

Trabalho de Conclusão de Curso  
Curso de Graduação em Geologia

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DA SUÍTE DE XENÓLITOS MANTÉLICOS  
DO KIMBERLITO CANASTRA-01, ELEMENTOS TRAÇO DE RUTILO E  
APLICAÇÃO DO GEOTERMÔMETRO ZIRCÔNIO EM RUTILO EM AMOSTRAS  
DE ECLOGITO.

Gabriel Guimarães Pompeu

Prof. Dr. George Luiz Luvizotto

Rio Claro - SP

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

GABRIEL GUIMARÃES POMPEU

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DA SUÍTE DE XENÓLITOS  
MANTÉLICOS DO KIMBERLITO CANASTRA-01, ELEMENTOS  
TRAÇO DE RUTILO E APLICAÇÃO DO GEOTERMÔMETRO  
ZIRCÔNIO EM RUTILO EM AMOSTRAS DE ECLOGITO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
- Câmpus de Rio Claro, da Universidade  
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,  
para obtenção do grau de Geólogo.

Rio Claro - SP

2022

P788c

Pompeu, Gabriel Guimarães

Caracterização petrográfica da suíte de xenólitos mantélicos do kimberlito Canastra-01, elementos traço de rutilo e aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo em amostras de eclogito / Gabriel Guimarães Pompeu. -- Rio Claro, 2022

178 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: George Luiz Luvizotto

1. Petrologia. 2. Xenólitos mantélicos. 3. Kimberlito Canastra-01. 4. Geotermômetro zircônio em rutilo. 5. Elementos traço em rutilo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

GABRIEL GUIMARÃES POMPEU

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DA SUÍTE DE XENÓLITOS MANTÉLICOS  
DO KIMBERLITO CANASTRA-01, ELEMENTOS TRAÇO DE RUTILO E  
APLICAÇÃO DO GEOTERMÔMETRO ZIRCÔNIO EM RUTILO EM AMOSTRAS  
DE ECLOGITO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
- Câmpus de Rio Claro, da Universidade  
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,  
para obtenção do grau de Geólogo.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. George Luiz Luvizotto (orientador)

Dra. Regiane Andrade Fumes

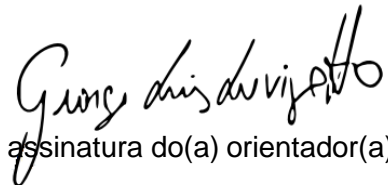
Dr. Otávio Augusto Ruiz Paccóla Vieira

Geólogo Otavio Sant' Anna Gonçalves Silva (suplente)

Rio Claro, 05 de março de 2022.



Assinatura do(a) aluno(a)



assinatura do(a) orientador(a)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente aos meus pais, à minha irmã e a todos meus familiares por me proporcionarem, desde sempre, muita saúde, educação e carinho;

À George Luiz Luvizotto, meu professor orientador, pela enorme paciência, dedicação e ensinamentos, mesmo em meses complicados e de intensa correria durante a pandemia. Obrigado por tornar possível a realização deste trabalho;

À Tiffany Miwa, minha namorada e melhor amiga. Muito obrigado por todo o apoio, amor, carinho e respeito;

Aos meus amigos que me acompanharam durante todos estes anos intensos de faculdade e dividiram comigo momentos e memórias incríveis. Enrico Marchi (TLG), Henrique Monari (Esqui), João Guilherme Dias (JG), João Pedro Prado (Menininho), Pedro Henrique dos Santos (Caxaxa), Renato Francischet (Obama) e muitos outros.

Ao meu grupo de mapeamento, Davi e Jéssica, por toda a dedicação, trabalho duro e por tornarem divertida uma disciplina intensa;

A todas as pessoas e amigos que passaram por minha vida e que, de alguma forma, me ajudaram a realizar esta conquista.

## RESUMO

O Kimberlito Canastra-01 tem idade de  $120\pm 10$  Ma e intruiu em rochas metassedimentares do grupo Canastra, na região sul/sudeste do estado de Minas Gerais. O Canastra-01 é uma das muitas intrusões alcalinas pertencentes à Província Ígnea Alto do Paranaíba. Associados à intrusão, ocorrem xenólitos mantélicos de formato ovalado e dimensões entre 6 e 15 centímetros. Com a descrição petrográfica, em escalas macro e microscópicas, constatou-se a ocorrência de oito litotipos distintos, além de um grupo de amostras de xenólitos muito alterados, onde a mineralogia primária foi obliterada. São eles dunito, eclogito, granada lherzolito, granada clinopiroxenito, espinélio harzburgito, anfibólio granada websterito, espinélio olivina websterito e anfibólio granada olivina websterito. O litotipo mais abundante da suíte de xenólitos é o granada lherzolito. As descrições enfatizaram principalmente as texturas e a mineralogia das litologias, que indicam uma forte recristalização, resultado de processos de fusão parcial e da ascensão do magmatismo kimberlítico. O geotermômetro indicou temperaturas para os cristais de rutilo das amostras entre 670 e 1151 °C, em um intervalo de pressão entre 42 e 55 kbar. Os valores obtidos foram condizentes com a literatura existente a respeito dos xenólitos. Os teores de Fe, Nb e Al obtidos são extremamente destoantes entre as duas amostras de eclogito. O Nb e o Cr podem ser utilizados em estudos de proveniência de sedimentos, como indicadores de rocha fonte, podendo ser metapelítica ou metabásica. Ao plotar as análises obtidas, os rutilos de ambas as amostras se enquadram no campo de proveniência metamáfica, mesmo com as notáveis diferenças petrográficas e geoquímicas.

**Palavras-chave:** xenólitos, kimberlito, petrologia, geotermômetro, zircônio em rutilo.

## ABSTRACT

The Canastra-01 kimberlite has an age of  $120\pm 10$  Ma and has intruded metasedimentary rocks of the Canastra group, in the south/southeast region of the state of Minas Gerais. Canastra-01 is one of the many alkaline intrusions belonging to the Alto do Paranaíba Igneous Province. Associated with the intrusion, there are oval-shaped mantle xenoliths with dimensions between 6 and 15 centimeters. With the petrographic description, in macro and microscopic scales, it was verified the occurrence of eight distinct lithotypes, in addition to a group of samples of very altered xenoliths, where the primary mineralogy was obliterated. They are dunite, eclogite, lherzolite garnet, clinopyroxenite garnet, harzburgite spinel, websterite garnet amphibole, websterite garnet spinel and websterite garnet amphibole. The most abundant lithotype of the xenolith suite is the garnet lherzolite. The descriptions mainly emphasized the textures and mineralogy of the lithologies, which indicate strong recrystallization, a result of partial melting processes and the rise of kimberlite magmatism. The geothermometer indicated temperatures for the rutile crystals of the samples between 670 and 1151 °C, in a pressure range between 42 and 55 kbar. The values obtained were consistent with the existing literature on xenoliths. The Fe, Nb and Al contents obtained are extremely different between the two eclogite samples. Nb and Cr can be used in sediment provenance studies, as source rock indicators, which can be metapelitic or metabasic. When plotting the obtained analyses, the rutiles of both samples fall into the field of metamafic provenance, even with the notable petrographic and geochemical differences.

**Keywords:** xenoliths, kimberlite, petrology, geothermometer, zirconium in rutile.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Localização do Kimberlito Canastra-01. A ocorrência está destacada pelo losango azul claro.....177
- Figura 2:** Esquema representativo que resume as etapas adotadas ao longo da realização dos estudos.....188
- Figura 3:** Mapa dos principais compartimentos geotectônicos presentes no Brasil. As setas pretas indicam o sentido dos movimentos estruturais, em cada província. Em destaque, localização aproximada do kimberlito Canastra-01.....244
- Figura 4:** Mapa geológico da Faixa Brasília evidenciando os quatro principais compartimentos do orógeno: Arco Magmático de Goiás, Zona Externa, Zona Interna e o Macico Mediano de Goiás. Em destaque, localização aproximada do kimberlito Canastra-01 .....266
- Figura 5:** Localização da Província Ígnea Alto do Parnaíba, identificada de acordo com algumas das principais entidades geológicas do país. ....277
- Figura 6:** Mapa Geológico do local de intrusão do Kimberlito Canastra-01. Em destaque, localização do kimberlito Canastra-01 ..... 29
- Figura 7:** Modelo elaborado por Chaves et al (2008b) para ilustrar a interpretação feita sobre os pipes pertencentes ao kimberlito Canastra-01..... 33
- Figura 8:** Diagrama de rochas ultramáficas proposto por Streckeisen (1976) e aceito pela International Union of Geological Sciences – IUGS ..... 39
- Figura 9:** Classificação mineralógica das amostras de xenólitos do kimberlito Canastra-01 descritas neste trabalho. A classificação foi realizada com base no diagrama de rochas ultramáficas proposto por Streckeisen (1976) .....477
- Figura 10:** Exemplo de amostra de xenólito de dunito do Canastra-01. Em (A): face fresca da amostra, possível observar cristais granulares de olivina.....488

<b>Figura 11:</b> Fotomicrografias da amostra de dunito descrita .....	49
<b>Figura 12:</b> Fotografia com amostras de xenólitos de eclogito descritas.....	50
<b>Figura 13:</b> Fotomicrografias representativas dos xenólitos mantélicos de eclogito do Canastra-01.....	52
<b>Figura 14:</b> Imagens ilustrando amostras de granada lherzolitos do kimberlito Canastra-01 com diferentes teores de alteração.....	533
<b>Figura 15:</b> Imagem escaneada de lâmina característica de amostras de xenólitos de granada lherzolitos. ....	544
<b>Figura 16:</b> Fotomicrografias representativas do granada lherzolitos.....	566
<b>Figura 17:</b> Fotografia com amostra do xenólito de granada clinopiroxenito descrita ..	577
<b>Figura 18:</b> Fotomicrografias representativas do granada clinopiroxenito .....	59
<b>Figura 19:</b> Fotografia com amostra representativa de xenólito de espinélio harzburguito. ....	60
<b>Figura 20:</b> Fotomicrografias representativas do espinélio harzburguito.....	622
<b>Figura 21:</b> Fotografia com amostra de xenólito de espinélio olivina websterito .....	633
<b>Figura 22:</b> Fotomicrografias representativas do espinélio olivina websterito .....	644
<b>Figura 23:</b> Fotografia com amostra de xenólito de anfibólio granada websterito .....	666
<b>Figura 24:</b> Fotomicrografias representativas do anfibólio granada websterito .....	677
<b>Figura 25:</b> Fotografia com amostra de xenólito de anfibólio granada olivina websterito.. ....	688
<b>Figura 26:</b> Fotomicrografias representativas do anfibólio granada olivina websterito ...	69

<b>Figura 27:</b> Fotografia com amostras representativas de xenólito mantélicos alterados do Canastra-01 .....	722
<b>Figura 28:</b> Fotomicrografias representativas dos xenólitos mantélicos alterados.	733
<b>Figura 29:</b> Proporção Nb x Cr dos 60 pontos analisados, de 17 cristais de rutilo pertencentes às amostras de eclogito Can – 109 e Can – 156 .....	766
<b>Figura 30:</b> Pontos analisados dos cristais de rutilo das amostras Can – 109 e Can – 156 plotados no gráfico proposto por Triebold et al., (2007).....	777
<b>Figura 31:</b> Imagens de elétrons retroespalhados (BSE) dos 17 cristais de rutilo analisados, bem como seus respectivos pontos de análise geoquímica. Em cada imagem estão destacadas as posições dos pontos e suas concentrações, em ppm, de Zr e Nb.. .....	79
<b>Figura 32:</b> Intercrescimento de zircão nos cristais de rutilo condicionado pela estrutura cristalina do mineral.....	833

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Amostras selecionadas para a confecção das laminas delgadas, de acordo com a litologia previamente designada .....	19
Tabela 2: Método adotado para a nomenclatura dos cristais de rutilo analisados por microsonda eletrônica de varredura, nas amostras Can – 109 e Can – 156, para a obtenção de dados geoquímicos.....	211
Tabela 3: Média dos dados de T e P obtidos por Costa (2008) para cada litologia de xenólitos mantélicos do kimberlito Canastra-01, após aplicação de diferentes métodos geotermobarométricos.....	355
Tabela 4: Sumário elaborado por Harte (1977) de texturas presentes em xenólitos peridotíticos e piroxeníticos, em basaltos alcalinos e kimberlitos. Fonte: retirado de Costa (2012), traduzido de Harte (1977).....	411
Tabela 5: Amostras descritas e seus respectivos litotipos, determinada com base na descrição petrográfica realizada.....	466
Tabela 6: Concentração, em ppm, dos elementos Al, Cr, V, Fe, Zr, Nb e Ti dos cristais de rutilo presentes nas amostras de eclogito Can – 109 e Can – 156. Cada cristal possui em média três pontos analisados. As concentrações foram obtidas utilizando-se da Microsonda Eletrônica de Varredura.....	755
Tabela 7: Temperaturas obtidas através do geotermômetro Zircônio em Rutilo para os 60 pontos analisados em 17 cristais de rutilo, das amostras de eclogito Can – 109 e Can – 156. Os dois valores de temperaturas apresentados representam o máximo e o mínimo do intervalo, de acordo com a pressão utilizada.....	855

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT .....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
SUMÁRIO.....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1. Objetivos .....	16
1.2. Localização .....	16
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
2.1. Etapa 1: Revisão bibliográfica .....	18
2.2. Etapa 2: Catalogação de amostras.....	18
2.3. Etapa 3: Seleção de amostras para laminação e realização da descrição petrográfica .....	19
2.4. Etapa 4: Coleta de dados geoquímicos no rutilo, através de Microsonda Eletrônica.....	20
2.5. Etapa 5: Aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo.....	21
3. CONTEXTO GEOLÓGICO.....	23
3.1. Geologia Regional .....	23
3.1.1. Faixa Brasília .....	25
3.1.2. Província Ígnea Alto do Paranaíba e Azimute 125° .....	26
3.2. Geologia Local.....	28
3.2.1. Kimberlito Canastra-01. ....	31

3.2.2. Xenólitos do kimberlito Canastra-01 .....	34
4. INTRODUÇÃO TEÓRICA .....	37
4.1. Xenólitos kimberlíticos e a nomenclatura de rochas ultramáficas - Streckeisen (1976).....	37
4.2. Classificação Textural de Harte (1977), Interpretações Texturais de Dawson (1980) e Feição Quelíftica .....	41
4.3. Geotermômetro zircônio em rutilo .....	43
5. RESULTADOS .....	46
5.1. Petrografia.....	46
5.1.1. Dunito .....	48
5.1.2. Eclogito .....	50
5.1.3. Granada lherzolito.....	53
5.1.4. Granada clinopiroxenito .....	57
5.1.5. Espinélio harzburgito .....	60
5.1.6. Espinélio olivina websterito .....	63
5.1.7. Anfibólio granada websterito.....	65
5.1.8. Anfibólio granada olivina websterito.....	68
5.1.9. Xenólitos alterados.....	71
5.2. Análises geoquímicas em microsonda eletrônica e aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo.....	74
6. INTERPRETAÇÕES E DISCUSSÕES .....	87
7. CONCLUSÕES FINAIS.....	90
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92
APÊNDICE: FICHAS DE DESCRIÇÃO .....	99

## 1. INTRODUÇÃO

Ocorrências de magmatismo kimberlítico e outros magmatismos alcalinos são muito menos comuns quando comparadas às diversas intrusões graníticas e derrames basálticos já conhecidos. O magmatismo kimberlítico carrega em si uma enorme importância e é extremamente valorizado, tanto no meio científico quanto no econômico. Sabe-se que o acesso ao manto ainda é restrito e todos os conceitos atuais sobre o mesmo foram adquiridos através de formas indiretas de estudo. São elas a geofísica, que evidencia as diferenças químicas e físicas de cada uma das camadas internas do planeta, e o estudo de intrusões alcalinas e seus xenólitos.

Está intrinsecamente relacionado com as dinâmicas do manto superior terrestre e serve como fonte de informações a respeito de diversos campos de conhecimento geológico, como idades do manto, sua composição química e sua evolução geológica. Junto a isso, a frequente ocorrência de xenólitos associados a estes magmatismos enriquece e destaca ainda mais sua importância. Os xenólitos também detêm em si diversas informações a respeito do manto superior, sua litologia principal, composição mineralógica, geoquímica e evolução geológica (Gibson et al., 1995; Pereira & Fuck, 2005; Carlson et al., 2007; Pereira, 2007; Costa, 2008; Costa, 2012; Costa, 2013; Nannini, 2016).

Além de sua importância no campo acadêmico e científico, o magmatismo alcalino também é extremamente valorizado no quesito econômico. Por estar intimamente relacionado ao manto superior, a composição química e mineralógica das rochas alcalinas envolve uma série de elementos e minerais não comuns às condições normais da crosta terrestre. O maior e mais importante exemplo são os diamantes. Kimberlitos são muito frequentemente as rochas fonte de diversos depósitos diamantíferos no mundo. O kimberlito Canastra-01, por exemplo, foi a primeira fonte primária com teores viáveis de diamantes no país, descoberto em meados de 1960 (Chaves et al., 2008a; Chaves et al., 2008b; Chaves et al., 2012).

O kimberlito Canastra-01, situado no sudoeste do estado de Minas Gerais, mais precisamente na Serra da Canastra, é um importante corpo ígneo intrusivo alcalino pertencente ao contexto geológico da Província Ígnea Alto do Paranaíba – PIAP, de idade

neo-cretácea, com aproximadamente  $120\pm 10$  Ma milhões de anos (Gibson et al., 1995; Pereira & Fuck, 2005). Associados ao Kimberlito, ocorrem xenólitos mantélicos de diferentes litotipos, dentre eles dunitos, lherzolitos, websteritos, eclogitos e harzburgitos, com níveis de alteração relativamente baixos, resultando em excelentes amostras para diversos estudos geoquímicos e petrográficos.

No presente trabalho, foi realizado um estudo petrográfico acerca da suíte de xenólitos presentes no Kimberlito Canastra-01, com o objetivo de complementar a literatura existente a respeito destas amostras. As amostras foram descritas em escalas macro e microscópicas, dando destaque à mineralogia, às texturas e estruturas das rochas. Em qualquer trabalho que envolva petrologia e geoquímica, o estudo petrográfico é a primeira importante etapa a ser desenvolvida, portanto, é ideal que seja valorizado e muito bem desenvolvido. Determinadas texturas e feições descritas nas lâminas delgadas das amostras de xenólitos podem indicar diversos processos relacionados à fusão parcial e recristalização, por exemplo (Harte, 1977; Dawson, 1980). A petrografia realizada neste trabalho pode ser utilizada em diversos estudos posteriores envolvendo as mesmas amostras de xenólitos.

Uma das informações mais valiosas a respeito do manto superior terrestre, que podem ser extraídas dos xenólitos contidos nas intrusões alcalinas, são os valores de temperatura e pressão em que as rochas em altas profundidades estão submetidas. O geotermômetro Zircônio em Rutilo mostrou-se muito eficiente sobretudo por ser viável para rochas de ultra-alta temperatura. A alta ocorrência de rutilo nas duas amostras de eclogito descritas (Can – 109 e Can – 156) viabilizou a aplicação do método. O rutilo tem alta capacidade de reter em sua estrutura cristalina cátions de raio atômico similar ao  $Ti^{4+}$ , sendo o  $Zr^{4+}$  um dos principais (Deer et al., 2013). Em condições de maiores temperaturas, a capacidade do rutilo de armazenar tais cátions também é maior. Dessa forma, estabeleceu-se uma correlação direta entre estas duas variáveis, diretamente proporcionais, e a concentração de Zr presente nos cristais de rutilo pode ser utilizada para se determinar a temperatura de equilíbrio daquele cristal (Zack et al., 2002, 2004). A aplicação do método depende também da presença de zircão e de quartzo na rocha. Em análises realizadas utilizando-se da microsonda eletrônica de varredura, constatou-se a

presença de quartzo disseminado e zircão em ambas as amostras de eclogito, o que viabilizou a aplicação do geotermômetro.

No presente trabalho, são apresentados os resultados de dois estudos realizados em 26 amostras de xenólitos do Kimberlito Canastra-01. O primeiro deles envolve a petrografia da suíte de xenólitos do Kimberlito, com descrição das amostras de mão e de lâminas delgadas de, ao todo, nove litologias distintas, juntamente de todas as fichas de descrição e fotomicrografias. O segundo faz referência à aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo nas duas amostras de eclogito descritas, além da geoquímica de elementos traço em 17 cristais de rutilo. Além disso, também serão abordados o contexto geológico em que a intrusão do Canastra-01 está situada, bem como introduções teóricas a respeito dos principais temas discutidos durante o trabalho. Interpretações a respeito dos resultados obtidos, comparando com os demais trabalhos presentes na literatura envolvendo as amostras de xenólitos estudadas, estão contidas no final do trabalho.

### **1.1. Objetivos**

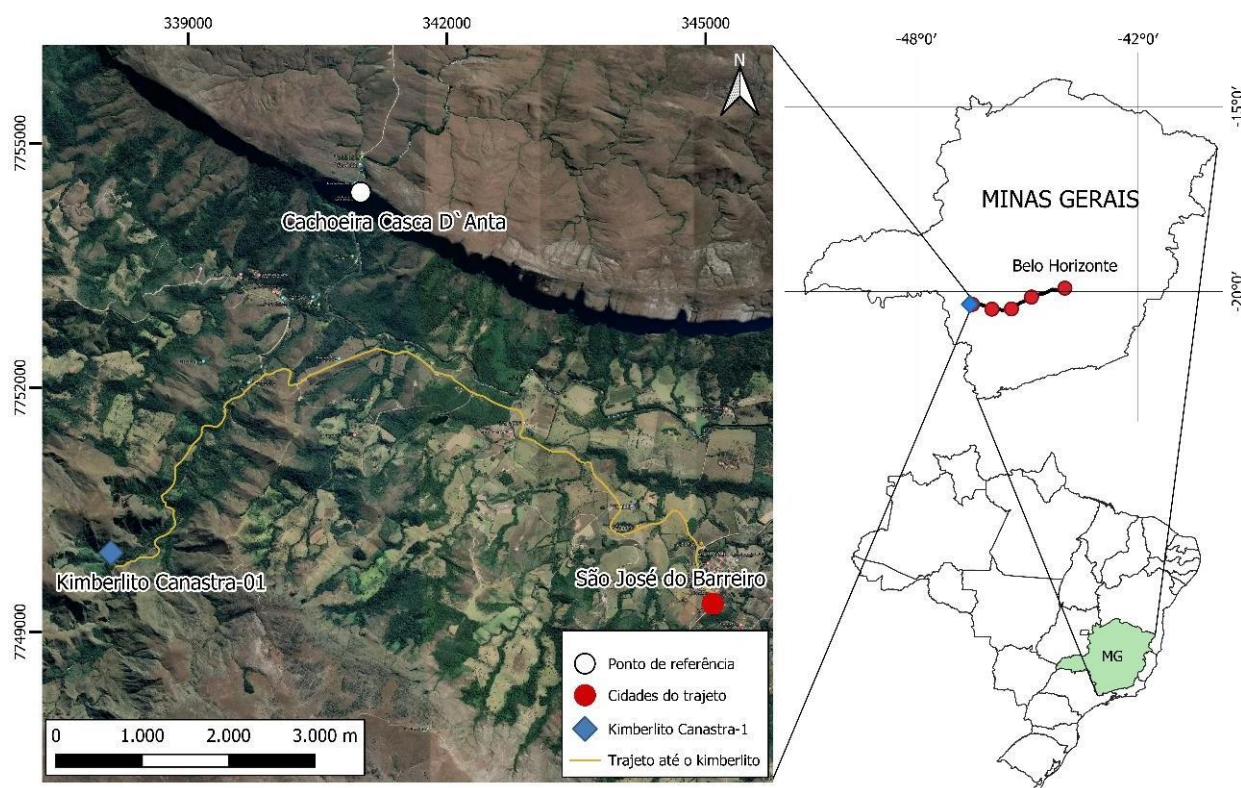
O presente trabalho tem como objetivo a realização da petrografia nas amostras de xenólitos do Kimberlito Canastra-01, com a finalidade de descrever a suíte e complementar a literatura existente a respeito destas amostras. Outro objetivo é o estudo de elementos traço e a aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo em cristais de rutilo nos xenólitos de eclogito. Por fim, através deste trabalho e do estudo petrográfico, foi projetada a elaboração de material didático que possa ser aplicado em disciplinas envolvendo petrografia de rochas ultramáficas, englobando lâminas delgadas e fichas de descrição.

### **1.2. Localização**

O Kimberlito Canastra-01 está inserido na porção sudoeste do Estado de Minas Gerais, aproximadamente 7km a oeste do vilarejo São José do Barreiro, este pertencente ao município de São Roque de Minas. Ocorre próximo ao escarpamento da Serra da Canastra e a Cachoeira Casca D`Anta, região do alto do Rio São Francisco (Chaves et al, 2008a).

O acesso ao local, vindo da capital Belo Horizonte, é feito através da rodovia MG-50. Na mesma, percorre-se 260km até Piumhi, posteriormente seguindo 57km em direção à Vargem Bonita. Por fim, percorre-se cerca de 17km em estradas de terra sentido São José do Barreiro e finalmente mais 12km até a intrusão kimberlítica (Chaves et al, 2008a) (Fig 1).

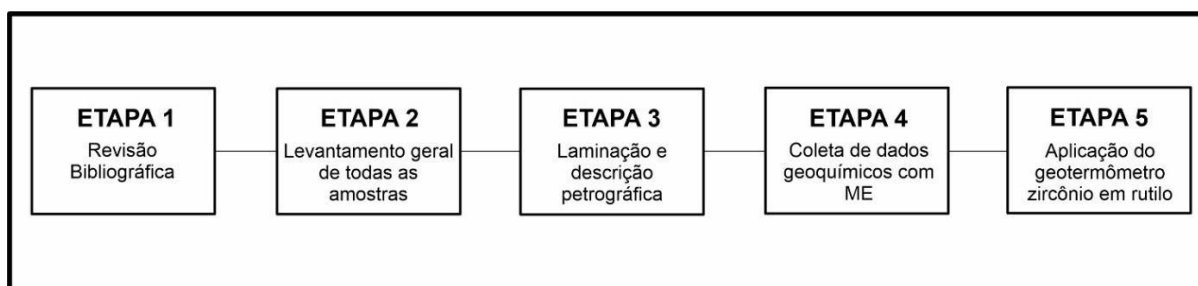
Figura 1: Localização do Kimberlito Canastra-01. A ocorrência está destacada pelo losango azul claro. Fonte: Elaborado pelo autor.



## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O andamento do presente trabalho seguiu as etapas ilustradas de forma simplificada, na Fig. 2. As etapas serão sucintamente descritas a seguir.

Figura 2: Esquema representativo que resume as etapas adotadas ao longo da realização dos estudos.



### 2.1. Etapa 1: Revisão bibliográfica.

A revisão bibliográfica foi a primeira etapa a se iniciar, mas perdurou por todo o desenvolvimento do trabalho. Durante este estágio, foram levantados diversos artigos já publicados a respeito da geologia do local da intrusão, das amostras estudadas, da teoria acerca de xenólitos e das feições ou texturas petrográficas mais recorrentes deste tipo de rocha e da teoria referente ao método zircônio em rutilo.

### 2.2. Etapa 2: Catalogação de amostras.

Nesta parte, foram descritas concisamente, em escala macroscópica, 99 amostras de xenólitos.

As amostras foram então separadas e elencadas em grupos de acordo com suas características petrográficas principais, como mineralogia aparente, coloração e textura. A bibliografia referente a estas amostras, com estudos anteriores, também foi considerada na divisão, sobretudo os trabalhos de Costa (2008) e Costa (2012). Como resultado, foram determinados três grupos principais:

- Granada Lherzolitos;
- Dunitos/Harzburgitos/Websteritos/Clinopiroxenitos/Xenólitos alterados;
- Eclogitos.

O primeiro grupo é o mais abundante, com 50 amostras. São facilmente distinguíveis devido à alta presença de granada e piroxênios prismáticos.

O segundo grupo foi assim manejado pois as rochas são dificilmente distinguíveis a olho nu. Ao todo, existem 47 amostras referentes a este conjunto. Neste grupo também estão alocadas um conjunto de amostras de xenólitos alterados, descritos por Costa (2008). Alguns exemplares também foram selecionados para posterior descrição microscópica.

O grupo dos Eclogitos é representado por apenas 2 amostras. O alto teor de granadas é característico dos eclogitos e são diferenciados dos lherzolitos pela coloração total da amostra, pois encontram-se menos minerais melanocráticos.

### **2.3. Etapa 3: Seleção de amostras para laminação e realização da descrição petrográfica.**

Após catalogadas, as amostras passaram por um processo de seleção, onde as mais representativas de cada grupo foram laminadas.

Desta forma, foram produzidas 26 laminas delgadas, sendo elas 12 do primeiro grupo, 12 do segundo e duas lâminas de Eclogito, uma de cada amostra. As 26 lâminas confeccionadas e descritas estão presentes na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Amostras selecionadas para a confecção das lâminas delgadas, de acordo com a litologia previamente designada.

<b>Granada Lherzolito</b>	<b>Clinopiroxenito/Dunito/Harzburguito/ Websteritos/Xenólitos Alterados</b>	<b>Eclogito</b>
Can - 86	Can - 94	Can - 109
Can - 87	Can - 95	Can - 156
Can - 97	Can - 98	
Can - 101	Can - 102	
Can - 103	Can - 105	
Can - 108	Can - 133	
Can - 113	Can - 157	
Can - 115	Can - 163	
Can - 120	Can - 165	
Can - 140	Can - 166	
Can - 153	Can - 186	
Can - 178	Can - 198	

A descrição das lâminas foi realizada utilizando-se um microscópio petrográfico no Departamento de Geologia, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – de Rio Claro. As lâminas foram preparadas e confeccionadas pelo laboratório de laminação pertencente ao mesmo departamento. As lâminas referentes às amostras de eclogito foram polidas, para poderem ser analisadas na microsonda eletrônica.

Durante a descrição, deu-se maior foco à mineralogia presente nas lâminas e nas texturas principais. Neste sentido, as literaturas base consultadas foram a de Streckeisen (1976), Harte (1977) e Dawson (1980). A simbologia utilizada na descrição petrográfica e presente no capítulo de petrografia tem como base o artigo de Kretz (1983).

#### **2.4. Etapa 4: Coleta de dados geoquímicos no rutilo, através de microsonda eletrônica.**

Após a descrição petrográfica e constatada a presença de cristais de rutilo nas lamina de Eclogito (Can - 109 e Can - 156), aplicou-se o geotermômetro zircônio no rutilo, a fim de alcançar a temperatura registrada no rutilo.

As lâminas selecionadas para análise foram metalizadas com Carbono (espessura de 250 angstroms) e as análises foram realizadas com uma Microsonda Eletrônica (EPMA) da marca JEOL, modelo JXA-8230 superprobe, junto ao Departamento de Geologia da Unesp. As condições de análise seguiram o descrito por Luvizotto et al. (2009), onde utilizou-se 20 kV de aceleração e corrente de 80 nA. Os elementos analisados e seus respectivos limites de detecção (em ppm) são: Si (33), Al (23), Cr (62), V (58), Sb (104), Sn (96), W (136), Ta (79), Hf (140), Fe (61), Zr (55), Nb (64).

Foram escolhidos cristais de rutilo nas duas lâminas, em diferentes domínios texturais. Em alguns cristais, mais de um ponto de análise foi realizado.

Ao todo foram analisados 17 cristais de rutilo, com um total de 86 pontos. Após breve verificação dos resultados, alguns pontos foram descartados, pois se representavam de análises contaminadas com zircão intercrescidos. O teor de Si foi utilizado como parâmetro de controle (análises com teores acima de 300ppm foram descartadas). Com isso, o montante final foi de 60 pontos de análise química.

Nesta etapa foram adquiridas as concentrações de diversos elementos traço no rutilo. Nos resultados deste trabalho serão apresentados os teores de Al, Cr, V, Fe, Zr, Nb, Ti e Zr obtidos, sendo o último o mais importante para a aplicação do geotermômetro e Nb e Cr importantes para indicar a procedência do rutilo.

Foi adotada uma nomenclatura para os cristais e para os pontos analisados segundo a lâmina em que se encontram, o número do rutilo e o número do ponto analisado. Na Tabela 2 abaixo está ilustrado um exemplo referente à nomenclatura adotada.

Tabela 2: Método adotado para a nomenclatura dos cristais de rutilo analisados por microsonda eletrônica, nas amostras Can – 109 e Can – 156, para a obtenção de dados geoquímicos.

<b>Nomenclatura</b>	<b>Lâmina</b>	<b>Cristal do Rutilo</b>	<b>Ponto analisado</b>
<b>109 Rt1-1</b>	Can - 109	1	1
<b>156 Rt2-7</b>	Can - 156	2	7

## **2.5. Etapa 5: Aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo.**

A aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo e o cálculo de temperatura para os cristais de rutilo das duas amostras de eclogito foi feito com base na calibração proposta por Tomkins et al. (2007), que levam em consideração a pressão existente no sistema como fator determinante secundário. A equação utilizada foi aquela para o campo de estabilidade da coesita. O cálculo foi realizado através do software Excel, 2016.

A equação utilizada foi a seguinte:

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{88.1 + 0.206P}{0.1412 - R \ln \phi} - 273 \quad (1)$$

Sendo:

P = pressão, em kbar

R = constante do gás, 0.0083144 kJ K<sup>-1</sup>

$\phi$  = concentração, em ppm, de Zr.

A pressão adotada para a realização dos cálculos foi baseada nos resultados obtidos por Costa (2008) ao aplicar geobarômetros nas amostras de granada lherzolito e granada harzburgito. Dessa maneira, os cálculos foram realizados com valores de pressão no intervalo de 42 a 55 kbar.

### 3. CONTEXTO GEOLÓGICO

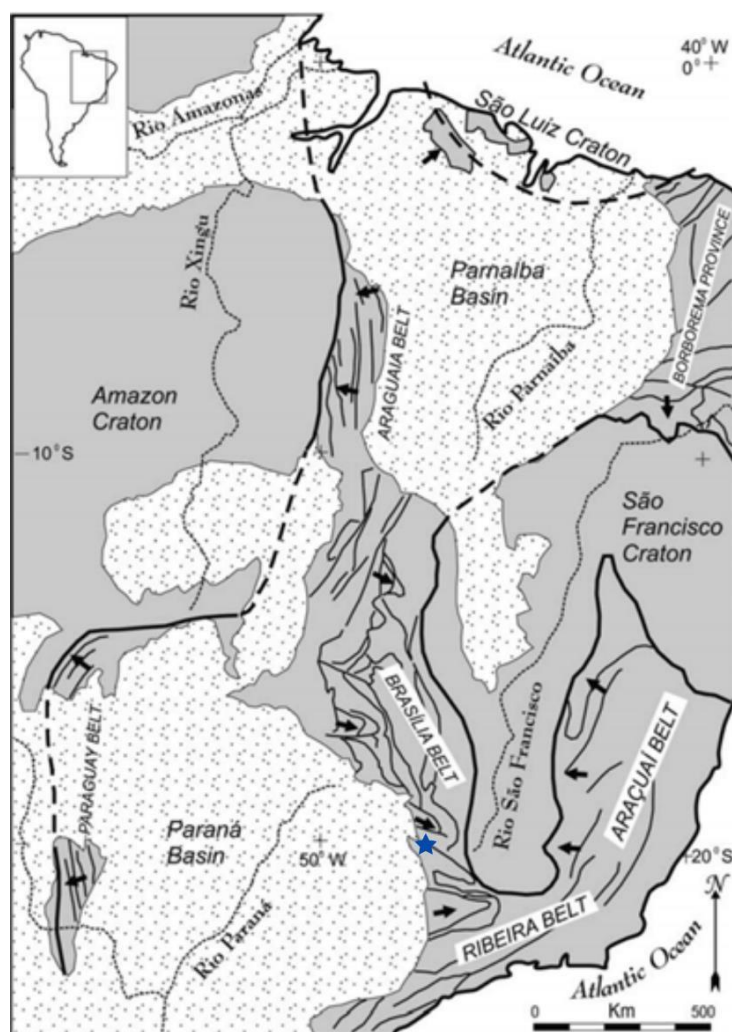
#### 3.1. Geologia Regional

O kimberlito Canastra-01 intrude rochas metassedimentares pertencentes ao Grupo Canastra, inserido no setor externo e porção sul da Faixa Brasília, que por sua vez é definida como uma das três faixas orogênicas colisionais pertencentes a Província Estrutural do Tocantins (Fuck, 1994, Chaves et al., 2008, Almeida et al., 1981, Uhlein et al., 2012). O Canastra-01 é uma das muitas intrusões alcalinas que fazem parte da Província Ígnea Alto do Paranaíba (Pereira & Fuck, 2005).

A Província Estrutural do Tocantins é uma das principais províncias estruturais definidas por Almeida que integram o território brasileiro. É um cinturão orogênico ramificado, de idade Neoproterozoica, resultante da convergência dos crátons Amazônico (a oeste/noroeste), São Francisco (a leste) e Paranapanema (a sudoeste), sendo o último totalmente coberto pelas rochas sedimentares paleozoicas da Bacia do Paraná (Almeida et al., 1981, Valeriano et al., 2008). A Figura 3 apresenta os principais terrenos geotectônicos do Brasil, incluindo os orógenos da Província Tocantins e os crátons adjacentes. Tal evento orogênico é conhecido como Ciclo Brasileiro e é relacionado à aglutinação dos crátons citados e formação da parte oeste do supercontinente Gondwana (de Almeida et al., 2000).

Almeida et al. (1981) propuseram uma das primeiras fragmentações da província com base em aspectos estruturais distintos. Dessa maneira, os autores reconheceram três segmentos principais: a) uma região central composta majoritariamente pelo Maciço Mediano de Goiás, com gnaisse e granulito antigos (alguns migmatizados) intrudidos por rochas graníticas de diversas idades; b) uma região a leste compreendendo as faixas Brasília e Uruçu; e c) uma região a oeste abrangendo as faixas Araguaia e Paraguai.

Figura 3: Mapa dos principais compartimentos geotectônicos presentes no Brasil. As setas pretas indicam o sentido dos movimentos estruturais, em cada província. Em destaque, localização aproximada do kimberlito Canastra-01. Retirado de Valeriano et al., (2008).



Com o avanço dos estudos geológicos na região central do país, novas subdivisões foram sugeridas para a região. Fuck et al. (1994) subdividiram a porção da Faixa Brasília e entornos em cinco compartimentos tectônicos, i) Zona Cratônica, ii) Zona Externa, iii) Zona Interna, iv) Arco Magmático de Goiás e v) Maciço de Goiás. Já Schobbenhaus e Brito Neves, em 2003, separaram a Província Tocantins em a) Faixa Paraguai–Tocantins, b) Arco de Goiás, c) Maciço Central Goiás e d) Faixa Brasília, classificando a Faixa Brasília, o Arco de Goiás e o Maciço de Goiás como três separados compartimentos geotectônicos, indo de encontro à proposta de Fuck et al. (2004).

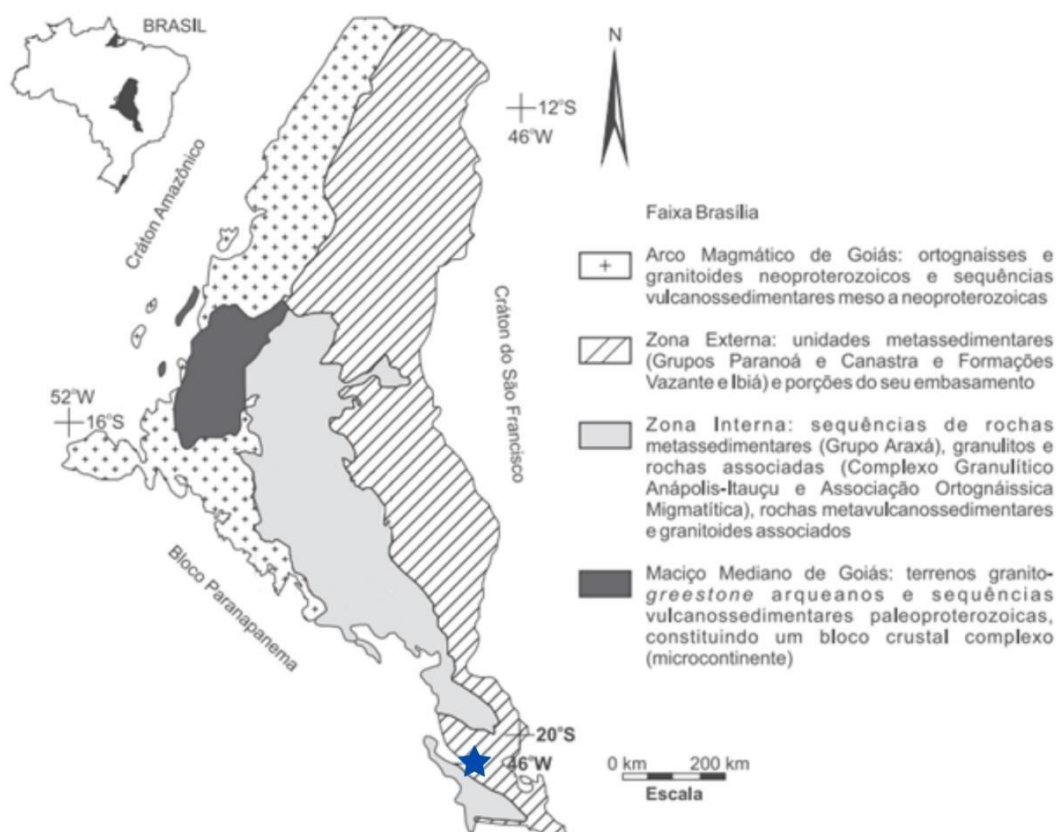
### 3.1.1. Faixa Brasília

Como abordado anteriormente a Faixa Brasília, ou Faixa de Dobramentos Brasília, é uma faixa orogênica situada na região central do Brasil que, em conjunto das faixas Araguaia e Paraguai, de evoluções diacrônicas, compõe a Província Tocantins.

A Faixa Brasília é composta por uma grande quantidade de terrenos geológicos distintos, que foram submetidos a diferentes graus metamórficos. Ocorrem sequências metassedimentares de idades paleoproterozoicas, mesoproterozoicas e neoproterozoicas, juntamente de terrenos ígneos intrusivos, graníticos e alcalinos, e sequências vulcano-sedimentares, como o complexo Máfico-Ultramáfico de Niquelândia (Fuck et al., 1994; Dardenne, 2000) A direção das principais estruturas geológicas da Faixa Brasília converge em direção ao Cráton São Francisco, a oeste, assim como o aumento dos graus metamórficos (Dardenne, 2000).

Atualmente, a Faixa Brasília é composta por quatro grandes compartimentos geotectônicos principais (Valeriano et al., 2008), apresentados na Figura 4 abaixo. São eles: Zona externa, Zona Interna, Arco Magmático de Goiás e Maciço de Goiás.

Figura 4: Mapa geológico da Faixa Brasília evidenciando os quatro principais compartimentos do orógeno: Arco Magmático de Goiás, Zona Externa, Zona Interna e o Maciço Mediano de Goiás. Em destaque, localização aproximada do kimberlito Canastra-01. Retirado de Navarro et al., (2013), modificado de Fuck (1990).



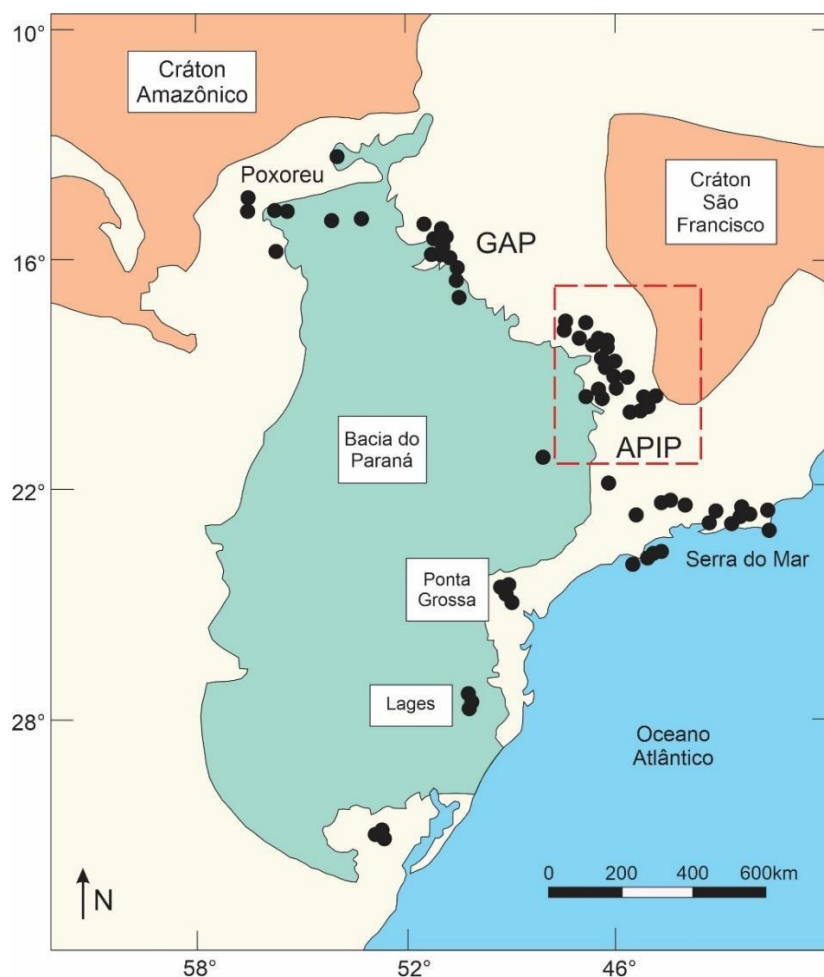
### 3.1.2. Província Ígnea Alto do Paranaíba e Azimute 125°

A Província Ígnea Alto do Paranaíba - PIAP - (em inglês Alto Paranaíba Alkaline Province – APAP) engloba um conjunto de centenas de ocorrências máficas e ultramáficas, com composições alcalinas potássicas e corpos carbonatíticos, situadas na região sudeste de Minas Gerais, que intruíram a Faixa Brasília no limite sudoeste do Cráton São Francisco (Fig. 5). A maior parte das intrusões estão concentradas próximas às cidades de Coromandel, Romaria e Três Ranchos (Gibson et al., 1995; Pereira & Fuck, 2005).

As intrusões máficas na PIAP compreendem diversos diques, soleiras, diatremas, derrames de lava, depósitos piroclásticos e complexos plutônicos grandes (Gibson et al.,

1995). As idades dos corpos variam entre 75-120 Ma, idades correspondentes a diferentes pulsos magmáticos relacionados ao desenvolvimento do Alto Estrutural Paranaíba (Pereira & Fuck, 2005).

Figura 5: Localização da Província Ígnea Alto do Parnaíba, identificada de acordo com algumas das principais entidades geológicas do país. Retirado de Carlson et al., 2007.



A PIAP, assim como a Província Alcalina de Goiás (Goias Alkaline Province – GAP), faz parte de uma série de províncias alcalinas relacionadas ao importante lineamento estrutural Azimute 125°, um lineamento de direção NW-SE ligado a zonas de fraqueza na crosta reativadas principalmente com o magmatismo alcalino no cretáceo superior (Gibson et al., 1995; Dutra et al, 2012; Moraes Rocha et al, 2014).

O Azimute 125° se estende do estado do Rio de Janeiro até o estado de Rondônia e sua origem está ligada à diversos sistemas de falhas que posteriormente foram preenchidas por ocorrências magmáticas em três períodos principais: entre 950Ma e 520Ma, durante o ciclo orogênico Brasileiro; a 180Ma, durante a fragmentação do supercontinente Gondwana; e a aproximadamente 90Ma, com a passagem da pluma mantélica Trindade (Gibson et al., 1995; Moraes Rocha et al., 2015).

### 3.2. Geologia Local

Como abordado anteriormente, o kimberlito Canastra-01 intrude rochas metassedimentares do Grupo Canastra, situado na porção sul da Faixa Brasília e na Zona Externa da mesma (Chaves et al, 2008a; Chaves et al, 2008b; Fuck, 1994; Dardenne, 2000). A Figura 6 ilustra a geologia no entorno da intrusão e destaca a localização do kimberlito Canastra-01.

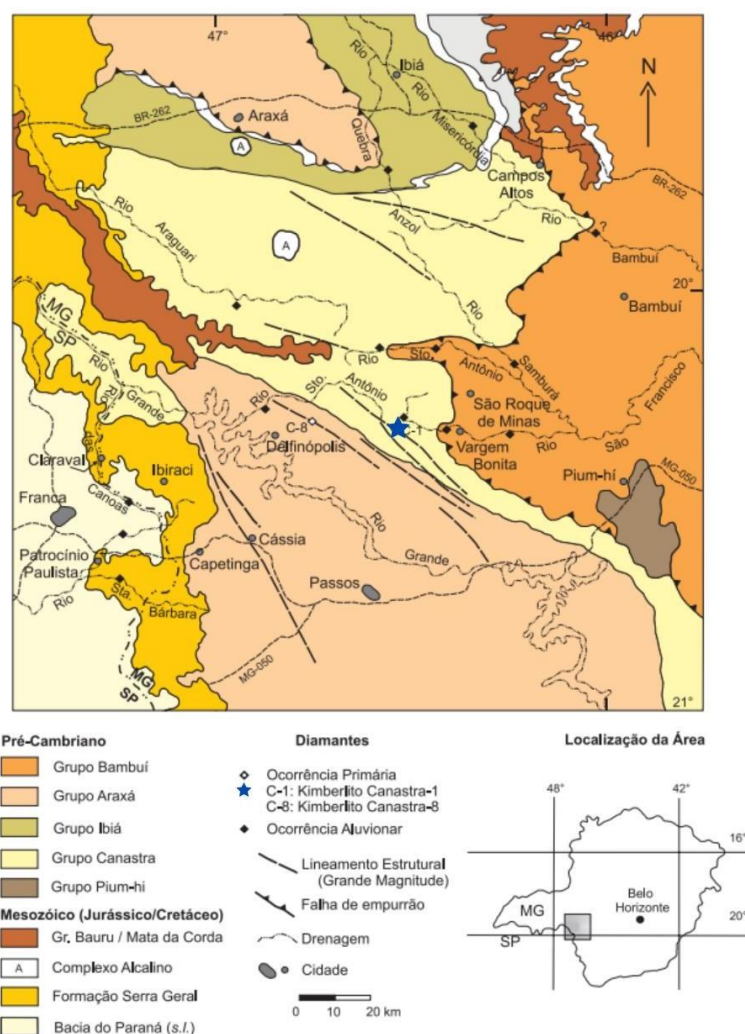
De acordo com Chaves et al. (2008a), na região afloram rochas de idade pré-cambriana, pertencentes ao contexto da Faixa Brasília, e rochas de idade mesozoica que fazem parte da geologia referente à Bacia do Paraná.

O Grupo Pium-hí trata-se de um *greenstone belt* independente das rochas ao seu entorno e mais antigo de que os grupos vizinhos Canastra e Bambuí (Schrank, 1982 *apud* Chiarini, 2001). Segundo Schrank (1982), a estratigrafia do maciço pode ser dividida em dois grupos principais: o Grupo Inferior e o Grupo Superior. O inferior é considerado pelo autor como sequencia típica do tipo *greenstone belt*, com espessuras de 3000 metros, e afloram komatiíticos variados, basaltos variolíticos e toleíticos, andesitos toleíticos e cálcio-alcálicos, dacitos, rochas detríticas e epiclasticas, com derrames subordinados. Também ocorrem duas intrusões principais de corpos graníticos. O Grupo Superior é descrito pelo autor como uma bacia proterozoica composta por turbiditos, com rochas pelíticas e carbonáticas na base situadas sob quartzitos e brechas sedimentares.

