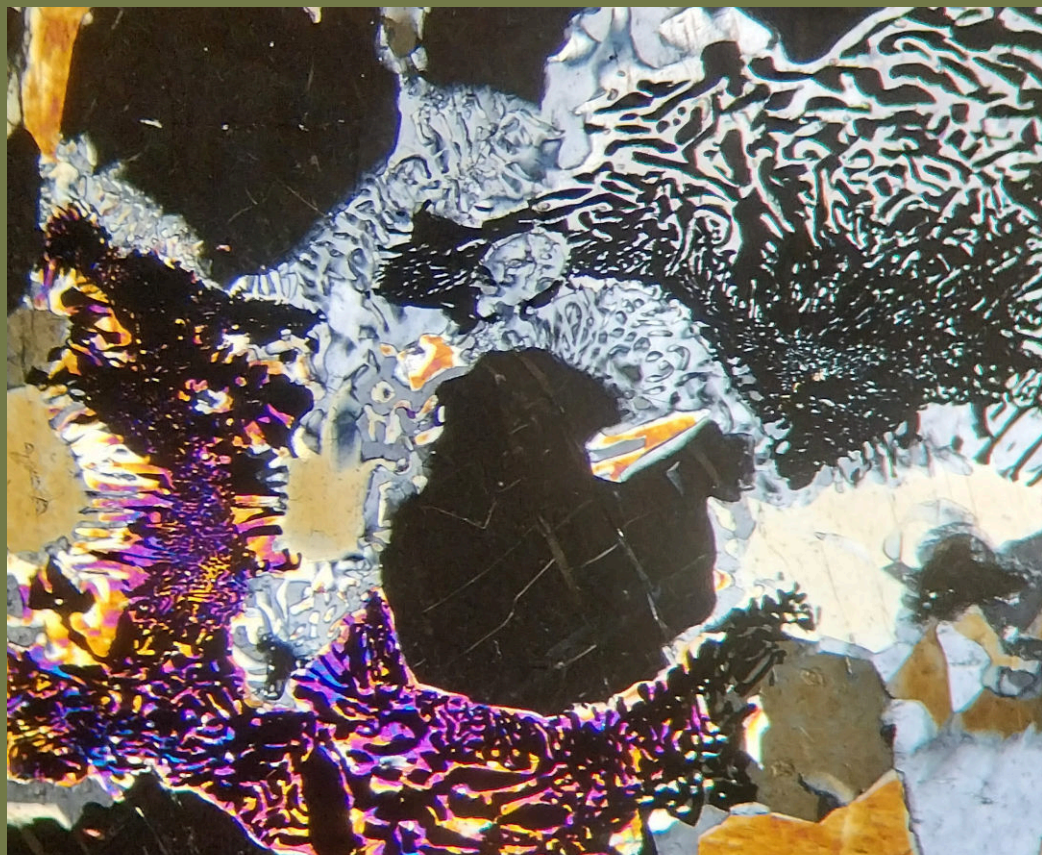


ATLAS PETROGRÁFICO DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS



HELENA PIVOTO PAIVA
WAGNER DA SILVA AMARAL

BCCL

BIBLIOTECA CENTRAL
CESAR LATTES

ATLAS PETROGRÁFICO DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS

Helena Pivoto Paiva
Wagner da Silva Amaral



BCCL | BIBLIOTECA CENTRAL
CESAR LATTES



2025

Dados da Catalogação Internacional na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UNICAMP

P166a Paiva, Helena Pivoto, 1994-
Atlas petrográfico do município de Campinas [recurso eletrônico] /
Helena Pivoto Paiva, Wagner da Silva Amaral. – Campinas, SP:
UNICAMP/BCCL, 2025.
1 recurso online; il.

Modo de acesso: WWW

Publicação digital (e-book) no formato PDF. [705.000 KB]

ISBN 978-65-88816-93-6

DOI: 10.20396/ISBN9786588816936

1. Geologia – Campinas (SP). 2. Petrologia – Campinas (SP). 3. Rochas. 4. Mineralogia. I. Amaral, Wagner da Silva, 1979. II. Título.

25-035

CDD – 551.098161

Bibliotecário: Gildenir Carolino Santos – CRB-8ª/5447

Publicação digital – Brasil
1ª edição – setembro de 20205



Atribuição - Não Comercial - Compartilha Igual CC BY-NC-SA

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam a você o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Agradecimentos

O desenvolvimento deste Atlas só foi possível devido à inúmeras contribuições desde amostras, ajudas, dicas, correções e incentivos. Sou grata ao Laboratório de Paleohidrogeologia da Unicamp, ao professor Dr. Wagner Amaral que compartilhou parte de seu acervo pessoal, e ao Instituto de Geociências da Universidade de Campinas (coleção didática da vitrine) pelas amostras e lâminas gentilmente cedidas para a confecção deste Atlas.

Agradeço em especial aos meus queridos e eternos PEDs, Lucas, Bruno e Fernando, que não mediram esforços para me ajudar sempre que precisei, que não foram poucas vezes.

Ademais, sou muito grata pela parceria e por tudo que pude aprender com meu orientador, professor Dr. Wagner da Silva Amaral, que abraçou a ideia deste projeto, me apoiou e confiou no resultado.

Meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. David Debruyne e à Profa. MSc. Erica Cabral pela avaliação e contribuição valiosa para o aperfeiçoamento deste projeto.

Agradeço também ao Instituto de Geociências e seus colaboradores, à Unicamp e aos professores e PEDs que me auxiliaram e me incentivaram ao longo da graduação, que culminou com a confecção deste Atlas.

Sou grata por todo apoio de familiares próximos, principalmente de minha mãe que sempre esteve presente e vibrando a cada conquista. Agradeço aos amigos e colegas, que conheci na Unicamp e que me acompanharam durante todos esses anos.

Por fim, agradeço a possibilidade de publicação deste Atlas pela editora Biblioteca Central Cesar Lattes (BCCL) da Universidade de Campinas, parceria imprescindível para a conclusão e difusão deste projeto.

Wagner Amaral agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio ao desenvolvimento desta iniciativa por meio do projeto de pesquisa “Origem e grau de Enriquecimento de cobalto em minérios de manganês” (Processo 407255/2022-2) e da Bolsa de Produtividade em pesquisa (Processo 301375/2025-9). Os recursos concedidos foram importantes para viabilizar parte da construção deste Atlas de Petrografia do Município de Campinas, que se insere no esforço contínuo de integração entre ensino, pesquisa e extensão no Instituto de Geociências da UNICAMP.

Sobre os autores



Helena Pivoto Paiva é geóloga formada pela Universidade Estadual de Campinas, onde desenvolveu iniciações científicas e trabalho de conclusão de curso voltados à mineralogia e petrografia. Foi premiada por “Honra ao Mérito” pelo CREA-SP como aluna destaque no curso de Geologia. Autora do “Guia de Identificação de Minerais de Minério” (Paiva et al., 2025/ISBN 978-65-88816-71-4).

e-mail: helenapivotopaiva@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7127586864142711>

Wagner da Silva Amaral é geólogo formado pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), onde também obteve os títulos de Mestre, Doutor e Livre-Docente em Geociências. Realizou pós-doutorado na Cardiff University (Reino Unido) e atualmente é Professor Associado no Instituto de Geociências da UNICAMP. Sua atuação concentra-se nas áreas de petrologia metamórfica, geotectônica e metalogênese, com pesquisas voltadas à evolução crustal e à gênese de depósitos minerais estratégicos, como manganês, cobalto, grafita e lítio. É Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq e Vice-Presidente do Núcleo São Paulo da Sociedade Brasileira de Geologia. Paralelamente às atividades de ensino e pesquisa, coordena projetos de extensão voltados à divulgação científica e à valorização da geodiversidade.



e-mail: wamaral@unicamp.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6620892688533211>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1330-2297>

Prefácio

A elaboração do Atlas Petrográfico do Município de Campinas tem como objetivo reunir, em um formato ilustrado e didático, conhecimentos geológicos e petrográficos sobre o território municipal. Trata-se de um material destinado tanto à sociedade em geral quanto a estudantes, professores, pesquisadores e profissionais interessados na compreensão da geodiversidade e dos recursos naturais de Campinas.

O Atlas inicia-se com uma breve apresentação de noções fundamentais de geologia, seguida de uma síntese do contexto geológico regional e local no qual se insere o município de Campinas. Na sequência, são descritos os principais domínios litológicos que compõem o substrato geológico municipal, a partir de revisão bibliográfica atualizada, acompanhada de um mapa geológico que integra a distribuição das rochas e os pontos de coleta das amostras analisadas.

Na seção dedicada às litologias, os resultados obtidos nos quatro domínios geológicos identificados no município são organizados em subseções específicas de acordo com o tipo de rocha: sedimentares, ígneas, metamórficas e outras ocorrências de caráter estrutural ou incomum. As descrições reúnem informações macroscópicas e microscópicas, ilustradas por imagens de amostra de mão e fotomicrografias, compondo um registro técnico e visual que valoriza a diversidade petrográfica presente em Campinas.

Sumário

1 Introdução	17
2 Conceitos Básicos de Geologia	18
2.1 Minerais: definição e classificação	19
2.2 Tipos de rochas	22
2.3 Texturas e estruturas comuns em microscopia e em campo	27
2.4 Ambientes tectônicos e conceitos relacionados.....	30
2.5 Tempo geológico e aplicações da Geologia	31
3 Materiais e Métodos	32
4 Contexto Geológico	33
4.1 Regional	33
4.2 Local	37
5 Litologias	42
5.1 Rochas Sedimentares	42
5.1.1 Arenito arcoseano	42
5.1.2 Ritmito	43
5.1.3 Siltito	44
5.1.4 Siltito com briófitas	47
5.1.5 Siltito com megásporos	49
5.2 Rochas Ígneas	51
5.2.1 Diabásio Serra Geral	51
5.2.2 Suíte Jaguariúna	54
5.2.3 Suíte Morungaba	60
5.3 Rochas Metamórficas.....	65
5.3.1 Biotita-hornblenda gnaiss com granada	65
5.3.2 Biotita gnaiss	68
5.3.3 Clinopiroxênio-granada anfibolito	70
5.3.4 Clinopiroxênio-ilmenita-granada anfibolito	74
5.3.5 Granada-hornblenda-biotita gnaiss	78
5.3.6 Granulito de composição enderbítica	84

5.3.7 Granulito máfico	88
5.4 Outras Rochas	89
5.4.1 Aplito	89
5.4.2 <i>Augen</i> gnaiss milonítico.....	91
5.4.3 Gnaiss com ultracataclasito.....	92
5.4.4 Gnaiss protomilonítico com dique	101
5.4.5 Hornblenda gnaiss dobrado	102
5.4.6 Pegmatito	103

6 Conclusão	105
--------------------	------------

Referências	106
--------------------	------------

Lista de Figuras

Figura 1. Exemplos de propriedades minerais. (A) Cianita em luz natural (PPL) e a nicóis cruzados (XPL), com sua cor de interferência característica. (B) Cianita extinta obliquamente (XPL). (C) Estauroлита em luz natural (PPL) e em posição de extinção, paralela ou reta (XPL). (D) Quartzo exibindo extinção ondulante (XPL). PPL - <i>plane polarized light</i> - luz transmitida plana; XPL - <i>cross polarized light</i> - luz transmitida cruzada.	20
Figura 2. Ciclo circular das rochas. Traduzido de Whitmeyer et. al (2007). ..	23
Figura 3. Síntese esquemática do tempo geológico. Adaptado de Cohen et. al (2024).....	31
Figura 4. Compartimentação tectônica simplificada do Brasil, mostrando as coberturas fanerozoicas, os domínios orogênicos neoproterozoicos e os crátons. Traduzido de Alkmim e Martins-Neto (2005)	34
Figura 5. Mapa tectônico simplificado do sudeste do Brasil, evidenciando o município de Campinas, o Orógeno Brasília, o Cráton São Francisco e o Orógeno Ribeira. Traduzido de Amaral et al. (2019).	35
Figura 6. Mapa geológico simplificado do município de Campinas com destaque para os pontos de coleta das amostras expostas no Atlas. Adaptado de Oliveira e Amaral (2025)	39
Figura 7. Arenito arcoseano - Estrutura maciça e coloração rosada.	42
Figura 8. Ritmito - Evidência da alternância rítmica entre camadas de arenito e argilito.	43
Figura 9. Siltito - Amostra de mão maciça cinza claro.	44
Figura 10. Siltito - Estrutura plano-paralela e contraste entre porções da lâmina com e sem óxido de ferro. Grão caído de areia ao centro. (A) PPL. (B) XPL. Qtz: Quartzo.	45
Figura 11. Siltito - Grão caído de areia bordejado por óxido de ferro e argila. (A) PPL. (B) XPL. Qtz: Quartzo.	46
Figura 12. Siltito com briófitas. (A) Amostra de mão maciça com fósseis de briófitas (amostra CP1 431). (B) Destaque para os fósseis da porção interior ao retângulo amarelo.	48
Figura 13. Siltito com megásporos - Presença abundante de megásporos, feições arredondadas mais escuras que a matriz da rocha.	49

Figura 14. Siltito com megásporos - Dois megásporos isolados da matriz fotografados em lupa (amostra CP1 563). (A/C) Vista frontal dos megásporos e estrutura trilete em ângulo lateral. (B/D) Vista distal.....	50
Figura 15. Diabásio Serra Geral - Estrutura maciça e capa de alteração alaranjada.	51
Figura 16. Diabásio Serra Geral - Textura ofítica-subofítica com ripas de plagioclásio envoltas por cristais de piroxênio. (A) PPL. (B) XPL. Aug: Augita; Pl: Plagioclásio.	52
Figura 17. Diabásio Serra Geral - Textura intersticial do tipo intergranular com clinopiroxênios ocupando espaços entre plagioclásios. (A) PPL. (B) XPL. Aug: Augita; Pl: Plagioclásio.	53
Figura 18. Suíte Jaguariúna - Fácies de estrutura maciça e coloração cinza alaranjado.	54
Figura 19. Suíte Jaguariúna - Fácies de granulação predominantemente fina. ..	55
Figura 20. Suíte Jaguariúna - Fenocristais de feldspato alcalino em textura porfírica.	55
Figura 21. Suíte Jaguariúna - Fácies foliada/bandada com cristais estirados e organização em bandas.....	56
Figura 22. Suíte Jaguariúna - Estrutura foliada marcada por bandas félsicas (Qtz e Kfs) e máficas (Bt). (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.	57
Figura 23. Suíte Jaguariúna - Cloritização de biotitas. Destaque para a cor de interferência anômala “berlim blue” da clorita. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Chl: Clorita; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.	58
Figura 24. Suíte Jaguariúna - Textura pertítica no fenocristal de feldspato alcalino e textura mirmekítica incipiente no centro da fotomicrografia. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.	59
Figura 25. Suíte Morungaba - Fácies de granulação grossa e coloração alaranjada. Classificado como Álcali-feldspato granito.	60
Figura 26. Suíte Morungaba - Leucogranito equigranular de coloração cinza. .	61
Figura 27. Suíte Morungaba - Feldspato granito rosado, maciço e equigranular.	61
Figura 28. Suíte Morungaba - Fácies de coloração rósea e fenocristais de feldspato. Textura Rapakivi, feldspato alcalino bordejado por plagioclásio.	62

Figura 29. Suíte Morungaba - Saussuritização, processo de alteração em grãos de feldspato caracterizado por tons marrom-esverdeados. (A) PPL. (B) XPL. Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.	63
Figura 30. Suíte Morungaba - Textura inequigranular evidenciada pelos grãos de quartzo menores em relação aos feldspatos alcalinos. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.	64
Figura 31. Bt-hbl gnaiss com granada - Estrutura bandada distinta em porções félsicas e máficas.	65
Figura 32. Bt-hbl gnaiss com granada - Estruturado em bandas félsicas e máficas. Foliação marcada pelo arranjo isorientado das hornblendas e biotitas. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.	66
Figura 33. Bt-hbl gnaiss com granada - Destaque para a banda máfica com a presença de granada, biotita e hornblenda. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.....	67
Figura 34. Bt gnaiss - Estrutura bandada com minerais estirados. Coloração cinza médio com bandas esbranquiçadas.....	68
Figura 35. Bt gnaiss - Banda máfica marcada pela textura lepidoblástica com biotitas orientadas. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.	69
Figura 36. Cpx-grt anfibolito - Destaque para o simplectito de Cpx+Ilm. (A) PPL. (B) XPL. Cpx: Clinopiroxênio; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Ilm: Ilmenita.	71
Figura 37. Cpx-grt anfibolito - Textura simplectítica e coronítica incipiente, com simplectitos de Cpx+Pl circunscrevendo grãos de granada. (A) PPL. (B) XPL. Cpx: Clinopiroxênio; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Ilm: Ilmenita; Pl: Plagioclásio.	72
Figura 38. Cpx-grt anfibolito - Textura poiquiloblástica destacada por inclusões de zircão na granada central. (A) PPL. (B) XPL. Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Ilm: Ilmenita; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.	73
Figura 39. Cpx-ilm-grt anfibolito - Amostra de mão maciça de coloração cinza escuro.....	74

- Figura 40.** Cpx-ilm-grt anfibolito - Textura coronítica marcada por granadas bordejadas por simplectitos de Cpx+Pl em sua borda e Cpx+Ilm na sequência. (A) PPL. (B) XPL. Cpx: Clinopiroxênio; Grt: Granada; Ilm: Ilmenita; Pl: Plagioclásio; Prg: Pargasita. 75
- Figura 41.** Cpx-ilm-grt anfibolito - Textura simplectítica resultante de desestabilização das fases minerais de pico metamórfico. (A) PPL. (B) XPL. Cpx: Clinopiroxênio; Grt: Granada; Ilm: Ilmenita; Pl: Plagioclásio; Prg: Pargasita. . 76
- Figura 42.** Cpx-ilm-grt anfibolito - Textura granoblástica e simplectitos de Cpx+Ilm e Prg+Ilm. (A) PPL. (B) XPL. Cpx: Clinopiroxênio; Ilm: Ilmenita; Pl: Plagioclásio; Prg: Pargasita; Qtz: Quartzo. 77
- Figura 43.** Grt-hbl-bt gnaiss - Estrutura estromática marcada por leucossoma, porção mais clara horizontal (ao centro), e melanossoma, feições lineares mais escuras que a matriz e que bordejam o leucossoma. 78
- Figura 44.** Grt-hbl-bt gnaiss - Estrutura em veios com porções mais claras destacadas da matriz da rocha, representando o leucossoma oriundo do processo de migmatização. 79
- Figura 45.** Grt-hbl-bt gnaiss - Textura granolepidoblástica com a foliação destacada pela biotita. (A) PPL. (B) XPL. Aln: Allanita; Bt: Biotita; Grt: Granada; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo. 80
- Figura 46.** Grt-hbl-bt gnaiss - Textura nematoblástica e lepidoblástica evidenciadas pela isorientação da hornblenda e biotita, respectivamente. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo. 81
- Figura 47.** Grt-hbl-bt gnaiss - Bandamento marcado pelas bandas félsicas e máficas. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo; Zrn: Zircão..... 82
- Figura 48.** Grt-hbl-bt gnaiss - Destaque para a porção mais máfica constituída por granada (ao centro), biotita e hornblenda. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Grt: Granada; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo. 83
- Figura 49.** Granulito de composição enderbítica - Amostra de mão cinza escuro com porções esverdeadas e granulação média a grossa. 84

Figura 50. Granulito de composição enderbítica - Textura porfiroblástica evidenciada pelo cristal de Opx de dimensão maior em relação aos minerais da matriz. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Cpx: Clinopiroxênio; Opx: Ortopiroxênio; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.	85
Figura 51. Granulito de composição enderbítica - Estrutura maciça e textura granoblástica. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Opx: Ortopiroxênio; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.	86
Figura 52. Granulito de composição enderbítica - Formação incipiente de bandas félsicas e máficas. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Cpx: Clinopiroxênio; Grt: Granada; Opx: Ortopiroxênio; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.....	87
Figura 53. Granulito máfico - Cristais de ortopiroxênio esverdeados em contraste com a matriz grossa cinza muito escuro.	88
Figura 54. Aplito - Rocha maciça de coloração cinza claro e aspecto sacaroidal.	89
Figura 55. Aplito - Extinção ondulante em grãos de quartzo e textura pertítica em feldspato alcalino (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.	90
Figura 56. <i>Augen</i> gnaiss milonítico - Porfiroblastos elípticos centimétricos de feldspato alcalino róseo em contraste com a matriz cinza do gnaiss.	91
Figura 57. Ultracataclasito em gnaiss - Ultracataclasito, feições horizontais de coloração mais escura em destaque no centro da amostra.....	92
Figura 58. Ultracataclasito em gnaiss - Textura nematoblástica e lepidoblástica definidas por cristais de hornblenda e biotita compondo a foliação. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.....	93
Figura 59. Ultracataclasito em gnaiss - Destaque para a banda máfica com epidoto de hábito maciço e clinozoisita prismática. (A) PPL. (B) XPL. Czo: Clinozoisita; Ep: Epidoto.	94
Figura 60. Ultracataclasito em gnaiss - Ultracataclasito cortando a foliação mais antiga e se difundindo através de seus planos. (A) PPL. (B) XPL. Ep: Epidoto; Qtz: Quartzo.	95
Figura 61. Ultracataclasito em gnaiss - Microfalha bem definida interceptando cristais de hornblenda. (A) PPL. (B) XPL. Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.	96

Figura 62. Ultracataclasito em anfibolito - Textura granoblástica e poiquiloblástica evidenciada pelas inclusões na granada central. (A) PPL. (B) XPL. Hbl: Hornblenda; Grt: Granada; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.	98
Figura 63. Ultracataclasito em anfibolito - Ultracataclasito preenchido por carbonato e microfalhas geradas em regime rúptil. (A) PPL. (B) XPL. Hbl: Hornblenda; Qtz: Quartzo.	99
Figura 64. Ultracataclasito em anfibolito - Pares de fratura conjugados bem evidentes e textura simplectítica incipiente exibida por mineral opaco. (A) PPL. (B) XPL. Hbl: Hornblenda; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.	100
Figura 65. Gnaiss protomilonítico com dique - Gnaiss intrudido por rocha ígnea granítica alaranjada na forma de dique.	101
Figura 66. Hbl gnaiss dobrado - Dobras muito evidentes no bandamento gnáissico de coloração alternada entre alaranjado e cinza.	102
Figura 67. Pegmatito - Amostra de mão alaranjada de granulação muito grossa com porções cinza claro. Destaque para a abundância e tamanho dos cristais de feldspato alcalino alaranjados.	103
Figura 68. Pegmatito - Textura pertítica e inequigranular em evidência. (A) PPL. (B)XPL. Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.	104

Lista de Tabelas

Tabela 1. Escala de tamanho do grão para sedimentos clásticos e rocha formada. Adaptado de Nichols (2009).	24
Tabela 2. Granulação e intervalo de tamanho absoluto do grão. Extraído de MacKenzie et. al (1982).	25
Tabela 3. Índice de cor e proporção de minerais máficos. Extraído de MacKenzie et. al (1982).	25
Tabela 4. Abreviações minerais de acordo com Kretz (1983).	32
Tabela 5. Pontos de coleta das amostras analisadas.	40

1. Introdução

O conhecimento acerca da conformação geológica de uma região é de fundamental importância para a sociedade. Para que diversas atividades humanas possam se desenvolver harmonicamente em relação ao meio ambiente é essencial o entendimento acerca da geologia, da fauna, da flora, dos recursos hídricos e naturais e de aspectos históricos regionais. Além disso, a geologia é a ciência que guarda os registros de bilhões de anos sobre a formação do Planeta Terra e do universo.

No contexto do município de **Campinas**, os estudos geológicos revelam a presença de um **embasamento cristalino proterozoico**, composto por rochas ígneas e metamórficas, intrudido localmente por corpos graníticos. Esse embasamento é recoberto por formações sedimentares mais recentes e depósitos coluviais. As rochas aflorantes registram eventos associados à evolução do **Orógeno Brasília Meridional**, e vêm sendo estudadas por meio de mapeamentos, perfis de afloramentos e análises petrográficas, geoquímicas e geocronológicas.

O entendimento das litologias locais é fundamental para a **geomecânica do terreno**, a **estabilidade de encostas**, a **qualidade de aquíferos fraturados** e a avaliação do **comportamento dos solos** derivados dessas rochas. Em um município altamente urbanizado como Campinas, compreender o substrato geológico é essencial para promover o uso racional do espaço e o manejo sustentável de seus recursos naturais.

Este **Atlas Petrográfico** tem como objetivo apresentar e descrever as rochas que ocorrem no município de Campinas com base em observações de campo e análises mesoscópicas e microscópicas. Por meio de imagens, descrições detalhadas e interpretações petrográficas, o leitor será conduzido pela diversidade litológica da região, ampliando o conhecimento sobre os materiais geológicos que sustentam a paisagem, a infraestrutura e a história natural de Campinas.

2. Conceitos Básicos de Geologia

A **Geologia** é a ciência que investiga a Terra em todos os seus aspectos físicos e históricos, abrangendo desde a estrutura interna do planeta até os processos superficiais que moldam o relevo e controlam a dinâmica ambiental. Estudar Geologia é compreender os materiais que compõem a crosta terrestre, como rochas e minerais, bem como os processos responsáveis por sua formação, transformação e disposição espacial ao longo do tempo geológico.

No cerne da Geologia está o entendimento de que o planeta é dinâmico e está em constante evolução. Os continentes se movimentam, cadeias de montanhas se formam e se desgastam, oceanos se abrem e se fecham, e os ambientes deposicionais e tectônicos se modificam em escalas temporais que se estendem de milhares a bilhões de anos. Para compreender esses fenômenos, a Geologia se apoia em diversas disciplinas integradas, como a **mineralogia**, a **petrologia**, a **estratigrafia**, a **geologia estrutural**, a **geocronologia**, a **geoquímica**, a **geotectônica** e a **paleontologia**.

2.1 Minerais: definição e classificação

Os **minerais** são os blocos construtores das rochas. São substâncias **naturais, sólidas, inorgânicas, de composição química definida (ou restrita) e estrutura cristalina ordenada**. A identificação e classificação dos minerais é essencial para a caracterização petrográfica das rochas.

