



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

RENATA MATOS AMARAL

ANÁLISE MORFOESTRUTURAL APLICADA AO LINEAMENTO
TRANSBRASILIANO NA REGIÃO DE SANTANA DO ACARAÚ, NOROESTE DO
CEARÁ.

FORTALEZA
Agosto/2013



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

RENATA MATOS AMARAL

ANÁLISE MORFOESTRUTURAL APLICADA AO LINEAMENTO
TRANSBRASILIANO NA REGIÃO DE SANTANA DO ACARAÚ, NOROESTE DO
CEARÁ.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho

Relatório de Graduação apresentada à Universidade
Federal do Ceará, como requisito para obtenção do grau
de Geólogo.

FORTALEZA
Agosto/2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Amaral, Renata Matos.

Análise morfoestrutural aplicada ao lineamento transbrasiliano na região de Santana do Acaraú,
Noroeste do Ceará. / Renata Matos Amaral. – 2013.
126 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Geologia, Fortaleza, 2013.

Orientação: Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho.

1. Análise morfoestrutural. 2. Província Borborema. 3. Rede de drenagem. 4. Noroeste Ceará. I. Título.
CDD 551

RENATA MATOS AMARAL

ANÁLISE MORFOESTRUTURAL APLICADA AO LINEAMENTO
TRANSBRASILIANO NA REGIÃO DE SANTANA DO ACARAÚ, NOROESTE DO
CEARÁ.

Relatório de Graduação submetido à Coordenação do
Curso de Graduação em Geologia, da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção
do grau de Geólogo.

Área de concentração: Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho.

FORTALEZA
Agosto/2013

RENATA MATOS AMARAL

ANÁLISE MORFOESTRUTURAL APLICADA AO LINEAMENTO
TRANSBRASILIANO NA REGIÃO DE SANTANA DO ACARAÚ, NOROESTE DO
CEARÁ.

Relatório de Graduação submetido à Coordenação do
Curso de Graduação em Geologia, da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção
do grau de Geólogo.

Área de concentração: Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho.

Aprovada em __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Almeida
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo
Universidade Federal do Ceará - UFC

*Para meus pais Ruth e Eli,
meu bem maior*

*A minha tia Adalcir,
pelo grande apoio em todas as horas*

*A meu noivo Tiago Cadorini,
pela compreensão, amor e carinho*

AGRADECIMENTOS

Com a conclusão desta etapa acadêmica, externo os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma ou de outra contribuíram na colaboração desse estudo. Sendo assim, fica a minha gratidão e o meu muito obrigada.

A Deus pela força de todos os dias e realização de mais um sonho.

Aos meus pais, Ruth Teixeira Matos Amaral e Eli Espirito Santo Amaral, pela minha vida, por propiciar as condições necessários para que eu chegasse até esse resultado e pelo amor e carinho dedicados a mim.

A minha querida tia, Adelcir Oliveira Matos por estar sempre presente e compartilhar comigo tantos momentos bons e por me estender a mão nos dias mais difíceis.

Ao meu noivo, Tiago Basso Cadorini, companheiro e grande amigo, por ser meu maior incentivador, por sempre acreditar em mim, pelo ombro amigo que posso contar e principalmente por fazer parte da minha vida e tornar meus dias mais felizes.

A minha sobrinha, Laís Estevão Amaral companheirinha de todos os dias de trabalho em casa durante a realização deste relatório me distraíndo e me alegrando com a sua ingenuidade e sorriso sincero.

Ao amigo e orientador, Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho pelos ensinamentos, orientação, paciência, dedicação e incentivo durante todo o período em que trabalhamos juntos.

Ao Professor Afonso pela disponibilidade, conselhos, paciência e acima de tudo amizade.

Ao Professor César Veríssimo pelos ensinamentos, atenção e disponibilidade.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Geologia da UFC que contribuíram para o meu crescimento com seus ensinamentos.

A toda turma que seguiu essa caminhada junto a mim e pelas descontrações em campo, em especial a Herdivânia, Dillano, Áquila, Wilkson, Vanessa, Emmanuel, Ana Clara, Allan Bernardino, Diego, Agnaldo e Joel.

Aos meus colegas geólogos, Ana Claudia Abreu, Gleiber Chagas, Evilarde Uchôa, Francisco Kleison, Naedja Pontes, Talita Fernanda e Henrique Barnabé. Sem a ajuda de todos vocês seria muito mais árdua essa caminhada.

“O caminho é este, tem pedra, tem sol, tem bandido, mocinho, tem você amando, tem você sozinho, é só escolher, ou vai, ou fica. Fui.”

