o cráton Amazonas enquanto a Faixa Brasília a sul bordeja a margem oeste do cráton São Francisco.

A Faixa Brasília (Figura 9) é um orógeno acrescionário neoproterozoico situado na porção central da província Tocantins, com 1200 km de extensão e 300 km de largura, que percorre os estados de Goiás, Minas Gerais e sudeste do Tocantins. (Uhlein *et. al.*,2012, Pimentel, 2016). A colisão entre os crátons São Francisco, Amazonas e bloco do Paranapanema durante a colagem da parte ocidental do Supercontinente Gondwana resultou em formato côncavo devido ao fato dessas colisões não terem sido concomitantes, isso por que a primeira colisão ocorreu entre o bloco do Paranapanema com o cráton São Francisco que acabou originando a ramificação sul com direção SE chamada de Faixa Brasília meridional e a norte com colisão tardia do cráton Amazonas com o cráton São Francisco, que originou a porção NE chamada de Faixa Brasília setentrional (Uhlein *et. al.*,2012)

Segundo Pimentel (2016) e Valeriano *et al.* (2008) a Faixa Brasília é dividida em lascas tectônicas empurradas sobre o cráton São Francisco que aumentam o grau de deformação e metamorfismo de leste para oeste, são elas: (1) Zona de antepaís que corresponde a camadas de rochas metassedimentares que cobrem o Cráton do São Francisco representadas pelo Grupo Bambuí; (2) Zona Externa constituída por rochas metassedimentares de baixo grau representadas pelos Grupos Paranoá e Canastra; (3) Zona Interna localizadas no núcleo da Faixa Brasília que correspondem a rochas de alto grau metamórfico em fácies anfíbolito a granulito, simbolizada pelo Grupo Araxá e pelo Complexo Anápolis-Itauçu; (4) Maciço de Goiás que contempla parte do embasamento alóctone arqueano; e (5) o Arco Magmático de Goiás, dado por rochas cálcio-alcalinas de idade neoproterozoica (Pimentel, 2016. Valeriano *et. al.*,2008).

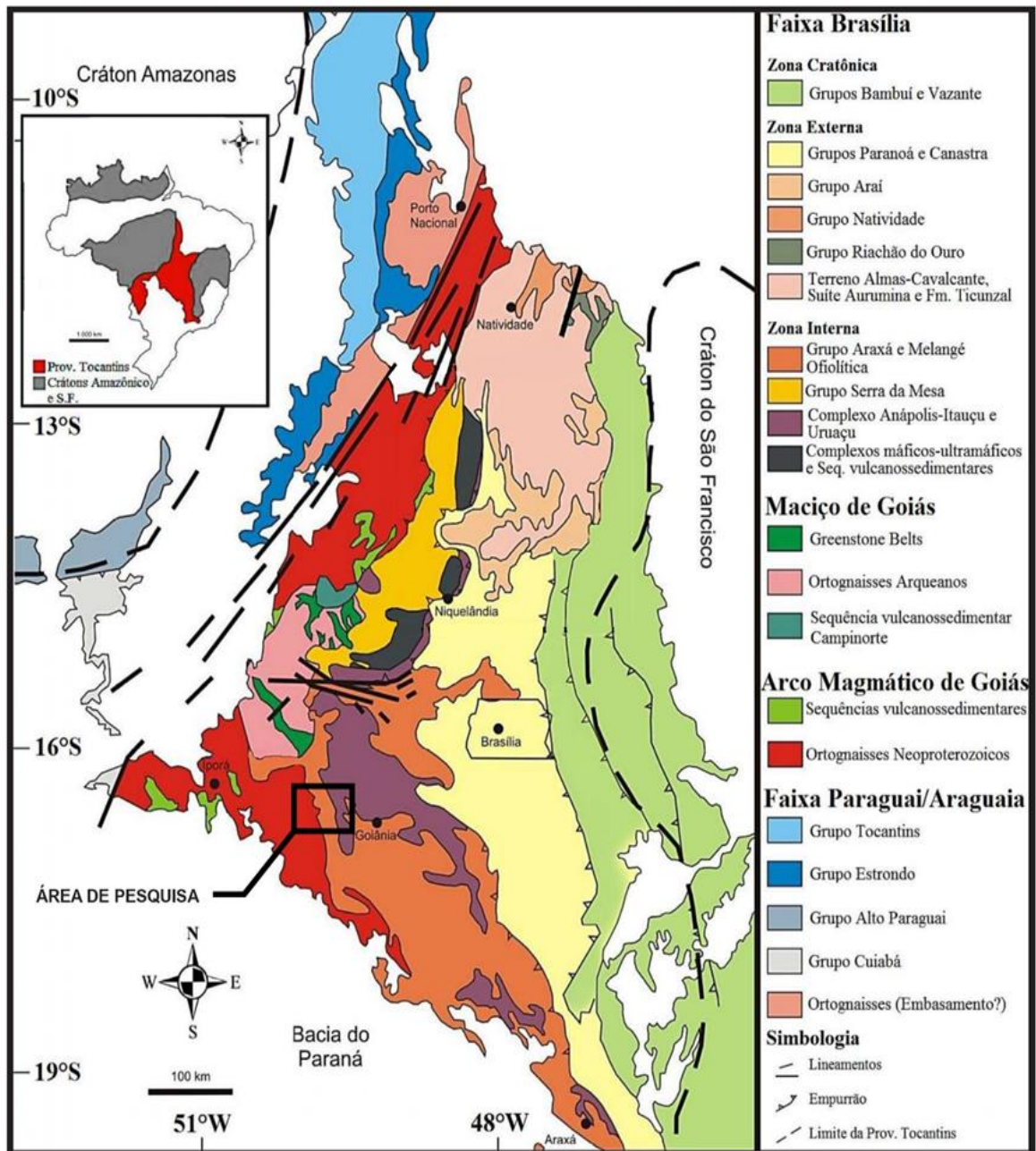


Figura 9 - Mapa das unidades tectônicas da Faixa Brasília. O polígono representa de maneira aproximada a área de pesquisa. Modificado de Pimentel et al., 2004.

O Arco Magmático de Goiás (Pimentel and Fuck, 1992) está posicionado a oeste do núcleo metamórfico da Faixa Brasília, e relaciona-se com um conjunto de rochas meta ígneas e de sequências metavulcanossedimentares que representam a acreção de crosta juvenil neoproterozoica durante a amalgamação do Gondwana ocidental onde é geograficamente dividido pelo maciço de Goiás, Arco de Mara Rosa a norte e Arco de Arenópolis a sul (Pimentel and Fuck, 1992). A evolução tectônica do Arco é relacionada a eventos magmáticos de arcos

de ilhas e a arcos magmáticos continentais, sendo descritos três eventos ígneos principais sin tectônicos. O primeiro, com 900 a 804 Ma, gerou rochas com composição geoquímica de adakitos modernos, o que indica um contexto tectônico de subducção de crosta oceânica e que resultou nos ortognaisses de Arenópolis, Mara Rosa e Sanclerlândia. (Pimentel, 2016) O segundo evento formou rochas de natureza peraluminosa, como metagranitoides com muscovita de idade entre 790 a 786 Ma representadas pelo granito Creoulos (Pimentel, 2016). O evento magmático mais jovem produziu rochas com idades entre 669 e 630 Ma, responsável pelos gnaisses de Matrinxã e Turvânia, Palminópolis e Firminópolis (Pimentel 2016, Laux *et al.*, 2004)

O Arco de Mara Rosa é caracterizado por ortognaisses de composição diorítica a tonalítica em que os dados geoquímicos indicam magmas primitivos com baixas porcentagens de SiO<sub>2</sub> (< 60%) sendo similar a granitoides tipo M de rochas de arcos de ilhas imaturos e pela sequência Metavulcanossedimentar de Santa Terezinha de Goiás com 670-630 Ma. As supracrustais são quartzitos e mica xistos com intrusões de metatonalitos e a leste afloram derrames basálticos e depósitos piroclásticos de composição andesítica a riolítica. (Pimentel *et al.*, 2000, Lacerda Filho *et al.*, 2021).

O Arco de Arenópolis é constituído por rochas metamórficas ortoderivadas separadas em dois grupos. O primeiro são pequenos corpos sin a pré tectônicos extremamente deformados, e o segundo são grandes intrusões de granitos e dioritos pré a tardi orogênicos ricos em potássio que mostram textura milonítica provenientes de contexto tectônico de arcos de ilhas e de arco continental em que são separadas por cerca de seis unidades metavulcanossedimentares com diferentes idades, são elas: Bom Jardim de Goiás (ca. 750 Ma), Arenópolis-Piranhas (ca. 929 Ma), Iporá-Amorinópolis (ca. 630 Ma), Jaupaci (ca. 747 Ma), Bacilândia (ca. 590 Ma), Adelândia (ca. 820 Ma) e Anicuns-Itaberaí (ca. 830 Ma) (Lacerda Filho *et al.*, 2021)

A Sequência Metavulcanosedimentar Anicuns-Itaberaí (Figura 10) é uma sequência de rochas metavulcanossedimentar de composição pelíticas a psamo-pelíticas intercaladas por ortognaisses de natureza cálcio-alcálica com intrusões máficas menos frequentes localizada ao longo da região de Mossâmedes e Anicuns, tectonicamente enquadrada do Arco Magmático de Arenópolis em que faz limite a oeste e a leste em contato com o complexo Anápolis-Itauçu. (Laux *et al.*, 2010, Lacerda Filho *et al.*, 2021).

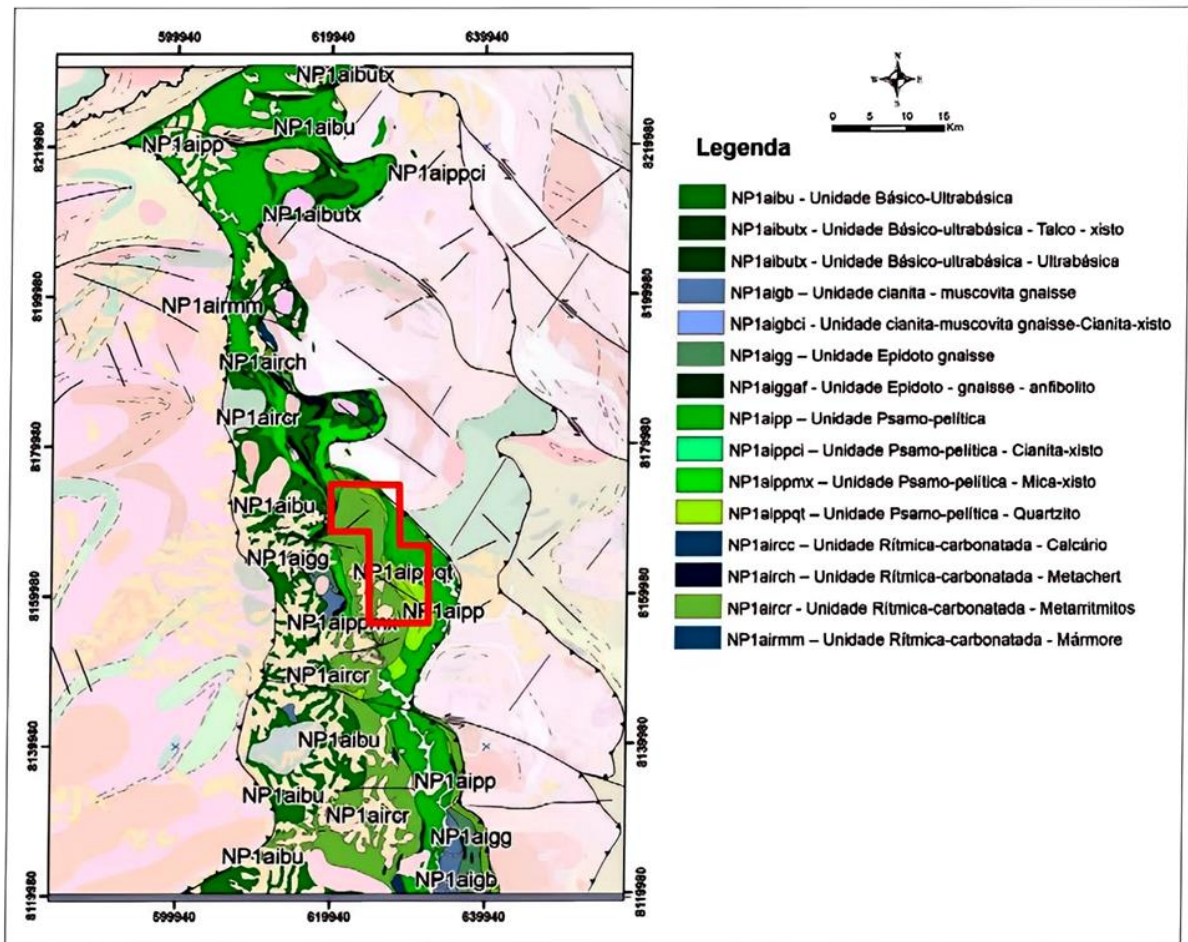


Figura 10 - Mapa com as unidades da Sequência Anicuns-Itaberaí. O polígono vermelho representa a área de pesquisa. Modificado de Lacerda Filho et al., (2021).

É subdividida em duas seqüências 1) Sequência Córrego da Boa Esperança, que consiste em metapelitos, metandesitos, metatufos e BIF's e 2) e a seqüência Anicuns-Itaberaí é separada da primeira por falhas reversas de direção NNW e consiste em rochas metamáficas-ultramáficas, metarritmitos, BIF's e lentes de mármore (Laux *et al.*, 2010)

Segundo Laux et al., (2010) essas seqüências foram depositadas em bacias tipo *fore-arc* com valores de Tdm de 0,8 a 1,1 Ga, similar às rochas ígneas do Arco Magmático de Goiás. Lacerda Filho *et al.*, (2021) divide a Sequência metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí em 5 unidades: básico-ultrabásica, rítmica-carbonatada, psamo-pelítica, cianita-muscovita, gnaíse e epidoto gnaíse.

- Unidade básico-ultrabásica localizada na base da seqüência é constituída principalmente por anfibolitos e talco xistos intrudidos por veios de composição granítica dos plutons

Gamela, Creoulos, Lage, Córrego da Lavrinha e Córrego Santa Rosa. (Lacerda Filho *et al.*, 2021).

- Unidade rítmica-carbonatada é constituída por intercalações de metachert, gonditos, metassedimentos ferruginosos, sobrepostos por camadas de metacalcários e mármores. (Lacerda Filho *et al.*, 2021)
- Unidade psamo-pelítica é formada por intercalações de quartzitos e muscovita xistos com feição topográfica mais expressiva que afloram ao longo da Serra da Jiboia, e imbricações de corpos metamáficos e metaultrámáficos. (Lacerda Filho *et al.*, 2021)
- Unidade cianita-muscovita xisto são corpos de paragnaisses associados com micaxistos associados com presença de cianita. (Lacerda Filho *et al.*, 2021)
- Unidade epidoto-gnaisse são corpos de gnaisses e anfibolitos ricos em epidoto (Lacerda Filho *et al.*, 2021)

## 7. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO

Neste tópico são apresentadas as unidades litoestratigráficas mapeadas na área de estudo. As unidades são apresentadas em ordem cronológica, da mais antiga para a mais jovem. O mapa de pontos (APÊNDICE C), o mapa geológico (APÊNDICE D), a tabela de pontos (APÊNDICE E), a tabela de amostras (APÊNDICE F) e as fichas de descrição petrográfica (APÊNDICE G) (APÊNDICE H) e (APÊNDICE I) citadas ao longo do texto são apresentadas como apêndice neste trabalho.

### 7.1. Talco xisto

Ocorre como pequenos lajedos e blocos rolados na porção noroeste da área. Este litotipo foi descrito por Coutinho e Maciel (2023) como talco xisto esbranquiçado a esverdeado de granulação fina, com xistosidade marcada pela orientação de grãos milimétricos de talco e muscovita. A composição modal é dada por talco ( $\pm 65\%$ ), clorita ( $\pm 5\%$ ) e muscovita ( $\pm 30\%$ ), sendo classificada como talco-clorita xisto, de composição básica a ultrabásica (Coutinho & Maciel, 2023).

Apesar de terem sua ocorrência registrada na área de estudo por trabalhos anteriores (e.g., Coutinho & Maciel, 2023), os afloramentos deste litotipo não foram descritos durante as campanhas de campo em virtude da não autorização, por parte dos proprietários de terra da região, para acessar às áreas de ocorrência dessas rochas. Sua ocorrência no mapa geológico, entretanto, foi mantida com base nos registros petrográficos e de amostras analisadas durante a etapa de integração dos dados.

### 7.2. Mármore calcítico

Essas rochas afloram na porção noroeste da área e foram descritas como mármores calcíticos intercalados com magnetita quartzitos. Possuem foliação bem marcada com direção NNE-SSW com mergulho de baixo ângulo para oeste ( $10-20^\circ$ ). Os mármores são compostos predominantemente por calcita e dolomita, enquanto os magnetita quartzitos por quartzo (90%) e magnetita (10%) (Coutinho. N.A & Maciel, V.A. 2023). Lacerda Filho *et al.* (2021) classificam esses litotipos como pertencentes a SAI, inseridos na Unidade rítmica-carbonatada. Assim como ocorreu com os afloramentos de talco xisto, os afloramentos desta unidade também

não foram descritos durante as etapas de campo por conta da não permissão de acesso por parte dos proprietários de terra da região.

### 7.3. Xistos

As rochas pertencentes a esta unidade compreendem a maior parte da área mapeada. Exposições dessas rochas são encontradas a leste e a oeste da Serra da Jiboia, onde afloram na forma de lajedos e leitos de drenagem da região (Figura 11B). O limite dessas rochas foi delimitado com base em imagens geofísicas de radiometria, onde a área de ocorrência dessas é marcada pelas cores verde e azul na composição RGB.

A composição mineralógica é dada por muscovita (30%), quartzo (20%), plagioclásio (15%), biotita (15%), clorita (10%) e por porfiroblastos de granada (8%) milimétricos a centimétricos (Figura 11A) e apresenta textura lepidogranoblástica. Os minerais acessórios, são principalmente apatita, rutilo, titanita, turmalina, epidoto, zircão e opacos que são ilmenita e magnetita (Figura 12). Essas rochas foram classificadas como granada-clorita-biotita-muscovita xistos, e a associação mineral (Grt, Chl, Plg, Bt e Ms) é típica de fácies xisto verde de metapelitos pobres em Al (Figura 12).

A rocha é composta majoritariamente por muscovita e quartzo, em que os cristais de muscovita formam agregados com 0,1-0,5 mm e representam a textura lepidogranoblástica da amostra, acompanhando a foliação principal e com clivagem bem marcada, típica do grupo das micas.

O quartzo é o segundo mineral mais abundante, que ocorre como pequenos cristais granulares anédricos de 0,2 a 0,4 mm e contatos lobulados de feição de *grain boundary migration*.

O plagioclásio ocorre como cristais granulares anédricos a sub-euédricos com 0,2-0,7 mm, com geminação polissintética da lei da albita com bordas irregulares e contatos engrenados em que se pode encontrar texturas de exsolução como mirmequitas. Os cristais de feldspato potássico são raros, exibem hábito granular anédrico com maclas tipo *Carls Bald*.

A biotita é um dos cristais que integram a matriz na forma de cristais sub-euédricos tabulares com 0,2-0,3 mm de coloração amarronzada, orientados segundo a foliação principal da rocha.

A granada ocorre na forma de porfiroblastos de 0,3 a 3 mm, os porfiroblastos tem textura poiquiloblástica do tipo peneira com inclusões de quartzo, rutilo, titanita e apatita, essas inclusões indicam foliação interna preservada.

A clorita apresenta-se como cristais anédricos com 0,1-0,3 mm, com textura maciça, substituindo principalmente os porfiroblastos de granada (Figura 33), entretanto é comum encontrar cristais de clorita que acompanham a foliação principal da rocha.

Os minerais acessórios como apatita e rutilo exibem hábito granular, anédricos, disseminados ao longo da amostra. O rutilo exhibe hábito granular anédrico, enquanto a turmalina ocorre como cristais granulares anédricos a subeuédricos com ocorrência de seção basal. O epidoto é formado em decorrência de processo de saussuritização. Os cristais de zircão são cristais anédricos granulares, com presença do halo de metamictização. A rocha é classificada como granada-clorita-biotita-muscovita xisto.

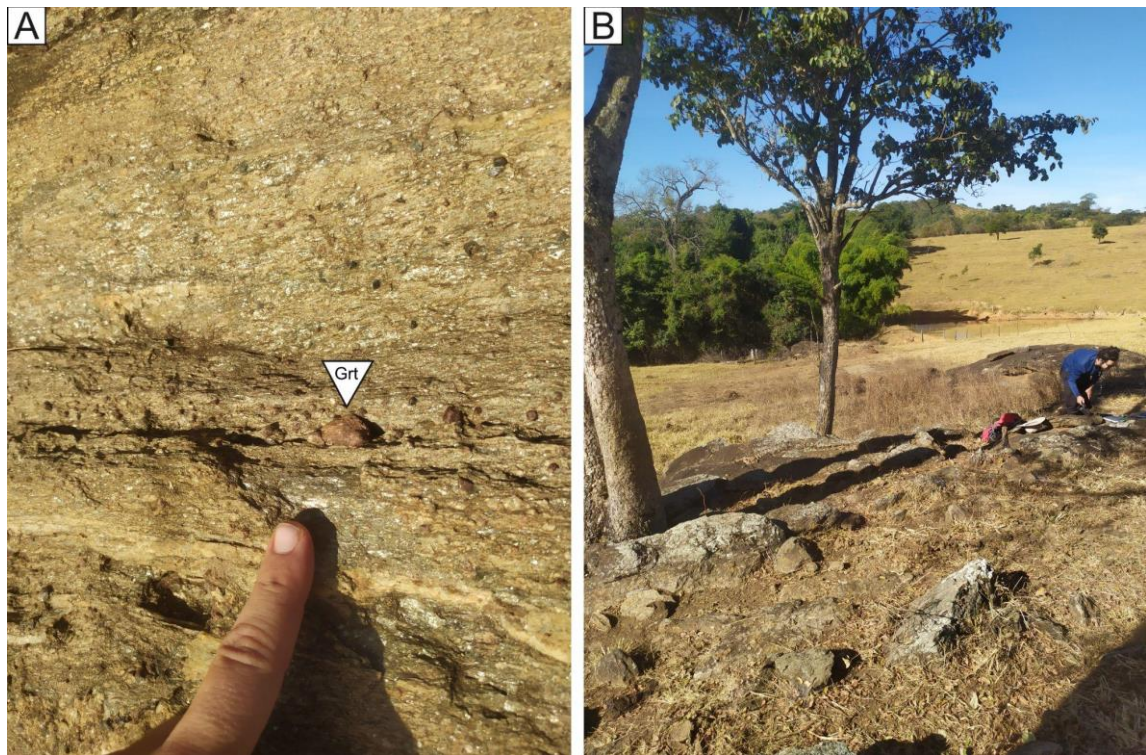


Figura 11 - A) Foto de detalhe do granada-clorita-biotita-muscovita xisto do ponto 23GO\_025 com destaque para o porfiroblasto de granada; B) Vista geral do afloramento do ponto 23GO\_016 caracterizado por lajedos e matacões.

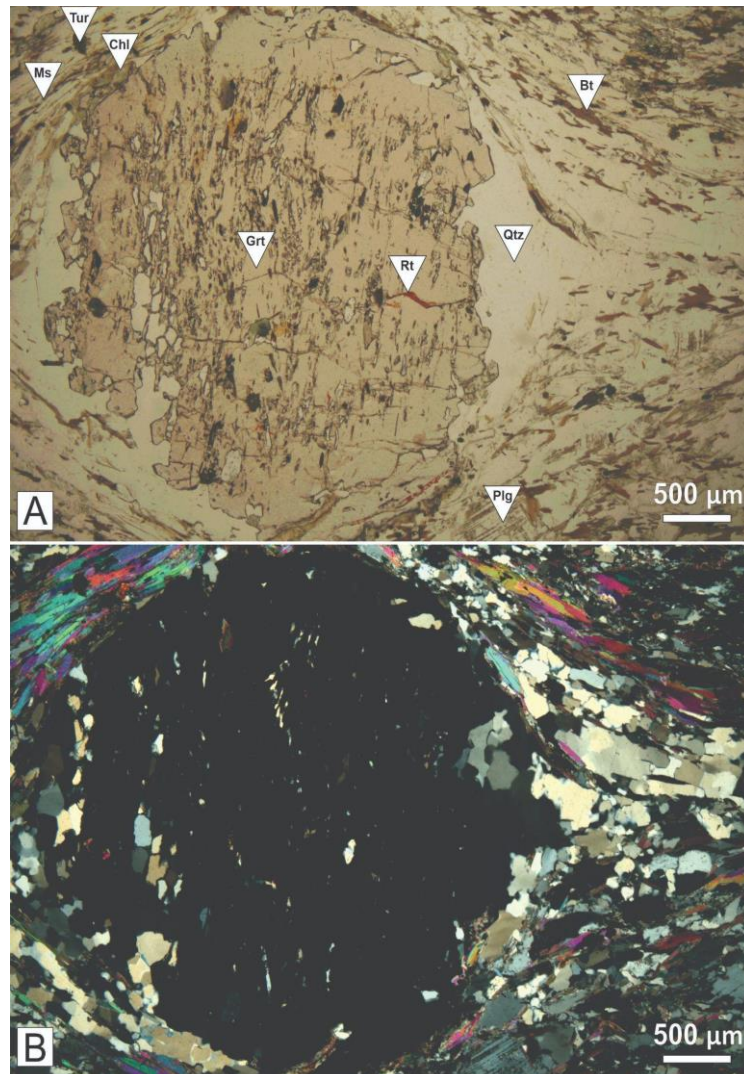


Figura 12 - Fotomicrografia com os principais minerais que constituem o granada-clorita-biotita-muscovita xisto da amostra 23GO\_022-P1, com destaque para o porfiroblasto de granada e minerais acessórios como rutilo e turmalina. A) Nicóis descruzados; B) Nicóis cruzados (Aumento de 25x).

#### 7.4. Xistos Calcissilicáticos

São classificados como xistos calcissilicáticos os granada-biotita-muscovita xistos que possuem, em sua composição, cristais de hornblenda (Figura 13A). Essas rochas afloram em forma de lajedos e matacões (Figura 13B), ocorrem intercaladas aos xistos e foram individualizadas no mapa geológico (APÊNDICE D) na forma de lentes nos locais onde as mesmas predominam sobre os xistos de composição pelítica. Exibem coloração cinza esverdeada, de granulação fina com foliação bem desenvolvida e com textura lepidogranoblástica com presença de porfiroblastos milimétricos, formada por quartzo (30%), muscovita (20%), plagioclásio (10%), biotita (10%), clorita (10%), granada (10%) e hornblenda (8%) e por minerais acessórios como apatita, carbonato, epidoto (clinozoizita) e opacos como magnetita (Figura 14).

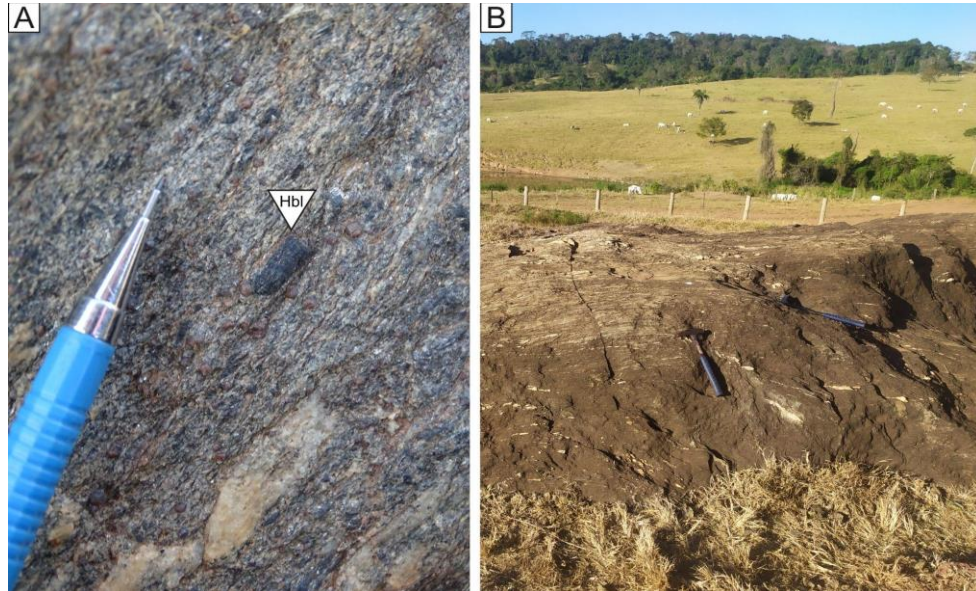


Figura 13 - A) Foto de detalhe do hornblenda-granada-clorita-biotita-muscovita xisto do ponto 23GO\_004 com destaque para o porfiroblasto de hornblenda orientado ao longo da foliação principal; B) Vista geral do afloramento do 23GO\_004.

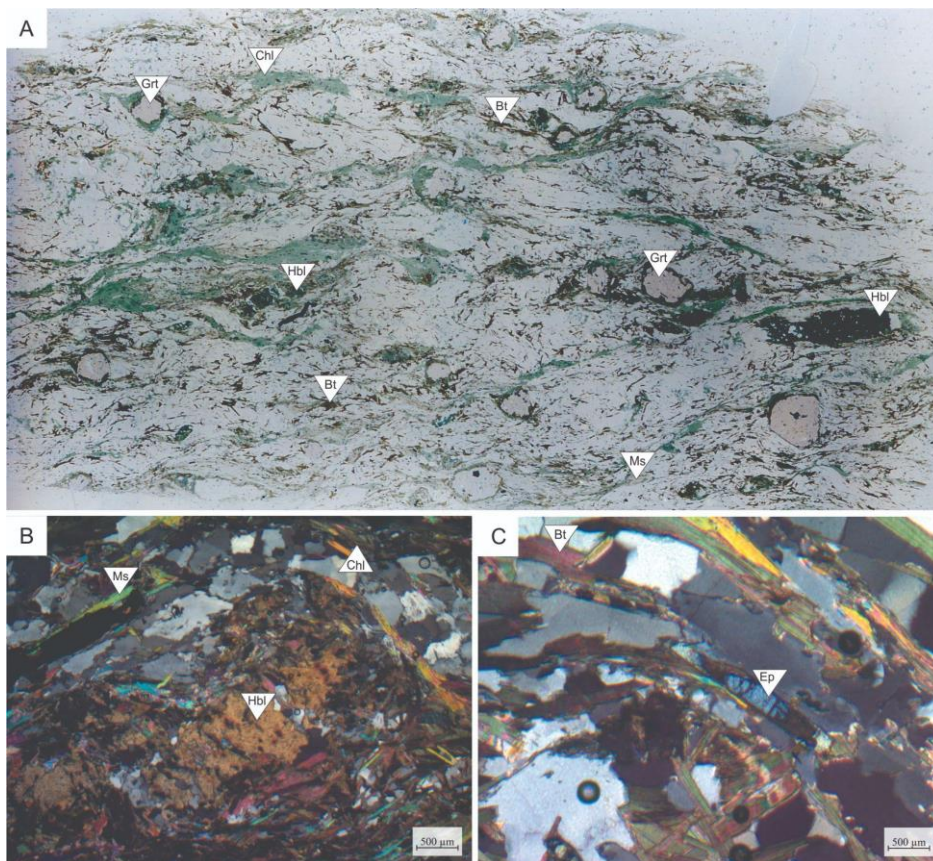


Figura 14 - Aspectos mineralógicos do xisto calcissilicático da lâmina 22TF01\_109. A) Imagem scan da lâmina; B) Fotomicrografia com destaque para o porfiroblasto de hornblenda e C) Fotomicrografia com presença de epidoto como mineral acessório (Fonte: Coutinho e Maciel, 2023).

Do ponto de vista químico, as amostras de xisto com hornblenda (Tabela 3) possuem, no geral, uma pequena diferença (<1%) na quantidade de CaO, Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O, e uma diferença mais expressiva (<5%) de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> quando comparada com a composição dos xistos pelíticos sem hornblenda (Tabela 2). O quartzo é o mineral mais abundante na rocha, representa grande parte do domínio granoblástico, exibe hábito granular anédrico, com 0,1-0,4 mm e contatos lobulados entre os grãos de quartzo e com contatos mais retilíneos entre outros minerais.

Os cristais de muscovita representam juntamente com a biotita o domínio lepidoblástico na rocha. Exibe pleocroísmo que varia entre verde e rosa, com extinção ondulante, hábito tabular sub-euédrico com 0,3-0,6 mm.

O plagioclásio exibe extinção ondulante, na forma de cristais anédricos, hábito maciço com 0,5-0,7 mm e com contatos irregulares, a grande maioria dos cristais exibe alteração para sericita.

A biotita acompanha a foliação principal como cristais tabulares anédricos a sub-euédricos com 0,2-0,4 mm de cor amarronzada.

A clorita ocorre como cristais amorfos anédricos com 0,3-0,5 mm associados a cloritização de cristais de biotita e granada.

A granada ocorre como porfiroblastos com 0,5-0,7 mm, com textura poiquiloblástica do tipo peneira e do tipo sigmoidal com inclusões que marcam a foliação interna preservada, essas inclusões são principalmente cristais de quartzo e epidoto.