Os minerais são frequentemente agrupados de acordo com seu conteúdo em elementos leves ou pesados e sua coloração. Nesse contexto, utilizam-se dois grupos descritivos importantes:

- **Minerais félsicos:** são minerais ricos em sílica e elementos leves como alumínio, potássio e sódio. Geralmente têm coloração clara. Exemplos incluem quartzo, feldspatos (ortoclásio e plagioclásio sódico), muscovita, apatita.
- **Minerais máficos:** são minerais ricos em ferro, magnésio e cálcio, geralmente de coloração escura (preta, verde-escura ou marrom). Exemplos incluem piroxênios, anfibólios, olivina e biotita. São comuns em rochas básicas e ultramáficas.

No estudo petrográfico, ao microscópio de luz polarizada, os minerais também são classificados segundo **a forma dos cristais** (ou grau de automorfismo) e o grau de interferência óptica. Os principais termos utilizados incluem:

- **Idioblástico (ou euédrico):** mineral com contorno bem cristalizado e formas cristalinas preservadas. Indica crescimento livre em espaço disponível, ou cristalização precoce.
- **Subidioblástico (ou subédrico):** mineral com contornos parcialmente cristalinos e irregulares, indicando crescimento restrito ou interferência de cristais vizinhos.
- **Xenoblástico (ou anédrico):** mineral sem forma cristalina definida, com bordas irregulares. Indica crescimento tardio ou em ambientes restritivos, com interferência total de outros cristais.

Do ponto de vista da **mineralogia óptica**, fundamental neste Atlas, os minerais são estudados em **lâminas delgadas** por meio de microscópio petrográfico de luz polarizada, o que permite observar:

- **Birrefringência** (intensidade e cor da interferência (Figura 1A));
- **Extinção** (oblíqua, reta ou ondulante (Figura 1B, 1C, 1D, respectivamente));
- **Clivagem, relevo, pleocroísmo e interferência cruzada;**
- **Forma cristalina, textura e associação mineralógica.**

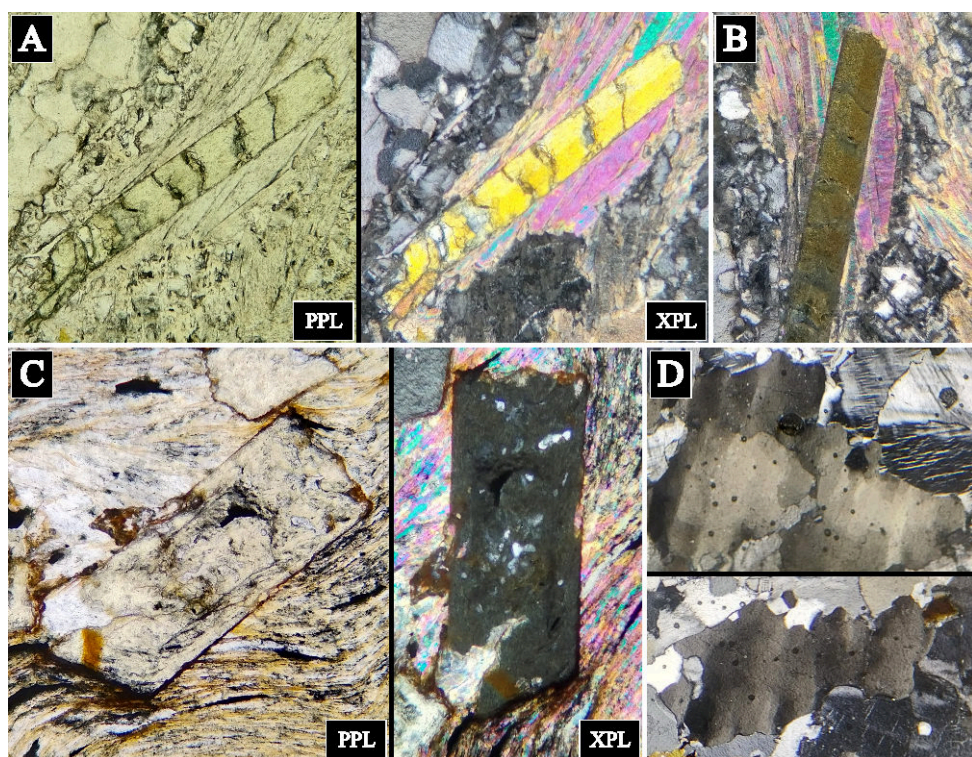


Figura 1. Exemplos de propriedades minerais. (A) Cianita em luz natural (PPL) e a nicóis cruzados (XPL), com sua cor de interferência característica. (B) Cianita extinta obliquamente (XPL). (C) Estaurolita em luz natural (PPL) e em posição de extinção, paralela ou reta (XPL). (D) Quartzo exibindo extinção ondulante (XPL). PPL - *plane polarized light* - luz transmitida plana; XPL - *cross polarized light* - luz transmitida cruzada.

A classificação dos minerais pode ser feita em grandes grupos químicos (como silicatos, óxidos, sulfetos, carbonatos) e também segundo o **sistema cristalino**, a **dureza**, a **densidade** e outras propriedades diagnósticas.

Em petrografia, os minerais são ainda classificados em:

- **Minerais essenciais:** dominam a composição da rocha (ex.: quartzo, feldspato, olivina, piroxênios, micas).
- **Minerais acessórios:** presentes em menor quantidade, mas com valor interpretativo (ex.: zircão, apatita).
- **Minerais opacos:** impedem a passagem da luz sob microscópio ótico de luz transmitida, exibindo coloração escura e ausência de propriedades óticas (ex.: magnetita, ilmenita, pirita).
- **Minerais secundários:** formados por alteração ou reações metamórficas (ex.: clorita, sericita, epidoto).

Nesta publicação são abordados três processos de alteração formadores de minerais secundários:

- **Cloritização:** substituição progressiva de minerais ferromagnesianos como biotita e anfibólios por clorita.
- **Saussuritização:** alteração de feldspatos em que se forma uma massa esverdeada composta por albita e sericita por exemplo.
- **Sericitização:** formação de sericita devido à alteração de feldspatos.

2.2 Tipos de rochas

Um dos pilares do conhecimento geológico é a **classificação das rochas**, que são agregados naturais de minerais. As rochas são tradicionalmente agrupadas em três tipos principais:

- **Rochas ígneas (ou magmáticas):** formadas pelo resfriamento e solidificação de magmas. Podem ser **intrusivas**, quando cristalizam no interior da crosta, como os granitos, ou **extrusivas**, quando se solidificam na superfície, como os basaltos. Duas variações de intrusão ígnea são: os **diques**, que são corpos tabulares discordantes em relação às rochas encaixantes, e os **sills** ou **soleiras**, que são concordantes à estrutura das encaixantes. Ambas as rochas estão presentes na nossa região.
- **Rochas sedimentares:** originadas da deposição e litificação de sedimentos provenientes da erosão de rochas preexistentes (Rocha Sedimentar Clástica) ou da precipitação e deposição de minerais (Rocha Sedimentar Química), e também da acumulação de matéria orgânica (Rocha Sedimentar Biogênica). Exemplos incluem arenitos, siltitos, calcários e folhelhos. Existem muitas rochas sedimentares na região oeste do município de Campinas.
- **Rochas metamórficas:** resultam da transformação de rochas pré-existentes sob altas temperaturas e pressões. O metamorfismo pode modificar tanto a mineralogia quanto a textura das rochas originais. Um exemplo clássico é o **gnaisse**, uma rocha metamórfica de granulação grossa e estrutura bandada, comum na região de Campinas.

Esses três tipos rochosos podem ser compreendidos através do “**ciclo circular das rochas**” (Figura 2), que ilustra a inter-relação entre eles e as possibilidades e processos de transformação de uma rocha em outra.

Por exemplo, uma rocha ígnea pode ao longo do tempo geológico sofrer processos de intemperismo, erosão, transporte e deposição e se transformar em uma rocha do tipo sedimentar.

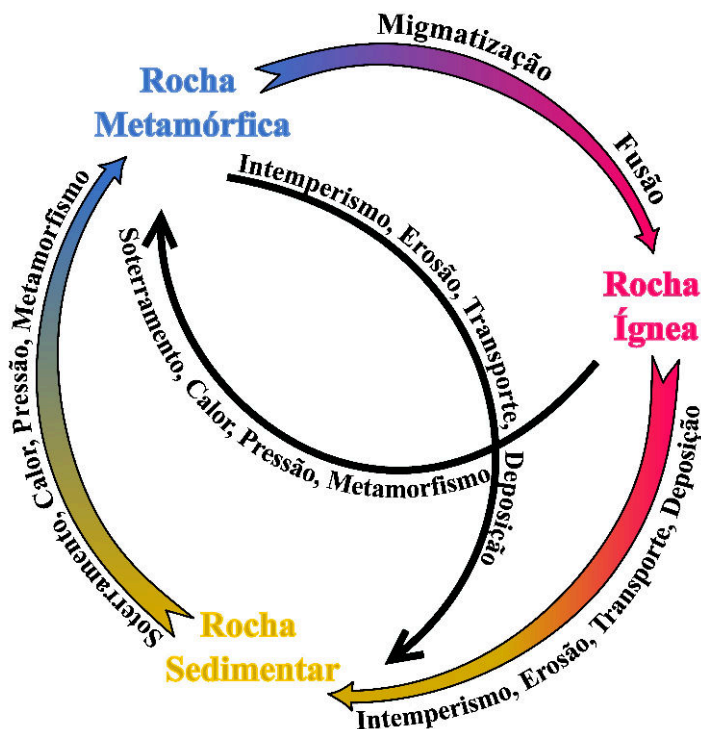


Figura 2. Ciclo circular das rochas. Traduzido de Whitmeyer et. al (2007).

As **rochas sedimentares clásticas**, tipo de rocha sedimentar presente no município de Campinas, têm como base a granulometria dos grãos ou clastos para sua classificação conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Escala de tamanho do grão para sedimentos clásticos e rocha formada. Adaptado de Nichols (2009).

Diâmetro do sedimento (mm)	Nome do sedimento	Rocha formada
maior que 256	Matacão	Conglomerado
16-256	Bloco ou calhau	
4-16	Seixo	
2-4	Grânulo	
1-2	Areia muito grossa	Arenito
0,50-1	Areia grossa	
0,25-0,50	Areia média	
0,125-0,25	Areia fina	
0,063-0,125	Areia muito fina	
0,031-0,063	Silte grosso	Lamito (Siltito/Argilito)
0,0156-0,031	Silte médio	
0,0078-0,0156	Silte fino	
0,0039-0,0078	Silte muito fino	
menor que 0,0039	Argila	

Duas classificações usuais, utilizadas neste Atlas, para **rochas cristalinas**, ou seja, rochas ígneas e metamórficas, são:

- **Granulação:** classsificação que tem como base o tamanho absoluto dos cristais (Tabela 2).

Tabela 2. Granulação e intervalo de tamanho absoluto do grão. Extraído de MacKenzie et. al (1982).

Granulação	Diâmetro do grão
Grossa	maior que 5 mm
Média	entre 1 e 5 mm
Fina	menor que 1 mm

- **Índice de cor:** classificação baseada na proporção de minerais máficos (Tabela 3).

Tabela 3. Índice de cor e proporção de minerais máficos. Extraído de MacKenzie et. al (1982).

Índice de cor	% de minerais máficos
Hololeucocrática	menor que 10%
Leucocrática	entre 10 e 35%
Mesocrática	entre 35 e 65%
Melanocrática	entre 65 e 90%
Holomelanocrática	maior que 90%

Em relação às **rochas metamórficas** é importante mencionar outros conceitos básicos:

- **Associação ou assembleia mineral:** todos os minerais que compõe determinada rocha.
- **Fácies:** permite estimar por meio da paragênese e associação mineral as condições, grau e tipo do metamorfismo sofrido por determinada rocha. Algumas das fácies definidas na literatura são: xisto-verde, anfibolito, granulito, xisto-azul e eclogito.
- **Paragênese:** conjunto de minerais estáveis em condições de pico metamórfico, que reflete a fácies e o grau metamórfico da rocha.
- **Processo de migmatização:** processo ocorrido em condições de alto grau metamórfico, no qual há fusão parcial da rocha resultando em uma rocha composta por porções metamórficas (paleossoma, que não se fundiu) e ígneas (neossoma, parte que fundiu). Os migmatitos podem ser descritos também em função do leucossoma e melanossoma. O primeiro é formado principalmente por minerais félsicos e exibe uma coloração mais clara, o último é composto predominantemente por minerais máficos e bordeja o leucossoma em tons mais escuros.

2.3 Texturas e estruturas comuns em microscopia e em campo

Para a leitura e interpretação deste Atlas, é útil reconhecer algumas **texturas petrográficas** (relativas ao arranjo dos minerais) e **estruturas geológicas** (observáveis em escala de afloramento ou microscópica). Abaixo, definimos algumas das principais que aparecem ao longo do volume:

Texturas petrográficas

- **Cataclástica:** textura associada à deformação frágil, com granulação angular e fragmentação dos minerais.
- **Coronítica:** formação de bordas ou coronas de novos minerais ao redor de cristais pré-existentes, indicando reações reequilibrantes durante o metamorfismo.
- **Equigranular:** o tamanho dos cristais da rocha é aproximadamente semelhante.
- **Fanerítica:** minerais identificáveis a olho nu. O oposto seria a textura afanítica, na qual os minerais não podem ser identificados à vista desarmada.
- **Granoblástica:** textura equigranular formada por minerais anédricos ou subédricos, típica de rochas metamórficas recrystalizadas como quartzitos e mármore.
- **Holocristalina:** textura relativa à cristalinidade da rocha, que varia de holocristalina (composta somente por cristais) a holohialina (inteiramente vítrea) com a designação de hipocristalina ou hipohialina para composições intermediárias.
- **Inequigranular:** o tamanho dos cristais é substancialmente diferente. Um exemplo é a seguinte variedade:
 - **Porfirítica:** matriz da rocha fina em conjunto com cristais relativamente maiores, isto é, os **fenocrístais**.
- **Intersticial:** textura em que minerais máficos formam uma rede que contém entre seus interstícios cristais tardios, geralmente de feldspato e quartzo. Comum em rochas ígneas básicas e intermediárias.

- **Lepidoblástica:** textura em que minerais lamelares (como micas) estão orientados paralelamente, conferindo foliação à rocha.
- **Nematoblástica:** textura marcada por minerais prismáticos orientados (ex.: anfibólios, piroxênios).
- **Ofítica:** típica de rochas basálticas, em que cristais de piroxênio envolvem ou interescem com plagioclásios menores.
- **Pertítica:** lamelas de exsolução de feldspato sódico inclusas em feldspato potássico.
- **Poiquiloblástica:** porfiroblastos contendo inclusões de outros minerais mais antigos, indicando crescimento posterior do porfiroblasto.
- **Porfiroblástica:** presença de cristais maiores (porfiroblastos) embutidos em matriz de granulação mais fina.
- **Rapakivi:** textura característica de granitos alcalinos com megacristais arredondados de ortoclásio circundados por uma borda de plagioclásio. Indica processos magmáticos complexos, com reequilíbrio em múltiplos estágios.
- **Sacaroidal:** textura cristalina semelhante a cristais de açúcar.
- **Simplectítica:** intercrescimento fino e entrelaçado de dois ou mais minerais, típico de reações tardias em rochas metamórficas (ex.: ortopiroxênio + plagioclásio).
 - **Mirmekítica:** intercrescimento de plagioclásio e quartzo vermicular. É um subtipo da textura simplectítica.
- **Subofítica:** semelhante à textura ofítica, porém o piroxênio não envolve completamente os cristais de plagioclásio.

Estruturas geológicas

- **Boudins:** estruturas alongadas e fragmentadas de camadas mais rígidas dentro de matrizes dúcteis, típicas de regimes de cisalhamento.
- **Dique:** corpo ígneo intrusivo tabular discordante em relação às rochas encaixantes.
- **Dobra:** curvatura de camadas ou foliações, podendo ser aberta, fechada, isoclinal ou recumbente.
- **Estrutura maciça:** rocha sem organização interna.
- **Foliação:** plano de orientação preferencial dos minerais (ex.: xistosidade, bandamento gnáissico), comum em rochas submetidas à deformação dúctil.
- **Fraturas e falhas:** rupturas na rocha com ou sem deslocamento dos blocos.
- **Laminação plano-paralela:** finas camadas planas e horizontais paralelas entre si.
- **Lineação:** orientação linear de minerais, porfiroblastos ou estiramentos, associada a esforços tectônicos direcionais.
- **Sill ou soleira:** corpo ígneo intrusivo concordante à estrutura das rochas encaixantes.
- **Veios:** preenchimento de fraturas por minerais secundários (quartzo, calcita, turmalina), que indicam circulação de fluidos e processos pós-formação.

2.4 Ambientes tectônicos e conceitos relacionados

Neste Atlas são utilizados alguns termos relacionados à disciplina de Geotectônica descritos abaixo para auxiliar o leitor.

- **Amalgamação:** processo através do qual duas massas continentais se unem após colisão de placas (ex.: colagem do paleocontinente Gondwana).
- **Arco magmático:** região de atividade magmática que se forma sobre zonas de subducção (ex.: Cordilheira dos Andes).
- **Bacia sedimentar:** área rebaixada da crosta terrestre, onde ocorre o acúmulo de sedimentos ao longo do tempo. As rochas predominantes são sedimentares, podendo também ocorrer rochas vulcânicas (ex.: Bacia do Paraná).
- **Cráton:** porções estáveis da litosfera continental altamente resistentes à deformação e com raízes mantélicas (ex.: Cráton São Francisco e Amazônico).
- **Embasamento cristalino:** rochas pré-cambrianas ígneas e metamórficas que configuram o substrato ou alicerce para a deposição das sequências geológicas mais recentes.
- **Nappe:** camada de rocha deslocada de seu local de origem através de falhas de empurrão ou dobramentos (ex.: Nappe Socorro-Guaxupé).
- **Orógeno ou faixa móvel:** cadeia de montanha (erodida ou não) que se formou devido a esforços compressivos e atividade magmática na crosta continental (ex.: Cordilheira do Himalaia).
- **Regime de cisalhamento dúctil:** processo de deformação plástica da rocha que ocorre em níveis crustais médios e profundos. Milonito é um exemplo de rocha deste tipo de deformação.
- **Regime de cisalhamento rúptil:** processo de deformação frágil ou friccional da rocha em níveis crustais rasos. Cataclasito é um exemplar de rocha deste regime.

2.5 Tempo geológico e aplicações da Geologia

Outro conceito essencial é o do **tempo geológico**, que permite compreender a imensa escala temporal sobre a qual os processos geológicos operam. Por meio de ferramentas como a **datação radiométrica** e a **bioestratigrafia**, é possível reconstruir a história da Terra, dividida em éons, eras, períodos e épocas (Figura 3), desde sua formação há cerca de 4,5 bilhões de anos até os tempos atuais.

Além do interesse acadêmico, a Geologia possui aplicações práticas fundamentais. Ela é base para a **exploração de recursos minerais, energéticos e hídricos**, para o **planejamento urbano**, para a **engenharia civil e geotécnica**, e para a **prevenção de desastres naturais**. Também é essencial para ações de **educação ambiental** e **geoconservação**, destacando a importância da **geodiversidade** como patrimônio natural.

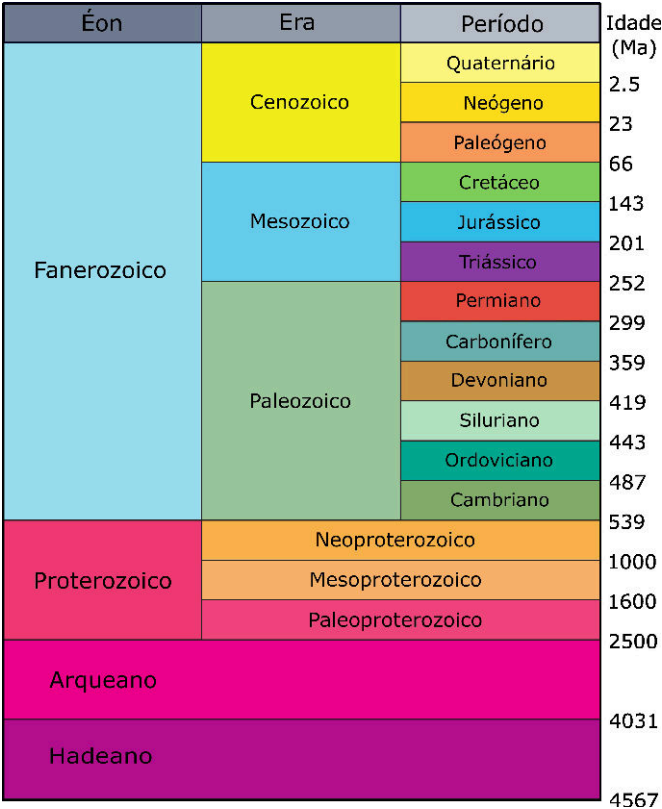


Figura 3. Síntese esquemática do tempo geológico. Adaptado de Cohen et. al (2024).

3. Materiais e Métodos

Para a confecção deste Atlas, amostras de mão e lâminas delgadas foram selecionadas e descritas. O material gentilmente cedido para as fotos e descrições está incluído na coleção científica de paleontologia do Laboratório de Paleohidrogeologia da Unicamp, na seção de vegetais (CP1), amostras CP1 431 (briófita) e CP1 563 (megásporos), no acervo pessoal do professor Dr. Wagner da Silva Amaral e na coleção didática exposta na vitrine do saguão do Instituto de Geociências da Universidade de Campinas.

O material inventariado está contido na seção Litologias organizado em subseções de acordo com o tipo de rocha, ou seja, rochas sedimentares, ígneas, metamórficas ou outras rochas, as quais apresentam feições estruturais ou são incomuns. Cada amostra conta com descrições textuais, além de fotomicrografias e/ou imagens de amostra de mão, a depender da litologia descrita.

Além disso, tem-se um mapa geológico simplificado da região de Campinas com os pontos de coleta das amostras em destaque, que conta com uma tabela de apoio com as coordenadas, toponímia e subseção do Atlas, isto é, tipo de rocha a qual a amostra em questão pertence. A padronização das imagens e identificação mineral nas fotomicrografias foi elaborada por meio do software Inkscape e a organização de todo material inventariado foi realizada com base no código LaTeX através da plataforma Overleaf. Por fim, ao longo do Atlas serão utilizadas abreviaturas como: PPL - luz transmitida plana (*plane polarized light*), XPL - luz transmitida cruzada (*cross polarized light*) e de nome de minerais como na Tabela 4.

Tabela 4. Abreviações minerais de acordo com Kretz (1983).

Aln	Allanita	Ep	Epidoto	Opx	Ortopiroxênio
Aug	Augita	Grt	Granada	Prg	Pargasita
Bt	Biotita	Hbl	Hornblenda	Pl	Plagioclásio
Cpx	Clinopiroxênio	Ilm	Ilmenita	Qtz	Quartzo
Czo	Clinozoisita	Kfs	K-feldspato	Ttn	Titanita
Chl	Clorita	Ms	Muscovita	Zrn	Zircão

4. Contexto Geológico

4.1 Regional

O município de Campinas ocupa a região limítrofe entre a Bacia Sedimentar do Paraná a oeste e o embasamento cristalino a leste (Amaral et al., 2019). O embasamento é parte do Orógeno Brasília, o qual é resultado do evento Brasiliano. Este processo ocorrido entre 640 e 520 Ma, durante o Neoproterozoico, foi responsável pela amalgamação do paleocontinente Gondwana ocidental (Alkmim e Martins-Neto, 2005).

Desse modo, formou-se dois sistemas orogênicos maiores: o Sistema Orogrênico Tocantins e o Sistema Orogrênico Mantiqueira (Figura 4). O primeiro compreende os orógenos que se formaram entre os crátons Amazônico, São Francisco e Rio de la Plata (Alkmim e Martins-Neto, 2005). O último é resultado do fechamento do paleo-oceano Adamastor, o qual era composto por várias microplacas que interagiram diacronicamente com a recém-formada placa São Francisco - Rio de la Plata (Campos Neto, 2000).

A Província Tocantins é composta por três regiões estruturalmente distintas: o Maciço Mediano de Goiás, na região central, a Faixa Paraguai-Araguaia, na região ocidental e as faixas Brasília e Uruaçu, na porção oriental (Almeida et al., 1981).

Em mais detalhe, o Orógeno Brasília Meridional, que é a área de interesse desta pesquisa, está inserido no Sistema Orogrênico Tocantins Meridional, estabelecido em decorrência do fechamento do paleo-oceano Goianides e da colisão entre as paleoplasmas Parapanema, margem ativa, e Sanfranciscana, margem passiva (Campos Neto et al., 2004).

Como resultado desta amalgamação, no domínio da margem ativa tem-se a Nappe Socorro-Guaxupé relacionada ao arco magmático e as Nappes do Sistema Andrelândia relacionadas ao prisma acrecionário, compostas por unidades metassedimentares (Campos Neto e Caby, 2000; Campos Neto et al., 2010). Já, no domínio da margem passiva encontra-se o embasamento arqueano e paleoproterozoico constituído por ortognaisses e rochas da margem passiva (Figura 5) (Cioffi et al., 2016a,b; Oliveira et al., 2019).

