

Universidade de São Paulo
Instituto de Geociências

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E GEOCRONOLÓGICA DAS
ROCHAS METASSEDIMENTARES DOS DOMÍNIOS REGISTRO E
IGUAPE – CINTURÃO RIBEIRA SUL – SUDESTE DO ESTADO DE
SÃO PAULO**

**Monografia de Trabalho de Formatura
(TF-2019/10)**

Autora: Elis Miguele de Sá

Orientadora: Cláudia Regina Passarelli

Co-Orientador: Oswaldo Siga Jr.

São Paulo
Novembro de 2019

Universidade de São Paulo
Instituto de Geociências

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E GEOCRONOLÓGICA DAS
ROCHAS METASSEDIMENTARES DOS DOMÍNIOS REGISTRO E
IGUAPE – CINTURÃO RIBEIRA SUL – SUDESTE DO ESTADO DE
SÃO PAULO**

**Monografia de Trabalho de Formatura
(TF-2019/10)**



Autora: Elis Miguele de Sá



Orientadora: Cláudia Regina Passarelli

Co-Orientador: Oswaldo Siga Jr.

São Paulo

Novembro de 2019

AGRADECIMENTOS

Antes de qualquer coisa, eu preciso agradecer àqueles que minha vida toda garantiram meu acesso à informação e me incentivaram a estudar, e que ajudaram a despertar a curiosidade científica em mim. Mãe e pai, não fosse tudo que vocês sempre fizeram por nós, eu nem estaria aqui. E falando em família: Barbra, Sarah e Mariah, eu também não podia deixar vocês de fora. Obrigada irmãs, principalmente a Barbra. A graduação não teria o menor sentido se você não estivesse lá junto comigo, a 5 minutos de distância.

Aos amigos das “panelas e subpanelas” da turma 57, ao lado de quem fiz as viagens de campo mais divertidas, e também estressantes: Lucas (Gretchen), Yuri (Mama), Tom, Aghata (Baia), Bruna (Caloi), Kauan (Sacolé), Gabriel (Chuka), e principalmente pra Marília (Madre), Jessica (Indi) e Marcela (Cro), pelos trabalhos que fizemos juntas, porque se somos amigas até hoje foi preciso muita paciência. Vocês são incríveis, muito obrigada.

Devo um enorme muito obrigada ao Coletivo Feminista Geóloga Dinalva, pois fazer parte desse grupo me encheu de motivação para fazer aquilo que eu acredito. Narúbia, Letícia, Mari, Camila, Helô, Adriana, obrigada pelo carinho, pelas atividades que participamos e organizamos juntas, pelo trabalho de vocês, pelas marchas em que estivemos juntas e pelos momentos de desabafo com chá ou cerveja.

A toda a equipe do LabGeo do IPT, onde estagiei no último ano. Por aquilo que vocês me ensinaram ao longo desse ano e por sempre me apoiarem no desenvolvimento desse trabalho de formatura.

Ao Guilherme, a pessoa que esteve comigo nos últimos três anos me amando, me consolando e me fazendo feliz. Eu encontrei um amor e um melhor amigo em você.

Ao professor Miguel Basei e a toda a equipe do CPGeo, em especial aos técnicos e pesquisadores que estiverem presentes nas etapas deste trabalho, me ajudando com aquilo que fosse necessário: Vasco, Nairê, Bruna, Artur e Solange.

Ao professor Renato, pela didática e dedicação em resolver minhas dúvidas de petrografia.

À Mari. Seu “apoio moral” me salvou nesse trabalho mais do que você imagina, e eu ainda espero retribuir a gratidão que eu sinto.

E principalmente, obrigada Kau, por absolutamente tudo. Eu nunca pensei que ia encontrar uma orientadora tão inspiradora, participativa, solícita e apaixonada pelo que estuda como encontrei em você.

SUMÁRIO

RESUMO.....	
ABSTRACT.....	
1. INTRODUÇÃO.....	
2. OBJETIVOS E METAS.....	
3. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	
3.1. Contextualização geológica.....	
3.1.1. Terreno Curitiba.....	
3.1.2. Terreno Paranaguá.....	
3.1.3. Terreno Luís Alves.....	
3.1.4. Domínios Embu, Mongaguá, Registro e Iguape.....	
3.1.5. Domínios da contraparte africana.....	
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	
4.1. Seleção de amostras.....	
4.2. Estudos petrográficos.....	
4.3. Preparação das amostras.....	
4.4. Catação binocular e preparação do <i>mount</i>	
4.5. Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e imagens de catodoluminescência.....	
4.6. Análises isotópicas de U-Pb por LA-MC-ICP-MS.....	
5. RESULTADOS OBTIDOS.....	
5.1. Descrições petrográficas.....	
5.1.1. Sequência Iguape.....	
5.1.2. Sequência Cachoeira.....	
5.2. Datações U-Pb em zircão detrítico.....	
5.2.1. Sequência Iguape: amostra K-161.....	
5.2.2. Sequência Cachoeira: amostra K-96.....	
6. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	
6.1. Análises Petrográficas.....	
6.2. Análises geocronológicas.....	
7. CONCLUSÃO.....	
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I: Mapa de Pontos

Anexo II: Descrições Petrográficas

Anexo II: Imagens de Catodoluminescência com pontos datados no LA-ICP-MS

Anexo III: Tabela de Resultados das análises por LA-ICP-MS

RESUMO

O Cinturão Ribeira na porção sudeste do estado de São Paulo compreende domínios tectônicos limitados por expressivas zonas de cisalhamento. Os Domínios Iguape (Terreno Paranaguá) e Registro (Terreno Curitiba), separados pela Zona de Cisalhamento Serrinha, são ambos representados por unidades metassedimentares que foram o alvo de estudo desse trabalho. Foram feitas análises isotópicas U-Pb por LA-MC-ICP-MS em zircão detrítico de duas unidades metassedimentares representativas de cada domínio: Sequência Iguape (Domínio Iguape) e Sequência Cachoeira (Domínio Registro). Somadas a essas análises, foram realizados estudos petrográficos em amostras de rochas metassedimentares, a fim de determinar condições de metamorfismo, que auxiliaram na interpretação dos dados geocronológicos.

As amostras da Sequência Iguape representam biotita-sericita xistos finos, meta-ritmitos, metamargas e quartzitos impuros de baixo grau, com picos metamórficos do fácies xisto verde inferior a intermediário, na Zona da Biotita. Análises U-Pb em zircões detríticos revelaram idades máximas de sedimentação de ~1220 Ma, com principal contribuição em torno de ~2180 Ma., Riacciana. Há ainda picos de idades médias do Mesoarqueano ao Paleoarqueano, com maior contribuição em torno de 3400 Ma.

As amostras da Sequência Cachoeira representam granada-biotita paragneisses, sillimanita-granada-biotita paragneisses, ortoquartzitos e granada-biotita xistos com picos metamórficos no fácies anfibolito superior a granulito, na segunda Zona da Sillimanita. Análises U-Pb em zircão detrítico revelaram dois picos de idade Neoproterozóica em ~600 Ma e ~750 Ma, associados a dois eventos de metamorfismo de alto grau. A idade máxima de sedimentação considerada para essa unidade foi de ~790 Ma, que também representa a época de maior contribuição das áreas-fonte. Também ocorre uma contribuição significativa do Paleoproterozóico entre 1800-2400 Ma, e três idades Mesoarqueanas: 2827 Ma, 2935 Ma e 3086 Ma.

As análises mostraram que as duas unidades são distintas entre si, tanto nos litotipos observados, quanto no grau metamórfico estimado e nas idades máximas de sedimentação obtidas.

Palavras-chave: *análises U-Pb em zircão detrítico por LA-ICP-MS, rochas metassedimentares, fácies metamórficas, Domínio Registro (Terreno Curitiba), Domínio Iguape (Terreno Paranaguá).*

ABSTRACT

The Ribeira Belt in the southern portion of the state of São Paulo comprises tectonic domains limited by expressive shear zones. The Iguape (Paranaguá Terrane) and Registro (Curitiba Terrane) Domains, separated by the Serrinha Shear Zone, are both represented by metasedimentary units which were the subject of study of this project. Isotopic U-Pb LA-MC-ICP-MS detrital zircon analyzes were done in two metasedimentary units representative of each domains: Iguape Sequence (Iguape Domain) and Cachoeira Sequence (Registro Domain). In addition to these analyzes, petrographic studies in metasedimentary rocks were taken place, in order to determine metamorphic conditions that helped in the interpretation of geochronologic data.

The Iguape Sequence samples are represented by biotite-sericite fine schists, metaritmities, metamarlis and impure quartzites with low metamorphic grades with peaks in inferior to intermediate green schist facies, in the Biotite Zone. U-Pb detrital zircon analyses revealed maximum sedimentation ages of ~1220 Ma, with main distribution at ~2180 Ma, Rhyacian. There are still age peaks from Mesoarchaeon to Paleoarchaeon, with main contribution around 3400 Ma.

The Cachoeira Sequence samples are represented by garnet--biotite paragneisses, sillimanite-garnet-biotite paragneisses, ortoquartzites and garnet-biotite schists with metamorphic peaks between high amphibolite and granulite facies, second Sillimanite Zone. U-Pb detrital zircon analyses revealed two Neoproterozoic peaks in ~600 Ma and 750 Ma, linked to two high grade metamorphic events. The maximum sedimentation age considered for this unit was ~790 Ma, that also represents the main contribution of the source areas. Also occur a significative contribution from Paleoproterozoic between 1800-2400 Ma, and three Mesoarchaeon ages: 2827 Ma, 2935 Ma and 3086 Ma.

The analyses show that the two units are distinct from each other, in observed litotypes, estimated metamorphic grades and maximum sedimentation ages obtained.

Key-word: *U-Pb analyses in detrital zircon by LA-ICP-MS, metasedimentary rocks, metamorphic facies, Registro Domain (Curitiba Terrane), Iguape Domain (Paranaguá Terrane)*

1. INTRODUÇÃO

Na região costeira do sul-sudeste do Brasil podem ser observados importantes registros magmáticos, metamórficos e estruturais de orogêneses associadas ao Ciclo Brasileiro, refletidas nas colagens de distintos terrenos que culminaram na aglutinação do supercontinente Gondwana. Os eventos associados a esse ciclo tectônico resultaram em processos de subducção, sedimentação, eventos colisionais e tardi-colisionais.

A porção sul do Cinturão Ribeira, sudeste do estado de São Paulo, compreende um conjunto de domínios tectônicos limitados por importantes zonas de cisalhamento. Unidades metassedimentares inseridas em dois destes terrenos, separados pela Zona de Cisalhamento Serrinha (ZCS), são alvo de estudo desse projeto: o Domínio Registro (composto principalmente por rochas gnáissico-migmatíticas e rochas metassedimentares do tipo paragnaisses de alto grau metamórfico), associado ao Terreno Curitiba, a norte da ZCS; e o Domínio Iguape (composto predominantemente por rochas granitoides e rochas metassedimentares finas de baixo grau), associado ao Terreno Paranaguá, a sul da ZCS. Esses blocos tectônicos estão localizados na área dos municípios de Iguape, Registro, Parquera-Açu, Jacupiranga e Cananéia. (Figura 1).

Em ambos os terrenos ocorrem sequências de rochas metassedimentares cujas idades máximas de sedimentação e possíveis áreas fontes ainda estão sendo estudadas.

As rochas metassedimentares do Domínio Registro fazem parte da Sequência Cachoeira, representada por xistos e paragnaisses de alto grau com biotita, granada e sillimanita. Essas rochas apresentam características miloníticas, afetadas tanto pela Zona de Cisalhamento Itariri, a norte, quanto pela Zona de Cisalhamento Serrinha, a sul. Os paragnaisses ocorrem em associação com rochas graníticas também milonitizadas.

As rochas metassedimentares do Domínio Iguape, de baixo grau, constituem intercalações de metarritmitos e metarenitos, com algumas porções com metamargas, que configuram a Sequência Iguape. Encontram-se deformadas pela Zona de Cisalhamento Serrinha a norte, e também intrudidas por rochas graníticas com idades entre 620-600 Ma.

A obtenção de dados isotópicos U-Pb permitirá a determinação das idades máximas de sedimentação e a caracterização das possíveis áreas fontes dos metassedimentos das antigas bacias onde essas unidades se formaram.

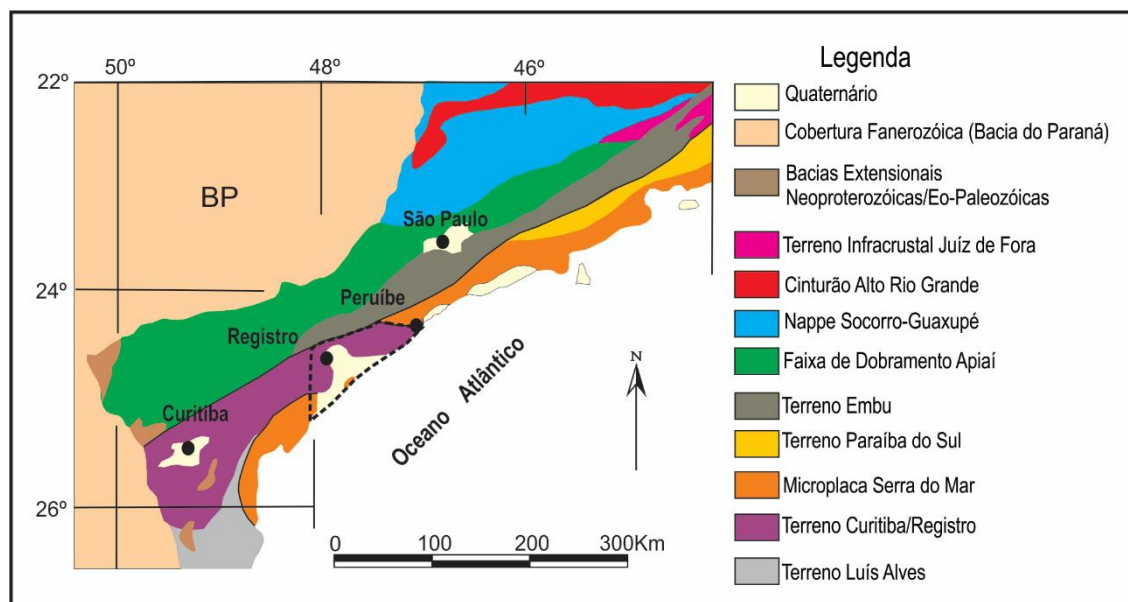


Figura 1: Esboço da compartimentação tectônica das regiões sudeste do Estado de SP e nordeste do PR (modificado de [Campos Neto & Figueiredo, 1995](#); [Basei et al., 1999](#)), e localização da área de estudo em tracejado.

2. OBJETIVOS E METAS

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização petrográfica e geocronológica das rochas metassedimentares da Sequência Cachoeira, no Domínio Registro (Terreno Curitiba – PR) e da Sequência Iguape, no Domínio Iguape (Terreno Paranaguá – PR), obtendo idades máximas de sedimentação e permitindo fazer correlação com as possíveis áreas fonte dessas bacias. Igualmente, a obtenção desse dado deve permitir correlacionar essas unidades com outras descritas em regiões mais ao sul dos mesmos terrenos: Complexo Turvo-Cajati e Formação Capiru/Setuva no Terreno Curitiba ([Siga Jr. et al., 1993, 1995](#); [Faleiros 2008](#)) e a Sequência Rio das Cobras no Terreno Paranaguá ([Lopes 1987, Weber 1998, Cury 2009](#)). Assim como permitir a correlação com áreas fontes de sedimentação em terrenos adjacentes e/ou com a contraparte africana do Gondwana Ocidental.

3. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

3.1. Contextualização geológica

A porção sul costeira do estado de São Paulo, área do projeto de pesquisa, constitui-se de compartimentos tectônicos delimitados por zonas de cisalhamento que se estendem por

centenas de quilômetros, pertencentes à porção sul do Cinturão Ribeira, um cinturão móvel formado durante o Ciclo Brasileiro, pertencente à Província Mantiqueira (Almeida et al., 1981). É caracterizado por uma série de estruturas de direção NE-SW, e por compor diversos blocos tectônicos com particularidades litológicas, estruturais, metamórficas, geocronológicas e isotópicas distintas.

3.1.1. Terreno Curitiba

Entre o sul do estado do Paraná e nordeste de Santa Catarina, foi definido o Terreno Curitiba (Siga Jr. et al., 1993, 1995). Este terreno é formado principalmente por rochas gnáissico-migmatíticas de fácies anfibolito e granitóides cálcio-alcálinos deformados. É limitado por duas importantes zonas de cisalhamento transcorrentes com movimentos opostos (Faleiros 2008; Faleiros et al. 2011, 2016): a Zona de Falha Lancinha-Cubatão, que o separa dos terrenos Apiaí e Embu, a norte, com componente dextral, e a Zona de Cisalhamento Serrinha, a sul, caracterizada como uma rampa lateral.

O Terreno Curitiba é formado por quatro unidades principais (Siga Jr. et al., 1993, 1995; Faleiros 2008; Faleiros et al. 2011, 2016): Complexo Atuba, Complexo Turvo-Cajati, Suíte Rio Piên e Sequência Capiçu. O Complexo Atuba, representa uma assembleia de ortognaisses tipo TTG de fácies anfibolito superior a granulito, interpretado como uma antiga placa Arqueanas de 3,1-2,7 Ga, retrabalhado em eventos no Paleoproterozóico e Neoproterozóico, com o principal metamorfismo atualmente observado em torno de 600 Ma, contemporâneo ao metamorfismo do Complexo Turvo-Cajati (Faleiros et al. 2011). O Complexo Turvo Cajati constitui uma assembleia de rochas metassedimentares supracrustais de fácies anfibolito superior a granulito, constituído por paragneisses de biotita, granada e sillimanita, podendo apresentar textura migmatítica, além de mármore, mica-xistos e ortoquartzitos. É interpretado como um ambiente de deposição marinho-plataformar (Siga Jr. et al., 2012). Geotermobarometria em paragneisses dessa unidade indicaram pico metamórfico entre 670 e 810 °C e de 9,5 a 12 kbar, e datações U-Pb em monazita indicam que esse pico ocorreu em 589 ± 5 Ma (Faleiros et al. 2011). Idades de proveniência (U-Pb LA-ICP-MS) dos metassedimentos dessa unidade datam entre 0,8-0,6 Ga (Siga Jr. et al., 2012) e 606 ± 16 Ma (Cury, 2009). A Suíte Rio Piên (Harara et al. 2004) é formada por granitóides deformados e sequências de rochas máfico-ultramáficas intrudidas em torno de 610 Ma. A Sequência Capiçu, localizada na porção sul do Terreno Curitiba, é formada por rochas metassedimentares pelíticas, siliciclásticas e carbonáticas de fácies xisto verde. Análises U-Pb em zircão detrítico apresentam idades Arqueanas ($> 2,5$ Ga), com maior contribuição Riachiana (2,2-2,1 Ga) e idades máximas Stenianas (1,20-1,08 Ga) (Leandro, 2016).

3.1.2. Terreno Paranaguá

Limitando o Terreno Curitiba a sul pela Zona de Cisalhamento Serrinha, está o Terreno Paranaguá (Siga Jr. et al., 1993, Cury et al. 2008; Cury, 2009). O Terreno Paranaguá está localizado nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, numa faixa alongada de direção NE-SW com aproximadamente 250 km de extensão. É constituído por complexos ígneos, representados pelas suítes Morro Inglês, Rio do Poço e Canavieiras-Estrela. Essas três suítes apresentam dados aproximados de U-Pb em zircão, registrando o principal evento magmático entre 600 e 580 Ma, com valores mais antigos em 620 Ma (Cury, 2009). Dados estruturais sugerem que essas suítes foram colocadas em eventos tardi-colisionais (Cury, 2009). Esses granitos possuem encaixantes gnáissicas e gnáissico-migmatíticas do Complexo São Francisco do Sul, com composição de dioritos, quartzo-monzodioritos, granodioritos, trondhjemitos e monzogranitos, apresentando feições migmatíticas em algumas porções do terreno. As idades U-Pb em zircão para esse complexo mostram cristalização Paleoproterozóica em 2173 ± 18 Ma, e Neoproterozóica a Cambro-Ordovicianas em 626 ± 25 Ma e entre 510-490 Ma (Cury, 2009). Demais dados U-Pb em zircão desses granitoides indicam cristalização Neoproterozóica de 615-570 Ma (Siga Jr. et al., 1993).

Também ocorrem rochas metassedimentares neste terreno, contempladas na Sequência Rio das Cobras (Lopes 1987, Weber 1998, Cury 2009), ocorrendo como faixas alongadas. Essa unidade é formada por gnaisses, xistos e quartzitos metamorfizados em fácies xisto verde, da zona na biotita, nas porções mais ao sul do Terreno, com metamorfismo de fácies anfibolito nas porções central e norte do Terreno (Cury, 2009). Gnaisses de alto grau dessa sequência apresentam idades U-Pb em zircão entre 1,8 e 2,1 Ga (Cury, 2009).

3.1.3. Terreno Luís Alves

Nas porções mais ao sul da Faixa Ribeira, no estado do Paraná, aflora uma faixa alongada separada do Terreno Curitiba pela Zona de Cisalhamento Piên (Siga Jr et al. 1995) a oeste, e do Terreno Paranaguá pela Zona de Cisalhamento Serrinha-Rio Palmital, constituindo o Terreno Luís Alves. O Terreno Luís Alves, assim como o Terreno Curitiba, representa um fragmento de continente preexistente Arqueano a Paleoproterozóico, intensamente deformado e retrabalhado durante a amalgamação do Gondwana Ocidental. É constituído por gnaisses granulíticos de composição tonalito-granodiorito (Siga Jr. et al., 1993, 1995). Idades U-Pb em zircão indicam cristalização entre 2720-2580 Ma e 2250-1850 Ma, e idades modelo Sm-Nd indicam duas fases de diferenciação, uma Paleoproterozóica e uma

Arqueana ([Siga Jr. et al., 1993](#)), fazendo com que esse terreno seja interpretado como um remanescente cratônico Arqueano deformado no Paleoproterozóico, e que constituía uma microplaca fria no Neoproterozóico, com maior deformação nos contatos com os terrenos adjacentes. A justaposição dos terrenos Curitiba e Luís Alves já estaria encerrada a 590 Ma, quando houve a colocação de granitóides pós-tectônicos ([Passarelli et al., 2018](#)).

3.1.4. Domínios Embu, Mongaguá, Registro e Iguape

Na porção sudeste do estado de São Paulo, quatro domínios tectônicos distintos foram definidos ([Passarelli et al. 2007, 2008, 2011](#)), delimitados por zonas de cisalhamento Neoproterozóicas: Domínio Embu, Domínio Mongaguá, Domínio Registro e Domínio Iguape ([Figura 2](#)). O Domínio Embu, situado a norte da Zona de Cisalhamento Cubatão (ZCC), é composto por rochas metassedimentares de médio a alto grau, localmente migmatizadas, e granitos peraluminosos intrudindo essas unidades, com idades U-Pb de 800 Ma e 600 Ma ([Passarelli et al. 2019](#)); o Domínio Mongaguá, onde predominam rochas gnáissico-migmatíticas (745 Ma; 640-630 Ma e 612 Ma - [Passarelli et al. 2016](#)) e intrusivas graníticas associadas com idades entre 655 a 556 Ma ([Passarelli et al. submetido](#)), encontra-se limitado a NW pela ZCC, e a sul pela Zona de Cisalhamento Itariri (ZCI). Em ambos os domínios Embu e Mongaguá predominam estruturas E-NE, associadas à direção de movimentação da ZCC. O Domínio Registro é limitado a norte pelo Sistema de Cisalhamento Cubatão Itariri (SCCI) com os Domínios Embu e Mongaguá e a sul pela Zona de Cisalhamento Serrinha (ZCS), composto por rochas metassedimentares e granitos-gnaisses com feições migmatíticas que representam um antigo terreno com idades de 1,9-2,2 Ga. O Domínio Iguape é limitado a norte pela ZCS e compreende rochas graníticas com idades U-Pb em zircão de 600 Ma, intrudidas em metassedimentos de baixo grau.

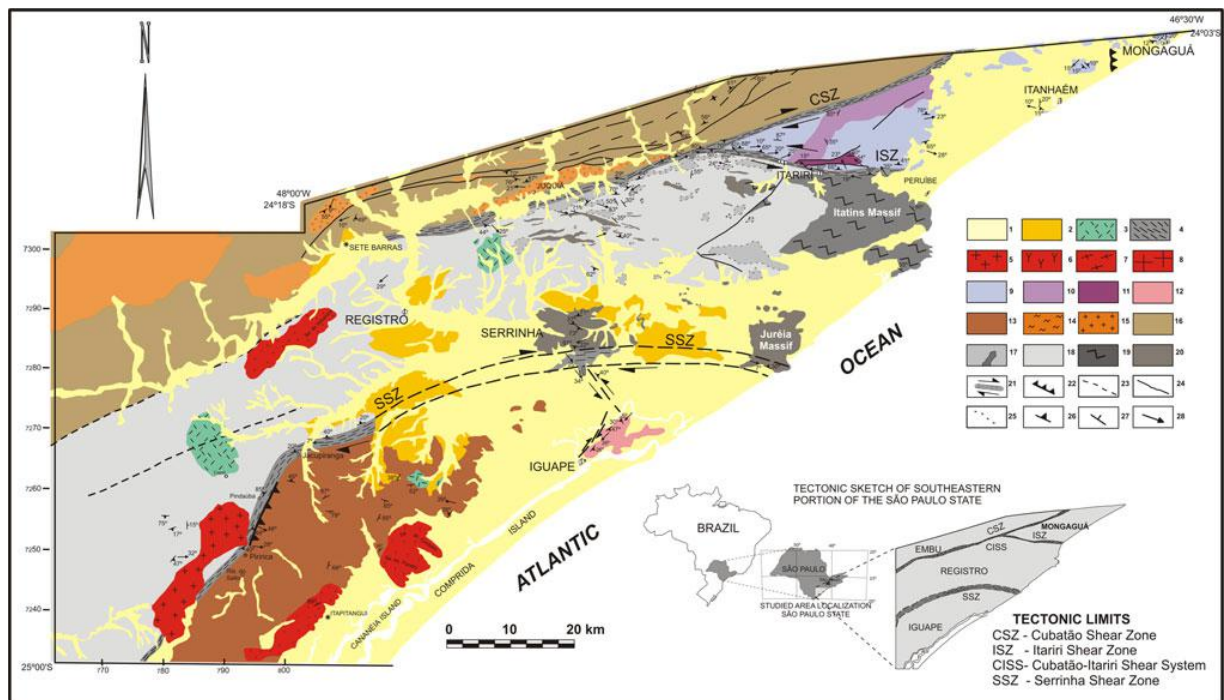


Figura 2: mapa geológico da porção sudeste do estado de São Paulo (extraído de [Passareli et al, 2011](#)): 1 Sedimentos Quaternários. 2 Sedimentos Terciários. 3 Complexo Alcalino de Juquía (Cretáceo). 4 CISS e SSZ: rochas miloníticas. Suíte Granítica Serra do Mar: 5 Itapitangui 6 Serra do Cordeiro 7 Serra do Votupoca 8 Guaraú. Domínio Mongaguá: 9 Granitos do tipo Itariri e rochas gnaiss-migmatíticas. 10 Granito Areado. 11 Granito Ribeirão do Óleo. Domínio Iguape: 12 Granito Iguape. 13 Metassedimentos Iguape. Terreno Embu: 14 Granito Juquía 15 Granito Sete Barras 16 Metassedimentos indiscriminados. Domínio Registro: 17 Domínio granito-gnaiss-migmatítico 18 Domínio Gnáissico 19 Complexo Itatins 20 Sequência Cachoeira. 21 Principais zonas de cisalhamento 22 Falha no componente de empuxo 23 Falhas inferidas 24 lineamentos 25 Contato geológico gradativo 26 Foliação milonítica 27 Foliação principal 28 Lineação mineral.

O Domínio Registro representa um bloco gnáissico-migmatítico Paleoproterozóico intensamente deformado e metamorfozizado durante o Neoproterozóico (750-580 Ma) (idades U-Pb em zircão) ([Siga Jr. et al, 1993](#); [Passarelli et al. 2007, 2011](#)), podendo ser correlacionado ao Terreno Curitiba. Neste domínio ocorrem unidades paragnáissicas correlacionadas à Sequência Cachoeira, nome inicialmente utilizado por [Silva, et al \(1981, apud Pavan, 2017\)](#) para descrever rochas metaultramáficas e metassedimentares do atual Terreno Curitiba encaixadas no embasamento gnáissico do Terreno Luís Alves, e posteriormente foi utilizado para descrever sequências metavulcanossedimentares e metassedimentares do Complexo Itatins ([Pavan, 2017](#)) e no Maciço da Juréia ([Passareli et al., 2007](#)), nas regiões de Peruíbe e Iguape. Paragnaisses da Sequência Cachoeira, aflorantes a norte da ZCS, apontam idade de metamorfismo em monazita de 751 ± 4 Ma (U-Pb TIMS), interpretada como pico metamórfico regional ([Passareli et al, 2007](#)). Também existem datações de monazita de granitos e de paragnaisses miloníticos localizados em

porções da Zona de Cisalhamento Serrinha, com uma idade média de 575 ± 5 Ma (U-Pb TIMS) (Passareli et al, 2011).

O Domínio Iguape, correlacionado ao Terreno Paranaguá, é composto em grande parte por rochas graníticas cálcio-alcálicas deformadas, com idades entre 570 e 620 Ma (Siga Jr. et al., 1993; Cury et al. 2008), por vezes, intrudidas por leucogranitos. Também é representado por sequências metassedimentares de baixo grau compostas por intercalações de meta-ritmitos, quartzitos/metarenitos e xistos finos/filitos, com aparente aumento do grau metamórfico rumo ao sul, constituindo os Metassedimentos Iguape, referidos neste trabalho como Sequência Iguape (Passareli et al., 2001, 2004, 2008). Nesta unidade ainda não são conhecidas idades máximas de sedimentação.

3.1.5. Domínios da contraparte africana

Do lado africano, correspondente ao Cinturão Ribeira, temos o Cinturão de Dobramento do West Congo (Figura 3), que se estende numa faixa de aproximadamente 1400 km paralela à costa atlântica Sul, desde o Gabão, ao Norte, até a Angola, ao Sul, correspondendo a uma larga bacia de ante-país (Affaton et al., 2016). Idades U-Pb em zircão detrítico (LA-ICP-MS) de metassedimentos de duas unidades dessa faixa apresentaram proveniências Neoproterozóicas (500 a 800 Ma), associada aos cinturões Neoproterozóicos brasileiros, Mesoproterozóicas (900 a 1200 Ma) com fontes próximas, e idades Paleoproterozóicas (1800 a 2300 Ma) e Arqueanas (2500 e 3100 Ma), com provável fonte de proveniência de granitoides do cráton do Congo-São Francisco, podendo ter proveniência tanto do lado leste quanto do oeste (Affaton et al., 2016). Na porção Noroeste do Cráton do Congo, ocorrem charnokitos e granitos com idades de cristalização Paleoarqueanas de 2853 ± 12 Ma, 2883 ± 11 Ma, 3266 ± 5 Ma, 3399 ± 6 Ma e uma idade mais antiga de 3477 ± 16 Ma (U-Pb, SHRIMP; Takan et. al, 2009).

O Cráton do São Francisco é um dos principais terrenos cratônicos que constituem a Plataforma Sul Americana, e também é uma peça chave na reconstrução do Supercontinente Gondwana. Na porção sul e norte do Cráton do São Francisco ocorrem Substrato Arqueano composto principalmente por rochas gnáissico-migmatíticas, incluindo suítes TTG, envoltas por cinturões Paleoproterozóicos. Em ambas as porções, ocorrem idades U-Pb do Paleo ao Mesoarqueano de 3,3-3,6 e 3,2-2,9 Ga, até idades Neoarqueanas de 2,6-2,8 Ga (Teixeira et al., 2017).

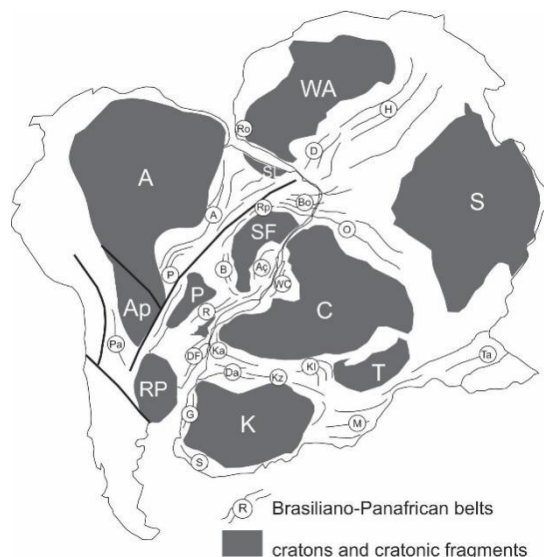


Figura 3: Reconstrução do Gondwana Ocidental mod. [Heilbron et al. 2008](#); mostrando componentes cratônicos e faixas brasilianas-panafricanas. Cratons em zinza: A, Amazonas; C, Congo; K, Kalahari; LA, Luis Alves, P, Paranapanema, SF, São Francisco; WA, West Africa. Faixas Brasilianas–Panafricanas: Bo, Borborema; Rp, Rio Preto; A, Araguaia; Aç, Araçuaí; P, Paraguai; B, Brasília; R, Ribeira; DF, Dom Feliciano; Pa, Pampeana; H, Hoggar; D, Dahomey; Ro, Rockelides; O, Oubangides; Ta, Tanzania; WC, West Congo; Ka, Kaoko; Da, Damara; K/Z, Katangan/Zambezi; Kl, Katanga-Lufilian Arc; M, Mozambique; G, Gariep; S, Saldania.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Seleção de amostras

Inicialmente foi realizado um levantamento dos afloramentos de metassedimentos amostrados na região (incluindo os Domínios Iguape, Registro, Mongaguá e Embu), em trabalhos de campo anteriores. Há uma coleção de cerca de 30 amostras de rochas metassedimentares da região, disponíveis na coleção da orientadora. Após o levantamento, foram separadas as amostras pertencentes aos Domínios Iguape e Registro e verificada a existência de seções delgadas.

Foram selecionadas 10 amostras de rocha do Domínio Iguape para a confecção de lâminas petrográficas (K-26, K-28, K-59, K-152, K-153, K-157, K-161, K-162, K-167(2) e K-168). Do Domínio Registro (Sequência Cachoeira) foram selecionadas três amostras (K-96, K-97(1) e K-127(1)) para confecção de novas lâminas, somando a outras oito lâminas de amostras desse domínio separadas na coleção da orientadora (K-39XZ(1), K-39XZ(2), K-39YZ, K-40XZ, K-40YZ, K-42, K-99YZ e K-135(1) e K-135(2)). Foram depois adicionadas cinco lâminas de amostras da Sequência Cachoeira (K-97(2) e K-127(2), K-56, K-57 e K-133).

O mapa geológico com a localização dos afloramentos de rochas metassedimentares estudadas está no [Anexo I](#).

Também foram selecionados concentrados de minerais pesados dessas amostras, para a catação de zircão, disponibilizados pela orientadora: dois concentrados de minerais pesados do Domínio Registro (K-96 e K-135) e um do Domínio Iguape (K-161). Ainda foi selecionada uma amostra de rocha metassedimentar do Domínio Iguape (K-59) para aprendizagem de todo o processo de separação de minerais pesados no LSP (Laboratório de Separação e Preparação) do CPGeo.

Das quatro amostras de concentrado de minerais pesados, apenas duas (uma de cada domínio: K-96 e K-161) foram selecionadas para a separação de zircão e confecção dos *mounts*.

4.2. Estudos petrográficos

Anteriormente às análises geocronológicas U-Pb em cristais de zircão, foram realizados estudos petrográficos nas seções delgadas, a fim de determinar o grau metamórfico das unidades metassedimentares por meio da observação de microtexturas e assembleias mineralógicas. Assembleias minerais de rochas pelíticas são geralmente muito sensíveis a mudanças nas condições P-T do metamorfismo, sofrendo reações muitas vezes descontínuas que permitem delimitar transições de zonas metamórficas.

Foram feitas análises petrográficas em 22 lâminas de 18 amostras de rochas das sequências estudadas, sendo 11 delas de paragneisses da Sequência Cachoeira (Domínio Registro - Terreno Curitiba) e 10 delas de metarritmitos a xistos da Sequência Iguape (Domínio Iguape - Terreno Paranaguá).

As análises foram feitas utilizando microscópio petrográfico da sala de estudos petrográficos da graduação do IGc-USP. Foram feitas descrições detalhadas de cada uma das amostras a fim de determinar o grau metamórfico através de paragêneses minerais. As amostras foram fotografadas no laboratório de petrografia da pós-graduação do IGc-USP.

As descrições petrográficas com as fotos podem ser acessados no [Anexo II](#).

4.3. Preparação das amostras

O procedimento de separação e concentração de cristais de zircão ocorreu no Laboratório de Preparação e Separação (LSP) do CPGeo (IGc-USP). Foi selecionada a amostra K-59 ([Figura 4](#)), um xisto fino da Sequência Iguape, para o processo de separação e concentração de minerais pesados.

A primeira etapa do processo de preparação é realizada no sistema Rocha Total (RTO). Consiste na pulverização do material (rocha) através de britagem em pilão, moagem em moinho de disco e peneiramento a fim de reduzir a fração granulométrica do material. Esse procedimento é muito utilizado nas metodologias Sm/Nd, Rb/Sr e Pb/Pb, e o tamanho adequado da rocha deve ser 10 vezes o volume do maior mineral (Loios, 2009).

Antes de iniciar os procedimentos, a amostra foi adequadamente lavada, retirando todos os resíduos de solo, sedimentos e alterações que pudessem contaminar a análise. A amostra seca foi fragmentada em um pilão de aço (Figura 5) até formar desagregados de aproximadamente 2 cm e, como ainda havia um pouco de umidade após a lavagem, os fragmentos foram colocados para secar novamente (Figura 6). Após secar completamente, a amostra desagregada foi aos poucos reduzida no pilão, até atingir a menor fração possível. Em seguida, a amostra quarteada foi pulverizada no moinho de anéis (moinho formado por uma panela e dois anéis com revestimento em Tungstênio) durante 4 segundos. Este tempo é programado pelo técnico que manuseia o equipamento e pode variar de acordo com volume e dureza do material (Loios, 2009). Não foi usado o moinho de disco nessa amostra por recomendações do técnico, devido à pouca quantidade de material e à granulometria muito fina da amostra.



Figura 4: Amostra K-59 antes de ser quarteada



Figura 5: Pilão de aço usado para fragmentar e reduzir a amostra

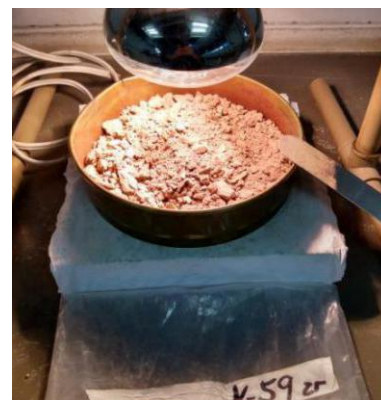


Figura 6: amostra K-59 previamente fragmentada

Depois de pulverizado, toda a amostra foi colocada em um conjunto de peneiras, onde foi feita a separação granulométrica do material. O conjunto foi preparado com três peneiras, cobrindo as frações granulométricas em *mesh* de 60 (0,250mm), 100 (0,149mm) e 250 (0,058mm) (Figura 7). Junto com cada peneira são colocadas duas arruelas de aço soltas, que facilitam o peneiramento do material. O conjunto é colocado no peneirador, realizando a separação granulométrica durante o intervalo de 10 minutos (Figura 8). O material maior que 60 *mesh* e entre 60 e 100 *mesh* foi novamente pulverizado no pilão e peneirado. Ao final da segunda seleção granulométrica, o material mais grosso (maior que 100 *mesh*), que seria descartada, representava cerca de 20% do material total. As frações menores que 250 *mesh*

(pó) e entre 100 e 250 *mesh* foram separadas em sacos de plástico devidamente identificados para seguir para a mesa de separação (**Figura 9**).



Figura 7: conjunto de peneiras de 60, 100 e 250 *mesh* do topo para a base.



Figura 8: Peneirador.



Figura 9: Frações da amostra entre 100-250 e menor que 250 *mesh*, separadas e identificadas

A mesa de Wiffley ou mesa de separação consiste numa mesa com canaletas ou guias horizontais levemente inclinada, que vibra em um movimento horizontal constante enquanto recebe um fluxo de água. Isso permite a separação dos minerais mais densos (zircão, monazita, titanita, rutilo, granada, epidoto, magnetita, apatita, anfibólio, entre outros). A amostra menor que 100 *mesh* é colocada num funil, se misturando lentamente com água na mesa. A parte menos densa é transportada com o fluxo e descartada. Já as porções mais densas são dificilmente transportadas pela água e se concentram nas canaletas. Esse material é distribuído em duas canecas, em função da inclinação frontal da mesa: a caneca 1 coleta o material mais denso concentrado nas primeiras canaletas; a caneca 2 coleta o material das últimas canaletas, menos denso, mas que ainda pode conter zircão ou monazita (**Figura 10**).



Figura 10: mesa de separação. Material mais denso capturado pelas guias sendo levado pelo fluxo de água para as canecas 1 (à esquerda) e 2 (à direita)

Ao final, boa parte da amostra foi descartada, restando muito pouco material nas canecas. Sendo assim, juntamos os materiais das canecas 1 e 2 para seguir para as etapas seguintes.

Com a fração de amostra coletada na mesa, foi feita a decantação em líquidos densos. O primeiro deles utilizado é o Bromofórmio ($d=2,82 \text{ g/cm}^3$). Mistura-se a amostra com 1 litro do líquido em um funil dentro da capela, e espera o material decantar (**Figura 11**). A parte decantada (minerais mais densos que o líquido) é separada para as etapas seguintes. A porção flutuante é descartada. Ambas as porções são lavadas com álcool e colocadas para secar.

Em seguida, a fração mais densa que o líquido Bromofórmio (BR) é tratada em um líquido mais denso: o Iodeto de Metileno (MT) ($d=3,32 \text{ g/cm}^3$) reciclado, que ainda possui uma densidade menor que minerais de zircão, monazita e titanita. O processo de separação é o mesmo: a fração mais densa decanta e é separada, a fração flutuante é descartada (**Figura 12**). Ao final, as duas frações da amostra são lavadas com acetona e colocadas para secar.

