



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GEOLOGIA**

**BRUNO ALENCAR MOREIRA
VANDERSON CHAVES DA SILVA**

MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE UMA ÁREA À NOROESTE DE ACOPIARA – CE

FORTALEZA

2017

BRUNO ALENCAR MOREIRA
VANDERSON CHAVES DA SILVA

MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE UMA ÁREA À NOROESTE DE ACOPIARA - CE

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado ao Curso de Geologia do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Christiano Magini.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Central do Campus do Pici

-
- M837m Moreira, Bruno Alencar.
 Mapemento geológico de uma área à noroeste de Acopiara - CE. / Bruno Alencar
 Moreira, Vanderson Chaves da Silva. – 2017.
 82 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) Universidade Federal do Ceará, Centro de
 Ciências, Departamento de Geologia, Fortaleza, 2017.
 Orientação: Prof. Dr. Christiano Magini
1. Hidrogeologia. 2. Águas subterrâneas I. Silva, Vanderson Chaves da. II. Título.
- CDD 551

BRUNO ALENCAR MOREIRA
VANDERSON CHAVES DA SILVA

MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE UMA ÁREA À NOROESTE DE ACOPIARA

Trabalho de conclusão de curso (TCC)
apresentado ao Curso de Geologia do
Departamento de Geologia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Christiano Magini (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Irani Clezar Mattos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Geólogo Dr. Jackson Alves Martins
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos nossos pais.

AGRADECIMENTOS

A UFC, pelo apoio financeiro para a realização das etapas de campo.

Aos meus pais Estela e Rinaldo, pelo esforço em propiciar uma educação de qualidade durante toda a minha vida e que é recompensada agora. Sou grato mesmo nos momentos em que, a cada dez minutos, perguntavam se já havia terminado este trabalho.

Agradeço à minha família, pelo suporte e incentivo nesta longa jornada. Em especial, para Kelly, minha futura esposa e mulher da minha vida.

Ao Prof. Dr. Christiano Magini, pela excelente orientação e paciência.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof^a. Dra. Irani Clezar Mattos e o geólogo Dr. Jackson Alves Martins pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao meu tio Lupércio pela assistência durante as incursões de campo.

A todos os professores, sem exceção, do departamento de geologia (DEGEO) pela imensa participação em nossa formação acadêmica.

Aos servidores do DEGEO pelos trabalhos dedicados aos alunos.

A CAPES, por propiciar um intercâmbio em uma faculdade estrangeira.

Aos professores da Universidade de Nagoia (名古屋大学), pelos ensinamentos que, às vezes, eram dificultados pelo idioma. Um agradecimento especial ao Professor Simon Wallis pela paciência e esforço em facilitar a minha aprendizagem e adaptação. Serei eternamente grato.

Aos colegas Natsumi Mori, Hayato Umeda, Maw Maw e Ye do 地球惑星科学科 pela ajuda, em especial, Hirokazu Kawahara pela tutoria no ensino do idioma japonês durante boa parte de minha estadia em Nagoia.

Aos colegas do DEGEO, pelas críticas e sugestões recebidas. Além de conversas bastante produtivas. Em especial, para a amiga Isabelle e o amigo Charles pela ajuda providencial.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por conceder-me forças para superar todas as dificuldades.

A UFC, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivada pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presente.

Aos professores e o meu orientador Christiano Magini, em especial, por todo o suporte e conhecimento partilhado serei eternamente grato.

Aos meus pais, irmão, pelo incentivo, apoio incondicional e, também, por todas as cobranças e impulsos dados. Sem eles, dificilmente estaria concluindo o curso.

Ao meu amigo Bruno (Japa) por sempre estar junto, presente, com a mente fria, seguindo o melhor caminho. Por toda a ajuda e força, fazendo com que qualquer momento difícil fosse contornado da melhor maneira. Devo e tenho muito a agradecer.

“Eu não sou marinho, não.

Eu sou mesmo é capitão!

Não navego por dinheiro

Faço isso por paixão!”

Rafael Bittencourt

RESUMO

O objetivo deste trabalho consiste no mapeamento geológico, em escala 1:25.000, de uma região próxima às divisas entre os municípios de Acopiara, Mombaça e Piquet Carneiro, no estado do Ceará, que abrange uma área total de 100 km², inserida no Domínio Ceará Central da Província Borborema. Tendo como foco principal a caracterização geológica, a análise estrutural e metamórfica do terreno. Foram mapeadas quatro unidades geológicas distintas. A Unidade Arneiroz do Complexo Ceará forma as zonas de serras que encerram as outras unidades mapeadas a leste e a oeste. O Complexo Acopiara é a unidade com maior contribuição em termos de área mapeada e limita-se a porção oeste. O Complexo Serra do Papagaio ocorre em contato com a Unidade Arneiroz, sendo separadas por zona de cisalhamento. A Suíte Piquet Carneiro surge como intrusões graníticas brasileiras, podendo aflorar em todas as unidades previamente citadas em formas de diques concordantes ou não à foliação. Duas fases deformacionais foram identificadas e denominada Dn e Dn+1. As deformações estão associadas a intensa atividade de zonas de cisalhamento que cortam a área de norte a sul e o retrabalhamento tectônico causado pelo Ciclo Brasileiro. Análises de seções delgadas mostram evidências de que as rochas sofreram metamorfismo no fácies anfibólito com posterior retrometamorfismo no fácies xisto-verde.

Palavras-chave: zonas de cisalhamento. gnaisse. milonitização.

ABSTRACT

The main purpose of this study is to create a geological map in scale ratio of 1:25.000 of a region at northwest from Acopiara, Ceará. The borders of the mapped area covers a total of 100 km² surface of the Ceará Central domain located in the Borborema Province. With the main focus being the geological characterization and the structural and metamorphic analysis of the terrain. Four distinct geological units were mapped. The Arneiroz unit of the Ceará Complex forms the mountains lines zones at east and west that encloses all other units in the middle. The Acopiara complex is the unit with the greatest contribution in term of mapped surface and is limited to the west portion. The Serra do Papagaio complex has a geological contact with Arneiroz unit defined by a shear zone that make it possible distinguish the units. The Piquet Carneiro suite appears as granites related with Brasiliano plutonism and outcrops in all previously mentioned units as dykes or big rounded intrusive bodies following or not the local foliation. Two deformational events were identified and denoted D_n and D_{n+1}. Deformations inside of the mapped area are associated to the intense activity of strike-slip shear zones with north-south trending formed by the Brasiliano Orogeny. Thin sections analysis of the samples collected shows evidences of metamorphism on amphibolite facies with later retrograde metamorphism on greenschist facies. Tha mineral assemblages

Keywords: shear zones. gneiss. mylonitization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	– Principais vias de acesso e localização da área mapeada	22
Figura 1.2	– Carta topográfica da área mapeada com curvas de nível extraídas de imagens SRTM	23
Figura 1.3	– Imagem SRTM evidenciando o relevo acidentado da região. Área mapeada no polígono vermelho	26
Figura 1.4	– (A) vegetação arbustiva densa típica de caatinga. (B) <i>Syagrus cearensis</i> ou coco-católé, preferida na alimentação dos macacos-prego que habitam a região	28
Figura 1.5	– (A) Solo podzólico vermelho-amarelo bem desenvolvido. (B) Solos arenosos próximo aos sopés das serras formadas basicamente por quartzitos	28
Figura 2.1	– Localização da Província Borborema e seu contexto dos terrenos brasileiros	30
Figura 2.2	– Parte do Gondwana oeste reconstruído, mostrando os crátons em amarelo e as faixas móveis em laranja. As zonas de suturas são representadas pelas linhas pretas. LA – Lineamento Adamaoua, FB – Faixa Brasília, LPA – Lineamento Patos, LPE – Lineamento Pernambuco, FS – Faixa Sergipana, LS – Lineamento Sanaga, CSL – Cráton São Luiz, LSP – Lineamento Senador Pompeu, TSFB – Cinturão de dobramento Transbrasiliano	31
Figura 2.3	– Porção setentrional da província e suas respectivas divisões estruturais	32
Figura 2.4	– Geologia simplificada do Domínio Ceará Central	37
Figura 3.1	– Recorte do mapa geológico do Ceará simplificado que abrange a área mapeada	39
Figura 4.1	– (A) Quartzito de coloração escura e foliação evidente devido à quantidade de micas (BV-2: 438925 mE/ 9337367 mN); (B) e (C) Bandas de quartzitos intercalados com micaxistos bastante intemperizados (BV-8: 438311 mE/ 9336233 mN e BV-9: 438269 mE/ 9336144 mN); (D) Sequência quartzítica com intenso mergulho e milonitização, causados por dobramentos próximos a cisalhamento (BV-57: 437624 mE/ 9333038 mN)	41

- Figura 4.2 – (A) Intercalação das bandas de muscovita-biotita-xisto com quartzitos aflorando (BV-12: 437443 mE/ 9335053 mN); (B) e (D) Micaxistos com foliação conspícua sendo intrudidos por corpo granítico discordante no primeiro e concordante no segundo (BV-15: 437082 mE/ 9333515 mN e BV-16: 439432 mE/ 9340415 mN); (C) Micaxisto milonitizado mostrando raros porfiroblastos de minerais quartzo-feldspáticos rotacionados (BV-58: 437708 mE/ 9332815 mN) 42
- Figura 4.3 – Rocha calcissilicática foliada e com provável metassomatismo (BV-70: 437418 mE/ 9335255 mN) 43
- Figura 4.4 – (A) Muscovita-biotita-gnaïsse com foliação e textura granítica (BV-69: 437246 mE/ 9335365 mN); (B) Medição de atitude de foliação do gnaïsse (BV-89: 437360 mE/ 9335016 mN) 44
- Figura 4.5 – (A) Migmatito apresentando poucas bandas leucossomáticas e aparentando movimento por fluxo (BV-10: 438220 mE/ 9335823 mN); (B) Rotação de porfiroblastos, boudinagem e planos S-C em migmatito (BV-68: 437227 mE/ 9335621 mN); (C) Porções da rocha que resistiram aos processos deformacionais e apresentam mega porfiroblastos (BV-10: 438220 mE/ 9335823 mN); (D) Medição de atitudes em afloramento de migmatito (BV-11: 438165 mE/ 9335704 mN) 45
- Figura 4.6 – (A) Afloramento de metatexito com veio de quartzo cortando a foliação (BV-25: 431107 mE/ 9336588 mN); (B) Detalhes das dobras apertadas em migmatito metatexito (BV-25: 433107 mE/ 9336588 mN); (C) Metatexito com porções mais anfíbolíticas (BV-124: 431182 mE/ 9338087 mN); (D) Foliação penetrativa em migmatito (BV-25: 433107 mE/ 9336588 mN) 47
- Figura 4.7 – (A) Aspecto aparentemente de granulometria grossa, porém máficos são finos a médios (BV-45: 434418 mE/ 9334141 mN); (B) Detalhe da foliação em biotita-gnaïsse (BV-46: 434500 mE/ 933358 mN); (C) Elementos miloníticos como *boudins* e rotações de porfiroblastos (BV-46: 434500 mE/ 933358 mN); (D) Detalhe da rotação de plagioclásio em biotita-gnaïsse (BV-46: 434500 mE/ 933358 mN) 48

Figura 4.8 – (A) e (B) Micaxistos bem intemperizados e sem intercalações de quartzitos e, por vezes, com foliação verticalizada (BV-35: 434701 mE/ 9338522 mN)	49
Figura 4.9 – (A) Paragnaisse com dobra aberta antiforme (BV-44: 434371 mE/ 9334966 mN); (B) e (C) Paragnaisse intercalado por quartzito milonítico e com bandamento definido (BV-49: 434502 mE/ 9332912 mN)	50
Figura 4.10 – (A) Quartzito ocorrendo com micaxisto intemperizados (BV-114: 433819 mE/ 9332613 mN); (B) Blocos fraturados de quartzito sem micaxisto (BV-115: 433280 mE/ 9332772 mN)	51
Figura 4.11 – (A) e (B) Aparentemente, anfíbolito ocorrendo como dique e detalhe da textura da rocha com metassomatismo ocorrendo (BV-136: 431182 mE/ 93338087 mN)	51
Figura 4.12 – (A) Raro porfiroclasto angular sendo rotacionado em fácies milonítica num ortognaisse (BV-83: 438455 mE/ 9339912 mN); (B) Estiramento mineral em ortognaisse (BV-88: 438249 mE/ 9338875 mN); (C) Planos S-C em gnaisse ortoderivado (BV-87: 438163 mE/ 9339139 mN); (D) Leucogranito fino cortando a foliação de ortognaisse parcialmente migmatizado e milonítico (BV-75: 438607 mE/ 9340377 mN); (E) Foliação de ortognaisse com mergulho de 45° (BV-73: 438703 mE/ 9340352 mN); (F) Indicadores cinemáticos com movimento dextral e <i>augens</i> em ortognaisse (BV-71: 439042 mE/ 9340542 mN)	53
Figura 4.13 – (A) e (B) Anfíbolito bandado ocorrendo em pequenos blocos e detalhe do bandamento de camadas de anfíbólios e plagioclásios (BV-99: 438122 mE/ 9338794 mN)	54
Figura 4.14 – (A) Blocos de gabro metassomatizado (BV-96: 439278 mE/ 9340424mN); (B) Gabronorito disseminado em blocos num contexto intemperizado (BV-101: 437777 mE/ 9338262 mN)	55
Figura 4.15 – (A) e (B) Granada-muscovita-xisto com um pequeno veio de quartzo leitoso e detalhe da ocorrência de granadas nos planos de foliação do xisto	55
Figura 4.16 – (A) e (B) Mina de ametista abandonada e amostra de quartzo leitoso com ametista (BV-81: 437368 mE/ 9340572 mN)	56

- Figura 4.17 – (A) Corpo intrusivo arredondado de leucogranito (BV-118: 432028 mE/ 9332088 mN); (B) Xenólito de biotita-gnaiss foliado em corpo granítico (BV-120: 432305 mE/ 9334730 mN); (C) Granito mostrando plano de mergulho, provavelmente adquirido durante o alojamento na encaixante erodida (BV-105: 436010 mE/ 9339496 mN); (D) Textura schlieren em granito, com separação de porções de minerais mais máficos (BV-120: 432305 mE/ 9334730 mN) 57
- Figura 4.18 – (A) Intrusão granítica discordante em metatexito (BV-124: 431182 mE/ 9338087 mN); (B) Intrusão concordante à foliação de granada-muscovita-xisto (BV-100: 437883 mE/ 9338384 mN); (C) Granitóide da suíte ocorrendo em dique (BV-108: 436019 mE/ 9338378 mN); (D) Intrusão granítica parcialmente alterada em metaxito estromatítico (BV-117: 432475 mE/ 9332350 mN) 58
- Figura 5.1 – Lineamentos extraídos de imagens SRTM com relevo sombreado. (A) Azimute de iluminação de 45°. (B) Azimute de iluminação de 315° 60
- Figura 5.2 – Mapa do total de lineamentos traçados na área extraídos a partir de imagem SRTM e diagrama de roseta indicando a direção preferencial NNE-SSW 61
- Figura 5.3 – (A) Dobramento em paragnaisse (BV-44: 434371 mE/ 9334966 mN); (B) Dobras apertadas em rocha parcialmente migmatizada (BV-75: 438607 mE/ 9340377 mN); (C) Dobras em granito migmatizado (BV-116: 432834 mE/ 9332532 mN); (D) Dobra em quartzitos (BV-114: 433819 mE/ 9332613 mN) 63
- Figura 5.4 – (A) Boudinagem em ortognaisse (BV-01: 439176 mE/ 9340481 mN); (B) Boudinagem assimétrica (BV-19: 439214 mE/ 9340591 mN); (C) e (D) *Boudins* rotacionados, causando efeito dominó e *boudins* simétricos (BV-32: 432651 mE/ 9334167 mN) 64

Figura 5.5 – (A) e (B) Indicadores cinemáticos sinistrais em porfiroblastos e aparente falha sinistral (BV-32: 432651 mE/ 9334167 mN); (C) Porfiroclastos rotacionados em sentido dextral formando <i>augens</i> (BV-71: 439042 mE/ 9340542 mN); (D) Porfiroclastos em milonito indicando sentido dextral (BV-83: 438455 mE/ 9339912 mN)	65
Figura 5.6 – (A) Faixa ultramilonítica em porções de migmatito com estiramento e rotação de minerais quartzo-feldspáticos (BV-32: 432651 mE/ 9334167 mN); (B), (D), (E) e (F) Mostrando faixas miloníticas a ultramiloníticas em ortognaisses (BV-83: 438455 mE/ 9339912 mN); (C) Faixa ultramilonítica em porção anfibolítica de migmatito (BV-36: 434834 mE/ 9338660 mN)	66
Figura 5.7 – Estereograma mostrando a densidade das foliações medidas e diagrama de roseta do mergulho das foliações	67
Figura 5.8 – (A) Foliação milonítica em ortogneisse (BV-83: 438455 mE/ 9339912 mN); (B) Anfibolito foliado (BV-26: 431577 mE/ 9336346 mN); (C) Micaxisto com foliação evidente (BV-58: 437708 mE/ 9332815 mN); (D) Micaxisto foliado e milonitizado (BV-16: 439432 mE/ 9340415 mN)	68
Figura 6.1 – (A) orientação de micas em seção delgada de muscovita-quartzito (B) Intensa extinção ondulante em cristais anédricos de quartzo, formação e recristalização em grãos de quartzo	71
Figura 6.2 – (A) e (B) Grãos de diopsídio, por vezes associados à epídoto em nicóis paralelos e cruzados	71
Figura 6.3 – Muscovitas anastomosadas com nicóis paralelos (A) e nicóis descruzados (B)	72
Figura 6.4 – Grãos de granada bastante fraturados em biotita-gnaisse	72
Figura 6.5 – Plagioclásio mostrando crenulação e biotita sin-tectônica associada	73
Figura 6.6 – Textura mirmequítica em ortogneisse do complexo	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Act	Actinolita
Am	Anfibólio
Ap	Apatita
Bt	Biotita
Cal	Calcita
Cpx	Clinopiroxênio
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Di	Diopsídio
Ep	Epídoto
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
Grt	Granada
Hbl	Hornblenda
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
Kfs	Feldspato potássico
Mc	Microclínio
Ms	Muscovita
Op	Mineral opaco
Pl	Plagioclásio
Px	Piroxênio
Qtz	Quartzo
Scp	Escapolita
Sil	Sillimanita
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
Tlc	Talco
Ttn	Titanita
Tr	Tremolita
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Objetivos e justificativas	21
1.2	Principais vias de acesso e localização	21
1.3	Materiais e método de trabalho	24
1.4	Aspectos fisiográficos e socioeconômicos	25
1.4.1	<i>Relevo</i>	25
1.4.2	<i>Clima</i>	26
1.4.3	<i>Hidrografia</i>	27
1.4.4	<i>Vegetação</i>	27
1.4.5	<i>Solos</i>	28
1.4.6	<i>Socioeconomia local</i>	29
2	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	30
2.1	Província Borborema	30
2.2	Província Borborema Setentrional	32
2.3	Domínio Ceará Central	33
2.3.1	<i>Núcleo Arqueano</i>	33
2.3.2	<i>Embasamento Paleoproterozóico</i>	34
2.3.3	<i>Coberturas metassedimentares</i>	35
2.3.4	<i>Complexo Tamboril-Santa Quitéria</i>	34
2.3.5	<i>Granitóides Neoproterozóicos</i>	36
2.3.6	<i>Molassas tardi-brasilianas</i>	37
3	CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL	38
4	LITOESTRATIGRAFIA E PETROGRAFIA	40
4.1	Complexo Ceará – Unidade Arneiroz	40
4.1.1	<i>Quartzitos</i>	40
4.1.2	<i>Micaxistos</i>	42
4.1.3	<i>Calcissilicáticas</i>	43
4.1.4	<i>Mucovita-biotita-gnaïsse</i>	43
4.1.5	<i>Migmatitos</i>	44
4.2	Complexo Acopiara	45
4.2.1	<i>Migmatitos</i>	46

4.2.2	<i>Biotita-gnaisses</i>	47
4.2.3	<i>Micaxistos</i>	48
4.2.4	<i>Paragnaisses</i>	49
4.2.5	<i>Quartzitos</i>	50
4.2.6	<i>Anfibolitos</i>	51
4.3	Complexo Serra do Papagaio	52
4.3.1	<i>Ortognaisses</i>	52
4.3.2	<i>Anfibolitos</i>	54
4.3.3	<i>Gabros e Gabronoritos</i>	54
4.3.4	<i>Granada-muscovita-xisto</i>	55
4.3.5	<i>Ametista</i>	55
4.4	Suíte Piquet Carneiro	56
5	GEOLOGIA ESTRUTURAL	59
5.1	Lineamentos	59
5.2	Estruturas Dúcteis	61
5.2.1	<i>Dobras e dobramentos</i>	62
5.2.2	<i>Boudinagem</i>	63
5.2.3	<i>Indicadores cinemáticos</i>	64
5.2.4	<i>Milonitização</i>	65
5.3	Foliações	66
5.4	Fases Deformacionais	68
5.4.1	<i>Fase deformacional D_n</i>	68
5.4.2	<i>Fase deformacional D_{n+1}</i>	69
6	METAMORFISMO	70
6.1	Metamorfismo M_n	70
6.2	Metamorfismo M_{n+1}	72
7	DISCUSSÕES	74
7.1	Evolução Geológica	74
7.2	Sugestões para trabalhos posteriores	75
8	CONCLUSÕES	76
	REFERÊNCIAS	78
	APÊNDICE A – FICHAS DE DESCRIÇÃO DE LÂMINAS	81
	APÊNDICE B – MAPA DE PONTOS	116

APÊNDICE C – MAPA GEOLÓGICO	117
--	------------

1 INTRODUÇÃO

A região onde encontra-se a área selecionada para o mapeamento está localizada nas limites entre os municípios de Acopiara, Mombaça e Piquet Carneiro. Essa região possui dois mapas em escala de 1:100.000 executados pela CPRM, sendo o da Folha Mombaça SB.24-V-D-V o mais recente, do ano de 2014, e o da Folha Catarina SB.24-Y-B-II do ano de 1993. Apesar dos avanços significativos alcançados na área de mapeamento geológico em todo o país e, conseqüentemente, no estado do Ceará, ainda há uma carência por mapeamentos feitos em escala de semi-detulhe a escala de detalhe.

Numa interpretação regional, a área cartografada representa uma pequena porção do amplo domínio da Província Borborema (Almeida *et al.*, 1981), que abrange uma imenso território do nordeste brasileiro. Nesse contexto, afloram conjuntos rochosos de complexa evolução geológica de idades que podem variar do Arqueano ao Neoproterozóico. No âmbito da Província Borborema, os aspectos mais importantes em termo de estruturas e magmatismo granitóide são comumente associados ao último grande evento deformacional do Ciclo Brasileiro.

Para Arthaud (2007), a região está inserida no contexto de domínio estrutural do Ceará Central da Província Borborema. O Domínio Ceará Central ocupa quase a totalidade do estado do Ceará e tem uma evolução geológica iniciada ainda durante o Arqueano. São porções preservadas de idade arqueana/paleoproterozóica que englobam a área cartografada.

As unidades litoestratigráficas presentes na região são: Complexo Acopiara, abrangendo a maior parte da área; Complexo Ceará – Unidade Arneiroz, Complexo Serra do Papagaio (Medeiros *et al.*, 1993; Oliveira *et al.*, 1993; Araújo *et al.*, 2014) e Suíte Piquet Carneiro (Araújo *et al.*, 2014). As litologias que compõe a área mapeada são sequências que apresentam certa similaridades das unidades entre si, dificultando sua individualização. São migmatitos, biotita-gnaisses, anfíbolitos, quartzitos, muscovita-biotita-xistos e granitóides cinzentos, gabros, gabronoritos.

A área é dominada por zonas de cisalhamento com direção N-S, formando estruturas características deste tipo de ambiente deformacional. Observou-se pelo menos dois eventos deformacionais que formaram e desenvolveram os cisalhamentos, lineações L_n e L_{n+1} , foliações S_n e S_{n+1} paralelas com direção NNE-SSW.

A nível microscópico, as rochas mostram evidências de metamorfismo no fácies anfíbolito alto com retrometamorfismo no fácies xisto-verde. A mineralogia das rochas analisadas, de um modo geral, é composta por quartzo, feldspatos, plagioclásios, anfíbólios,

micas, piroxênios e minerais opacos.

1.1 Objetivos e justificativas

Este trabalho tem como objetivo a caracterização litoestratigráfica e estrutural de uma área de estudo que abrange porções de três municípios do sertão central cearense: a sudeste de Mombaça, a sudoeste de Piquet Carneiro e ao norte de Acopiara (Figura 1.1). A elaboração de um mapa geológico em escala 1:25.000, identificando as principais unidades litológicas e seus litotipos aflorantes na região mapeada. Parte da área de estudo está inserida na Folha Mombaça SB.24-V-D-V e outra parte na Folha Catarina SB.24-Y-B-II. O mapeamento foi executado com a finalidade de identificar, em escala de semi-detalle, o arcabouço tectônico e os contatos entre os litotipos diversos pertencentes às unidades como o Complexo Ceará, o Complexo Acopiara, Complexo Serra do Papagaio e os granitóides brasileiros da Suíte Piquet Carneiro que afloram nesta região.

Nos últimos anos, houve um grande avanço nos conhecimentos geológicos do Ceará, graças a diversos levantamentos geofísicos, prospecção geoquímica e mapeamentos geológicos realizados em diferentes escalas de detalhe. Por essa razão, o presente trabalho busca complementar as informações preexistentes já coletadas, visando a otimização do conhecimento geológico da área escolhida para estudos.

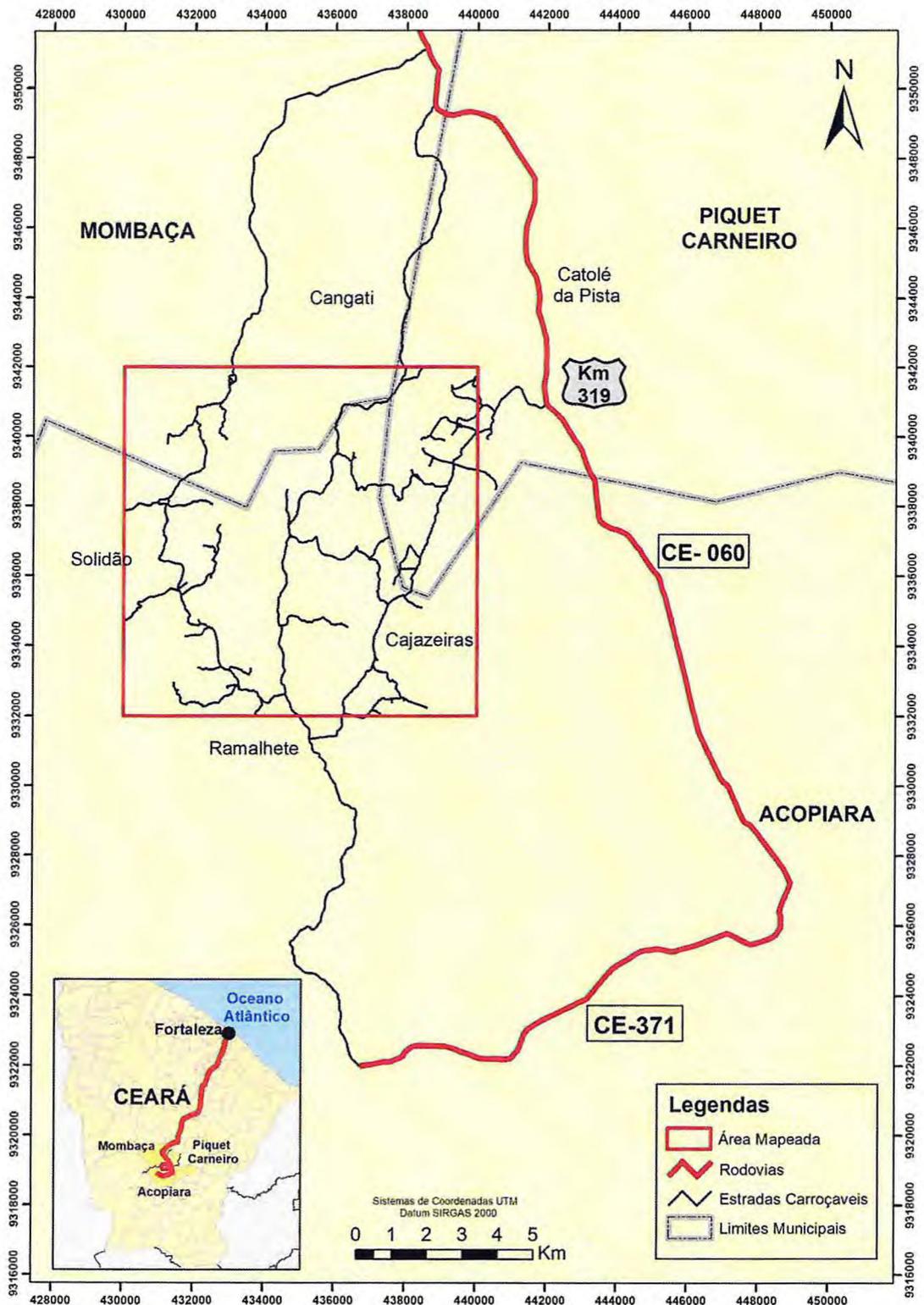
Assim, as condutas que norteiam este trabalho buscaram a elaboração de um mapa geológico em escala de semi-detalle e a caracterização das unidades geológicas encontradas no interior dos limites da área de estudo, bem como seus litotipos e elementos estruturais associados, para contribuir com o conhecimento de uma região que ainda possui poucos trabalhos com esta finalidade.

1.2 Principais vias de acesso e localização

O acesso para a localidade, partindo da capital Fortaleza, pode ser feito a partir da rodovia federal BR-116 em direção a Pacajus. Ao chegar no triângulo após Chorozinho, segue-se o caminho pela BR-122 até Quixadá. De Quixadá, prossegue-se em direção à Quixeramobim pela rodovia estadual CE-060, passando por Mineirolândia e Mombaça, até o quilômetro 319 desta rodovia; onde está localizada a estrada não pavimentada que dá acesso direto a área alvo de pesquisa. O limite leste da zona de estudo fica a, aproximadamente, quatro quilômetros da rodovia. É possível, também, ter acesso à área pelo sul. Neste caso,

deve-se ir até o centro urbano de Acopiara e continuar até a rodovia estadual CE-371 e por volta de 12 Km após o centro de Acopiara, seguir em direção a norte, por uma estrada carroçavel.

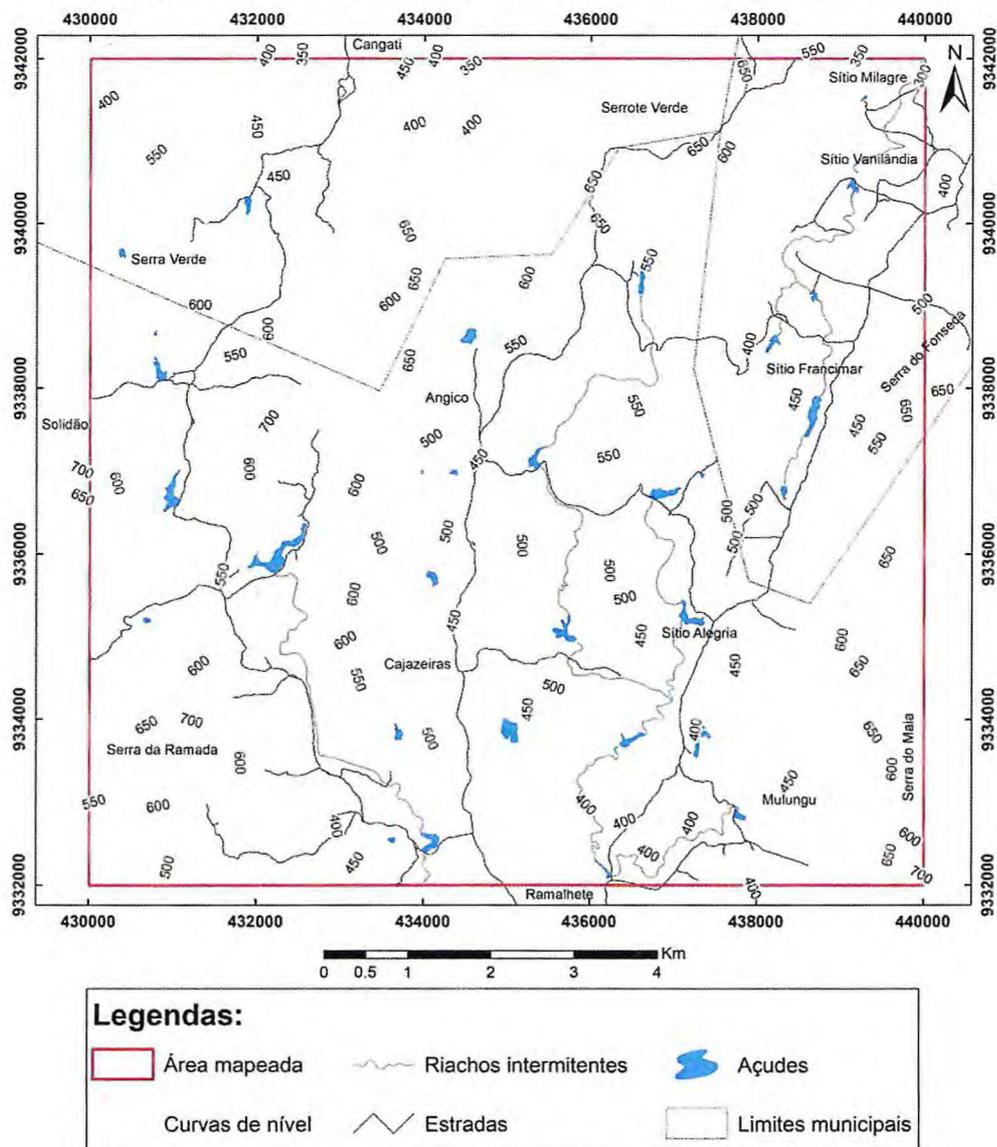
Figura 1.1 – Principais vias de acesso e localização da área mapeada.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Como dito anteriormente, a área alvo de estudos localiza-se nas divisas de três municípios do sertão central cearense: Mombaça, Piquet Carneiro e Acopiara. Destes municípios, o que possui maior território inserido na área de estudos é Acopiara, que abrange quase a totalidade da porção centro-sul da zona delimitada para pesquisa. A área é limitada pelas coordenadas no sistema UTM (Datum SIRGAS 2000, Zona 24 S) 9.342.000 m e 9.332.000 m, norte e sul, e 440.000 m e 430.000 m, leste e oeste, respectivamente. A área localiza-se em região entre serras e apresenta um relevo bastante acidentado, com elevados desníveis altimétricos em curtos espaços. Foram extraídas de imagem SRTM curvas de nível com intervalo de cinquenta metros para a elaboração de uma carta topográfica. O intervalo de cinquenta metros foi utilizado para deixar a imagem visualmente compreensível (Figura 1.2).

Figura 1.2 – Carta topográfica da área mapeada com curvas de nível extraídas de imagens SRTM.



Fonte: Elaborada pelos autores, a partir de imagens SRTM.

1.3 Materiais e método de trabalho

Nesta seção serão abordados os tipos de materiais usados em cada etapa do trabalho bem como os métodos aplicados durante essas etapas. A execução das atividades foi dividida em três fases: pré-campo, campo e pós-campo. Os materiais e método utilizados no desenvolvimentos deste trabalho variam de acordo com as etapas previamente referidas.

Na fase inicial de pré-campo fez-se o levantamento de informações pertinentes à evolução geológica da Província Borborema e à geologia do estado do Ceará através da análise bibliográfica dos referidos tópicos, do exame de cartas geológicas da Folha Mombaça SB.24-V-D-V e da Folha Catarina SB.24-Y-B-II em escala 1:100.000 e seus respectivos relatórios, da observação de imagens aéreas, da aquisição e processamento de imagens de sensores remotos LANDSAT 8 e RADAR SRTM, além de arquivos digitais vetoriais em formato *shapefile* para a elaboração de mapas. Os *softwares* utilizados na formação do banco de dados e no geoprocessamento foram os seguintes: a) GOOGLE EARTH, para aquisição de imagens aéreas; b) ENVI 4.8 no tratamento de imagens de sensores remotos LANDSAT 8 para identificação de diferentes litologias na área de estudo; c) GLOBAL MAPPER no tratamento digital de imagens SRTM 15.0; d) ARCGIS DESKTOP 10.3 na elaboração de mapas pré-campo e condesação do acervo de dados digitais obtidos em outros *softwares*. A condensação das diferentes informações para a elaboração de mapas possibilitou o planejamento e a melhoria na execução das incursões de campo realizadas, pois foi traçado um caminhamento preliminar que tentou cruzar a foliação e as litologias perpendicularmente. Assim, buscou-se facilitar o reconhecimento de contatos litológicos entre as diferentes unidades litoestratigráficas presentes na área.

As atividades de campo foram divididas em três incursões estabelecidas entre os dias 17 de Novembro e 5 de Dezembro de 2016. O objetivo desta fase foi o levantamento de tipos litológicos, estruturas, lineações, foliações e a coleta de amostras para posterior análise petrográfica. No total, foram coletadas cerca de 135 amostras dos diferentes litotipos e, dessas amostras, 17 foram selecionadas para a confecção de lâminas delgadas. Adicionalmente, foram extraídas 213 medidas de foliação de diversos pontos da área. O mapeamento foi realizado através de caminhamentos feitos pelas estradas locais, que geralmente são paralelas às linhas de serra e com direção N-S, e incursões perpendiculares à foliação das unidades litológicas baseando-se em trabalhos anteriores. Para a realização destas tarefas foi necessário o uso de GPS de mão, bússola do tipo brunton, martelo e marreta, lupa com aumento de até 20x, canivete com lâmina de alumínio, canetas para marcação de amostras, fita adesiva,

mapas elaborados na etapa pré-campo, ácido clorídrico com concentração de 10% e máquina fotográfica.