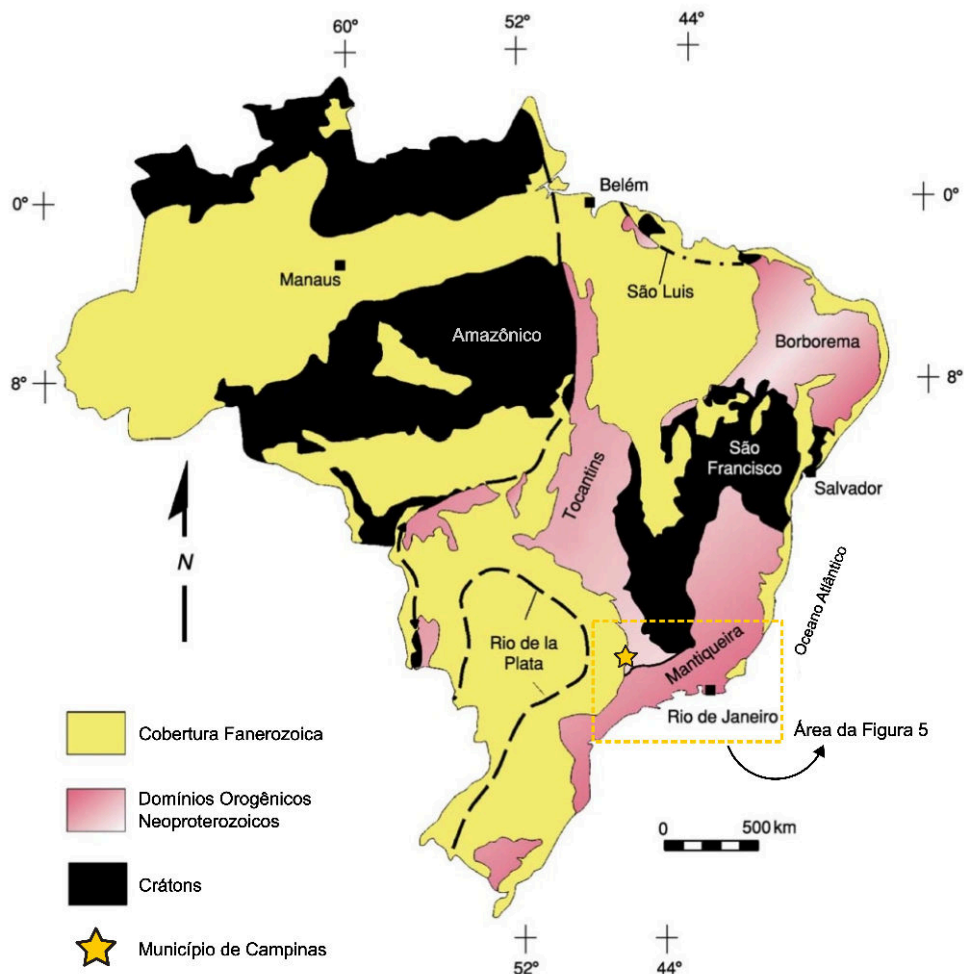


Figura 4. Compartimentação tectônica simplificada do Brasil, mostrando as coberturas fanerozoicas, os domínios orogênicos neoproterozoicos e os crátons. Traduzido de Alkmim e Martins-Neto (2005) - modificado de Almeida et al. (1981).

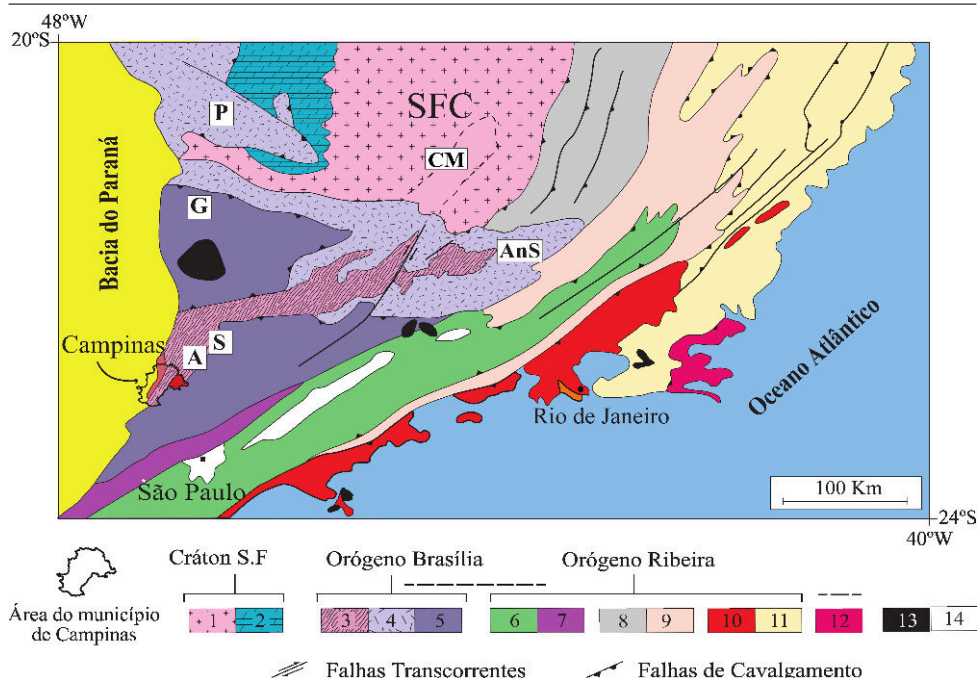


Figura 5. Mapa tectônico simplificado do sudeste do Brasil, evidenciando o município de Campinas, o Orógeno Brasília, o Cráton São Francisco e o Orógeno Ribeira, nesta ordem da esquerda para a direita. 1. Cráton São Francisco (Cinturão Mineiro (CM)); 2. Cobertura metassedimentar (Grupo Bambuí); 3. Embasamento do Orógeno Brasília Sul (Complexo Amparo (A)/Serra Negra, Complexo Pouso Alegre, Complexo Itapira); 4. Sistema de Nappes Andrelândia (An) e Nappe de Passos (P); 5. Nappe Socorro(S)–Guaxupé(G); 6. Terrenos Embú e Paraíba do Sul; 7. Terreno Apiaí; Orógeno Ribeira: 8. Domínio externo; 9. Domínio Juiz de Fora; 10. Arco Rio Negro (Terreno Oriental); 11. Terreno Oriental; 12. Terreno Cabo Frio; 13. Intrusões alcalinas do Cretáceo ao Cenozóico; 14. Bacias Cenozóicas. Traduzido de Amaral et al. (2019) - modificado de Trouw et al. (2013).

Já a Bacia Sedimentar do Paraná se estende por ampla área do continente sul-americano, isto é, 1,5 milhão de km², com seus registros sedimentares ocupando regiões do Brasil meridional, e porções do Paraguai, Argentina e Uruguai. Com eixo N-S e forma ovalada, seus limites são erosivos e resultado, em grande parte, da história geotectônica fanerozoica do continente (Milani et al., 2007).

Quanto à sua estratigrafia, a Bacia do Paraná pode ser dividida em seis Supersequências, que são separadas por expressivos hiatos deposicionais, e definidas por Milani (1997). Sendo elas: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo).

A área de interesse deste Atlas está relacionada à Supersequência Gondwana I, a qual exhibe o maior volume sedimentar da Bacia do Paraná com ampla variedade de ambientes deposicionais. Abrangendo desde sedimentação com influência glacial, no final do Carbonífero, até ambientes de deposição continental áridos, no início do Triássico (Milani, 1997).

Litoestratigraficamente, esta Supersequência engloba os pacotes sedimentares que correspondem ao Grupo Itararé e Formação Aquidauana, ao Grupo Guatá, ao Grupo Passa Dois e as formações Pirambóia e Sanga do Cabral (Milani et al., 2007).

4.2 Local

Como resultado do contexto regional de Campinas, isto é, o município situar-se na transição entre o Orógeno Brasília Sul e a Bacia Sedimentar do Paraná, a área do município é constituída por uma variedade de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares (Figura 6) que se distribuem em quatro domínios litológicos de direção NE-SW (Amaral et al., 2019).

O primeiro domínio situado na porção mais ocidental do município corresponde a Bacia do Paraná, onde predominam rochas sedimentares pertencentes ao Grupo Itararé, com idades variando do Neocarbonífero ao Eopermiano (Milani et al., 2007). Com menor contribuição em área, tem-se a Formação Serra Geral composta por *sills* e diques de diabásio datados do Cretáceo inferior (Marques e Ernesto, 2004), que intrudem o Grupo Itararé, na área de pesquisa (Amaral et al., 2022).

A deposição de sedimentos do Grupo Itararé ocorreu em contexto periglacial, o que propiciou a formação de ampla variedade de litologias, como diamictitos e arenitos maciços ou estratificados, siltitos, lamitos, ritmitos e tilitos (Arab et al., 2009; Milani et al., 2007). Além disso, são documentadas ocorrências de fósseis vegetais de briófitas, *Dwykea araroi* (Ricardi-Branco et al., 2013), e de megásporos de licófitas (Ricardi-Branco et al., 2016).

O segundo domínio, na porção central, é caracterizado pela presença de rochas ígneas porfiríticas denominadas de Suíte Jaguariúna. As litologias predominantes nessa suíte são granitoides foliados sin-orogênicos, com predomínio de hornblenda-biotita granito gnaisses e biotita granito gnáissico equigranular (Instituto Geológico, 1993). Oliveira e Silva (2016) atribuem idade de 631 Ma, obtida por geocronologia U-Pb em grãos de zircão, para granitoides grossos porfiríticos e deformados coletados na região de Campinas e pertencentes a esta suíte.

O terceiro domínio, ocorre na porção mais oriental nas regiões de Sousas e Joaquim Egídio, onde afloram as rochas graníticas da Suíte Granítica Morungaba. Wernick (1972) subdividiu esta suíte em granitos com fenocristais de feldspato e granitos equigranulares, com estes últimos individualizados em granitos róseos, cinzentos, “de dois feldspatos” (distintos em feldspatos róseo e esbranquiçado) e mesocráticos. Além disso, esta suíte pertence a nappe Socorro e predominam granitoides pós-colisionais, com idade estimada de 555 Ma para os granitos isotrópicos da região de Campinas (Oliveira e Silva, 2016).

Na porção centro-leste, atravessando todo o município na direção NE com aproximadamente cinco quilômetros de largura, ocorre o quarto domínio que corresponde ao embasamento pré-cambriano composto por rochas metamórficas de médio e alto grau (Amaral et al., 2022). No embasamento arqueano do orógeno Brasília Sul são reconhecidos três complexos de ortognaisses constituídos, por exemplo, por Biotita-hornblenda ortognaisses migmatíticos, Biotita ortognaisses migmatíticos, Biotita ortognaisses, denominados de Complexo Amparo, Heliadora-Minduri e Serra Negra, com o último também apresentando idades paleoproterozoicas (Cioffi et al., 2016b, Oliveira et al., 2019).

Já parte do embasamento paleoproterozoico, anteriormente nomeado Complexo Itapira, é denominado de Complexo Pouso Alegre de acordo com a classificação proposta e atualizada por Cioffi et al. (2016a) e Amaral et al. (2019). A priori, duas idades de cristalização são atribuídas a este Complexo, isto é, 2,08 e 2,15 Ga, o qual apresenta assinatura geoquímica de arco, possivelmente arco continental ou arco oceânico evoluído (Cioffi et al., 2016a). As litologias geralmente encontradas são: Biotita gnaisses e Biotita-hornblenda gnaisses geralmente com granada e epidoto, migmatitos, ortognaisses metatexíticos tonalíticos a granodioríticos com lentes e *boudins* de rochas metamáficas (Amaral et al., 2019; Cioffi et al., 2016a).

Por fim, duas zonas de cisalhamento dúcteis atravessam o município na direção NE-SW, a Zona de Cisalhamento Campinas (Csz) e a Zona de Cisalhamento Valinhos (Vsz). A primeira, separa o embasamento paleoproterozoico da Bacia do Paraná ao sul e da Suíte Jaguariúna ao norte. A segunda, é limitada a leste pela Suíte Granítica Morungaba e a oeste pelo embasamento (Amaral et al. 2018).

A seguir, é apresentado um mapa simplificado da região de Campinas com os domínios geológicos juntamente com os pontos de coleta das amostras analisadas (Figura 6), e uma tabela-síntese dos pontos de coleta e suas respectivas amostras (Tabela 5).

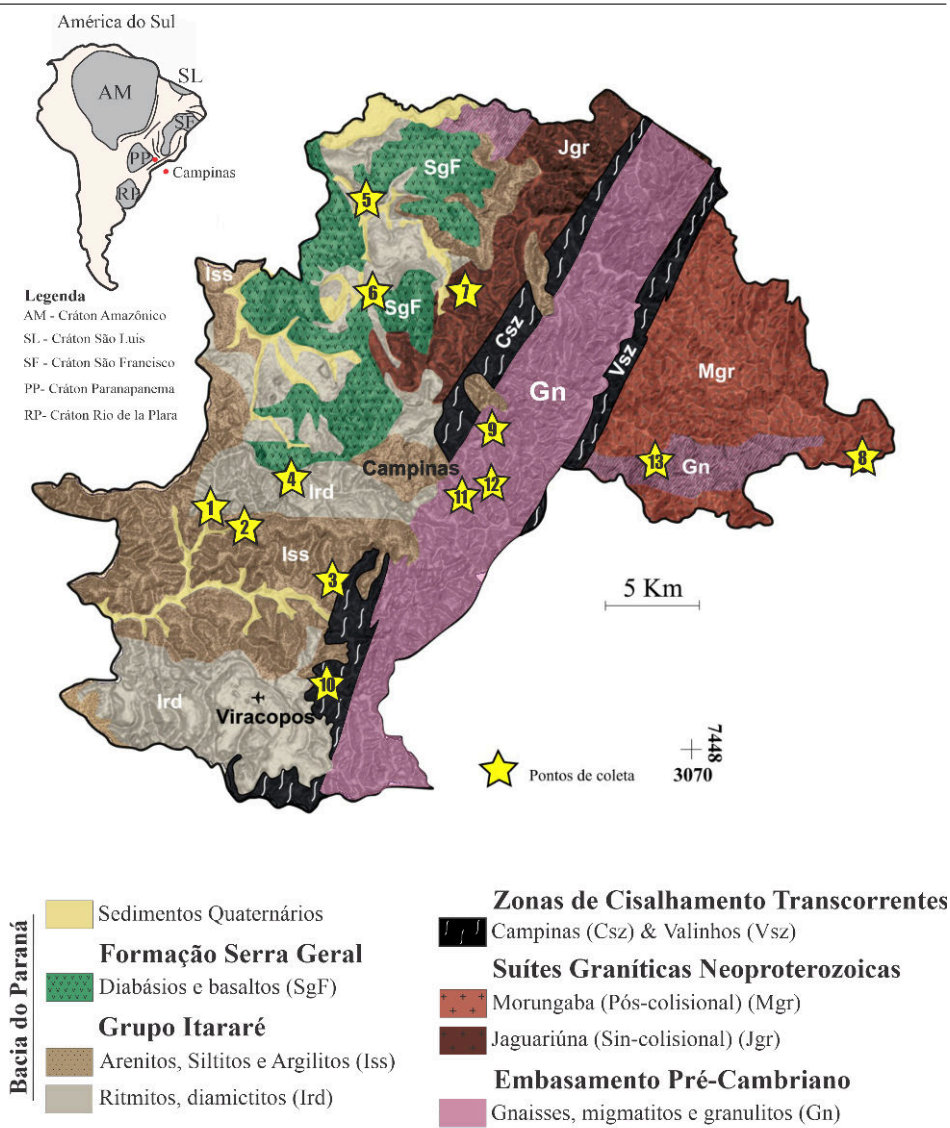


Figura 6. Mapa geológico simplificado do município de Campinas com destaque para os pontos de coleta das amostras expostas no Atlas. Adaptado de Oliveira e Amaral (2025) - modificado de Fernandes et al. (1993) e Amaral et al. (2019).

Tabela 5. Pontos de coleta das amostras analisadas.

Ponto de Coleta 1 - 279328 mE 7464284 mS Aterro Delta - próx. à Rod. dos Bandeirantes km 96	Seção do Atlas
Siltito com briófitas	Rochas Sedimentares
Ponto de Coleta 2 - 281430 mE 7463529 mS Rod. dos Bandeirantes km 96	Seção do Atlas
Siltito com briófitas	Rochas Sedimentares
Siltito com megásporos	Rochas Sedimentares
Ponto de Coleta 3 - 287272 mE 7460146 mS Rod. Lix da Cunha	Seção do Atlas
Arenito arcoseano	Rochas Sedimentares
Ponto de Coleta 4 - 283011 mE 7465374 mS Ribeirão Piçarrão	Seção do Atlas
Ritmito	Rochas Sedimentares
Ponto de Coleta 5 - 286871 mE 7479816 mS Próximo à SOS Caçambas	Seção do Atlas
Siltito	Rochas Sedimentares
Ponto de Coleta 6 - 288711 mE 7475325 mS Observatório Unicamp	Seção do Atlas
Diabásio Serra Geral	Rochas Ígneas
Ponto de Coleta 7 - 291770 mE 7475173 mS Alphaville Campinas	Seção do Atlas
Suíte Jaguariúna	Rochas Ígneas
Ponto de Coleta 8 - 312381 mE 7465923 mS Parque Pico das Cabras	Seção do Atlas
Suíte Morungaba	Rochas Ígneas
Ponto de Coleta 9 - 293011 mE 7469006 mS Rod. Dom Pedro I - próx. ao Galleria Shopping	Seção do Atlas
Biotita gnaiss	Rochas Metamórficas

Ponto de Coleta 10 - 285971 mE 7454850 mS Pedreira Basalto 06	Seção do Atlas
Biotita-hornblenda gnaiss com granada	Rochas Metamórficas
Granulito de composição enderbítica	Rochas Metamórficas
Granulito máfico	Rochas Metamórficas
Aplito	Outras Rochas
Gnaiss com ultracataclasito	Outras Rochas
Gnaiss protomilonítico com dique	Outras Rochas
Hornblenda gnaiss dobrado	Outras Rochas
Pegmatito	Outras Rochas
Ponto de Coleta 11 - 292298 mE 7464827 mS Parque Ecológico - Ponto A	Seção do Atlas
Clinopiroxênio-granada anfibolito	Rochas Metamórficas
Clinopiroxênio-ilmenita-granada anfibolito	Rochas Metamórficas
Ponto de Coleta 12 - 292754 mE 7464977 mS Parque Ecológico - Ponto B	Seção do Atlas
Granada-hornblenda-biotita gnaiss	Rochas Metamórficas
Ponto de Coleta 13 - 301563 mE 7466891 mS Joaquim Egídio - Rod. José B. Coutinho Nogueira	Seção do Atlas
<i>Augen</i> gnaiss milonítico	Outras Rochas

5. Litologias

5.1 Rochas Sedimentares

5.1.1 Arenito arcoseano

Arenito presente na região sul do município (Ponto 3) e estratigraficamente encontrado no Grupo Itararé. Rocha de coloração rósea e estrutura maciça (Figura 7) com grãos visíveis a olho nu. Granulometria varia de areia média até areia grossa. Composto predominantemente por grãos de quartzo e feldspato, este que dá o caráter arcóseo do arenito em questão.



Figura 7. Arenito arcoseano - Estrutura maciça e coloração rosada.

5.1.2 Ritmito

Amostra da região centro-oeste de Campinas (Ponto 4) e pertencente ao Grupo Itararé. Exibe alternância rítmica entre dois tipos de rocha sedimentar, arenito, porções claras, e argilito, porções mais escuras (Figura 8).

Dado o caráter cíclico de formação dos ritmitos, as camadas de mesma litologia são muito parecidas entre si e demonstram a variação de energia do ambiente de sua formação. Isto é, esta alternância entre litologias representa um estágio de alta energia seguido de um de baixa energia, que ocorre repetidamente. Nos estágios de nível energético mais elevado predomina a deposição de arenitos, enquanto em níveis energéticos mais baixos predominam os argilitos.



Figura 8. Ritmito - Evidência da alternância rítmica entre camadas de arenito e argilito.

5.1.3 Siltito

Siltito coletado ao norte de Campinas (Ponto 5). Pertence à Bacia do Paraná, mais especificamente ao Grupo Itararé. Coloração cinza claro e estrutura maciça (Figura 9).



Figura 9. Siltito - Amostra de mão maciça cinza claro.

Em mais detalhe, composto por arcabouço quartzoso, de granulometria silte predominante, com pequenas quantidades de feldspato e traços de micas. Presença frequente de argilominerais e grãos caídos de areia fina a média. Óxidos de ferro ocorrem como cimento nas laminações plano-paralelas, podendo ser notado a olho nu como laminações de coloração mais escura (Figura 10). Essa cimentação por ferro ocorre também bordejando os grãos caídos de areia (Figura 11).

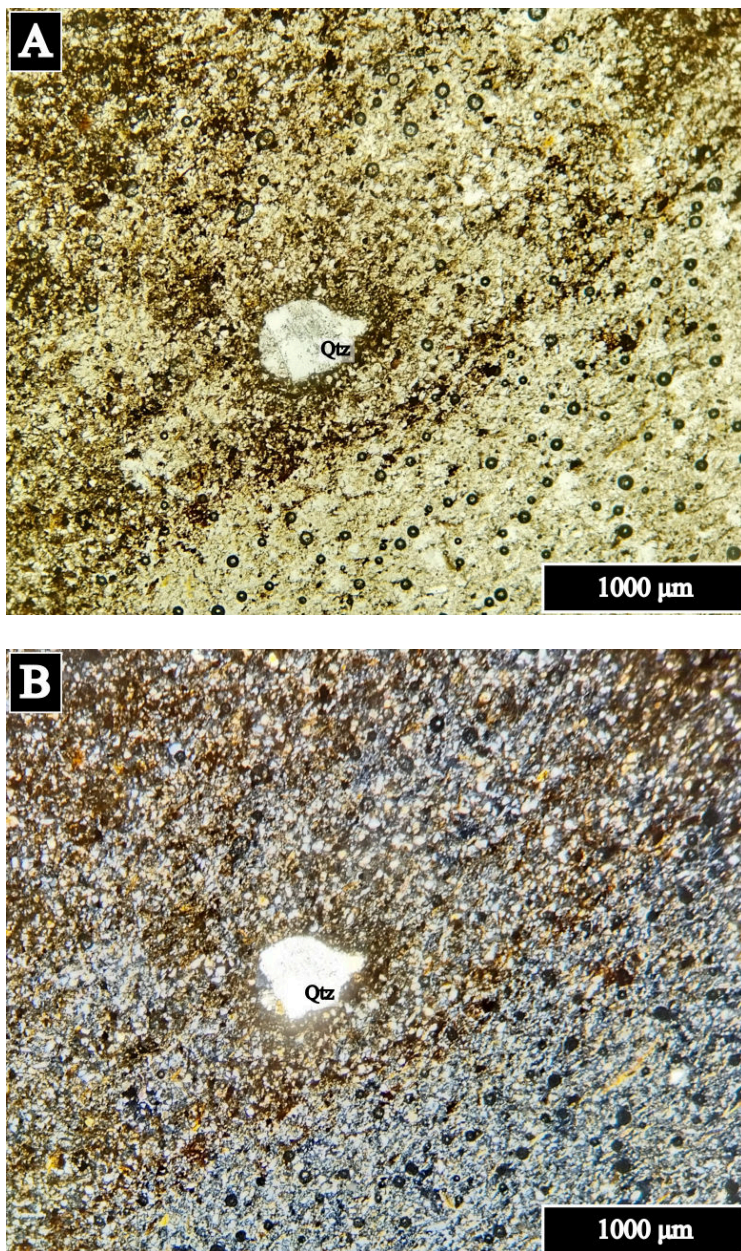


Figura 10. Siltito - Estrutura plano-paralela e contraste entre porções da lâmina com e sem óxido de ferro. Grão caído de areia ao centro. (A) PPL. (B) XPL. Qtz: Quartzo.

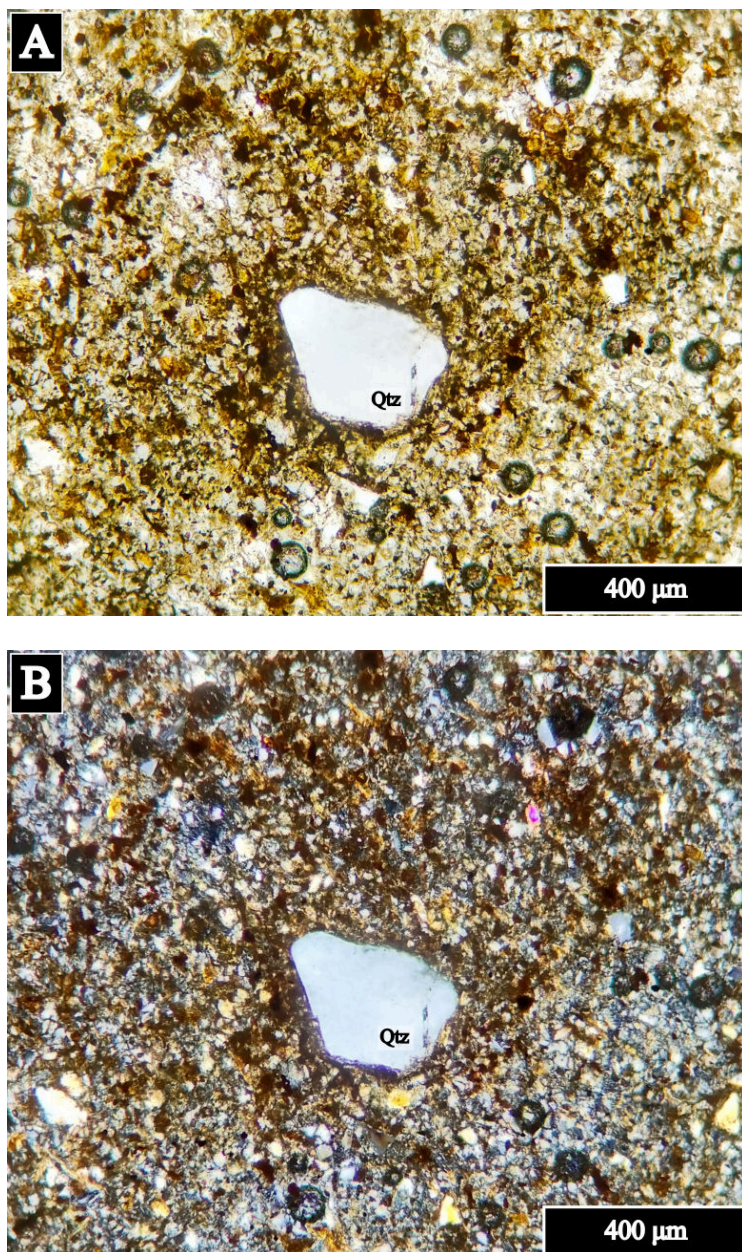


Figura 11. Siltito - Grão caído de areia bordejado por óxido de ferro e argila. (A) PPL. (B) XPL. Qtz: Quartzo.

5.1.4 Siltito com briófitas

Siltito coletado na região centro-oeste de Campinas (Ponto 1 e 2) e próprio do Grupo Itararé. Maciço de coloração cinza claro. Exibe fitofósseis no centro da imagem evidenciados por feições mais escuras e pela briófito *Dwykea araroi* (Ricardi-Branco et al., 2013) bem preservada (Figura 12).

Segundo Ricardi-Branco et al. (2013), a amostra analisada está relacionada à depósitos turbidíticos formados em condições periglaciais do Gondwana Sul, durante o período Carbonífero - época Pennsylvânica.