A hornblenda ocorre como porfiroblastos prismáticos sub-euédricos com 0,3-0,8 mm com textura poiquiloblástica do tipo peneira com inclusões que preservam uma antiga foliação. As principais inclusões nesses porfiroblastos são cristais de quartzo e mais raramente cristais de monazita com halo de metamictização.

Os cristais acessórios ocorrem associados à matriz da amostra. Cristais de apatita ocorrem como cristais sub arredondados sub-euédricos. Carbonato ocorre como agregado mineral na matriz da amostra. A rocha é classificada como hornblenda-granada-clorita-biotita-muscovita xisto.

Tabela 3 - Análise química dos principais óxidos realizada por FRX para xistos calcissilicáticos mapeados no 22TF04

Óxidos analisados	Amostras		
	22TF04_088A	22TF04_067A	22TF04_093A
SiO <sub>2</sub>	65.28	65.54	63.20
TiO <sub>2</sub>	0.84	1.06	0.91
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.46	15.87	14.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.25	7.75	6.45
MnO	0.12	0.13	0.11
MgO	2.61	2.10	2.58
CaO	2.57	1.03	3.80
Na <sub>2</sub> O	2.97	1.48	2.92
K <sub>2</sub> O	2.23	3.24	2.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.20	0.18
SO <sub>3</sub>	0.15	0.15	0.15
LOI	1.28	2.08	2.72
<b>Soma (%)</b>	<b>99.93</b>	<b>100.63</b>	<b>99.12</b>

#### 7.4. Quartzito intercalado com xisto

Essa unidade engloba intercalações não mapeáveis de xisto em meio a quartzito, sendo o quartzito a rocha predominante. Tratam-se de intercalações centimétricas a métricas que estão expostas principalmente na porção norte da área, onde afloram como grandes lajedos e em cortes de estrada. Os limites com as outras unidades foram delimitados com base em imagens radiométricas, sendo que a ocorrência dessas intercalações é marcada pelas cores vermelho e rosa na composição RGB.

As camadas de quartzito são muscovita-quartzitos (Figura 15A e Figura 16A) compostos por quartzo e muscovita com textura lepidogranoblástica. As lentes e camadas de xisto compreendem, em sua grande maioria, granada-muscovita xisto compostos por granada, muscovita e quartzo com textura lepidogranoblástica, sendo a granada presente na forma de porfiroblastos milimétricos (Figura 15B).



Figura 15 - Afloramento do ponto 23GO\_01 dado por intercalações de granada-muscovita xisto e muscovita quartzito. A) Quartzito com presença de mica muscovita; B) Xisto com predomínio de muscovita e porfiroblastos de granada.

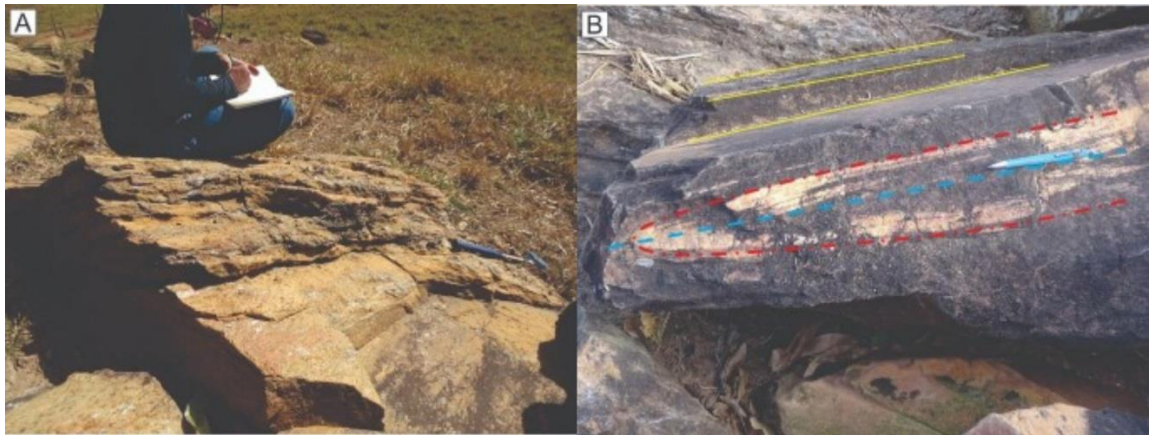


Figura 16 - Afloramento do ponto 23GO\_02. A) Intercalações de quartzito com camadas centimétricas a milimétricas de granada-muscovita xisto; B) As linhas amarelas representam a foliação principal da rocha, a linha tracejada vermelha indica o contorno de dobras intrafoliais comumente observadas nos afloramentos destas rochas e a linha tracejada azul indica o plano axial da dobra.

### 7.5. Quartzito

No extremo sudeste da área de estudo, na porção alta da Serra da Jiboia, as intercalações de xisto tornam-se menos frequentes. Nessa região estão expostos afloramentos onde o quartzito é puro, ou seja, com raras intercalações de xistos. A presença dessas rochas está relacionada a cotas topográficas mais altas e com a morfologia da porção centro-sul da Serra da Jiboia. Nas imagens geofísicas de gamaespectrometria, apresentam baixos valores no canal do K, e na composição Ternária (RGB) sua exposição está associada a cor preta, distinta das

suas adjacências que apresentam predomínio de vermelho e rosa. Possivelmente, essa característica está relacionada com a presença de quartzitos mais puros, ou seja, sem mica e sem intercalações de xisto.

Os afloramentos dessa unidade não foram descritos no presente trabalho. Essa unidade caracteriza-se por apresentarem cor cinza esbranquiçada com tons vermelhos e porções oxidadas, granulação média a grossa e textura granoblástica (Coutinho & Maciel, 2023).

### **7.6. Biotita Monzogranito Creoulos**

As rochas afloram na forma de lajedos e matacões, associados a uma pequena elevação topográfica na porção sudoeste da área. Apresenta coloração cinza claro a cinza escuro, com granulação média a grossa e foi delimitada com base nos dados radiométricos, dado pelas cores amarelo a branco na composição RGB. Nas porções associadas com a borda desse corpo intrusivo, a rocha caracteriza-se por foliação milonítica, com presença de porfiroclastos centimétricos a milimétricos de quartzo e plagioclásio e predomínio de biotita nos pares S/C (Figura 17). Nas cotas superiores, relacionadas com o núcleo do corpo ígneo, a rocha apresenta textura preservada, composta por fenocristais euédricos de feldspato potássico ( $\pm 34\%$ ) e plagioclásio ( $\pm 32\%$ ) de até 2 cm, cinza esbranquiçados, com característica porfirítica. A matriz contém biotita ( $\pm 13\%$ ), plagioclásio, quartzo ( $\pm 21\%$ ) e feldspato ( $< 1\%$ ). Com base na composição mineralógica, essa rocha pode ser classificada como biotita-monzogranito com porções milonitizadas, onde esta foliação milonítica foi possivelmente gerada pela própria intrusão (Coutinho & Maciel, 2023).

O núcleo do corpo é dado por um acamadamento ígneo com direção NW-SE e mergulho na direção SW (222/35), enquanto que a porção milonitizada apresenta uma foliação milonítica com direção NW-SE e mergulho na direção NE (052/35). A principal lineação observada relaciona-se com o estiramento mineral de cristais de quartzo dada pela direção 052/43. A análise cinemática relacionada aos aspectos estruturais observados em campo indica uma zona de cisalhamento dextral.

Essas rochas são interpretadas como parte da Suíte Creoulos, pois foram classificadas como um biotita-monzo granito com presença de porfiroclastos de feldspato e com domínios lepidoblástico marcados por biotita, descritos da mesma forma por Lacerda Filho *et al* (2021) com ocorrência na região de estudo.



Figura 17 - Amostra de mão do ponto 23GO\_036, onde nota-se uma foliação milonítica com presença de porfiroclastos de plagioclásio e quartzo.

## **Coberturas Cenozoicas**

### **7.7. Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas**

Esta unidade apresenta-se distribuída na porção central da área, nas adjacências da porção norte da Serra da Jiboia. No trabalho em questão, foi mapeada apenas no ponto 23GO\_013, onde observa-se uma superfície aplainada com presença de coberturas detrito-lateríticas ferruginosas. Coutinho, N.A & Maciel, V.A. (2023), descrevem que esta unidade está presente entre as cotas de 650 e 700 metros, caracterizada por blocos e matacões com cor marrom avermelhada constituídos por conglomerados com seixos de quartzo, que apresentam uma camada superficial ferruginosa e manganesífera.

## 8. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Durante o mapeamento realizado na área, foram identificadas estruturas formadas principalmente por deformação em regime dúctil. Entretanto, também são observadas estruturas relacionadas a fases de deformação dúctil-rúptil tardias que ocorrem de maneira mais localizada.

As principais estruturas da área são visíveis em escala regional e foram identificadas na etapa de fotointerpretação. Estas incluem feições topográficas lineares, tais como alinhamentos de cristas e topos de morros marcados, principalmente, em regiões onde afloram quartzitos, como, por exemplo, ao longo da Serra da Jiboia.

Esses alinhamentos de relevo representam traços de foliação que regionalmente estão suavemente dobrados na forma de uma grande dobra regional cujos flancos possuem orientação NNW-SSE na porção norte da área e NNE-SSW na porção sul. A feição geomorfológica da Serra da Jiboia representa a zona de charneira dessa grande dobra regional que controla os principais alinhamentos de relevo da área.

As estruturas identificadas na área são interpretadas como tendo sido formadas por compressão e empurrão das sequências supracrustais do Arco sobre as rochas da Zona Interna da Faixa Brasília, como será detalhado mais adiante. Para melhor organização, da apresentação dos dados as estruturas foram hierarquizadas cronologicamente em “fases de deformação”, entretanto são interpretadas como produto da evolução de um único evento tectônico.

As estruturas foram agrupadas em 3 “fases” denominadas, da mais antiga para a mais nova, D1, D2 e D3 em acordo ao que foi proposto por Lacerda-Filho *et al.* (2021).

### 8.1. Estruturas da Fase D1

A fase D1 é caracterizada por dobras isoclinais e apertadas. Tratam-se de dobras intrafoliais à xistosidade principal da área que dobram o bandamento composicional ( $S_0$ ) das rochas. São mais facilmente observadas nas camadas de xistos intercalados com quartzitos (Figura 16) e nos xistos calcissilicáticos (Figura 18) que afloram a norte da Serra da Jiboia. Nos afloramentos onde essas estruturas ocorrem, essas dobras apresentam flancos paralelos, são descontínuas, e suas dimensões variam de centimétricas a métricas. Em alguns locais essas

dobras apresentam padrão em laço, indicando que foram redobradas pelos eventos da fase D2 (Figura 18).



Figura 18 - Afloramento de xisto calcissilitático exibindo o bandamento composicional ( $S_0$ ) dobrado por dobras intrafoliais (D1) com padrão em laço, gerado durante a fase D2. (Ponto: 22TF01\_122).

As dobras da fase D1, também são observadas nos porfiroblastos de granada (Pós-D1) dos xistos calcissilicáticos, nos quais linhas de inclusões frequentemente desenham dobras apertadas a isoclinais, interpretadas como relacionadas à fase D1 (Figura 19).

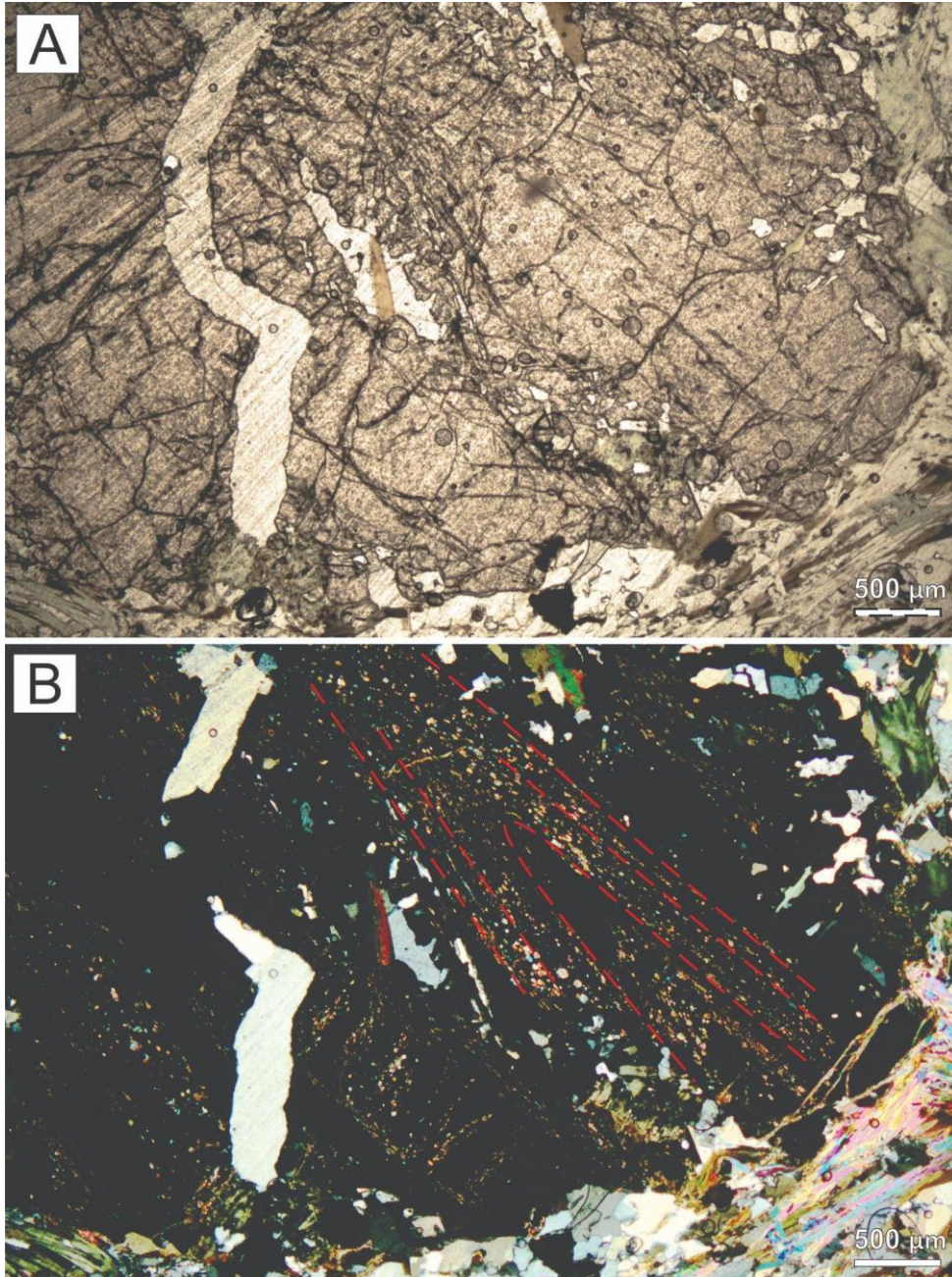


Figura 19 - Fotomicrografia do porfiroblasto de granada com linhas de inclusões que desenham dobras isoclinais, interpretadas como pertencentes a fase D1 e cujo plano axial representa a foliação S1. A) Nicóis descruzados; B) Nicóis cruzados. Lâmina 22TF-01-B, aumento de 25 vezes.

O plano axial das dobras D1 é paralelo a uma xistosidade (S1) (e.g., Lacerda Filho *et al.*, 2021), que possui atitude variável, uma vez que se encontra dobrada pela deformação D2, que gera, em escala microscópica, dobras de crenulação na foliação S1, como detalhado mais adiante. Entretanto, na maioria dos afloramentos visitados o plano axial das dobras D1 mergulham com baixo ângulo.

## 8.2. Estruturas da Fase D2

As estruturas da fase D2 são as estruturas mais bem marcadas na área. Em escala de afloramento é caracterizada por dobras assimétricas com vergência geral para ENE. Essas dobras estão melhor preservadas em quartzitos, e são especialmente comuns na Serra da Jiboia, embora também tenham sido observadas em afloramentos de xistos calcissilicáticos (Figura 18) e em camadas de quartzito intercaladas aos xistos (Figura 16). Normalmente possuem dimensões métricas com um flanco longo que mergulha com baixo ângulo para WSW, e um flanco curto que mergulha com alto ângulo no mesmo rumo ou no rumo oposto. Na maioria dos casos, o plano axial das dobras D2 mergulha para WSW com ângulo médio.

O plano axial das dobras D2 é paralelo a uma foliação S2, que nos xistos da área é representada por uma xistosidade S2 que transpõe total ou parcialmente a foliação S1. Entretanto, em alguns afloramentos e em lâmina (Figura 20), é possível ver que a foliação S1 está dobrada em dobras de crenulação assimétricas (D2) e a foliação S2 se desenvolve no plano axial das dobras de crenulação como uma clivagem de crenulação. O padrão de interferência, entretanto, é complexo e na maioria dos afloramentos é difícil distinguir S1 de S2, uma vez que na maioria dos casos as duas foliações estão paralelas.

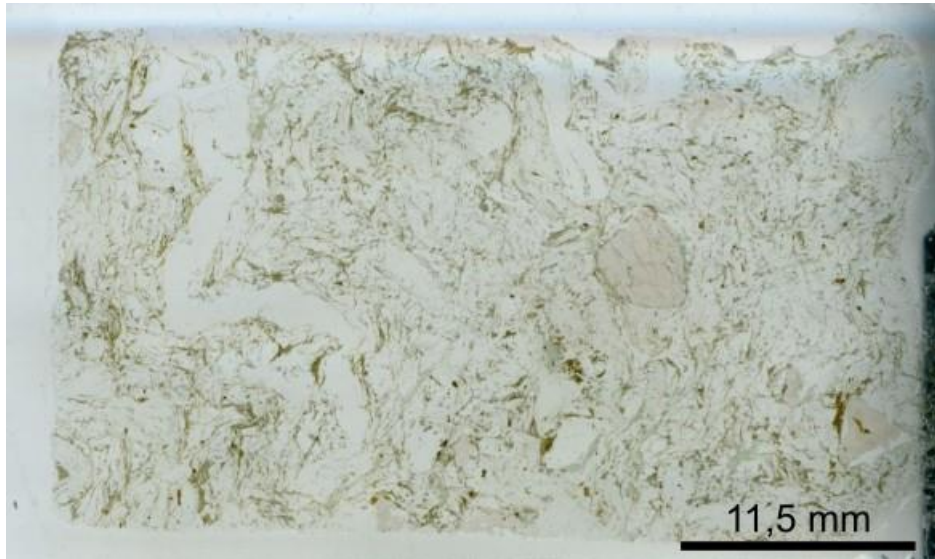


Figura 20 - Imagem de scanner da lâmina 23GO\_025-T1.

No estereograma de xistosidade a foliação S1 (Figura 21) desenha um padrão de guirlanda que representa dobras da fase D2 com dois máximos de pólos de planos bem marcados que representam flancos longos e flancos curtos das dobras. A guirlanda desenhada pelos pólos de plano da foliação S1, indica dobras com eixo NW-SE, que se ajusta muito bem aos eixos de dobras medidos em campo (Figura 22).

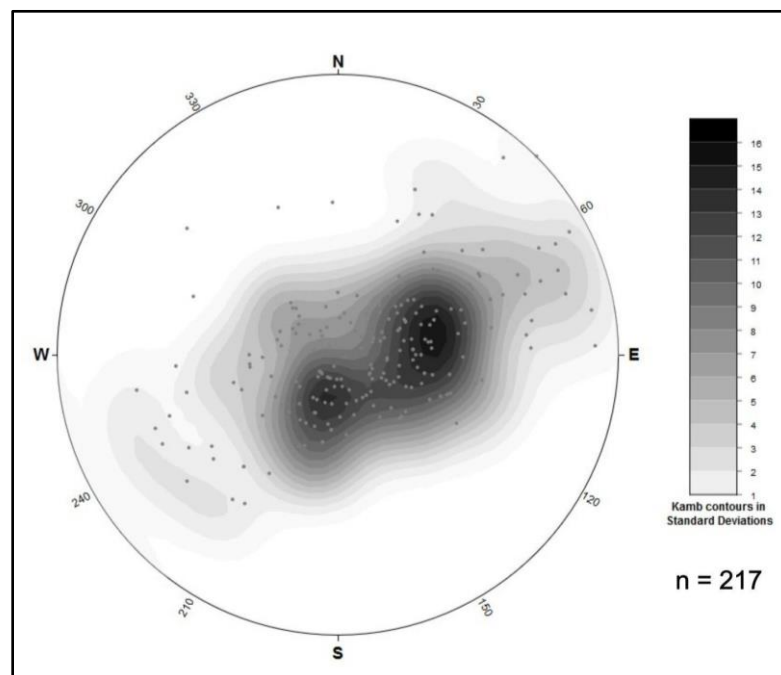


Figura 21 - Estereograma dos pólos dos planos das medidas da foliação S1 com base nos valores obtidos na etapa de campo do projeto em questão, juntamente com dados do TF 2022 da UFG.

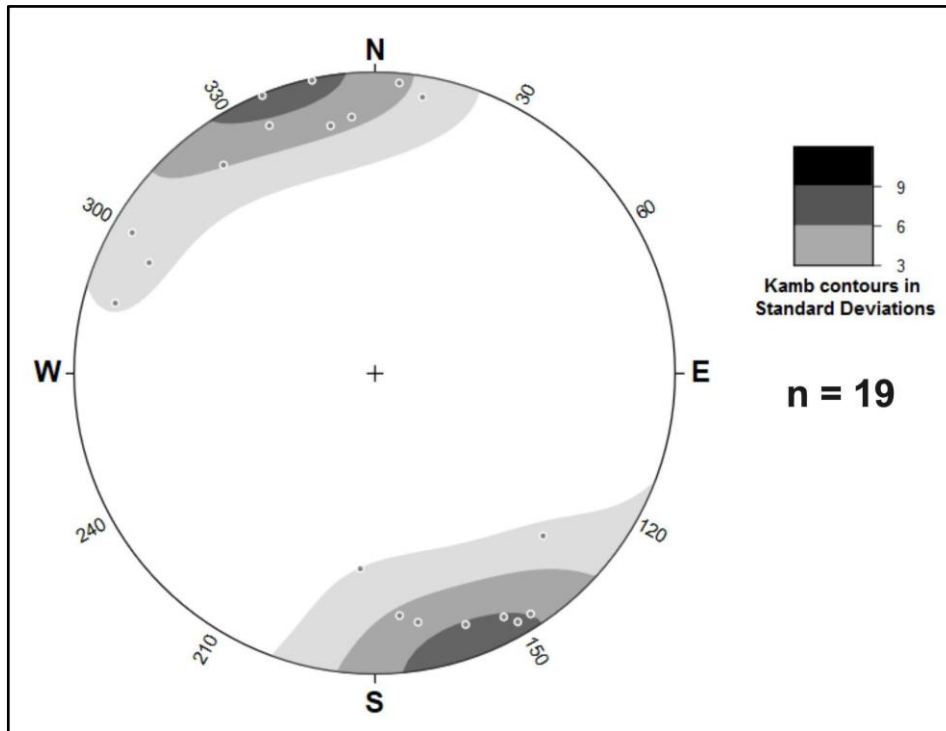


Figura 22 - Estereograma indicando as linhas relacionadas com os eixos de dobras.

### 8.3. Estruturas da Fase D3

A fase D3 é interpretada neste trabalho como produto da ação de zonas de cisalhamento. É marcada por uma foliação milonítica ( $S_m$ ) ao longo dos planos de falha e também por uma foliação  $S_3$  caracterizada por clivagens espaçadas interpretadas como resultado da deformação D3 fora das zonas de cisalhamento, em regime dúctil-rúptil. Interpretação similar é feita por Lacerda Filho *et al.* (2021). A clivagem espaçada  $S_3$  (Figura 23) possui direção principal aproximadamente N-S e mergulho de alto ângulo, ora para WSW ora ENE (Figura 24).

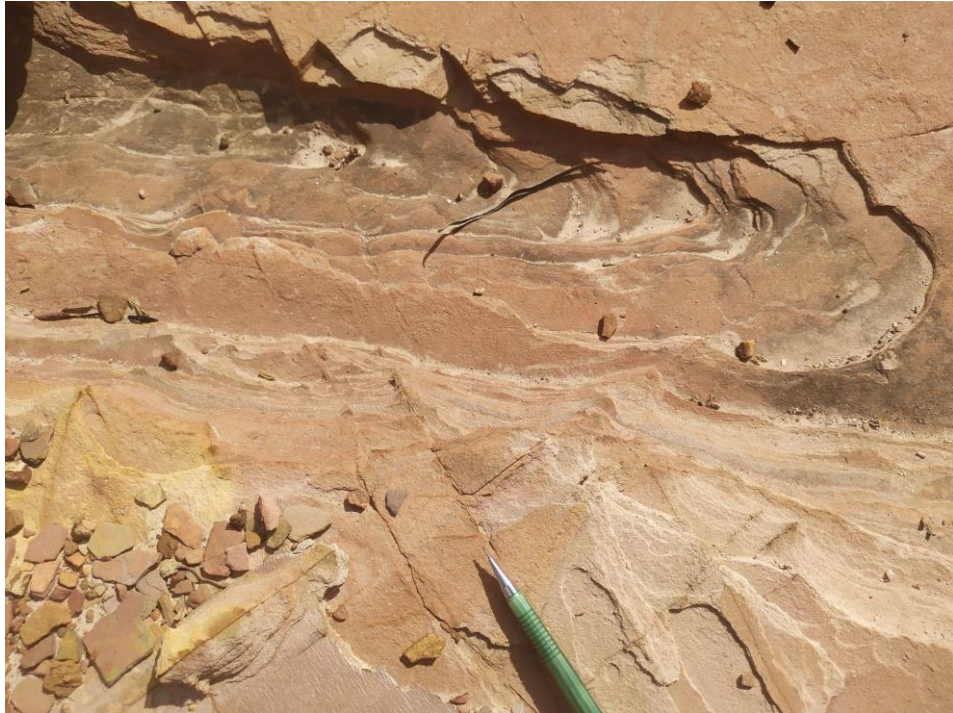


Figura 23 - Clivagem espaçada relacionada a foliação S3 (075/88) com direção do strike do plano indicado pela ponta da lapiseira do ponto 23GO\_029.

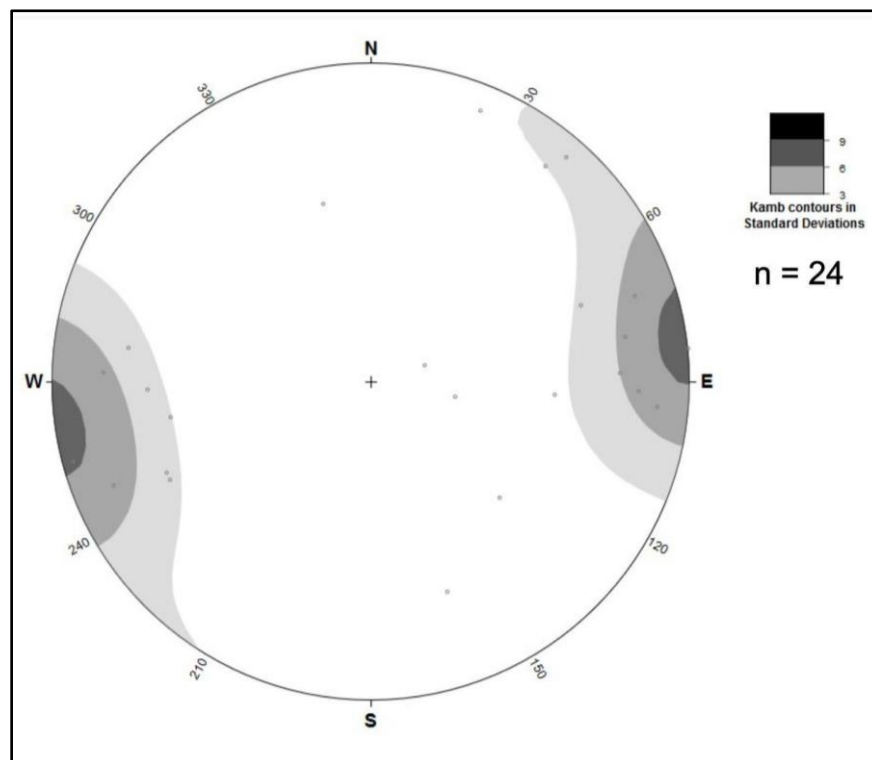


Figura 24 - Estereograma dos pólos dos planos das medidas de clivagem espaçada S3 com base nos valores obtidos na etapa de campo do projeto em questão, juntamente com dados do TF 2022 da UFG.

#### 8.4. Estruturas posteriores (D4?)

Nos quartzitos da Serra da Jiboia e no seu entorno, os traços de foliação e alinhamentos de cristas e topos de morros estão suavemente dobrados, de maneira que na porção norte da serra a direção-geral das estruturas é NNW-SSE e na porção sul, sua orientação muda para NNE-SSW, desenhando, portanto, uma ampla dobra aberta cuja zona de charneira está localizada na Serra da Jiboia.

Tal geometria poderia ser interpretada como uma fase tardia de deformação (D4) relacionada a atuação de zonas de cisalhamento E-W identificadas regionalmente em mapas geológicos existentes, fora da área de estudo.

Interpreta-se que a fase D4 teria ocorrido em regime mais rúptil, motivo pelo qual, não se identifica, em escala de afloramento, as estruturas relacionadas a esta grande inflexão regional. Entretanto, os efeitos dessa inflexão são observados no estereograma das foliações S1, na qual a guirlanda desenhada pela foliação S1 apresenta espalhamentos de pólos de planos para norte e para sul (Figura 25).

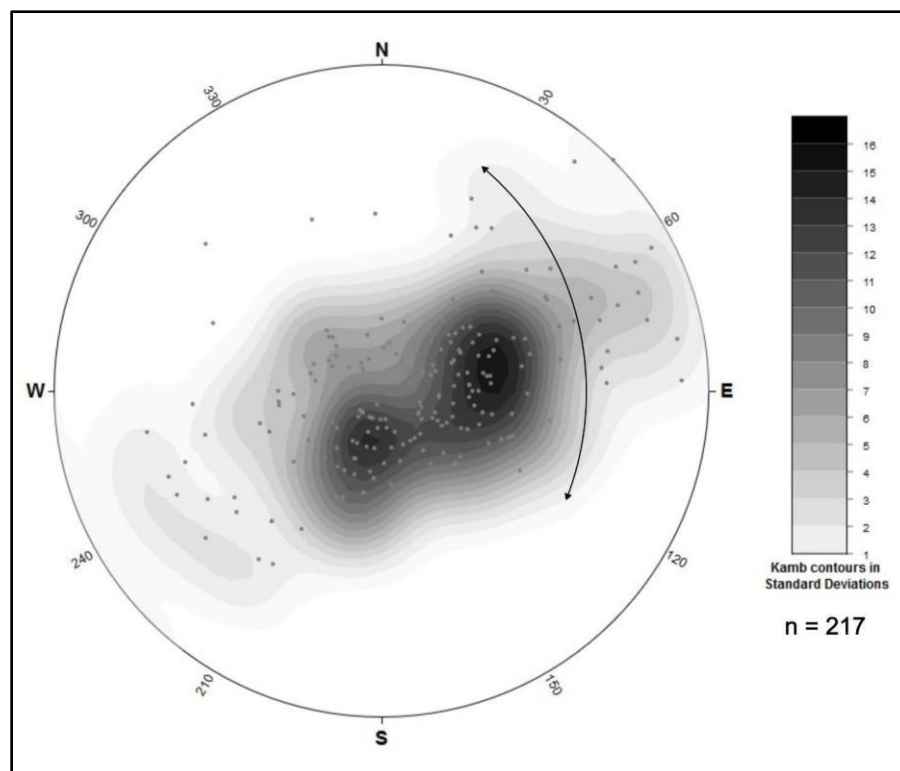


Figura 25 - Estereograma plotado com os pólos dos planos S1, contorno de densidade e seta indicando o espalhamento lateral relacionado à fase D4.

### 8.5. Lineação Mineral

A lineação mineral foi medida principalmente em cristais de muscovita contidas nos planos de xistosidade (S2). Possui direção preferencial NNW, com ângulo de mergulho entre 10° e 30° (Figura 26). A orientação da lineação mineral, aproximadamente paralelo ao eixo de dobras D2, sugere que o vetor de esforço principal ( $\sigma_1$ ) das fases de deformação dúctil é ENE-WSW, o que fez com que esses minerais se desenvolvessem de maneira aproximadamente ortogonal à direção do  $\sigma_1$ .

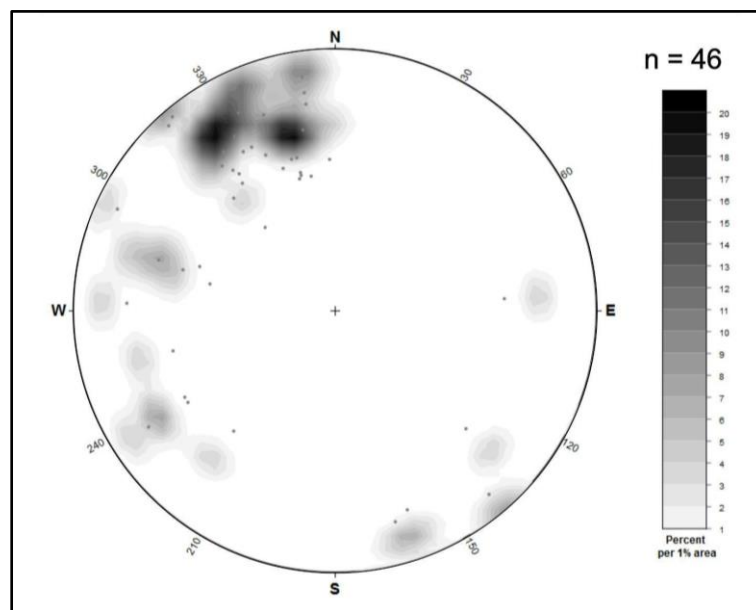


Figura 26 - Estereograma plotado com as linhas referentes às lineações minerais (Lm) dadas por muscovita, com destaque para o contorno de densidade de pontos que indica uma direção preferencial para NNW.