Na etapa final, ou pós-campo, fez-se a incorporação dos dados de campo obtidos ao acervo de informações georreferenciadas através da elaboração de tabelas no *software* EXCEL e a montagem de arquivos vetoriais no programa ARCGIS 10.3 com o propósito final de elaborar o mapa geológico com todas os dados obtidos nas etapas anteriores. Para a confecção de estereograma e diagramas de roseta baseados nas medições estruturais feitas em campo foram utilizados os *softwares* STERONET e GEOROSE, respectivamente. Foi realizado ainda na etapa final o estudo petrográfico de 17 lâminas delgadas para a identificação de associações minerais, microestruturas que possam indicar condições deformacionais e texturas metamórficas das rochas colhidas da área. As descrições das seções delgadas encontram-se detalhadas no apêndice A deste trabalho.

Desta maneira, foi possível a integração entre os materiais coletados em campo, dos dados obtidos por meio digital e as informações pré-existentes na literatura, com o objetivo de aprimorar a elaboração do mapa geológico final.

1.4 Aspectos fisiográficos e socioeconômicos

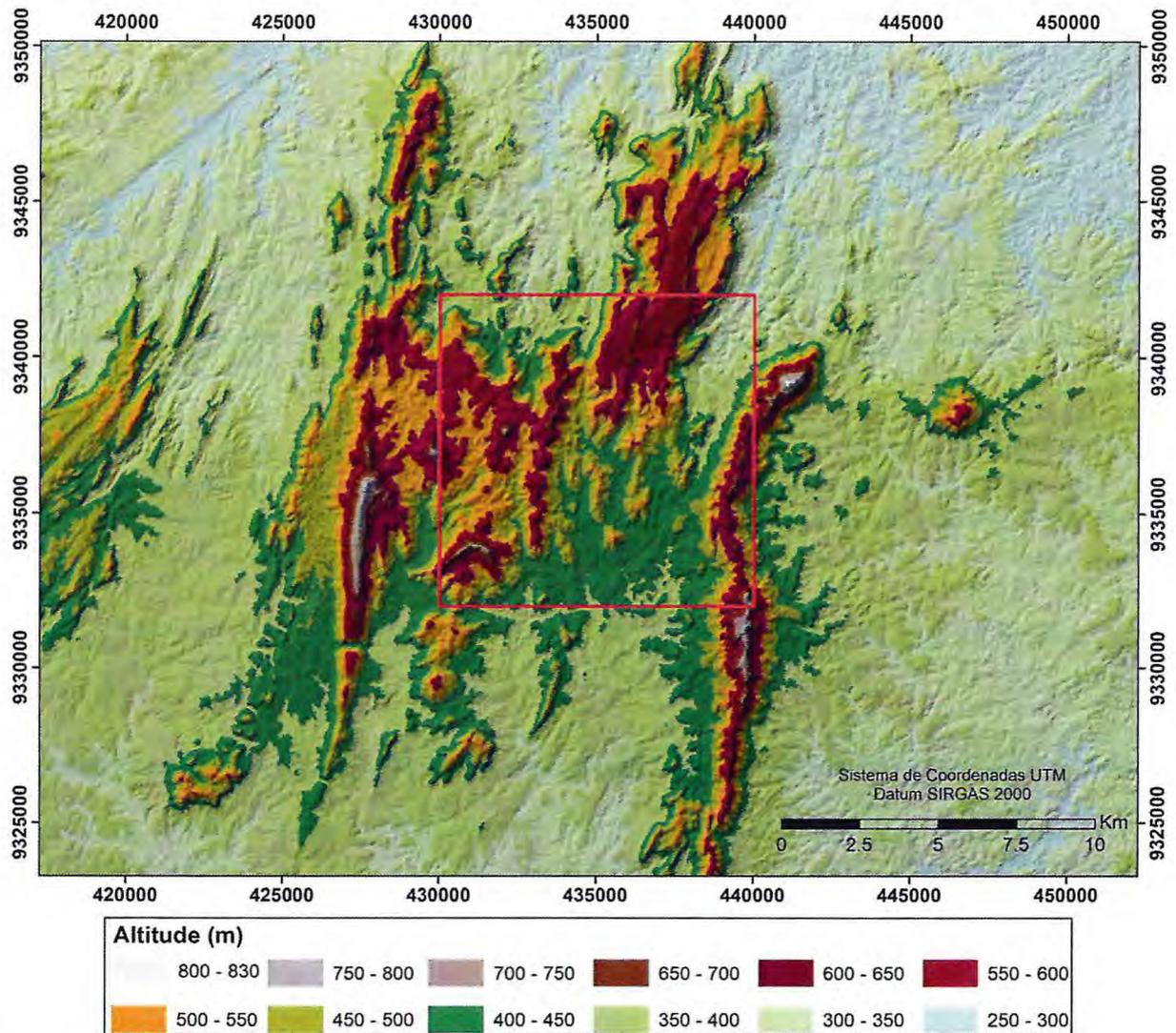
1.4.1 Relevô

Segundo IPECE (2016), em seu perfil básico municipal, caracteriza o relevô de Acopiara e Mombaça como depressões sertanejas e maciços residuais e o de Piquet Carneiro como depressões sertanejas. De fato, pode-se classificar a região onde a área está inserida como restos de planaltos, pois as suas altitudes que variam, em geral, com cotas acima de 300 metros e a evidente erosão observada permitem essa classificação.

O relevô, especificamente da área mapeada, é bastante acidentado (Figura 1.3), com vários serrotes e fortes desníveis por toda a área. Através de dados extraídos de imagem SRTM é possível observar que a altitude varia de 250 a 825 metros, atingindo seu ponto mais alto na Serra do Fonseca, localizada a leste da área.

Assim, é possível diferenciar as zonas observadas na área em: zona serrana, onde há cristas de serra, restos de planalto com valores altimétricos acima de 500 metros; zona muito ondulada com interflúvios de 300 a 500 metros acima do nível do mar; e zona pouco ondulada com cotas abaixo de 300 metros Medeiros (1993).

Figura 1.3 – Imagem SRTM evidenciando o relevo acidentado da região. Área mapeada no polígono vermelho.



Fonte: Elaborada pelos autores, com base em imagem SRTM.

1.4.2 Clima

A região onde foi realizado o mapeamento geológico fica a, aproximadamente, cerca de 335 quilômetros de Fortaleza. O local pertence, de acordo com a classificação do IBGE, à mesorregião geográfica dos Sertões Cearenses, mais especificamente, da microrregião do Sertão de Senador Pompeu.

Assim como a maior parte do território cearense, a região possui um clima tropical quente semi-árido. As temperaturas médias dos três municípios em que a área de estudos está localizada varia de 26° a 28°C.

A média pluviométrica anual para os municípios no ano de 2016 ficou entre 434 e 538 milímetros (FUNCEME, 2017). Todos os três municípios ficaram com a média anual

abaixo da normal, assim como o maior parte dos municípios cearenses.

O estado do Ceará passa por um longo período de estiagem, sendo o referido ano mais um característico dessa temporada com chuvas abaixo da média anual normal. O período chuvoso da região ocorre apenas entre os meses de fevereiro e abril.

1.4.3 Hidrografia

Enquanto Acopiara faz parte da Bacia Hidrográfica do Alto Jaguaribe, Mombaça e Piquet Carneiro estão inseridos na Bacia do Banabuiú (IPECE, 2016). No entanto, vale ressaltar que não foi observado a existências de rios ou riachos nos trechos mapeados.

A área de pesquisa possui recursos hídricos escassos, como é característico dos sertões cearenses. Foi observado a presença de açudes de pequeno porte que auxiliam os habitantes da região em seu consumo diário, sendo o principal meio para a obtenção de água. Os canais de drenagem pouco presentes e secos seguem subparalelamente às serras locais em direção N-S. São riachos intermitentes que transportam pouco volume de água apenas durante o curto período chuvoso do estado. Pela escassez de água na região, alguns moradores só recebem água através de caminhões-pipa que abastecem as cisternas. Uma pequena minoria teve condições de arcar com o custo de poços tubulares profundos.

1.4.4 Vegetação

A vegetação nativa da área é característica da região do semi-árido (Figura 1.4), sendo composta principalmente pelas seguintes unidades fitoecológicas: floresta caducifólias espinhosa, caatinga arbustiva densa e floresta subperenifólia tropical pluvial (IPECE, 2016). Durante todo o período das atividades de campo, todas essas unidades fitoecológicas puderam ser observadas, com predomínio da caatinga arbustiva densa e da floresta caducifólias espinhosa. A preservação de algumas dessas espécies encontra-se em constante ameaça, apesar da existência de áreas de proteção demarcadas, porque os habitantes locais utilizam algumas espécies para a fabricação de lenhas e cercas desobedecendo os limites impostos pelas áreas onde é proibida a extração da vegetação nativa.

Foi observado a existência de diversas espécies como o angico-vermelho, a aroeira, o mulungu ou *Erythrina mulungu*, a palmeira *Syagrus cearensis* que produz o cococatolé, a jurema, o juazeiro, a umburana. Entretanto, por estar fora do período chuvoso, a mata nativa bastante ressecada, dificultou um reconhecimento mais preciso.

Figura 1.4 – (A) vegetação arbustiva densa típica de caatingas. (B) *Syagrus cearensis* ou coco-católé, preferida na alimentação dos macacos-prego que habitam a região.



Fonte: Elaborada pelos autores.

1.4.5 Solos

As diferentes classes de solos encontradas nos municípios em que a área mapeada está inserida são, de acordo com levantamento feito pelo IPECE, solos aluviais, solos litólicos, planossolo solódico, podzólico vermelho-amarelo, vertissolos, brunizem avermelhado e bruno não cálcico.

Dentro dos limites da área, foram observados as seguintes classes de solos: solos arenosos nas proximidades de quartzitos e solos podzólicos vermelho-amarelo espalhados por toda a extensão da área, sendo o mais comumente observado.

A variação de tipos de solos no interior da área cartografada não é muito grande, porém, é bem característico para a determinação na mudança de composição das rochas adjacentes. Assim, pode-se ter uma noção dos litotipos associados aos tipos de solo em um determinado ponto (Figura 1.5).

Figura 1.5 – (A) Solo podzólico vermelho-amarelo bem desenvolvido. (B) Solos arenosos próximo aos sopés das serras formadas basicamente por quartzitos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

1.4.6 Socioeconomia local

Os três municípios juntos abrangem uma área total com cerca de 4.972 km², onde a maior parte de seus habitantes encontra-se em domicílios estabelecidos na zona rural de cada cidade (IPECE, 2016). Em todos os casos, o setor de serviços é a principal atividade econômica exercida nesses municípios, seguido pelo setor agropecuário. Como não há grande oferta de empregos e grandes indústrias que possam ofertar tais vagas, o desenvolvimento na região ocorre de maneira lenta.

Durante o período de mapeamento da área que, também, encontra-se em zona rural, foi observado que a principal atividade econômica da população residente é a agropecuária. Muitos dos moradores têm pequenas criações de pequenos rebanhos de gado leiteiro. O leite, geralmente, é vendido para empresas locais que fabricam derivados como queijo e manteiga. No entanto, existem alguns produtores que produzem o próprio queijo de forma artesanal e vendem no próprio município ou enviam para a capital. A agricultura não é bastante desenvolvida sendo, quando existente, de subsistência. Poucos são os pequenos produtores de feijão, milho e hortaliças que abastecem os comércios locais com a venda de seus produtos.

A educação na região é feita principalmente por escolas públicas municipais e estaduais. Dos três municípios, apenas Acopiara teve a média de alunos por sala de aula abaixo da média do estado (IPECE, 2016). De fato, alguns estudantes matriculados nas escolas da região confessaram que preferem ajudar os familiares na lida com o gado do que passar o dia na escola.

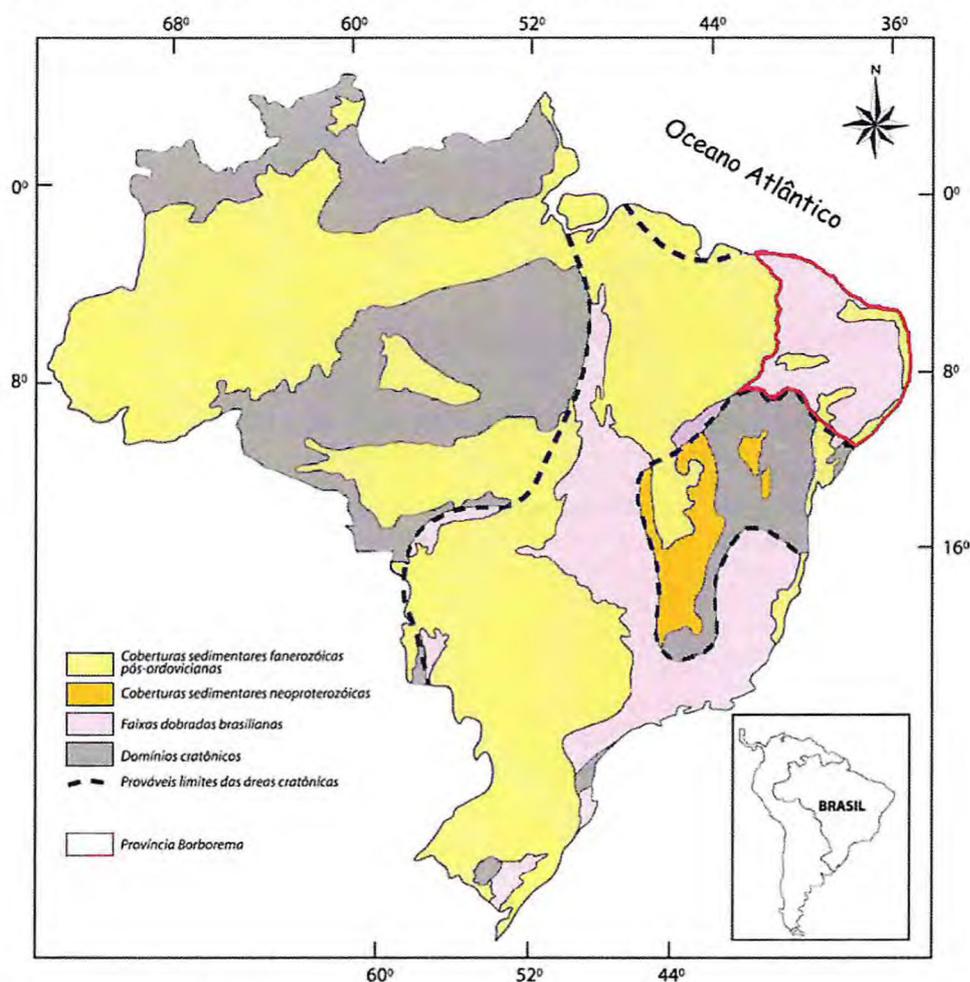
Recentemente, ocorreu a descoberta de mármore com qualidade ornamental nas proximidades do distrito de Catolé da Pista, Piquet Carneiro. Há relatos de populares que afirmam que uma empresa de extração em breve começará a atuar na retirada de blocos de mármore nas proximidades da área mapeada. Desta maneira, a região e, principalmente, o município de Piquet Carneiro, pode alavancar o número de empregos e propiciar uma aceleração no desenvolvimento econômico e social das localidades próximas ao empreendimento.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 Província Borborema

A Província Borborema situa-se na região nordeste do Brasil (Figura 2.1). A área alvo de estudos localiza-se, do ponto de vista geológico, numa região classicamente conhecida como Domínio Ceará Central (Jardim de Sá, 1994; Arthaud, 2007). O domínio pertence à porção setentrional da Província Borborema (Almeida *et al.*, 1977), uma das grandes províncias estruturais que compõe o território brasileiro. A província é dividida em três porções que apresentam características tectônicas, magmáticas, metamórficas e estratigráficas individuais. A porção Setentrional localiza-se à norte do Lineamento Patos. Limitada pelos lineamentos Patos e Pernambuco, fica a porção transversal. Por fim, a porção meridional encontra-se ao sul do Lineamento Pernambuco (Brito Neves *et al.*, 2000).

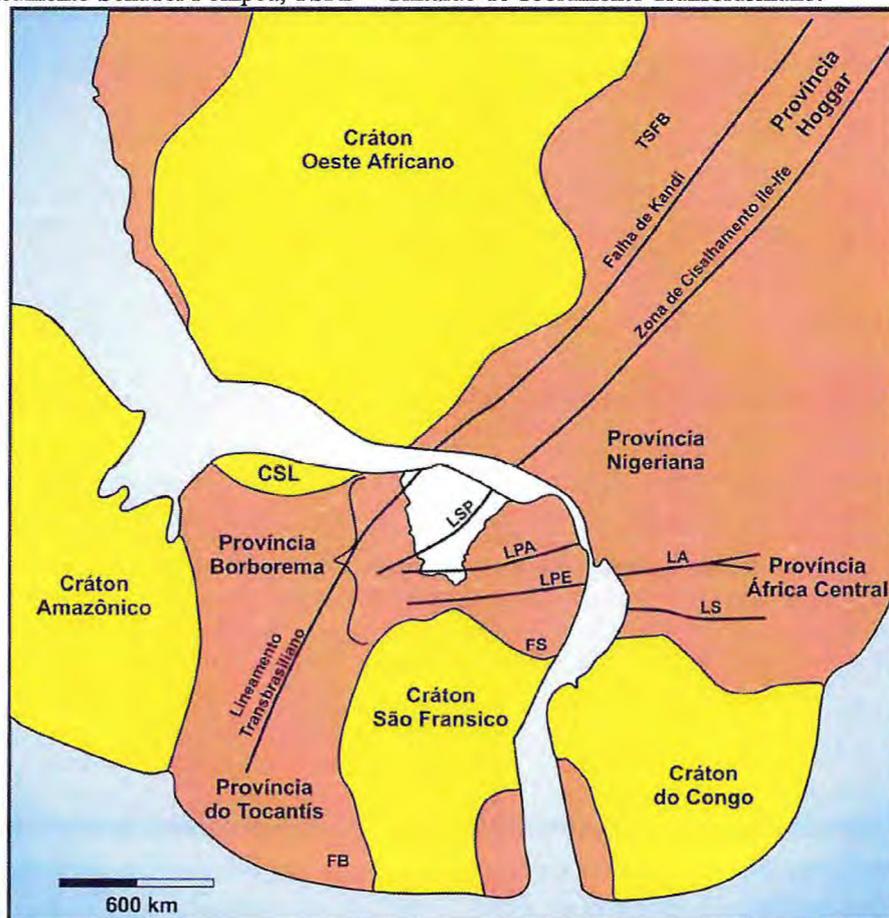
Figura 2.1 – Localização da Província Borborema e seu contexto nos terrenos brasileiros.



Fonte: Adaptado de Schobbenhaus *et al.* (1984).

A Província Borborema, representando o nordeste da plataforma continental Sul-Americana, teve como característica uma acentuada atividade tectônica durante o período final do Proterozóico, resultado de colisões continentais entre os crátons São Luiz-Oeste África e São Francisco-Congo durante a formação do Gondwana ocidental (Trompette, 1994) (Figura 2.2). As colisões relacionadas ao Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, cessaram no Neoproterozóico, por volta de 600-550 Ma. Foi durante a Orogenia Brasileira que importantes zonas de cisalhamento dúctil com natureza, principalmente, transcorrente e de orientações variando de E-W, NE-SW e NNE-SSW se desenvolveram (Vauchez *et al.*, 1995). São essas as zonas de cisalhamento que limitam as divisões da Província Borborema, já citadas anteriormente.

Figura 2.2 – Parte do Gondwana oeste reconstruído, mostrando os crátons em amarelo e as faixas móveis em laranja. As zonas de suturas são representadas pelas linhas pretas. LA – Lineamento Adamaoua, FB – Faixa Brasília, LPA – Lineamento Patos, LPE – Lineamento Pernambuco, FS – Faixa Sergipana, LS – Lineamento Sanaga, CSL – Cráton São Luiz, LSP – Lineamento Senador Pompeu, TSFB – Cinturão de dobramento Transbrasiliano.

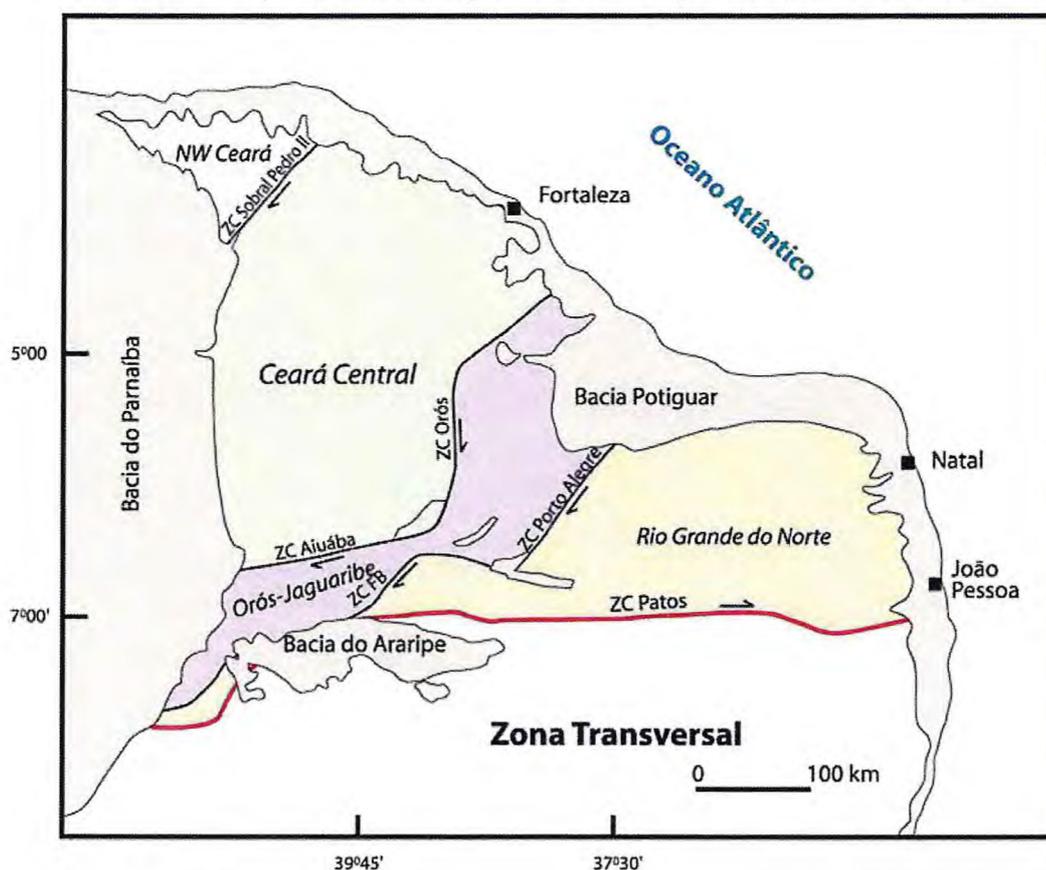


Fonte: Amaral (2007), modificado de Fetter (1999).

2.2 Província Borborema Setentrional

A porção setentrional da Província Borborema está subdividida em quatro grandes domínios limitados por extensas zonas de cisalhamento ativas durante o Neoproterozóico. Para Arthaud *et al.* (1998) e Arthaud (2007), o Domínio Médio Coreau localiza-se a NW do Lineamento Transbrasiliano ou Sobral-Pedro II. O Domínio Ceará Central está situado entre o Lineamento Transbrasiliano e a Zona de Cisalhamento Aiuába-Orós, ambos os cisalhamentos têm comportamento dextral. O Domínio Orós-Jaguaribe é limitado pela Zona de Cisalhamento Aiuába-Orós e as Zonas de Cisalhamento Farias Brito e de Porto Alegre e, por fim, o Domínio Rio Grande do Norte situa-se entre as Zonas de Cisalhamento Farias Brito e de Porto Alegre e o Lineamento de Patos (Figura 2.3). A oeste o domínio é coberto por sedimentos do Fanerozóico da Bacia do Parnaíba (Arthaud, 2007; Amaral, 2010).

Figura 2.3 – Porção setentrional da província e suas respectivas divisões estruturais.



Fonte: Arthaud (2007).

A subdivisão da porção setentrional da Província Borborema ainda não é consensual entre todos os autores. Entretanto, as estreitas afinidades litoestratigráficas das

unidades geológicas mapeadas na área de estudo levam os autores a considerar a área como parte integrante do Domínio Ceará Central.

2.3 Domínio Ceará Central

O Domínio Ceará Central (DCC) é a maior unidade geotectônica da zona setentrional da Província Borborema e abrange quase que a totalidade do território do estado cearense. Tem parte de seu terreno coberto por sedimentos da Bacia do Parnaíba a oeste-noroeste. Seus limites são o Lineamento Brasileiro, interpretado por Trompette (1994) como prolongamento da Falha de Kandi no oeste africano (ver Figura 2.2), e as Zonas de Cisalhamento Aiuába e Orós.

O DCC tem longa história geológica, que iniciou-se no Arqueano com muitos episódios de acreção crustal e ciclos orogênicos deixando registros deformacionais, metamórficos e magmáticos. As feições apresentadas atualmente pelo domínio foram adquiridas ao fim do Ciclo Brasileiro/Pan Africano no Neoproterozóico, após a colisão entre os crátons São Francisco-Congo e São Luís-Oeste África, formando o Gondwana Ocidental (ver Figura 2.2) e parte do supercontinente Pangea. A abertura do Oceano Atlântico foi responsável pela separação do Domínio Ceará Central de seu correspondente africano.

Segundo Arthaud (2007), o Domínio Ceará Central pode ser dividido de forma simplificada em cinco grandes unidades: o embasamento policíclico de idade Arqueana a Paleoproterozóica, uma cobertura de rochas metassedimentares deformadas e metamorfozadas durante a orogenia Brasileira, o Complexo Tamboril-Santa Quitéria, os granitos e diques Neoproterozóicos e as bacias molássicas pós-orogênicas. Além dessas unidades acima referidas, pode-se incluir, ainda, as coberturas sedimentares pós-ordovicianas.

2.3.1 Núcleo Arqueano

As rochas de terrenos arqueanos do DCC encontram-se limitadas à sua porção centro/sudoeste. Na (Figura 2.4), o núcleo arqueano encontra-se dividido como Complexo Cruzeta e na unidade inicialmente denominada Complexo Pedra Branca. Atualmente, o Complexo Cruzeta (Cavalcante *et al.*, 2003) engloba a Unidade Pedra Branca, representada pela associação gnáissico-migmatítica com predominância de ortognaisses, a Unidade Tróia é caracterizada por uma sequência metavulcano-sedimentar e, finalmente, a Unidade Mombaça, composta por biotita-gnaisses de origem ortoderivada (Naleto *et al.* 2009).

Fetter (1999) realizou estudos geocronológicos com amostras da Unidade Pedra Branca que confirmaram a presença de um núcleo arqueano de idades U-Pb em zircão variando de 2,7 Ga. Entretanto, Silva *et al.* (2002), obtiveram uma idade anômala de 3,27 Ga em zircões magmáticos através de determinações $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ para a mesma unidade, sendo interpretada como idade mínima de cristalização, e idade U-Pb de 2,8 Ga para a Unidade Mombaça. O bloco ainda não possui seus limites bem definidos devido as semelhanças litológicas apresentadas em relação aos terrenos paleoproterozóicos adjacentes (Fetter, 1999) e a intensa deformação Brasiliana. Ainda é necessário um maior conhecimento geocronológico para delimitar corretamente as unidades geotectônicas. Dados recentes indicam que o bloco arqueano sofreu intenso retrabalhamento durante o paleoproterozóico.

2.3.2 Embasamento Paleoproterozóico

Trata-se de uma unidade que, junto ao Complexo Cruzeta (Cavalcante *et al.*, 2003), forma o embasamento de idade arqueana a paleoproterozóica do DCC e encontra-se englobado pela Suíte Madalena e pela Unidade Algodões (Arthaud, 2007). Tem como representante a Suíte Metamórfica Choró-Algodões, composta de paragneisses e anfibolitos intrudidos por ortogneisses tonalíticos (Martins, 2000). Localiza-se na porção central do DCC, abrangendo a região de Choró a Madalena (Figura 2.4).

A Suíte Madalena é composta por rochas intrusivas de composição tonalítica e diorítica que cortam o Complexo Cruzeta. As suas intrusões são menos deformadas e metamorfizadas que as rochas hospedeiras e com foliação ausente (Parente *et al.*, 2008). Datações isotópicas para ortogneisses da região de Madalena indicam idade U-Pb em zircão de 2,1 Ga e idades modelo (T_{DM}) entre 2,1 a 2,3 Ga (Fetter, 1999; Martins, 2000; Castro, 2004).

A Unidade Algodões é constituída, predominantemente, por rochas anfibolíticas, sem granada, e leucogneisses. Os corpos da unidade compõem uma associação supracrustal de rochas à borda nordeste do Complexo Cruzeta. Ainda não está claro se a unidade é uma cobertura para o complexo ou se o contato tem natureza tectônica. Sua deformação é fraca a moderada e com foliação de baixo ângulo concordante à do complexo. O metamorfismo é de fácies anfibolito de alta temperatura, porém sem migmatizações (Arthaud, 2007).

2.3.3 Coberturas metassedimentares

São extensas as coberturas supracrustais de idade neoproterozóica aflorando de maneira descontínua ao longo do DCC (Arthaud, 2007), estando representadas pelo Grupo Ceará ou Complexo Ceará (Figura 2.4) e o Grupo Novo Oriente.

Para Cavalcante *et al.* (2003), o Grupo Ceará pode ser dividido pelas seguintes unidades, de acordo com a região geográfica em que ocorrem: Unidade Independência, Unidade Canindé, Unidade Quixeramobim e Unidade Arneiroz. O Complexo Acopiara, apesar de possuir as mesmas características, foi considerada independente pelos mesmos autores (Arthaud, 2007). Essas unidades são compostas por paragneisses migmatíticos, quartzitos, metapelitos, metapsamitos, metagrauvas, anfíbolitos, calcissilicáticas, mármore e metariolitos, todos metamorfizados no fácies anfíbolito alto (Cavalcante *et al.*, 2003; Castro, 2004; Amaral, 2007; Arthaud, 2007). Arthaud (2007) afirma que as foliações de baixo ângulo caracterizam *nappes* que são empilhadas ao longo das unidades, que por vezes estão verticalizadas quando próximas às zonas de transcorrência dúctil.

Os dados geocronológicos do Grupo Ceará variam desde o Neoproterozóico ao Arqueano indicando, desta forma, mais de uma área fonte para sedimentação. Apesar das informações de idade modelo (T_{DM}) ainda serem inconclusivas, revelam que grande parte dos sedimentos é proveniente do embasamento arqueano a paleoproterozóico com idade de 2,25 Ga em Itatira (Santos *et al.*, 2003). Porém, a maior parte dos dados de idade modelo (T_{DM}) (Fetter, 1999; Santos *et al.*, 2003; Castro *et al.*, 2004; Torres, 2004) é mesoproterozóica, com pelo menos uma idade (T_{DM}) neoproterozóica de 949 Ma em calcissilicáticas (Torres, 2004). Santos (2003) acredita que a deposição ocorreu durante o Neoproterozóico.

Para (Arthaud *et al.*, 2007) essa interpretação condiz com a idade dos metariolitos de Independência, que seriam representantes de um evento magmático associado à extensão e afinamento da crosta, culminando com a abertura de bacia oceânica e seu posterior fechamento durante a orogenia brasileira. Desta maneira, corresponderia a depósitos de margem passiva de idades neoproterozóicas (Arthaud, 2007).

2.3.4 Complexo Tamboril-Santa Quitéria

O Complexo Tamboril-Santa Quitéria (CTSQ) é formado por um conjunto anatóxico-ígneo composto por diatexitos e metatexitos originados da fusão parcial de rochas supracrustais, preservando enclaves de calcissilicáticas e anfíbolitos (Arthaud, 2007). Rochas

plutônicas intrusivas contemporâneas ou posterior a deformação brasileira cortam o CTSQ (Figura 2.4). A composição dos corpos intrusivos varia de diorítico a granítico, com predominância de monzogranitos (Arthaud, 2007; Araújo *et al.*, 2014).

As idades U-Pb em zircão de rochas granitóides variam, predominantemente, entre 660 e 614 Ma (Fetter *et al.*, 2003; Costa *et al.*, 2013; Araújo *et al.*, 2014.). Entretanto, uma idade U-Pb em zircão indica $833 \pm 6,1$ Ma, sugerindo uma evolução mais antiga para o arco magmático de Santa Quitéria (Araújo *et al.*, 2014).

Para Fetter *et al.* (2003), o CTSQ pode caracterizar um arco magmático continental, formado nas fases iniciais da deformação brasileira. Por outro lado, Araújo *et al.* (2014) propõem uma evolução policíclica para o CTSQ, com estágio final caracterizado por colisão do tipo himalaiana, ocorrida entre 625 e 600 Ma. A segunda proposta tem como evidência a extensa migmatização, proveniente da fusão de rochas ígneas, onde a colisão estaria registrada no metamorfismo retrógrado de ultra-alta pressão dos retroeclogitos de Forquilha (Araújo *et al.*, 2014).

2.3.5 Granitóides Neoproterozóicos

No contexto geológico da Província Borborema, a orogenia brasileira tem como característica volumosos e disseminados eventos de plutonismo granítico (Ferreira *et al.*, 1995).

São os granitos originados durante a deformação brasileira (Figura 2.4), ou seja, sin-colisionais, tardi-colisionais e os pós-colisionais (Arthaud, 2007). Claramente não estão inclusos neste grupo os granitos correspondentes ao CTSQ, pois são granitos pré-colisionais.

Os granitos sin-colisionais são associados a fase tangencial da deformação brasileira. Podem ser subdivididos em dois grupos: granitos associados ao espessamento da crosta, que têm idade de cristalização de 620 a 600Ma, e aqueles associados a fase de extrusão lateral após o espessamento, com idades de cristalização U-Pb variando entre ca. 560 a 590 Ma. (Nogueira, 2004; Santos *et al.*, 2008).

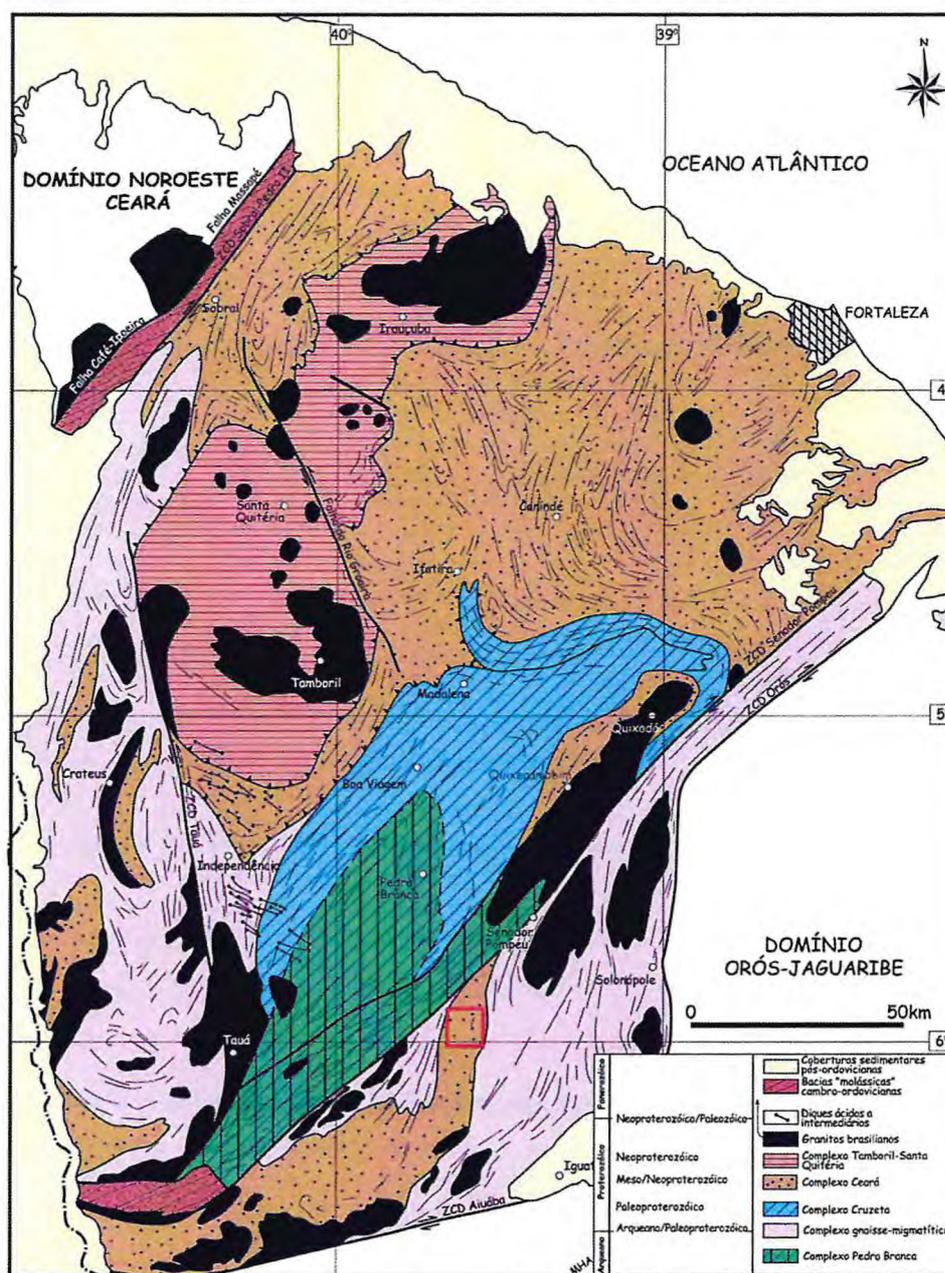
Os granitos tardi-tectônicos apresentam idades por volta de 580 Ma (Fetter, 1999; Brito Neves *et al.*, 2003) e os granitos pós-colisionais têm idade de ca. 530 Ma (Fetter, 1999; Archanjo *et al.*, 2009).