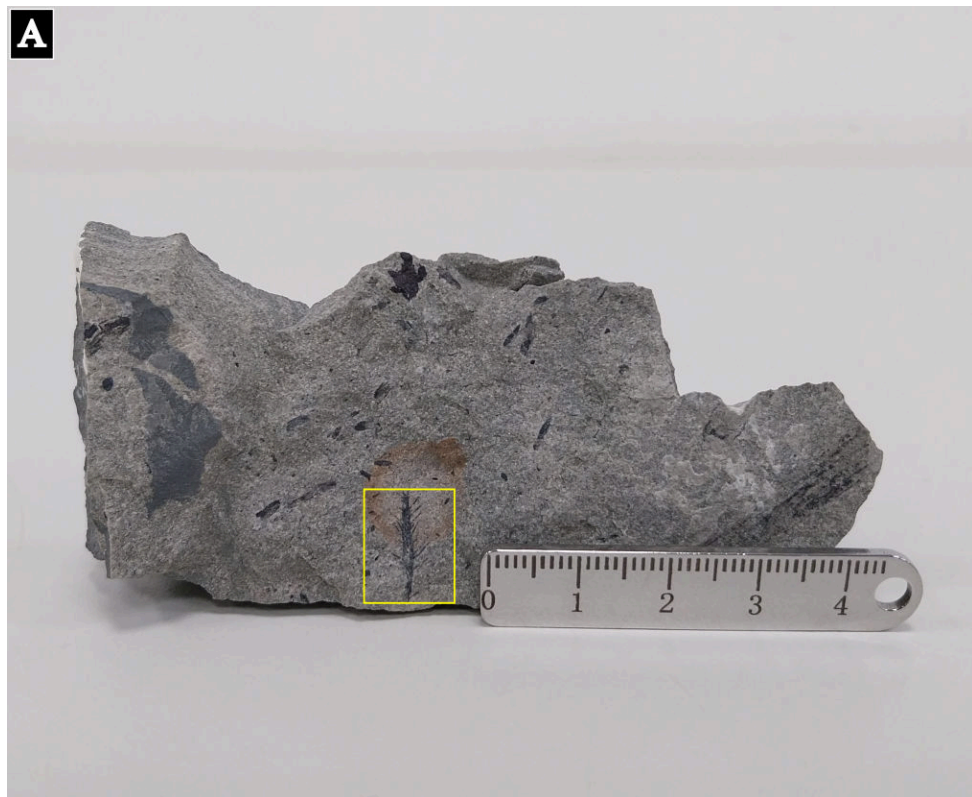




Figura 12. Siltito com briófitas. (A) Amostra de mão maciça com fósseis de briófitas (amostra CP1 431). (B) Destaque para os fósseis da porção interior ao retângulo amarelo.

5.1.5 Siltito com megásporos

Aflora à nordeste da Bacia do Paraná (Ponto 2), no Grupo Itararé. Rocha de coloração cinza claro e estrutura maciça. Presença exuberante de megásporos (Figura 13), com estrutura trilete visível em ângulo lateral (Figura 14). Rocha formada em sistema de leques subaquosos com influência glacial durante o Carbonífero Superior (Amaral e Ricardi-Branco, 2004).



Figura 13. Siltito com megásporos - Presença abundante de megásporos, feições arredondadas mais escuras que a matriz da rocha.

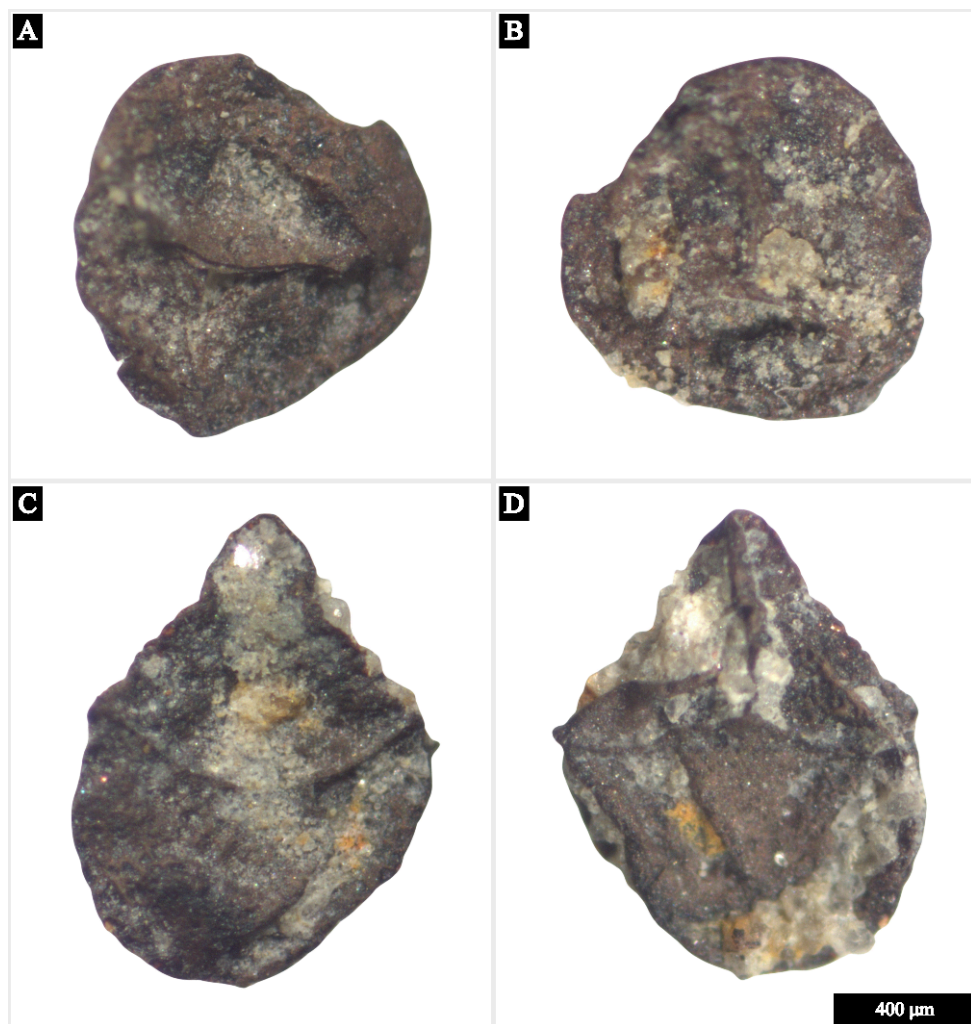


Figura 14. Siltito com megásporos - Dois megásporos isolados da matriz fotografados em lupa (amostra CP1 563). (A/C) Vista frontal dos megásporos e estrutura trilete em ângulo lateral. (B/D) Vista distal.

5.2 Rochas Ígneas

5.2.1 Diabásio Serra Geral

Ocorre ao norte do município de Campinas (Ponto 6). Pertence à Bacia do Paraná, Formação Serra Geral. Rocha de coloração cinza escuro, mesocrática a melanocrática, fanerítica fina a média. Exibe estrutura maciça e capa de alteração (Figura 15).



Figura 15. Diabásio Serra Geral - Estrutura maciça e capa de alteração alaranjada.

Em lâmina delgada constata-se no Diabásio Serra Geral a presença de minerais como plagioclásio cálcico e clinopiroxênio e minerais acessórios como titanita, apatita e minerais opacos. Além de massas de alteração esverdeadas (mineral saponita) geralmente em bordas de piroxênio. A granulação varia de fina a média, e as texturas são ofítica a subofítica (Figura 16) e intersticial-intergranular, ou seja, clinopiroxênios preenchem espaços angulosos entre ripas de plagioclásio (Figura 17).

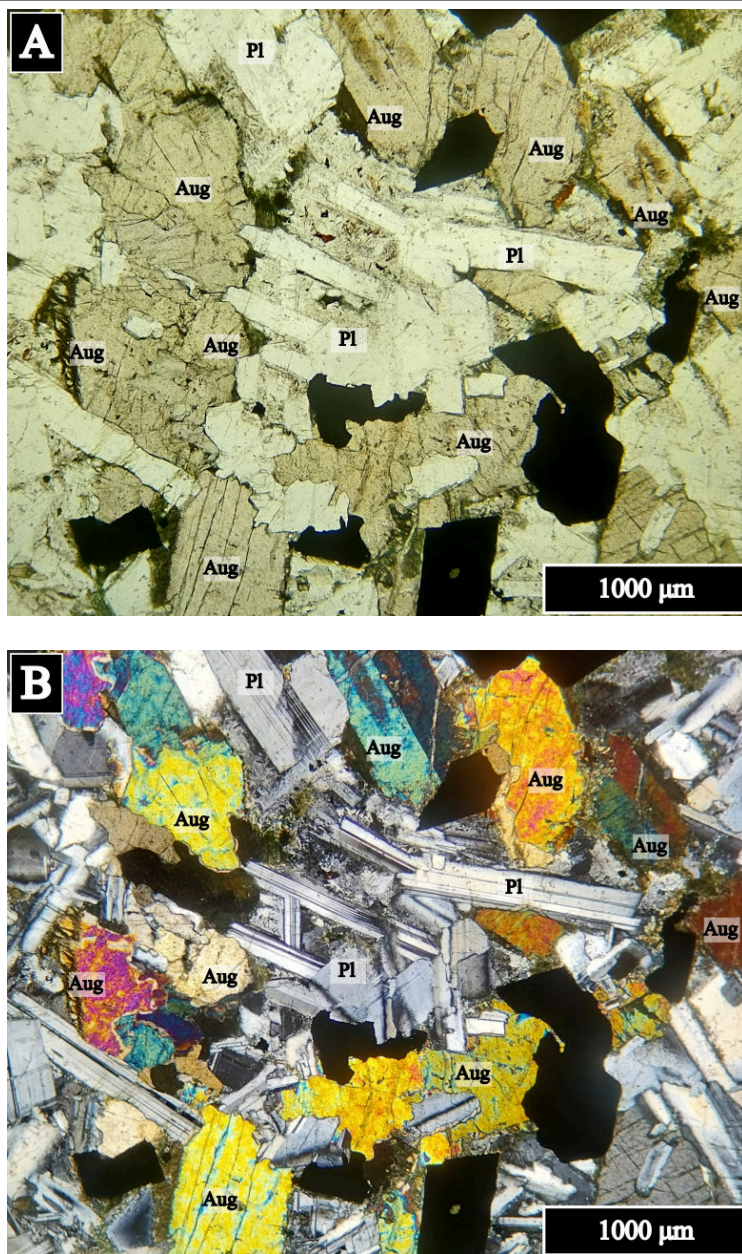


Figura 16. Diabásio Serra Geral - Textura ofítica-subofítica com ripas de plagioclásio envoltas por cristais de piroxênio. (A) PPL. (B) XPL. Aug: Augita; Pl: Plagioclásio.

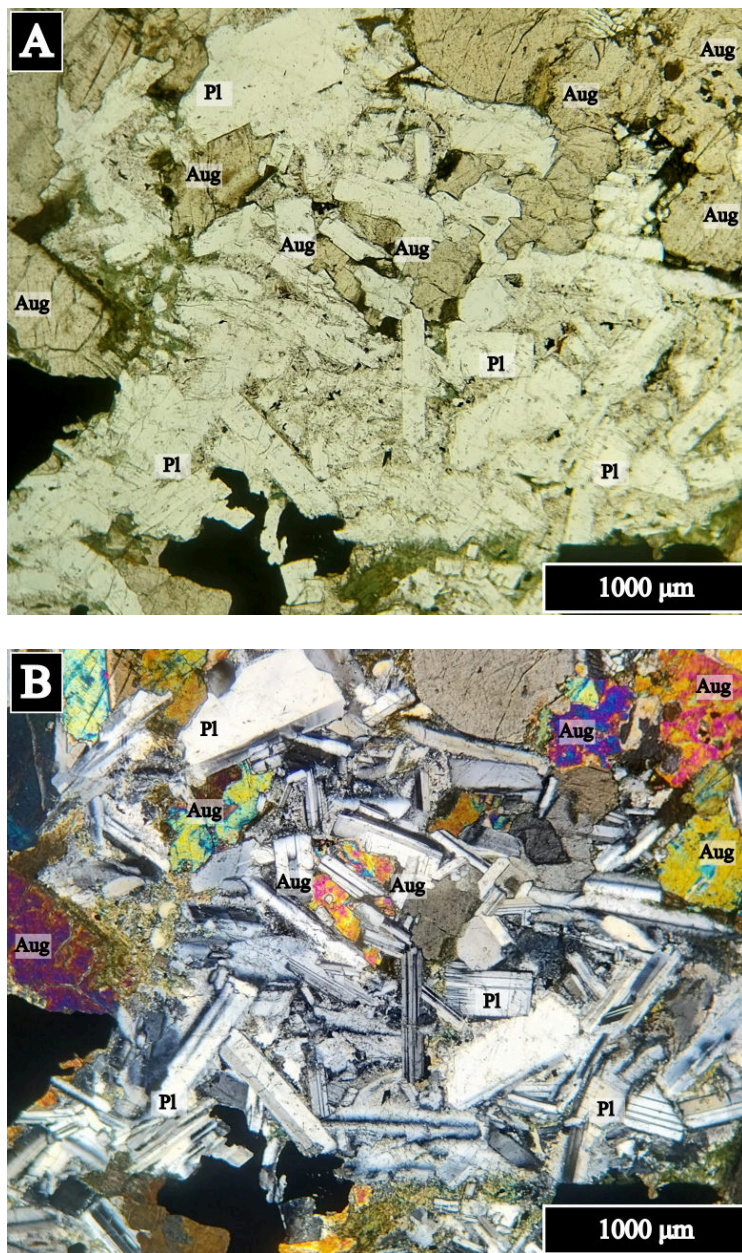


Figura 17. Diabásio Serra Geral - Textura intersticial do tipo intergranular com clinopiroxênios ocupando espaços entre plagioclásios. (A) PPL. (B) XPL. Aug: Augita; Pl: Plagioclásio.

5.2.2 Suíte Jaguariúna

Ocorrência ao norte do município (Ponto 7). Rocha de coloração variando entre cinza médio e alaranjado (Figura 18), hololeucocrática a leucocrática, fanerítica fina (Figura 19) a média, com textura porfirítica marcada por cristais alaranjados de feldspato alcalino de tamanhos variados (Figura 20). À vista desarmada, nas rochas graníticas da Suíte Jaguariúna pode-se identificar feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo e biotita, sendo classificado como um monzogranito. Exibe estrutura que varia entre maciça e foliada/bandada (Figura 21).



Figura 18. Suíte Jaguariúna - Fácies de estrutura maciça e coloração cinza alaranjado.



Figura 19. Suíte Jaguariúna - Fácies de granulação predominantemente fina.



Figura 20. Suíte Jaguariúna - Fenocristais de feldspato alcalino em textura porfirítica.



Figura 21. Suíte Jaguariúna - Fácies foliada/bandada com cristais estirados e organização em bandas.

Em análise petrográfica, como mineralogia essencial tem-se quartzo, microclina e plagioclásio, e como minerais acessórios biotita, hornblenda em porções máficas, minerais opacos, zircão e apatita (Figura 22). Observa-se também muscovita e carbonato de gênese tardia, feldspatos sericitizados e cloritização de biotitas (Figura 23). Presença de textura pertítica, e mirmekítica incipiente (Figura 24).

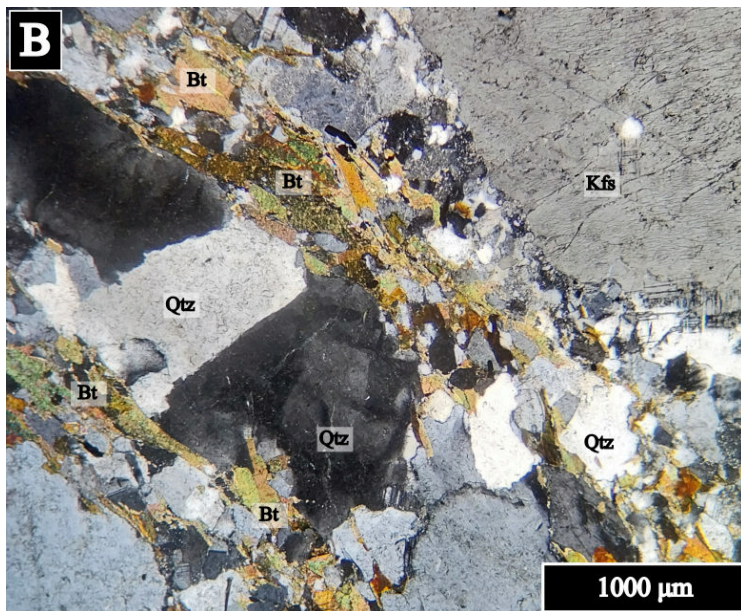
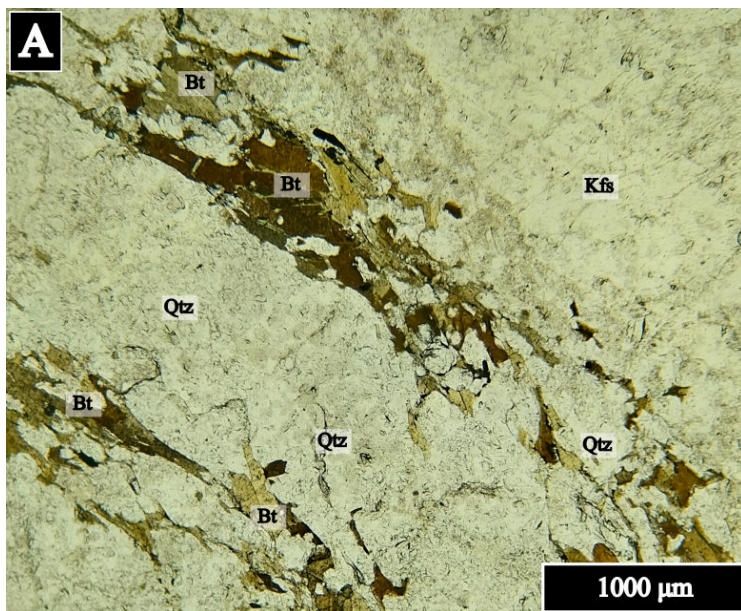


Figura 22. Suíte Jaguariúna - Estrutura foliada marcada por bandas félsicas (Qtz e Kfs) e máficas (Bt). (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.

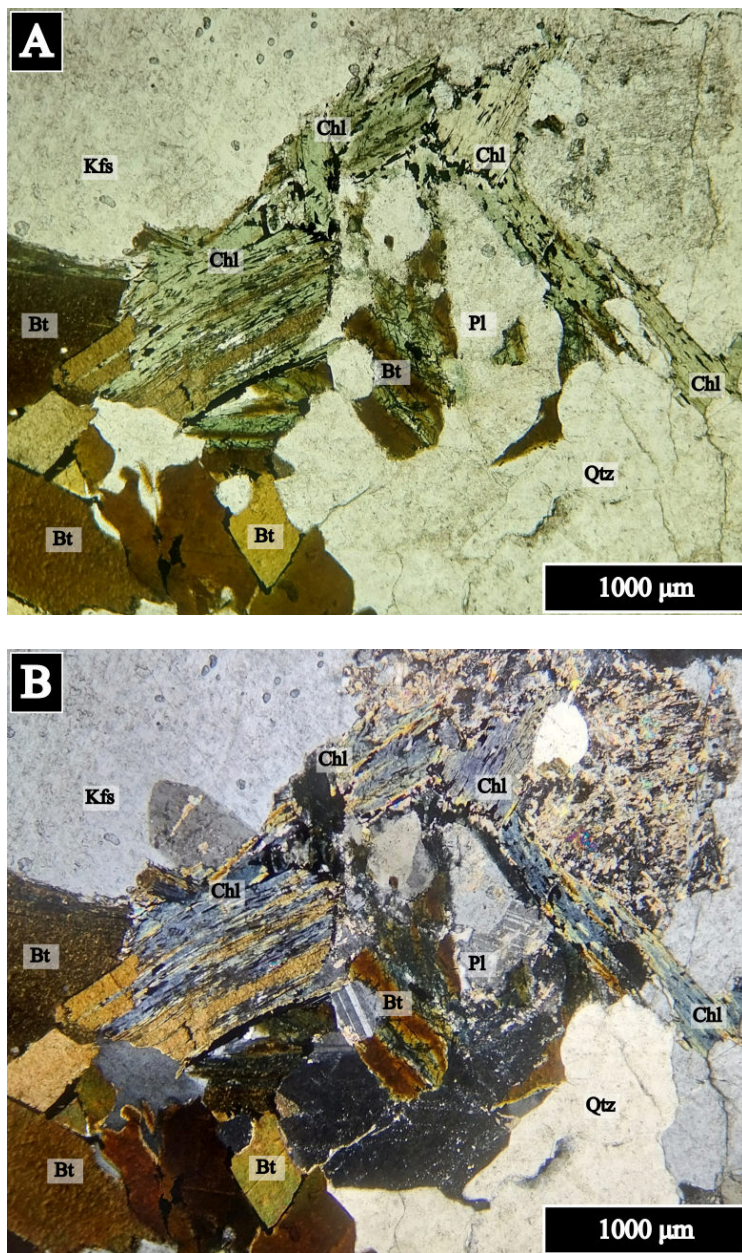


Figura 23. Suíte Jaguariúna - Cloritização de biotitas. Destaque para a cor de interferência anômala “berlim blue” da clorita. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Chl: Clorita; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

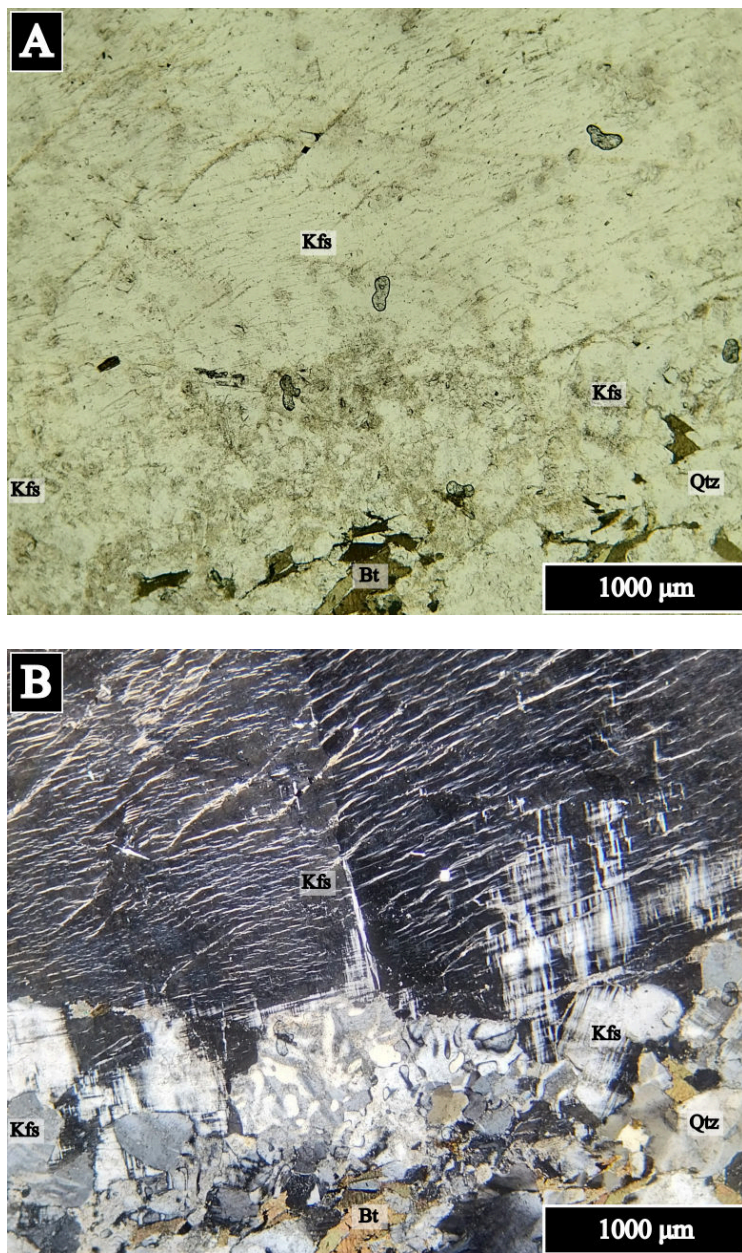


Figura 24. Suíte Jaguariúna - Textura pertítica no fenocristal de feldspato alcalino e textura mirmekítica incipiente no centro da fotomicrografia. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.

5.2.3 Suíte Morungaba

Localizada na porção leste do município de Campinas (Ponto 8) e limitada a oeste pela Zona de Cisalhamento Valinhos é composta por diferentes fácies. Estas que compreendem rochas de coloração variando entre alaranjada (Figura 25), rósea e cinza claro (Figura 26), hololeucocráticas, faneríticas maciças médias a grossas (Figura 27), ocasionalmente porfíricas. A olho nu, pode-se identificar textura Rapakivi (Figura 28) e grãos de feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo e biotita.

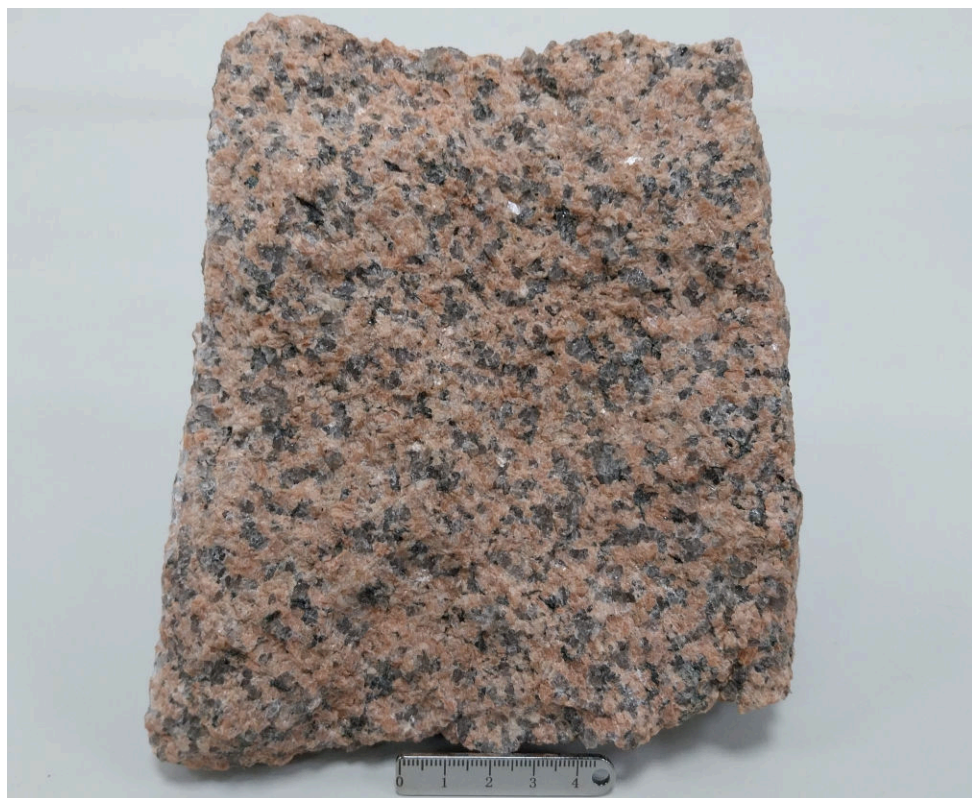


Figura 25. Suíte Morungaba - Fácies de granulação grossa e coloração alaranjada. Classificado como Álcali-feldspato granito.