O Grupo Ibiá foi subdividido por Pereira (1992) nas formações Cubatão e Rio Verde e encontra-se diretamente acima do Grupo Canastra, sendo o contato entre os grupos evidenciado por discordância erosiva. A Formação Cubatão, na base, é constituída por um meta-paraconglomerado de origem glacial de matriz metapelítica-

carbonatada, com clastos maiores, de tamanhos e litologias diversos, dispersos na matriz. Tais clastos variam entre grânulos até matacões de 1 metro de comprimento e as litologias diversificam entre fragmentos de quartzito, rochas graníticas, rochas básicas, filitos, calcários, chert e formação ferrífera (Pereira, 1992; Pereira et al., 1994). No topo da formação, a ocorrência dos clastos maiores é bem menor. A Formação Rio Verde, situada diretamente acima da anterior, é composta por um extenso pacote de calcifilito bandado, muito similar mineralogicamente à matriz do meta-paraconglomerado, com bandas centimétricas e rítmicas, constituídas por quartzo e micas. Na base, o contato entre as duas formações é gradacional (Pereira et al., 1994).

Figura 6: Mapa Geológico do local de intrusão do Kimberlito Canastra-01. Em destaque, localização do kimberlito Canastra-01. Fonte: Modificado de Chaves et al (2008b).



O Grupo Araxá é constituído por quartzitos micáceos e diferentes tipos de xisto, sendo eles calci-xistos, muscovita-quartzo xisto, muscovita-clorita xisto, biotita-granada xisto, estauroлита xisto e xistos feldspáticos. Além destes, também ocorrem lentes dispersas de gnaiss, anfibolito, metaultramáficas e retroeclogitos. Associadas às rochas metassedimentares, também presente rochas metavulcânicas básicas (Fuck e Marini, 1981; Navarro e Zanardo, 2013).

O Grupo Bambuí é constituído de rochas siliciclásticas e carbonáticas depositadas durante o final do Neoproterozoico, entre 700 e 600 Ma (Lima et al., 2007), e aflora em maior escala na região central do país, onde também suas formações típicas são melhor reconhecidas (Dardenne, 1978). A estratigrafia do Grupo Bambuí foi proposta por Dardenne (1978). Dessa maneira, o grupo pode ser subdividido em seis formações principais, sendo elas, da base para o topo: a) Formação Jequitaí, situada na base do grupo e composta por um paraconglomerado polimítico de origem glacial, de matriz esverdeada e com seixos de quartzito, calcário gnaisses, mica xistos, granitos e rochas vulcânicas; b) Formação Sete Lagoas, constituída por rochas carbonáticas e, em sua base, rochas pelíticas com lentes carbonáticas. As rochas que integram a formação Sete Lagoas são, da base para o topo, argilitos com lentes de dolomito, calcário argiloso laminado, dolomito laminado e calcário cinza oolítico; c) Formação Santa Helena (Serra da Santa Helena), formada por folhelhos e siltitos cinzas com lentes de calcários e níveis de margas; d) Formação Lagoa do Jacaré, com alternância entre calcários, oolíticos e pisolíticos, e siltitos ou margas; e) Formação Serra da Saudade, composta por folhelhos e siltitos verdes na base, com calcário cinza, e siltitos feldspáticos no topo; f) Formação Três Marias, constituída por arenito feldspático esverdeado intercalado com siltito arcoseano esverdeado. A passagem entre as rochas das formações Serra da Saudade e Três Marias é transicional e concordante (Dardenne, 1978; Radambrasil, 1982).

O Grupo Canastra é composto por rochas metassedimentares e pode ser definido como uma série de intercalações de filitos e quartzitos, em camadas espessas. Além destas litologias, ocorrem também porções com composições carbonáticas (Dardenne, 2000). Na base, o Grupo Canastra faz contato com rochas metapelíticas das formações Vazante e Paracatu. O contato superior é marcado por uma discordância erosiva com paraconglomerados do Grupo Ibiá (Dardenne et al, 1994).

É constituído de associações de metassedimentos pelíticos, com carbonato, filitos e quartzitos metamorfizados, em fácies xisto verde (Dardenne, 2000).

A Bacia do Paraná é uma bacia sedimentar intracratônica de tipo sinéclise. Possui aproximadamente 1.500.000 km<sup>2</sup> e está situada, em sua maioria, na região centro-sudeste do Brasil e em menor escala no Paraguai, Argentina e Uruguai. O seu registro sedimentar principal tem idade entre o Ordoviciano (450 Ma) e o final do Cretáceo (65 Ma). O último registro, o menos expressivo, ocorreu durante o cenozoico. A bacia possui uma forma oval, com seu eixo maior sentido NE-SW e é constituída de pacotes sedimentares espessos e ocorrências basálticas referentes à Formação Serra Geral (Milani, 2004).

O Grupo Bauru integra rochas sedimentares compostas majoritariamente por sedimentos siliciclásticos de origem continental. É subdividido em quatro formações principais: i) Formação Caiuã, composta por arenitos, conglomerados, lamitos e arenitos carbonáticos; ii) Formação Santo Anastácio, na qual afloram arenitos marrons a arroxeados, com ocorrências locais de cimento e nódulos carbonáticos; iii) Formação Adamantina, que é dividida em três subunidades principais, sendo as duas das extremidades arenosas e a intermediária lamítica; e iv) Formação Marília, composta por depósitos areno-conglomeráticos associados a depósitos lamíticos (Saad et al., 1988).

A Formação Serra Geral é um enorme derrame basáltico, com ocorrências isoladas de diabásios e rochas ácidas, que intruiu principalmente rochas areníticas da Formação Botucatu e também ocorre sobre as rochas metassedimentares da região sudoeste de Minas Gerais. A formação também é encontrada em diversos outros locais além da bacia na forma de enxames de diques. Os basaltos possuem coloração cinza, com tons esverdeados, e são compostos principalmente por plagioclásio, piroxênio (augita e pigeoniita), magnetita/illmenita, olivina e apatita (Machado et al., 2009). Os autores acreditam que o magmatismo básico da Formação Serra Geral seja fruto de diversos episódios magmáticos relacionados à desagregação do Gondwana.

### 3.2.1. Kimberlito Canastra-01.

O corpo kimberlítico Canastra-01 é um corpo plutônico alcalino composto por dois pipes (ou blows) (Fig, 7), distantes 40m entre si e localizados a NW e SE do córrego regional chamado Córrego da Cachoeira. Intruiu rochas metassedimentares do Grupo Canastra, situado na porção sul da Faixa Brasília, e encontra-se próximo ao limite sudoeste do Cráton São Francisco. O pipe situado a NW do córrego possui cerca de 8000m<sup>2</sup>, possui uma textura bem homogênea e é composto por uma brecha kimberlítica macrocrística. O segundo pipe é maior, chegando a ter 10000m<sup>2</sup>, e apresenta três facies litológicas muito intemperizadas: (1) brechas kimberlíticas de contato, de coloração avermelhada; (2) brechas kimberlíticas de cor verde escura com cristais maiores de olivina e xenólitos da rocha encaixante; e (3) kimberlito com macrocristais de olivina e ilmenita (Chaves et al., 2008a; Chaves et al., 2012; Costa, 2008).

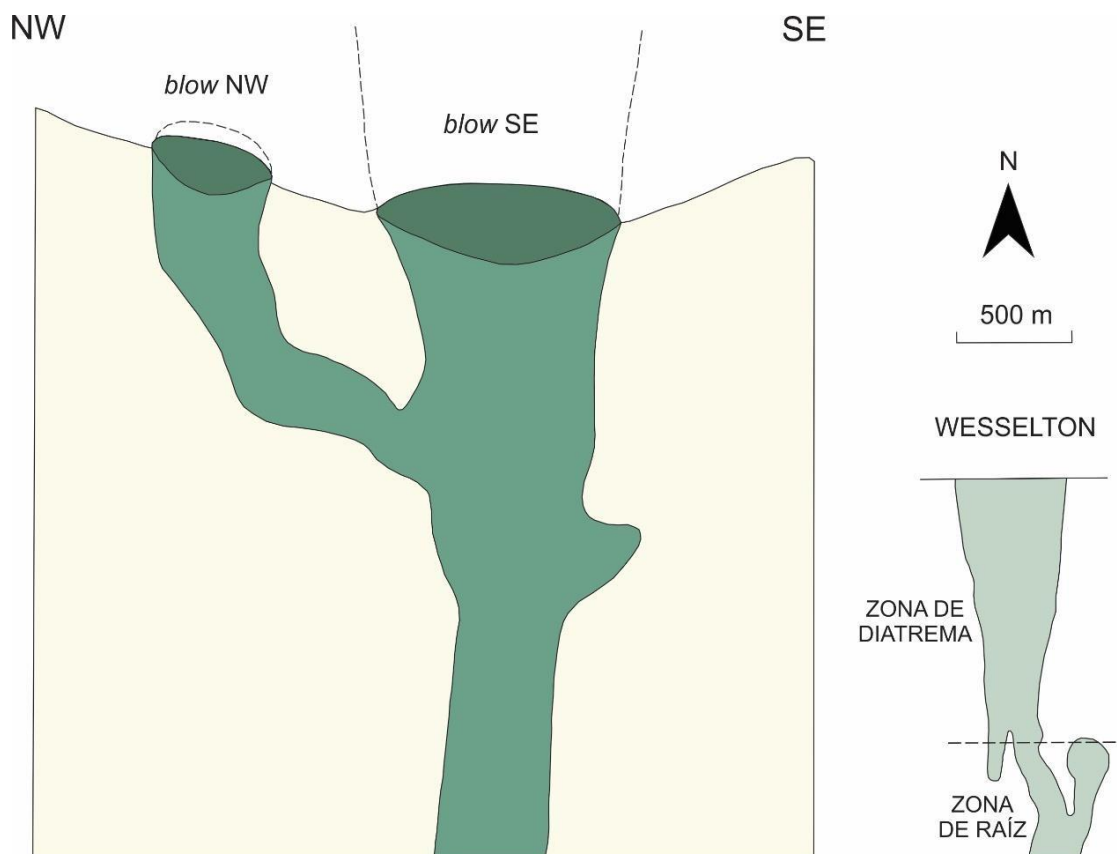
Chaves et al. (2008a) descrevem a rocha encontrada no pipe NW como pertencente à zona de raiz da intrusão (zona abissal) e as fácies do pipe SE como um conjunto de fácies abissais de raiz e de zona de diatrema, menos profunda.

Devido à proximidade dos pipes, à forma como estes são encontrados e às facies litológicas descritas, Chaves et al. (2008b) presumiram que ambos se juntem em maiores profundidades. Ainda segundo o autor, o braço menor (NW) poderia ser um braço abortado, enquanto que o maior seria o único a ter atingido menores profundidades na época da intrusão. O autor ainda compara o kimberlito Canastra-01 com outras duas ocorrências kimberlíticas (Kimberley e Wesselton, na África do Sul). Na Figura 7, está representado o modelo proposto para o kimberlito Canastra-01 e sua comparação com a ocorrência de Wesselton.

O kimberlito possui idade neo-cretácea, com aproximadamente 120±10 Ma (K–Ar em cristais de flogopita) e está inserido dentro do contexto geológico da Província Ígnea Alto do Parnaíba (Gibson et al., 1995; Pereira & Fuck, 2005). As rochas encaixantes são quartzitos finos intercalados com filitos sercíticos (Chaves et al, 2012).

Junto do Canastra-01, assim como em muitos outros corpos intrusivos alcalinos no mundo e em demais intrusões alcalinas pertencentes à PIAP (Nannini, 2016), há diversas ocorrências de xenólitos mantélicos de composições ultramáficas, abrangendo lherzolitos, piroxenitos, websteritos, harzburgitos, dunitos e eclogitos (Costa, 2008).

Figura 7: Modelo elaborado por Chaves et al (2008b) para ilustrar a interpretação feita sobre os pipes pertencentes ao kimberlito Canastra-01. Do lado direito, o comportamento em subsuperfície da ocorrência kimberlítica de Wesselton, na África do Sul. Fonte: Modificado de Chaves et al., (2008b).



No âmbito econômico, o kimberlito Canastra-01 foi a primeira fonte primária com teores viáveis de diamantes no país e foi descoberto em meados de 1960 (Chaves et al., 2008a). O pipe SE é mineralizado e possui um teor médio de 12-18 ct/100 t de rocha. Os minerais indicadores descritos são: piropo cromífero  $[Mg^3 Al^2 (SiO_4)^3]$ , ilmenita magnésiana  $[Fe^{2+}TiO_3]$  e o diopsídio  $[CaMgSi_2O_6]$ . Ainda sobre os minerais indicadores, estudos geoquímicos realizados sobre os mesmos indicaram fortes semelhanças com as ocorrências kimberlíticas sul africanas. Dados obtidos durante o período de lavra experimental mostraram uma qualidade excelente para os diamantes do kimberlito Canastra-01, estipulando valores em torno de US\$ 180-200/ct (Chaves et al., 2008a; Chaves et al., 2008b).

### 3.2.2. Xenólitos do kimberlito Canastra-01

Embora os estudos acerca do kimberlito Canastra-01 datem décadas, a bibliografia referente aos xenólitos da intrusão é pouco vasta. As principais publicações a respeito das amostras são as de Costa (2008) e Costa (2012).

Costa (2008) descreveu petrograficamente lâminas de 90 amostras, realizou estudos a respeito da química mineral e aplicou diversos métodos de geotermobarometria (variando de acordo com a composição mineralógica das amostras) para a obtenção das condições de  $T$  e  $P$  de equilíbrio dos xenólitos. A autora obteve, como litologias, granada lherzolito, granada clinopiroxenito, eclogito, dunito, anfibólio granada websterito, espinélio anfibólio websterito, granada harzburguito, espinélio harzburguito e amostras de xenólitos alterados.

A respeito da química mineral, os estudos foram realizados por Costa (2008) por meio de microsonda eletrônica, em 20 amostras selecionadas, representativas de cada litologia descrita na petrografia. O estudo composicional das granadas é extremamente importante pois reflete diretamente as condições físico-químicas do ambiente de formação de uma rocha, indicando sua procedência (Deer et al, 2013; Costa, 2016). De acordo com Costa (2016), os diagramas composicionais mais utilizados nos estudos envolvendo granadas provém de Sabeen et al. (2002) e Morton et al. (2002). Para estes autores, a plotagem e caracterização das granadas considera sobretudo os teores de piropo (P), grossulária (G) e almandina + espessartita (AS). As composições das granadas obtidas por Costa (2008) para as amostras de xenólitos do Canastra-01 variam entre 52,6% a 73,0% de piropo, 13,3% a 37,5% de almandina e 3,7% a 23,5% de grossulária. Teores de piropo entre 40-70% são característicos de rochas metamórficas de alto grau e rochas ultramáficas (Deer et al, 2013). A composição dos clinopiroxênios das amostras varia entre onfacita, aegerina-augita e diopsídio. Para os ortopiroxênios, a composição é principalmente enstatita e para as olivinas, forsterita. Os anfibólios encontrados nas amostras de websterito pertencem ao grupo dos anfibólios cálcicos e variam entre hornblenda, pargasita e sadanagaíta (Costa, 2008).

Sobre a geotermobarometria, Costa (2008) aplicou diversos métodos em um total de 18 amostras de xenólitos, representativas de cada litologia. Os métodos variaram de

acordo com a composição mineralógica das amostras. A média das condições de temperatura e pressão obtidas, para cada litologia, estão contidas na Tabela 2 abaixo.

Tabela 3: Média dos dados de  $T$  e  $P$  obtidos por Costa (2008) para cada litologia de xenólitos mantélicos do kimberlito Canastra-01, após aplicação de diferentes métodos geotermobarométricos.

Litologia	Temperatura (°C)	Pressão (kbar)
Granada Lherzolito	1160 a 1412	49 a 55
Granada Harzburgito	1120 a 1423	42 a 46
Espinélio Harzburgito	710 a 751	
Anfibólio Granada	600 a 989	
Websterito		
Espinélio Anfibólio	812	
Websterito		
Anfibólio Websterito	762	
Granada Clinopiroxenito	1255	
Eclogito	980	

Costa (2008) concluiu que os xenólitos mantélicos estão situados entre as geotermas de 40 a 60 mW/m<sup>2</sup> e estão contidos dentro dos campos de estabilidade do diamante e da grafita.

Costa (2012) obteve dados isotópicos, através do método Sm-Nd, em treze amostras de xenólitos do Canastra-01 previamente estudadas por Costa (2008), sendo nove granada lherzolito, dois anfibólio granada websterito, um eclogito e um granada clinopiroxenito. Levantou a hipótese de que, devido à composição empobrecida dos Granada Lherzolito em relação ao CHUR (Chondritic Uniform Reservoir) e por serem as amostras predominantes, o manto sob a região da intrusão seria empobrecido em ETR (elementos terras raras) leves. Os dados isotópicos dos Granada Lherzolito sugerem que tais amostras teriam sua evolução ligada a processos de fusão parcial e que os xenólitos não retratam a fonte do magmatismo da PIAP. Para o eclogito, Costa (2012) obteve dados isotópicos da amostra enriquecidos em relação ao CHUR e semelhantes a amostras de xenólitos do Arco Magmático de Goiás, indicando que tal amostra pode ter

sua origem ligada a formação da Província Tocantins. A autora ainda afirma que os dados sugerem uma origem a partir de crosta oceânica.

Não foi possível alcançar idades modelo TDM exatas para as amostras de granada lherzolito. Para o anfibólio granada websterito, Costa (2012) adquiriu idades de 1,5 Ga, mas não conseguiu inferir precisamente um significado a respeito deste dado.

## 4. INTRODUÇÃO TEÓRICA

### 4.1. Xenólitos kimberlíticos e a nomenclatura de rochas ultramáficas - Streckeisen (1976).

Junto de magmatismos alcalinos, comumente ocorrem fragmentos rochosos ou mineralógicos de ampla variedade associados, conhecidos como xenólitos. Os xenólitos podem ser atribuídos a diferentes origens, classificadas de acordo com sua composição (Dawson, 1980).

Dawson (op. cit.) dividiu as ocorrências de xenólitos em cinco grupos principais, sendo eles:

- **Fragmentos da rocha intrudida.** Neste caso, os xenólitos são fragmentos, geralmente angulosos, da rocha intrudida pelo magmatismo alcalino. Estas amostras se concentram sobretudo no diatrema do kimberlito, em trechos periféricos.
- **Fragmentos de rochas e/ou formações pretéritas, presentes no momento da intrusão kimberlítica, mas que atualmente encontram-se erodidas.** Os xenólitos, neste caso, funcionam como valiosas fontes informativas sobre as rochas não mais presentes. De acordo com o autor, os fragmentos deste tipo ocorrem em profundidades não condizentes com suas formações de origem, não podendo ser utilizados como indicativos deste atributo. Por outro lado, podem fornecer as idades máximas da intrusão kimberlítica.
- **Xenólitos provenientes de terrenos do embasamento, como granitos arqueanos.**
- **Xenólitos de granulito.** Com menor frequência, ocorrem juntamente dos kimberlitos blocos de granulito, muito próximo de granulitos provenientes do embasamento. Estas amostras abrigam em si informações da crosta inferior.
- **Xenólitos de rochas mantélicas.** Este caso compõe rochas compostas por mineralogias típicas de ambientes de alta pressão e temperatura, indicativas de uma condição de

equilíbrio sob tais parâmetros e não compatível com a crosta. Desta forma, acredita-se que a formação destes xenólitos ocorreu no manto superior.

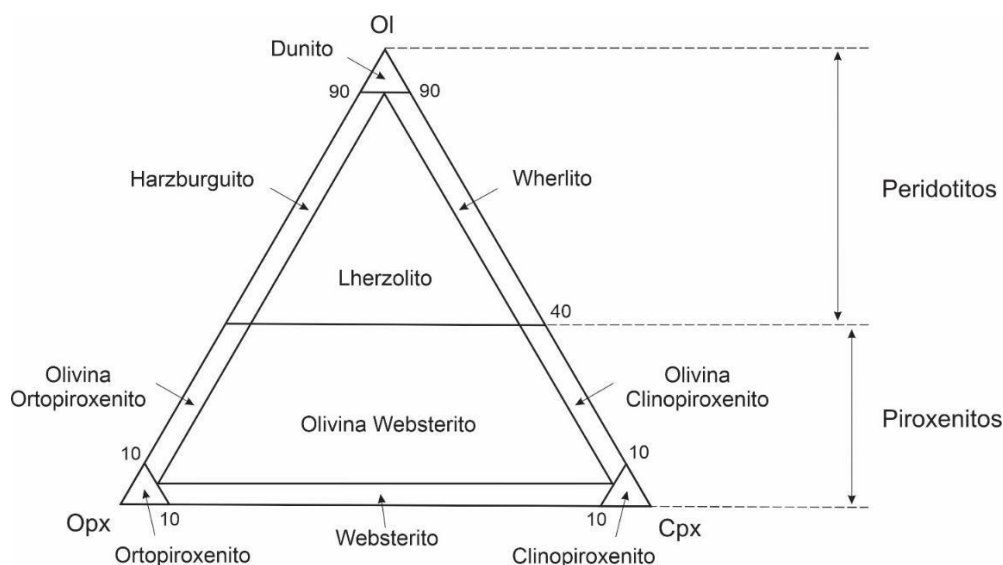
A última categoria de xenólitos representa as ocorrências principais das rochas mantélicas na crosta e, muito frequentemente, abrigam informações importantes a respeito do manto superior e do ambiente de formação do magma kimberlítico, sendo assim extremamente valorizadas cientificamente. Muito do que se sabe a respeito das litologias e mineralogias que compõe o manto superior, bem como sua geoquímica, é proveniente dos estudos feitos em xenólitos (Haggerty, 1995).

No grupo dos xenólitos mantélicos estão enquadradas as rochas peridotíticas-piroxeníticas que compõe o diagrama de classificação de rochas ultramáficas, proposto por Streckeisen (1976), atualmente adotado pela International Union of Geological Sciences – IUGS (ver Fig. 8). A suíte de xenólitos do kimberlito Canastra-01, estudadas no presente trabalho, também pertencem a este grupo.

Streckeisen (op. cit.) classificou as rochas ultramáficas em dois grupos principais: peridotitos e piroxenitos (Fig. 8). A mineralogia principal destas rochas é composta por olivina, clinopiroxênios, ortopiroxênios, hornblenda e minerais que ocorrem em menores frequências, como biotita e porcentagens variadas de granada, espinélio e opacos.

Rochas ultramáficas são classificadas como peridotíticas se o conteúdo de olivina da rocha ultrapassa 40%. Se a porcentagem for inferior a este valor, a rocha é classificada como piroxenito. Dessa forma, o grupo dos peridotitos engloba as rochas magmáticas denominadas dunitos, harzburgitos, lherzolitos e wherlitos. As rochas que representam o grupo dos piroxenitos são os websteritos, ortopiroxenitos e clinopiroxenitos.

Figura 8: Diagrama de rochas ultramáficas proposto por Streckeisen (1976) e aceito pela International Union of Geological Sciences – IUGS. Fonte: Traduzido de Streckeisen (1976).



O Lherzolito é a litologia mais abundante do manto superior e é composto por teores próximos de olivina, ortopiroxênio e clinopiroxênio. Junto a isso, a ocorrência de granada, espinélio e plagioclásio nos xenólitos mantélicos, juntamente da mineralogia principal, é condicionada principalmente pela pressão atuante sobre a rocha (Haggerty, 1995). Desta forma, pode-se separar os xenólitos em três fácies principais:

- **Fácies da granada:** rochas formadas sob altas pressões (acima de 15kb, em temperaturas próximas a 900 °C).
- **Fácies do espinélio:** rochas formadas em condições intermediárias de pressão (entre 10 e 15kb, em temperaturas próximas a 900 °C).
- **Fácies do plagioclásio:** rochas formadas em baixas pressões (abaixo de 10kb, em temperaturas próximas a 900 °C).

Nixon (1987) reuniu diversos artigos referentes a ocorrência de xenólitos mantélicos em kimberlitos e basaltos alcalinos e subdividiu estes xenólitos em seis grupos:

- (a) Peridotitos de baixa temperatura
- (b) Peridotitos de alta temperatura

- (c) Peridotitos com granada subcálcica
- (d) Peridotitos Metassomatizados
- (e) Megacristais
- (f) Eclogitos

As amostras estudadas neste trabalho são pertencentes aos subgrupos (a) e (f), que serão melhor descritos a seguir.

Para Nixon (1987), os peridotitos de baixa e alta temperatura são assim classificados devido à sua temperatura de equilíbrio e à composição química de seus principais minerais. Os de baixa temperatura se formaram sob temperaturas inferiores a 1100 °C e possuem baixos teores de TiO<sub>2</sub>, Cr e Fe, além de alta concentração de Mg. Neste grupo estão presentes granada/espínélio lherzolitos, harzburgitos, dunitos, piroxenitos e megacristais. Peridotitos de baixa temperatura é o grupo mais frequente entre os xenólitos mantélicos presentes em kimberlitos.

Peridotitos de alta temperatura englobam rochas que tiveram seu equilíbrio em condições acima de 1100 °C. Este grupo é composto por granada/espínélio lherzolitos e pontuais harzburgitos. Apresentam também altos teores de Fe, Al e Ca.

Eclogitos são rochas metamórficas de alta a ultra alta pressão e temperatura muito recorrentes em magmatismos kimberlíticos. Apresentam geralmente textura granoblástica e são compostas principalmente por clinopiroxênio sódico (onfacita) e granada magnésiana, do tipo piropo. Como minerais acessórios ocorrem diamante, grafita, rutilo, ilmenita, zircão, apatita, sulfetos, cianita, coríndon e coesita. Eclogitos kimberlíticos são classificados de acordo com sua composição química e textural das granadas, tendo como parâmetros o hábito dos cristais e os teores de Na e K. Taylor & Neal (1989), ao estudarem nove amostras de eclogitos presentes no kimberlito Bellsbank, na África do Sul, atribuíram três possíveis origens (grupos A, B e C) para os eclogitos presentes no manto superior, com base na composição isotópica de cristais de clinopiroxênio. O grupo A é composto por eclogitos originados de um fracionamento cristalino de granada e clinopiroxênio em um magma kimberlítico, originado de fusão parcial no manto. Os grupos B e C compreendem eclogitos originados de uma longa evolução geoquímica, relacionados com processos de subducção e metamorfismo de

porções distintas de crosta oceânica, sendo elas zonas basálticas do tipo MORB e trechos plutônicos ricos em plagioclásio, respectivamente.

#### 4.2. Classificação Textural de Harte (1977), Interpretações Texturais de Dawson (1980) e Feição Quelifítica.

Após uma revisão bibliográfica extensa envolvendo descrições petrográficas de xenólitos peridotíticos e piroxeníticos presentes em intrusões alcalinas de basaltos e kimberlitos, Harte (1977) reconheceu uma ampla variação de texturas nas rochas, sobretudo refletindo feições não só de cristalização magmática, mas também de deformações e de recristalizações. Dessa maneira, o autor propôs um sumário de texturas presentes em xenólitos, que foi utilizado na descrição petrográfica dos xenólitos do presente trabalho (Tab. 4).

Tabela 4: Sumário elaborado por Harte (1977) de texturas presentes em xenólitos peridotíticos e piroxeníticos, em basaltos alcalinos e kimberlitos. Fonte: retirado de Costa (2012), traduzido de Harte (1977).

Tipo de Rocha	Porfiroclastos	Tamanho dos Grãos	Limites dos grãos	Subtipos
Grossa	Ausentes	Tamanho médio dos grãos > 2.0 mm	Variável. Em geral, a maioria é reto ou levemente curvo, mas pode ser menos regular.	(1) Equigranular (2) Tabular
Porfiroclástica	Presentes. Mais de 10% das olivinas ocorrem como porfiroclastos	Duas populações principais: uma de porfiroclastos (1-2 mm) e outra formada por matriz mais fina (< 0.5 mm)	Irregular nos porfiroclastos e reto nos neoblastos. Alguns neoblastos equigranulares e outros tabulares	(1) Nem interrompida nem laminada (2) Interrompida (3) Fluída (4) Laminada e interrompida
Mosaico porfiroclástica	Presentes. Menos de 10% das olivinas ocorrem como porfiroclastos	Em geral duas populações, uma de porfiroclastos e a outra de matriz mais fina. Em rochas sem porfiroclastos ocorre apenas a segunda população	Irregular nos porfiroclastos e reto nos neoblastos. Alguns neoblastos equigranulares e outros tabulares	(1) Nem interrompida nem laminada (3) Fluída (4) Laminada e interrompida
Granuloblástica	Ausentes ou raros para todos os tipos minerais	Em geral, grãos pequenos (<2.0 mm), com exceção de raros porfiroclastos	Contatos retos ou suavemente curvados unindo grãos de formas tabulares e poligonais	(1) Equigranular (2) Tabular

Dawson (1980) compilou os principais estudos e conhecimentos geológicos acerca dos kimberlitos e seus xenólitos, resumindo a petrografia, mineralogia e composição geoquímica das ocorrências kimberlíticas. Sobre os xenólitos, realizou uma série de interpretações a respeito das texturas, suas relações e origens. Segundo ele, pode-se separar as texturas presentes nos xenólitos peridotíticos em dois grupos principais:

- Àquelas resultantes de deformação e recristalização da textura grossa e equigranular original das rochas.
- Àquelas indicativas de interações *sub-solidus*.

O primeiro grupo foi caracterizado com base no sumário textural de xenólitos peridotíticos de Harte (1977) (Tab. 4). Segundo Dawson, os minerais que compõe estes xenólitos reagem de maneiras diferentes ao aumento de pressão sobre a rocha. Os cristais de olivina são aqueles mais sensíveis à pressão e, juntamente dos piroxênios, sofrem recristalização. Já os cristais de granada e espinélio sofrem fragmentação. Dessa forma, as texturas levantadas por Harte fazem referência principalmente ao grau de recristalização das olivinas, enquanto que alguns subtipos se referem à forma dos cristais de granada e piroxênio.

As texturas porfiroclástica e mosaico porfiroclástica são resultantes da recristalização da rocha equigranular pretérita. Piroxênio recristalizado em forma de “cauda”, descritas neste trabalho e citadas no capítulo de Petrografia, são comuns nestas texturas e caracterizam o subtipo fluidal, por exemplo. A recristalização e deformação sobre às rochas, que deram origem a estas texturas, ocorrem durante a ascensão dos xenólitos junto ao kimberlito e, ao que indica, teriam relação direta com este tipo de magmatismo. Ainda segundo o autor, além da deformação sobre estas rochas, é comum também a ocorrência de metassomatismo e processos como serpentinização e flogopitação (Dawson, 1980).

Ainda sobre o primeiro grupo, a textura granuloblástica é interpretada como uma textura resultante de intensa recristalização sobre todos os minerais.

Sobre o segundo grupo, Dawson (1980) destaca principalmente a feição quelifítica que ocorre no entorno dos cristais de granada em peridotitos. Esta feição é muito recorrente em todas as lâminas de granada lherzolito descritas neste trabalho. A feição quelifítica é um agregado de diversos minerais, como espinélio, micas e microcristais de piroxênio, anfibólio, plagioclásio e clorita.

Segundo Godard (2000) e Obata (2011), a presença de espinélio na textura quelifítica indica a passagem de peridotitos de alta pressão ( fácies granada) para peridotitos de baixa pressão ( fácies espinélio). Os autores afirmam que tal feição, muito

comum em xenólitos kimberlíticos, é o resultado de uma interação retrometamórfica entre olivina, granada e, algumas vezes, água.

Obata (2011) classifica a feição quelifítica em dois grupos, de acordo com a rocha matriz: rochas ricas em olivina, como peridotitos; e rochas máficas sem olivina, como eclogitos, piroxenitos e granulito ricos em granada. No primeiro grupo, a mineralogia principal é composta por espinélio, ortopiroxênio e clinopiroxênio e é o resultado da interação entre granada e olivina. No segundo grupo, a mineralogia é ortopiroxênio, clinopiroxênio, anfibólio e espinélio.

### **4.3. Geotermômetro zircônio em rutilo.**

Rutilo é um mineral do grupo dos óxidos ( $\text{TiO}_2$ ) que ocorre comumente como mineral acessório em rochas metamórficas, granitos pegmatíticos, ocorrências hidrotermais e em rochas sedimentares, na forma de detritos. Possui dois polimorfos, anatásio e brookita, de menores temperaturas (Deer et al., 2013). Devido as propriedades atômicas do cátion  $\text{Ti}^{4+}$ , principalmente seu raio atômico, o rutilo é capaz de aprisionar diversos elementos de cargas positivas maiores, como V, Cr, Fe, Al, Nb, Sn, Sb, Ta, W, Mo, Zr e Hf (Deer et al., 2013; Zack et al., 2002).

Como resultado, o rutilo se tornou muito valioso nos estudos de proveniência e são os principais controladores do teor desses elementos na crosta. Elementos incompatíveis como Mo, Sn, Sb e W, presentes no rutilo, são elementos traço que auxiliam no entendimento de processos magmáticos em zonas de subducção, por exemplo. Em análises geoquímicas realizadas em eclogitos, mesmo compondo 1% da composição modal de uma rocha, o rutilo pode abrigar até 90% do teor de Ti, Nb, Ta, Sb e W. Junto a isso, o teor de elementos como Nb, Cr e Zr em rutilo varia de acordo com a litologia que abriga o mineral, configurando-o como um excelente indicador de procedência (Zack et al., 2002).

Zack et al. (*op. cit.*) afirma que a capacidade do rutilo em abrigar tais elementos depende da temperatura de equilíbrio da rocha, onde em maiores temperaturas a substituição do  $\text{Ti}^{4+}$  é facilitada. Ao comparar rutilos de eclogitos de média temperatura com rutilos em granulitos de alta temperatura analisados por Fett (1995), constatou que

o teor de Zr naqueles da última litologia é consideravelmente maior. Assim, temperaturas mais altas resultariam em uma maior solubilidade de Zr.

É sabido que, em rochas metamórficas de alto grau principalmente, estudos geoquímicos envolvendo geotermômetros e geobarômetros possuem diversas complicações, pois com o resfriamento da rocha os minerais sofrem reequilíbrio e dificilmente retêm informações a respeito do pico de temperatura atingido ou da mineralogia formada durante o metamorfismo (Powell, 2015). Dessa forma, o rutilo, que consegue reter uma série de informações geoquímicas importantes para estudos metamórficos, teria capacidade de se tornar um geotermômetro aplicável nessas situações.

Junto a isso, em estudos envolvendo rutilos, é comum a presença de intercrescimento de zircão no centro dos cristais, na forma de agulhas, ou nas bordas. Tais feições são o resultado de uma nucleação de zircão após o resfriamento da rocha, na qual o Zr do rutilo é expulso de sua estrutura e o zircão é cristalizado. Se o conteúdo de sílica no entorno do rutilo é maior, o Zr tende a se concentrar na borda do rutilo. Caso contrário, é comum o aparecimento de agulhas no centro do cristal (Zack et al, 2004; Powell, 2015). Tais feições também foram observadas durante a realização do presente trabalho e estão contidas na Fig. 31 (ver Item 5.2, página 74)

Com todos estes apontamentos, Zack et al (2004) propôs um novo método geotermométrico envolvendo o conteúdo de Zr em rutilos, ou *zirconium-in-rutile*. O método se estrutura em um sistema químico envolvendo  $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2\text{-TiO}_2$ , no qual é vital a coexistência de quartzo e zircão juntamente ao rutilo. Tal concomitância indicaria que os óxidos que compõe tais cristais estariam em excesso no sistema e a proporção destes elementos no rutilo dependeria exclusivamente da temperatura. Esta associação mineralógica é comum principalmente em rochas de alto grau metamórfico das fácies xisto azul, granulito, anfíbolito e eclogito. Por serem rochas de altas temperaturas, os geotermômetros existentes até então eram poucos.

Segundo Zack et al. (2004), o rutilo originado de (a) reações sob alta pressão envolvendo o colapso de minerais como titânia e ilmenita; e (b) dissolução de hornblenda e biotita ricas em Ti, é característico de metamorfismo progressivo, é mais provável de ocorrer associado a quartzo e zircão e tem grandes chances de preservar em si as

condições de temperatura durante o equilíbrio. Nas amostras estudadas pelos autores, o rutilo ocorre mais facilmente na forma de inclusões, geralmente em granadas, ou na borda de outros cristais. Também é comum a substituição dos mesmos por ilmenita ou titatina. A ocorrência de granada nas amostras, associada a quartzo, zircão e rutilo, indicaria que tais minerais estiveram presentes durante o pico metamórfico.

Analisando 174 cristais de rutilo, Zack et al. (2004) conseguiu correlacionar positivamente a quantidade de Zr nos cristais, a temperatura obtida pelo método Zr-em-rutilo e a temperatura esperada para as amostras de acordo com a literatura. Junto a isso, estudos posteriores realizados por Tomkins et al. (2007) indicam que a solubilidade de Zr do rutilo aumenta proporcionalmente com o aumento da pressão sobre o sistema. Dessa forma, o teor de Zr no rutilo tem como fator determinante principal a temperatura, contudo, a pressão também desempenha um papel secundário na capacidade de absorção de Zr do rutilo.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Petrografia

Foram descritas 26 lâminas de xenólitos do kimberlito Canastra-1, visando retratar majoritariamente a suíte de xenólitos da intrusão. Com isso, reconheceu-se as seguintes litologias: dunito, eclogito, granada lherzolito, granada clinopiroxenito, espinélio harzburgito, espinélio olivina websterito, anfibólio granada websterito e anfibólio granada Olivina websterito. As respectivas amostras de cada litologia podem ser encontradas na Tabela 5 abaixo.

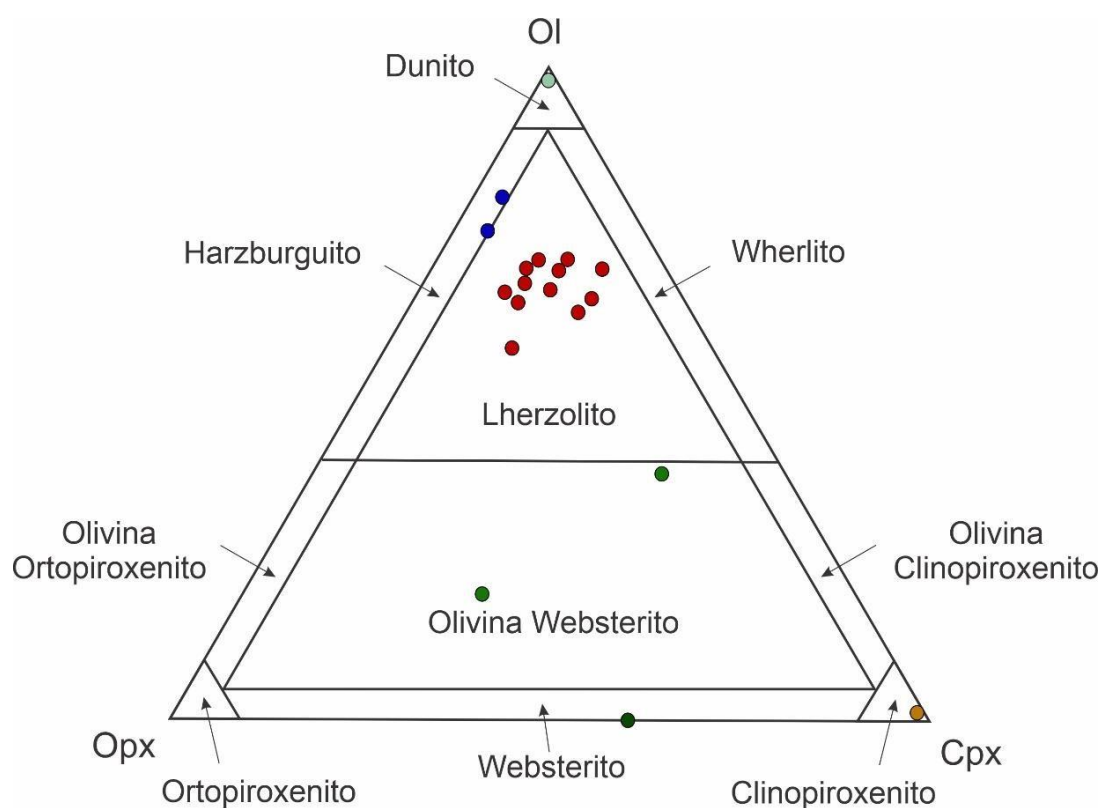
Tabela 5: Amostras descritas e seus respectivos litotipos, determinada com base na descrição petrográfica realizada.

Litologia	Amostras
Dunito	Can - 165
Eclogito	Can - 109 / Can - 156
Granada Lherzolito	Can - 86 / Can - 87 / Can - 97 Can - 101 / Can - 103 / Can - 108 Can - 113 / Can - 115 / Can - 120 Can - 140 / Can - 153 / Can - 178
Granada Clinopiroxenito	Can - 94
Espinélio Harzburgito	Can - 102 Can - 105
Espinélio Olivina Websterito	Can - 186
Anfibólio Granada Websterito	Can - 95
Anfibólio Granada Olivina Websterito	Can - 166
Xenólito Alterado	Can - 98 / Can - 133 / Can - 157 Can - 163 / Can - 178 / Can - 198

Além disso constata-se também a ocorrência de amostras de xenólitos alterados, como apontado por Costa (2008). A descrição de tais amostras também será apresentada a seguir, como as demais litologias.

A Figura 9 abaixo apresenta o diagrama de classificação de rochas ultramáficas de Streckeisen (1976) com as classificações mineralógicas das amostras estudadas neste trabalho.

Figura 9: Classificação mineralógica das amostras de xenólitos do kimberlito Canastra-01 descritas neste trabalho. A classificação foi realizada com base no diagrama de rochas ultramáficas proposto por Streckeisen (1976).



Em escala macroscópica, todas as amostras dos xenólitos são ovaladas, com dimensões variando entre 6cm e 15cm e possuem uma de suas fácies polida, o que possibilita uma melhor visualização e descrição.

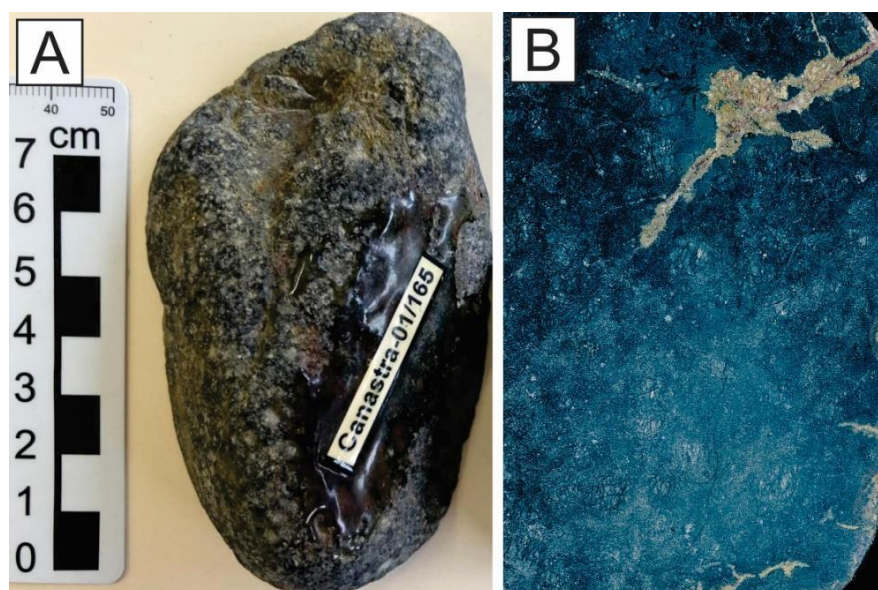
Neste capítulo, portanto, serão apresentadas a petrografia descrita, em escalas macro e microscópicas.

### 5.1.1. Dunito

A amostra de mão do dunito é composta de dois fragmentos de uma mesma amostra. O maior fragmento, de forma ovalada, possui em seu eixo mais alongado 9cm de comprimento e, no menor, aproximadamente 5cm.

A rocha possui textura subfanerítica e coloração verde acinzentada, sendo possível a visualização de pequenos cristais arredondados e esféricos de olivina, de coloração esverdeada pálida e dimensões próximas a 2mm, envoltos por uma matriz escura (Fig. 10A). Na face polida, a coloração da rocha torna-se muito escura e os cristais maiores observados nas faces de rocha fresca não são perceptíveis (Fig. 10B). Também na face polida ocorre uma estrutura similar a um veio, de coloração verde oliva mais clara que a rocha, na qual observa-se cristais de olivina muito finos, granulares e esféricos (Fig. 10B).

Figura 10: Exemplo de amostra de xenólito de dunito do Canastra-01. Em (A): face fresca da amostra, possível observar cristais granulares de olivina. Em (B): face polida da amostra, de coloração mais escura e homogênea. A visualização dos cristais de olivina torna-se mais dificultada.



Microscopicamente, a lâmina possui textura inequigranular e é composta por cristais granulares de olivina (100%) em textura mosaico, pouco arredondados e de contato retilíneo, juntamente de porfiroclastos de olivina isolados, anedrais, muito

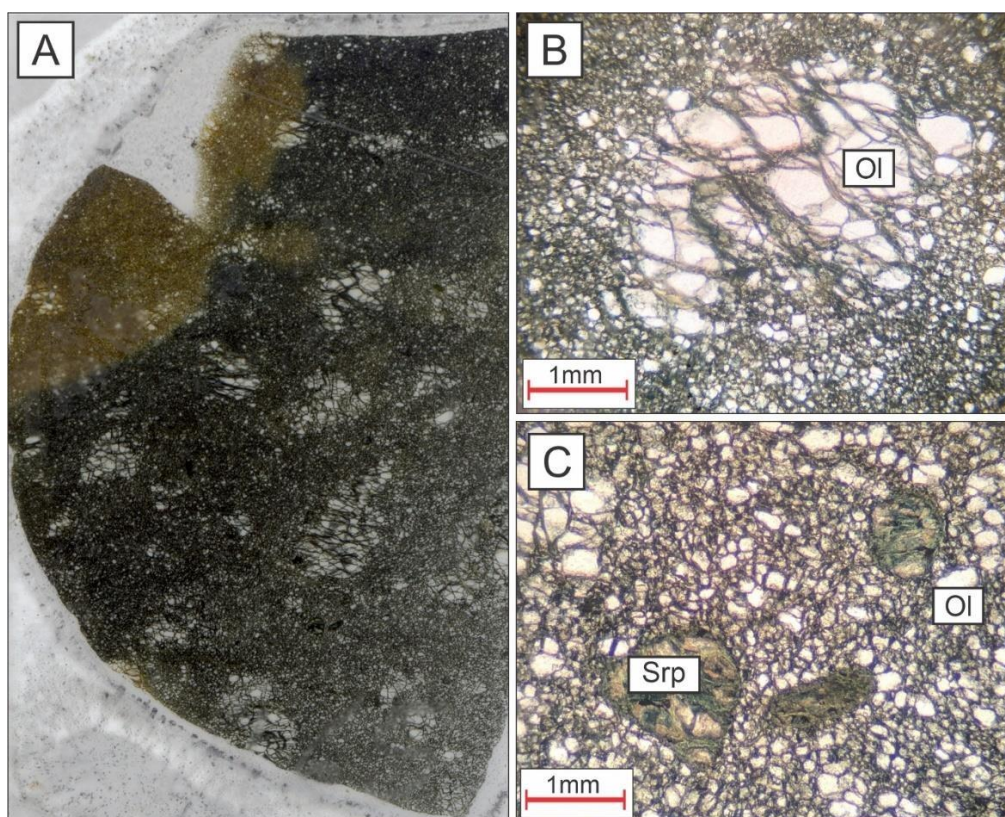
fraturados e de extinção ondulante (Fig. 11A e 11B). O contato entre os porfiroclastos e os cristais menores é extremamente irregular.

Juntamente da olivina, ocorrem pseudomorfos de olivina isolados, de coloração esverdeada pálida e hábito granular (Fig 11C), agora compostos por argilominerais provenientes de alteração, possivelmente do grupo da serpentina.

As fraturas dos porfiroclastos e alguns contatos entre os cristais menores de olivina são preenchidos por material muito fino amarelado de mesma composição dos pseudomorfos.

De acordo com a classificação textural de Harte (1977), a amostra de dunito possui textura granuloblástica, com cristais equigranulares inferiores a 2mm e isolados porfiroclastos.

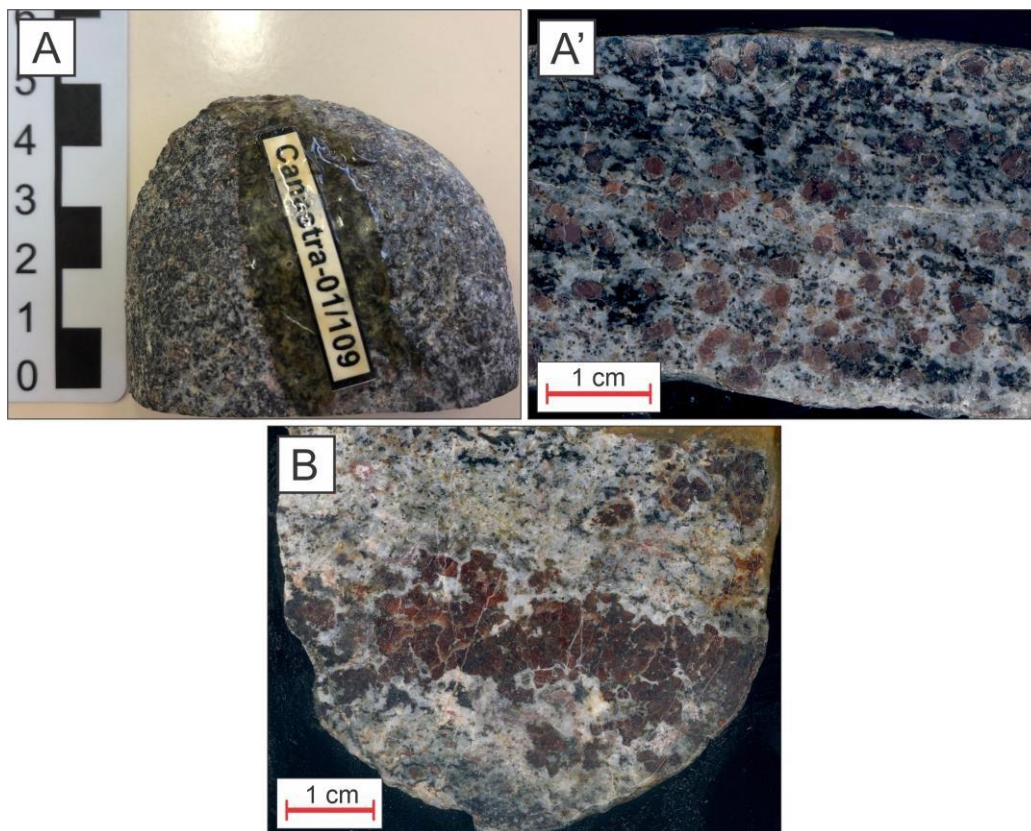
Figura 11: Fotomicrografias da amostra de dunito descrita. (A) Lâmina da amostra. Possível observar porfiroclastos de olivina incolor, em meio a uma matriz muito fina de olivina. (B) Porfiroclasto de olivina, muito fraturado, incolor. (C) Pseudomorfos de olivina serpentinizados, de coloração verde pálido.



### 5.1.2. Eclogito

Foram descritas duas amostras de eclogito. A menor possui dimensões próximas a 5cm e a maior aproximadamente 7cm, em seu maior eixo. Ambas apresentam estrutura maciça e textura porfiroclástica. Três elementos principais compõem o eclogito: uma matriz clara, muito fina; cristais pretos, prismáticos e alongados, com leve orientação, vista sobretudo na face polida da amostra Can – 109 (Fig. 12A'); cristais vermelhos, granulares e esféricos de granada (Fig. 12A e 12A'). Na amostra Can – 156, a granada encontra-se na forma de porfiroclastos, aglomerados (Fig. 12B).