Recentemente, foram descritos granitos pós-colisionais de idade ordoviciana com idades entre ca. 470 a 460 Ma (Castro, 2004; Teixeira, 2005).

2.3.6 Molassas tardi-brasilianas

A partir do final ciclo Brasileiro, ocorreram reativações de zonas de cisalhamento, em condições rasas, dando origem a formação de bacias pull-apart, onde houve o acúmulo de sequências de sedimentos provenientes da erosão dos materiais do substrato. Parente *et al.* (2004) afirmam que a deposição dessas sequências ocorreu no intervalo de 560 a 440 Ma, sendo controlada pelo movimento ao longo do lineamento Sobral-Pedro II (Figura 2.4).

Figura 2.4 – Geologia simplificada do Domínio Ceará Central.



Fonte: Modificado de Arthaud (2007), esboço do DCC simplificado baseado no mapa geológico do Ceará – Cavalcante *et al.* (2003). Em vermelho, localização da área mapeada.

3 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

A área mapeada está inserida no contexto geológico abordado nas folhas Mombaça SB.24-V-D-V, a sudeste, e Catarina SB.24-Y-B-II, a nordeste. Como é possível observar na (Figura 3.1), a área localiza-se predominantemente em um contexto litoestratigráfico que remete do Arqueano/Paleoproterozóico até o Neoproterozóico. O principal representante litológico é o Complexo Acopiara, com participações moderadas do Complexo Ceará (Cavalcante *et al.*, 2003), Complexo Serra do Papagaio (Araújo *et al.*, 2014) e a Suíte Piquet Carneiro (Araújo *et al.*, 2014).

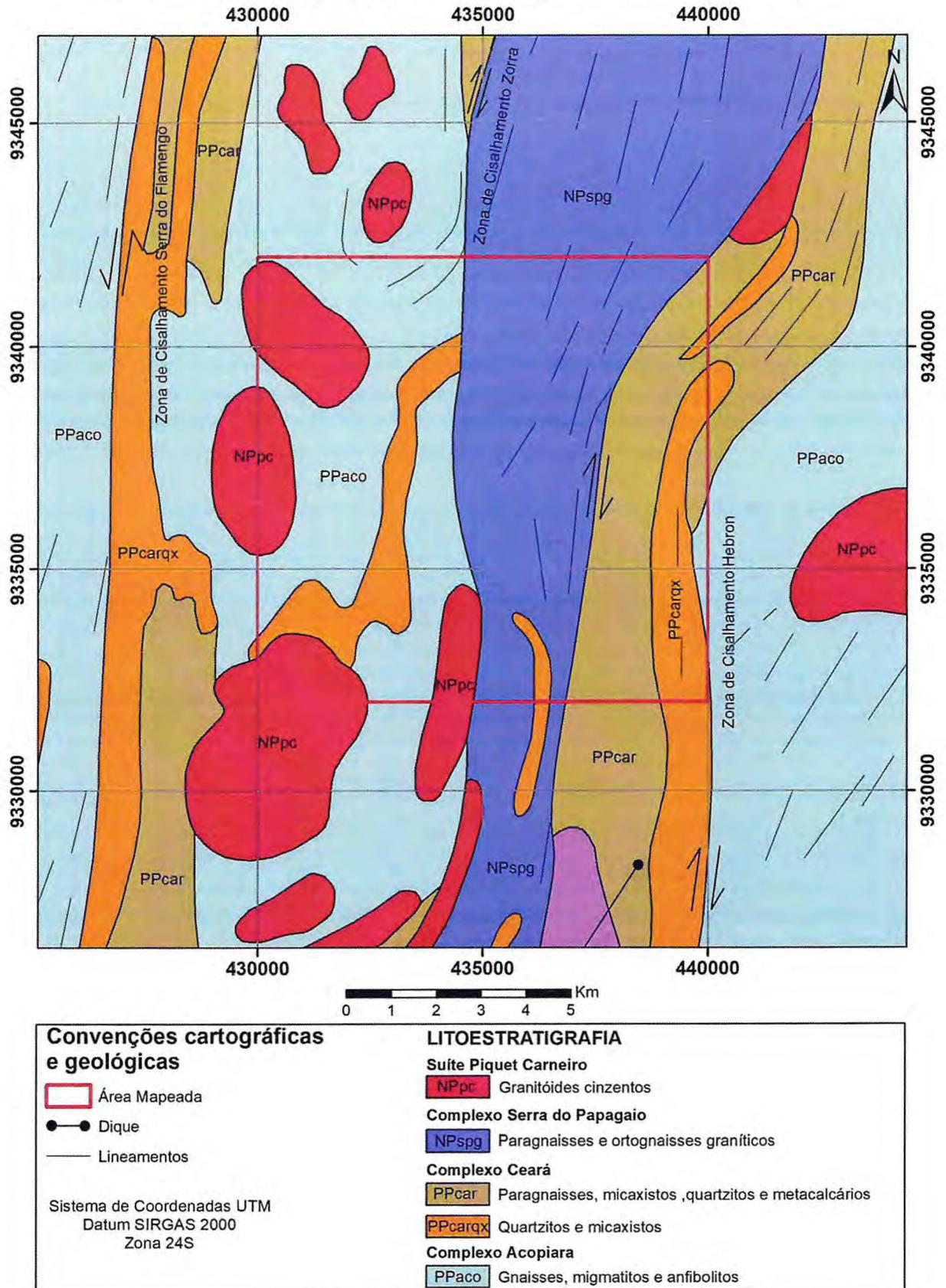
O Complexo Acopiara consiste em paragnaisses e ortognaisses, parcialmente migmatizados com micaxistos, anfíbolitos, calcissilicáticas, metaultramáficas e quartzitos subordinados (Cavalcante *et al.*, 2003). Para Araújo *et al.* (2014), o Complexo Acopiara diferencia-se em uma nova unidade localizada entre a Zona de Cisalhamento Zorra e a Zona de Cisalhamento Hebron. A essa unidade deu-se o nome de Complexo Serra do Papagaio, que caracteriza-se por ortognaisses graníticos, granodioríticos e tonalíticos bandados, por vezes, migmatizados de idade U-Pb 624 ± 19 Ma (Araújo *et al.*, 2014).

O Complexo Ceará se faz presente com a Unidade Arneiroz, que é composta por paragnaisses, em parte migmatizados, micaxistos, quartzitos e metacalcários, calcissilicáticas, anfíbolitos e talcoxistos (Cavalcante *et al.*, 2003). Essa unidade ocorre nas proximidades das zonas de cisalhamento da região.

A Suíte Granítica Piquet Carneiro possui idade neoproterozóica e é formada por granitos e granodioritos equigranulares, finos a médios, de textura isotrópica e, por vezes, gnaissificados, podendo exibir enclaves migmatíticos, gnáissicos e graníticos (Araújo *et al.*, 2014).

Outras unidades que encontram-se no entorno da área não serão discutidas nesse trabalho, porém, serão consideradas para o melhor entendimento dos aspectos geotectônicos e litoestratigráficos da macroregião.

Figura 3.1 – Recorte do mapa geológico do Ceará simplificado que abrange a área mapeada.



Fonte: Adaptado de Cavalcante *et al.*, (2003).

4 LITOESTRATIGRAFIA LOCAL

No decorrer deste capítulo, serão discutidas as características macroscópicas dos litotipos observados e mapeados em escala 1:25.000 no interior da área escolhida para a realização deste trabalho. Fundamentado em análises feitas *in situ* durante as atividades de campo e, com ênfase nas descrições petrográficas microscópicas em lâminas delgadas (Apêndice A), buscou-se estabelecer feições estruturais, texturais, mineralógicas e alterações metamórficas para cada um dos tipos litológicos encontrados na área.

As unidades geológicas que estão presentes na região onde foi realizado o mapeamento fazem parte do contexto geral do complexo gnáissico-migmatítico ou Complexo Acopiara, que serve como hospedeira para outras unidades geológicas como a Unidade Arneiroz, o Complexo Serra do Papagaio e a Suíte Piquet Carneiro, que juntas apresentam uma forma sigmoidal dentro do complexo acopiara. Os terrenos do complexo gnáissico-migmatítico tem como principal litologia constituinte biotita-gnaisses de origem para e ortoderivada, com ou sem anfibólios, granada, migmatitos com estruturas diversificadas e jazimentos subordinados de anfibólios, rochas calcissilicáticas e quartzitos.

4.1 Complexo Ceará – Unidade Arneiroz

Uma das unidades mais antiga da região com idade paleoproterozóica. Encerra outras unidades a leste com a Zona de Cisalhamento Hebron e a oeste com a Zona de Cisalhamento Serra do Flamengo, que formam cristas de serras com direção N-S. Na área, destacam-se no panorama local pela formação das Serras do Maia e do Fonseca. A unidade tem como composição principal quartzitos e micaxistos, que podem ter subordinamente associados às suas ocorrências rochas calcissilicáticas, gnaisses bimicáceos e porções gnáissicas migmatíticas.

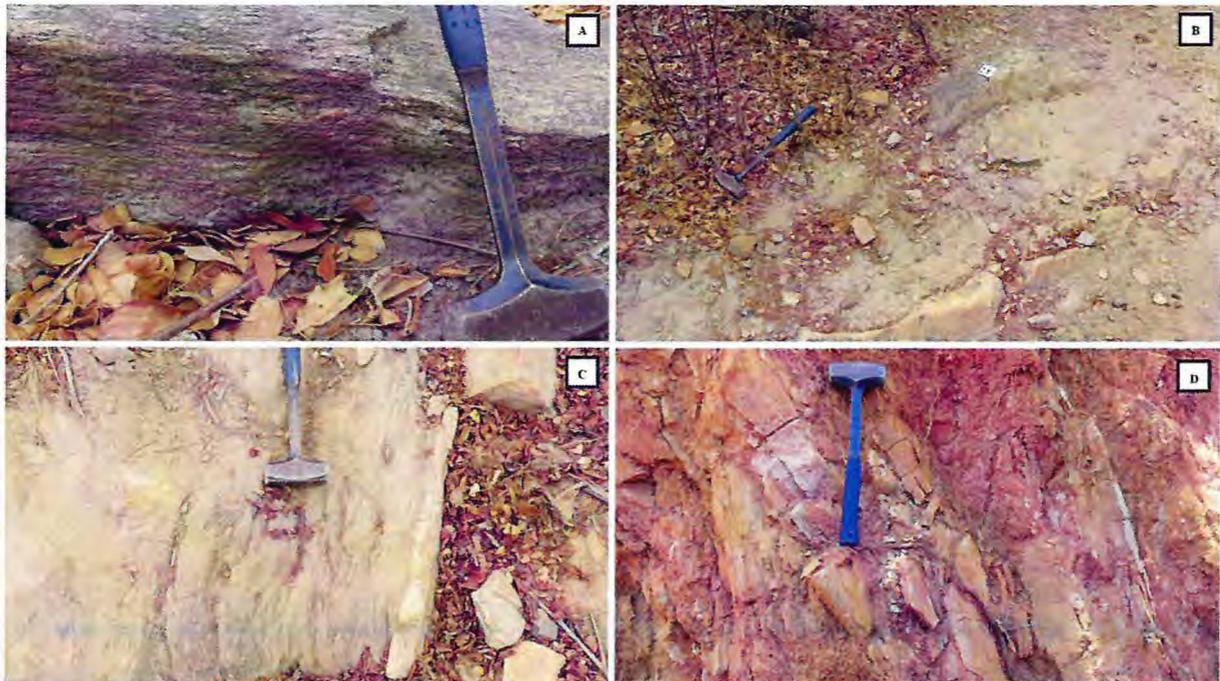
4.1.1 Quartzitos

São os litotipos mais presentes nos sopés das linhas de serras do Fonseca e do Maia, localizadas no limite leste da área. Ocorrem em blocos dispersos na superfície ou intercalados com micaxistos numa sequência característica desta unidade. Aparentemente, apresentam recristalização de seus grãos (Apêndice A, ficha 6).

Sua composição é impura e geralmente possui em sua constituição minerais micáceos orientados. Assim, apresentam uma foliação bem distinta causada pela presença de biotita e muscovita (Figura 4.1 A). Tem como mineralogia básica quartzo e muscovita com biotita como acessório, podendo ou não possuir alguma quantidade de sillimanita e turmalinas pretas associadas à pegmatóides que ocorrem subordinados à unidade. Sua coloração pode variar bastante em tons brancos leitosos a cores mais escuras, dependendo da quantidade de impurezas presentes que, em certos casos, são conspíquas.

Podem apresentar milonitização quando associados a alguma zona de cisalhamento dúctil, exibindo um estiramento dos grãos de quartzo. Essa feição é observada, principalmente, na porção sul/sudeste da área onde ocorre intercalado com micaxistos (Figura 4.1 B e C). Quando possível a realização de medidas estruturais, possui sentido de mergulho para NW compatível com a região e de intensidade alta, podendo chegar a 55° de mergulho (Figura 4.1 D). Possui dobramentos fechados quando ocorrem associados aos micaxistos.

Figura 4.1 – (A) Quartzito de coloração escura e foliação evidente devido à quantidade de micas (BV-2: 438925 mE/ 9337367 mN); (B) e (C) Bandas de quartzitos intercalados com micaxistos bastante intemperizados (BV-8: 438311 mE/ 9336233 mN e BV-9: 438269 mE/ 9336144 mN); (D) Sequência quartzítica com intenso mergulho e milonitização, causados por dobramentos próximos a cisalhamento (BV-57: 437624 mE/ 9333038 mN).

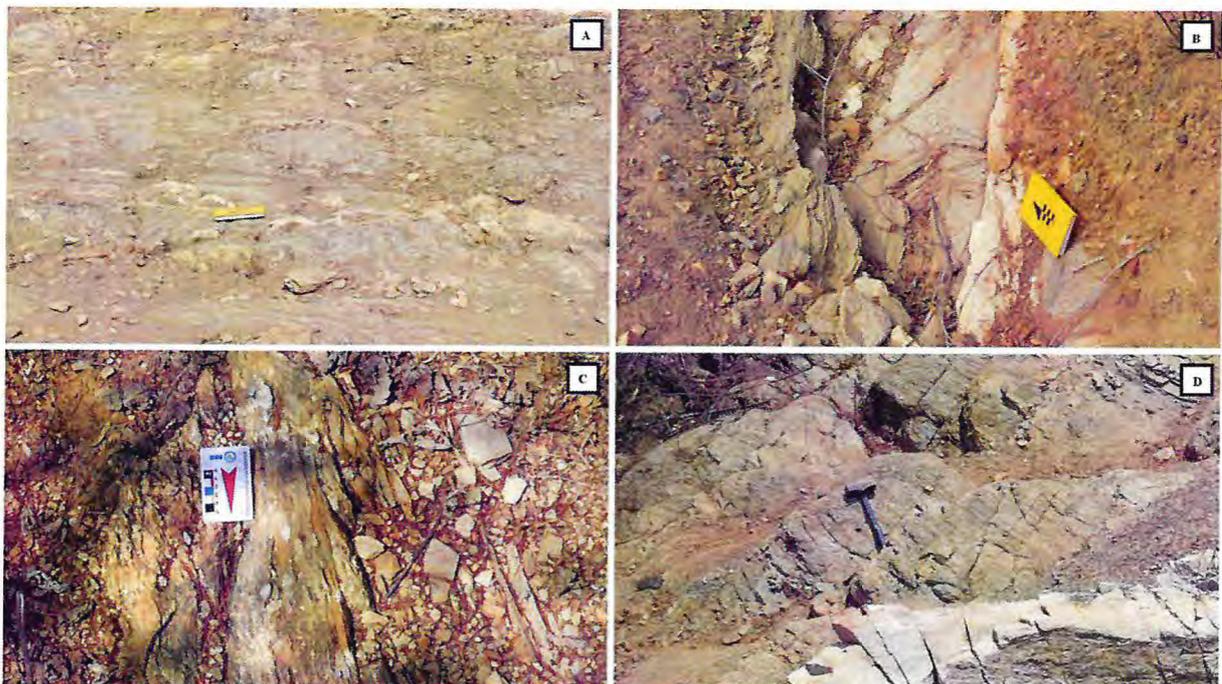


Fonte: Elaborada pelos autores.

4.1.2 Micaxistos

Os micaxistos associam-se intimamente aos quartzitos em muitos pontos observados (Figura 4.2 A). Possuem coloração em tons acinzentados e xistosidade evidente com granulação fina a média, podendo ocorrer raramente com porfiroclastos de plagiocásios rotacionados em textura milonítica (Figura 4.2 C). Tem estruturação isoclinal com sentidos de mergulho que variam de oeste-noroeste a oeste-sudeste e com intensidade de mergulho com média de 40°. Formam as intercalações com os quartzitos por toda a unidade Arneiroz, conferindo a esta unidade sua principal feição. Sua mineralogia básica é composta por muscovita, biotita, quartzo e plagioclásio. Geralmente, encontram-se em processos intempéricos bastante avançados impossibilitando a análise mais precisa de sua mineralogia. Localmente, pode apresentar corpos graníticos da Suíte Piquet Carneiro alojados concordantes ou não com a foliação (Figura 4.2 B e D).

Figura 4.2 – (A) Intercalação das bandas de muscovita-biotita-xisto com quartzitos aflorando (BV-12: 437443 mE/ 9335053 mN); (B) e (D) Micaxistos com foliação conspícua sendo intrudidos por corpo granítico discordante no primeiro e concordante no segundo (BV-15: 437082 mE/ 9333515 mN e BV-16: 439432 mE/ 9340415 mN); (C) Micaxisto milonitizado mostrando raros porfiroblastos de minerais quartzo-feldspáticos rotacionados (BV-58: 437708 mE/ 9332815 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.1.3 Calcissilicáticas

Ocorrem como lentes subordinadas aos micaxistos e quartzitos da unidade. São poucos pontos aflorantes na área. Sua coloração é em tons de cinza. Como mineralogia básica possui quartzo, plagioclásio, anfibólio e diopsídio. Aparentemente, encontram-se levemente foliadas, apesar do aspecto maciço, e com feições de provável metassomatismo (Figura 4.3). Possui sentido de mergulho para noroeste e intensidade de 35°, estando compatível com todo o pacote estrutural da região. Por falta de afloramento, não se obteve maiores detalhes.

Figura 4.3 – Rocha calcissilicática foliada e com provável metassomatismo (BV-70: 437418 mE/ 9335255 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.1.4 Muscovita-biotita-gnaisses

Os gnaisses aflorantes na Unidade Arneiroz possuem ambas as micas (muscovita e biotita) em sua composição. Apresentam granulação fina a média, exibindo fino bandamento e foliação evidente (Figura 4.4 A). Sua ocorrência é bastante inferior quando comparada ao quartzitos e micaxistos. Sua mineralogia básica é composta por quartzo, biotita, plagioclásio, muscovita e K-feldspato, com composição granítica.

Não foi possível determinar com precisão a derivação sedimentar ou ígnea do gnaisse. Entretanto, ocorrências de pequenos blocos isolados de anfibolitos e actinolitos nas

adjacências levam a suspeitar de uma origem ortoderivada para esses gnaisses aflorando no Complexo Ceará. Os afloramentos mostram uma sentido de mergulho a noroeste com intensidades variando entre 40° a 47°, seguindo a tendência criada pelas estruturas regionais que causaram a movimentação tectônica local (Figura 4.4 B).

Figura 4.4 – (A) Muscovita-biotita-gnaisse com foliação e textura granítica (BV-69: 437246 mE/ 9335365 mN); (B) Medição de atitude de foliação do gnaisse (BV-89: 437360 mE/ 9335016 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.1.5 Migmatitos

São lajedos que ocorrem isoladamente em poucos pontos da unidade. A coloração da rocha possui tons escuros com poucas bandas de leucossomáticas (Figura 4.5 A). É possível observar uma foliação e, por vezes, alguma característica de milonitização nesse litotipo.

Sua mineralogia básica é de biotita e anfibólio na sua porção máfica e quartzo-feldpática em sua porção mais félsica. Não notou-se uma divisão evidente em todos os corpos rochosos dos afloramentos entre paleossoma, mesossoma e neossoma, podendo indicar uma tendência à homogeneidade nessas rochas migmatíticas.

Percebe-se um processo avançado de anatexia nos pontos observados, provavelmente, formando diatexitos. Por vezes, o migmatito aparenta uma movimentação por fluxo. É possível perceber em alguns pontos dos afloramentos que porções da rochas resistiram aos procesos de deformação, formando ilhas com porfiroclastos de minerais quartzo-feldpáticos (Figura 4.5 C). Ainda, foram realizadas medições estruturais com sentido de mergulho e intensidade de mergulho, indicando um mergulho para noroeste com intensidade média de 40° (Figura 4.5 D).

Quanto às feições miloníticas no migmatito, é notável uma rotação dos porfiroblastos no sentido dextral (Figura 4.5 B), estando assim concordante com o movimento

da zona de cisalhamentos mais próxima ao afloramento. Também foi observado o estiramento dos minerais, pequenas boudinagens e a formação de planos S-C.

Figura 4.5 – (A) Migmatito apresentando poucas bandas leucossomáticas e aparentando movimento por fluxo (BV-10: 438220 mE/ 9335823 mN); (B) Rotação de porfiroblastos, boudinagem e planos S-C em migmatito (BV-68: 437227 mE/ 9335621 mN); (C) Porções da rocha que resistiram aos processos deformacionais e apresentam mega porfiroblastos (BV-10: 438220 mE/ 9335823 mN); (D) Medição de atitudes em afloramento de migmatito (BV-11: 438165 mE/ 9335704 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2 Complexo Acopiara

Sua localização no terreno cartografado é quase exclusivamente no setor oeste, exceto por pequenas porções que ocorrem à leste da Zona de Cisalhamento Hebron. Esta unidade caracteriza-se pela presença de litotipos que têm como mineralogia básica as micas (muscovita e biotita), o feldspato, o plagioclásio e o quartzo. Assim, podem traduzir uma origem paraderivada de sedimentos ricos em alumínio, ainda que em seção delgada não tenha apresentado minerais índices como a sillimanita.

É comumente representada por migmatitos com processos de anatexia bem evidentes e ainda podem encontrar-se milonitizados. Geralmente, formam metatexitos, mas também pode formar diatexitos.

Pode-se ainda observar de forma subordinada outros litotipos como, biotita-gnaisses, muscovita-biotita-xistos, lentes de quartzitos micáceos ou puros e lentes anfibolíticas associadas. A unidade encontra-se intrudida por grandes corpos granitóides da Suíte Piquet Carneiro em diversas localizações.

4.2.1 Migmatitos

Os processos de anatexia que formam essas rochas são característicos do Complexo Acopiara. O nível de anatexia varia bastante entre os afloramentos estudados, podendo formar metatexitos (Figura 4.6 A) e diatexitos, sendo mais comum o primeiro. A origem dos migmatitos nessa unidade pode ser tanto de origem paraderivada como também pode ter suas gênese associada a rochas ígneas. Mas, é preciso uma análise de uma quantidade maior de seções delgadas e estudos geoquímicos para uma definição precisa.

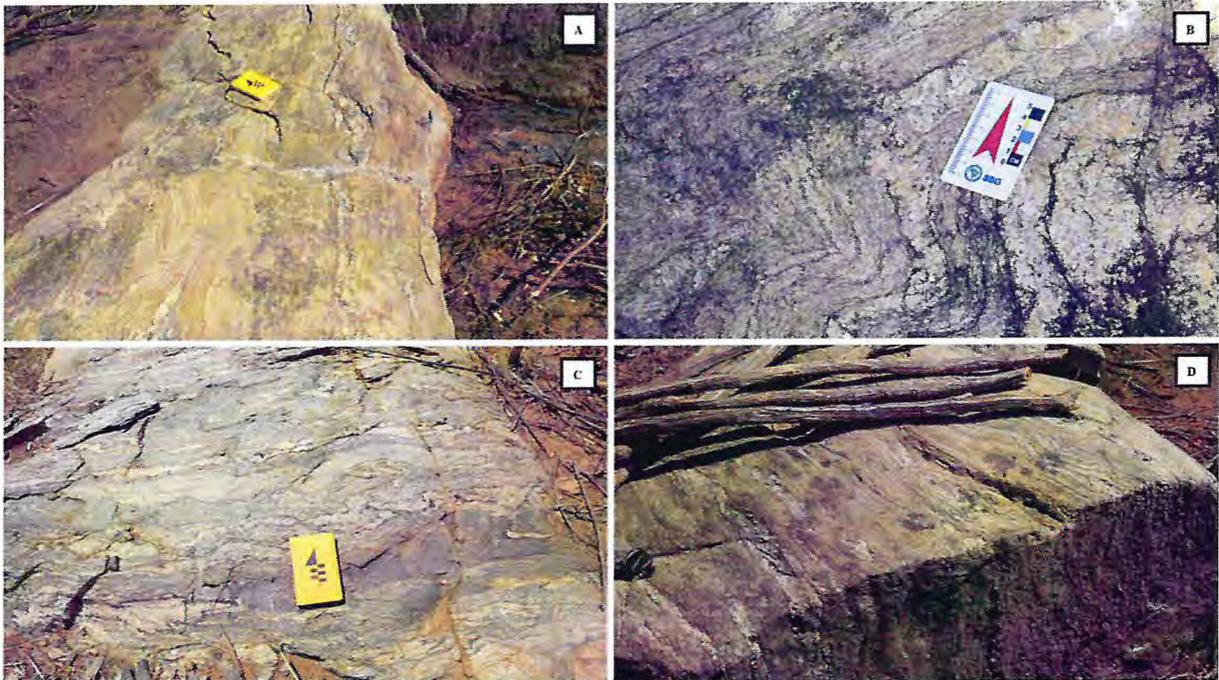
Geralmente, suas bandas máficas apresentam espessuras mais finas, milimétricas a centimétricas compostas pelas micas biotita e muscovita, quando presente, e suas bandas félsicas composta por minerais quartzo-feldspáticos com espessura centimétrica e, por vezes, formando porfiroblastos em forma de *augen*. Não foi observado a presença de granada ou sillimanita na composição dessas rochas, podendo indicar uma origem ígnea devido ao contexto da região como um todo.

Nas porções migmatizadas, é possível notar estruturas bandadas e dobradas (Figura 4.6 B), em dobras apertadas, além de, por vezes, leucossomas com boudinagem e outros elementos que indicam milonitização da rocha. As bandas mais máficas podem ser biotíticas e/ou anfibolíticas de granulação fina (Figura 4.6 C), suas bandas acinzentadas podem ser representadas por muscovita-biotita-gnaisses, protólito, de grãos finos a médios e as porções claras são compostas de minerais quartzo-feldspáticos com grãos bem desenvolvidos. Mesmo apresentando migmatização, os gnaisses ainda apresentam foliação penetrativa S_n/S_{n+1} bastante evidente (Figura 4.6 D).

As análises petrográficas mostram que a mineralogia constituinte desses gnaisses é composta por quartzo, feldspato, plagioclásio, micas branca e preta, apresentando uma textura granolepidoblástica com direção preferencial mostrada pelas biotitas e muscovitas presentes. A presença de muscovita nesses migmatitos pode indicar um retrometamorfismo em xisto-verde.

Também seguindo a tendência da região, os migmatitos do Complexo Acopiara apresentam sentido de mergulho para noroeste com mergulhos de 40° e *trend* variando de 10 a 15 azimute.

Figura 4.6 – (A) Afloramento de metatexito com veio de quartzo cortando a foliação (BV-25: 431107 mE/ 9336588 mN); (B) Detalhes das dobras apertadas em migmatito metatexito (BV-25: 433107 mE/ 9336588 mN); (C) Metatexito com porções mais anfibolíticas (BV-124: 431182 mE/ 9338087 mN); (D) Foliação penetrativa em migmatito (BV-25: 433107 mE/ 9336588 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2.2 Biotita-gnaisses

Por estarem sob forte influência de zonas de cisalhamentos, os gnaisses apresentam fortes indícios de milonitização (Figura 4.7) como, por exemplo, o estiramento dos minerais e a rotação de porfiroblastos. Têm um aspecto de granulação facoidal, com feldspatos grossos.

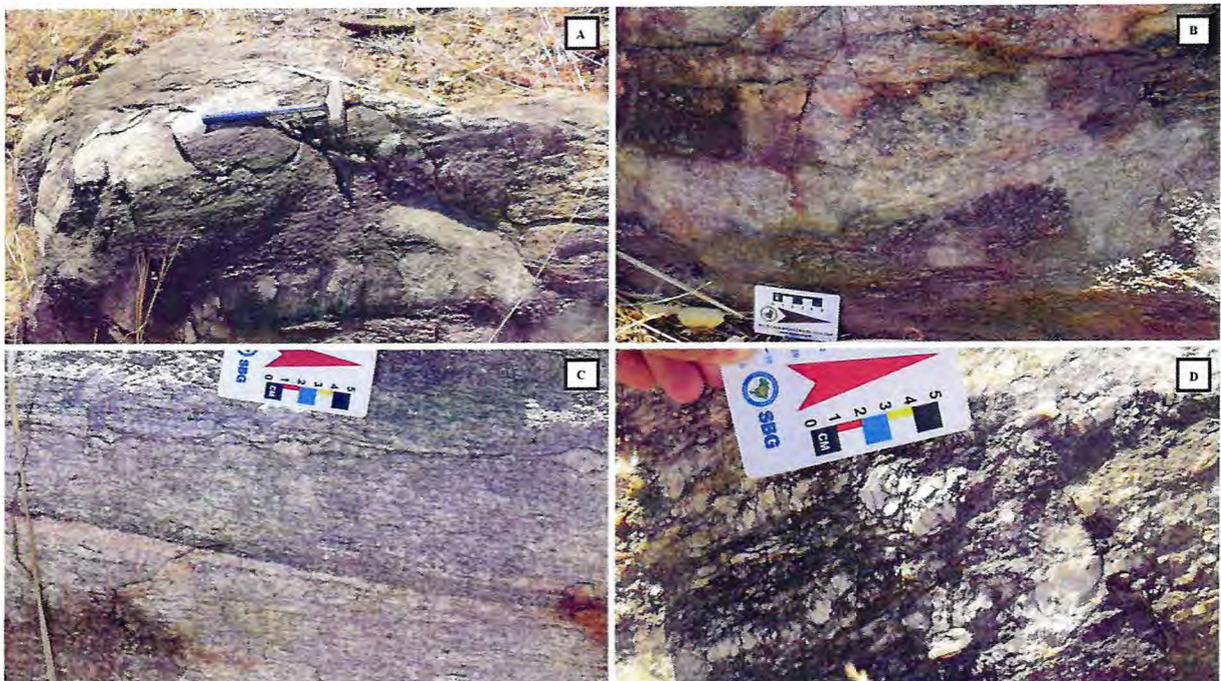
A origem desses litotipos aparenta ser ortoderivada. Assim sendo, sua ocorrência pontual pode caracterizar um metamorfismo de intrusões máficas num contexto mais sedimentar do Complexo Acopiara.

Quando miloníticos, apresentam granulação máfica fina e quartzo-feldspáticas média a bastante grossa. Podem apresentar composição granítica a tonalítica. Geralmente, apresentam coloração em tons de cinza. Poucos afloramentos dessa rocha que foram

analisados, portanto não foi obtido um maior detalhamento deste litotipo. Podem apresentar planos S-C em sua foliação, causados pelo cisalhamento dúctil.

O sentido de mergulho dos biotita-gnaisses do Complexo Acopiara não segue a tendência regional e cai no sentido nordeste-leste. Devido a existência de poucas rochas aflorantes, não foi possível uma melhor compreensão dos motivos dessa discordância.

Figura 4.7 – (A) Aspecto aparentemente de granulometria grossa, porém máficos são finos a médios (BV-45: 434418 mE/ 9334141 mN); (B) Detalhe da foliação em biotita-gnaisse (BV-46: 434500 mE/ 933358 mN); (C) Elementos miloníticos como *boudins* e rotações de porfiroblastos (BV-46: 434500 mE/ 933358 mN); (D) Detalhe da rotação de plagioclásio em biotita-gnaisse (BV-46: 434500 mE/ 933358 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2.3 Micaxistos

Ocorrem de forma semelhante aos micaxistos da Unidade Arneiroz, entretanto, parecem não intercalar com bandas de quartzitos (Figura 4.8 A). A coloração da rocha tem tons acinzentados. É composta basicamente por muscovita, biotita, quartzo e feldspatos. Possui foliação bastante evidente e, em alguns casos, verticalizada próximo ou a 90° (Figura 4.8 B). Entretanto, são casos especiais, já que a média da intensidade de mergulho é em média de 55° com direção a noroeste. Também pode ocorrer em blocos mais maciços e menos foliados com maior quantidade de quartzo e feldspatos, porém mantendo o alto teor de mica que é comum a este litotipo.

Figura 4.8 – (A) e (B) Micaxistos bem intemperizados e sem intercalações de quartzitos e, por vezes, com foliação verticalizada (BV-35: 434701 mE/ 9338522 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2.4 Paragnaisses

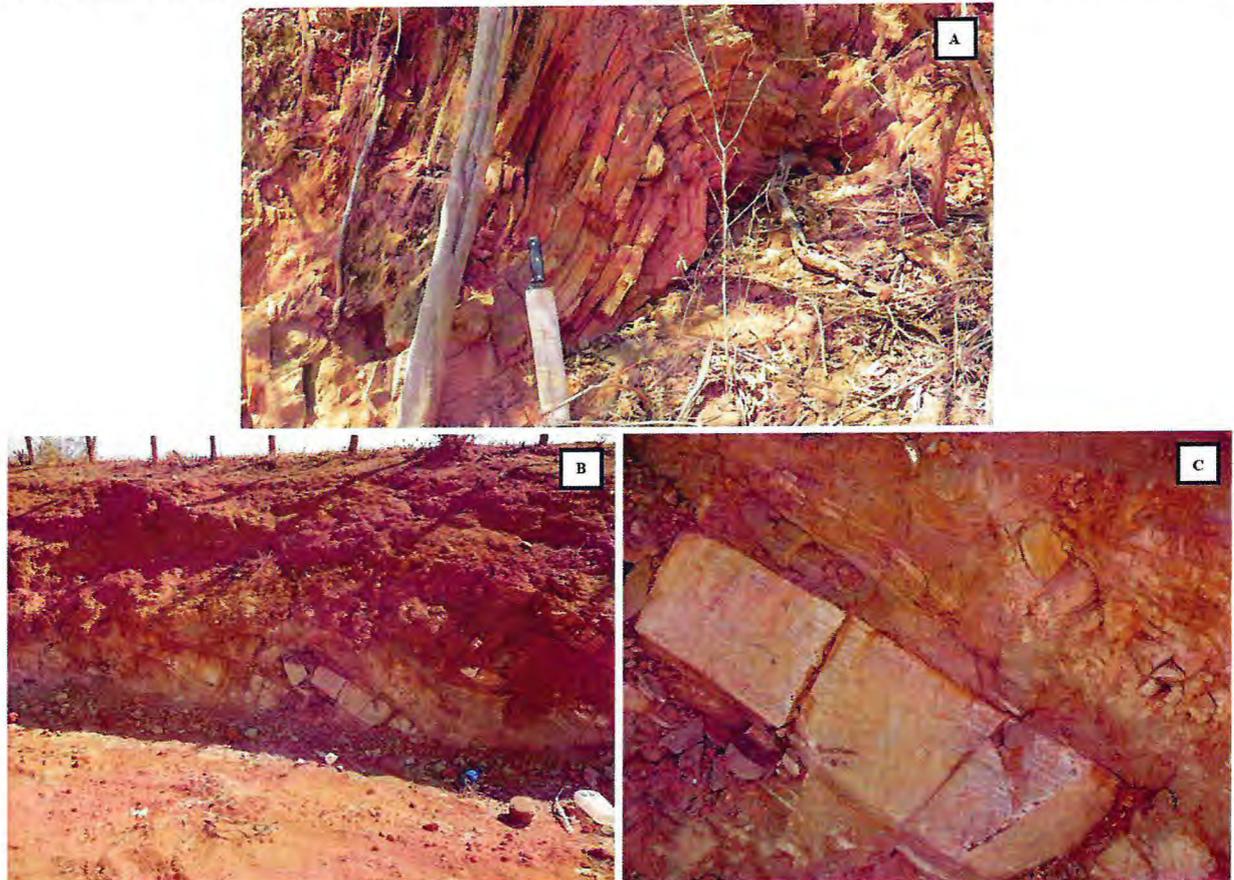
Este litotipo ocorre com pouca incidência na área mapeada. Quando aflora, os paragnaisses apresentam-se bandados com ou sem associações de quartzito impuro e aparentemente milonitizado ou estirado que, por vezes, apresenta-se em bandas que chegam a ter cerca de 20 centímetros de espessura (Figura 4.9 B e C).

Ocorre de maneira restrita ao sul/sudoeste da área e sempre com suas camadas dobradas e bastante intemperizadas (Figura 4.9 A). Composição mineralógica de quartzo, biotita e plagioclásio. Devido ao estágio de intemperismo na rocha, não foi possível coletar maiores detalhes da mineralogia.

As porções dobradas parecem ser abertas antiformes, mas não foi possível ter uma noção completa da classificação pelo mesmo motivo citado anteriormente. Foram feitas medidas estruturais apenas em um dos flancos da dobra, que estão orientados em uma direção norte-sul e a linha de charneira, que encontra-se levemente inclinada, tem direção aproximada para leste-oeste. De acordo com as medidas feitas no flanco esquerdo da dobra, este mergulha no sentido sudoeste com intensidade que varia entre de 58° a 77°.