É importante assinalar que esses líquidos são tóxicos e devem ser sempre utilizados dentro de uma capela.



Figura 11: Bromofórmio ($d=2,82 \text{ g/cm}^3$)



Figura 12: Iodeto de Metileno ($d=3,32 \text{ g/cm}^3$)

A próxima etapa consiste em separar os minerais menos magnéticos dos mais magnéticos presentes na fração da amostra mais densa que o iodeto de metileno reciclado. Essa etapa é muito importante para a obtenção de zircão, que tem uma baixa sensibilidade magnética. Dependendo do tipo litológico, se for uma rocha com muitos minerais magnéticos, essa etapa é realizada antes de passar a amostra no líquido Bromofórmio. Por se tratar de uma amostra metassedimentar com pouco material disponível, optou-se por realizar essa separação por último. A princípio passamos o ímã de mão, eliminando resíduos metálicos e minerais mais magnéticos (magnetitas, por exemplo). Só o ímã de mão descartou uma fração de

aproximadamente dois terços da amostra. Depois passamos a amostra no separador eletromagnético, tipo Frantz (**Figura 13**).

O separador Frantz é constituído de uma canaleta inclinada dividida ao meio, que separa os minerais mais magnéticos (biotitas, anfibólios, granadas, piroxênios, etc.) dos menos magnéticos (como zircão, apatita, quartzo e feldspato) (**Figura 14**). É possível variar o campo magnético no equipamento de 0,1 A a 1,8 A. A amostra foi passada no Frantz primeiro a 0,2 A e, em seguida, a 0,5 A.



Figura 13: Separador Frantz

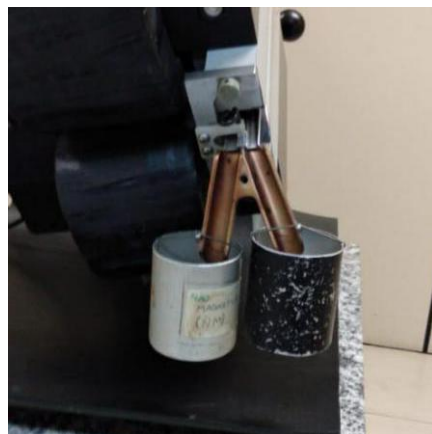


Figura 14: canaletas magnética e não magnética do Separador Frantz

A porção não magnética apresentava uma grande quantidade de agregados de material leve com presença de zircão. Para melhorar a purificação da amostra, ela foi passada no Iodeto de Metileno puro, utilizando o mesmo processo dos líquidos densos descrito anteriormente.

A amostra K-59 mais densa que o iodeto de metileno puro apresentava pouco zircão, muito fino e ainda em agregados minerais, difícil de separar manualmente. Por essa razão, optamos por não purificar essa amostra na catação manual.

Na etapa seguinte, será descrita a purificação por catação manual de zircão em lupa binocular de duas amostras, uma representativa de cada sequência metassedimentar estudada.

4.4. Catação binocular e preparação do *mount*

A separação de grãos de zircão é feita geralmente a fim de se realizar datações U-Pb. Os significados das idades obtidas através dessas datações dependem do tipo de rocha analisada e objetivo da análise. Em rochas magmáticas e/ou metamórficas, as datações U-Pb indicam a idade da cristalização ou metamorfismo que originou aquela rocha. Em rochas sedimentares ou metassedimentares a idade U-Pb não irá fornecer a idade de formação,

mas a idade máxima de sedimentação, além de informações sobre a proveniência sedimentar, ou seja, idades das principais áreas-fontes do material detrítico que formou a bacia em questão.

Os concentrados de minerais pesados produzidos no LSP-CPGeo passam para a catação manual sob lupa binocular, onde é feita a separação dos grãos de zircão presentes naquela amostra para a preparação dos *mounts*. Para estudos de proveniência em zircões detrítico, é feita a catação de aproximadamente 150 a 200 grãos (Silva et al., 2017). Os grãos são selecionados de acordo com características físicas que influenciam na qualidade do resultado que se deseja obter, tais como cor, transparência, morfologia e ausência de fraturas e/ou inclusões. Em amostras detríticas os minerais de zircão apresentam uma maior variabilidade de morfologias e granulometrias, e durante a seleção essa variabilidade deve ser contemplada.

Foram separadas no total 4 amostras: 3 já apresentavam pré-concentrados e uma (K-59) onde realizou-se todo o processo de concentração de minerais pesados:

- K-96 – não magnético a 1,5 A, BR/MT – Sequência Cachoeira;
- K-135 – não magnético a 1,2 A, BR/MT – Sequência Cachoeira;
- K-161 – não magnético a 1,5 A, BR/MT – Sequência Iguape;
- K-59 – não magnética a 0,5 A, BR/MT – Sequência Iguape.

Para a confecção do *mount*, foram selecionadas as melhores amostras, em razão da quantidade e qualidade dos cristais de zircão, de cada Domínio: a K-96 (Domínio Registro) e a K-161 (Domínio Iguape).

A amostra K-135, da Sequência Cachoeira, apresentou zircão muito fino, muita turmalina e mica branca, o que tornou mais difícil a separação de zircão. A quantidade de cristais de zircão encontrados se mostrou insuficiente para datação.

A amostra K-59, da Sequência Iguape, também não teve um bom resultado no seu concentrado final, apresentando zircão muito fino e normalmente agregado a outros minerais da rocha metassedimentar.

Para a catação, uma parcela do concentrado é colocada em uma placa de Petri, e os grãos de zircão são separados dos outros minerais com uma pinça, sendo organizados em um círculo desenhado na placa. Depois de separar o número máximo de zircões encontrados (no caso, isso foi feito para garantir a seleção de mais de 200 grãos e contemplar a variedade de hábitos em cada amostra), eles são colocados em frascos de plástico e devidamente identificados para cada amostra.

O concentrado da amostra K-96 apresentava mistura de zircão e alguns outros minerais pesados, como rutilo e apatita, com forte predomínio de zircão. Os grãos de zircão

apresentam hábitos variados, ocorrendo nas formas de prismas alongados a prismas curtos. Ocorrem grãos idiomórficos prismáticos bastante facetados a grãos subidiomórficos com bordas bem arredondadas. Também ocorrem alguns prismas fragmentados, com apenas uma ponta piramidal. Os grãos têm uma boa transparência e apresentam núcleos lisos em sua maioria, mas também ocorrem grãos metamictizados. Os grãos apresentam granulometrias bastante próximas variando de 0,1 até 0,5 mm (**Figura 15**).

A amostra K-161, da Sequência Iguape, inicialmente apresentava concentrado não magnético a 1,0 A ainda com muitas impurezas. Então ela foi purificada no separador Frantz a 1,5 A. Ainda assim, o concentrado da amostra K-161 apresentava muitos óxidos e minerais opacos com zircão subordinado, o que tornou mais trabalhosa a separação manual. Os cristais de zircão da amostra K-161 têm em sua maioria forma de prismas curtos e alongados com bordas arredondadas, ocorrendo também grãos idiomórficos prismáticos bem facetados, e na forma de prismas fragmentados. Os grãos estão em geral muito sujos possivelmente por conta de não terem sido lavados com ácido nítrico. Os grãos apresentam núcleos bastante escuros em sua maioria, por conta de metamictização, havendo poucos grãos com núcleos lisos e translúcidos, e geralmente cor mais amarelada. A granulometria dos grãos de zircão varia de 0,5 a 0,03 mm, predominando granulometrias finas abaixo de 0,05 mm (**Figura 16**).



Figura 15: K-96, cristais de zircão selecionada, aumento 4x

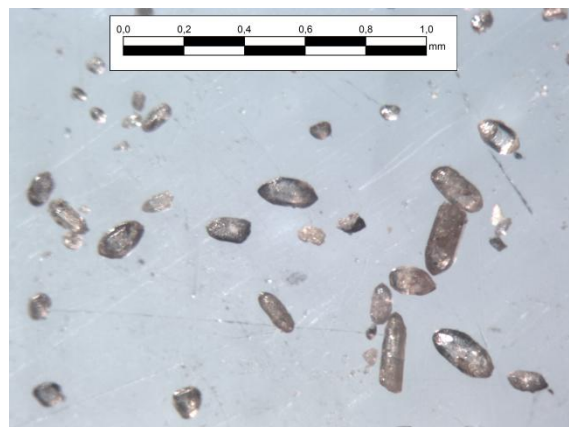


Figura 16: K-161, cristais de zircão selecionado, aumento 4x. Foto iluminada externamente para melhorar a visualização dos grãos.

Inicialmente houve dificuldade na identificação dos grãos, assim além de zircão, foram separadas apatitas nas duas amostras. O zircão apresenta geralmente hábito prismático bipiramidal, com relevo alto e transparentes. As apatitas apresentam hábito prismático reto, relevo baixo e em geral são mais transparentes que os zircões.

Após a catação, foi feita a preparação do *mount*, que constitui no embutimento a frio dos grãos em um disco de resina. É neste disco que será feito o imageamento MEV para decidir em quais grãos e em que porção deles será feita a ablasão no LA-ICP-MS.

As duas amostras (K-96 e K-161) foram montadas no mesmo *mount*, estando a K-161 na parte superior e a K-96 na parte inferior. Para a montagem do *mount*, foi colada uma fita dupla-face sobre uma placa de vidro com guias para a montagem. Os cristais de zircão selecionados manualmente foram ordenados um por um lado a lado por ordem de tamanho em quadrículas de 7x7 grãos sobre as guias. Foram montados ao todo 8 quadrículas de 7x7 para cada amostra, totalizando 392 grãos cada. A primeira quadrícula montada de cada amostra está ilustrada nas **Figura 17** (K-96) e **Figura 18** (K-161).



Figura 17: Montagem K-96 na fita adesiva, aumento 2,5x

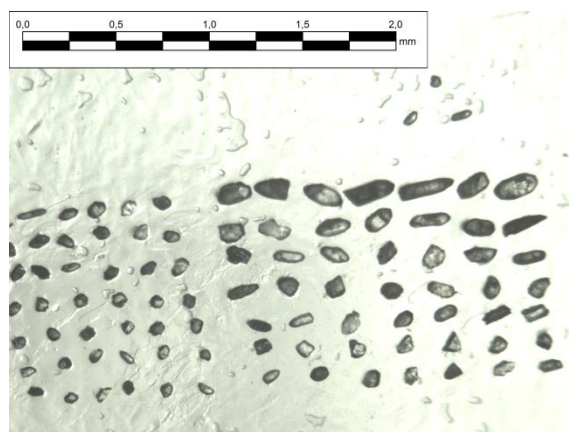


Figura 18: Montagem K-161 na fita adesiva, aumento 2,5x

Esse número grande de grãos montados deve-se ao fato de terem sido selecionados também outros minerais pesados além do zircão na catação, e que foram montados nas quatro primeiras quadrículas de cada amostra junto com os zircões. Dentre os minerais catados, além de zircão, havia grãos de apatita e rutilo na amostra K-161. Apesar da maioria dos grãos catados ser zircão na amostra K-96, ainda havia um número significativo de apatitas. Sendo assim, foi separado zircão das duas amostras novamente e montadas outras 4 quadrículas.

Após montados sobre a fita dupla face, foi feito o embutimento a frio dos grãos em resina, preparando-se uma mistura de 3,0 mL de resina EpoFix para 0,4 mL catalizador. A resina foi cuidadosamente misturada, evitando formar bolhas, até homogeneizar. A mistura homogênea foi colocada por 5 minutos na estufa a 40° C. A resina preparada foi vertida em um molde de teflon em forma de disco, firmemente colado sobre a fita dupla face com os grãos. Por fim, o molde com a resina líquida foi colocado para secar em estufa a temperatura de 40° C durante 24 horas.

Após secar a resina, o *mount* foi cortado a uma altura de aproximadamente 0,5 cm, buscando-se manter o paralelismo entre as duas superfícies. Em seguida o disco foi lixado e polido em politriz semi-automática. No lixamento usam-se lixas de carbeto de silício de diferentes granulometrias, começando com a lixa de granulometria mais grossa e diminuindo

para as lixas mais finas conforme vai afinando o lixamento. O lixamento é feito na parte de trás do *mount*, buscando deixar a superfície o mais reta possível e nivelar os riscos mais grossos deixados pelo corte. Na parte da frente, o lixamento tem por objetivo expor os grãos, remover toda a cola deixada pela fita dupla-face, deixar a superfície o mais reta possível e afinar os riscos. A primeira lixa utilizada é a de granulometria P1200 (Padrão Europeu Fepa). Nesse primeiro lixamento, foram perdidos alguns dos grãos mais finos e não foi possível tirar toda a cola. Em seguida, foi usada uma lixa de P2400, para tirar o restante da cola da parte da frente do *mount*, expor os grãos e tirar os riscos. O lixamento foi feito com cuidado, em velocidade baixa da politriz, tentando evitar a perda de grãos. Após tirar toda a cola, foi utilizada lixa de P4000 ([Figura 19](#)).



Figura 19: *mount* sendo polido em politriz semi automática

Após o lixamento, é feito o polimento com panos de feltro de 3 μm , 1 μm e 0,25 μm com o objetivo de retirar as ranhuras deixadas pelo lixamento, e deixar a parte da frente dos grãos sem nenhum risco. A parte de trás também é polida. Para cada feltro é borrifada uma solução abrasiva de suspensão diamantada específica para cada granulometria. Os polimentos com os feltros são feitos da mesma maneira na politriz.

Após o polimento, o *mount* é limpo com éter de petróleo e, na sequência, revestido com uma superfície metálica de ouro para poder passar para o MEV. A metalização é feita em um metalizador modelo Scancoat – Six, onde íons de ouro depositam sobre a superfície do *mount* após o alvo de ouro ter sido bombardeado com átomos de gás argônio ([Silva et. al 2017](#)).

O *mount* revestido está pronto para ser imageado no MEV.

4.5. Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e imagens de catodoluminescência

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) é um equipamento que, através da interação de um pequeno feixe de elétrons de alta intensidade com a superfície de uma amostra sólida, gera um sinal de imagem capaz de fornecer informações sobre a morfologia do material e sobre os elementos químicos presentes nele. O MEV possui uma grande vantagem que é trabalhar com aumentos em escala nanométrica, diferente da maioria dos microscópios convencionais, e em alta resolução (Dedavid et al., 2007).

O MEV utiliza-se de um filamento de tungstênio para gerar o feixe de elétrons. O filamento encontra-se dentro de um canhão de elétrons, onde ele é aquecido lentamente por uma rampa manual no software (para impedir que o equipamento se danifique) até atingir uma temperatura de 2500°C, gerando elétrons. Os elétrons são atraídos para um ânodo, formando um feixe que segue em direção à amostra. No trajeto do feixe, uma série de dispositivos internos do MEV o direciona para o ponto de análise na amostra. O feixe passa por uma coluna de elétrons, composta por lentes e um sistema de bobinas de deflexão que fazem com que ele incida ponto a ponto na amostra, realizando uma varredura (Dedavid et al., 2007).

O *mount* é colocado numa câmara fechada a vácuo, onde ela pode ser rotacionada e deslocada por comandos manuais externos do operador. A superfície do *mount* é recoberta por uma camada de ouro antes de ir para a câmara de amostras para garantir a equalização do sinal eletrônico na superfície e permitir a condução dos elétrons sobre ela. A interação do feixe com a amostra gera elétrons e fótons, que devem retornar à superfície da amostra e atingirem detectores para serem captados.

O MEV é constituído por quatro detectores diferentes: um detector de Elétrons Secundários; um detector de Elétrons Retro-espalhados; um detector de Catodoluminescência e um detector de EDS (espectroscopia de raio X por dispersão de energia) (Figura 20). Os detectores captam os sinais gerados pelos diferentes tipos de interação entre o feixe primário e a amostra. A profundidade máxima de detecção depende da energia com que as partículas ou raios eletromagnéticos atingem o detector. Para tanto, cada detector opera numa faixa de energia referente ao tipo de sinal que se deseja captar. Os detectores ficam ligados a um sistema de captura de imagens, e a imagem gerada depende do tipo de sinal captado durante a varredura eletrônica (Dedavid et al., 2007) (Figura 21).



Figura 20: Estrutura do MEV vista de fora. 1 é a coluna de elétrons, 2 o detector de CL, 3 o detector de ES, 4 o detector de EDS, e 5 a câmara de amostra.

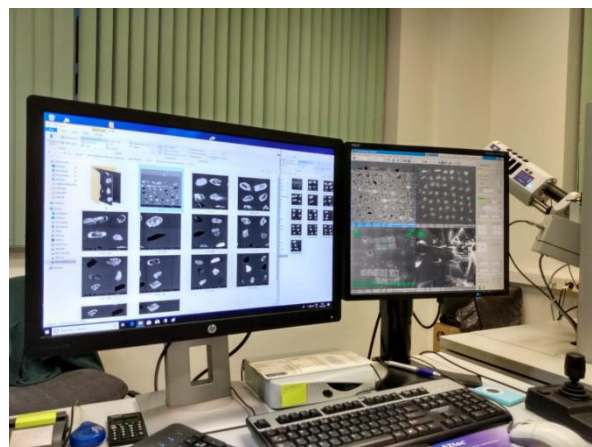


Figura 21: Capturas de imagens de CL e SE vistas na tela do computador

O sinal de Elétrons Secundários (SE) é um sinal de baixa energia que forma imagens com alta resolução (3 a 5 nm). O sinal detectado é produzido próximo à superfície do material. A imagem gerada traz informações sobre o relevo da amostra e existência de ranhuras na superfície.

O sinal de Elétrons Retro-espalhados (BSE) é um sinal com energia próxima à dos elétrons primários. Este sinal apresenta energia e profundidade de detecção maior que a dos elétrons secundários, atingindo partes mais profundas da amostra. A imagem gerada traz informações sobre o relevo e composição química da amostra.

O sinal de Catodoluminescência (CL) é gerado pela detecção de fótons de grande comprimento de onda (ultravioleta e visível), que apresentam maior energia e profundidade de detecção que elétrons primários e secundários. As imagens de CL e BSE são as que fornecem informação de melhor resolução sobre a estrutura interna dos minerais, em especial o zircão, sendo a catodoluminescência mais útil na identificação de diferentes fases de crescimento do zircão, devido à maior profundidade de detecção (Corfu, et. al 2003). As imagens geradas através desse sinal trazem informações essenciais para a escolha dos spots no LA-MC-ICP-MS onde serão feitas as análises U-Pb, pois os contrastes nas imagens de catodoluminescência carregam informações sobre eventos de cristalização e metamorfismo dos grãos.

No MEV foram gerados dois tipos de imagem simultaneamente: imagens de elétrons secundários (SE) e imagens de catodoluminescência (CL). A junção dessas duas informações permite determinar quais os melhores cristais e pontos para se realizar datações U-Pb. As imagens de CL mostram o zoneamento magmático dos grãos e eventos de crescimento de grão metamórfico envolvendo núcleos antigos, assim como marcam porções dos grãos com maior e menor concentração de urânio pelo contraste da claridade. As

imagens de SE mostram o relevo da superfície dos grãos, e exibem ranhuras nas porções metamictizadas, das quais deve-se fugir na hora de escolher os furos.

Parâmetros de tamanho do spot e voltagem do feixe devem ajustados no software para o material (zircão, monazita, titanita) ou elemento químico que se deseja analisar. Também é fixada a distância de trabalho, que é a distância entre a extremidade da coluna de elétrons e a amostra. As imagens foram feitas usando um feixe de voltagem 15,00 kV, a uma distância de trabalho de 17,5 mm, e com um spot de 5,0 nm.

Para cada quadrante montado no *mount*, foi feita uma imagem SE e CL do quadrante inteiro no MEV, usando aumentos de 75x a 110x para os quadrantes da K-161 e de 55x a 100x para a K-96. Em seguida, foram geradas lentamente imagens de SE e CL ampliadas, abrangendo de 2 a 6 grãos com maior resolução. Na K-161 foram feitas de 9 a 13 imagens ampliadas por quadrante, com aumentos de 280x a 320x. Na K-96 foram geradas entre 9 e 16 imagens ampliadas por quadrante, com aumentos de 215x a 300x (**Figuras 22, 23, 24 e 25**).

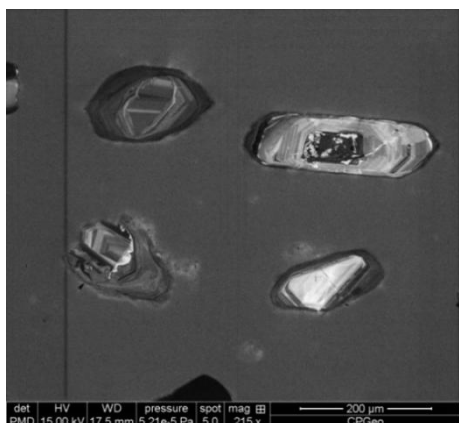


Figura 22: Imagem de CL com ampliação de 215x de cristais do quadrante I da K-96

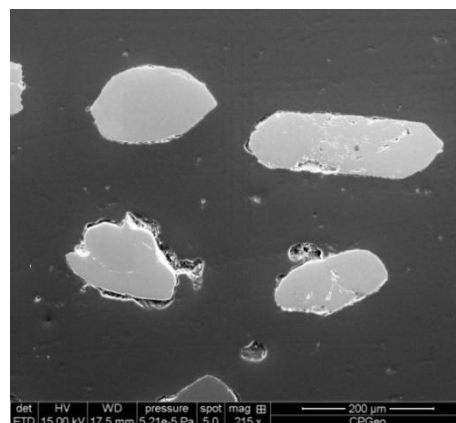


Figura 23: Imagem de SE com ampliação de 215x de cristais do quadrante I da K-96

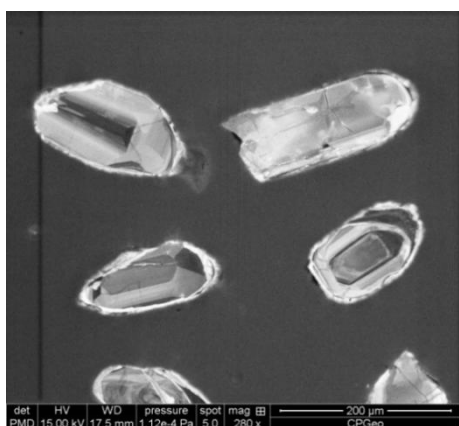


Figura 24: Imagem de CL com ampliação de 280x de cristais do quadrante I da K-161

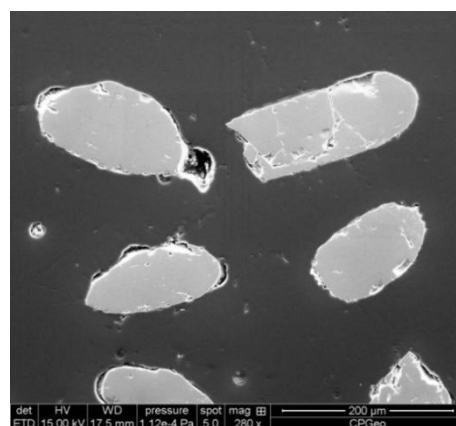


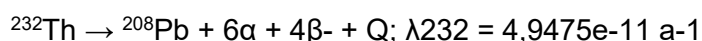
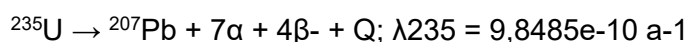
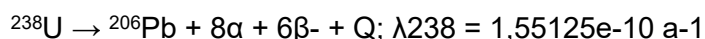
Figura 25: Imagem de SE com ampliação de 280x de cristais do quadrante I da K-161

4.6. Análises isotópicas de U-Pb por LA-MC-ICP-MS

Análises U-Pb em cristais de zircão detríticos foram realizadas através da técnica LA-MC-ICP-MS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Multicollector Mass Spectrometry*), no CPGeo. A principal aplicação desse método analítico está na obtenção da época de cristalização de minerais acessórios que contenham urânio, tais como zircão, monazita e titanita. Esses minerais são os mais utilizados na obtenção de dados isotópicos de U-Pb, pois em geral apresentam uma concentração maior desses elementos e de outros elementos traços, e também por serem minerais com alta resistência a reações intempéricas e de recristalização, estando presentes na maioria dos tipos litológicos.

O zircão é um mineral com alta resistência a eventos de erosão, magmatismo e metamorfismo, e que deixa gravado na estrutura de seus cristais eventos de formação de novo cristal sobre núcleos antigos preexistentes, seja de origem ígnea ou metamórfica (Corfu, et. al 2003). Desta maneira, os dados geocronológicos podem ser utilizados para determinar a idade do último evento ígneo ou metamórfico envolvido na cristalização do grão mineral, se obtido na borda dos grãos, ou para determinar as idades de núcleos herdados mais antigos, se obtidos nos núcleos dos grãos. No caso de zircões detríticos em rochas metassedimentares, datações U-Pb fornecem as possíveis idades de proveniência sedimentar e idades máximas de sedimentação.

A geocronologia de U-Pb é atualmente um dos métodos mais precisos na obtenção de idades de cristalização de rochas ígneas e de eventos metamórficos. O método se baseia no decaimento radioativo de dois isótopos de U e um de Th para isótopos de Pb. Os isótopos radioativos usados de urânio são ^{238}U , ^{235}U e de tório ^{232}Th . O chumbo ocorre nas formas radiogênicas ^{206}Pb , ^{207}Pb e ^{208}Pb , e na forma não radiogênica ^{204}Pb . Esse sistema isotópico envolve três reações de decaimento distintas:



As partículas-alfa representam 1 núcleo de He (2 prótons e 2 neutros), as partículas-beta representam 1 elétron, e Q é a energia liberada pela emissão dessas partículas no decaimento. λ é a constante de desintegração desses isótopos, específica para cada nuclídeo.

A meia vida é o cálculo do tempo que leva para metade da massa do isótopo pai se desintegrar. Os isótopos radioativos usados nesse método têm a idade de meia vida bem conhecida: o ^{235}U , que decai para ^{207}Pb , tem meia vida de 0,705 Ga; e o ^{238}U , que decai para ^{206}Pb , tem meia vida de 4,47 Ga.

A vantagem do método U-Pb é que dois isótopos do mesmo elemento pai decaem para dois isótopos do mesmo elemento filho, gerando dois possíveis cronômetros radiométricos:

$$^{206}\text{Pb} = ^{238}\text{U} \times (e^{\lambda t} - 1)$$

$$^{207}\text{Pb} = ^{235}\text{U} \times (e^{\lambda t} - 1)$$

As proporções entre isótopos filho e isótopos pai para os dois sistemas são cruzados num Diagrama Concórdia, um diagrama binário que mostra a posição das idades coincidentes nos dois sistemas radiométricos através da Curva Concórdia. Os pontos em que foram analisadas as proporções isotópicas são plotados nesse diagrama e somente aqueles que caem sobre a Curva Concórdia são considerados concordantes. Para que os resultados sejam concordantes, o sistema mineral não pode conter Pb inicial, sendo todo o Pb radiogênico. As proporções entre os isótopos desses elementos podem ser calculadas através do método analítico LA-MC-ICP-MS.

A ablação a laser consiste em focalizar um feixe de laser de alta potência (LA) sobre a amostra sólida, convertendo uma parte de seu volume em vapor. O *mount* é posicionado na câmara de amostras do laser (Teledyne Photon - Analyte Excite - 193 nm - Excimer Laser Ablation System - [Figura 26](#)), que é focalizado sobre a porção do cristal em que se deseja obter as idades. O laser opera com 6 Hz de frequência e 10,68 J/cm² de fluência. A ablação tem duração aproximada de 1 minuto, e o spot do laser usado tem tamanho de 20 µm para zircão e titanita e 15 µm para monazita ([Souza et al., 2017](#)).

As áreas dos spots foram selecionadas usando as imagens de catodoluminescência geradas no MEV. Foram analisados 100 pontos em cada uma das duas amostras.

O material gerado pela ablação do laser é transportado por partículas de He através de um tubo de teflon, para o espectrômetro de massa de plasma acoplado: MC-ICP-MS (Thermo - Neptune - [Figura 27](#)). No MC-ICP-MS, a amostra é ionizada no plasma argônio, entre temperaturas de 6000 a 10000K. Os íons produzidos são introduzidos no espectrômetro, onde são separados por um analisador de campo magnético de alta potência, capaz de medir a carga e a massa dos íons. Dessa forma, a proporção de isótopos de cada elemento presente na amostra pode ser lida pelo espectrômetro. As configurações do MC-ICP-MS são calibradas para analisar os isótopos ²³⁸U, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁸Pb e ²⁰⁷Pb ([Souza et al., 2017](#)). Os dados lidos pelo aparelho foram corrigidos e resumidos através de softwares desenvolvidos internamente pelo laboratório, gerando um dado de idade para cada spot feito na amostra. Os dados de idades são gerados pelos softwares poucos minutos após a ablação. A posição do spot e os resultados obtidos foram plotados sobre as imagens de catodoluminescência durante a medição. As imagens de catodoluminescência com os spots do laser plotadas estão no [Anexo III](#).



Figura 26: laser Teledyne Photon - Analyte Excite



Figura 27: espectrômetro de massa Thermo - Neptune

Os resultados das idades obtidas foram apresentados na forma de tabelas, histogramas e gráficos de curva concórdia, produzidos pelos técnicos do laboratório usando o software Isoplot 3.0. Os resultados analíticos U-Pb estão apresentados no [Anexo IV](#).

A partir da análise dos 100 pontos, é feita uma curva concórdia por amostra e são selecionados apenas os pontos com idades ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) / ($^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$) concordantes ($100 \pm 10\%$) para gerar o histograma. Para confecção do histograma foram utilizadas as idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, para datas mais jovens que 1300 Ma, e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ para idades mais antigas que 1300 Ma. Os picos presentes nos histogramas indicam as principais fontes de proveniência dos metassedimentos, pois representam os principais grupos de idades concordantes obtidas pela análise isotópica.

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1. Descrições petrográficas

A descrição individual de cada lâmina pode ser consultada no [Anexo II](#).

Abreviaturas utilizadas: Alm = Almandina; Ann = Annita; Ap = Apatita; Bt = Biotita; Cc = Carbonato; Crd = Cordierita; Chl = Corita; Ep = Epídoto; Grt = Granada; Hbl = Hornblenda; Kfs = Feldspato Alcalino; Mnz = Monazita; Ms = Muscovita; Mt = Magnetita; Qtz = Quartzo; Plag = Plagioclásio; Ser = Sericita; Sil = Sillimanita; Tur = Turmalina; Zrc = Zircão.

5.1.1. Sequência Iguape

Foram observadas ao todo 9 amostras de rochas metassedimentares da Sequência Iguape (K-26, K-28, K-59, K-152, K-153, K-161, K-162, K-167(2) e K-168), e 1 de uma rocha granítica (K-157). Foram analisadas 2 amostras da Sequência Iguape na Zona de

Cisalhamento Serrinha (K-153 e K-161) e 8 no Domínio Iguape (K-26, K-28, K-59, K-152, K-157, K-162, K-167, K-168). As amostras analisadas compõem em sua maioria xistos finos a muito finos, alguns podendo ser denominados filitos ou metarritmitos, com foliação crenulada marcada principalmente por muscovita muito fina/sericita, e por vez por biotita. Foram observadas também lâmina de porções predominantemente pelíticas de metamargas e quartzitos micáceos.

As principais assembleias mineralógicas identificada nas amostras de xistos finos pelíticos foram:

- Ms/Ser + Qtz (K-26, K-161, K-162);
- Ms/Ser + Bt + Qtz (K-28, K-167(2), K-168);
- Ms/Ser + Qtz + Kfs (K-59, K-153);
- Ms/Ser + Bt + Qtz + Kfs detrítico (K-152).

A amostra K-157 também foi analisada, apesar de não representar uma rocha metassedimentar, sendo descrita como um meta-granito bandado milonitizado, composto por Qtz + Plag + Kfs + Bt + Hbl + Ep + Chl. Por estar muito alterada e milonitizada, apenas foi possível identificar a origem ígnea pela seção delgada.

É importante pontuar que a maioria das amostras analisadas para essa sequência apresentava alto grau de alteração, com minerais substituídos e oxidação percolada em fraturas e lentes da foliação.

A amostra K-161 representa um Sericita-Quartzito de granulação muito fina com intercalações de sericita, enquanto as demais amostras representam xistos pelíticos finos a muito finos e metarritmitos, com predomínio de porções sericíticas.

Duas amostras (K-167(2) e K-168) são de afloramentos de metamargas e representam porções predominantemente pelíticas desse tipo de rocha, porém com feições e estruturas de deformação típicas de rochas carbonáticas: a K-167(2) é uma porção predominantemente pelítica de uma metamarga fortemente deformada em comparação a outras rochas da região, devido à alta deformabilidade de rochas carbonáticas. A K-168 possui pseudomórfos lenticulares totalmente substituídos por sericita intercalados com a foliação pelítica.

Outras lâminas também apresentam em sua textura pseudomorfos de minerais porfirobláticos/clásticos totalmente substituídos, representando de 2 a 5% do volume da seção. A amostra K-59 apresenta pseudomorfos rotacionados com bordas de pressão de quartzo e contornados pela foliação muito fina de sericita, totalmente substituídos por quartzo, óxidos e epidoto de alteração, não sendo possível identificar o mineral original. A K-152 apresenta litoclastos de feldspato alcalino detrítico intercalados à foliação muito fina, por vezes estirados e sigmoidais, e pseudomórfos sigmoidais substituídos por sericita ou na forma de buracos arredondados, provavelmente com a mesma composição original dos

clastos de feldspato. Na lâmina K-28 ocorrem porfiroblastos de um mineral opaco rômbo na foliação, com sombras de pressão de quartzo e biotita, podendo ser magnetita ou pirita. Não foi possível identificar o mineral por também apresentar-se alterado.

Dentre os minerais acessórios, ocorrem com frequência opacos prismáticos, turmalina detrítica, clorita, epídoto, óxidos e argilominerais de alteração. Também ocorrem veios de quartzo com forte extinção ondulante nas lâminas K-26, K-28 e K-153.

Quanto à estrutura, as lâminas no geral apresentam feições miloníticas, como foliação SC muito bem desenvolvidas e sigmóides/peixes de mica na foliação. Algumas amostras possuem porfiroclastos de Feldspato Potássico rotacionados e lentes de quartzo recristalizado rotacionadas. Os pseudomorfos da K-59 estão rotacionados na forma de sigmoides sin-tectônicos com sombras de pressão de quartzo, os pseudomorfos da K-168 têm forma sigmoidal e os porfiroclastos da K-152 também apresentam estruturas diagnósticas de estiramento e rotação, como forma sigmoidal. Ocorrem peixes de biotita nas lâminas K-28 e K-152. A K-167(2) é a lâmina que mais apresenta estruturas de deformação, com vários sentidos de dobramento superimpostos, porém por se tratar de uma metamarga, tais estruturas não foram consideradas.

Quanto à textura, predominam texturas finas a muito finas, predominantemente lepidoblástica (foliação marcada principalmente por sericita e muscovita e frequentemente crenulada). Em algumas lâminas é possível distinguir o início de uma separação entre bandas granoblásticas e lepidoblásticas, porém na maioria delas não há essa distinção. A textura geral de uma das lâminas dessa unidade (K-152) está ilustrada nas Figuras 28 e 29.



Figura 28: K-152, polarizadores descruzados. Foliação fortemente crenulada marcada por Bt e Ms e porfiroclasto substituído.

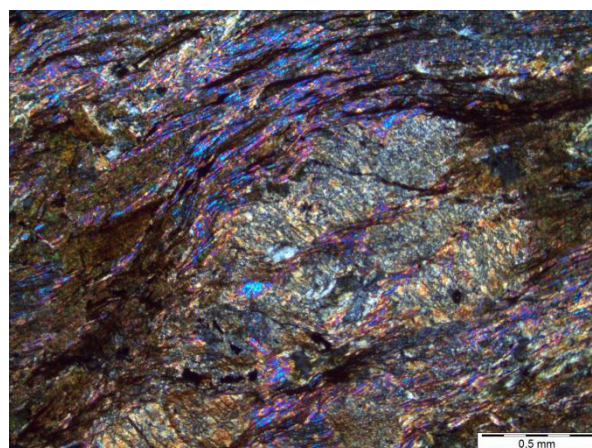


Figura 29: K-152, polarizadores cruzados.

Grau metamórfico

As texturas metamórficas muito finas, com presença de minerais de argila e estrutura geralmente xistosa, indicam um baixo grau metamórfico. A mineralogia observada nas seções delgadas de rochas metassedimentares indica paragêneses frequentes da Zona Barroviana da Biotita ($Ms+Bt+Qtz$, ou $Ms+Bt+Chl+Qtz$), para pelitos pobres em alumínio, que ocorre idealmente em condições P-T de fácies xisto verde intermediária. Em metapelitos verdadeiros, a Biotita ocorre em condições de temperatura bem mais elevadas, de fácies anfibolito intermediário, após a quebra total da Granada ou Clorita, que não é o caso dos metarritmitos da Sequência Iguape. A entrada na Zona Barroviana da Biotita se dá através de uma reação contínua em pelitos com presença de K-Feldspato detrítico (Winter, 2010): $Kfs+Chl = Bt+Ms+Qtz+H_2O$. No metamorfismo barroviano do sistema KFMASH, essa reação ocorre num intervalo de pressões baixas a intermediárias, entre 0,3 e 1,1 GPa, e a temperaturas variando num intervalo de 380 a 420 °C (Winter, 2010), ou seja, condições estimadas de fácies xisto verde intermediário (Tabela 1).

Já nas outras amostras que não contém nenhum mineral índice metamórfico (como Biotita ou Clorita, apresentando mineralogias principais $Kfs+Ms+Qtz$ ou $Qtz+Ms$), não é possível indicar condições P-T por paragêneses metamórficas, sendo necessário recorrer às micro-texturas de recristalização dinâmica do quartzo. Devido à textura muito fina, em algumas lâminas (K-28, K-59) não foi possível reconhecer texturas de recristalização do quartzo. Na lâmina K-161 foi possível reconhecer recristalização do tipo *bulging*, com núcleos antigos preservados e início de formação de subgrão nas bordas; nas K-26 e K-162 foi vista uma textura de transição entre *bulging* e rotação de subgrão, e na K-167(2) foi vista rotação de subgrão bem desenvolvida em lentes. O *bulging* em grãos de quartzo ocorre a partir de temperaturas de 300 °C, enquanto a rotação de subgrão ocorre a temperaturas maiores de aproximadamente 450 °C, também no fácies xisto verde intermediário.

Apenas a amostra K-59 apresenta possível paragênese da Zona da Granada, se for possível afirmar que essa é a composição dos pseudomorfos. Isso indicaria um grau metamórfico um pouco maior, em condições de fácies xisto verde superior ou anfibolito inferior. Porém, a textura muito fina da matriz e a ausência de bandamento mineral na foliação não corroboram a hipótese de um grau metamórfico mais elevado.

Nº de campo	Mineralogia principal (do maior para o menor volume)	Mineralogia acessório e alterações	Nome da rocha	Grau metamórfico
K-026	Ms/Ser + Qtz	Opacos + Óxidos de alteração + Tur	Muscovita xisto milonitizado	Não é possível determinar
K-028	Ms/Ser + Qtz + Bt + Opaco	Opacos finos + Óxidos de alteração	Biotita-Sericita xisto fino	Xisto verde intermediário
K-059	Ser + Qtz + Kfs	Ep + Chl + Opacos + Óxidos de alteração	Sericita xisto fino com pseudomorfos alterados	Não é possível determinar
K-152	Ms + Ser + Bt + Qtz + Kfs	Opacos + Óxidos de alteração	Biotita-Muscovita xisto	Xisto verde intermediário
K-153	Qtz + Ms/Ser + Kfs	Ep de alteração + Opacos + Óxidos de alteração	Sericita xisto fino	Não é possível determinar
K-157	Qtz + Plag + Kfs + Bt + Hbl + Chl	Opacos + Óxidos + Ser + Ep de alteração	Biotita-Hornblenda-Clorita Granito milonítico	Não é possível determinar
K-161	Qtz + Ser	Opacos + Óxidos de alteração	Sericita quartzito fino	Não é possível determinar
K-162	Ser/Ms + Qtz	Opaco + Óxidos de alteração	Sericita xisto fino	Não é possível determinar
K-167 (2)	Qtz + Ser + Bt + Ms	Opacos	Biotita metamarga	Xisto verde intermediário
K-168	Qtz + Ms + Bt + Ser	Tur + Óxidos + argilominerais	Biotita metamarga	Xisto verde intermediário

Tabela 1: Lâminas petrográficas da Sequência Iguape – Domínio Iguape. Resumo das descrições petrográficas e sugestão de grau metamórfico.

5.1.2. Sequência Cachoeira

Foram analisadas ao todo 16 lâminas petrográficas de 10 amostras de metassedimentos (K-39XZ(1), K-39XZ(2), K-39YZ, K-40XZ, K-40YZ, K42 K-56, K-96, K-97(1), K-97(2), K-99YZ, K-127(1), K-127(2), K-133 K-135(1), K-135(2)) e 1 de um gnaiss granítico (K-57) da Sequência Cachoeira. Foram analisadas 8 amostras da Sequência Cachoeira próximas à

Zona de Cisalhamento Serrinha (K-39, K-40, K-42, K-96, K-97, K-99, K-127, K-133) duas próximas à Zona de Cisalhamento Itariri (K-56 e K-57) e 1 de dentro do Complexo Registro (K-135). Dessa forma, a maioria das amostras analisadas possui frequentemente estruturas miloníticas. As rochas dessa sequência constituem predominantemente granada-biotita paranaisses (K-96, K-97, K-99, K-127, K-135), com alguns granada-sillimanita paragnaisses (K-39, K-56), quartzitos (K-42), um clorita-sericita gnaiss milonítico (K-40) e um Cordierita-Granada-Biotita Paragnaisse (K-133). As assembleias mineralógicas de gnaisses observadas foram:

- Grt + Sil + Bt + Ms + Ser + Qtz (K-39) e Grt + Sil + Bt + Qtz (K-56);
- Chl + Kfs + Ms + Ser + Qtz (K-40);
- Grt + Qtz (K-42) e Grt + Bt + Ms + Qtz (K-135);
- Bt + Plag + Ms + Kfs + Qtz (K-96) e Bt + Plag + Ms + Qtz (K-99);
- Grt + Chl + Bt + Kfs + Ms + Plag + Qtz (K-97) e Grt + Chl + Ms + Bt + Plag + Qtz (K-127);
- Crd + Grt + Bt + Plag + Kfs + Qtz (K-133);

Além das amostras de paragnaisses, foi observada uma amostra de Granada-Biotita Monzogranito milonítico da Zona de Cisalhamento Itariri (K-57), com textura porfírica de feldspatos alcalinos e assembléia mineralógica de Grt + Kfs + Plag + Bt + Ser.