Figura 12: Fotografia com amostras de xenólitos de eclogito descritas. (A) Xenólito referente à amostra Can – 109 de eclogito. (A') Face polida da amostra Can – 109. (B) Face polida da amostra Can – 156, evidenciando aglomerados de porfiroclastos de granada avermelhada.



A mineralogia principal do Eclogito é composta por clinopiroxênio (25 a 55%), plagioclásio (até 45%) e granada (30%). Como minerais secundários, foram descritos anfibólio, biotita, rutilo e opacos. Com as análises em microsonda eletrônica com

detector EDS (análise de raio-x por energia dispersiva, ou energy-dispersive x-ray spectroscopy) acoplado, constatou-se a presença também de zircão, quartzo disseminado, alanita, feldspato potássico (para a amostra Can – 156), cianita, illmenita, apatita e monazita.

A rocha possui granulação fina à média e hipídiomórfica. O contato entre os cristais é majoritariamente irregular.

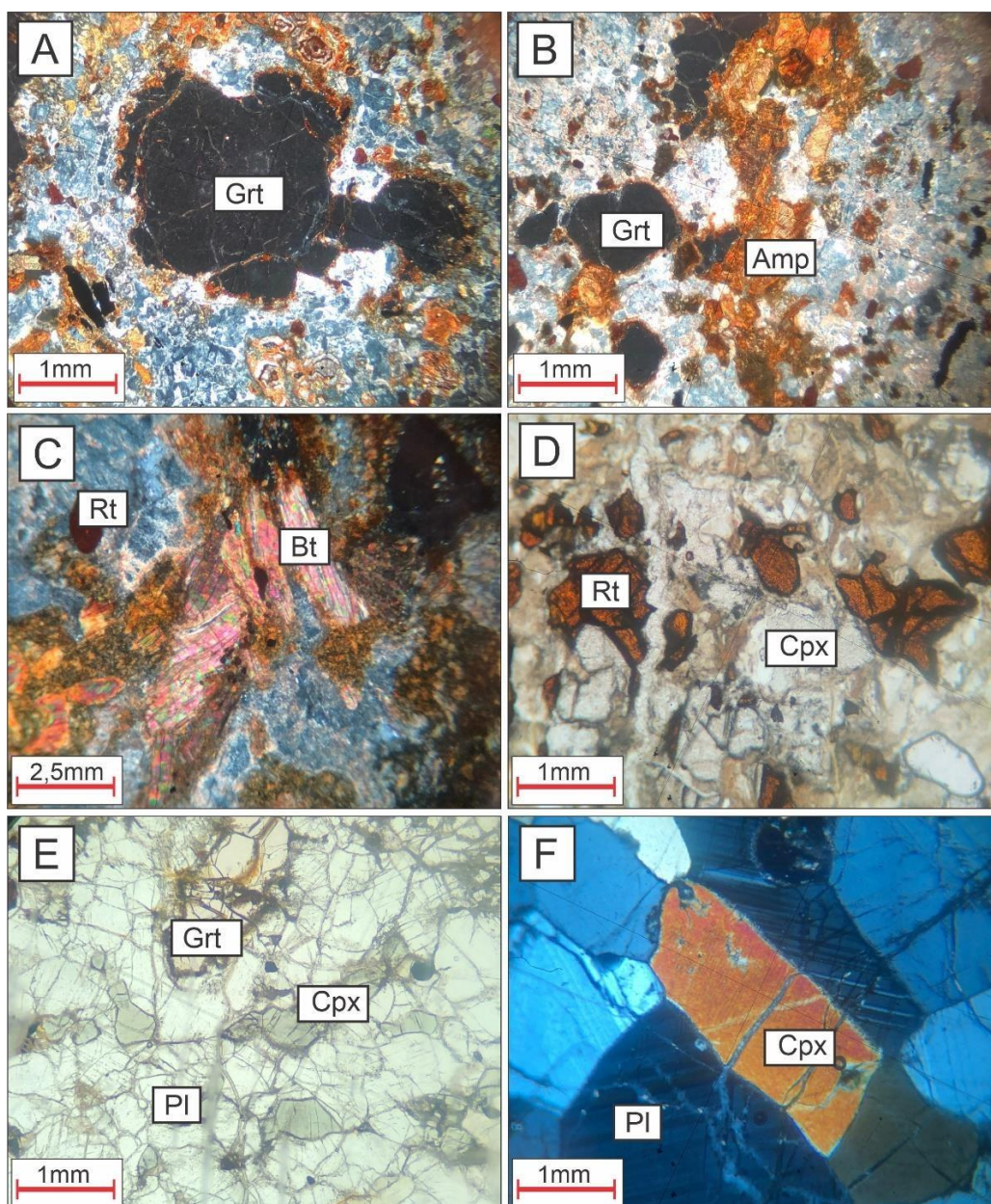
A granada ocorre na forma de cristais de hábito granular, ligeiramente esféricos, anedrais a subhedrais. As dimensões variam entre 3mm e 5mm, todos os cristais estão fraturados (Fig. 13A e 13B). No maior aumento do microscópio, possível observar textura similar a finas agulhas, indicadoras de exsolução do mineral.

Os cristais de clinopiroxênio admitem hábito granular ou prismático, são anedrais a subhedrais e possuem coloração cinza esverdeada, sem pleocroísmo visível (Fig. 13D e 13E). Em sua maioria, são finos, com aproximadamente 1mm. O plagioclásio é subedral, de hábito granular ou tabular e apresenta extinção ondulante. A maioria dos cristais apresenta geminação de estrias polissintéticas, mas ocorrem exemplares com geminação *Carlsbad* (Fig. 13F)

O anfibólio ocorre como cristais prismáticos, castanhos, muito pleocróicos, variando entre tons castanhos claros e escuros (Fig. 13B). Ocorrem sempre próximos às zonas de maior alteração do eclogito. Associados aos anfibólios são presentes cristais anedrais de biotita marrom, muito pleocróica, variando em tons castanhos claros e escuros (Fig. 13C). Além destes, presentes também cristais opacos, muito finos, amorfos e argilominerais, muito finos, castanhos (Fig. 13C).

O rutilo ocorre como cristais anedrais a subhedrais (Fig. 13C e 13D), com dimensões próximas a 1mm.

Figura 13: Fotomicrografias representativas dos xenólitos mantélicos de eclogito do Canastra-01. (A) Cristal granular de granada, muito recorrente nos xenólitos de eclogito do Canastra-01, envolvidos por cristais de piroxênio e argilominerais castanhos, muito finos. Com polarizador. (B) Cristais de anfibólio, amarelados, levemente tabulares, ocorrendo em porções com maior concentração de argilominerais e opacos. Próximo ao anfibólio, cristais granulares de granada. Com polarizador. (C) Cristais de biotita, muito pleocróicos, presentes em porções mais alteradas da amostra, associadas a argilominerais muito finos. Com polarizador. (D) Cristais de rutilo, castanho avermelhados, que ocorrem disseminados em ambas as amostras de eclogito. Próximo ao rutilo, cristais incolores de clinopiroxênio. Sem polarizador. (E) Cristais levemente esverdeados de clinopiroxênio envolvidos por cristais incolores de plagioclásio. Sem polarizador. (F) Cristal de clinopiroxênio envolto por cristais de plagioclásio. Possível identificar geminação em alguns cristais. Com polarizador.

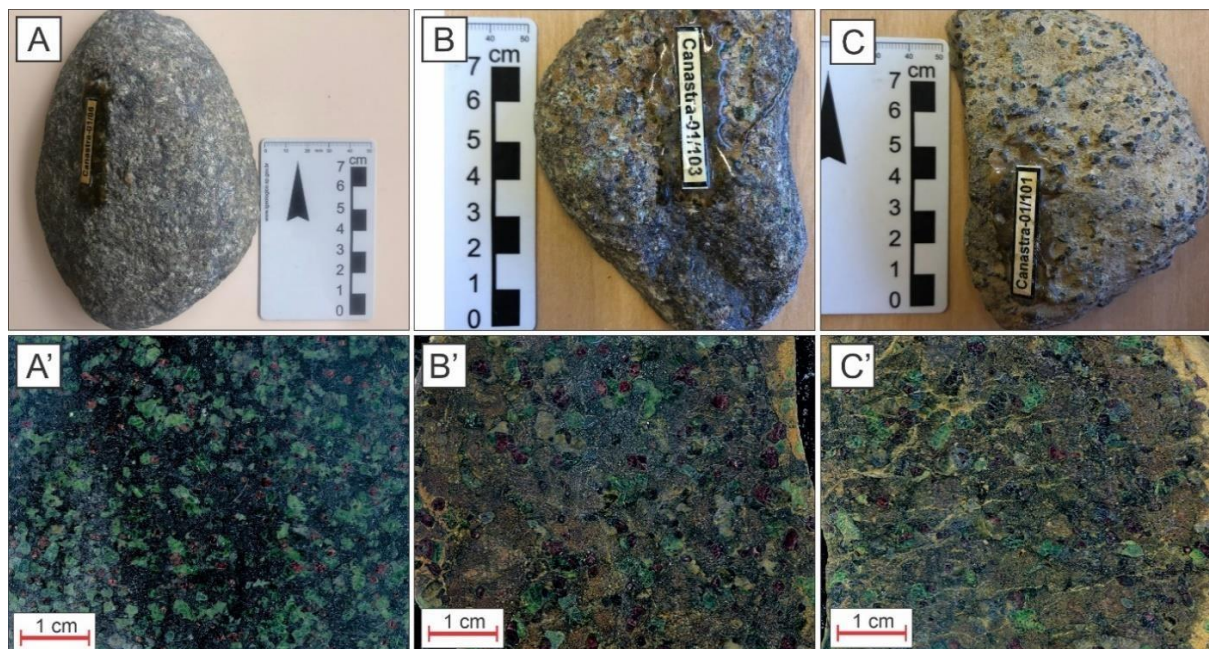


### 5.1.3. Granada Iherzolito

Esta é a litologia dominante da suíte de xenólitos do Canastra-01 e a que teve mais amostras descritas neste trabalho. Em escala macroscópica, a forma e a dimensão dos xenólitos são variadas, com amostras ovaladas ou angulosas e podendo alcançar proporções de até 15cm.

Em escala macroscópica granada Iherzolito possui estrutura compacta e textura fanerítica e inequigranular, de granulação fina a muito fina. Quando bem preservada, a coloração da amostra é sobretudo esverdeada, escura (Fig 14A e 14A'). Macroscopicamente são observadas três mineralogias principais, envoltas por uma matriz muito fina, escura. São estas: dois grupos de cristais prismáticos e tabulares de piroxênio, um deles verde e outro cinza escuro, de até 5mm de comprimento; e cristais granulares e esféricos de granada, castanho avermelhados e dimensões próximas a 1mm.

Figura 14: Imagens ilustrando amostras de granada Iherzolitos do kimberlito Canastra-01 com diferentes teores de alteração. (A e A') Xenólito de granada Iherzolito em ótimo estado de conservação, com taxas de alteração quase nulas. Em (A'), face polida da amostra. (B e B') Amostra de xenólito de granada Iherzolitos com leves indícios de alteração. Os cristais são evidenciados pela matriz alterada de olivina, que passa a adotar tons levemente castanhos. Em (B'), face polida da amostra. (C e C') Amostra de granada Iherzolito muito alterada, com cristais de granada e piroxênio muito evidenciados pela matriz clara alterada. Em (C'), face polida da amostra.



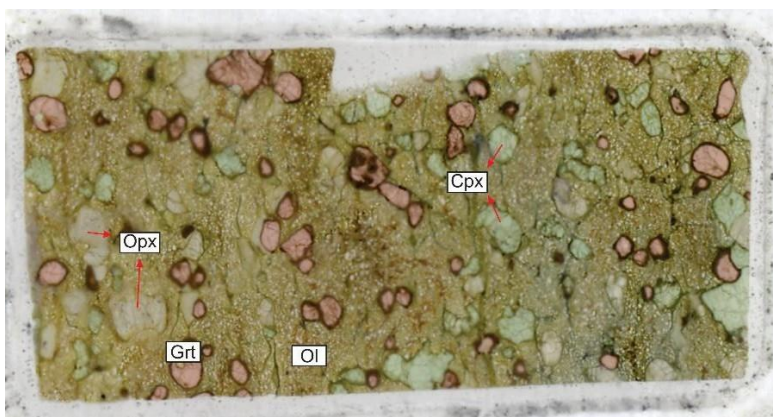
Por ser o litotipo mais abundante da suíte, é possível notar e comparar entre as amostras de granada lherzolito diferentes graus de alteração. Quanto mais alterada, a matriz escura passa a adotar tons castanhos, evidenciando sobretudo os cristais de piroxênio verdes e os cristais de granada. A evolução do grau de alteração sobre as amostras de granada lherzolito pode ser vista na Figura 14 abaixo.

A mineralogia principal do Granada Lherzolito abrange olivina (50% a 65%), clinopiroxênio (10% a 20%), ortopiroxênio (10% a 25%) e granada (8% a 25%). Ocorrem também argilominerais secundários que preenchem sobretudo fraturas e interstícios. Na amostra Can – 153 ocorrem também anfibólios amarelados e cristais opacos, como minerais secundários.

O granada lherzolito possui textura porfirítica, hipidiomórfica, de granulação fina a muito fina. É composto por duas populações mineralógicas principais: neoblastos de olivina muito finos e porfiroclastos de ortopiroxênio, clinopiroxênio e granada (Fig. 15). Também ocorrem, em menores quantidades e em parte das lâminas apenas, porfiroclastos de olivina.

De acordo com a classificação textural de Harte (1977), o Granada Lherzolito apresenta textura mosaico-porfiroclástica, caracterizada sobretudo pelas distintas populações mineralógicas, uma fina e outra de porfiroclastos. São muito frequentes texturas e feições resultantes de recristalização e de interações *sub-solidus*, que serão descritas junto aos minerais.

Figura 15: Imagem escaneada de lâmina característica de amostras de xenólitos do granada lherzolitos. Possível observar duas populações principais: uma matriz fina de neoblastos incolores de olivina envoltos por porfiroclastos de ortopiroxênio incolor, clinopiroxênio levemente esverdeado e cristais granulares de granada, castanhos.

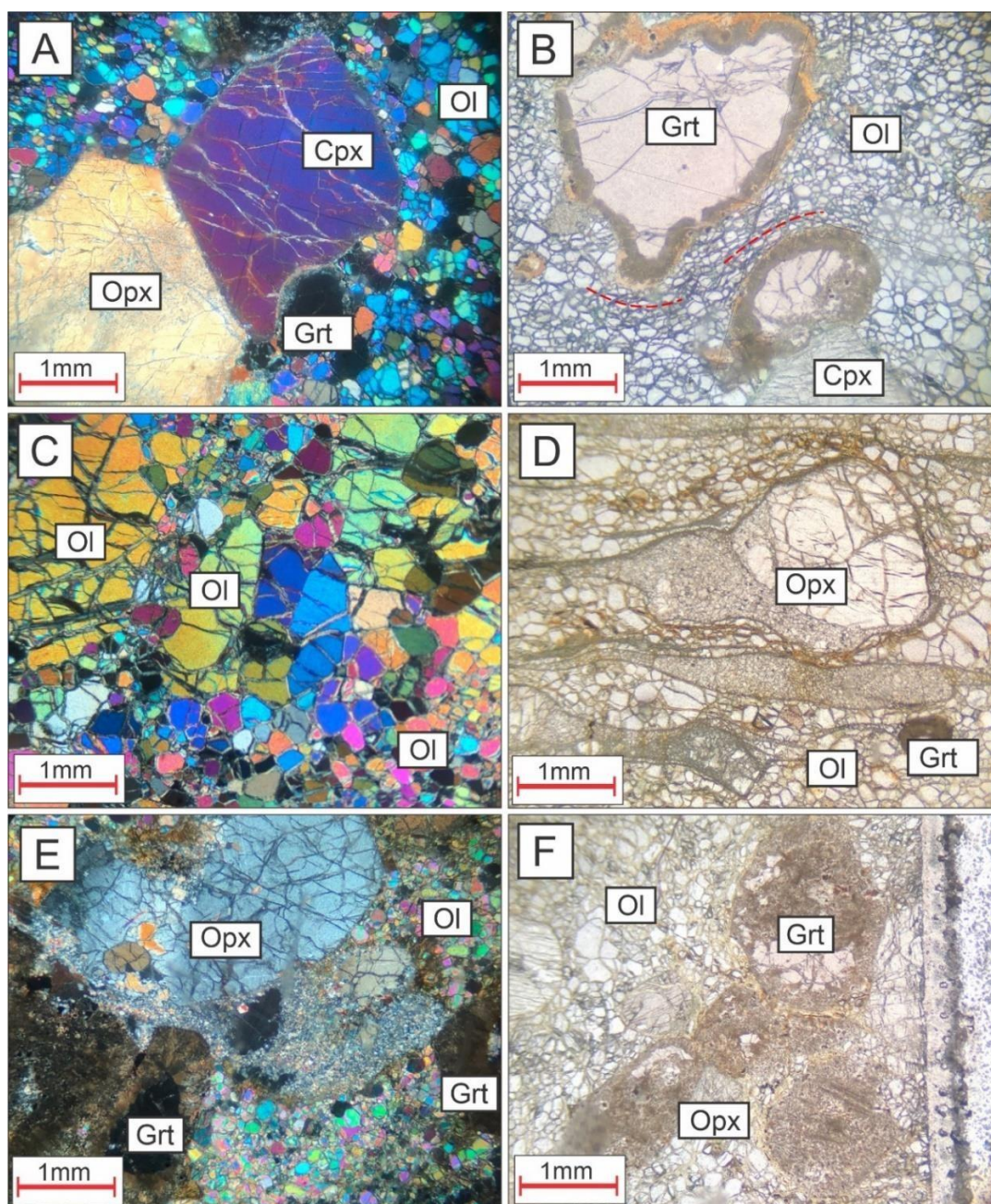


A olivina ocorre na forma de neoblastos finos, incolores, angulosos e subhedrais, que perfazem a matriz da rocha. É muito presente a textura em mosaico característica de neoblastos deste mineral, com contatos retilíneos de  $120^\circ$  entre si. Os cristais possuem dimensões que variam entre 0,05mm a 1mm (Fig. 16A, 16B e 16C). Em algumas lâminas a olivina encontra-se também na forma de porfiroclastos, incolores, alongados e muito fraturados, comumente apresentando extinção ondulada e atingindo facilmente 5mm de comprimento (Fig. 16C). Em sua maioria, os neoblastos não possuem uma direção preferencial, sobretudo, é observado em algumas lâminas uma leve orientação dos cristais, principalmente no entorno dos porfiroclastos (Fig. 16B).

O clinopiroxênio ocorre na forma de cristais anedrais a subhedrais, tabulares, majoritariamente incolores, mas podendo apresentar tons acinzentados, esverdeados ou castanhos. O ortopiroxênio ocorre na forma de cristais também tabulares, anedrais a subhedrais, incolores, levemente acinzentados ou castanhos. Os cristais de ambos apresentam dimensões entre 1mm e 6mm e encontram-se muito fraturados. Em algumas lâminas ocorrem neoblastos de piroxênio, muito finos, oriundos da recristalização dos porfiroclastos. Essa feição admite uma forma similar a uma “cauda” fluida e alongada originada do cristal principal (Fig. 16D e 16E). Esta textura também é evidenciada por Harte (1977), como resultado de recristalização dos piroxênios em xenólitos.

A granada é granular, esférica, rosada ou levemente castanha. Os cristais admitem dimensões muito variadas, entre 0,3mm e 3mm. Todos os cristais de granada apresentam borda anelar quelifítica, composta por material muito fino, provinda de interação *sub-solidus* durante a ascensão do magmatismo kimberlítico (Fig. 16B, 16E e 16F). São perceptíveis em alguns casos cristais de espinélio, verde escuros. Como apontado anteriormente neste trabalho, a borda quelifítica é uma associação de espinélio, micas, piroxênios, anfibólios, entre outros. A largura da borda quelifítica varia bastante entre as amostras e em alguns casos a feição quelifítica substitui o cristal inteiro da granada (Fig. 16F).

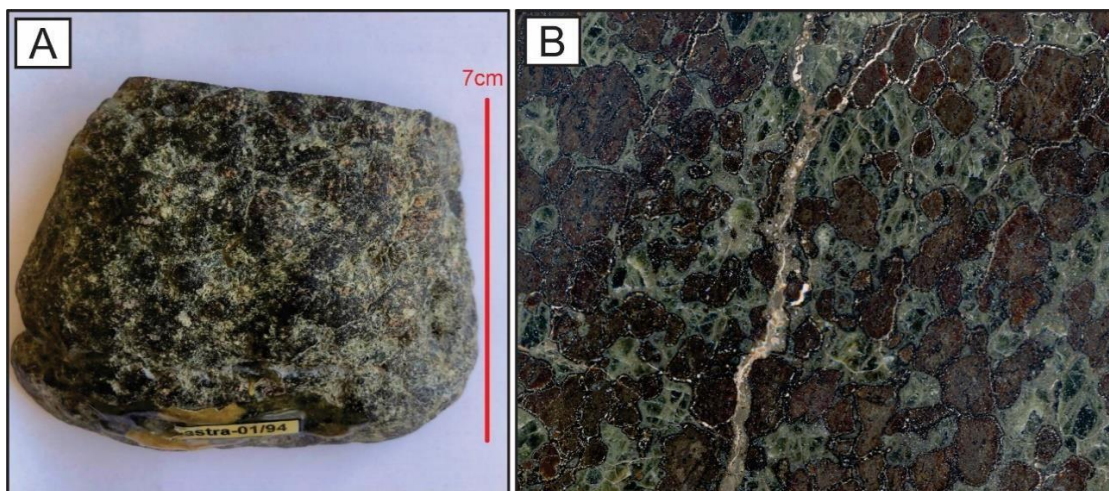
Figura 16: Fotomicrografias representativas do granada Iherzolitos. (A) Porfiroclastos de clinopiroxênio, ortopiroxênio e granada, envoltos pela matriz fina de neoblastos de olivina, em textura mosaico e contato típico de  $120^\circ$ . Com polarizador. (B) Porfiroclastos de granada, apresentando borda quelifítica, em meio a neoblastos de olivina. O tracado vermelho indica leve orientação dos cristais de olivina, quando correm próximos aos porfiroclastos. Sem polarizador. (C) Porfiroclastos e neoblastos de olivina. Com polarizador. (D) Cristal de ortopiroxênio com recristalização de microcristais de piroxênio, em textura similar a uma calda. Sem polarizador. (E) Cristal de granada e ortopiroxênio, com recristalização de microcristais de piroxênio, envoltos por matriz de neoblastos de olivina. Com polarizador. (F) Cristais de granada totalmente substituídos pela feição quelifítica, juntamente de ortopiroxênio e neoblastos de olivina. Sem polarizador.



#### 5.1.4. Granada clinopiroxenito

A amostra de mão do granada clinopiroxenito é um fragmento ovalado com dimensões próximas à 7cm, de estrutura maciça, holocristalina, textura fanerítica média a grossa e sua coloração admite tons esverdeados escuros (Fig. 17A). A amostra é facilmente distinguível devido aos seus cristais granulares de granada, amarronzados e esféricos, que podem alcançar diâmetros de até 10mm. Junto das granadas, são reconhecíveis também cristais de piroxênio verde escuro, milimétricos, subhedrais a anedrais e de hábito prismático (Fig. 17B). Além do mais, é reconhecível também uma matriz afanítica de coloração verde claro.

Figura 17: Fotografia com amostra do xenólito de granada clinopiroxenito descrita. (A) Amostra de mão do granada clinopiroxenito (Can – 94). (B) Face polida da amostra de mão, evidenciando os cristais castanhos de granada, granulares, envolvidos em matriz esverdeada composta por clinopiroxênios.



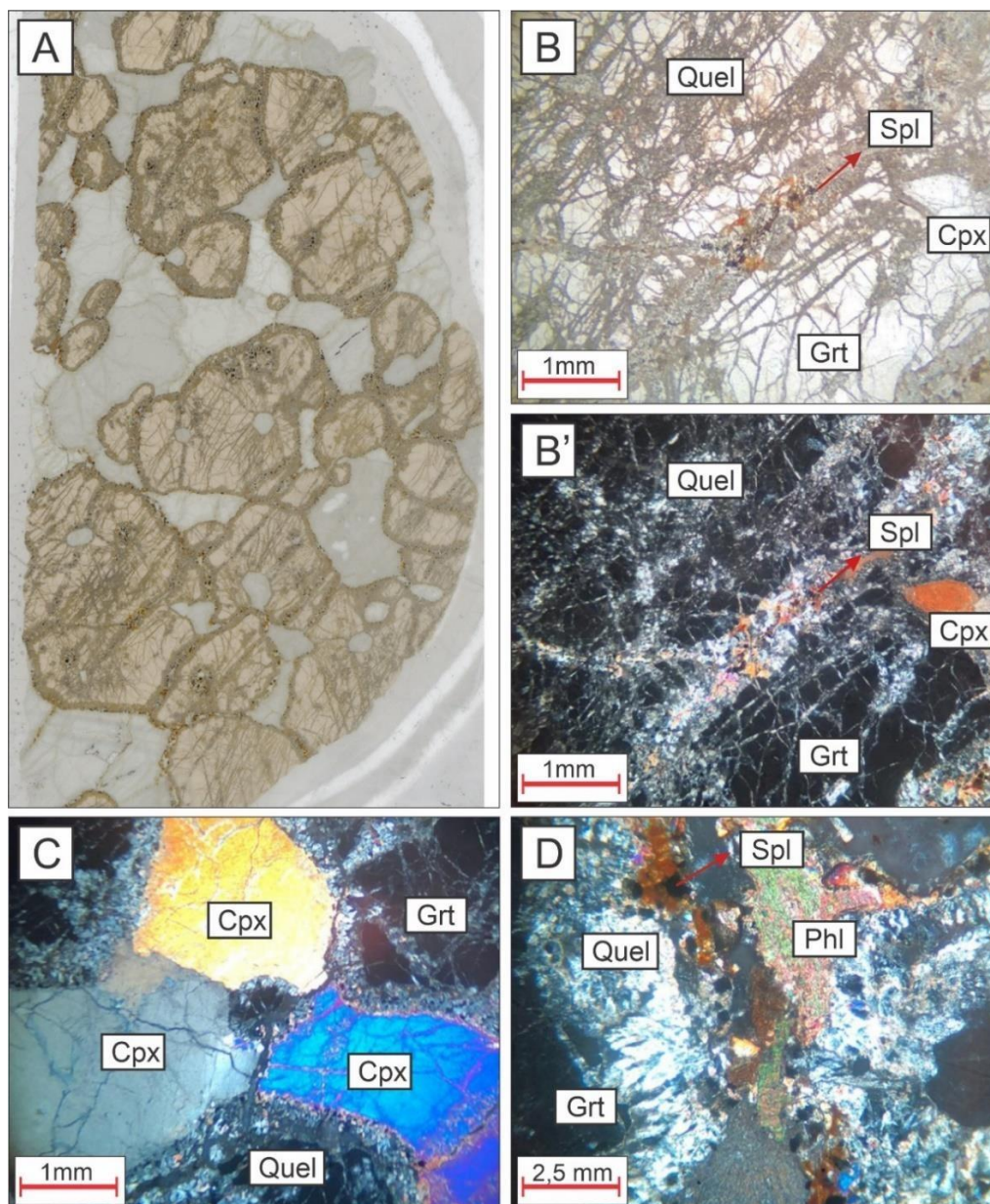
Em escala microscópica, a lâmina apresenta textura granular hipidiomórfica, de granulação grossa. De acordo com a classificação de Harte (1977) para xenólitos, o clinopiroxenito possui textura grossa, sem porfiroclastos. Os cristais portam dimensões em média de 6mm, embora não sejam incomuns cristais de granada com até 12mm (Fig. 18A). O granada clinopiroxenito é composto principalmente por granada (65%) e clinopiroxênio (35%). Além destes, ocorre espinélio e flogopita secundária.

Os cristais de granada em lâmina encontram-se arredondados, subhedrais, amarronzados e possuem cerca de 8mm, podendo chegar até 12mm. São muito fraturados e as fraturas, assim como as bordas, são preenchidas por alteração quelifítica, de cor cinza, na qual ocorrem microcristais de piroxênio e espinélio. O contato envolvendo cristais de granada é extremamente irregular (Fig. 18A).

Os clinopiroxênios ocorrem na forma de cristais subhedrais a anedrais, incolores ou levemente esverdeados, estes últimos levemente pleocróicos, com pleocroísmo variando em tons verdes (Fig. 18C). Possuem em média 5mm. Encontram-se muito fraturados.

O espinélio admite hábito granular, coloração azul escura e granulação muito fina. Ocorre sempre associado a feição quelifítica presente nas fraturas e nas bordas dos cristais de granada (18B e 18D). A flogopita é encontrada na forma de cristais anedrais de coloração castanha, em regiões mais alteradas da lâmina, também nas feições quelifíticas (18D). A presença de flogopita poderia indicar um posterior enriquecimento do xenólito em potássio, proveniente do fluido magmático alcalino gerador do Kimberlito.

Figura 18: Fotomicrografias representativas do granada clinopiroxenito. (A) Lâmina da amostra de granada clinopiroxenito descrita, evidenciando sobretudo os cristais grossos de granada, castanhos. (B) Feição quelifítica presente não só nas bordas das granadas, mas também preenchendo fraturas e interstícios dos cristais, com ocorrência de espinélio fino. Sem polarizador. (B') Mesma fotomicrografia de B, mas com polarizador. (C) Cristais de clinopiroxênio presentes na lâmina. Com polarizador. (D) Ocorrência de flogopita em zonas de maior alteração da lâmina, próximas de bordas quelifítica de granadas. Junto a isso, presença de espinélio escuro, fino. Com polarizador.



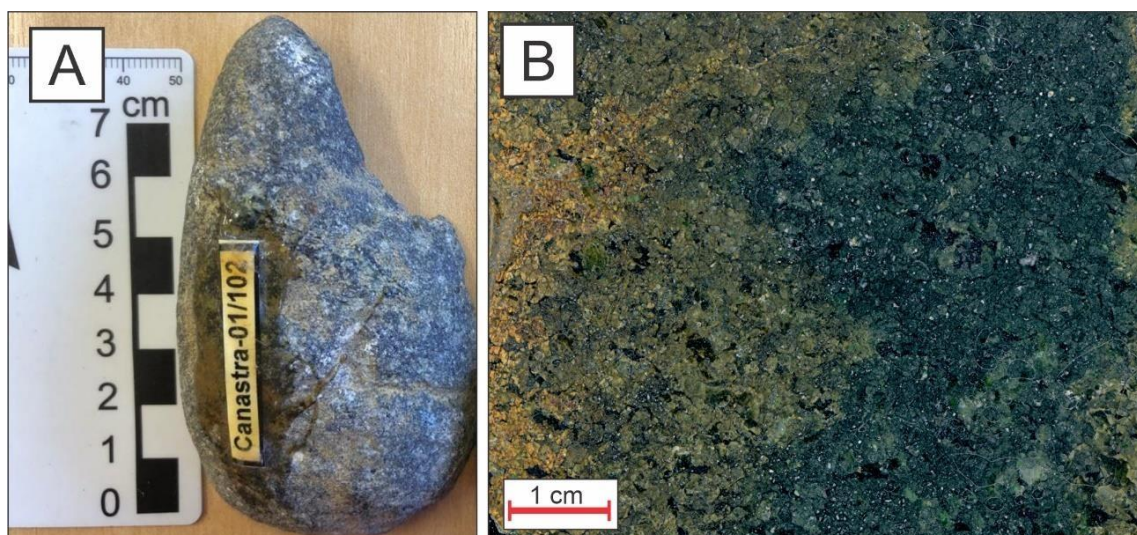
### 5.1.5. Espinélio harzburgito

Foram descritas 2 (duas) amostras de espinélio harzburgito, sendo elas Can - 102 e Can - 105.

Macroscopicamente, as amostras são ovaladas, de dimensões próximas a 8cm de comprimento e 6cm de largura e possuem uma das suas faces polida. A coloração é principalmente esverdeada, mas também apresenta leves tons acinzentados (Fig. 19A).

O espinélio harzburgito possui granulação fina a média. É possível identificar cristais milimétricos de piroxênio, verdes, de hábito tabular e prismático e envoltos em matriz escura de olivina (Fig. 19B).

Figura 19: Fotografia com amostra representativa de xenólito de espinélio harzburgito. (A) Amostra de mão (C102) do espinélio harzburgito, de coloração cinza esverdeada e forma ovalada. (B) Face polida de amostra (C105) de espinélio harzburgito. Possível observar minerais granulares, levemente esféricos e verdes de olivina junto de cristais pretos, alongados e prismáticos de piroxênio.



A mineralogia principal é composta por olivina (70 a 75%), ortopiroxênio (15 a 20%) clinopiroxênio (2 a 5%) e espinélio (3 a 5%). Além destes, ocorrem como secundários óxidos e argilominerais intersticiais (~3%).

A textura é granular e hipidiomórfica, com isolados porfiroclastos de olivina e clinopiroxênio. É possível perceber uma leve orientação da olivina (Fig. 20A e 20B), que apresenta textura em mosaico. Com base na classificação textural proposta por Harte

(1977), o harzburgito possui textura granuloblástica, apresentando poucos porfiroclastos e a maior parte dos cristais com dimensões inferiores ou próximas a 2mm. Ambas as lâminas apresentam um tom geral verde oliva, que sobressai os demais elementos da rocha. Tal feição é decorrente principalmente da alteração dos minerais (Fig. 20A).

No harzburgito a olivina encontra-se na forma de cristais granulares equigranulares e na forma de porfiroclastos, dispersos. Em ambas as formas os cristais são incolores, arredondados, ligeiramente alongados (Fig. 20B e 20C). Os pórfiros são bastante fraturados. A maioria dos cristais possuem dimensões inferiores ou muito próximas a 1mm.

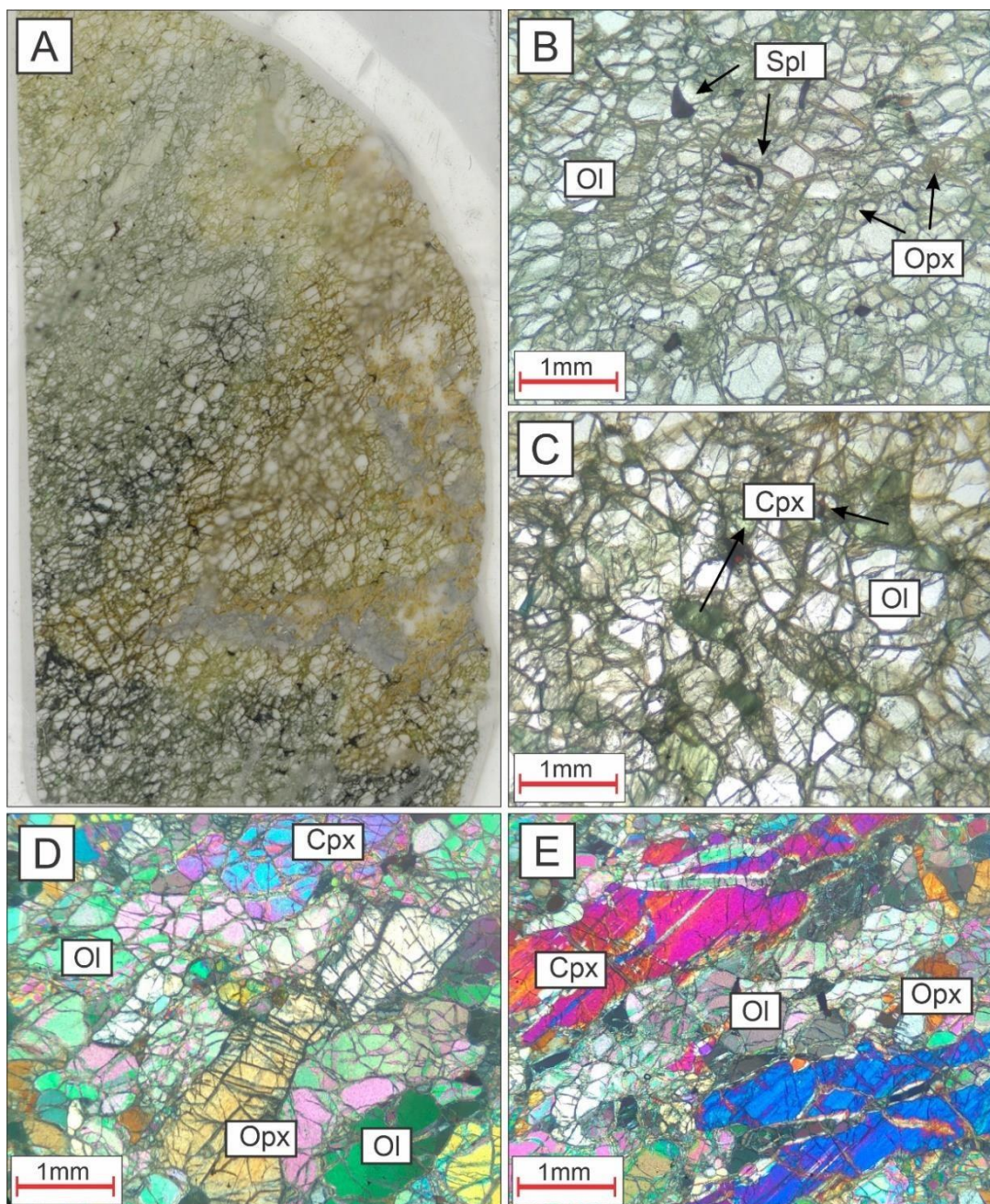
Os cristais de clinopiroxênio apresentam-se incolores a levemente esverdeados, não pleocróicos a pouco pleocróicos, variando entre tons verdes. De maneira geral, são anedrais e possuem dimensões próximas a 2mm, mas podem alcançar até 5mm (Fig. 20E). Junto a isso, comumente ocorrem pseudomorfos de cristais de clinopiroxênio, verde escuros, amorfos, frutos da alteração sobre a rocha (Fig. 20B).

O ortopiroxênio nas lâminas de harzburgitos é incolor a levemente castanho, não pleocróico, anedral e dimensões variando entre 0,5 e 2,5mm (Fig. 20D).

O espinélio ocorre na forma de cristais anedrais, sem forma definida, de coloração avermelhada escura (Fig 20B).

Preenchendo interstícios e os contatos entre os minerais primários ocorrem argilominerais e óxidos castanhos, amarelados, além de óxidos de ferro escuros.

Figura 20: Fotomicrografias representativas do espinélio harzburgito. (A) Lâmina típica do espinélio harzburgito. Destaca-se o tom verde oliva, resultante de alteração sobre a olivina, que sobressai os cristais da lâmina e a leve orientação da olivina. (B) Cristais granulares e incolores de olivina, juntamente de cristais levemente castanhos de ortopiroxênio e espinélio, vermelho escuro, disseminado. Sem polarizador. (C) Pseudomorfos de clinopiroxênio, de coloração verde pálida, envoltos por cristais incolores de olivina. Sem polarizador. (D) Cristais de ortopiroxênio, tabular, e cristal de clinopiroxênio, de hábito granular, em meio a cristais de olivina. Com polarizador. (E) Cristais grossos de clinopiroxênio, em matriz de olivina granular e ortopiroxênio.

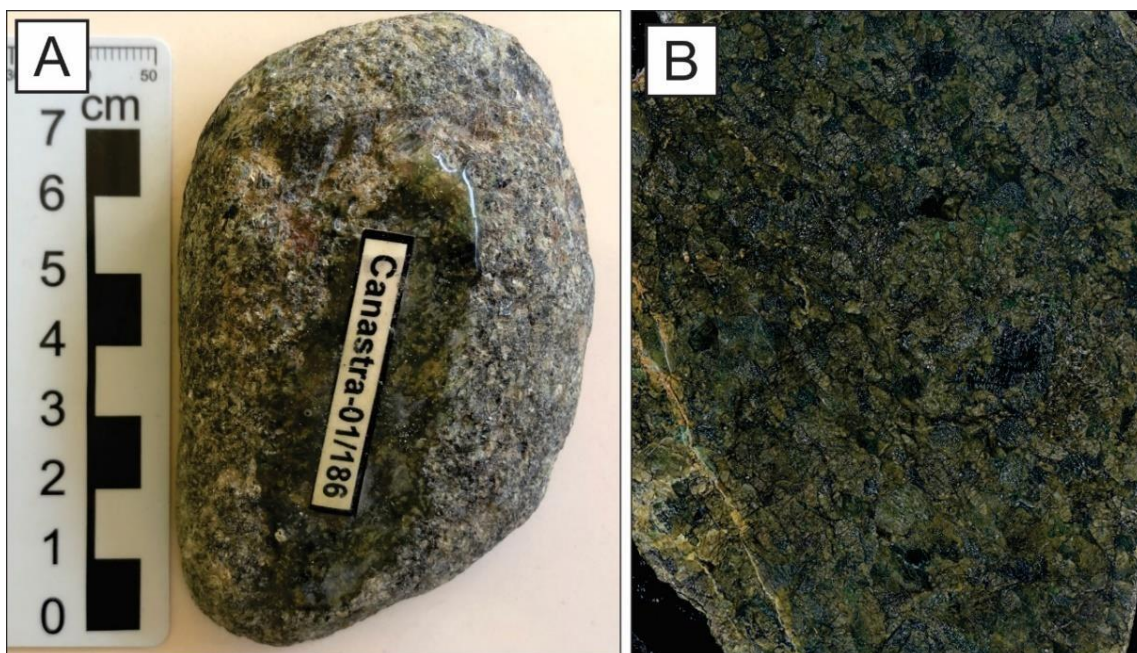


### 5.1.6. Espinélio olivina websterito

No grupo de amostras selecionadas para descrição petrográfica, apenas uma se enquadra neste litotipo (Can - 186).

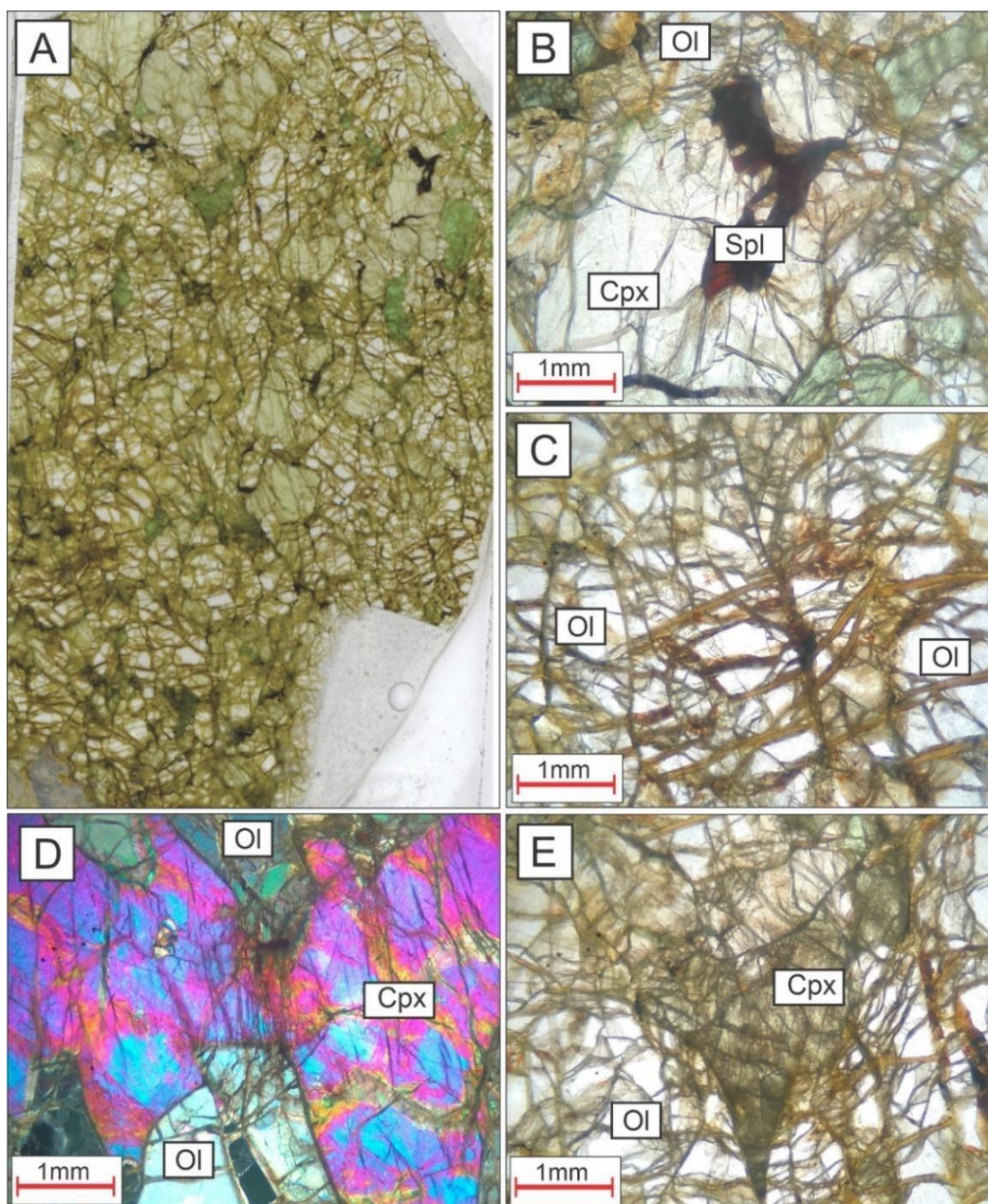
Macroscopicamente, a amostra é escura e apresenta tons cinza esverdeados. De forma ovalada, as dimensões da amostra compreendem aproximadamente 8cm de comprimento por 6cm de largura (Fig. 21A). A textura é fanerítica, de trama granular e granulação fina a média. É possível observar cristais de piroxênio alongados, prismáticos e tabulares e de cor verde oliva, juntamente de cristais granulares, cinza escuros, de olivina (Fig. 21B).

Figura 21: Fotografia com amostra de xenólito de espinélio olivina websterito (A) Amostra Can – 186, xenólito de espinélio olivina websterito. (B) Face polida da amostra, evidenciando os cristais de piroxênio.



O espinélio olivina websterito tem como mineralogia principal clinopiroxênio (40%), olivina (35%), ortopiroxênio (15%) e espinélio (5%). Além destes, ocorrem óxidos e argilominerais secundários que preenchem fraturas e interstícios da rocha. Com base na classificação textural de Harte (1977), a textura é grossa, sem porfiroclastos e cristais

Figura 22: Fotomicrografias representativas do espinélio olivina websterito. (A) Lâmina do espinélio olivina websterito. (B) Cristal vermelho de espinélio, adjacente a clinopiroxênio e cristais de olivina. Sem polarizador. (C) Cristais de olivina, alongados e muito fraturados, com material argiloso intersticial, muito fino e castanho. Sem polarizador (D) Cristais de clinopiroxênios e olivina presentes na amostra. Com polarizador. (E) Pseudomorfos de clinopiroxênio, verde escuros e estriados, com sua superfície suavemente alterada e substituída por argilominerais. Sem polarizador.



com dimensões superiores a 0,2cm. O contato entre os minerais é irregular e, diferentemente do granada lherzolito, a olivina não apresenta textura em mosaico. Assim como ocorre nas lâminas referentes às amostras de espinélio harzburgito, a lâmina do

espinélio olivina websterito possui um aspecto geral esverdeado que sobrepõe os minerais, conseqüente da alteração sobre a rocha e da geração de argilominerais (Fig. 22A).

A olivina é incolor e apresenta hábito granular (Fig. 22B, 22C e 22E), porém ocorrem frequentemente cristais de olivina alongados. Todos os cristais estão muito fraturados e sua dimensão média é de 1mm.

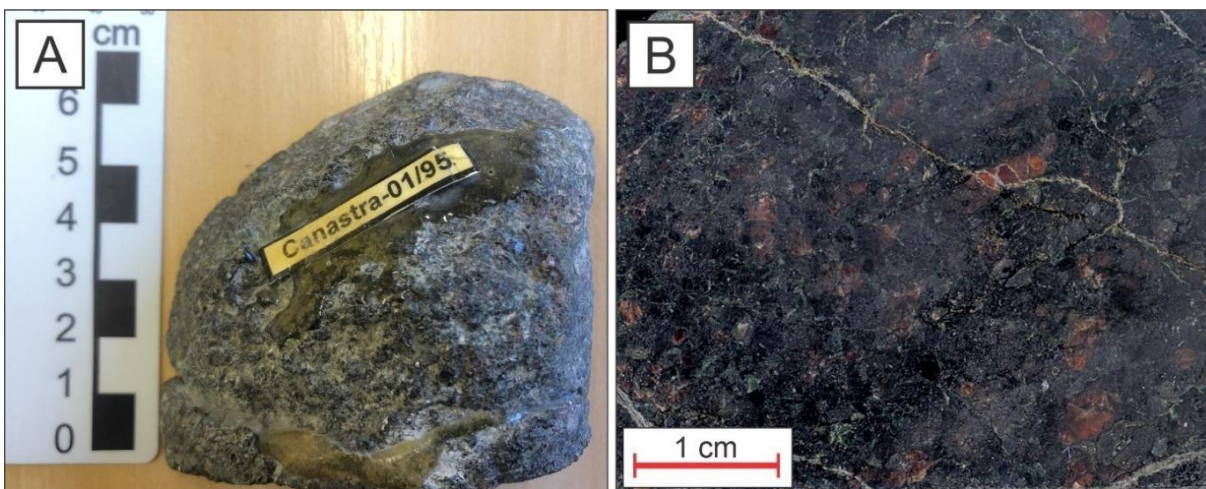
O clinopiroxênio é tabular, subhedral, de coloração verde clara, não pleocróico a levemente pleocróico, variando entre tons esverdeados (Fig. 22D). Os cristais possuem em média 4mm. São comuns pseudomorfos de clinopiroxênio, de coloração verde escura e levemente estriados (Fig. 22E). O ortopiroxênio é incolor a levemente castanho, não pleocróico, em média subhedrais e apresentam dimensões próximas as dos clinopiroxênio.

Apesar de ocorrer de forma dispersa, o espinélio é evidenciado sobretudo por sua coloração vermelha, forte, e por não apresentar hábito definido, amorfos (Fig. 22B).

#### 5.1.7. Anfibólio granada websterito

O xenólito descrito como anfibólio granada websterito possui formato ovalado com proporções próximas a 6cm, textura fanerítica e ultramelanocrática. Na face fresca, a rocha é cinza esverdeada, de granulação fina a média. É possível identificar duas famílias mineralógicas: cristais prismáticos e/ou tabulares de piroxênio, de coloração escura e poucos milímetros de comprimento; minerais granulares de granada alaranjada (Fig. 23A). Na face polida a visualização é mais clara, sendo perceptíveis dois tipos de piroxênios (incolores e pretos) e cristais comumente alongados de granada (Fig. 23B).

Figura 23: Fotografia com amostra de xenólito de anfibólio granada websterito. (A) Amostra Can-95, descrita como anfibólio granada websterito. (B) Face polida da amostra, evidenciando os cristais castanhos e alongados de granada e cristais escuros, tabulares, de piroxênio.



O anfibólio granada websterito apresenta textura hipidiomórfica e trama majoritariamente granular (Fig. 24A). Seguindo a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a litologia possui textura granoblástica de subtipo equigranular, com porfiroclastos ausentes.