### 8.6. Interpretação dos dados

Os dados de geologia estrutural sugerem que diversas fases de deformação e estruturas associadas foram reconhecidas ao longo das rochas da Sequência Anicuns-Itaberaí (Figura 27). Assim como discutido nos tópicos anteriores, as deformações D1, D2 e D3 foram resultados de um evento tectônico interpretado como decorrente da aglutinação do Arco Magmático de Arenópolis ao Orógeno Brasília e cujo vetor principal de esforços possuía direção WSW-ENE, formando estruturas em regime dúctil e dúctil-rúptil.

As estruturas com características dúcteis são dobras relacionadas com a deformação D1, que são redobradas e transpostas pela fase D2. A fase D3 é interpretada como a fase dúctil-rúptil, resultado do desenvolvimento de zonas de cisalhamentos associadas a falhas inversas. Interpreta-se como possível fase D4 uma inflexão de amplitude regional, bem marcada na Serra da Jiboia, possivelmente relacionada a um encurtamento NNE-SSW e atuação de zonas de cisalhamento aproximadamente E-W. A hierarquização das principais estruturas da área de estudo está no blocodiagrama da Figura 27.

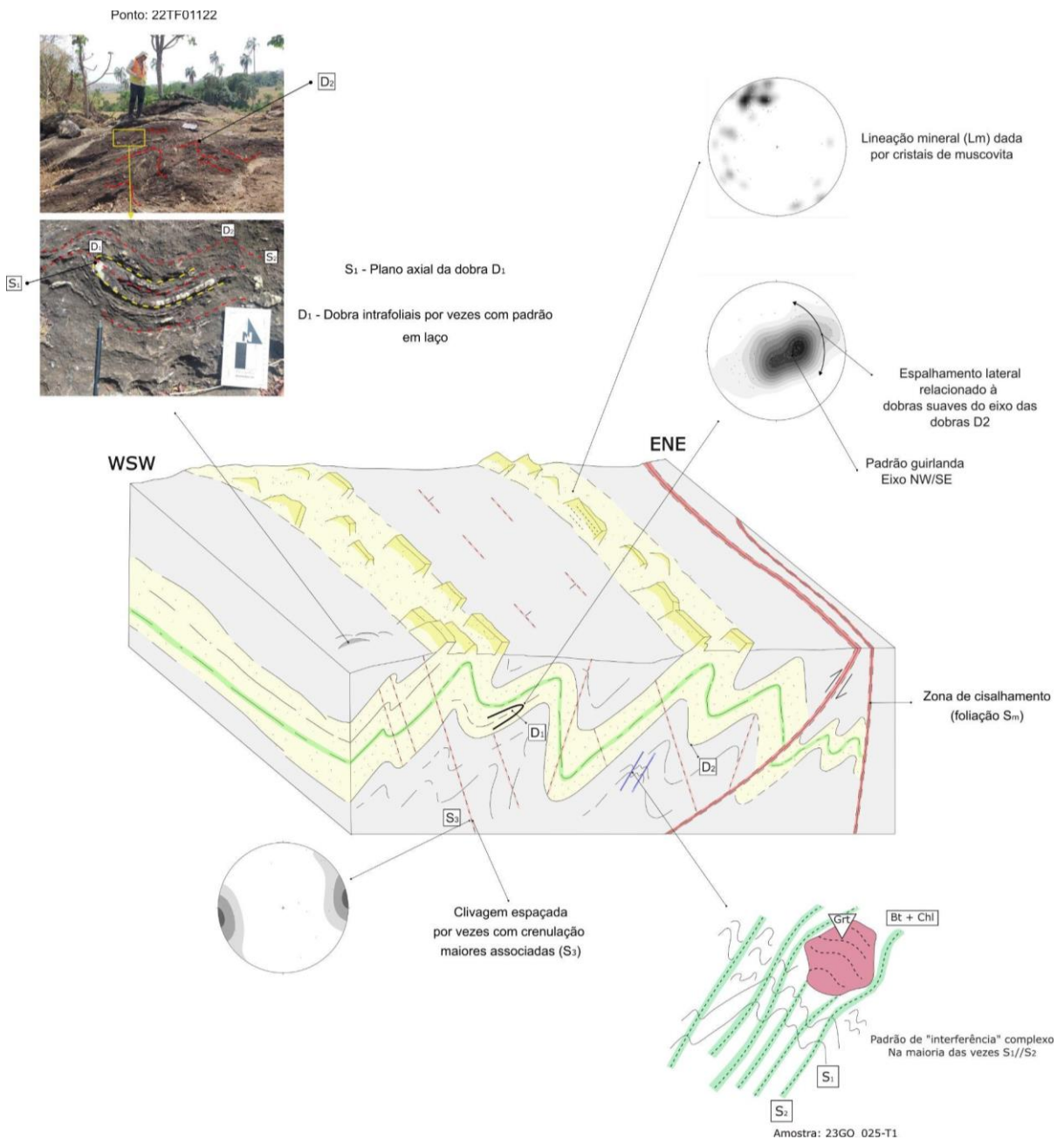


Figura 27 - Bloco diagrama com as respectivas fases de deformação (Fonte: elaborado pelos autores).

## 9. METAMORFISMO

Os poucos trabalhos existentes na literatura que abordam o metamorfismo das rochas da Sequência Anicuns-Itaberaí, descrevem essas rochas como sendo de fácies anfibolito. Laux *et al.* (2004) e Laux *et al.* (2010) descrevem a presença de anfibolitos máficos associados a seqüências supracrustais. Lacerda Filho *et al.* (2021), definem os xistos da área de estudo como protólitos pelíticos em fácies anfibolito médio, com retrometamorfismo em fácies xisto verde médio a baixo.

### 9.1. Evidências texturais

Como mencionado acima, os xistos que ocorrem na área podem ser divididos em dois tipos, o primeiro compreende xistos metapelítico com granada biotita, muscovita, plagioclásio, quartzo e clorita, e o segundo compreendem xistos calcissilicáticos compostos essencialmente pelos mesmos minerais do xisto metapelítico e hornblenda.

Interpreta-se que a assembleia mineral do pico metamórfico do xisto metapelítico é dada por muscovita + quartzo + plagioclásio + biotita + granada, sendo a clorita formada durante o retrometamorfismo, visto que geralmente ocorre em textura de substituição nos porfiroblastos de granada e nos cristais de biotita (Figura 28).

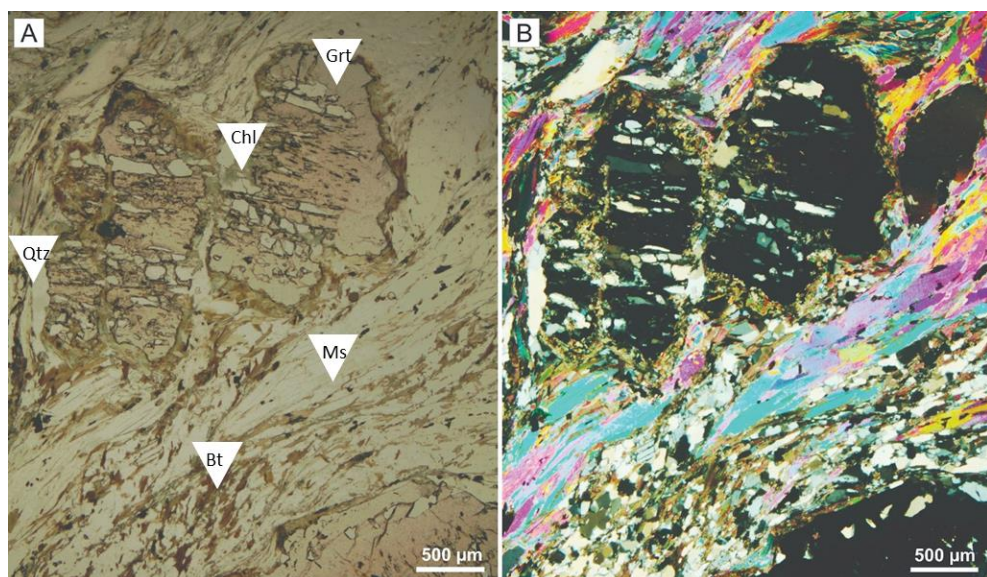


Figura 28 - Fotomicrografia mostrando a reação de substituição entre granada e biotita gerando clorita (lâmina 23GO\_022-P1 com aumento de 25 vezes). A) Nicóis descruzados, B) Nicóis cruzados.

A análise microestrutural de amostras do xisto metapelítico sugere que os porfiroblastos de granada são inter-tectônicos, ou seja, se formaram após a deformação D1 e entre o final da deformação D1 até o início da deformação D2. As evidências dessa interpretação incluem a presença de inclusões (principalmente rutilo e quartzo) em porfiroblastos poiquilíticos de granada que desenham estruturas interpretadas como relacionadas à fase D1, que incluem dobras apertadas isoclinais (Figura 19) e linhas de inclusões retilíneas ou levemente crenuladas (Figura 33) interpretadas como a foliação S1, discordantes da xistosidade (S2) externa ao porfiroblasto, dada por cristais de mica (biotita e muscovita) que contornam os cristais de granada, indicando também que o porfiroblasto de granada já existia quando a foliação S2 foi gerada na rocha.

A interpretação de que a formação da granada se estendeu até o início do S2 está embasada no fato de que, em alguns dos porfiroblastos, as inclusões desenham dobras apertadas cujo o plano axial marca a foliação S1 e, em alguns casos, desenham microdobras abertas que são interpretadas como início da crenulação da foliação S1, durante o evento D2, conforme apresentado na Figura 19 e Figura 33, respectivamente. O quartzo nessas rochas é interpretado como tendo sido submetido a múltiplos processos de recristalização durante a deformação. Exibe contato engrenado entre os cristais (Figura 29) sugerindo processo de recristalização dinâmica do tipo migração de borda de grão (*Grain Boundary Migration - GBM*). De acordo com Passchier e Trouw (2005), esse mecanismo de recristalização em quartzo normalmente ocorre em temperatura maior que 500 °C em regime dúctil (Figura 30).

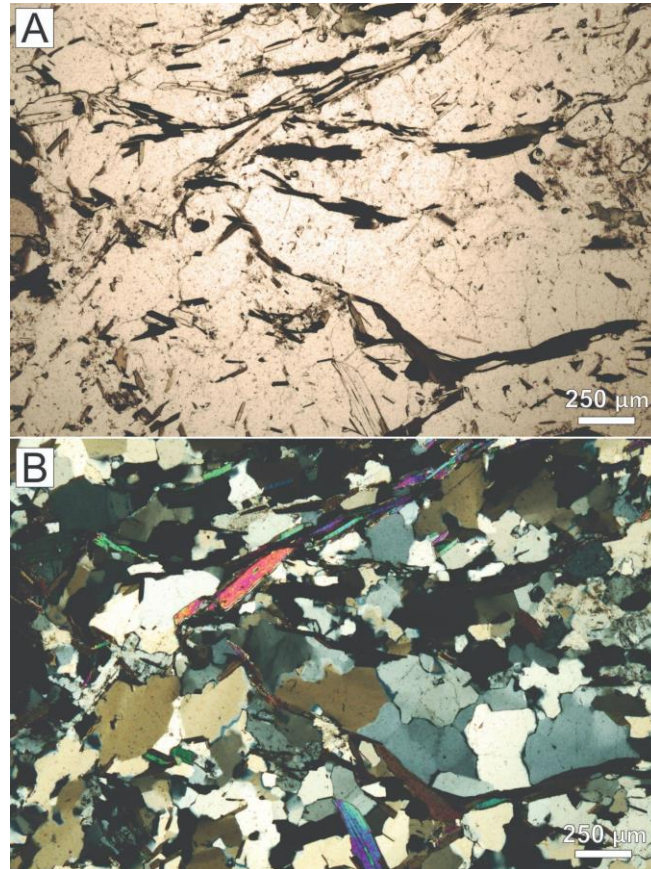


Figura 29 - Imagem de microscópio petrográfico da lâmina 23GO\_025-T1 com aumento de 50 vezes. A) Nicóis descruzados; B) Nicóis cruzados, onde se notam os contatos engrenados na trama de quartzo característicos de recristalização tipo GBM.

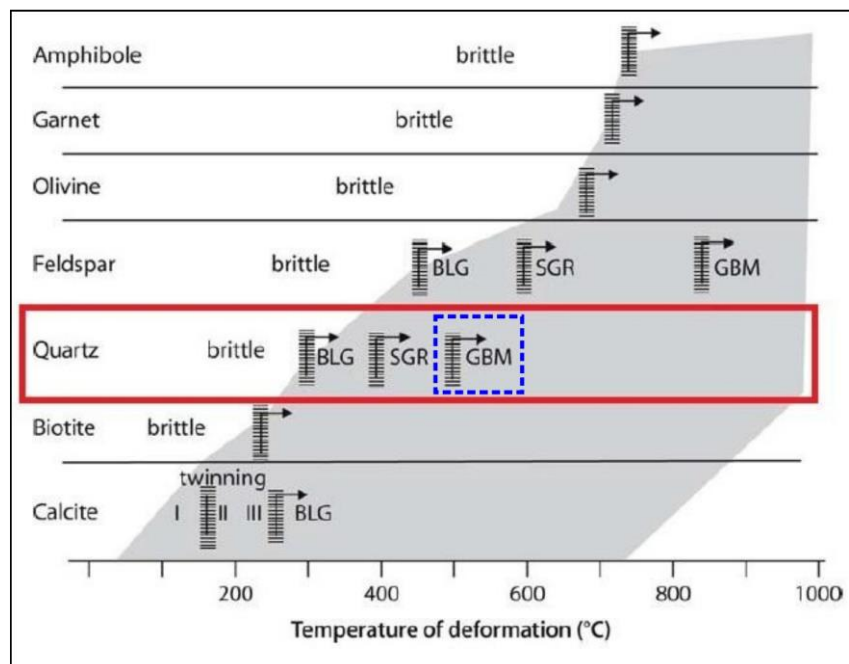


Figura 30 - Relação de temperatura, mecanismos de deformação para diferentes minerais e transição entre domínio rúptil para dúctil da área em branco para cinza, com destaque para o quartzo no polígono vermelho e para o mecanismo de recristalização di tipo GBM no polígono tracejado azul. Modificado de Passchier e Trouw, 2005.

O plagioclásio não exibe feições claras de recristalização, apresentam formas anédricas a sub-euédricas com contatos irregulares. Alguns cristais, porém, exibem texturas de exsolução, com presença de mirmequitas (Figura 31). Segundo Ashworth (1986) a mirmequita pode ocorrer em substituição à albita em condições superiores ao *gap* da peristerita em metamorfismo progressivo de xistos pelíticos.

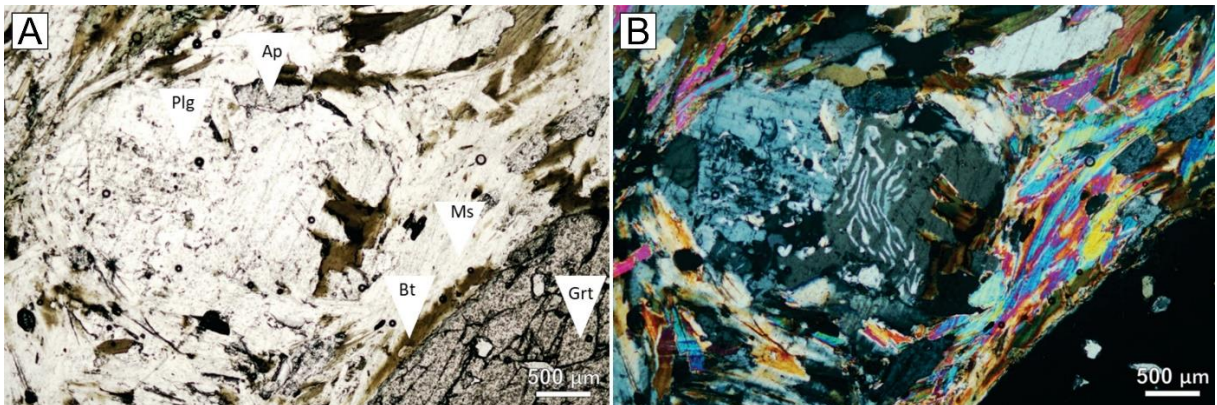


Figura 31 - Fotomicrografia de cristal de plagioclásio com textura mirmequítica da lâmina 22TF-01-121-B. A) Nicóis descruzados B) Nicóis cruzados.

A muscovita é a mica mais abundante nos xistos metapelíticos. Do ponto de vista microestrutural é interpretada como tendo sido formada durante a primeira fase de deformação (D1) (Figura 32) mas foi dobrada e reorientada na segunda fase de deformação (D2), uma vez que os cristais ocorrem orientados desenhando dobras de crenulação na rocha.

A biotita, da mesma forma que a muscovita, é interpretada como formada inicialmente durante a fase D1 (Figura 32), produto da reação entre clorita e muscovita no metamorfismo progressivo. Aparentemente durante as fases tardias da deformação D2 (Figura 32), houve uma segunda fase de cristalização de biotita formadas pela reação de quebra da granada durante o retrometamorfismo que gerou também clorita.

A clorita ocorre ao longo da foliação principal substituindo os cristais de biotita e na borda dos porfiroblastos de granada (Figura 33) e substituindo completamente os porfiroblastos como pseudomorfos (Figura 34), sendo, portanto, interpretada como pós D2 (Figura 32). O fato de não ter cristais remanescentes de clorita pré S1, indica que estes cristais foram completamente consumidos durante a reação com a biotita no metamorfismo progressivo.

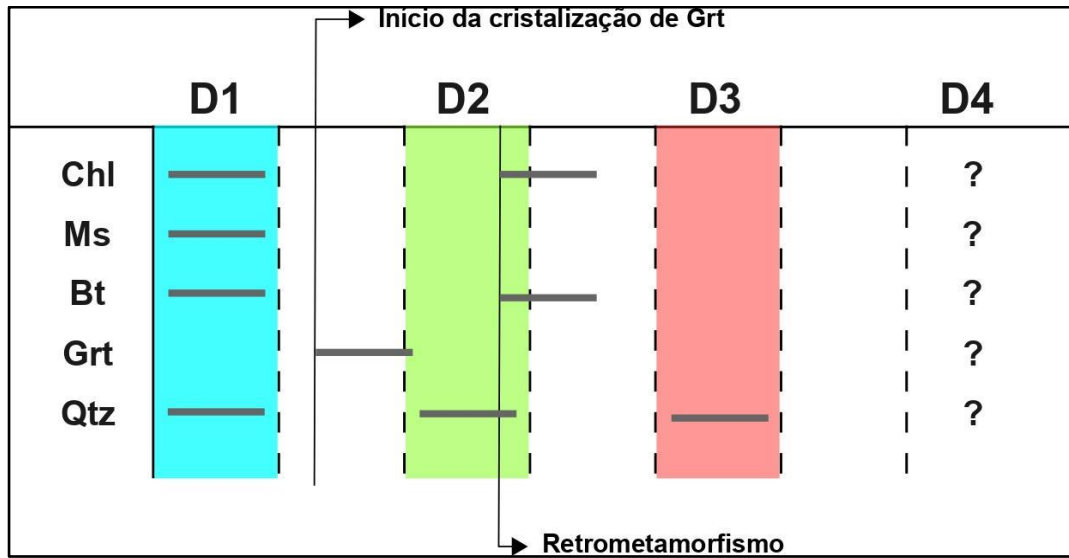


Figura 32 - Diagrama de blastese mineral (Fonte: Elaborada pelos autores).

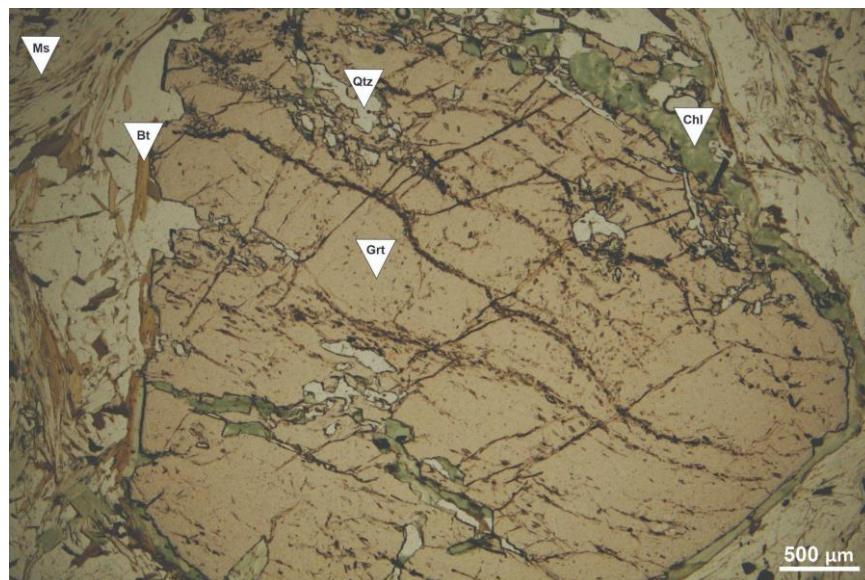


Figura 33 - Porfiroblasto de granada com borda cloritizada durante o retrometamorfismo. Também se observa a presença de inclusões que desenham dobras suaves dentro do porfiroblasto, sugerindo que o porfiroblasto se cristalizou durante o início da fase D2. Lâmina 23GO\_25-T1, aumento de 25 vezes, nicóis des cruzados.



Figura 34 - Fotomicrografia de porfiroblasto de granada quase que totalmente substituído por clorita, durante o retrometamorfismo. Lâmina 23GO\_22-P1, aumento de 25 vezes, nicóis descruzados.

Na grade petrogenético de Spear & Cheney (1989), considerando um sistema KFMASH, a associação granada, biotita, muscovita, quartzo e clorita é uma associação estável em pelitos pobres em alumínio (Figura 35) submetidos a condições de transição da fácies xisto verde para a anfibolito (Figura 59), o que implica em temperatura superior a 520°C e pressão de ~5Kbar em uma trajetória metamórfica barroviana. Entretanto, a presença de clorita nas lâminas estudadas está associada a texturas de retrometamórficas, o que implica que estão em desequilíbrio com as fases do auge do metamorfismo. Portanto interpreta-se que a clorita formada no início do metamorfismo dessas rochas deve ter sido totalmente consumida pelas reações durante o metamorfismo progressivo dessas rochas, e que a assembleia estável no auge do metamorfismo (pico metamórfico) era composta por muscovita, granada, biotita e quartzo. Segundo o grid petrogenético de Spear & Cheney (1989), essa associação é possível em um amplo intervalo de temperatura e de pressão de pelitos pobres em alumínio, sendo estável, a depender da composição da rocha, até condições da fácies anfibolito intermediário, até o momento em que a muscovita reage para formar feldspato potássico.

Embora não haja estauroлита nas rochas, acredita-se que as rochas atingiram as condições de fácies anfibolito, equivalente a zona da estauroлита. A inexistência de estauroлита deve estar relacionada à composição da rocha, possivelmente pelitos muito ricos em Fe (Tabela 4).

A presença de clorita retrometamórfica é interpretada como produto da reação da granada + biotita + H<sub>2</sub>O pelo reequilíbrio durante a exumação, gerando na rocha a associação Grt-Chl-Bt-Ms-Qtz na transição da fácies anfibolito para a fácies xisto verde.

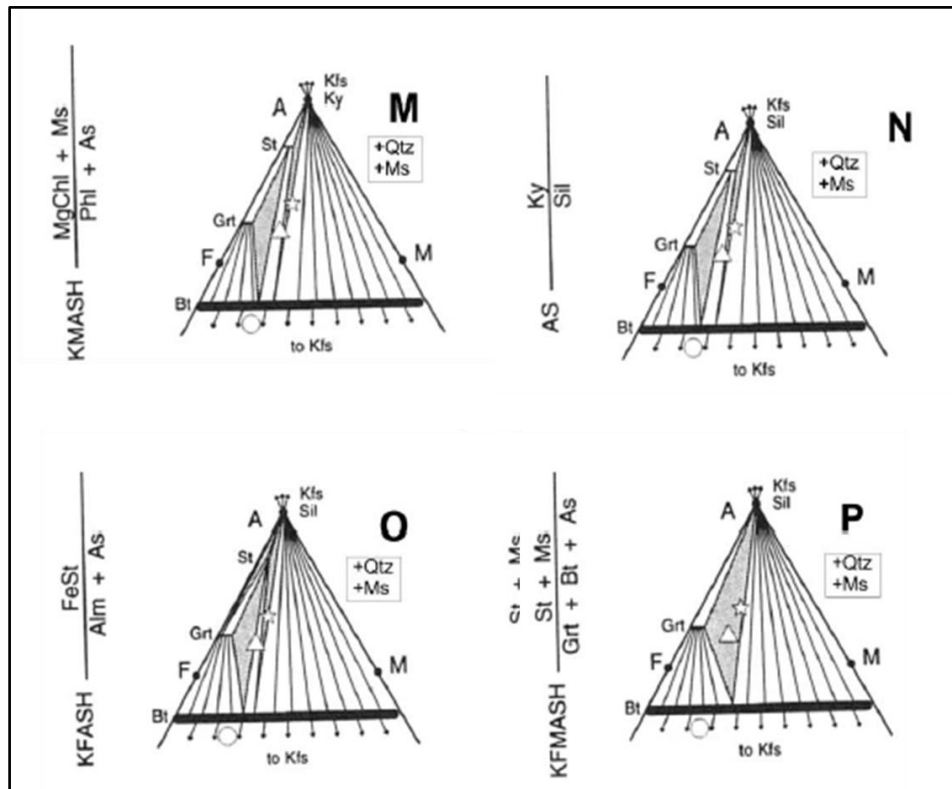


Figura 35 - Reações associadas à fácies anfibolito da assembleia mineral descrita.

Nos xistos com hornblenda, o quartzo ocorre na matriz como domínios granoblásticos e no interior dos porfiroblastos hornblenda e granada marcando a foliação interna. É interpretado como sin D1 exibindo feições de recristalização dinâmica como *Grain Boundary Migration* que indica temperatura mínima de 500°C. Os cristais de muscovita acompanham a foliação principal, marcando os domínios lepidoblásticos e são interpretados como sin D1.

Os plagioclásios são cristais anédricos, com hábito maciço e com contatos irregulares em que os grãos estão quase totalmente alterados para sericita

Os porfiroblastos são interpretados como intertectônicos, sin D1 a pós D1, ambos preservam foliação interna, na granada as principais inclusões são de epidoto e quartzo, enquanto nos porfiroblastos de hornblenda, as inclusões são quartzo e cristais de monazita com halo de metamictização.

A associação presente nessas rochas, dada por biotita + muscovita + granada + quartzo + plagioclásio + hornblenda (Figura 14) é muito similar a assembleias calciossilicatadas entre a zona da biotita e a zona do anfibólio de Ferry (1988).

## 10. MAPAS COMPOSICIONAIS

Os mapas composicionais de fases (Figura 36 e Figura 37) são obtidos a partir do tratamento dos dados de microsonda no *software* XMapTools (Lanari *et al.*2014), e a Tabela 4 é relacionada com a composição modal (*bulk composition*) obtida com base no mesmo *software*.

O mapa da lâmina 23GO\_022-P1 mostra que a área mapeada é composta por 27% de quartzo, 25% de plagioclásio, 17% de granada, 12% de biotita, 11% de muscovita, 2,6 % de clorita, 0,87 % de turmalina, 0,4 % de rutilo, 0,26 % de apatita e 0,22 % de titanita. Para a lâmina 23GO\_025-T1, a área mapeada é composta por 39% de muscovita, 23% de quartzo, 11% de plagioclásio, 10% de biotita, 9% de granada 4% de clorita, 0,41 % de apatita, 0,40 % de rutilo e 0,08 % de titanita.

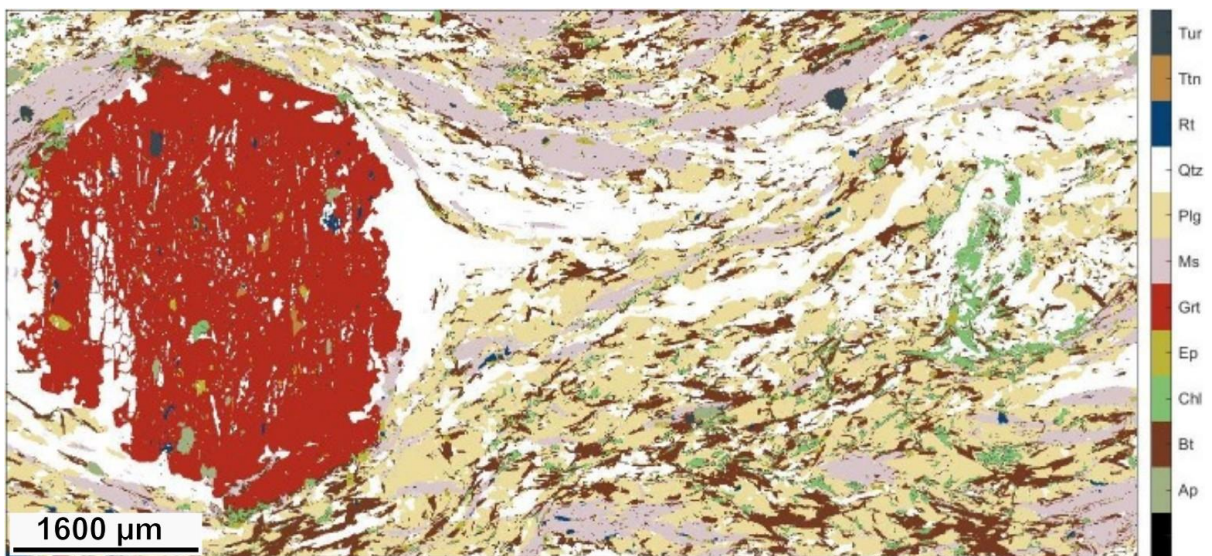


Figura 36 - Mapa composicional obtido por meio do software XMapTools para a lâmina 23GO\_022-P1.

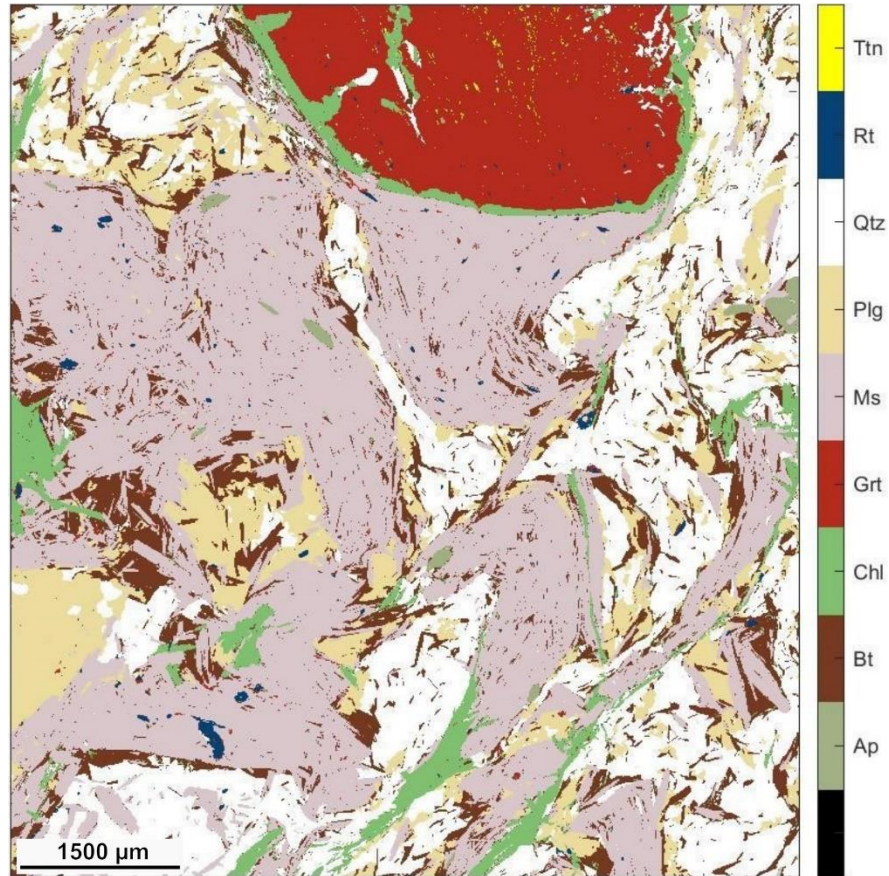


Figura 37 - Mapa composicional obtido por meio do software XMapTools para a lâmina 23GO\_025-T1.

Tabela 4 - Tabela de composição química das amostras (*bulk composition*) 23GO\_022-P1 e 23GO\_025-T1.