Apesar de descritos como granada-biotita paragnaisses em campo, nas lâminas petrográficas não ocorre granada acima de 5% da proporção total, na maioria dos casos abaixo de 3%. Nas seções delgadas K-96 e K-99 não foi observada granada, apesar de observada em amostra de mão em tamanho centimétrico a milimétrico. Algumas amostras também apresentam sillimanita acicular muito fina intercalada à foliação micácea, como é o caso da K-39, o que torna difícil observar esse mineral sem a ajuda de um microscópio petrográfico.

As lâminas K-97 e K-99 apresentam clorita retrometamórfica (acessório) formada nas bordas de biotitas. A K-127 apresenta clorita e biotita em associação na borda das granadas. Nas lâminas das amostras K-39, K-97, K-127 e K-135 a granada ocorre frequentemente associada com porções da rocha onde há uma maior concentração de biotita. Lâminas K-96, K-97, K-99 e K-127 apresentam feldspato alcalino porfiroclástico com inclusões de biotita, muscovita e quartzo e lamelas de exolução peritíticas.

Na lâmina K-127 ocorre uma banda centimétrica com textura granoblástica grossa, composta por quartzo e feldspatos, que aparenta uma textura de um leucossoma de fusão parcial.

Como acessórios, ocorrem frequentemente clorita, zircão, monazita, turmalina, um opaco prismático, epídoto, óxidos e argilominerais de alteração.

As rochas apresentam estrutura bandada no geral, frequentemente milonitizadas. Ocorrem estruturas SC na foliação micácea e peixes de mica muito bem desenvolvidos. Ocorrem dobras intrafoliais indicadas por biotitas em arco. Em algumas lâminas ocorrem *ribbons* de quartzo estirados paralelos à foliação (K-96). As granadas possuem inclusões de muscovita, biotita e quartzo marcando uma foliação interna oblíqua à S_n principal, que pode ser no mínimo uma S_2 . Apresentam hábito estirado paralelo à foliação principal ou na forma de sigmóides assimétricos sin-cinemática, com sombras de pressão. As sillimanitas apresentam em geral estrutura dendrítica, estando orientadas na K-56, que forma bandas nematolepidoblásticas de sillimanita e biotita.

Em geral as rochas apresentam textura média a grossa, com minerais bem desenvolvidos, e alternância entre bandas granoblásticas de quartzo e feldspato e bandas lepidoblásticas ou lepidonematoblásticas de muscovita, sericita, biotita e sillimanita, marcando a foliação. A textura geral de uma das lâminas dessa unidade (K-39XZ1) está ilustrada nas Figuras 30 e 31.

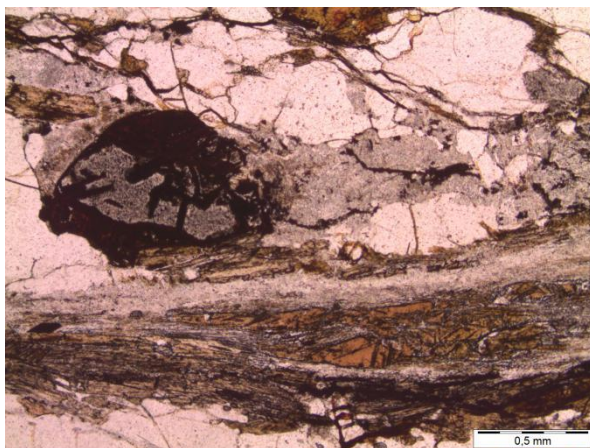


Figura 30: K-39XZ1, polarizadores descruzados. Grt em bandas de Qtz e Bt + Ser + Sil numa banda abaixo

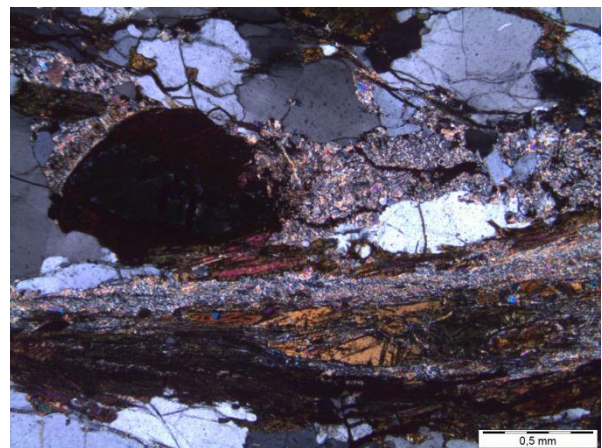


Figura 31: K-39XZ1 polarizadores cruzados.

Grau metamórfico

A Granada passa a ser estável no sistema KFLASH a partir de uma reação de quebra da Fe-clorita para formação Fe-granada e Fe-biotita (respectivamente, almandina e annita), o que resulta na diminuição progressiva do conteúdo de ferro da clorita: $Fe\text{-}Chl = Alm + Ann$ ($Qtz + Ms + H_2O$ em excesso). Essa reação é favorecida em sistema com pouco conteúdo de alumínio na clorita (Winter, 2010). A presença de clorita retrometamórfica em bordas de biotita e granada e o crescimento sin-tectônico de granada e biotita favorecem a hipótese de uma reação metamórfica com consumo de clorita para formar granada e biotita, marcando a

entrada na Zona Barroviana da Granada: $\text{Chl} + \text{Ms} = \text{Grt} + \text{Bt} + \text{Qtz} + \text{H}_2\text{O}$. O campo de estabilidade dessa paragênese ($\text{Grt} + \text{Bt} + \text{Ms}$, com Chl retrometamórfica, visível na lâmina K-127) no sistema KFMASH, ocorre num grande intervalo de pressões, com temperaturas superiores a 550 °C, no fácies anfibolito inferior a superior.

Porém, deve-se considerar ainda a existência de sillimanita na paragênese de algumas dessas rochas. A isógrada da sillimanita ocorre a uma temperatura de aproximadamente 690 °C, e trata-se de uma reação polimórfica de transformação da cianita: $\text{Ky} = \text{Sil}$. Porém, essa reação não ocorre com facilidade, e a forma mais comum de a sillimanita acontecer é nucleando na forma de grãos aciculares muito finos intercalados com biotita, quartzo e muscovita, mais conhecida como fibrolita (Winter, 2010). A reação que marca o surgimento da sillimanita passa pelo desaparecimento da estauroлита através da reação: $\text{St} + \text{Ms} + \text{Qtz} = \text{Grt} + \text{Bt} + \text{Sil} + \text{H}_2\text{O}$, marcando a entrada na Zona da Sillimanita. Essa zona se caracteriza pela paragênese típica $\text{Grt} + \text{Bt} + \text{Sil}$ (fibrolita) + $\text{Ms} + \text{Qtz}$, observada nas lâminas da K-39. A zona de estabilidade dessa paragênese ocorre entre 0,3 e 1,0 GPa e em temperaturas superiores a 630 °C, no fácies anfibolito superior.

Na amostra K-56 foi observada sillimanita prismática bem desenvolvida. O surgimento de sillimanita bem desenvolvida implica condições P-T acima da segunda isógrada da sillimanita, o que quer dizer que a rocha passou pela reação: $\text{Ms} + \text{Qtz} = \text{Kfs} + \text{Sil} + \text{H}_2\text{O}$. A partir dessa reação, a liberação de água pode induzir o início de uma fusão (Winter, 2010). Apesar de quartzo e muscovita serem minerais bastante abundantes, o quartzo geralmente é mais abundante que a muscovita, e essa reação em geral indica a perda total da muscovita, o que foi observado na lâmina da K-56, e ocorre a temperaturas superiores a 670 °C e pressões de aproximadamente 0,8 GPa, podendo indicar início do fácies granulito.

Na amostra K-133 foi observado cordierita em associação com granada, bordas de reação com biotita e sillimanita ausente. Isso pode indicar uma reação de isógrada da cordierita para pelitos de alto grau, com perda de sillimanita (Winter, 2010): $\text{Bt} + \text{Sil} = \text{Grt} + \text{Crd} + \text{H}_2\text{O}$. Após essa isógrada, é comum que haja fusão parcial. A associação $\text{Grt} + \text{Crd} + \text{Bt} + \text{Kfs}$ é típica de migmatitos pelíticos de alto grau, também a partir de temperaturas maiores que 700 °C, porém em condições de baixa pressão (menores que 0,5 GPa), sendo considerada como início do fácies granulito.

Quanto às texturas de recristalização dinâmica de quartzo, as lâminas apresentam em geral textura de migração de borda de grão. O quartzito da lâmina K-42 apresenta forte textura de recristalização do tipo migração de borda de grão, indicando temperatura mínima de 600 °C, dentro do fácies anfibolito. Apesar de não ser visível uma foliação nessa lâmina por conta da recristalização, ao observar a alongação dos grãos foi identificada uma orientação cristalográfica. Na lâmina K-40 o único mineral índice de metamorfismo reconhecido foi a

clorita, presente desde o fácies xisto verde inferior até sua quebra no fácies anfibolito superior. (Tabela 2)

Nº de campo	Mineralogia principal (do maior para o menor volume)	Mineralogia acessório e alterações	Nome da rocha	Grau Metamórfico
K-039A	Qtz + Ms/Ser + Bt + Grt + Sil (fibrolita)	Tur + Zrc + Mnz + Opacos + Óxidos de alteração	Silimanita-Granada -Biotita Gnaiss milonítico	Anfibolito superior
K-040	Qtz + Ser + Ms + Chl + Kfs	Ep+Opacos+Óxidos de alteração	Gnaiss milonítico alterado	Xisto verde intermediário
K-042	Qtz + Grt	Ms+Ser+Óxidos de alteração	Quartzito com Granada	> Anfibolito inferior
K-056	Qtz + Bt + Sil + Grt	Opacos e Óxidos de alteração	Granada-Silimanita -Biotita Gnaiss milonítico	Anfibolito superior a Granulito
K-057	Kfs + Plag + Bt + Ser + Qtz + Grt	Óxidos de alteração	Granada-Biotita Monzogranito ultramilonítico	Anfibolito
K-096	Qtz + Bt + Kfs + Plag + Ms	Zrc + Ap + Mnz	Biotita Gnaiss milonítico	Xisto verde superior a Anfibolito inferior
K-097	Qtz + Kfs + Plag + Bt + Ms + Grt	Chl + Opacos + Zrc + Ap + Mnz	Granada-Biotita Gnaiss milonítico	> Anfibolito inferior
K-099	Qtz + Plag + Ms + Bt + Grt	Chl + Mnz + Zrc + Ep + Opacos	(Granada)-Biotita Gnaiss	> Anfibolito inferior
K-127	Qtz + Plag + Bt + Ser + Grt + Chl	Zrc + Opacos + Ser de alteração	Granada-Biotita Gnaiss milonítico	> Anfibolito inferior
K-133	Qtz + Plag + Bt+Grt + Kfs + Crd	Chl + Zrc + Opacos	Cordierita-Granada -Biotita Gnaiss	Anfibolito superior a Granulito
K-135	Qtz + Ms + Bt + Grt	Tur + Opacos + Ep + Óxidos de alteração	Granada-Biotita xisto	> Anfibolito inferior

Tabela 2: Lâminas petrográficas da Sequência Cachoeira – Domínio Registro. Resumo das descrições petrográficas e sugestão de grau metamórfico.

5.2. Datações U-Pb em zircão detrítico

O zircão é um mineral do sistema tetragonal, que em geral apresenta forma prismática com terminações piramidais nas duas extremidades. O desenvolvimento dessas formas pode ser correlacionado a condições de temperatura e composição do meio magmático (Pupin, 1980). Diferentes eventos de cristalização ficam preservados no grão como entidades estruturais distintas observadas em imagens de CL (Corfu, et. al 2003).

Eventos ígneos ou metamórficos de alto grau podem formar novo cristal de zircão, em muitos casos envolvendo o grão preexistente na forma de um xenocristal. Zircões de origem magmática apresentam em geral texturas de zoneamento de crescimento bem desenvolvidas. Em rochas primitivas, o zoneamento costuma ser mais espesso, e em rochas mais evoluída as zonas são mais estreitas e frequentes (Hoskin, 2000, Corfu, et. al 2003). Zircões formados por metamorfismo de alto grau em geral se caracterizam por bordas sub-arredondadas e altamente reabsorvidas. Cristais de zircão sofrem recristalização metamórfica quando submetidos a temperaturas de pico metamórfico superiores a 600 °C e com um período de resfriamento prolongado (Hoskin & Black, 2000).

5.2.1. Sequência Iguape: amostra K-161

Foram feitos, ao todo, 100 *spots* nas amostras. Dos 100 pontos datados, 58 foram considerados concordantes e usados para gerar um histograma de distribuição das idades (Figura 32). Os 42 pontos restantes não foram utilizados devido ao alto grau de discordância, problemas analíticos e/ou presença de Pb comum. Foram considerados concordantes apenas pontos com valor de concordância entre 90% e 110%.

O histograma foi construído utilizando as idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ quando mais novas que 1300 Ma, e idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, quando mais antigas que 1300 Ma. (Figura 33)

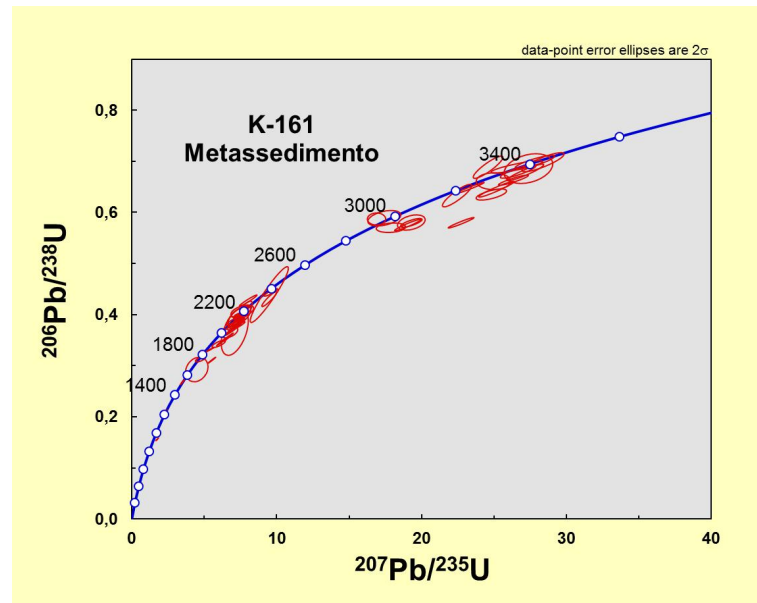


Figura 32: Curva concórdia dos zircões datados na amostra K-161.

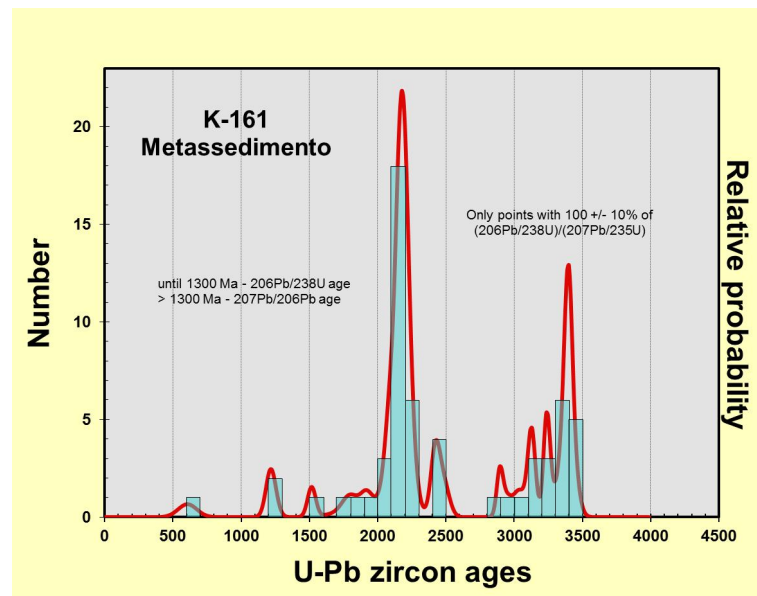


Figura 33: Histograma de distribuição das idades para amostra K-161, considerando apenas idades com concordância entre 90% e 110%.

Por se tratarem de metassedimentos de baixo grau, com condições P-T insuficientes para gerar novo cristal de zircão, foi dada preferência para datar as bordas desses grãos. Porém, a maioria dos grãos apresentava bordas metamórficas muito mais estreitas que o tamanho do *spot*, e os grãos foram predominantemente datados nos mantos. Também foram datados alguns núcleos de zircão, apontando para fontes primárias muito mais antigas. (Figuras 34, 35, 36 e 37)

O histograma mostra a distribuição das idades por quantidade de pontos datados. No histograma da K-161, o pico mais recente ocorre em torno de 600 Ma, representado por um único ponto (31.1), cujas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ indicaram 616 ± 5 Ma e concordância de 100%.

Esse ponto foi datado sobre uma borda escura (provavelmente contendo muito urânio) com zoneamento magmático de um grão euédrico alongado com xenocristal no núcleo. Por se tratar de apenas um ponto com essa idade, havendo a possibilidade de ser uma contaminação, e pela literatura indicar que nesta época já havia iniciado a amalgamação do Gondwana, esse não será considerado idade máxima de sedimentação por enquanto. Porém, havendo esse dado, é interessante conferir em zircões com o mesmo hábito em trabalhos futuros se essa idade se repete e se pode ser considerada a idade máxima de sedimentação para essa unidade.

O segundo pico com idade mais recente está posicionado em torno de 1220 Ma, e é representado por dois pontos com idade de 935 ± 6 Ma e concordância de 91% (81.1) e 1216 ± 14 Ma e concordância de 100% (46.1). Esses pontos foram ambos datados em bordas com retrabalhamento metamórfico de alto grau em grãos de prisma curto. A partir do pico observado no histograma representado por uma média entre esses dois pontos, podemos considerar a idade máxima de sedimentação como aproximadamente 1220 Ma.

Nesse histograma também vemos que o maior pico ocorre em torno de 2180 Ma. Esse pico está representado pelo cálculo de 27 pontos com idades entre 2000 e 2300 Ma, em geral apresentando concordância entre 93 e 102%, representando a idade de proveniência que mais contribuiu com a sedimentação dessa amostra. São em geral representados por grãos de prisma curto, rolados, com zoneamento magmático datado no manto. Alguns deles apresentaram bordas metamórficas muito estreitas, não sendo possível datar com o *spot* do *laser*. Também incluem datações em zonas claras e homogêneas de grãos de prisma curto rolado. Há também um pico Paleoproterozóico de aproximadamente 2420 Ma, com uma contribuição menor, representado por 4 pontos, com concordância entre 96 e 98%. Também apresentam hábito rolado e os *spots* foram feitos sobre mantos com zoneamento magmático ou zonas homogêneas.

Além dessa forte contribuição Paleoproterozóica Riacciana e Sideriana, existem vários picos mais antigos com idades de contribuição Meso a Paleoarqueanas: um pico em 2900 Ma, um pico a 3120 Ma, um em 3250 Ma e, o mais significativo deles, representado por aproximadamente 11 pontos, de 3400 Ma. A concordância desses pontos varia entre 91 e 101%. Os cristais de zircão com idades Arqueanas apresentam hábitos variados, predominando prismas curtos, mas também em prismas alongados euédricos, em grãos bem arredondados, quebrados e rolados. Alguns *spots* foram feitos em núcleos herdados de cristais prismáticos euédricos, mas boa parte das datações foi feita em mantos com zoneamento magmático ou em retrabalhamento metamórfico de alto grau, e até em bordas com zoneamento magmático.

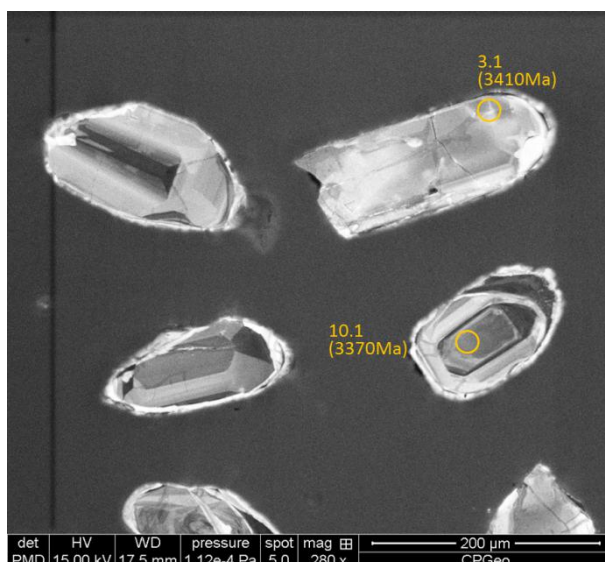


Figura 34: Alguns spots feitos em grãos da K-161. Os pontos 3.1 e 10.1 apresentam 99% de concordância.

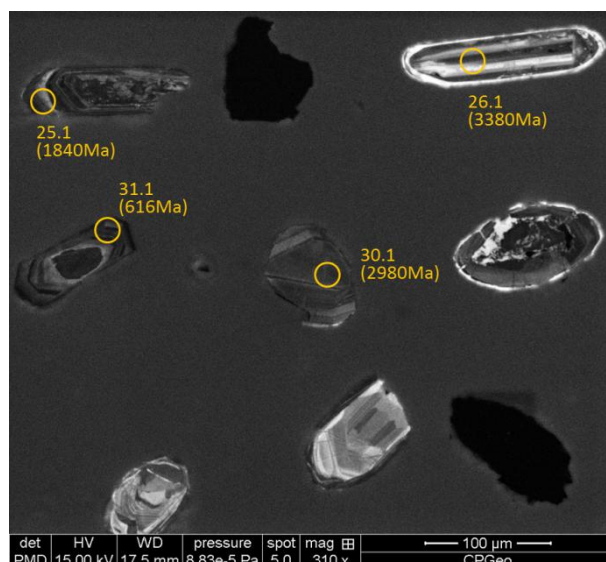


Figura 35: Alguns spots feitos em grãos da K-161. Os pontos 26.1, 30.1 e 31.1 apresentam 100% de concordância e o ponto 25.1 apresenta 98%.

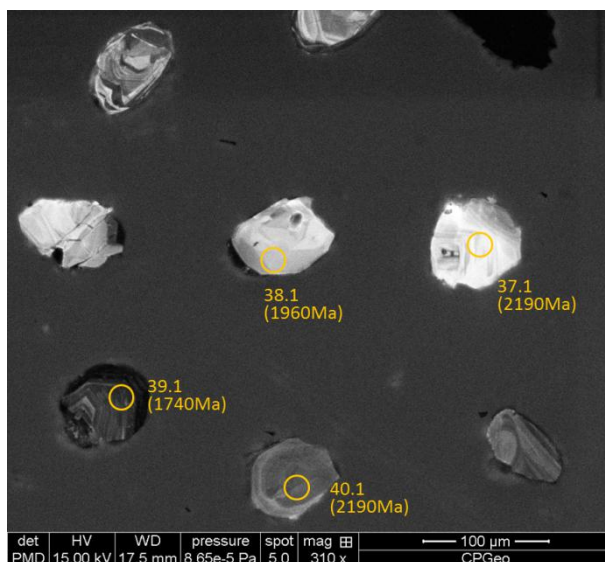


Figura 36: Alguns spots feitos em grãos da K-161. Os pontos 37.1, 38.1, 39.1 e 40.1 apresentam, respectivamente, 101%, 95%, 91% e 99% de concordância.

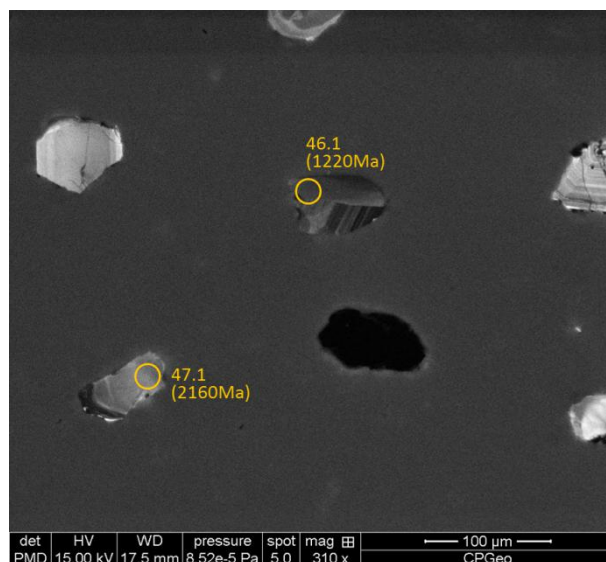


Figura 37: Alguns spots feitos em grãos da K-161. O ponto 46.1 apresenta 100% de concordância e o 47.1 99%.

5.2.2. Sequência Cachoeira: amostra K-96

Da mesma maneira, foram feitos no total 100 spots nos grãos dessa amostra. Dos 100 pontos, 64 mostraram concordância entre 90 e 110% (**Figura 38**) Os outros 36 pontos foram desconsiderados por apresentarem alto grau de discordância, problemas analíticos e/ou presença significativa de Pb comum.

O histograma foi construído utilizando as idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ quando mais novas que 1300 Ma, e idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, quando mais antigas que 1300 Ma. (Figura 39)

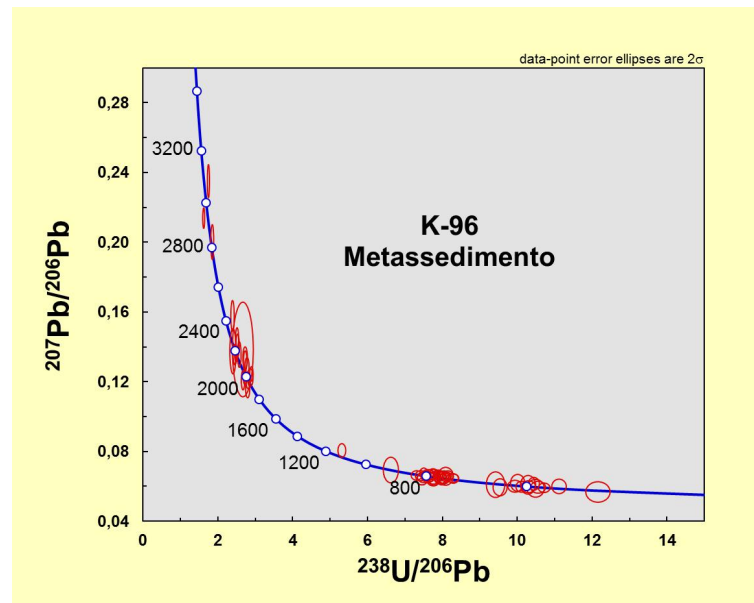


Figura 38: Curva concórdia dos zircões datados na amostra K-96.

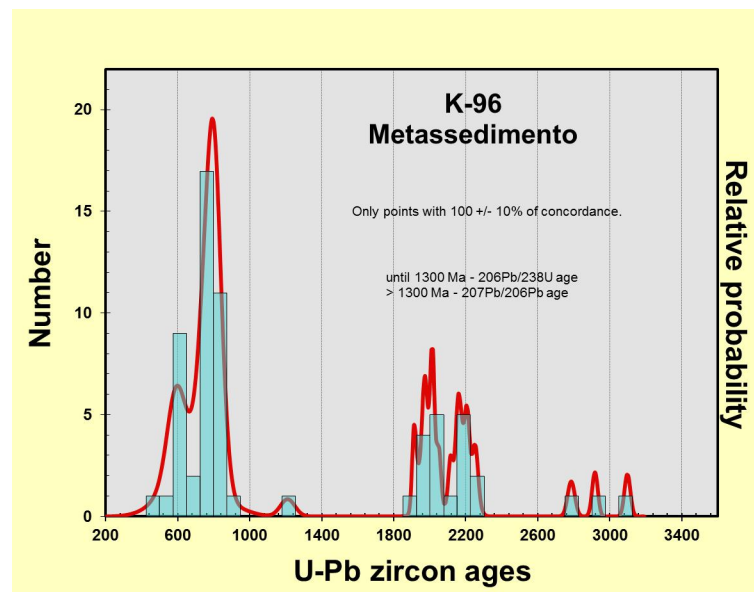


Figura 39: Histograma de distribuição das idades para amostra K-96, considerando apenas idades com concordância entre 90% e 110%.

As amostras metassedimentares da Sequência Cachoeira, como visto anteriormente, apresentam alto grau de metamorfismo, de fácies anfibolito superior a granulito, fornecendo condições P-T suficientes para abrir o sistema U-Pb no zircão e gerar retrabalhamento e formação de novo cristal de zircão. Os resultados U-Pb obtidos em vários cristais de zircão indicam idades metamórficas coincidentes com idades de metamorfismo já conhecidas para essa área. Assim, as idades obtidas nesta amostra nos forneceram, além de idades máxima de sedimentação e de proveniência, épocas de metamorfismo. (Figuras 40,41, 42 e 43).

É possível observar pelo histograma que a amostra apresentou dois picos significativos no Neoproterozóico. O primeiro, representado por 9 pontos com idades entre 500 e 600 Ma e concordância variando entre 90 e 105%, com pico em torno de 600 Ma. Os grãos onde foram obtidas essas idades (40.1; 44.1; 47.1; 57.1; 58.1; 62.1; 63.1; 65.1; 84.1; 91.1; 97.1); têm em geral hábito prismático bem euédricos, alguns com prismas mais curtos e outros mais alongados, com zoneamento magmático bem desenvolvido, neoformados. Os *spots* foram feitos na maioria no manto entre a borda e o núcleo dos grãos, e alguns em núcleos de grãos. Esses pontos também apresentaram razão Th/U entre 0,7 e 1,9 e apenas um deles com razão 0,09 (spot 47.1).

O segundo pico Neoproterozóico, com maior contribuição, é representado por 28 grãos com idades entre 700 e 850 Ma e concordância variando de 92 a 109. O pico está representado em aproximadamente 790 Ma. Alguns pontos com idades entre 730 e 780 Ma apresentam razões Th/U abaixo de 0,1, o que pode indicar metamorfismo. Foram observados três padrões principais nos furos com essas idades: bordas de grãos prismáticos bipiramidais com zoneamento magmático, xenocristais nos núcleos desses mesmos cristais com zoneamento magmático nas bordas, e em cristais prismáticos alongado ou irregulares com textura de zoneamento magmático básico. Também ocorrem *spots* com essas idades em algumas bordas metamórficas e bordas escuras difícil de identificar a textura.

Devido à textura ígnea e de núcleos antigos frequente nos pontos onde foram obtidas essas idades, pode-se dizer que a idade máxima de sedimentação para essa unidade é a idade de 790 Ma. Essa também é a idade de proveniência com maior contribuição para essa bacia. O pico mais novo de 600 Ma pode representar uma nova cristalização de grãos de zircão devido ao metamorfismo de alto grau.

Há um pico pequeno em torno de 1200 Ma, representado por um único ponto com idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 1112 ± 8 Ma, datado sobre um manto de retrabalhamento metamórfico de um grão arredondado.

O histograma também apresenta fortes fontes de contribuição Paleoproterozóicas, representadas por 18 pontos com idades variando de 1800 até 2400 Ma e concordâncias de 92 a 104%. Apresentam picos em torno de 1910 Ma, 1970 Ma, 2000 Ma, 2160 Ma e 2200 Ma. Os grãos em que foram feitos esses *spots* apresentam texturas bastante variadas, feitos em xenocristais mais antigos com textura de zoneamento magmático, em bordas e mantos metamórficas de grãos arredondados, em mantos de zoneamento magmático de grãos losangulares e arredondados, em bordas de zoneamento magmático de grãos prismáticos curtos, em mantos de zoneamento magmático básico de grãos irregulares e em grãos homogêneos arredondados.

Há ainda uma baixa contribuição Arqueana representada por 3 pontos: 2827 ± 33 Ma (14.1), 3086 ± 27 Ma (67.1) e 2935 ± 18 Ma (96.1), idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Dois desses spots foram feitos em grãos com textura de zoneamento magmático básico, um deles na forma de um prisma alongado e o outro anédrico, e outro em um núcleo de um grão prismático bipiramidal com zoneamento magmático.

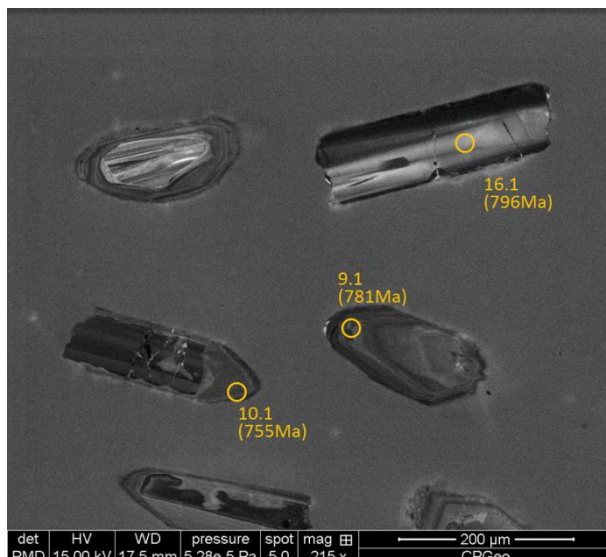


Figura 40: Alguns spots feitos em grãos da K-96. Os pontos 9.1, 10.1 e 16.1 apresentam, respectivamente, 102%, 96% e 98% de concordância.

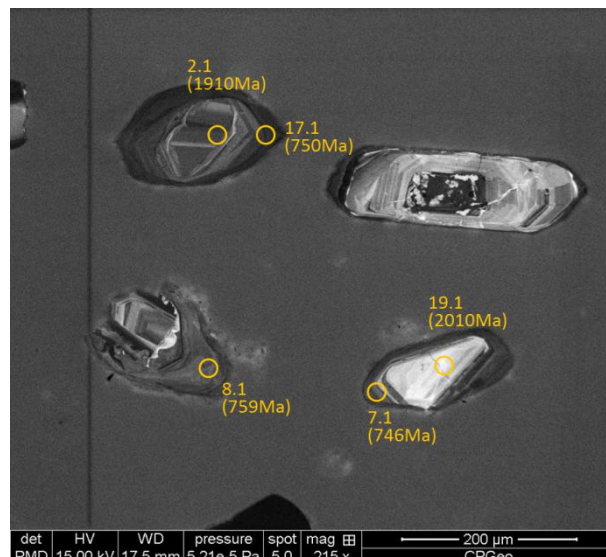


Figura 41: Alguns spots feitos em grãos da K-96. Os pontos 2.1, 7.1, 8.1, 17.1 e 19.1 apresentam, respectivamente, 94%, 92%, 97%, 93% e 93% de concordância.

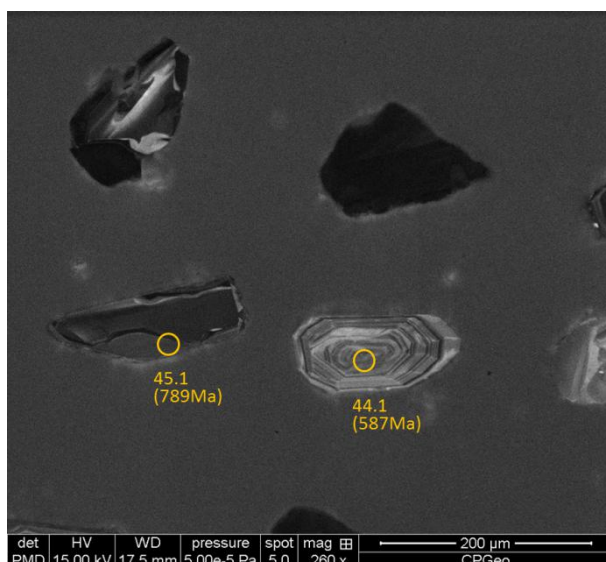


Figura 42: Alguns spots feitos em grãos da K-96. O ponto 44.1 apresenta 103% de concordância e o 45.1 100%.

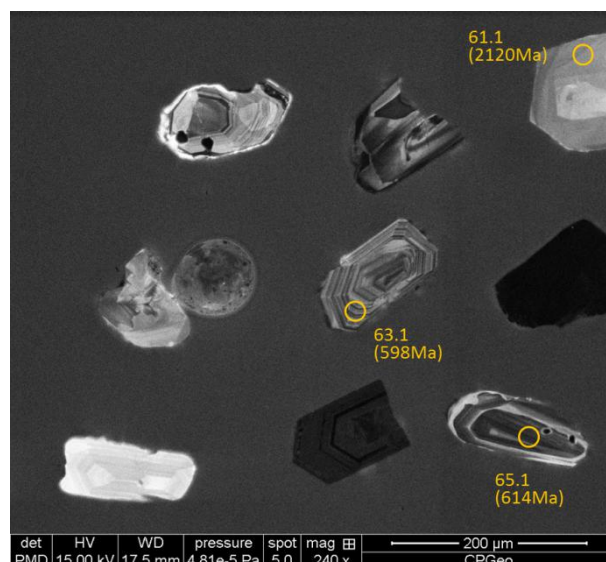


Figura 43: Alguns spots feitos em grãos da K-96. Os pontos 61.1, 63.1, e 65.1 apresentam, respectivamente, 97%, 99%, e 91% de concordância.

6. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. Análises Petrográficas

As análises petrográficas permitiram caracterizar previamente o grau metamórfico dos metassedimentos de cada Domínio. Por apresentarem K-feldspato detrítico na maioria das lâminas observadas, de ambos os domínios, pode-se assumir que essas rochas são metapelitos não verdadeiros, pobres em alumínio. Sendo assim, a assembleia mineralógica pode ser facilmente comparada com aquela encontrada no metamorfismo Barroviano, dando as bases para a caracterização dos picos metamórficos dessas unidades.

Os metassedimentos da Sequência Iguape, compostos predominantemente por xistos finos, metarritmitos e metamargas, apresentaram foliação fina a muito fina crenulada com estruturas miloníticas na maioria dos casos. As rochas apresentam como minerais principais quartzo, k-feldspato, muscovita/sericita e biotita.

As paragêneses observadas nas rochas da Sequência Iguape indicam condições de pico metamórfico no fácies xisto verde intermediário a pressões de 0,3 a 1,1 GPa, e temperaturas variando num intervalo de 380 a 420 °C (Winter, 2010). A paragênese de pico metamórfico considerada é a de entrada na zona da Biotita (Kfs + Bt + Ms), observada na lâmina K-152, com outras contendo apenas Ser + Bt (K-28, K-167(2), K-168). Apenas uma amostra (K-59) localizada a sul de Pariquera-Açu apresenta possível paragênese da Zona da Granada, em condições de fácies xisto verde superior ou anfibolito inferior, porém não foi possível confirmar. Por estarem muito alteradas e na maioria dos casos não possuírem minerais índice de metamorfismo, não foi possível indicar o grau metamórfico para a maioria das amostras. Porém supõe-se baixo grau pela textura pelítica muito fina predominante.

Os metassedimentos do Domínio Registro, por sua vez, apresentam diferentes paragêneses, indicando metamorfismo de fácies anfibolito intermediário até granulito. São representados em sua maioria por Granada-Biotita paragneisses miloníticos, ocorrendo também Granada-Biotita xistos grossos e ortoquartzitos, associados à Sequência Cachoeira. Apresentam estrutura bandada com diversas feições de milonitização, e granulometria média a grossa. Os principais minerais encontrados são quartzo, muscovita, sericita, k-feldspato, plagioclásio, biotita, granada e sillimanita, e em algumas lâminas clorita (geralmente em proporções acessório) e cordierita.

Os paragneisses da Sequência Cachoeira próximos à Zona de Cisalhamento Serrinha (Maciço da Juréia) apresentam paragêneses Grt + Bt + Ms + Plag, da Zona da Granada (K-96, K-97, K-99, K-127), indicando fácies anfibolito intermediário (aproximadamente 550 °C e 0,5-1,5 GPa). Os paragneisses dessa porção também apresentam paragêneses Sil + Grt + Bt + Ms + Ser, da Zona da Sillimanita (K-39), indicando condições P-T do fácies anfibolito

superior (aproximadamente 630 a 750 °C e 0,5-0,9 GPa), e também paragêneses da segunda Zona da Sillimanita em condições de baixa pressão, de Crd + Grt + Bt + Plag + Kfs (K-133), com condições P-T do fácies granulito (acima de 670 °C, 0,2 a 0,4 GPa).

Os paragnaisses do Complexo Registro próximos à Zona de Cisalhamento Itariri também apresentam paragêneses da segunda Zona da Sillimanita, de Grt + Sil + Bt + Kfs (K-56), indicando condições de fácies granulito, com temperaturas superiores a 690 °C e pressão entre 0,6 e 0,9 GPa. A tais condições de metamorfismo, a água liberada pela reação de metamorfismo ($Ms + Qtz = Kfs + Sil + H_2O$) induz o início de fusão parcial, pois as reações da segunda Zona da Sillimanita ocorre a condições P-T superiores à curva de *solidus* dos granitos.

6.2. Análises geocronológicas

Cristais de zircão sofrem recristalização quando submetidos a temperaturas de pico metamórfico superiores a 600 °C (Hoskin & Black, 2000). Logo, os zircões dos metassedimentos do Domínio Iguape devem apresentar todas as fases de recristalização mais antigas que o último evento metamórfico de baixo grau, mas nas rochas do Domínio Registro os últimos eventos de metamorfismo de alto grau estão registrados no crescimento dos grãos.

A idade mais nova encontrada na amostra K-161 (Sequência Iguape), de 616 ± 5 Ma, ocorre em apenas um ponto na borda de um grão euédrico com zoneamento magmático. Por se tratar de apenas um dado, e com idade muito próxima à idade em que se espera que esses terrenos já estivessem justapostos (~ 580 Ma, Passareli et al., 2018) não foi considerada como idade máxima de sedimentação. Seria necessário estudar mais amostras dessa unidade para saber se esse valor se repete como um padrão.