(Martha Medeiros)

RESUMO

A área de estudo localiza-se no noroeste do Estado do Ceará, nas proximidades do município de Santana do Acaraú, à 255 km de Fortaleza. O contexto geológico regional é o da Província Borborema, abrangendo os domínios Médio Coreaú e Ceará Central. A litoestratigrafia da área é constituída, da base para o topo, em Complexo Granja, unidades Canindé e Independência (Complexo Ceará), formações São Joaquim e Covão (Grupo Martinópolis), Granitóides, Grupo Jaibaras, Formação Ipú (Grupo Serra Grande), Formação Barreiras e, por fim, os depósitos aluviais holocênicos. Este trabalho teve como objetivo a identificação da geometria e cinemática de famílias de fraturas em escala regional, através da análise morfoestrutural de redes de drenagem e informações em escala de afloramento da região. A metodologia aplicada baseou-se na análise de drenagens extraídas de modelo digital de elevação (SRTM), com *grid* de 30m. Dentre os padrões de drenagem identificados, o predominante foi o retangular, bem como a ocorrência dos padrões treliça, radial e suas variações configurando controle tectônico. As anomalias são representadas principalmente pelos lineamentos e divisores com ocorrências de altos estruturais. Portanto, esse trabalho revelou a importância das técnicas de geoprocessamento, se mostrando bastante eficaz na caracterização e compartimentação de dezoito tipos diferentes de domínios morfoestruturais, determinados através da análise dos padrões, anomalias de drenagem com relação às estruturas do substrato rochoso.

Palavras-Chaves: análise morfoestrutural, Província Borborema, rede de drenagem, Noroeste Ceará.

ABSTRACT

The study area is located in the northwestern Ceará, near the town of Santana do Acaraú. It is 255 km far from Fortaleza City and lies within the geologic context of Borborema Province, encompassing the geologic domains of Médio Coreau and Ceará Central. The lithostratigraphy encompasses, from base to top, Granja Complex, Canindé and Independência units (Ceará Complex), São Joaquim and Covão formations (Martinópolis Group), granitoids, Jaibaras Group, Ipu Formation (Serra Grande Group), Barreiras Formation and holocenic alluvium deposits. The goal of this study is the identification of geometry and kinematics of fracture groups in the regional scale, through the morphostructural analysis of drainage networks and information at outcrop scale. The applied methodology was based in the analysis of drainage networks extracted from a digital elevation model (SRTM) with a 30 m grid. Among several identified drainage patterns, the rectangular pattern stands out, besides trellis, radial pattern and their variations, implying a tectonic control. The anomalies are mainly represented by lineaments and divides with the occurrence of structural highs. Therefore this work revealed the importance of geoprocessing techniques in the characterization and compartmentalisation of 18 different morphostructural domains, determined through drainage pattern analysis, drainage anomalies and their relationship with bedrock.

Key Words: morphostructural analysis, Borborema Province, drainage network, northwestern Ceará.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Localização da área de pesquisa com as principais vias de acesso.....	20
Tabela 1	Coordenadas UTM da área pesquisada (Zona 24S, WGS84).....	21
Figura 2	Serra do Mucuripe, Santana do Acaraú – CE (Vista para NW).....	26
Figura 3	Mapa representativo dos tipos de solos encontrados na área de estudo.....	28
Figura 4	Mapa representativo das principais bacias hidrográficas da área de estudo.....	29
Figura 5	Regiões da Província Borborema com evolução monocíclica ou policíclica, e delimitação em subprovíncias ou domínios estruturais, segundo Jardim de Sá et al. (1988), Caby et al. (1991) e outros, representado em Jardim de Sá (1994).....	32
Figura 6	Principais zonas de cisalhamento da Província Borborema (Simplificado de Angelim <i>et al.</i> 2004a, 2004b, 2004c, Kosin 2004, Vasconcelos 2004a, 2004b e 2004c).....	39
Figura 7	Panorâmica do afloramento de ortognaisses de composição granodiorítica	42
Figura 8	Vista geral de ocorrência de biotita gnaisse. Ponto BC-36 (UTM 373506/9617946).....	43
Figura 9	Fotomicrografia biotita-gnaisse. A) Bandamento marcado pela biotita e orientação dos minerais de quartzo e feldspatos. B) Titanita. C) Alanita e Epidoto. D) Desenvolvimento de mimerquita e pertita.....	43
Figura 10	Anfibólio com bandamento milimétrico à centimétrico cortado por veio de quartzo. Ponto BC-41 (UTM 383695/9624660). B) Fotomicrografia exibindo a textura granonematoblástica e mineralogia principal. C) Orientação ressaltada pelos cristais de anfibólio. D) Actinolita.....	44
Figura 11	A) Ocorrência de granitos gnaisses. B) Afloramento de granito gnaisse fraturado com traços retos e irregulares. C) Fotomicrografia detalhando a textura granular hipidiomórfica. D) Detalhe dos minerais de quartzo, plagioclásio, microclina e opacos. Ponto BC-40 (UTM 381248/9621622)	45
Figura 12	A) Afloramento em corte de estrada de quartzito com foliação plano axial 260°/20SE. Ponto BC-17 (UTM 358827/9624344). B) Quartzito micáceo fraturado referente ao ponto BC-21 (UTM 356760/9626332). (Vista em	