Sugere-se um mapeamento em maior escala nessa porção da área para identificar de forma precisa como se comportam esse litotipo de origem paraderivada e por quê apenas os litotipos ao sul da área encontram-se com suas dobras evidenciadas em afloramentos.

Figura 4.9 – (A) Paragnaisse com dobra aberta antiforme (BV-44: 434371 mE/ 9334966 mN); (B) e (C) Paragnaisse intercalado por quartzito milonítico e com bandamento definido (BV-49: 434502 mE/ 9332912 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

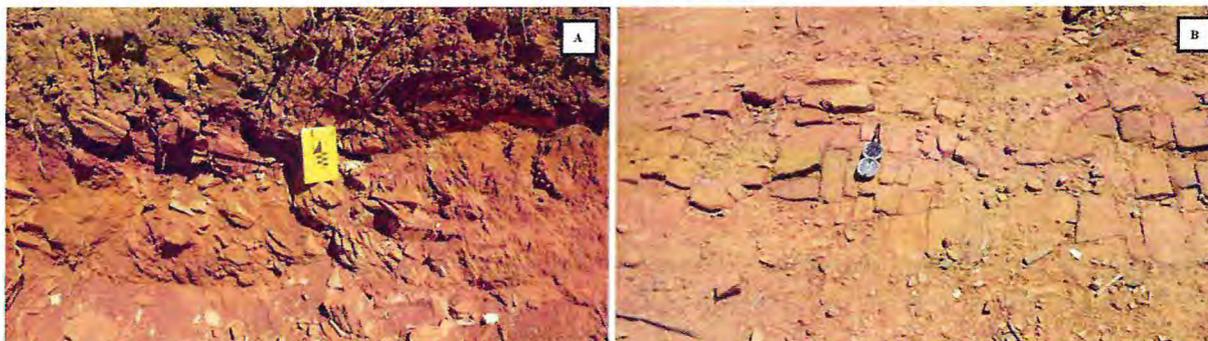
4.2.5 Quartzitos

Os quartzitos aparecem, dentro desta unidade, nos extremos norte e sul da área. Ao norte, não foi possível observar estiramentos dos minerais de quartzo nos blocos disseminados pela superfície com coloração em tons de bege e estrutura maciça comum aos quartzitos e, também, não estavam dobrados. Situação oposta ao que ocorre no extremo sul da área, onde as rochas quartzíticas estão estiradas e dobradas. Por vezes, apresenta-se associados com paragnaises, mas pode ocorrer em lentes exclusivamente quartzosas dobradas ou associados à micaxistos (Figura 4.10 A). Os quartzitos tanto do Complexo Acopiara como das outras unidades, podem ocorrer impuros com boa quantidade minerais micáceos orientados ou em sua composição mais pura.

É possível observar em alguns casos um bandamento no quartzito, causado provavelmente por um processo de milonitização do corpo rochoso e a presença de minerais

micáceos como biotita e muscovita. Ainda, ocorrem de forma bastante fraturada e em pequenos blocos de composição impura (Figura 4.10 B).

Figura 4.10 – (A) Quartzito ocorrendo com micaxisto intemperizados (BV-114: 433819 mE/ 9332613 mN); (B) Blocos fraturados de quartzito sem micaxisto (BV-115: 433280 mE/ 9332772 mN).

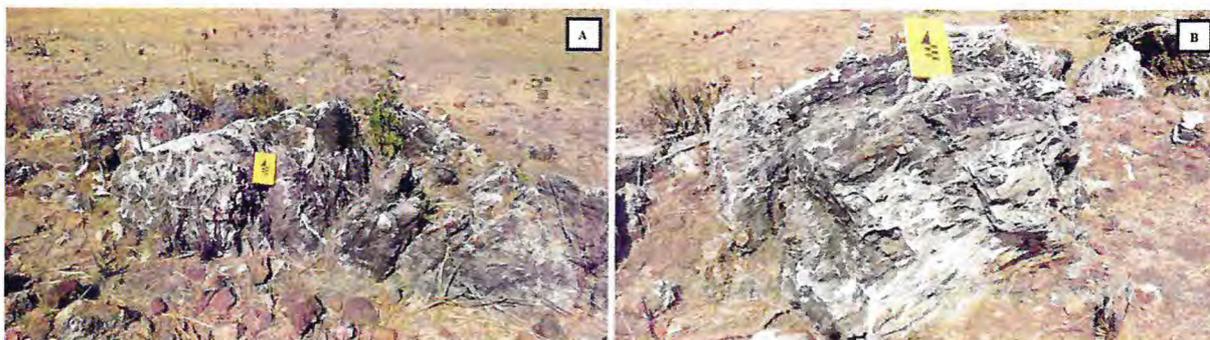


Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2.6 Anfibolitos

Os anfibolitos ocorrem como jazimentos estratóides e diqueiformes que podem estar bandados e foliados (Figura 4.11). São rochas que estão subordinadas aos gnaisses de origem sedimentar dominantes na unidade e seguem ao bandamento gnáissico, formando lentes contínuas paralelas à foliação Sn. Apresenta indícios de metassomatismo em alguns afloramentos. Exibe uma granulação fina a média e coloração em tons de cinza escuro a preto e em alguns casos encontra-se intemperizados.

Figura 4.11 – (A) e (B) Aparentemente, anfibolito ocorrendo como dique e detalhe da textura da rocha com metassomatismo ocorrendo (BV-136: 431182 mE/ 93338087 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.3 Complexo Serra do Papagaio

No mapa geológico elaborado, o Complexo Serra do Papagaio ocupa uma faixa contínua de orientação NNE-SSW. Estende-se desde o limite norte até o limite sul da área em uma forma sigmoidal. Faz contato com a Unidade Arneiroz do Complexo Ceará a leste e com o Complexo Acopiara a oeste. Esses contatos se mostram por zonas milonitizadas. Encontra-se sobreposta aos micaxistos e quartzitos do Complexo Ceará.

A unidade é constituída por biotita-gnaisses e biotita-hornblendas-gnaisses tonalíticos, granodioríticos e graníticos de coloração em tons de cinza e com foliação bem definida, preferencialmente originadas de rochas plutônicas e subvulcânicas metamorfizadas. Além de possuir litotipos como gabros, grabronoritos, anfíbolitos, veios pegmatóides e a ocorrência de ametista e quartzitos subordinados.

4.3.1 Ortognaisses

É a litologia mais representativa do Complexo Serra do Papagaio. Composta por ortognaisses biotíticos com ou sem anfíbolios que, por vezes, são cortados por veios centimétricos de granitóides da Suíte Piquet Carneiro (Figura 4.12 D). A coloração desse litotipo varia em tons acinzentados, do mais claro ao mais escuro e granulação fina a média nas bandas máficas e fina a grossa nas bandas félsicas (Figura 4.12 B e C).

Comumente, são observadas feições decorrentes de processo fluxional milonítico, especialmente nas fácies mais grossas de minerais quartzo-feldspáticos, onde são conspícuos estiramento mineral e a formação de elementos sigmoidais (Figura 4.12 A). Além disso, também é comum notar a diferenciação dinâmica bastante destacada. Podem encontrar-se parcialmente migmatizados localmente, exibindo pequenas dobras intrafoliais nas bandas leucossomáticas de minerais quartzo-feldspáticos.

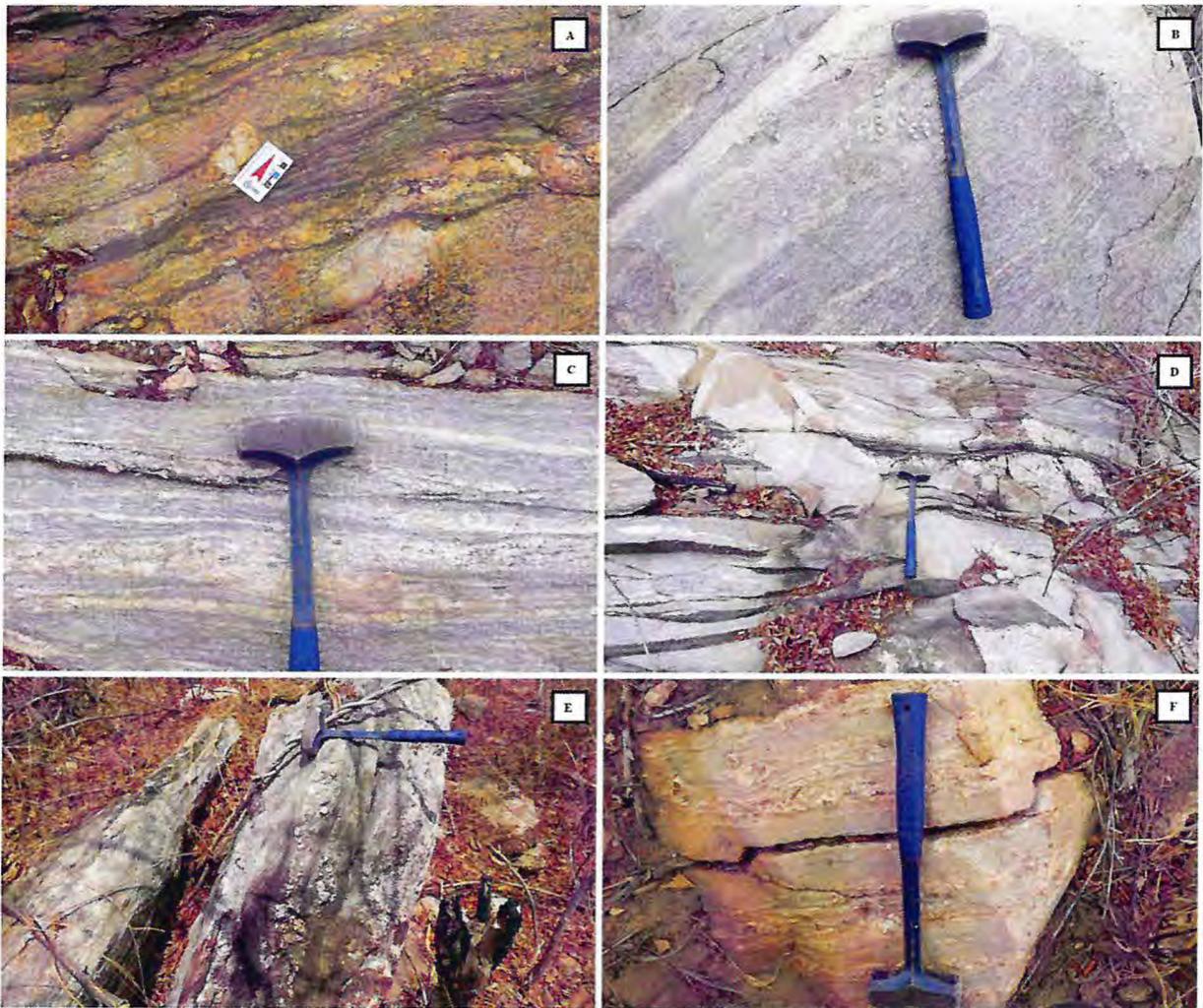
Os ortognaisses do complexo comumente apresentam fácies miloníticas. Foram observados porfiroclastos formando *augen*, estirados e rotacionados em sentido dextral (Figura 4.12 F) e a formação de planos S-C. Dificilmente foi visto um ortognaisse sem apresentar qualquer feição de milonitização, sendo uma característica definitiva para as rochas da unidade.

A variação na composição das rochas é bastante eclética, podendo apresentar fácies graníticas, granodioríticas, monzoníticas, monzodioríticas e dioríticas. Muitas dessas feições, por vezes, são possíveis de observar num só alforamento.

As camadas de ortogneisses da unidade encontram-se mergulhando na mesma direção que o pacote regional, em direção noroeste e com mergulho médio de 45° (Figura 4.12 E).

A mineralogia observada em campo foi quartzo, feldspato, biotita, anfibólios e \pm muscovita. A quantidade de muscovita, varia nos afloramentos e não parece mostrar um padrão definido que permita suscitar algum motivo.

Figura 4.12 – (A) Raro porfiroclasto angular sendo rotacionado em fácies milonítica num ortogneisse (BV-83: 438455 mE/ 9339912 mN); (B) Estiramento mineral em ortogneisse (BV-88: 438249 mE/ 9338875 mN); (C) Planos S-C em gnaiss ortoderivado (BV-87: 438163 mE/ 9339139 mN); (D) Leucogranito fino cortando a foliação de ortogneisse parcialmente migmatizado e milonítico (BV-75: 438607 mE/ 9340377 mN); (E) Foliação de ortogneisse com mergulho de 45° (BV-73: 438703 mE/ 9340352 mN); (F) Indicadores cinemáticos com movimento dextral e *augens* em ortogneisse (BV-71: 439042 mE/ 9340542 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.3.2 Anfibolitos

Os anfibolitos ocorrem em pequenos blocos na superfície. Fazem parte de leitos anfibolíticos finamente bandados e homogêneos (Figura 4.13). Por vezes, apresenta-se em diques metabásicos xistificados. A coloração é escura, tipicamente desses litotipos, com bandamento bastante desenvolvido e granulometria fina a média. Por apresentar um bandamento gnáissico bem conspícuo, talvez possa ser interpretado como causa do evento deformacional Dn+1, assim como todo o contexto da Unidade Serra do Papagaio.

Figura 4.13 – (A) e (B) Anfibolito bandado ocorrendo em pequenos blocos e detalhe do bandamento de camadas de anfibólios e plagioclásios (BV-99: 438122 mE/ 9338794 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.3.3 Gabros e gabronoritos

São pequenas ocorrências no contexto máfico do Complexo Serra do Papagaio. Talvez façam parte de intrusões, diques básicos, que têm como hospedeira a unidade. Entretanto, não foi possível confirmar em campo devido o intenso intemperismo que atuou nas adjacências.

Os gabros afloram como pequenos blocos metassomatizados de coloração escura e tons esverdeados com granulometria fina a média. Anteriormente à análise microscópica, parecia ser um anfibolito, mas a textura e a mineralogia da rocha mostrou tratar-se de um gabro com indícios de metassomatismo (Figura 4.14 A).

O gabronorito, ou mais especificamente, piroxênio-hornblenda-gabronorito também aflora em blocos maciços e de coloração escura. Tem como mineralogia básica plagioclásio e anfibólios (Figura 4,14 B).

Figura 4.14 – (A) Blocos de gabro metassomatizado (BV-96: 439278 mE/ 9340424mN); (B) Gabronorito disseminado em blocos num contexto intemperizado (BV-101: 437777 mE/ 9338262 mN).

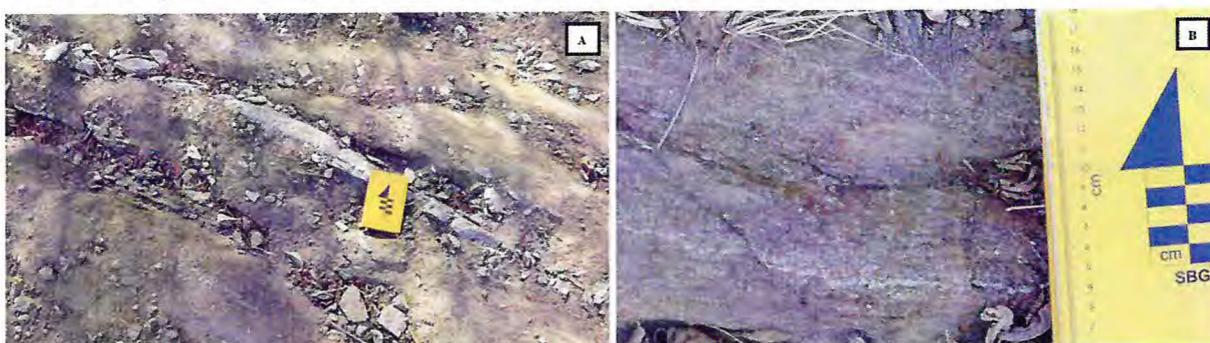


Fonte: Elaborada pelos autores.

4.3.4 Granada-muscovita-xisto

Único termo micaxistoso aflorando dentro do Complexo Serra do Papagaio, possui coloração acinzentada. Encontra-se intrudido por pequenos veios leucograníticos com pouco mais de 15 centímetros de espessura com granulação fina da suíte granítica e outros pequenos veios de quartzo leitoso com leves tonalidades de azul, finos e menores que 10 centímetros de espessura (Figura 4.15 A). É composto por granada, biotita, muscovita, quartzo e feldspatos. A granada ocorre em formas arredondadas de diâmetros milimétricos e disseminados por todas a porção xistosa (Figura 4.15 B).

Figura 4.15 – (A) e (B) Granada-muscovita-xisto com um pequeno veio de quartzo leitoso e detalhe da ocorrência de granadas nos planos de foliação do xisto (BV-100: 437883 mE/ 9338384 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.3.5 Ametista

A ametista ocorre em veio de quartzito leitoso que tem como encaixante um pegmatóide com textura granítica evidente composta por quartzo, feldspato, plagioclásio e

muscovita. Foi observado no local uma mina abandonada faz muitos anos (Figura 4.16). Não foi possível analisar com maior precisão, pois sua entrada estava bloqueada. A direção da cava tem orientação 15 azimuth. Caso o veio mantenha este padrão, talvez em seu prolongamento e em profundidades maiores ainda seja possível encontrar ametista de qualidade.

Figura 4.16 – (A) e (B) Mina de ametista abandonada e amostra de quartzo leitoso com ametista (BV-81: 437368 mE/ 9340572 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

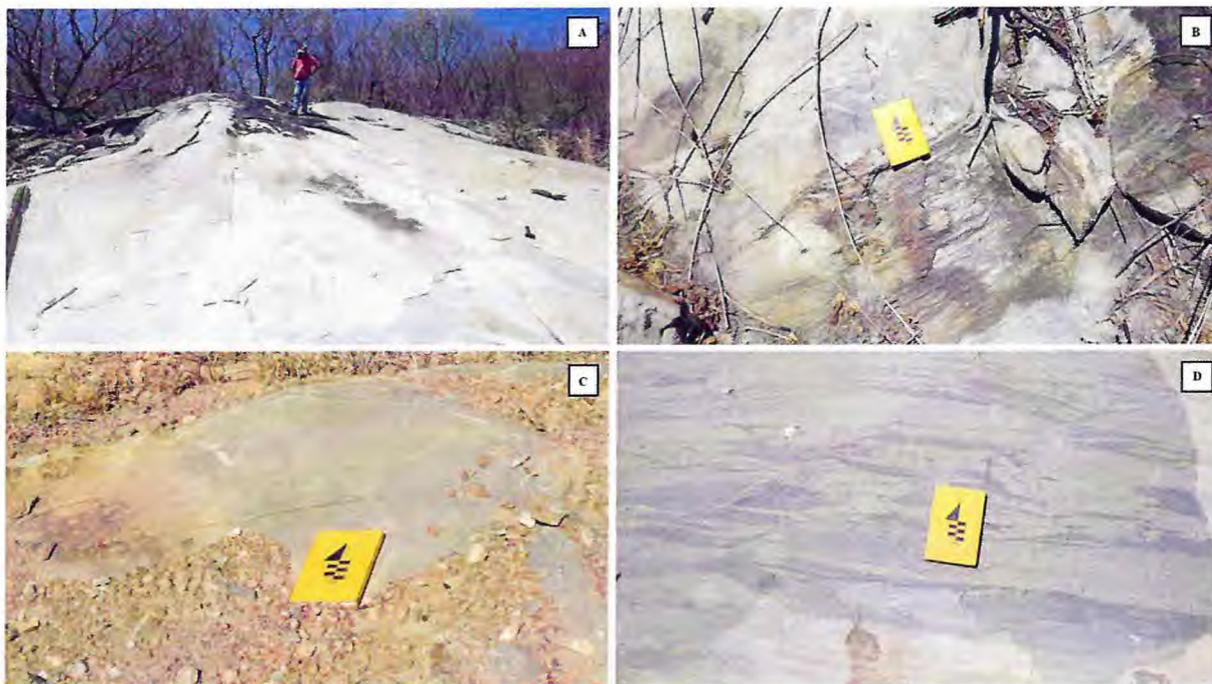
4.4 Suíte Piquet Carneiro

São corpos granitóides de pequeno a grande porte que afloram em diversas localizações, mas, principalmente na porção oeste da área cartografada (Figura 4.17 A). Sua forma de ocorrência é de lajedos arredondados ou diques concordantes ou não às foliações S_n/S_{n+1} . Ao oeste da área, onde tem sua principal região de ocorrência, exhibe xenólitos de biotita-gnaisses foliados do Complexo Acopiara (4.17 B).

Quando orientados, apresentam direção norte a nordeste. Geralmente, faz contato com rochas do Complexo Acopiara como encraves, mas pode ocorrer nas outras unidades que compõe a litoestratigrafia da área como diques ou *sheets*.

Apresentam-se como granitóides acinzentados equigranulares, de granulação fina a média, textura homogênea e isotrópica (Figura 4.17 C) e, mais raramente, textura *schlieren* mostrando porções compostas por minerais mais máficos como biotita e anfibólios distribuídas de forma aleatória pelo corpo granítico (Figura 4.17 D). Por vezes, a porção máfica engloba a porção félsica do granito, estando em desacordo com o restante da textura exposta no corpo granítico, que exhibe porções félsicas englobando as porções máficas. Essa segregação textural ocorre provavelmente ainda precoce, durante processos de formação do magma.

Figura 4.17 – (A) Corpo intrusivo arredondado de leucogranito (BV-118: 432028 mE/ 9332088 mN); (B) Xenólito de biotita-gnaïsse foliado em corpo granítico (BV-120: 432305 mE/ 9334730 mN); (C) Granito mostrando plano de mergulho, provavelmente adquirido durante o alojamento na encaixante erodida (BV-105: 436010 mE/ 9339496 mN); (D) Textura schlieren em granito, com separação de porções de minerais mais máficos (BV-120: 432305 mE/ 9334730 mN).



Fonte: Elaborada Pelos autores.

Os granitóides da suíte têm idade neoproterozóica e fazem parte dos eventos magmáticos causados pelo Ciclo Brasileiro. Assim, são tardi-deformacionais e, por isso, sofreram pouca ou nenhuma alteração. Quando alterados, encontram-se associados a intrusões em corpos de litotipos das outras unidades litoestratigráficas da área (Figura 4.18). As porções intrusivas da suíte granítica pode ocorrer por toda a área, mas essa característica ocorre com maior intensidade na porção oeste da área, onde os corpos graníticos maiores e não deformados intrudem. As intrusões graníticas têm como característica as espessuras centimétricas que variam de 5 a 50 cm, sugerindo que a suíte granítica aproveitou estes espaços de fraturas abertos durante os movimentos tectônicos e o preenchimento de fluidos ocorreu ainda durante estas movimentações e sua cristalização final pode ter ocorrido até o momento pós-colisional do ciclo brasileiro.

Figura 4.18 – (A) Intrusão granítica discordante em metatexito (BV-124: 431182 mE/ 9338087 mN); (B) Intrusão concordante à foliação de granada-muscovita-xisto (BV-100: 437883 mE/ 9338384 mN); (C) Granitóide da suíte ocorrendo em dique (BV-108: 436019 mE/ 9338378 mN); (D) Intrusão granítica parcialmente alterada em metaxito estromatítico (BV-117: 432475 mE/ 9332350 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

A mineralogia dos granitóides é bastante comum a este tipo de rocha, composta por quartzo, plagioclásio, K-feldspato e biotita. Pode apresentar alterações pontuais e recristalização de seus minerais. Em lâminas, descritas com detalhes no apêndice A, mostram variações nas classificações dos granitóides como, por exemplos, granitos, granodioritos e tonalitos. Quando alterados, esses granitóides exibem saussuritização em plagioclásios e feldspatos, além de uma quantidade um pouco mais elevada de biotita quando comparados com os granitóides com pouca ou nenhuma deformação.

5 GEOLOGIA ESTRUTURAL

A área engloba rochas do Paleoproterozóico ao Neoproterozóico, afetadas por eventos paleoproterozóicos e neoproterozóicos. Entretanto, o evento orogênico brasileiro, que tem forte influência em toda a Província Borborema, afetou diretamente a região, sendo o grande responsável pelo arcabouço estrutural local. Agente direto na formação de grandes zonas de cisalhamento e abundante magmatismo granítico, o Ciclo Brasileiro tem sua representatividade impressa nos litotipos da área.

Situada, em uma análise mais abrangente, entre as zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Orós-Aiuaba, a área apresenta intensos movimentos tectônicos que influenciaram todo o contexto litoestratigráfico e estrutural da região. Além dessas zonas de cisalhamentos de influência regional, também é possível notar, por observações de campo e análise bibliográfica, que zonas de cisalhamento de menor porte definem os limites tectônicos a leste e a oeste da área, pois são a causa da formação das linhas de serras que limitam o Complexo Ceará e o Complexo Serra do Papagaio num contexto do Complexo Acopiara comportando-se como encaixante dessas unidades. A oeste encontra-se a Zona de Cisalhamento Serra do Flamengo e a leste a Zona de cisalhamento Hebron.

Como ainda será mostrado neste capítulo, todas as zonas cisalhantes que se encontram no interior da área mapeada têm uma deformação plástica, implicando em uma elevada profundidade de formação das rochas locais, portanto, na zona milonítica. Rochas formadas nessa zona chegam a atingir o fácies xisto-verde a anfibólito.

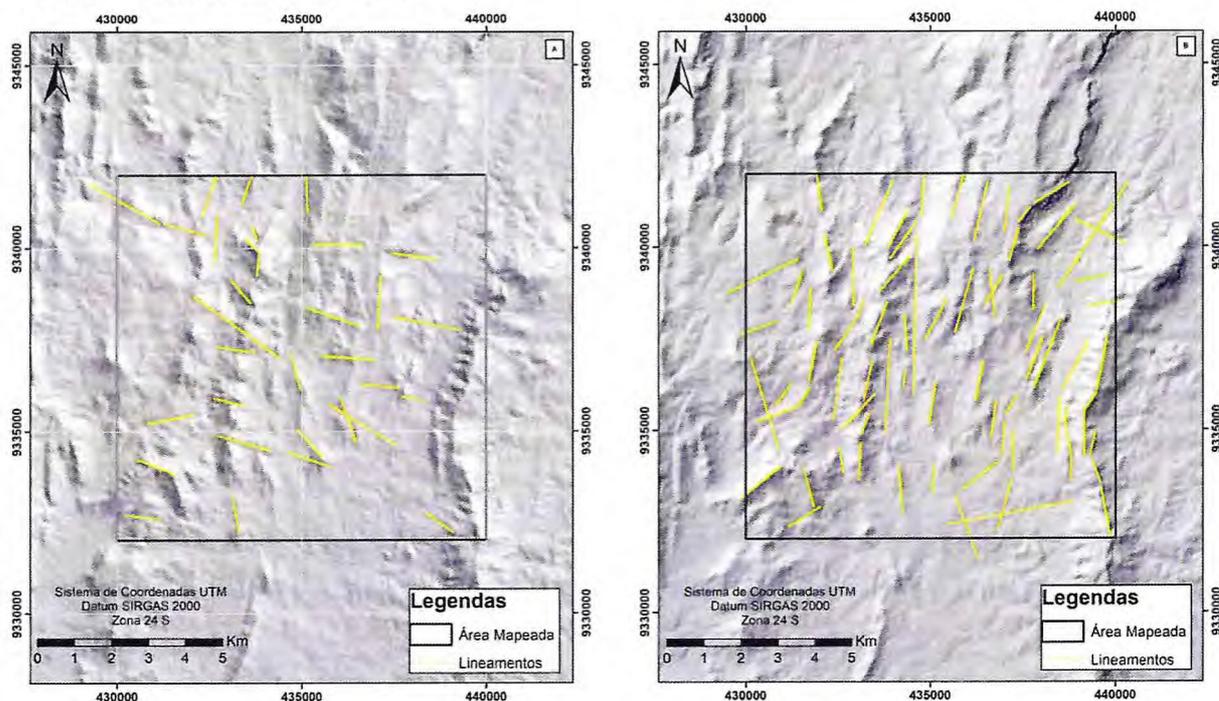
5.1 Lineamentos

Como importantes feições que podem definir alguns elementos estruturais como direções de camadas, de falhas, de xistosidades, de zonas de cisalhamento e de fraturas, os lineamentos da região foram extraídos através da interpretação de imagens de satélites.

Inicialmente, foi utilizado um modelo digital de elevação SRTM para realçar tais feições. Através de técnicas de processamento da imagem, foi realizado o sombreamento do relevo, por meio de iluminação artificial, que varia de acordo com a aplicação de ângulos de elevação da fonte de luz a partir do horizonte, variando de 0 a 90°, e azimutes de iluminação, que variam de 0 a 360°. Dessa forma, foi estabelecido o ângulo de elevação em 45° e o azimute de iluminação foram utilizados os ângulos de 45° e 315° (Figura 5.1). A partir dos mapas gerados por essas técnicas, foi possível traçar as feições lineares estruturais e de relevo

evidenciadas nas imagens. Com a extração dos lineamentos, torna-se possível a elaboração de estruturas lineares no mapa geológico.

Figura 5.1 – Lineamentos extraídos de imagens SRTM com relevo sombreado. (A) Azimute de iluminação de 45°. (B) Azimute de iluminação de 315°.



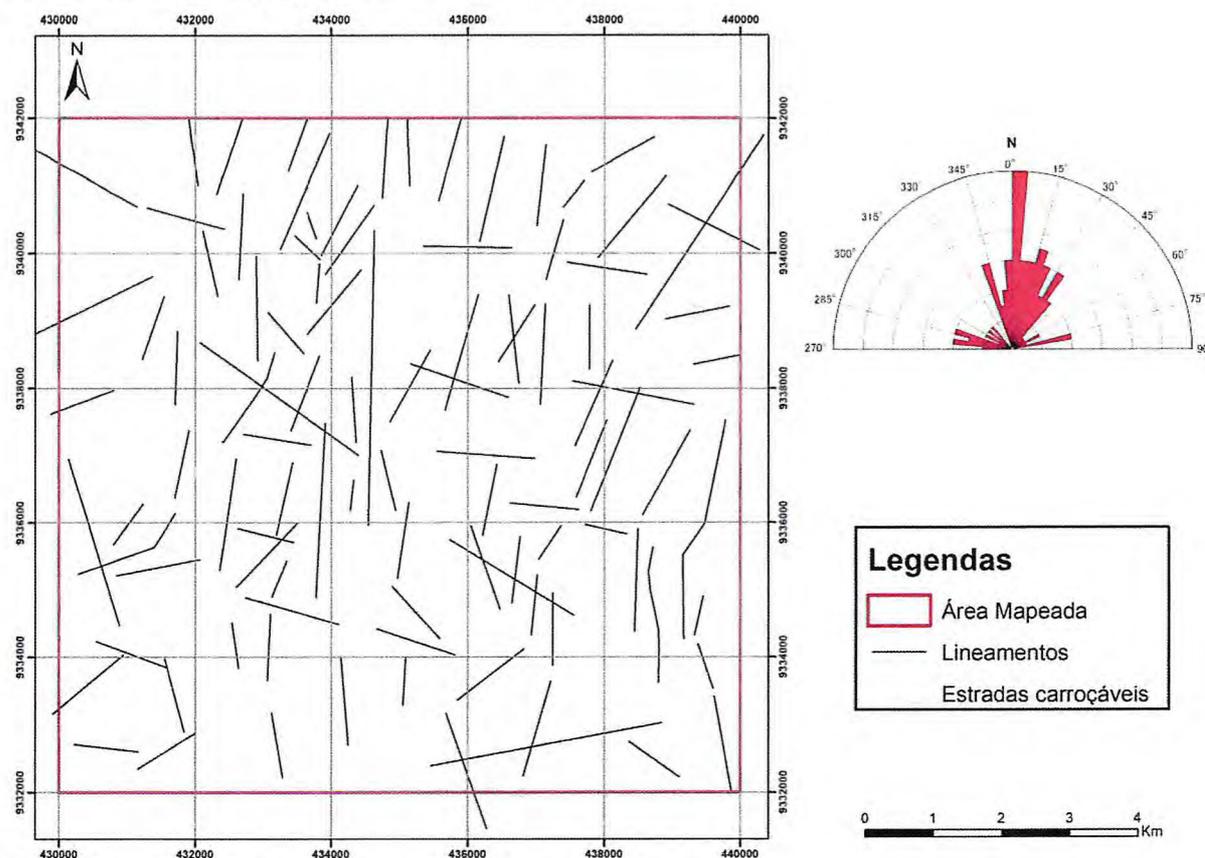
Fonte: Elaborada pelos autores.

Para um melhor entendimento da direção dos lineamentos, foi estabelecido, de forma arbitrária, uma série de intervalos que definiam a direção de cada linha traçada. Os intervalos são os seguintes: entre 0° e 20° e de 180° a 200°, direção NNE; de 20° a 70° e entre 200° a 250°, direção NE; entre 70° a 110° e de 250° a 290°, direção EW; de 110° a 160° e entre 290° a 310°, direção NW; de 160° a 180° e entre 310° a 340°, direção NNW. Os lineamentos observados na área apresentam majoritariamente um *trend* NNE com trinta lineamentos identificados e NE com vinte e sete lineamentos traçados. Ao total, foram localizados nas imagens analisadas cento e quatro linhas estruturais no interior da área (Figura 5.2).

A combinação entre os dados coletados no campo como, por exemplo, as 123 medidas de foliação, as dezenas medidas de linhas e os dados extraídos por meio digital formam um denso material capaz de auxiliar na identificação das zonas de cisalhamento mais importantes na região que têm direção N-S e encontram-se divididas nas porções leste (Zona de Cisalhamento contracional Hebron e zona de cisalhamento indiscriminada) e a oeste (Zona de Cisalhamento dextral Zorra e zona de cisalhamento sinistral indiscriminada). Entretanto,

destaca-se a necessidade de estudos futuros voltados para a indentificação de zonas cisalhantes de menor porte e as faixas miloníticas causadas pela transcorrência.

Figura 5.2 – Mapa do total de lineamentos traçados na área extraídos a partir de imagem SRTM e diagrama de roseta indicando a direção preferencial NNE-SSW.



Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2 Estruturas dúcteis

Durante as atividades de campo foram observadas várias estruturas como dobras, boudins, indicadores cinemáticos e texturas miloníticas que estão evidenciadas nos afloramentos. Predominantemente, essas estruturas apresentam algumas características deformacionais plásticas ou dúcteis, mostrando que as zonas de cisalhamento existentes na região tiveram uma deformação dúctil. Estiramento mineral, rotação de porfiroclastos e dobramentos causados pela movimentação plástica do terreno são as características observadas nos afloramentos da área. Seguindo essas evidências estruturais, é possível apontar que as rochas portadoras das estruturas analisadas foram formadas em uma profundidade abaixo de 15 Km, na zona milonítica. Evidências estas que também apontam

para estruturas que se formam em zonas de cisalhamento dúctil e em condições de metamorfismo dinâmico ou regional. Nesta seção serão apresentadas essas feições que foram analisadas em campo.

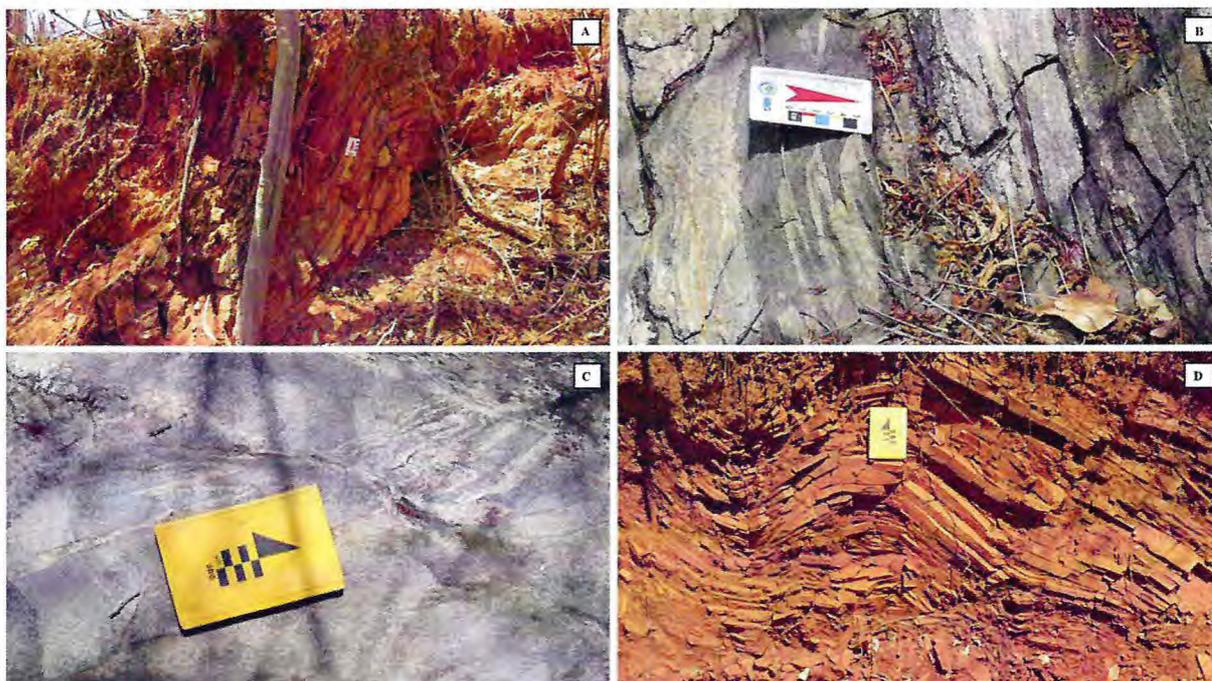
5.2.1 Dobras e Dobramentos

Na porção sul/sudoeste da área encontram-se dobramentos formados em paragneisses intemperizados (Figura 5.3 A), poucas vezes aflorando em condições preservadas e, também, em quartzitos. Camadas dobradas foram observadas exclusivamente nessa porção da área. As dobras apresentam-se como antiformes abertas assimétricas e por poucas vezes com simetria observável. A linha de charneira das dobras encontram-se na posição normal e, por vezes, com leve caimento na ordem de 10° a 15°. É possível que tais dobramentos tenham surgido como uma reação às forças aplicadas pelos cisalhamentos transcorrentes e transpressionais que ocorreram ao longo de toda a área. Nota-se que os quartzitos presentes nessas dobras aparentam uma lineação de estiramento bem desenvolvida causada, provavelmente, pela milonitização (Figura 5.3 D).