Óxidos analisados	Amostras	
	23GO_022-P1	23GO_025-T1
SiO <sub>2</sub>	61.41	58.43
MnO	0.44	0.11
K <sub>2</sub> O	2.08	4.23
Na <sub>2</sub> O	2.28	1.46
FeO	10.24	8.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.49	20.95
CaO	3.00	1.74
MgO	2.53	2.78
TiO <sub>2</sub>	1.01	0.97
<b>Total (wt%)</b>	<b>100.47</b>	<b>98.80</b>

## 11. QUÍMICA MINERAL

Os dados de química mineral, extraídos a partir do mapeamento composicional das lâminas analisadas, são apresentados abaixo.

### GRANADA

Os porfiroblastos de granada nas duas amostras tiveram suas composições calculadas com base em 12 oxigênios. A fórmula química juntamente com a quantificação das proporções dos membros finais é apresentada na Tabela 5 e Tabela 6 e as variações químicas entre os membros finais da solução sólida estão graficamente ilustradas em diagramas ternários que confrontam os teores em porcentagem molar de almandina, espessartita, grossulária e piropo (Figura 38).

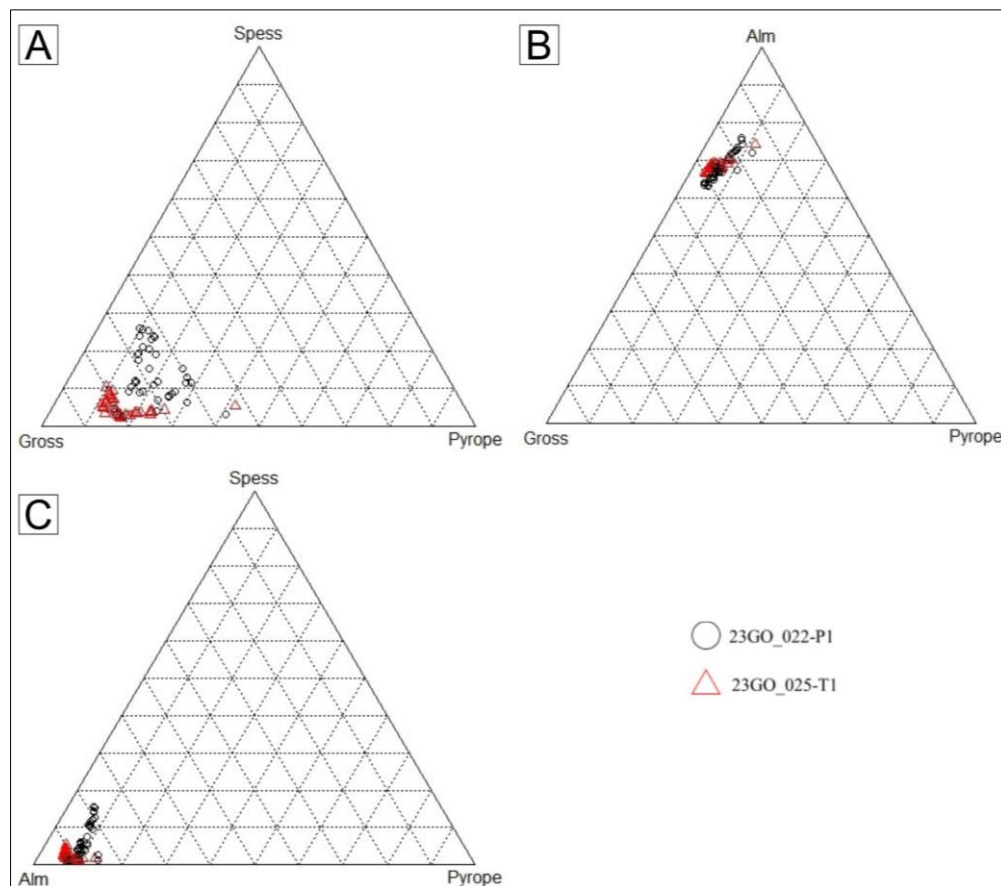


Figura 38 - Diagramas composicionais dos porfiroblastos de granada. A) Diagrama ternário de membros finais do porfiroblasto de granada entre os membros piropo (pyrope), grossulária (gross) e espessartita (spess); B) Diagrama ternário de membros finais do porfiroblasto de granada entre os

membros grossulária, almandina (alm) e piropo. C) Diagrama ternário de membros finais do porfiroblasto de granada entre os membros piropo, almandina e espessartita.

Os diagramas mostram que a granada é essencialmente almandina com variações para grossulária, espessartita e piropo. Nota-se também, nos mapas composicionais dos porfiroblastos analisados, que a granada exibe um nítido e complexo zoneamento composicional (Figura 39 e Figura 40), definido por um núcleo enriquecido em espessartita que diminui gradualmente em direção à borda. Os membros piropo e almandina tem o comportamento inverso, são empobrecidos no núcleo e enriquecem em direção às bordas, enquanto que o membro grossulária é uniforme ao longo do cristal diminuindo a concentração na borda do porfiroblasto.

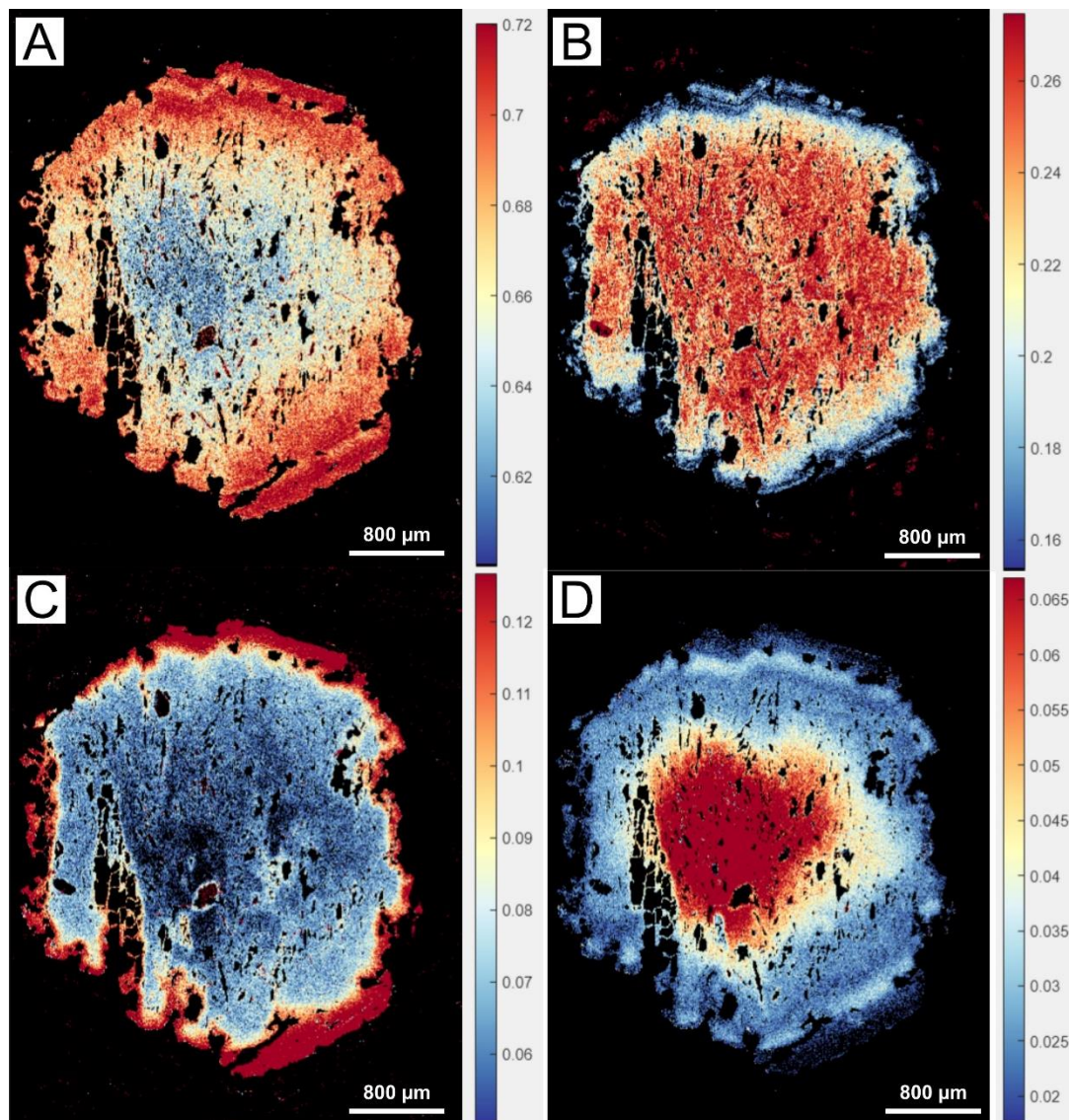


Figura 39 - Mapas composicionais do porfiroblasto de granada na lâmina 23GO\_022-P1, onde as cores quentes representam a maior concentração para os membros: A) Concentração de almandina; B) Concentração de grossulária; C) Concentração de Piropo; D) Concentração de espessartita.

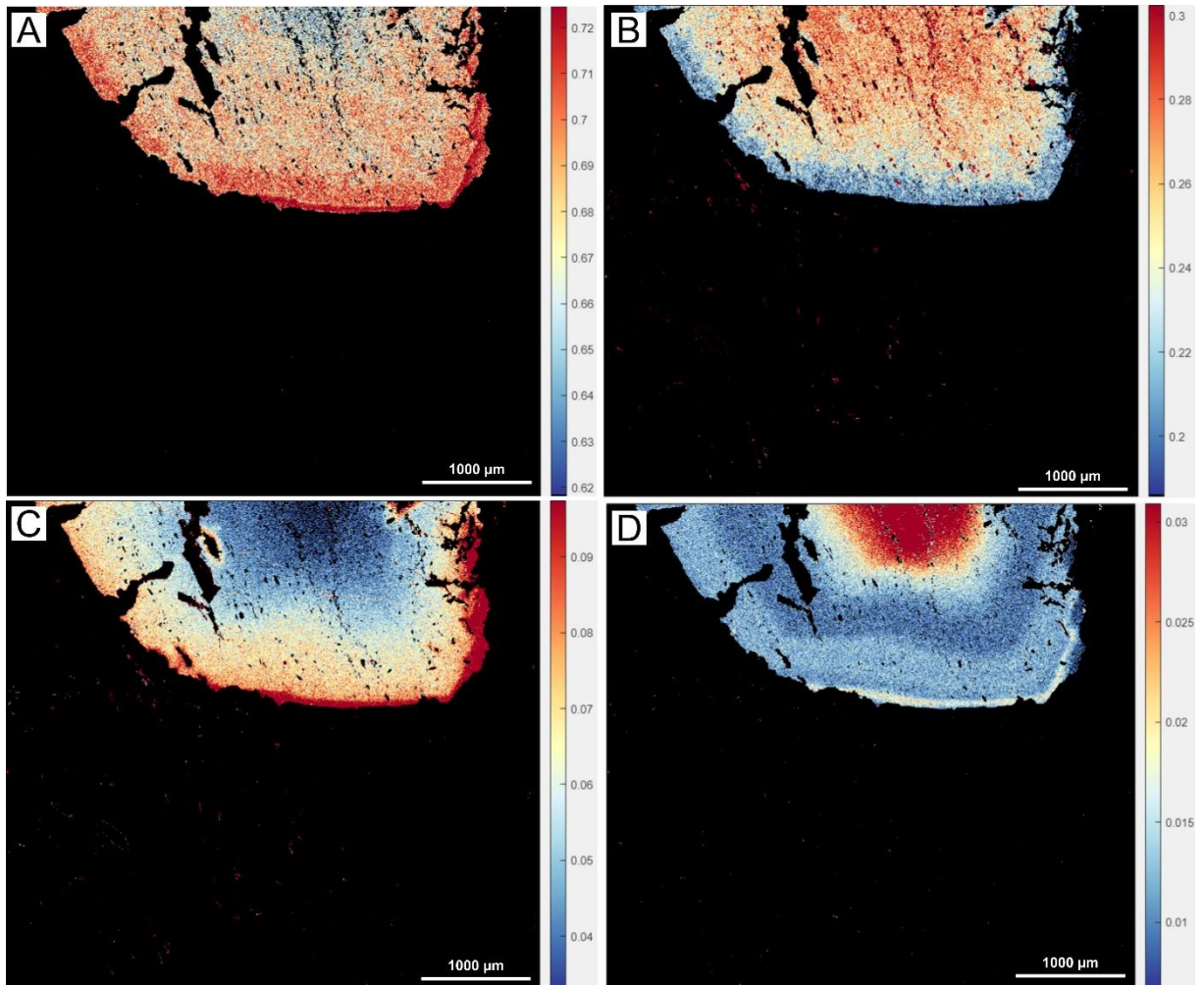


Figura 40 - Mapas composicionais do porfiroblasto de granada na lâmina 23GO\_025-T1, onde as cores quentes representam a maior concentração para os membros: A) Concentração de almandina; B) Concentração de grossulária; C) Concentração de piropo; D) Concentração de espessartita.

A variação da composição dos membros finais da granada dentro dos porfiroblastos varia de 56,79 a 73,33 mol% para almandina, de 16,04 a 27,88 mol % para grossulária, 4,52 a 4,12 mol % para o piropo e 8,06 a 7,20 mol% para espessartita na borda do cristal e 11,06 a 11,22 mol % no núcleo. Além disso, destaca-se a presença de uma auréola intermediária cujo componente espessartita tem composição média de 3,26 mol %, a partir da qual, o componente espessartita diminui em direção à borda, conforme observado nos pontos selecionados para o cálculo das fórmulas estruturais (Figura 41) e apresentados em detalhe na Tabela 5.

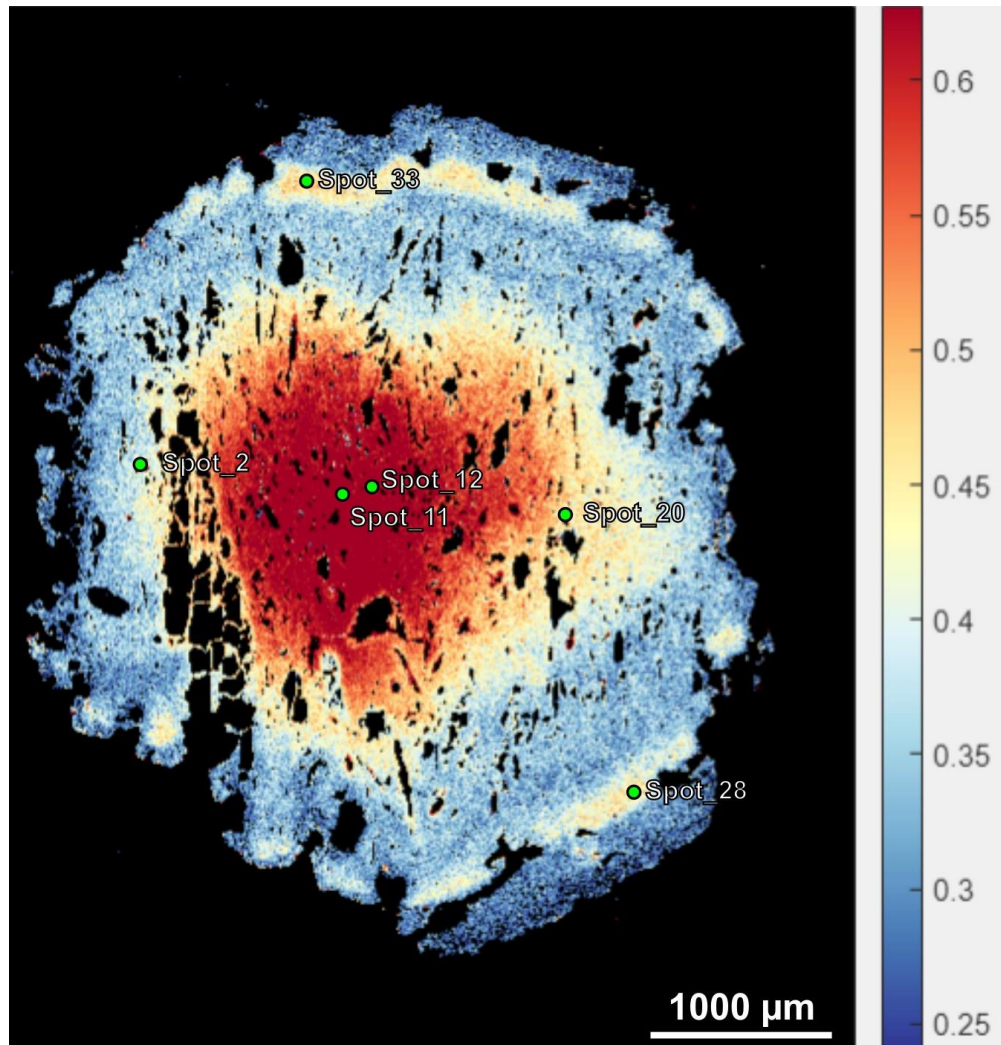


Figura 41 - Pontos selecionados da amostra 23GO\_022-T1 para o cálculo da fórmula química em diferentes zonas do porfiroblasto de granada, com destaque em cores quentes para as porções mais ricas em manganês (espessartita).

Tabela 5 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual dos membros finais do porfiroblasto de granada da amostra 23GO\_022-P1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.

Amostra: 23GO_022-P1	Núcleo		Zona intermediária		Borda	
Óxidos (wt%)	Spot 11	Spot 12	Spot 2	Spot 20	Spot 33	Spot 28
SiO <sub>2</sub>	36.68	36.87	36.44	37.20	37.15	36.77
TiO <sub>2</sub>	0.21	0.22	1.46	0.14	0.02	0.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.42	20.70	20.33	20.88	21.22	21.18
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	-	0.01	-	0.02	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	25.87	26.28	29.65	28.83	32.94	32.88
MnO	4.88	4.84	1.34	1.98	1.51	1.41
MgO	1.02	1.12	1.50	1.50	1.80	1.99
CaO	9.58	9.54	8.16	9.49	5.56	5.74
NaO	0.03	0.01	0.02	0.03	0.05	0.06
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Total (%)	98.70	99.58	98.93	100.07	100.27	100.07

Fórmula mineral calculada						
Si	2.98	2.97	2.96	2.98	2.98	2.95
Ti	0.01	0.01	0.09	0.01	0.00	0.00
Al	1.96	1.96	1.95	2.00	2.01	2.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sup>3+</sup>	0.06	0.08	0.00	0.03	0.02	0.08
Fe <sup>2+</sup>	1.70	1.69	2.02	1.97	2.19	2.13
Mn	0.34	0.33	0.09	0.09	0.10	0.10
Mg	0.12	0.13	0.18	0.18	0.21	0.24
Ca	0.83	0.82	0.71	0.74	0.48	0.49
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O (12)						
Almandina	56.79	56.81	67.16	65.92	73.33	71.95
Piropo	4.12	4.52	6.07	6.13	7.20	8.06
Grossulária	27.88	27.61	23.68	24.92	16.04	16.73
Essessartita	11.22	11.06	3.08	3.03	3.43	3.26

(-) Abaixo do limite de detecção

A amostra 23GO\_025-T1 exibe o mesmo padrão de variação composição similar ao da amostra 23GO\_022, no porfiroblasto mapeado, ou seja, variação na composição dos membros finais na forma de zoneamento concêntrico (Figura 42).

O membro final almandina varia de 64,18 a 66,66 mol % no núcleo e de 69,20 a 73,18 mol % na borda (Tabela 6). O membro final grossulária varia de 26,64 a 28,65 mol % no núcleo, apresentando leve redução na concentração nas bordas, para 21,41 a 14,12 mol %. A concentração do membro final piropo é menor no núcleo (3,44 a 3,67 mol %) e aumenta gradativamente em direção às bordas, com 8,03 a 11,24 mol%. Por fim o membro final essessartita é enriquecido no núcleo (3,02 a 3,73 mol %) e, diferente dos outros membros finais, há uma zona intermediária com leve enriquecimento em essessartita dentro da região de borda

com teores que variam de 1,36 a 1,47 mol % conforme observado nos pontos selecionados para o cálculo da fórmula estrutural (Figura 42) e detalhados na Tabela 6.

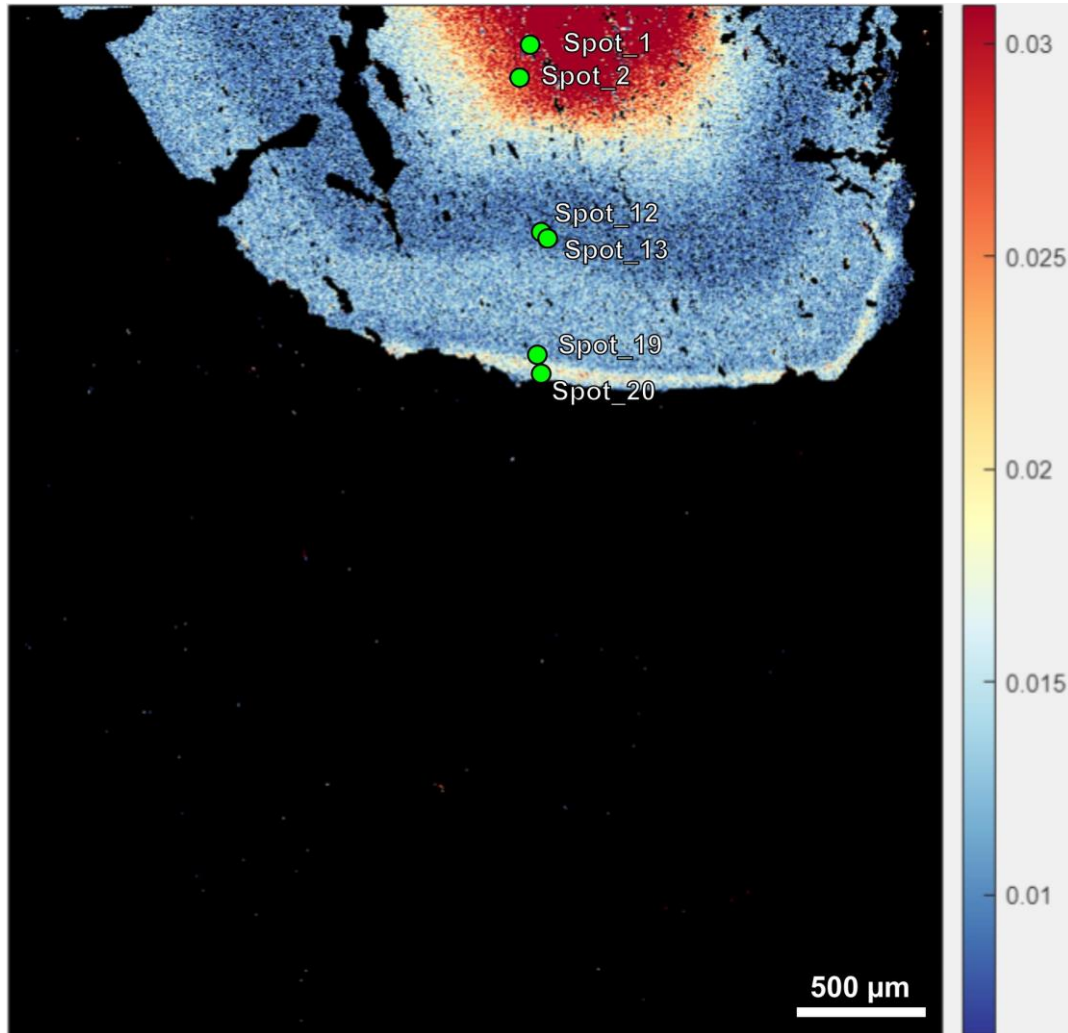


Figura 42 - Pontos selecionados da amostra 23GO\_025-T1 para o cálculo da fórmula química em diferentes zonas do porfiroblasto de granada, com destaque em cores quentes para as porções mais ricas em manganês (espessartita).

Tabela 6 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual dos membros finais do porfiroblasto de granada da amostra 23GO\_025-T1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.

Amostra: 23GO_025-T1	Núcleo		Zona intermediária		Borda	
Óxidos (wt%)	Spot 1	Spot 2	Spot 12	Spot 13	Spot 19	Spot 20
SiO <sub>2</sub>	37.15	37.09	37.34	37.27	37.29	37.12
TiO <sub>2</sub>	0.27	0.14	0.10	0.13	0.07	0.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.81	20.93	20.98	20.96	21.30	21.18
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.02	0.01	0.00	-	0.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	29.16	30.60	31.01	30.80	31.98	33.28
MnO	1.65	1.33	0.41	0.50	0.60	0.64
MgO	0.86	0.92	1.57	1.63	2.01	2.80
CaO	9.99	9.25	8.97	8.74	7.46	4.89
NaO	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.00
K <sub>2</sub> O	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.05
Total (%)	99.90	100.28	100.42	100.07	100.74	99.99

Fórmula mineral calculada						
Si	2.98	2.97	2.98	2.98	2.96	2.97
Ti	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Al	1.97	1.98	1.97	1.97	1.99	2.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sup>3+</sup>	0.03	0.06	0.06	0.05	0.07	0.05
Fe <sup>2+</sup>	1.93	1.99	2.00	2.01	2.05	2.18
Mn	0.11	0.09	0.03	0.03	0.04	0.04
Mg	0.10	0.11	0.19	0.19	0.24	0.33
Ca	0.86	0.79	0.77	0.75	0.64	0.42
Na	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O (12)						
Almandina	64.18	66.66	67.15	67.30	69.20	73.18
Piropo	3.44	3.67	6.24	6.51	8.03	11.24
Grossulária	28.65	26.64	25.69	25.06	21.41	14.12
Espessartita	3.73	3.02	0.92	1.13	1.36	1.47

( - ) Abaixo do limite de detecção

### *PLAGIOCLÁSIO*

A fórmula química do plagioclásio foi calculada com base em 8 oxigênios. Os resultados dos cálculos são apresentados na Tabela 7 e Tabela 8, e ilustrados nos diagramas ternários onde são apresentados a variação composicional entre os membros finais ortoclásio, albíta e anortita, do feldspato (Figura 43). Os dados mostram que os cristais de plagioclásio das amostras estudadas são oligoclásio ou albíta (Figura 43). Os pontos selecionados para o cálculo da fórmula estrutural dos cristais de plagioclásio estão presentes na Figura 44 e Figura 45.

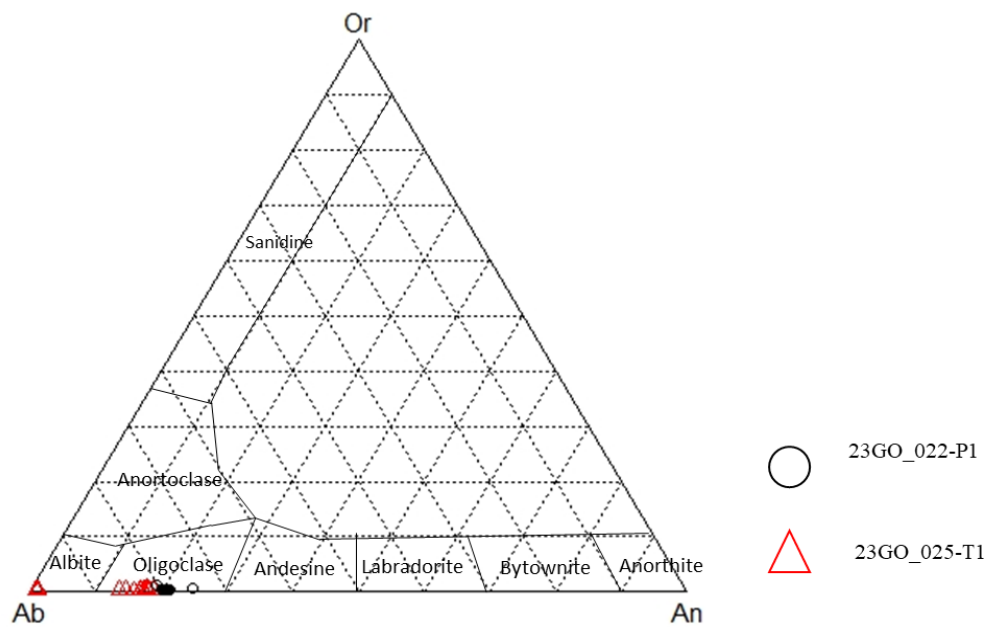


Figura 43 - Diagrama ternário com a composição dos cristais de plagioclásio das amostras 23GO\_022-P1 e 23GO\_025-T1, onde nota-se que os pontos estão relacionados com os membros oligoclásio e albíta.

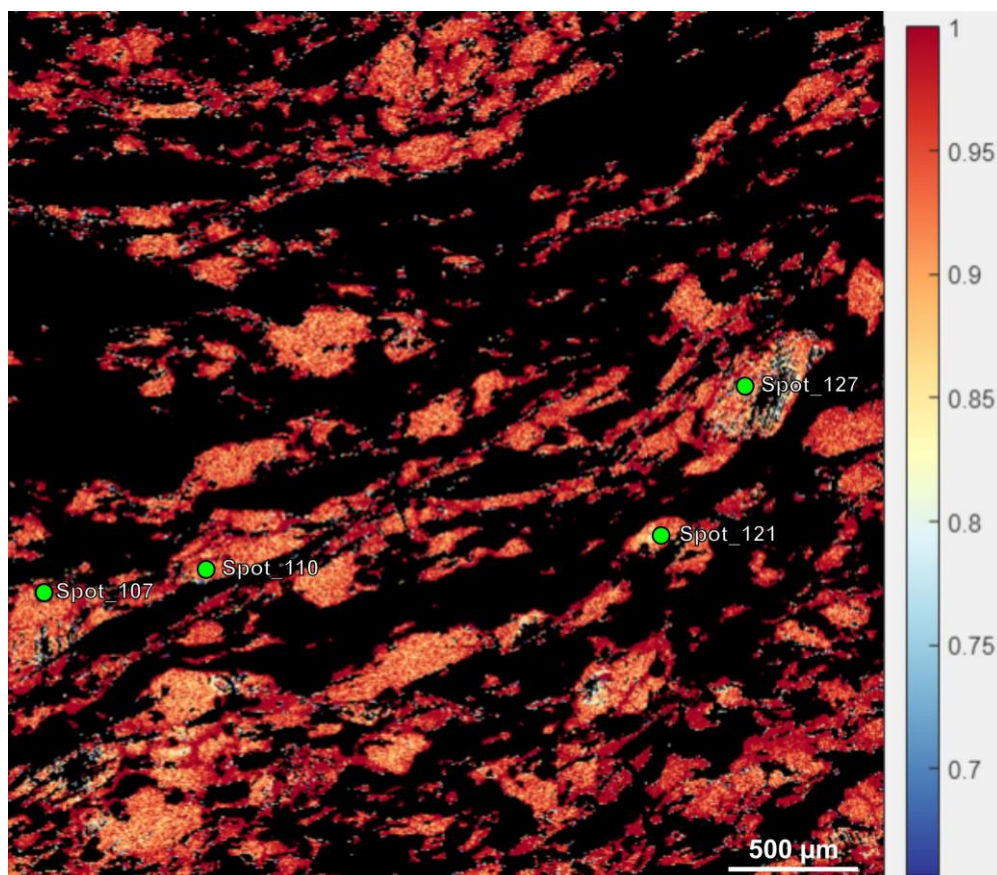


Figura 44 - Pontos selecionados da amostra 23GO\_022-P1 para o cálculo da fórmula química em diferentes zonas. Os tons de vermelho mais escuro relacionam-se com maior teor de Na, ou seja, albíta.

Tabela 7 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual dos membros finais dos cristais de plagioclásio da amostra 23GO\_022-P1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.

Amostra: 23GO_022-P1	Spot 107	Spot 110	Spot 121	Spot 127
Óxidos (wt%)				
SiO <sub>2</sub>	62.96	63.35	62.17	62.82
TiO <sub>2</sub>	0.00	-	0.00	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.15	23.30	22.98	23.21
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0.01	0.00	0.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.04	0.03	0.11	0.01
MnO	-	-	0.01	0.00
MgO	0.00	-	0.01	0.00
CaO	4.09	4.20	4.13	4.37
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	9.08	8.98	6.96	8.95
K <sub>2</sub> O	0.07	0.06	0.07	0.08
Total	99.38	99.92	96.45	99.47

Fórmula mineral calculada				
Si	2.80	2.81	2.89	2.80
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.21	1.22	1.26	1.22
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.19	0.20	0.21	0.21
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.78	0.77	0.63	0.77
K	0.00	0.00	0.00	0.00
O (12)				
An	19.85	20.47	24.57	21.16
Ab	79.77	79.16	74.90	78.36
Or	0.38	0.37	0.53	0.49

( - ) Abaixo do limite de detecção

A amostra 23GO\_025-T1(Figura 45) exibe valores composicionais que variam ao todo entre 98,8 mol% a 81,06 mol% de Ab, e 18,57 mol% a 0,80 mol%. Na Tabela 8 é possível observar a variação da composição entre os *spots* selecionados (Figura 45).