	perfil).....	47
Figura 13	A) Afloramento de metarcóseo nas proximidades do Açude São Vicente. Ponto BC-18 (858554/9625024). B) Fotomicrografia do metarcóseo com porfiroblastos de quartzo e plagioclasio. C) Fotomicrografia detalhando o minerais apatita, zircão e cristais de magnetita bem formados.....	47
Figura 14	A) Vista geral do afloramento de blastomilonito próximo a localidade de São Vicente Ponto BC-22 (UTM 356530/9626522). B) Porfiroclastos em matriz fina de quartzo e biotita. C) Fotomicrografia detalhando a granada e sombra de pressão de quartzo recristalizado (Luz natural). D) Fotomicrografia com nicois cruzados detalhando a granada e sombra de pressão de quartzo recristalizado.....	48
Figura 15	A) Afloramento de silexito na Serra dos Martins. B) Blocos de silexito extraídos pela Pedreira Milka. C) Fotomicrografia do veio de biotita em meio ao quartzo em luz natural. D) Fotomicrografia com nicois cruzados exibindo os minerais de quartzos levemente estirados com fraturas em pares cisalhantes preenchidas por muscovita. Ponto BC-59 (UTM 364702/9632018).....	49
Figura 16	A) Vista geral do afloramento da Formação Covão. B) Estrias de falhas indicando um movimento normal (ver texto). Ponto BC – 16 (UTM 359564/9624080).....	50
Figura 17	Rocha ultramilonítica evidenciando a ocorrência do Cisalhamento Sobral-Pedro II na área. B) Detalhe das porções félsicas e máficas no afloramento. C) Intenso fraturamento. D) Borda cataclástica epidotizada. Ponto BC-09 (UTM 365166/9617852).....	51
Figura 18	Conglomerado da Formação Massapé (Vista em planta). Ponto BC-15 (UTM 360432/9623724).....	53
Figura 21	A) Aspecto geral do afloramento em leito de rio do arenito da Formação Pacujá. B) Veio de quartzo fibroso no arenito fino da Formação Pacujá. C) Veios de quartzo formando pares cisalhantes. D) Fendas não preenchidas e escalonadas no arenito Pacujá com acamamento de atitude 178°/36W. Ponto BC – 55 (UTM 370962/9632160).....	55
Figura 22	A) Afloramento de blocos rolados de basaltos da Formação Aprazível. B) Serrote do Morro. Ponto BC-53 (UTM 366921/9625708).....	56

Figura 23	Fotomicrografias. A) Ripas de plagioclásio e microamígdalas. B) Veios de calcedônia e calcita. C) Detalhe das microamígdalas preenchidas por calcedônia e calcita sob luz natural. D) Detalhe das microamígdalas preenchidas por calcedônia e calcita com os nicois cruzados. Ponto BC-53 (UTM 366921/9625708).....	56
Figura 24	A) Vista geral do afloramento de conglomerado polimítico da Formação Aprazível. B) Afloramento de conglomerado matriz suportada do Grupo Jaibaras, com uma grande variedade de fragmentos líticos. Ponto BC-57 (UTM 369120/9633290).....	57
Figura 25	A) Vista geral do afloramento de rocha arenítica correlacionado à Formação Ipú (Grupo Serra Grande). B) Detalhe da granulometria grossa do arenito, composto predominantemente por quartzo. C) Estratificação cruzada acanalada indicando paleocorrente para SW. D) Incnofósseis associados ao icnogênero <i>Circulichnis Vyalov</i> vista em planta. Ponto BC-07 (UTM 377669/9630470).....	58
Figura 26	A) Arenito conglomerático da Formação Ipú (Grupo Serra Grande). B) Arenito conglomerático com fratura de direção NNE-SSW. Ponto BC-33 (UTM 376424/9618170).....	59
Figura 27	A) Vista geral do afloramento. B) Areia fina à média com matriz argilosa (caulinítica). Ponto BC-01 (UTM 386924/9637822).....	60
Figura 28	Sedimentos recentes na planície aluvial do rio Acaraú. Ponto BC-09 (UTM 365166/9617852).....	61
Figura 29	Mapa de drenagem obtido automaticamente para a área de estudos gerada a partir de imagem SRTM, utilizando o software Arcgis 10.1.....	64
Figura 30	Padrões de drenagem básicos: A) dendrítico, B) paralelo, C) treliça, D) retangular, E) radial, F) anelar, G) multibacia e H) contorcido (Howard, 1967).....	65
Figura 31.1	Variações dos padrões básicos: A) treliça de falha, B) treliça de junta, C) angular, D) Centrípeto, E) Complexo, F) Composto, G e H) Palimpsesto..	66
Figura 31.2	Variações dos padrões básicos: A) subdendrítico, B) penado, C) anatosado, D) distributário, E) subparalelo, F) colinear, G) treliça direcional e H) treliça recurvada (Howard, 1967).....	67