Dobras também são observadas em migmatitos, granitos parcialmente migmatíticos e gnaisses migmatizados, que ocorrem exclusivamente no setor oeste da área. No entanto, essas dobras possuem características diferentes das anteriores, sendo dobras apertadas (Figura 5.3 B e C). Por vezes podem aparecer rompidas formando estrutura em bengala. As dobras em migmatitos condizem com as texturas formadas neste litotipo chamadas de dobradas, estromatíticas e ptigmáticas, com ênfase na ocorrência da primeira.

Resumidamente, as dobras na camadas de quartzitos, paragneisses, e quartzitos intercalados com micaxistos ocorrem exclusivamente no setor sul/sudoeste da área, enquanto que as dobras observadas em texturas migmatíticas ocorrem apenas no setor oeste. Apesar de toda a área estar sob influência de zonas de cisalhamento, é notável que a porção mais afetada por essas feições é o lado ocidental, onde as transcorrências têm movimentação sinistral.

Figura 5.3 – (A) Dobramento em paragneisse (BV-44: 434371 mE/ 9334966 mN); (B) Dobras apertadas em rocha parcialmente migmatizada (BV-75: 438607 mE/ 9340377 mN); (C) Dobras em granito migmatizado (BV-116: 432834 mE/ 9332532 mN); (D) Dobra em quartzitos (BV-114: 433819 mE/ 9332613 mN).



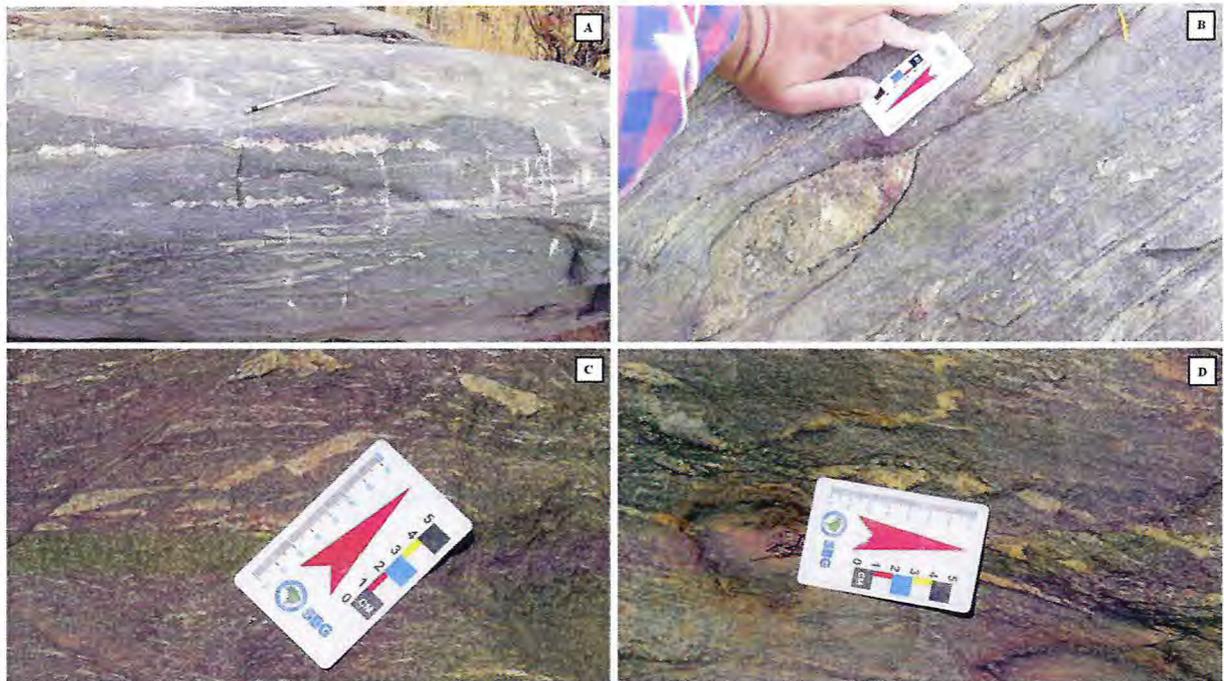
Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2.2 Boudinagem

Uma característica bastante observada por toda a área é a formação de *boudins*, que encontram-se em diversas espessuras e comprimentos, sempre em escala centimétrica (Figura 5.4 A). O intervalo entre *boudins*, ou *neck*, varia em média 1 centímetro (Figura 5.4 D). Na maior parte dos casos, apresentam-se em formas assimétricas, podendo indicar uma deformação não coaxial (Figura 5.4 B). No entanto, não se trata de uma imposição. Existem *boudins* assimétricos que são formados em deformações coaxiais.

A movimentação das camadas durante o processo de *boudinage* pode variar por vários fatores. Por exemplo, camadas longas podem desenvolver microfalhas de cisalhamento antitéticas em relação ao movimento dominante e quando curtas tendem a acompanhar o movimento principal. É possível observar ambas as situações na área de estudo. Por vezes, a camada em que ocorre o processo de boudinagem demonstra em suas microfalhas um comportamento contrário ao movimento principal, ou antitético, aparentando um efeito dominó (Figura 5.4 C).

Figura 5.4 – (A) Boudinagem em ortognaisse (BV-01: 439176 mE/ 9340481 mN); (B) Boudinagem assimétrica (BV-19: 439214 mE/ 9340591 mN); (C) e (D) *Boudins* rotacionados, causando efeito dominó e *boudins* simétricos (BV-32: 432651 mE/ 9334167 mN).



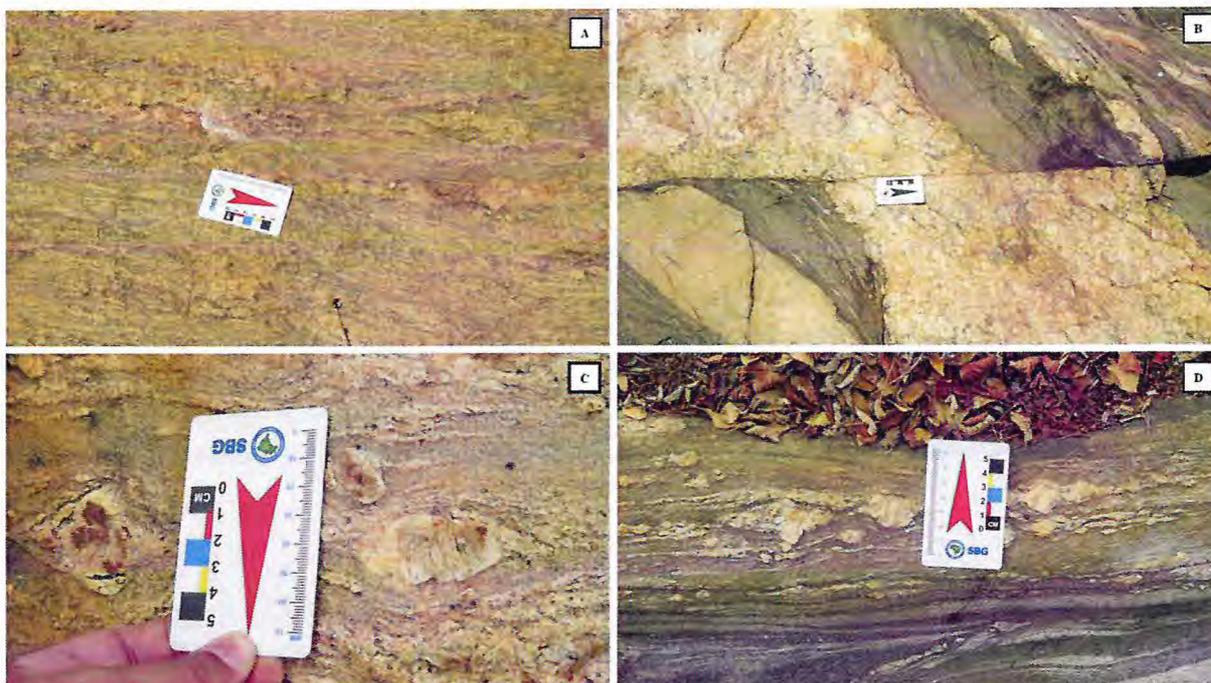
Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2.3 Indicadores cinemáticos

Dominada por zonas de cisalhamento, a área apresenta indicadores cinemáticos que mostram a direção dos cisalhamentos que atuam em determinados locais. No setor leste da área, os afloramentos têm características que indicam uma movimentação dos cisalhamentos no sentido dextral (Figura 5.5 C e D). Entretanto, no setor oeste são observadas feições que insinuam um deslocamento contrário ao setor leste sendo, portanto, sinistral (Figura 5.5 A).

Dentre os tipos de indicadores observados pode-se citar: rotação de porfiroclastos de plagioclásio e feldspatos, microfalhas em plagioclásios causadas durante a rotação dos pórfiros, falha em banda métrica de minerais quartzo-feldspáticos (Figura 5.5 B), formação de planos S-C e pequenas dobras. Esses indicadores são evidentes em todos os litotipos observados na área mapeada, mostrando a intensa atuação dos cisalhamentos. No entanto, é possível estabelecer uma característica comum aos diferentes tipos rochosos que apresentam indicadores cinemáticos em suas texturas como, por exemplo, são nas bandas quartzo-feldspáticas que, macroscopicamente, nota-se a movimentação conspícua da rocha devido à formação de porfiroclastos desses minerais.

Figura 5.5 – (A) e (B) Indicadores cinemáticos sinistrais em porfiroblastos e aparente falha sinistral (BV-32: 432651 mE/ 9334167 mN); (C) Porfiroclastos rotacionados em sentido dextral formando *augens* (BV-71: 439042 mE/ 9340542 mN); (D) Porfiroclastos em milonito indicando sentido dextral (BV-83: 438455 mE/ 9339912 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

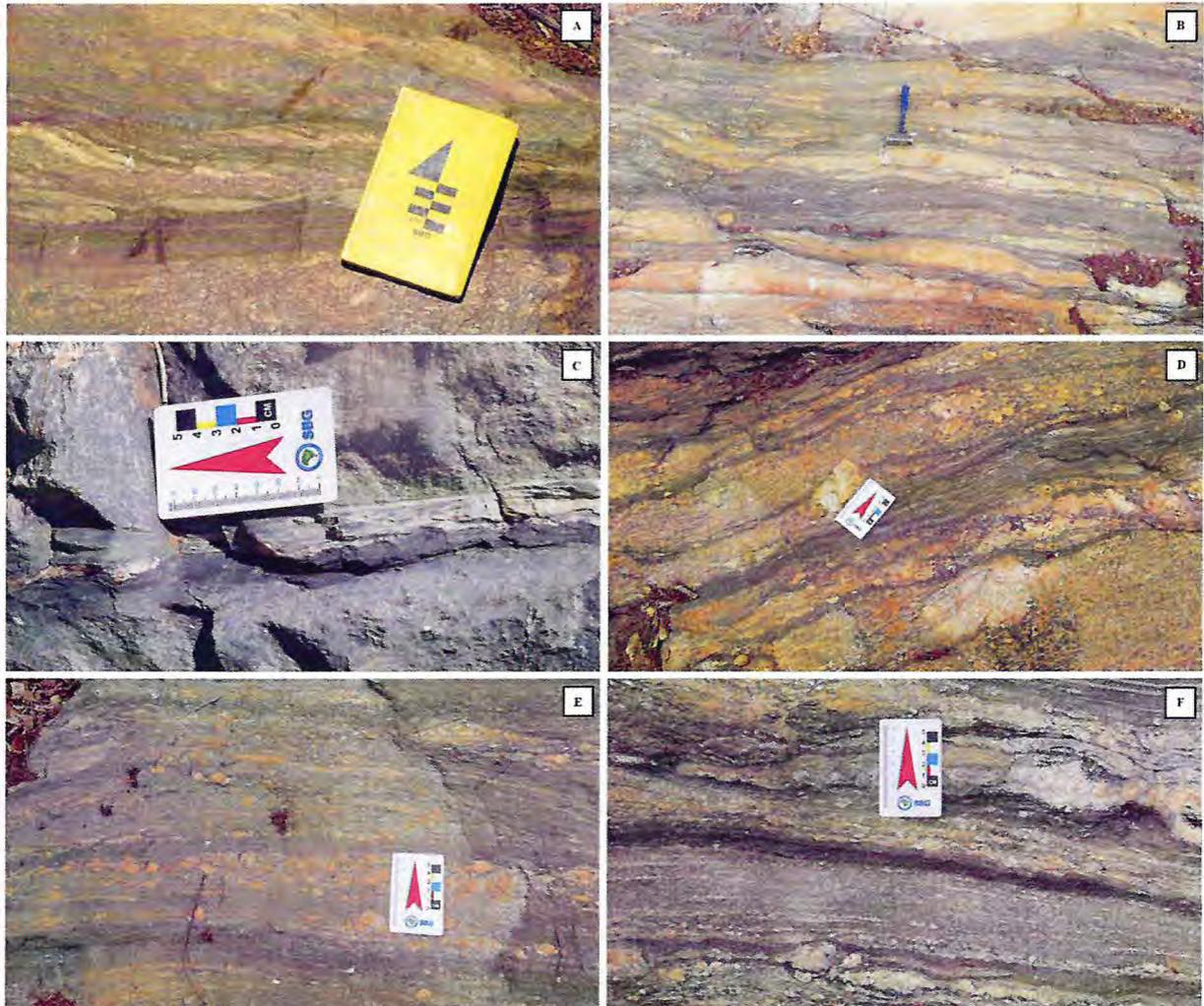
5.2.4 Milonitização

Mais uma evidência que coloca a área em um regime de deformação profunda é a presença de milonitização em muitos locais próximos às zonas de cisalhamento já discriminadas por trabalhos anteriores e outras que ainda não foram analisadas. Foram encontrados afloramentos de milonitos com faixas ultramiloníticas e outros afloramentos com porções miloníticas a ultramiloníticas em ortognaisses (Figura 5.6).

Em alguns afloramentos as rochas encontram-se migmatizadas, caracterizando um processo de fusão parcial da rocha. Nota-se que a profundidade de formação das rochas aflorantes na área foi bastante elevada, pois chegou a atingir a zona de transição de rochas metamórficas para rochas ígneas.

Com tantas evidências mostrando a ocorrência de deformação dúctil nas faixas próximas às zonas cisalhantes e nenhuma feição rúptil encontrada, é possível afirmar que todos os cisalhamentos encontrados, pertencem ao grupo de zonas de cisalhamento dúctil.

Figura 5.6 – (A) Faixa ultramilonítica em porções de migmatito com estirramento e rotação de minerais quartzo-feldspáticos (BV-32: 432651 mE/ 9334167 mN); (B), (D), (E) e (F) Mostrando faixas miloníticas a ultramiloníticas em ortognaisses (BV-83: 438455 mE/ 9339912 mN); (C) Faixa ultramilonítica em porção anfibolítica de migmatito (BV-36: 434834 mE/ 9338660 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

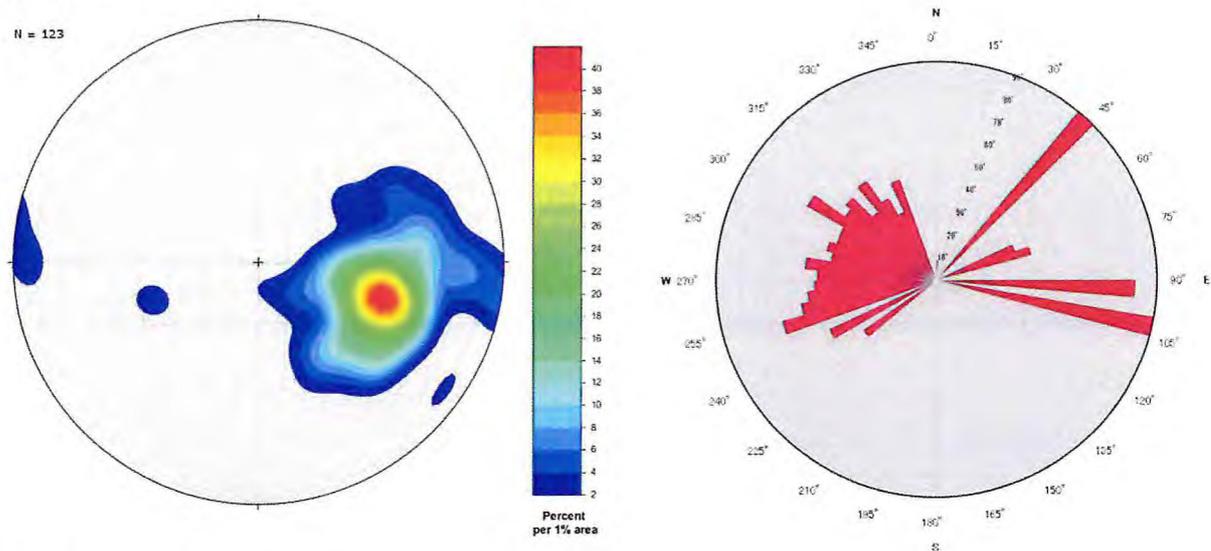
5.3 Foliações

Como uma estrutura planar de grande importância para a determinação de regimes deformacionais, as foliações dos afloramentos de rochas observados em campo servem de parâmetro para a compreensão da disposição das camadas litológicas estudadas e o comportamento deformacional ocorrido na área mapeada. A caracterização dessa feição não foi uma problemática porque, estando entre zonas de cisalhamento, muitos afloramentos possuem foliações bastante evidenciadas, tornando a medição de atitudes possível (Figura 5.8).

A maior parte das foliações medidas possuem uma orientação NNE-SSW, coincidindo com as medidas de direção em lineamentos, e com variação em sua angulação,

apresentando medidas mais verticalizadas nas proximidades de zonas de cisalhamento e medidas que variam de sub-horizontal a sub-vertical em locais mais afastados das zonas de cisalhamento. O sentido do mergulho é praticamente constante a NW (Figura 5.7).

Figura 5.7 – Estereograma mostrando a densidade das foliações medidas e diagrama de roseta do mergulho das foliações.

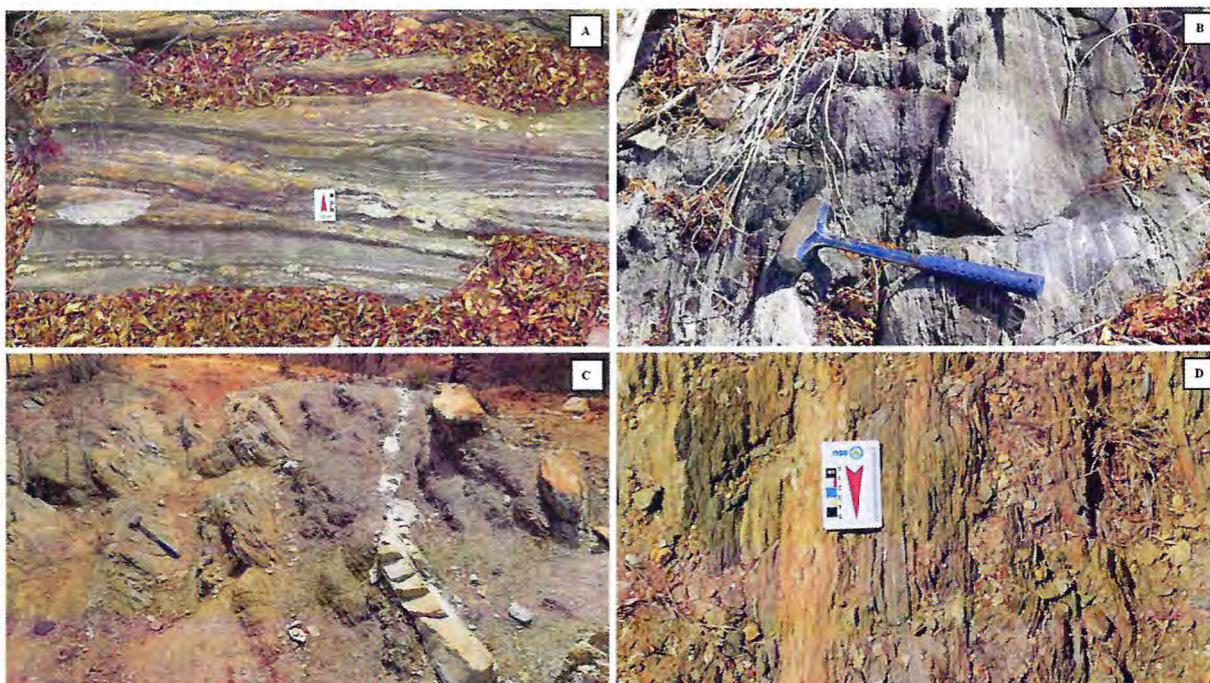


Fonte: Elaborada pelos autores.

Geralmente, a foliação S_n/S_{n+1} apresenta-se bastante penetrativa. Como só possível separar as foliações em raros casos em campo, optou-se por construir o estereograma utilizando todos os dados coletados das 123 leituras de foliações S_n e S_{n+1} extraídas em 52 pontos distribuídos pela área de estudo. Essa situação ocorre devido às condições cinemáticas que atuaram na região, colocando ambas as foliações em situação de paralelismo. É bem provável que a atuação do evento orogenético brasileiro tenha retrabalhado tais estruturas planares, tornando-as de difícil separação.

Como a foliação dos litotipos encontra-se verticalizada, as linhas formadas pelos minerais são influenciadas diretamente por esta característica, tendo quase sempre uma direção NE-SW. O mergulho das foliações ocorre em ângulos que variam bastante, podendo chegar a 90° em alguns casos quando bem próximos às zonas de cisalhamento. Em média, pode-se afirmar que a intensidade de mergulho das foliações é de 45°.

Figura 5.8 – (A) Foliação milonítica em ortogneise (BV-83: 438455 mE/ 9339912 mN); (B) Granodiorito foliado (BV-26: 431577 mE/ 9336346 mN); (C) Micaxisto com foliação evidente (BV-58: 437708 mE/ 9332815 mN); (D) Micaxisto foliado e milonitizado (BV-16: 439432 mE/ 9340415 mN).



Fonte: Elaborada pelos autores.

5.4 Fases Deformacionais

Nesta seção procurou-se discutir, de maneira resumida, as diversas informações de caráter tectonoestrutural adquiridas durante as atividades de campo e através de trabalhos anteriores realizados nesta região da Província Borborema e do Domínio Ceará Central. Essas informações indicam que a região mapeada encontra-se abaixo da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu, que tem como característica traços estruturais que demonstram uma área de estiramento sigmoidal resultantes do Ciclo Brasileiro na direção N-S. Por estar localizada em região de intenso cisalhamento, deformações anteriores aos esforços aplicados pelos cisalhamentos têm tendência à obliteração.

5.4.1 Fase deformacional (Dn)

Na fase Dn, considerada como o registro principal das deformações, ocorre a ativação das falhas transcorrentes que provocam um sistema de transpressão com características dúcteis, evidenciados por dobramentos apertados e criação da foliação Sn, bandamento litológico, lineação Ln e mineralogia metamórfica Mn associada. Esta fase tem

como principais feições o bandamento gnaissico em paragneisses dobrados observados na Unidade Arneiroz do Complexo Ceará, que formam as cristas montanhosas com direção N-S observadas na região. Sua deformação tem idade paleoproterozóica de 2,0 a 1,9Ga.

A foliação S_n é caracterizada por planos que variam, preferencialmente, na direção N-S a NE-SW com sentido de mergulho em média variando de oeste a noroeste, entre 30 a 60 graus e com picos de 90° em zonas muito próximas a cisalhamentos. Associado ao plano S_n ocorre uma lineação L_n paralela, possuindo as mesmas características relacionadas à orientação.

5.4.2 Fase deformacional $D_n + 1$

Nesta fase foram formados os seguintes elementos estruturais: foliação milonítica, minealogia retrometamórfica, falhas e fraturas preferencialmente desenvolvidos no regime dúctil/rúptil. Esta deformação é de idade neoproterozóica e além de retrabalhar os Complexos Acopiara, Serra do Papagaio e a Unidade Arneiroz propiciou a injeção de granitos nos planos S_{n+1} e que, por vezes, aflora discordando a foliação S_{n+1} .

A foliação S_{n+1} encontra-se paralela à foliação S_n , formando preferencialmente, faixas miloníticas de ordem métrica a decamétrica. Possui mineralogia retrometamórfica, sendo comum micas e, raramente, cloritas.

A mineralogia M_{n+1} desenvolvida durante esta fase está associada às zonas de cisalhamento transcorrentes, injeção de material granítico e rochas fundidas, além de propiciar condições de temperatura e pressão para causar processos de fusão parcial de litotipos.

No fim do evento deformacional D_{n+1} , foi onde ocorreu de forma mais acentuada a formação de fácies miloníticas, injeção de veios pegmatóides e a formação de falhas em condições rúpteis.

6 METAMORFISMO

Análises de campo associadas à descrição das lâminas delgadas, com ênfase nos aspectos texturais e na assembléia mineral dos litotipo possibilitaram demonstrar que as rochas que compõem as unidades litoestratigráficas mapeadas foram transformadas por um metamorfismo progressivo, que varia do fácies anfibolito baixo a alto, seguido por um retrometamorfismo, com associações mineralógicas características de fácies xisto-verde.

Os dois eventos deformacionais D_n e D_{n+1} que atuaram na região, causaram metamorfismos e assembléias mineralógicas M_n e M_{n+1} , respectivamente. O evento M_n ocorreu devido ao ciclo transamazônico, de idade paleoproterozóica e M_{n+1} ocorreu juntamente com a atuação do ciclo brasileiro nos litotipos locais.

Ainda, os litotipos da área mapeada foram submetidos a três tipos de metamorfismos: a) metamorfismo dinâmico associado ao desenvolvimento das zonas de cisalhamentos transcorrentes e compressionais; b) metamorfismo regional relacionado ao ciclo brasileiro; e c) metamorfismo hidrotermal vinculado ao desenvolvimento da fase retrometamórfica.

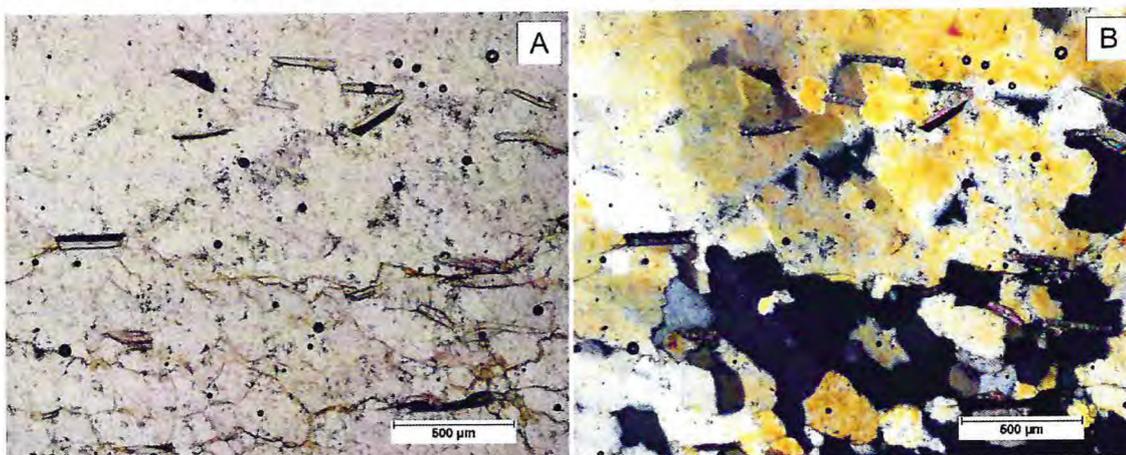
6.1 Metamorfismo M_n

O metamorfismo M_n têm feições diferentes de acordo com a origem ígnea ou sedimentar das rochas. Para as rochas ortoderivadas, é caracterizado pela formação de granada, hornblenda e migmatizações. Em rochas paraderivadas suas principais particularidades são a recristalização de plagioclásios, formação de biotitas, migmatização de leucossomas e a formação de granada. O surgimento de granada em ambos os casos indica um pico metamórfico.

A Unidade Arneiroz foi caracterizada pela presença de diferentes litotipos, onde quartzitos, muscovita-biotita-gnaisses, calcissilicáticas, micaxistos e migmatitos foram analisados macroscopicamente e três amostras coletadas dessas litologias foram estudadas em escala microscópica.

A fase deformacional D_n foi responsável pelo retrabalhamento desta unidade onde, em seção delgada, observou-se um muscovita-quartzito com recristalização e formação de cristais de quartzo. Adicionalmente, ficou evidente a orientação dos cristais de muscovita e, subordinadamente, biotita que encontram-se grãos subédricos aciculares. As lâminas apresentam ainda grãos anédricos de quartzo com intensa extinção ondulante (Figura 6.1).

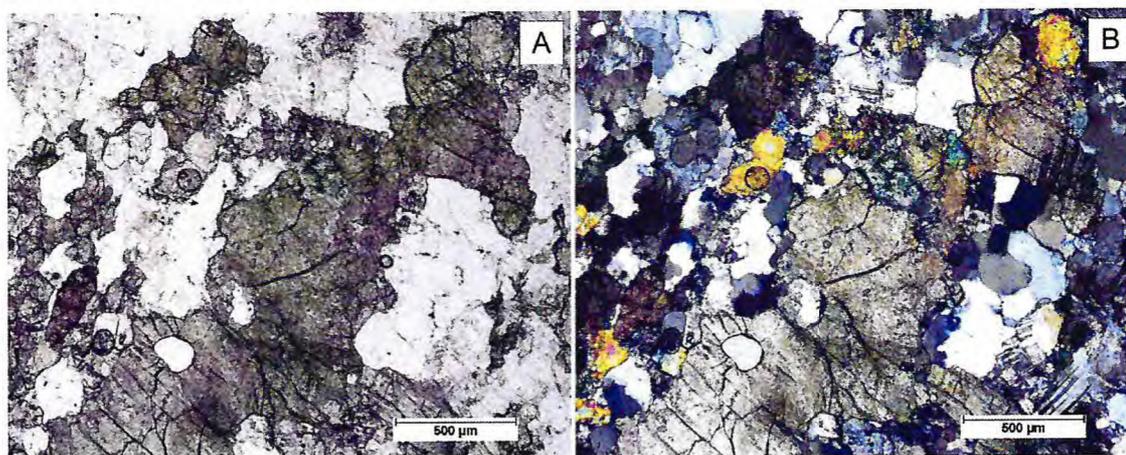
Figura 6.1 – (A) orientação de micas em seção delgada de muscovita-quartzito (B) Intensa extinção ondulante em cristais anédricos de quartzo, formação e recrystalização em grãos de quartzo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A rocha calcissilicática analisada em seção delgada tem em sua associação mineralógica a predominância de diopsídio com epídotos associados, que podem indicar um processo metassomático. O protólito foi alterado por um processo hidrotermal cálcico na zona do fácies anfibolito alto onde, por vezes, os plagioclásios presentes perdem a sua geminação em função das altas temperaturas e, posteriormente, foi retrabalhado em retrometamorfismo, onde o epídoto é produto de seu resfriamento (Figura 6.2).

Figura 6.2 – (A) e (B) Grãos de diopsídio, por vezes associados à epídoto em nicóis paralelos e cruzados.

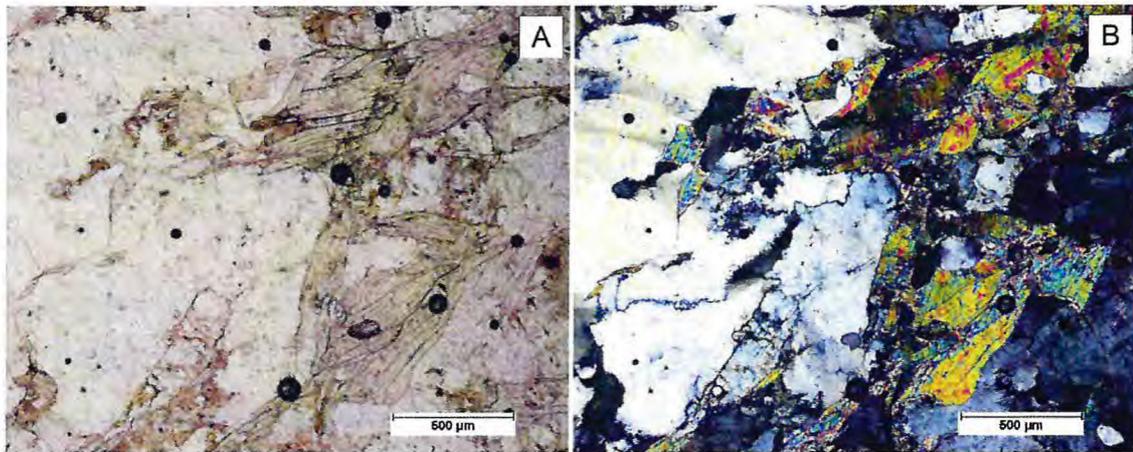


Fonte: Elaborada pelos autores.

Na amostra analisada em lâmina delgada representativa dos biotita-muscovita-xistos da unidade, notou-se uma foliação anastomosada de metamorfismo de médio grau no fácies xisto-verde, evidenciado pelos cristais de actinolita-tremolita presentes, indicando um

pico metamórfico na rocha. Seus cristais de muscovita e quartzo são sin-tectônicos, pois as muscovitas mostram-se acompanhando o crescimento dos cristais de quartzo (Figura 6.4).

Figura 6.3 – Muscovitas anastomosadas com nicóis paralelos (A) e nicóis descruzados (B).

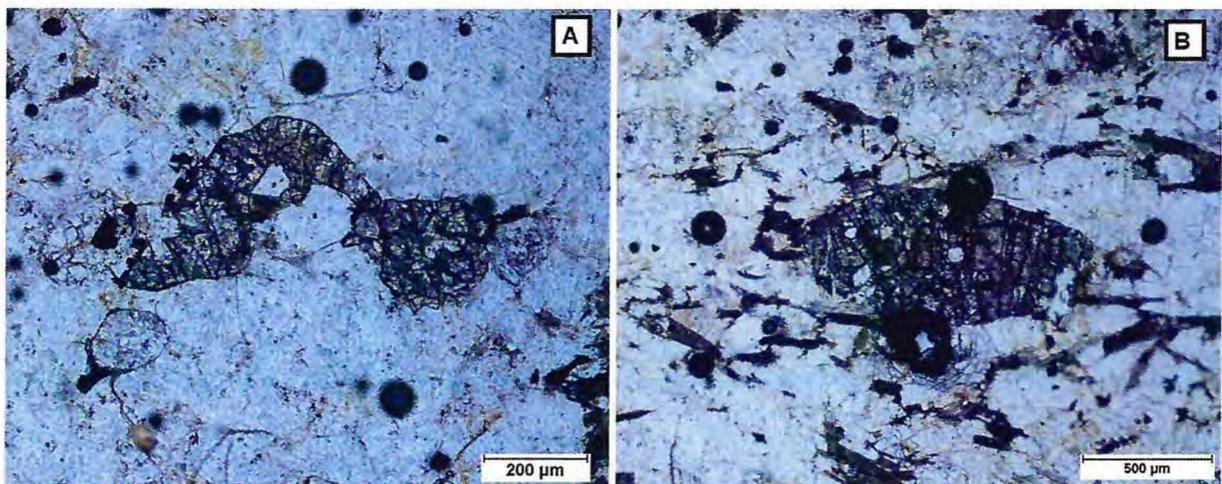


Fonte: Elaborada pelos autores.

6.2 Metamorfismo Mn+1

Este evento metamórfico é caracterizado pela milonitização das rochas e a recristalização de grãos de muscovita. Além do preenchimento de falhas e fraturas por pegmatitos. Uma das feições mais características encontradas do metamorfismo Mn+1 e que indica um pico metamórfico na rocha é o surgimento de grãos de granada (Figura 6.4).

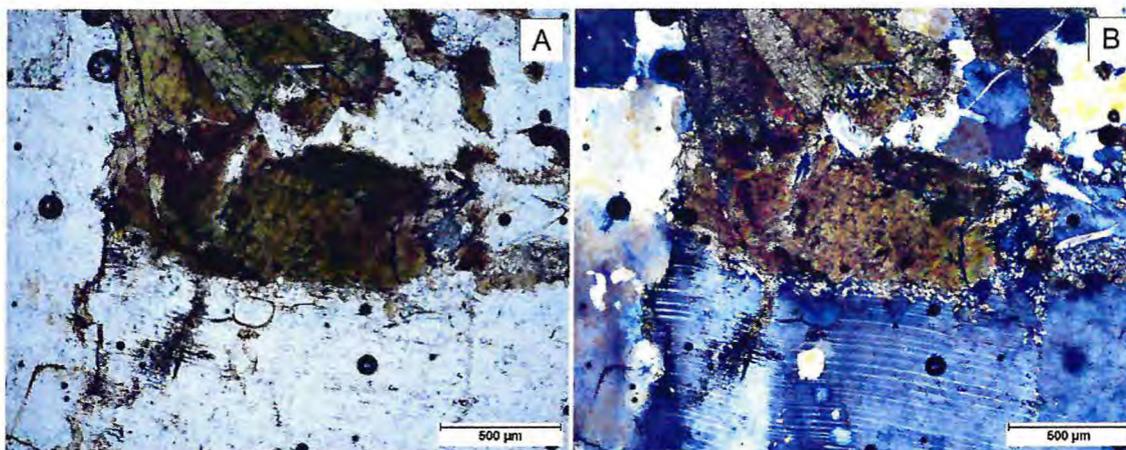
Figura 6.4 – Grãos de granada bastante fraturados em biotita-gnaiss.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os biotita-gnaisses do Complexo Acopiara exibem como mineralogia essencial o quartzo, os K-feldspatos, os plagioclásios, com biotita e muscovita sendo minerais acessórios. Algumas porções apresentam textura mirmequítica (Figura 6.6). Adicionalmente, apresenta sombras de pressão e crenulações em grãos de plagioclásio.