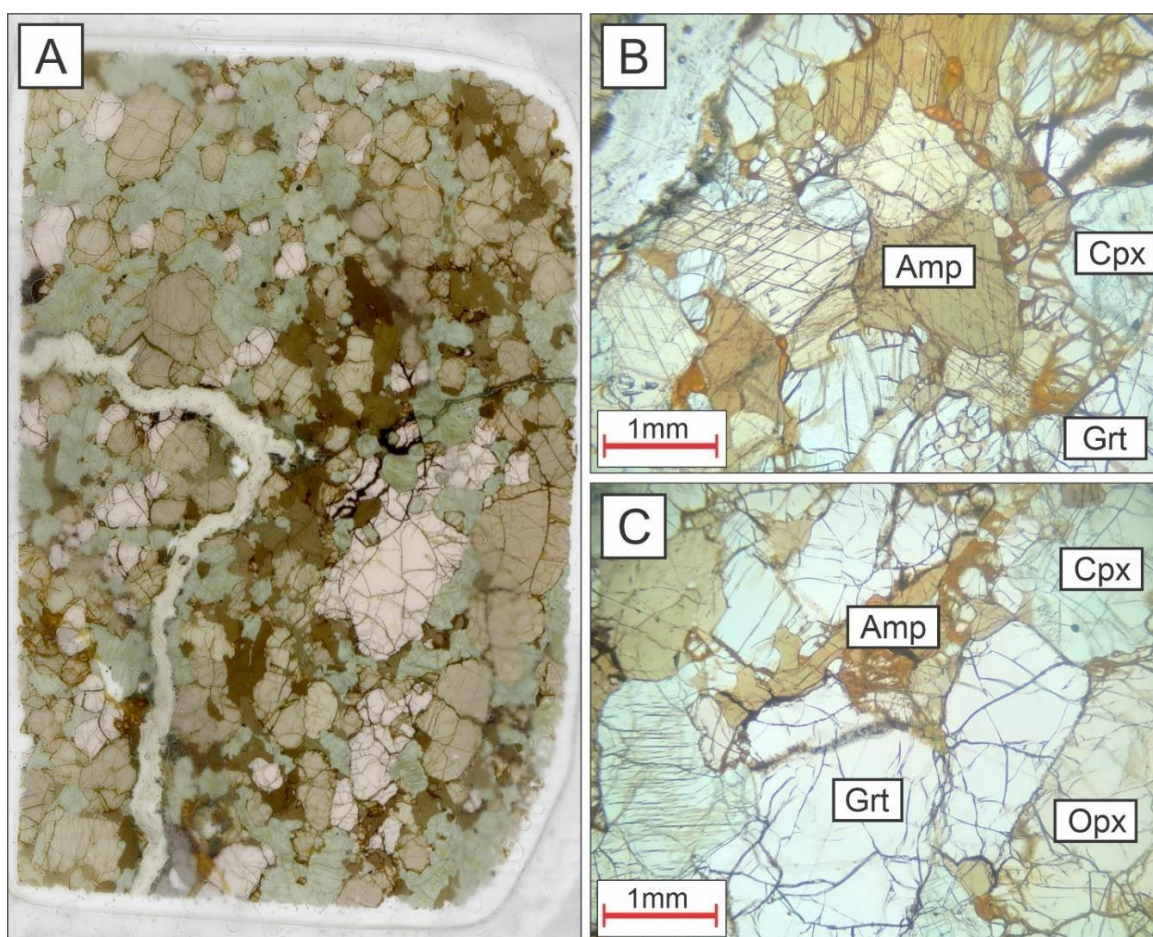
A composição da rocha é de clinopiroxênio (45%), ortopiroxênio (30%), anfibólio (15%) e granada (10%). Além destes, ocorrem como minerais secundários argilominerais intersticiais e opacos dispersos.

O clinopiroxênio ocorre na forma de cristais incolores, esverdeados ou acinzentados, anedrais a subhedrais e de hábito tabular (Fig. 24B e 24C). Pleocroísmo ausente ou levemente visível, variando entre tons verdes e castanhos. Possuem dimensões próximas a 1mm. Os cristais de ortopiroxênio são os maiores cristais da litologia, de coloração castanha e leve pleocroísmo, variando em tons castanhos. Os cristais são subhedrais, de hábito tabular ou granular (Fig. 24C). Muito fraturados, possuem dimensões de até 4mm.

A granada está presente na forma de cristais incolores a levemente rosados, granulares ou alongados, apresentam em média 2mm de diâmetro mas ocorrem cristais de até 8mm de comprimento, quando alongados (Fig. 24C). Todas as granadas presentes encontram-se muito fraturadas.

O anfibólio apresenta-se como cristais anedrais a subhedrais, de hábito tabular, coloração castanha e muito pleocróicos, variando entre tons castanhos (Fig. 24B e 24C). Possuem em média 2mm. São comuns focos de alteração nos quais são perceptíveis anfibólios alterando para material fino que preenche fraturas e interstícios.

Figura 24: Fotomicrografias representativas do anfibólio granada websterito. (A) Lâmina do anfibólio granada websterito, evidenciando as diferentes mineralogias perceptíveis em lâmina, de hábito majoritariamente granular. (B) Cristais castanhos, muito pleocróicos, de anfibólio, além de cristais de clinopiroxênio em tons verdes e granada incolor. Sem polarizador. (C) Fotomicrografia evidenciando os cristais granulares e incolores de granada, juntamente de cristais castanhos de ortopiroxênio. Sem polarizador.

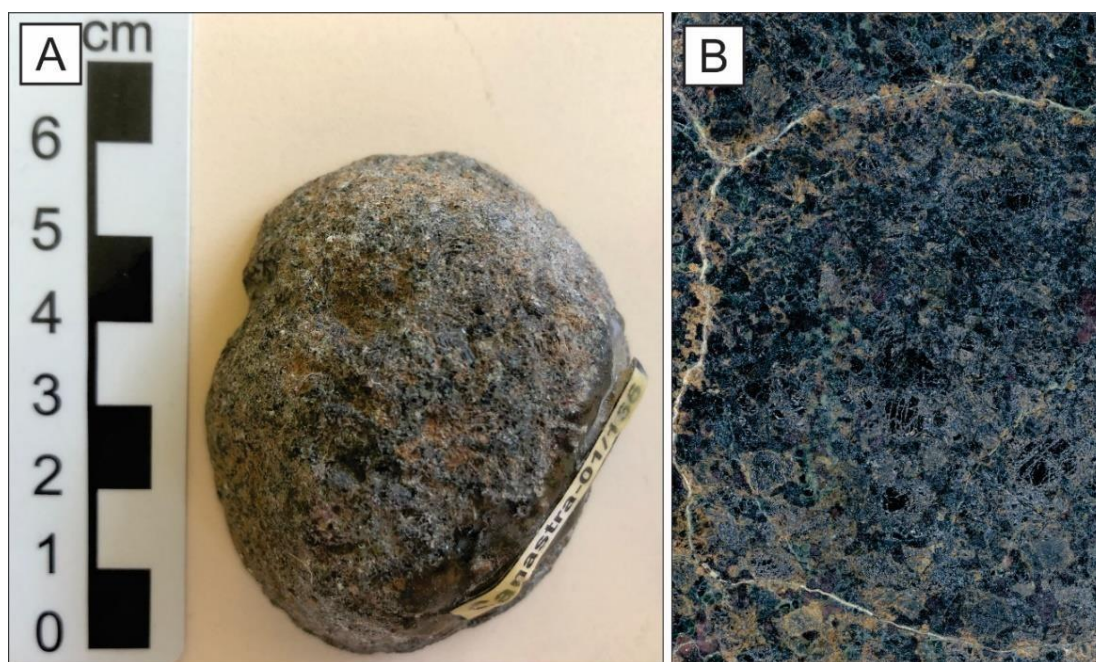


### 5.1.8. Anfibólio granada olivina websterito

A amostra representante do anfibólio granada olivina websterito apresenta dimensões próximas a 6cm, textura fanerítica e inequigranular, de granulação a fina a média. Ultramelanocrática, apresenta tons acinzentados (Fig. 25A).

Na face polida são descritíveis três populações mineralógicas: cristais maiores, prismáticos e tabulares, de piroxênio cinza escuro; cristais pretos prismáticos, também de piroxênio; cristais granulares, esféricos de granada castanho avermelhada (Fig. 25B).

Figura 25: Fotografia com amostra de xenólito de anfibólio granada olivina websterito. (A) Amostra de xenólito do anfibólio granada olivina websterito. (B) Face polida da amostra.



O anfibólio granada olivina websterito é composto por ortopiroxênio (40%), clinopiroxênio (25%), olivina (15%), granada (12%) e anfibólio (5%), além de argilominerais (3%) secundários, que preenchem principalmente fraturas. Em lâmina, a rocha possui textura granular hipidiomórfica. A Fig. 26A abaixo representa uma lâmina típica desta litologia. Seguindo a classificação para xenólitos de Harte (1977), a textura é grossa, de subtipo tabular, com contatos irregulares entre os cristais.

Na amostra Can – 166 ocorrem estruturas similares a veios, de coloração verde oliva avermelhada, nas regiões com maior teor de fraturas e alteração dos cristais de piroxênio (Fig. 26D).

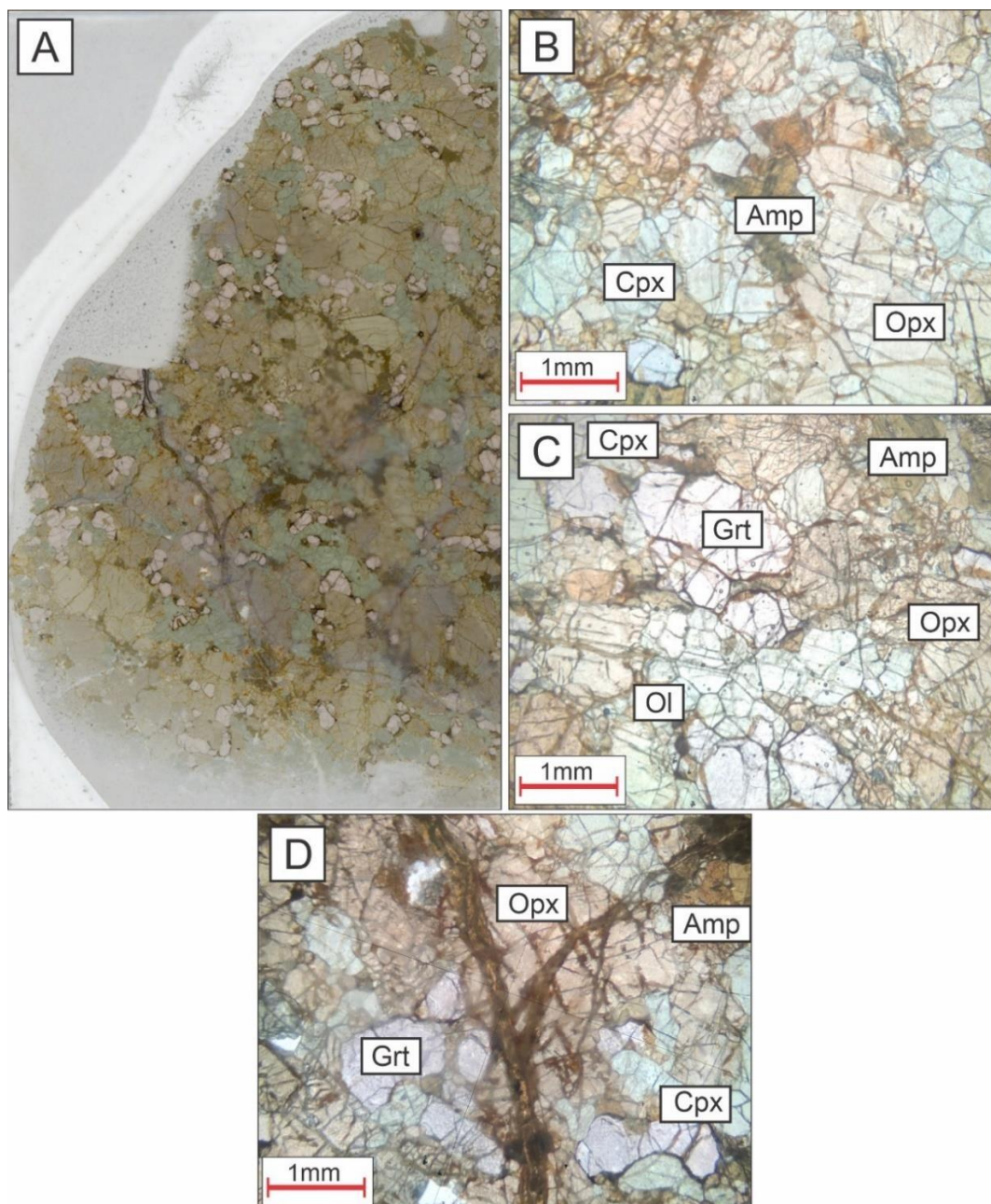
Os cristais de ortopiroxênios possuem coloração castanha, ligeiramente pleocróicos, variando em tons amarelados (Fig. 26B, 26C e 26D). Possuem em média 4mm, muito fraturados. O clinopiroxênio é esverdeado, com pleocroísmo alternando entre tons verdes e castanhos, possuem hábito granular ou tabular e dimensões oscilando entre 1 e 4mm (Fig. 26B e 26D).

A olivina ocorre na forma de neoblastos incolores, esféricos. Ocorrem sempre em conjunto, com textura em mosaico muito marcante e ângulos de  $120^\circ$  entre os cristais (Fig. 26C). Em dimensão, são os menores cristais dentre os principais, com tamanhos próximos a 0,1mm.

A granada é levemente rosada a incolor, de hábito granular, muito fraturada (Fig. 26C e 26D). As dimensões variam entre 1 e 2mm.

Os cristais de anfibólio são escuros, verdes e castanhos, de pleocroísmo muito presente, variando entre tons castanhos e, mais dificilmente, verdes (Fig. 26B e 26C). Ao contrário dos demais, o anfibólio ocorre de forma majoritariamente anedral e ocorre principalmente associado às zonas de maior alteração da rocha. Os cristais possuem em média 1mm.

Figura 26: Fotomicrografias representativas do anfibólio granada olivina websterito. (A) Lâmina do anfibólio granada olivina websterito descrito. (B) Cristais de anfibólio castanho escuro, clinopiroxênio verde e ortopiroxênio levemente castanho descritos. Sem polarizador. (C) Cristais granulares e incolores de granada e neoblastos de olivina, em textura mosaico e contato em ângulos de 120°. Sem polarizador. (D) Material castanho escuro, muito fino, que percorre estruturas presentes na lâmina similares a veios. O material fino preenche também fraturas de cristais próximos a estas estruturas. Sem polarizador.

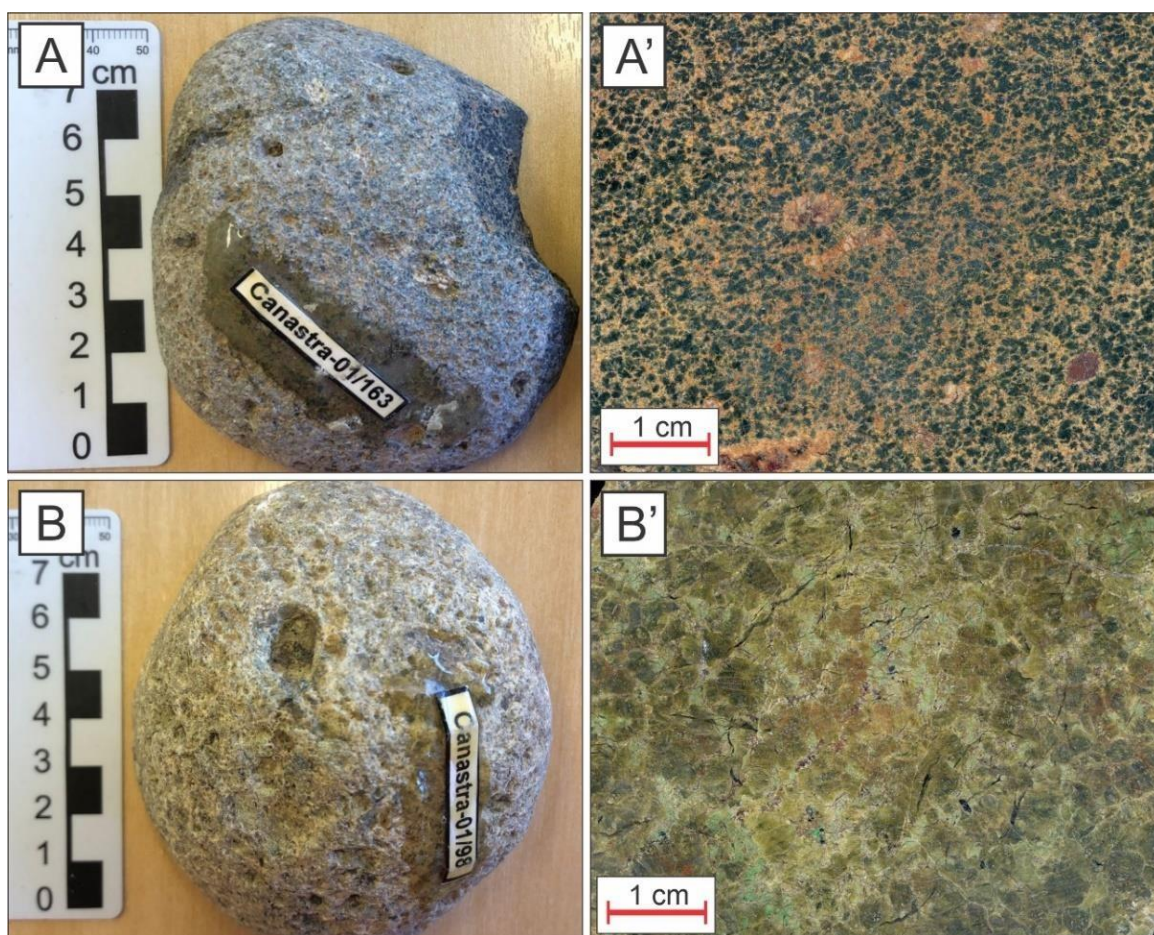


#### 5.1.9. Xenólitos alterados

Este grupo engloba uma série de amostras que, teoricamente, pertenceriam as demais litologias da suíte de xenólitos do Canastra-01, porém, apresentam uma alta taxa de alteração, o que resulta na não ocorrência da mineralogia principal e das texturas características e determinantes dos litotipos.

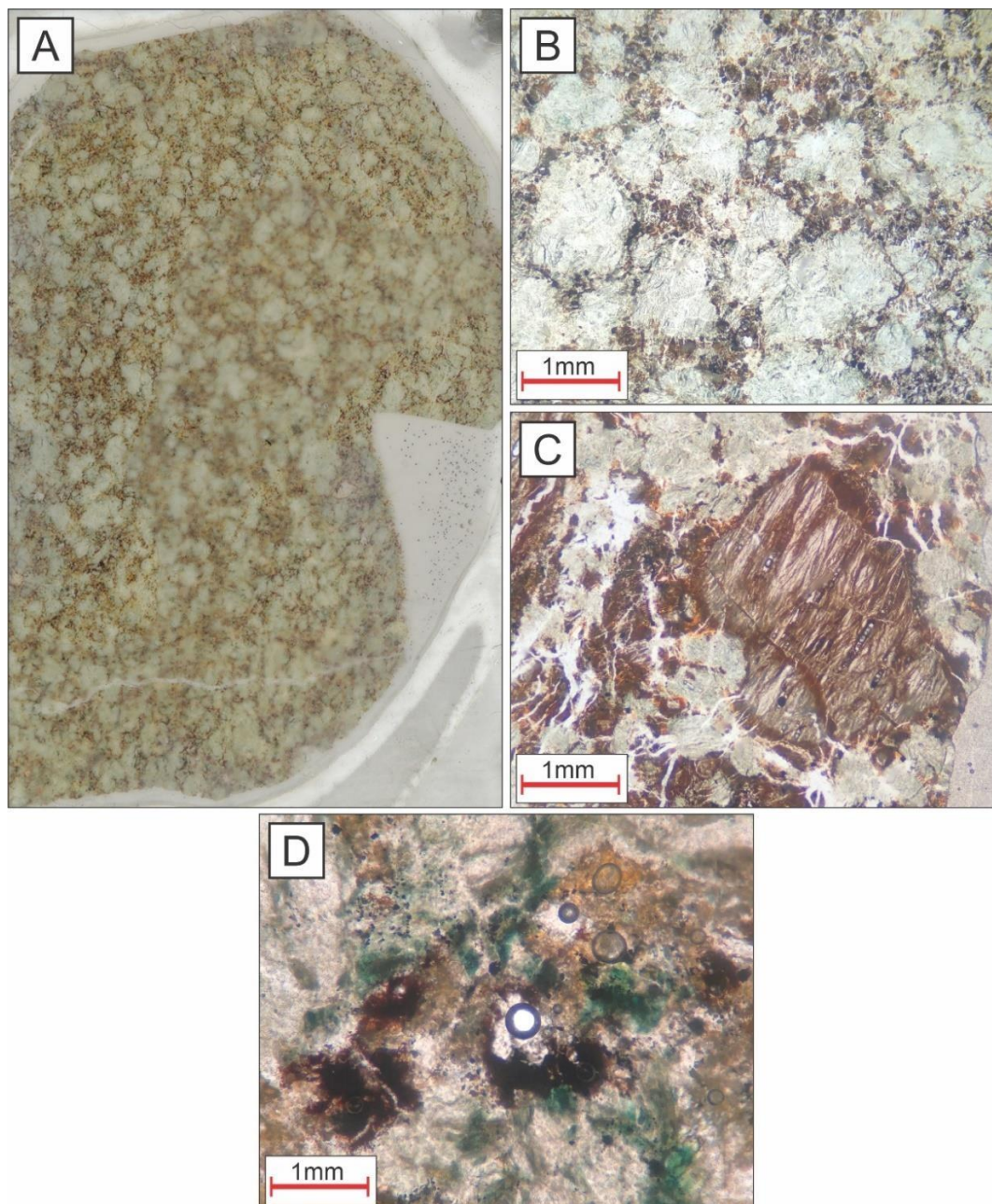
As amostras de xenólitos alterados possuem proporções próximas a 8cm e é observada uma maior série de colorações, adotando tons mesclados de cinza com castanho ou verde (Fig. 27A e 27B). A principal feição determinante dos xenólitos alterados é sua estrutura, semelhante a estrutura vesicular de rochas ígneas, repleta de cavidades. A textura é subfanerítica, sendo possível observar duas mineralogias principais: pseudomorfos granulares ou tabulares e pretos envoltos por uma matriz castanha muito fina (Fig. 27A'). Na amostra C98 são observados pseudominerais da rocha pretérita, com cristais granulares e tabulares, verdes (Fig. 27B'). Na amostra C163, são perceptíveis cristais granulares, castanho avermelhados, que remetem a granadas (Fig. 27A').

Figura 27: Fotografia com amostras representativas de xenólito mantélicos alterados do Canastra-01 (A) Amostra de mão de um xenólito alterado, apresentando tons cinzas. Possível observar estrutura similar à vesicular, de rochas ígneas, com espaços vazios provocados pela alteração sobre tais rochas. (A') Face polida da amostra em (A). Observa-se cristais escuros, equigranulares, e isolados cristais maiores, granulares, avermelhados. (B) Amostra de mão de outro xenólito alterado, de coloração cinza pálida. A estrutura similar à vesicular também é presente nesta amostra. (B') Face polida da amostra em (B). Nota-se cristais maiores, tabulares ou granulares, verdes. Também ocorrem isolados cristais granulares, finos, vermelhos.



Os xenólitos alterados possuem textura pseudomórfica, reliquiar, e são compostos por argilominerais castanhos ou verdes que preservam as estruturas e hábitos dos minerais pretéritos (Fig. 28A), além de quartzo proveniente de recristalização, provavelmente. São comuns pseudocristais de hábito granular (Fig. 28B) e estruturas que se assemelham a cristais tabulares, preenchidos por argilominerais castanhos (Fig. 28C). Na amostra 157 foram observados cristais verde escuros, ora prismáticos, ora amorfos (Fig. 28D) e micas amorfas e pleocróicas, que ocorrem sempre agrupados.

Figura 28: Fotomicrografias representativas dos xenólitos mantélicos alterados. (A) Lâmina típica das amostras de xenólitos alterados. (B) Pseudomorfos granulares, brancos, com seus contatos evidenciados por pseudomorfos e argilominerais castanho escuros. Sem polarizador. (C) Pseudomorfo de granada, castanho, estriado, com seu interior totalmente alterado para argilominerais. Sem polarizador. (D) Cristais verdes escuros, levemente prismáticos ou amorfos, que ocorrem sempre agrupados.



## **5.2. Análise geoquímicas em microsonda eletrônica, elementos traço e aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo**

O método geotermométrico zircônio em rutilo é um método relativamente seletor e pouco utilizado na maioria dos estudos petrológicos envolvendo geotermômetros, sobretudo por ser aplicado em casos envolvendo rochas de alta e ultra alta temperatura e por possuir exigências geoquímicas fundamentais para que os resultados sejam seguramente confiáveis. A presença de rutilo, zircão e quartzo disseminado nas lâminas de eclogito descritas (Can-109 e Can-156) favorecem a aplicação do método.

Utilizando-se da microsonda eletrônica foram analisados 17 cristais de rutilo, sendo 9 deles presentes na lâmina Can-109 e 8 na Can-156. Em cada cristal, foram realizados diferentes pontos de amostragem geoquímica, totalizando 60 pontos quantificados. A Tabela 6 abaixo apresenta os resultados obtidos nas análises, em cada um dos pontos, com as concentrações em ppm de Al, Cr, V, Fe, Zr, Nb e Ti.

Foi obtido um teor médio de Zr nos cristais de rutilo de 307 ppm. Porém, valores altos de Zr puderam ser observados nos exemplares 109 Rt2 (2621 e 3115ppm), 109 Rt4-1 (2141ppm), 109 Rt6-1 (3987, 2808 e 5365ppm) e 109 Rt8-2 (1412ppm). Não foram observadas também mudanças drásticas nas concentrações de Zr entre os diferentes pontos de um mesmo cristal, sendo a única exceção o Rt6-1, que além de apresentar o maior teor de Zr, possui variações entre pontos de até 2557ppm.

É notável uma diferença nas concentrações de Al, Nb e Fe entre as duas lâminas. Os valores de Al obtidos foram maiores nos cristais presentes na lâmina Can-109, com valores médios de 727ppm, enquanto na Can-156 a média foi de aproximadamente 341ppm. Para o Nb, na lâmina Can-109 o teor médio foi de 881ppm e na Can-156 de 244ppm. O cristal 109 Rt6-2 apresentou concentrações ínfimas de Nb, não detectáveis. Para o Fe, o padrão se repete, com concentrações superiores a 1000ppm na primeira amostra e inferiores para a segunda, com exceção do 156 Rt 4. Os valores de Fe do exemplar 109 Rt6 foram extremamente destoantes em comparação com a média de ambas as lâminas, com teores de até 8158ppm.

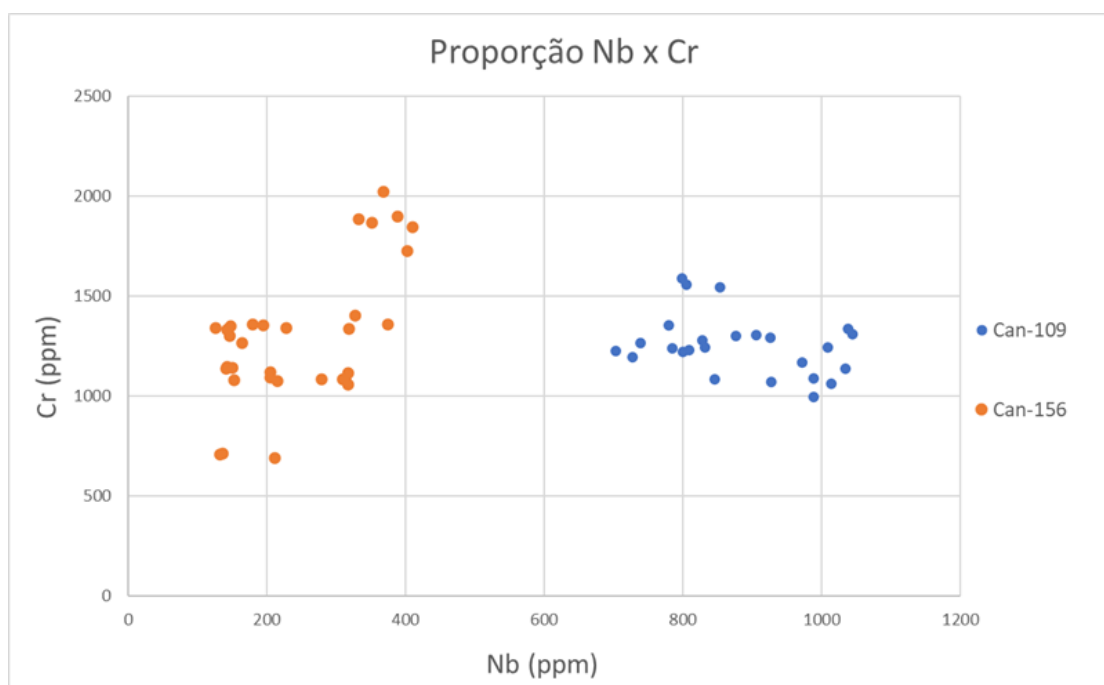
Tabela 6: Concentração, em ppm, dos elementos Al, Cr, V, Fe, Zr, Nb e Ti dos cristais de rutilo presentes nas amostras de eclogito Can – 109 e Can – 156. Cada cristal possui em média três pontos analisados. As concentrações foram obtidas utilizando-se da microsonda eletrônica.

Rutilo	Al (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Fe (ppm)	Zr (ppm)	Nb (ppm)	Ti (ppm)
109 Rt1-1	833	1075	3069	1430	230	1035	549662
109 Rt1-2	775	1133	3056	1307	251	1015	551192
109 Rt1-3	683	1057	3207	1557	256	928	550840
109 Rt1-4	712	1069	3346	1483	221	989	550850
109 Rt2-1	667	994	3166	1359	2621	847	548426
109 Rt2-3	673	1081	3213	1338	3215	854	547539
109 Rt3-1	617	1542	3193	1216	105	800	551010
109 Rt3-2	589	1584	3219	1075	129	806	550993
109 Rt3-3	579	1555	3107	1224	160	780	550734
109 Rt4-1	636	1349	3766	1020	2141	877	548885
109 Rt4-2	632	1299	3355	1154	157	906	549632
109 Rt5-1	924	1302	2975	1205	220	927	551834
109 Rt5-2	898	1290	2805	1166	335	1039	552252
109 Rt5-3	878	1331	3004	1225	358	1009	551944
109 Rt6-1-1	782	1241	2875	1760	3987	810	549679
109 Rt6-1-2	748	1225	3132	1434	2808	829	550525
109 Rt6-1-3	690	1276	2597	1492	5365	704	548622
109 Rt6-2-1	676	1223	3029	3991	225	<i>bd</i>	550894
109 Rt6-2-2	722	1241	3343	5259	248	<i>bd</i>	551697
109 Rt6-2-3	789	1216	3165	8158	243	<i>bd</i>	547501
109 Rt7-1	642	1262	3578	2671	151	832	551016
109 Rt7-2	654	1235	3799	1803	132	801	552189
109 Rt7-3	675	1189	3643	2238	435	739	550076
109 Rt8-1	668	1166	2843	1688	249	786	550210
109 Rt8-2	676	1306	2619	1350	1412	728	549908
109 Rt9-1	781	1086	2941	1641	222	973	550788
109 Rt9-2	898	1127	2667	1347	248	1045	552340
109 Rt9-3	867	1062	2745	1373	189	989	550872
156 Rt2-1	343	1140	3054	731	287	150	552358
156 Rt2-2	343	1072	3134	644	326	215	553012
156 Rt2-3	359	1145	2838	682	370	143	553246
156 Rt2-4	377	1093	3143	628	336	205	553013
156 Rt2-5	464	1078	2771	708	383	153	554118
156 Rt2-6	489	1134	2836	676	420	141	551873
156 Rt2-7	467	1117	2790	820	703	205	551697
156 Rt3-1	298	1350	2988	584	273	148	552595
156 Rt3-2	333	1301	3067	514	256	146	552422
156 Rt3-3	368	1337	2943	605	321	126	552507
156 Rt3-4	405	1265	2800	632	385	164	555090
156 Rt3-5	354	1332	2872	599	325	143	552009
156 Rt4-1	502	1112	3176	1422	700	317	552092
156 Rt4-2	494	1081	3327	666	610	313	552131
156 Rt4-3	516	1081	3284	735	619	279	553054
156 Rt4-4	319	1055	3446	1044	643	317	552341
156 Rt4-5	310	1081	3438	1170	617	309	552538
156 Rt5-1	331	1356	4351	649	205	374	552399
156 Rt5-2	292	1402	4104	553	250	327	552465
156 Rt5-3	280	1335	3900	668	205	318	552013
156 Rt6-1	60	1884	2521	864	262	332	552844
156 Rt6-2	123	1867	2749	1099	285	351	553808
156 Rt6-3	87	2019	2325	761	260	368	552436
156 Rt6-4	290	1897	2474	524	261	389	553003
156 Rt6-5	68	1842	2162	1677	267	410	553486
156 Rt6-6	253	1725	2749	1580	271	402	552446
156 Rt7-1	291	1358	2824	566	261	180	554123
156 Rt7-2	287	1354	3025	678	246	195	553373
156 Rt7-3	290	1337	3095	631	272	228	553433
156 Rt8-1	504	689	2886	1276	329	211	553696
156 Rt8-2	528	710	2614	1131	305	136	554406
156 Rt8-3	505	708	2813	1102	298	132	554117

Contrariamente ao Al, Fe e Nb, as concentrações obtidas para o Cr não apresentam padrões diferentes entre as lâminas, com um teor total médio de 1262ppm. Somente no cristal 156 Rt8 os valores foram inferiores, entre 689ppm e 710ppm.

O gráfico da Figura 29 apresenta a proporção Cr/Nb para os pontos dos cristais de rutilo analisados, de acordo com sua lâmina. Percebe-se que a proporção Nb/Cr dos cristais é divergente e é clara uma diferença acentuada entre as amostras. Como dito anteriormente, as concentrações de Nb na Can-109 são maiores. Alguns autores defendem que os teores de Cr e Nb presentes no rutilo podem indicar sua procedência em estudos de proveniência de sedimento, sendo ela máfica ou félsica (Zack et al, 2004b; Triebold et al. ,2007). Estudos posteriores (Zack & Kooijman, 2017) contestam tais interpretações, de modo a gerar uma certa incerteza a respeito do uso dos teores destes elementos como possíveis indicadores.

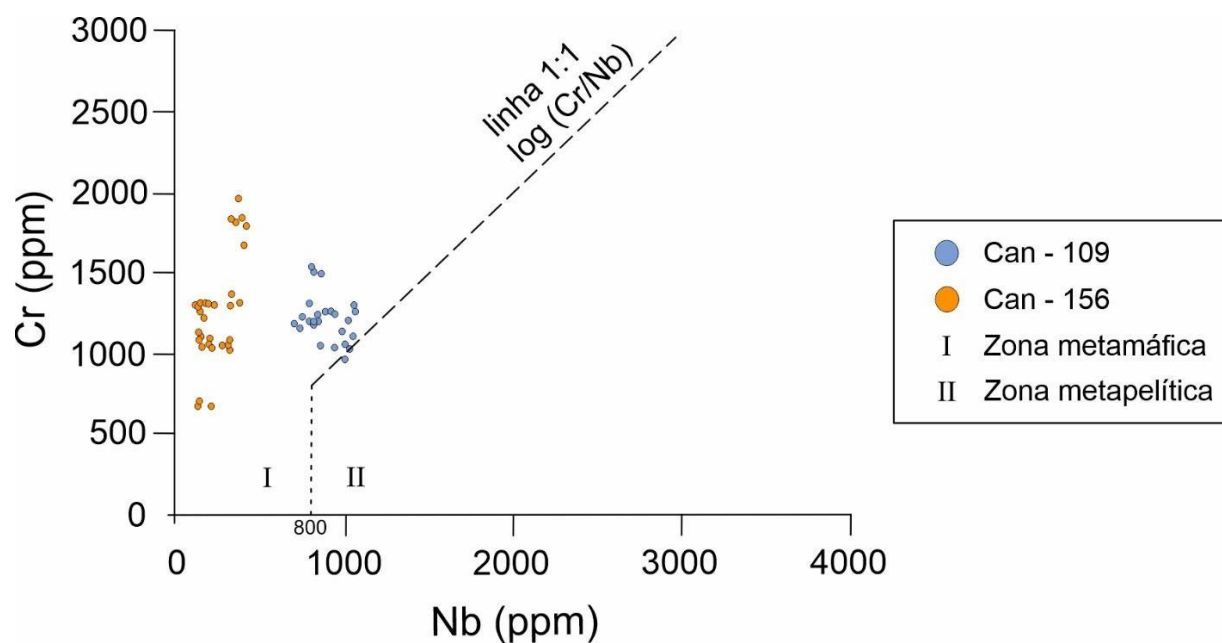
Figura 29: Proporção Nb x Cr dos 60 pontos analisados, de 17 cristais de rutilo pertencentes às amostras de eclogito Can – 109 e Can – 156. Possível observar uma diferença notória entre as amostras, evidenciada pelos dois conjuntos isolados.



De maneira geral, levando em consideração as ponderações feitas por Zack et al. (2004b), teores de Nb no rutilo acima de 900 ppm seriam indicativos de uma fonte

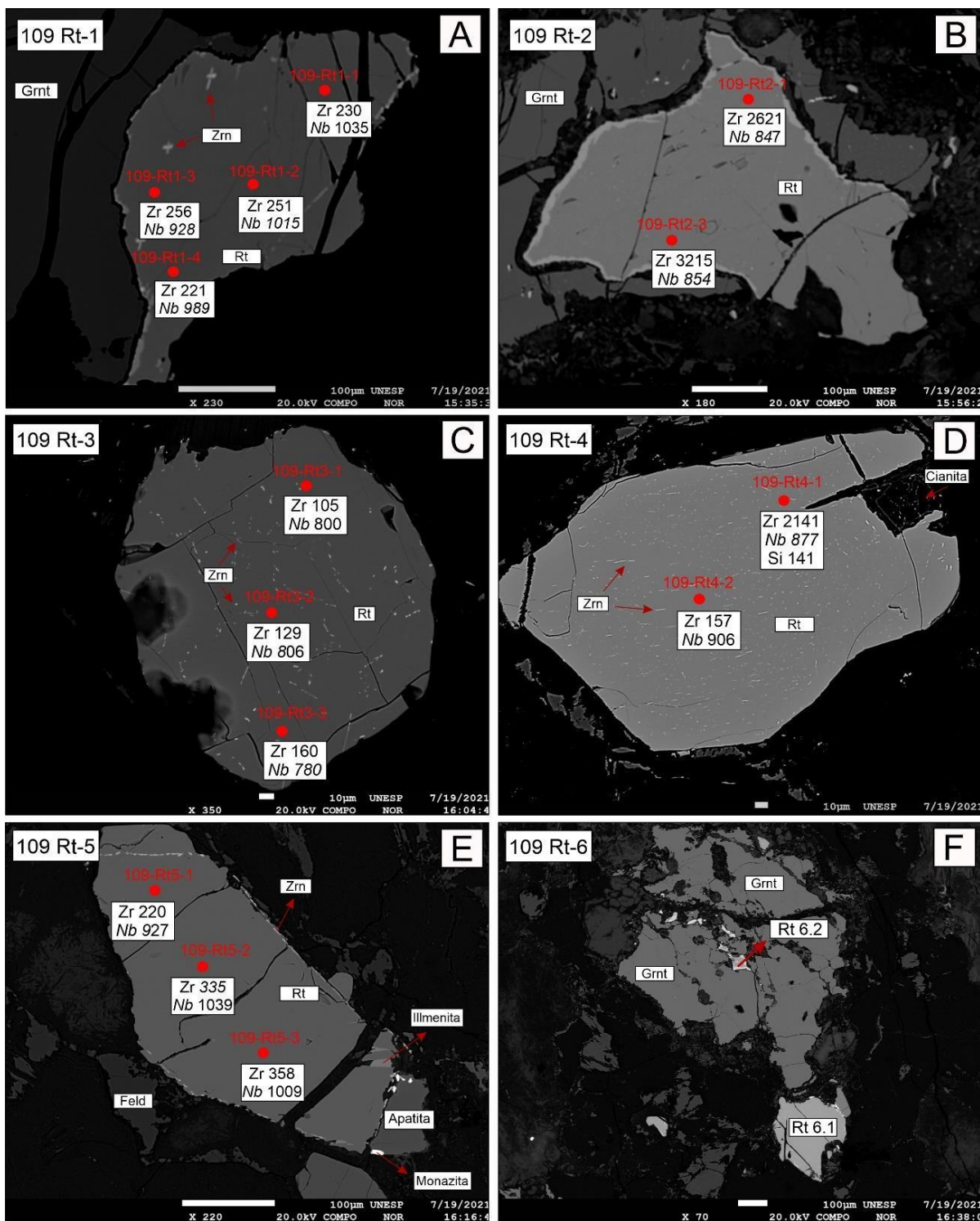
metapelítica. Desta forma, os valores altos de Nb obtidos na amostra Can – 109 seriam coerentes com rutilos cristalizados em rochas metapelíticas. Contudo, novas calibrações realizadas posteriormente (Triebold et al., 2007 e Meinhold et al., 2008) envolvendo as proporções de Nb/Cr implicam em diferentes interpretações. Triebold et al. (2007) sugerem que o cálculo da proporção Nb/Cr para estudos de proveniência do rutilo deve ser feito utilizando-se  $\log(\text{Cr}/\text{Nb})$  (linha 1:1 da Fig. 30). Junto a isso, Meinhold et al. (2008) sugerem que o valor mínimo de Nb esperado em rutilos de proveniência metapelíticas seja de 800 ppm. Valores abaixo deste seriam indicativos de origem metamáfica. Plotando os pontos dos cristais de rutilo analisados neste trabalho no gráfico apresentado por Meinhold et al. (2008; Fig. 30), percebe-se que o rutilo de ambas as amostras se enquadram na zona de proveniência metamáfica, contrário dos resultados obtidos com base nos apontamentos de Zack et al. (2004b). Assim, supõe-se que as amostras possuem uma mesma origem metamáfica, embora apresentem mineralogia, texturas e concentrações de elementos traço diferentes.

Figura 30: Pontos analisados dos cristais de rutilo das amostras Can – 109 e Can – 156 plotados no gráfico proposto por Triebold et al., (2007). A concentração em ppm mínima esperada para rutilo de proveniência metapelítica, de acordo com Meinhold et al. (2008), é de 800ppm.

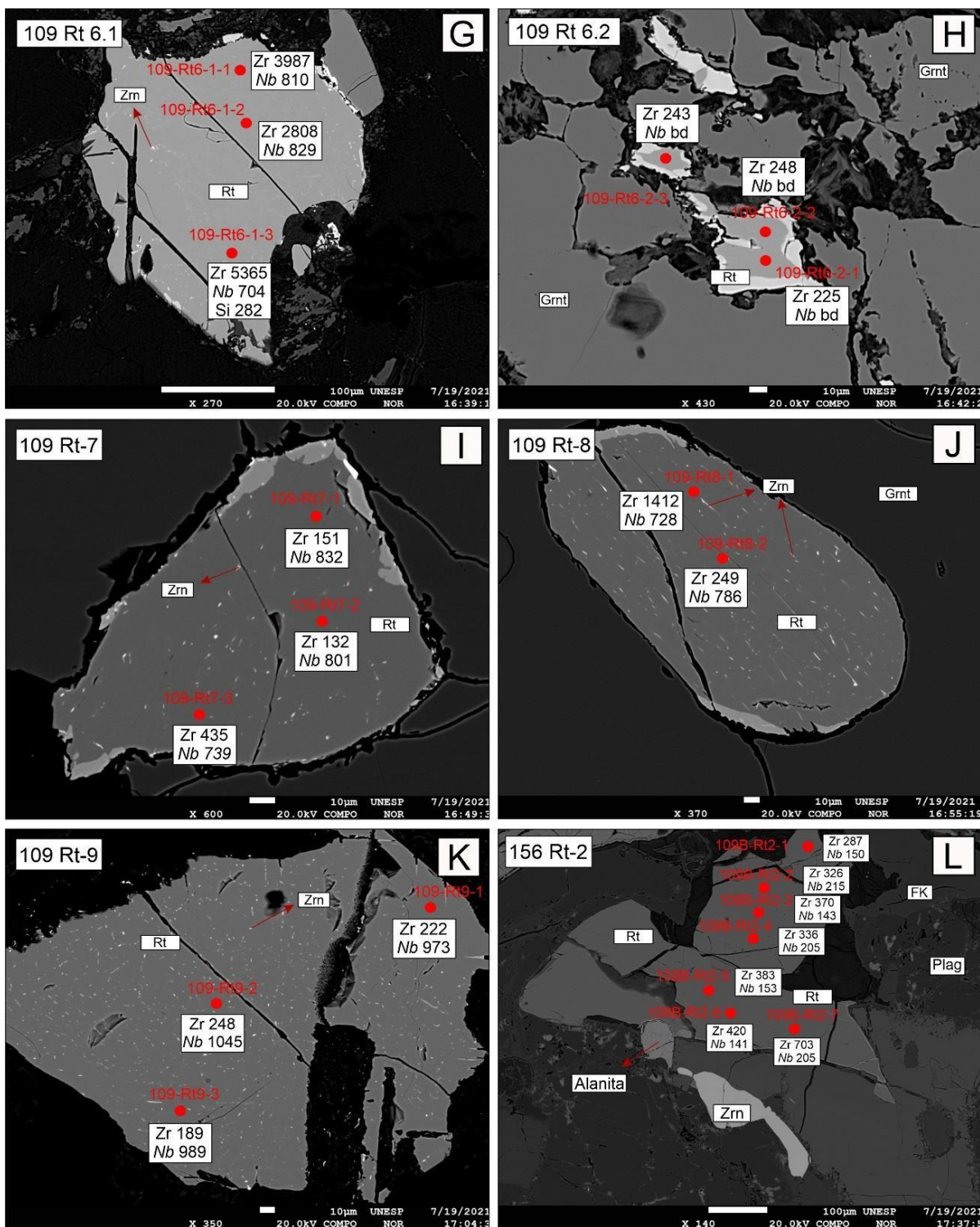


As pranchas da Figura 31 abaixo contém as imagens dos 17 cristais de rutilo analisados retiradas através da Microsonda Eletrônica de Varredura. Em cada cristal estão retratados os pontos analisados e suas respectivas concentrações de Zr e Nb, em ppm. O cristal 109 Rt-6 (Fig. 31F) foi subdividido em dois cristais que se encontram próximos: 109 Rt-6.1 e 109 Rt-6.2.

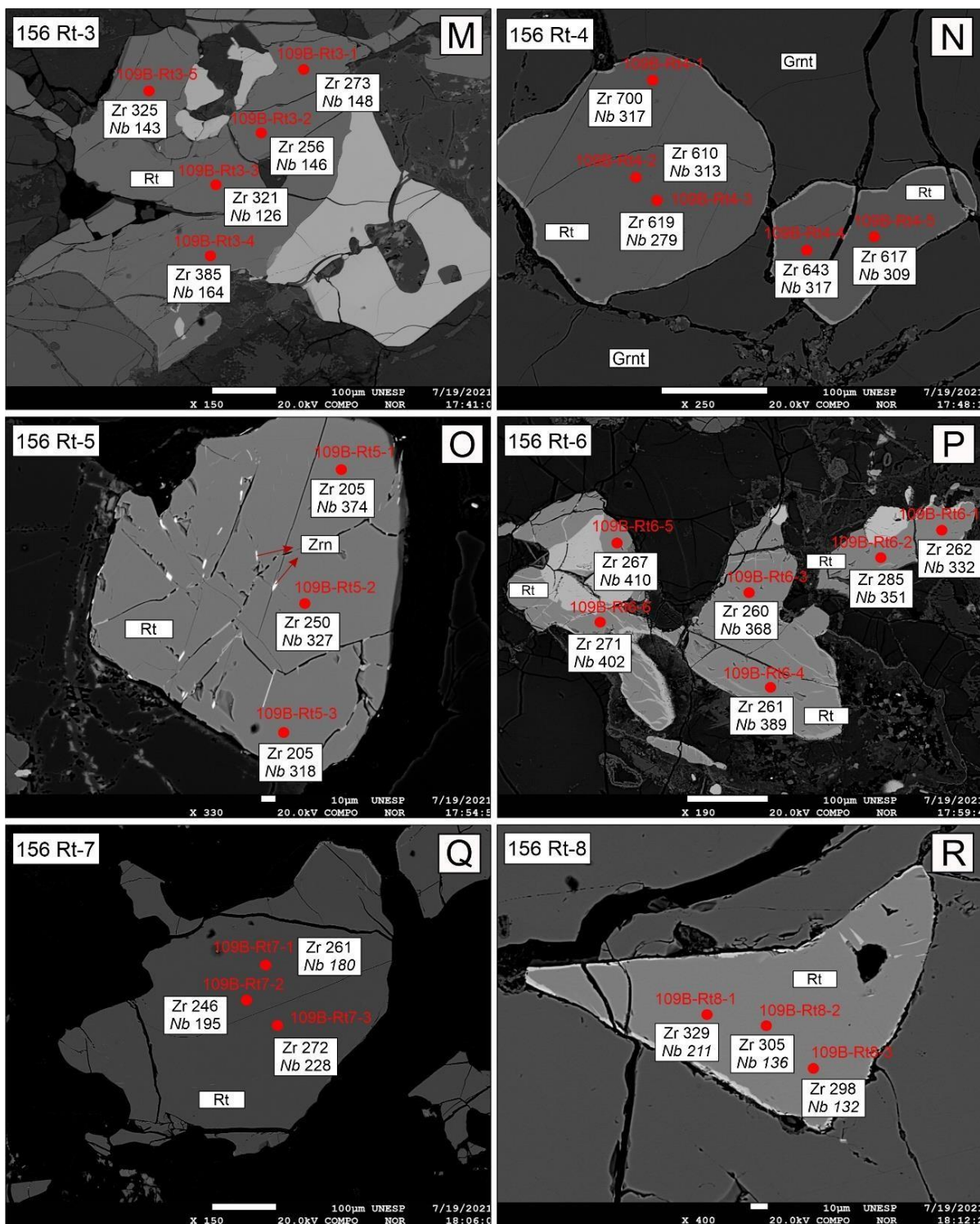
Figura 31: Imagens de elétrons retroespalhados (BSE) dos 17 cristais de rutilo analisados, bem como seus respectivos pontos de análise geoquímica. Em cada imagem estão destacadas as posições dos pontos e suas concentrações, em ppm, de Zr e Nb. Além disso, presentes também as principais mineralogias encontradas no entorno dos cristais de rutilo. As imagens foram adquiridas através da Microsonda Eletrônica em modo BSE Composicional.



Continuação figura 31: Imagens de elétrons retroespalhados (BSE) dos 17 cristais de rutilo analisados, bem como seus respectivos pontos de análise geoquímica. Em cada imagem estão destacadas as posições dos pontos e suas concentrações, em ppm, de Zr e Nb. Além disso, presentes também as principais mineralogias encontradas no entorno dos cristais de rutilo. As imagens foram adquiridas através da Microsonda Eletrônica em modo BSE Composicional.