Figura 32	Identificação dos padrões de rede de drenagem da área de estudo.....	67
Figura 33	Mapa de anomalias da área de estudo, extraídas através de imagem SRTM.....	68
Figura 34	Rosáceas dos lineamentos e divisores de drenagem da área de estudo.....	69
Tabela 2	Classificação da densidade de drenagem (Dd) de uma bacia.....	70
Figura 35	Gráfico comparativo dos valores de densidades de drenagem e lineamentos gerais da área de estudo.....	70
Figura 36	Mapas interpretativos do domínio I. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	72
Figura 37	Mapas interpretativos do domínio II. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	74
Figura 38	Mapas interpretativos do domínio III. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	76
Figura 39	Mapas interpretativos do domínio IV. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	78
Figura 40	Mapas interpretativos do domínio V. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	80
Figura 41	Mapas interpretativos do domínio VI. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	82
Figura 42	Mapas interpretativos do domínio VII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D)	

	Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	84
Figura 43	Mapas interpretativos do domínio VIII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	86
Figura 44	Mapas interpretativos do domínio IX. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	88
Figura 45	Mapas interpretativos do domínio X. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	90
Figura 46	Mapas interpretativos do domínio XI. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	92
Figura 47	Mapas interpretativos do domínio XII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	94
Figura 48	Mapas interpretativos do domínio XIII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	96
Figura 49	Mapas interpretativos do domínio XIV. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	98
Figura 50	Mapas interpretativos do domínio XV. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos	

	lineamentos de drenagem.....	100
Figura 51	Mapas interpretativos do domínio XVI. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	102
Figura 52	Mapas interpretativos do domínio XVII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	104
Figura 53	Mapas interpretativos do domínio XVIII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.....	106

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Apresentação	19
1.2	Objetivos	19
1.2.1	Objetivo Geral.....	19
1.2.2	Objetivos Específicos.....	19
1.3	Localização e Acesso	20
2	METODOLOGIA DE TRABALHO	22
2.1	Etapa de Gabinete	23
2.1.1	Levantamento Bibliográfico e Cartográfico.....	23
2.1.2	Análise Morfoestrutural.....	23
2.2	Etapa de Campo	24
2.3	Etapa de Laboratório	24
2.4	Etapa Final	24
3	ASPECTOS GEOAMBIENTAIS	25
3.1	Geomorfologia	26
3.2	Clima	26
3.3	Solos	27
3.4	Hidrografia	28
3.5	Vegetação	29
4	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	30
4.1	Província Borborema	31
4.2	Domínio Médio Coreaú	32
4.3	Domínio Ceará Central	35
4.4	Coberturas Devonianas a Holocênicas	37
4.5	Lineamento Transbrasiliano	38
5	CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL	40

5.1	Apresentação.....	41
5.2	Litoestratigrafia.....	41
5.2.1	Complexo Granja.....	41
5.2.1.1	<i>Ortognaisses com afinidade TTG.....</i>	41
5.2.2	Complexo Ceará.....	42
5.2.2.1	<i>Unidade Canindé.....</i>	42
5.2.3	Grupo Martinópole.....	46
5.2.3.1	<i>Formação São Joaquim.....</i>	46
5.2.3.2	<i>Formação Covão.....</i>	50
5.2.4	Ultramilonitos.....	50
5.2.5	Grupo Jaibaras.....	52
5.2.5.1	<i>Formação Massapê.....</i>	52
5.2.5.2	<i>Formação Pacujá.....</i>	53
5.2.5.3	<i>Formação Parapuí.....</i>	55
5.2.5.4	<i>Formação Aprazível.....</i>	57
5.2.6	Grupo Serra Grande.....	58
5.2.7	Formação Barreiras.....	59
5.2.8	Depósitos Aluviais Holocênicos.....	60
6	ANÁLISE MORFOESTRURAL.....	62
6.1	Introdução.....	63
6.2	Análise da configuração da rede de drenagem.....	65
6.3	Análise de lineamentos de drenagem.....	67
6.4	Densidade de drenagem e lineamentos.....	69
6.5	Domínios Morfoestruturais.....	71
6.5.1	Domínio Morfoestrutural I.....	71
6.5.2	Domínio Morfoestrutural II.....	73
6.5.3	Domínio Morfoestrutural III.....	75
6.5.4	Domínio Morfoestrutural IV.....	77
6.5.5	Domínio Morfoestrutural V.....	79
6.5.6	Domínio Morfoestrutural VI.....	81
6.5.7	Domínio Morfoestrutural VII.....	83
6.5.8	Domínio Morfoestrutural VIII.....	85