A idade máxima de sedimentação considerada foi de ~ 1220 Ma, representado por dois pontos datados. A maior concentração de dados ocorre em ~ 2180 Ma, apontando para uma potencial fonte Riacciana, e uma fonte menor a ~ 2420 Ma, Sideriana. Também ocorrem quatro importantes fontes entre o Mesoarqueano e o Paleoarqueanas, com maior concentração de idades no pico mais antigo: 2900 Ma, 3120 Ma, 3250 Ma e 3400 Ma.

Quanto às possíveis fontes de proveniência, ainda não é possível gerar interpretações mais concretas, mas aqui haverá a tentativa de fazer uma correlação prévia com idades de cristalização de terrenos adjacentes e idades de zircão detrítico de unidades metassedimentares encontradas nesses terrenos. As fontes Riaccianas, encontradas em maior quantidade nessa amostra, podem ser correlacionadas com uma idade de cristalização do Complexo São Francisco do Sul, no Terreno Paranaguá (2173 ± 18 Ma, Cury, 2009).

Idades de cristalização desse intervalo Paleoproterozóico também são encontradas em gnaisses granulíticos do Terreno Luíz Alves (2250-1850 Ma, [Siga Jr. et al., 1993](#)) A idade máxima de sedimentação Steniana/Ectasiana e maior fonte de contribuição Riaciana encontradas parecem coincidir com as idades de zircão detrítico encontradas na Sequência Capiru, do Terreno Curitiba ([Leandro, 2016](#)), porém em nenhuma outra unidade metassedimentar dos terrenos adjacentes foram encontrados idades Paleoarqueanas nessa quantidade.

A forte contribuição Paleoarqueana observada na K-161 não indica possíveis fontes no Terreno Paranaguá e nem nos terrenos mais antigos adjacentes (Curitiba e Luís Alves). As idades mais antigas encontradas no Terreno Curitiba são de ortognaisses do Complexo Atuba de 3,1-2,7 Ga ([Faleiros et al. 2011](#)), e no Terreno Luís Alves em gnaisses Neoarqueanos (2720-2580 Ma, [Siga Jr. et al., 1993](#)). Porém idades de cristalização Mesoarqueanas a Paleoarqueanas são encontradas em rochas graníticas da porção sul do Cráton do São Francisco (3,3-3,6 e 3,2-2,9 Ga, [Teixeira et al., 2017](#)) e também em porções do Cráton do Congo (2850-3480 Ma, [Takan et. al, 2009](#)). Esses intervalos de idade também podem ser encontrados no Terreno Nico Pérez, aflorante entre o sul do Brasil e o Uruguai, caracterizado por crescimento crustal Arqueano e extensão Paleoproterozóica, onde foram encontradas idades U-Pb em zircão de 3404 ± 8 Ma, em metatonalitos do denominado Complexo La China ([Oyhantçabal et al., 2018](#)).

Na Sequência Cachoeira, as idades mais novas encontram-se no intervalo 500-600 Ma. Essas idades foram obtidas em núcleos de zircões com textura heterogênea (*spot* 44.1; 62.1; 65.1), em manto de zircões com zoneamento oscilatório evidente ou parcialmente preservado (*spots* 40.1, 47.1; 63.1; 84.1), em bordas com evidente zoneamento oscilatório (57.1; 58.1; 91.1; 97.1) e bordas com zoneamento setorial (83.1) todos apresentando razões Th/U maiores que 0,1. O segundo pico mais novo, onde ocorre maior contribuição de idades, ocorre em ~ 790 Ma, com pontos apresentando razões Th/U menores que 0,1 entre 730 e 780 Ma. Em geral, zircões de origem metamórfica apresentam razão Th/U inferiores a 0,1 ([Rubatto, 2002](#)). No entanto, altas razões Th/U podem ser resultado da recristalização do zircão, e também do crescimento durante o metamorfismo de alta temperatura ([Carson, 2002](#); [Kelly & Harley, 2005](#)). A cristalização metamórfica de zircão, com alta razão Th/U, foi descrita em presença de fluidos anatéticos de alta temperatura ([Schaltegger et al. 1999](#); [Hokada e Harley 2004](#)) e em seções com texturas nítidas de zoneamento oscilatório ([Liati, 2005](#)). Assim, os zircões detríticos da amostra K-96 com idades em torno de 600 Ma, texturas de zoneamento magmático e razão Th/U alta podem ter sua origem associada à cristalização de um fluido anatético gerado em eventos metamórficos de altíssimo grau. As condições de pico metamórfico de fácies granulito descritas em lâminas petrográficas dessa unidade favorecem a geração de fluidos anatéticos. Isso fica evidente ao observar que em paragneisses da

Sequência Cachoeira é frequente a presença de bandas quartzo-feldspáticas com texturas de migmatização (observadas nas lâminas da amostra K-127). Já os zircões com idades em torno de 750 Ma, com frequente textura de bordas reabsorvidas e razões Th/U baixas, podem indicar uma recristalização metamórfica em condições de alto grau, sem a geração de fluídos.

Essas duas idades, portanto, podem ser correlacionados com dois eventos metamórficos de alto grau datados em monazitas de paragneisses da Sequência Cachoeira: 750 Ma ([Passareli et al., 2007](#)), e 580 Ma ([Passareli et al. 2011](#)), havendo condições P-T suficientes para gerar início de fusão parcial no segundo.

A idade máxima de sedimentação considerada foi de aproximadamente 790 Ma, que também é a idade de maior contribuição para essa bacia. Essas idades podem estar correlacionadas com idades de granitos Tonianos do Terreno Embu de 800 Ma. Também ocorrem contribuições significativas difusas no Paleoproterozóico, de 1800 a 2400 Ma, e três pontos com idades Mesoarqueanas: 2827 ± 33 Ma, 2935 ± 18 Ma e 3086 ± 27 Ma. Essa contribuição Paleoproterozóica encontrada na K-96 pode estar correlacionada às idades de unidades graníticas do Terreno Curitiba, em porções com idades de 1,9-2,2 Ga no Complexo Registro ([Passareli et al. 2008](#)) e do Complexo Atuba, que pode também estar correlacionado a essa pequena contribuição Arqueana observada.

Comparando com idades de proveniência das unidades metassedimentares previamente estudadas nos terrenos Paranaguá e Curitiba, [Cury \(2009\)](#) encontrou um padrão de distribuição de idades para a Sequência Rio das Cobras (Terreno Paranaguá) que diverge com o padrão encontrado aqui para a Sequência Iguape. Apesar de ambas apresentarem alta concentração de idades Paleoproterozóicas Riaccianas, a Sequência Rio das Cobras mostra distribuição muito semelhantes às encontradas na Sequência Cachoeira, com alta concentração de zircões no Neoproterozoico ([Figura 44](#)). As rochas da Sequência Rio das Cobras descritas por [Cury \(2009\)](#) também apresentam paragêneses metamórficas similares às descritas nas rochas da Sequência Cachoeira. A idade máxima de sedimentação em torno de 800 Ma encontrada na K-96 pode se associar a idades de zircão detríticos encontradas na Sequência Turvo-Cajati de 0,8-0,6 Ga ([Siga Jr. et al., 2012](#)), porém a distribuição de idades de zircão detrítico dessa unidade relatados em [Cury \(2009\)](#) é, no aspecto geral, divergente daquela encontrada na amostra K-96. ([Figura 44](#)).

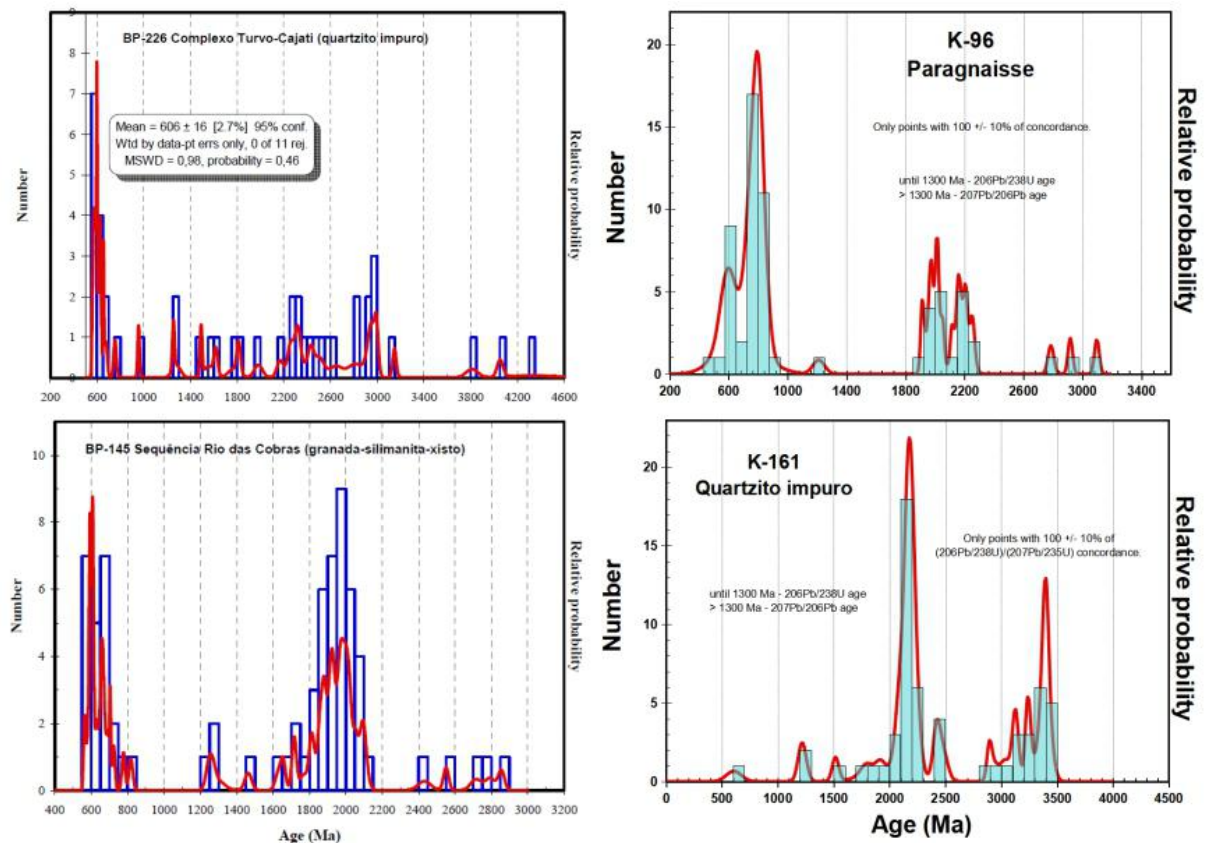


Figura 44: Comparação entre histogramas da Sequência Cachoeira (lado superior direito) e da Sequência Iguaçu (lado inferior direito) com histogramas de análises feitas por Cury (2009) para o Complexo Turvo Cajati (lado superior esquerdo) e Sequência Rio das Cobras (lado inferior esquerdo).

7. CONCLUSÃO

As idades máximas de sedimentação e idades de proveniência encontradas em um quartzito impuro da Sequência Iguaçu (Domínio Iguaçu/ Terreno Paranaguá) e um paragnaisse da Sequência Cachoeira (Domínio Registro/ Terreno Curitiba) mostram que essas duas unidades tiveram diferentes histórias de formação. A amostra K-161, da Sequência Iguaçu apresenta idade máxima de sedimentação em torno de 1220 Ma e principais fontes de proveniência em ~2180 Ma e ~3400 Ma, essa última não apresentando correlação com nenhum bloco tectônico adjacente, podendo estar correlacionados a deposições mais antigas na borda de blocos cratônicos, possivelmente Cráton do Congo ou São Francisco, ou com o Terreno Nico Pérez, mais ao sul. Os metassedimentos dessa sequência foram submetidos a metamorfismo de baixo grau, com picos na fácies xisto verde intermediário.

A amostra K-96, da Sequência Cachoeira, apresentou idade máxima de sedimentação a ~790 Ma, sendo também a principal fonte de proveniência que pode ser correlacionada a idade de granitos Tonianos do Terreno Embu, e também alta concentração de idades entre

1800-2400 Ma, essas podendo ser correlacionadas com granito-gnaisses Paleoproterozóicos do Terreno Curitiba.

Devido ao metamorfismo de alto grau dessa amostra, a datação dos zircões detríticos da K-96 indicou principalmente idades de metamorfismo, marcando um evento de alto grau a ~750 Ma e outro com anatexia em ~600 Ma. Análises petrográficas nessa sequência evidenciaram pico metamórfico na fácies granulito, com possível indução de fusão parcial, gerando bandas quartzo feldspáticas e cristalização de zircão anatético.

É interessante notar que a alta concentração de idades Paleoproterozóicas Riagianas foi encontrada em ambas as sequências, e também é observada nos histogramas de distribuição na Sequência Rio das Cobras. Isso mostra que, possivelmente na época de formação dessas bacias, o soerguimento de terrenos Paleoproterozóicos envolvidos nas interações orogênicas do Ciclo Brasileiro gerou uma importante fonte de sedimentos para essas bacias.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Affaton, P., Kalsbeek, F., Boudzoumou, F., Trompette, R., Thrane, K. & Frei, R. (2016). *The Pan-African West Congo belt in the Republic of Congo (Congo Brazzaville): Stratigraphy of the Mayombe and West Congo Supergroups studied by detrital zircon geochronology*. Precambrian Research, 272: 185–202.
- Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B., Fuck R.A. (1981). *Brazilian structural provinces, an introduction*. Earth Sci Rev 17:1–29.
- Basei, M.A.S., Siga Jr., O., Reis Neto, J.M., Passarelli, C.R., Prazeres, H.J., Kaulfuss, G., Sato, K. and Lima, P. S., (1999). *Paleoproterozoic granulitic belts of the Brazilian Southern Region (PR-SC)*. II South-American Symposium on Isotope Geology, CD-Rom and Extended Abstracts: 291-294. Cordoba, Argentina.
- Corfu F., Hanchar J.M., Hoskin P.W.O., Kinny P. (2003). *Atlas of zircon textures*. In: Hanchar J.M., Hoskin P.W.O. (Eds.) Zircon. Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy & Geochemistry 53, 469–500
- Cury, L.F., Siga Jr. O.; Harara, O.M.M., Sato K., Basei M.A.S. (2008). *Geological and geochronological setting of Paranaguá Domain, Ribeira Belt - southern Brazil*. International Geological Congress, Oslo.
- Cury L.F. (2009). *Geologia do Terreno Paranaguá*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 188pgs.

Dedavid B.A., Gomes C.I., Machado G. (2007). *Microscopia Eletrônica de Varredura: Aplicações e preparação de amostras: Materiais Poliméricos, metálicos e semicondutores*. Editora EDIPUCRS. Acesso em 21 de outubro de 2019 <<http://www.pucrs.br/edipucrs/online/microscopia.pdf>>

Faleiros, F.M., (2008). *Evolução de terrenos tectono-metamórficos da Serrania do Ribeira e Planalto Alto Turvo (SP, PR)*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 306pgs.

Faleiros, F. M.; Campanha, G.A.C.; Martins, L.; Vlach, S. R. F.; Vasconcelos, P. M. (2011). *Ediacaran high-pressure collision metamorphism and tectonics of the southern Ribeira belt (SE Brazil): evidence for terrane accretion and dispersion during Gondwana assembly*. Precambrian Research, 189 (3-4): 263-291.

Faleiros F.M., Campanha G.A.C., Pavan M., Almeida V.V., Rodrigues S.W.O., Araújo B.P., (2016). *Short-lived polyphase deformation during crustal thickening and exhumation of a collisional orogen (Ribeira Belt, Brazil)*. Journal of Structural Geology 93, 106–130.

Heilbron, M., Valeriano, C.M., Tassinari, C.C.G., Almeida, J., Tupinambá, M., Siga, O., Trouw, R., (2008). *Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions*. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 294, 211–237.

Harara O.M.M., Basei M.A.S., Siga Jr. O., Campos Neto M.C. (2004). *Neoproterozoic supra subduction zone (SSZ) ophiolitic rocks from Piên (PR), southern Brazil*. Quarenta anos de geocronologia no Brasil. Boletim de Resumos, 89.

Hokada, T., Harley, S.L. (2004). *Zircon growth in UHT leucosome: constraints from zircon-garnet rare earth elements (REE) relations in Napier Complex, East Antarctica*. J. Mineral. Petrol. Sci. 99: 180–190.

Hoskin P.W.O. (2000). *Patterns of chaos: Fractal statistics and the oscillatory chemistry of zircon*. Geochim Cosmochim Acta, 64:1905-1923

Hoskin, P.W.O. and Black, L.P. (2000). *Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon*. Journal of Metamorphic Geology, 18: 423-439.

Liati, A. (2005). *Identification of repeated Alpine (ultra) high-pressure metamorphic events by U-Pb SHRIMP geochronology and REE geochemistry of zircon: The Rhodope zone of Northern Greece*. Contrib Mineral Petrol 150: 608–630

Leandro, R. (2016). *Caracterização Tectonoestratigráfica da Sequência Terrígena da Formação Capiu na Região de Morro Grande, Colombo - PR*. Dissertação de Mestrado. Curitiba: Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

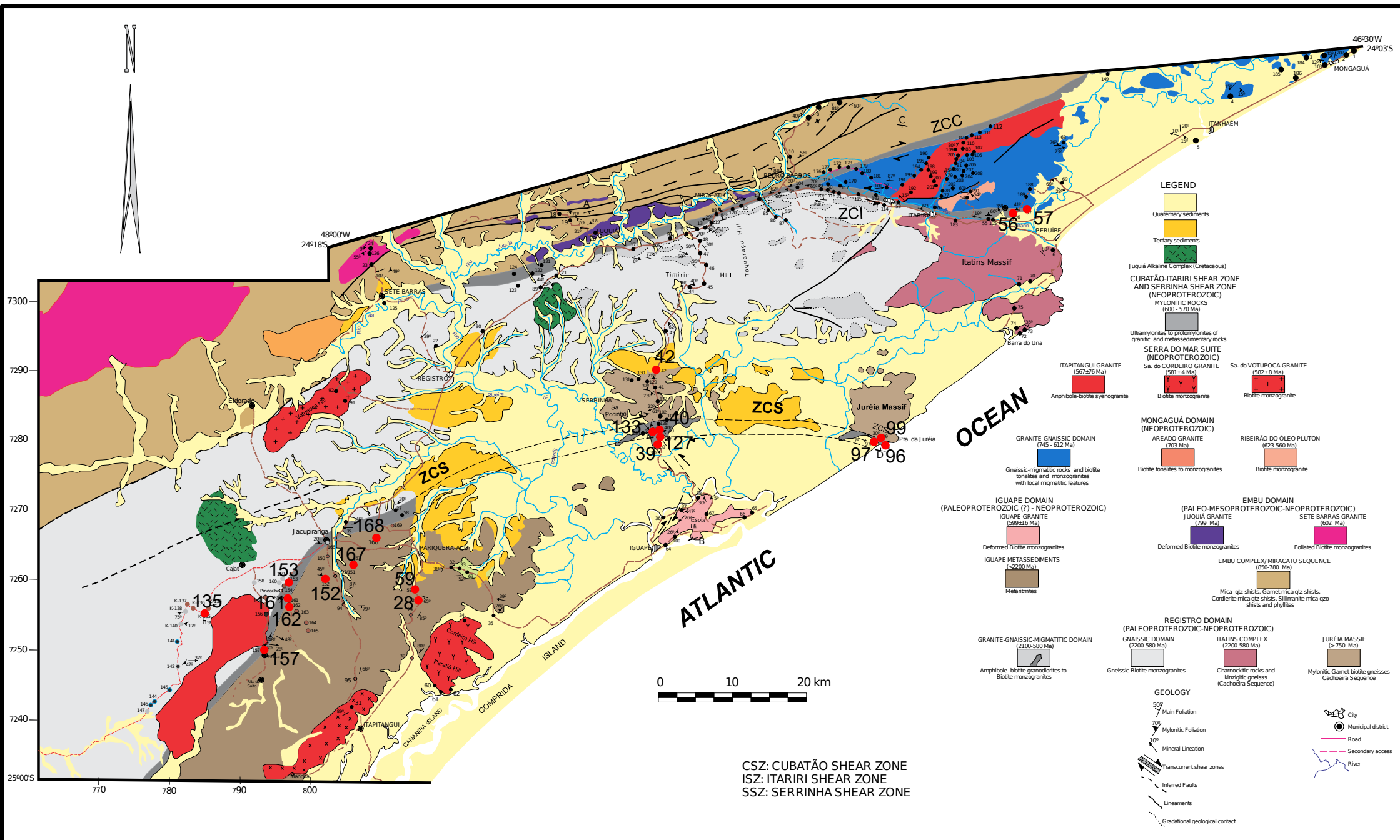
- Loios, V.A.P. (2009). *Métodos de preparação e separação de minerais no CPGeo – IGc-USP*. Simp. 45 Anos de Geocronologia no Brasil. São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos, 107-112.
- Lopes, O.F. (1987). *Zoneamento metamórfico da Sequência Rio das Cobras do Pré-Cambriano do Estado do Paraná*. In: Simp. Sul-Bras de Geol, 3. Curitiba, Atas, SBG, vol. 1: 303-312.
- Oyhantçabal P., Oriolo S., Philipp R.P., Wemmer K., Siegesmund S. (2018). *The Nico Pérez Terrane of Uruguay and Southeastern Brazil*. In: Siegesmund S., Basei M., Oyhantçabal P., Oriolo S. (eds) *Geology of Southwest Gondwana*: 161-188. Regional Geology Reviews. Springer, Cham.
- Passareli C.R. (2001). *Caracterização estrutural e geocronológica dos domínios tectônicos da porção sul-oriental do Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado. IGc-USP, São Paulo, SP, Brasil, 254 p.
- Passareli C.R., Basei M.A.S., Campos Neto M.C., Siga Jr. O. and Prazeres Filho H.J. (2004). *Geocronologia e geologia isotópica dos terrenos Pré-Cambrianos da porção sul-oriental do Estado de São Paulo*. Geol USP Sér Cient 4: 55–74.
- Passarelli C.R., Basei M.A.S., Prazeres Filho H.J., Siga O Jr, Szabó G.A.J., Marco-Neto J (2007). *Structural and geochronological constraints on the evolution of the Juréia Massif, Registro Domain, State of Sao Paulo, Brazil*. An Acad Bras Cienc 79:441–455
- Passarelli C.R., Wemmer K., Siga O. Jr, Siegesmund S, Basei M.A.S. (2008) *Tectonothermal evolution of the SE Sao Paulo State Precambrian terranes*. In: S Am Symp Isot Geol 6. San Carlos de Bariloche, Argentina, 2008. Book of Abstracts, pp 150
- Passarelli C.R., Basei M.A.S., Wemmer K., Siga Jr O., Oyhantçabal P.(2011). *Major shear zones of southern Brazil and Uruguay: escape tectonics in the eastern border of Rio de la Plata and Parapanema cratons during the Western Gondwana amalgamation*. International Journal of Earth Sciences. Geologische Rundschau 100, 391–414.
- Passarelli C. R., Basei, M.A.S., Siga Jr, O., Harara, O. M. M. (2018). *The Luis Alves and Curitiba Terranes: Continental Fragments in the Adamastor Ocean*. In: Siegesmund, S.; Basei, M.A.S.; Oyhantçabal, P.; Oriolo, S. (Org.). *Geology of Southwest Gondwana*. 1ed.Zurich: Springer International Publishing AG, v. 1, p. 189-215.
- Pavan, M. (2017). *Modelagem termodinâmica de fusão parcial e metamorfismo em condições de fácies granulito: exemplo do Complexo Itatins, SP*. Tese de Doutorado. São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Pupin, J.P. (1980). *Zircon and Granite Petrology*. Contributions to Mineralogy and Petrology, 73: 207-220.

- Rubatto, D. (2002). *Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U–Pb ages and metamorphism*. Chem. Geol. 184: 123–138.
- Siga Jr, O.; Basei, M.A.S.; Machiavelli, A. (1993). *Evolução Geotectônica da Porção Nordeste de Santa Catarina e Sudeste do Paraná com base em Interpretações Geocronológicas*. Revista Brasileira de Geociências, 23 (3): 215-223.
- Siga Jr., O.; Basei, M.A.S.; Reis Neto, J. M.; Machiavelli, A.; Harara, O.M.M. (1995). *O Complexo Atuba: Um Cinturão Paleoproterozóico Intensamente Retrabalhado no Neoproterozóico*. Geologia USP. Série Científica, 26: 69-98.
- Siga Jr., O.; Basei, M.A.S.; Passarelli, C.R.; Harara, O.M.M.; Sato, K.; Cury, L.F.; Prazeres Filho, H. J. (2007). *Geocronologia de Rochas Gnáissico Migmatíticas e Sienograníticas do Núcleo Setuva (PR): Implicações Tectônicas*. Revista Brasileira de Geociências, 37: 114-128.
- Schaltegger, U., Fanning, C.M., Günther, D., Maurin, J.C., Schulmann, K., Gebauer, D. (1999). *Growth, annealing and recrystallization of zircon and preservation of monazite in high-grade metamorphism: conventional and in-situ U-Pb isotope, cathodoluminescence and microchemical evidence*. Contrib. Mineral. Petrol. 134: 186–201.
- Siga Jr. O., Campanha G.A.C, Faleiros F.M., Basei M.A.S, Sato K., Dantas E., McCreath I., (2012). *Detrital zircon U-Pb and Hafnio geochronology from the Capiu and Turvo-Cajati Formations (S-SE Brazil): tectonic implications*. VIII South American Symposium on Isotope Geology (SSAGI). Book of Abstracts, p.142.
- Silva, D.B.; Sayeg, I.J.; Onoe, A.T.; Silva, M.; Silva, W.B.; Hollanda, M.H.B.M. (2017). *Protocolo de Preparação de Minerais para Análise de U-Pb in situ por Espectrometria de Massa*. São Paulo, SP. II Workshop of Inorganic Mass Spectrometry (2017). Acesso em 30 de julho de 2019, <<http://wims.igc.usp.br/wp-content/uploads/2017/07/Daniela-Batista.pdf>>.
- Souza S.L., Basei M.A.S., Sato K., Silva, Wellitany B. (2017). *LA-MC-ICP-MS instrumentation and acquisition of U-Pb ages on zircon, monazite and titanite at CPGeo-USP*. São Paulo, SP. II Workshop of Inorganic Mass Spectrometry (2017)
- Takam, T., Mokoto, A., Kokonyangi, J., Dunkley, D.J. and Nsifa, E.N. (2009) *Paleo-Archaeocharnockite in the Ntem Complex, Congo Craton, Camroon: Insights from SHRIMP Zircon U-Pb Ages*. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 104, P1-P11. DOI: <http://dx.doi.org/10.2465/jmps.080624>
- Teixeira W., Oliveira E.P., Marques L.S. (2017). *Nature and Evolution of the Archean Crust of the São Francisco Craton*. In: Heilbron M., Cordani U., Alkmim F. (eds) São Francisco Craton, Eastern Brazil: pp 29-56. Regional Geology Reviews. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-01715-0_3

Weber, W. (1998). *Geologia e geocronologia da Ilha do Cardoso, sudeste do estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 86pgs.

Winter, J.D., (2010). *Metamorphism of Pelitic Sediments*. In: *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology*, 2ª Edição. (cap. 28; 635-663). Harlow: Pearson.

ANEXO I:
Mapa de Pontos



ANEXO II:
Descrições Petrográficas

AMOSTRA K-26**Unidade:** Sequência Iguape**Compartimento tectônico:** Domínio Iguape**Descrição microscópica:**

Estrutura xistosa, foliação principal marcada por muscovita crenulada. Apresenta estruturas SC e fishs de mica na foliação. Alternadamente, ocorrem lentes de quartzo paralelas à foliação tectônica, algumas sigmoidais. Fraturas perpendiculares à foliação Textura lepidoblástica fina com lentes granoblásticas de quartzo
Granulação: Ms de 0,01-0,10 mm de espessura e 0,05-0,6mm de comprimento. Qtz de 0,02-0,8 mm

Quartzo ocorre na forma de grãos muito finos intercalado com a foliação de muscovita e na forma de quartzo médio em lentes descontínuas com recristalização do tipo bulging.

Muscovita marca a foliação principal, que encontra-se cisalhada, formando pares SC bem desenvolvidos. Grãos mais grossos de muscovita formam fishs de mica e sigmoides na foliação.

Como acessórios, foram identificadas turmalina detrítica fina e um mineral opaco tabular, que acompanha a foliação de muscovita. Também ocorrem óxidos de alteração nas fraturas e entre as foliações.

Composição mineralógica estimada:

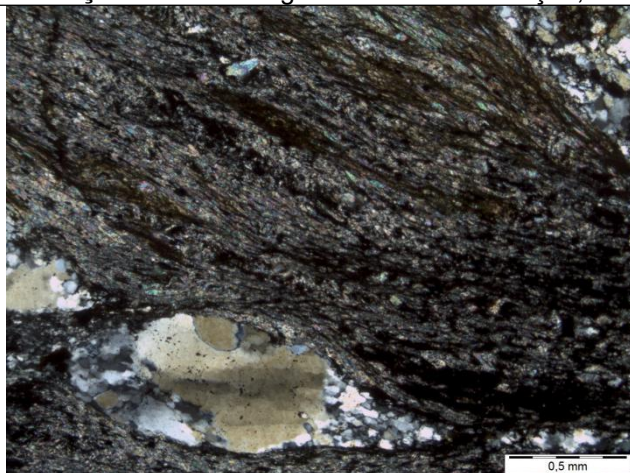
Minerais essenciais: Muscovita (55%), Quartzo (40%)

Minerais acessórios: opacos finos (4%), turmalina (1%)

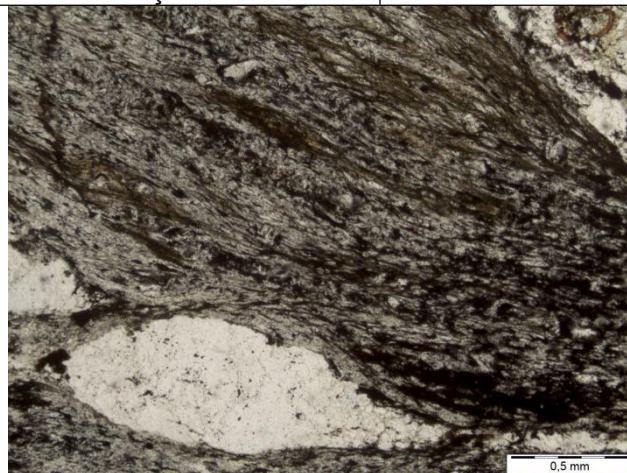
Alteração: Óxidos e argilominerais de alteração, alto grau de alteração



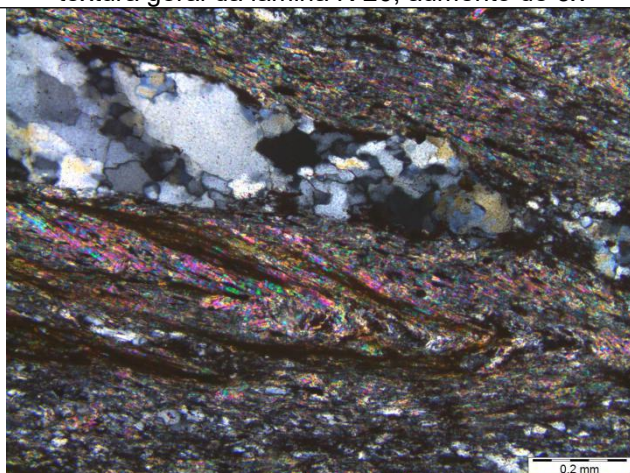
Lâmina K-26 em tamanho real, fotos A e B indicadas



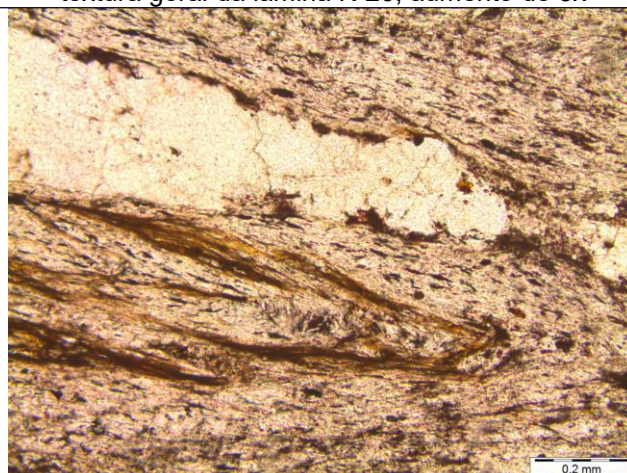
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-26, aumento de 5x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-26, aumento de 5x



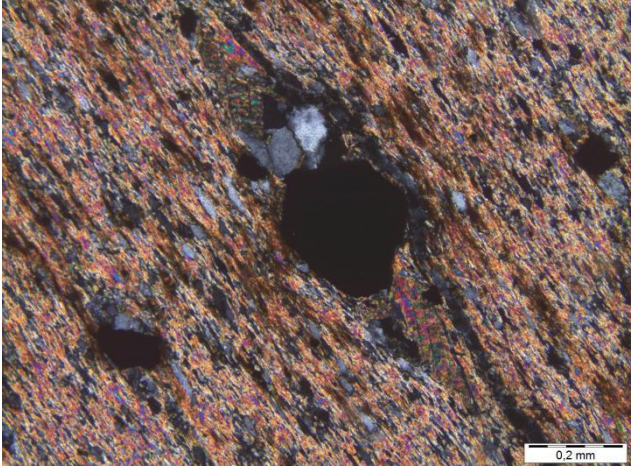
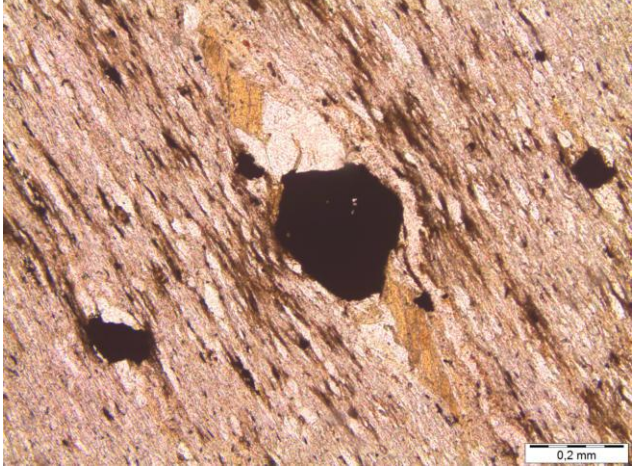
B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de lentes de quartzo e foliação dobrada, aumento de 10x

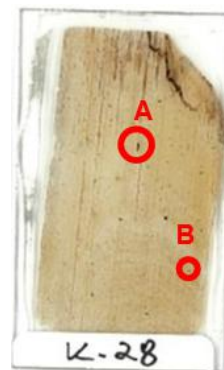


B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de lentes de quartzo e foliação dobrada, aumento de 10x

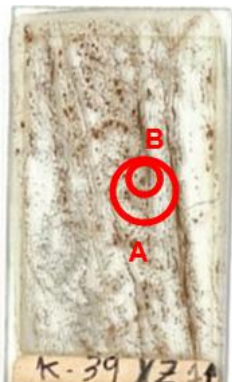
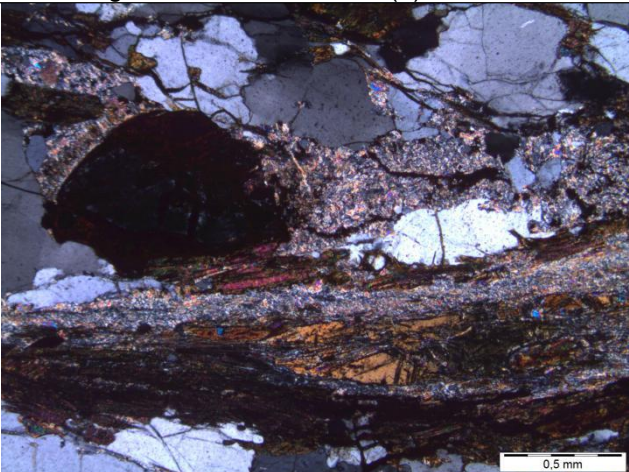
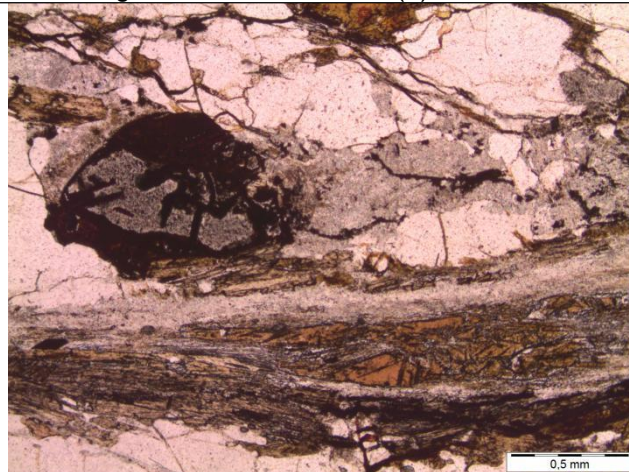
Nome da Rocha: Muscovita xisto milonitizado

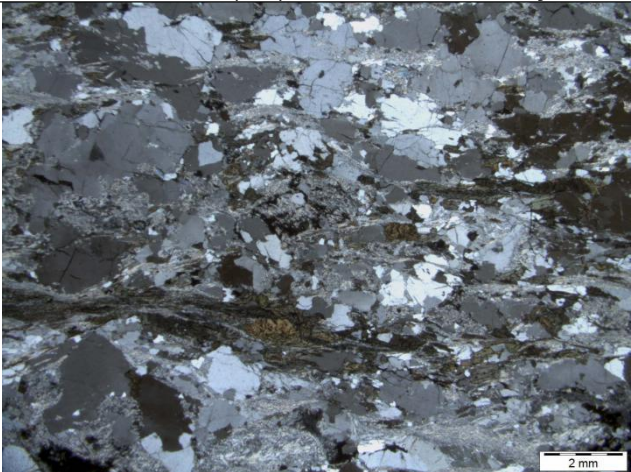
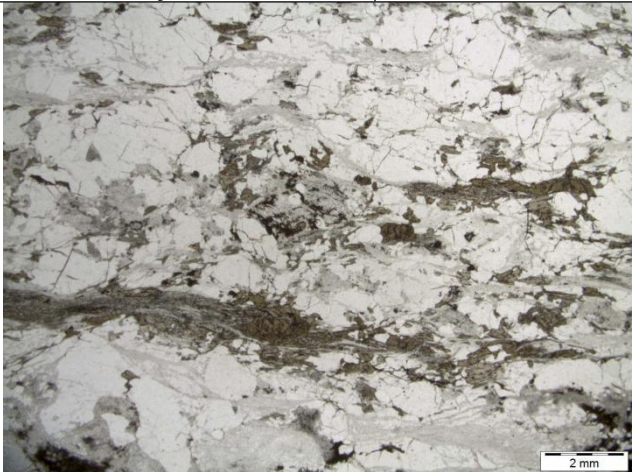
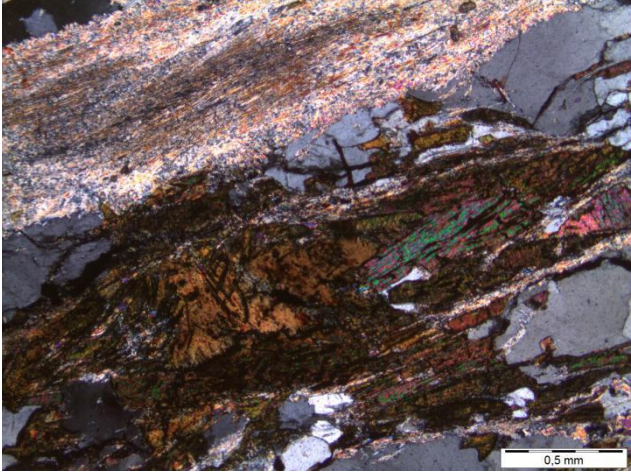
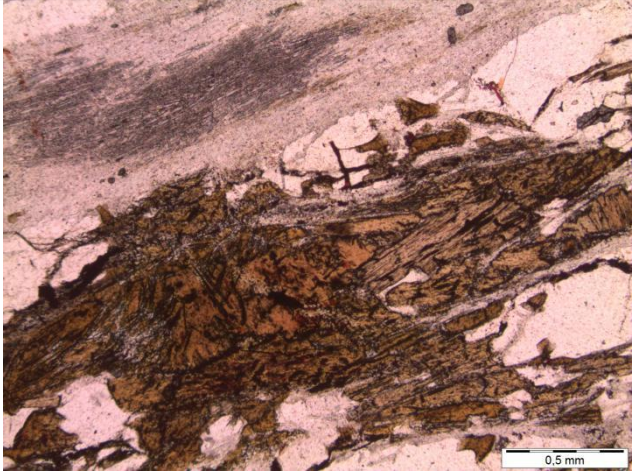
AMOSTRA K-28