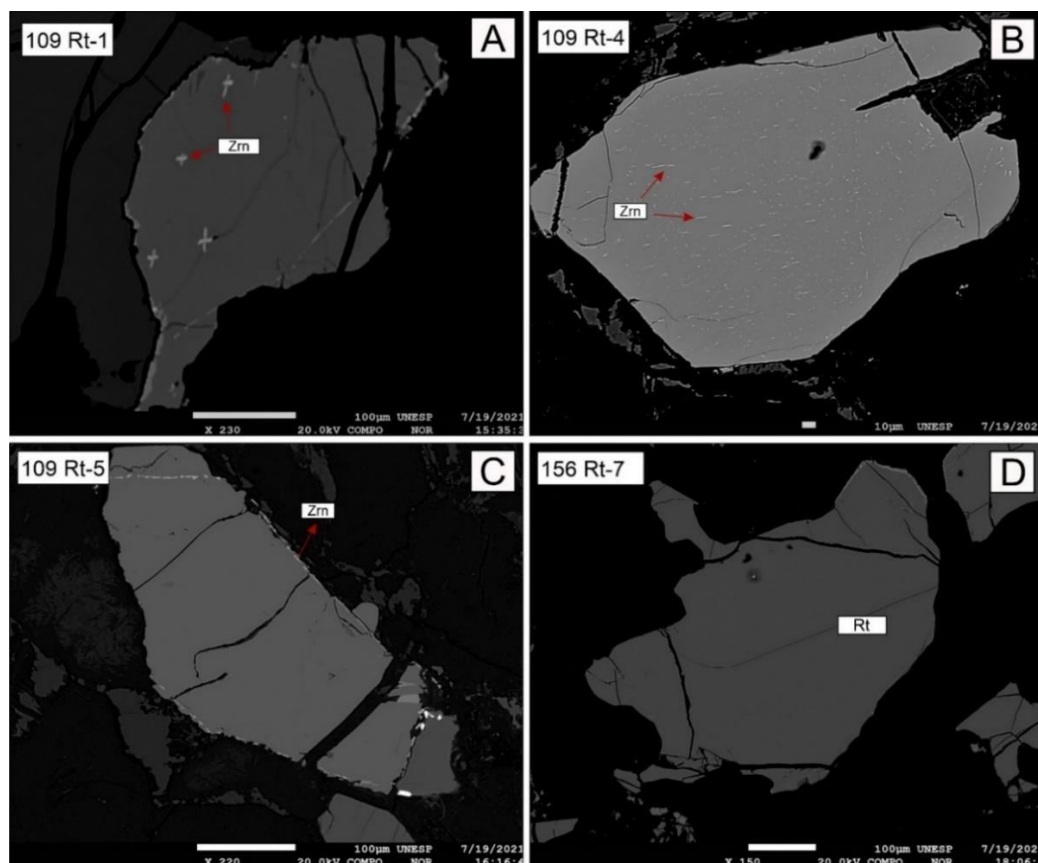


Continuação figura 31: Imagens de elétrons retroespalhados (BSE) dos 17 cristais de rutilo analisados, bem como seus respectivos pontos de análise geoquímica. Em cada imagem estão destacadas as posições dos pontos e suas concentrações, em ppm, de Zr e Nb. Além disso, presentes também as principais mineralogias encontradas no entorno dos cristais de rutilo. As imagens foram adquiridas através da Microsonda Eletrônica em modo BSE Composicional.



Também foram observadas diversas texturas do intercrescimento de zircão nos cristais de rutilo, que ocorrem sobretudo quando a temperatura atuante sobre a rocha começa a decair. O zircônio absorvido pelos cristais de rutilo começa a se exsolver e se associar ao silício, dando origem a cristais de zircão que se alocam de acordo com a estrutura cristalina e cristais adjacentes ao rutilo (Jones & Powell, 2015). Foram observadas estruturas em cruz (Fig. 32A), em agulhas (Fig. 32B) e cristais que concentram nas bordas do cristal de rutilo (Fig. 32C). É possível notar no cristal 156 Rt-5 acúmulos de cristais de zircão em fraturas (Fig. 31O). É importante considerar que o intercrescimento de zircão e a forma como o mesmo ocorre está fortemente relacionado com os minerais próximos ao rutilo. A existência de granada ou de cristais maiores de zircão nas proximidades interfere no rumo do deslocamento do zircônio existente dentro do rutilo. Cristais de rutilo sem intercrescimento de zircão também ocorrem, principalmente nos cristais pertencentes à amostra Can – 156.

Figura 32: Intercrescimento de zircão nos cristais de rutilo condicionado pela estrutura cristalina do mineral. (A) Intercrescimento de zircão observado em formas similares a uma cruz. (B) Intercrescimento de zircão que ocorre na forma de finas agulhas, presentes em todo o cristal de rutilo. (C) Cristais de zircão que se alocam nas bordas do rutilo. Ao topo, possível notar a existência de zircão que preenche uma provável zona enfraquecida da estrutura do rutilo. (D) Cristal de rutilo sem apresentar intercrescimento de zircão.



Para o cálculo das temperaturas através do geotermômetro zircônio em rutilo foram utilizadas as pressões obtidas por Costa (2008). Como dito anteriormente, a autora empregou uma série de métodos geotermômetros e/ou geobarômetros nos xenólitos do Canastra-01, além da utilização do *software* THERMOCALC. Para a amostra de eclogito utilizada, obteve-se pelo software dados de temperatura e pressão. Por outro lado, foram aplicados no eclogito apenas geotermômetros.

Vale ressaltar que durante a realização do presente trabalho não foi possível o acesso à mesma amostra de eclogito utilizada por Costa (Can – 147).

Através do THERMOCALC, Costa (2008) obteve resultados de temperatura de  $1296 \pm 143$  °C e pressões de  $18 \pm 7$  kbar. A autora conclui que a pressão obtida pelo

THERMOCALC não condiz com a petrografia observada, visto que o valor obtido, que é próximo ao resultado dos demais litotipos, corresponde ao campo de estabilidade do espinélio e não da granada. Para a formação e estabilização deste último, espera-se valores de pressão mais elevados. Portanto, para fins de comparação, foram descartados os resultados obtidos pelo THERMOCALC.

Com os geotermômetros utilizados, os resultados de temperatura obtidos por Costa (2008) para o eclogito variaram entre  $302 \pm 43$  e  $3226 \pm 50$ . A média obtida foi de  $980 \text{ }^\circ\text{C}$ . Para a aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo e obtenção das temperaturas, considerou-se o intervalo de pressão entre 46 e 55 kbar, média dos valores obtidos por Costa para o granada Iherzolito e granada harzburgito.

A Tabela 7 abaixo apresenta os resultados obtidos através da aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo nas amostras de eclogito Can – 109 e Can – 156.

Tabela 7: Temperaturas obtidas através do geotermômetro zircônio em rutilo para os 60 pontos analisados em 17 cristais de rutilo, das amostras de eclogito Can – 109 e Can – 156. Os dois valores de temperaturas apresentados representam o máximo e o mínimo do intervalo, de acordo com a pressão utilizada

Rutilo	Zr (ppm)	Temp. (°C) P(kbar): 42 a 55	Rutilo	Zr (ppm)	Temp. (°C) P(kbar): 42 a 55
109 Rt1-1	230	734 a 762	156 Rt2-1	287	754 a 783
109 Rt1-2	251	742 a 770	156 Rt2-2	326	766 a 795
109 Rt1-3	256	744 a 772	156 Rt2-3	370	778 a 807
109 Rt1-4	221	731 a 759	156 Rt2-4	336	769 a 798
109 Rt2-1	2621	1004 a 1039	156 Rt2-5	383	781 a 810
109 Rt2-3	3215	1033 a 1069	156 Rt2-6	420	790 a 819
109 Rt3-1	105	670 a 697	156 Rt2-7	703	842 a 873
109 Rt3-2	129	686 a 713	156 Rt3-1	273	750 a 778
109 Rt3-3	160	704 a 731	156 Rt3-2	256	744 a 772
109 Rt4-1	2141	976 a 1011	156 Rt3-3	321	764 a 793
109 Rt4-2	157	702 a 729	156 Rt3-4	385	782 a 810
109 Rt5-1	220	731 a 758	156 Rt3-5	325	766 a 795
109 Rt5-2	335	768 a 797	156 Rt4-1	700	842 a 873
109 Rt5-3	358	775 a 804	156 Rt4-2	610	828 a 858
109 Rt6-1-1	3987	1065 a 1102	156 Rt4-3	619	829 a 860
109 Rt6-1-2	2808	1013 a 1049	156 Rt4-4	643	833 a 864
109 Rt6-1-3	5365	1113 a 1151	156 Rt4-5	617	829 a 860
109 Rt6-2-1	225	733 a 760	156 Rt5-1	205	725 a 752
109 Rt6-2-2	248	741 a 769	156 Rt5-2	250	742 a 770
109 Rt6-2-3	243	739 a 767	156 Rt5-3	205	725 a 752
109 Rt7-1	151	699 a 726	156 Rt6-1	262	746 a 774
109 Rt7-2	132	688 a 715	156 Rt6-2	285	754 a 782
109 Rt7-3	435	793 a 823	156 Rt6-3	260	745 a 774
109 Rt8-1	249	741 a 770	156 Rt6-4	261	746 a 774
109 Rt8-2	1412	922 a 956	156 Rt6-5	267	748 a 776
109 Rt9-1	222	731 a 759	156 Rt6-6	271	749 a 777
109 Rt9-2	248	741 a 769	156 Rt7-1	261	746 a 774
109 Rt9-3	189	718 a 745	156 Rt7-2	246	740 a 769
			156 Rt7-3	272	749 a 778
			156 Rt8-1	329	767 a 796
			156 Rt8-2	305	760 a 788
			156 Rt8-3	298	758 a 786

As temperaturas obtidas para a amostra Can – 109, para uma pressão de 42 kbar, variaram entre 670 e 1113 °C. Para uma pressão de 55 kbar, os valores de temperatura

variaram entre 697 e 1151 °C. As maiores temperaturas são referentes ao rutilo 6.1, que apresenta concentrações em ppm de Zr muito acima da média da amostra.

Para a amostra Can – 156, os valores de temperatura estão entre 725 e 842 °C, para pressões de 42 kbar e 752 e 873 °C para 55 kbar. O intervalo dos valores de temperatura obtidos para a amostra Can – 156 é muito menor quando comparado com o da amostra Can – 109, visto que as concentrações do Zr em ppm para esta amostra também variam pouco.

Devido à presença de lamelas e outras texturas que indicam exsolução de zircão no rutilo, as temperaturas calculadas devem ser interpretadas com temperaturas mínimas, já que a composição inicial do rutilo deveria acomodar o Zr utilizado na cristalização das lamelas.

## 6. INTERPRETAÇÕES E DISCUSSÕES

Após a realização do estudo petrográfico sobre a suíte de xenólitos do Kimberlito Canastra-01, da extração de dados geoquímicos nos cristais de rutilo das duas amostras de eclogito e da aplicação do geotermômetro zircônio em rutilo, foram realizadas interpretações e discussões referentes às litologias e às condições de temperatura e pressão condicionantes sobre as mesmas.

- (I) Costa (2008), após realizar petrografia e geoquímica mineral nas amostras do Canastra-01 concluiu que o granada lherzolitos teria sua origem ligada a processos de fusão parcial. Costa (2012), ao obter dados isotópicos através do método Sm/Nd também conclui que os peridotitos presentes no Canastra-01 não são diretamente provenientes do magmatismo da PIAP, pois apresentam composições empobrecidas em relação ao CHUR. Além disso as idades obtidas pelo método indicariam uma história evolutiva resultante de processos de fusão parcial que ocorreram durante a formação do manto superior sob o magmatismo da PIAP. No presente trabalho, tais interpretações puderam ser observadas sobretudo nas texturas descritas durante o estudo petrográfico das litologias. No granada lherzolito, como interpretado por Harte (1977) e Dawson (1980), a presença de neoblastos de olivina em uma textura mosaico porfiroclástica é indicativo de processos de recristalização sobre os xenólitos. Microcristais de piroxênio, em feições similares a “caudas”, também resulta destes processos.
  
- (II) Outra textura levantada por Harte (1977), observada no presente trabalho e que sugere fusão parcial, com posterior recristalização, é a textura granuloblástica do anfibólio granada websterito. Para Dawson, as diferentes mineralogias apresentarem dimensões próximas seria consequência de intensa recristalização. Interpretações realizadas por Costa (2008) com base na química mineral e por Costa (2012) fundamentadas nos resultados isotópicos sugerem que os websteritos têm sua origem à parte do granada lherzolito e poderiam ser resultados de cumulos magmáticos que passaram por intensas condições de

temperatura e pressão, que poderiam condicionar a recristalização observada na petrografia realizada.

- (III) A forte presença de argilominerais que preenchem as fraturas e interstícios de todas as litologias descritas, a ocorrência de anfibólios e biotita secundária e a alta incidência de xenólitos alterados são forte indicadores de processos de alteração intempérica posterior à ascensão do kimberlito. Além disso, a presença de flogopita na amostra de granada clinopiroxenito descrita pode sugerir um enriquecimento em potássio da amostra durante o magmatismo kimberlítico. As amostras de xenólitos alterados não configuram uma rocha pretérita única, tendo em vista que pseudomorfos de granada, por exemplo, são vistos em algumas lâminas apenas. As diferenças entre colorações e pseudomorfos indicam que as rochas pretéritas incluem todas as litologias da suíte.
- (IV) A respeito do eclogito, petrograficamente as duas amostras são bem distintas. Tais dissemelhanças são evidenciadas sobretudo pela textura das amostras e pela mineralogia descrita. A amostra Can – 109 apresenta cristais granulares de granada milimétricos e esféricos, enquanto que, na amostra Can – 156, a granada encontra-se na forma de agregados centimétricos. Junto a isso, as concentrações em ppm de Fe, Al e Nb presentes nos cristais de rutilo das duas amostras, extraídas utilizando-se a microsonda eletrônica, apresentaram valores bem distintos. Quando comparadas, os teores presentes na amostra Can – 109 são inferiores para os três elementos acima citados. Ao plotar os pontos analisados no gráfico de Meinhold et al. (2008) e utilizar a linha 1:1  $\log(\text{Nb}/\text{Cr})$  de Triebold et al. (2007) como parâmetro base, nota-se que os cristais de rutilo de ambas as amostras de eclogito estão inseridos no campo de proveniência metamáfica. Desta forma, embora apresentem concentrações dos elementos traço diferentes, principalmente Nb, ambas as amostras provavelmente possuem em sua evolução geológica uma origem máfica. A diferença entre as concentrações pode ser resultado de processos de fusão parcial distintos. Costa (2012) obteve dados

isotópicos enriquecidos em relação ao CHUR para o eclogito, indicando um manto ainda enriquecido em elementos traço incompatíveis.

- (V) Foram obtidas, através do método zircônio em rutilo, temperaturas entre 670 e 1113 °C, para pressões de 42 kbar, e 697 e 1151 °C para 55 kbar. A média calculada por Costa (2008), após aplicação de diversos geotermômetros diferentes, foi de 980 °C. Desta forma, os resultados se mostraram condizentes com a literatura existente a respeito destas amostras. Vale ressaltar que as temperaturas obtidas podem estar fortemente relacionadas com o intercrescimento de zircão no rutilo. Quando isto ocorre, a quantidade de zircônio antes preservada no rutilo decai e conseqüentemente a temperatura obtida se torna inferior (Jones & Powell, 2015). Em decorrência disso, nota-se que a nucleação de zircão em cristais de rutilo na amostra Can – 109 é muito mais recorrente do que na amostra Can – 156. Portanto, os resultados de temperatura obtidos para a amostra Can – 109 podem ser discordantes da realidade submetida sobre esta amostra.
- (VI) Para o eclogito, Costa (2012) obteve através do método Sm/Nd e dados isotópicos idades TDM próximas a 1,1 Ga, interpretada pela autora como decorrente dos eventos geotectônicos convergentes ligados a Província Tocantins. A alta presença de piropo na composição das granadas dos xenólitos de eclogito, amostradas por Costa (2008), também é um indicativo de condições de alta pressão sobre as amostras. Um evento geotectônico desta magnitude é condizente com as temperaturas obtidas pelos geotermômetros aplicados por Costa (2008) e com os resultados obtidos no presente trabalho através do método zircônio em rutilo. Os resultados de temperatura de até 1151 °C alcançados neste estudo podem estar relacionados à formação da Província Tocantins.

## 7. CONCLUSÕES FINAIS

Com a realização do presente trabalho, pode-se concluir que:

- (I) A suíte de xenólitos do kimberlito Canastra-01 é bastante vasta, com ao todo nove litotipos distintos que se enquadram em ambas as fácies espinélio (baixa pressão) e granada (alta pressão), o que poderia indicar processos evolutivos distintos. Os litotipos descritas foram: dunito, eclogito, granada lherzolito, granada clinopiroxenito, espinélio harzburgito, espinélio olivina websterito, anfibólio granada websterito, anfibólio granada olivina websterito e amostras de xenólitos alterados. A principal e mais abundante litologia da suíte é o granada lherzolito, composto por porfiroclastos de granada e piroxênios envoltos por fina matriz de neoblastos de olivina. Todas as granadas desta litologia apresentam uma coroa quelifítica, que comumente substitui totalmente o cristal. A presença de espinélio nas bordas quelifítica da granada do granada lherzolito e do granada clinopiroxenito indicariam uma queda de pressão posterior à formação das amostras desta litologia.
- (II) As temperaturas obtidas através do geotermômetro zircônio em rutilo se mostraram condizentes com a literatura existente a respeito das amostras de xenólitos e com o contexto geológico no qual elas se referem.
- (III) Mesmo as amostras de eclogito Can – 109 e Can - 156 apresentarem mineralogia, feições texturais e concentrações de elementos traço bem diferentes, não foi possível atribuir origens ou evoluções geológicas distintas para as amostras.
- (IV) O estudo petrográfico se mostrou uma ferramenta valiosa e indispensável na maioria dos estudos envolvendo petrologia e geoquímica, visto que a textura e a mineralogia vistas em lâmina refletem muito diversos fatores e condições impostos sobre a rocha ao longo de sua história evolutiva.

- (V) Com a confecção e descrição das lâminas delgadas dos xenólitos mantélicos do kimberlito Canastra-01, foi obtida uma série de materiais didáticos valiosos que podem contribuir para as disciplinas que envolvem principalmente o estudo a respeito da formação de rochas ultramáficas e descrição petrográfica.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In: Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais, 1981, Salvador. Anais Sociedade Brasileira de Geologia, p.1-10, 1981.

CARLSON, Richard W. et al. Chemical and isotopic relationships between peridotite xenoliths and mafic-ultrapotassic rocks from Southern Brazil. *Chemical Geology*, v. 242, n. 3-4, p. 415-434, 2007.

CHAVES, M.L.S.C., Brandão, P.R.G., Girodo, A.C., Benitez, L. 2008 (a). Kimberlito Canastra 1 (São Roque de Minas, MG): geologia, mineralogia e reservas diamantíferas. *REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto*, 61(3): 357-364.

CHAVES, M.L.S.C., Andrade, K.W., Benitez, L., Brandão, P.R.G. 2008 (b). Província Diamantífera da Serra da Canastra e o kimberlito Canastra-1: primeira fonte primária de diamantes economicamente viável do país. *Geociências, UNESP, São Paulo*, v 27, n. 3: 299-317.

CHAVES, Mario Luiz de Sá Carneiro et al. Geologia, geoquímica e mineralogia comparativa entre as intrusões diamantíferas Canastra-1 e Abel Régis (Minas Gerais). *Geociências*, 2012.

CHIARINI, Alexandre Patricio. Geologia da porção basal do Greenstone Belt de Piumhi-MG. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

COSTA G.V. 2008. Química mineral e geotermobarometria de xenólitos mantélicos do kimberlito Canastra-01. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 137p.

COSTA M.M.D. 2012. Petrografia e geoquímica isotópica de Sm-Nd em xenólitos mantélicos do kimberlito Canastra-01. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.

COSTA, Cristiane Zatt; REMUS, Marcus Vinicius Dorneles. Proveniência dos arenitos da Bacia de Campos (Andar Alagoas) por meio da composição da granada. *Geologia USP. Série Científica*, v. 16, n. 2, p. 83-100, 2016.

COSTA, Vicente Sérgio. Mineralogia e petrologia de xenólitos mantélicos da província kimberlítica de Juína, MT. 2013. Tese de Doutorado.

DARDENNE, M. A. 2000. The Brasília fold belt. In: CORDANI, U. G., MILANI, E. J., THOMAZ FILHO, A. & CAMPOS, D. A. (eds) *Tectonic Evolution of South America*. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, 231 –263.

DARDENNE M.A.1978. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 30, Recife, Anais, v. 2, p. 507-610.

DAWSON, J. B. (ed.) 1980. *Kimberlites and their xenoliths*. Springer-Verlag, Berlin, 252p.

DE ALMEIDA, Fernando Flávio Marques; DE BRITO NEVES, Benjamim Bley; CARNEIRO, Celso Dal Re. The origin and evolution of the South American Platform. *Earth-Science Reviews*, v. 50, n. 1-2, p. 77-111, 2000.

DE MORAES ROCHA, Loiane Gomes et al. Geophysical characterization of the Azimuth 125° lineament with aeromagnetic data: Contributions to the geology of central Brazil. *Precambrian Research*, v. 249, p. 273-287, 2014.

DE MORAES ROCHA, Loiane Gomes et al. Curie surface of the alkaline provinces of Goiás (GAP) and Alto Paranaíba (APAP), central Brazil. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 297, p. 28-38, 2015.

DUTRA, Alanna C.; MARANGONI, Yara R.; JUNQUEIRA-BROD, Tereza C. Investigation of the Goiás Alkaline Province, Central Brazil: Application of gravity and magnetic methods. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 33, n. 1, p. 43-55, 2012.

FREITAS-SILVA, F. H.; DARDENNE, M. A. Proposta de subdivisão estratigráfica formal para o grupo Canastra no oeste de Minas Gerais e leste de Goiás. *Simp. Geol. Centro Oeste*, v. 4, p. 164-165, 1994.

FUCK, R. A. A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins. *SBG, Simpósio de Geologia do Centro-Oeste*, v. 4, p. 184-187, 1994.

GIBSON S. A., Thompson R. N., Leonardos O. H., Dickin A. P., Mitchell J. G. 1995. The Late Cretaceous impact of the Trindade mantle plume: Evidence from large-volume, mafic, potassic magmatism in SE Brazil. *Journal of Petrology*, 36(1): 189-229.

GODARD, G.; MARTIN, S. Petrogenesis of kelyphites in garnet peridotites: a case study from the Ulten zone, Italian Alps. *Journal of Geodynamics*, v. 30, n. 1-2, p. 117-145, 2000.  
HAGGERTY, Stephen E. Upper mantle mineralogy. *Journal of Geodynamics*, v. 20, n. 4, p. 331-364, 1995.

HARTE, Ben. Rock nomenclature with particular relation to deformation and recrystallisation textures in olivine-bearing xenoliths. *The Journal of Geology*, v. 85, n. 3, p. 279-288, 1977.

HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, Jack; DEER, W. An introduction to the rock-forming minerals. London, UK: Longman, 2013.

KRETZ, Ralph. Symbols for rock-forming minerals. *American mineralogist*, v. 68, n. 1-2, p. 277-279, 1983.

LIMA, Otávio Nunes Borges; UHLEIN, Alexandre; DE BRITTO, Walter. Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra da Saudade e geologia do depósito fosfático de Cedro do Abaeté, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, n. 4 suppl, p. 204-215, 2007.

MACHADO, F. B., Nardy, A. J. R., Rocha Junior, E. R. V., Marques, L. S., & Oliveira, M. A. F. D. (2009). Geologia e litogeoquímica da Formação Serra Geral nos estados de Mato grosso e Mato Grosso do Sul. *Geociências*, 523-540.

MARINI, O. J. et al. A evolução geotectônica da Faixa Brasília e do seu embasamento. *Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas faixas marginais*, v. 1, n. 1981, p. 100-113, 1981.

MILANI, E. J. 2004. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, CDR, 265-291. (2004).

NANNINI, Felix. Geologia e petrologia de xenólitos mantélicos da província ígnea do alto Parnaíba, Minas Gerais. 2016.

NIXON, Peter H. *Mantle Xenoliths*. 1987.

NAVARRO, Guillermo Rafael Beltran; ZANARDO, Antenor; DA CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini. O Grupo Araxá na região sul-sudoeste do Estado de Goiás. *Geologia USP. Série Científica*, v. 13, n. 2, p. 5-28, 2013.

PEARSON, D. G., Canil, D., & Shirey, S. B. (2003). *Mantle Samples Included in Volcanic Rocks: Xenoliths and Diamonds. Treatise on Geochemistry*, 171–275.

PEREIRA R.S. & Fuck, R.A. 2005. Kimberlitos e rochas relacionadas no Cráton do São Francisco. In: *Simp. Cráton do São Francisco*, 3, Salvador, Bahia, Anais, p. 114-117.

PEREIRA, Rogério Silvestre. Cráton do São Francisco, kimberlitos e diamantes. 2007.

PIMENTEL, M. M. et al. The basement of the Brasília fold belt and the Goiás magmatic arc. *Tectonic Evolution of South America*, v. 31, p. 195-229, 2000.

PEREIRA, Luciana Felício et al. Evolução geológica dos grupos Canastra e Ibiá na região entre Coromandel e Guarda-Mor, MG. Geonomos, 1994.

PEREIRA, L.F. - 1992 - Relações Tectôno-estratigráficas entre as unidades Canastra e Ibiá na região de Coromandel, MG. Dissertação de mestrado. Brasília. UnB, Inst. Geoc. 75p. (inédita)

PIMENTEL, M. M.; JOST, H.; FUCK, R. A. O embasamento da Faixa Brasília eo arco magmático de Goiás. *Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, p. 355-358, 2004.

RADAMBRASIL. 1982. Folha SD.23. Brasília. Rio de Janeiro, DNPM, 660p.

SAAD, A., CAMPANHA, V., CABRAL JÚNIOR, M., ETCHEBEHERE, M. D. C., PULEGHINI FILHO, P., MOTTA, J., & PAULA E SILVA, F. (1988). Cenários do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. In *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA* (Vol. 35, pp. 894-904).

SCHOBENHAUS, Carlos; BRITO NEVES, Benjamim Bley de. A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. Brasília, CPRM, p. 5-25, 2003.

STRECKEISEN, A., 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.* 12: 1-3.

TAYLOR-JONES, K.; POWELL, R. Interpreting zirconium-in-rutile thermometric results. *Journal of Metamorphic Geology*, v. 33, n. 2, p. 115-122, 2015.

TAYLOR, Lawrence A.; NEAL, Clive R. Eclogites with oceanic crustal and mantle signatures from the Bellsbank kimberlite, South Africa, Part I: mineralogy, petrography, and whole rock chemistry. *The Journal of Geology*, v. 97, n. 5, p. 551-567, 1989.

TOMKINS, H. S.; POWELL, Roger; ELLIS, D. J. The pressure dependence of the zirconium-in-rutile thermometer. *Journal of metamorphic Geology*, v. 25, n. 6, p. 703-713, 2007.

TRIEBOLD, Silke et al. Deducing source rock lithology from detrital rutile geochemistry: an example from the Erzgebirge, Germany. *Chemical geology*, v. 244, n. 3-4, p. 421-436, 2007.

UHLEIN, Alexandre et al. TECTÔNICA DA FAIXA DE DOBRAMENTOS BRASÍLIA–SETORES SETENTRIONAL E MERIDIONAL. *Geonomos*, 2012.

VALERIANO, C. de M. et al. Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. *Geological Society, London, Special Publications*, v. 294, n. 1, p. 197-210, 2008.

ZACK, Thomas et al. Trace element abundances in rutiles from eclogites and associated garnet mica schists. *Chemical Geology*, v. 184, n. 1-2, p. 97-122, 2002.

ZACK, Thomas; KOOIJMAN, Ellen. Petrology and geochronology of rutile. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, v. 83, n. 1, p. 443-467, 2017.

ZACK, T.; MORAES, R.; KRONZ, A. Temperature dependence of Zr in rutile: empirical calibration of a rutile thermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 148, n. 4, p. 471-488, 2004a.

ZACK, T. v; VON EYNATTEN, H.; KRONZ, A. Rutile geochemistry and its potential use in quantitative provenance studies. *Sedimentary Geology*, v. 171, n. 1-4, p. 37-58, 2004b.

## **APÊNDICE: FICHAS DE DESCRIÇÃO**

## SUMÁRIO

Dunito .....	101
Eclogito .....	104
Granada Lherzolito .....	110
Granada Clinopiroxenito .....	146
Espinélio Harzburguito .....	149
Espinélio Olivina Websterito .....	155
Anfibólio Granada Websterito .....	158
Anfibólio Granada Olivina Websterito .....	161
Xenólitos Allterados .....	164

## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 165

**Litologia:** Dunito

**Data:** 15/10/2020

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Amostra de mão: dois fragmentos de uma mesma amostra. O maior possui cerca de 9cm de comprimento e 5cm de largura. O fragmento menor possui cerca de 6cm de comprimento e 5cm de largura. Ambos possuem uma face que está polida. A rocha possui coloração esverdeada. A olho nu é possível distinguir duas feições principais: a presença de porfiroclastos de olivina, com aproximadamente 2mm, subhedrais, de coloração mais clara; envoltos por uma matriz de tom verde bem escuro, afanítica, compostas por cristais de olivina.

Na face polida de ambos os fragmentos, a coloração da amostra é muito escura, sem cristais visíveis a olho nu. Em ambos também, é presente uma estrutura de veio em tom verde oliva, preenchida por cristais subhedrais de olivina.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Olivina (98%)

**Minerais Secundários:** mineral alterado, biotita (2%)

#### **Textura da Lâmina:**

Textura granular. Com base no sumario de classificação textural de Harte (1977), a lâmina da amostra Can - 165 possui textura mosaico porfiroclástica, com a olivina encontrada de duas maneiras distintas (matriz e porfiroclastos). É possível distinguir duas colorações na matriz: na maior parte da lâmina, a matriz possui coloração verde escuro; em uma pequena porção, a matriz de olivina admite coloração mais clara, verde oliva

**Descrição dos minerais:**

**Olivina:** a olivina, cristal praticamente único na lâmina, é encontrada de duas formas principais. A primeira é na forma de porfiroclastos arredondados, incolores, anedrais, muito fraturados e a maioria com extinção ondulada. O contato dos porfiroclastos com a matriz é muito irregular. Em alguns porfiroclastos, presença de argilominerais preenchendo as fraturas, originado pela alteração do cristal de olivina.

A segunda maneira é na matriz, com neoblastos equigranulares em textura mosaico, pouco arredondados, esféricos e muito menores. O contato entre os cristais da matriz ocorre de forma retilínea e angulada. No contato entre três cristais da matriz forma-se ângulos em torno  $120^\circ$ . Há alguns poucos contatos irregulares e curvos.

Pseudomorfos de olivina alterados, preenchidos por serpentina.

**Amarelo de cor de interferência alta, fibroso:** argilominerais do grupo da esmectita

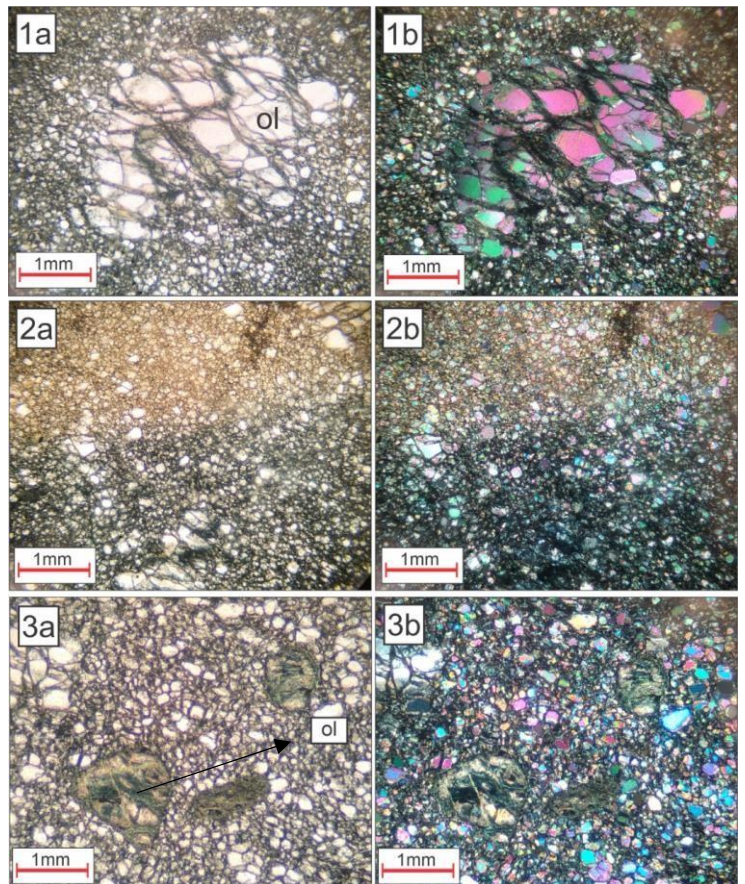
**Nontronita:** cor mais verde limao, alteração.

**Observações Importantes:****Amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2021

**Número da amostra:** Can - 109

**Litologia:** Eclogito

**Data:** 22/10/2020

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Holocristalina e maciça. Textura fanerítica. Com aproximadamente 4,5 cm de altura e 5,5 cm de largura. Uma das faces está polida. A amostra possui três colorações principais: uma massa clara, esbranquiçada e sem cristais visíveis; cristais escuros, pretos, com leve orientação preferencial (perceptível principalmente na face polida); e cristais arredondados, esféricos e marrom avermelhados de granada

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Granada (30-35%), clinopiroxênios (~55%), anfibólio (~3%).

**Minerais Secundários:** opacos, rutilo (~5%), biotita.

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura fanerítica, granulação fina à média e alotriomórfica. De acordo com a classificação de Harte (1977) para xenólitos, a amostra 109 possui textura Mosaico Porfiroclástica, sem cristais de olivina e com porfiroclastos de granada, além de outras populações mais finas. O contato entre os cristais é majoritariamente irregular.

**Descrição dos minerais:**

**Granada:** ocorre na forma de cristais angulosos, a maioria esféricos e incolores em lâmina. Todos os cristais de granada encontram-se fraturados. Possuem em média 0,3 cm. Os contatos são extremamente irregulares. Feição de agulhas em alguns cristais, quando em maior aumento. Tais agulhas são indicadores de exsolução.

**Anfibólios:** os anfibólios possuem coloração amarronzada, amarelada. Muito pleocróicos, possuem estrias paralelas e finas, mas muito evidentes. Os cristais são subhedrais a anedrais. O contato entre os anfibólios é, majoritariamente, irregular. Estão sempre associados a massas amarronzadas amorfas e raramente a biotita.

**Clinopiroxênio:** constituem a maior parte da lâmina, pois compõe a matriz da mesma. A matriz possui coloração bege, amarelada. Os cristais são pequenos, menores que 0,1 cm, inequigranulares, anedrais a subhedrais. Muito angulosos e pouco esféricos.

**Biotita:** possui coloração marrom clara, muito pleocróica. Cristais anedrais a subhedrais, ocorre sempre associada as regiões de alteração, próxima ao anfibólio.

**Rutilo:** cristais subhedrais de coloração marrom avermelhada muito forte. Ocorrem sempre associados as zonas de alteração e aos minerais opacos. A maioria dos cristais de rutilo possui hábito granular, muito esférico.

**Opacos:** cristais anedrais, raramente subhedrais, ocorrem sempre associados aos rutilos e as zonas de alteração.

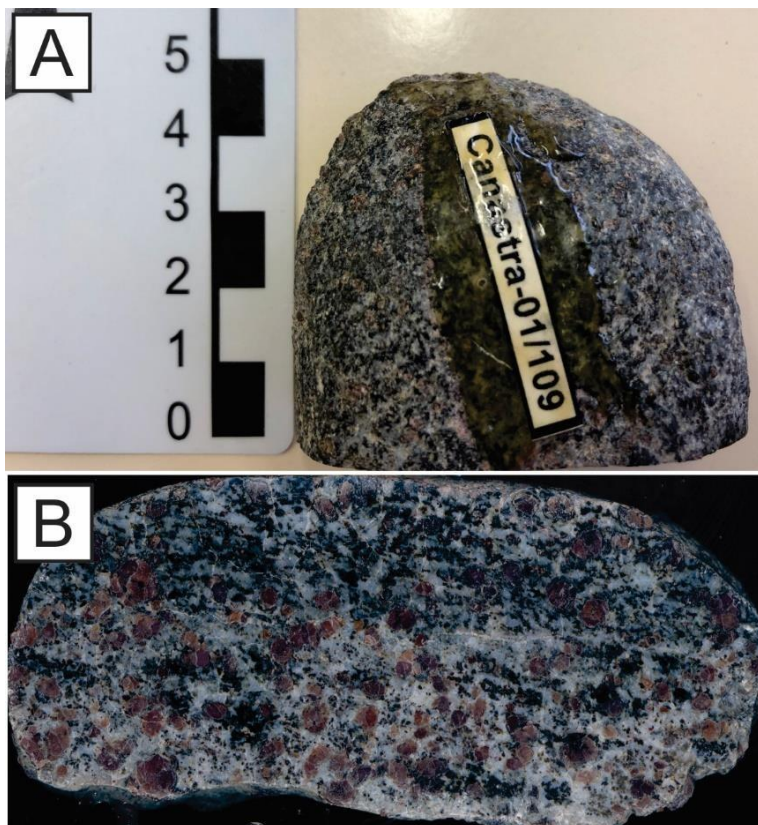
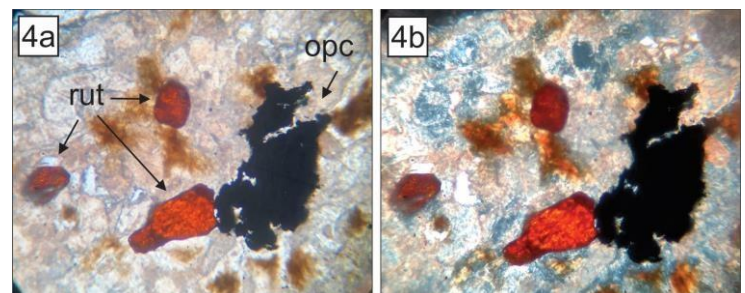
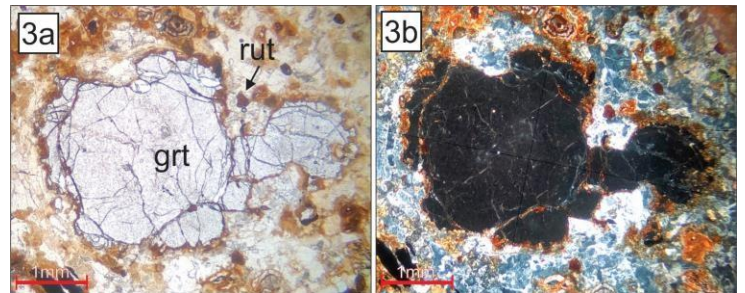
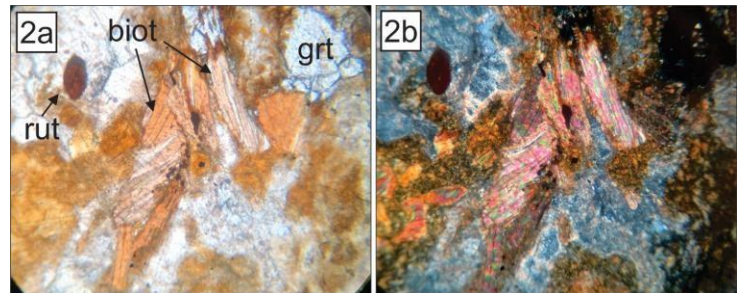
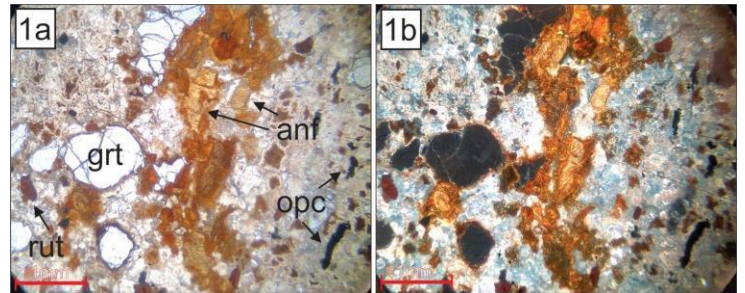
**Observações Importantes:****Foto da amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP  
Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra: Can - 156**

**Litologia: Eclogito**

**Data: 22/09/2021**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Holocristalina e maciça. Textura fanerítica. Com aproximadamente 7cm de altura e 5,5cm de largura. Uma das faces está polida. A amostra possui três famílias mineralógicas principais: uma massa clara, esbranquiçada e sem cristais visíveis; cristais escuros, pretos, sem hábito definido, e cristais de granada, avermelhados, que perfazem grande parte da amostra, ocorrendo aglomerados.

A amostra contém resina na parte central, utilizada para colar novamente prováveis dois fragmentos da mesma amostra.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Granada (35%), clinopiroxênios (~10%), plagioclásio (45%).

**Minerais Secundários:** opacos (~1%), rutilo (5%), material fino intersticial (4-5%)

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina compacta, de textura fanerítica, granulação fina à média e alotriomórfica. De acordo com a classificação de Harte (1977) para xenólitos, a amostra 156 possui textura Mosaico Porfiroclástica, sem cristais de olivina e com porfiroclastos de granada, além de outras populações mais finas. O contato entre os cristais é majoritariamente irregular.

**Descrição dos minerais:**

**Granada:** cristais anedrais a subhedrais, de hábito granular e de coloração castanha clara no microscópio. Na lâmina as granadas encontram-se avermelhadas, sendo facilmente reconhecidas. São os maiores cristais da lâmina, com cristais entre 3 e 5mm. Ocorrem agregados na fração média da lâmina. Os contatos são extremamente irregulares. Todos os cristais de granada encontram-se fraturados. As granadas possuem intercrescimento de outros minerais. Feição de agulhas em alguns cristais, quando em maior aumento. Tais agulhas são indicadores de exsolução.

**Clinopiroxênios:** cristais anedrais a subhedrais. O hábito varia entre granular ou prismático (quando subhedral) e apresentam dimensões próximas a 1mm. Coloração esverdeada clara a acinzentada, não pleocróicos.

**Plagioclásio:** cristais incolores encontrados sobretudo na região superior da lâmina. Possuem geminação polissintética, extinção ondulante e alguns apresentam feições de intercrescimento.

**Rutilo:** cristais milimétricos, anedrais a subhedrais. Quando melhor formados, possuem hábito prismático. A coloração é sempre marrom avermelhada muito forte. Todos os cristais são muito angulosos. Ocorrem sempre associados às granadas e às zonas de maior alteração.

**Opacos:** cristais anedrais, raramente subhedrais, ocorrem sempre associados aos rutilos e as zonas de alteração.

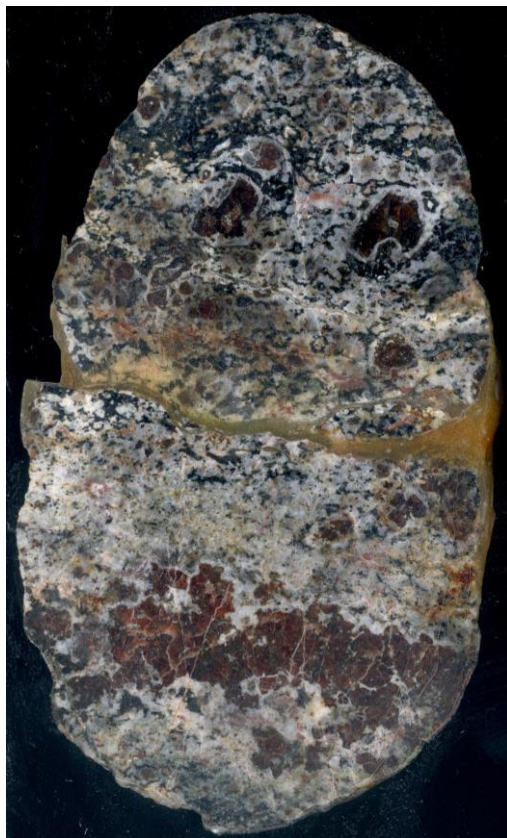
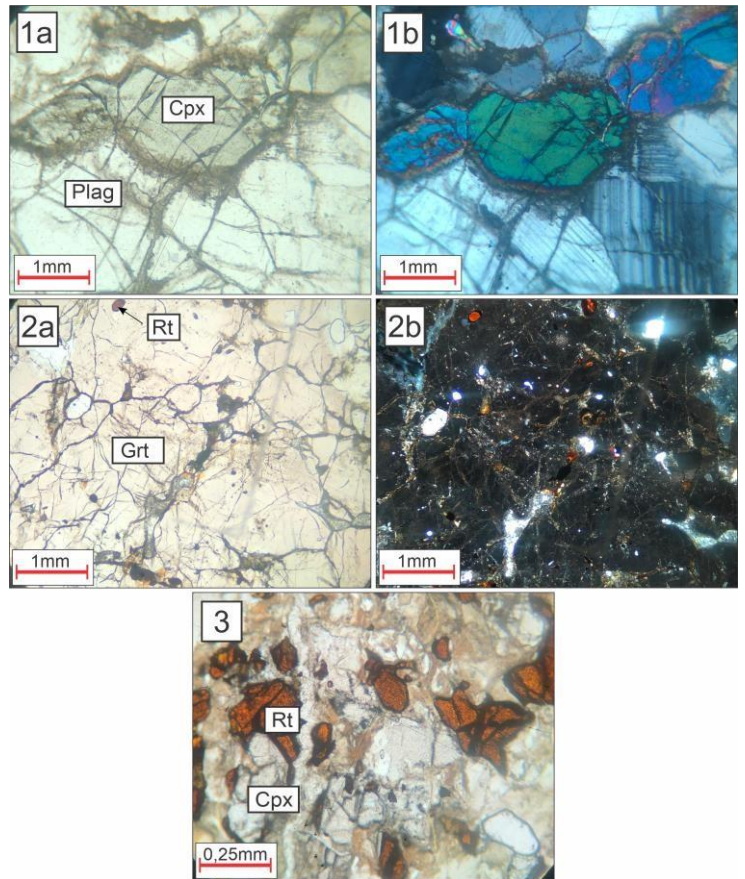
**Observações Importantes:****Foto da amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:

Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can – 86

**Litologia:** Granada Lherzolito

**Data:** 27/11/2020

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Amostra de mão composta por dois fragmentos grandes. O maior fragmento possui 14 cm de comprimento, enquanto o menor aproximadamente 10cm. Ambas as amostras estão muito bem preservadas, sem feições de alteração, e a maior possui uma face polida.

Estrutura compacta, holocristalina. Textura fanerítica, ultramelanocrática e granular. A coloração geral das amostras é verde clara, com tons manchados mais escuros. É facilmente notável cristais milimétricos de piroxênio, de hábito prismático ou tabular e cor verde. Além dos piroxênios, em toda a mostra é presente cristais esféricos de granada, de 1 a 2mm de diâmetro e cor rosada a avermelhada.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Olivina (~50%), Granada (~25%), Ortopiroxênio (~10%), Clinopiroxênio (~15%).

**Minerais Secundários:** anfibólio, micas, espinélio.

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura granular hipidiomórfica, porfirítica, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granular composta por neoblastos olivina, com orientação preferencial dos cristais em diversos pontos da lâmina; e uma população composta por porfiroclastos de granada e piroxênios. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, sem porfiroclastos de olivina. O contato é retilíneo, regular.

Existem focos com maiores graus de alteração, com material fino verde claro que preenche os interstícios entre as olivinas. Tais pontos na lâmina sempre estão associados a porfiroclastos de piroxênio próximos.

### Descrição dos minerais:

**Ortopiroxênio:** cristais subhedrais, tabulados e angulosos, com aproximadamente 4mm de comprimento. Todos os cristais estão muito fraturados.

**Clinopiroxênio:** cristais subhedrais, tabulares, angulosos, de dimensões iguais aos dos ortopiroxênios. Alguns cristais apresentam textura de exsolução laminar.

**Granada:** cristais esféricos, granulares, levemente rosados. Todos se encontram fraturados. A dimensão dos cristais de granada varia entre 1 e 4mm. Todos os cristais apresentam borda quelíptica, tornando-os facilmente distinguíveis.

**Olivina:** cristais granulares, esféricos, angulosos e incolores. A dimensão média dos cristais é de 0,5mm aproximadamente, contudo, há cristais que podem chegar a 1mm de comprimento. A olivina compõe a matriz da rocha. Em diversos pontos da lâmina é possível observar direção preferencial dos cristais, principalmente ao redor dos porfiroclastos. Também é muito presente o contado retilíneo de 120 ° característico das olivinas. O espaço entre alguns cristais é preenchido por um mineral mais fino.

**Minerais opacos:** de hábito granular, ocorrem associados ao espinélio, em pontos de alteração dos piroxênios.

**Espinélio:** coloração verde escura, hábito granular, cristais muito esféricos. Ocorrem sempre associados aos piroxênios, em focos de maior alteração dos porfiroclastos.

**Anfibólio e micas:** presentes nos principais focos de alteração da lâmina, próximo à cristais de piroxênio e granada. Únicos cristais pleocróicos da lâmina, adotando tons laranjas e castanhos.

### Observações Importantes:

Sem veios, presença de material fino intersticial, ocorrência de opacos e espinélio principalmente em conjuntos de ortopiroxênios. Mineral 1 verde claro, dentro de um cristal maior de clinopiroxênio, encontrado em outras lâminas (CAN 165 – Dunito).

### Amostra de mão:

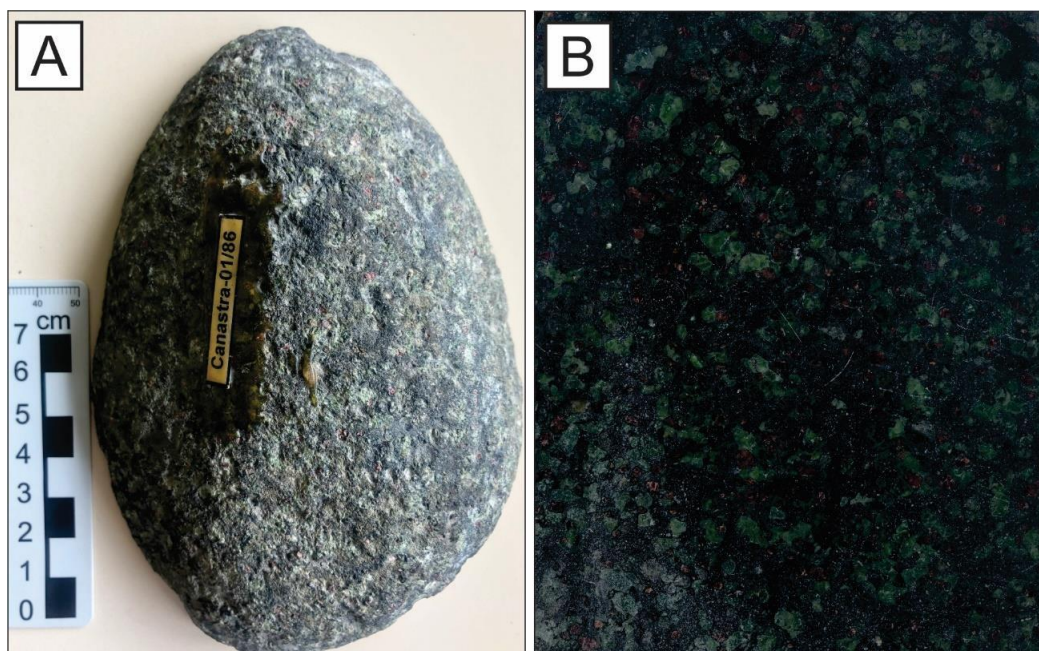
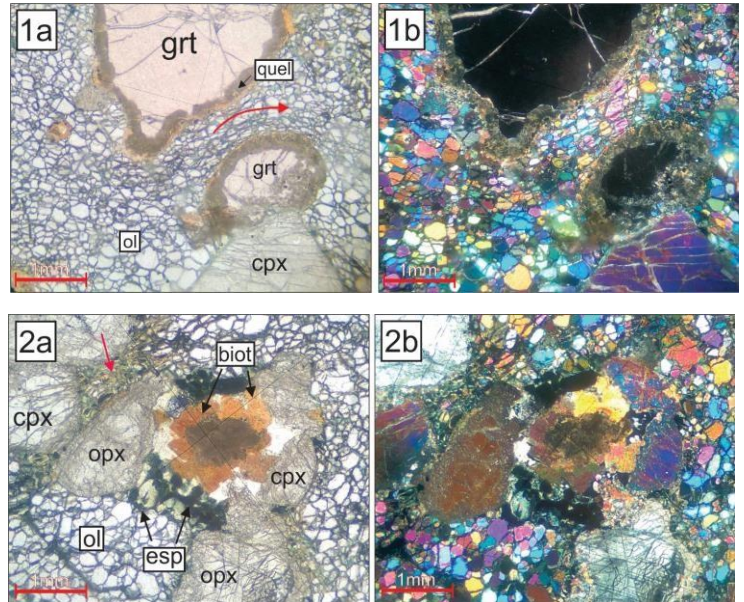


Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra: Can – 87**

**Litologia: Granada Lherzolito**

**Data: 19/02/2021**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Dois grandes fragmentos de amostra, o maior possui uma face polida e o menor duas faces serradas. O maior fragmento possui cerca de 15cm de comprimento e 6cm de largura. O menor possui 9cm de comprimento e 6 de largura.