6.5.9	Domínio Morfoestrutural IX.....	87
6.5.10	Domínio Morfoestrutural X.....	89
6.5.11	Domínio Morfoestrutural XI.....	91
6.5.12	Domínio Morfoestrutural XII.....	93
6.5.13	Domínio Morfoestrutural XIII.....	95
6.5.14	Domínio Morfoestrutural XIV.....	97
6.5.15	Domínio Morfoestrutural XV.....	99
6.5.16	Domínio Morfoestrutural XVI.....	101
6.5.17	Domínio Morfoestrutural XVII.....	103
6.5.18	Domínio Morfoestrutural XVIII.....	105
7	CONCLUSÕES.....	107
	REFERÊNCIAS.....	111
	APÊNDICE A	
	APÊNDICE B	
	APÊNDICE C	
	APÊNDICE D	
	APÊNDICE E	

Capítulo – I

INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

O presente relatório apresenta os resultados da abordagem morfoestrutural a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e suas derivações fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE, através do projeto TOPODATA e reconhecimento em campo.

A área encontra-se situada na região noroeste do Estado do Ceará e geologicamente inserida na Província Borborema, pertencente aos domínios Médio Coreaú e Ceará Central.

Do ponto de vista científico, a área é relevante tendo em vista a predisposição sísmica da região relatada em outras pesquisas. Sendo assim, esse estudo, além de apresentar uma análise morfoestrutural, também abre novas perspectivas para essa análise comparativa de outros segmentos do território cearense.

Este trabalho também integra a disciplina CG-0449 – Relatório de Graduação, requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Geologia da Universidade Federal do Ceará.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho foi identificar a geometria em escala regional, cinemática e, possivelmente, dinâmica do campo de esforços relacionados às fraturas na região de Santana do Acaraú, Noroeste do Ceará.