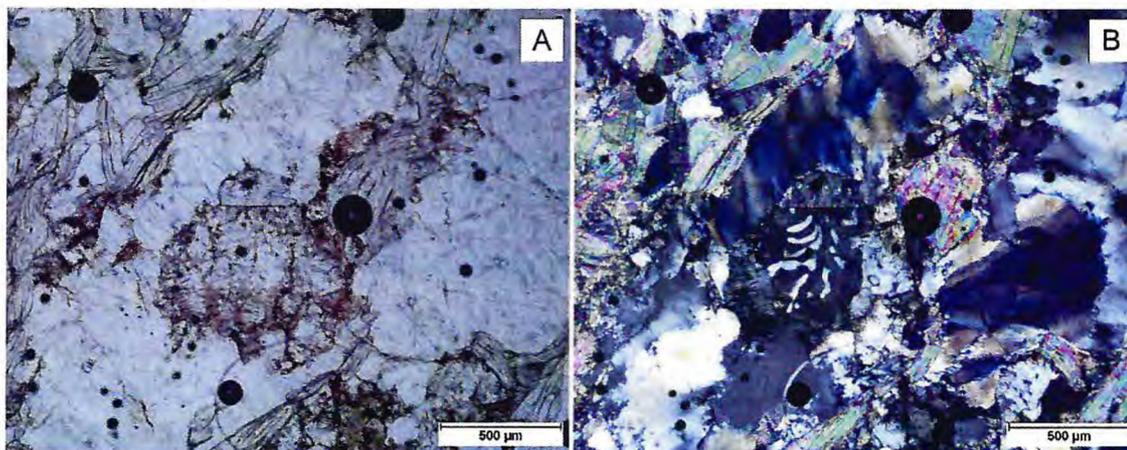
Figura 6.5 – Plagioclásio mostrando crenulação e biotita sin-tectônica associada.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Em algumas porções, o metamorfismo atingiu temperaturas mais elevadas, atingindo uma transição entre fácies anfibolito e fácies granulito com mirmequitas como registro. Bem representativo em hornblenda-biotita-gnaisses. A deformação D_{n+1} , causada pela ativação dos falhamentos transcorrentes deram origem a um metamorfismo no fácies anfibolito médio, onde a mineralogia metamórfica M_{n+1} dos litotipos é marcada pela associação sólida de actinolita-tremolita e hornblenda verde.

Figura 6.6 – Textura mirmequítica em ortognaisse do complexo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

7 DISCUSSÕES

Neste capítulo serão discutidos os critérios utilizados para a compreensão do histórico da evolução geotectônica para a região cartografada. A associação de eventos foi pensada e elaborada com base nas características estruturais e litológicas analisadas durante o período das incursões de campo e de informações previamente disponíveis na literatura.

Além disso, serão discutidas possíveis ações que possam vir a ser executadas em trabalhos futuros na região marcada por intensos cisalhamentos.

7.1 Evolução Geológica

As feições mostradas pela região estudada foram impressas pelo intenso movimento tectônico ocorrido, principalmente, durante dois períodos, ou ciclos, de importantes influências litoestruturais na Província Borborema e, conseqüentemente, no Domínio Ceará Central. O primeiro, Ciclo Transamazônico, desenvolveu-se durante o Paleoproterozóico e caracteriza-se como o mais importante na formação e estruturação da crosta continental da Plataforma Sul-Americana. O segundo evento de maior significância no desenvolvimento e retrabalhamento de estruturas e litotipos foi o Ciclo Brasileiro, que teve sua evolução no Neoproterozóico.

A atuação desses ciclos deformacionais causou falhamentos de grande profundidade por toda a região da área mapeada, causando uma complexidade estrutural e geotectônica na interpretação dos conseqüentes movimentos crustais associados. Como mostrado anteriormente, fica evidenciado que as zonas de cisalhamento presentes na área sofreram deformação em regime dúctil, provavelmente, durante o retrabalhamento e magmatismo associado do evento brasileiro.

Em uma análise mais ampla, a área apresenta sentidos de mergulhos variando no quadrante NW. Segundo (Cavalcante *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 2014), a Zona de Cisalhamento Hebron atua de maneira compressional empurrando o pacote rochoso situado a oeste do cisalhamento em sentidos que variam de SE-SW a E-W e pode ter causado, associada aos demais cisalhamentos regionais, o mergulho evidenciado nas camadas observadas em campo.

Conclui-se que alojamento de corpos graníticos tardi-brasileiros da Suíte Piquet Carneiro caracteriza o fim das deformações na área cartografada. Os mesmos não apresentam nenhuma ou pouca deformação aparente.

Assim, é presumível que as zonas cisalhantes de influência regional de Senador Pompeu e Orós-Jaguaribe tenham sido responsáveis pelo desenvolvimento das zonas de cisalhamento de direção praticamente N-S que estão inseridas no contexto tectônico da área de estudos.

7.2 Sugestões para trabalhos futuros

A região possui certa complexidade em relação as suas estruturas formadas pelo tectonismo bastante ativo. Não é totalmente esclarecido qual a extensão das zonas de cisalhamentos e a que profundidade ocorreu a deformação das rochas nas falhas transcorrentes ou a espessura das faixas milonitizadas por esses cisalhamentos. Ainda, a composição geoquímica das litologias precisa ser esclarecida com maior detalhe e, se possível realizar datação em litotipos característicos de cada unidade para compreender melhor a evolução geológica no local.

Portanto, recomenda-se:

- 1) Mapeamento em maior escala.
- 2) Determinar com maior precisão onde ocorrem zonas de cisalhamento e estabelecer o alcance das faixas miloníticas.
- 3) Analisar o regime de deformação nas falhas presentes na área.
- 4) Uma análise geoquímica para confirmar a natureza paraderivada dos gnaisses migmatíticos da porção do Complexo Acopiara inserida na área.
- 5) Utilizar métodos de datação apropriados para determinar a posição litoestratigráfica precisa das unidades.

8 CONCLUSÕES

Durante os trabalhos de campo foram cartografadas quatro unidades litoestratigráficas com diversos litotipos associados. Entretanto, boa parte dos litotipos analisados enquadram-se como associações de menor expressão dentro do contexto litológico local.

As unidades mapeadas foram as seguintes:

- Unidade Arneiroz do Complexo Ceará de idade paleoproterozóica é composta por quartzitos e micaxistos com rochas calcissilicáticas, muscovita-biotita-gnaisses e migmatitos associados.

- Complexo Acopiara caracterizado por migmatitos com biotita-gnaisses, muscovita-biotita-gnaisses, micaxistos, quartzitos, anfibolitos.

- Complexo Serra do Papagaio definido por ortognaisses biotíticos a anfibolíticos com idade neoproterozóica e muitas vezes milonitizados ou migmatizados e outras associações litológicas como anfibolitos, gabros, gabronoritos, granada-muscovita-xistos e quartzitos.

- Suíte Piquet Carneiro composta por leucogranitóides acinzentados isotrópicos de granulação fina a média com idade neoproterozóica, que variam de granitos a granodioritos pouco deformados e quase sempre sem orientação.

Do ponto de vista estrutural, a região foi submetida por uma intensa tectônica com regime transpressional, onde as unidades foram empurradas e empilhadas em rampas laterais oblíquas e dobradas. A área encontra-se fortemente afetada por diversas zonas de cisalhamento transcorrentes, que causam a milonitização de muitos dos litotipos proximais às zonas cisalhantes.

O metamorfismo atuante na área, através da interpretação das paragêneses minerais, encontra-se na região do fácies anfibolito, chegando a anfibolito alto e com retrometamorfismo no fácies xisto verde.

As unidades litoestratigráficas presentes na área são de difíceis caracterização e individualização. Ainda que em escala de semi-detalhe, não é fácil obter uma individualização precisa dos litotipos associados às unidades, pois ocorrem de maneira indivisa. Sendo assim, sugere-se um mapeamento em escala maior que 1:25.000 para uma maior compreensão e caracterização.

Com base em seu contexto geológico de terrenos proterozóicos composto por paragnaisses e ortognaisses com rochas básicas associadas e truncamentos pegmatóides, corresponde a um cenário pouco propício para mineralizações.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de; HASUI, Yociteru; BRITO NEVES, Benjamim Bley de; FUCK, Reinhardt Adolfo. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Sciences Reviews**, vol. 17, p 1-29, 1981.

AMARAL, Wagner da Silva. **Integração de dados erogeofísicos e geológicos e sua contribuição a evolução geodinâmica do domínio Ceará Central, Província Borborema**. 2007. 114f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

AMARAL, Wagner da Silva. **Análise geoquímica, geocronológica e termobarométrica das rochas de alto grau metamórfico, adjacentes ao arco magmático de Santa Quitéria, NW da Província Borborema**. 2010. 248f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ARAUJO, Carlos Eduardo Ganade de; CORDANI, Umberto Giuseppe; WEINBERG, Roberto Ferrez; BASEI, Miguel Angelo Stipp; ARMSTRONG, R., SATO, K. Tracing Neoproterozoic subduction in the Borborema Province (NE-Brazil): Clues from U-Pb geochronology and Sr-Nd-Hf-O isotopes on granitoids and migmatites. **Lithos**. vol. 202-203, p. 167-189, 2014.

ARAUJO, Carlos Eduardo Ganade de; NALETO, João Luís Carneiro. **Folha SB.24-V-D-V Mombaça**. Fortaleza: CPRM, 2014. mapa, color., 70cm x 98cm. Mapa geológico. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil-PGB.

ARCHANJO, Carlos José; LAUNEAU, Patrick; MACEDO, José Wilson de Paiva. Scattering of magnetic fabrics in the Cambrian alkaline granite of Meruoca (Ceará state, northeastern Brazil). **International Journal of Earth Sciences**, vol. 98, p. 1793-1807, 2009.

ARTHAUD, Michel Henri; VASCONCELOS, A.M; NOGUEIRA NETO, João de Araújo; OLIVEIRA, F.V.C.; PARENTE, Clóvis Vaz; MONIÉ, Patrick; LIÉGEOIS, Jean-Paul; CABY, R.; FETTER, Allen Hutcheson; **Main structural features of Precambrian domais from Ceará (NE Brazil)**. In: DEGEO/UFOP – ITBA, Abstracts of the International Conference on Basement Tectonics, 14th, Ouro Preto, p 84-85, 1998.

ARTHAUD, Michel Henri; **Evolução neoproterozóica do grupo Ceará – domínio central, NE Brasil: da sedimentação à colisão continental brasileira**. 2007. 132f. Tese (Doutorado em Geociências) Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BRITO NEVES, Benjamim Bley de; SANTOS, E.J.; VAN SCHUMUS, W.R. **Tectonic history of the Borborema Province, northeastern Brazil**. In: CORDANI, U.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (Eds.) Tectonic Evolution of South America. Congresso Internacional de Geologia, 31. Rio de Janeiro, p. 151-182, 2000.

BRITO NEVES, Benjamim Bley de; PASSARELI, C.R.; BASEI, A.A.S.; SANTOS, E.J. **U-Pb age of some classic granites of the Borborema Province**. In: IV South American Symposium of Isotope Geology, Salvador, p. 158-159, 2003.

CASTRO, N.A.; BASEI, M.A.S.; SATO, K. **Nd data from Central Ceará Domain: archean relicts, paleoproterozoic record and neoproterozoic crustal reworking.** In: South American Symposium on Isotope Geology, 4. Salvador. Short Papers. Salvador: CBPM/IRD, p. 161-163, 2003.

CASTRO, N.A. **Evolução geológica proterozóica da região entre Madalena e Tapuruaba, domínio tectônico Ceará Central (Província Borborema).** 2004. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAVALCANTE, J.C.; VASCONCELOS, A.M.; MEDEIROS, M.F.; PAIVA, I.P.; GOMES, F.E.M.; CAVALCANTE, S.N.; CAVALCANTE, J.E.; MELO, A.C.U.; DUARTE NETO, V.C.; BENEVIDES, H.C. **Mapa Geológico do Estado do Ceará – Escala 1:500.000.** Fortaleza, Ministério das Minas e Energia, CPRM, 2003.

FERREIRA, V.P.; SIAL, A.N.; JARDIM DE SÁ, E.F.; **Geochemical and isotopic signatures of Proterozoic granitoids in terranes of the Borborema structural province, northeastern Brazil.** Journal of South America Earth Science, vol. 11 (5), p. 419-455, 1995.

FETTER, A.H. **U-Pb and Sm-Nd Geochronological constraints on the crustal framework and geological history of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of Gondwana.** 1999. 164 p. Tese (Ph.D.) – Departamento de Geologia, Universidade do Kansas, Lawrence, KS – USA, 1999.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico do Município: Acopiara.** Secretaria do Planejamento e Gestão. Fortaleza, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico do Município: Mombaça.** Secretaria do Planejamento e Gestão. Fortaleza, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico do Município: Piquet Carneiro.** Secretaria do Planejamento e Gestão. Fortaleza, 2016.

JARDIM DE SÁ, E.F. **A faixa Seridó (Província Borborema) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Pan-Africana.** (1994). 803f. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

MARTINS, G. **Litogeoquímica e controles geocronológicos da Suíte Metamórfica Algodões Choró.** 2000. 218 p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas, 2000.

MEDEIROS, Marcelo de Freitas; CAVALCANTE, José Carvalho; SOUZA, Ebenézer Moreno de. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. **Folha Catarina SB.24-Y-B-II.** Estado do Ceará. Escala 1:100.000. DNPM/CPRM, Brasília, 200 p. il., 2 mapas, 1993.

NALETO, J.L.C. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia estrutural do Complexo Cruzeta na Folha Mombaça SB.24-V-D-V – Ceará,** 2009.

NOGUEIRA, J.F. **Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu – Ceará Central.** Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

OLIVEIRA, José Farias de; CAVALCANTE, José Carvalho. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: **Folha Mombaça SC.24-V-D-V**. Estado do Ceará. Escala 1:100.000. DNPM/CPRM, Brasília. 240 p. il., 2 mapas, 1993.

PARENTE, Clovis Vaz; ALMEIDA, Afonso Rodrigues de; ARTHAUD, Michel Henri; **Geologia da Folha Itatira SB.24-V-B-V**. Fortaleza: CPRM, 2008. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil-PGB.

SANTOS, T.J.S.; SANTOS, A.A.; DANTAS, E.L.; FUCK, R.A.; PARENTE, C.V. **Nd isotopes and the provenance of metasediments of the Itataia Group, Northwest Borborema Province, NE Brazil**. In: IV South American Symposium on Isotope Geology, 4. Salvador. Short Papers. p. 286-289, 2003.

SANTOS, T.J.S.; FETTER, A.H.; HACKSPACHER, P.C.; VAN SCHMUS, W.R.; NOGUEIRA NETO, J.A. **Neoproterozoic tectonic and magmatic episodes in the NW sector of Borborema Province, NE Brazil, during assembly of western Gondwana**. Journal of South American Earth Sciences, vol. 25, p. 271-284, 2008.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. A evolução da Plataforma Sul-Americana no Brasil e suas principais concentrações minerais. In: **Geologia do Brasil**. Ministério das Minas e Energia/Departamento Nacional da Produção Mineral, Brasília, p. 9-53, 1984.

SILVA, L.C.; ARMSTRONG, R.; PIMENTEL, M.M.; SCANDAROLA, J.; RAMGRAB, G.; WILDNER, W.; ANGELIM, L.A.A.; VASCONCELOS, A.M.; RIZZOTO, G.; QUADROS, M.L.E.S.; SANDER, A.; ROSA, A.L.Z. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP. Parte III: Província Borborema, Mantiqueira Meridional e Rio Negro-Jurena. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 32, p. 529-544, 2002.

TEIXEIRA, M.L.A. **Integração de dados aerogeofísicos, geológicos e isotópicos do limite norte do Complexo Tamboril-Santa Quitéria-CE, Província Borborema**. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado, p.86, 2005.

TORRES, P.F.M. **Aspectos geológicos e geocronológicos da região de Redenção (CE) e adjacências – contexto regional e evolutivo: Sequência Acarape e Suíte Pacatuba**. Dissertação de Mestrado. Departamento de geologia da UFC, p.188, 2004.

TROMPETTE, R. **Geology of western Gondwana, Pan-African/Brasiliano aggregation of South America and Africa**. A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, p.350, 1994.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2013.

VAUCHEZ, A.; NEVES, S.; CABY, R.; CORSINI, M.; SILVA, M.E.; ARTHAUD, M.H.; AMARO, V. The Borborema shear zone system, NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, p. 246-266, 1995.

APÊNDICE A – FICHAS DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Ficha de descrição petrográfica 1	
Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017	
Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: Px	Ponto: 58
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 437708 UTM N: 9332815
Altitude: 382 m	
Folha: Catarina SB.24-Y-B-II	Unidade Estratigráfica: Unidade Arneiroz
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha foliada de coloração acinzentada com tons esverdeados composta de bastante muscovita, quartzo, biotita, plagioclásio e K-feldspato. Apresenta um certa xistosidade.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Muscovita (40%), Quartzo (45%)	
Minerais acessórios: Plagioclásio(5%), K-Feldspato, (5%)Biotita (3%), Opacos (1%), Actinolita-tremolita (1%)	
Minerais e processos de alteração: Biotita alterando para muscovita	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina mostra uma foliação anastomosada e textura granolepidoblástica. Rocha foi formada no fácies xisto-verde. Apresenta restos de actinolita-tremolita indicando um pico metamórfico.</p> <p>Lamelas de muscovita deformadas e em grande quantidade. Seus grãos apresentam clivagem bastante evidente. Possui extinção paralela à clivagem. É incolor e possui cor de interferência variando de rósea a verde de terceira ordem, possui relevo médio e sinal de alongação positivo.</p> <p>Quartzo também está bastante presente, apresentando sua característica extinção ondulante, é incolor, tem relevo baixo e inclusões. Sua cor de interferência vai de cinza a amarelo de primeira ordem. Encontra-se bastante alterado. Por vezes, apresenta inclusões de muscovita.</p> <p>Feldspato potássico em boa quantidade. Aparece, geralmente em grandes cristais</p>	

anedrais incolores e com cores de interferência variando em tons de cinza.

Plagioclásio em quantidade razoável de formas anedrais e baixo relevo. Por vezes, apresentam inclusões de biotita acicular. Incolor, com de interferência cinza. Extinção ocorre oblíqua, em média a 32° , ao maior eixo do grão e das maclas polissintéticas.

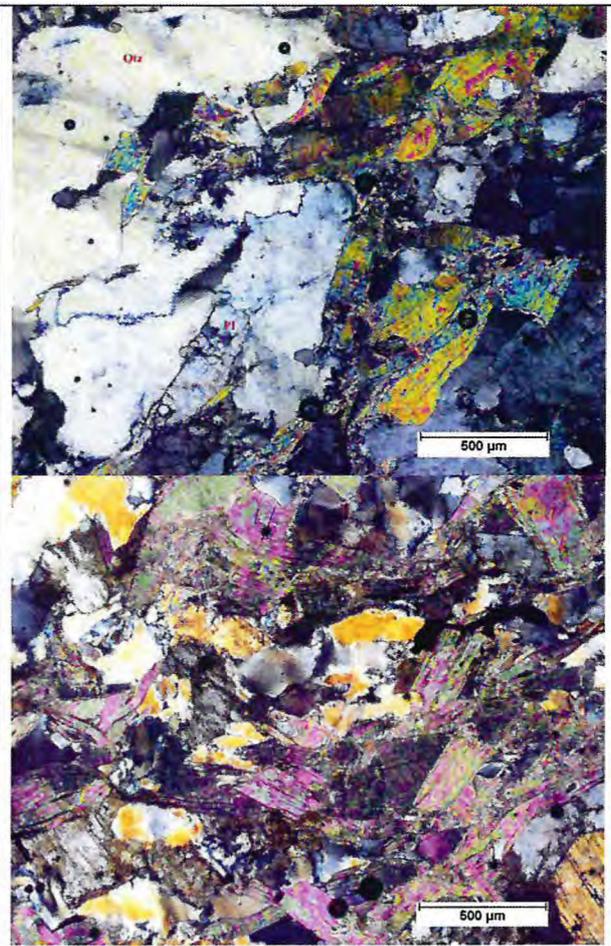
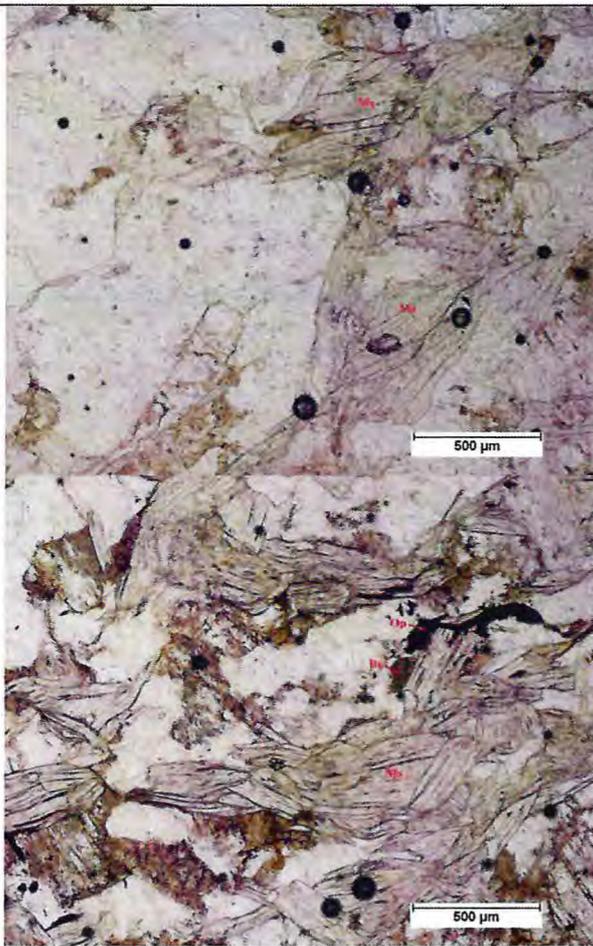
Biotitas raras ocorrendo apenas como intrusões em plagioclásios e K-feldspatos ou associada à muscovita. Biotita alterando para muscovita.

Opacos são presentes em pouca quantidade. São grãos anédricos, por vezes, apresentam-se em forma de agulhas. São tardi-tectônicos. Estão associados à muscovita. Acompanham a foliação.

Classe: Metamórfica

Nome da rocha: Biotita-muscovita-xisto

Fotomicrografias



Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

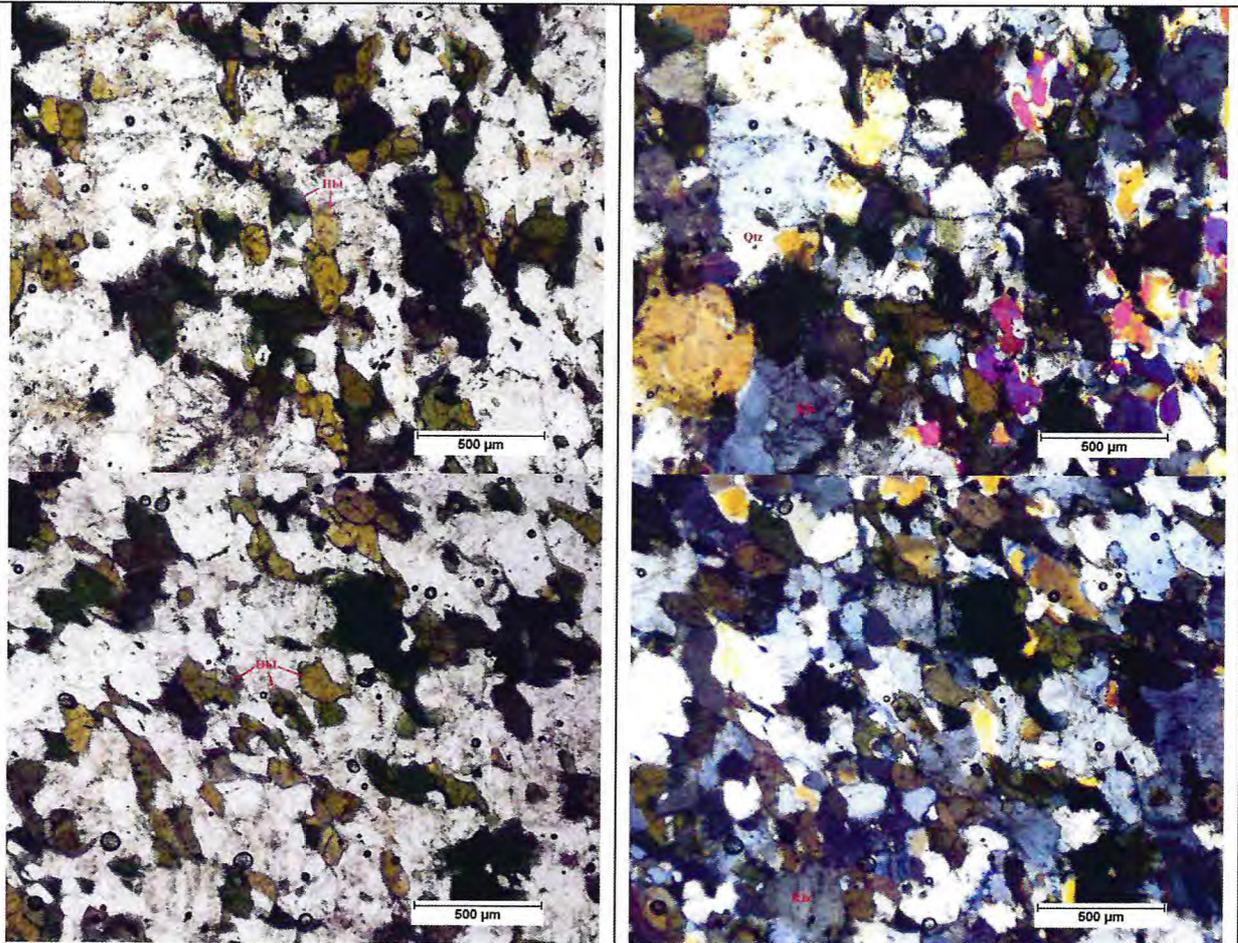
Ficha de descrição petrográfica 2 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: P76	Ponto: 76
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 438753 UTM N: 9340164
Altitude: 349 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Complexo Serra do Papagaio
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha de coloração escura foliada composta de bastante anfibólio, biotita e plagioclásio.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Anfibólios (30%), K-Feldspato (30%), Plagioclásio (10%), Quartzo (10%), Biotita (8%)	
Minerais acessórios: Opacos (7%), Epídoto (3%), Clorita (2%)	
Minerais e processos de alteração: cloritização, epidotização	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina mostra uma foliação anastomosada e textura granonematoblástica com orientação de anfibólios. Rocha foi formada no fácies xisto-verde. Apresenta restos de actinolita-tremolita indicando um pico metamórfico. É composta por anfibólios (hornblendas verdes e hornblendas marrons), biotita, opacos, plagioclásio, clorita, epídoto, quartzo.</p> <p>Anfibólios ocorrem em grãos pequenos com formas anédricas, orientados. Sua cor varia de marrom a verde</p> <p>Quartzo moderadamente presente em grãos anédricos, incolores, de relevo baixo e extinção ondulante característica. Cor de interferência vai de cinza a amarelo. São observadas pequenas inclusões.</p> <p>Plagioclásio em quantidade bastante elevada, incolor, de relevo baixo, cor de interferência varia em tons de cinza. Extinção ocorre oblíqua às maclas polissintéticas em baixo ângulo.</p>	

Opacos aparecem em quantidade razoável em parte da lâmina, com grãos variando de forma subeuédrica a anédrica.

Classe: Metamórfica

Nome da rocha: Anfibolito

Fotomicrografias



Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

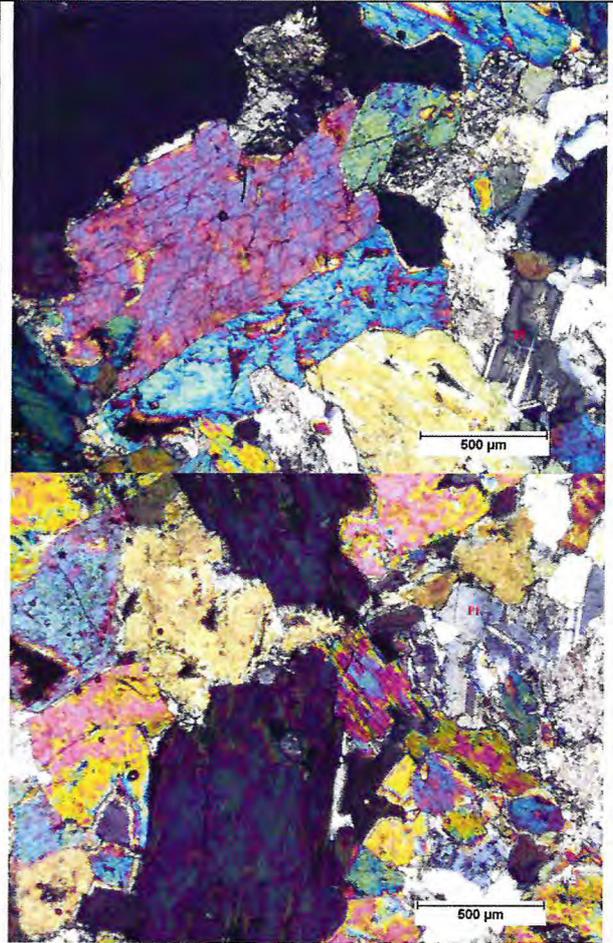
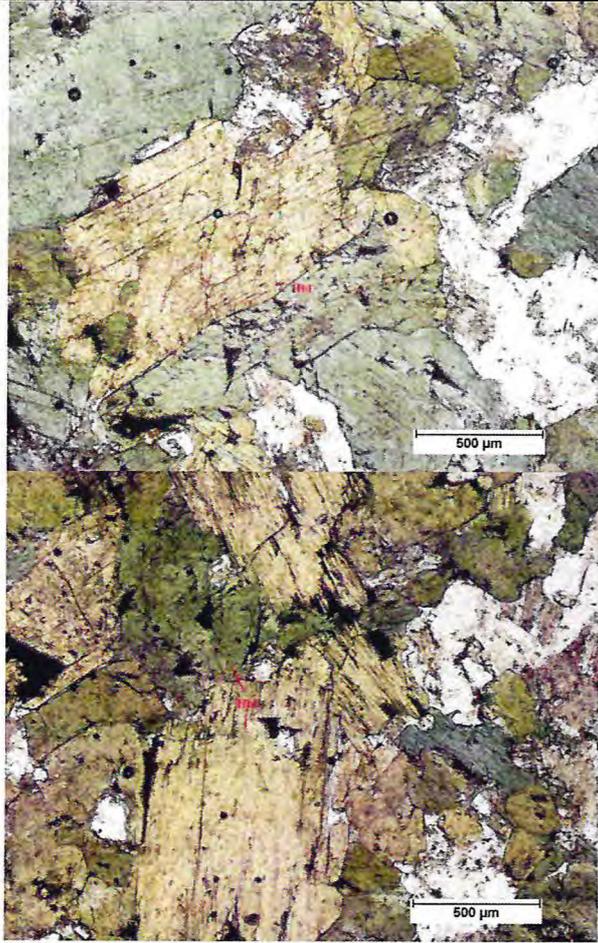
Ficha de descrição petrográfica 3 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 101	Ponto: 101
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 437777 UTM N: 9338262
Altitude: 463 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Complexo Serra do Papagaio
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha escura composta de bastante anfibólios e/ou biotita e plagioclásio.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Hornblenda verde (50%), Plagioclásio (20%),	
Minerais acessórios: Calcita (5%), Quartzo (5%), Clinopiroxênio (5%), Actinolita-tremolita (5%), Titanita (5%), Calcita (5%)	
Minerais e processos de alteração: saussuritização em plagioclásio.	
Descrição microscópica	
<p>Rocha de estrutura maciça, granulometria grossa e minerais sem qualquer orientação. Em geral, sua textura é nematoblástica.</p> <p>A seção delgada apresenta bastante hornblenda verde e algum plagioclásio, actinolita-tremolita, com maior quantidade de tremolita, clinopiroxênio, calcita, titanita, apatita.</p> <p>Hornblenda verde apresenta um pleocroísmo forte e possui grãos de tamanhos variados, geralmente grandes, com formas subédricas a anédricas. Tem relevo médio e cor variando de verde a amarela. A clivagem é nítida em pelo menos uma direção. As cores de interferência são cores fortes de segunda a terceira ordem (verdes, azuis, amarelos).</p> <p>Plagioclásio ocorre entre os cristais de hornblenda, com suas características bem conhecidas como as maclas polissintéticas e cor de interferência variando em tons de cinza. Por vezes apresenta-se com alterações de saussuritização, formando calcita em uma massa</p>	

rosada. Por vezes, encontra-se com inclusões de horblenda.

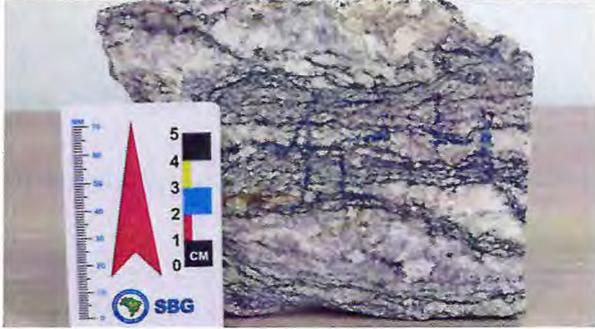
Classe: Ígnea

Nome da rocha: Gabronorito

Fotomicrografias



Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 4 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 124	Ponto: 124
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 431182 UTM N: 9338087
Altitude: 528 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Complexo Acopiara
Características macroscópicas da amostra	
<p>Gnaisse migmatítico com bandas félsicas compostas de quartzo e plagioclásio e as porções máficas formadas por biotitas. Apresenta pouca muscovita. Possui indicadores cinemáticos.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Quartzo (30%), K-Feldspato (30%), Biotita (20%), Plagioclásio (15%)	
Minerais acessórios: Muscovita (5%)	
Minerais e processos de alteração: mirmequitização em K-feldspato	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina apresenta uma textura granolepidoblástica. Composta por biotita, plagioclásio, K-feldspato, quartzo, actinolita-tremolita e mirmequita. A maior parte dos minerais são produtos de recristalização.</p> <p>Biotitas ocorrem em formas alongadas, lamelares, com alguma orientação aparente. Por vezes indica movimento, sendo sin-tectônica. Sua cor varia de amarelada a marrom. Tem extinção paralela à clivagem e mosqueada. Por vezes, algumas biotitas estão recristalizadas em muscovitas. Ocorre em bandas finas e anastomosadas. Raramente, forma <i>mica-fish</i>.</p> <p>K-Feldspato ocorre como grãos de tamanhos variados, geralmente grandes, anédricos e, por vezes, pertitizados. A presença de algumas mirmequitas indica uma zona de fusão. Por vezes possui inclusões de e/ou biotita. Raramente apresenta zonação.</p> <p>Plagioclásio ocorre em grãos de tamanhos variados, geralmente, grandes. Sua cor é incolor e possui suas típicas maclas. Sua cor de interferência tem tons de cinza. Em um dos</p>	

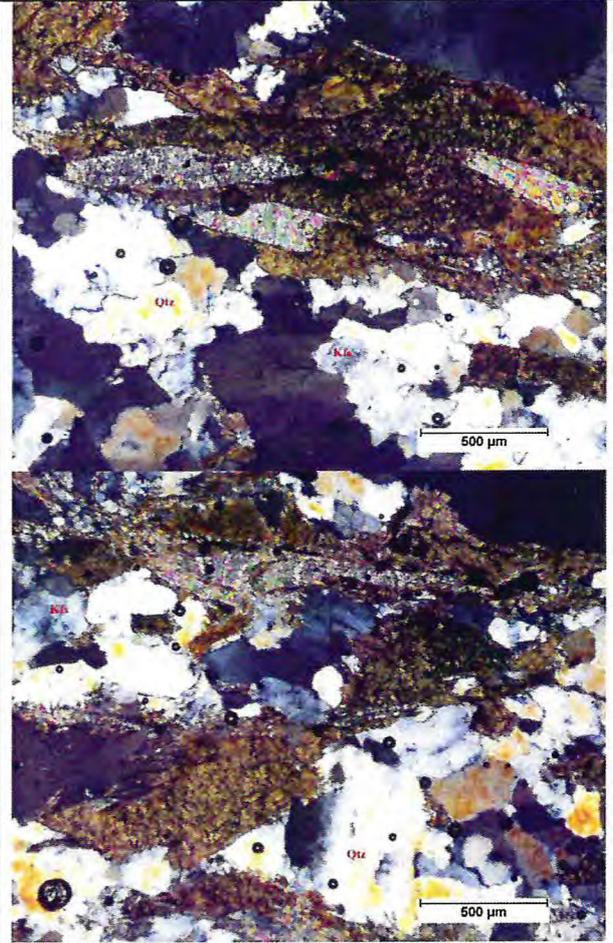
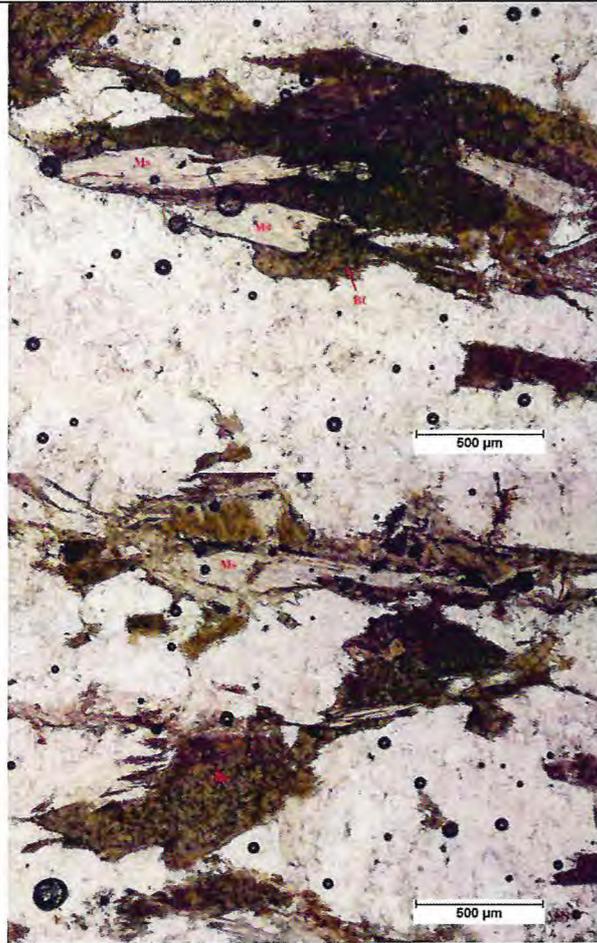
grãos apresenta uma aparente ondulação localizada causada pela tectônica.