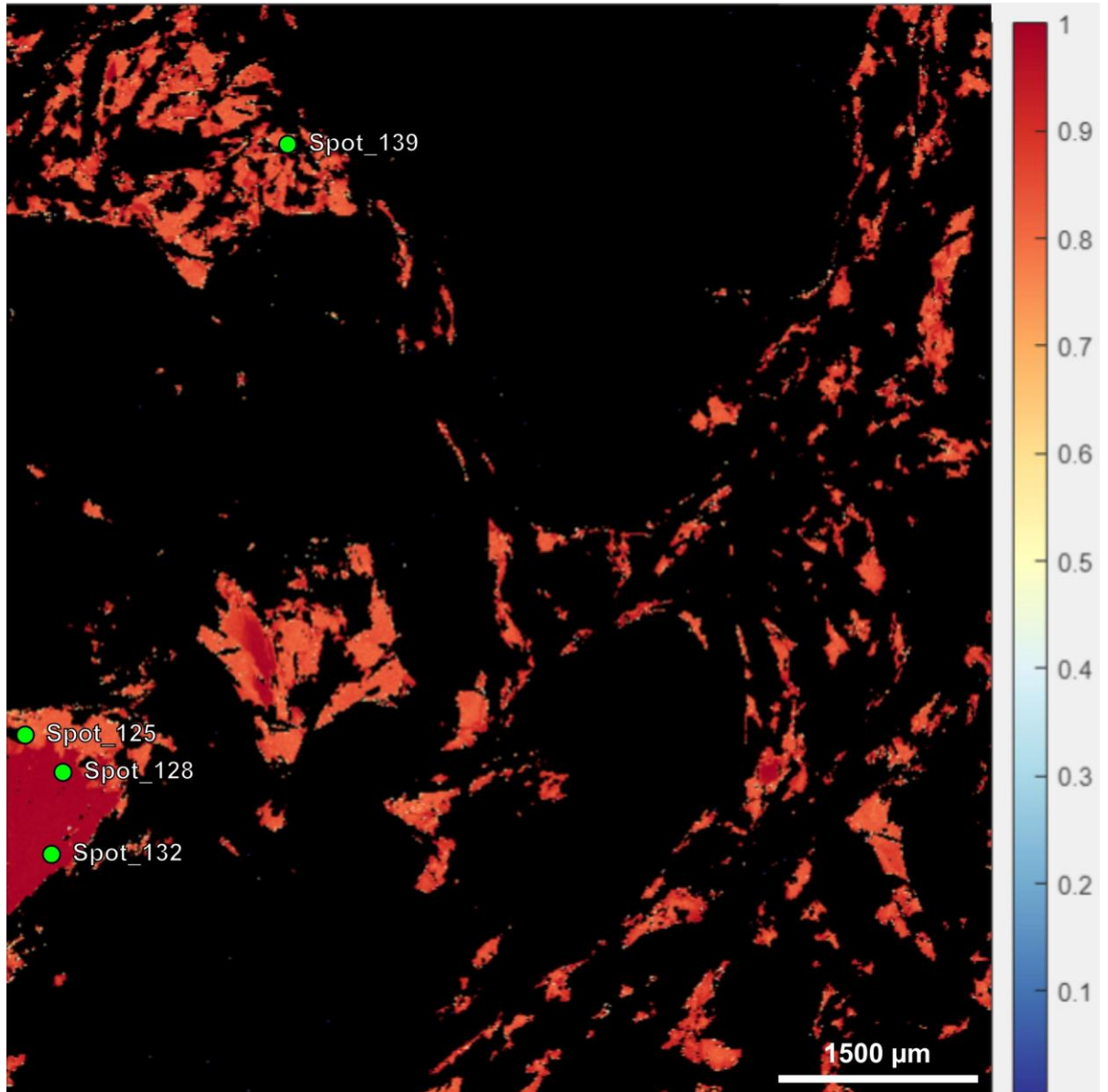


Figura 45 - Pontos selecionados da amostra 23GO\_025-T1 para o cálculo da fórmula química em diferentes zonas. Os tons de vermelho mais escuro relacionam-se com maior teor de Na, ou seja, albite.

Tabela 8 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual dos membros finais dos cristais de plagioclásio da amostra 23GO\_025-T1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.

Amostra: 23GO_025-T1	Spot 139	Spot 125	Spot 128	Spot 132
Óxidos (wt%)				
SiO <sub>2</sub>	63.21	63.10	66.76	67.46
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01	-	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.77	22.55	19.65	19.63
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.03	0.01	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.01	-	0.03
MnO	0.00	0.01	0.02	0.01
MgO	0.01	0.00	0.01	0.00
CaO	3.65	3.57	0.17	0.19
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	8.80	9.15	10.97	11.11
K <sub>2</sub> O	0.06	0.06	0.08	0.09
Total	98.51	98.49	97.64	98.50

Fórmula mineral calculada				
Si	2.84	2.83	2.99	3.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.21	1.19	1.04	1.03
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.18	0.17	0.01	0.01
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.77	0.80	0.95	0.96
K	0.00	0.00	0.00	0.01
O (12)				
An	18.57	17.69	0.83	0.93
Ab	81.06	81.96	98.67	98.53
Or	0.37	0.36	0.50	0.54

( - ) Abaixo do limite de detecção

### BIOTITA

A fórmula estrutural da biotita foi calculada com base em 32 oxigênios. O diagrama da Figura 46 mostra a variação de  $X_{Fe}(Fe/Fe+Mg)$  versus Al na posição IV, de cristais biotita selecionados a partir de pontos nas áreas mapeadas por microsonda. É possível ver que os

cristais de biotita das amostras estudadas têm composição média que apresentam maior tendência para os membros annita e flogopita.

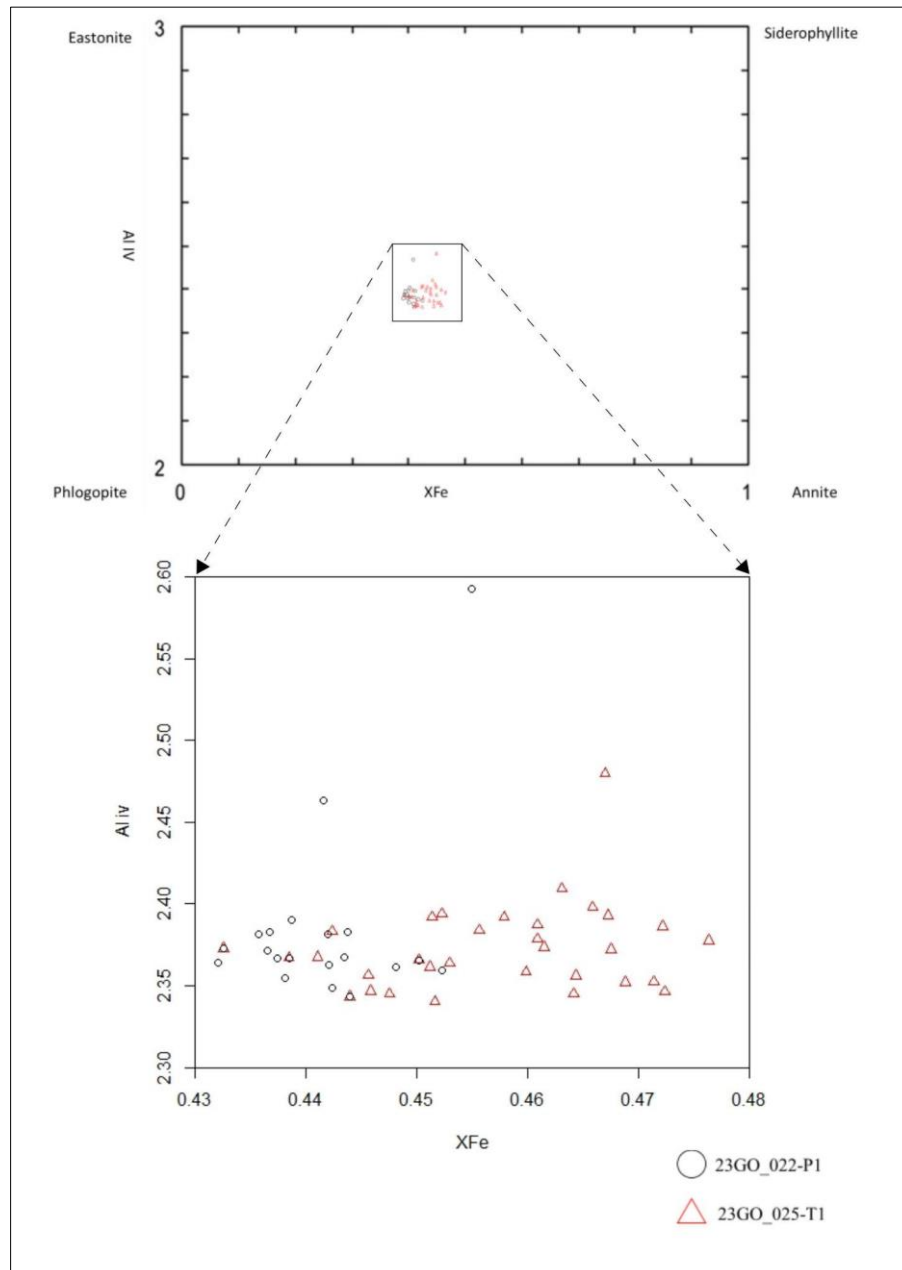


Figura 46 - Diagrama composicional de biotitas com base em  $X_{Fe}(Fe/Fe+Mg)$  e Al na posição IV.

A fórmula estrutural para alguns dos cristais de biotita das amostras estudadas é apresentada na Tabela 9, onde observa-se que há uma pequena diferença nos valores de  $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$  dos cristais de biotita que variam de 0,53 a 0,56 entre as amostras 23GO\_022-P1 e 23GO\_025-T1.

Tabela 9 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual do  $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$  de biotita presentes nas amostras 23GO\_022-P1 e 23GO\_025-T1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.

Amostras: Óxidos (wt%)	23GO_022-P1			23GO_025-T1		
	Spot 64	Spot 67	Spot 71	Spot 81	Spot 83	Spot 92
SiO <sub>2</sub>	37.02	36.76	35.78	36.13	36.51	35.53
TiO <sub>2</sub>	1.44	1.03	1.28	1.71	1.74	1.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.34	17.39	17.18	16.83	17.03	17.29
FeO	17.38	17.22	17.68	18.02	17.59	18.46
MnO	0.11	0.12	0.14	0.04	0.05	0.06
MgO	12.22	12.46	12.54	11.72	11.69	11.82
CaO	-	-	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> O	0.11	0.07	0.06	0.07	0.13	0.11
K <sub>2</sub> O	9.11	8.84	8.27	8.88	9.08	8.19
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06	0.06	0.06	-	0.05	0.00
H <sub>2</sub> O*	3.97	3.94	3.89	3.89	3.92	3.81
Total	98.76	97.89	96.87	97.29	97.79	96.80

Fórmula mineral calculada						
Si	5.59	5.59	5.51	5.56	5.58	5.49
Al <sup>iv</sup>	2.41	2.41	2.49	2.44	2.42	2.51
Al <sup>vi</sup>	0.68	0.71	0.63	0.62	0.65	0.65
Ti	0.16	0.12	0.15	0.20	0.20	0.17
Cr	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Fe	2.20	2.19	2.28	2.32	2.25	2.39
Mn	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Mg	2.75	2.82	2.88	2.69	2.66	2.73
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03
K	1.75	1.71	1.62	1.74	1.77	1.61
OH*	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.94
Total	19.59	19.60	19.60	19.59	19.59	19.58

X <sub>Fe</sub>	0.44	0.44	0.44	0.46	0.46	0.47
X <sub>Mg</sub>	0.56	0.56	0.56	0.54	0.54	0.53
Total Al	3.09	3.12	3.12	3.05	3.07	3.15

(-) Abaixo do limite de detecção

### MUSCOVITA

A fórmula estrutural dos cristais de muscovita foi calculada com 30 oxigênios na base. A Tabela 10 apresenta a fórmula estrutural calculada para alguns pontos em cristais de muscovita selecionados nas áreas mapeadas por microsonda.

A composição dos cristais de muscovitas das amostras estudadas têm valores de  $X_{Fe}(Fe/Fe+Mg)$  que variam de 0,38 a 0,40 na amostra 23GO\_022-P1 e de 0,41 a 0,48 na amostra

23GO\_025-T1 (Tabela 10). Comparando a composição química das duas amostras, ambas exibem composição parecidas, com leve diferença na amostra 23GO-022\_P1 que apresenta um pouco menos de Fe que a amostra 23GO-025\_T1 (Figura 47B). Com relação aos membros finais da solução sólida, os dados indicam que os cristais de muscovita das amostras estudadas possuem pequenas proporções de ferro-celadonita e paragonita (Figura 48).

Tabela 10 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral e percentual do  $X_{Fe}(Fe/Fe+Mg)$  de muscovita presentes nas amostras 23GO\_022-P1 e 23GO\_025-T1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.

Amostras:	23GO_022-P1			23GO_025-T1		
Óxidos (wt%)	Spot 36	Spot 47	Spot 51	Spot 44	Spot 58	Spot 61
SiO <sub>2</sub>	45.84	45.80	46.31	46.84	46.29	46.33
TiO <sub>2</sub>	0.53	0.55	0.45	0.54	0.50	0.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34.36	34.01	33.84	32.82	33.80	33.55
FeO	1.36	1.39	1.37	2.05	1.86	1.97
MnO	0.02	0.00	0.00	-	0.01	0.01
MgO	1.18	1.16	1.24	1.66	1.28	1.21
CaO	0.00	-	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> O	1.52	1.54	1.59	1.36	1.44	1.40
K <sub>2</sub> O	8.57	8.55	8.63	8.84	8.73	8.87
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.04
Total (%)	97.85	97.47	97.91	98.61	98.40	98.33

Fórmula mineral calculada						
Si	6.18	6.20	6.24	6.29	6.23	6.24
Al <sup>iv</sup>	1.82	1.80	1.76	1.71	1.77	1.76
Al <sup>vi</sup>	3.65	3.63	3.62	3.49	3.59	3.57
Ti	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.15	0.16	0.15	0.23	0.21	0.22
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.24	0.23	0.25	0.33	0.26	0.24
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.40	0.41	0.42	0.36	0.38	0.36
K	1.47	1.48	1.48	1.51	1.50	1.52
OH*	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
TOTAL	17.97	17.97	17.97	17.98	17.98	17.98

Al total	5.46	5.43	5.38	5.20	5.36	5.33
Fe/Fe+Mg	0.39	0.40	0.38	0.41	0.45	0.48

( - ) Abaixo do limite de detecção

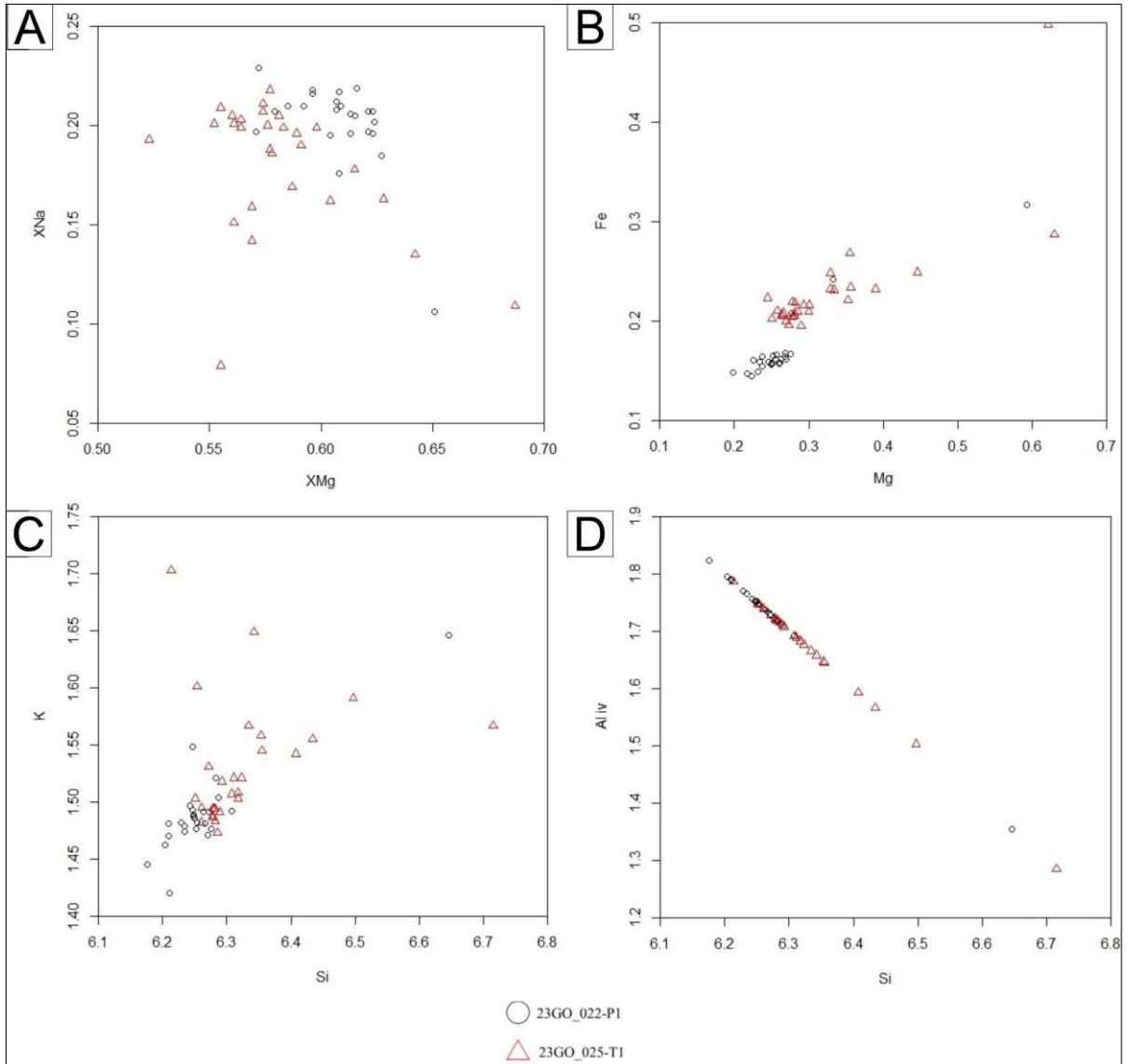


Figura 47 - Composição química dos cristais de muscovita das amostras analisadas. A)  $X_{Na}$  (Na/Na+K) vs  $X_{Mg}$  (Mg/Mg+Fe). B) Fe vs Mg. C) Si vs K. D) Si vs Al IV.

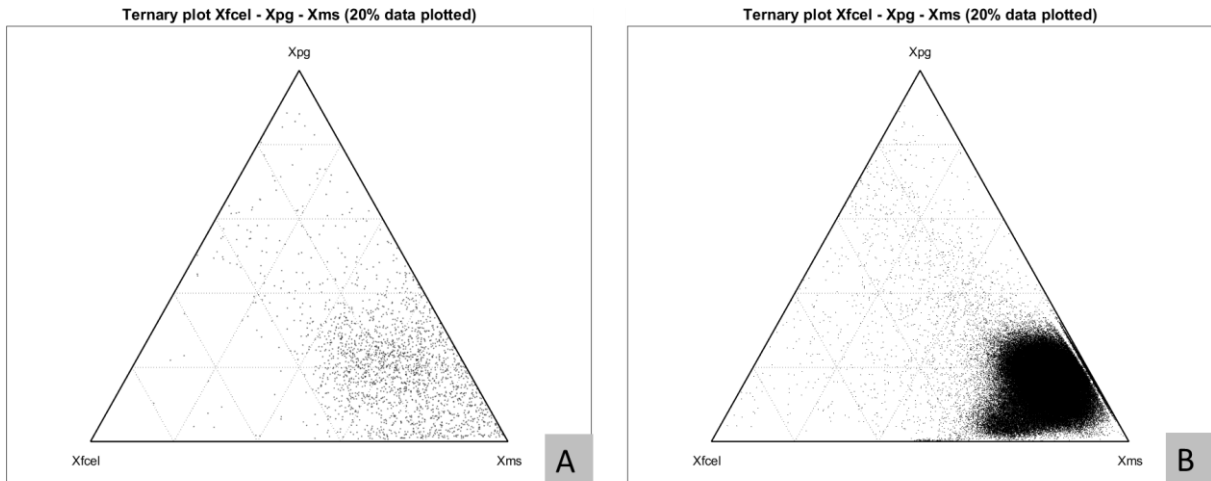


Figura 48 - Diagrama de composição entre os membros finais da muscovita (ferro-celadonita, paragonita e muscovita) A) Lâmina 23GO\_022-P1; B) Lâmina 23GO\_025-T1.

## COLORITA

A composição dos cristais de clorita das amostras estudadas varia entre os membros finais clinocloro, chamosita e pennantita, onde é possível observar a partir das Tabela 11 e Tabela 12 que os percentuais mais elevados indicam predomínio de clinocloro. Na amostra 23GO\_022-P1 os valores de  $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$  variam conforme os *spots* selecionados (Figura 49) em 0,57 a 0,59 (Tabela 11).

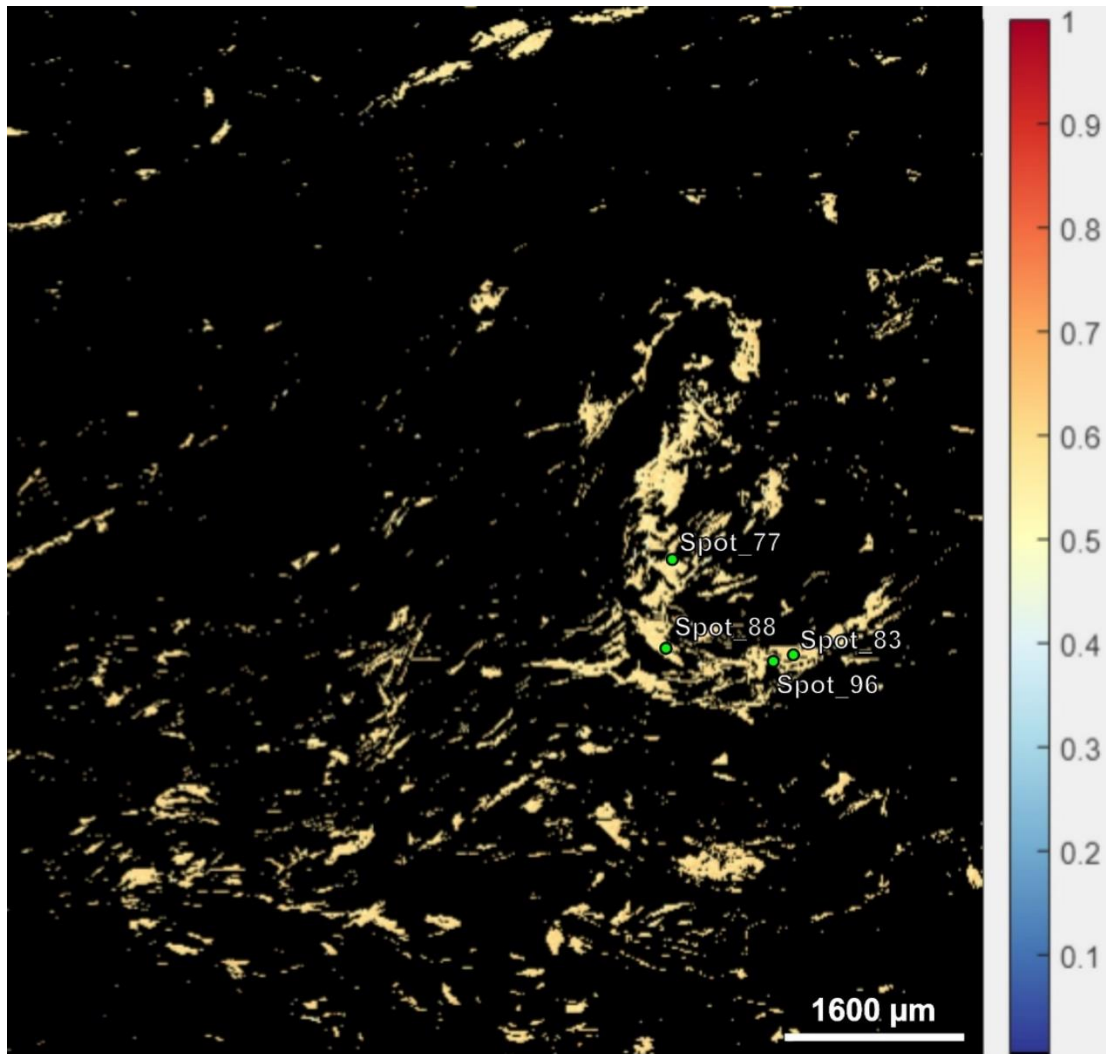


Figura 49 - Pontos selecionados da lâmina 23GO\_022-P1 para análise de clorita, onde a cor amarela relaciona-se com valores intermediários para  $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$ .

Tabela 11 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral, percentual dos membros finais e  $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$  dos cristais de clorita da amostra 23GO\_022-P1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.

Amostra: 23GO_022-P1	Spot 77	Spot 83	Spot 88	Spot 96
Óxidos (wt%)				
SiO <sub>2</sub>	26.31	26.24	26.13	25.99
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.10	0.07	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.94	20.45	20.64	21.23
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.04	0.05	0.06
FeO	21.65	21.78	22.11	22.28
MnO	0.21	0.20	0.18	0.19
MgO	17.00	17.69	17.18	16.64
CaO	0.02	0.00	-	0.03
Na <sub>2</sub> O	-	-	0.00	0.02
K <sub>2</sub> O	0.03	0.04	0.05	0.06
H <sub>2</sub> O	11.43	11.45	11.41	11.42
Total	97.67	97.99	97.81	97.95
Fórmula mineral calculada				
Si	2.76	2.75	2.75	2.73
Ti	0.00	0.01	0.01	0.00
Al	2.59	2.53	2.56	2.63
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	1.90	1.91	1.94	1.96
Mn	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	2.66	2.76	2.69	2.60
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.01	0.01	0.01
OH	8.00	8.00	8.00	8.00
Al IV	1.24	1.25	1.25	1.27
Al VI	1.35	1.27	1.30	1.36
Fe/(Fe+Mg)	0.42	0.41	0.42	0.43
Mg/(Mg+Fe)	0.58	0.59	0.58	0.57
Al-chl (%)	21.91	21.23	21.53	22.20
Fe-chl (%)	33.09	32.30	33.15	33.79
Mg-chl (%)	45.00	46.47	45.33	44.01
Clinocllore (%)	58.10	58.93	57.87	56.89
Chamosite (%)	41.49	40.70	41.78	42.74
Pennantite (%)	0.40	0.37	0.35	0.37

(-) Abaixo do limite de detecção

Na amostra 23GO\_025-T1 os valores de  $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$  variam conforme os spots selecionados (Figura 50) entre 0,56 e 0,59 (Tabela 12).

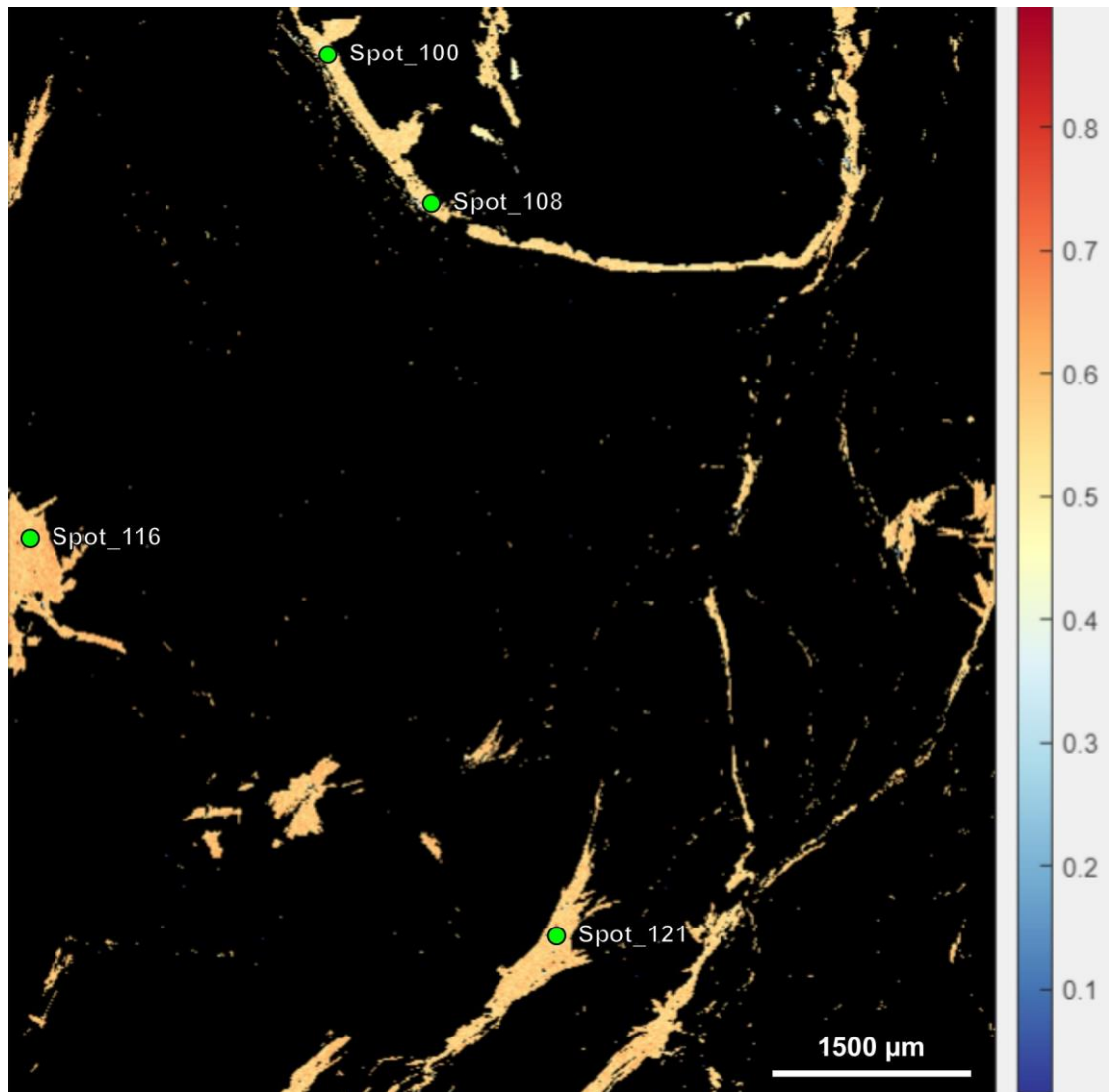


Figura 50 - Pontos selecionados da lâmina 23GO\_025-T1 para análise de clorita, onde a cor amarela relaciona-se com valores intermediários para  $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$ .

Tabela 12 - Tabela com o valor dos principais óxidos, fórmula mineral, percentual dos membros finais e  $X_{Mg}(Mg/Mg+Fe)$  dos cristais de clorita da amostra 23GO\_025-T1 obtidos a partir de dados pontuais de WDS.

Amostra: <b>23GO_025-T1</b>	<b>Spot 100</b>	<b>Spot 108</b>	<b>Spot 116</b>	<b>Spot 121</b>
Óxidos (wt%)	(borda granada)	(borda granada)		
SiO <sub>2</sub>	25.59	25.11	25.44	26.06
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.04	0.08	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.79	21.60	21.19	20.59
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.00	0.00	0.01
FeO	22.96	23.00	21.27	21.94
MnO	0.09	0.08	0.07	0.05
MgO	16.48	16.15	17.25	15.52
CaO	0.01	0.02	0.04	0.17
Na <sub>2</sub> O	0.04	0.03	0.02	0.05
K <sub>2</sub> O	0.02	0.02	0.11	0.13
H <sub>2</sub> O	11.45	11.30	11.32	11.18
Total	98.49	97.35	96.78	95.76

Fórmula mineral calculada				
Si	2.68	2.67	2.69	2.80
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00
Al	2.69	2.70	2.65	2.60
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	2.01	2.04	1.88	1.97
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00
Mg	2.57	2.55	2.73	2.48
Ca	0.00	0.00	0.00	0.02
Na	0.01	0.01	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.01	0.02
OH	8.00	8.00	8.00	8.00

Al IV	1.32	1.33	1.31	1.20
Al VI	1.37	1.37	1.34	1.40

Fe/(Fe+Mg)	0.44	0.44	0.41	0.44
Mg/(Mg+Fe)	0.56	0.56	0.59	0.56

Al-chl (%)	22.59	22.65	22.23	22.25
Fe-chl (%)	34.18	34.50	31.97	35.32
Mg-chl (%)	43.23	42.84	45.80	42.43

Clinocllore (%)	56.04	55.51	59.04	55.71
Chamosite (%)	43.78	44.34	40.83	44.18
Pennantite (%)	0.18	0.15	0.13	0.11

## 12. GEOTERMOBAROMETRIA

Abaixo são apresentados os resultados de geotermobarometria obtidos por meio da modelagem utilizando o software Bingo-antidote. Também são apresentados os resultados de cálculos de pressão e temperatura utilizando: (i) o geobarômetro de Anderson (1996), baseado na composição de muscovita e; (ii) o geotermômetro de Henry *et al.*, (2005), que é baseado na concentração de Ti em biotitas, utilizados para balizar o modelamento feito com o Bingo-Antidote.

### 12.1 Geotermômetros e geobarômetros baseados na composição de minerais

A aplicação dos geotermômetros de Ti em biotitas de Henry *et al.*, (2005) e o geobarômetro de Anderson (1996) baseado na composição das muscovitas, teve o intuito de nortear o modelamento utilizando o Bingo-Antidote. Os resultados são apresentados na forma de histogramas de frequência (Figura 51, Figura 52 e Figura 53).