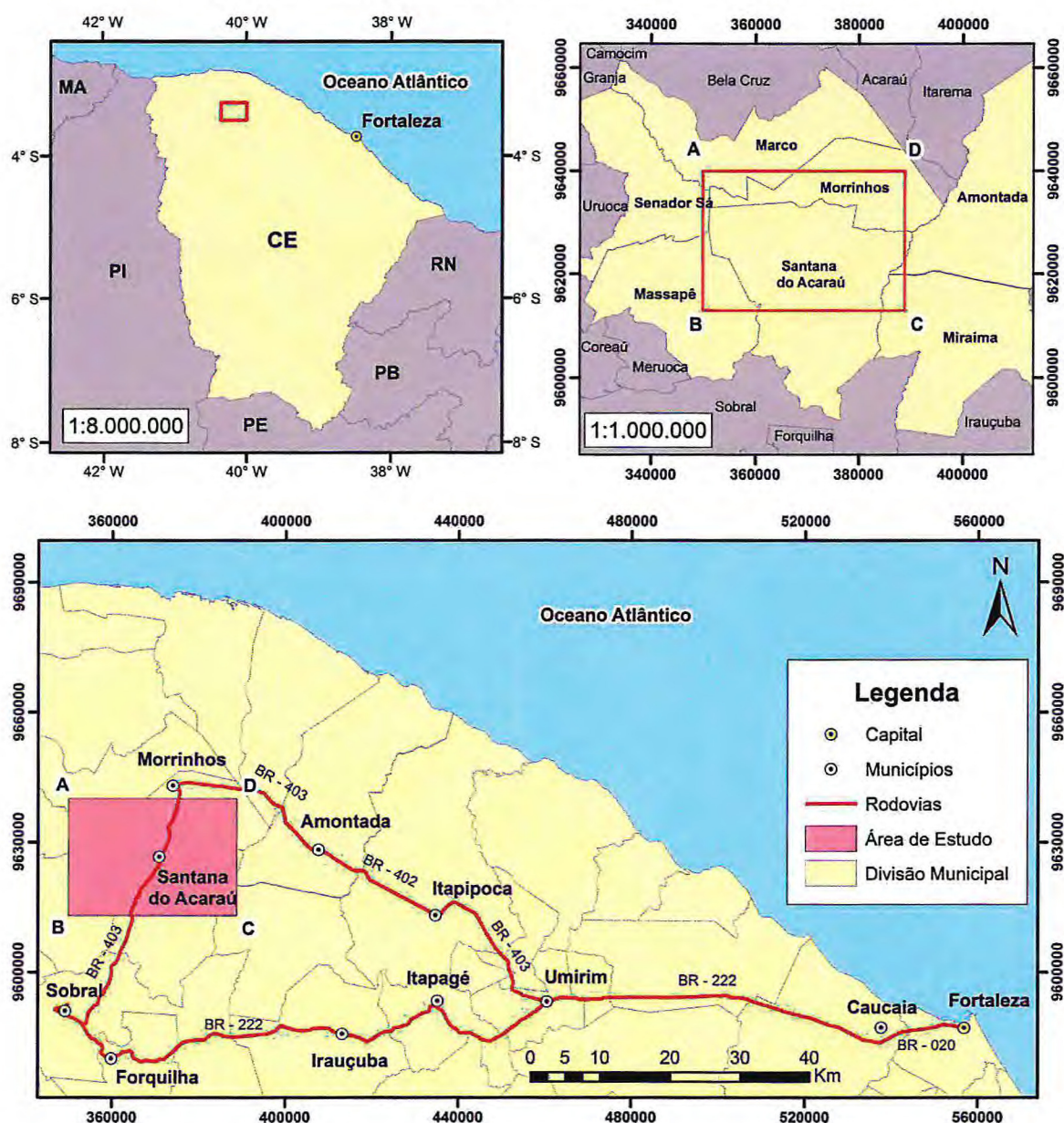
1.2.2 Objetivos Específicos

- (a) Investigar a relação entre fraturas e a organização da rede de drenagem;
 - (b) Correlacionar informações litotectônicas primárias e secundárias (pré-existentes) com a rede de drenagem, tentando identificar o controle tectônico na morfologia da região;
 - (c) Compartimentar a área em domínios morfoestruturais, segundo a rede de drenagem e a sua influência tectônica.
-

1.3 Localização e Acesso

Geograficamente, a área de pesquisa (Figura 1) situa-se na região noroeste do Estado do Ceará, abrangendo parte dos municípios de Amontada, Marco, Massapê, Miraima, Morrinhos, Santana do Acaraú e Senador Sá. É definida por um polígono cujas extremidades são dadas pelas coordenadas em UTM descritas a seguir (Tabela 1).

Figura 1: Localização da área de pesquisa com as principais vias de acesso.



Fonte: Modificado Cavalcante et al., (2003).

Tabela 1: Coordenadas UTM da área pesquisada (Zona 24S, WGS84).

Vértices	Coordenadas (UTM)	
A	350000	9640000
B	350000	9613000
C	389000	9613000
D	389000	9640000

Fonte: Própria

Partindo-se de Fortaleza, o acesso até o município de Santana do Acaraú, pode ser realizado pela rodovia BR-222, passando por Umirim, Itapagé, Irauçuba até a cidade de Sobral, onde se deve rumar pela rodovia BR-403 até o destino. A distância do percurso é de aproximadamente 250 km, existindo outros trechos alternativos.

A base cartográfica utilizada para o trabalho foi a folha topográfica Bela Cruz (SA.24-Y-D-I), na escala 1:100.000 elaborada pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE (1972).

Capítulo – II

METODOLOGIA DE TRABALHO

Para atingir os objetivos propostos no item 1.2, foram empregados os seguintes procedimentos metodológicos:

2.1 Etapa de Gabinete

2.1.1 Levantamento Bibliográfico e Cartográfico

Nesta etapa inicial foi efetuada a revisão bibliográfica que serviu de subsídio teórico no entendimento da área estudada, bem como para a elaboração do trabalho como um todo.

Paralelamente a isso, foram adquiridas cenas refinadas de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), fornecidas pelo *site* do INPE <<http://www.dsr.inpe.br/topodata>> através do projeto TOPODATA, a folha topográfica Bela Cruz (SA-24-Y-D-I) da base de dados da SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, na escala de 1:100.000 e dados vetoriais da CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, afim de auxiliar na elaboração dos mapas-base preliminares de campo.

2.1.2 Análise Morfoestrutural

A caracterização morfoestrutural apresentada neste trabalho procedeu-se primeiramente com a elaboração do mapa de drenagem. A rede de drenagem foi elaborada de forma automática a partir do Modelo Digital de Elevação – MDE, no programa Arcgis 10.1, em que foi possível identificar e gerar um arquivo vetorial base para a identificação dos lineamentos, padrões e anomalias de drenagens.