Muscovita ocorre a partir da recristalização dos grãos de biotita, estão quase sempre associados. Poucas são as vezes que ocorre inclusa em K-Feldspatos e Plagioclásios.

Classe: Metamórfica

Nome da rocha: Biotita-Gnaiss Migmatítico

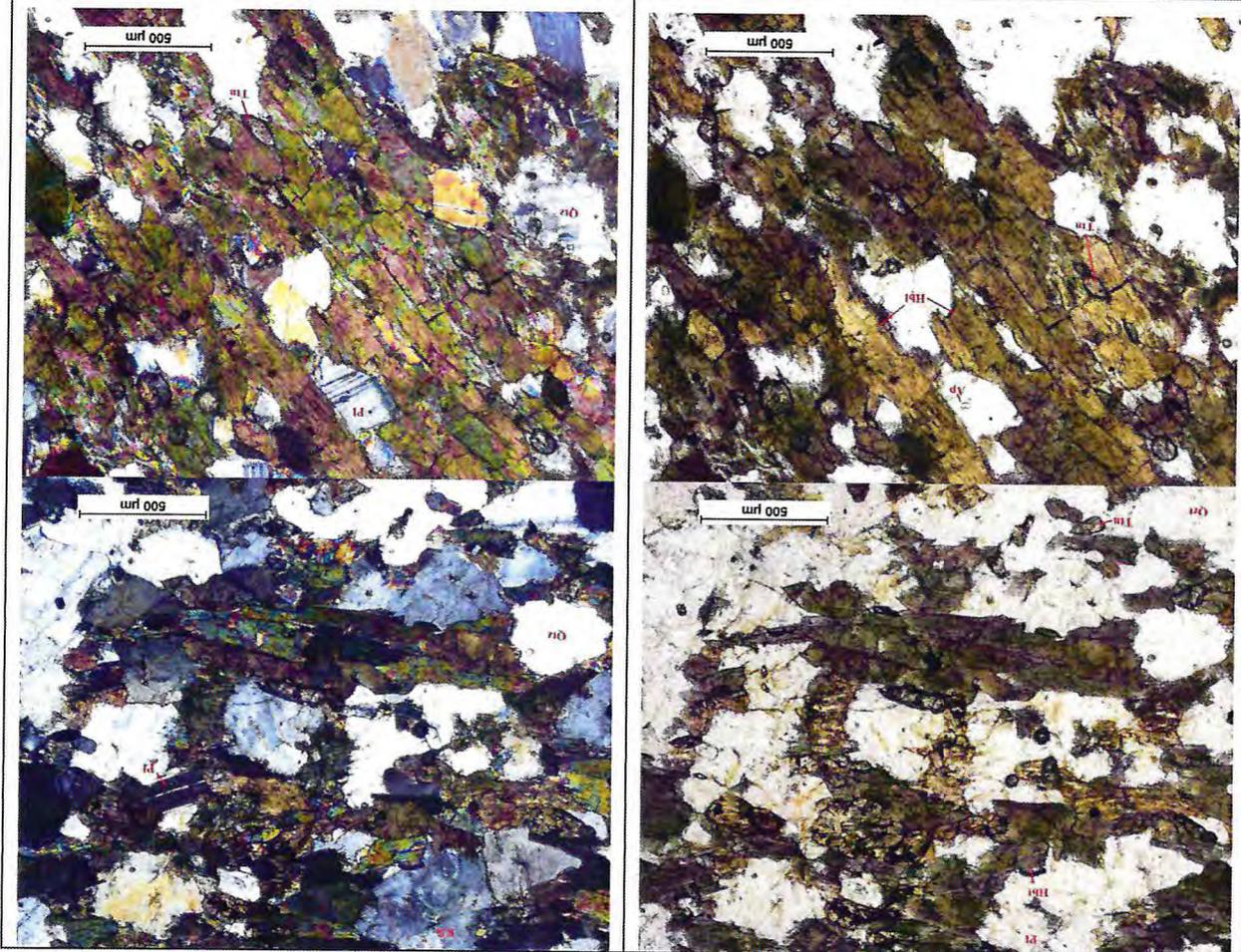
Fotomicrografias

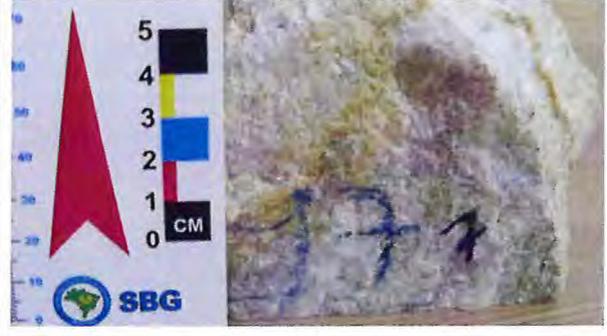


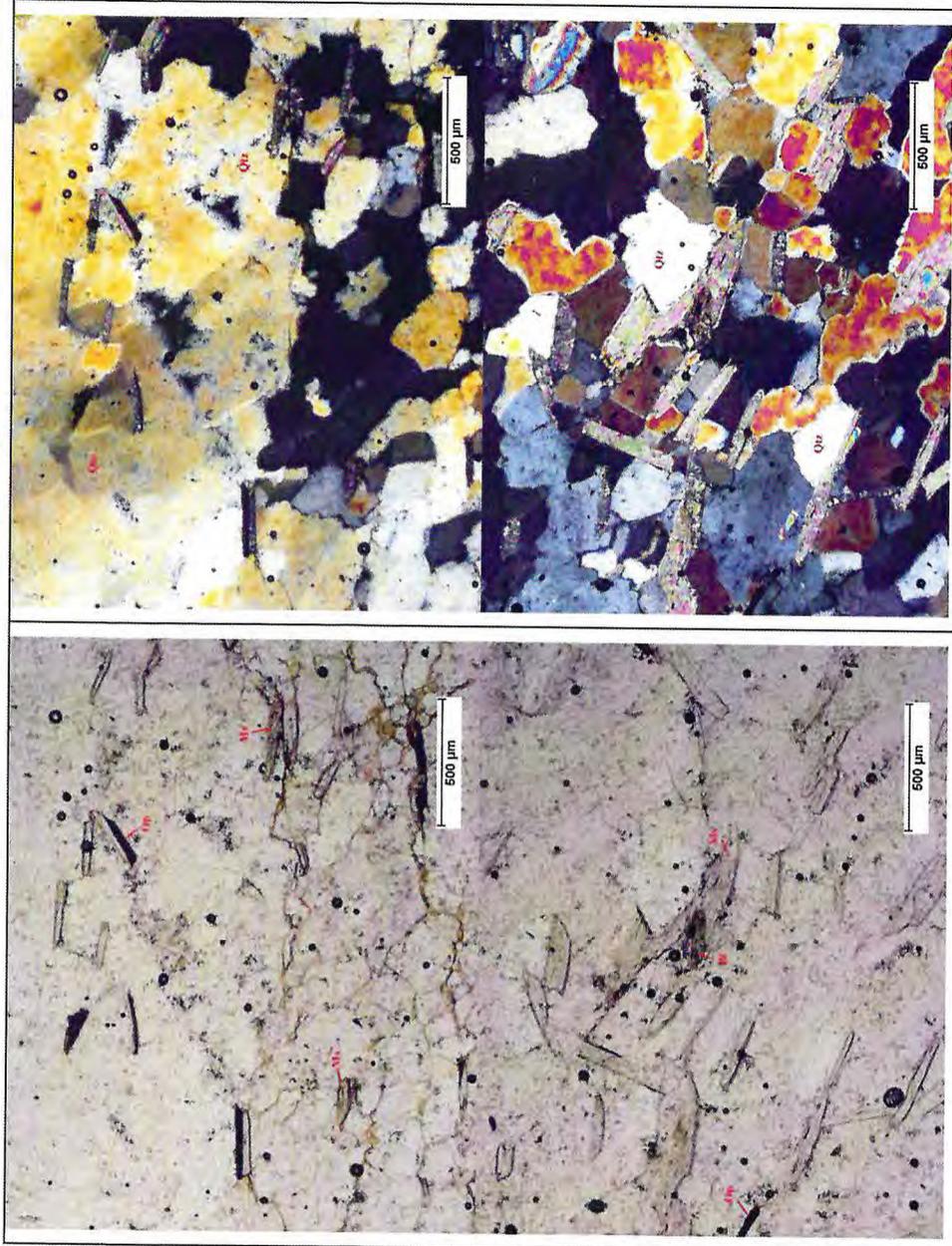
Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 5 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 99	Ponto: 99
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 438122 UTM N: 9338794
Altitude: 362 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Complexo Serra do Papagaio
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha com bandas finas e minerais bem orientados. Composta por anfibólios e plagioclásios, basicamente.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Anfibólios (50%), Plagioclásio (20%), K-feldspato (20%), Quartzo (5%)	
Minerais acessórios: Titanita (3%), Opacos (1%), Outros (1%)	
Minerais e processos de alteração:	
Descrição microscópica	
<p>Rocha foliada, marcada pela orientação dos cristais de anfibólios. Apresenta uma granulação média e textura nematogranoblástica. Possui mais anfibólios do que outros minerais. Todos recristalizados (perdendo a clivagem). Os grãos possuem textura grossa e aparentam recristalização. Provavelmente, a rocha atingiu o fácies anfibolito. Seu protólito poderia se um gabro que metamorfozou em anfibolito. Sua mineralogia é composta por hornblenda, plagioclásio, actinolita-tremolita, quartzo, opacos, titanita e apatita.</p> <p>Os anfibólios ocorrem como grãos bem grandes orientados com formas que variam de subédricos a euédricos. Raramente, apresenta uma forma sigmoidal.</p> <p>Plagioclásios e K-feldspatos ocorrem em cristais de tamanho médio e também apresentam alguma orientação.</p>	
Classe: Metamórfica	Nome da rocha: Anfibolito
Fotomicrografias	

Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x



Ficha de descrição petrográfica 6	
Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017	
Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 97	Ponto: 97
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 439222 UTM N: 9338710
Altitude: 361 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Unidade Arneiroz
Características macroscópicas da amostra	
<p>Quartzito com muita muscovita e alguma biotita.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Quartzo (87%)	
Minerais acessórios: Muscovita (9%), Biotita (3%), Opaco (1%)	
Minerais e processos de alteração:	
Descrição microscópica	
<p>Trata-se de um quartzito com agulhas de biotita e muscovita orientadas. A lâmina mostra uma extinção ondulante característica aos cristais de quartzo. Possui textura granoblástica.</p> <p>Os grãos de quartzo possuem formas anédricas e tamanhos variados, porém, raramente são grandes. Sua extinção ondulante característica deste mineral faz-se notar facilmente. Sua cor é incolor e possui cores de interferência que variam de cinza a amarela.</p> <p>Muscovitas ocorrem em lamelas finas, aciculares, e estão orientadas. São incolores e possuem cores de interferência típicas para as muscovitas, são cores fortes de terceira a quarta ordem.</p> <p>Biotitas aparecem pouco e também ocorrem em lamelas aciculares orientadas. Sua cor é marrom. Extinção paralela à clivagem.</p>	
Classe: Metamórfica	Nome da rocha: Mica-Quartzito
Fotomicrografias	



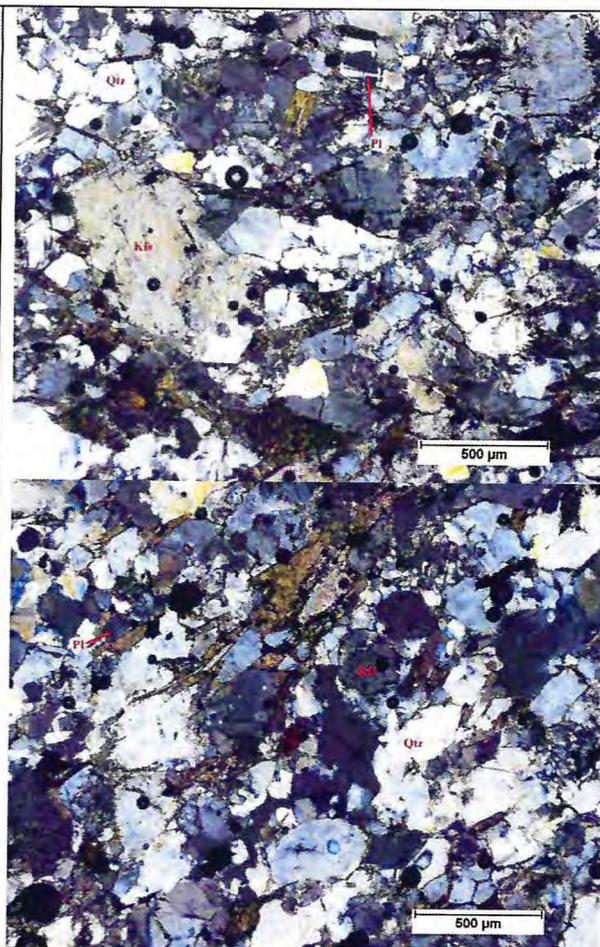
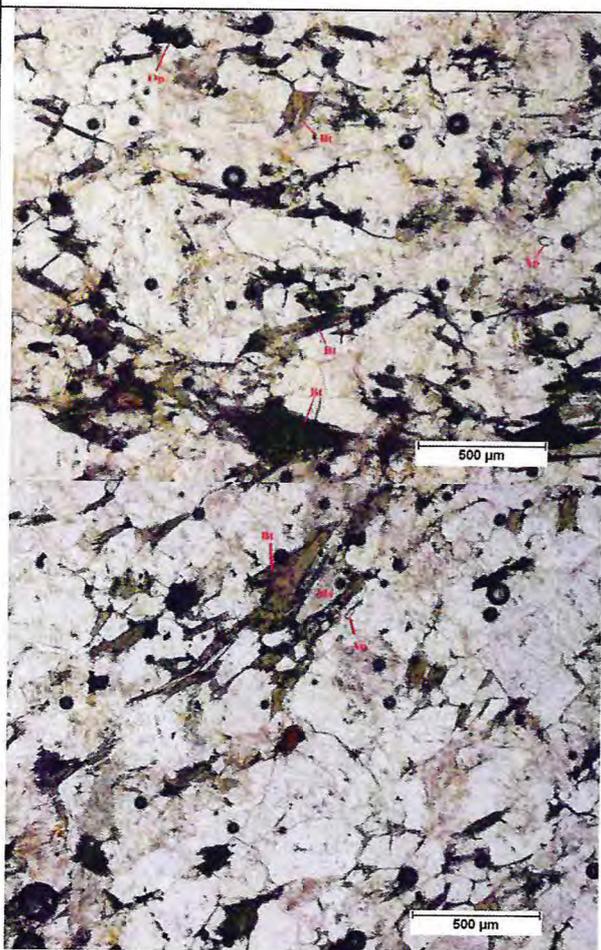
Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 7 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 87	Ponto: 87
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 438163 UTM N: 9339139
Altitude: 351 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Complexo Serra do Papagaio
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha bandada com porções félsicas mais finas e compostas de quartzo e plagioclásio, enquanto as porções máficas são formadas por biotita.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
<p>Minerais essenciais: K-feldspato (35%), Plagioclásio (25%), Biotita (15%), Quartzo (10%), Anfibólio (5%)</p> <p>Minerais acessórios: Opacos (4%), Muscovita (2%), Microclínio (1%), Granada (1%), Apatita (1%), Allanita (1%)</p> <p>Minerais e processos de alteração: Biotita alterando para muscovita, saussuritização de plagioclásios</p>	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina apresenta uma textura granolepidoblástica. Atingiu o fácies anfibolito. Rocha composta por quartzo, biotita, K-feldspato, plagioclásio, microclínios, opacos, granada, muscovita, apatita e allanita.</p> <p>Biotitas lamelares, anédricas e orientadas, com extinção paralela a clivagem. Por vezes altera em muscovita. Presença de lamelas esqueléticas de biotita. Inclusões de K-feldspato em biotita.</p> <p>K-feldspato apresenta-se em cristais anédricos grandes e quase sempre com inclusões de biotita.</p> <p>Granada com forma eudral, bastante fraturada e extinção permanente. A granada vem do plagioclásio, que ocorre em cristais grandes.</p>	

Classe: Metamórfica

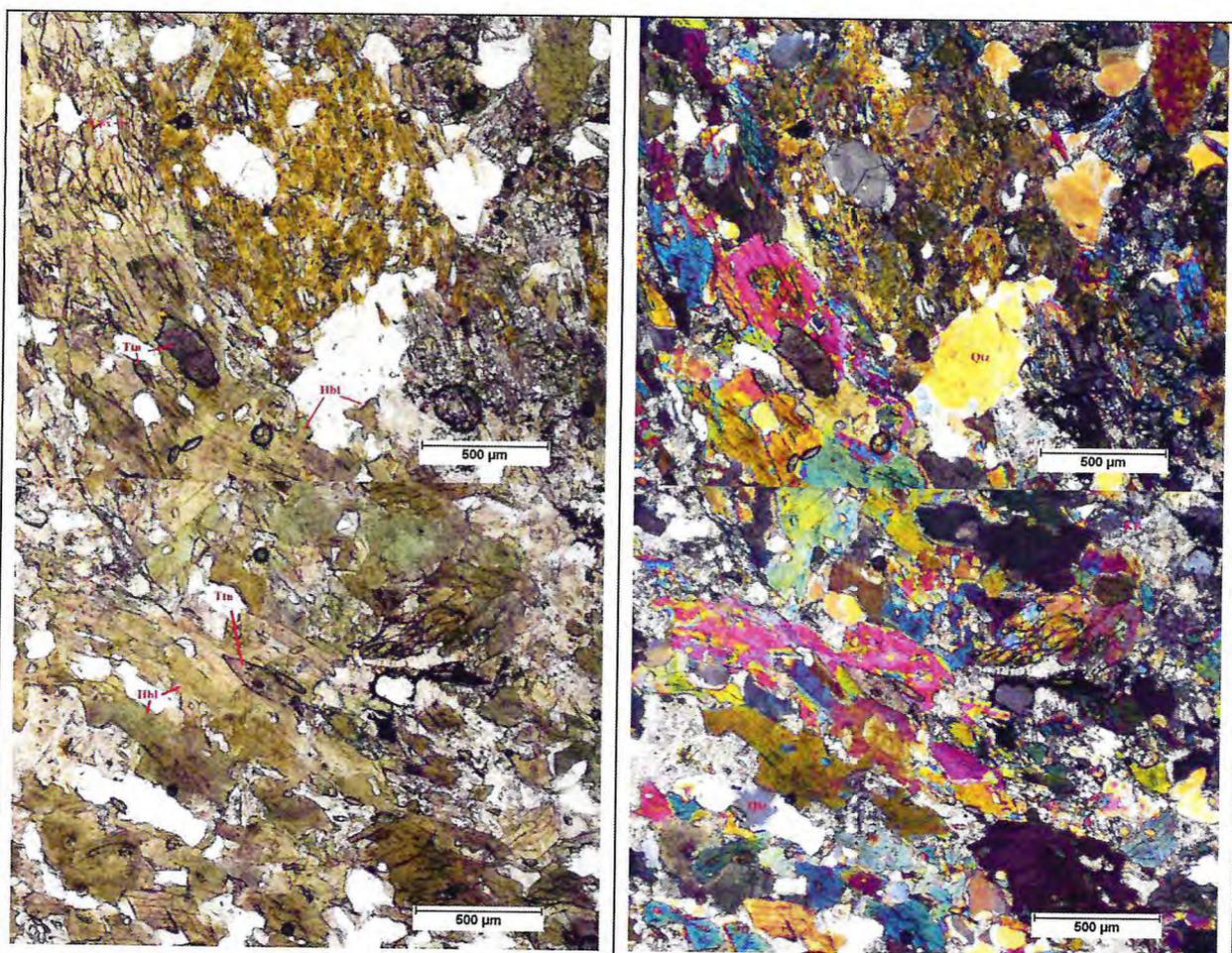
Nome da rocha: Biotita-gnaisse

Fotomicrografias



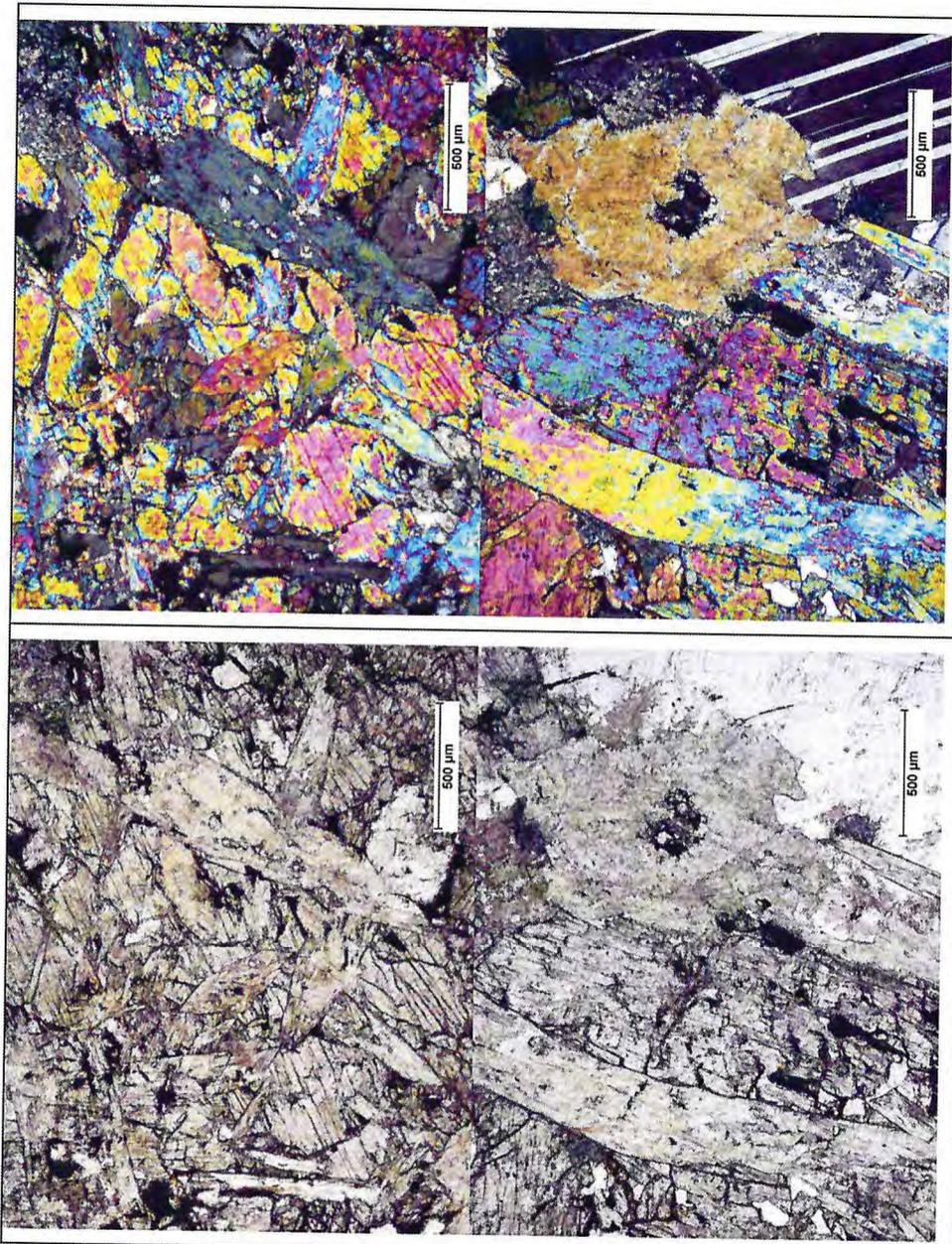
Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 8 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 21	Ponto: 21
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 438961 UTM N: 9340704
Altitude: 327 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Complexo Serra do Papagaio
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha escura, composta por anfibólio em grande parte e bandas finas de plagioclásio. Provavelmente, um anfibolito.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Hornblenda (50%), K-Feldspato (20%), Quartzo (15%)	
Minerais acessórios: Biotita (5%), Titanita (5%), Talco (3%), Plagioclásio (2%)	
Minerais e processos de alteração: alteração de olivina para iddingsita	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina apresenta uma textura nematoblástica grossa. Formada no fácies anfibolito. Orientação bastante evidente dos minerais. Composta por hornblendas, plagioclásio, k-feldspato, quartzo, biotita, titanita e talco.</p> <p>Hornblendas apresentam-se em grãos anédricos grandes e compõem grande parte da seção delgada. A clivagem nem sempre é nítida, mas ocorre em uma direção. Sua coloração varia de marrom a verde e tem cores de interferência bem fortes.</p> <p>Talco surge como fruto do metassomatismo de clinopiroxênios.</p> <p>Biotita ocorre em forma anédricas lamelares e, por vezes, em formas aciculares.</p>	
Classe: Metamórfica	Nome da rocha: Anfibolito
Fotomicrografias	



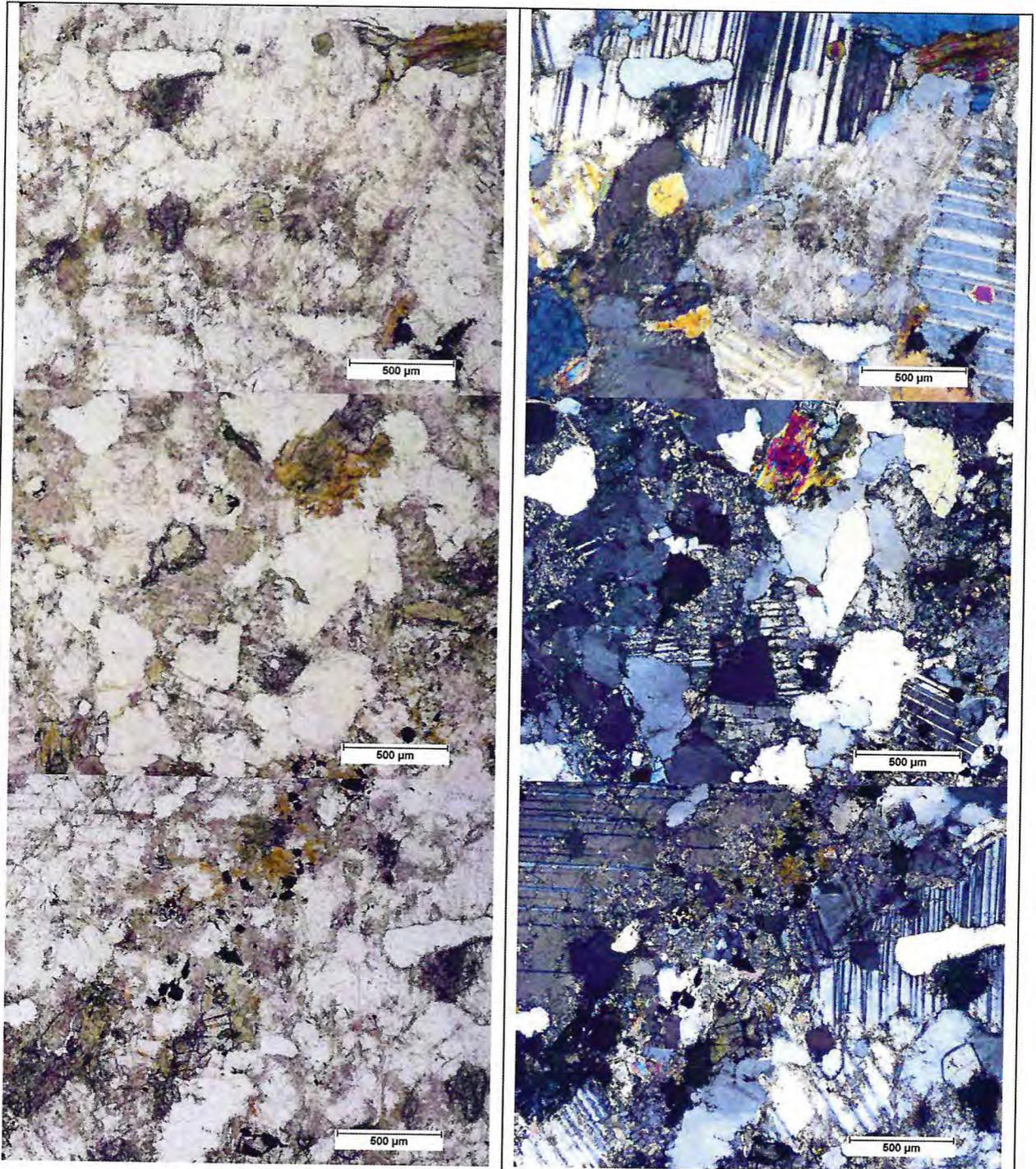
Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 9 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 96	Ponto: 96
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 439278 UTM N: 9340424
Altitude: 327 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Complexo Serra do Papagaio
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha bastante alterada. Parece ter sofrido algum tipo de metassomatismo. Provavelmente, trata-se de um gabro.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Plagioclásio (40%), Diopsídio (35%), Piroxênios (17%)	
Minerais acessórios: Actinolita-tremolita (5%), Opacos (3%)	
Minerais e processos de alteração: Alterações metassomáticas, formando diopsídio	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina apresenta uma textura granoblástica grossa. Sua composição é de plagioclásio, diopsídio, piroxênios, anfibólios (actinolita-tremolita) e opacos.</p> <p>Destaca-se na lâmina os enormes cristais de plagioclásio, muito bem formados e com suas maclas bastante desenvolvidas. Pela grande quantidade de plagioclásio e seu nível de desenvolvimento, descartou-se a possibilidade da rocha ser calcissilicática. Os plagioclásios ocorrem em volta dos piroxênios.</p> <p>Diopsídios também ocorrem em cristais subédricos grandes, fraturados de coloração bege e cores de interferência fortes.</p> <p>Opacos ocorrendo em fraturas.</p>	
Classe: Metamórfica	Nome da rocha: Gabro metassomatizado
Fotomicrografias	



Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 10 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 26	Ponto: 26
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 431577 UTM N: 9336346
Altitude: 512 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Suíte Piquet Carneiro
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha aparentemente com bandamento fino. Porção máfica de biotitas e leucossomas de plagioclásio.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Plagioclásio (65%), Quartzo (25%)	
Minerais acessórios: Biotita (3%), Titanita (2%), Anfibólios (2%), Opacos (2%), Piroxênios (1%)	
Minerais e processos de alteração: Saussuritização em plagioclásios	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina apresenta uma textura granonematoblástica. Apresenta intercrescimento de cristais. Composta por anfibólios (actinolita-tremolita), plagioclásio, quartzo, clinopiroxênio, titanita, opacos.</p> <p>Plagioclásios grandes, alterados e com maclas bem desenvolvidas. São incolores a nicóis descruzados com cores de interferências em tons de cinza. Mineral mais presente na lâmina.</p> <p>Quartzo também em grãos maiores e anédricos com extinção ondulante e, por vezes biotitas encontram-se inclusas em seus cristais.</p> <p>Titanita com cores em tons de marrom, ocorrendo com opacos associados. Possui forma losangular, mas pode apresentar-se com forma anédrica.</p>	
Classe: Metamórfica	Nome da rocha: Granodiorito
Fotomicrografias	



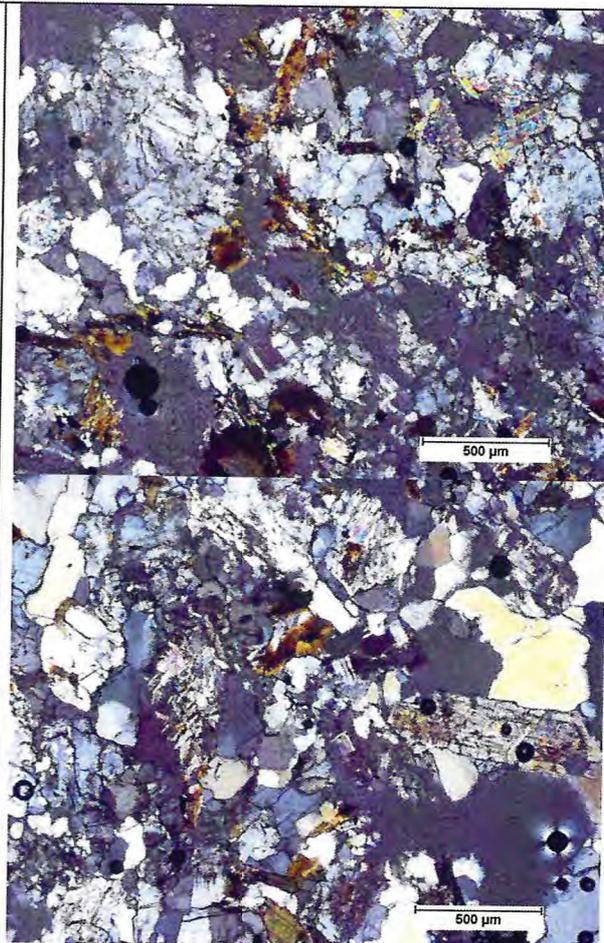
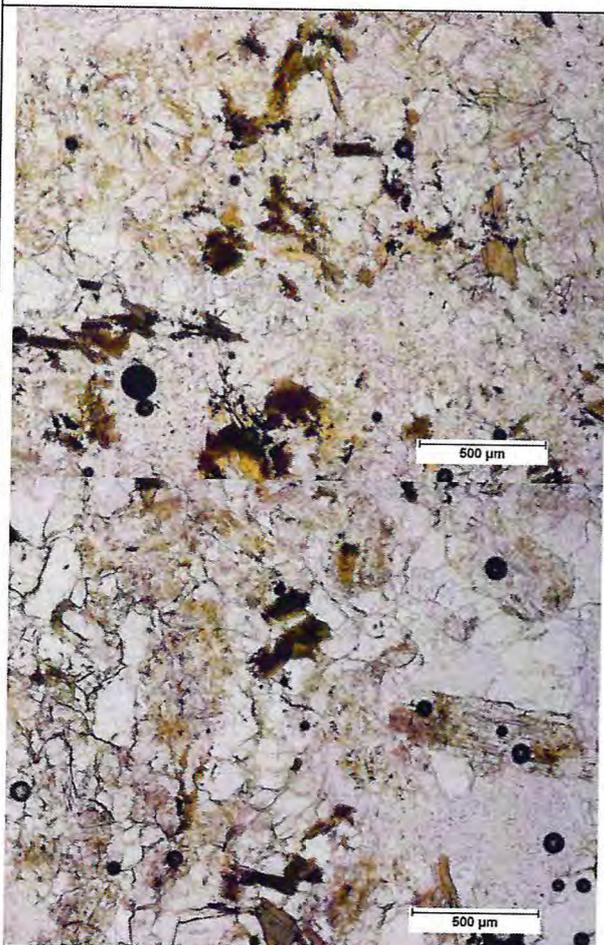
Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 11 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 117	Ponto: 117
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 432475 UTM N: 9332350
Altitude: 406 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Suíte Piquet Carneiro
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha granítica isotrópica acinzentada com granulação fina. Composta por quartzo, plagioclásio e biotita.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: K-feldspato (40%), Quartzo (20%), Plagioclásio (15%)	
Minerais acessórios: Biotita (15%), Muscovita (5%), Opacos (3%), Anfibólios (2%)	
Minerais e processos de alteração: Biotita alterando para muscovita	
Descrição microscópica	
<p>Granito bastante alterado, com deformação no fácies anfibolito. Composta de quartzo, k-feldspato, plagioclásio, biotita, actinolita-tremolita, muscovita, opacos.</p> <p>Os K-feldspatos ocorrem em grãos anédricos incolores e quase sempre alterados e com inclusões de biotita. Podem apresentar zonação com linha reta dividindo o grão em duas seções.</p> <p>Quartzo ocorre entre os feldspatos em grão anédricos e incolores. Por vezes, apresenta alguma inclusão de biotita.</p> <p>Plagioclásio estão alterado, mas ainda mostrando suas características maclas. São grãos médios a grande, incolores e com cores de interferência que variam do cinza ao preto.</p> <p>A biotita ocorre em forma lamelar e se apresenta alterando para muscovita ou K-feldspato. Possui cores em tons de marrom e clivagem bem definida em uma direção.</p> <p>As muscovitas são frutos de alterações das biotitas e, por isso, estão associadas. São lamelas entrelaçadas, incolores e com clivagem definida em uma direção.</p>	

Classe: Ígnea

Nome da rocha: Granito

Fotomicrografias



Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

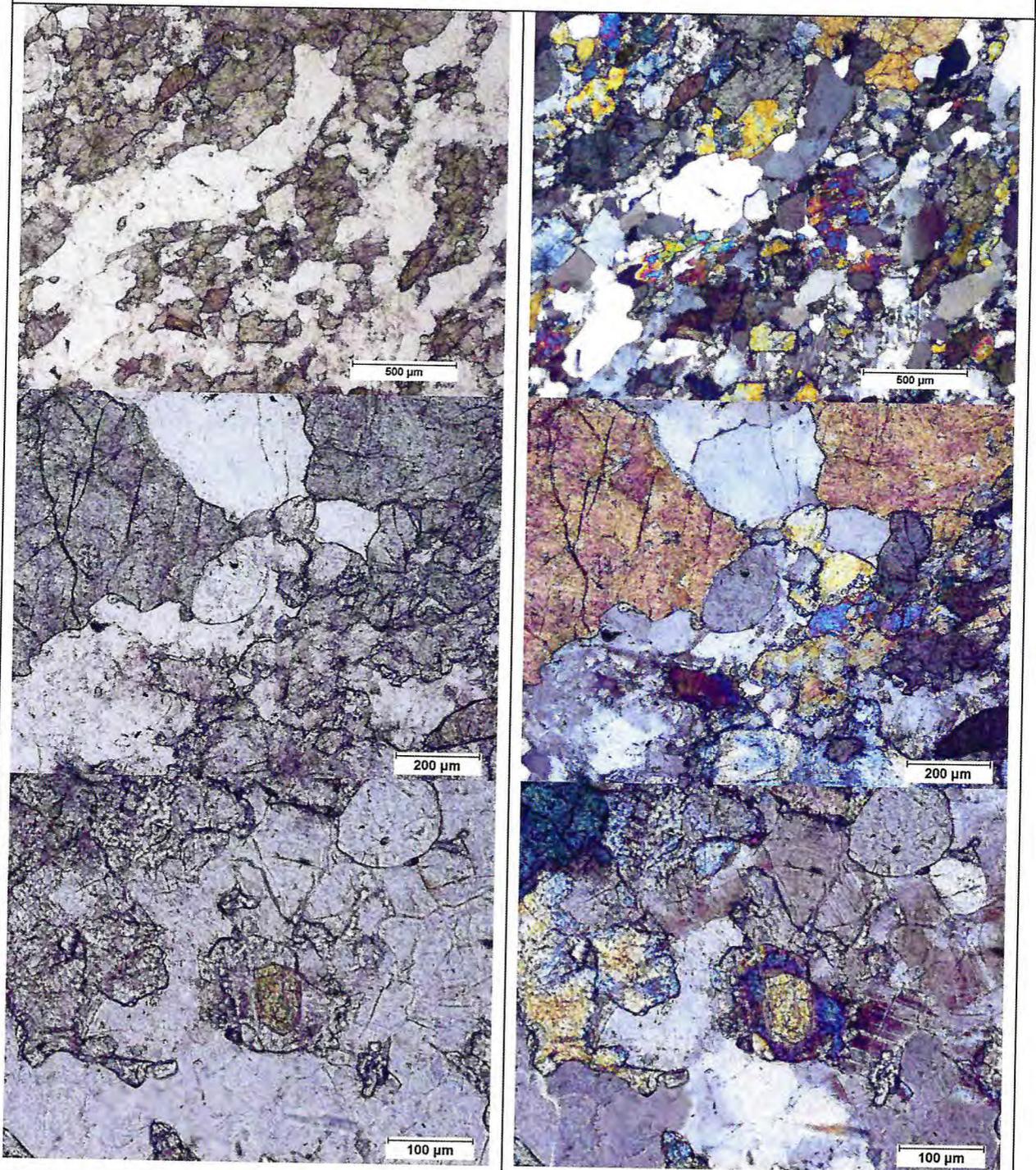
Ficha de descrição petrográfica 12 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 70	Ponto: 70
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 437418 UTM N: 9335255
Altitude: 426 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Unidade Arneiroz
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha com tons cinzas a esverdeados com quartzo, plagioclásio. Provavelmente, trata-se de uma rocha calcissilicática.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Diopsídio (30%), Epidoto (25%), Quartzo (30%), Plagioclásio (10%), Minerais acessórios: K-feldspato (1%), Titanita (1%), Apatita (1%), Anfibólio (1%), Allnita (1%)	
Minerais e processos de alteração: Epidotização em piroxênios	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina apresenta uma textura granoblástica. Maior quantidade de epidoto e diopsídio podem indicar metassomatismo na rocha. Aparentemente ocorreu na rocha um processo de hidrotermalismo e deformação no fácies anfíbolito alto. Composta por epidoto, diopsídio, plagioclásio, quartzo, k-feldspato, titanita, apatita, hornblenda.</p> <p>Diopsídios em formas anédricas e grãos de tamanho variando de médio a grande. Sua coloração é marrom pálido a acinzentado. Apresenta bastante fraturamento e, por vezes, nota-se pelo menos uma clivagem bem definida.</p> <p>Os epidotos ocorrem associados aos diopsídios e são produtos dos piroxênios.</p> <p>Titanita tardia com forma losangular e Apatita em tamanhos pequenos e formas eudrais são outras característica da lâmina.</p> <p>Restos de hornblenda, podendo indicar um diopsídio mais magnésiano.</p> <p>Plagioclásios, por vezes perdendo sua geminação devido a alta temperatura.</p>	

Epídoto é produto de resfriamento de retrometamorfismo. Foram originados a partir de piroxênios. Há interação de epidoto com o cálcio de plagioclásios.