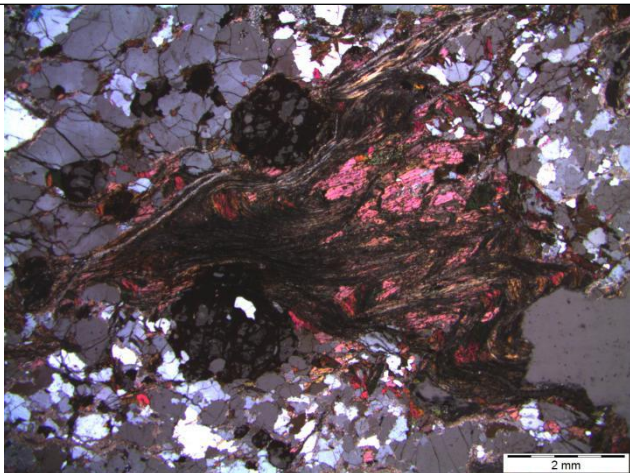
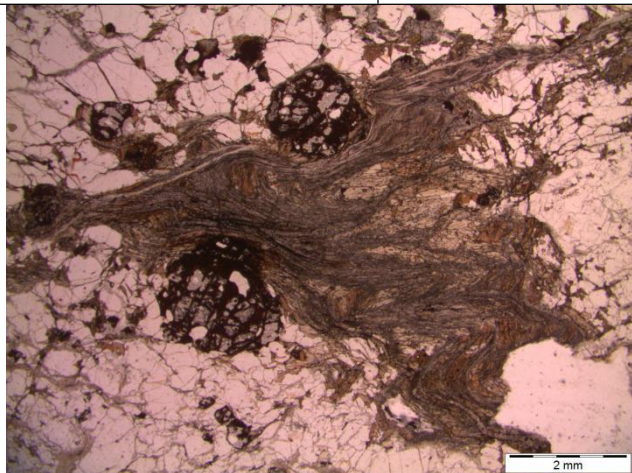
Unidade: Sequência Iguape	Compartimento tectônico: Domínio Iguape
Descrição microscópica: Estrutura xistosa, com foliação principal S fortemente marcada por biotita e sericita muito fina, intercalando com grãos de quartzo estirados na direção de S. Porfiroblastos de opacos encontram-se contornados pela foliação, apresentando sombra de pressão de biotita e quartzo. Matriz granolepidoblástica muito fina, com opacos porfiroblásticos contornados pela foliação principal. Granulação: matriz muito fina menor que 0,01 mm, porfiroblastos de 0,1 a 0,3 mm. Sericita muito fina, com hábito tabular, marca a foliação principal. Biotita tabular mais grossa que a sericita, ocorre como fishs nas sombras de pressão dos porfiroblastos. Quartzo ocorre como grãos estirados intercalados na foliação. Granulação fina, também ocorre nas sombras de pressão dos porfiroblastos. Porfiroblastos opacos apresentam hábito de prismas curtos/quadrados, com sombras de pressão de quartzo e biotita e contornados pela foliação. Podem ser de magnetita ou pirita. Prismas oblíquos à foliação. Também ocorre um veio de quartzo descontínuo e ondulado, cortando a foliação obliquamente.	
Composição mineralógica estimada: Minerais essenciais: Sereia (45%), Quarto (40%), Biotita (11%), porfiroblastos opacos (3%) Minerais acessórios: opacos finos (1%) Alteração: Óxidos de alteração, alto grau de alteração	
 A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-28, aumento de 5x	 A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-28, aumento de 5x
 B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, porfiroblásto com borde de pressão de Qtz e Bt. Aumento de 10x	 B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, porfiroblásto com borde de pressão de Qtz e Bt. Aumento de 10x
Nome da Rocha: Biotita-Sericita xisto fino	



Lâmina K-28 em tamanho real, fotos A e B indicadas

AMOSTRA K-39XZ(1)	
Unidade: Sequência Cachoeira	Compartimento tectônico: Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro
Descrição microscópica: Estrutura bandada, gnáissica, com forte segregação mineral entre as bandas. Alternância de bandas granoblásticas quartzosas e bandas lepidoblásticas de biotita e sericita/muscovita. A foliação principal está ondulada (S_1 ondulada por uma D_2), e ocorrem biotitas rotacionadas na foliação, formando mica <i>fishs</i> nos cristais maiores. Granulação: Qtz de 0,2-2,0 mm, mica menores que 0,4 mm, Grt de 0,1-0,8 mm e Sil com aproximadamente 0,1 mm de comprimento e menor que 0,2 de largura. Quartzo apresenta extinção zonada forte, estirado em lentes paralelas à S_1. Grãos finos envolvidos por alterações de sericita. Biotita marca a foliação principal com cristais bem desenvolvidos, principalmente nas bordas as granadas, com muscovita. Granadas possuem forma estirada na direção de S_1. Muscovida ocorre associada às bandas de biotita. Sericita ocorre como uma mica mais fina marcando a foliação nas bandas micáceas, e como alterações. Sillimanita acicular, ocorre entrelaçada com as biotitas nas bandas lepidoblásticas Composição mineralógica estimada: Minerais essenciais: Qtz (45%), Ser (25%), Bt (10%), Sil (10%), Ms (5%), Grt (3%) Minerais acessórios: Tur (<1%), Opaco (<1%) Alteração: Óxidos (2%) e sercitas de alteração. Alto grau de alteração	
 Lâmina K-39XZ(1) em tamanho real, fotos A e B indicadas	
 A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-39XZ(1), aumento de 1x	 A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-39XZ(1), aumento de 1x
 B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, Grt porfiroblástica em lente de quartzo sobre lente de Bt + Ser + Sil, aumento de 5x	 B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, Grt porfiroblástica em lente de quartzo sobre lente de Bt + Ser + Sil, aumento de 5x
Nome da Rocha: Sillimanita-Granada-Biotita Gnaiss milonítico	

AMOSTRA K-39XZ(2)	
Unidade: Sequência Cachoeira	Compartimento tectônico: Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro
Descrição microscópica: Estrutura bandada, gnáissica, com forte segregação mineral em bandas. Alternância de bandas quartzosas e bandas de biotita e sericita/muscovita. Ocorrem mica <i>fishs</i> nos cristais de biotita com frequência. Textura de intercalação de lentes granoblásticas e lentes lepidoblásticas. Granulação: Qtz de 0,2-2,0 mm, mica menores que 0,4 mm, Grt de 0,1-0,8 mm e Sil com aproximadamente 0,1 mm de comprimento e menor que 0,2 de largura. Quartzo apresenta extinção zonada forte, estirado em lentes paralelas à S₁. Biotita marca a foliação principal com cristais bem desenvolvidos, formando mica <i>fishs</i>. Granadas muito alteradas, predominam pseudomorfos oxidados. Muscovida ocorre associada às bandas de biotita. Sericita ocorre como uma mica mais fina marcando uma segunda banda micácea com sillimanita. Sillimanita acicular, ocorre associada a porções mais sericiticas.	
Composição mineralógica estimada: Minerais essenciais: Qtz (58%), Ser (20%), Bt (10%), Sil (5%), Ms (5%), Grt (2%) Minerais acessórios: Tur (<1%), Opaco (<1%) Alteração: Óxidos (2%) e sercitas de alteração. Alto grau de alteração	
 Lâmina K-39XZ(2) em tamanho real, fotos A e B indicadas	
 A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-39XZ(2), aumento de 1x	 A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-39XZ(2), aumento de 1x
 B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, lente de Bt sob uma lente de Ser + Sil aumento de 5x	 B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, lente de Bt sob uma lente de Ser + Sil aumento de 5x
Nome da Rocha: Sillimanita-Granada-Biotita Gnaiss milonítico	

AMOSTRA K-39YZ		
Unidade: Sequência Cachoeira		Compartimento tectônio: Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro
<u>Descrição microscópica:</u> Estrutura bandada, com alternância de bandas de quartzo e bandas de biotita e sericita/muscovita. As bandas encontram-se dobradas, com sobreposição de dobras formando estruturas em laço. No mínimo uma D ₂ . Textura lepdoblástica de bandas micáceas evidenciam melhor a dobra		 Lâmina K-39YZ em tamanho real, foto A indicada
<u>Composição mineralógica estimada:</u> Minerais essenciais: Qtz (54%), Ser (20%), Bt (10%), Sil (5%), Ms (5%), Grt (5%) Minerais acessórios: opacos (<1%) Alteração: Óxidos de alteração		
 A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-39YZ, aumento de 1x		 A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-39YZ, aumento de 1x
Nome da Rocha: Silimanita-Granada-Biotita Gnaiss milonítico		

AMOSTRA K-40XZ**Unidade:** Sequência Cachoeira**Compartimento tectônico:** Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro**Descrição microscópica:**

Bandamento gaissico, com alternância de bandas granobásticas de quartzo e bandas lepidoblásticas de sericita. Ambas as bandas são descontínuas e formam lentes sigoidais. Estruturas de cisalhamento observadas. Textura inequigranular nas porções granobásticas.

Granulação: quartzo de 0,05-1,5 mm, sericita menor que 0,05 mm, muscovita e clorita 0,1-0,3 mm

Quartzo anédrico com forte variação granulométrica, extinção ondulante forte, textura de bulging a rotação de subgrão, tem inclusões de sericita.

K-Feldspato porfiroclástico, com perita, associados às bandas de quartzo

Sericita marca a foliação micácea, intercalada às bandas de quartzo. Formam estruturas SC nas lentes. Muscovita ocorre como porções mais grossas dessas lentes, formando fishs na foliação SC.

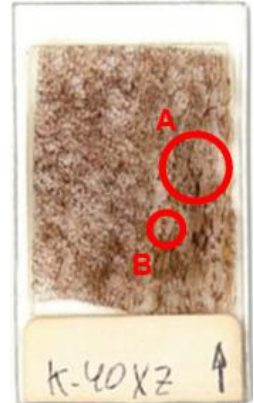
Clorita pouco pleocrômica, ocorre truncada à foliação de sericita, com orientação oblíqua, e também em porções concordantes com a foliação. Pode representar biotita cloritizada pelo cisalhamento.

Composição mineralógica estimada:

Minerais essenciais: Quartzo (65%), Sericita (25%), K-Feldspato (3%), Clorita (3%), Muscovita (3%)

Minerais acessórios: Opacos (1%), Turmalina (<1%)

Alteração: Óxidos de alteração nas bandas da foliação, alto grau de alteração



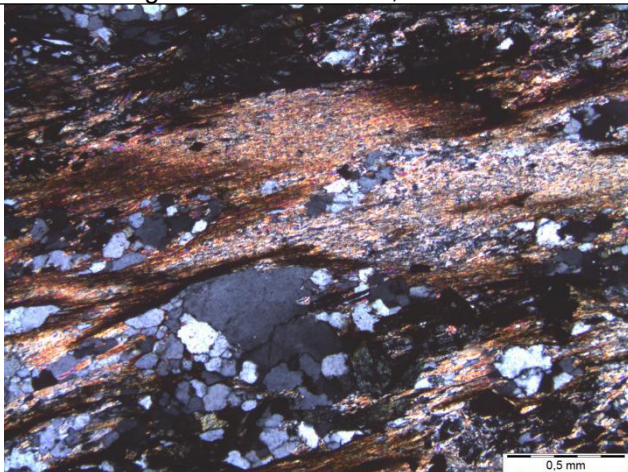
Lâmina K-40XZ em tamanho real, fotos A e B indicadas



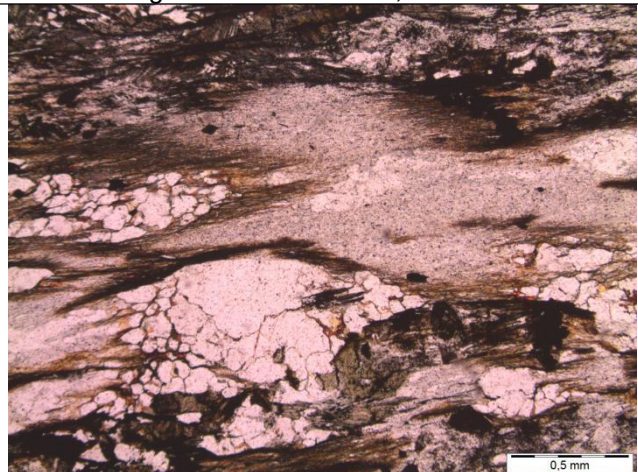
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-40, aumento de 1x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-40, aumento de 1x



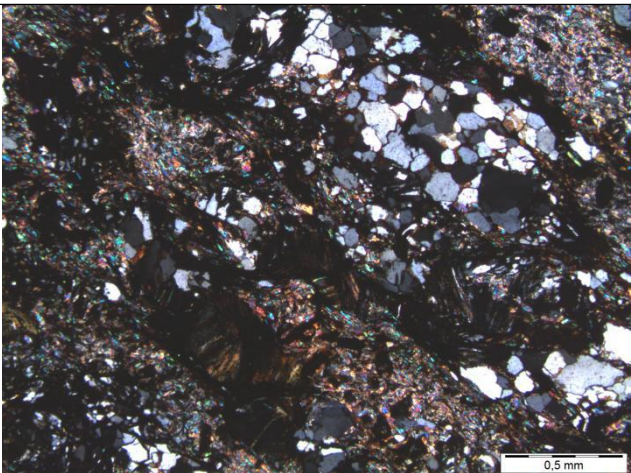
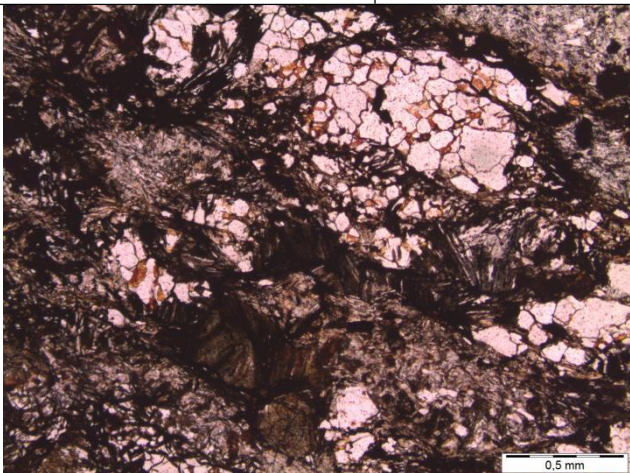
B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de lentes de quartzo e foliação sericítica, aumento de 5x



B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de lentes de quartzo e foliação sericítica, aumento de 5x

Nome da Rocha: Ser-Gnaiss milonítico alterado

AMOSTRA K-40YZ

Unidade: Sequência Cachoeira	Compartimento tectônico: Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro
<u>Descrição microscópica:</u> Bandamento gaissico, com alternância de banda granoblásticas de quartzo e bandas lepidoblásticas de serecita. Ambas as bandas são descontínuas e formam lentes sigmoidais. Estruturas de cisalhamento observadas. Textura inequigranular nas porções granoblásticas. Presença de lentes espessas de quartzo inequigranular. Granulação: quartzo de 0,05-1,5 mm, serecita menor que 0,05 mm, muscovita e clorita 0,1-0,3 mm	
<u>Composição mineralógica estimada:</u> Minerais essenciais: Quartzo (65%), Serecita (25%), K-Feldspato (3%), Clorita (3%), Muscovita (3%) Minerais acessórios: Opacos (1%), Turmalina (<1%) Alteração: Óxidos de alteração nas bandas da foliação, alto grau de alteração	
Lâmina K-40YZ em tamanho real, foto A indicada	
	
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-40YZ, aumento de 5x	A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-40YZ, aumento de 5x
Nome da Rocha: Ser-Gnaiss milonítico alterado	

AMOSTRA K-42

Unidade: Sequência Cachoeira

Compartimento tectônico: Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro

Descrição microscópica:

Apresenta textura de quartzo recristalizado com migração de borda de grão, contatos lobados entre os grãos. Não é possível diferenciar lentes ou bandas.

Grãos de quartzo são irregulares, mas apresentam entre 1 e 4 mm de diâmetro máximo.

Quartzo com extinção zonada forte, com malha xadrez. À primeira vista não possuem orientação, mas as direções de maior elongação coincidem em toda a lâmina, o que mostra que há uma orientação de eixos cristalográficos. Textura de migração de borda de grão, com contatos interlobados entre os grãos.

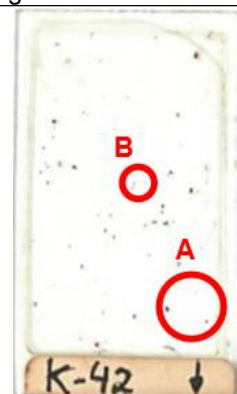
Granada arredondada, inclusa nos grãos de quartzo. Muscovita acessório restrita a uma porção da lâmina.

Composição mineralógica estimada:

Minerais essenciais: Quartzo (96%) , Granada (3%)

Minerais acessórios: Muscovita (1%)

Alteração: Óxidos de alteração das granadas e argilominerais de alteração associados à muscovita, pouca alteração



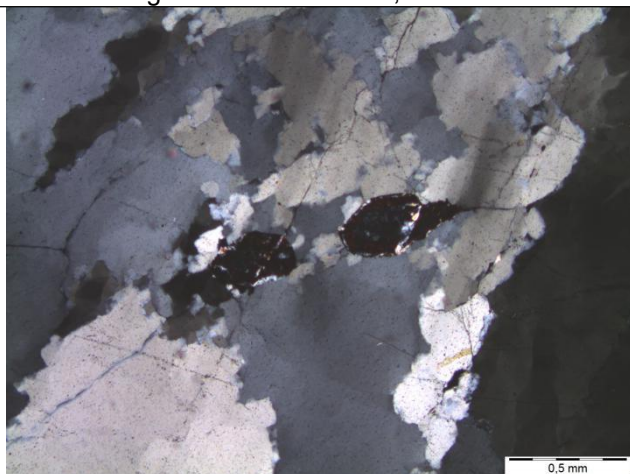
Lâmina K-42 em tamanho real, fotos A e B indicadas



A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-42, aumento de 1x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-42, aumento de 1x



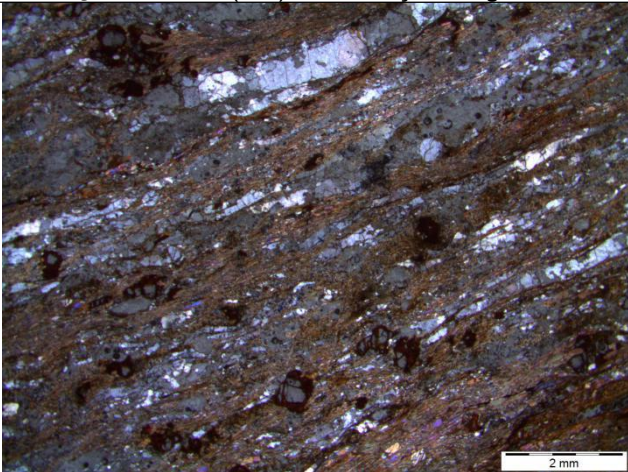
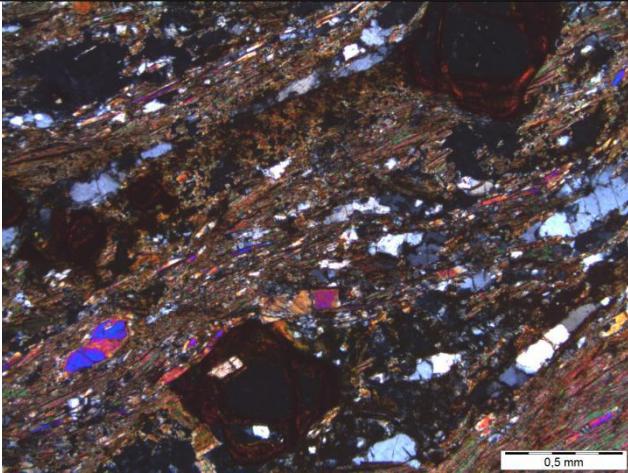
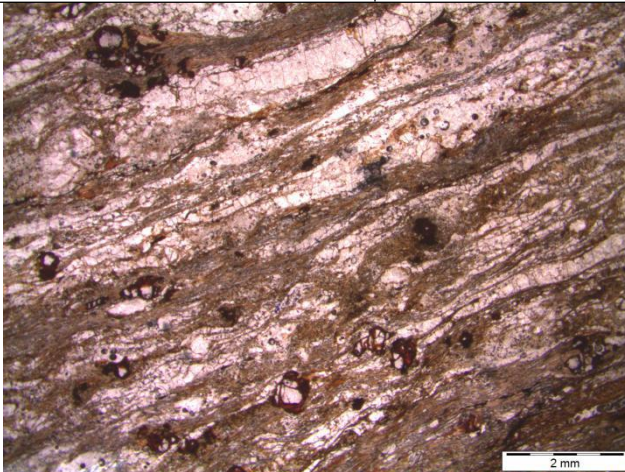
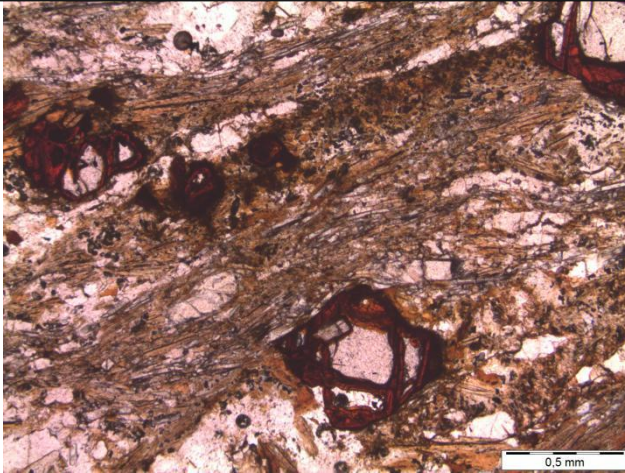
B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de migração de borda de grão em quartzo, aumento de 5x

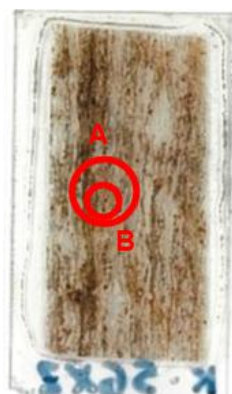


B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, granadas inclusas em quartzo, aumento de 5x

Nome da Rocha: Granada-quartzito

AMOSTRA K-56

Unidade: Sequência Cachoeira	Compartimento tectônico: Zona de Cisalhamento Itariri
Descrição microscópica: Rocha com bandamento gnaissico, apresenta alternância de lentes granoblásticas de 0,5 a 1,0 mm de espessura com lentes nemato-lepidoblásticas, marcadas por biotita e silimanita entre 1 e 3 mm de espessura. Bandamento encontra-se cisalhado, apresentando ribbons de quartzo na porção granoblástica, além de algumas lentes sigmoidais. Na porção nemato-lepidoblástica, biotita e silimanita marcam estruturas SC na foliação. Ocorrem granada porfiroblásticas associadas às lentes de biotita. Granulação: Granadas de 0,2 a 1,0 mm, quartzo de 0,01 a 0,4 mm, biotita de 0,05 a 0,5 mm, silimanita de 0,1 a 0,8 mm. Quartzo tem contatos lobados entre os grãos, apresenta extinção ondulante, possível migração de borda de grão. Granada apresentam alteração de óxidos nas bordas, circundadas por biotitas. Possuem inclusões de quartzo. Silimanita prismáticos, alongados segundo à direção de S1, ocorrem associados às bandas de biotita e granada. Biotita marca a foliação principal, e contornam cristais de granada. Marcam algumas poucas estruturas SC e fish de mica. Composição mineralógica estimada: Minerais essenciais: Quartzo (40%), Biotita (31%), Sillimanita (20%), Granada (7%) Minerais acessórios: Opaco (1%) Alteração: Óxidos (1%) de alteração de granada	
 A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-56, aumento de 1x	
 B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de Grt, Bt e Sil, aumento de 5x	
 A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-56, aumento de 1x	
 B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de Grt, Bt e Sil, aumento de 5x	
Nome da Rocha: Granada-Sillimanita-Biotita paragneisse milonítico	



Lâmina K-56 em tamanho real, fotos A e B indicadas

AMOSTRA K-57**Unidade:** Sequência Cachoeira**Compartimento tectônico:** Zona de Cisalhamento Itariri**Descrição microscópica:**

Gnaiss milonítico porfiroclástico, com matriz lepidó-granoblástica fina composta por quartzo, biotita e sericita. Textura porfiroclástica de feldspatos e porfiroblástica de granada. Milonito de granito.

Granulação: Porfiroclastos de feldspato de 1 mm a 10 mm, matriz menor que 0,1 mm

Quartzo ocorre em porções muito finas na matriz e como grãos mais grossos nas sombras de pressão dos porfiroblastos. Ocorrem ribbons.

Microclínio e plagioclásios em porfiroclastos sigmoidais predominantemente simétricos. Biotita marca a foliação da matriz, intersticial aos porfiroclastos, associada à sericita muito fina da matriz.

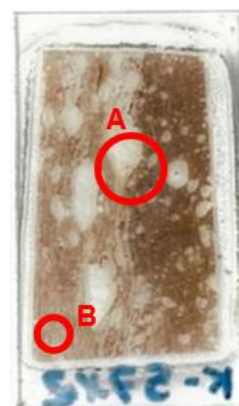
Granada porfiroblástica com a mesma dimensão dos feldspatos, rotacionada, algumas estiradas na direção da foliação milonítica.

Composição mineralógica estimada:

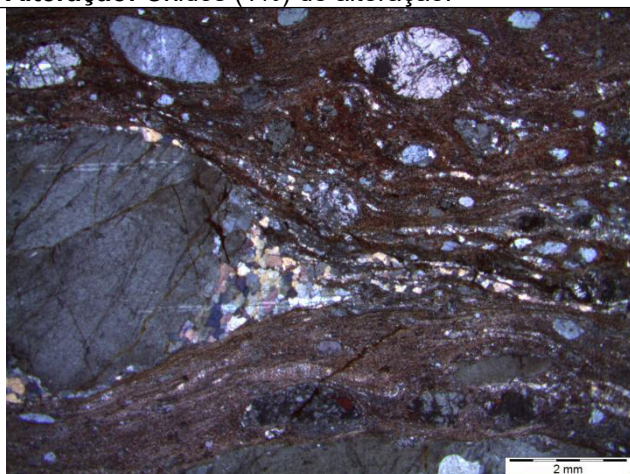
Minerais essenciais: Quartzo (30%), Biotita (20%), Sericita (15%), K-Feldspato (15%) Plagioclásio (10%), Granada (8%)

Minerais acessórios: Anfibólio (1%)

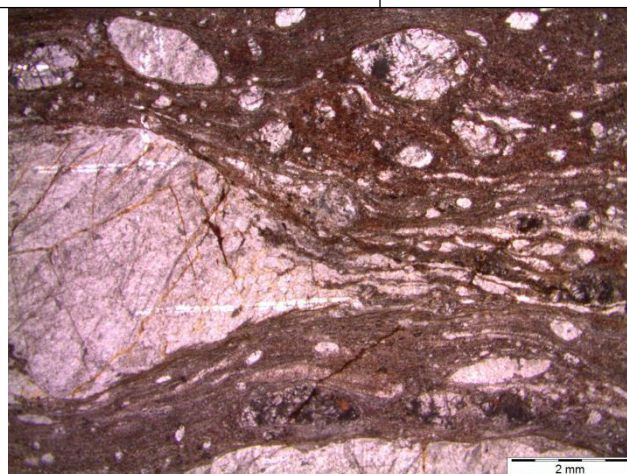
Alteração: Óxidos (1%) de alteração.



Lâmina K-57 em tamanho real, fotos A e B indicadas



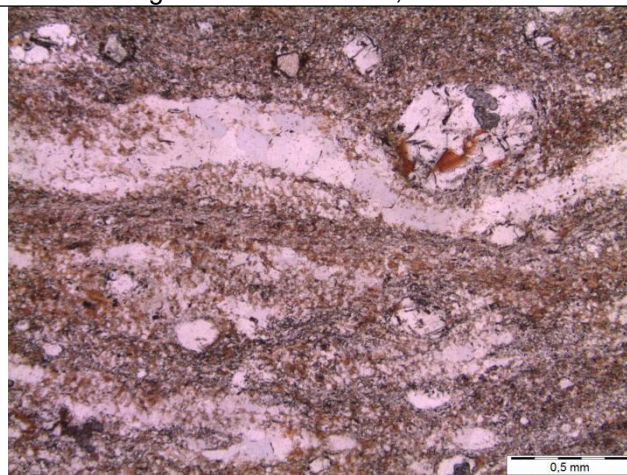
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-57, aumento de 1x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-57, aumento de 1x



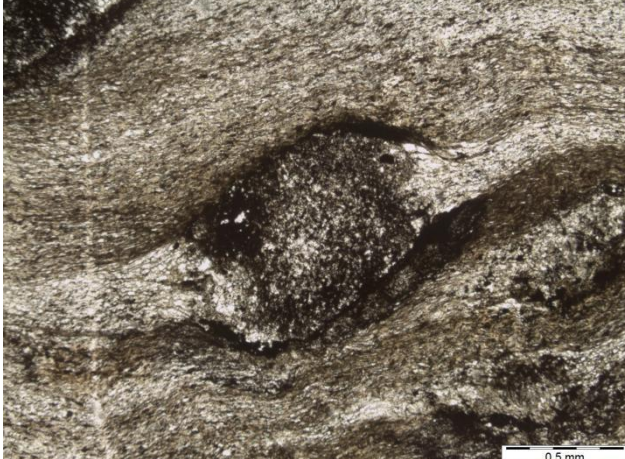
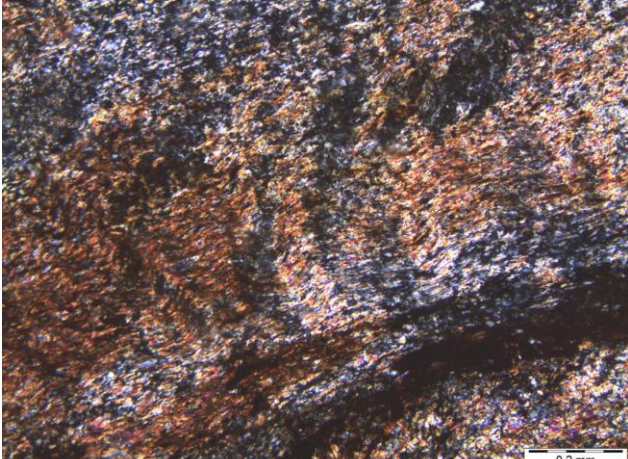
B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura da foliação milonítica, aumento de 5x

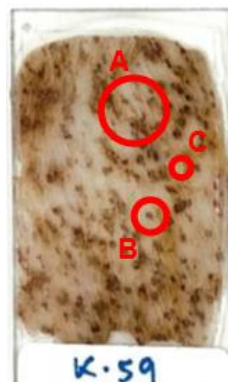


B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura da foliação milonítica, aumento de 5x

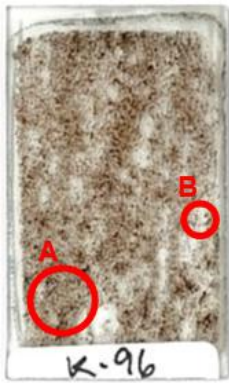
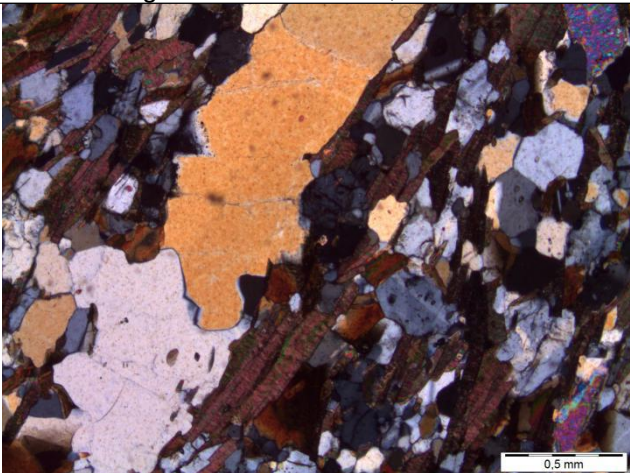
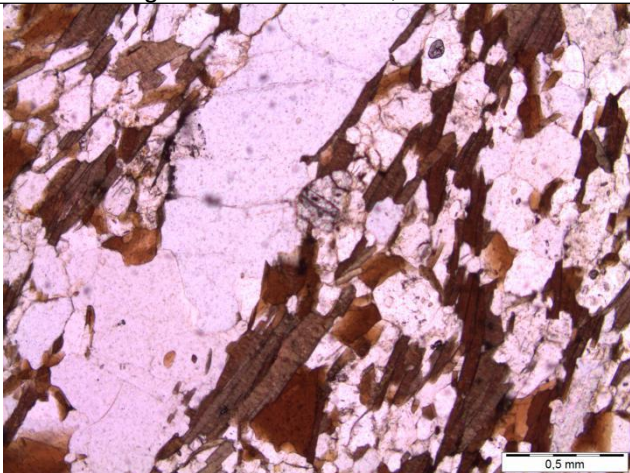
Nome da Rocha: Granada-Biotita monzogranito milonítico

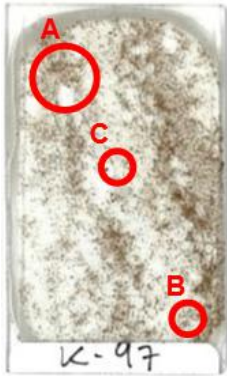
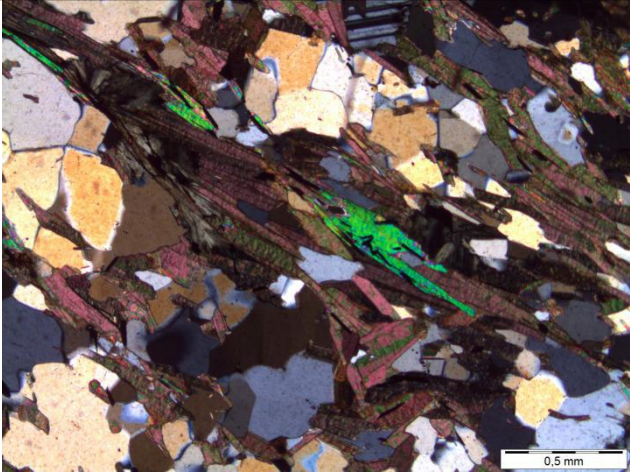
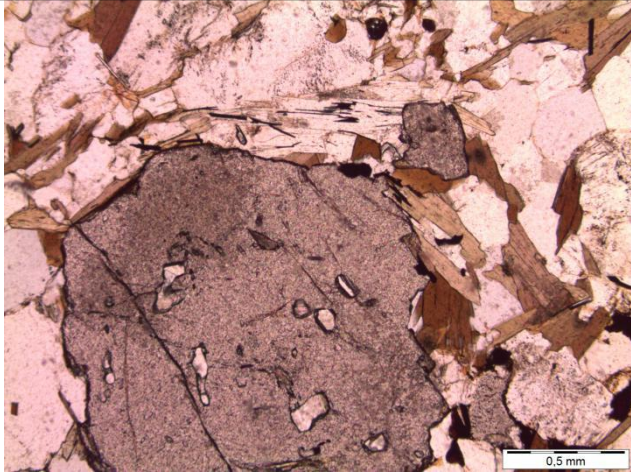
AMOSTRA K-59

Unidade: Sequência Iguape	Compartimento tectônico: Domínio Iguape
Descrição microscópica: Xistosidade muito fina, apresenta uma foliação S_1 crenulada por uma S_2 perpendicular. Apresenta pseudomórfos totalmente substituídos, rotacionados, com sombra de pressão sin-S_1. Textura da matriz lepidoblástica muito fina, envolvendo possíveis porfiroblastos alterados. Granulação: matriz < 0,01 mm, pseudomórfos de 0,5 mm a 1,5 mm de diâmetro. Sericita é o mineral tabular muito fino que marca a a foliação principal S_1 e a crenulação S_2. Quartzo muito fino, arredondado, ocorre intercalado à foliação de sericita e substituindo o mineral original nos pseudomórfos. Concentra-se também nas sombras de pressão dos pseudomórfos. Microclínio ocorre associado ao quartzo, intercalados na foliação principal, na forma de grãos mais grossos, e nas sombras de pressão dos pseudomórfos. Hábito arredondado a levemente estirado. Como acessórios, ocorrem opacos tabulares intercalados à foliação, e como alteração no núcleo e bordas dos pseudomórfos.	
Composição mineralógica estimada: Minerais essenciais: Sericita (75%), Quartzo (10%), K-Feldspato (5%) Minerais acessórios: Opacos (2%) Alteração: Óxidos (7%), Argilominerais e Epidoto (1%), alto grau de alteração	
	
A - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-59, aumento de 1x	B - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura de pseudomorfo da K-59, aumento de 5x
	
C1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de foliação crenulada, aumento de 10x	C2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de foliação crenulada, aumento de 10x
Nome da Rocha: Sericita xisto fino	



Lâmina K-59 em tamanho real, fotos A, B e C indicadas

AMOSTRA K-96	
Unidade: Sequência Cachoeira	Compartimento tectônico: Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro
Descrição microscópica: Rocha com bandamento gnaissico, alternância entre bandas granoblásticas de quartzo, plagioclásio e microclínio e bandas lepidoblásticas de biotita e muscovita. Ocorre textura porfiroclástica de feldspato potássico e ribbons de quartzo. Foliação principal S₁ marcada por biotita e muscovita, crenulada por uma S₂ marcada nas charneiras de dobras fechadas de muscovita e biotita. Granulação: micas de 0,1 a 0,8 mm, quartzo de 0,1 a 1,1 mm, plagioclásio de 0,2 a 0,5 mm e feldspato alcalino porfiroclástico de 0,6 a 3,0 mm. Quartzo com contatos poligonais entre os grãos, extinção ondulantes. Formam ribbons descontínuos estirados na direção de S₁ e ondulados pela S₂. Possível recristalização do tipo GBAR. K-Feldspato ocorre como porfiroclastos rotacionados contornados pela S₁ marcada por biotita (sin-tectônico). Apresentam inclusões de biotita, muscovita e quartzo e formam pertita. Plagioclásio subédricos médios, ocorrem próximos aos porfiroclastos de feldspato alcalino ou cercados por biotita. Biotita tabular euédrica, marca a foliação S₁ e a S₂. Em inclusões ocorre oblíqua à S₁. Contatos truncados entre os grãos. Muscovitas ocorrem associados às biotitas concordantes com as foliações S₁ e S₂. Composição mineralógica estimada: Minerais essenciais: Quartzo (57%), Biotita (20%), K-Feldspato (15%), Plagioclásio (5%), Muscovita (3%) Minerais acessórios: Zircão (< 1%), Monazita (< 1%) e Apatita (< 1%). Alteração: pouca alteração	
 Lâmina K-96 em tamanho real, fotos A e B indicadas	
 A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-96, aumento de 1x	 A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-96, aumento de 1x
 B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, ribbon de quartzo, aumento de 5x	 B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, ribbon de quartzo, aumento de 5x
Nome da Rocha: Biotita Gnaiss milonítico	

AMOSTRA K-97	
Unidade: Sequência Cachoeira	Compartimento tectônico: Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro
Descrição microscópica: Rocha com bandamento gnaissico. Bandas lepidoblásticas de biotita marcam uma foliação principal e um truncamento oblíquo. Ocorrem intercaladas com bandas granoblásticas quartzo-feldspáticas, com feldspato alcalino porfiroclástico estirado paralelamente à foliação de truncamento de biotitas. Granulação: Quartzo e feldspato de 0,1 a 0,9 mm, porfiroclastos de 1,5 a 3 mm. Micas menores que 0,1 mm de espessura e até 0,7 mm de comprimento. Quartzo com forte extinção ondulante e contatos polygonizados, possível textura de recristalização GBAR. K-Feldspatos porfiroclásticos, geminados, com pertita. Possuem inclusões de biotita e muscovita oblíquas à S₁. Plagioclásios serecitizados, com inclusões de biotita. Apresentam geminação lei da albita. Biotita marca a foliação principal. Ocorrem circundando as bordas das granadas e também como inclusões nas granadas (sin-tectônicas). Muscovita concordante com a foliação de biotita. Também ocorrem nos interstícios entre os plagioclásios. Granada engloba cristais de quartzo, muscovita e biotita. Alongados na direção de S₁, com biotita nas bordas. Clorita ocorre associado as bandas de biotita. Concentram-se nas bordas de biotita, possivelmente produto de reação retrometamófica.	
Composição mineralógica estimada: Minerais essenciais: Quartzo (50%), K-Feldspato (20%), Plagioclásio (15%), Biotita (5%), Muscovita (3%), Granada (2%). Minerais acessórios: Opaco (2%), Clorita (2%), Zircão (< 1%) e Monazita (< 1%) Alteração: pouca alteração	
 Lâmina K-97 em tamanho real, fotos A, B e C indicadas	
 A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-97, aumento de 1x	 A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-97, aumento de 1x
 B - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, biotita e clorita em lentes micáceas, aumento de 5x	 C - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de granada, aumento de 5x
Nome da Rocha: Granada-Biotita Gnaisse milonítico	

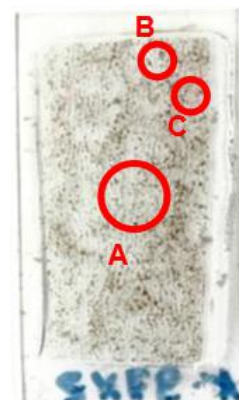
AMOSTRA K-97XZ**Unidade:** Sequência Cachoeira**Compartimento tectônico:** Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro**Descrição microscópica:**

Rocha com bandamento gnaissico, bandas fortemente intercaladas. Bandas quartzosas e ribbons intercalados com bandas micáceas.
Granulação: Quartzo e feldspato de 0,1 a 0,9 mm, porfiroclastos de 1,5 a 3 mm. Micas menores que 0,1 mm de espessura e até 0,7 mm de comprimento.
Quartzo anédrico, alguma extinção ondulante e contatos poligonizados, em algumas partes lobados, possível textura de recristalização BGM/GBAR. Plagioclásios serecitizados, com inclusões de biotita e muscovita.
Biotita e muscovita marcam a foliação principal. Formam lentes descontínuas intercaladas à foliação de quartzo. Ocorrem algumas seções basais de biotita.
Granada possui inclusões de quartzo, alongadas na direção de S_1 , com biotita e muscovita nas bordas.
Feldspato Alcalino com pertita. Possuem inclusões de biotita e muscovita oblíquas à S_1 .
Clorita ocorre associado as bandas de biotita, possivelmente produto de reação retrometamófica.

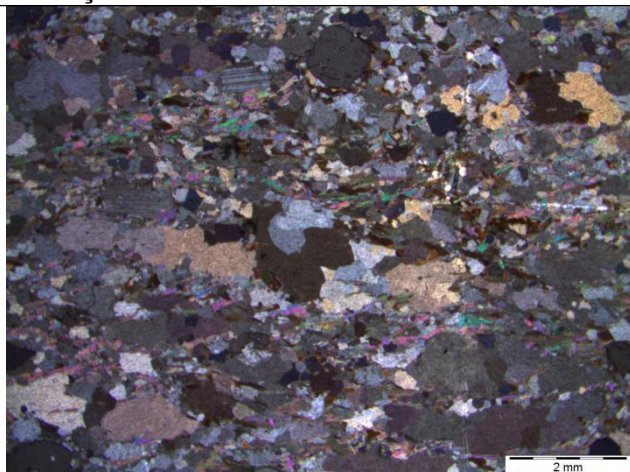
Composição mineralógica estimada:

Minerais essenciais: Quartzo (60%), Plagioclásio (10%), Biotita (10%), Muscovita (15%), Granada (3%), K-Feldspato (2%).