Figura 26. Suíte Morungaba - Leucogranito equigranular de coloração cinza.



Figura 27. Suíte Morungaba - Feldspato granito rosado, maciço e equigranular.



Figura 28. Suíte Morungaba - Fácies de coloração rósea e fenocristais de feldspato. Textura Rapakivi, feldspato alcalino bordejado por plagioclásio.

Em descrição petrográfica, tem-se como minerais principais: feldspatos alcalinos (ortoclásio e microclina), quartzo e pequena contribuição de plagioclásio. Seção delgada classificada, portanto, em monzogranito. Exibe frequentemente processos de alteração como sericitização e saussuritização (Figura 29), esta marcada por massas marrom-esverdeadas sobre feldspatos em PPL. Apresenta textura inequigranular (Figura 30) e pertítica e quartzos com extinção ondulante.

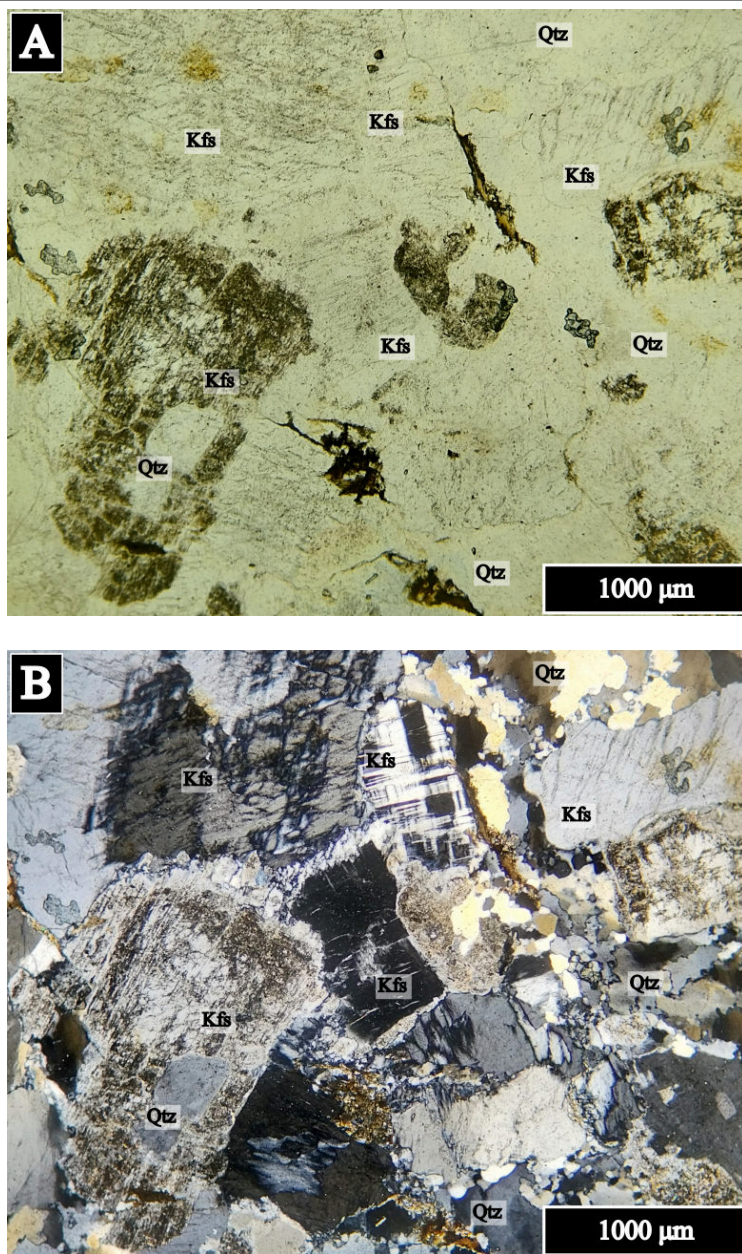


Figura 29. Suíte Morungaba - Saussuritização, processo de alteração em grãos de feldspato caracterizado por tons marrom-esverdeados. (A) PPL. (B) XPL. Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.

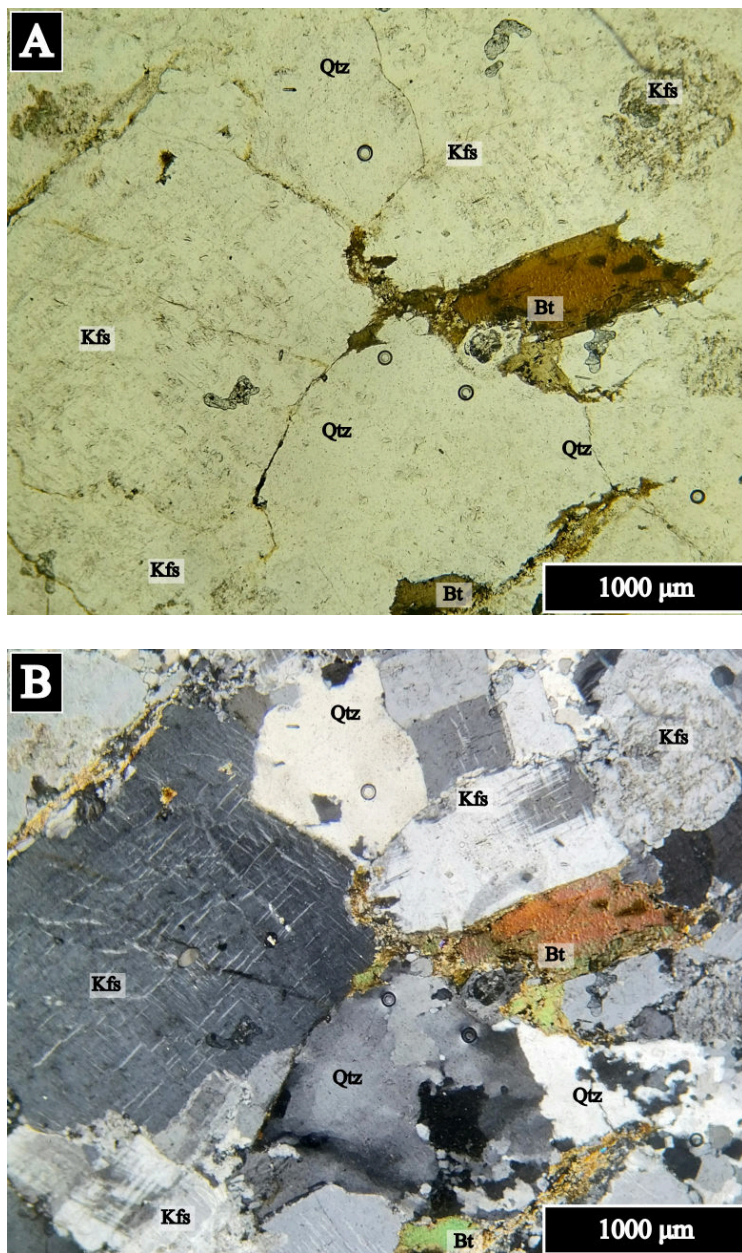


Figura 30. Suíte Morungaba - Textura inequigranular evidenciada pelos grãos de quartzo menores em relação aos feldspatos alcalinos. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.

5.3 Rochas Metamórficas

5.3.1 Biotita-hornblenda gnaiss com granada

Localizado no extremo sul do município, na Zona de Cisalhamento Campinas (Ponto 10), o Bt-hbl gnaiss com granada, de coloração cinza escuro, exibe granulação média a grossa e bandamento gnáissico evidenciado pelo contraste entre as bandas fêlsicas, mais claras, e máficas, mais escuras (Figura 31).



Figura 31. Bt-hbl gnaiss com granada - Estrutura bandada distinta em porções fêlsicas e máficas.

Petrograficamente, gnaiss de estrutura bandada e textura granolepidoblástica e nematoblástica (Figura 32). O bandamento é distinto em fêlsico, quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio, e em máfico, biotita, hornblenda e granada (Figura 33). A associação mineral é composta por: biotita, hornblenda, feldspato alcalino, quartzo, plagioclásio, granada, zircão, apatita e minerais opacos. Os cristais de granada são escassos, muito fraturados e subidioblásticos a xenoblásticos, com hábito mais “alongado”. Rocha de médio grau metamórfico e fácies anfibolito.

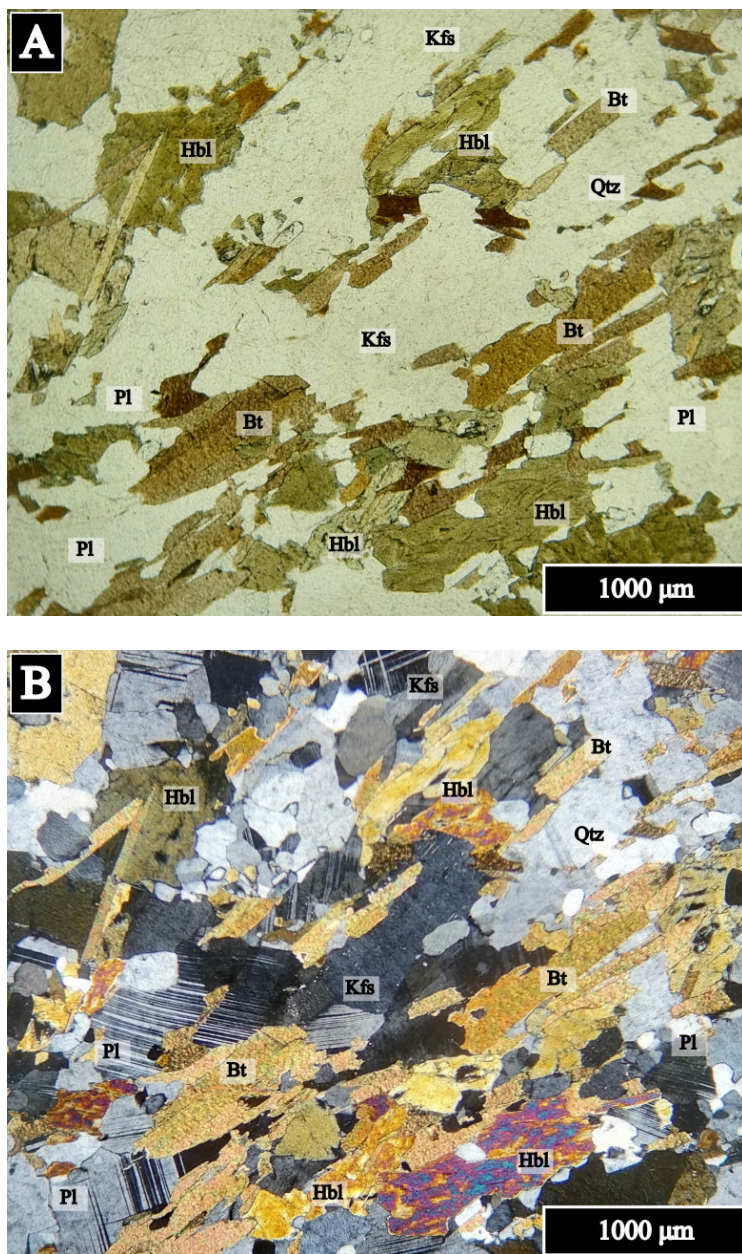


Figura 32. Bt-hbl gnaiss com granada - Estruturado em bandas félsicas e máficas. Foliação marcada pelo arranjo isorientado das hornblendas e biotitas. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

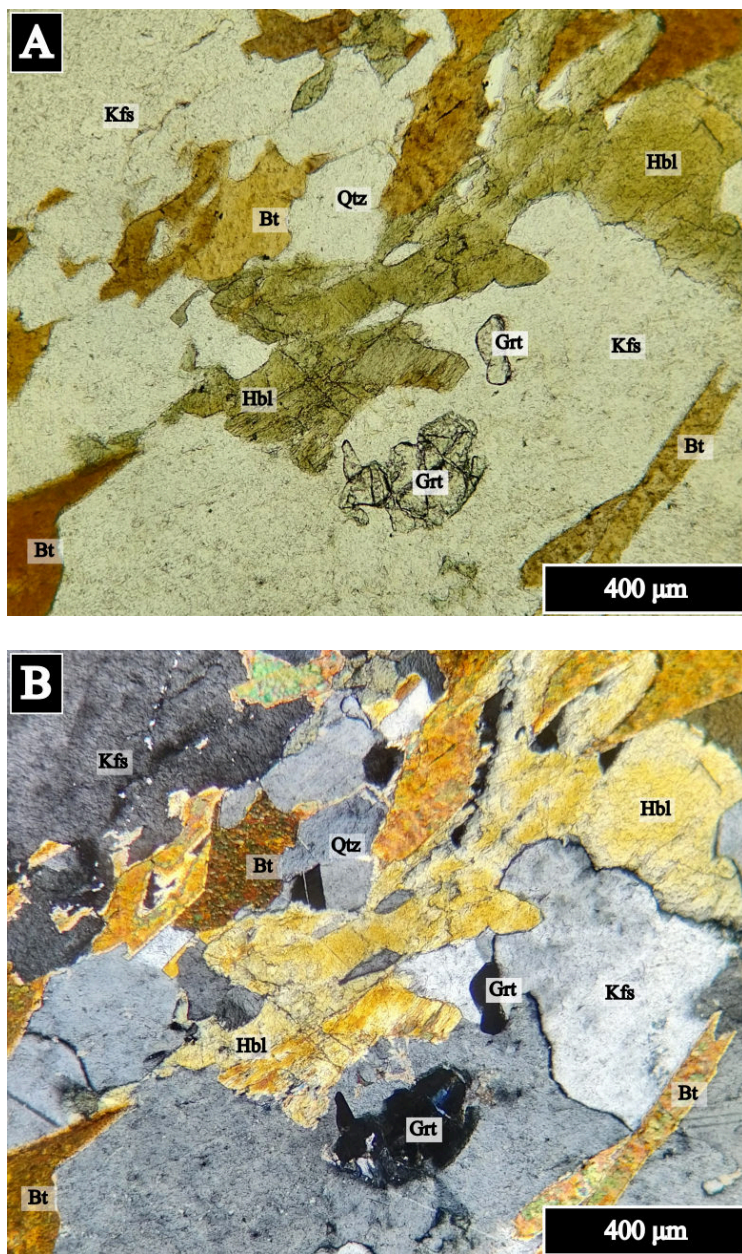


Figura 33. Bt-hbl gnaiss com granada - Destaque para a banda máfica com a presença de granada, biotita e hornblenda. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.

5.3.2 Biotita gnaiss

O Biotita Gnaiss é a principal rocha do embasamento metamórfico do município. Este ponto de coleta está localizado na região centro-leste de Campinas (Ponto 9), com o embasamento limitado lateralmente pelas Zonas de Cisalhamento Campinas e Valinhos. Coloração cinza médio, granulação fina a média, com bandamento gnáissico evidenciado pelas bandas de coloração esbranquiçada e minerais estirados (Figura 34).



Figura 34. Bt gnaiss - Estrutura bandada com minerais estirados. Coloração cinza médio com bandas esbranquiçadas.

Com estrutura bandada e deformado, o Bt gnaiss exibe textura granolepidoblástica (Figura 35) e quartzo com extinção ondulante. É composto por quartzo, feldspato alcalino, biotita, plagioclásio, apatita, zircão e minerais opacos. Grau metamórfico médio em fácies anfibolito inferior.

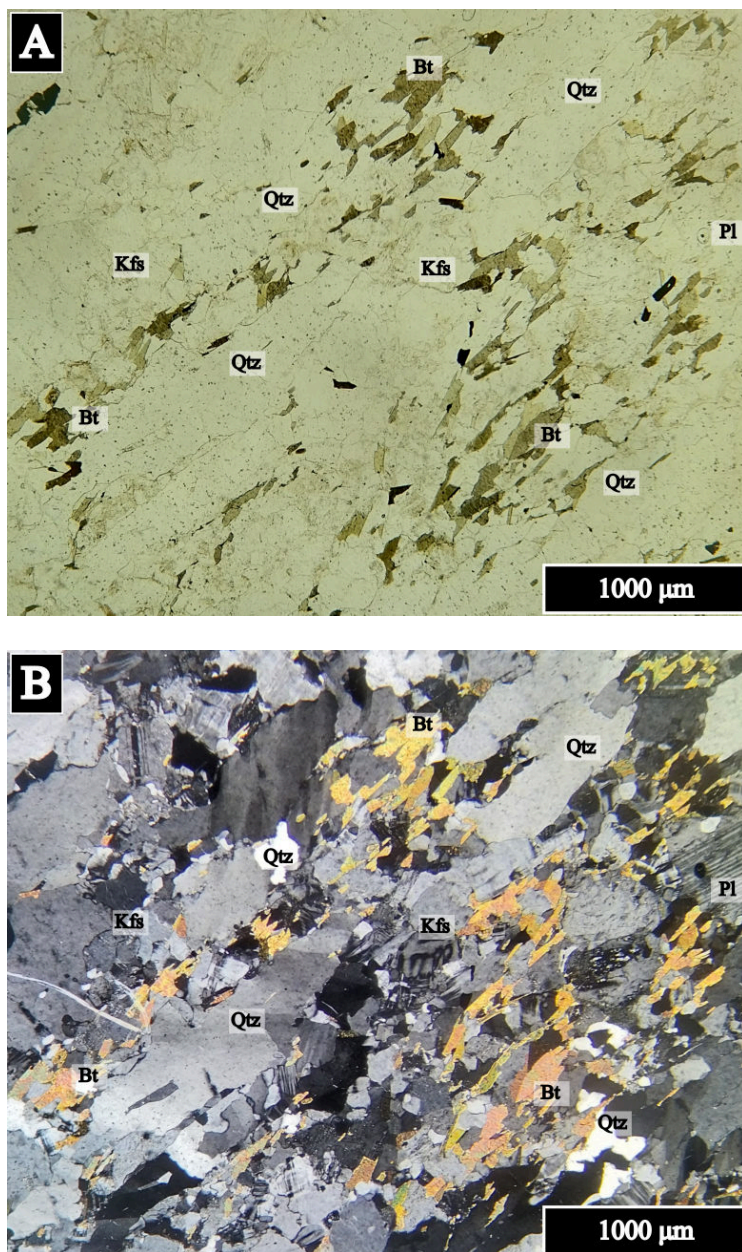
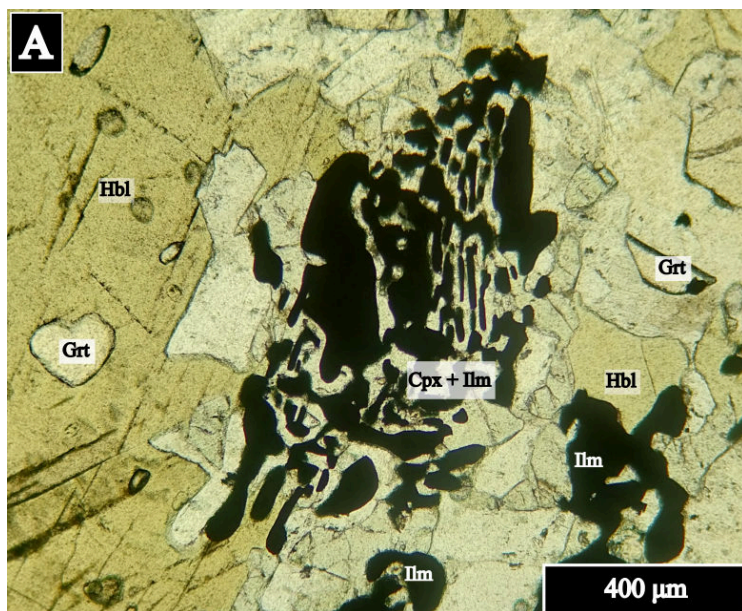


Figura 35. Bt gnaiss - Banda máfica marcada pela textura lepidoblástica com biotitas orientadas. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

5.3.3 Clinopiroxênio-granada anfibolito

Anfibolito da região centro-leste de Campinas (Ponto 11). Rochas que ocorrem, via de regra, como corpos lenticulares de dimensões métricas a decamétricas hospedadas em gnaisses do embasamento cristalino segundo a direção NE-SW. Em lâmina, anfibolito de estrutura maciça com textura granoblástica, simplectítica - Cpx+Ilm (Figura 36), Cpx+Pl, Hbl+Ilm -, coronítica incipiente (Figura 37) e poiquiloblástica (Figura 38). Clinopiroxênio (diopsídio), plagioclásio, granada e hornblenda formam a paragênese, e somando-se a ela quartzo, ilmenita, titanita e zircão tem-se a associação mineral da rocha. Os cristais de granada se distinguem em duas famílias principais, subidioblástica e xenoblástica mais fraturada. Grau metamórfico médio a alto e fácies anfibolito superior.



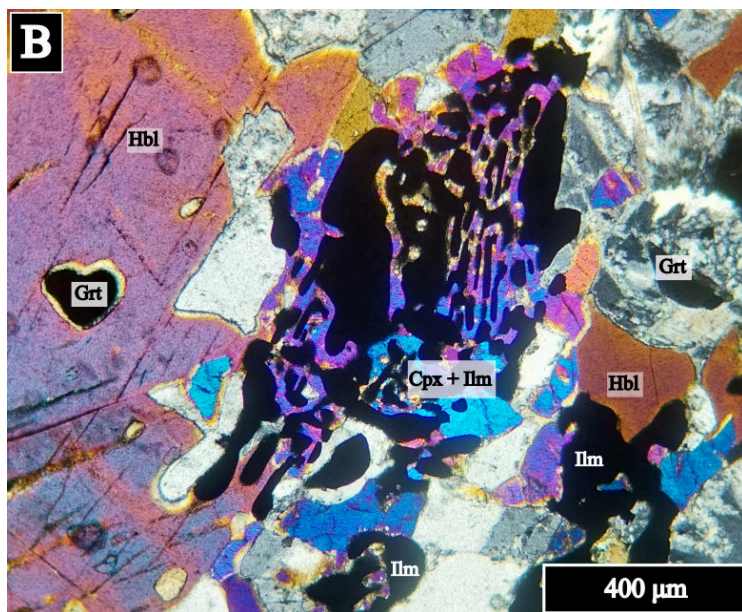


Figura 36. Cpx-grt anfibolito - Destaque para o simplectito de Cpx+Ilm. (A) PPL. (B) XPL. Cpx: Clinopiroxênio; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Ilm: Ilmenita.

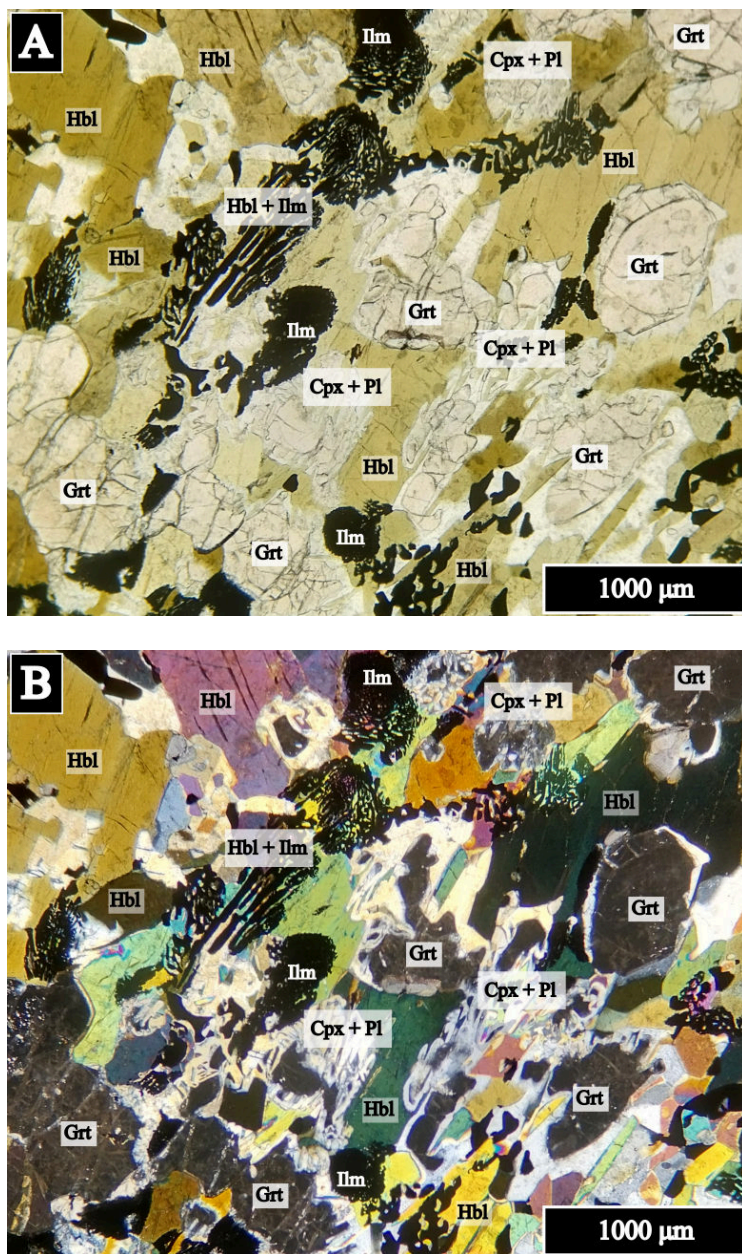


Figura 37. Cpx-grt anfibolito - Textura simplectítica e coronítica incipiente, com simplectitos de Cpx+Pl circunscrevendo grãos de granada. (A) PPL. (B) XPL. Cpx: Clinopi-roxênio; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Ilm: Ilmenita; Pl: Plagioclásio.