As formas de relevo foram identificadas a partir do sombreamento gerado pela manipulação dos dados oriundos da imagem SRTM levando em consideração a textura apresentada.

Os diagramas rosáceos, representativos das orientações dos lineamentos morfoestruturais, foram obtidos por análise no aplicativo Grapher 8. A atribuição das propriedades de drenagens a fatores tectônicos seguiu critérios apresentados em Howard (1967), adaptações de Proud'Homme (1972), além das considerações genéticas de Deffontaines & Chorowicz (1991).

2.2 Etapa de Campo

A campanha de campo, realizada no mês de junho, resultou na descrição de 59 afloramentos quanto à litologia e estruturas ao longo de toda área de estudo (APÊNDICE E – Mapa de pontos), das quais foram utilizadas as técnicas usuais empregadas em mapeamento geológico. Também foram verificadas as feições do terreno identificadas nas imagens de satélite, visando obter dados através da correlação com as observações feitas na fotointerpretação de produtos de sensoriamento remoto.

Durante essa atividade foram coletadas várias amostras, para a confecção de lâminas delgadas e posterior descrição microscópica. Para auxiliar na amostragem, utilizou-se um GPS Garmin Etrex configurado no datum horizontal WGS-84, com a precisão variando em torno de 9-10 metros.

2.3 Etapa de Laboratório

A etapa de laboratório envolveu primeiramente a organização de todos os dados obtidos através da fotointerpretação juntamente com as anotações e observações levantadas em campo e na literatura.

Nove seções delgadas foram descritas no Laboratório de Microscopia da Universidade Federal do Ceará – UFC, com o intuito de definir com mais segurança os tipos de rochas e, por fim, ajudar na delimitação das diferentes litologias.

2.4 Etapa Final

Nesta etapa, os dados coletados em campo e obtidos em laboratórios foram interpretados, sendo os dados estruturais tratados no software Grapher, assim como os mapas foram confeccionados através do software ArcGIS 10.1. Como resultados finais, foram obtidos mapas de pontos, geológico, drenagem, anomalias e compartimentação expostos nesta monografia.

Capítulo – III

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

3.1 Geomorfologia

A Geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo. Essas formas organizam-se espacialmente ao longo de determinada superfície, composta pelas diversas características morfológicas da paisagem, com uma evolução para a configuração atual através de determinados processos ou interações entre vários processos (CHRISTOFOLETTI, 1974, p.1).

As unidades geomorfológicas representadas na área incluem a Depressão Sertaneja e os Tabuleiros Pré-Litorâneos.

Sobre a topografia aplainada e litologia diversificada que condiciona a Depressão Sertaneja, emergem elevações como a Serra do Mucuripe (Figura 2) e Serrote do Morro.

Figura 2 – Serra do Mucuripe, Santana do Acaraú – CE (Vista para NW).



Fonte: Própria.

Na porção leste da área encontram-se os Tabuleiros Pré-Litorâneos que, de acordo com o Nascimento *et al.* (1981), caracterizam-se por apresentar uma superfície plana com relevos dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas baixas e inclinações suaves em direção ao mar. Distribuem-se como uma faixa de largura variável que acompanha a linha de costa por trás dos depósitos eólicos antigos e atuais.

3.2 Clima

A análise das condições climáticas de uma região é importante, pois o clima se reflete nos processos e formas geomorfológicas, no regime dos rios e, portanto, na

disponibilidade dos recursos hídricos, na formação e espessura dos solos e na distribuição e padrão da cobertura vegetal, dentre outras, singularizando as condições geoecológicas da unidade ambiental (Bastos, 2012, p.468 *apud* ZANELLA, 2007).

De acordo com o IPECE (2012), a região em estudo apresenta um clima do tipo tropical quente semiárido, caracterizado por um regime de chuvas fortemente concentrado em quatros meses (janeiro-abril). A temperatura média anual situa-se em torno de 26 a 28°C, resultando em elevado índice de evapotranspiração, fazendo com que o balanço hídrico se apresente na maioria das vezes negativo.

3.3 Solos

Os principais tipos de solos encontrados por toda área são: neossolo litólico, neossolo flúvico, planossolo nátrico e argissolo vermelho-amarelo pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2006) (Figura 3).