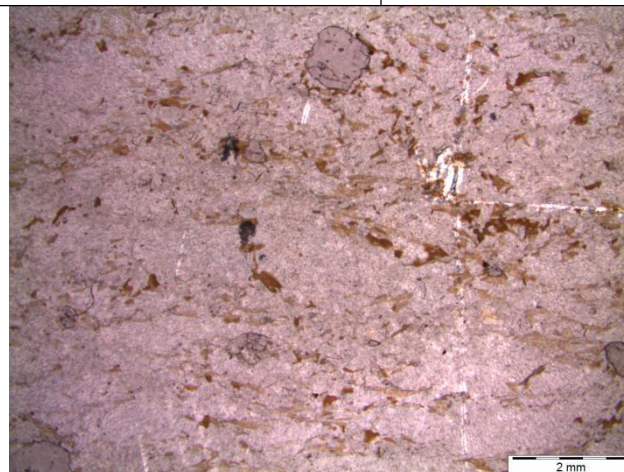
Minerais acessórios: Opaco (< 1%), Clorita (< 1%), Zircão (< 1%) e Monazita (< 1%)

Alteração:

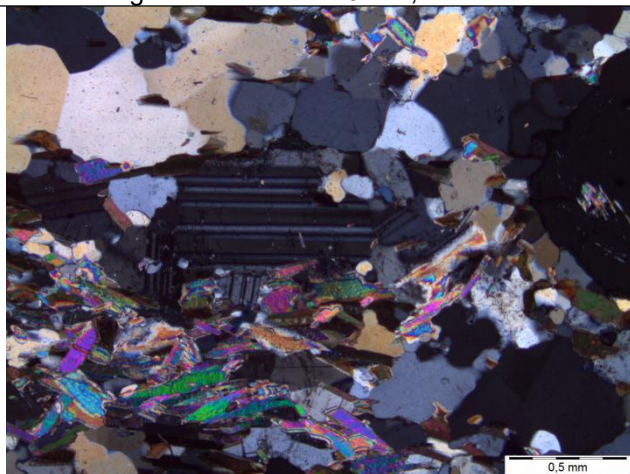
Lâmina K-97XZ em tamanho real, fotos A e B indicadas



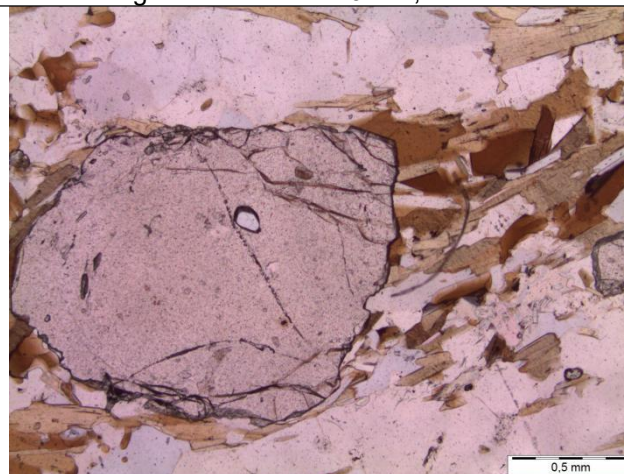
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-97XZ, aumento de 1x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-97XZ, aumento de 1x

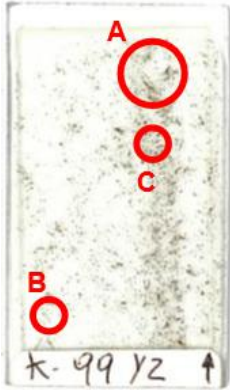
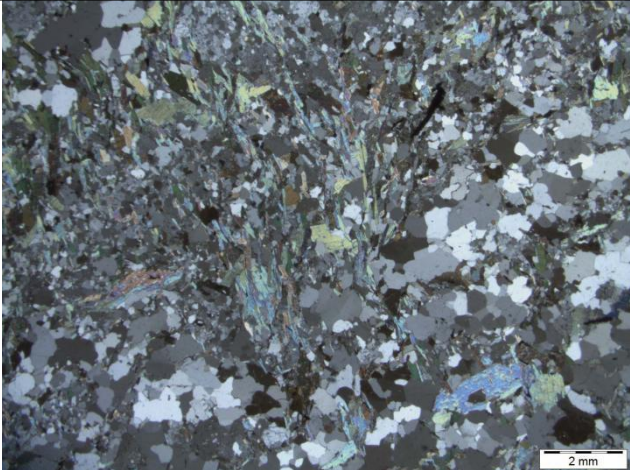
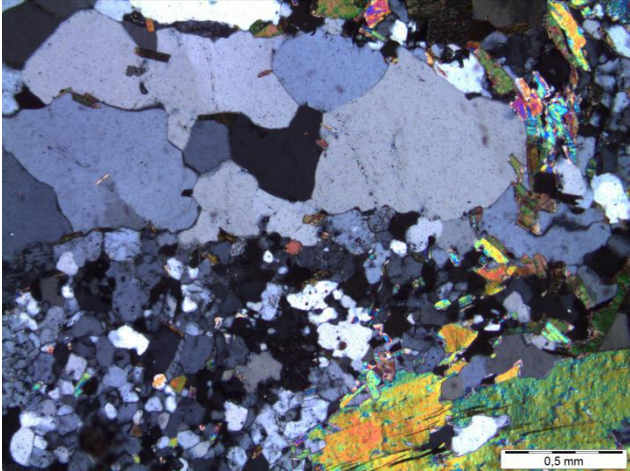


B - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, ribbon na parte superior e fishs de biotita na parte inferior, aumento de 5x



C - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, Granada como sombra de biotita e muscoviita, aumento de 5x

Nome da Rocha: Granada-Biotita Gnaiss milonítico

AMOSTRA K-99YZ	
Unidade: Sequência Cachoeira	Compartimento tectônico: Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro
<u>Descrição microscópica:</u> Estrutura bandada, marcada principalmente pela diferença de granulometria entre lentes de quartzo (mais finas intercaladas com lentes grossas), apresentando uma textura granoblástica bimodal. Porções lepidoblásticas de muscovita e biotita, intercaladas às de quartzo, também parecem marcar uma foliação dobrada. Granulação: muscovita e biotita de 0,1 a 1,0 mm, quartzo de 0,05 a 1,7 mm e feldspato de 0,1 a 1,2 mm. Quartzo com contatos poligonais e algumas porções lobadas. Alguns grãos com extinção zonada forte. Transição GBM/GBAR. Plagioclásio ocorre associado ao quartzo principalmente nas bandas mais finas. Apresenta inclusões de quartzo, muscovita e biotita, e hábito arredondado. Muscovitas marcam principalmente uma foliação perpendicular à de quartzo, porém dobrada, além de porções difusas sem foliação. Biotitas associados às moscovitas, ocorrem muitas porções basais de cristais.	
<u>Composição mineralógica estimada:</u> Minerais essenciais: Quartzo (72%), Plagioclásio (10%), Muscovita (10%), Biotita (7%) Minerais acessórios: Monazita (<1%), Zircão (<1%), Turmalina (<1%), Opaco (<1%) e Clorita (<1%) Alteração: baixo grau de alteração	
 Lâmina K-99YZ em tamanho real, fotos A, B e C indicadas	
 A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-99YZ, aumento de 1x	 A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-99YZ, aumento de 1x
 B - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura bimodal de quartzo, aumento de 5x	 C - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de truncamento de Ms e Bt, aumento de 5x
Nome da Rocha: Biotita gnaiss	

AMOSTRA K-127(1)

Unidade: Sequência Cachoeira

Compartimento tectônico: Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro

Descrição microscópica:

Rocha apresenta bandamento gnáissico. Alternância de lentes granoblásticas quartzo-feldspáticas mais grossas (0,7-2,0 mm), entre 1-5 mm de espessura, e lentes granoblásticas de granulação média (0,3-0,7 mm) com 1-2 mm de espessura. Ocorrem intercalações de lentes lepidoblásticas de menor expressão com Bt e Ms de 0,1 a 1,0 mm.

Quartzo anédrico, grãos grossos com extinção zonada forte, bulgings nas bordas. Grãos muito grossos na banda félsica e médios nas porções intercaladas com biotita. Feldspato potássico grãos poligonais com geminação carlsbad e em grade, alguns com inclusões de biotita e quartzo, salsuritizados, com pertita.

Biotita tabular, marca a foliação principal. Ocorrem ao redor das granadas, como bordas de reação. Apresentam inclusões de opacos. Muscovita ocorre em associação com biotita.

Granada grãos fragmentados e estirados paralelos à S_1 , fortemente alterada para biotita nas bordas e nos núcleos dos grãos.

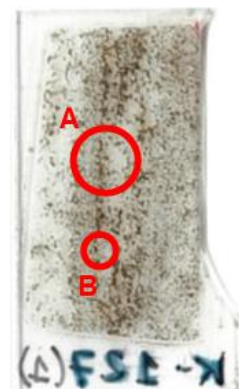
Clorita ocorre como bordas retrometamórficas de biotita

5 Composição mineralógica estimada:

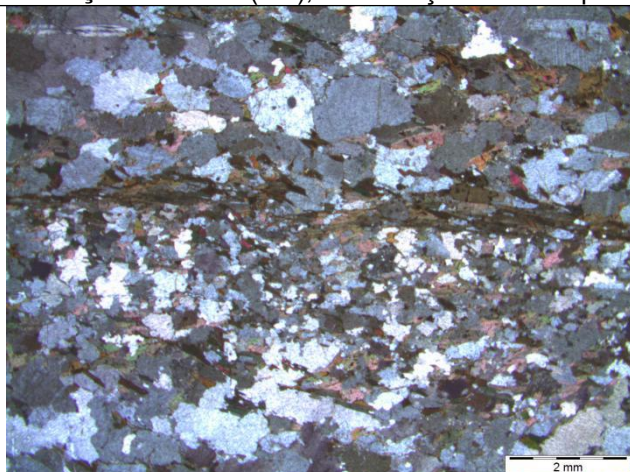
Minerais92 essenciais: Quartzo (50%), Plagioclásio (20%), K-Feldspato (10%), Biotita (10%), Muscovita (3%) Granada (2%), Clorita (2%)

Minerais acessórios: Opaco (<1%), Zrcão (<1%)

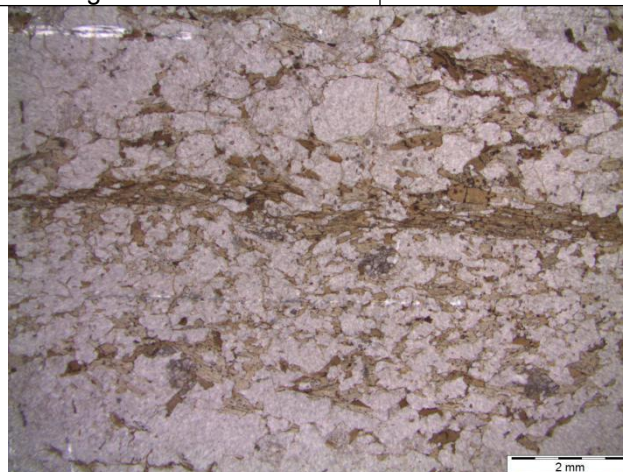
Alteração: Serecita (3%), de alteração nos feldspatos. Médio grau



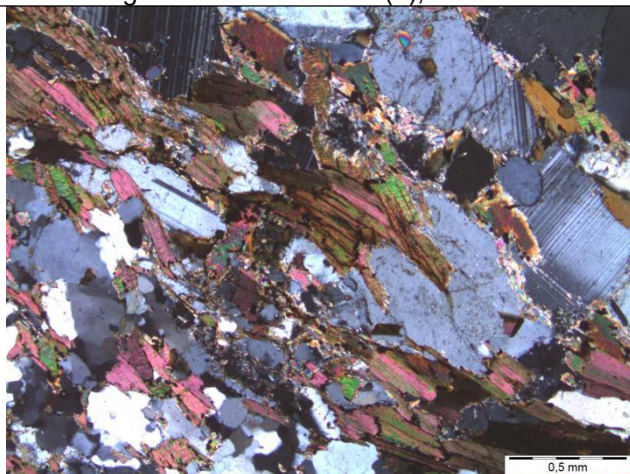
Lâmina K-127(1) em tamanho real, fotos A e B indicadas



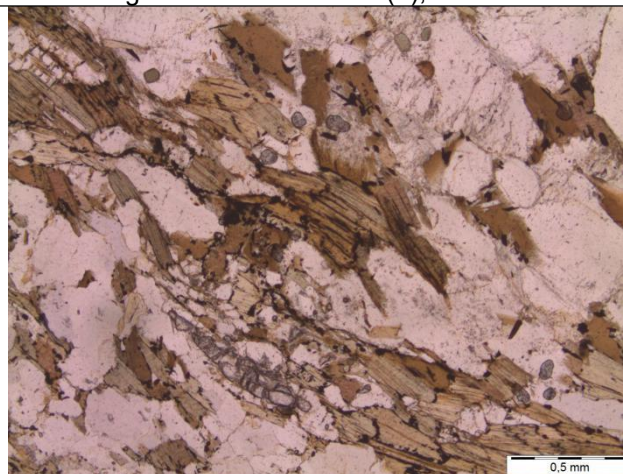
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-127(1), aumento de 1x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-127(1), aumento de 1x

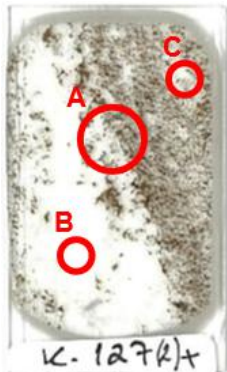
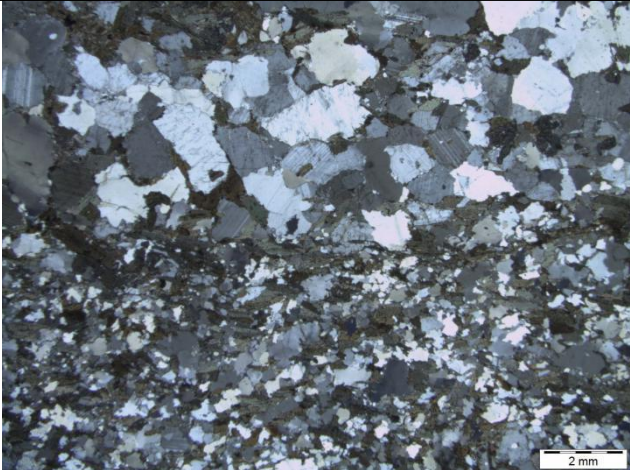
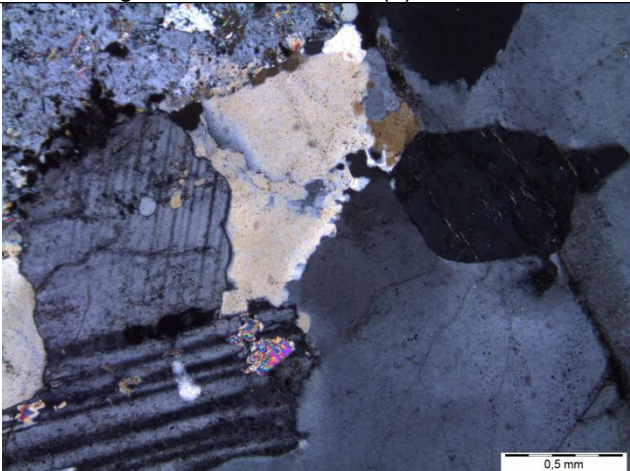
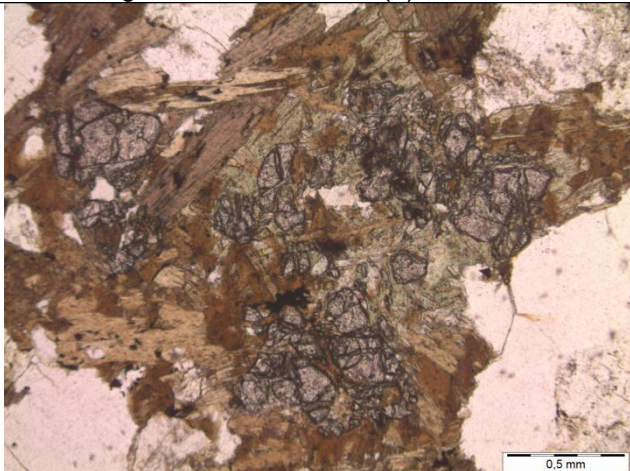


B - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de Grt, Bt, Qtz e Kfs, aumento de 5x



B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de Grt, Bt, Qtz e Kfs, aumento de 5x

Nome da Rocha: Granada-Biotita Gnaiss milonítico

AMOSTRA K-127(2)	
Unidade: Sequência Cachoeira	Compartimento tectônico: Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro
Descrição microscópica: Rocha apresenta bandamento gnáissico. Há uma banda com 1 cm de espessura de quartzo e feldspato, com textura granoblástica grossa em um dos cantos da lâmina, com quartzo grosso de até 8 mm e feldspato com até 3 mm. Abaixo dela, ocorre uma porção granolepidoblástica com intercalação entre lentes de biotita, variando de 0,1 a 0,7 mm, e lentes quartzo-feldspáticas de granulação média, com quartzo de 0,6 mm e feldspato de 0,3 mm. Quartzo com extinção zonada forte, bulgings nas bordas. Grãos muito grossos na banda félsica e médios nas porções intercaladas com biotita. Feldspato potássico em grãos poligonais com geminação carlsbad e em grade, alguns com inclusões de biotita e quartzo, salsuritizados, com pertita. Biotita marca a foliação principal. Ocorrem ao redor das granadas, como bordas de reação. Apresentam inclusões de opacos. Alguns contatos truncados entre grãos de biotita. Também ocorrem intersticiais e como inclusões em quartzo e feldspato. Granadas fragmentadas e estiradas paralelos à S₁, majoritariamente envolvidos por biotita, algumas com clorita nas bordas. Clorita ocorre restrita às bordas de biotita e granada, como um mineral de reação retrometamórfica.	
5 Composição mineralógica estimada: Minerais92 essenciais: Quartzo (50%), K-Feldspato (20%), Biotita (15%), Plagioclásio (8%), Granada (2%), Clorita (2%) Minerais acessórios: Opaco (<1%), Zrcão (<1%) Alteração: Serecita (3%), de alteração nos feldspatos. Médio grau.	
 Lâmina K-127(2) em tamanho real, fotos A e B indicadas	
 A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-127(2), aumento de 1x	 A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-127(2), aumento de 1x
 B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura bandas quartzo feldspáticas grossas, aumento de 5x	 C - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de Grt com cordas de Bt e Chl, aumento de 5x
Nome da Rocha: Granada-Biotita Gnaiss milonítico	

AMOSTRA K-133**Unidade:** Sequência Cachoeira**Compartimento tectônico:** Zona de Cisalhamento Serrinha, limite D. Iguape/ D. Registro**Descrição microscópica:**

Rocha com estrutura gnaissica, apresenta porções granoblásticas quartzo feldspáticas intercaladas com porções grano-lepidoblásticas formadas por biotita, clorita, granada e cordierita. Textura média. O corte da lâmina não favorece a observação de estruturas.

Granulação varia de 0,4 até 2,5 mm

Plagioclásio apresentam geminação da lei da albita, alguns grãos serecitizados.

Microclínio com geminação em grade. Quartzo apresenta forte extinção ondulante, alguns grãos com extinção ondulante em xadrez.

Cordierita apresenta padrão de geminação que lembra o dos plagioclásios, possui inclusões de biotita, geralmente apresenta biotitas concentradas nas bordas e fortemente serecitizados. Biotita concentra-se envolta das granadas e cordieritas. Frequentemente ocorre clorita de reação retrometamórfica nas bordas das biotitas.

Granadas arredondadas, apresentam inclusões de quartzo e biotita. Ocorrem associadas às porções com maior concentração de biotita, por vezes englobando os grãos de granada com sucessivas bordas de reação de biotita e clorita.

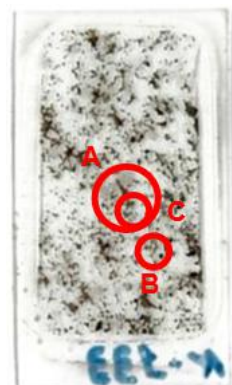
Como acessórios ocorrem opacos inclusos nas biotitas e zircão com halos pleocróicos quando incluso em biotita ou cordierita.

Composição mineralógica estimada:

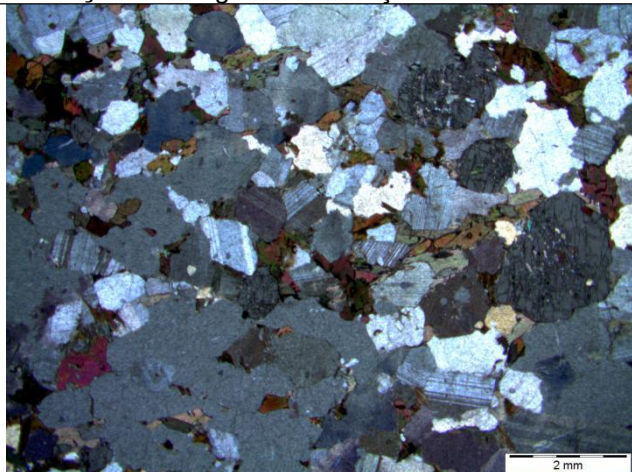
Minerais essenciais: Quartzo (50%), Plagioclásio (20%), Biotita (10%), K-Feldspato (5%), Cordierita (5%), Granada (5%)

Minerais acessórios: Colorita (3%), Opaco (2%), Zircão (<1%)

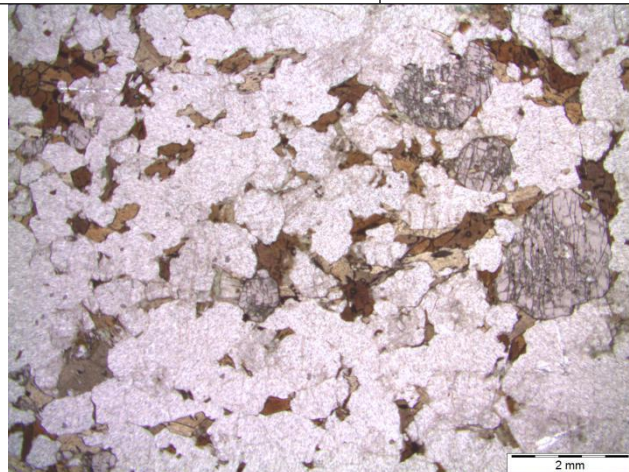
Alteração: baixo grau de alteração



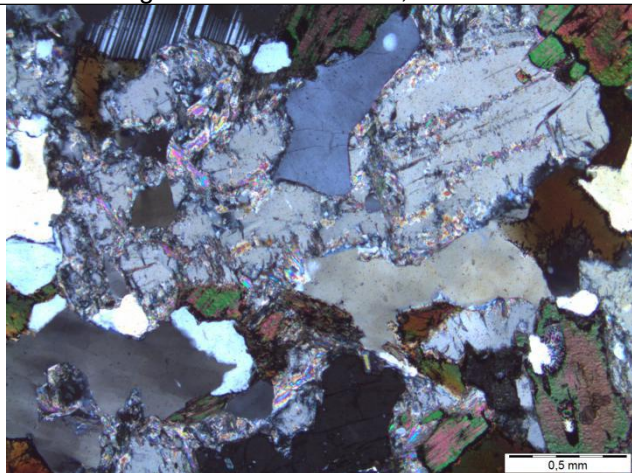
Lâmina K-133 em tamanho real, fotos A, B e C indicadas



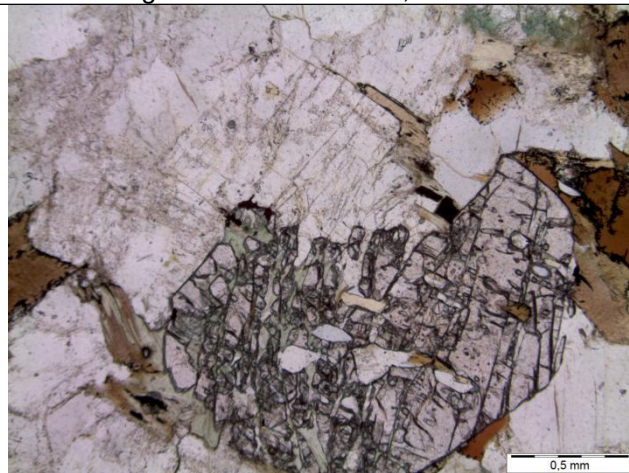
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-133, aumento de 5x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-133, aumento de 5x

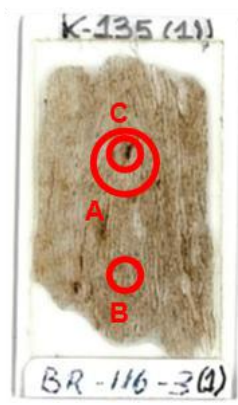
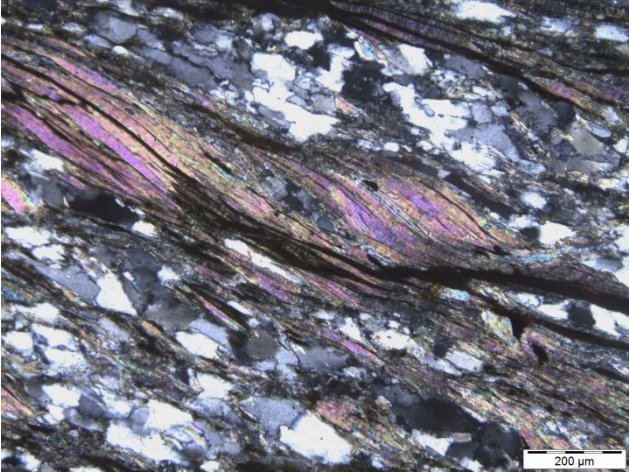


B - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de cordierita, aumento de 5x



C - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de granada, aumento de 5x

Nome da Rocha: Cordierita-Granada-Biotita Gnaisse

AMOSTRA K-135(1)	
Unidade: Sequência Cachoeira	Compartimento tectônico: Domínio Registro
Descrição microscópica: Microestruturas de bandamento fino, alternância de bandas de quartzo fino com bandas de Bt e Ms. Estrutura xistosa. Foliação contorna porfiroblastos de granada. Possui dicadores cinemáticos de cisalhamento nas micas, como estruturas SC. Textura lepidoblástica nas bandas de muscovita e granoblástica nas de quartzo, com porfiroblastos de granada alterados. Granulação: porfiroblastos de granada de 1,5 mm de diâmetro. Micas alongadas com até 0,1 mm de espessura. Quartzo fino entre < 0,01 e 0,08 mm. Quartzo com forte recristalização dentro das bandas, contatos lobados, extinção ondulante forte, textura de migração de borda de grão. Alguns grãos parecem estar estirados, orientados na direção do cisalhamento. Muscovita é o principal mineral que marca a S₁ e uma crenulação SC, também marcada em fishs de mica. Granada porfiroblástica arredondada apresenta sombras de pressão de quartzo recristalizado. Possuem inclusões de quartzo e muscovita oblíquas à S₁ (sin-cinemática). Biotita ocorrem associados às bandas de muscovita. Formam fishs em alguns grãos mais grossos. Alguns nas sombras de pressão das granadas. Composição mineralógica estimada: Minerais essenciais: Quartzo (50%), Muscovita (43%), Biotita (5%), Granada (2%) Minerais acessórios: Turmalina (<1%), Opaco (<1%) Alteração: Óxidos de alteração de granadas e em fraturas, epídoto de alteração nas bandas	
 Lâmina K-135(1) em tamanho real, fotos A, B e C indicadas	
 A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-135(1), aumento de 1x	 A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-135(1), aumento de 1x
 B - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, estruturas SC em bandas micáceas, aumento de 5x	 C - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de Grt, aumento de 5x
Nome da Rocha: Granada-Biotita xisto	

AMOSTRA K-135(2)**Unidade:** Sequência Cachoeira**Compartimento tectônico:** Domínio Registro**Descrição microscópica:**

Estrutura xistosa marcada por muscovita e biotita, com forte segregação de bandas quartzosas. Textura lepidoblástica nas bandas de muscovita e granoblástica nas de quartzo. Foliação de micas apresenta pares SC e contorna porfiroblastos de granada. Uma foliação principal S_1 cisalhada.

Granulação: porfiroblastos de granada de 2 a 4 mm de diâmetro. Micas alongadas com até 0,1 mm de espessura. Quartzo fino entre < 0,01 e 0,08 mm.

Quartzo com forte recristalização dentro das bandas, contatos lobados, extinção ondulante forte, textura de migração de borda de grão. Alguns grãos parecem estar estirados em ribbons.

Muscovita fina, principal mineral que marca a S_1 e uma crenulação aberta oblíqua.

Ocorrem fishs de mica, e alguns grãos orientados na direção de C. Biotita ocorre associada às bandas de muscovita e fishs em alguns grãos mais grossos.

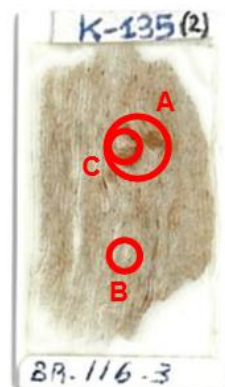
Granada porfiroblástica arredondada, grãos alterados contornados pela foliação de muscovita, com sombras de pressão de quartzo recristalizado. Possuem inclusões de quartzo e muscovita. Concentrada em uma única porção da lâmina.

Composição mineralógica estimada:

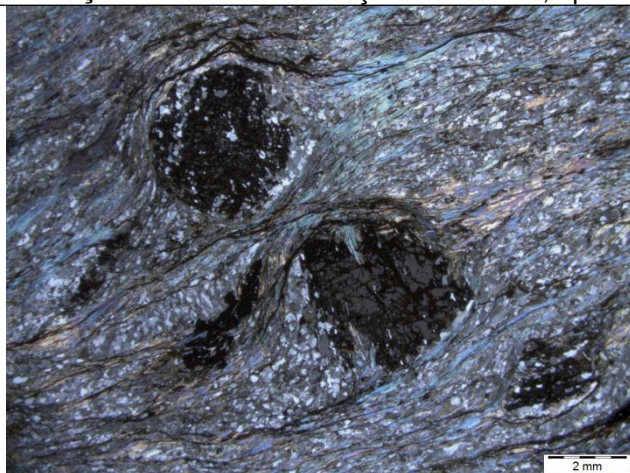
Minerais essenciais: Quartzo (50%), Muscovita (40%), Biotita (5%), Granada (5%)

Minerais acessórios: Turmalina (<1%), Opaco (<1%)

Alteração: Óxidos de alteração em fraturas, epidoto de alteração nas bandas



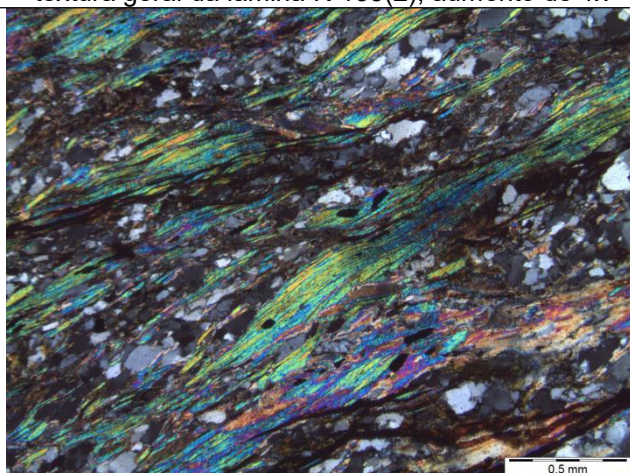
Lâmina K-135(2) em tamanho real, fotos A e B indicadas



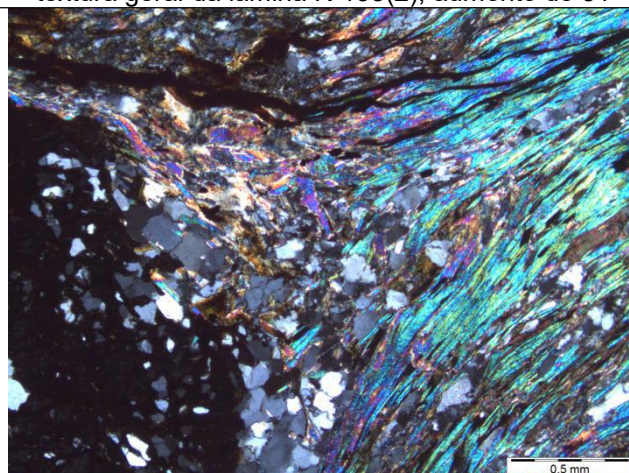
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-135(2), aumento de 1x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-135(2), aumento de 51



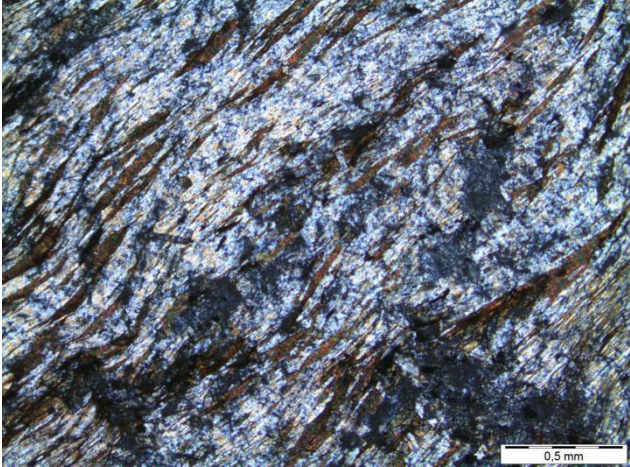
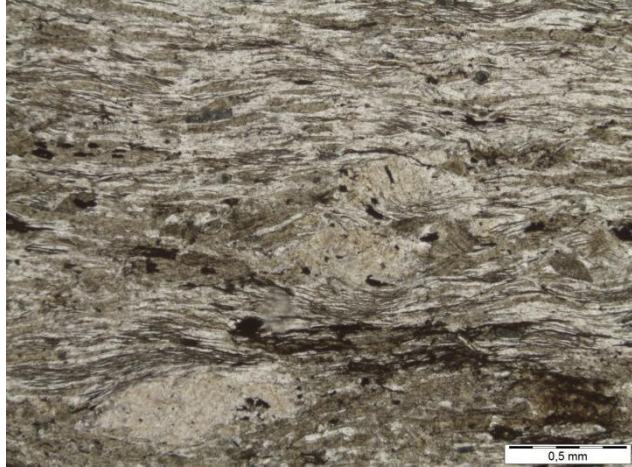
B - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de crenulação, aumento de 5x



C - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, sombra de pressão de granada, aumento de 5x

Nome da Rocha: Granada-Biotita xisto

AMOSTRA K-152

Unidade: Sequência Iguaçu	Compartimento tectônico: Domínio Iguaçu
Descrição microscópica: Estrutura xistosa marcada por biotita e muscovita. Textura lepidoblástica fina a média. Foliação dobrada: S₁ crenulada por uma S₂ oblíqua muito bem desenvolvida. Granulação: Sericita menor que 0,02 mm. Biotita, muscovita e opacos de 0,1 a 0,4 mm. Quartzo de 0,04 a 0,1 mm. Biotitas marcam o truncamento de S₁ e S₂. Também ocorre na forma de grãos lenticulares finos crenulados na foliação e alguns grãos médios em <i>fish</i>. Muscovita lenticulares e tabulares finos, marcam a foliação S₁ e a crenulação S₂ em charneiras de dobras muito fechadas. Estruturas SC nas muscovitas. Ocorrem truncamentos nas charneiras das dobras. Sericita muito fino nas lentes da foliação, possivelmente de alteração. Ocorrem em bolsões/ pseudomorfos aproximadamente sigmoidais com inclusões de biotita e muscovita orientadas e bordas de biotita. Podem indicar a substituição de algum mineral. Quartzo ocorre em lentes curtas intercaladas com a foliação, com estiramento concordante com a S₁. Alguns com extinção ondulante. Ocorrem litoclóstos angulosos compostos microclínio. Podem representar o mesmo material sericitizados. Também ocorrem buracos com aproximadamente a mesma dimensão e forma angulosa dos litoclóstos.	
Composição mineralógica estimada: Minerais essenciais: Muscovita (40%), Sericita (27%), Biotita (25%), Quartzo (5%), K-Feldspato (3%) Minerais acessórios: Opaco (<1%) Alteração: Óxidos percolando fraturas e a foliação, grau de alteração alto	
	
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-152, aumento de 5x	A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-152, aumento de 5x
	
B - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de lentes de quartzo e foliação dobrada, aumento de 10x	C - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de lentes de quartzo e foliação dobrada, aumento de 10x
Nome da Rocha: Biotita-Muscovita xisto	



Lâmina K-152 em tamanho real, fotos A, B e C indicadas

AMOSTRA K-153**Unidade:** Sequência Iguape**Compartimento tectônico:** Domínio Iguape**Descrição microscópica:**

Estrutura xistosa marcada por muscovita e argilominerais de alteração, textura lepidoblástica muito fina, intercalada com lentes granoblásticas descontínuas de quartzo recristalizado e feldspato fino a médio. Ocorrem fishs de muscovita na foliação e lentes de quartzo dobradas, indicando ao menos duas direções de deformação. Feldspato porfiroclástico.

Granulação: sercita menor que 0,01 mm. Quartzo variando de 0,04 a 0,30 mm.

Porfiroclastos de feldspato de aproximadamente 0,20 mm. Lentes granoblásticas de 0,1 a 0,4 mm de espessura.

Sercita tabular muito fina, marca a foliação principal cisalhada. Formam estruturas SC na foliação. Quartzo segregado das micas em lentes, estirados, extinção ondulante, têm inclusões de sercita. Lentes rotacionadas. Contatos poligonais.

K-feldspato em porfiroclastos arredondados, simétricos, alongados segundo a foliação principal, salsuritizados. Ocorrem dispersos na foliação de sercita, contornados pela foliação e associados às lentes de quartzo. Óxidos de alteração ocorrem entre as bandas da foliação e percolados em fraturas. Também ocorrem epidotos como alteração nos interstícios das lentes granulares de quartzo. Ocorre um veio de quartzo fino com forte extinção ondulante, paralelo à direção de foliação.

Composição mineralógica estimada:

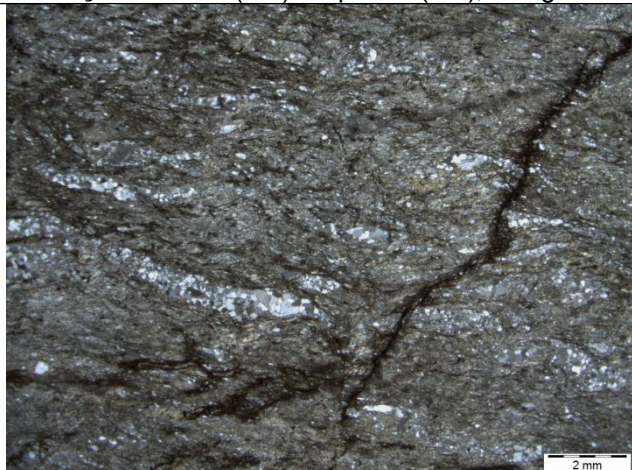
Minerais essenciais: Quartzo (46%), Sercita (35%), K-Feldspato (10%),

Minerais acessórios: Opacos (2%)

Alteração: Óxidos (5%) e Epidoto (3%), alto grau de alteração



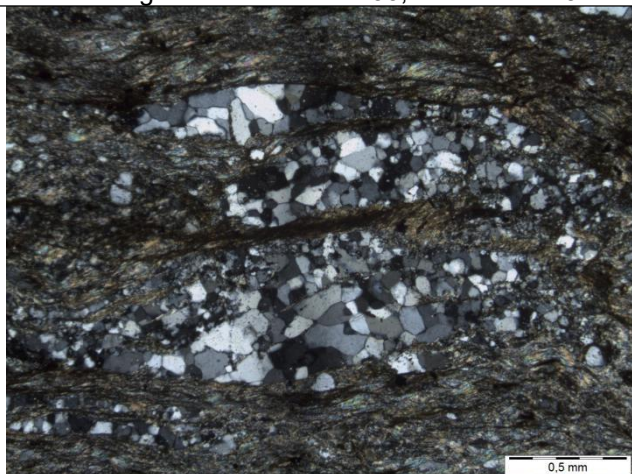
Lâmina K-153 em tamanho real, fotos A e B indicadas



A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-153, aumento de 5x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-153, aumento de 5x



B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de lentes de quartzo sigmoidais, aumento de 10x



B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de lentes de quartzo sigmoidais, aumento de 10x

Nome da Rocha: Sericitia xisto fino

AMOSTRA K-157**Unidade:** Sequência Iguape**Compartimento tectônico:** Domínio Iguape**Descrição microscópica:**

Rocha gnaissica com bandamento marcado pela alternância de bandas de quartzo médio e bandas de quartzo muito fino. Textura inequigranular bimodal. As bandas são descontínuas, algumas possuem forma sigmoidal, e também ocorrem ribbons de quartzo. Ocorrem também feldspatos porfiroclásticos sericitizados, mais grossos que o quartzo. Estruturas indicam cisalhamento.

Granulação: quartzo de 0,2 a 0,5 mm nas bandas médias e < 0,05 mm nas bandas muito finas. Porfiroclastos de feldspato de 0,4 a 1,0 mm.

Quartzo alongado segundo a direção da foliação, bimodal. Plagioclásios formam sigmóides nas bandas mais grossas de quartzo. Intensamente recristalizado, apresenta inclusões e alterações sercíticas. Microclínio também sercitizado, apresenta pertita. Biotita amarela muito fina, marca a foliação principal e a crenulação. Ocorre hornblenda prismática muito alterada em bandas máficas. Clorita fina com pleocroísmo verde fraco associada às bandas de hornblenda.

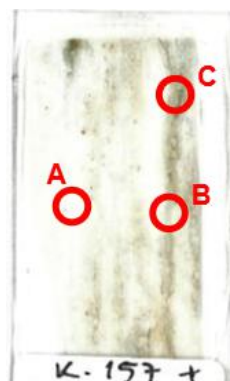
Argilominerais ocorrem em bandas de alteração e circundando sigmóides de feldspato. Epidoto ocorre como prismas subédricos a anédricos, nas lentes de alteração argílica. Não possuem orientação definida. Ocorrem em faixas epidotizadas na foliação, que podem estar correlacionada ao cisalhamento.