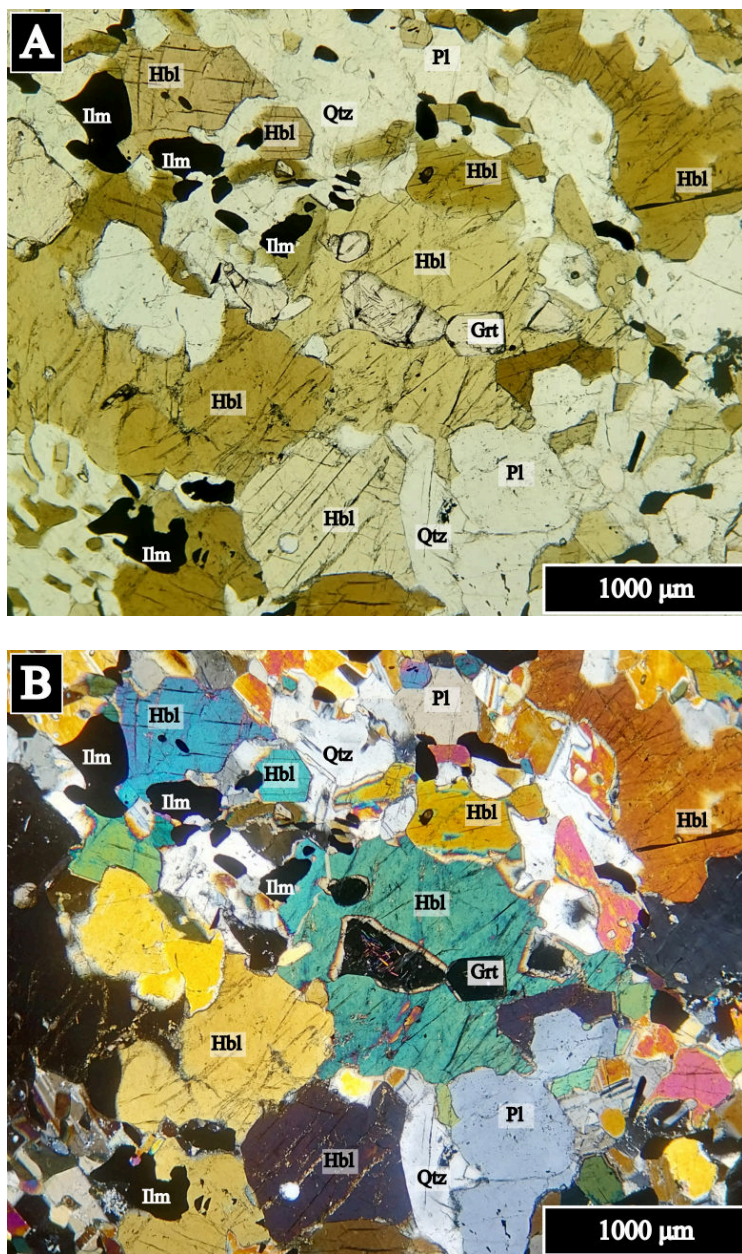


Figura 38. Cpx-grt anfibolito - Textura poikiloblástica destacada por inclusões de zircão na granada central. (A) PPL. (B) XPL. Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Ilm: Ilmenita; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

5.3.4 Clinopiroxênio-ilmenita-granada anfibolito

Localizado no Parque Ecológico, região centro-leste de Campinas (Ponto 11), no domínio do embasamento pré-cambriano. Este anfibolito exibe coloração cinza escuro com porções mais claras distribuídas irregularmente e estrutura maciça (Figura 39). Conforme Oliveira (2024), formou-se, possivelmente, em fundo oceânico, ou seja, em dorsal meso-oceânica. A idade para o último evento de metamorfismo é $626 \text{ a } 629 \pm 3 \text{ Ma}$ obtida por geocronologia U-Pb em grãos de rutilo.



Figura 39. Cpx-ilm-grt anfibolito - Amostra de mão maciça de coloração cinza escuro.

Em lâmina delgada, apresenta estrutura maciça, textura granoblástica, coronítica (Figura 40) e symplectítica (Figura 41) com três variações - Cpx+Ilm, Cpx+Pl, Prg+Ilm (Figura 42). Como paragénese característica tem-se: clinopiroxênio (diopsídio), plagioclásio, granada, quartzo e rutilo. Na assembleia mineral estão presentes também ilmenita, pargasita, titanita e zircão. Os cristais de granada geralmente contêm inclusões e são divididos em duas famílias: subidioblástica e xenoblástica com grãos mais fraturados. Rocha de médio grau e fácies anfibolito.

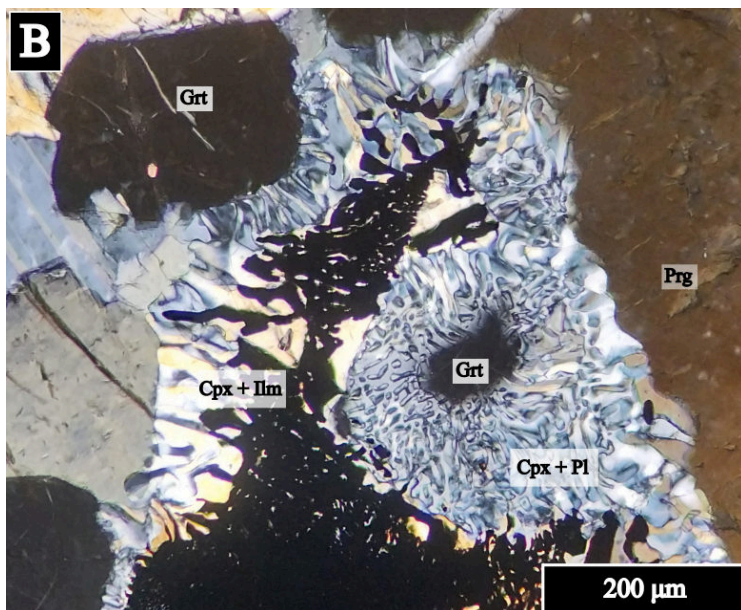
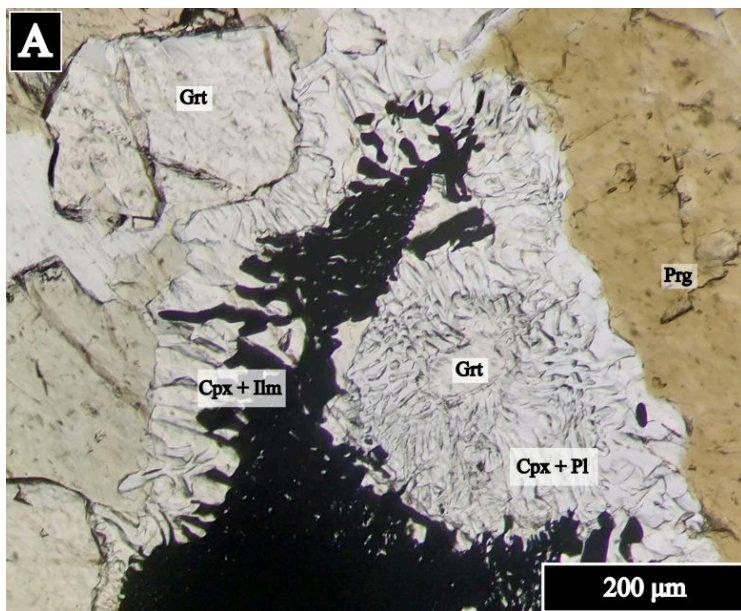


Figura 40. Cpx-ilm-grt anfibolito - Textura coronítica marcada por granadas bordejadas por simplectitos de Cpx+Pl em sua borda e Cpx+Ilm na sequência. (A) PPL. (B) XPL. Cpx: Clinopiroxênio; Grt: Granada; Ilm: Ilmenita; Pl: Plagioclásio; Prg: Pargasita.

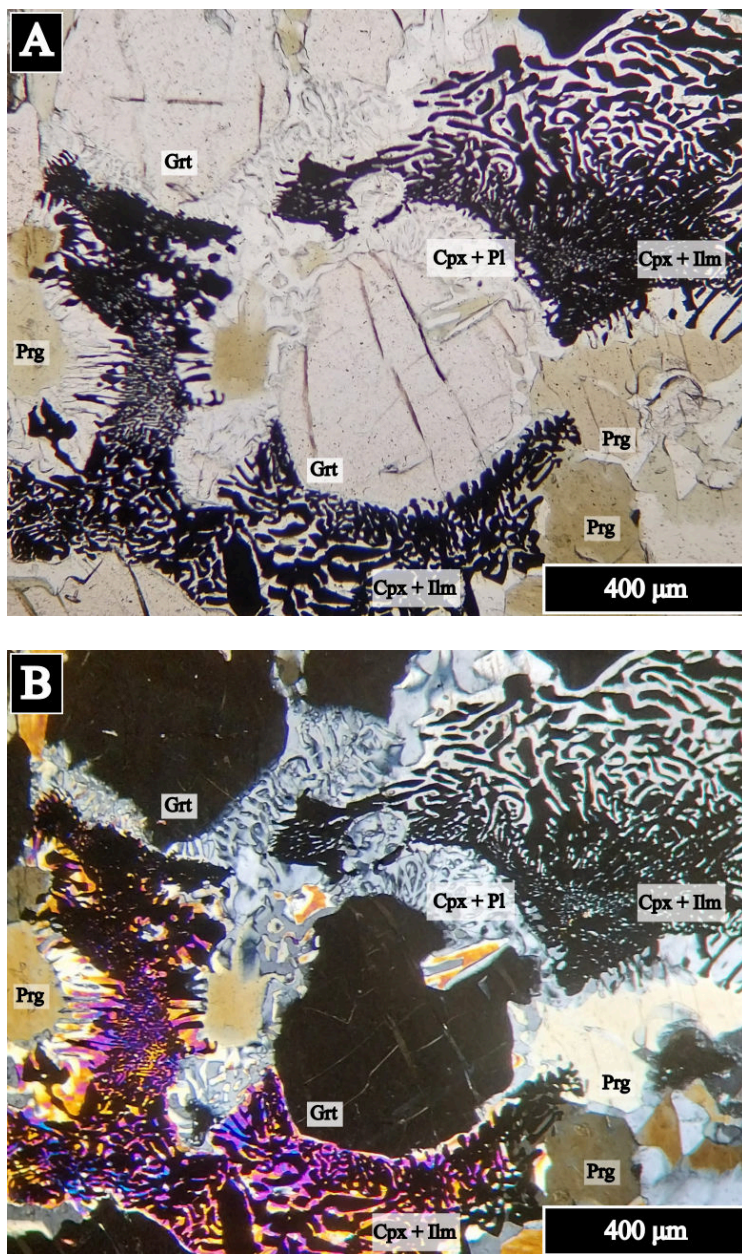


Figura 41. Cpx-ilm-grt anfibolito - Textura simplectítica resultante de desestabilização das fases minerais de pico metamórfico. (A) PPL. (B) XPL. Cpx: Clinopiroxênio; Grt: Granada; Ilm: Ilmenita; Pl: Plagioclásio; Prg: Pargasita.

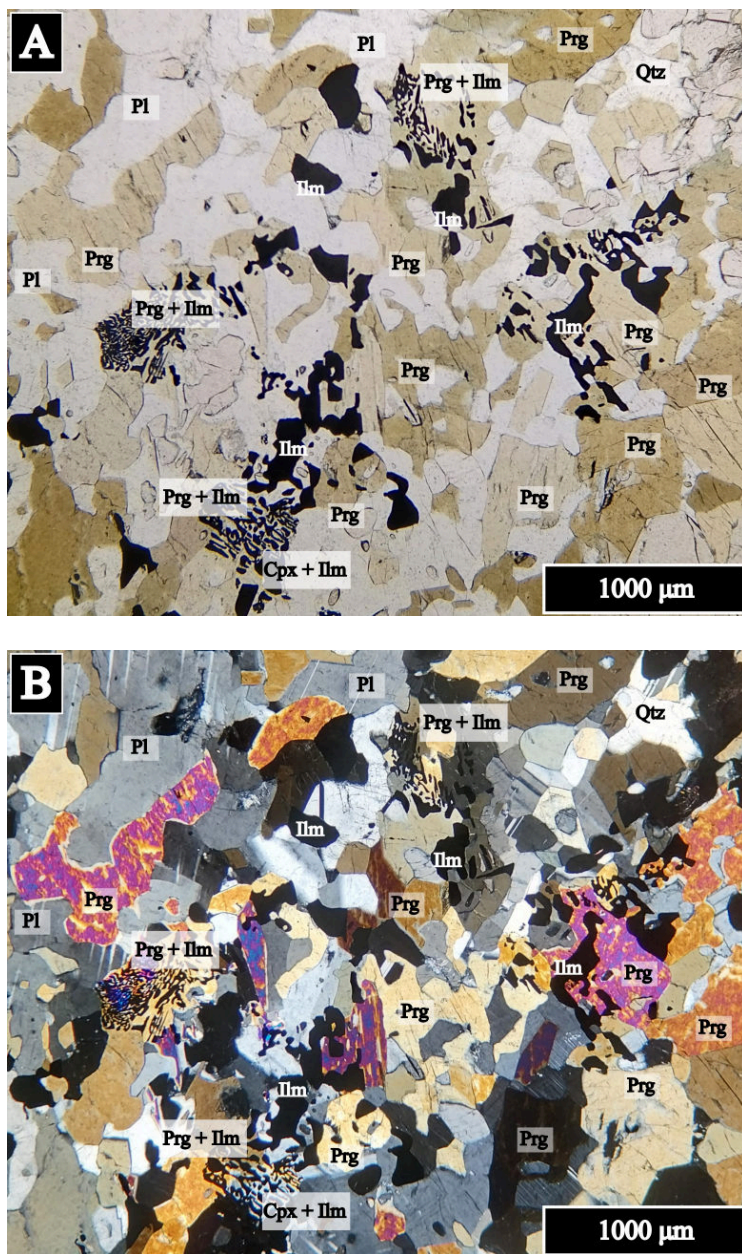


Figura 42. Cpx-ilm-grt anfibolito - Textura granoblástica e simplectitos de Cpx+Ilm e Prg+Ilm. (A) PPL. (B) XPL. Cpx: Clinopiroxênio; Ilm: Ilmenita; Pl: Plagioclásio; Prg: Pargasita; Qtz: Quartzo.

5.3.5 Granada-hornblenda-biotita gnaiss

Gnaiss migmatítico coletado no Parque Ecológico (Ponto 12), este que se situa sobre embasamento cristalino. Granulação média a grossa e bandamento bem marcado em porção máfica, escura, e félsica, clara. Estrutura migmatítica varia entre estromática (Figura 43) e em veios (Figura 44), com leucossoma e melanossoma evidentes.



Figura 43. Grt-hbl-bt gnaiss - Estrutura estromática marcada por leucossoma, porção mais clara horizontal (ao centro), e melanossoma, feições lineares mais escuras que a matriz e que bordejam o leucossoma.



Figura 44. Grt-hbl-bt gnaiss - Estrutura em veios com porções mais claras destacadas da matriz da rocha, representando o leucossoma oriundo do processo de migmatização.

Petrograficamente, exibe estrutura bandada, textura granolepidoblástica (Figura 45) e nematoblástica (Figura 46). Composição mineral dividida em porção félsica, plagioclásio, quartzo e feldspato alcalino, e porção máfica, biotita, hornblenda e granada (Figura 47 e 48). Outros minerais da assembleia são zircão, minerais opacos, allanita e apatita. Os grãos de granada se dividem em duas famílias, xenoblástica e subidioblástica pouco fraturada e com menores grãos.

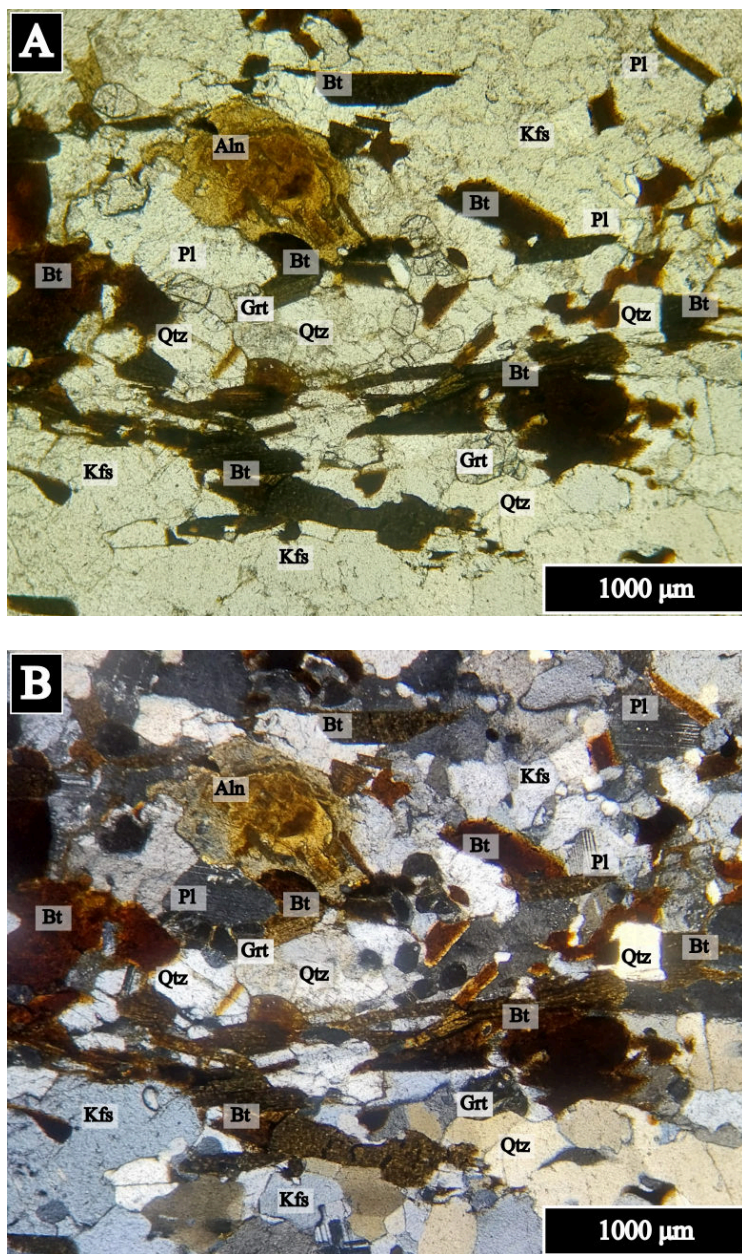


Figura 45. Grt-hbl-bt gnaiss - Textura granolepidoblástica com a foliação destacada pela biotita. (A) PPL. (B) XPL. Aln: Allanita; Bt: Biotita; Grt: Granada; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

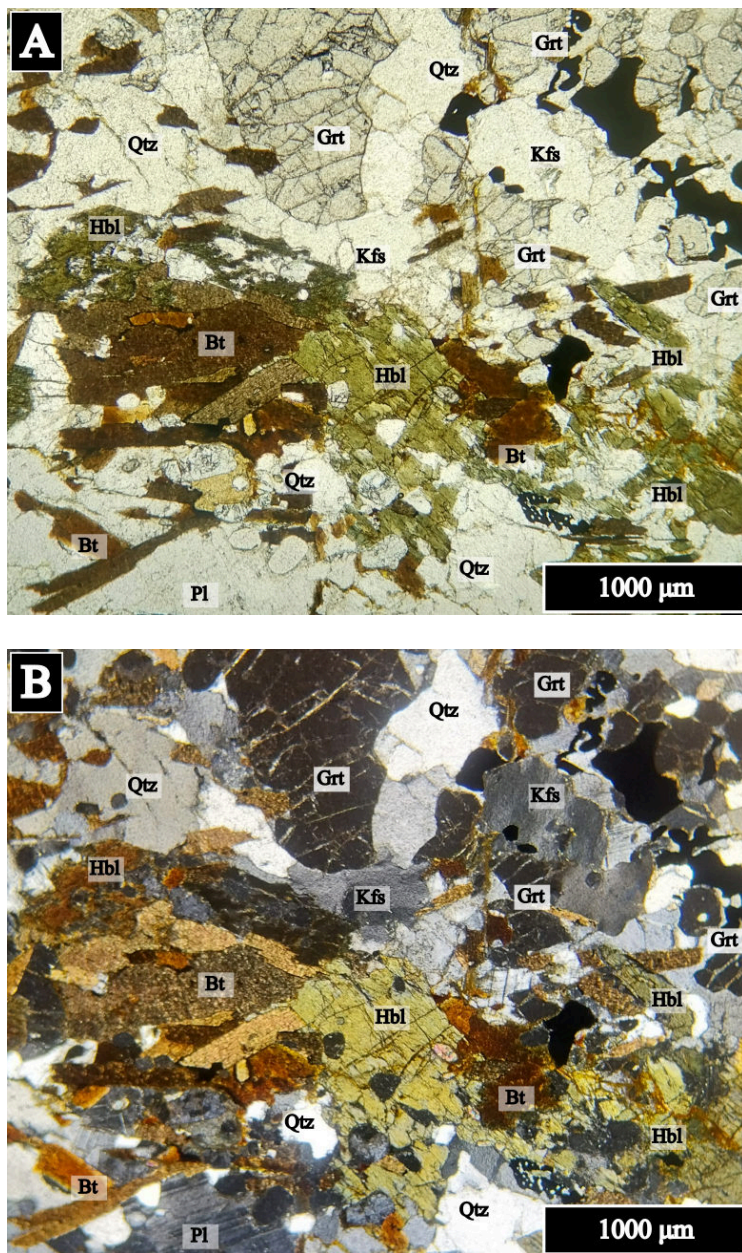


Figura 46. Grt-hbl-bt gnaiss - Textura nematoblástica e lepidoblástica evidenciadas pela isorotação da hornblenda e biotita, respectivamente. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

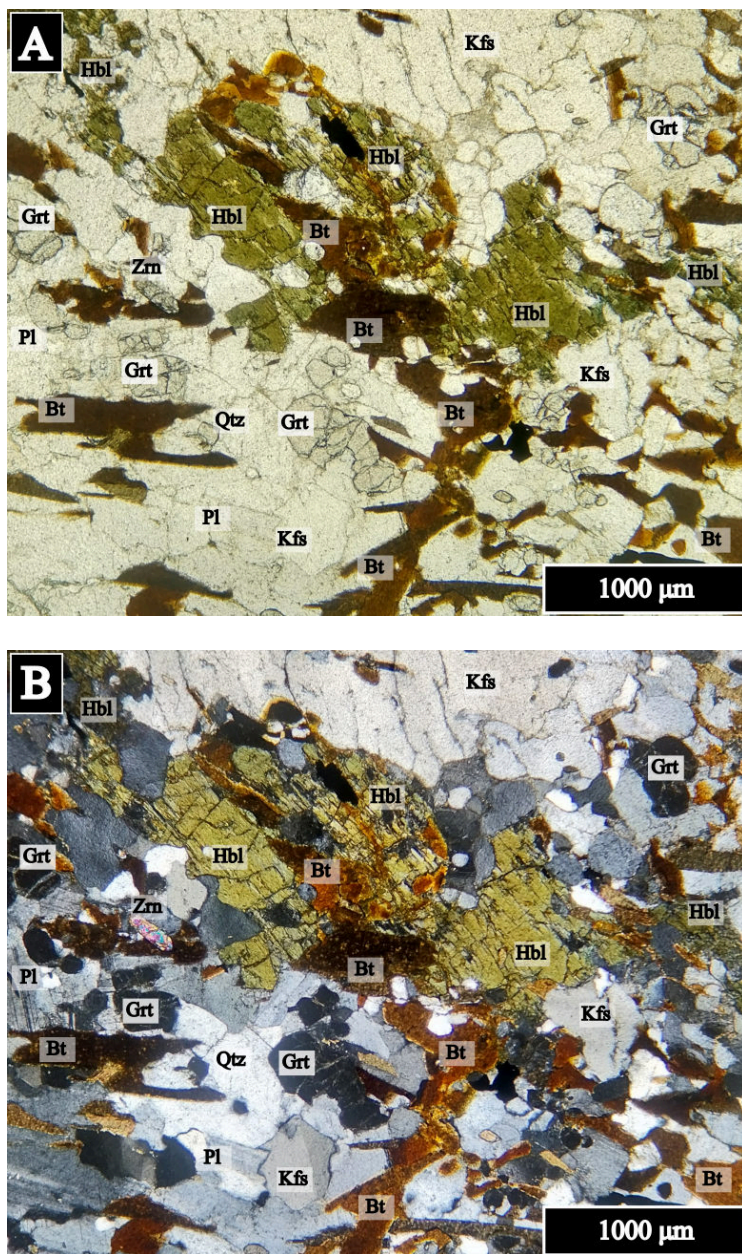


Figura 47. Grt-hbl-bt gnaiss - Bandamento marcado pelas bandas félsicas e máficas. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo; Zrn: Zircão.

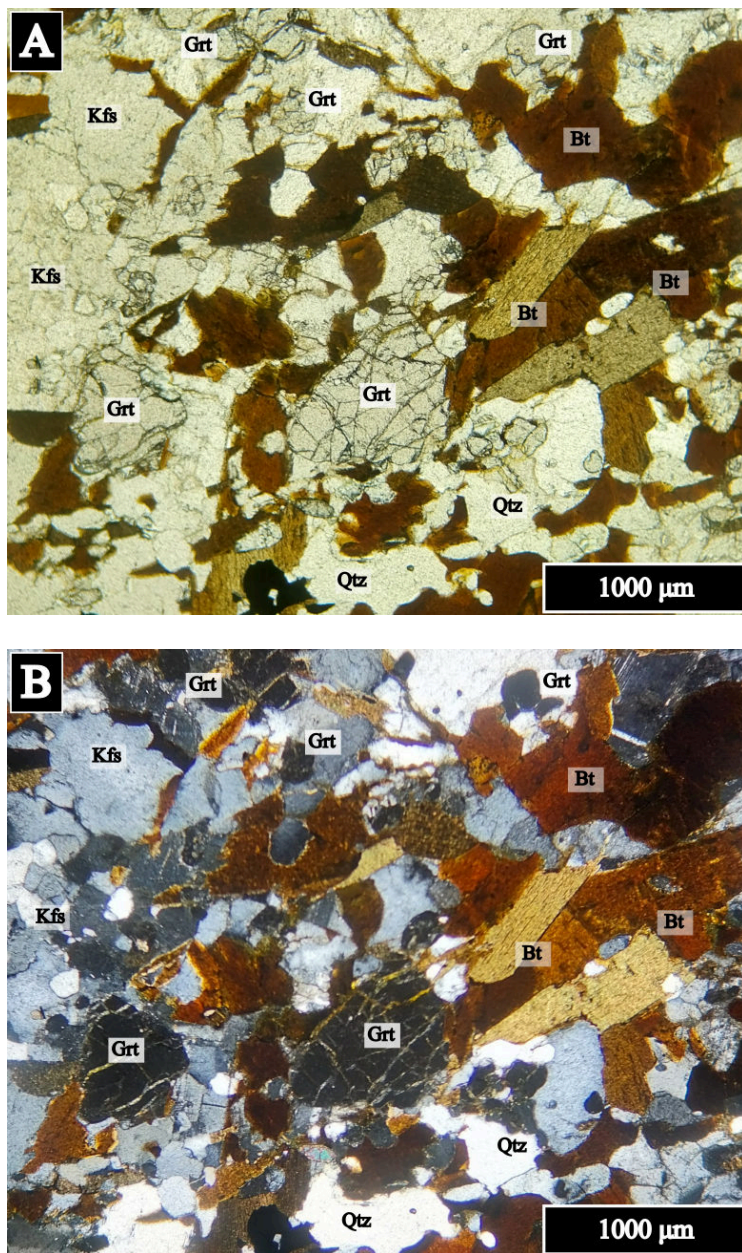


Figura 48. Grt-hbl-bt gnaiss - Destaque para a porção mais máfica constituída por grana (ao centro), biotita e hornblenda. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Grt: Granada; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartz.