A rocha possui estrutura maciça e holocristalina, de textura fanerítica a subfanerítica e granulação fina a média. Apresenta coloração esverdeada, com focos amarelados e verde escuros. Na face polida, possível observar cristais verde claro, de habito prismático/tabular, de piroxênio, com dimensões entre 0,2 e 0,5cm. Junto dos piroxênios, a outra família visível são cristais arredondados e esféricos de granada, de coloração avermelhada escura, com cerca de 0,1 cm. A matriz da rocha possui coloração castanha clara, sem cristais visíveis.

#### Microscópica

**Principais Minerais: Olivina (~55%), Granada (~15%), Clinopiroxênio (~10%), Ortopiroxênio**

**Minerais Secundários: Material fino intersticial.**

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura fanerítica fina a média, granular hipidiomórfica, porfiroblástica, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granular fina composta por neoblastos de olivina; e uma população composta por porfiroclastos de granada arredondadas e piroxênios. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, sem porfiroclastos de olivina.

A lâmina apresenta um grau de alteração mais elevado, principalmente na parte superior, onde a coloração da matriz admite tons verde claros. Presença de veios e material fino intersticial, de coloração verde ou alaranjada e pleocroísmo de tons castanhos, que preenche fraturas e contatos.

### Descrição dos minerais:

**Olivina:** olivinas incolores, subhedrais, esféricas e angulosas. As dimensões dos cristais variam muito. Quando próximo aos porfiroclastos, são, em maioria, menores que 0,2mm. Quando afastadas dos cristais de granada e piroxênio, ocorrem grupos de olivinas que admitem dimensões de até 0,6mm de tamanho. As olivinas compõem a matriz da lâmina. O contato é retilíneo, regular, e o contato característico de neoblastos de olivina, de 120 graus, é muito presente. Presente feições de alteração onde as olivinas apresentam colorações esverdeadas e pontos opacos, com material fino intersticial. Quando próximas aos porfiroclastos, as olivinas menores apresentam leve orientação, que segue o contato com o cristal maior.

**Granadas:** porfiroclastos granulares, arredondados, muito alterados e muito esféricos. Na lâmina, os cristais de granada encontram-se totalmente alterados, sendo apenas possível observar a feição quelifítica, característica do mineral nas amostras de granada lherzolitos descritas, e pequenos cristais opacos. O tamanho das granadas varia entre 1mm e 3mm.

**Clinopiroxênio:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, de hábito granular (alguns cristais apresentam hábito tabular), incolores, faturados e sem pleocroísmo visível. As dimensões dos clinopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. O contato dos cristais de clinopiroxênios é curvo e irregular.

**Ortopiroxênios:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, de coloração muito levemente rosada, granulares e esféricos. O tamanho dos clinopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. O contato dos ortopiroxênios é curvo e irregular.

### Observações Importantes:

Grau de alteração maior que as demais lâminas. Ocorrência de um veio, preenchido de material fino verde claro pleocróico. Próximo ao veio, o grau de alteração dos cristais de olivina e piroxênio são muito maiores, no qual o material fino intersticial preenche fraturas e contatos.

### Amostra de mão:

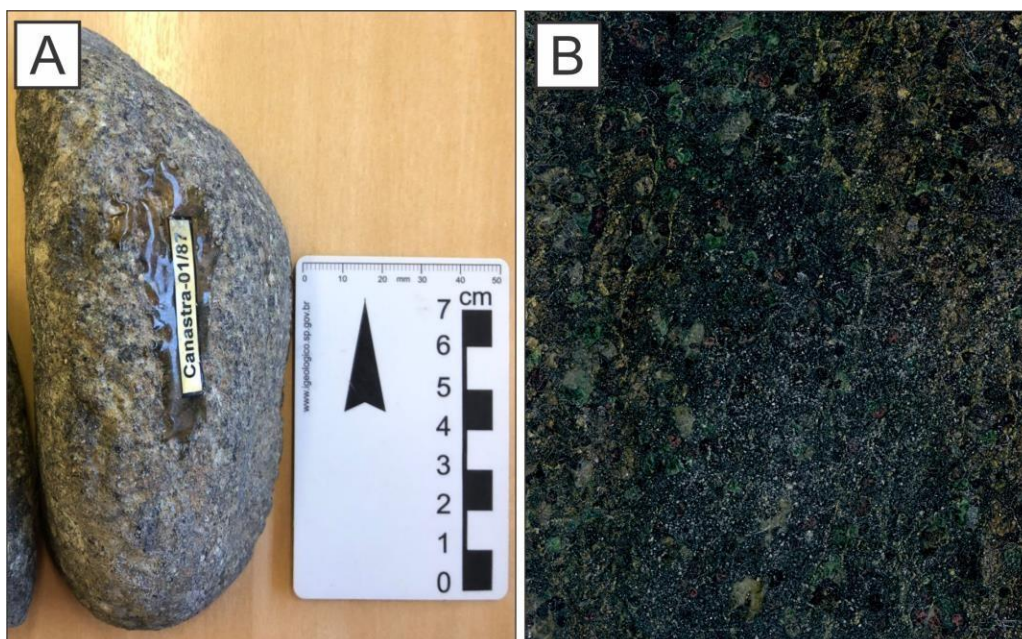
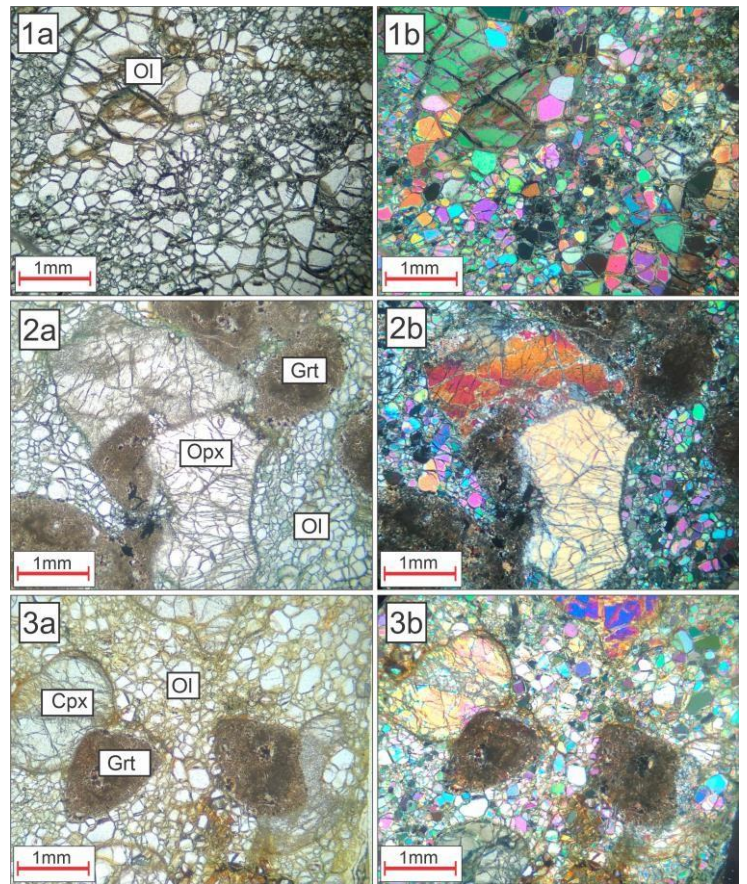


Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 97

**Litologia:** Granada Lherzolito

**Data:** 18/02/2021

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Dois fragmentos de amostra, o maior possui uma face polida e o menor duas faces serradas. O maior fragmento possui cerca de 12cm de comprimento e 6,5cm de largura. O menor possui dimensões aproximadas de 5cm de comprimento e largura.

A rocha possui coloração esverdeada, com focos amarelados e verde escuros. A face natural da amostra apresenta leve alteração. Textura fanerítica, holocristalina e estrutura maciça.

Possível observar cristais verde claro, de habito prismático/tabular, de piroxênio, com dimensões entre 0,2 e 0,5cm. Junto dos piroxênios, a outra família visível são cristais arredondados e esféricos de granada, de coloração avermelhada escura, com cerca de 0,2 cm.

A matriz da rocha possui coloração castanha clara, sem cristais visíveis.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Olivina (55%), ortopiroxênio (~15%), clinopiroxênio (~10%) e granada (20%).

**Minerais Secundários:** Material intersticial fino verde claro, presente em veios e preenchendo fraturas e

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura fanerítica fina a média, granular hipidiomórfica, porfirobástica, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granular fina composta por neoblastos de olivina; e uma população composta por porfiroclastos de granada arredondadas e piroxênios. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, sem porfiroclastos de olivina.

**Descrição dos minerais:**

**Olivina:** olivinas incolores, subhedrais, esféricas, angulosas e majoritariamente equigranulares. As dimensões dos cristais são, em maioria, menores que 0,2mm, contudo, há cristais maiores, incolores, de 0,4mm de tamanho. As olivinas compõem a matriz da lâmina. O contato é retilíneo, regular, e o contato característico de neoblastos de olivina, de 120 graus, é muito presente. Presente feições de alteração onde as olivinas apresentam colorações alaranjadas e esverdeadas, com material fino intersticial em alguns pontos da lâmina.

**Granadas:** porfiroclastos granulares, arredondados, subhedrais, levemente rosados e muito esféricos. Os cristais encontram-se muito fraturados. O tamanho das granadas varia entre 0,1 e 0,3cm. As bordas das granadas são muito marcadas pela feição de alteração quelifítica.

**Clinopiroxênio:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, granulares, esféricos, incolores, faturados e sem pleocroísmo visível. As dimensões dos clinopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. O contato dos cristais de clinopiroxênios é curvo e irregular. Presente um cristal de piroxênio com foliação SC, típica de processos de recristalização e estiramento.

**Ortopiroxênios:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, incolores, granulares e esféricos. O tamanho dos clinopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. Os ortopiroxênios apresentam feição em cauda, característica de recristalização, com microcristais de piroxênio.

**Observações Importantes:**

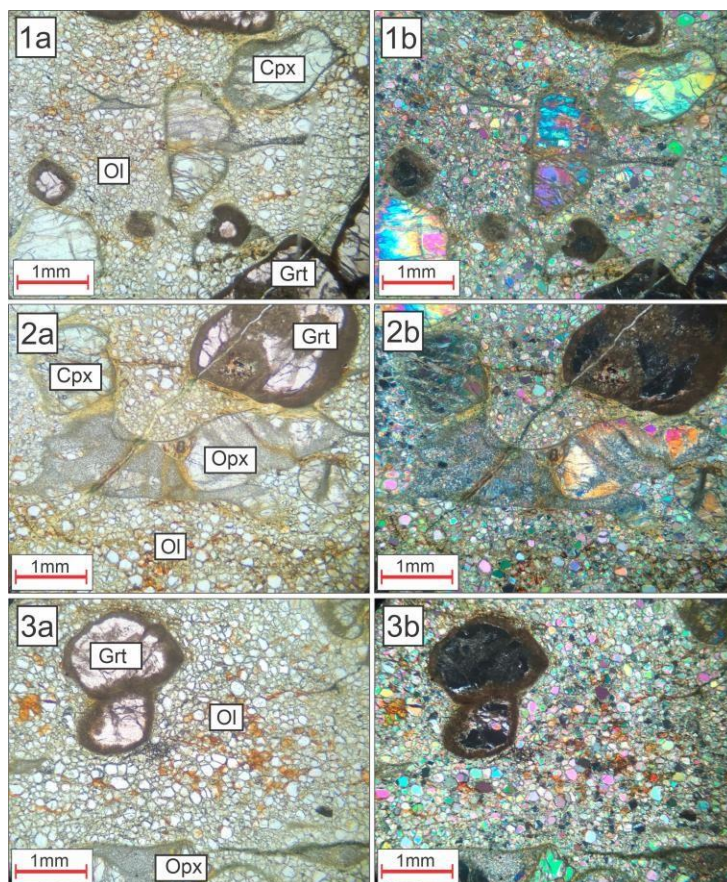
Presença de veios preenchidos pelo mesmo material intersticial das olivinas.

**Foto da amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 101      **Litologia:** Granada Lherzolito      **Data:** 22/02/2021

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Amostra única, com uma face polida, de aproximadamente 8cm de comprimento e 6 cm de largura. O grau de alteração da amostra é visivelmente superior às demais, evidenciado principalmente pela matriz completamente alterada, de coloração castanha. O tom geral da amostra evidencia os cristais remanescentes de piroxênio e granada. O estado de preservação da amostra na face polida é melhor.

A rocha possui estrutura maciça e holocristalina, de textura fanerítica, porfírica e granulação fina a média. De maneira geral, apresenta coloração castanha. Visíveis cristais verdes de piroxênio, de hábito prismático e dimensões entre 2 e 5mm. Presentes também cristais escuros e prismáticos de piroxênio, com aproximadamente 2mm. Junto dos piroxênios, a outra família visível são cristais arredondados e esféricos de granada, de coloração avermelhada escura, com cerca de 0,1 cm. A matriz da rocha possui coloração castanha clara, sem cristais visíveis.

Na face polida a visibilidade dos cristais e da matriz é melhor. A matriz encontra-se mais preservada e admite tons escuros. Os cristais de piroxênio (ambos os verdes e os escuros) são evidenciados e os cristais escuros descritos anteriormente se apresentam incolores ou levemente acinzentados.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Olivina (~60%), Granada (~15%), Clinopiroxênio (~15%), Ortopiroxênio (~10%)

**Minerais Secundários:** Material fino intersticial, piroxênios resultantes de recristalização.

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura fanerítica, granulação fina a média, hipidiomórfica e porfírica, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granular fina composta por neoblastos de olivina; e uma população composta por fenocristais de granada granulares, piroxênios e poucos de olivina. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, com menos de 10% das olivinas na forma de fenocristais.

Muito presente na lâmina feições de recristalização nos fenocristais de ambos os piroxênios, resultando em neoblastos do mesmo mineral. Essa feição ocorre em texturas similares a caudas, nas bordas dos cristais de piroxênio e na forma de intercrescimento em cristais de granada.

Presença de material fino intersticial, oriundo da alteração da rocha, de coloração verde oliva a castanha, que preenche fraturas e contatos.

**Descrição dos minerais:**

**Olivina:** olivinas incolores, subhedrais, de hábito granular, esféricas, angulosas e fraturadas. As dimensões dos cristais variam muito, entre 0,02mm e 0,3mm, sendo que os menores cristais se situam nas porções mais alteradas da lâmina e próximos aos fenocristais. Os porfiroclastos de olivina possuem hábito granular, porém alongado, atingindo tamanhos de até 1mm. As olivinas compõem a matriz da lâmina. O contato é retilíneo, regular, em textura de mosaico. O contato característico de neoblastos de olivina, de 120 graus, é muito presente. Presença de material fino esverdeado que preenche principalmente os contatos entre as olivinas.

**Granadas:** porfiroclastos granulares, castanhos, arredondados, fraturados e muito esféricos. O tamanho das granadas varia entre 0,3 e 1mm. Na borda dos cristais presente a feição quelifítica. Em um cristal de granada, ocorre recristalização de microcristais e intercrescimento dos mesmos.

**Clinopiroxênio:** porfiroclastos subhedrais, de hábito tabular, incolores, cinza pálido ou levemente castanhos, fraturados e sem pleocroísmo visível. Os cristais apresentam extinção ondulante. As dimensões dos clinopiroxênios varia entre 0,8 e 2mm. O contato dos cristais de clinopiroxênios é curvo e irregular, evidenciado muitas vezes pelos cristais recristalizados. Presença de feições de recristalização que preenchem fraturas e ocorrem nas bordas dos cristais, formadas por neoblastos milimétricos de piroxênio.

**Ortopiroxênios:** porfiroclastos subhedrais, incolores ou levemente castanhos, fraturados e de hábito tabular. Sem pleocroísmo visível. O tamanho dos ortopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. Presença de feições de recristalização, similares a caudas ou no perímetro do cristal, formadas por neo blastos milimétricos de ortopiroxênio. O contato é irregular e marcado pelos microcristais provenientes de recristalização.

**Observações Importantes:**

Porfiroclastos de olivina, recristalização dos piroxênios e intercrescimento de cristais de piroxênio recristalizados em granadas.

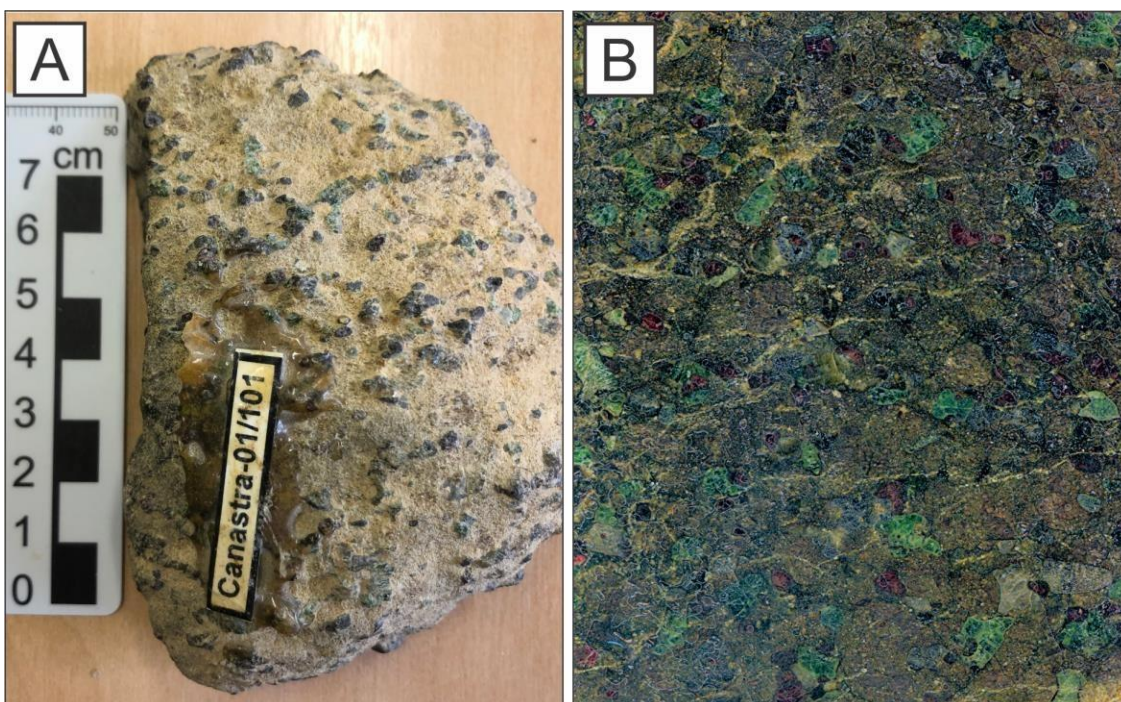
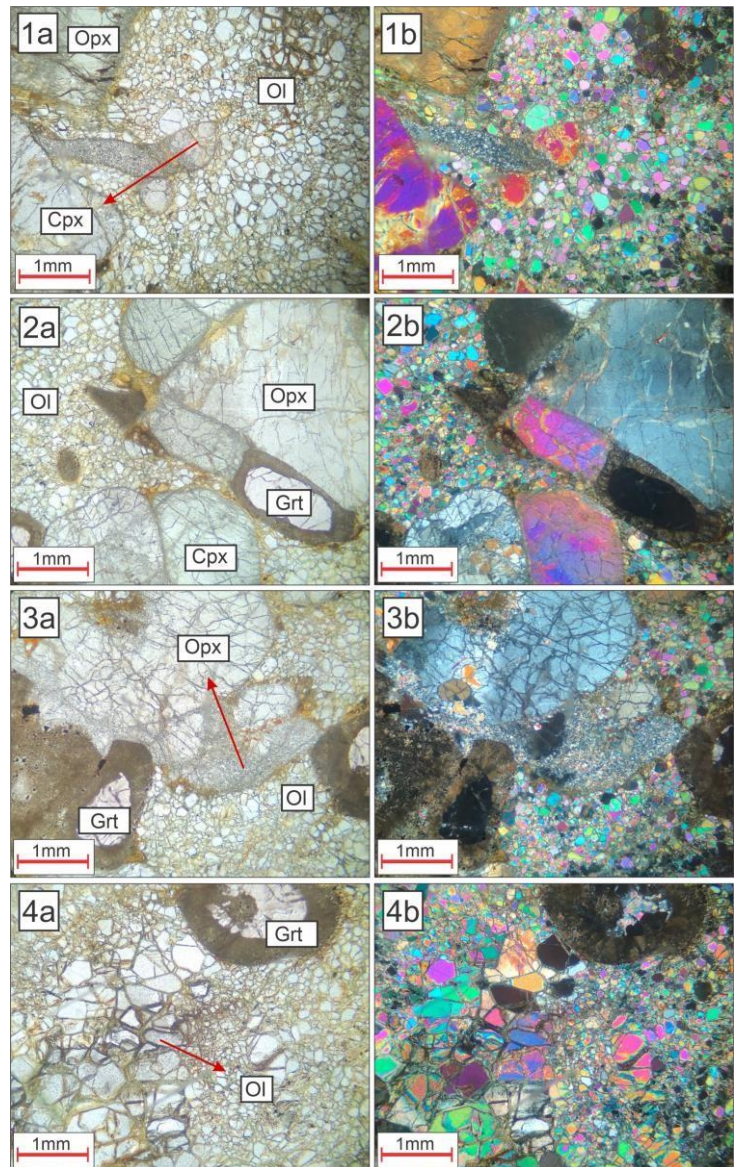
**Amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 103

**Litologia:** Granada Lherzolito

**Data:** 15/02/2021

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Dois fragmentos de amostra, arredondados, com uma face polida no maior e duas faces serradas no menor. O maior possui cerca de 10cm de comprimento e 6cm de largura. O menor possui dimensões de 6cm de comprimento e largura.

A rocha possui coloração marrom esverdeada, com tons castanhos claros em algumas porções. Apresenta feições de alteração, principalmente nas faces expostas e nos limites da face polida. Textura fanerítica, holocristalina e estrutura maciça.

Presença de cristais verde claro, de habito prismático/tabular, de piroxênio, com dimensões entre 0,2 e 0,5cm. Junto dos piroxênios, a outra família visível são cristais arredondados e esféricos de granada, de coloração avermelhada escura, com cerca de 0,2 cm.

A matriz da rocha possui coloração castanha clara, sem cristais visíveis.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Granada (~15%), Olivina (~55%), Ortopiroxênio (10-15%), Clinopiroxênio (~15%)

**Minerais Secundários:** material fino intersticial (~2%).

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura hipidiomórfica, de granulação fina a média e porfírica, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granoblástica composta por neoblastos de olivina; e uma população composta por porfiroclastos de granada e piroxênios, além de porfiroclastos isolados de olivina. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, com menos de 10% das olivinas na forma de porfiroclastos.

**Descrição dos minerais:**

**Olivina:** olivinas incolores à levemente esverdeadas, subhedrais, esféricas, angulosas e extremamente inequigranulares. As dimensões dos cristais são majoritariamente menores de 0,5mm, contudo, em alguns focos da lâmina, há cristais maiores, sempre incolores, de tamanhos acima de 0,1cm. As olivinas compõem a matriz da lâmina. O contato é retilíneo, regular, e o contato característico de neoblastos de olivina, de 120 graus, é muito presente. Ocorrem feições de alteração, com muitos pontos opacos e material fino intersticial. A coloração esverdeada das olivinas aparenta ser fruto da alteração. Não apresentam orientação preferencial.

**Granadas:** porfiroclastos arredondados, subhedrais, rosados, hora esféricos, hora alongados. O tamanho das granadas varia entre 0,1 e 0,3cm. Muito fraturados. Presença de cristais intersticiais, de olivina ou piroxênios. Há uma ocorrência de um cristal de granada dentro de um piroxênio. As bordas das granadas são muito marcadas pela feição de alteração quelifítica.

**Clinopiroxênio:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, incolores a levemente esverdeados, fraturados, sem pleocroísmo visível. As dimensões dos clinopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. O contato dos cristais de clinopiroxênios e os demais é majoritariamente irregular. No entorno dos cristais, presença de cristais finos amarelados a alaranjados, de relevo baixo e leve pleocroísmo variando entre tons castanhos, resultantes de alteração da rocha.

**Ortopiroxênios:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, levemente amarronzados/castanhos, fraturados, com contatos irregulares. O tamanho dos clinopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. Os cristais amarelados recorrentes da alteração sobre a rocha também se encontram nas bordas dos ortopiroxênios.

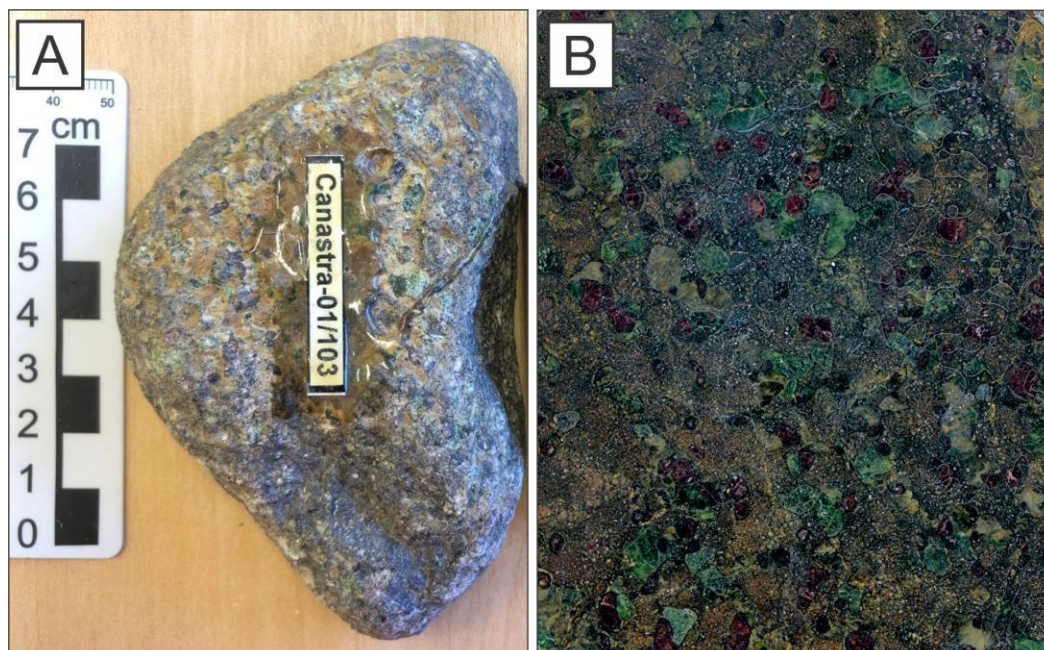
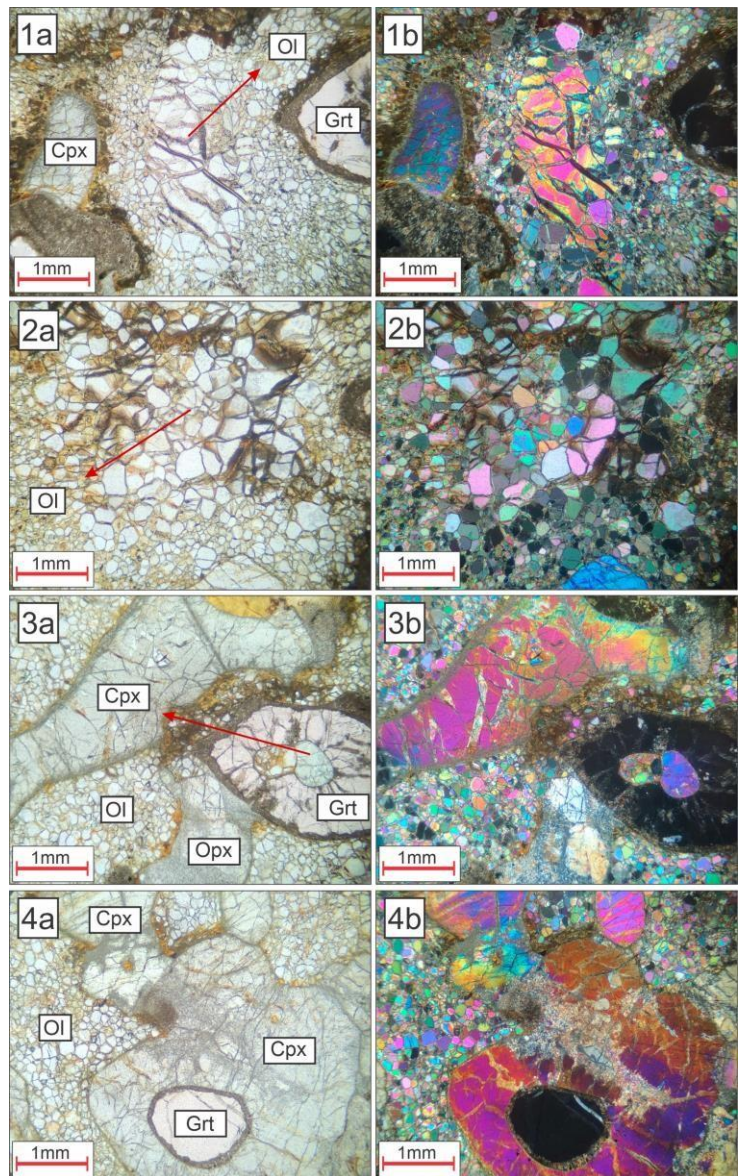
**Observações Importantes:****Amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra: Can - 108**

**Litologia: Granada Lherzolito**

**Data: 22/02/2021**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Fragmento único, com aproximadamente 10cm de comprimento e 6cm de largura. A amostra possui duas faces serradas.

A rocha possui estrutura maciça e holocristalina, de textura fanerítica a subfanerítica e granulação fina a média. De maneira geral, apresenta coloração esverdeada. Facilmente visíveis cristais verde-claros, de hábito prismático/tabular, de piroxênio, com dimensões entre 0,2 e 0,5cm. Junto dos piroxênios, a outra família mais abundante são de cristais arredondados e esféricos de granada, de coloração avermelhada escura, com cerca de 0,1 cm. Por fim, presentes alguns cristais de hábito tabular, com dimensões próximas aos cristais de piroxênio e cor preta. A matriz da rocha possui coloração castanha clara, sem cristais visíveis.

O grau de alteração da amostra, em comparação com as demais de mesmo litotipo, é mais elevado, evidenciando ainda mais os cristais visíveis.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Olivina (~55%), Granada (10-15%), Clinopiroxênio (15-20%), Ortopiroxênio (~10%)

**Minerais Secundários:** Material fino intersticial.

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de granulação fina a média, isotrópica, granular hipidiomórfica, porfiroblástica, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granular fina composta por neoblastos de olivina; e uma população composta por porfiroclastos de granada arredondadas e piroxênios. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, com poucos porfiroclastos de olivina isolados.

A amostra encontra-se bastante alterada, com presença de material fino intersticial, de coloração verde clara a amarelada, que preenche fraturas, contatos e ocorre principalmente nas bordas dos porfiroclastos.

**Descrição dos minerais:**

**Olivina:** olivinas incolores, subhedrais, esféricas e angulosas. As dimensões dos cristais variam entre 0,2mm e 0,4mm e os menores cristais se situam nas porções mais alteradas da lâmina. Ocorrem poucos porfiroclastos dispersos. As olivinas compõem a matriz da lâmina. O contato é majoritariamente irregular e o contato característico de neoblastos de olivina, de 120 graus, é muito presente. Ocorre material fino esverdeado que preenche principalmente os contatos entre as olivinas.

**Granadas:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, granulares, levemente rosados, a maioria esféricos e todos fraturados. O tamanho das granadas varia entre 1mm e 2mm. Na borda dos cristais é presente a feição quelíptica.

**Clinopiroxênio:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, de hábito granular a tabular, incolores ou castanhos, fraturados e sem pleocroísmo visível. Poucos cristais apresentam hábito prismático. As dimensões dos clinopiroxênios varia entre 2mm e 4mm. O contato dos cristais de clinopiroxênios é curvo e irregular.

**Ortopiroxênios:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, incolores ou castanhos, fraturados e de hábito tabular. Sem pleocroísmo visível. O tamanho dos ortopiroxênios varia entre 2mm e 4mm. O contato é curvo e irregular. Em um ponto da lâmina ocorre recristalização de um cristal de ortopiroxênio, com formação de neoblastos milimétricos do mesmo mineral.

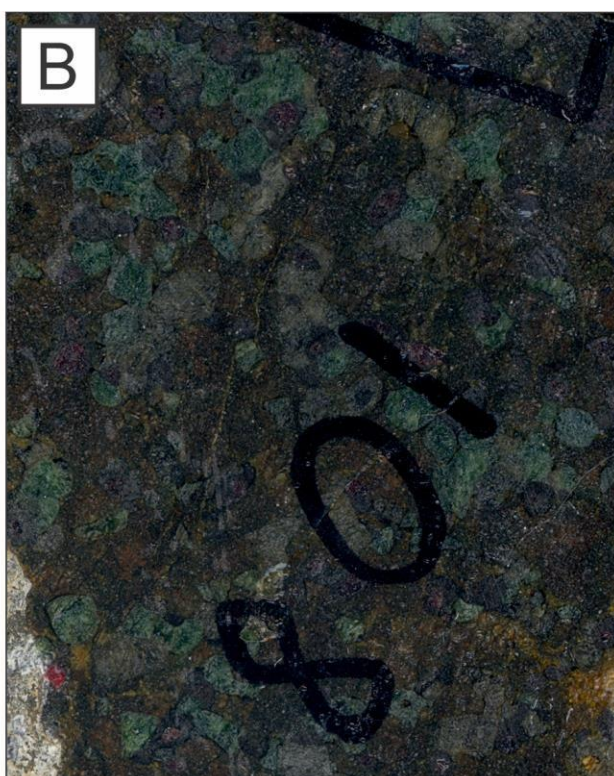
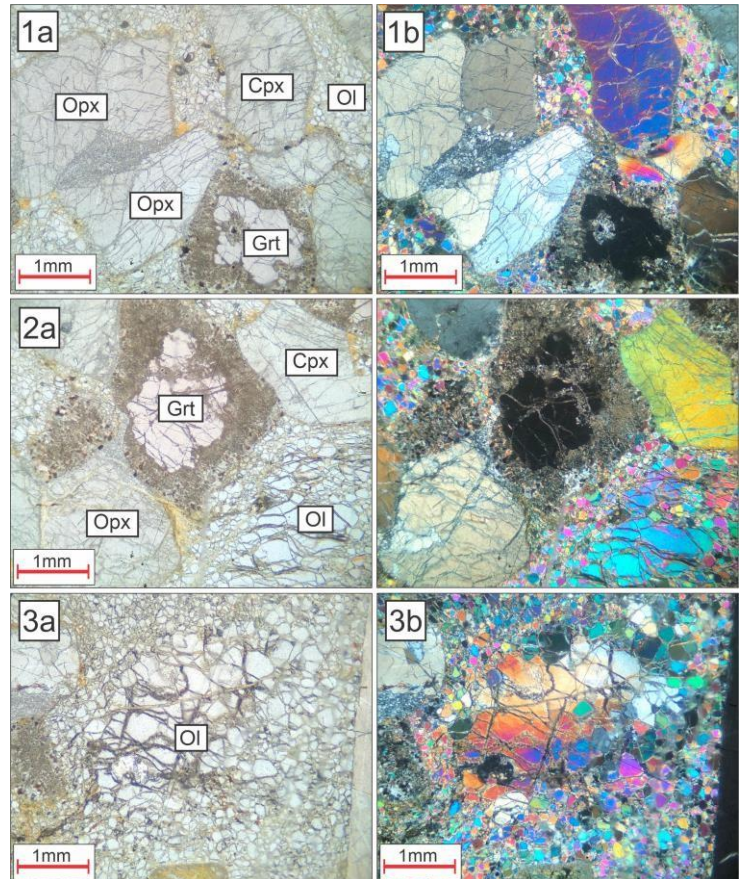
**Observações Importantes:****Amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 113

**Litologia:** Granada Lherzolito

**Data:** 22/02/2021

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Dois fragmentos de amostra, o maior possui uma face polida e o menor três faces serradas. O maior fragmento possui cerca de 7cm de comprimento e 5cm de largura. O menor possui dimensões aproximadas de 4cm.

A rocha possui estrutura maciça e holocristalina, de textura fanerítica a subfanerítica e granulação fina a média. De maneira geral, apresenta coloração cinza esverdeada. Apresenta cristais verde claro de piroxênio, de habito e dimensões entre 0,2 e 0,5cm. Junto dos piroxênios, a outra família visível são cristais arredondados e esféricos de granada, de coloração avermelhada escura, com cerca de 0,1 cm. A matriz da rocha possui coloração castanha clara, sem cristais visíveis.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Olivina (~45%), Granada (~20%), Clinopiroxênio (~15%), Ortopiroxênio (~20%).

**Minerais Secundários:** Material fino intersticial, ortopiroxênios resultantes da recristalização

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura fanerítica fina a média, granular hipidiomórfica, porfiroblástica, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granular fina composta por neoblastos de olivina; e uma população composta por porfiroclastos de granada arredondadas e piroxênios. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, sem porfiroclastos de olivina.

Ocorre na lâmina feições de recristalização nos porfiroclastos de ortopiroxênio, resultando em neoblastos do mesmo mineral. Essa feição ocorre em texturas similares a caudas, que saem dos cristais.

Presença de material fino intersticial, oriundo da alteração da rocha, de coloração verde oliva a castanha, que preenche fraturas e contatos.

**Descrição dos minerais:**

**Olivina:** olivinas incolores, subhedrais, esféricas e angulosas. As dimensões dos cristais variam muito, entre 0,2mm e 0,6mm, sendo que os menores cristais se situam no perímetro dos porfiroclastos. As olivinas compõem a matriz da lâmina. O contato é retilíneo, regular, e o contato característico de neoblastos de olivina, de 120 graus, é muito presente. Presença de material fino esverdeado que preenche principalmente os contatos entre as olivinas. Devido a alteração sobre a rocha, em diversos pontos da lâmina há a presença de material castanho escuro ou verde escuro que recobre parcialmente os cristais de olivina.

**Granadas:** porfiroclastos granulares, rosados, arredondados, fraturados e muito esféricos. O tamanho das granadas varia entre 1mm e 3mm. Na borda dos cristais presente a feição quelifítica.

**Clinopiroxênio:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, incolores, fraturados e sem pleocroísmo visível. A maioria dos cristais apresenta hábito granular, contudo, há cristais tabulares. As dimensões dos cristais variam entre 0,2cm e 0,4cm e o contato dos cristais de clinopiroxênio é curvo e irregular.

**Ortopiroxênios:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, incolores a levemente rosados, fraturados e esféricos. Não apresentam pleocroísmo. Os cristais apresentam hábito granular ou tabular. O tamanho dos ortopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,8cm e seu contato é curvo e irregular. Presença de feições de recristalização similares a caudas, formadas por neoblastos milimétricos de piroxênio.

**Observações Importantes:**

Textura de recristalização nos ortopiroxênios apenas. Ocorrência de material fino oriundo de alteração, que preenche o contato entre as olivinas e algumas fraturas. Também recorrentes da alteração, material verde escuro a castanho que ocorre sobre as olivinas.

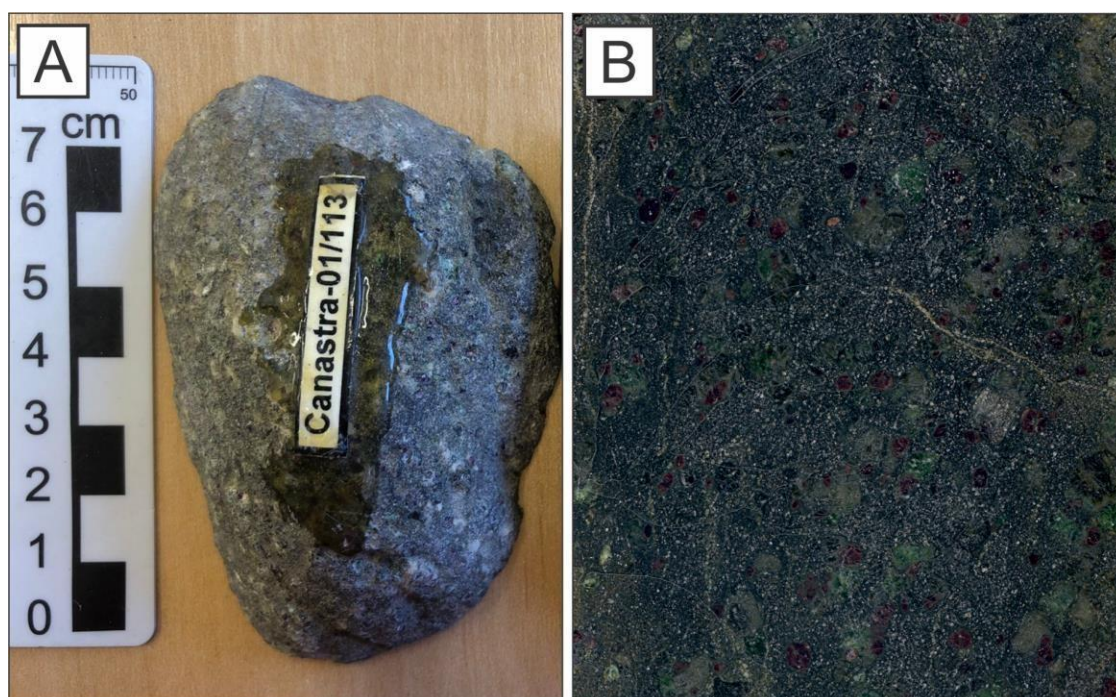
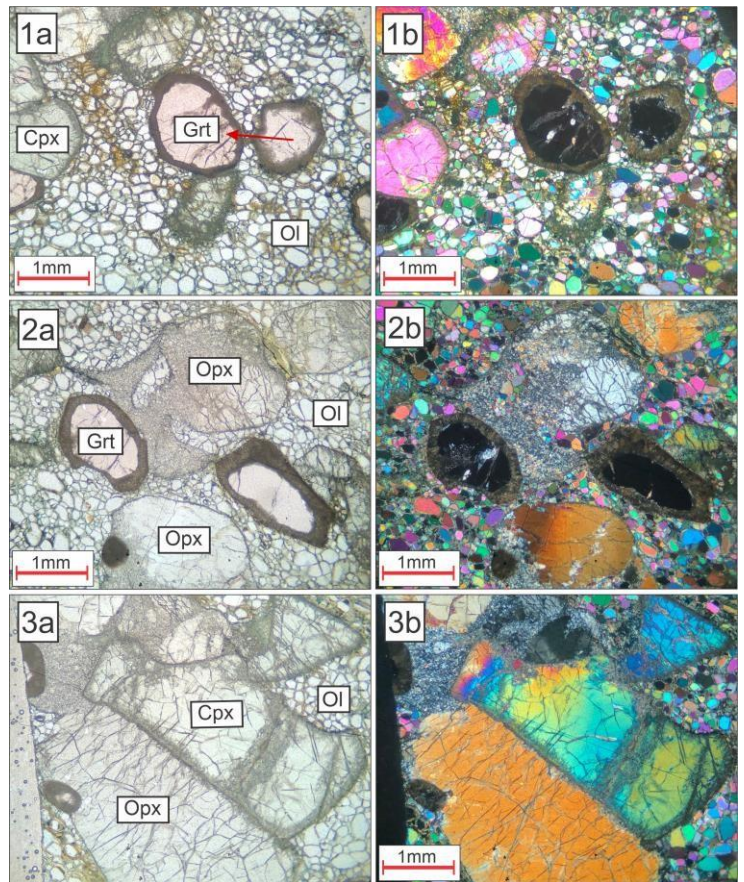
**Amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 115

**Litologia:** Granada Lherzolito

**Data:** 25/02/2021

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Dois grandes fragmentos de amostra, de feições ovaladas. O maior possui uma face polida e o menor duas faces serradas. O maior fragmento possui cerca de 9cm de comprimento e 5cm de largura. O menor possui 6cm de comprimento e 5cm de largura.

A rocha possui estrutura maciça e holocristalina, de textura fanerítica a subfanerítica e granulação fina a média. Apresenta coloração esverdeada. Na face polida, possível observar cristais verde claro de piroxênio, com habito prismático/tabular e dimensões entre 0,2 e 0,4cm. Presentes cristais também prismáticos/tabulares de piroxênio, com coloração acinzentada. Junto dos piroxênios, a outra família visível são cristais arredondados e esféricos de granada, de coloração avermelhada escura ou quase preta, com cerca de 0,1 cm.

Na face não polida, a dimensão dos cristais visíveis verde claro de piroxênio é menor (aproximadamente 0,1cm) e possuem hábitos mais granulares. Os cristais de granada são mais escuros e de mesmo tamanho.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Olivina (60-65%), Granada (~8%), Clinopiroxênio (10-12%), Ortopiroxênio (~15%)

**Minerais Secundários:** Material fino intersticial.

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura fanerítica, granulação fina a média, granular hipidiomórfica, porfirítica, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granular fina composta por neoblastos de olivina; e uma população composta por poucos porfiroclastos de olivina e porfiroclastos de granada arredondadas e de piroxênios. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, com menos de 10% das olivinas sendo porfiroclastos.

A lâmina apresenta porções com um grau de alteração mais elevado, com presença de material fino verde claro intersticial que preenche fraturas e contatos.

### Descrição dos minerais:

**Olivina:** olivinas incolores, subhedrais, esféricas e angulosas. As dimensões dos cristais variam muito, com alguns porfiroclastos isolados e dispersos. As olivinas variam entre 0,05mm e 0,2mm, enquanto os porfiroclastos admitem dimensões de até 0,6mm de tamanho. Ocorre um único porfiroclasto de olivina, muito fraturado e alongado, de comprimento aproximado de 5mm. As olivinas compõem a matriz da lâmina. O contato é retilíneo, regular, em textura de mosaico, com o contato característico de neoblastos, de 120 graus, muito presente. Não apresentam orientação preferencial, contudo, próximo a um porfiroclasto de ortopiroxênio, é possível observar leve orientação das olivinas. Presente feições de alteração onde as olivinas apresentam colorações castanhas e pontos opacos, com material fino intersticial. Próximas aos porfiroclastos, as olivinas menores apresentam leve orientação, que segue o contato com o cristal maior.

**Granadas:** porfiroclastos granulares, arredondados, muito alterados e muito esféricos. Na lâmina, os cristais de granada encontram-se totalmente alterados, sendo apenas possível observar a feição quelíptica, característica do mineral nas amostras de granada lherzolitos descritas, e pequenos cristais opacos. O tamanho das granadas varia entre 1mm e 3mm.

**Clinopiroxênio:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, de hábito granular (alguns cristais apresentam hábito tabular), incolores, faturados e sem pleocroísmo visível. As dimensões dos clinopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. O contato dos cristais de clinopiroxênios é curvo e irregular.

**Ortopiroxênios:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, de coloração muito levemente rosada, granulares e esféricos. O tamanho dos clinopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. O contato dos ortopiroxênios é curvo e irregular.

### Observações Importantes:

Grau de alteração maior que as demais lâminas. Ocorrência de um veio, preenchido de material fino verde claro pleocróico. Próximo ao veio, o grau de alteração dos cristais de olivina e piroxênio são muito maiores, no qual o material fino intersticial preenche fraturas e contatos.

### Amostra de mão:

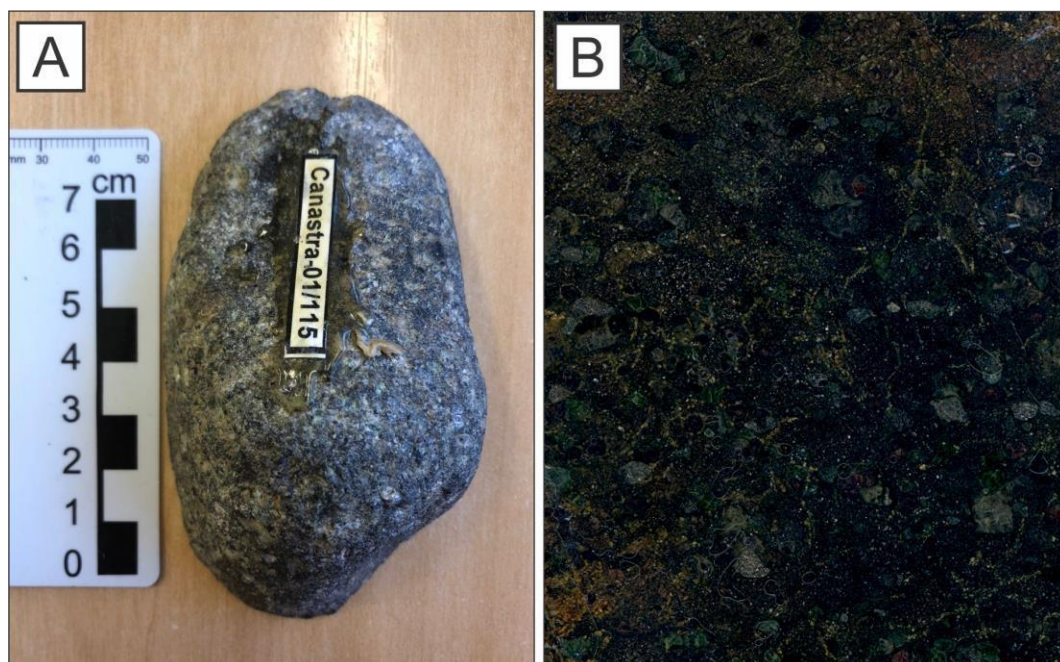
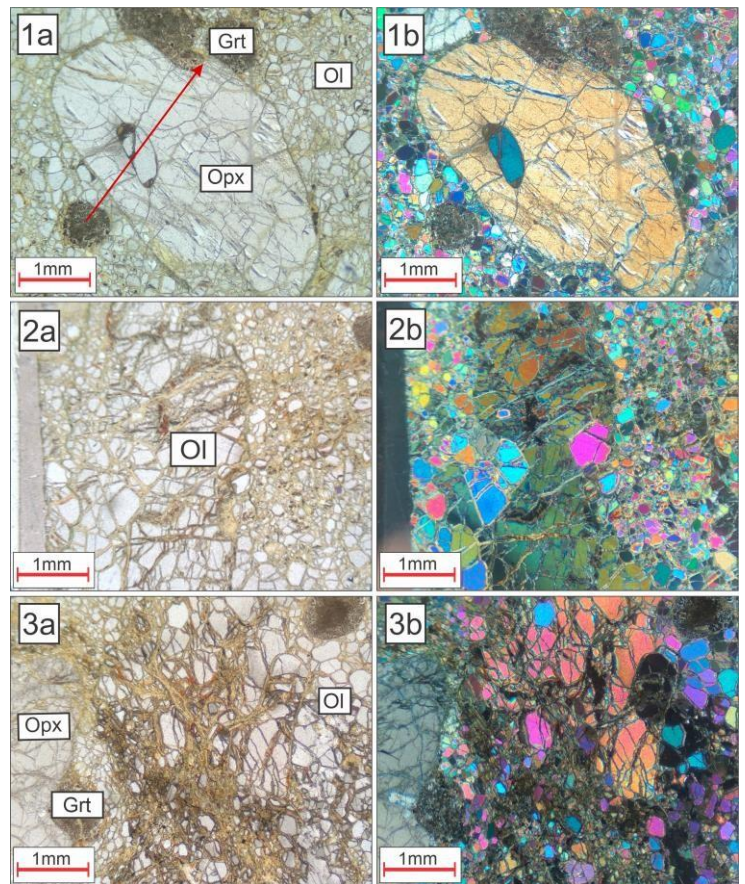


Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 120

**Litologia:** Granada Lherzolito

**Data:** 22/02/2020

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Dois fragmentos de amostra, o maior possui uma face polida e o menor três faces serradas. O maior fragmento possui cerca de 7cm de comprimento e 4cm de largura. O menor possui dimensões aproximadas de 4cm.