Composição mineralógica estimada:

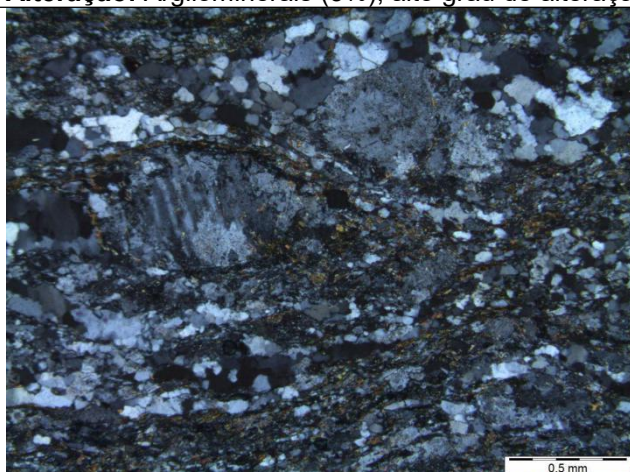
Minerais essenciais: Quartzo (63%), Plagioclásio (10%), K-Feldspato (10%), Clorita (5%), Biotita (3%), Hornblenda (2%).

Minerais acessórios: Epidoto (2%)

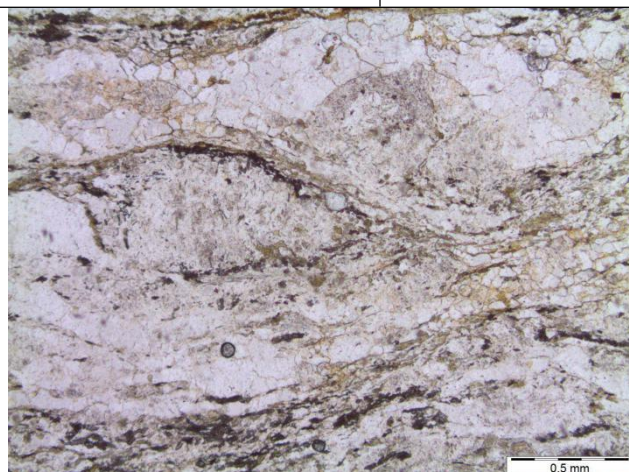
Alteração: Argilominerais (5%), alto grau de alteração



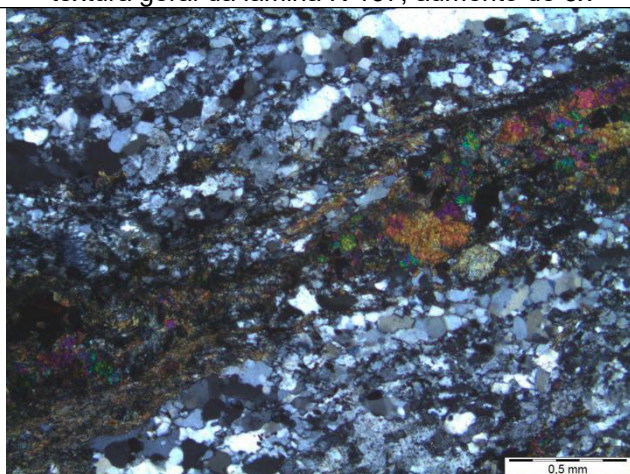
Lâmina K-157 em tamanho real, fotos A, B e C indicadas



A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-157, aumento de 5x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-157, aumento de 5x



B - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de lentes de hornblenda, aumento de 5x



C - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de lentes cloritizadas, aumento de 5x

Nome da Rocha: Biotita granito milonítico

AMOSTRA K-161

Unidade: Sequência Iguape

Compartimento tectônico: Domínio Iguape

Descrição microscópica:

Rocha fortemente fraturada e alterada. Algumas lentes descontínuas de quartzo fino se destacam na matriz muito fina (granulação menor que 0,05 mm). Textura granoblástica muito fina. Fraturas têm uma tendência direcional, possivelmente favorecida por uma foliação.

Quartzo muito fino, em sua maioria apresentam bordas arredondadas, mas alguns grãos fazem contatos lobados nas bordas. Não parece ter nenhuma estrutura em geral, mas ocorrem lentes mais finas descontínuas intercaladas com lentes muito finas, identificáveis pela diferença granulométrica.

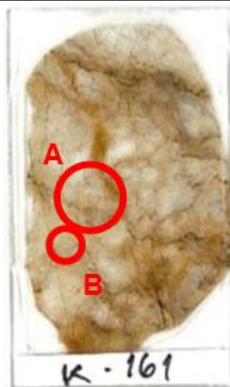
Sericita ocorre marcando microdobras na foliação, visíveis nas charneiras de algumas dobras nas zonas de maior intercalação entre quartzo e sericita. Também ocorre sericita de alteração nas fraturas, assim como óxidos.

Composição mineralógica estimada:

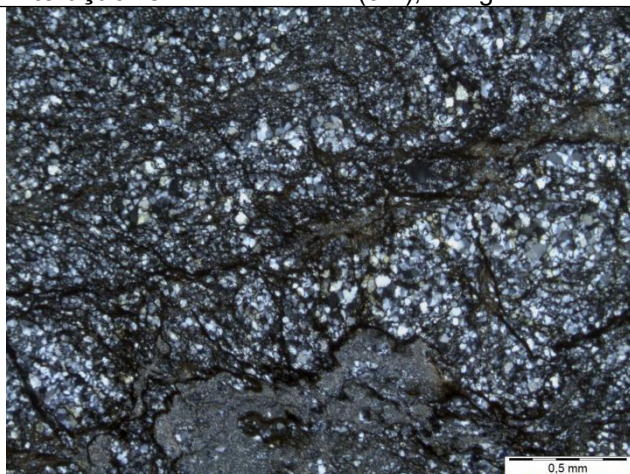
Minerais essenciais: Quartzo (85%), Sericita (10%)

Minerais acessórios: Zircão (<1%), Monazita (<1%), Opaco (<1%)

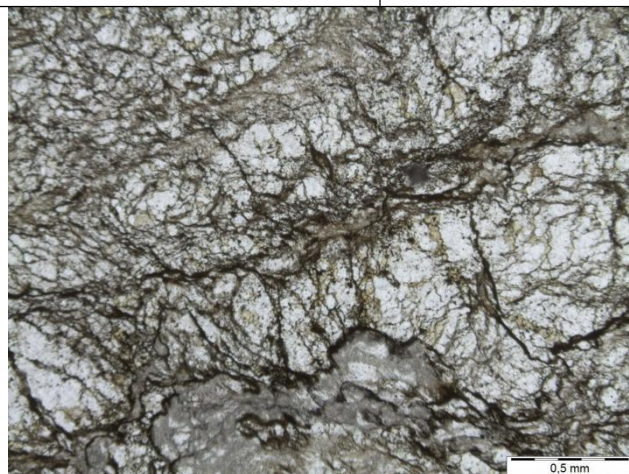
Alteração: Óxidos e sericita (5%), alto grau de alteração



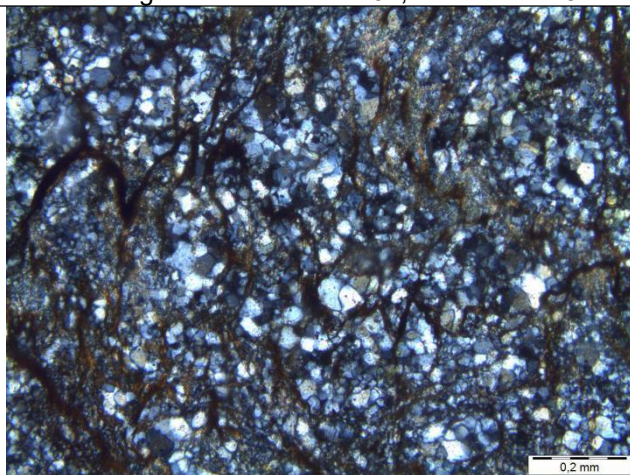
Lâmina K-161 em tamanho real, fotos A e B indicadas



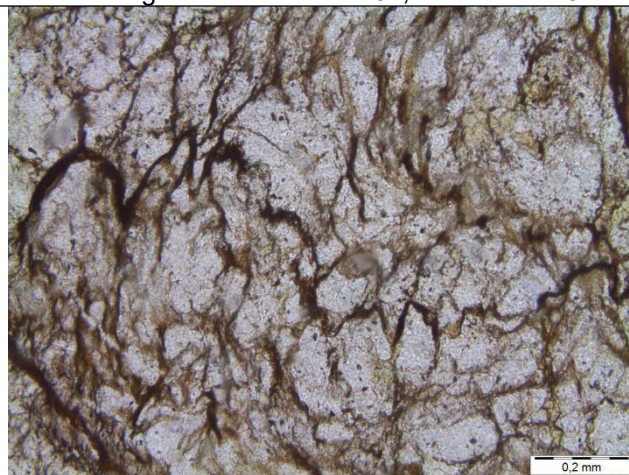
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-161, aumento de 5x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-161, aumento de 5x



B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de lentes de quartzo e foliação dobrada por sericita, aumento de 10x



B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de lentes de quartzo e foliação dobrada por sericita, aumento de 10x

Nome da Rocha: Sericita quartzito

AMOSTRA K-162**Unidade:** Sequência Iguape**Compartimento tectônico:** Domínio Iguape**Descrição microscópica:**

Rocha com istosidade crenulada marcada por muscovita, textura predominantemente lepidoblástica. Crenulação redobrada em dobras abertas e dobras em chevron.

Ocorrem sigmóides de mica na foliação, indicando início de milonitização. Ocorrem lentes granoblásticas descontínuas com aproximadamente 0,3 a 1,0 mm de espessura e até 1 cm de comprimento, compostas por quartzo. A seção apresenta uma S_1 na direção da lâmina, crenulada por uma S_2 , ondulada em dobras abertas de uma D_3 .

Muscovita tabular fina marca a foliação principal S_1 , crenulada por uma S_2 marcada nas charneiras de microdobras. Apresentam indicadores cinemáticos, como sigmóides e fishs de mica.

Quartzos arredondados a poligonais, contatos poligonais com alguns trechos lobados com textura de recristalização do tipo bulging ou transição bulging-rotação de subgão

Composição mineralógica estimada:

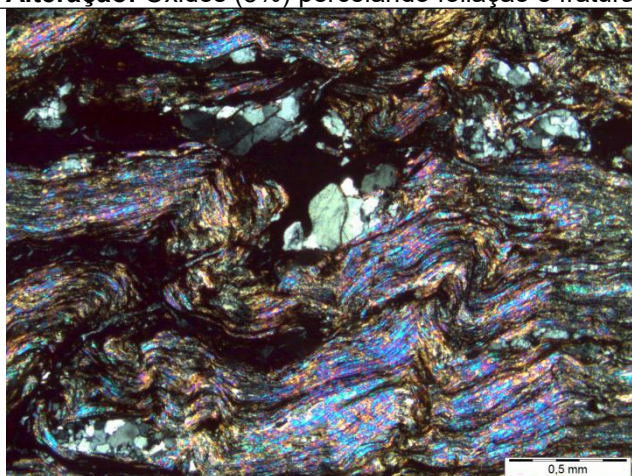
Minerais essenciais: Muscovita (60%), Quartzo (33%)

Minerais acessórios: Opaco (3%)

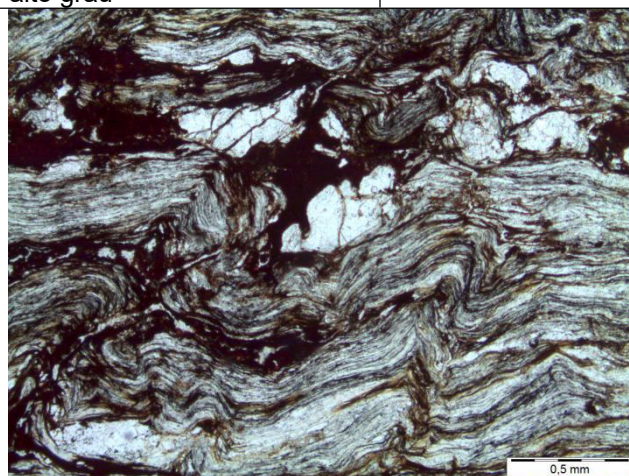
Alteração: Óxidos (3%) percolando foliação e fraturas, alto grau



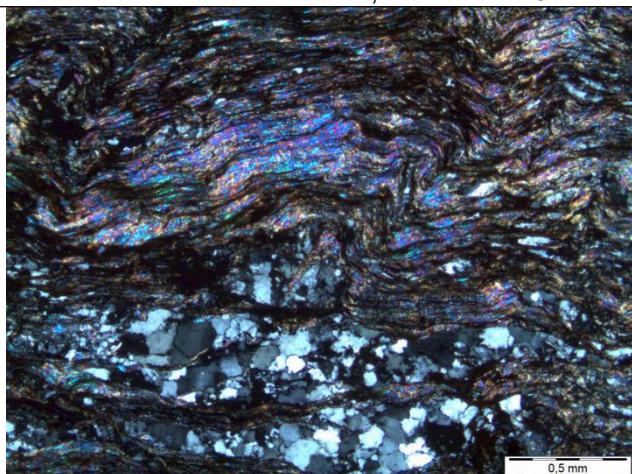
Lâmina K-162 em tamanho real, fotos A e B indicadas



A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, dobras das lentes de Ms, aumento de 5x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, dobras das lentes de Ms, aumento de 5x



B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, dobras das lentes de Ms, aumento de 5x



B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, dobras das lentes de Ms, aumento de 5x

Nome da Rocha: Muscovita xisto

AMOSTRA K-167(2)**Unidade:** Sequência Iguape**Compartimento tectônico:** Domínio Iguape**Descrição microscópica:**

Estrutura xistosa marcada por biotita e muscovita/sericita intercalada com bandas de quartzo contínuas com aproximadamente 0,1 a 0,2 mm de espessura. Segregação em bandas de biotita e muscovita média e bandas de quartzo e sericita. Bandamento dobrado, formando dobras fechadas assimétricas, padrão típico de deformação em rochas carbonáticas. Textura grano-lepidoblástica fina. Ocorrem lentes de quartzo grosso fortemente deformado.

Granulação: quartzo 0,02 a 0,2 mm, chegando a 0,7 mm nas lentes mais grossas.

Biotita e muscovita de 0,02 a 0,15 mm, e até 1,5 mm na seção alongada.

Muscovita marca a foliação principal, associada às bandas de biotita crenuladas, forma sigmóides na foliação nos grãos mais grossos.

Quartzo ocorre como grãos estirados finos concordante com a foliação. Nas lentes de quartzo mais grosso, descontínuas e dobradas com a foliação, o quartzo apresenta forte extinção ondulante, contatos lobados e subgrão rotacionado, podendo ser uma textura de recristalização de transição entre SGR-BGM. Sericita ocorre intercalada ao quartzo, associada às bandas quartzosas da foliação. Também ocorre nas bandas de biotita.

Composição mineralógica estimada:

Minerais essenciais: Quartzo (35%), Sericita (30%), Biotita (23%), Muscovita (10%)

Minerais acessórios: Opaco (2%)

Alteração:



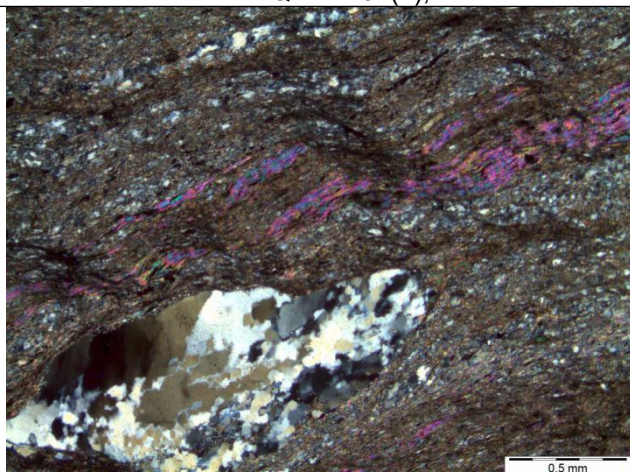
Lâmina K-167(2) em tamanho real, fotos A e B indicadas



A - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura de lentes de Qtz K-167(2), aumento de 1x



B - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-167(2), aumento de 1x



C1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de lentes crenuladas, aumento de 5x



C2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de lentes crenuladas, aumento de 5x

Nome da Rocha: Biotita metamanga

AMOSTRA K-168**Unidade:** Sequência Iguaçu**Compartimento tectônico:** Domínio Iguaçu**Descrição microscópica:**

Xistosidade marcada por bandas SC de muscovita e biotita intercaladas com lentes descontínuas de quartzo (também cisalhadas). Ocorrem muitos mica fish bem formados. Textura granolepidoblástica. Foliação contorna pseudomórfos assimétricos de porfiroclastos totalmente substituídos por argilominerais.

Granulação: micas de 0,05 a 0,5 mm de espessura, sendo as muscovitas mais alongadas que as biotitas. Quartzo entre 0,05 e 0,2 mm.

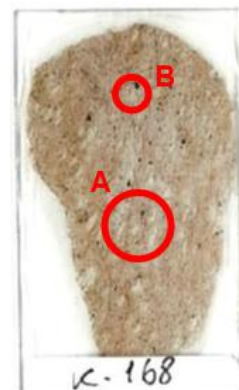
Lâmina possui pseudomorfos de porfiroclastos muito salsuritizados, não sendo possível identificar o mineral original.

Muscovita tabular, grãos rotacionados formando fishs, contatos truncados. Marca a foliação principal. Grãos de biotita cisalhados formando fishs, contatos truncados.

Têm inclusões de muscovita e opacos e cresce sobre as muscovitas.

Quartzo arredondado com contatos poligonais, extinção ondulante, em alguns trechos estirados em lentes paralelas à foliação, formando ribbons.

Ocorre um opaco tabular concordante com a foliação, e um opaco poligonal com forma de losango. Também ocorre turmalina detrítica acessório.



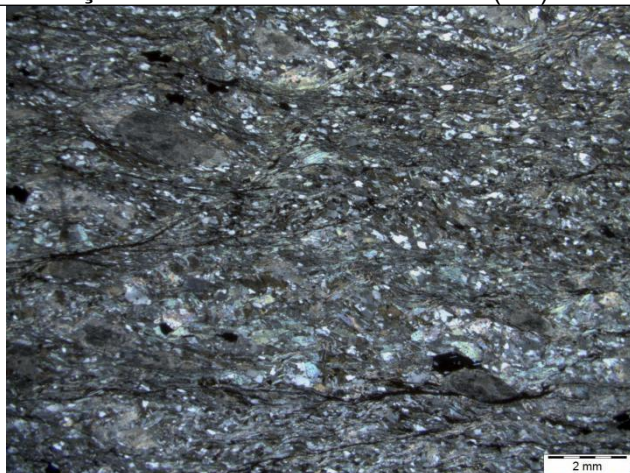
Lâmina K-168 em tamanho real, fotos A e B indicadas

Composição mineralógica estimada:

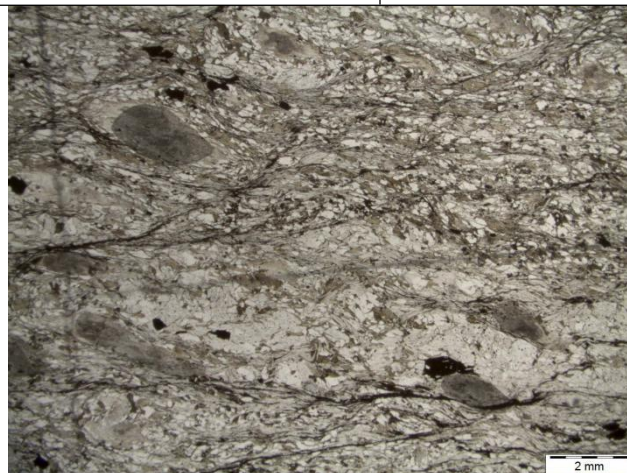
Minerais essenciais: Quartzo (40%), Muscovita (25%), Biotita (25%)

Minerais acessórios: Opacos (3%), Turmalina (1%)

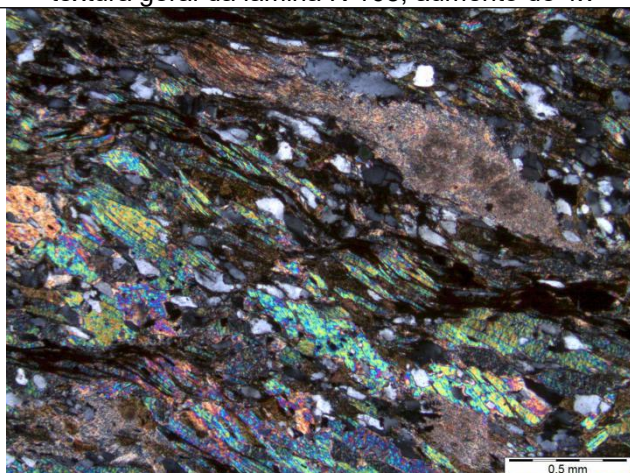
Alteração: Pseudomorfos salsuritizados (7%)



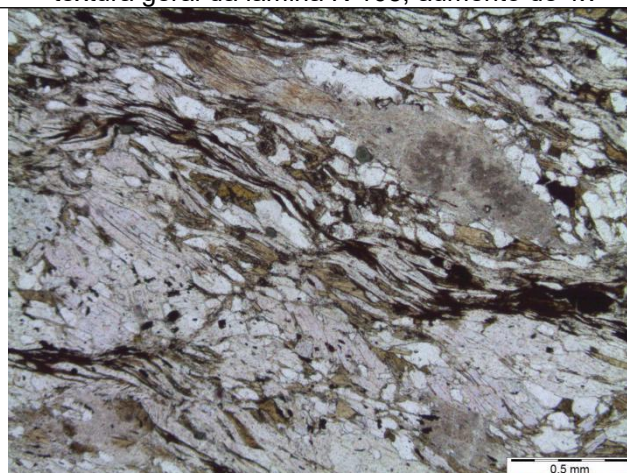
A1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados da textura geral da lâmina K-168, aumento de 1x



A2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados da textura geral da lâmina K-168, aumento de 1x



B1 - Fotomicrografia a polarizadores cruzados, textura de foliação crenulada e pseudomórfos, aumento de 5x

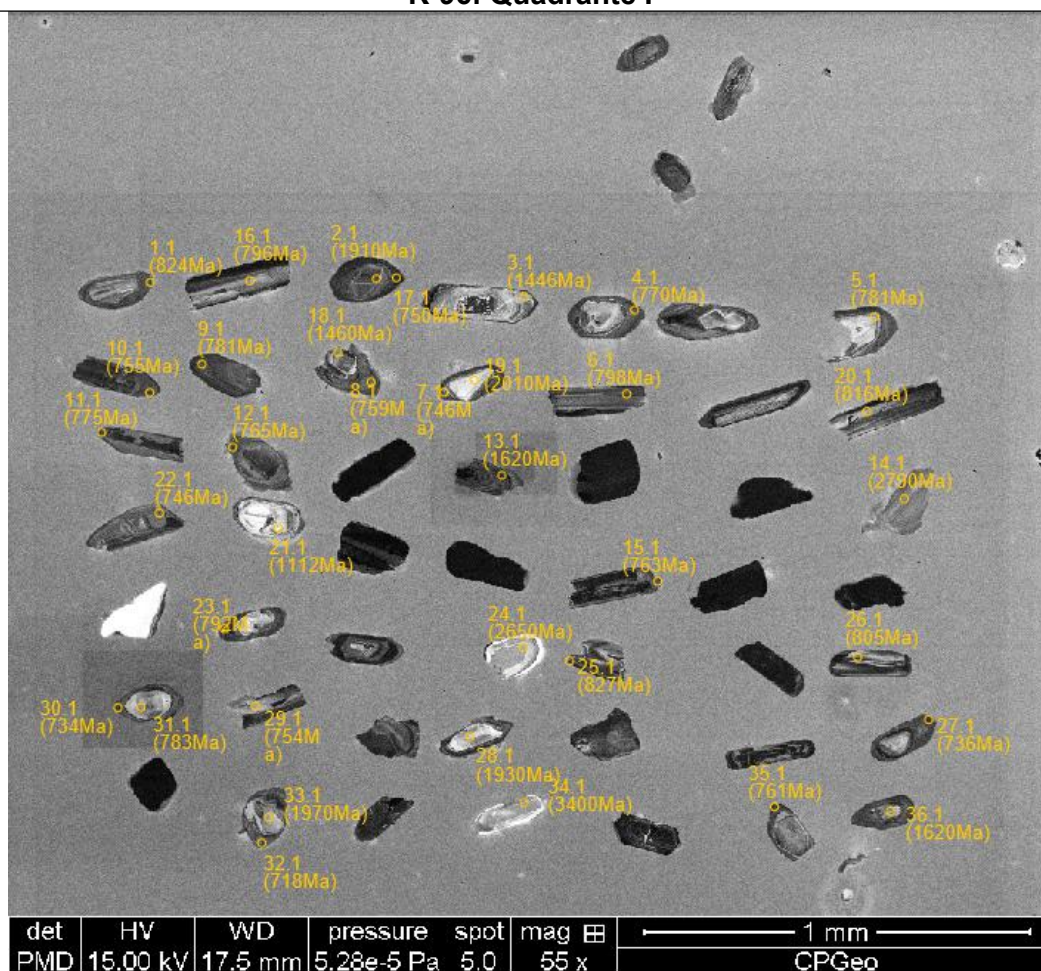


B2 - Fotomicrografia a polarizadores descruzados, textura de foliação crenulada e pseudomórfos, aumento de 5x