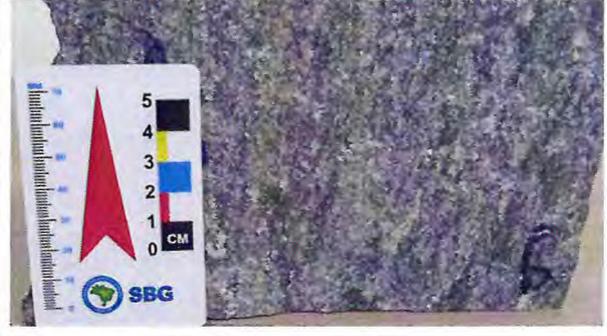
Classe: Metamórfica

Nome da rocha: Calcissilicática

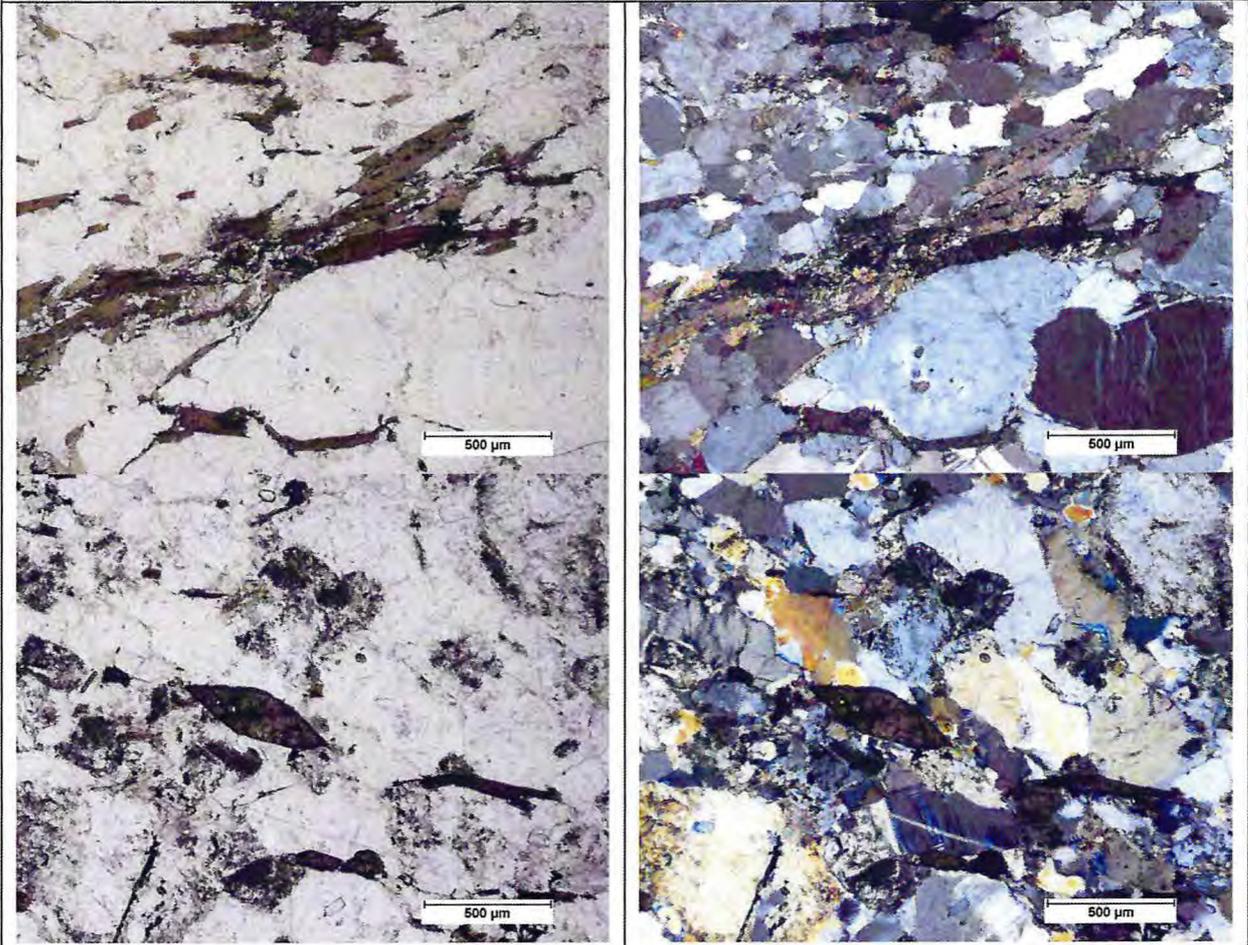
Fotomicrografias



Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 13 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: Sigmóide	Ponto: 88
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 438249 UTM N: 9338875
Altitude: 348 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Complexo Serra do Papagaio
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha com coloração acinzentada, foliada e com estiramento de minerais. Composta de quartzo plagiocásio e biotita.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: K-Feldspato (35%), Quartzo (35%), Plagioclásio (10%), Biotita (15%)	
Minerais acessórios: Titanita (2%), Epidoto (1%), Apatita (1%), Opacos (1%)	
Minerais e processos de alteração: Saussuritização de feldspatos;	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina apresenta uma textura granolepdoblástica média, com foliação bem visível. Atigiu o fácies anfibolito. Composta por k-feldspato, microclina, quartzo, biotita, titanita, apatita, plagioclásio, epidoto e opacos.</p> <p>K-feldspato comumente com alterações, nítidas a nicóis descruzados. São cristais anédricos incolores e com cores de interferência em tons de cinza.</p> <p>Quartzo ocorre em grãos grandes e anédricos incolores, por vezes, formando sigmóides. Inclusões de apatita podem ser observadas em seus grãos.</p> <p>Biotitas lamelares de coloração marrom e clivagem bem definida. O posicionamento de seus cristais indica cinemática.</p> <p>Os plagioclásio pouco ocorrem. Seus grãos têm tamanhos variados e são incolores. Apresentam suas maclas características.</p> <p>Titanitas losangulares sintectônica euedrais. Possuem coloração marrom.</p>	
Classe: Metamórfica	Nome da rocha: Biotita-Gnaisse milonítico

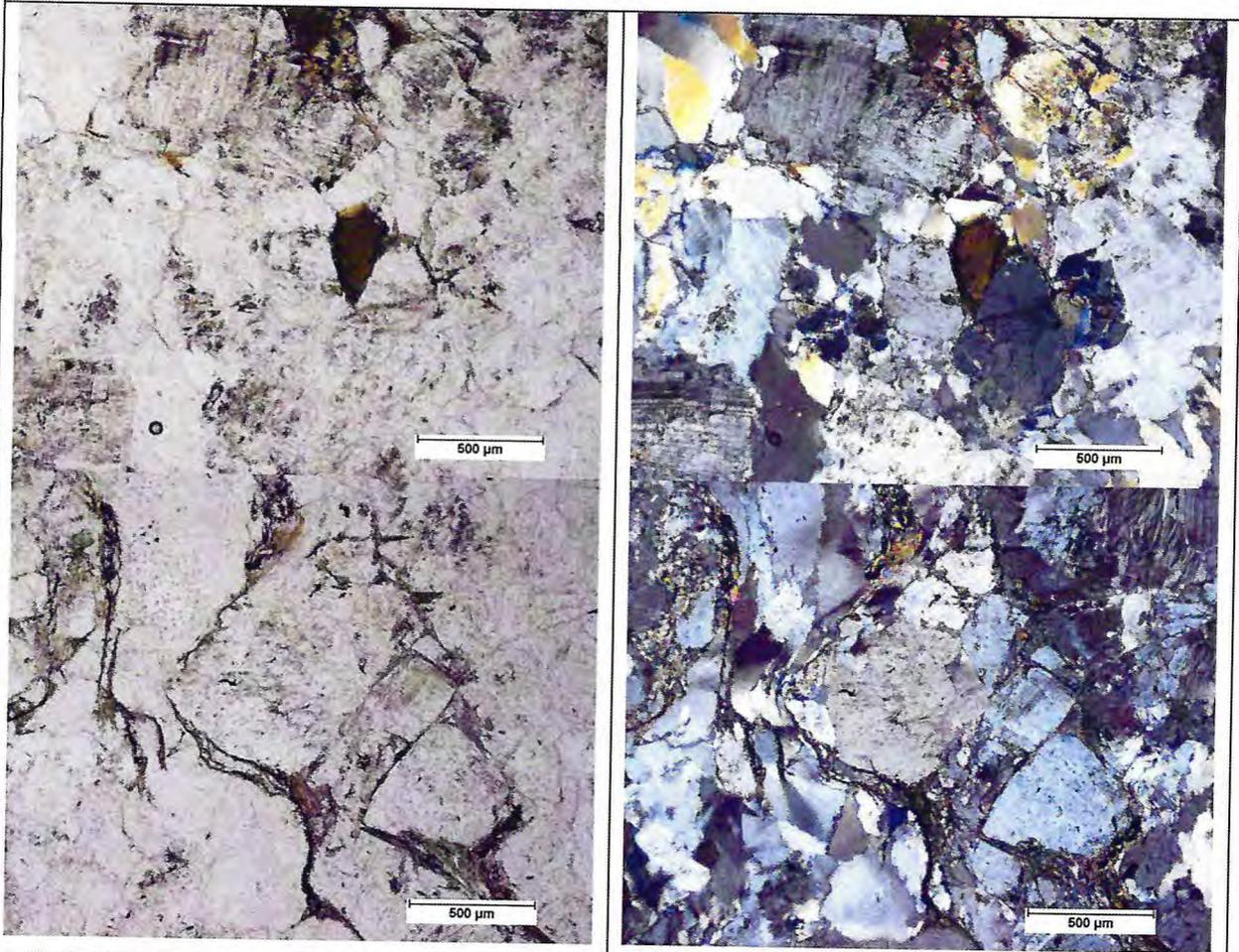
Fotomicrografias



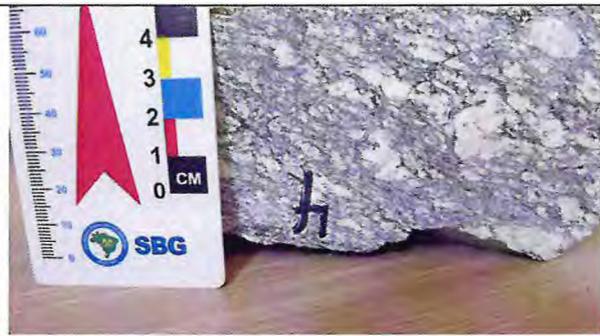
Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 14 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 107	Ponto: 107
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 438961 UTM N: 9340704
Altitude: 327 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Suíte Piquet Carneiro
Características macroscópicas da amostra	
<p>Biotita-gnaisse acinzentado com granulação fina a média. Aparentemente, apresenta alguma milonitização.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: K-Feldspato (35%), Quartzo (30%), Biotita (15%), Plagioclásio (9%) Minerais acessórios: Muscovita (5%), Epidoto (3%), Apatita (1%), Titanita (1%), Opacos (1%) Minerais e processos de alteração: Saussuritização em plagioclásios	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina apresenta uma textura granoblástica grossa, com sigmóides e observam-se planos s-c. A rocha encontra-se pouco milonitizada. Fácies anfibolito. Composta por biotita, muscovita, plagioclásio, k-feldspato, quartzo, epidoto, titanita, apatita, opacos.</p> <p>Epidoto tardio ocorre em pequenos grãos esverdeados.</p> <p>K-feldspatos mostrando bordas de reação, por vezes milonitizados, indicando rotação dos grão e possível efeito dominó.</p> <p>Biotita ocorre em bandas finas que indicam movimento. São lamelas finas de coloração marrom circundando grãos de K-feldspatos e quartzo. Pode ocorrer associada ao epidoto. Muscovitas são formadas pela alteração de biotita.</p> <p>Apatitas grandes, raramente, grandes.</p> <p>Intercrescimento de plagioclásio no k-feldspato.</p>	
Classe: Ígnea	Nome da rocha: Biotita-gnaisse milonítico

Fotomicrografias



Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

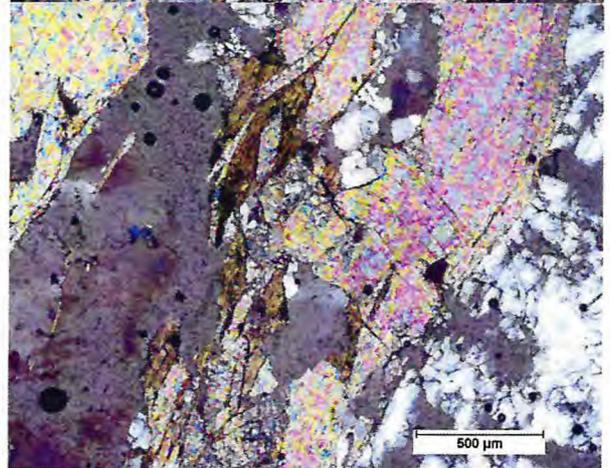
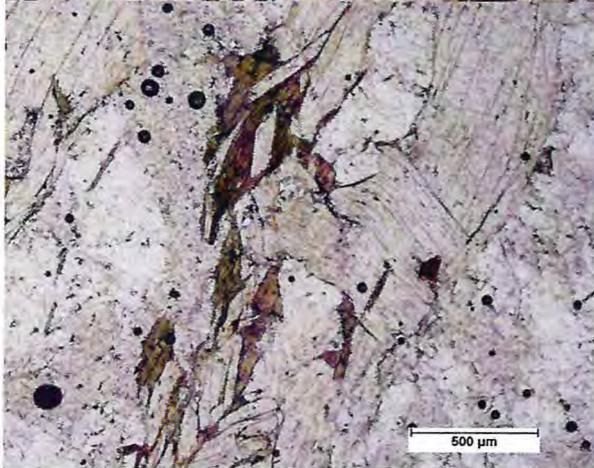
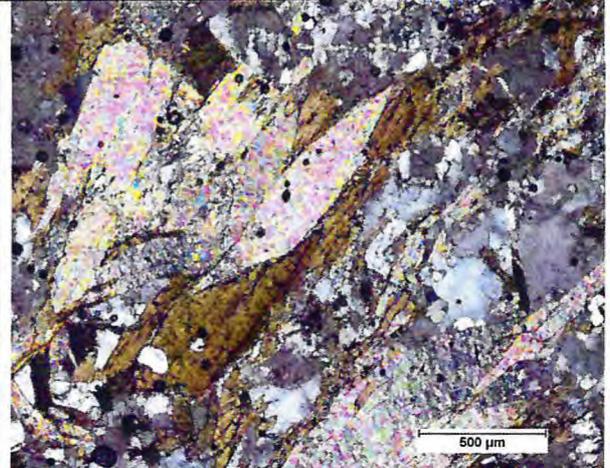
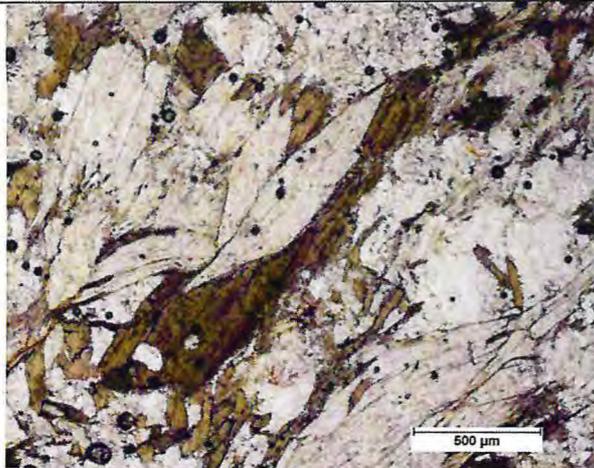
Ficha de descrição petrográfica 15 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 98B	Ponto: 98
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 438561 UTM N: 9338620
Altitude: 380 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Complexo Serra do Papagaio
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha de coloração cinza composta de biotita, plagioclásio, feldspato, quartzo. Apresenta elementos de milonitização</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: K-feldspato (35%), Quartzo (25%), Muscovita (20%), Plagioclásio (15%)	
Minerais acessórios: Biotita (5%)	
Minerais e processos de alteração:	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina apresenta uma textura granolepidoblástica, com micas lamelares orientadas. Composta por K-Feldspato, plagioclásio, quartzo, biotita, muscovita.</p> <p>Muscovita ocorre em lamelas incolores com clivagem bem definida em uma direção. Suas cores de interferências são fortes, variando de rósea a tons de verde, características deste mineral. Sua extinção ocorre paralela à clivagem e sempre mosqueada. Por vezes seus cristais formam <i>mica-fish</i> bem definidos ou em estágio inicial de formação.</p> <p>Biotitas ocorrem associadas às muscovitas e, por vezes, apresentam inclusões de biotita. Com coloração marrom e clivagem bem definida em uma direção. Sua extinção mosqueada ocorre paralela à clivagem e a cada giro de 90°.</p> <p>K-Feldspatos ocorrem em grãos de tamanhos grandes, muitas vezes apresentando fraturas e/ou inclusões. Estruturas que aparentam estrias ou, textura pertítica, são raramente observadas.</p>	

Plagioclásios ocorrem em cristais grandes, algumas vezes com inclusões, zonação e fraturas.

Classe: Metamórfica

Nome da rocha: Biotita-Gnaiss milonítico

Fotomicrografias



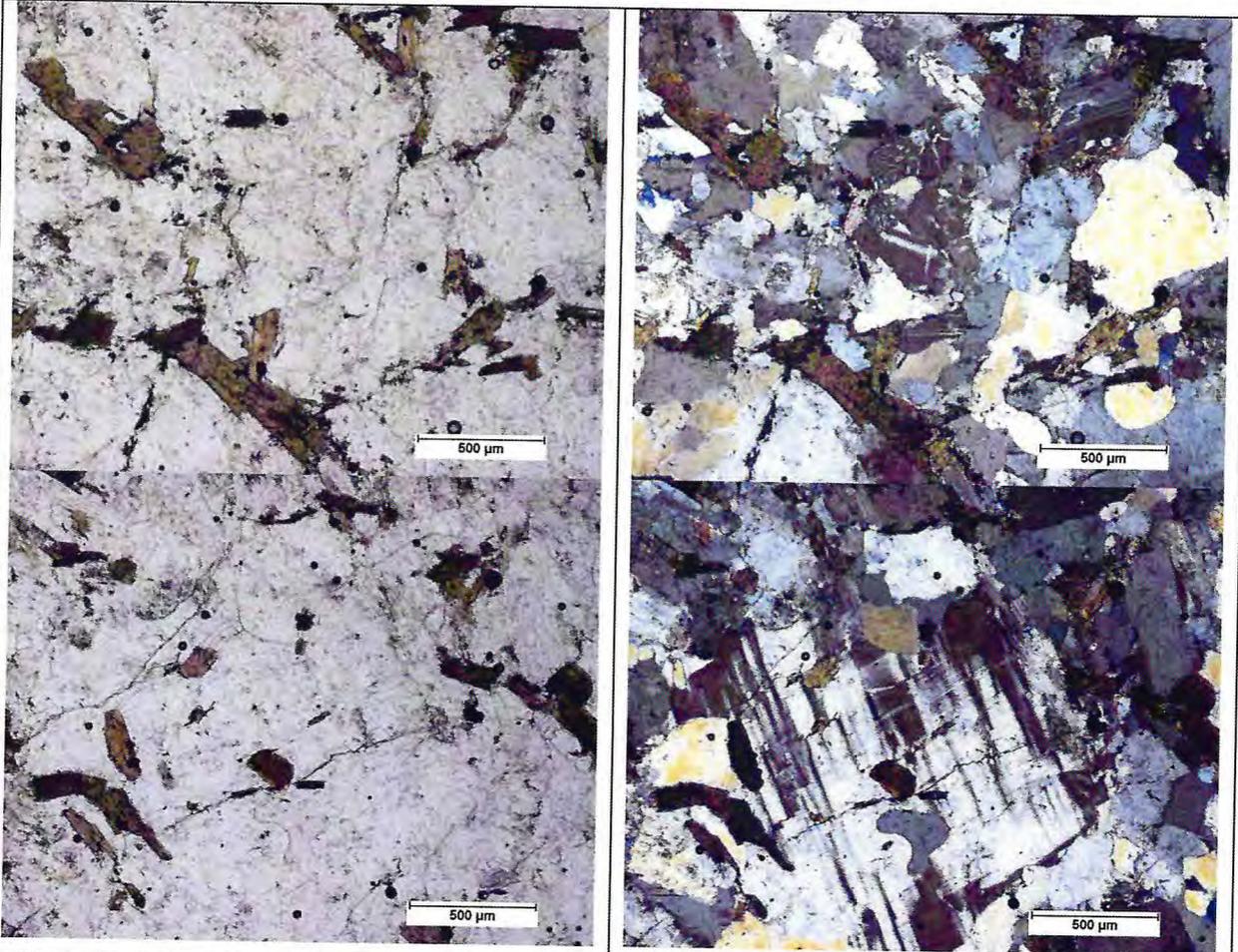
Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 16 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: 118	Ponto: 118
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 432028 UTM N: 9332088
Altitude: 423 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Suíte Pique Carneiro
Características macroscópicas da amostra	
<p style="text-align: center;">Granitóide acinzentado fino, típico da suíte granítica.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: K-feldspato (34%), Plagioclásio (33%), Quartzo (30%)	
Minerais acessórios: Biotita (5%), Apatita (1%), Opacos (1%)	
Minerais e processos de alteração: Mirmequitização em feldspatos	
Descrição microscópica	
<p>A lâmina apresenta uma textura granoblástica. Composta por Quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita, apatita, opacos.</p> <p>Quartzos ocorrem em grande quantidade com cristais granulares, incolores e de tamanho variado.</p> <p>K-Feldspatos algumas vezes apresentam alterações. Observa-se o intercrescimento de cristais de k-feldspato. Por vezes possui textura mirmequita e microclina. A textura mirmequita pode indicar um processo de anatexia evoluído. Alguns K-feldspatos mostram-se alterados para biotitas, que depois alteram para muscovitas.</p> <p>Plagioclásios com tamanhos variados e maclas bem desenvolvidas. Incolores, com poucas alterações e cores de interferência em tons de cinza a preto.</p> <p>Biotitas ocorrem como lamelas de coloração marrom e leve pleocroísmo. Alteram para muscovitam em alguns grãos. Aparentemente, são sin-tectônicas. Estão associadas à apatitas e opacos, quando esses ocorrem.</p>	

Classe: Ígnea

Nome da rocha: Granito

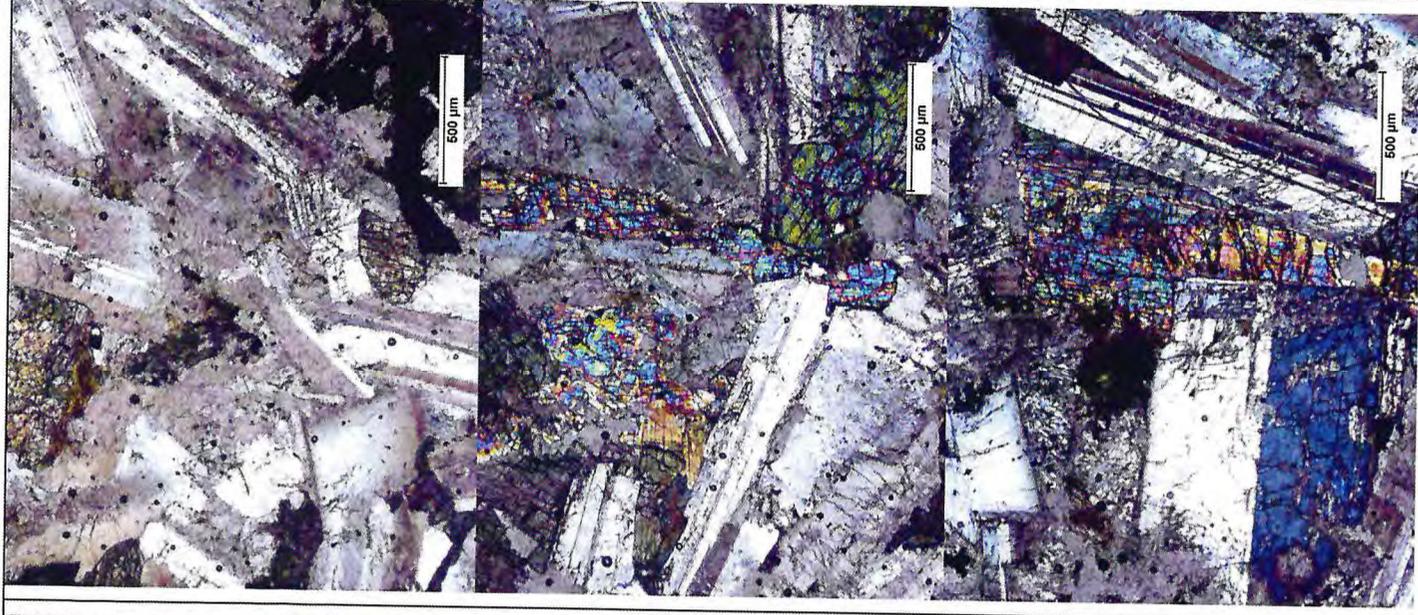
Fotomicrografias



Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

Ficha de descrição petrográfica 17 Trabalho de Conclusão de Curso / UFC 2017 Mapeamento Geológico de uma área a noroeste de Acopiara - CE	
Código da lâmina: AM01	Ponto: Fora da área
Datum: SIRGAS 2000	UTM E: 435766 UTM N: 9324412
Altitude: 344 m	
Folha: Mombaça SB.24-V-D-V	Unidade Estratigráfica: Complexo Serra do Papagaio
Características macroscópicas da amostra	
<p>Rocha escura composta basicamente de plagioclásio e anfibólios e/ou biotita. Possivelmente, trata-se de rocha gabróica.</p>	
Características microscópicas	
Minerais identificados (ordem decrescente de abundância)	
Minerais essenciais: Plagioclásio (40%), Anfibólios (30%), Piroxênios (15%),	
Minerais acessórios: Apatita (1%), Biotita (1%), Opacos (1%)	
Minerais e processos de alteração:	
Descrição microscópica	
<p>Rocha com textura granolepidoblástica grossa. Aparentemente, pouco deformada. Composta por plagioclásio, piroxênios, biotita, apatita, opacos, actinolita-tremolita.</p> <p>Grãos de clinopiroxênios bastante presentes, com muitas fraturas e formas anédricas a subédricas. Sua coloração se dá em tons de marrom. Possui duas clivagens bem definidas. Com extinção oblíqua de baixo ângulo em relação à clivagem. Por vezes, apresenta zonação.</p> <p>Plagioclásios apresentam-se como cristais alongados euédrico a subédricos em grande quantidade. São incolores e possui cores de interferência em tons de cinza. Possui maclas bem desenvolvidas. Estão fraturados e, por vezes, possuem inclusões. Extinção ocorre oblíqua em relação às maclas.</p> <p>Biotita pouco aparece.</p> <p>Iddingsita ocorre como alteração de olivina. Sua cor é amarela, bastante fraturado.</p>	
Classe: Ígnea	Nome da rocha: Piroxênio-Hornblenda Gabronorito

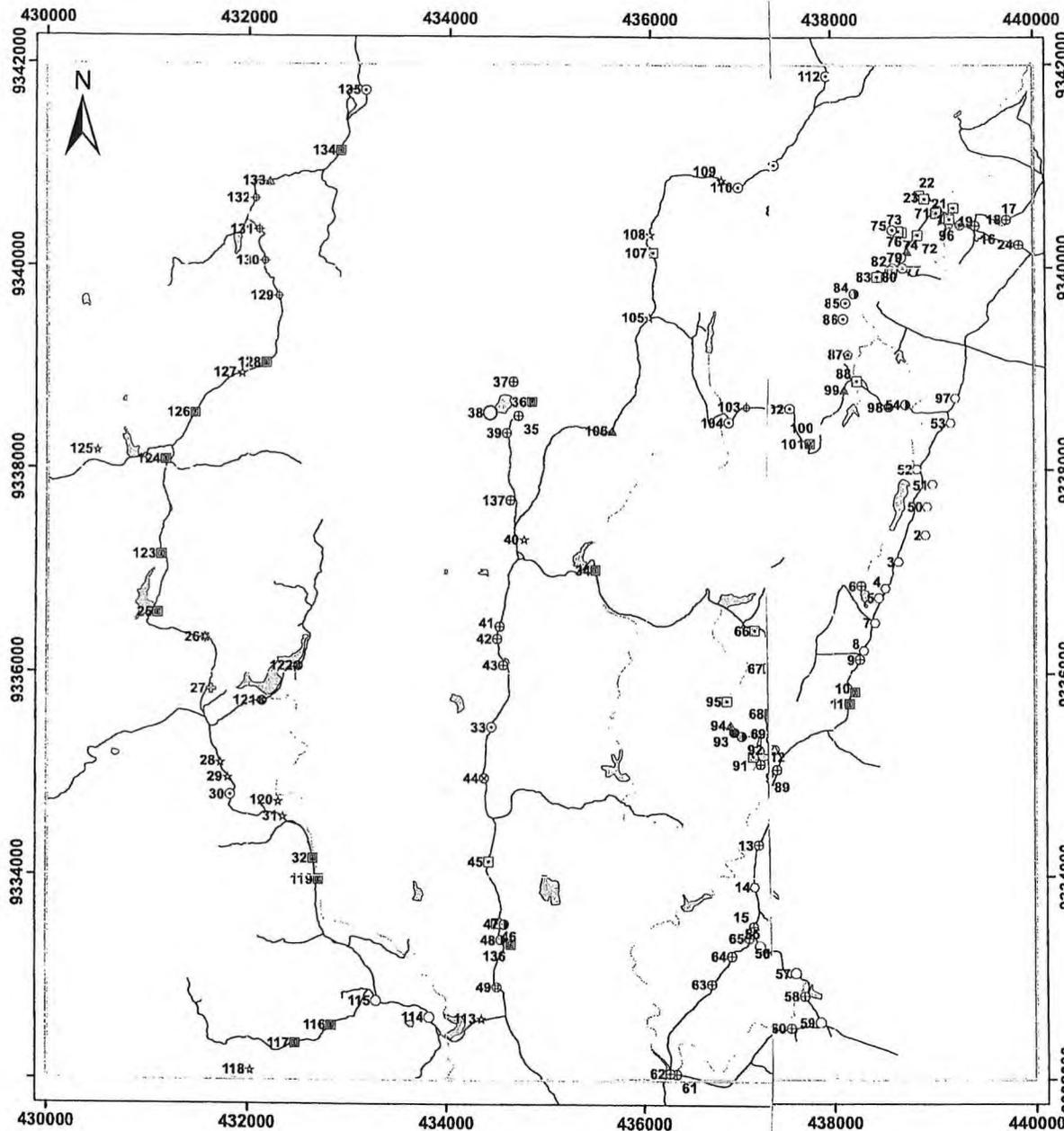
Fotomicrografias



Polarização: (a)N// (b)NX Aumento: 5x

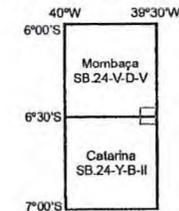
APÊNDICE B – MAPA DE PONTOS

APÊNDICE C – MAPA GEOLÓGICO



Mapa de pontos

Região à noroeste de Acopiara



Articulação nas folhas geológicas

Litologias

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| ○ Aluvião | ○ Mica-Quartzito |
| ◇ Ametista | ○ Mica-Quartzito Milonítico |
| ▲ Anfibolito | ⊕ Micaxisto |
| ● Biotita-Gnaiss | ⊗ Muscovita-Biotita-Gnaiss |
| ⊠ Biotita-Gnaiss Milonítico | ⊙ Muscovita-Gnaiss Milonítico |
| ⊡ Biotita-Hornblenda-Gnaiss | ⊗ Paragneiss |
| ⊙ Gabro Metassomatizado | ⊕ Paragneiss Milonítico |
| ⊠ Gabronorito | ⊙ Pegmatóide |
| ⊙ Granada-Biotita-Xisto | ⊕ Quartzito |
| ★ Granito | ⊙ Rocha Calcissilicática |
| ⊕ Granito Migmatizado | ⊙ Tonallito |
| ⊠ Migmatito | |

Convenções cartográficas

- Área Alvo
- Estradas
- ~ Rios e riachos
- ⊕ Açudes



Universidade Federal do Ceará
Centro de Ciências
Departamento de Geologia

Autores: Bruno Alencar Moreira
 Vanderson Chaves da Silva
 Orientador: Prof. Dr. Christiano Magini