Como os valores de pressão obtidos com o geobarômetro Anderson (1996) é dependente de valores fornecidos de temperatura, para os cálculos de pressão foram utilizados os diferentes valores de temperaturas foram obtidas a partir de um pré-modelamento no *software* XMapTools. Portanto, para cada uma das amostras analisadas foram utilizadas as temperaturas de 536°C e 630°C para a amostra 23GO\_022-P1, e 569°C e 654°C para a amostra 23GO\_025-T1, respectivamente relacionados com o retrometamorfismo e o pico metamórfico. Os resultados são apresentados na Figura 51 e Figura 52. Os valores mais coerentes para as amostras estudadas foram obtidos utilizando temperatura de 569°C (Figura 52), que forneceu valores de pressão entre 0,5 e 0,6 GPa, que devem estar relacionados ao retrometamorfismo, como será discutido mais adiante.

Os resultados obtidos com o geotermômetro de Ti em biotita de Henry *et al.*, (2005) são apresentados nos histogramas da Figura 53. Os valores máximos de frequência apontam para ~560°C para a amostra 23GO-022 e de ~610°C para a amostra 23GO-025.

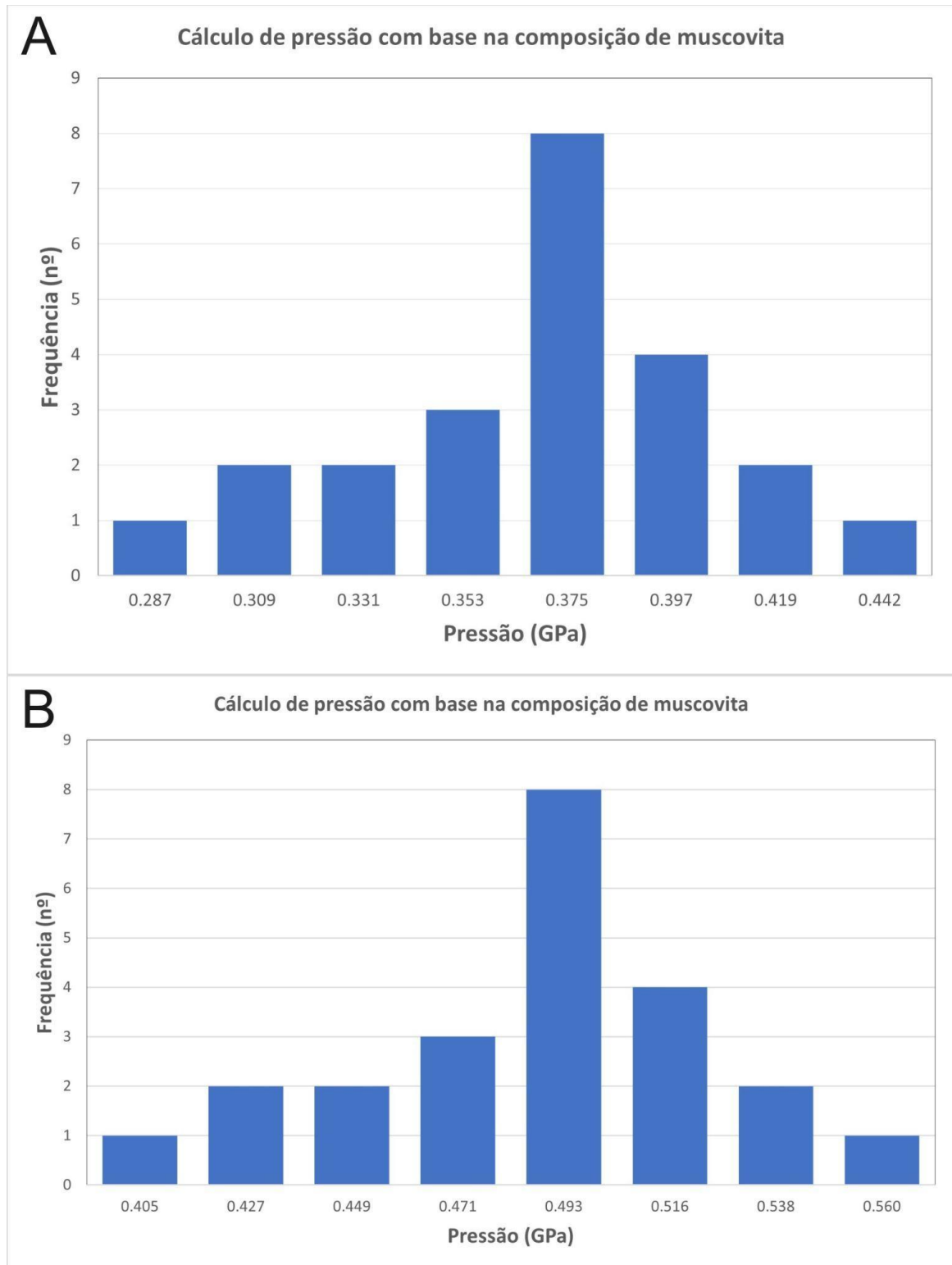


Figura 51 - Histogramas dos valores de pressão obtidos pelo geobarômetro de Anderson (1996). A) Calculado com base na temperatura de 536,6 °C e relacionado com retrometamorfismo; B) Calculado com base na temperatura de 630,9 °C e relacionado com o pico do metamorfismo. (Amostra 23GO\_022-P1, n = 23)

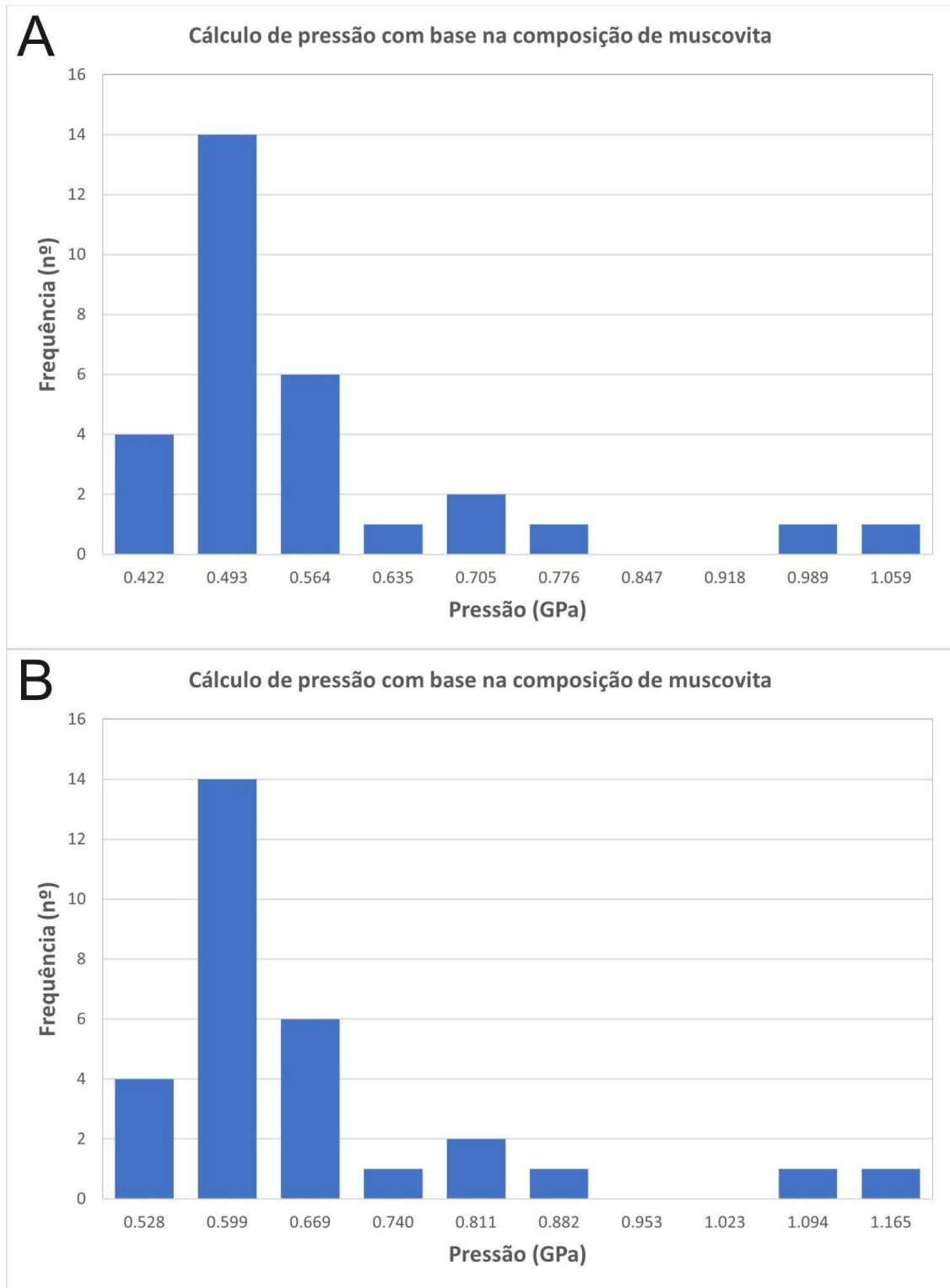


Figura 52 - Histogramas dos valores de pressão obtidos pelo geobarômetro de Anderson (1996). A) Calculado com base na temperatura de 569,9 °C e relacionado com o retrometamorfismo; B) Calculado com base na temperatura de 654,2 °C e relacionado com o pico do metamorfismo. (Amostra 23GO\_025-T1, n = 30).

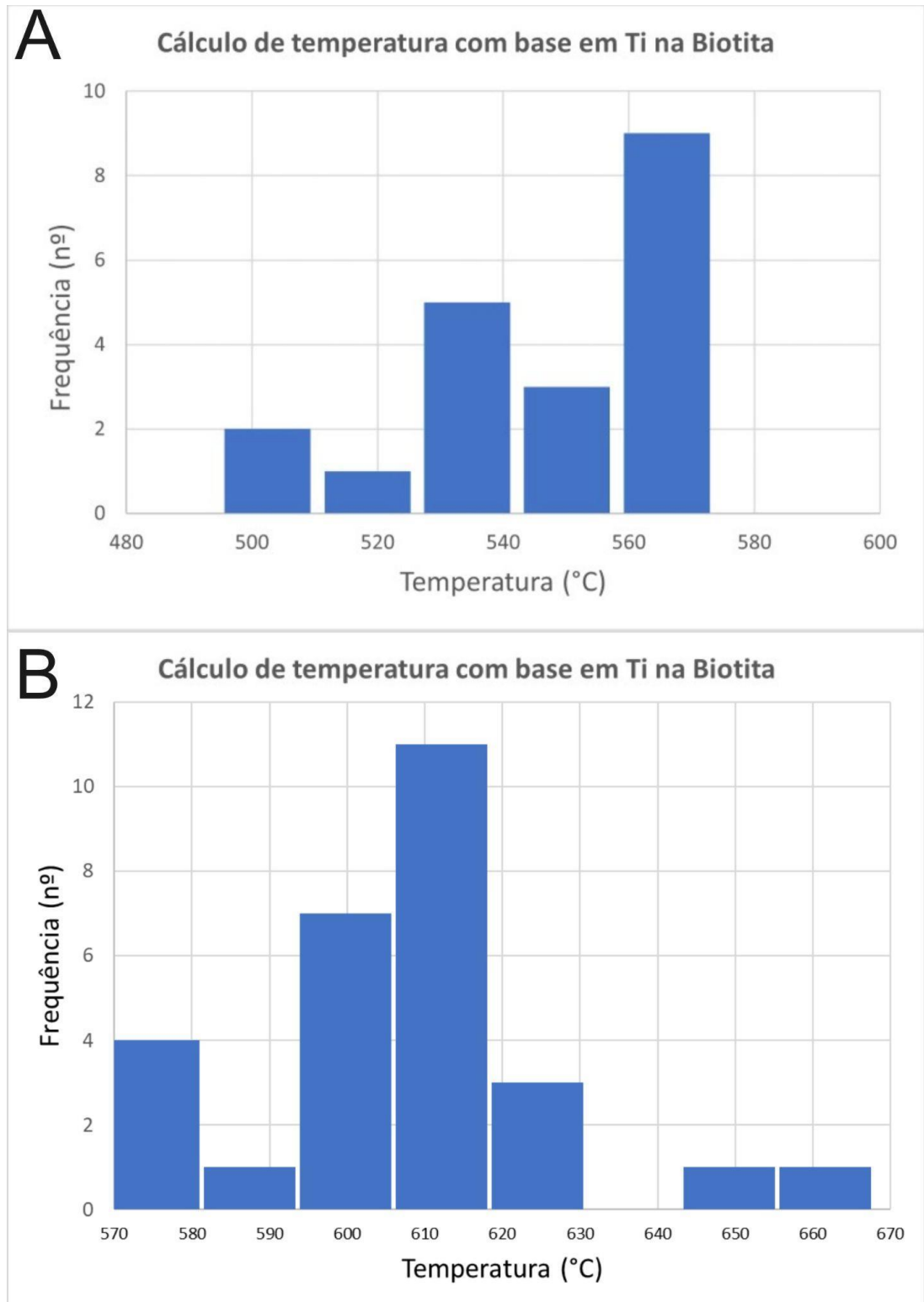


Figura 53 - Histogramas da relação entre a frequência de dados analisados e a temperatura obtida pelo percentual de Ti em biotita dado pelo geotermômetro de Henry et al., (2005). A) Amostra 23GO\_022-P1 com 20 pontos analisados; B) Amostra 23GO\_025-T1 com 28 ponto

Como mencionado acima, os valores obtidos com os geotermobarômetros foram usados apenas como balizadores para a modelagem do Bingo-Antidote. O geobarômetro de fengita não obteve resultados satisfatórios quando comparado com a modelagem do Bingo-Antidote. Essa discrepância nos dados do mencionado geobarômetro pode estar relacionada com o fato do mesmo ter sido desenvolvido para rochas de composição granítica e segundo Anderson (1996) esse geobarômetro não é tão confiável por considerar a concentração de um único elemento em uma única fase mineral.

## 12.2. Geotermobarometria utilizando o bingo-antidote

A partir do *software* XMapTools (Lanari *et al*, 2014) foram gerados três mapas principais: composição mineralógica, densidade mineral e o *merged map*, obtido após a inserção dos *spots* da microscopia eletrônica. Com base nos mencionados mapas, foi possível utilizar a extensão Bingo-Antidote (Duesterhoeft e Lanari, 2020), que em conjunto com o *software* Theriak (Captain e Brown, 1987) realiza os cálculos termodinâmicos. O sistema químico usado na modelagem foi composto por nove componentes: SiO<sub>2</sub>, MnO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, FeO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO e TiO<sub>2</sub>. O banco de dados selecionado foi tc55 (White et al, 2007), em seguida foi selecionada toda a área do mapa composicional e selecionada a paragênese para a modelagem.

As assembleias minerais selecionadas para os cálculos geotermobarométricos foram de dois tipos: (a) uma primeira assembleia interpretada como em equilíbrio no pico do metamorfismo, a qual inclui os minerais quartzo, plagioclásio, muscovita, biotita e o núcleo dos porfiroblastos de granada, e outras interpretadas como produto do retrometamorfismo, na qual está inclusa, além dos minerais supracitados, os cristais de clorita e zonas de bordas do porfiroblastos de granada.

Devido ao complexo zoneamento exibido pelos porfiroblastos de granada, foram selecionados, para os cálculos, pontos em 4 zonas diferentes dos mesmos. Para isso levou-se em consideração o zoneamento exibido nos mapas do componente espessartita dos porfiroblastos mapeados.

Foram selecionados, portanto, um ponto no núcleo, como mencionado acima, e três localizados em porções intermediárias e periféricas do porfiroblasto, em zonas empobrecidas no componente espessartita, quando comparado com o núcleo. O objetivo foi averiguar a possível evolução de P-T de cristalização do núcleo para a borda.

Na subseção Antidote foi selecionada a *receipe 1* para simular as condições ideais de P-T relacionadas a composição das amostras 23GO\_022-P1 e 23GO\_025-T1, onde o resultado da modelagem pode ser visto na Tabela 13 e Tabela 14 com os respectivos valores de P-T. Os pontos para a modelagem no Bingo-Antidote foram selecionados em porfiroblastos de granada, onde cada um dos quatro pontos para cada amostra corresponde a diferentes zoneamentos relacionados com a variação do membro rico em manganês (espessartita) (Figura 54 e Figura 55).

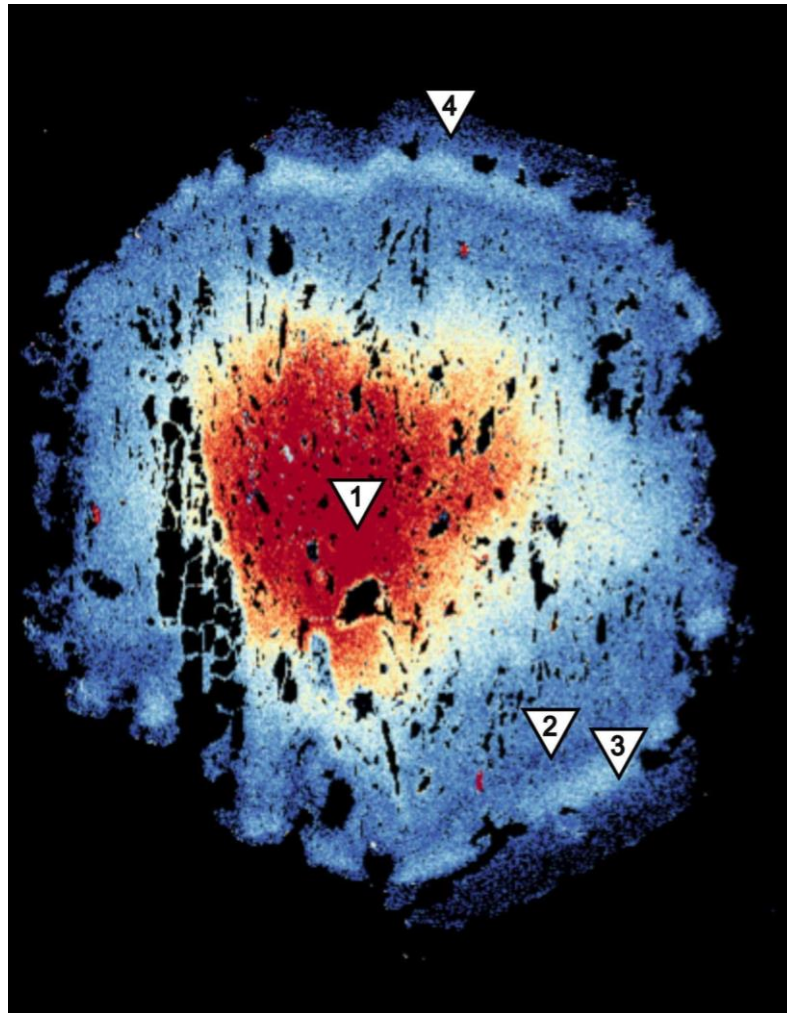


Figura 54 - Detalhe do porfiroblasto de granada da amostra 23GO\_022-P1 com destaque para a composição rica em Mn (espessartita) e os respectivos pontos selecionados para a modelagem no Bingo-Antidote.

Tabela 13 - Valores de P-T para diferentes pontos da lâmina 23GO\_022-P1.

<b>23GO-022-T1</b>	<b>T(C°)</b>	<b>P(Gpa)</b>
Pico metamórfico (1)	630,9	1,007
Zona empobrecida (2)	528,4	0,605
Zonamento rico em espessartita (3)	543,7	0,566
Borda (retrometamorfismo) (4)	536,6	0,588

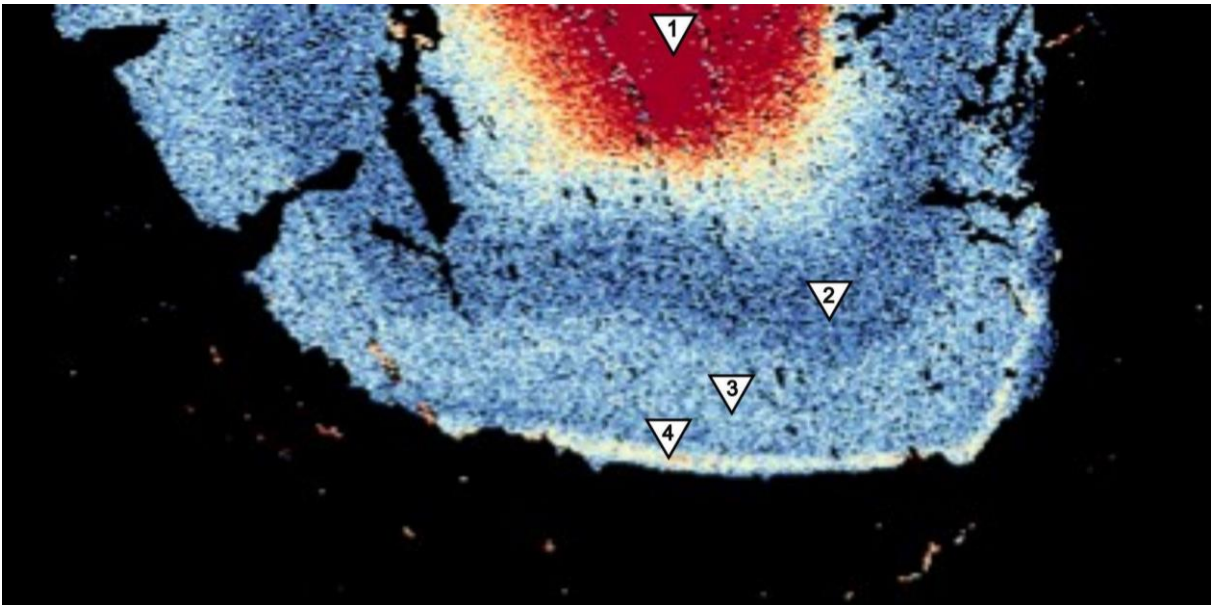


Figura 55 - Detalhe dos porfiroblasto de granada da amostra 23GO\_025-T1 com destaque para a composição rica em Mn (espessartita) e os respectivos pontos selecionados para a modelagem no Bingo-Antidote.

Tabela 14 - Valores de P-T para diferentes pontos da lâmina 23GO\_025-T1.

<b>23GO-025-T1</b>	<b>T(C°)</b>	<b>P(Gpa)</b>
Pico metamórfico (1)	654,2	1,198
Zona empobrecida (2)	553,9	0,713
Zonamento rico em espessartita (3)	571,1	0,717
Borda (retrometamorfismo) (4)	569,9	0,703

Conforme detalhado no t3pico de processamento de dados de microsonda, os fatores de qualidade Q relacionados com as duas amostras (23GO\_022-P1 e 23GO\_025-T1) resultaram nos valores respectivamente apresentados na Tabela 15 e Tabela 16. Os valores de qualidade Q obtidos pela modelagem com o Bingo- Antidote, s3o par3metros que verificam a qualidade dos dados inseridos na modelagem e se esses dados s3o coerentes ou discrepantes. Nota-se que, de maneira geral, nas modelagens realizadas os valores foram satisfat3rios, em que na grande maioria os valores foram acima de 80%.

Tabela 15 - Fatores de qualidade do Bingo-Antidote para a amostra 23GO\_022-P1.

	<b>Pico metam3rfico</b>	<b>Zona empobrecida</b>	<b>Zoneamento rico em espessartita</b>	<b>Borda</b>
<b>Qasm (%)</b>	83,33	85,71	85,71	85,71
<b>Qvol (%)</b>	95,34	87,37	87,32	87,33
<b>Qcm (%)</b>	84,44	74,42	73,74	72,88
<b>Qtotal (%)</b>	77,72	74,8	74,59	74,35

Tabela 16 - Fatores de qualidade do Bingo-Antidote para a amostra 23GO\_025-T1.

	<b>Pico metam3rfico</b>	<b>Zona empobrecida</b>	<b>Zoneamento rico em espessartita</b>	<b>Borda</b>
<b>Qasm (%)</b>	83,33	85,75	85,71	85,71
<b>Qvol (%)</b>	92,54	89,98	90,15	89,90
<b>Qcm (%)</b>	85,42	75,21	75,84	76,26
<b>Qtotal (%)</b>	77,21	75,77	76,00	76,05

Com base na composi33o das amostras observadas, a modelagem fornece um gr3fico de setores com um comparativo (Figura 56 e Figura 57) entre as propor33es das fases minerais indicadas em paralelo com os valores obtidos por meio da interpreta33o realizada pelo *software*. Nota-se que essas propor33es correspondem a valores bem pr3ximos, principalmente relacionados com o pico metam3rfico, modelado sem a presen3a de clorita.

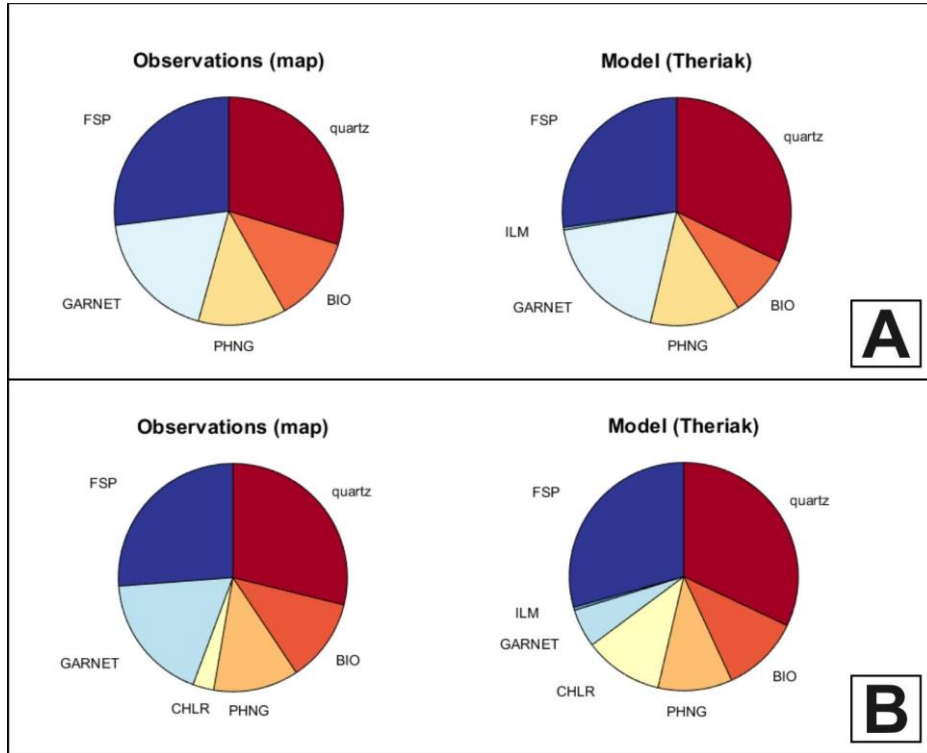


Figura 56 - Gráfico comparativo entre os dados obtidos para a composição observada vs modelada para a amostra 23GO\_022-P1. A) Pico metamórfico. B) Retrometamorfismo.

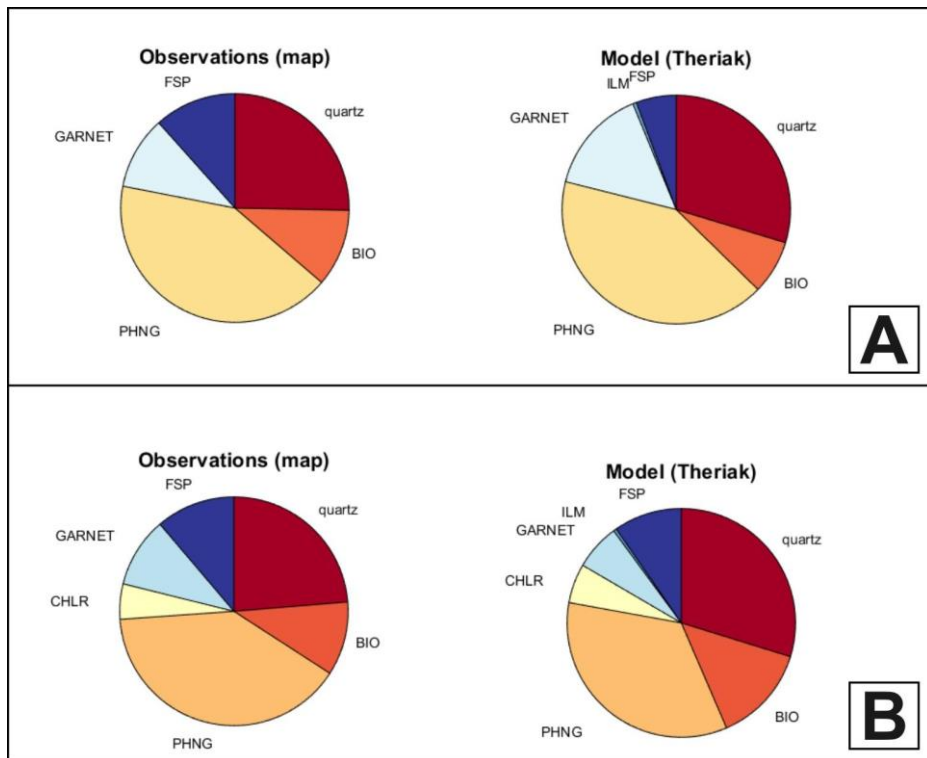


Figura 57 - Gráfico comparativo entre os dados obtidos para a composição observada vs modelada para a amostra 23GO\_025-T1. A) Pico metamórfico. B) Retrometamorfismo.

### 13. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O mapeamento geológico executado na área, mostra que na área de estudo afloram principalmente rochas metassedimentares divididas em 6 litotipos principais. São esses: quartzitos; hornblenda-granada-clorita-biotita-muscovita xisto; clorita-granada-biotita-muscovita xistos, granada-muscovita xistos intercalados com muscovita quartzitos, mármore calcíticos e clorita-talco xistos pertencentes à Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí. A petrografia das rochas indica que se tratam de rochas predominantemente sedimentares siliciclásticas que foram metamorfizadas na fácies anfíbolito. A presença de xistos com hornblenda é interpretado como protólitos calcissilicáticos (pelitos levemente enriquecidos mais ricos em Ca, Fe e Na) como por exemplo margas depositadas em margens continentais.

A Sequência Anicuns-Itaberaí é uma sequência metavulcanossedimentar, que separa as rochas do Arco Magmático de Goiás das rochas granulíticas do Complexo Anápolis-Itaçu. Na literatura dados de geoquímica e geocronologia dessas rochas apontam para ambientes de bacia de ante arco (*fore-arc*) com sedimentos que datam proveniência entre 890-630 Ma indicando fontes neoproterozoicas (e.g., Laux *et al.*, 2004; Laux *et al.*, 2010).

#### *Geologia Estrutural*

Os dados de geologia estrutural indicam pelo menos três fases de deformação. As dobras da segunda fase (D2) são as estruturas mais bem marcadas na área e indicam que a deformação ocorreu pela ação de falhas inversas, provavelmente relacionada à aglutinação do Arco Magmático de Goiás à zona interna da Faixa Brasília. A terceira fase (D3) é marcada por clivagens espaçadas relacionadas a um regime dúctil-rúptil e também associada a zonas de cisalhamento marcadas por foliações miloníticas ao longo dos planos de falha. Uma possível fase de deformação tardia (D4) é interpretada como estruturas relacionadas a um regime rúptil e observada regionalmente pela inflexão da Serra da Jiboia.

#### *Metamorfismo*

A composição mineral e as características texturais das rochas estudadas fornecem informações importantes acerca do metamorfismo. Feições texturais como recristalização do

quartzo pelo mecanismo de *grain boundary migration*, exsolução mirmequítica em plagioclásio, e as reações entre granada, biotita e clorita evidenciam que os metassedimentos da Sequência Anicuns-Itaberaí foram submetidos a um metamorfismo regional em fácies anfibolito e posteriormente exumados para condições da fácies xisto verde.

Na modelagem geotermobarométrica o pico metamórfico, calculado a partir da assembleia: quartzo, plagioclásio, muscovita, biotita e núcleo da granada fornecem valores de temperatura de 630,9 °C e 654,2 °C e pressões de 1,007 GPa e 1,198 GPa, respectivamente para as amostras 23GO\_022-P1 e 23GO\_025-T1. Os resultados de temperatura obtidos são coerentes com a composição e características das rochas analisadas. Os valores de pressão acima de 1 GPa são, em primeira aproximação, elevados, com base no que é convencionalmente reportado na literatura para a assembleia granada, biotita, muscovita e quartzo de rochas pelíticas pobres em  $AlO_3$  submetidas ao metamorfismo barroviiano.

Entretanto, ao analisar a composição química dessas rochas (Figura 58), surgem dúvidas se os protólitos das rochas analisadas são realmente pelitos, ou se são sedimentos denominados *greywacke* (ou *grauvaca*). Os *Metagreywackes* são rochas metamórficas cujos protólitos são arenitos com 15-50% de matriz argilosa e siltosa e com presença de fragmentos líticos em sua matriz. Esse tipo de rocha é comumente encontrado em bacias em associadas a ambientes orogênicos e são mais abundantes que pelitos (Johnson *et al.*, 2008., Fumes *et al.*, 2021), visto que são rochas com uma quantidade significativa de plagioclásio e biotita e com altas porcentagens de  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  (Fumes *et al.*, 2021). As rochas analisadas se encaixam na descrição de *metagreywackes*, e o ambiente onde se formaram dá suporte à interpretação de que se tratam de sedimentos imaturos, o que também é sugerido pela elevada quantidade de plagioclásio presentes nestas rochas.