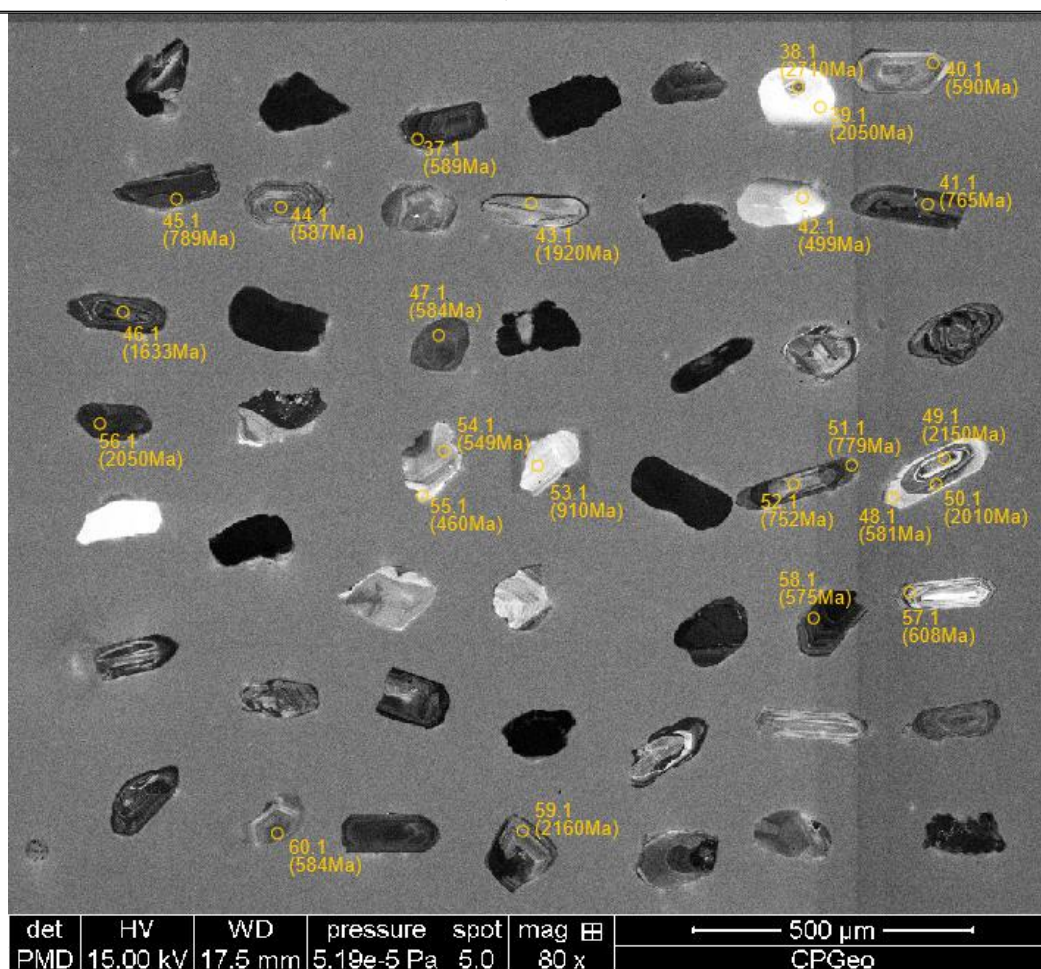
Nome da Rocha: Biotita metamarga

ANEXO III:
Imagens de Catodoluminescência com Pontos datados no LA-ICP-MS

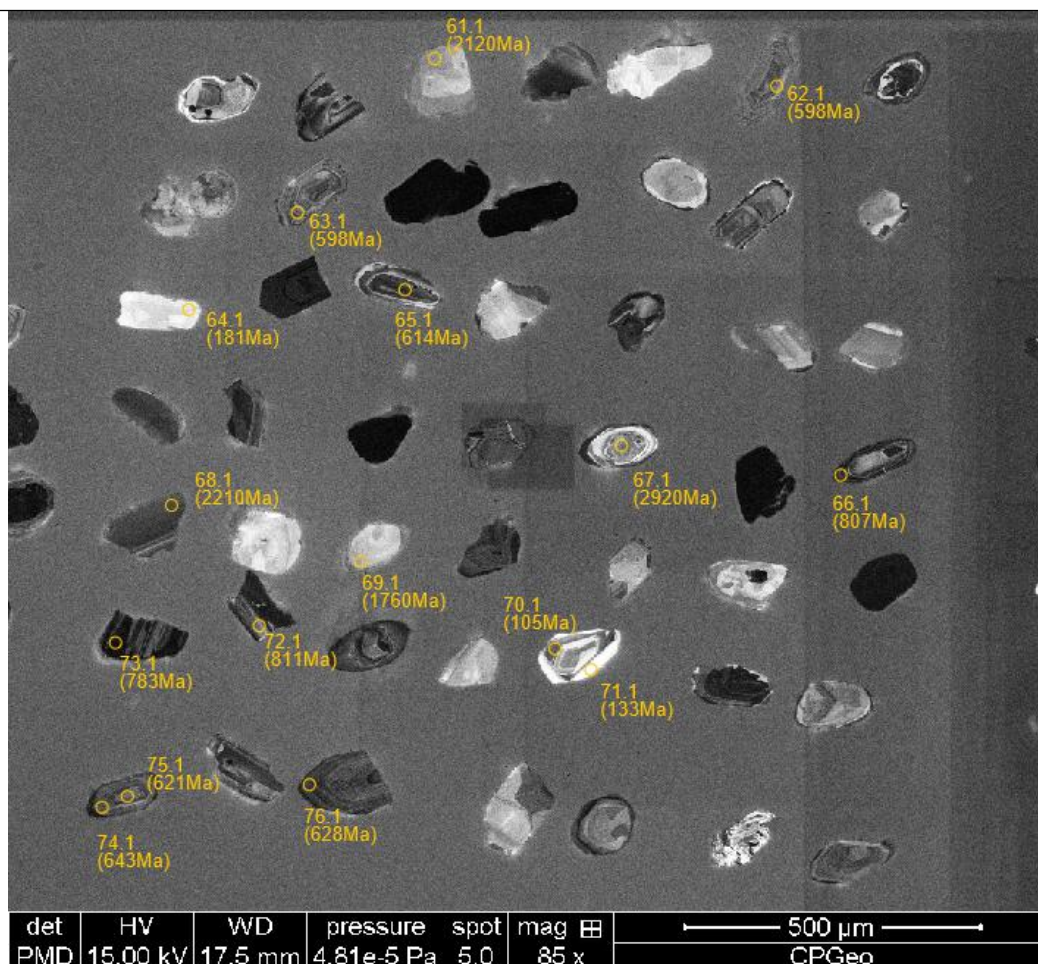
K-96: Quadrante I



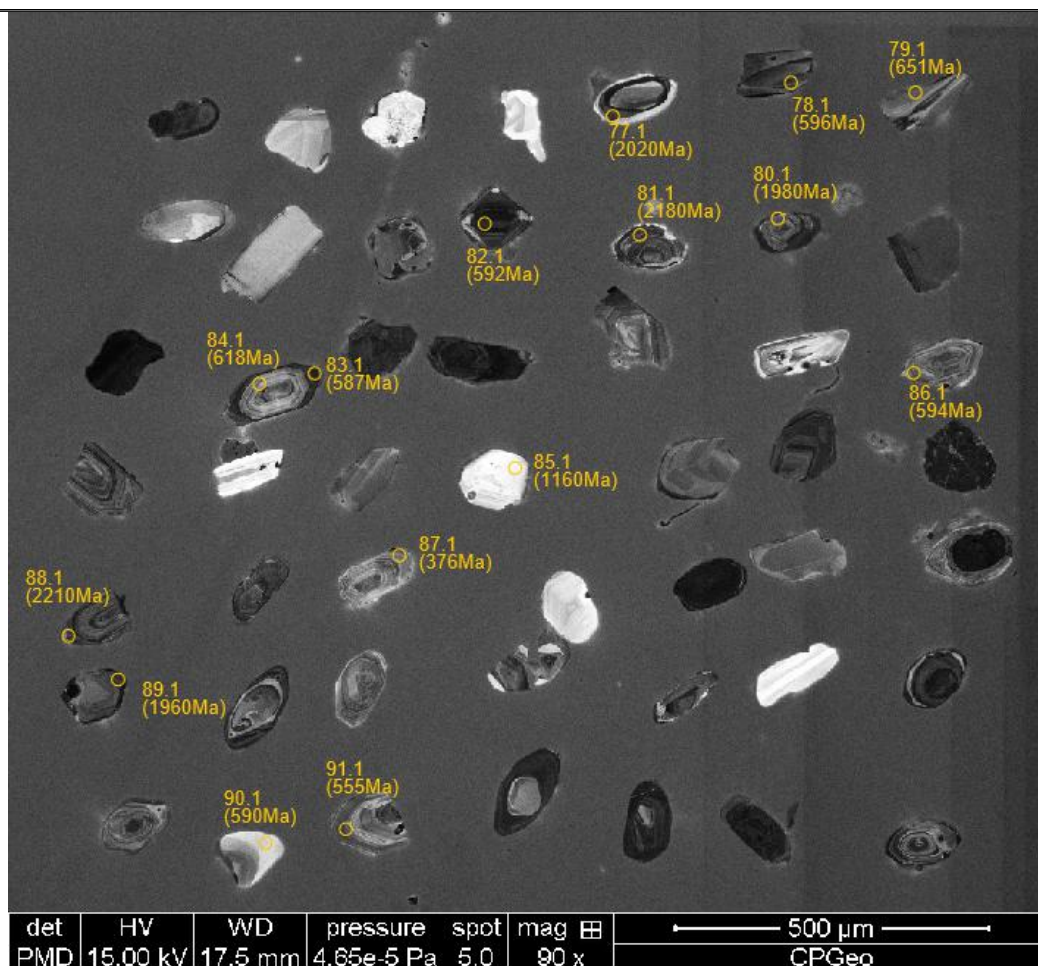
K-96: Quadrante II



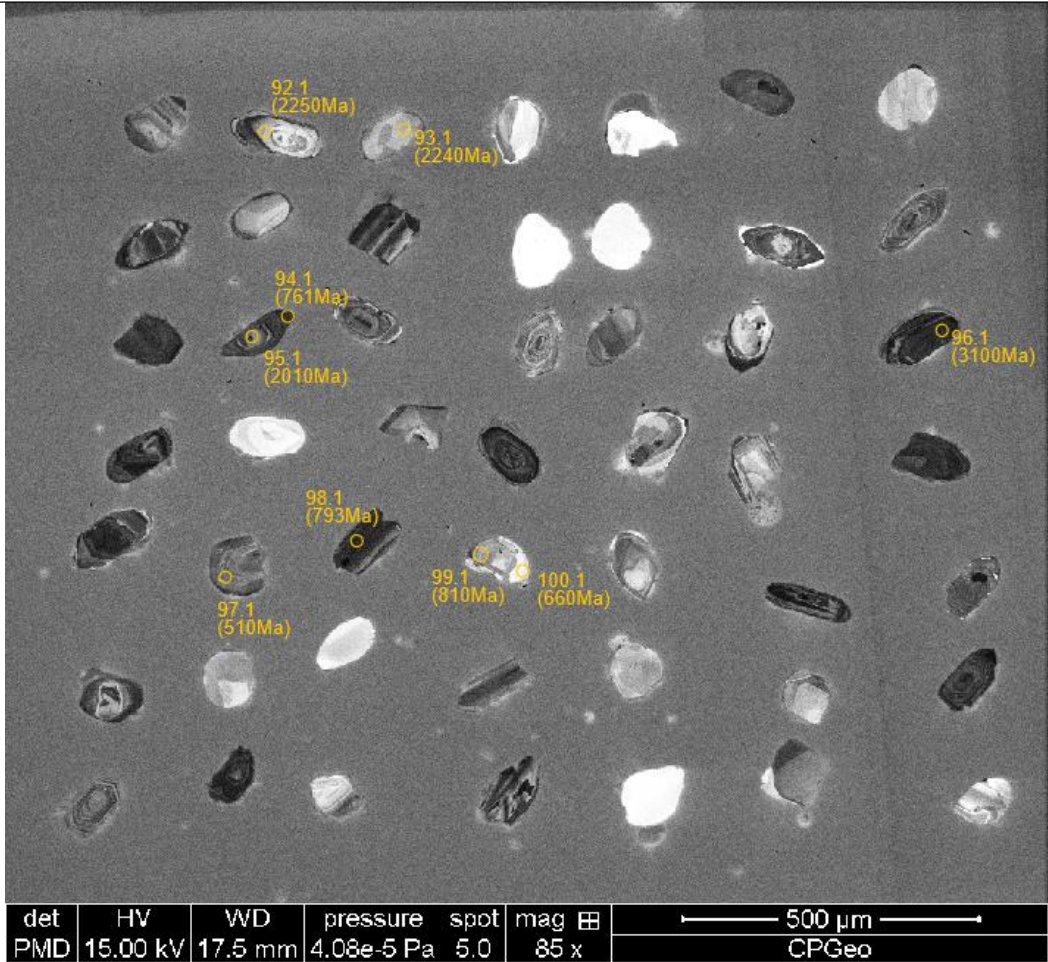
K-96: Quadrante III



K-96: Quadrante IV

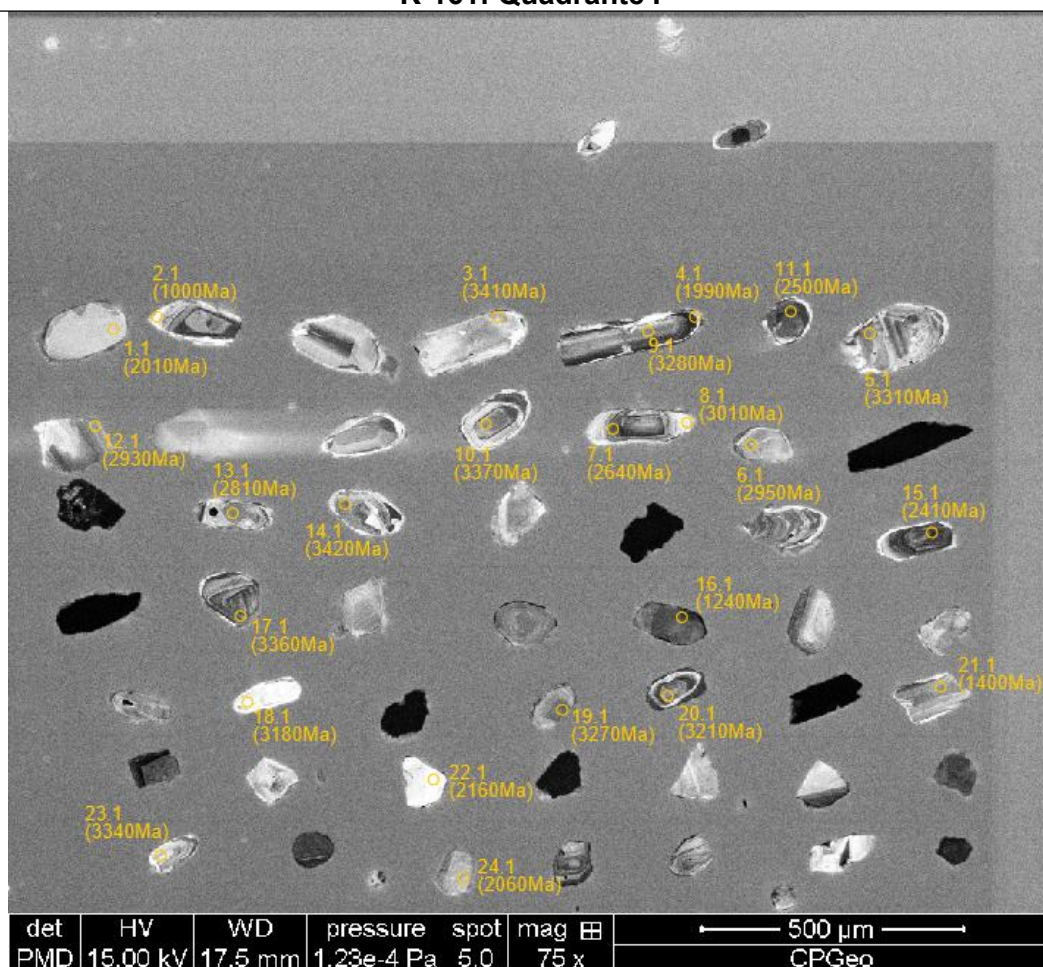


K-96: Quadrante VII

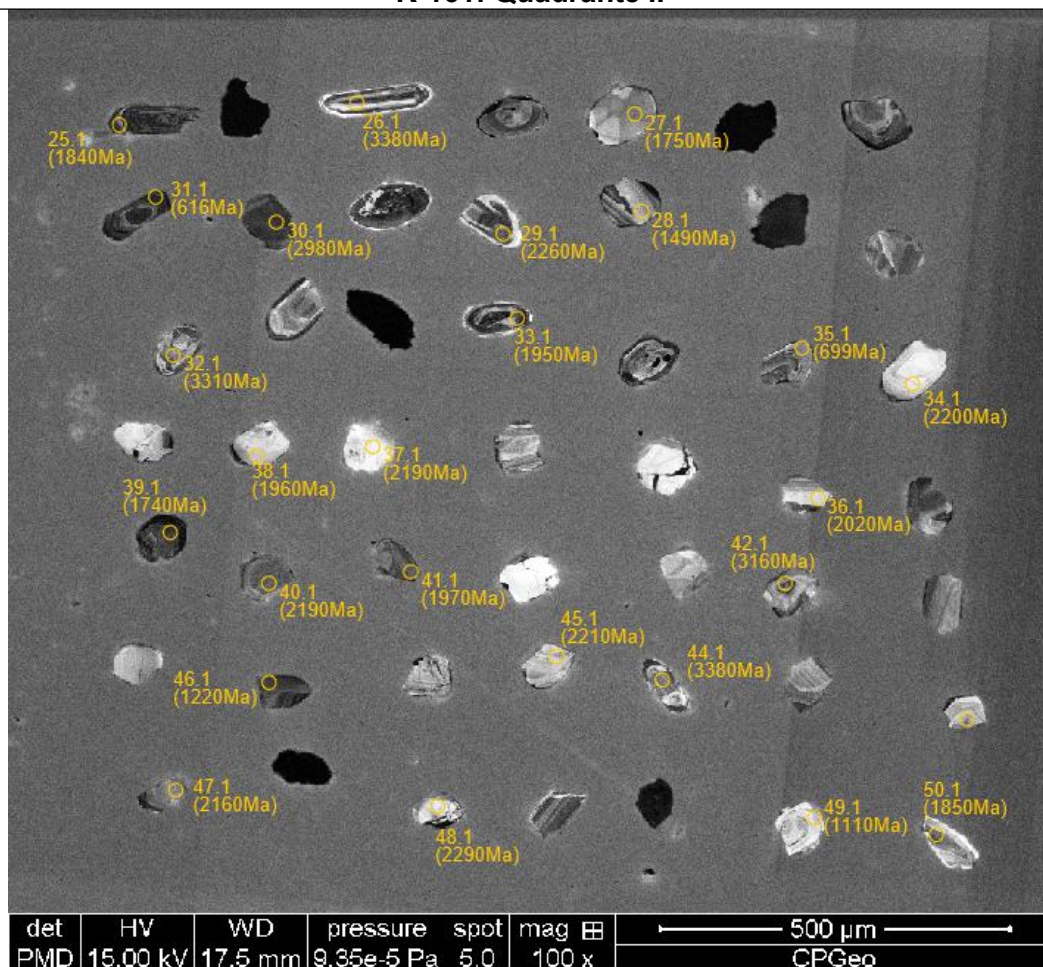


Nenhum zircão foi datado nos quadrantes V, VI e VIII

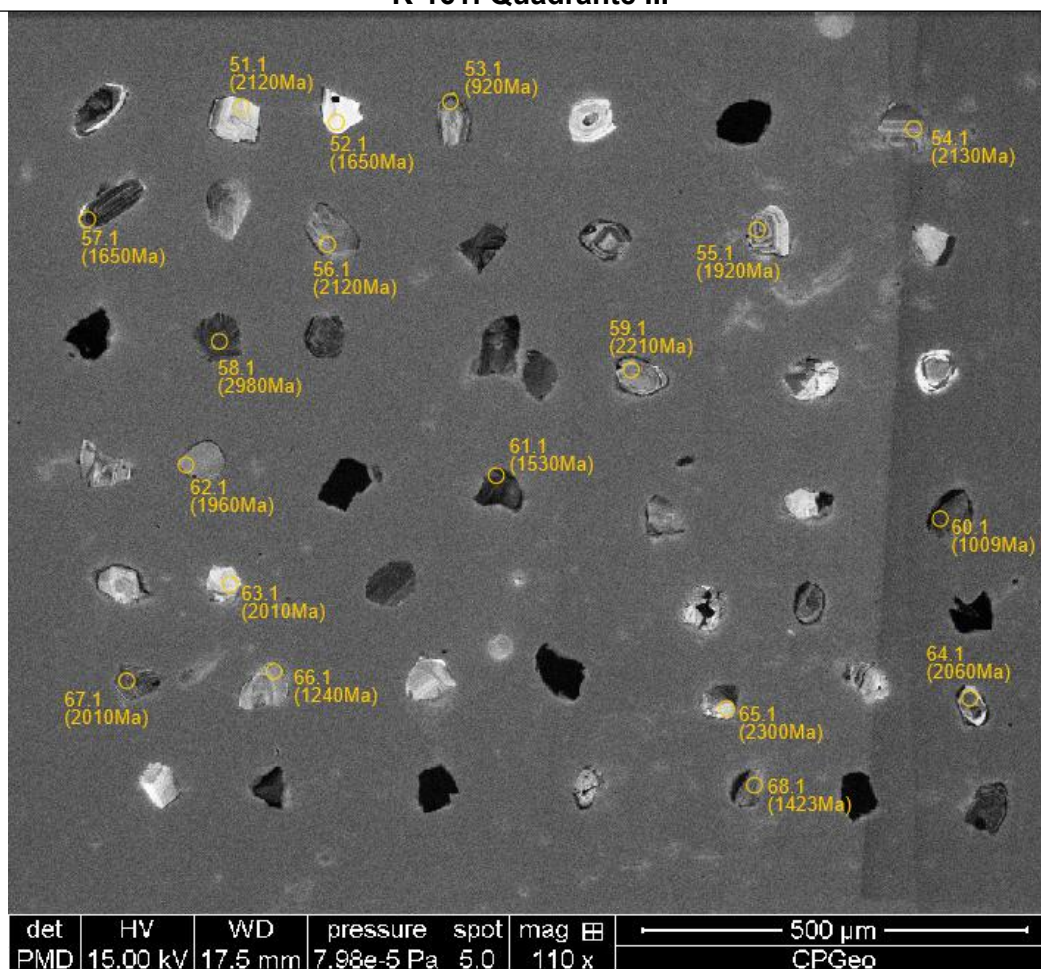
K-161: Quadrante I



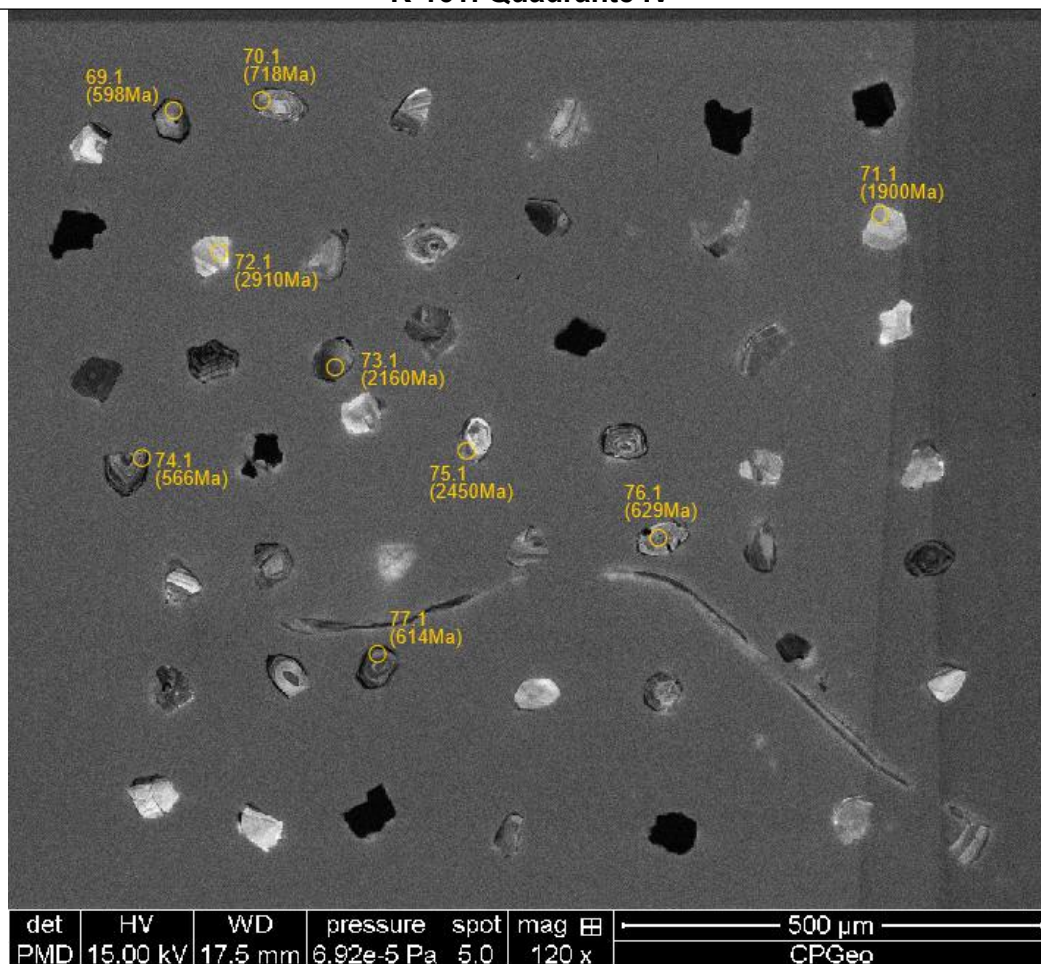
K-161: Quadrante II



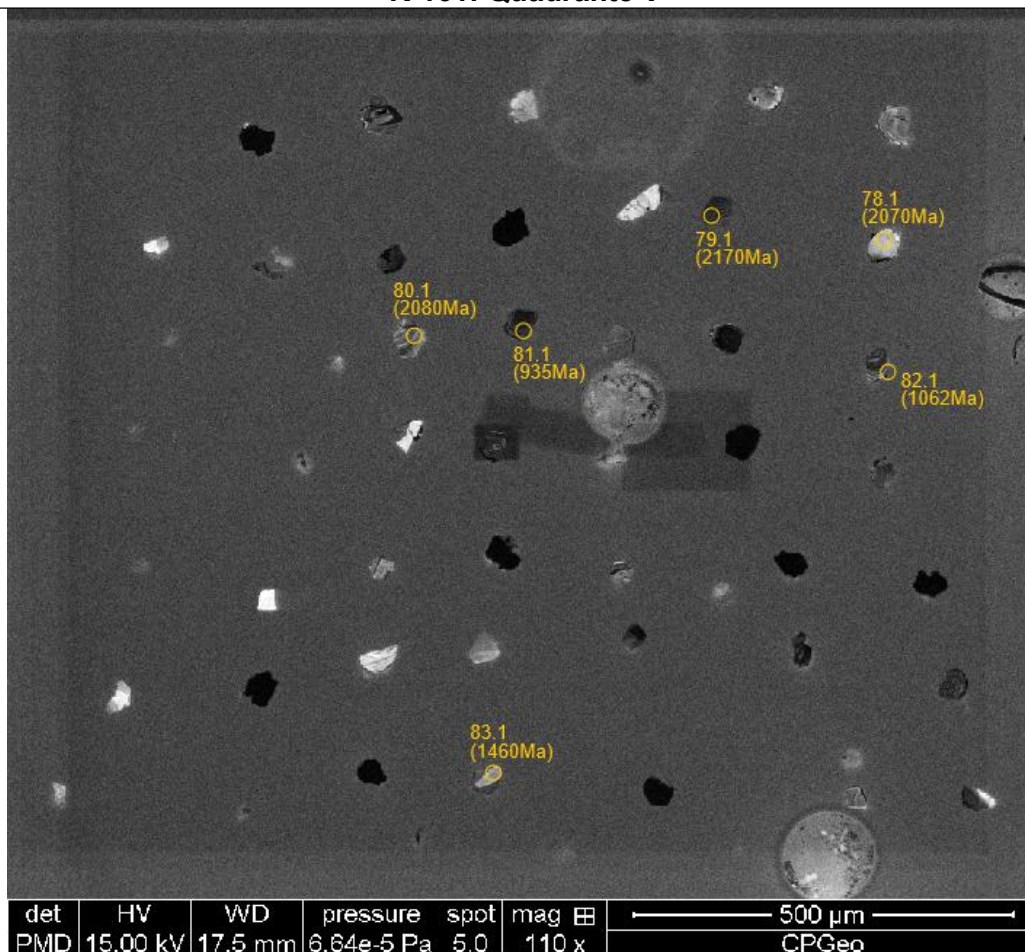
K-161: Quadrante III



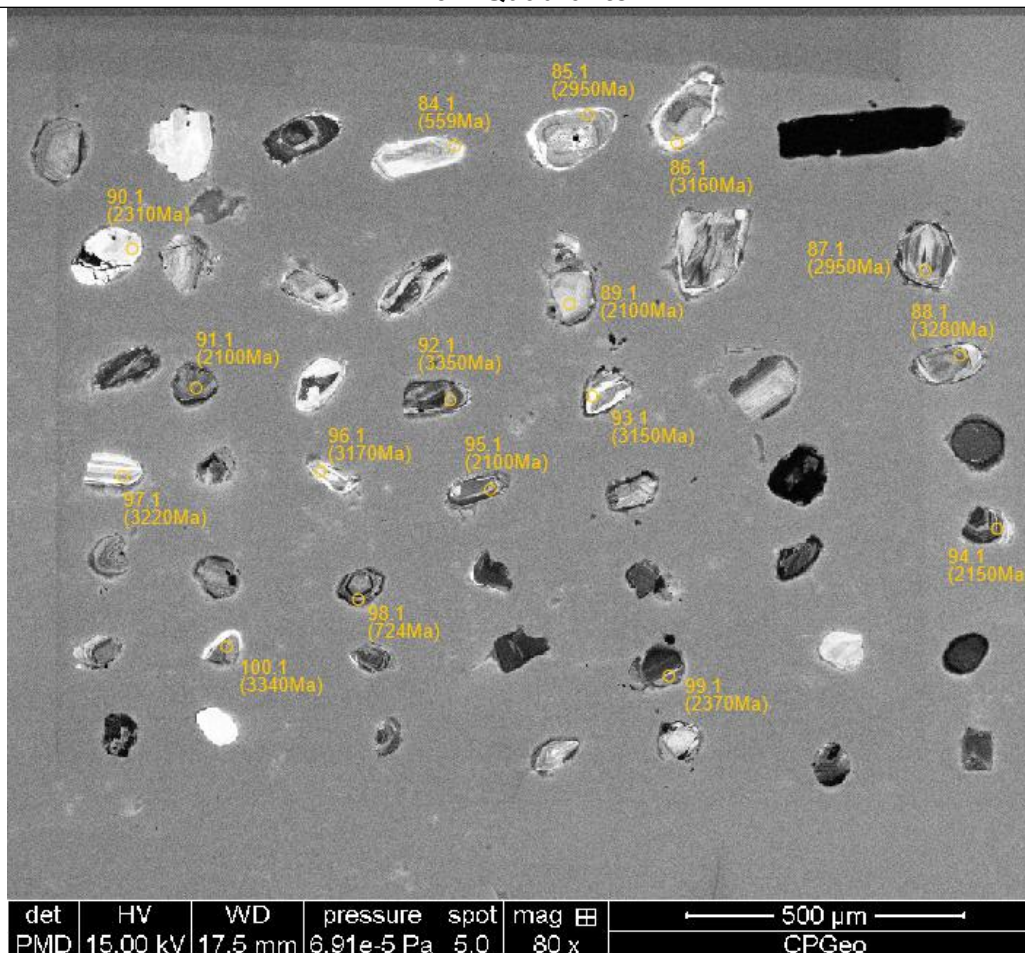
K-161: Quadrante IV



K-161: Quadrante V



K-161: Quadrante VI



Nenhum zircão foi datado nos quadrantes VII e VIII

ANEXO IV:
Tabela de Resultados das análises por LA-ICP-MS

Tabela de Resultados de idades U-Pb da amostra K-96:

RATIOS															AGES					Conc.	Conc.
SPOT	207/235	1sigma	206/238	1 sigma	coef. corr	207/206	1 sigma	Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T _{206/238}	1 sigma	T _{207/235}	1 sigma	T _{207/206}	1 sigma	206/238	206/238	
K-96 - METASEDIMENTO SPL2961, Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20µm, 100% Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min. 17/09/2019																					
commun % ppm ppm ppm																					
97,1	0,6446	0,0254	0,0823	0,0009	0,56	0,0568	0,0024	1,41	14	116	162	0,72	510	5	505	15	485	91	100	105	
91,1	0,7447	0,0207	0,0900	0,0006	0,67	0,0600	0,0017	0,04	23	172	240	0,72	555	4	565	12	605	63	98	91	
58,1	0,7619	0,0120	0,0933	0,0006	0,99	0,0592	0,0011	3,48	47	429	569	0,75	575	3	575	7	575	40	100	100	
47,1	0,7766	0,0179	0,0947	0,0007	0,01	0,0595	0,0014	0,14	16	17	179	0,09	584	4	584	10	584	51	99	99	
44,1	0,7748	0,0286	0,0954	0,0009	0,01	0,0589	0,0021	0,00	27	14	109	0,12	587	5	583	16	565	81	100	103	
40,1	0,8115	0,0191	0,0958	0,0006	0,01	0,0615	0,0015	0,11	14	201	123	1,64	590	3	603	11	655	53	97	90	
63,1	0,8013	0,0180	0,0971	0,0007	0,73	0,0598	0,0014	0,80	33	450	261	1,73	598	4	598	10	598	51	99	99	
62,1	0,8160	0,0285	0,0972	0,0008	0,94	0,0609	0,0022	2,11	9	93	78	1,20	598	5	606	16	635	76	98	94	
57,1	0,8144	0,0162	0,0988	0,0006	0,87	0,0598	0,0013	0,46	36	572	291	1,97	608	4	605	9	595	48	100	102	
65,1	0,8539	0,0275	0,0999	0,0008	0,35	0,0620	0,0020	0,57	36	512	297	1,73	614	5	627	15	673	69	97	91	
84,1	0,8343	0,0187	0,1006	0,0008	0,04	0,0601	0,0014	1,83	17	167	162	1,03	618	5	616	10	608	49	100	101	
74,1	0,8597	0,0248	0,1048	0,0008	0,80	0,0595	0,0020	1,03	44	296	424	0,70	643	5	630	14	584	72	102	109	
79,1	0,8937	0,0391	0,1062	0,0011	0,60	0,0610	0,0030	9,34	6	34	51	0,68	651	7	648	20	641	89	100	101	
30,1	1,0731	0,0199	0,1206	0,0008	0,88	0,0645	0,0011	1,28	71	12	592	0,02	734	5	740	10	759	37	99	96	
27,1	1,0807	0,0182	0,1209	0,0010	0,53	0,0648	0,0010	0,86	40	15	376	0,04	736	6	744	9	768	34	98	95	
7,1	1,1175	0,0177	0,1228	0,0008	0,73	0,0660	0,0012	1,11	72	8	585	0,01	746	5	762	8	807	37	97	92	
17,1	1,1236	0,0161	0,1235	0,0009	0,73	0,0660	0,0009	1,47	73	16	605	0,03	751	5	765	8	806	27	98	93	
52,1	1,1228	0,0334	0,1237	0,0013	0,66	0,0658	0,0021	0,27	15	124	94	1,33	752	8	764	16	801	66	98	93	
29,1	1,1170	0,0176	0,1241	0,0010	0,68	0,0653	0,0009	6,32	9	51	113	0,45	754	6	762	8	784	30	99	96	
10,1	1,1179	0,0271	0,1243	0,0010	0,02	0,0652	0,0015	0,69	63	7	527	0,01	755	6	762	13	782	49	99	96	
8,1	1,1211	0,0275	0,1249	0,0010	0,52	0,0651	0,0015	1,05	46	5	381	0,01	759	6	763	13	777	49	99	97	
35,1	1,1057	0,0245	0,1252	0,0009	0,93	0,0640	0,0013	0,14	45	6	394	0,02	761	5	756	12	743	45	100	102	
94,1	1,1225	0,0234	0,1253	0,0008	0,93	0,0650	0,0014	0,17	67	8	615	0,01	761	5	764	11	773	46	99	98	
15,1	1,1264	0,0278	0,1257	0,0010	0,15	0,0650	0,0015	2,19	35	8	301	0,03	763	6	766	13	774	51	99	98	
41,1	1,1489	0,0192	0,1260	0,0007	0,61	0,0661	0,0012	0,51	49	10	411	0,02	765	4	777	9	810	38	98	94	
12,1	1,1290	0,0261	0,1260	0,0010	0,51	0,0650	0,0015	0,30	72	7	611	0,01	765	6	767	12	773	47	99	98	
4,1	1,1657	0,0189	0,1268	0,0008	0,55	0,0667	0,0011	0,75	69	7	586	0,01	770	5	785	9	827	34	98	93	
51,1	1,1419	0,0277	0,1285	0,0010	0,49	0,0645	0,0017	1,66	39	14	323	0,04	779	6	773	13	757	56	100	102	
5,1	1,1867	0,0214	0,1288	0,0008	0,97	0,0668	0,0012	0,96	57	5	505	0,01	781	5	794	10	832	38	98	93	
9,1	1,1490	0,0257	0,1289	0,0011	0,01	0,0647	0,0014	0,36	57	7	481	0,01	781	6	777	12	763	45	100	102	
31,1	1,1596	0,0351	0,1291	0,0013	0,95	0,0652	0,0020	0,69	12	33	110	0,30	783	7	782	16	779	64	100	100	
73,1	1,1327	0,0179	0,1291	0,0009	0,98	0,0636	0,0010	0,40	140	31	1139	0,03	783	5	769	8	730	34	101	107	
45,1	1,1759	0,0208	0,1303	0,0009	0,68	0,0655	0,0011	1,23	73	25	572	0,04	789	5	789	10	789	36	100	100	
98,1	1,1870	0,0173	0,1308	0,0009	0,26	0,0658	0,0009	0,18	148	2254	774	2,91	793	5	795	8	800	28	99	99	
16,1	1,1955	0,0287	0,1314	0,0013	0,77	0,0660	0,0015	0,86	12	59	88	0,67	796	7	799	13	806	48	99	98	
6,1	1,2017	0,0214	0,1318	0,0008	0,85	0,0661	0,0012	0,13	79	663	515	1,29	798	5	801	10	810	37	99	98	
26,1	1,1976	0,0240	0,1331	0,0013	0,84	0,0653	0,0013	0,71	41	487	239	2,03	805	8	799	11	783	42	100	102	
66,1	1,2420	0,0247	0,1333	0,0008	0,99	0,0676	0,0012	1,76	65	51	553	0,09	807	4	820	11	855	36	98	94	
72,1	1,1828	0,0238	0,1341	0,0011	0,96	0,0640	0,0013	0,07	45	575	249	2,31	811	6	793	11	740	43	102	109	
20,1	1,2298	0,0231	0,1349	0,0010	0,94	0,0661	0,0012	0,52	88	137	701	0,20	816	6	814	11	810	39	100	100	
25,1	1,2499	0,0230	0,1368	0,0011	0,91	0,0663	0,0011	0,39	53	596	336	1,77	827	6	823	10	815	36	100	101	
53,1	1,4462	0,0515	0,1511	0,0019	0,39	0,0694	0,0030	7,77	11	31	65	0,48	907	11	908	21	912	87	99	99	
21,1	2,0908	0,0450	0,1882	0,0015	0,99	0,0806	0,0016	2,16	28	115	177	0,65	1112	8	1146	15	1211	40	97	91	
2,1	5,9275	0,0834	0,3453	0,0022	0,98	0,1245	0,0017	0,05	124	303	346	0,88	1912	11	1965	12	2022	24	97	94	
28,1	5,8885	0,0959	0,3490	0,0037	0,97	0,1224	0,0021	4,72	47	148	110	1,35	1930	18	1960	14	1991	30	98	96	
89,1	5,9373	0,0955	0,3562	0,0029	0,96	0,1209	0,0020	0,50	57	176	155	1,14	1964	14	1967	14	1970	30	99	99	
33,1	5,7179	0,1070	0,3578	0,0029	0,61	0,1159	0,0021	0,47	34	52	93	0,57	1972	14	1934	16	1894	33	101	104	
80,1	6,4113	0,1025	0,3600	0,0029	0,99	0,1292	0,0019	2,72	17	11	29	0,37	1982	14	2034	13	2087	25	97	95	
50,1	6,6655	0,1191	0,3664	0,0024	0,87	0,1319	0,0024	0,80	56	33	172	0,19	2013	12	2068	16	2124	32	97	94	
19,1	6,7589	0,1463	0,3666	0,0034	0,80	0,1337	0,0026	0,21	26	59	57	1,03	2013	16	2080	19	2147	34	96	93	
77,1	6,2030	0,0658	0,3671	0,0025	0,58	0,1226	0,0018	1,00	66	143	152	0,94	2016	12	2005	10	1994	26	100	101	
56,1	6,2391	0,1058	0,3744	0,0026	0,91	0,1209	0,0023	0,00	103	356	239	1,49	2050	12	2010	15	1969	34	101	104	
39,1	7,1587	0,5415	0,3749	0,0160	0,74	0,1385	0,0111	4,21	3	28	2	11,96	2053	75	2131	65	2208	131	96	92	
61,1	7,2670	0,1543	0,3886	0,0028	0,50	0,1356	0,0030	4,43	24	79	50	1,58	2117	13	2145	19	2172	38	98	97	
49,1	7,6864	0,1363	0,3959	0,0029	0,80	0,1408	0,0027	0,23	94	33	219	0,15	2150	13	2195	16	2237	32	97	96	

SPOTS abaixo não utilizados nos cálculos em função do alto grau de discordância, Pb comum ou problemas analíticos																				
70,1	0,1018	0,0065	0,0165	0,0003	0,39	0,0448	0,0034	0,83	8	523	418	1,25	105	2	98	6	0	86	106	103
71,1	0,1742	0,0446	0,0208	0,0009	0,61	0,0607	0,0179	11,31	4	221	145	1,52	133	6	163	38	630	416	81	21
64,1	0,2280	0,0241	0,0284	0,0004	0,32	0,0582	0,0063	50,43	2	59	24	2,52	181	3	209	20	538	222	86	33
87,1	0,4984	0,0089	0,0600	0,0005	0,99	0,0602	0,0013	11,37	19	227	329	0,69	376	3	411	6	611	47	91	61
55,1	0,5111	0,0772	0,0733	0,0020	0,24	0,0506	0,0079	63,51	9	768	48	16,17	456	12	419	47	222	227	108	205
42,1	0,6183	0,0372	0,0804	0,0012	0,14	0,0558	0,0036	1,66	4	91	36	2,57	499	7	489	23	443	140	102	112
54,1	0,6612	0,0571	0,0889	0,0008	0,01	0,0539	0,0050	37,30	6	201	46	4,39	549	5	515	35	368	197	106	149
48,1	0,8452	0,0446	0,0943	0,0006	0,01	0,0650	0,0033	10,27	9	102	69	1,48	581	4	622	25	775	119	93	74
60,1	0,7570	0,0217	0,0949	0,0009	0,90	0,0579	0,0017	0,28	28	299	268	1,11	584	5	572	12	525	65	102	111
83,1	0,8104	0,0161	0,0953	0,0008	0,63	0,0617	0,0013	24,32	22	111	173	0,64	587	5	603	9	662	45	97	88
37,1	0,7972	0,0107	0,0957	0,0006	0,53	0,0604	0,0010	10,02	50	49	455	0,11	589	4	595	6	620	34	98	95
90,1	0,7137	0,0932	0,0958	0,0038	0,26	0,0540	0,0083	18,72	2	14	14	1,02	590	22	547	57	373	230	107	158
82,1	0,8218	0,0157	0,0961	0,0006	0,76	0,0620	0,0011	56,36	69	228	283	0,81	592	4	609	9	674	38	97	87
86,1	0,8020	0,0274	0,0966	0,0008	0,69	0,0602	0,0021	12,49	28	331	214	1,54	594	5	598	15	611	76	99	97
75,1	0,8189	0,0128	0,1012	0,0009	0,92	0,0587	0,0012	0,28	11	111	113	0,98	621	5	607	7	556	44	102	111
76,1	0,8305	0,0156	0,1023	0,0007	0,60	0,0589	0,0013	0,00	27	135	277	0,49	628	4	614	9	563	48	102	111
100,1	0,8272	0,1605	0,1080	0,0023	0,74	0,0555	0,0110	8,34	4	2	36	0,06	661	14	612	82	434	282	108	152
32,1	1,0369	0,0225	0,1178	0,0009	0,89	0,0638	0,0013	23,69	3	10	31	0,34	718	5	722	11	737	44	99	97
22,1	1,1344	0,0266	0,1227	0,0011	0,95	0,0671	0,0015	0,00	37	18	344	0,05	746	6	770	12	840	45	96	88
11,1	1,1493	0,0281	0,1277	0,0011	0,92	0,0653	0,0015	22,93	35	10	233	0,04	775	6	777	13	783	48	99	99
23,1	1,1760	0,0192	0,1308	0,0011	0,94	0,0652	0,0010	1,12	39	-29	351	-0,08	792	6	789	9	781	30	100	101
99,1	2,1464	0,0298	0,1339	0,0008	0,98	0,1163	0,0015	9,60	74	433	438	0,99	810	5	1164	10	1900	24	69	42
1,1	1,4222	0,0199	0,1363	0,0008	0,01	0,0757	0,0012	-3,89	-19	10	-151	-0,07	824	5	898	9	1087	36	91	75
85,1	2,2314	0,0778	0,1968	0,0038	0,01	0,0823	0,0036	14,60	7	44	24	1,85	1158	21	1191	25	1252	91	97	92
3,1	4,5068	0,0712	0,2515	0,0017	1,00	0,1300	0,0020	2,87	26	-7	266	-0,03	1446	9	1732	13	2098	27	83	68
18,1	3,6642	0,0522	0,2543	0,0019	1,00	0,1045	0,0012	1,23	17	41	-10	-4,02	1461	10	1564	11	1705	22	93	85
13,1	5,2777	0,1118	0,2850	0,0026	0,94	0,1343	0,0025	4,27	114	178	463	0,38	1617	13	1865	17	2155	33	86	75
36,1	4,6829	0,0898	0,2857	0,0021	1,00	0,1189	0,0020	3,07	6	-101	33	-3,04	1620	10	1764	15	1939	29	91	83
46,1	4,4264	0,0576	0,2883	0,0017	1,00	0,1114	0,0015	3,84	27	18	375	0,05	1633	9	1717	12	1822	25	95	89
69,1	5,3129	0,0819	0,3140	0,0023	0,98	0,1227	0,0019	0,02	69	167	158	1,06	1760	11	1871	13	1996	29	94	88
43,1	6,4922	0,1058	0,3479	0,0024	0,99	0,1354	0,0022	0,81	49	90	249	0,36	1924	12	2045	16	2169	29	94	88
95,1	9,2789	0,1546	0,3654	0,0026	1,00	0,1842	0,0023	0,98	90	162	274	0,59	2008	12	2366	13	2691	19	84	74
24,1	16,1897	0,2491	0,5080	0,0049	0,98	0,2311	0,0031	0,03	18	2	28	0,07	2648	21	2888	15	3060	22	91	86
38,1	14,7410	0,1932	0,5237	0,0035	0,85	0,2042	0,0029	0,78	13	-48	32	-1,53	2715	15	2799	13	2860	24	96	94
34,1	28,3711	0,5271	0,6947	0,0056	0,75	0,2962	0,0047	-0,79	-385	-502	-256	1,96	3401	21	3432	18	3450	25	99	98
78,1	0,7904	0,0156	0,0968	0,0010	0,91	0,0592	0,0016	0,00	10	-66	115	-0,57	596	6	591	9	575	58	100	103

Dados padrão GJ em 16/09/2019 Concordia Age = 605.5 +/- 1.5 Ma GJ reference age: 608.5 +/- 0.4 Ma (TIMS) - Jackson et al, 2004.

Tabela de Resultados de idades U-Pb da amostra K-161:

RATIOS													AGES					Conc.	
SPOT	207/235	1sigma	206/238	1 sigma	coef. corr	207/206	1 sigma	Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T _{206/238}	1 sigma	T _{207/235}	1 sigma	T _{207/206}	1 sigma	206/238
								comum %	ppm	ppm	ppm		K-161 - METASSEDIMENTO					16/09/2019	207/235
SPL2960 , Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20µm, 100% Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.																			
31,1	0,8307	0,0260	0,1003	0,0009	0,98	0,0601	0,0019	3,65	69	44	654	0,07	616	5	614	15	607	68	100
81,1	1,7456	0,0393	0,1560	0,0011	0,98	0,0811	0,0016	0,34	71	367	338	1,08	935	6	1026	14	1225	39	91
46,1	2,3089	0,0478	0,2076	0,0026	0,98	0,0807	0,0014	1,91	34	126	214	0,59	1216	14	1215	15	1214	34	100
61,1	3,4882	0,0547	0,2680	0,0020	0,98	0,0944	0,0015	2,63	44	106	207	0,51	1531	10	1525	12	1516	30	100
52,1	4,4789	0,3176	0,2926	0,0098	0,22	0,1110	0,0084	1,92	6	42	13	3,38	1654	48	1727	59	1816	140	95
39,1	5,5219	0,1087	0,3108	0,0024	0,99	0,1289	0,0024	3,48	90	350	295	1,19	1745	12	1904	17	2082	32	91
27,1	4,7378	0,1440	0,3129	0,0022	0,69	0,1098	0,0033	2,72	24	58	69	0,84	1755	11	1774	26	1797	55	98
25,1	5,3688	0,1297	0,3312	0,0020	0,99	0,1176	0,0029	8,56	114	509	762	0,67	1844	10	1880	24	1920	45	98
71,1	5,9927	0,1890	0,3428	0,0029	0,77	0,1268	0,0041	2,09	19	71	41	1,72	1900	14	1975	27	2054	56	96
55,1	6,2392	0,1606	0,3478	0,0035	0,99	0,1301	0,0030	0,00	27	49	68	0,73	1924	17	2010	24	2099	41	95
62,1	6,6422	0,1135	0,3551	0,0029	0,99	0,1357	0,0021	2,47	26	173	119	1,45	1959	14	2065	15	2173	27	94
38,1	6,6238	0,1558	0,3557	0,0034	0,99	0,1351	0,0033	1,29	32	279	141	1,98	1962	16	2063	21	2165	41	95
67,1	6,7449	0,0854	0,3655	0,0021	0,99	0,1338	0,0017	2,69	44	172	209	0,83	2008	10	2079	12	2149	23	96
1,1	6,7345	0,2350	0,3656	0,0045	0,47	0,1336	0,0053	1,56	14	43	29	1,49	2009	21	2077	32	2146	70	96
63,1	7,1019	0,3817	0,3659	0,0186	0,48	0,1408	0,0037	6,52	10	58	25	2,32	2010	87	2124	48	2237	47	94
36,1	6,8219	0,1626	0,3675	0,0031	0,96	0,1346	0,0031	8,44	7	55	22	2,52	2017	15	2089	21	2159	39	96
24,1	7,2361	0,2349	0,3765	0,0039	0,96	0,1394	0,0041	8,78	24	49	40	1,22	2060	18	2141	29	2220	52	96
78,1	7,0794	0,2071	0,3789	0,0036	0,72	0,1355	0,0041	6,08	12	20	21	0,93	2071	17	2121	29	2170	53	97
80,1	7,0579	0,1694	0,3801	0,0027	0,55	0,1347	0,0029	0,00	41	104	101	1,03	2077	13	2119	21	2160	37	98
91,1	7,4004	0,1570	0,3848	0,0031	0,97	0,1395	0,0029	1,00	39	117	71	1,65	2099	15	2161	19	2221	36	97
95,1	7,2462	0,1418	0,3859	0,0026	0,72	0,1362	0,0024	0,50	65	133	138	0,96	2104	12	2142	17	2179	31	98
89,1	7,2930	0,1707	0,3861	0,0037	0,96	0,1370	0,0031	1,21	17	27	36	0,75	2105	17	2148	20	2190	39	97
56,1	7,4155	0,2221	0,3894	0,0048	0,97	0,1381	0,0035	1,01	34	100	87	1,15	2120	22	2163	27	2204	46	98
51,1	7,1510	0,2607	0,3895	0,0043	0,92	0,1332	0,0047	2,19	16	58	32	1,83	2121	20	2130	34	2140	64	99
54,1	7,3770	0,1969	0,3916	0,0045	0,99	0,1366	0,0034	2,65	28	105	66	1,58	2130	22	2158	25	2185	43	98
22,1	7,4296	0,3215	0,3970	0,0083	0,64	0,1357	0,0069	7,75	4	8	8	0,94	2155	38	2165	38	2173	87	99
73,1	7,5035	0,1943	0,3982	0,0025	0,50	0,1367	0,0035	0,37	49	99	110	0,89	2161	11	2173	23	2186	45	99
47,1	7,4562	0,1789	0,3988	0,0036	0,82	0,1356	0,0033	2,54	45	130	100	1,30	2164	16	2168	22	2172	44	99
40,1	7,7105	0,1408	0,4047	0,0052	0,80	0,1382	0,0021	0,19	32	34	77	0,44	2191	24	2198	16	2205	27	99
37,1	7,3526	0,2002	0,4047	0,0039	0,74	0,1318	0,0034	0,00	10	18	23	0,77	2191	18	2155	24	2122	45	101
34,1	7,6161	0,3215	0,4064	0,0051	0,48	0,1359	0,0053	2,21	11	39	20	1,96	2199	24	2187	38	2176	67	100
45,1	9,1765	0,2387	0,4079	0,0055	0,9+9	0,1632	0,0039	5,86	16	140	71	1,96	2205	26	2356	25	2489	41	93
59,1	7,7082	0,1320	0,4084	0,0036	0,99	0,1369	0,0023	0,98	23	79	102	0,78	2208	17	2198	16	2188	30	100
43,1	7,8676	0,1842	0,4105	0,0065	0,68	0,1390	0,0033	3,15	18	44	39	1,13	2217	30	2216	21	2215	40	100
48,1	8,0265	0,2484	0,4275	0,0045	0,97	0,1362	0,0041	0,43	13	42	31	1,36	2294	20	2234	28	2179	52	102
90,1	9,4789	0,2097	0,4304	0,0060	0,93	0,1597	0,0043	1,01	13	33	21	1,54	2307	27	2386	20	2453	45	96
65,1	9,4845	0,5380	0,4393	0,0223	0,94	0,1566	0,0031	2,62	30	79	85	0,93	2347	99	2386	49	2419	35	98
99,1	9,5886	0,1951	0,4434	0,0030	0,91	0,1568	0,0028	0,52	66	99	134	0,74	2366	13	2396	19	2422	30	98
72,1	17,8797	0,4126	0,5701	0,0038	0,18	0,2275	0,0052	0,95	23	39	32	1,20	2908	16	2983	22	3034	37	97
12,1	19,0489	0,3733	0,5755	0,0046	0,96	0,2401	0,0044	6,66	15	76	20	3,88	2930	19	3044	19	3120	30	96
87,1	19,2858	0,3047	0,5796	0,0035	0,77	0,2413	0,0036	0,22	57	106	72	1,47	2947	14	3056	15	3129	24	96
85,1	22,7234	0,3636	0,5798	0,0042	0,97	0,2842	0,0043	3,08	26	23	25	0,91	2948	17	3215	15	3386	24	91
6,1	19,2911	0,3906	0,5803	0,0061	0,37	0,2411	0,0059	0,00	51	68	68	1,00	2950	25	3056	20	3127	39	96
58,1	16,8824	0,2593	0,5872	0,0048	0,01	0,2085	0,0029	0,00	108	128	156	0,82	2978	20	2928	15	2894	22	101
30,1	17,4260	0,4647	0,5887	0,0062	0,41	0,2147	0,0054	0,00	65	44	114	0,38	2984	25	2959	26	2941	41	100
42,1	22,4435	0,4118	0,6329	0,0090	0,88	0,2572	0,0036	0,89	53	41	68	0,61	3161	35	3203	18	3230	22	98
96,1	24,8141	0,4298	0,6350	0,0044	0,66	0,2834	0,0045	2,87	13	37	20	1,85	3169	17	3301	16	3382	25	96
20,1	25,1592	0,4986	0,6454	0,0063	0,96	0,2827	0,0060	0,00	89	40	121	0,33	3210	24	3314	19	3378	33	96
97,1	23,3553	0,3914	0,6480	0,0044	0,98	0,2614	0,0043	0,28	33	35	39	0,90	3220	17	3242	17	3255	26	99
19,1	24,9540	0,4846	0,6611	0,0067	0,01	0,2738	0,0060	1,62	26	11	31	0,36	3271	26	3306	18	3328	34	98
88,1	26,3357	0,4219	0,6632	0,0041	0,92	0,2880	0,0039	1,60	18	5	17	0,30	3280	16	3359	16	3407	21	97
23,1	27,1580	0,5189	0,6783	0,0066	0,93	0,2904	0,0062	0,32	66	151	78	1,94	3338	26	3389	19	3420	33	98
92,1	26,6707	0,5076	0,6805	0,0055	0,85	0,2843	0,0050	0,00	95	89	101	0,88	3346	21	3371	19	3386	28	99
10,1	27,3681	0,6871	0,6858	0,0119	0,31	0,2894	0,0065	0,08	330	936	324	2,88	3366	45	3397	25	3415	35	99
44,1	24,5881	0,4194	0,6885	0,0089	0,89	0,2590	0,0036	0,00	164	367	176	2,09	3377	34	3292	17	3241	22	102
26,1	26,5692	0,7276	0,6892	0,0049	0,86	0,2796	0,0066	0,25	209	495	237	2,09	3379	19	3368	27	3361	37	100
3,1	28,3819	0,5946	0,6984	0,0076	0,85	0,2947	0,0076	0,56	42	12	59	0,20	3415	29	3432	21	3443	40	99
14,1	27,8142	0,5593	0,6986	0,0054	0,86	0,2888	0,0052	0,45	62	55	79	0,70	3415	20	3413	19	3411	28	100

Dados padrão GJ em 16/09/2019 Concordia Age = 605.5 +/- 1.5 Ma GJ reference age: 608.5 +/- 0.4 Ma (TIMS) - Jackson et al, 2004.