A rocha possui estrutura maciça e holocristalina, de textura fanerítica a subfanerítica e granulação fina a média. De maneira geral, apresenta coloração castanha. Apresenta cristais verde claro, de habito prismático/tabular, de piroxênio, com dimensões entre 0,2 e 0,5cm. Junto dos piroxênios, a outra família visível são cristais arredondados e esféricos de granada, de coloração avermelhada escura, com cerca de 0,1 cm. A matriz da rocha possui coloração castanha clara, sem cristais visíveis.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Olivina (~55%), Granada (~10%), Clinopiroxênio (~15%), Ortopiroxênio (~20%)

**Minerais Secundários:** Material fino intersticial, feição quelifítica da granada, ortopiroxênios resultantes da recristalização

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura granular hipidiomórfica, porfiroblástica, de granulação fina a média, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granular fina composta por neoblastos de olivina; e uma população composta por porfiroclastos de granada arredondadas e piroxênios. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, sem porfiroclastos de olivina.

Muito presente na lâmina feições de recristalização nos porfiroclastos de ambos os piroxênios, resultando em neoblastos do mesmo mineral. Essa feição ocorre preenchendo veios e em texturas similares a caudas, que saem dos porfiroclastos. Tanto os veios quando as feições de caudas se encontram orientadas, sentido E-W da lâmina.

Presença de material fino intersticial, oriundo da alteração da rocha, de coloração verde oliva a castanha, que preenche fraturas e contatos.

**Descrição dos minerais:**

**Olivina:** olivinas incolores, subhedrais, esféricas e angulosas. As dimensões dos cristais variam muito, entre 0,04mm e 0,3mm, sendo que os menores cristais se situam nas porções mais alteradas da lâmina. As olivinas compõem a matriz da lâmina. O contato é retilíneo, regular, e o contato característico de neoblastos de olivina, de 120 graus, é muito presente. Próximo aos contatos com os porfiroclastos, ocorrem olivinas menores orientadas de acordo com o mineral maior. Presença de material fino esverdeado que preenche principalmente os contatos entre as olivinas.

**Granadas:** porfiroclastos granulares, rosados, arredondados, fraturados e muito esféricos. O tamanho das granadas varia entre 1mm e 3mm. Na borda dos cristais presente a feição quelifítica.

**Clinopiroxênio:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, de hábito granular, incolores, fraturados e sem pleocroísmo visível. Poucos cristais apresentam hábito prismático. As dimensões dos clinopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. O contato dos cristais de clinopiroxênios é curvo e irregular. Presença de feições de recristalização similares a caudas, formadas por neoblastos milimétricos de piroxênio.

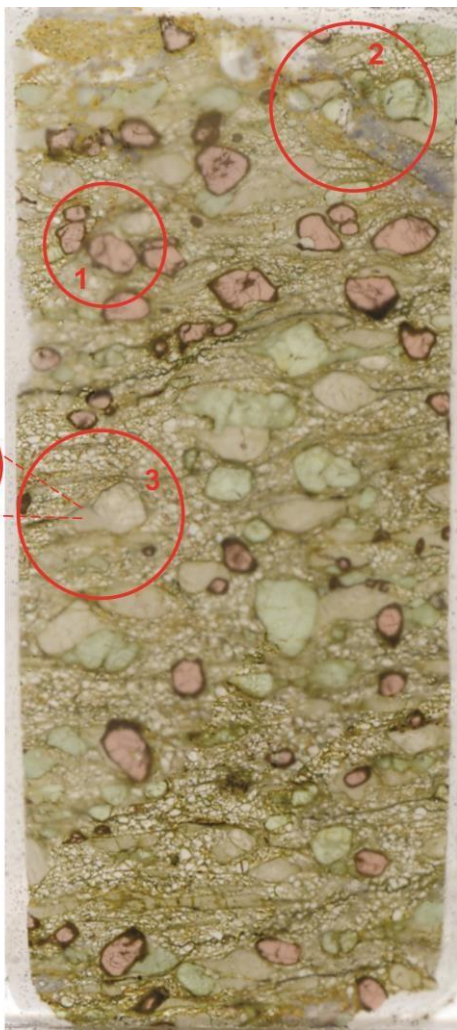
**Ortopiroxênios:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, incolores, fraturados, granulares e esféricos. Sem pleocroísmo visível. O tamanho dos ortopiroxênios varia entre 0,2cm e 0,4cm. O contato é curvo e irregular. Presença de feições de recristalização similares a caudas, formadas por neoblastos milimétricos de piroxênio.

**Observações Importantes:**

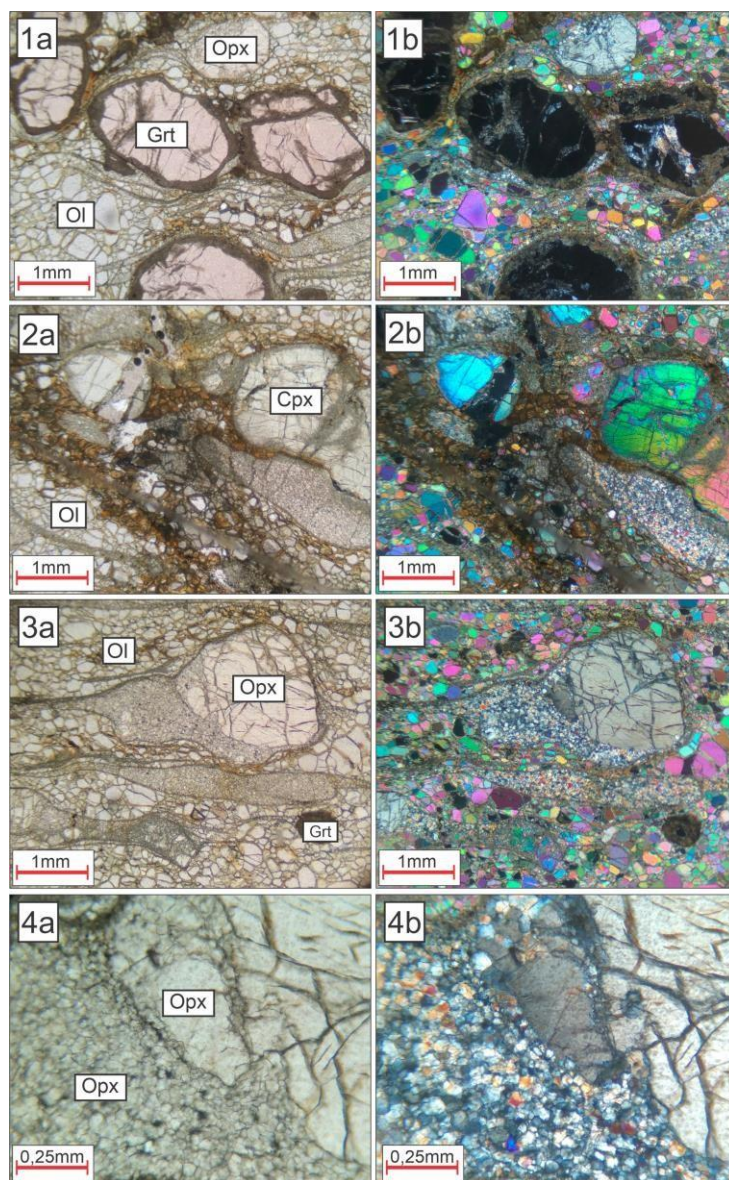
Grau de recristalização na lâmina é muito superior, com neoblastos de piroxênio em feições de cauda e preenchendo estruturas similares a veios.

**Amostra de mão:**

**Imagem da Lâmina:**



**Fotomicrografias:**



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro - 2021

**Número da amostra: Can - 140**

**Litologia: Granada Lherzolito**

**Data: 26/02/2021**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Dois fragmentos pequenos de amostra, ovalados. O maior possui uma face polida e o menor duas faces serradas. O maior fragmento possui 7cm de comprimento e 4cm de largura. O menor possui dimensões aproximadas de 4cm.

A rocha possui estrutura maciça e holocristalina, de textura fanerítica e granulação fina a média. De maneira geral, possui coloração esverdeada. Na face polida possível observar cristais de piroxênio, de coloração cinza a incolor, hábito prismático/tabular e dimensões entre 2 e 4mm. Presentes poucos cristais isolados de piroxênio com coloração verde e mesmo hábito. Além destes, visíveis cristais granulares, arredondados e esféricos de granada, de coloração escura, de tamanhos entre 1 e 2mm.

Na face não polida, os únicos cristais visíveis de piroxênio são os de cor verde, bem dispersos. Junto deles, possível observar os cristais de granada. A coloração verde da amostra se deve principalmente pela matriz fina, que admite tom esverdeado escuro.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Olivina (~60%), Granada (~10%), Clinopiroxênio (~20%), Ortopiroxênio (~8%)

**Minerais Secundários:** Material fino intersticial (~2%)

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura holocristalina, granulação fina a média, hipidiomórfica e porfirítica, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granular fina composta por neoblastos de olivina; e uma população composta por fenocristais de granada arredondadas, piroxênios e alguns fenocristais de olivina dispersos. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, com menos de 10% das olivinas como porfiroclastos.

Presença de material fino intersticial, oriundo da alteração da rocha, de coloração verde clara, que preenche fraturas e contatos.

**Descrição dos minerais:**

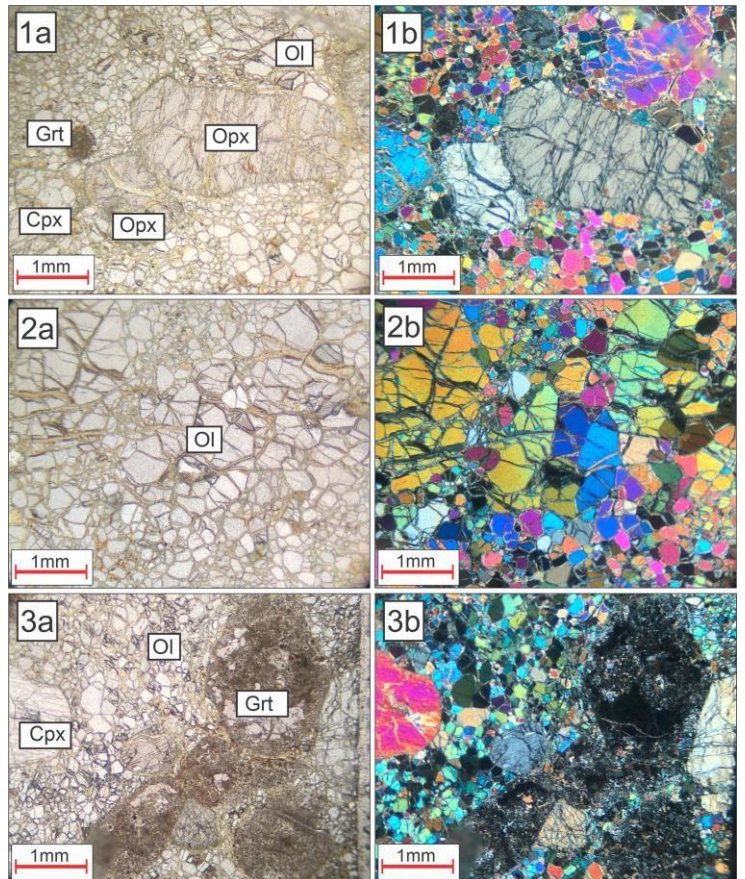
**Olivina:** olivinas incolores, subhedrais, esféricas, angulosas e os porfiroclastos estão muito fraturados. O hábito dos cristais é granular, enquanto que os porfiroclastos admitem hábitos alongados. Nos porfiroclastos, a extinção é ondulante. As dimensões dos cristais variam entre 0,05mm e 0,6mm. Os porfiroclastos de olivina podem ter até 1,3mm de comprimento. As olivinas compõem a matriz da lâmina. O contato é retilíneo, regular, e o contato característico de neoblastos de olivina, de 120 graus, é muito presente. Presença de material fino esverdeado que preenche principalmente os contatos entre as olivinas.

**Granadas:** porfiroclastos granulares, castanho claros, arredondados, fraturados, esféricos e muito alterados. O tamanho das granadas varia entre 0,3mm e 1mm. A maioria dos cristais de granada foram completamente alterados, sendo distinguíveis somente pela textura quelifítica. Poucos cristais ainda apresentam partes remanescentes das granadas (textura esquelética).

**Clinopiroxênio:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, a maioria de hábito granular, incolores a levemente acinzentados, fraturados e sem pleocroísmo visível. Alguns poucos cristais possuem hábito tabular. As dimensões dos clinopiroxênios varia entre 0,6 e 1mm. O contato dos cristais de clinopiroxênios é curvo e irregular. Presença de material fino, verde claro, que preenche as fraturas dos cristais.

**Ortopiroxênios:** porfiroclastos anedrais a subhedrais, incolores a levemente acinzentados, fraturados e de hábito tabular. Sem pleocroísmo visível. O tamanho dos ortopiroxênios varia entre 0,8 e 1,5mm. O contato é curvo e irregular. Alguns cristais apresentam extinção ondulante.

**Observações Importantes:****Amostra de mão:**

**Imagem da Lâmina:****Fotomicrografias:**

## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP  
Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can – 153      **Litologia:** Granada Lherzolito      **Data:** 22/10/2020

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

A amostra Can-153 é composta por dois fragmentos, de dimensões próximas a 7cm e hábito ovalado, anguloso. Uma das faces, em ambas as amostras, está polida.

Possui estrutura maciça, holocristalina. Textura fanerítica a subfanerítica, apresenta granulação fina a média. Possui coloração cinza esverdeada, com porções amareladas resultante de alteração. Na face polida, possível observar cristais granulares de granada castanho escura, de dimensões entre 1 e 2mm. Além destas, possível observar isolados cristais verde escuros de piroxênio menores que a granada, tabulares, e uma matriz verde clara, afanítica.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Granada (~15%), Olivina (15-20%), Clinopiroxênio (~20%), Ortopiroxênio (~40%).

**Minerais Secundários:** Anfibólio, material fino intersticial, opacos (8-12%).

#### **Textura da Lâmina:**

Textura holocristalina, hipidiomórfica a alotriomórfica, de granulação fina a média, isotrópica e porfirítica, com duas populações mineralógicas primárias distintas: uma matriz granular composta por neoblastos de olivina, com orientação preferencial dos cristais em diversos pontos da lâmina; e uma população composta por fenocristais de granada e piroxênios. Além das anteriormente citadas, há conjuntos amarelados e castanhos de minerais resultantes da alteração dos primários, além de muitos cristais opacos.

De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, sem porfiroclastos de olivina. O contato é majoritariamente irregular.

A rocha encontra-se muito alterada, com feições quelífticas das granadas extremamente marcantes, presença de veios preenchidos por material fino verde claro e populações mineralógicas secundárias.

### Descrição dos minerais:

**Granadas:** Cristais anedrais, muito fraturados e alterados. Como resultado, o hábito não admite um padrão ou forma definida. Apresentam pequenas bordas ou frações remanescentes. Os fragmentos dos cristais possuem coloração castanha clara, em tons beges. A feição quelíptica, muito presente nas bordas das granadas em amostras de granada lherzolite, nesta lâmina é muito mais marcante e dispersa. Em alguns cristais, a feição quelíptica é a única feição restante da granada. Textura de corrosão, consumida na alteração. na feição quelíptica ocorre espinélio.

**Olivina:** compõe a matriz da lâmina. Neoblastos incolores, anedrais a subhedrais, de dimensões próximas a 0,2mm, salvas algumas exceções, com cristais de 0,5mm. Devido a alta taxa de alteração presente na amostra, a matriz é encontrada somente em alguns pontos da lâmina, diferente do caso das amostras em melhores condições de preservação. O contato entre as olivinas é irregular e o contato típico de  $120^\circ$  entre olivinas é pouquíssimo presente. Em alguns pontos, presentes cristais euedrais de olivina, de hábito prismático de 6 lados. 2

**Anfibólios:** coloração amarela, castanha. Pouco pleocróicos, admitindo tons castanhos levemente avermelhados, mais escuros. Cristais anedrais a subhedrais, contudo, em um ponto da lâmina encontram-se euedrais, com hábito prismático e 6 faces. A dimensão dos cristais varia entre 0,1mm e 0,5mm. São encontrados nos focos com maior taxa de alteração, sempre junto de cristais opacos. Também ocorrem cristais avermelhados, anedrais, muito pleocróicos (variando para castanho claro) e de relevo baixo. Ocorrem sempre associados a cristais de piroxênio, em regiões da lâmina com maiores teores de alteração.

**Opacos:** minerais anedrais, com dimensões, em média, de 0,3mm. Principalmente na matriz de olivina, os opacos aparentam ser intersticiais, preenchendo os contatos entre as olivinas.

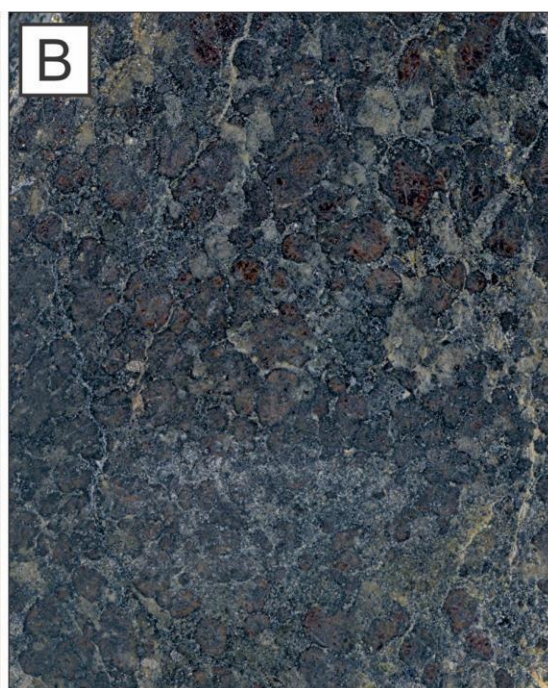
**Clinopiroxênios:** cristais anedrais a subhedrais, de hábito tabular ou granular, incolores, muito fraturados. O contato é irregular. Os cristais apresentam ranhuras, de coloração acinzentada. No perímetro dos cristais, devido ao alto grau de alteração da lâmina, ocorre recristalização do piroxênio, com cristais muito finos.

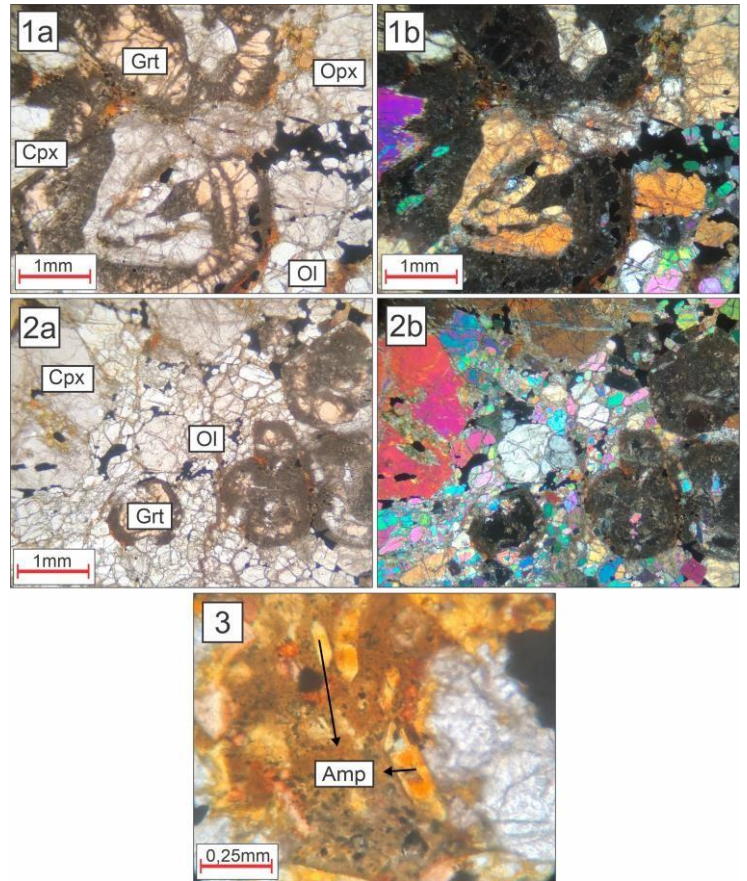
**Ortopiroxênios:** cristais anedrais a subhedrais, de hábito majoritariamente tabular, de coloração incolor a castanha clara e muito fraturados. O tamanho dos cristais varia de 0,5 a 2mm. A feição de ranhura é muito presente nos ortopiroxênios também. Possuem contato irregular.

### Observações Importantes:

Presença de veios preenchidos por material fino, a alteração quelíptica das granadas muito mais presentes, com cristais totalmente alterados, populações mineralógicas resultantes de alteração intensa.

### Amostra de mão:



**Imagem da Lâmina:****Fotomicrografias:**

## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 178

**Litologia:** Granada Lherzolito

**Data:** 26/02/2021

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Dois fragmentos pequenos de amostra, ovalados. O maior possui uma face polida e o menor duas faces serradas. O maior fragmento possui 10cm de comprimento e 4cm de largura. O menor possui dimensões de 7cm de comprimento por 4cm de largura.

A rocha possui estrutura maciça e holocristalina, de textura fanerítica e granulação fina a média. Na amostra é possível observar cristais verdes de piroxênio, de hábito prismático e de até 4mm de comprimento. Além destes e em menor quantidade, presentes cristais pretos de piroxênio, de hábito prismático e tamanho similar. Por fim, ocorrem cristais granulares de granada, de coloração avermelhada bem escura e dimensões próximas de 1mm. Na face polida as características dos cristais são evidenciadas, possível distinguir facilmente os três minerais presentes.

Os cristais encontram-se dispersos em uma matriz fina, de tom verde bem escuro e com focos de alteração, na qual a coloração da matriz passa para um tom castanho alaranjado.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Olivina (~55%), Granada (20%), Clinopiroxênio (~15%), Ortopiroxênio (~10%)

**Minerais Secundários:** Material fino intersticial, feição quelíptica da granada

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura holocristalina, granulação fina a média, hipidiomórfica e porfirítica, com duas populações mineralógicas distintas: uma matriz granular fina composta por neoblastos de olivina; e uma população composta por fenocristais de granada arredondadas e piroxênios. De acordo com a classificação textural para xenólitos de Harte (1977), a textura da lâmina é mosaico porfiroclástica, com menos de 10% das olivinas como porfiroclastos.

Presença de material fino intersticial, oriundo da alteração da rocha, de coloração verde clara, que preenche fraturas e contatos. É presente uma feição similar a um veio, que preenche a parte centro-leste da lâmina, preenchido principalmente por material fino, cinza e isotrópico, junto de olivinas acinzentadas desagregadas por material intersticial castanho.

### Descrição dos minerais:

**Olivina:** olivinas incolores, subhedrais, esféricas e angulosas. O hábito dos cristais é granular. As dimensões dos cristais variam entre 0,05mm e 0,2mm. As olivinas compõem a matriz da lâmina. O contato é retilíneo, regular, e o contato característico de neoblastos de olivina, de 120 graus, é muito presente. Presença de material fino esverdeado que preenche principalmente os contatos entre as olivinas. Há cristais fragmentados que envolvem alguns fenocristais, com o mesmo material fino intersticial preenchendo as fraturas.

**Granadas:** porfiroclastos granulares, castanho claros, arredondados, esféricos e fraturados. O tamanho das granadas varia entre 0,3mm e 1mm. Os cristais de granada apresentam a feição quelíptica, na qual a largura da borda varia entre 0,2 e 0,3mm. Em um dos cristais, a largura chega a 0,5mm. O tamanho dos cristais de granada, em relação a borda quelíptica, destoa bastante também. Em um cristal de granada, ocorre um buraco extremamente esférico no qual é possível observar o cristal de clinopiroxênio abaixo.

**Clinopiroxênio:** porfiroclastos subhedrais, de hábito tabular, incolores a levemente acinzentados, fraturados e sem pleocroísmo visível. As dimensões dos clinopiroxênios varia entre 0,6 e 1,5mm. O contato dos cristais de clinopiroxênios é curvo e irregular. Alguns poucos cristais apresentam extinção ondulante. Ocorrem cristais de clinopiroxênio apresentam feição de recristalização, com crescimento de microcristais de piroxênio sobretudo nas bordas dos fenocristais.

**Ortopiroxênios:** porfiroclastos subhedrais, majoritariamente incolores e com poucos levemente acinzentados, fraturados e de hábito tabular. Sem pleocroísmo visível. O tamanho dos ortopiroxênios varia entre 0,8 e 1,8mm. O contato é curvo e irregular. Alguns cristais apresentam extinção ondulante. Os cristais de ortopiroxênio apresentam feição de recristalização, com formação de microcristais de ortopiroxênio tanto no centro dos cristais quanto nas bordas. Em alguns casos, os cristais recristalizados admitem tamanhos de até 0,1mm.

### Observações Importantes:

Na própria lâmina, possível distinguir os clino e ortopiroxênios através da coloração dos cristais. Na imagem, cristais esverdeados são os clinopiroxênios, enquanto os fenocristais incolores são os ortopiroxênios.

### Amostra de mão:

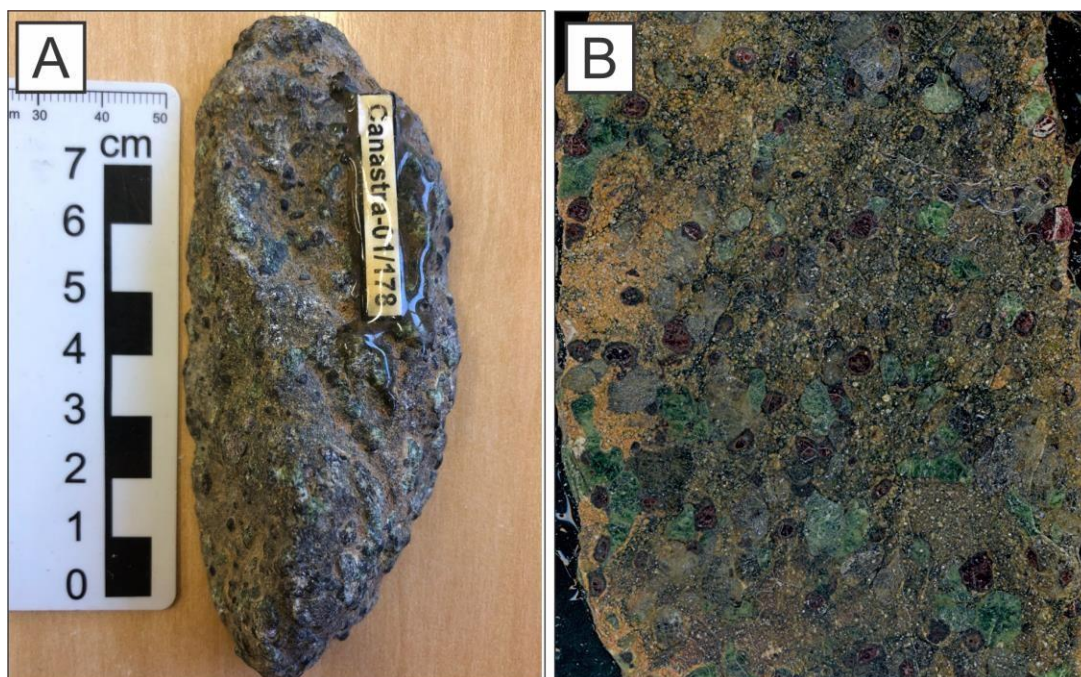
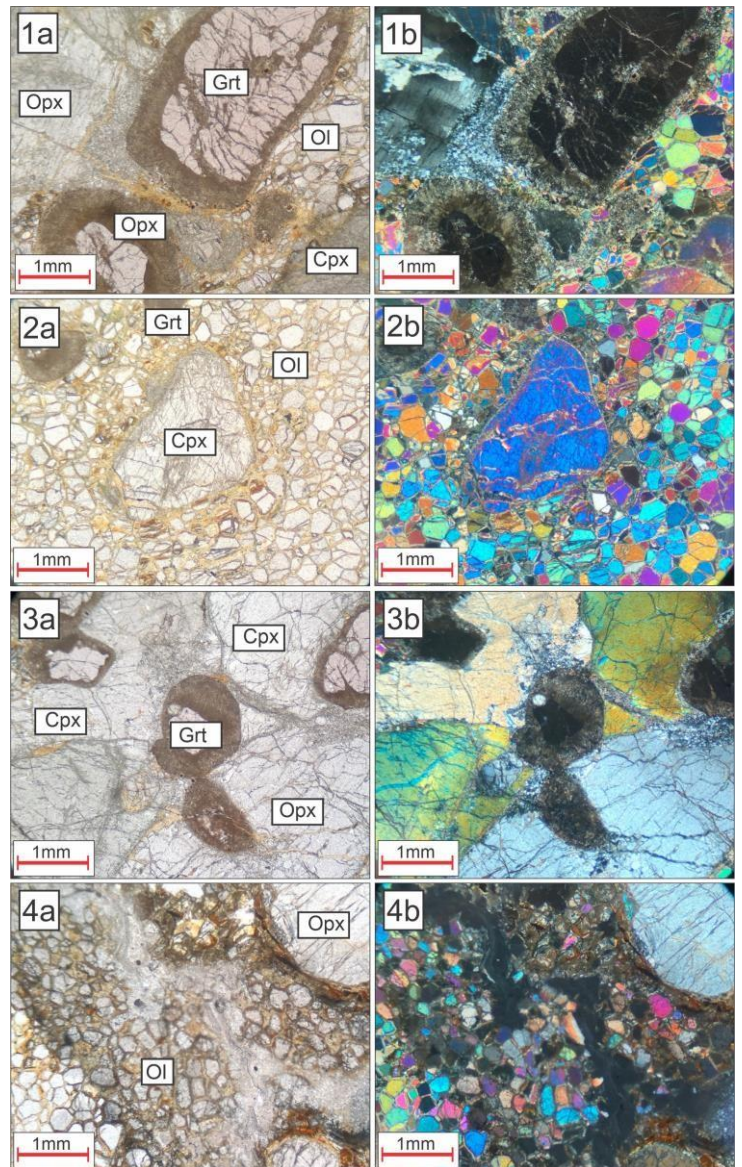


Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra: Can - 94**

**Litologia: Granada Clinopiroxenito**

**Data: 28/09/2020**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

**Estrutura:** estrutura maciça, holocristalina, ultramelanocrática.

**Amostra de mão:** A amostra possui cerca de 10cm de diâmetro e 7cm de largura. Textura fanerítica. Coloração escura, com destaque para duas cores distintas: cristais verde escuro e verde oliva, milimétricos, subhedrais a anedrais, com hábito prismático; junto de cristais amarronzados, arredondados, de dimensões milimétricas (em média 6mm, mas com cristais de até 1cm).

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Granada (65%) e clinopiroxênios (35%) (augita e diopsídio).

**Minerais Secundários:** flogopita (~1%), espinélio

#### **Textura da Lâmina:**

Textura granoblástica, granular subhedral (hipidiomórfica granular), de granulação grossa (Fig. 2). De acordo com a classificação de Harte (1977) para xenólitos, possui textura grossa, sem porfiroclastos. Os cristais são equigranulares (embora alguns cristais de granada sejam maiores), possuindo dimensões de 6mm, em média.

O contato entre os cristais comporta-se, na maior parte da lâmina, de forma mais irregular, principalmente entre as granadas. Entre os piroxênios o contato é levemente retilíneo, mais regular. O contato granada/piroxênio ou granada/granada é muito marcado pela feição de alteração denominada quelifítica, com presença de cristais microcristalinos, alguns cristais de flogopita e espinélio.

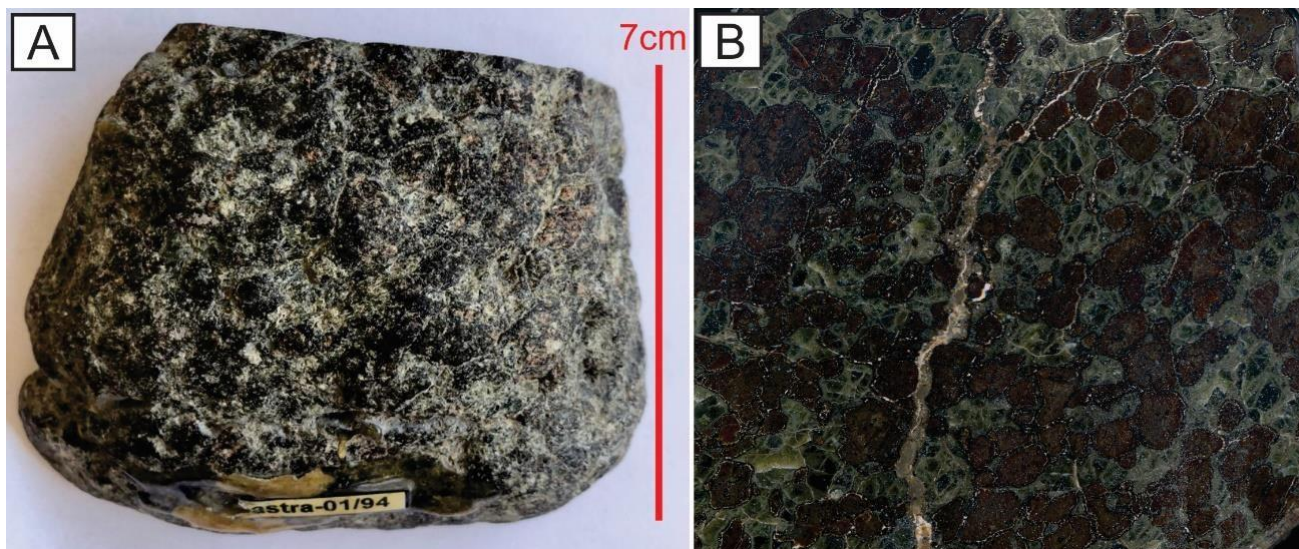
**Descrição dos minerais:**

**Granada:** os cristais de granadas são arredondados, subhedrais, amarronzados e possuem cerca de 8mm, podendo chegar até 12mm (Fig 2). Muito fraturados, repletos de feições de alteração quelifítica, de cor cinza, na qual afloram micro cristais, biotita (microfotografia 2) e espinélio (microfotografias 2 e 3). A alteração é presente tanto no preenchimento da fratura das granadas quanto na borda dos cristais, marcando fortemente o contato das granadas com outros minerais. As microfotografias 1, 2 e 3 abaixo apresentam os destaques 1, 2 e 3 da Fig. 2, com os cristais de granada fraturados, a feição de alteração quelifítica e a presença de cristais de biotita e espinélio nessas regiões alteradas.

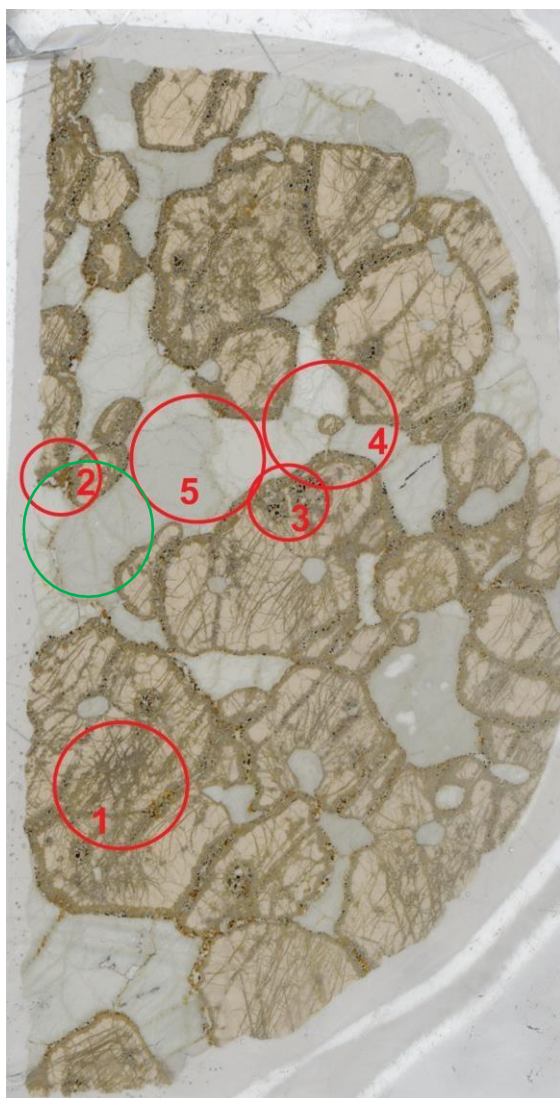
**Clinopiroxênios:** cristais subhedrais a anedrais, incolores e levemente esverdeados (Fig. 2). Alguns cristais são muito pouco pleocróicos, enquanto outros não apresentam pleocroísmo. Possuem em média 5mm. Perfazem aproximadamente 35% da lâmina. Encontram-se muito fraturados. As microfotografias 4 e 5 abaixo são referentes aos destaques 4 e 5, respectivamente, da Fig 2. e evidenciam os clinopiroxênios presentes na lâmina, os contatos entre seus cristais e os contatos com os cristais de granada.

**Espinélio:** ocorre de maneira mais azulada, principalmente nas bordas quelifíticas da granada ou nas zonas de fratura das mesmas.

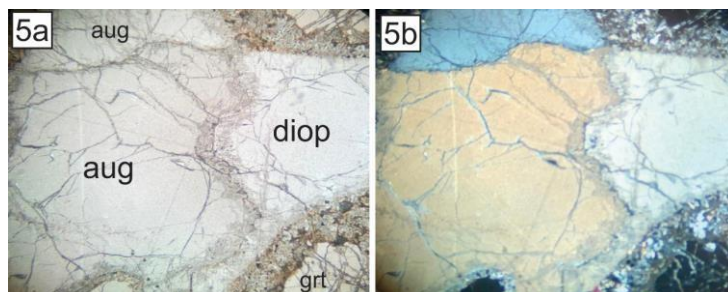
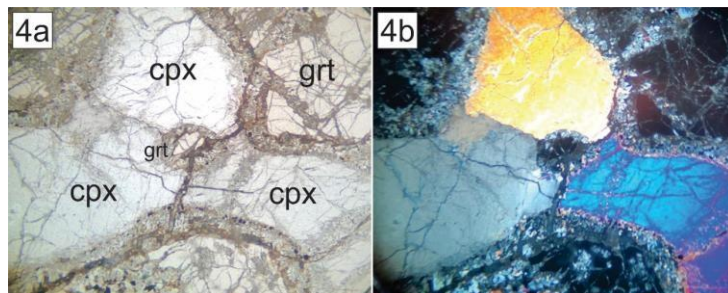
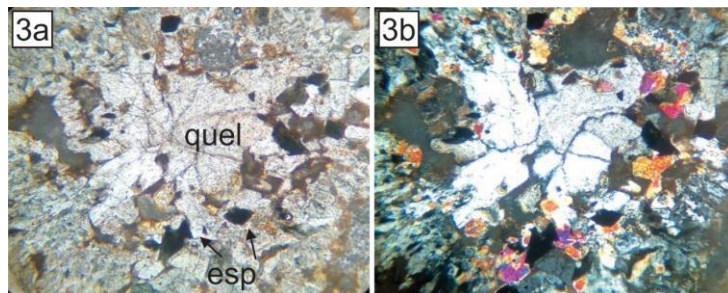
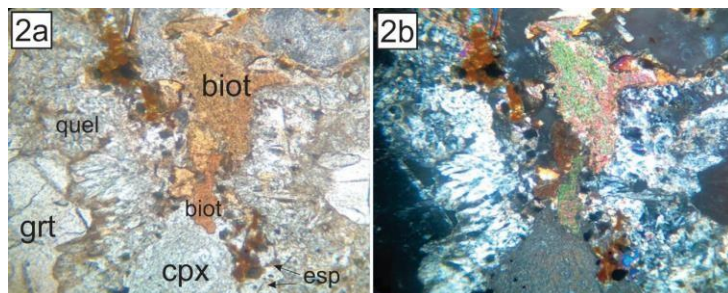
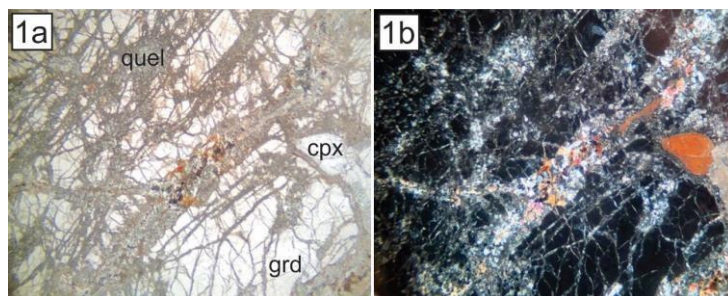
**Flogopita:** Ocorre na forma de cristais anedrais, castanhos e muito pleocróicos, variando em tons castanhos claros e escuros. Entrada de POTASSIO por causa do Kimberlito alcalino, na fusão.

**Observações Importantes:****Foto amostra de mão:**

**Imagem da Lâmina:**



**Fotomicrografias:**



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2021

**Número da amostra: Can - 102      Litologia: Espinélio Harzburgito      Data: 16/07/2021**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Estrutura compacta, holocristalina. A textura é fanerítica, ultramelanocrática. A amostra possui cerca de 9 cm de comprimento e 6 cm de largura. Possui uma face polida. A coloração é majoritariamente verde, cinza. É possível observar cristais milimétricos, de hábito prismático, em tons verde claro e verde escuro. Na face polida, há uma leve orientação dos cristais, marcada pelos minerais alongados de cor verde clara.

#### Microscópica

**Principais Minerais: Olivina (75%), Clinopiroxênio (~2-4%), Ortopiroxênio (~15%), Espinélio (~3%).**

**Minerais Secundários: material fino intersticial verde (~3%)**

#### **Textura da Lâmina:**

A Lâmina 102 possui textura granoblástica, fanerítica, de granulação fina a média, alotriomórfica. O contato entre os cristais é irregular. De acordo com a classificação textural de xenólitos proposta por Harte (1977), a textura da lâmina é granoblástica, com menos de 10% das olivinas na forma de fenocristais e cristais inferiores ou próximos de 2mm.

Composta por fenocristais de olivina imersos em cristais relativamente equigranulares de olivina e piroxênio.

**Descrição dos minerais:**

**Olivina:** ocorre de duas maneiras: fenocristais isolados, incolores, anedrais, de aproximadamente 4mm; e na forma de cristais menores, dispersos em grande parte da lâmina, incolores, anedrais, de hábito granular e de dimensões que variam de 0,5 a 2mm.

**Clinopiroxênios:** ocorrem de forma muito dispersa, incolores, não pleocróicos, anedrais. São evidenciados pela alta cor de interferência e pela clivagem, que os difere das olivinas. As dimensões dos clinopiroxênios variam entre 0,5 e 1,5mm, com três cristais chegando a 5mm.

**Ortopiroxênios:** cristais incolores a muito levemente esverdeados, não pleocróicos, anedrais. As dimensões dos ortopiroxênios variam de 0,5 a 2,5mm.

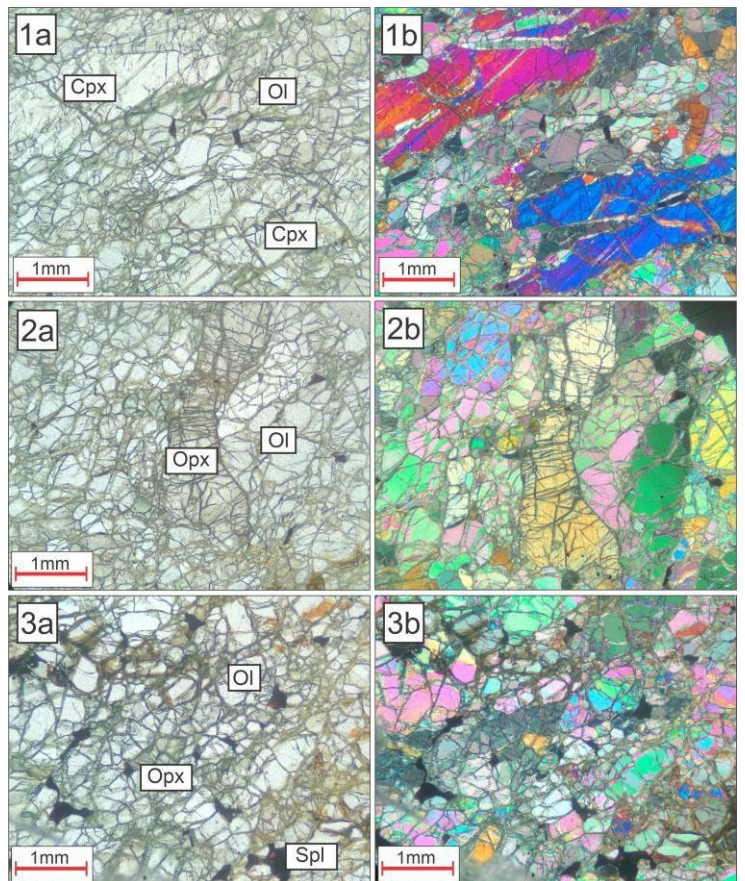
**Espinélio:** cristais amorfos, não pleocróicos, isotrópicos, de relevo alto e coloração marrom avermelhada muito forte. As dimensões são no máximo de 0,5mm. Ocorrem disseminados na lâmina.

**Observações Importantes:****Foto da amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro –2020/2022

**Número da amostra: Can - 105**

**Litologia: Espinélio Harzburgito**

**Data: 28/09/2020**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Estrutura compacta. Textura fanerítica, ultramelanocrática. A amostra possui cerca de 9 cm de comprimento e 6 cm de largura. Possui uma face polida. A coloração é majoritariamente verde, cinza. É possível observar cristais milimétricos, de hábito prismático, em tons verde claro e verde escuro. Na face polida, há uma leve orientação dos cristais, marcada pelos minerais alongados de cor verde clara.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Clinopiroxênio (2-5%), Ortopiroxênio (15-20%) Olivina (~70%) espinélio (~2%).

**Minerais Secundários:** Argilominerais intersticiais (~5%)

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina holocristalina, hipidiomórfica, granular fina a média, com cristais inequigranulares. Na classificação de Harte (1977) para xenólitos, a amostra possui textura granuloblástica, com raros porfiroclastos e cristais com dimensões inferiores a 2mm. A coloração da lâmina é verde oliva, muito consequente de alteração das olivinas, principalmente. Tal coloração ocorre “sobre” todos os minerais, indicando ser algo posterior.

**Descrição dos minerais:**

**Olivina:** ocorre de duas maneiras: fenocristais isolados, incolores, anedrais, de aproximadamente 4mm; e na forma de cristais menores, dispersos em grande parte da lâmina, incolores, anedrais, de hábito granular e de dimensões que variam de 0,5 a 2mm.

**Clinopiroxênio:** coloração verde clara a amarronzada, não pleocróico a pouco pleocróico, muito fraturado. Cristais anedrais a subhedrais, com contatos irregulares. Possuem em média 0,4 cm. Com o polarizador é nítida, em muitos cristais, uma feição listrada fina, similar a lamelas dos plagioclásios, presente mesmo quando o cristal está extinto. Essa feição aparenta ser direcionada paralelamente ao plano de maior alongamento do cristal.

**Ortopiroxênio:** cristais incolores, anedrais a subhedrais, não pleocróicos. Possuem a mesma dimensão média dos clinopiroxênios. Muito fraturados. A maioria dos cristais possui os seus vértices levemente arredondados. A textura marcante dos clinopiroxênios, similar a estrias, é ausente nos cristais de ortopiroxênio.

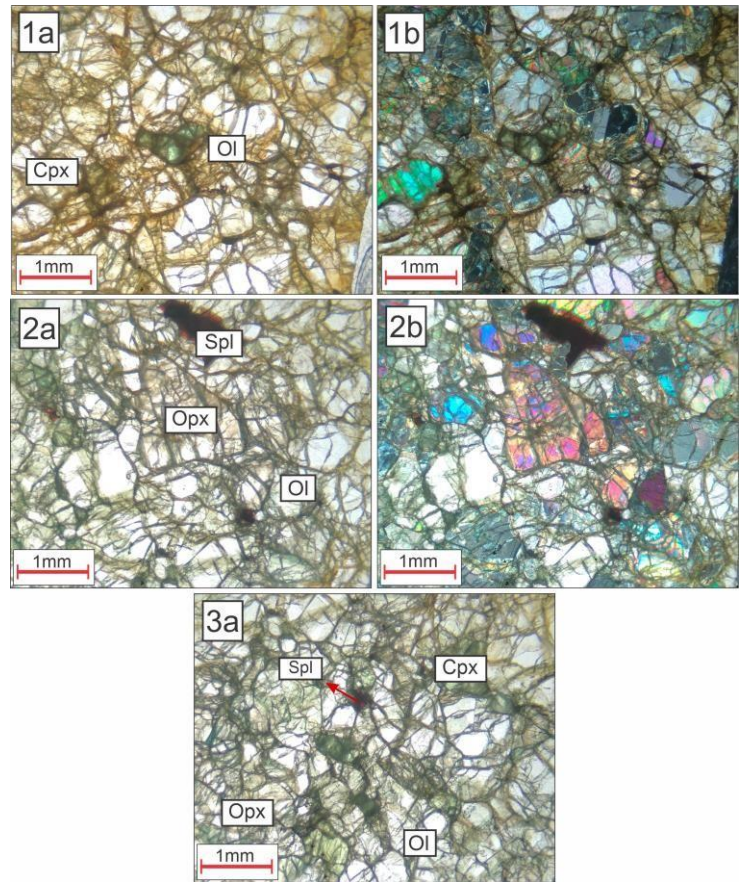
**Espinélio:** de cor marrom avermelhada, bem marcante e vivida. Relevo alto. Ocorre em pouca escala na lâmina. Não pleocróicos. Não entra em extinção e não muda de cor com o polarizador.

**Observações Importantes:****Foto da amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra: Can - 186**

**Litologia: Espinélio Olivina Websterito**

**Data: 08/09/2020**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Estrutura compacta. Textura fanerítica, ultramelanocrática. A amostra possui cerca de 8,5 cm de comprimento e 6 cm de largura. Possui uma face polida. A coloração é majoritariamente verde. É possível observar cristais milimétricos, de hábito prismático, em tons verde claro e verde escuro. Na face polida, há uma leve orientação dos cristais, marcada pelos minerais alongados de cor verde clara.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Clinopiroxênio (~40%), Ortopiroxênio (~15%), Olivina (~35%), espinélio (~5%).

**Minerais Secundários:** Oxido intersticial (~5%)

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina holocristalina, hipidiomórfica, granular grossa, com cristais inequigranulares. Na classificação de Harte (1977) para xenólitos, a amostra possui textura grossa, sem porfiroclastos e cristais com dimensões superiores a 0,2cm. A coloração da lâmina é verde oliva, muito consequente da clorita intersticial presente na amostra. O contato entre os minerais é irregular.