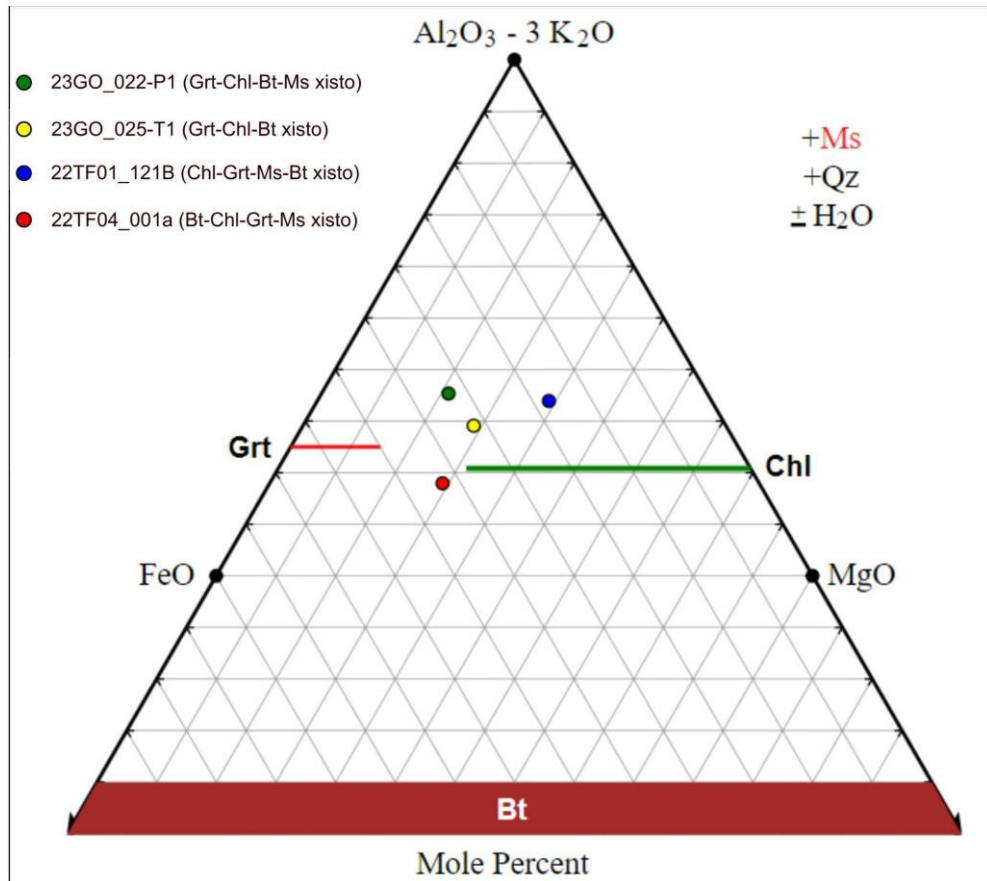


Figura 58 - Diagrama AFM para rochas metamórficas pelíticas de J. B. Thompson, 1957. (Plotado na plataforma: <https://www.science.smith.edu/~jbrady/petrology/metrocks-tools/afm-diagram-plProj.php>)

Lacerda Filho *et al.* (2021), sugere que a Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí apresenta seu pico metamórfico em fácies anfibolito médio na zona da estauroлита. Entretanto, não foi observado a presença de estauroлита nas amostras estudadas, provavelmente devido à composição da rocha. As condições de P-T estimadas para o pico metamórfico (630,9 C° e 1,007 GPa para lâmina 23GO\_022 e 654,2 C° e 1,198 Gpa para a lâmina 23GO\_025) são condizentes com condições da fácies anfibolito na zona da estauroлита de alta pressão (Figura 59).

Tais valores de pressão indicam que essas rochas teriam sido soterradas a profundidades da ordem de ~40 km a 45 km em condições de temperatura moderada.

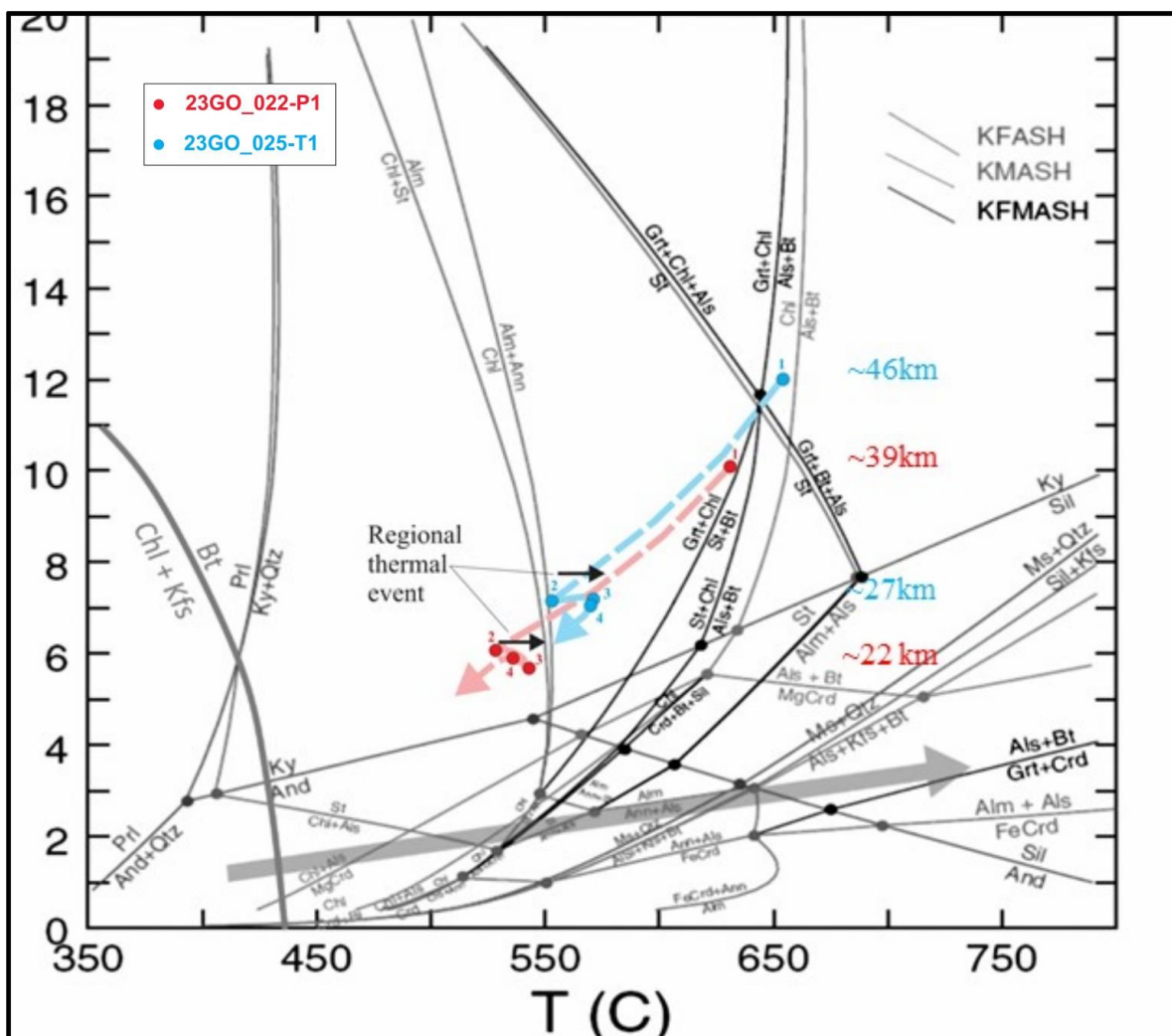


Figura 59 - Grid petrogenético mostrando as profundidades relativas ao pico do metamorfismo e ao retrometamorfismo. Modificado de Winter (2014).

### Exumação

Os valores de pressão e temperatura obtidos com base na assembleia biotita, quartzo, muscovita, clorita e zonas de borda nos cristais de granada, foram interpretados como decorrentes do retrometamorfismo (ponto 2 na Figura 60). Os valores de 553°C e 528°C e de 0,71 GPa e 0,60 GPa para as amostras 22GO\_025-T1 e 22GO\_022-T1, respectivamente, indicam que o retrometamorfismo registrado nessas rochas é da zona de transição entre a fácies xisto verde e anfibolito. Os valores de pressão da ordem 0,70 GPa e de 0,60 GPa registrados nas rochas indicam profundidade de 27 km e 22 km respectivamente, o que implica que essas rochas foram exumadas de porções profundas da crosta (>40Km) para profundidades intermediárias, gerando uma grande descompressão, enquanto que a redução dos valores de temperatura foi da ordem de 100°C, provavelmente devido a um evento de exumação rápida.

Os valores obtidos com a máxima profundidade e a exumação dessas rochas podem ser usados como ferramenta para entender melhor a geometria do orógeno, assim como a taxa de exumação sendo relacionada com a velocidade em que ocorreu o soerguimento do orógeno e que pode ser obtido por meio de dados de geocronologia e de pseudo seções (Manzotti *et al.* 2018), algo que pode ser desenvolvido em trabalhos futuros.

### *Evento termal*

A região de borda dos cristais de granada registra um pequeno aumento na concentração de espessartita e de almandina (Figura 60). Os cálculos geotermobarométricos executados no Bingo-Antidote utilizando essa zona de enriquecimento em espessartita e almandina retornam valores de temperatura que são ligeiramente maiores que os calculados para suas adjacências, indicando um evento de aquecimento, registrado nos estágios finais de cristalização da granada (ponto 3 Figura 60).

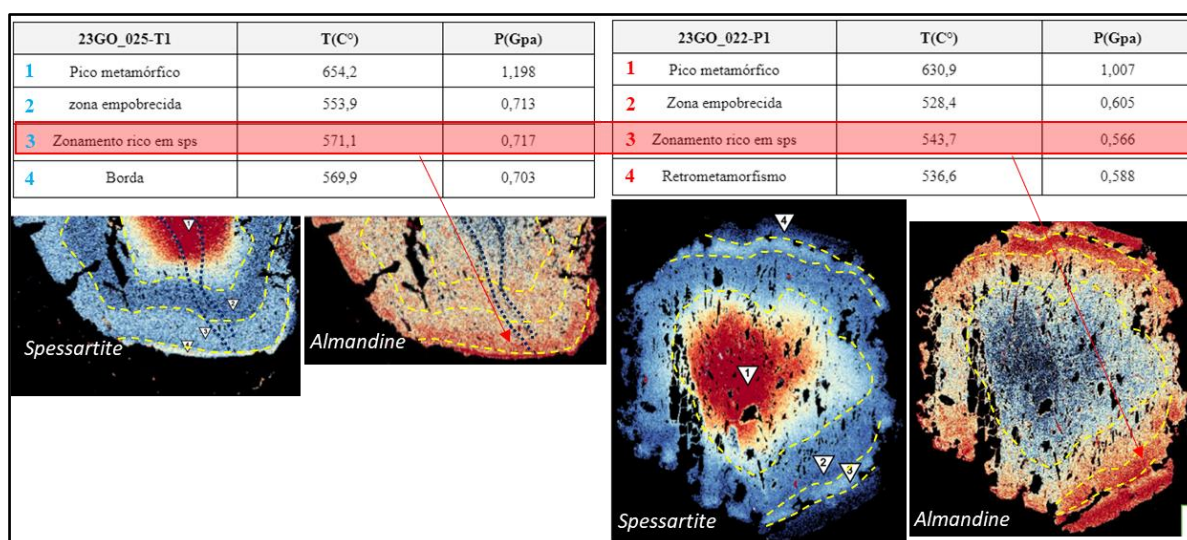


Figura 60 - Correlação entre as condições de P-T na modelagem do Bingo-Antidote com as respectivas porções nos porfiroblastos das amostras selecionadas.

Acredita-se que esse evento de aquecimento poderia estar relacionado ao um aquecimento regional causado por extensão crustal e ascensão de magmas máficos de origem astenosférica nos estágios finais de evolução da Faixa Brasília, que deram origem a corpos

máficos ultramáficos como o de Americano do Brasil (e.g., Silva et al., 2011), Córrego Seco, Palmeirópolis, alojados no Arco de Arenópolis.

## 14. CONCLUSÃO

Conforme o mapeamento realizado na área em escala 1:50.000 as litologias são interpretadas como uma sucessão de sedimentos depositados em bacia *fore-arc* com ocorrência de um pequeno corpo granítico na porção sudoeste da área. Os litotipos mapeados são principalmente por xistos e quartzitos associados a unidades psamo-pelíticas.

Os dados de geotermobarometria obtidos a partir da modelagem termodinâmica realizada no *software* Bingo-Antidote dentro da interface do XMapTools, mostram que o pico metamórfico das rochas foi de  $\sim 630^{\circ}\text{C}$  e  $>1,0\text{GPa}$ , o que indica que foram soterradas a profundidades maiores que 40 km. Após o pico metamórfico, essas rochas foram exumadas por um evento de descompressão, para porções intermediárias da crosta ( $\sim 25\text{km}$ ) que registram condições da zona de transição entre a fácies anfíbolito e xisto verde ( $\sim 530^{\circ}\text{C}$  e  $0,5\text{GPa}$ ) durante o evento de retrometamorfismo.

Nos estágios finais de evolução um evento termal regional, interpretado como decorrente da ascensão de magma máficos de origem astenosférica, é registrado nas rochas e marca os estágios tardios de evolução da Faixa Brasília.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLMENDINGER, R. W., CARDOZO, N. C., AND FISHER, D., 2013, *Structural Geology Algorithms: Vectors & Tensors*: Cambridge, England, Cambridge University Press, 289 pp.

ALMEIDA, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 349-364.

ALMEIDA, F.F.M., 1967, *Origem e Evolução da Plataforma Brasileira*: Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia (Departamento Nacional da Produção Mineral), v. 241, p. 35.

ANDERSON, J. L. Status of Thermobarometry in granitic batholiths. *Transactions of the Royal Society of Edinburg: Earth Science*, v. 87, p. 14, 1996.

ASHWORTH, J. R. Myrmekite replacing albite in prograde metamorphism. *American Mineralogist*, Volume 71, pages 895-899, 1986.

COUTINHO, N.A; AUGUSTO, V. Mapeamento geológico integrado 1:50.000 da região da Serra da Jiboia (GO) - área 1. Bc.ufg.br.

DE CAPITANI, C; BRONWN, T.H., 1987, The computation of chemical equilibrium in complex systems containing non-ideal solutions.: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 51, no. 10, p. 2639–2652.

DUESTERHOEFT, E; LANARI, P. Iterative thermodynamic modelling—Part 1: 41 A theoretical scoring technique and a computer program (Bingo-Antidote). *Journal of Metamorphic Geology*, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 527–551, 2020.

FERRY, J.M. Mineral reactions and element migration during metamorphism of calcareous sediments from the Vassalboro Formation, south-central Maine. *American Mineralogist*, v. 68, n. 3-4, p. 334–354, 1983.

FUMES, R. A.; LUVIZOTTO, G. L. ; MORAES, R. ; PATTO, L. A. . The potential for using metagreywacke to study metamorphism of amphibolite facies conditions: a comparison study within the Luminárias Nappe, Southern Brasília Orogen (Southeastern Brazil). *Mineralogy and Petrology*, v. 1, p. 1-16, 2021.

HENRY, D. J.; GUIDOTTI, C. V.; THOMSON, J. A. The Ti-saturation surface for low-to-medium pressure metapelitic biotites: Implications for geothermometry and Ti-substitution mechanisms *American Mineralogist*, v. 90, p. 316-328, 2005.

KRETZ, R, Symbols for rock-forming minerals, *American Mineralogist*, v.68, p.277-279, 1983.

LACERDA FILHO, J.V. DE, GOLLMANN, K., SANTOS, D.R.V. DOS, MARTINS, F.R., SOUZA, J.O., CARNEIRO, J. DE S.M., MENEGHINI, P.F.V.-B., HATTINGH, K., SILVA, É.R. da, (2021). Projeto geologia e metalogenia da porção oeste de Goiás, Escalas 1:250.000 e 1:100.000 Estado de Goiás: Goiânia.

LAUX, J. H. PIMENTEL, M.M. DANTAS, E. L. ARMSTRONG, R. ARMELE, A. NILSON, A.A. Mafic magmatism associated with the Goia's Magmatic Arc in the Anicuns region, Goia's, Central Brazil: Sm–Nd isotopes and new ID-TIMS and SHIMP U–Pb data. *Journal of South American Earth Sciences* 16. 2004, pag. 603;

LAUX, J.H., PIMENTEL, M.M., GIOIA, S.M.C.L., and FERREIRA, V.P., 2010, The Anicuns-Itaberaí volcano-sedimentary sequence , Goiás Magmatic Arc : new geochemical and Nd-S isotopic data: *Geochimica Brasiliensis*, v. 24, no. 1, p. 13–28.

MASSOME, H.-J.; SCHREYER, W. Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite, and quartz. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 96, p. 13, 1987.

PASSCHIER, C.W., TROUW, R.A.J. 2005. *Microtectonics*. 2 ed. Springer. 260 p

PIMENTEL, M. M., FUCK, R. A. , GIOIA, M. C. L. 2000. The Neoproterozoic Goiás magmatic arc, Central Brazil: a review and new Sm-Nd isotopic data. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1): 35-39

PIMENTEL, M.M. & FUCK, R.A. 1991. Origin of orthogneiss and metavolnic rock units in western Goiás: Neoproterozoic crustal accretion. *Geochim. Brasil.* n.5, p.133- 152.

PIMENTEL, M.M., 2016. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: a geochronological and isotopic approach. *Brazilian Journal of Geology* 46, 67-82.

PIMENTEL, M.M; FUCK, R. A.: Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. GEOLOGY, Boulder, v. 20, n.4, p. 375, 1992.

RIBEIRO, P. S. E. LIMA, T. M. ARAÚJO, E. S. CAMARGO, M. A. PINHEIRO, M. M. GEOLOGIA E RESULTADOS PROSPECTIVOS DA ÁREA CÓRREGO SECO – GOIÁS. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM. Goiás, 2000, pag. 1-4.

SANTOS, D. C. B.; CARVALHO, F. W. S.; LIMA, G. D. (2012). Mapeamento geológico integrado 1:50.000 da região da Serra da Jiboia (GO) - área 4. Bc.ufg.br.

SOARES, P.C.; FIORI, A.P.; Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Notícia Geomorfológica, Campinas, SP, v. 16, n.32, p. 71-104, 197

SPEAR, F.S; CHENEY, J.T. A petrogenetic grid for pelitic schists in the system  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO-MgO-K}_2\text{O-H}_2\text{O}$ . Contributions to mineralogy and petrology, v. 101, n. 2, p. 149–164, 1989.

UHLEIN,A. ; FONSECA, M. A. ; SEER, H. J. . Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília-Setores Setentrional e Meridional. Geonomos, v. 20, p. 1-14, 2013.

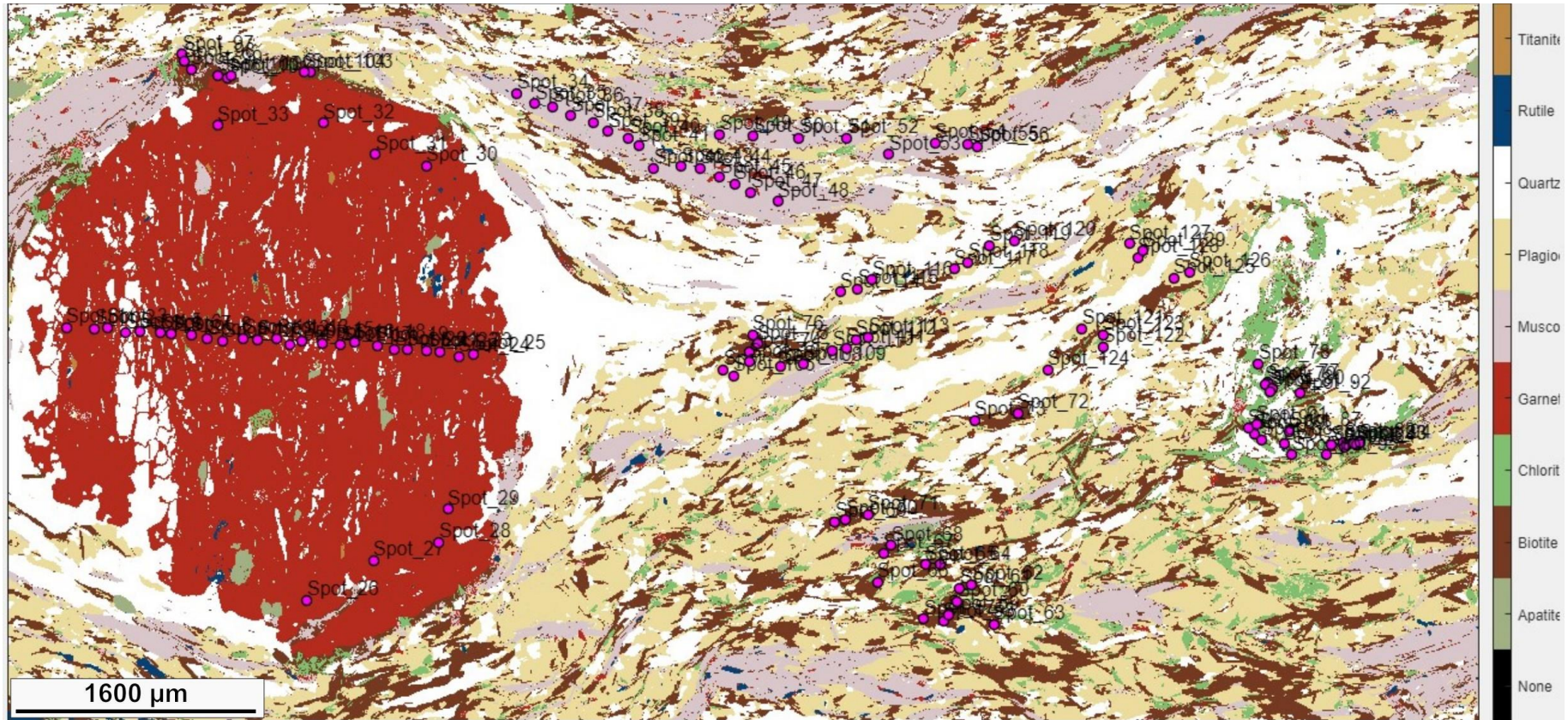
THOMPSON J. B.; The Graphical Analysis of Mineral Assemblages in Pelitic Schists. American Mineralogist 1957.

VALERIANO, C. M.; PIMENTEL, M. M. ; HEILBRON, M. ; ALMEIDA, J. C. H. ; TROUW, R. A. J. . Tectonic evolution of the Brasilia Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. GEOLOGICAL SOCIETY SPECIAL PUBLICATION, v. 294, p. 197-210, 2008.

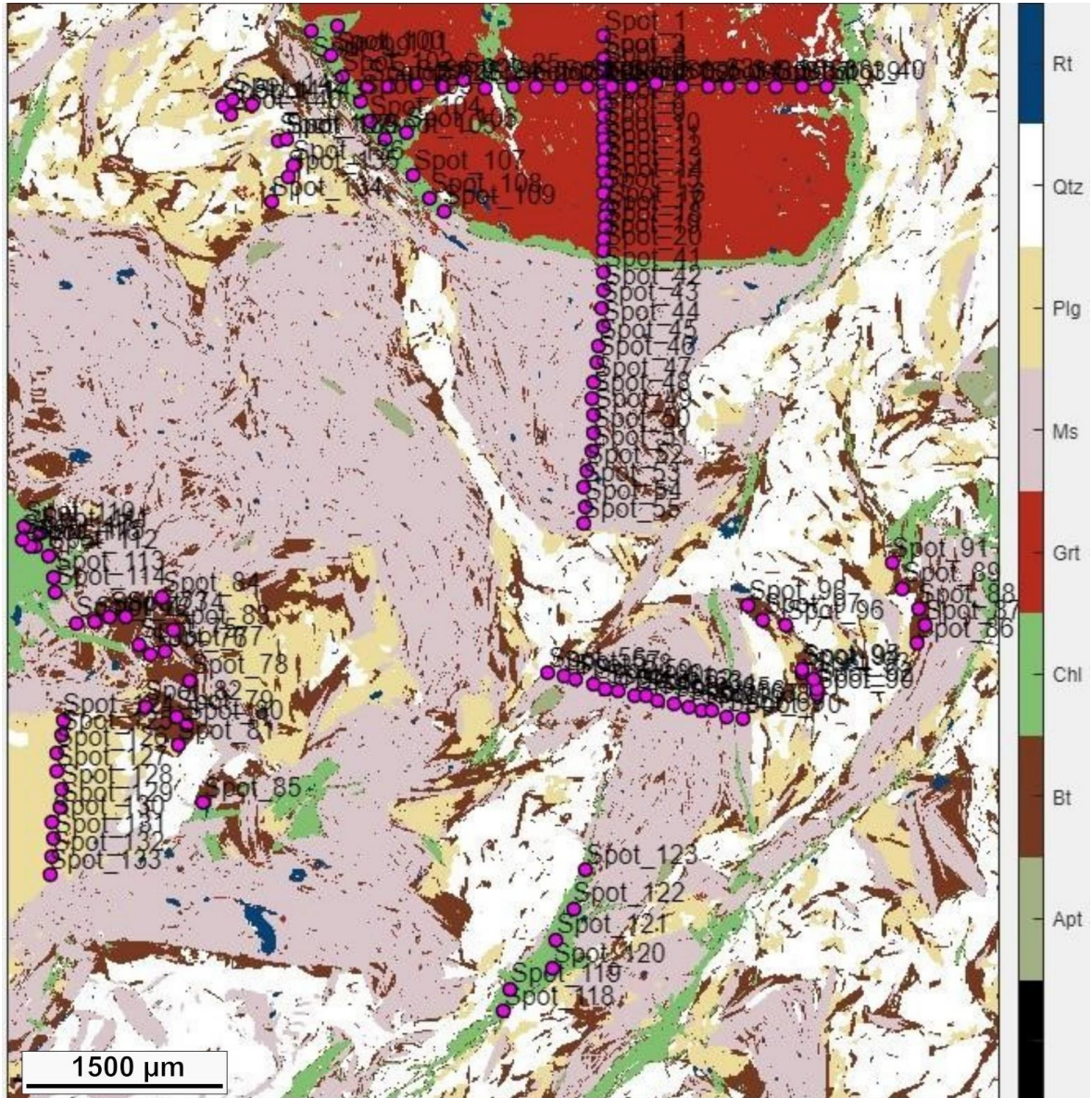
WHITE, R. W., POWELL, R., & HOLLAND, T. J. B.. Progress relating to calculation of partial melting equilibria for metapelites. Journal of Metamorphic Geology, 25(5), 511–527,2007.

YAVUZ, F; MUSTAFA, K; NECATI, K; KARAKAYA, M.Ç. A Windows program for chlorite calculation and classification. Computers & Geosciences, v. 81, p. 101–113, 2015.

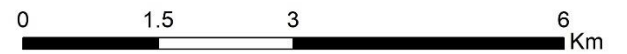
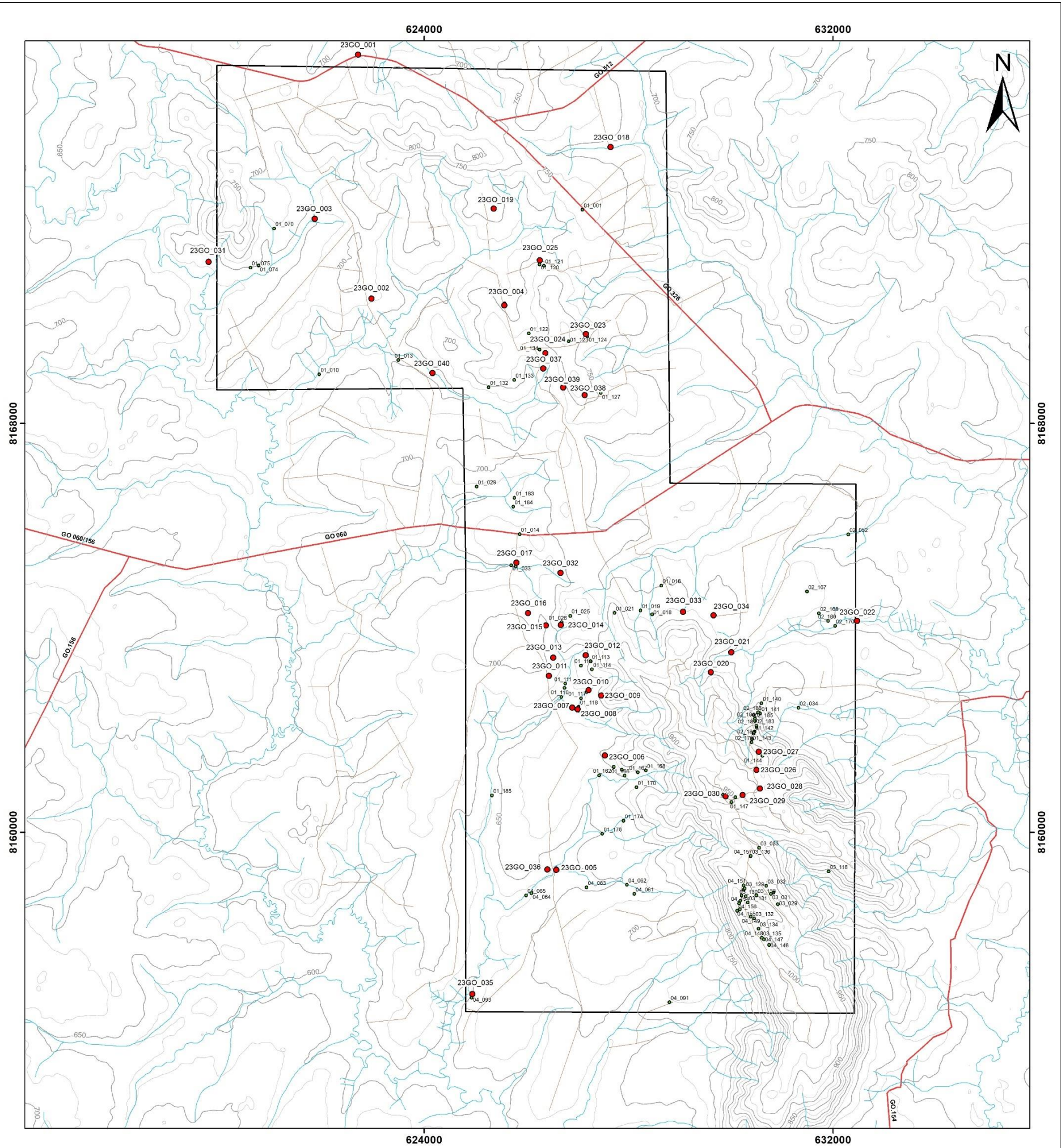
APÊNDICE A - PONTOS ANALISADOS POR WDS (AMOSTRA: 23GO\_022-P1)



APÊNDICE B - PONTOS ANALISADOS POR WDS (AMOSTRA: 23GO\_025-T1)



APÊNDICE C - MAPA DE PONTOS



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Drenagens
- Rodovias
- Vicinais e trilhas
- Curvas de nível principal (Eq. 50 m)
- Curvas de nível secundária (Eq. 25 m)

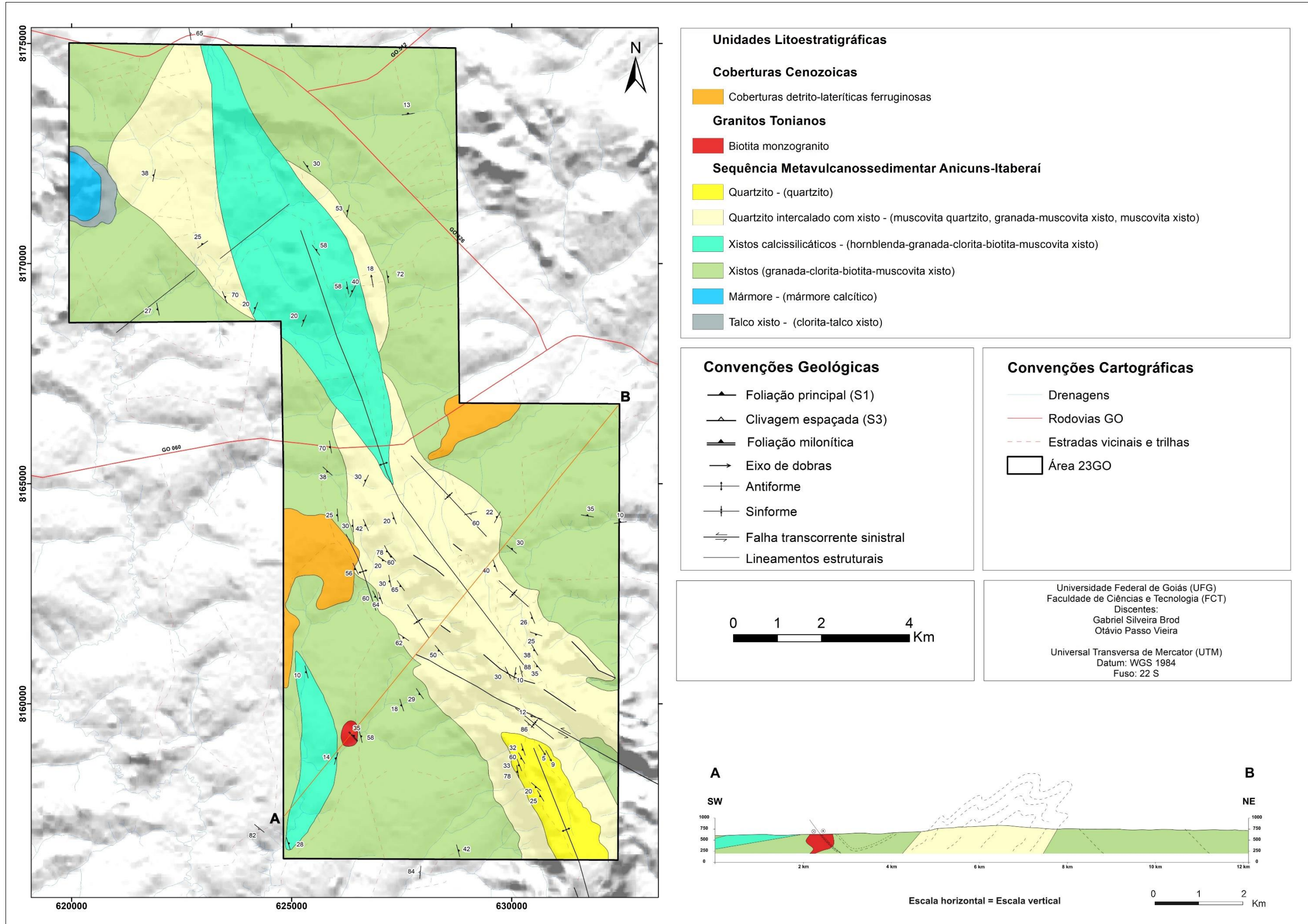
LEGENDA

- Área de estudo
- Pontos 23GO
- Pontos integrados 22TF

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 COORDENADAS DO SISTEMA: WGS 1984 UTM 22S  
 DATUM: WORLD GEODETIC SYSTEM 1984  
 FALSO LESTE: 500.000,0000  
 FALSO NORTE: 10.000.000,0000  
 MERIDIANO CENTRAL: -51,0000