5.3.6 Granulito de composição enderbítica

Granulito máfico que aflora como lentes ou *boudins*, em meio aos gnaisses, na região sul do município (Ponto 10). Coloração variando entre cinza escuro e verde escuro (Figura 49), granulação grossa e composição enderbítica. Cristais de ortopiroxênio reconhecíveis a olho nu. Segundo Oliveira (2024), seu ambiente de formação provável trata-se de arco colisional ou acrescionário, a idade de cristalização ígnea é 2081 ± 17 Ma e o registro do último evento metamórfico é datado em 610 ± 13 Ma.



Figura 49. Granulito de composição enderbítica - Amostra de mão cinza escuro com porções esverdeadas e granulação média a grossa.

Em seção delgada, apresenta estrutura maciça, textura porfiroblástica (Figura 50) e textura granoblástica (Figura 51) com a formação incipiente de bandas félsicas e máficas (Figura 52). A associação mineral é formada por clinopiroxênio (diopsídio), ortopiroxênio (ferrosilita), granada, plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda, minerais opacos, titanita e zircão, sendo os cinco primeiros minerais constituintes da paragênese. Os grãos de granada se subdividem em subidioblásticos e xenoblásticos maiores e mais fraturados. Rocha de alto grau metamórfico e fácies granulito.

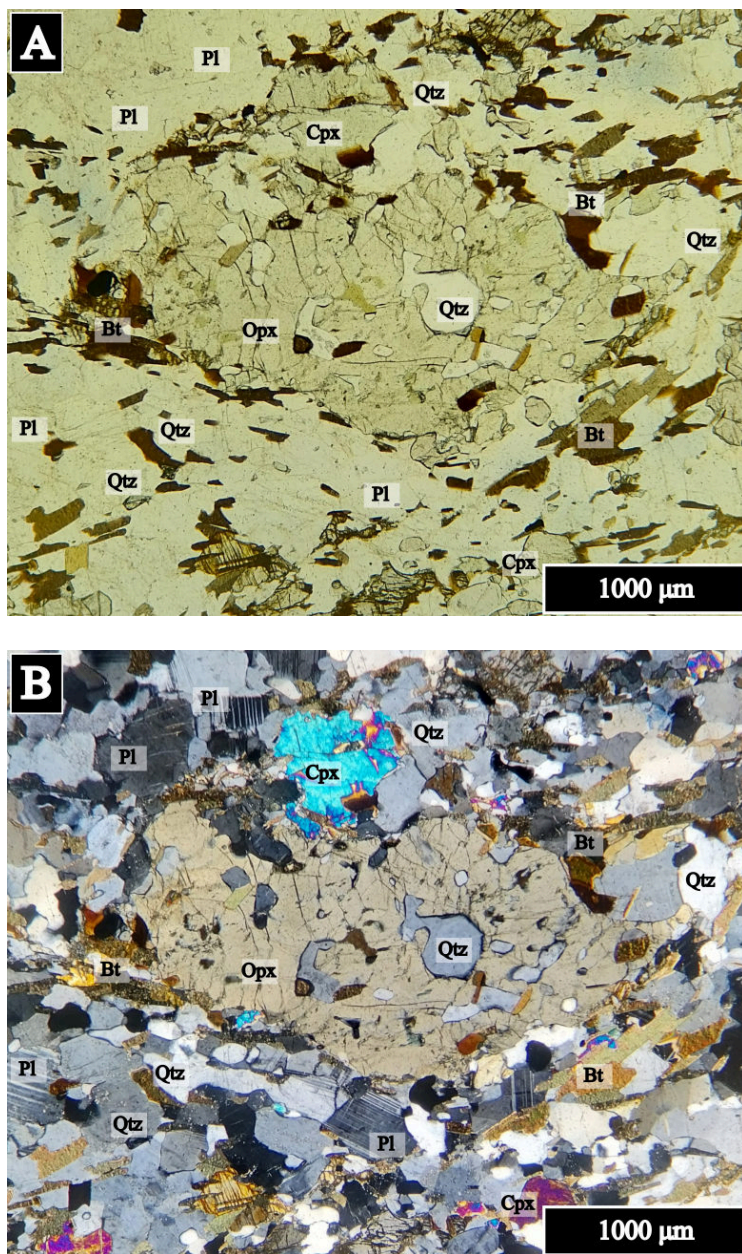


Figura 50. Granulito de composição enderbítica - Textura porfiroblástica evidenciada pelo cristal de Opx de dimensão maior em relação aos minerais da matriz. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Cpx: Clinopiroxênio; Opx: Ortopiroxênio; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

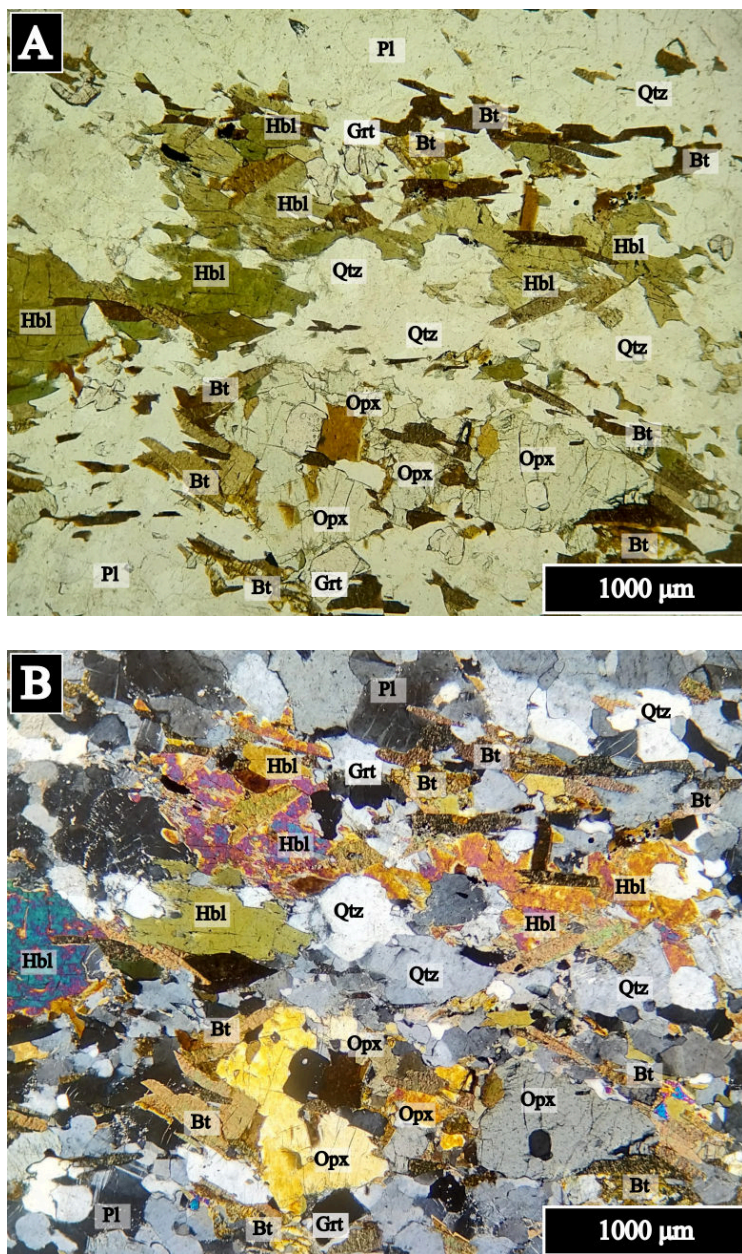


Figura 51. Granulito de composição enderbítica - Estrutura maciça e textura granoblástica. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Grt: Granada; Hbl: Hornblenda; Opx: Ortopyroxênio; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

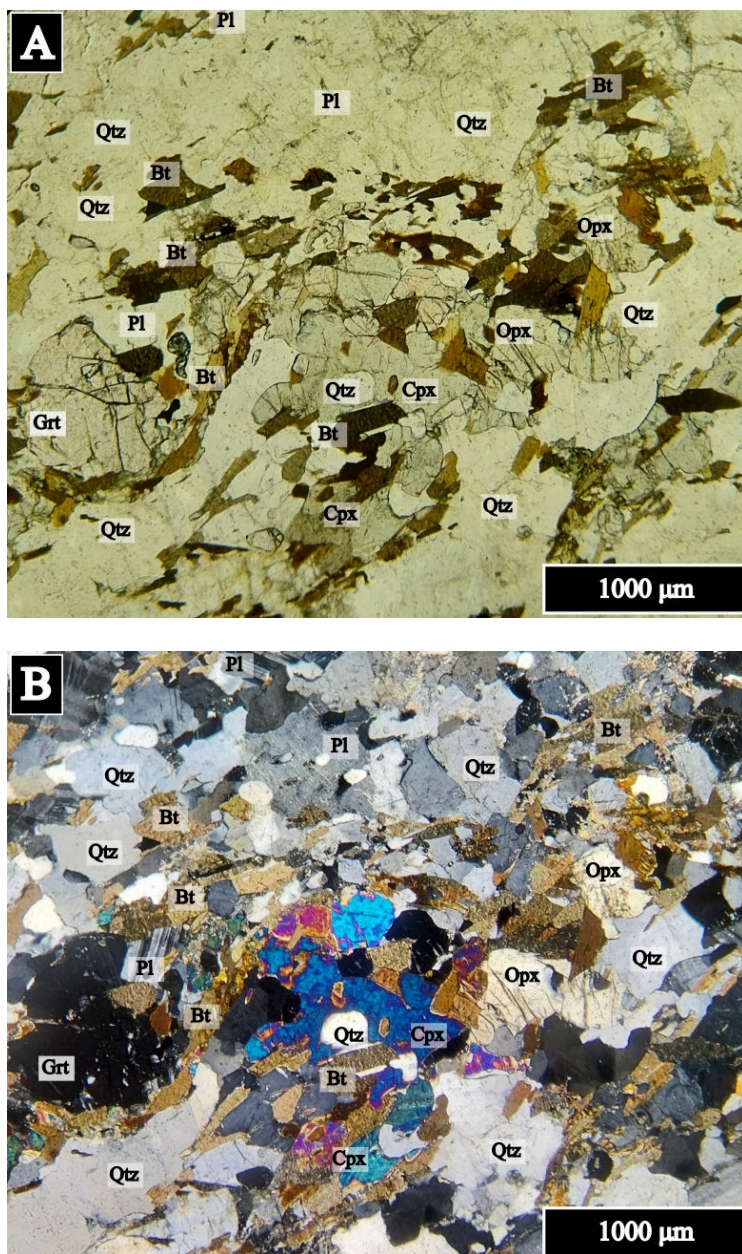


Figura 52. Granulito de composição enderbítica - Formação incipiente de bandas félsicas e máficas. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Cpx: Clinopiroxênio; Grt: Granada; Opx: Ortopiroxênio; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

5.3.7 Granulito máfico

Coletado ao sul do município, na Zona de Cisalhamento Campinas (Ponto 10). Rocha metamórfica máfica de coloração preto a verde escuro, mesocrática a melanocrática de granulação grossa. Grãos de ortopiroxênio esverdeados distinguíveis a vista desarmada (Figura 53). Segundo Amaral et al. (2019), tem sua idade de cristalização ígnea estimada em 2156 ± 6 Ma e o metamorfismo registrado em 605 ± 13 Ma, aproximadamente.



Figura 53. Granulito máfico - Cristais de ortopiroxênio esverdeados em contraste com a matriz grossa cinza muito escuro.

5.4 Outras Rochas

5.4.1 Aplito

Rocha de ocorrência no extremo sul do município, na Zona de Cisalhamento Campinas (Ponto 10). Classificada como ígnea intrusiva e holocristalina, de coloração cinza claro, hololeucocrática e fanerítica de granulação fina. Exibe aspecto frequentemente sacaroidal (Figura 54) e estrutura maciça.



Figura 54. Aplito - Rocha maciça de coloração cinza claro e aspecto sacaroidal.

Em lâmina delgada, é composto principalmente por quartzo e feldspato alcalino, e menores quantidades de biotita e plagioclásio. Exibe textura pertítica, extinção ondulante em grãos de quartzo e textura inequigranular (Figura 55).

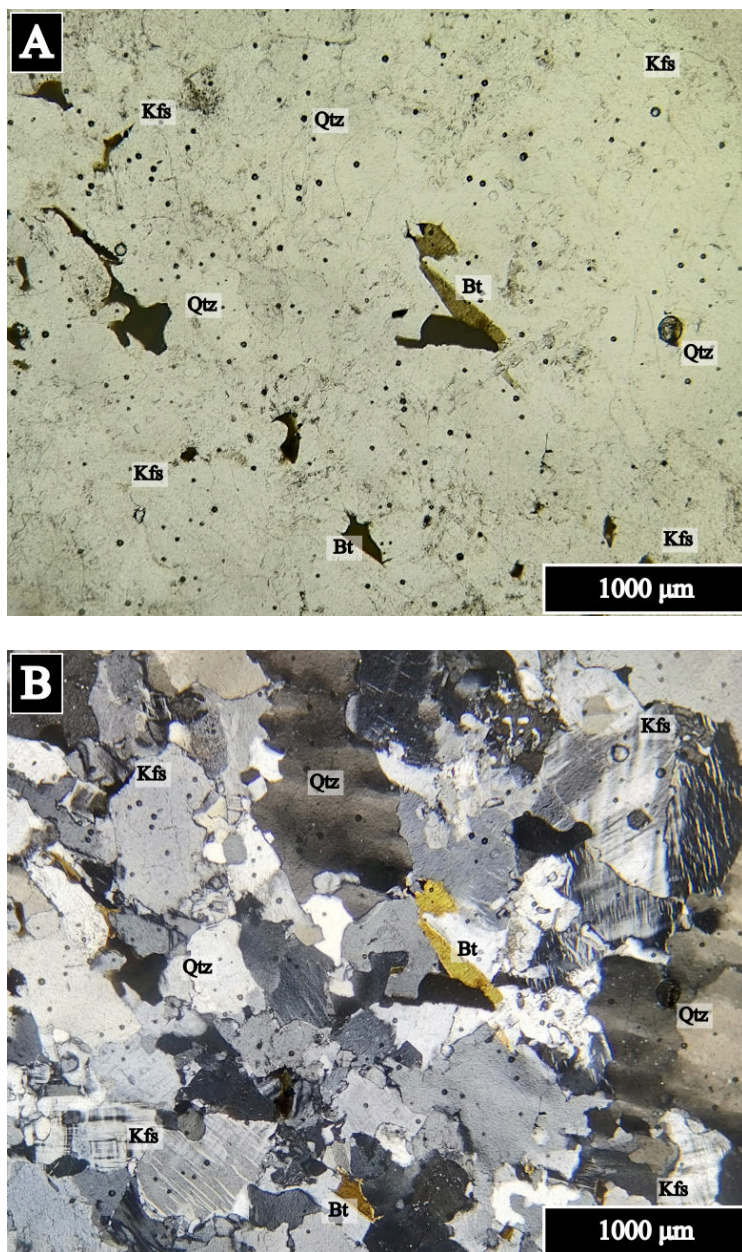


Figura 55. Aplito - Extinção ondulante em grãos de quartzo e textura pertítica em feldspato alcalino (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.

5.4.2 *Augen* gnaiss milonítico

Localizado na região nordeste do município de Campinas (Ponto 13), o *augen* gnaiss aflora como parte do embasamento pré-cambriano. Apresenta estrutura oftálmica, com porfiroblastos rosados de feldspato alcalino em formato de “olhos” ou *augen* (Figura 56), e feições máficas lineares subparalelas marcando o bandamento gnáissico. Caráter milonítico resultado de deformações dúcteis.



Figura 56. *Augen* gnaiss milonítico - Porfiroblastos elípticos centimétricos de feldspato alcalino róseo em contraste com a matriz cinza do gnaiss.

5.4.3 Gnaiss com ultracataclasito

Rocha localizada na Zona de Cisalhamento Campinas (Ponto 10) com feições estruturais rúpteis características desse tipo de conformação geológica. Tais fraturas preenchidas por ultracataclasito (Figura 57) ocorrem em diversos tipos de litologia. A seguir tem-se dois exemplos de ocorrência, em anfibolito e gnaiss em lâmina.



Figura 57. Ultracataclasito em gnaiss - Ultracataclasito, feições horizontais de coloração mais escura em destaque no centro da amostra.

Epidoto-hornblenda gnaiss de estrutura bandada e textura granolepidoblástica e nematoblástica (Figura 58). Quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio compõe a banda félsica, e hornblenda, biotita, epidoto e clinozoisita (Figura 59) compõe a banda máfica. Exibe feições protomiloníticas, oriundas de regime dúctil, e ultracataclasito (Figura 60) e microfalhas (Figura 61), resultantes de regime rúptil posterior ao estágio de formação das foliações.

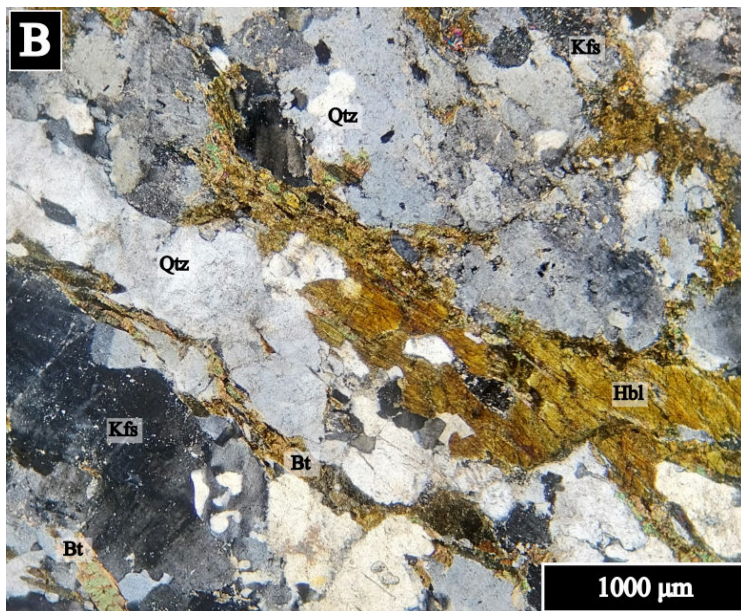
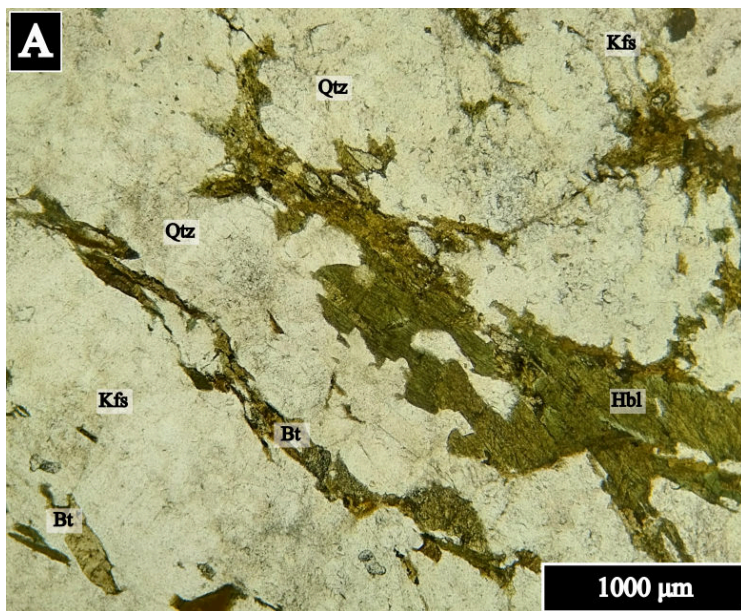


Figura 58. Ultracataclasito em gnaiss - Textura nematoblástica e lepidoblástica definidas por cristais de hornblenda e biotita compondo a foliação. (A) PPL. (B) XPL. Bt: Biotita; Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.

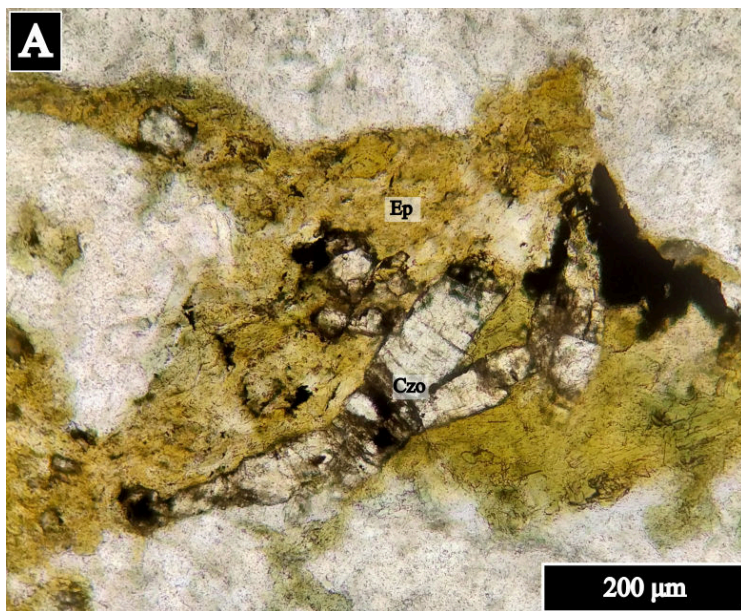


Figura 59. Ultracataclasito em gnaiss - Destaque para a banda máfica com epidoto de hábito maciço e clinozoisita prismática. (A) PPL. (B) XPL. Czo: Clinozoisita; Ep: Epidoto.

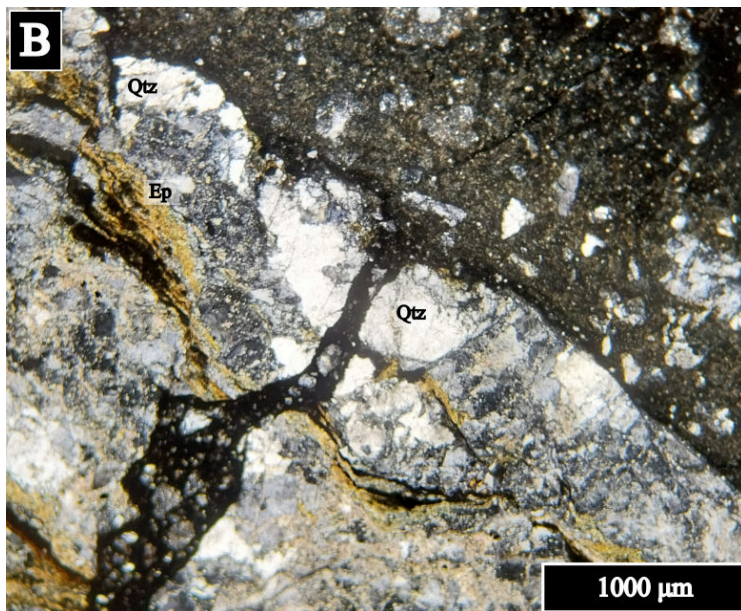
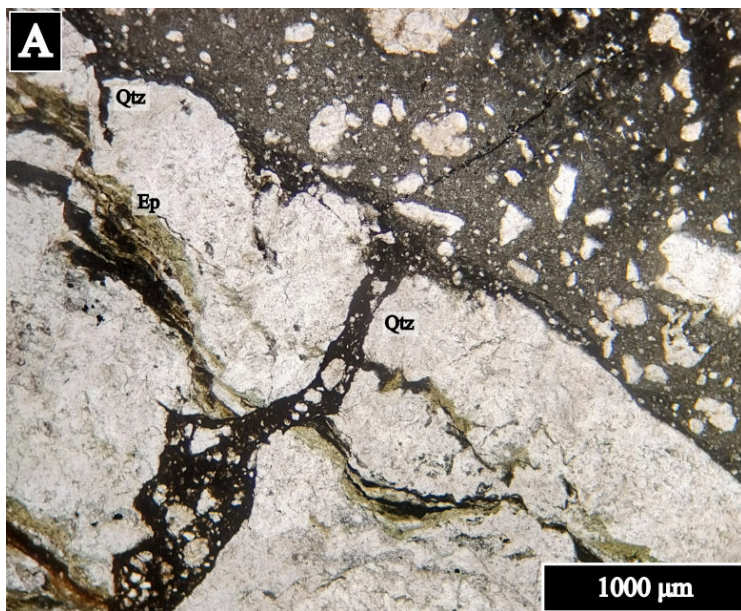


Figura 60. Ultracataclasito em gnaiss - Ultracataclasito cortando a foliação mais antiga e se difundindo através de seus planos. (A) PPL. (B) XPL. Ep: Epidoto; Qtz: Quartzo.