**Descrição dos minerais:**

**Clinopiroxênio:** coloração verde clara a amarronzada, não pleocróico a pouco pleocróico, muito fraturado. Cristais anedrais a subhedrais, com contatos irregulares. Possuem em média 0,4 cm. Com o polarizador é nítida, em muitos cristais, uma feição listrada fina, similar a lamelas dos plagioclásios, presente mesmo quando o cristal está extinto. Essa feição aparenta ser direcionada paralelamente ao plano de maior alongamento do cristal. Ocorrem pseudomorfos de clinopiroxênio, verde oliva, bem marcantes na lâmina.

**Ortopiroxênios:** cristais incolores a levemente castanhos, não pleocróicos. Anedrais, possuem dimensões entre 0,5 e 1mm.

**Olivina:** cristais incolores, anedrais a subhedrais, não pleocróicos, de hábito granular, alongados. Possuem a mesma dimensão média dos clinopiroxênios. Muito fraturados. A maioria dos cristais possui os seus vértices levemente arredondados.

**Óxidos e argilominerais intersticiais:** de coloração amarelada a verde oliva, anedral, ocorre nos interstícios dos cristais maiores de piroxênio, preenchendo fraturas e contatos falhos.

**Espinélio:** cor marrom avermelhada, bem marcante e vivida. Relevo alto, não apresenta forma definida. Ocorre em pouca escala na lâmina. Não pleocróicos. Não entra em extinção e não muda de cor com o polarizador.

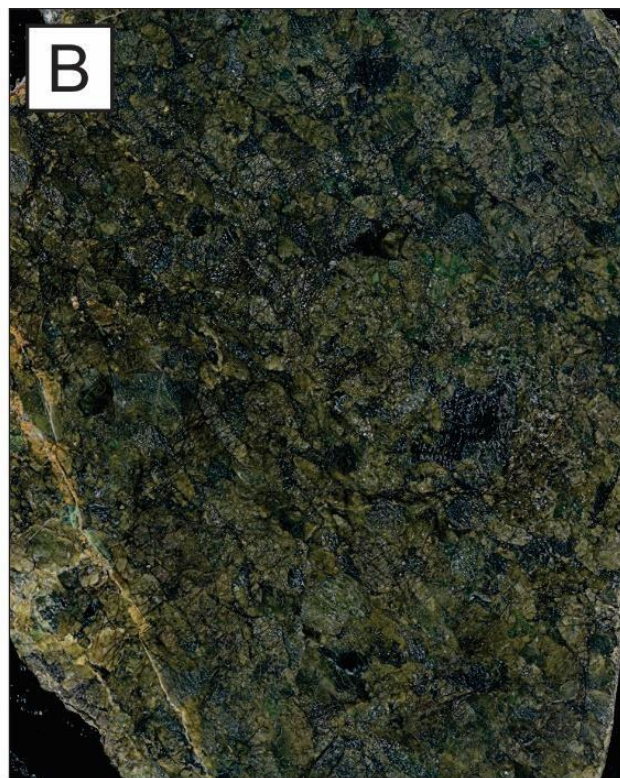
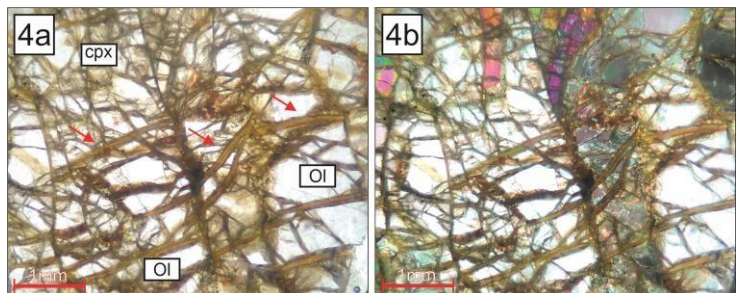
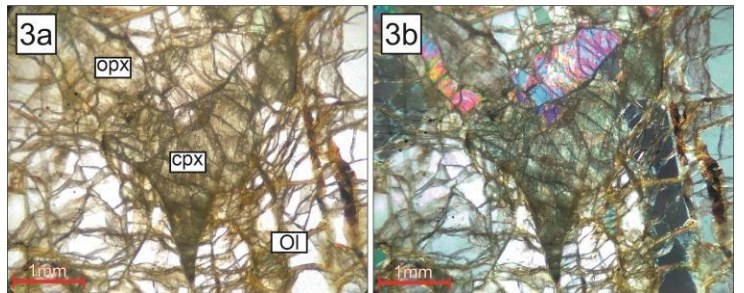
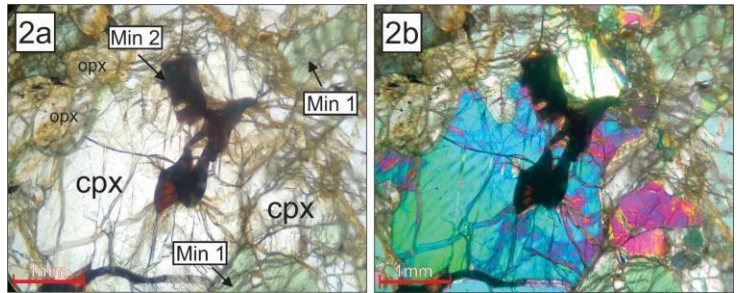
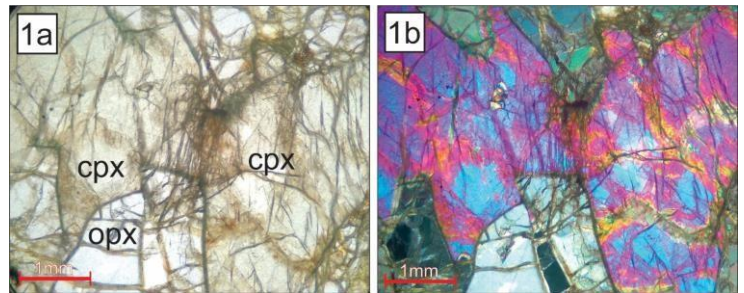
**Observações Importantes:****Foto da amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra: Can - 95**

**Litologia: Anf. Gran. Websterito**

**Data: 16/06/2021**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Amostra possui dimensões de aproximadamente 6cm, estrutura maciça e textura fanerítica, ultramelanocrática e holocristalina. A coloração é cinza clara. Possui duas faces serradas, sendo uma delas polida.

Na amostra fresca, possível identificar duas famílias de minerais. A primeira é composta por minerais prismáticos ou tabulares de piroxênio, de coloração escura e de, em média, poucos milímetros de comprimento. A segunda família é composta por minerais granulares e esféricos de granada, de coloração avermelhada.

Na face polida, a taxa de preservação da amostra é muito melhor, podendo identificar de forma mais precisa a mineralogia presente. Presentes dois piroxênios diferentes: cristais incolores e cristais pretos, ambos de hábito tabular. A dimensão dos piroxênios varia de 1 a 3mm. As granadas são arredondadas, porém, muitas encontram-se alongadas ou sem hábito definido, além daquelas granulares esféricas. Tais cristais alongados podem alcançar até 5mm de comprimento.

#### Microscópica

**Principais Minerais: Anfibólio (13-15%), Clinopiroxênio (~45%), Ortopiroxênio (~30%), Granada**

**Minerais Secundários: material fino intersticial (~2%), opacos (menos de 1%)**

#### **Textura da Lâmina:**

A Lâmina 95 possui textura fanerítica, de granulação fina a média, hipidiomórfica e de trama granular. A articulação entre os cristais é majoritariamente planar. De acordo com a classificação textural de xenólitos proposta por Harte (1977), a textura da lâmina é granoblástica, com ausentes porfiroclastos, e de subtipo equigranular.

**Descrição dos minerais:**

**Anfibólio:** cristais anedrais a subhedrais, de hábito tabular, coloração castanha e muito pleocróicos, com pleocroísmo variando em tons castanhos claros e escuros. Possuem cerca de 2 mm. Todos os cristais de anfibólio estão fraturados. Em alguns pontos da lâmina, é possível observar teores de alteração maiores, com anfibólio alterado e maior taxa de material fino intersticial.

**Granada:** cristais anedrais, granulares, alongados ou sem hábito definido. Possuem coloração incolor a levemente rosada e, em média, 2mm de diâmetro. Todos os cristais encontram-se fraturados. Alguns cristais de granada apresentam maiores dimensões, entre 5-8mm.

**Clinopiroxênio:** cristais incolores a levemente acinzentados, anedrais a subhedrais e de hábito granular ou tabular. Pleocroísmo ausente ou levemente presente, variando em tons verdes e castanhos.

**Ortopiroxênio:** são os maiores cristais da lâmina. Possuem coloração incolor a castanha clara, levemente pleocróicos. São majoritariamente subhedrais, de hábito tabular ou granular. Os cristais encontram-se muito fraturados, com material fino, castanho escuro, preenchendo as fraturas.

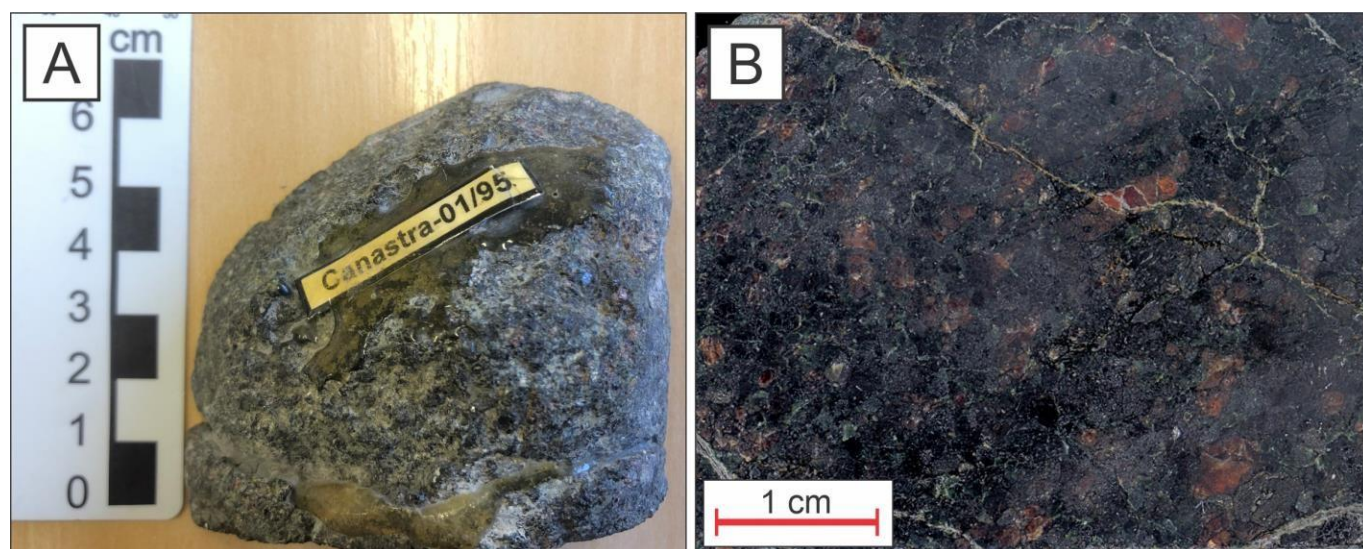
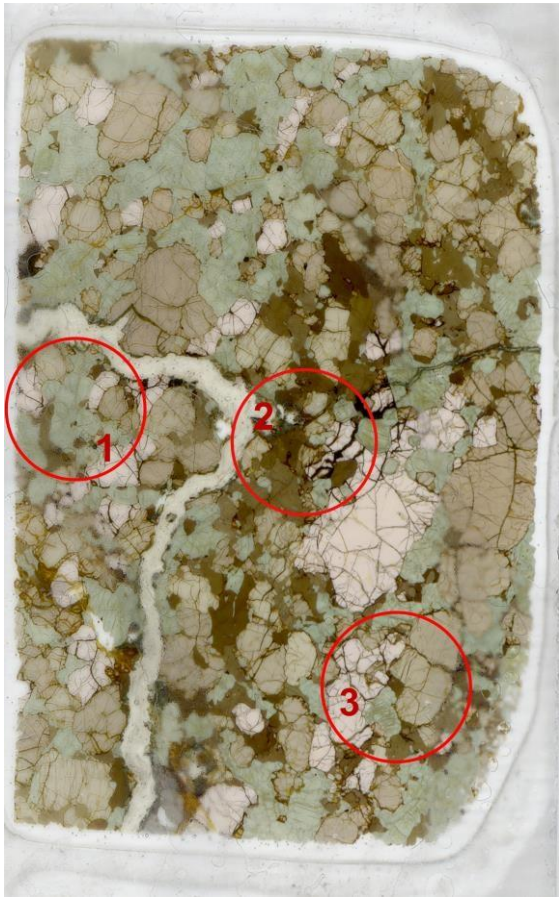
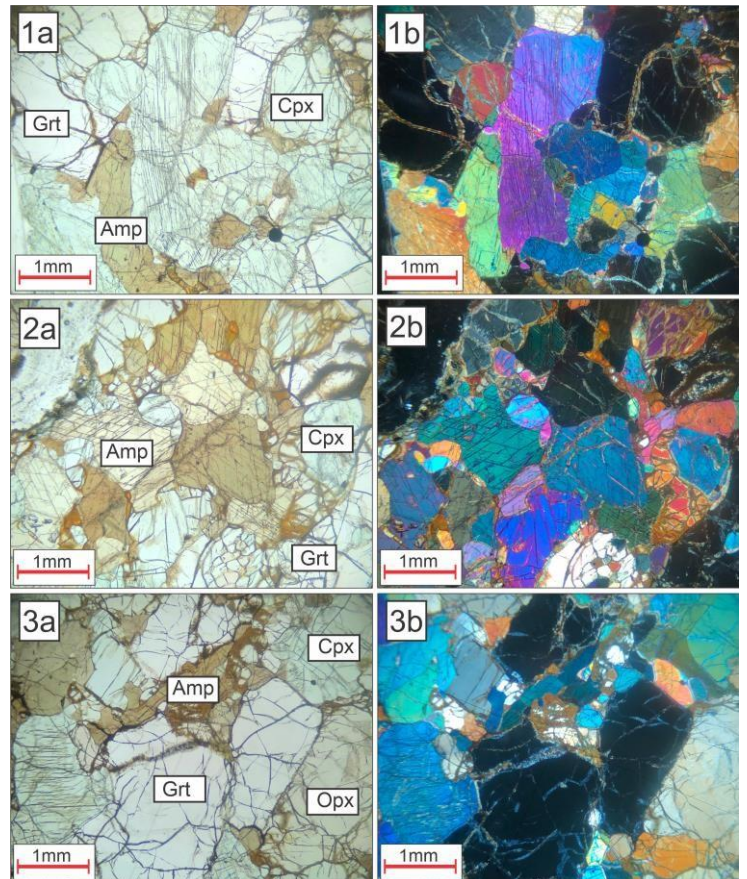
**Observações Importantes:****Foto da amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 166

**Litologia:** Anf. Grnt. Oli. Websterito

**Data:** 23/11/2020

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Amostra com aproximadamente 7cm de comprimento, com uma face polida. Estrutura maciça e holocristalina, de textura fanerítica, ultramelanocrática e granulação muito fina. Apresenta uma coloração cinza esverdeada, com focos castanhos avermelhados. São facilmente perceptíveis pequenos cristais escuros, de hábito prismático. Alguns desses cristais se sobressaem granulometria da amostra, com dimensões de até 1mm.

Na face polida, contudo, a amostra se mostra bem diferente. A coloração é majoritariamente cinza escura. A granulometria aparenta ser maior, com cristais em média maiores que 1mm e hábito granular. Os minerais prismáticos pretos citados anteriormente, de hábito prismático, também são mais evidentes na face polida e adotam maiores granulometrias.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** clinopiroxênio (25%), olivina (15%), ortopiroxênio (40%), granada (12%), anfibólio (5%).

**Minerais Secundários:** argilominerais (3%)

#### **Textura da Lâmina:**

Granular hipidiomórfica, inequigranular, holocristalina. Apresenta cristais de granulação média, em duas dimensões principais distintas. Os cristais de olivina são os menores presentes, com dimensões inferiores a 1mm, e os cristais de anfibólio e granadas possuem em média de 1 a 2mm. Por outro lado, os piroxênios apresentam tamanhos variando entre 3 e 4 mm. De acordo com a classificação de Harte (1977) para xenólitos, a textura é Grossa, de subtipo tabular. O contato entre os cristais é irregular, majoritariamente retilíneo.

Ocorrem estruturas similares a veios, de coloração verde oliva avermelhada, nas regiões com maior teor de fraturas e alteração dos cristais de piroxênio. Nessas porções, percebe-se também a maior presença de anfibólio.

**Descrição dos minerais:**

**Ortopiroxênios:** mineral mais presente na lâmina, subhedrais. Coloração castanha, cristais muito fraturados, pleocroísmo muito fraco, em tons amarelados. A dimensão dos cristais é mais grossa, em comparação aos demais minerais presentes, e os cristais possuem em média 4mm. O contato é muito irregular.

**Clinopiroxênios:** cristais subhedrais, levemente esverdeados, com pleocroísmo presente, em tons verde e castanhos. Os cristais de clinopiroxênio possuem granulação bem variada, entre 1mm e 4mm. O contato dos cristais de clinopiroxênio e os demais é irregular.

**Granada:** grãos com granulação média de 1 a 2mm de comprimento, muito levemente rosados, fraturados, esféricos e arredondados. Ocorrem sempre em conjuntos, estes disseminados na lâmina.

**Anfibólio:** coloração verde escura a amarronzada, muito pleocróico, com pleocroísmo variando entre tons castanhos e, mais dificilmente, verdes. Os cristais são anedrais a subhedrais, com dimensões próximas de 1mm. Aparentam ser originados da alteração dos cristais de piroxênio. O contato entre os cristais de anfibólio e seus adjacentes é bem irregular.

**Olivina:** cristais incolores, subhedrais, muito esféricos. Ocorrem em conjunto. Os menores cristais da lâmina, em dimensão, com tamanhos em torno de 1mm. Muito presente o contato de  $120^\circ$  entre os cristais de olivina.

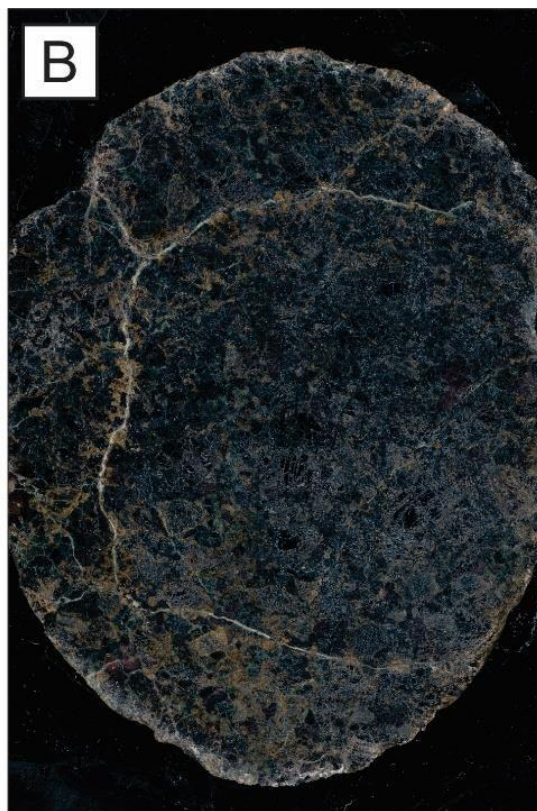
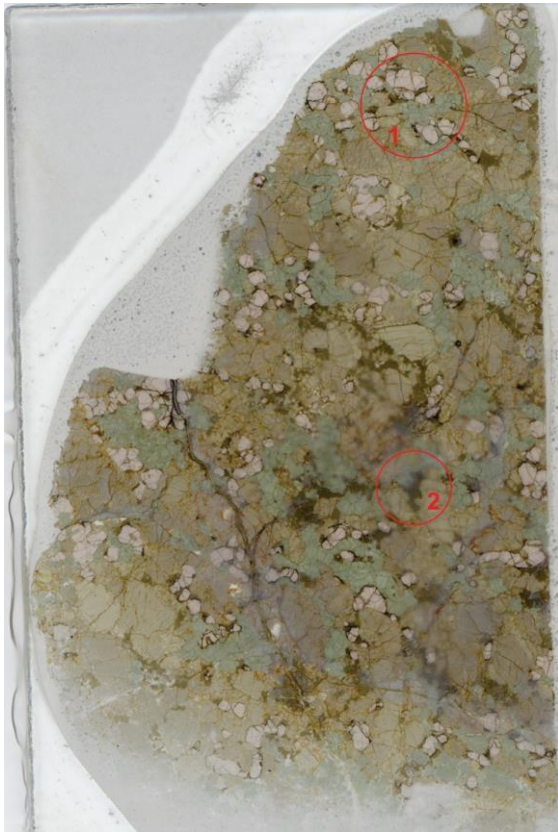
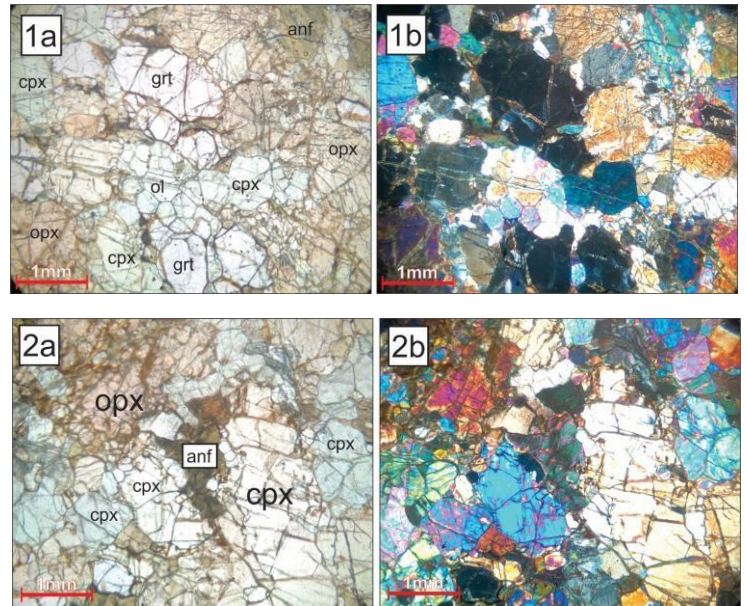
**Observações Importantes:****Amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP  
Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra: Can - 98**

**Litologia: Xenólito Alterado**

**Data: 22/06/2021**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

A amostra C98 é composta por dois fragmentos maiores de amostra e dois menores. Dentre os maiores, possuem dimensões próximas de 8cm, algumas faces serradas e uma das amostras possui uma das faces polida.

Possuem estrutura compacta, com textura subfanerítica, granulação fina a média, cristais aparentemente equigranulares e coloração verde clara pálida. Dos poucos cristais visíveis, possível observar pequenos cristais escuros, de hábito tabelar/prismático, e agregados de minerais verdes.

Na face polida, é muito mais visível a mineralogia da amostra. São presentes os cristais verdes, mais claros e alguns mais escuros, de hábito prismático, que variam entre 3 e 5mm de tamanho. Junto destes, presentes também os cristais escuros milimétricos isolados e hábito aparente prismático ou tabular.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** pseudomorfos de cristais pretéritos, quartzo disseminado

**Minerais Secundários:**

**Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura reliquiar (*Blastogranular Hipidiomórfica*), pseudomórfica, subfanerítica, de granulação muito fina a fina. Composta por minerais secundários, oriundos da alteração de minerais pretéritos. Possível identificar somente a estrutura e o hábito reliquiar dos antigos cristais, evidenciando sobretudo hábitos prismáticos e granulares. Tais hábitos são ainda melhor vistos na face polida da amostra de mão, com cristais verdes prismáticos.

Em alguns pontos da lâmina, presença de microcristais resultantes de recristalização, muito similares à textura em “cauda” ocorrente em diversos ortopiroxênios dos Granada Lherzolitos.

Presença de espaços vazios na lâmina, similares a veios.

**Descrição dos minerais:**

**Quartzo:** pouco presente na lâmina, o quartzo possui aproximadamente 1mm de dimensão, extinção ondulante e textura de recristalização, com as bordas dos cristais pouco definidas. Presença de quartzo recristalizado na textura de “cauda”.

**Pseudomorfo 1:** incolor, não pleocróico, de hábito prismático e com aproximadamente 1mm de dimensão. Ocorre principalmente nos pseudomorfos dos antigos piroxênios. Com o polarizador, apresentam cor de interferência variando do cinza ao roxo/azul.

**Pseudomorfo 2:** cristais muito finos, de coloração verde ou amarelada. Presentes sobretudo nos cristais alterados de piroxênio. Argilo minerais do grupo da tremolita, talvez.

**Olivina:** cristais esféricos, incolores e subhedrais de olivina, hábito granular. Suas dimensões são próximas a 0,1mm. Ocorrem dispersos, ocasionalmente em conjunto.

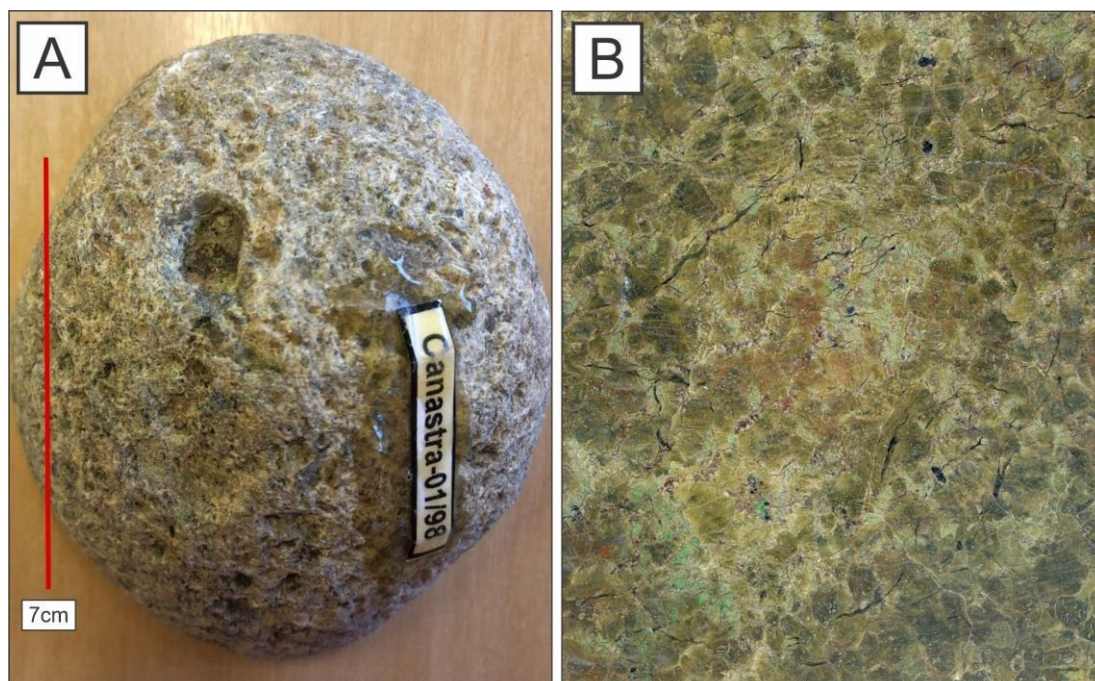
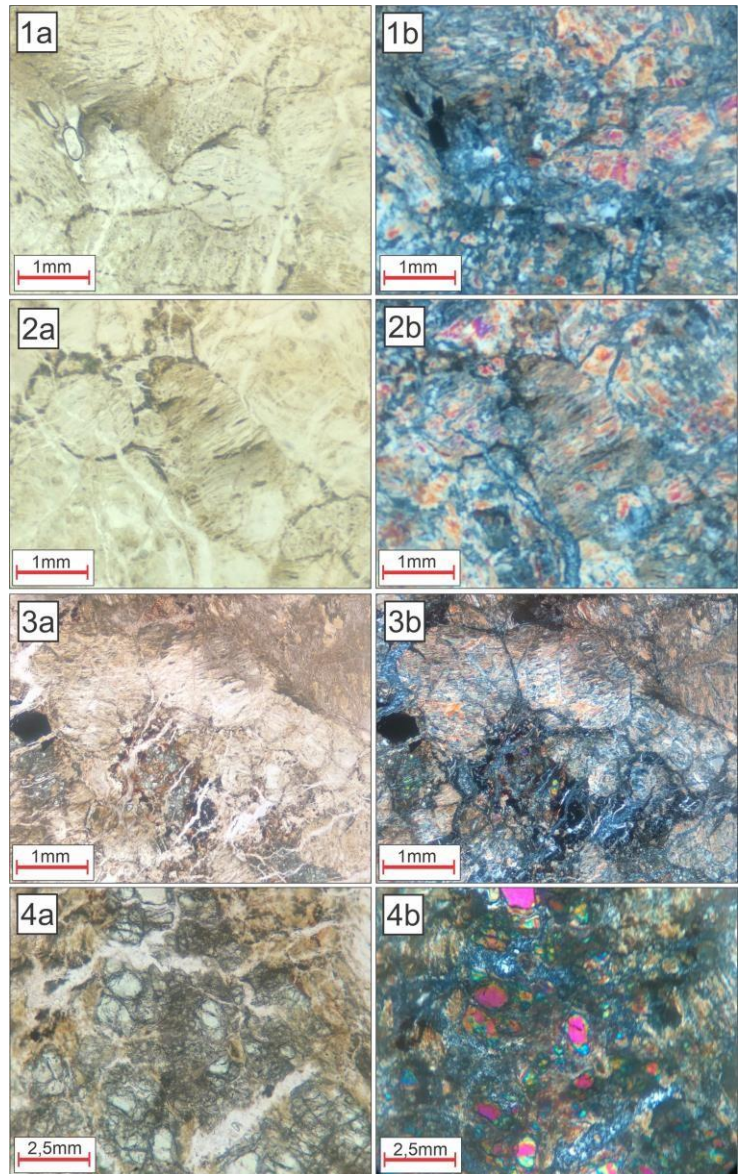
**Observações Importantes:****Foto da amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 133

**Litologia:** Xenólito Alterado

**Data:** 23/07/2021

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Dois fragmentos de amostra, ovulares, de dimensões próximas a 6cm. Um dos fragmentos apresenta 3 faces serradas. O maior, apresenta uma face polida.

Nas faces de rocha fresca, aparenta possuir estrutura similar a vesicular, com diversos pontos parecidos com espaços vazios preenchidos anteriormente por bolhas de ar. Contudo, quando analisadas as faces serradas e a face polida, pode-se inferir que a estrutura é compacta. A textura da amostra é subfanerítica, com poucos cristais maiores visíveis. A granulometria é fina a média. Composta por minerais escuros, de hábito granular e de dimensões próximas a 1mm, e por uma massa acinzentada muito fina.

Na face polida, a textura da rocha é melhor visível. Podemos observar a mineralogia descrita anteriormente, mas com muito mais facilidade. São muito evidentes os cristais escuros, de hábito granular ou prismático, dimensões próximas a 1mm e que perfazem aproximadamente 50% da amostra. Junto deles, a matriz fina de coloração castanha clara se torna mais aparente, devido ao contraste com os minerais escuros.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Pseudomorfos de cristais pretéritos

**Minerais Secundários:** Mineral verde claro, muito fino (65%); mineral castanho escuro, relevo alto (35%)

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura pseudomórfica, afanítica a subfanerítica, de granulação muito fina a fina. Composta por minerais amorfos secundários, oriundos da alteração dos minerais pretéritos.

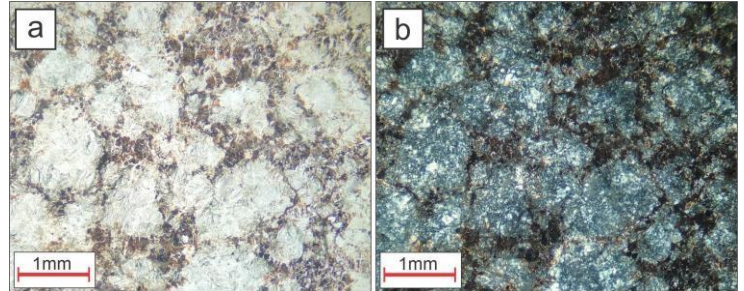
A lâmina apresenta duas mineralogias principais: material verde claro, muito fino, que aparenta preservar hábito de cristais “fantasmas” de piroxênio ou olivina; mineral castanho escuro, isotrópico, sem hábito definido.

**Descrição dos minerais:**

**Argilominerais verde claro:** granulometria muito fina, similar a argilominerais, de coloração verde clara, sem hábito definido, não pleocróicos. Aparentam ser pseudomorfos de cristais de piroxênio ou olivina, por apresentarem uma feição levemente circular. Em alguns pontos, cristais verde escuros, finos, de clorita. Mistura de argilominerais do grupo das esmectitas e serpentina.

**Mineral castanho escuro:** minerais muito fraturados, segmentados, de relevo alto, coloração castanha escura, não pleocróicos e sem hábito definido.

**Observações Importantes:****Foto da amostra de mão:**

**Imagem da Lâmina:****Fotomicrografias:**

## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra:** Can - 157

**Litologia:** Xenólito Alterado

**Data:** 24/06/2021

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

A amostra de mão é composta por dois fragmentos de rocha, com o maior apresentando dimensões próximas a 8cm e o menor a 6cm. Um dos fragmentos possui duas faces serradas e o fragmento principal possui uma face polida.

Nas faces de rocha fresca, aparenta possuir estrutura similar a vesicular, com diversos espaços vazios que davam lugar a minerais da rocha. Contudo, quando analisadas a face polida, pode-se inferir que a estrutura é compacta. A textura da amostra, na face polida, é subfanerítica, com parte da mineralogia visível apenas. A granulometria é fina a média. Composta por minerais cinza claro a preto, de hábito majoritariamente prismático e de dimensões próximas a 1mm; por agregados de minerais finos de coloração castanha avermelhada; e por uma matriz muito fina amarelada pálida.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** material fino (65-70%), anfibólio (15-20%), cristal castanho escuro (10%)

**Minerais Secundários:** opacos

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de granulação muito fina a fina. Composta por minerais amorfos secundários, oriundos da alteração dos minerais pretéritos, por estruturas esqueléticas de granadas, por anfibólios verde escuros e por isolados cristais de biotita.

A lâmina apresenta três mineralogias principais: material verde claro a acinzentado, muito fino, que perfaz a maior parte da lâmina; mineral castanho escuro, isotrópico, sem hábito definido e que em alguns pontos da lâmina evidenciam estruturas esqueléticas de granadas; cristais verde escuro de anfibólio, que ocorrem como agregados de cristais ou isolados em meio à matriz cinza clara.

**Descrição dos minerais:**

**Argilomineral:** ocorre na forma de uma massa de material muito fino, amorfo, de coloração acinzentada ou verde pálida.

**Material castanho escuro:** cristais amorfos, de coloração castanha escura, isotrópicos. Também resultado de alteração sobre mineralogia pretérita.

**Anfibólio:** ocorre de duas formas: cristais muito finos dispersos na massa fina acinzentada e na forma de cristais prismáticos subhedrais, que ocorrem principalmente em agregados. Os maiores cristais possuem dimensões próximas de 1mm, coloração verde escura, pouco pleocróicos.

**Biotita:** cristais alongados, de coloração castanha clara e dimensões inferiores a 1mm. O pleocroísmo varia entre tons castanhos e esverdeados. A biotita ocorre próxima aos agregados dos anfibólios prismáticos.

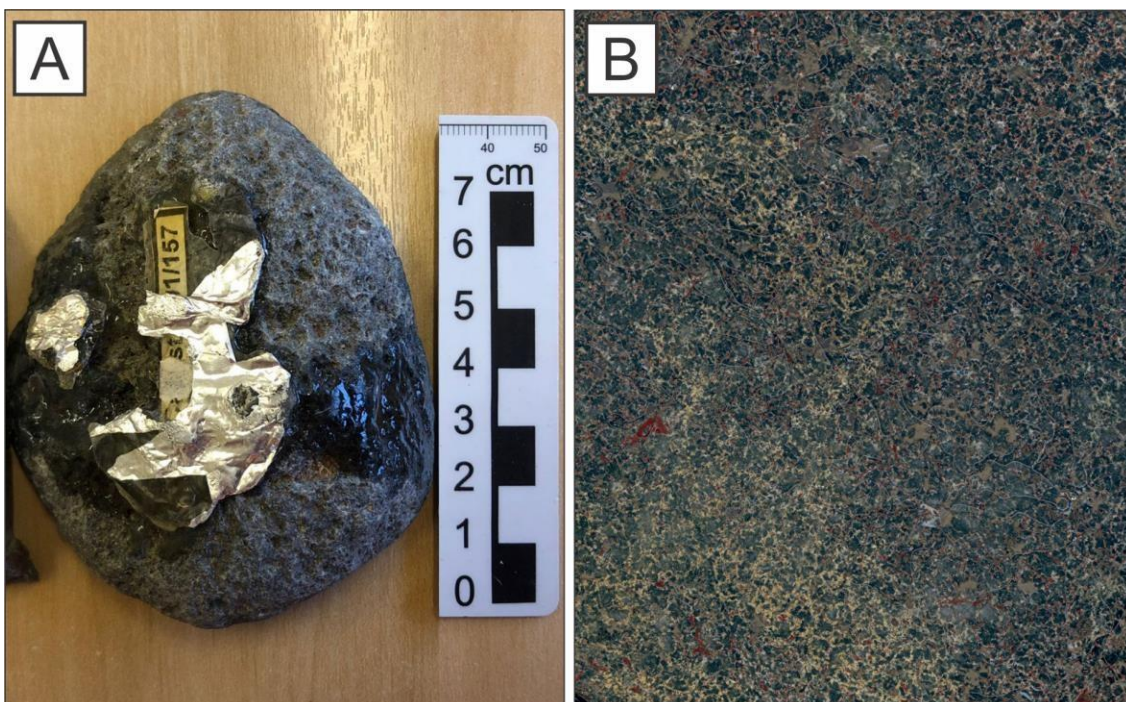
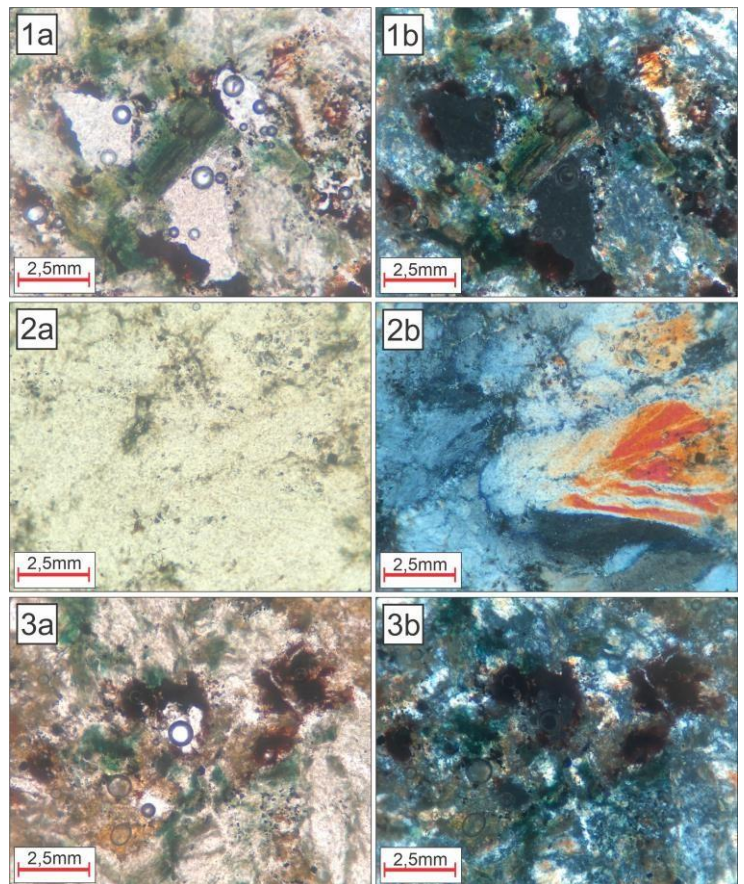
**Observações Importantes:****Amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra: Can - 163**

**Litologia: Xenólito Alterado**

**Data: 23/07/2021**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

Dois fragmentos de amostra, grandes, ovalares, de dimensões próximas a 8cm. Um dos fragmentos apresenta 3 faces serradas. O maior, apresenta uma face polida.

Nas faces de rocha fresca, aparenta possuir estrutura similar a vesicular, com diversos pontos parecidos com espaços vazios preenchidos anteriormente por bolhas de ar. Contudo, quando analisadas as faces serradas e a face polida, pode-se inferir que a estrutura é compacta. A textura da amostra é subfanerítica, com poucos cristais maiores visíveis. A granulometria é fina a média. Composta por minerais escuros, de hábito granular e de dimensões próximas a 1mm; e por uma massa acinzentada muito fina.

Na face polida, a textura da rocha é melhor visível. Podemos observar a mineralogia descrita anteriormente, mas com muito mais facilidade. São muito evidentes os cristais escuros, de hábito granular ou prismático, dimensões próximas a 1mm e que perfazem aproximadamente 50% da amostra. Junto deles, os pseudomorfos de fenocristais também se apresentam de forma mais notória, com cristais que variam entre 2-8mm de hábito prismático. Por fim, a matriz fina de coloração castanha clara se torna mais aparente, devido ao contraste com os minerais escuros.

#### Microscópica

##### **Principais Minerais:**

**Minerais Secundários:** Mineral verde claro, muito fino (65%); mineral castanho escuro, relevo alto (35%).

##### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura pseudomórfica, afanítica a subfanerítica, de granulação muito fina a fina. Composta por minerais amorfos secundários, oriundos da alteração dos minerais pretéritos.

A lâmina apresenta duas mineralogias principais: material verde claro, muito fino, que aparenta preservar hábito de cristais “fantasmas” de piroxênio e olivina; mineral castanho escuro, isotrópico, sem hábito definido e que em alguns pontos aparenta apresentar uma textura esquelética de granadas.

**Descrição dos minerais:**

**Mineral verde claro:** granulometria muito fina, similar a argilominerais, de coloração verde clara, sem hábito definido, não pleocróicos. Aparentam ser pseudomorfos de cristais de piroxênio ou olivina, por apresentarem uma feição levemente circular.

**Mineral castanho escuro:** minerais muito fraturados, segmentados, de relevo alto, coloração castanha escura, não pleocróicos e sem hábito definido. Possivelmente são pseudomorfos de granadas. Em alguns locais apresentam um hábito esquelético.

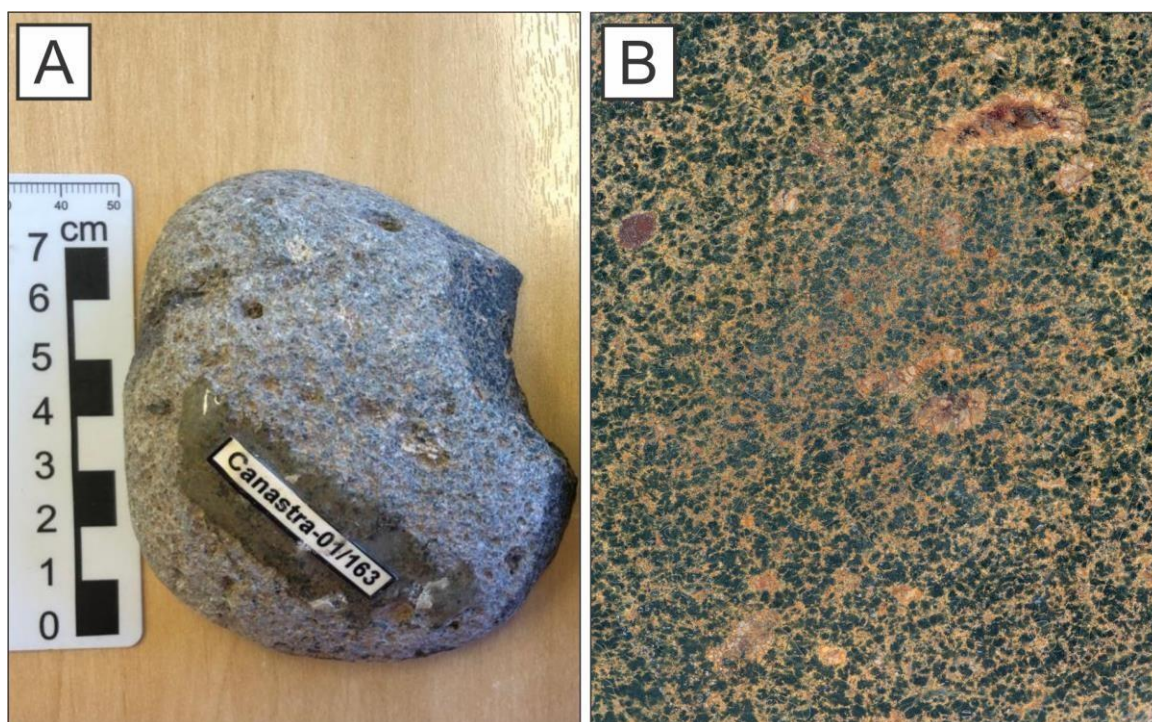
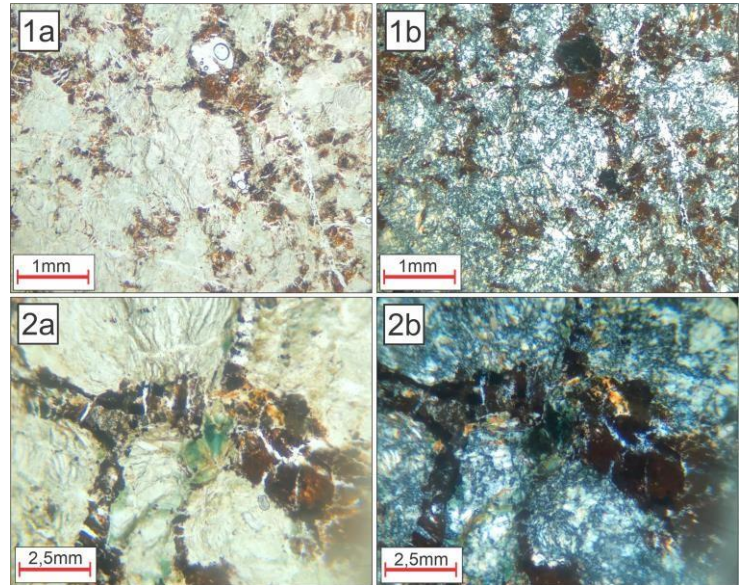
**Observações Importantes:****Amostra de mão:**

Imagem da Lâmina:



Fotomicrografias:



## FICHA DE DESCRIÇÃO DE LÂMINA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GEOLOGIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

Rio Claro – 2020/2022

**Número da amostra: Can - 198**

**Litologia: Xenólito Alterado**

**Data: 23/06/2021**

### DESCRIÇÃO

#### Macroscópica

A amostra de mão é composta por dois fragmentos de rocha, de dimensões próximas a 8cm. Um dos fragmentos possui duas faces serradas e o fragmento principal possui uma face polida.

Nas faces de rocha fresca, aparenta possuir estrutura similar a vesicular, com diversos pontos parecidos com espaços vazios preenchidos anteriormente por bolhas de ar. Contudo, quando analisadas as faces serradas e a face polida, pode-se inferir que a estrutura é compacta. A textura da amostra é subfanerítica, com poucos cristais maiores visíveis. A granulometria é fina a média. Composta por minerais escuros, de hábito granular e de dimensões próximas a 1mm; por fantasmas de fenocristais granulares; e por uma massa acinzentada muito fina.

Na face polida, a textura da rocha é melhor visível. Podemos observar a mineralogia descrita anteriormente, mas com muito mais facilidade. São muito evidentes os cristais escuros, de hábito granular ou prismático, dimensões próximas a 1mm e que perfazem aproximadamente 50% da amostra. Junto deles, os pseudomorfos de fenocristais também se apresentam de forma mais notória, com cristais que variam entre 2-8mm de hábito prismático. Por fim, a matriz fina de coloração castanha clara se torna mais aparente, devido ao contraste com os minerais escuros.

#### Microscópica

**Principais Minerais:** Granada alterada (5-8%), serpentina (?), material fino (45-50%), material castanho escuro (40-45%), quartzo (~2%).

**Minerais Secundários:** Opacos

#### **Textura da Lâmina:**

Lâmina de textura pseudomórfica, afanítica a subfanerítica, de granulação muito fina a fina. Composta por minerais amorfos secundários, oriundos da alteração dos minerais pretéritos, e por “fantasmas” de granadas muito alteradas.

A lâmina apresenta quatro mineralogias principais: material verde claro, muito fino, que aparenta preservar hábito de cristais “fantasmas” de piroxênio; mineral castanho escuro, isotrópico, sem hábito definido; pseudomorfos de granada, microcristais de quartzo que ocorrem preenchendo fraturas, oriundos provavelmente de recristalização. Além destas, presentes minerais verdes, pleocróicos, similares a clorita.

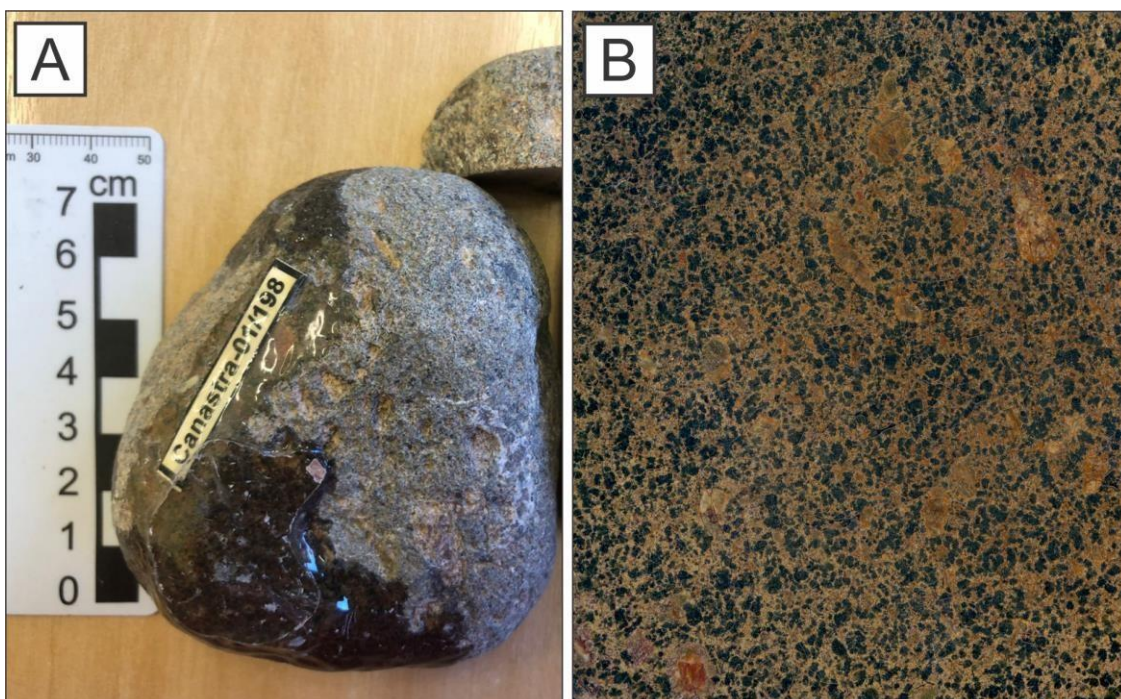
**Descrição dos minerais:**

**Material verde claro:** material muito fino, amorfo, de coloração verde pálida a acinzentada.

**Material castanho escuro:** cristais amorfos, de coloração castanha escura, isotrópicos. Também resultado de alteração sobre mineralogia pretérita.

**Pseudomorfos de Granada:** os pseudomorfos de granada são os cristais mais facilmente perceptíveis. Possuem dimensões entre 2 e 5mm. Todos os pseudomorfos apresentam textura similar a caulinitização.

**Quartzo:** microcristais que ocorrem preenchendo fraturas e veios.

**Observações Importantes:****Foto da amostra de mão:**

**Imagem da Lâmina:****Fotomicrografias:**