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA:  
 -21° 15' ou 21° 15' W ± 0° 23' mudando em 0° 7' W por ano  
 Para Latitude: 16° 34' 52" S e Longitude: 49° 52' 54" W  
 (NOAA)

APÊNDICE D - MAPA GEOLÓGICO



## APÊNDICE E - TABELA DE PONTOS

Numero_Ponto	Datum	Zona	Coord_X	Coord_Y	Elevacao	Toponimia	Data	Descrição afloramento	Afloramento
23GO_001	WGS-84	22K	622706	8175220	711	GO-156, 3 km antes da entrada pra Avelinópolis, sentido Claudinápolis.	07/07/2023	Afloramento em lajedo de intercalação de Grt-Ms-xisto e quartzito	Afloramento
23GO_002	WGS-84	22K	622970	8170444	691	Fazenda JBJ, sentido prantações de milho, na direção norte.	07/07/2023	Afloramento em lajedo de intercalação de Grt-Ms-xisto e quartzito	Afloramento
23GO_003	WGS-84	22K	621859	8172004	646	Próximo ao Córrego Batistas, direção norte, na margem do lago.	07/07/2023	Afloramento em lajedo de intercalação de Ms-xisto e quartzito	Afloramento
23GO_004	WGS-84	22K	625567	8170310	700	Fazenda JBJ, lado oposto da estrada em relação a drenagem primária do Córrego do Boi Bravo.	07/07/2023	Afloramento em lajedo de Grt-Hbl-Bt xisto, com veios de quartzo dobrados, granulação média e textura granonematolepidoblástica	Afloramento
23GO_005	WGS-84	22K	626585	8159261	628	Próximo a Faz. Paraíso e confluencia entre drenagem de segunda ordem e o Córrego Mangueira	08/07/2023	Afloramento em lajedo de Grt-Chl-Ms xisto, de granulação fina a média e textura lepidoblástica com porfiroblastos de Grt	Afloramento
23GO_006	WGS-84	22K	627536	8161499	702	Oeste das nascentes da porção norte do Córrego Mangueira, final da área de pasto	08/07/2023	Afloramento de Ms-quartzito com intercalação de bandas pelicas a psamíticas	Afloramento
23GO_007	WGS-84	22K	626897	8162434	658	Próximo a drenagens leste de segunda ordem do Córrego Grande, no final de uma pequena propriedade particular.	08/07/2023	Afloramento a beira de drenagem de Grt-Bt-Ms xisto, com textura lepidoblástica e porfiroblastos de Grt. Xistosidade bem desenvolvida, presença de dobras parasíticas e grau de intemperismo avançado	Afloramento
23GO_008	WGS-84	22K	627006	8162401	660	Próximo a drenagens leste de segunda ordem do Córrego Grande, no final de uma pequena propriedade particular.	08/07/2023	Afloramento de intercalações de Ms xisto e Ms quartzito com xistosidade bem desenvolvida	Afloramento
23GO_009	WGS-84	22K	627468	8162675	705	A nordeste dos pontos anteriores, mais próximo a Serra da Jiboia.	08/07/2023	Afloramento de Ms quartzito de granulação muito fina e foliado	Afloramento
23GO_010	WGS-84	22K	627222	8162781	677	A nordeste dos pontos anteriores, mais próximo a Serra da Jiboia.	08/07/2023	Afloramento a beira de uma drenagem composto por Ms xisto fino com bandas quartzosas mais claras e ligeiramente mais grossas	Afloramento
23GO_011	WGS-84	22K	626441	8163058	668	Drenagem de segunda ordem afluente da região leste do Córrego Grande	08/07/2023	Afloramento em drenagem de rocha com aspecto ritmico com intercalações de bandas mais claras e mais escuras, composta por quartzo e muscovita. Trata-se de um quartzito.	Afloramento
23GO_012	WGS-84	22K	627163	8163460	697	Leste das nascentes do Córrego Grande	08/07/2023	Afloramento em lajedo de quartzito de coloração rosada e presença de muscovita. Textura lepidoblástica	Afloramento
23GO_013	WGS-84	22K	626527	8163416	694	Nascentes da porção mais norte do Córrego Grande.	08/07/2023	Ponto de controle capa laterítica e blocos métricos de lateritas	Ponto de controle

23GO_014	WGS-84	22K	626673	8164052	733	Nascentes da porção mais norte do Córrego Grande.	08/07/2023	Afloramento de lajedo em morrote composto por quartzito com presença de muscovita, textura lepidoblástica e pouco intemperizado. Apareta ser a charneira de uma dobra antiforme.	Afloramento
23GO_015	WGS-84	22K	626380	8164045	714	Nascentes da porção mais norte do Córrego Grande.	08/07/2023	Afloramento em quebra de relevo de granulação fina a média, composto por Ms quartzito com grau de intemperismo elevado.	Afloramento
23GO_016	WGS-84	22K	626034	8164286	692	Drenagens de primeira ordem/nascentes dos afluentes sul do Córrego Medalha.	08/07/2023	Afloramento em lajedo exposto em uma área de aprox. 10x5 m, cujo a rocha é um Grt-Chl-Bt xisto, com xistosidade bem desenvolvida e veio de quartzo cortando o afloramento.	Afloramento
23GO_017	WGS-84	22K	625808	8165273	656	Confluência entre duas nascentes dos afluentes sul do Córrego Medalha	08/07/2023	Afloramento em piso na subida da vicinal que dá acesso à rodovia. Trata-se de um Ms xisto intemperizado de granulação fina	Afloramento
23GO_018	WGS-84	22K	627649	8173412	686	Drenagem de primeira ordem do Córrego Ruibardo do lado oeste da GO-156	10/07/2023	Afloramento em lajedo de aprox. 1x1 m cujo a rocha é um Ms-Grt-Bt xisto com foliação bem desenvolvida e porfiroclasto de Grt milimétricos	Afloramento
23GO_019	WGS-84	22K	625362	8173206	802	Cerca de 1,5 após entrada pra Avelinópolis (sentido Claudinópolis), adentra-se o pasto na direção sul percorre-se aprox. 900 m	10/07/2023	Afloramento em lajedo no topo de um morrote com rocha de granulação fina, dobras intrafoliais, classificado como Grt-Bt xisto	Afloramento
23GO_020	WGS-84	22K	629613	8163129	745	Proximo a drenagem de primeira ordem mais a oeste que é afluente do Córrego Guabiroba	10/07/2023	Afloramento de quartzito sobre morrote, próximo a fazenda não ocupada	Afloramento
23GO_021	WGS-84	22K	630012	8163518	686	Proximo a primeira confluência das drenagens oeste afluentes do Córrego Guabiroba	10/07/2023	Afloramento de rocha extremamente intemperizada, com porfiroblastos milimétricos e xistosidade bem desenvolvida.	Afloramento
23GO_022	WGS-84	22K	632469	8164133	616	Margem do Córrego Guabiroba, lado oposto a Faz. Amora	10/07/2023	Afloramento de lajedo as margens de um córrego, com rocha de granulação fina classificada como Grt-Chl-Bt-Ms xisto, com textura lepidogranoblástica e xistosidade bem marcada	Afloramento
23GO_023	WGS-84	22K	627167	8169749	753	Entre Morro Boi Bravo e Morro Escurece, dentro da Faz. Aroeira (JBJ)	10/07/2023	Afloramento em topo de morrote com rocha muito intemperizada, granulação média e porfiroblastos de Grt centimétricos. A rocha é um Grt-Ms xisto	Afloramento
23GO_024	WGS-84	22K	626374	8169375	737	Entre Morro Boi Bravo e Morro Escurece, dentro da Faz. Aroeira (JBJ)	10/07/2023	Afloramento em lajedo com Grt-Hbl-Bt xisto, textura ematolepidoblástica e porfiroblastos de Grt, foliação bem desenvolvida e veios de quartzo marcas em dobras parasíticas.	Afloramento
23GO_025	WGS-84	22K	626263	8171194	721	Lateral da pista pavimentada que dá acesso ao escritório da JBJ	10/07/2023	Afloramento em lajedo onde a rocha é um Grt-Chl-Bt xisto, xistosidade com mergulho elevado e dobras interfoliais. Porfiroblastos de Grt pos S1 e pré S2	Afloramento
23GO_026	WGS-84	22K	630506	8161217	885	Morro da Jiboia, acesso para Vinícola Moura	12/07/2023	Afloramento em lajedo de quartzito de granulação fina com presença de muscovita e foliação dada por uma xistosidade	Afloramento
23GO_027	WGS-84	22K	630550	8161573	875	Morro da Jiboia, acesso para Vinícola Moura	12/07/2023	Afloramento de quartzito na subida da Serra da Jiboia	Afloramento

23GO_028	WGS-84	22K	630574	8160851	896	Morro da Jiboia, acesso para Vinícola Moura	12/07/2023	Afloramento de quartzito com granulação média e presença de muscovita, cortado por veios de quartzo.	Afloramento
23GO_029	WGS-84	22K	630235	8160725	943	Morro da Jiboia, acesso para Vinícola Moura	12/07/2023	Afloramento em lajedo de quartzito fino, fraturado e com intercalações milimétricas a centimétricas de metapelitos crenulados	Afloramento
23GO_030	WGS-84	22K	629901	8160702	975	Topo da Serra da Jibóia, após a vinícola	12/07/2023	Afloramento no topo da Serra da Jiboia, onde a rocha é um quartzito com granulação fina a média	Afloramento
23GO_031	WGS-84	22K	619782	8171164	697	Sul da Serra do Macacão, dentro da Faz. Bacuri	12/07/2023	Afloramento em lajedos com rocha de coloração verde e intemperismo avançado. Trata-se de um tremolita xisto. Aflora na área também Grt-Ms xisto e possíveis ortognaisses milonitizados.	Afloramento
23GO_032	WGS-84	22K	626671	8165073	684	Drenagens de primeira ordem/nascentes dos afluentes sul do Córrego Medalha.	12/07/2023	Afloramento em lajedo inclinado com quartzito + Ms, textura lepidoblástica, cortado de forma perpendicular a xistosidade por S3 e possível S4.	Afloramento
23GO_033	WGS-84	22K	629068	8164313	734	Próximo as nascentes mais a leste afluentes do Córrego Laranjeiras	12/07/2023	Afloramento em drenagem com quartzito+Ms	Afloramento
23GO_034	WGS-84	22K	629663	8164245	726	Próximo as nascentes mais a leste afluentes do Córrego Laranjeiras	12/07/2023	Afloramento em lajedo no meio do pasto com quartzito (Qtz-Ms) e textura lepidoblástica	Afloramento
23GO_035	WGS-84	22K	624941	8156832	697	Cerca de 2 km a sul da confluência dos córregos Mangueira e Grande, próximo ao córrego a jusante destes em uma comunidade rural	14/07/2023	Afloramento em lajedo de aspecto arredondado composto por Grt-Hbl-Ms xisto. Veios de quartzo perpendiculares à foliação principal. Textura granonematoblástica	Afloramento
23GO_036	WGS-84	22K	626413	8159268	650	Próximo à Faz. Paraíso e drenagem de segunda ordem afluente do Córrego Mangueira	14/07/2023	Afloramento em morrote com Bt monzogranito e Bt monzogranitos milonitizados em algumas porções. Zona de cisalhamento inversa dextral	Afloramento
23GO_037	WGS-84	22K	626333	8169076	708	Nascente norte do Córrego do Escurece.	14/07/2023	Afloramento no sopé de morrote de rocha com granulação fina classificada como Hbl-Grt-Bt-Chl-Ms xisto, com transporte de topo para SW e xistosidade S2 quase paralela ao plano S3	Afloramento
23GO_038	WGS-84	22K	627143	8168556	768	Sopé da porção sudoeste do Morro do Escurece	14/07/2023	Afloramento composto por blocos e matacões de Ms quartzito de granulação média.	Blocos soltos
23GO_039	WGS-84	22K	626720	8168704	736	Sopa da porção oeste do Morro do Escurece	14/07/2023	Afloramento em lajedo de Hbl-Grt-Bt xisto com textura nematolepidoblástica e porfiroblastos de Grt.	Afloramento
23GO_040	WGS-84	22K	624165	8168988	644	Córrego do Escurece, cerca de 1,3 da confluência com Córrego Carro de Boi	14/07/2023	Afloramento em lajedo na margem do lago onde a rocha é composta por Hbl-Chl-Grt-Plg-Ms-Bt-Qtz com textura nematolepidoblástica e porfiroblastos de Grt.	Afloramento

## APÊNDICE F - TABELA DE AMOSTRAS

Numero_Ponto	Numero_Amostra	Litotipo	Descrição
23GO_001	23GO_001a	Quartzito	Ms-Quartzito com porções oxidadas (Amostra Orientada)
23GO_001	23GO_001b	Grt-Ms xisto	Amostra cinza de granulação fina. Grt-MS- xisto com textura granolepidoblástica
23GO_002	23GO_002a	Grt-Ms xisto	Amostra de Grt-Ms-xisto com porções de intercaladas de Ms-quartzito de granulometria fina
23GO_002	23GO_002b	Ms-Quartzito	Ms quartzito com intercalação de Grt-Ms xisto (Amostra Orientada)
23GO_003	23GO_003	Ms-Quartzito	Ms-Quartzito de granulação fina
23GO_004	23GO_004a	Grt-Hbl-Bt xisto	Rocha de cinza esverdeada com veios intrafoliares dobrados, xistosidade bem desenvolvida granulação média com presença de porfiroblastos de Hbl e Grt
23GO_004	23GO_004b	Grt-Hbl-Bt xisto	Rocha cinza esverdeada com granulação fina com xistosidade bem desenvolvida exibindo textura lepidoblástica com porfiroblastos de Grt e Hbl
23GO_005	23GO_005	Grt-Chl-Ms xisto	Amostra com avançado grau de intemperismo, granulação fina, crenulação bem marcada e textura lepidoblástica com porfiroblastos de Grt
23GO_006	23GO_006	Ms quartzito	Intercalações de camadas psamíticas a pelíticas notáveis porções oxidadas
23GO_008	23GO_008	Ms Quartzito	Coloração cinza escuro, bandamento composicional e presença de muscovita. Pouco intemperizado
23GO_009	23GO_009a	Ms Quartzito	Rocha de coloração cinza escuro, aspecto pouco foliado e presença de muscovita.
23GO_009	23GO_009b	Ms Quartzito	Coloração bege a amarelado claro, quartzito quase puro e granulometria fina a média
23GO_010	23GO_010a	Ms xisto	Intercalações de bandas compostas por Qtz-Ms e bandas predominantemente pelíticas, onde as porções mais escuras possuem granulometria mais fina que as escuras
23GO_010	23GO_010b	Ms Quartzito	Porções xistosas intercaladas com quartzito de coloração esbranquiçada/creme.
23GO_011	23GO_011	Ms Quartzito	Aspecto rítmico, com bandas mais claras compostas por Qtz-Ms e as bandas escuras com predomínio de Ms.
23GO_012	23GO_012	Ms Quartzito	Granulometria fina, presença de muscovita, coloração avermelha/roxa e textura lepidogranoblástica.
23GO_014	23GO_014	Ms Quartzito	Coloração avermelhada, presença de muscovita, textura lepidogranoblástica e notável grau de intemperismo
23GO_015	23GO_015	Ms xisto	Rocha bastante intemperizada exibindo xistosidade bem desenvolvida e porções oxidadas
23GO_016	23GO_016	Grt-Chl-Bt xisto	Granulação média, pouco intemperizado, coloração acinzentada e porfiroblastos de Grt
23GO_017	23GO_017	Ms xisto	Rocha bastante intemperizada com granulação fina
23GO_018	23GO_018	Ms-Grt-Bt xisto	Rocha de coloração cinza escuro em algumas porções marcada por Bt, grau de intemperismo moderado e textura lepidoblástica com porfiroblastos de Grt
23GO_019	23GO_019	Grt-Bt xisto	Rocha de granulação fina, coloração cinza escuro e porfiroblastos de Grt
23GO_020	23GO_020	Ms Quartzito	Foliado, coloração esbranquiçada/rosada e porções intemperizadas/oxidadas
23GO_022	23GO_022	Grt-Chl-Bt-Ms xisto	Granulação fina, textura lepidoblástica e porfiroblastos milimétricos de Grt. Apresenta xistosidade bem marcada e coloração acinzentada
23GO_023	23GO_023a	Ms xisto	Composto basicamente por muscovita e grau de intemperismo avançado
23GO_023	23GO_023b	Grt-Ms xisto (?)	Muito intemperizada, coloração avermelhada, friável, porfiroblastos centimétricos de Grt (não visível na foto).
23GO_024	23GO_024	Grt-Hbl-Bt xisto	Textura nematolepidoblástica com porfiroblastos de Grt, foliação bem desenvolvida, cristais orientados de Hbl e Bt
23GO_025	23GO_025a	Grt-Chl-Bt	Granulação média a grossa, coloração cinza escuro com porções alteradas/oxidadas
23GO_025	23GO_025b	Grt-Chl-Bt	Grau de intemperismo mais avançado, xistosidade bem marcada e coloração amarelada/avermelhada
23GO_026	23GO_026	Quartzito	Presença de muscovita, coloração rosada/amarelada e foliação bem marcada (Amostra Orientada)
23GO_035	23GO_035	Grt-Hbl-Ms xisto	Granulação fina e porfiroblastos milimétricos de Grt e Hbl
23GO_036	23GO_036a	Bt monzogranitos milonitizado	Rocha de coloração escura com porfiroclastos de feldspato e com presença de pares SC ( Amostra orientada)
23GO_036	23GO_036b	Bt monzogranitos milonitizado	Granulometria média a grossa com porfiroclastos centimétricos a milimétricos de feldspato
23GO_037	23GO_037a	Hbl-Grt-Bt-Chl-Ms xisto	Granulação fina a média com porfiroblastos milimétricos de Grt e Hbl
23GO_037	23GO_037b	Hbl-Grt-Bt-Chl-Ms xisto	Granulação fina a média com porfiroblastos milimétricos de Grt e Hbl. Presença de veio de quartzo
23GO_038	23GO_038	Ms Quartzito	Rocha intemperizada com coloração amarelada a branca com finos cristais de muscovita e granulometria média
23GO_040	23GO_040	Hbl-Chl-Grt-Bt-Ms Xisto	Intemperizado, coloração cinza e granulação fina a média

## APÊNDICE G - DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS (LÂMINA: 23GO\_022-P1)



### DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso – 2023

ID Amostra: **23GO-022 P**

Petrógrafo

Gabriel Brod & Otávio Vieira

Nº Ponto: 23GO-022

Grupo: 23GO

Data: 06/10/2023

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Tipo de Lâmina: Lâmina Delgada

Tipo de Amostra: rocha

#### Foto amostra (macro)



Legenda: Foto da amostra de mão

#### Descrição da amostra:

Rocha cinza esverdeada com granulação fina, com xistosidade marcada pela orientação de minerais micáceos. Rocha formada por muscovita, quartzo, plagioclásio, biotita, clorita e granada.

#### Grau de visibilidade:

Não se aplica

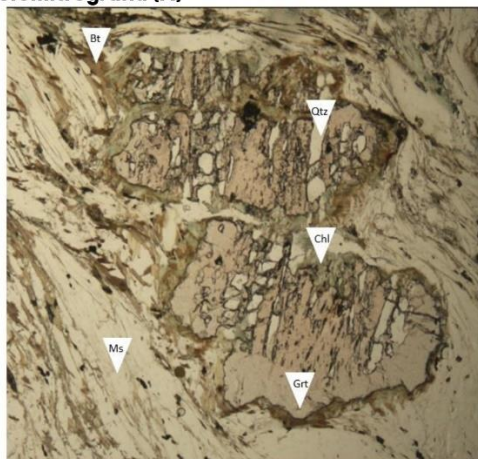
#### Índice de cor:

mesocrática

#### Estrutura:

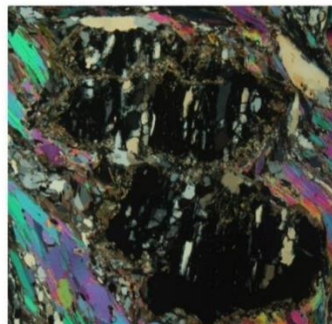
Xistosidade

#### Fotomicrografia (A)



Legenda: Porfiroblasto de granada com textura poiquiloblástica parcialmente cloritizado a nicóis descruzado aumento de 2,5 x

#### Fotomicrografia (B)



Legenda: Porfiroblasto de granada com textura poiquiloblástica parcialmente cloritizado a nicóis cruzados aumento de 2,5 x

#### Grau de cristalinidade:

Não se aplica

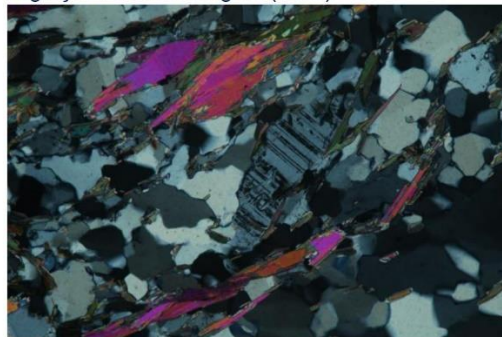
#### Descrição textural:

A rocha tem textura lepidogranoblástico com porfiroblasto em que os domínios lepidoblásticos são marcados por muscovita, biotita e clorita e os domínios granoblásticos são marcados por quartzo e plagioclásio.

Os porfiroblastos são formados por cristais de granada sub-euédricos com textura poiquiloblástica. Ocorre também textura de substituição tipo pseudomorfo em que a clorita substituiu totalmente os porfiroblastos de Grt.

#### Descrição estrutural:

As principais feições estruturais estão relacionadas a xistosidade bem marcada dada pela orientação das Muscovitas, cristais de quartzo com feições de migração de borda de grão (GBM).



Legenda: Xistosidade marcada pela orientação dos cristais de muscovita, e quartzo com textura GBM. Nicóis cruzados aumento de 10x.

#### Granulação/granulometria:

Fina a média

## DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso – 2023

### Tamanho relativo dos cristais:

granoblástica

### Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Muscovita	27	Essencial
Quartzo	23	Essencial
Plagioclásio	15	Essencial
Biotita	10	Essencial
Clorita	10	Essencial
Granada	8	Essencial
Rutilo	1	Acessorio
Zircão	1	Acessorio
Turmalina	1	Acessorio

### Descrição das relações entre os minerais:

**Muscovita:** Ocorrem como cristais lamelares com cerca de 0,2-2 mm marcando os domínios lépidoblásticos da amostra.

**Quartzo:** Os cristais de quartzo ocorrem como cristais granulares anédricos com 0,3 a 0,5 mm exibem contatos irregulares e textura de recristalização do tipo migração de borda de grão.

**Plagioclásio:** São cristais granulares anédricos a sub-euédricos com 0,2-0,4 mm com contatos irregulares, com geminação polissintética da lei da albita

**Biotita:** cristais sub-euédricos tabulares com 0,1-0,3 mm, ocorrem orientados segundo a foliação principal da rocha e sem orientação.

**Granada:** Ocorre como porfiroblastos granulares sub-euédricos de 1 a 5 mm, os porfiroblastos tem textura poiquiloblástica do tipo peneira com inclusões de quartzo e rutilo essas inclusões indicam foliação interna anterior a foliação principal.

**Clorita:** São cristais com habito maciço anédricos com 0,2-0,6 mm, substituindo principalmente os porfiroblastos de granada e os cristais de biotita

### Evolução paragenética (para R. Metamórficas)

Min. Abrev.	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
MS			
Qtz			
Plg			
Bt			
Grt			
Chl			

### Desenho/Foto (textura/evol. paragenética)



Legenda: Scan da Lâmina 23GO-022\_P

### Nome Rocha:

**Grt-Chl-Bt xisto**

### Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

**Fácies Anfibolito com retrometamorfismo em fácies xisto verde**

### Protólito (Rochas Metamórficas):

**Pelito**

## APÊNDICE H - DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS (LÂMINA: 23GO\_025-T1)



### DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso – 2023

ID Amostra: **23GO-025 P**

Petrógrafo

Gabriel Brod & Otávio Vieira

Nº Ponto: 23GO-025

Grupo: 23GO

Data: 06/10/2023

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Tipo de Lâmina: Lâmina Delgada

Tipo de Amostra: rocha

#### Foto amostra (macro)



Legenda: Foto da amostra de mão

#### Descrição da amostra:

Rocha cinza esverdeada com granulação fina, com foliação bem desenvolvida marcada por uma xistosidade formado por Muscovita, Quartzo, Plagioclásio, Biotita, Granada e Clorita

#### Grau de visibilidade:

Não se aplica

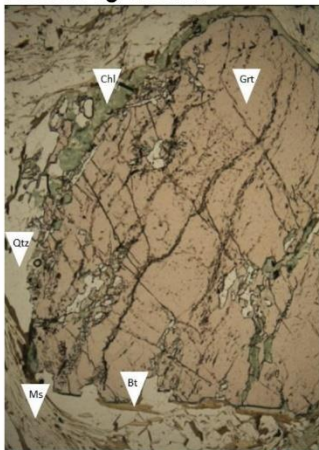
#### Índice de cor:

mesocrática

#### Estrutura:

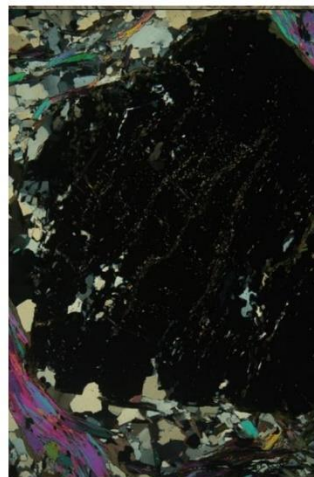
Xistosidade

#### Fotomicrografia (A)



Legenda: Porfiroblasto de granada cloritizado com textura poiquiloblástica. Com inclusões de quartzo. Nicóis descruzados aumento de 2,5x

#### Fotomicrografia (B)



Legenda: Porfiroblasto de granada cloritizado com textura poiquiloblástica. Com inclusões de quartzo. Nicóis cruzados aumento de 2,5x

#### Grau de cristalinidade:

Não se aplica

#### Descrição textural:

A rocha tem textura lepidogranoblástico com porfiroblasto em que os domínios lepidoblásticos são marcados por muscovita, biotita e clorita e os domínios granoblásticos são marcados essencialmente por quartzo e plagioclásio.

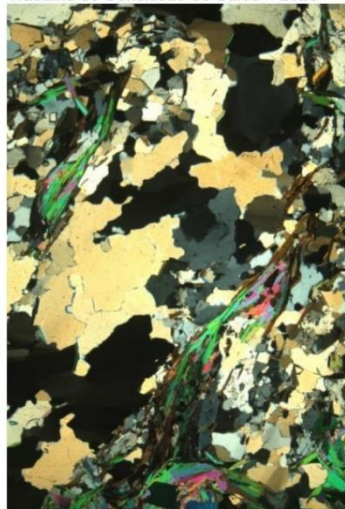
Os porfiroblastos são formados por cristais de granada sub-euédricos a anédricos com textura poiquiloblástica

#### Descrição estrutural:

As principais feições estruturais estão relacionadas a xistosidade bem marcada pelas Muscovitas, e cristais de quartzo com feições de migração de borda de grão e geminação mecânica em plagioclásio

## DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso – 2023



Legenda: Textura de migração de borda de grão nos cristais de quartzo.

### Granulação/granulometria:

Fina a média

### Tamanho relativo dos cristais:

granoblástica

### Composição modal (maior → menor)

Mineral	%	Tipo
Muscovita	30	Essencial
Quartzo	20	Essencial
Plagioclásio	15	Essencial
Clorita	13	Essencial
Biotita	10	Essencial
Granada	5	Essencial
Rutilo	1	Acessório
Zircão	1	Acessório
Apatita	1	Acessório

### Descrição das relações entre os minerais:

Muscovita: Ocorrem como agregados minerais com cerca de 0,2-0,5 mm marcando os domínios lépidoblásticos da amostra.

Quartzo: Os cristais de quartzo ocorrem como cristais anédricos com 0,2 a 0,7 mm exibem contatos irregulares e textura de recristalização do tipo migração de borda de grão.

Plagioclásio: São cristais granulares anédricos a sub-euédricos com 0,5-0,8 mm com contatos irregulares, com geminação polissintética da lei da albita

Biotita: cristais sub-euédricos tabulares com 0,08-0,3 mm, orientados segundo a foliação principal da rocha.

Granada: Ocorre como porfiroblastos de 0,1 a 3 mm, os porfiroblastos tem textura poiquiloblástica do tipo peneira com inclusões de quartzo e rutilo essas inclusões indicam foliação interna preservada.

Clorita: São cristais com habito maciço anédricos com 0,1-0,3 mm, substituindo principalmente os porfiroblastos de granada e os cristais de biotita

### Evolução paragenética (para R. Metamórficas)

Min. Abrev.	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
MS	-----	-----	-----
Qtz	-----	-----	-----
Plg	-----	-----	-----
Bt	-----	-----	-----
Grt	-----	-----	-----
Chl	-----	-----	-----

### Desenho/Foto (textura/evol. paragenética)



Legenda: Scan da Lâmina 23GO-025\_P

### Nome Rocha:

**Grt-Bt-Chl xisto**

### Grau Metamórfico (Rochas Metamórficas):

Fácies Anfíbolito com retrometamorfismo em fácies xisto verde

### Protólito (Rochas Metamórficas):

Pelito

## APÊNDICE I - DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS (LÂMINA: 23TF04-93)



### DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso – 2023

ID Amostra: **22TF04-093**

Nº Ponto: 22TF04-093

Tipo de Rocha: **Metamórfica**

Petrógrafo

Grupo: 23GO

Tipo de Lâmina: Lâmina Delgada

Gabriel Silveira Brod & Otávio Vieira

Data: 06/10/2023

Tipo de Amostra: rocha

#### Foto amostra (macro)



Legenda: Foto da amostra de mão fonte: Santos, D. C. B.; Carvalho, F. W. S.; Lima, G. D. (2012)

#### Descrição da amostra:

Rocha cinza esverdeada com granulação fina, com foliação bem desenvolvida marcada por uma xistosidade localmente crenulada formado por muscovita, quartzo, plagioclásio, biotita, granada, hornblenda e clorita

#### Grau de visibilidade:

Não se aplica

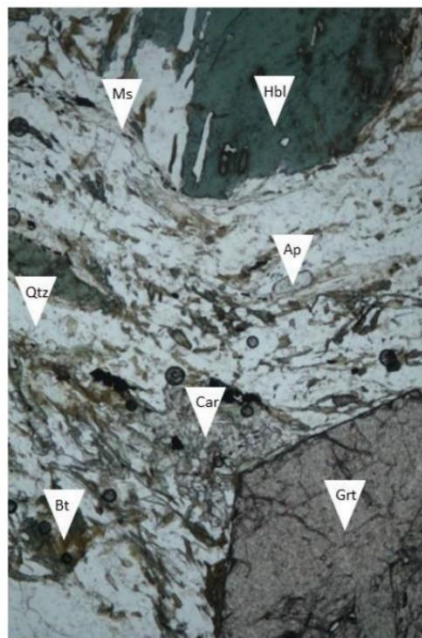
#### Índice de cor:

mesocrática

#### Estrutura:

Xistosidade

#### Fotomicrografia (A)



:  
Legenda: Fotomicrografia da Assembleia mineral. No topo nicóis descruzados. A baixo nicóis cruzados