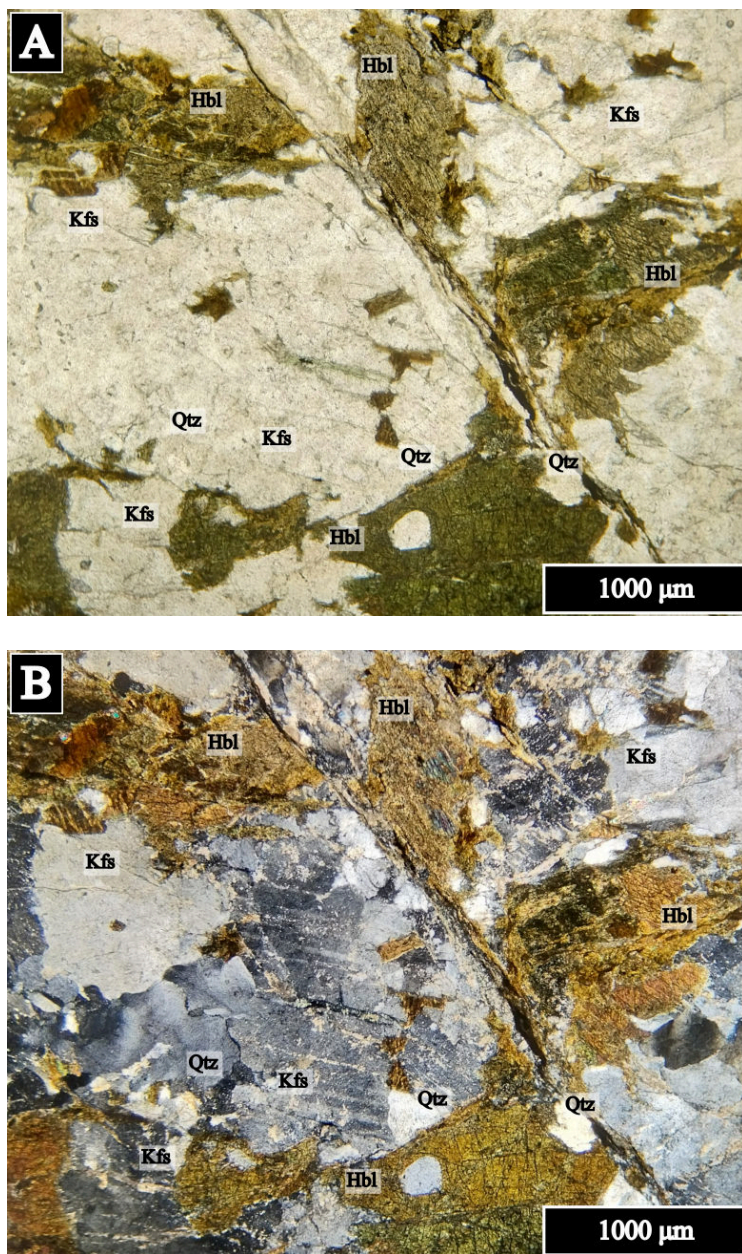
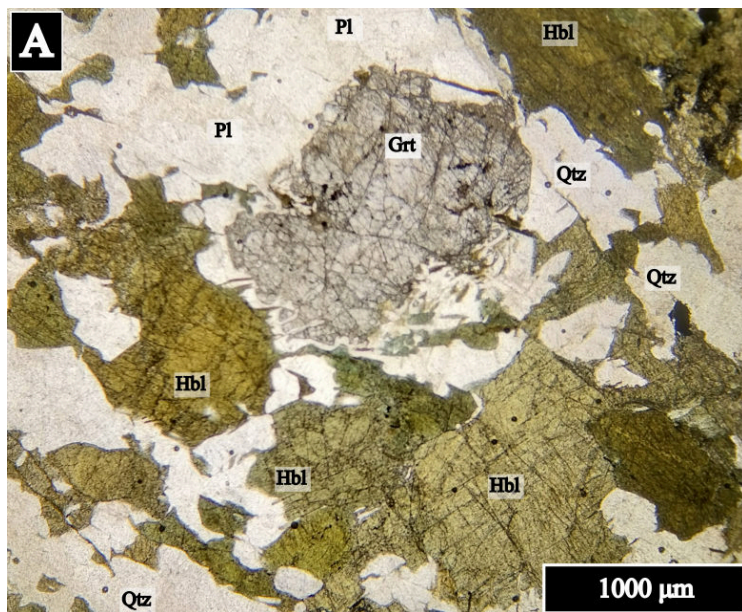


Figura 61. Ultracataclasito em gnaiss - Microfalha bem definida interceptando cristais de hornblenda. (A) PPL. (B) XPL. Hbl: Hornblenda; Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.

Granada anfibolito maciço com textura granoblástica e poiquiloblástica (Figura 62). Paragênese composta por hornblenda, plagioclásio, quartzo e granada. Cristais de granada subidioblásticos muito fraturados. Presença de simplectito, de mineral opaco, e de carbonato preenchendo pequenos veios no ultracataclasito (Figura 63). Microestruturas de regime rúptil como ultracataclasitos e microfalhas (Figura 64) são comuns.



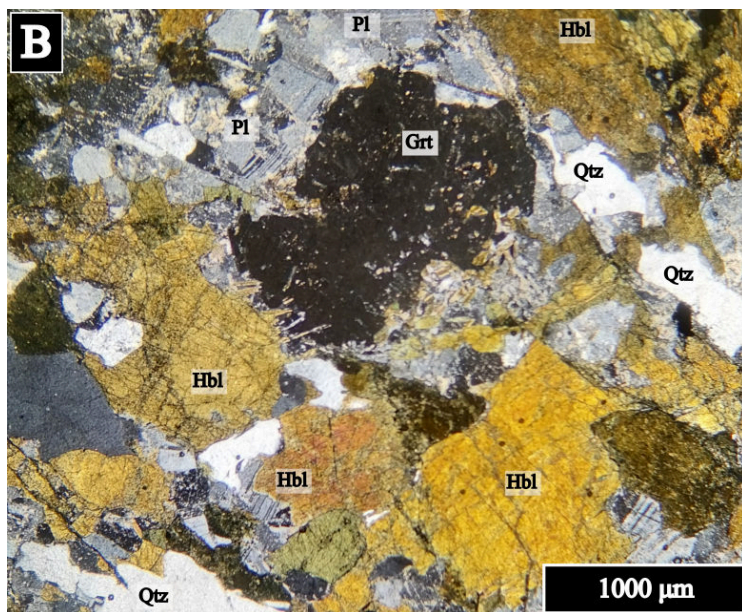


Figura 62. Ultracataclasito em anfibolito - Textura granoblástica e poiquiloblástica evidenciada pelas inclusões na granada central. (A) PPL. (B) XPL. Hbl: Hornblenda; Grt: Granada; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

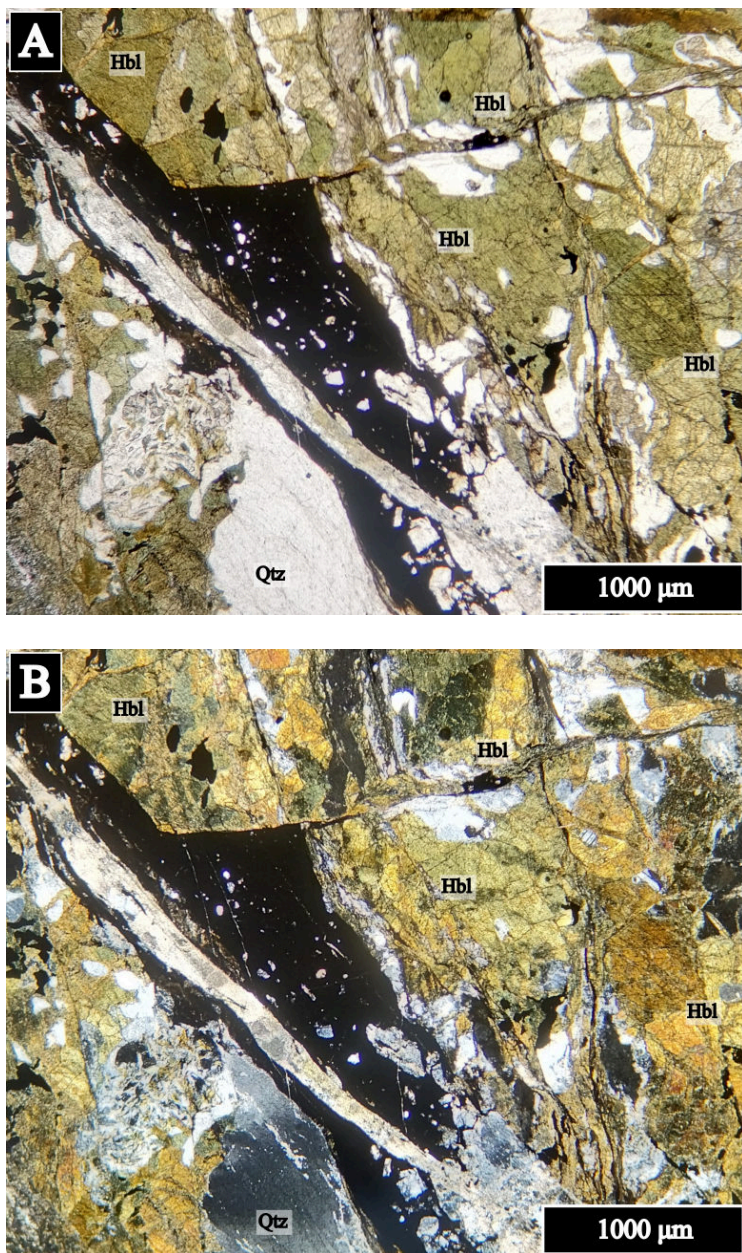


Figura 63. Ultracataclasito em anfibolito - Ultracataclasito preenchido por carbonato e microfalhas geradas em regime rúptil. (A) PPL. (B) XPL. Hbl: Hornblenda; Qtz: Quartzo.

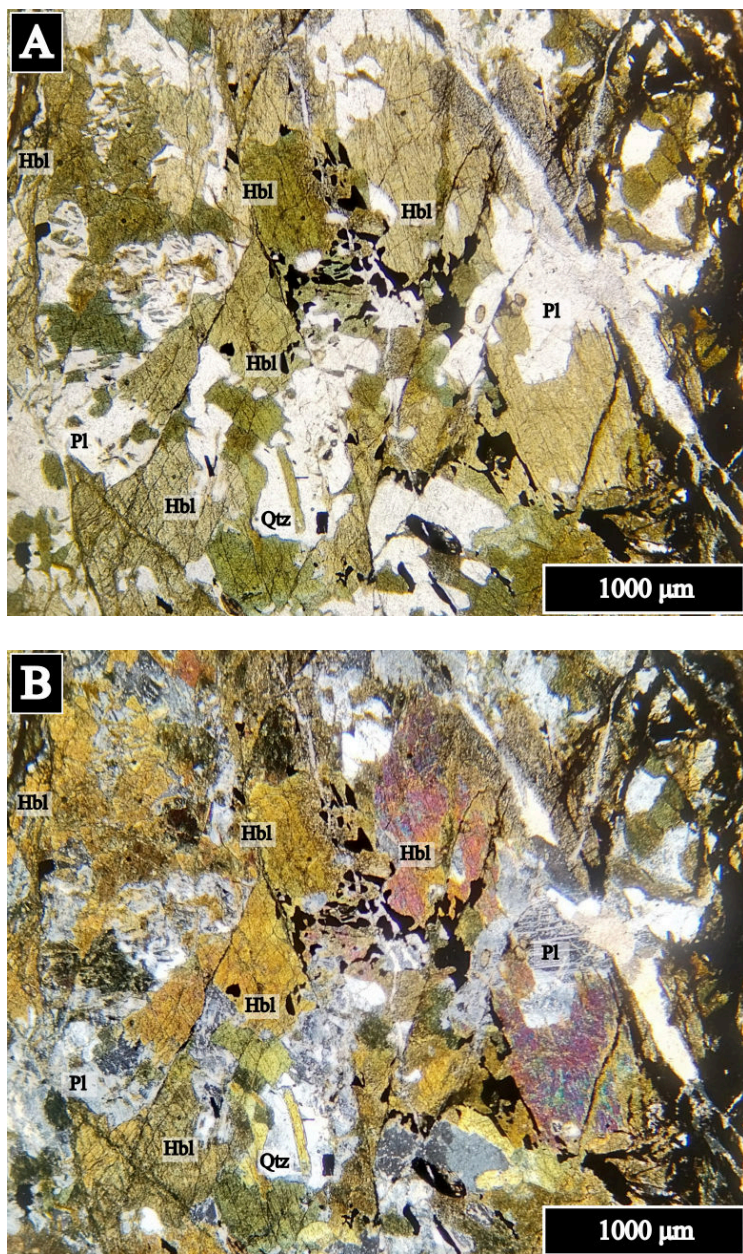


Figura 64. Ultracataclasito em anfibolito - Pares de fratura conjugados bem evidentes e textura simplectítica incipiente exibida por mineral opaco. (A) PPL. (B) XPL. Hbl: Hornblenda; Pl: Plagioclásio; Qtz: Quartzo.

5.4.4 Gnaiss protomilonítico com dique

Gnaiss protomilonítico coletado no extremo sul do município (Ponto 10), na Zona de Cisalhamento Campinas. Predomina a coloração cinza escuro e a granulação fina a média. Exibe bandamento gnáissico discreto.

Após a formação do prótolito, esta rocha passou por processos dúcteis evidenciados pelo caráter protomilonítico da amostra e, posteriormente, foi intrudida por dique alaranjado de rocha ígnea granítica (Figura 65). Essa feição estrutural registra a relação de idade entre o gnaiss e o dique, sendo que a intrusão é sempre mais nova que a rocha intrudida.



Figura 65. Gnaiss protomilonítico com dique - Gnaiss intrudido por rocha ígnea granítica alaranjada na forma de dique.

5.4.5 Hornblenda gnaissado dobrado

Localizada na Zona de Cisalhamento de Campinas, ao sul do município (Ponto 10). Rocha de granulação média a grossa, com minerais estirados e bandamento bem marcado em bandas máficas, acinzentadas, e félsicas, alaranjadas e esbranquiçadas.

Feições estruturais de dobramento da foliação (Figura 66) posteriores ao processo de metamorfismo e de desenvolvimento das bandas gnáissicas.



Figura 66. Hbl gnaissado dobrado - Dobras muito evidentes no bandamento gnáissico de coloração alternada entre alaranjado e cinza.

5.4.6 Pegmatito

Ocorrência no extremo sul do município (Ponto 10), localizada na Zona de Cisalhamento Campinas. Rocha ígnea intrusiva holocristalina, de coloração alaranjada (Figura 67), hololeucocrática e fanerítica muito grossa. Cristais de feldspato alcalino e quartzo visíveis a olho nu. Estrutura maciça.



Figura 67. Pegmatito - Amostra de mão alaranjada de granulação muito grossa com porções cinza claro. Destaque para a abundância e tamanho dos cristais de feldspato alcalino alaranjados.

Petrograficamente, é composto essencialmente por feldspato alcalino e quartzo, com pequena contribuição de plagioclásio, clorita e sericita. Exibe textura pertítica em grãos de feldspato alcalino e textura inequigranular marcada pelos grãos de quartzo muito menores em relação ao feldspato (Figura 68).

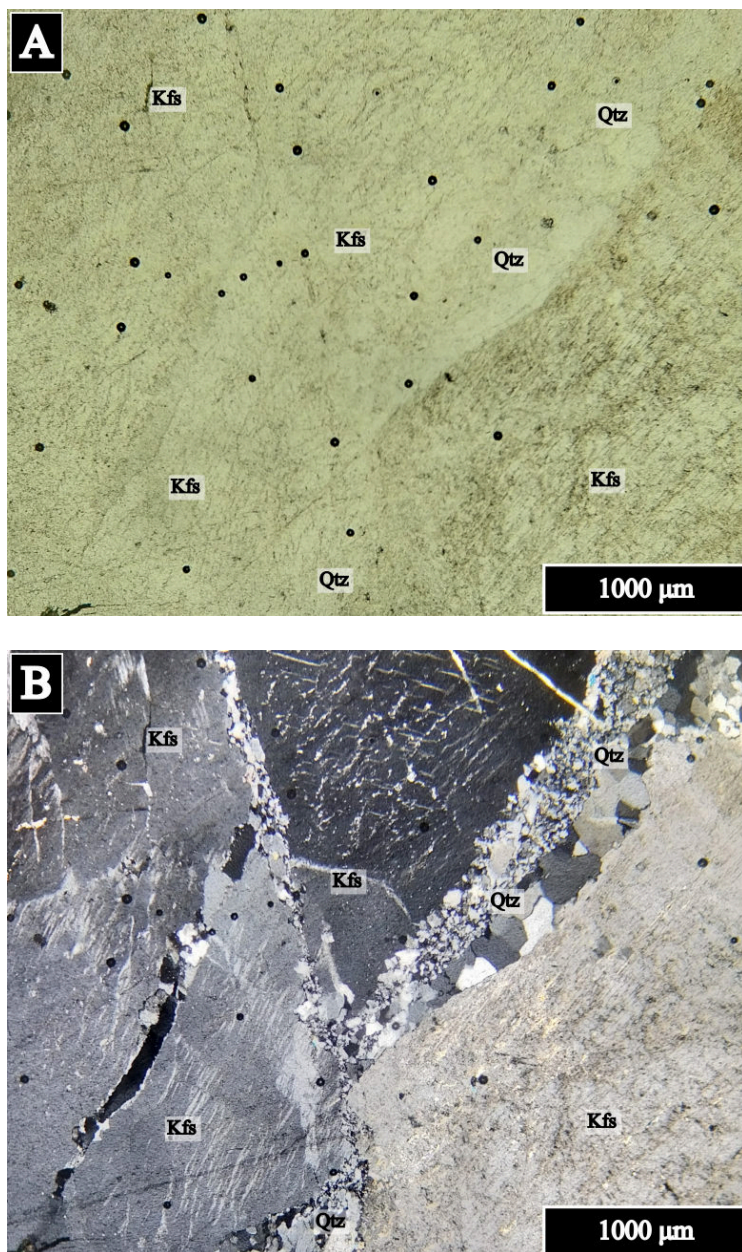


Figura 68. Pegmatito - Textura perítica e inequigranular em evidência. (A) PPL. (B)XPL. Kfs: K-feldspato; Qtz: Quartzo.

6. Conclusão

O Atlas Petrográfico do Município de Campinas consolida-se como um material de referência no âmbito das Geociências, reunindo, de forma sistematizada, informações petrográficas detalhadas das principais litologias que compõem o território municipal. Mais do que um simples repositório ilustrado de rochas, este Atlas constitui uma ferramenta de integração de saberes, permitindo não apenas a caracterização mineralógica e textural das amostras estudadas, mas também a compreensão de sua inserção em um contexto geológico mais amplo.

Ao reunir descrições macroscópicas e microscópicas, iconografia de alta qualidade e interpretações técnicas, o Atlas ultrapassa a dimensão local, oferecendo subsídios para reflexões regionais e até globais acerca da evolução crustal, dos processos petrogenéticos e das implicações da geodiversidade em diferentes esferas do conhecimento científico. Essa abordagem holística aproxima a investigação petrográfica de outras áreas das Ciências da Terra e de campos afins, como a biologia, a engenharia, a geografia e as ciências ambientais, fomentando a interdisciplinaridade e ampliando as possibilidades de aplicação do material.

Além do caráter científico, o Atlas carrega um papel formativo e social relevante. Ele se propõe a apoiar atividades de ensino e pesquisa em diferentes níveis acadêmicos, servindo como recurso didático para disciplinas de graduação e pós-graduação, bem como como fonte de consulta para profissionais das áreas de geologia, engenharia civil, planejamento urbano e gestão ambiental. Do mesmo modo, ao adotar uma linguagem clara e acessível, abre-se também à sociedade em geral, promovendo a valorização da geodiversidade e estimulando o reconhecimento da importância dos recursos geológicos para a vida cotidiana.

Assim, este Atlas não apenas documenta e ilustra a diversidade litológica do município de Campinas, mas também projeta essa informação em uma perspectiva mais abrangente, contribuindo para o avanço do conhecimento científico, para a formação de novas gerações de profissionais e para a difusão da geociência como um todo. Espera-se que este material inspire iniciativas semelhantes em outros municípios e regiões, reforçando a necessidade de integrar a geologia local e regional em um panorama global da evolução da Terra, da utilização sustentável de seus recursos e da valorização de seu patrimônio natural.

Referências

- Alkmim, F.F., Martins-Neto M.A. 2005. Brazil. In: Encyclopedia of Geology. Elsevier, Amsterdam, p. 306–327.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth-Science Reviews*, 17, 1–29.
- Amaral, P.G.C., Ricardi-Branco, F. 2004. Ocorrência de megásporos no carbonífero superior (subgrupo Itararé) na porção NE da Bacia do Paraná, estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(2), 253–262.
- Amaral, W.S., Bravo, J.C.S., Salgado, P.V., Casagrande, A.L., Cezar, T.M., Martins, D.T. 2018. A Zona de Cisalhamento Campinas no contexto da porção sul do embasamento do Orógeno Brasília. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 49, 2018, Rio de Janeiro, RJ. Anais... São Paulo, SP: Sociedade Brasileira Geologia.
- Amaral, W.S., Farhat Junior, M.Z., Sanchez, J.P. 2022. Geobike Project: riding on the rocks and motivating alternative fieldwork actions in Geosciences. *Terrae Didática*, 18, 1–13.
- Amaral, W.S., Santos, F. H., Bravo, J.C.S., Fedel, H.S., Luvizotto, G. L., Godoy, D.F. 2019. U Pb zircon ages and metamorphic conditions of mafic granulites from the basement of the southern Brasília Orogen, Campinas-SP region. *Journal of South American Earth Sciences*, 92, 184–196.
- Arab, P.B., Perinotto, J.A.J., Assine, M.L. 2009. Grupo Itararé (P–C da Bacia do Paraná) nas regiões de Limeira e Piracicaba, SP: contribuição ao estudo das Litofácies. *Geociências*, 28(4), 501–521.
- Campos Neto, M.C. 2000. Orogenic systems from southwestern Gondwana, an approach to Brasiliano-pan African Cycle and orogenic collage in southeastern Brazil. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*. 31st International Geological Congress. Rio de Janeiro, Brazil, p. 335–365.
- Campos Neto, M.C., Caby, R. 2000. Terrane accretion and upward extrusion of high pressure granulites in the Neoproterozoic nappes of Southeast Brazil: petrological and structural constraints. *Tectonics*, 19, 669–687.

- Campos Neto, M.C., Basei, M.A.S., Vlach, S.R.F., Caby, R., Szabó G.A.J., Vasconcelos, P. 2004. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: um esboço da colagem brasileira no sul do cráton do São Francisco, SE – Brasil. *Geologia USP Série Científica*, 4(1), 13–40.
- Campos Neto, M.C., Cioffi, C.R., Moraes, R., Motta, R.G., Siga Jr., O., Basei, M.A.S., 2010. Structural and metamorphic control on the exhumation of high-P granulites: the Carvalhos Klippe example, from the oriental Andrelândia Nappe System, southern portion of the Brasília Orogen, Brazil. *Precambrian Research*, 180, 125–142.
- Cioffi, C.R., Campos Neto, M.C., Möller, A., Rocha, B.C. 2016a. Paleoproterozoic continental crust generation events at 2.15 and 2.08 Ga in the basement of the southern Brasília Orogen, SE Brazil. *Precambrian Research*, 275, 176–196.
- Cioffi, C.R., Campos Neto, M.C., Möller, A., Rocha, B.C. 2016b. Tectonic significance of the meso-to neoarchean complexes in the basement of the southern Brasília orogen. *Precambrian Research*, 287, 91–107.
- Cohen, K.M., Harper, D.A.T., Gibbard, P.L. 2024. ICS International Chronostratigraphic Chart 2024/12. International Commission on Stratigraphy, IUGS. Disponível em: www.stratigraphy.org, Acesso em: 15 Jul. 2025.
- Instituto Geológico. 1993. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do município de Campinas (SP). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, v.2 – Relatórios técnicos.
- Kretz, R. 1983. Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 68, 277–279.
- MacKenzie, W.S., Donaldson, C.H., Guilford, C. 1982. Atlas of igneous rocks and their textures. Longman, 148p.
- Marques, L.S., Ernesto, M. 2004. O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. (org.). *Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca.

- Milani, E.J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Milani, E.J., Melo, J.H.G., Souza, P.A., Fernandes, L.A., França, A.B. 2007. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobras, 15(2), 265–287.
- Nichols, G. 2009. Sedimentology and stratigraphy. 2ª edição. Wiley-Blackwell, 419p.
- Oliveira, M.A.F., Negri, F.A., Zanardo, A., Morales, N., 2019. Archean and paleoproterozoic crust generation events, Amparo complex and Serra Negra orthogneiss in southern Brasília Orogen, SE Brazil. Journal of South American Earth Sciences, 90, 137–154.
- Oliveira, E.P., Silva, E.A.B. 2016. Novas idades LA-SF-ICPMS em zircões de granitos das suítes Morungaba e Jaguariúna, Campinas, SP. In: Anais, 48º Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, RS. P.986.
- Oliveira, L.P.B. 2024. Evolução tectono-metamórfica do embasamento do orógeno Brasília sul, região de Campinas-SP. Dissertação - Instituto de Geociências,
- Oliveira, L.P.B., Amaral, W.S. 2025. Registro de metamorfismo de alto grau no embasamento paleoproterozoico do Município de Campinas (SP). Terrae Didática, 21, 1-11.
- Paiva, H.P., Pereira, M.A.M., Moreto, C.P.N. 2024. Guia de identificação de minerais de minério. Campinas, SP: UNICAMP/BCCL.
{<https://www.bibliotecadigital.unicamp.br/bd/index.php/detalhes-material/?code=117697>}
- Ricardi-Branco, F., Costa, J.S., Christiano-De-Souza, I.C., Rohn, R., Longhim, M., Faria, R.S. 2013. Bryophytes associated with Pennsylvanian periglacial environments in southern Gondwana (São Paulo State, Itararé Group, Paraná Basin, Brazil). Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science, 1-5.
- Ricardi-Branco, F., Rohn, R., Longhim, M.E., Costa, J.S., Martine, A.M., Christiano-De-Souza, I.C. 2016. Rare Carboniferous and Permian glacial and non-glacial bryophytes and associated lycophyte megaspores of the Paraná Basin, Brazil: a new occurrence and paleoenvironmental considerations. Journal of South American Earth Sciences, 72, 63-75.

Referências

- Trouw, R.A.J., Peternel, R., Ribeiro, A., Heilbron, M., Vinagre, R., Duffles, P., Trouw, C.C., Fontainha, M., Kussama, H.H., 2013. A new interpretation for the interference zone between the southern Brasília belt and the central Ribeira belt, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 48, 43–57.
- Wernick, E. 1972. A geologia do Maciço Granítico de Morungaba, Leste do Estado de São Paulo. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Bol. Geol., 16, 110p.
- Whitmeyer, S.J., Fichter, L.S., Pyle, E.J. 2007. New directions in Wilson cycle concepts: supercontinent and tectonic rock cycles. *Geosphere*, 3(6), 511–526.