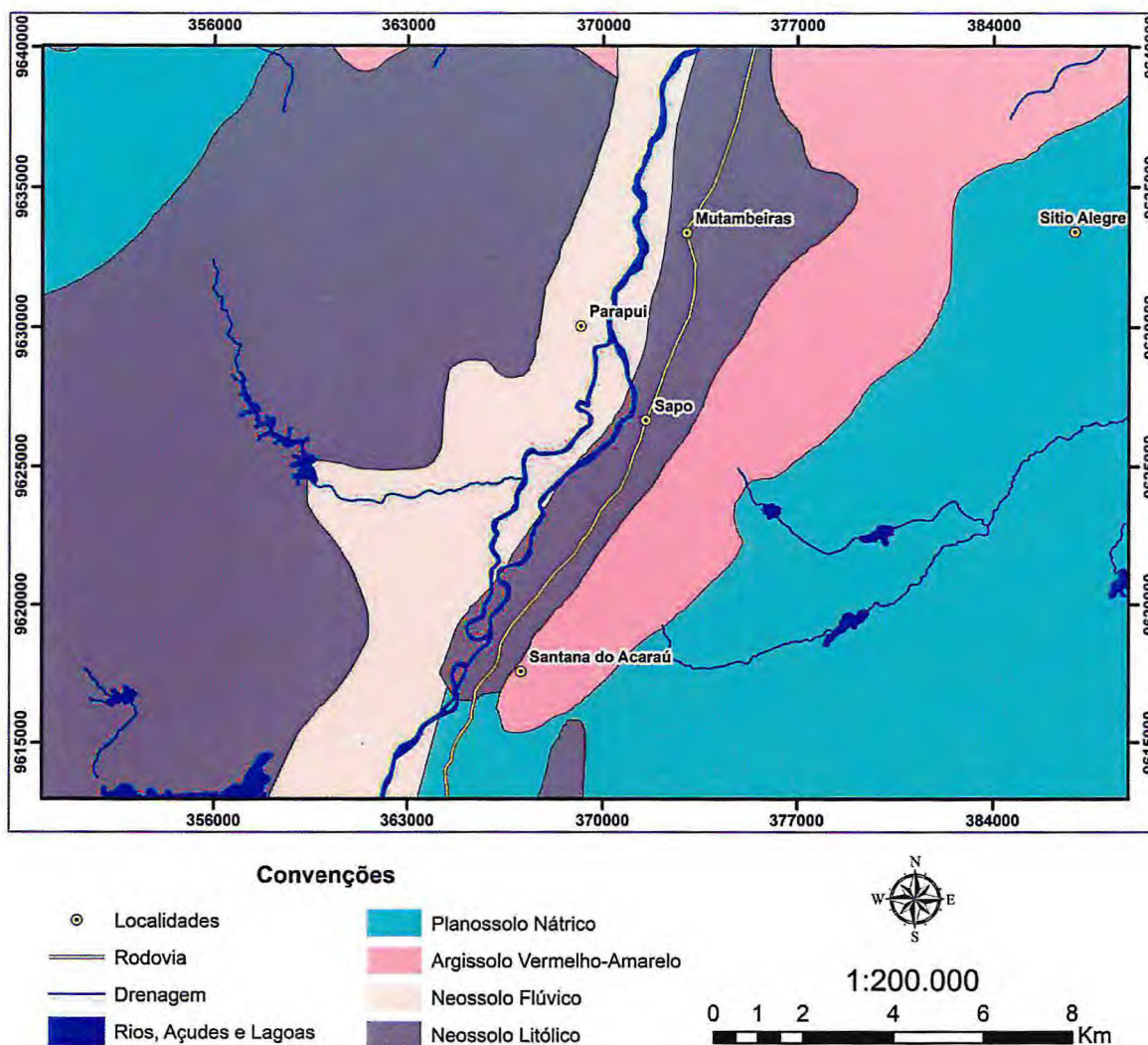
Neossolos litólicos compreendem solos rasos, pouco desenvolvidos onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm. Normalmente, são bem a fortemente drenados, estando associados a relevos mais declivosos. Porém, podem ocorrer em áreas mais planas sob a influência do lençol freático e são provenientes da decomposição dos terrenos cristalinos.

Neossolos flúvicos são pouco evoluídos, derivados de sedimentos aluviais referidos ao período Quaternário. Em geral apresentam cores, texturas e uma granulometria diversificada devido à heterogeneidade da deposição.

Planossolos nátricos são relativamente rasos com alta saturação por sódio. Devido ao gradiente textural ser elevado, estes solos são muito susceptíveis à erosão que também é favorecida pela baixa permeabilidade do horizonte B. Quanto à exploração agrícola, a fertilidade natural destes solos é limitada.

Argissolo vermelho-amarelo são solos desenvolvidos sobre rochas do Grupo Barreiras e sobre rochas pré-cambrianas. É um solo profundo, bem estruturado e drenado que devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita apresentam cores vermelho-amareladas.

Figura 3 – Mapa representativo dos tipos de solos encontrados na área de estudo.



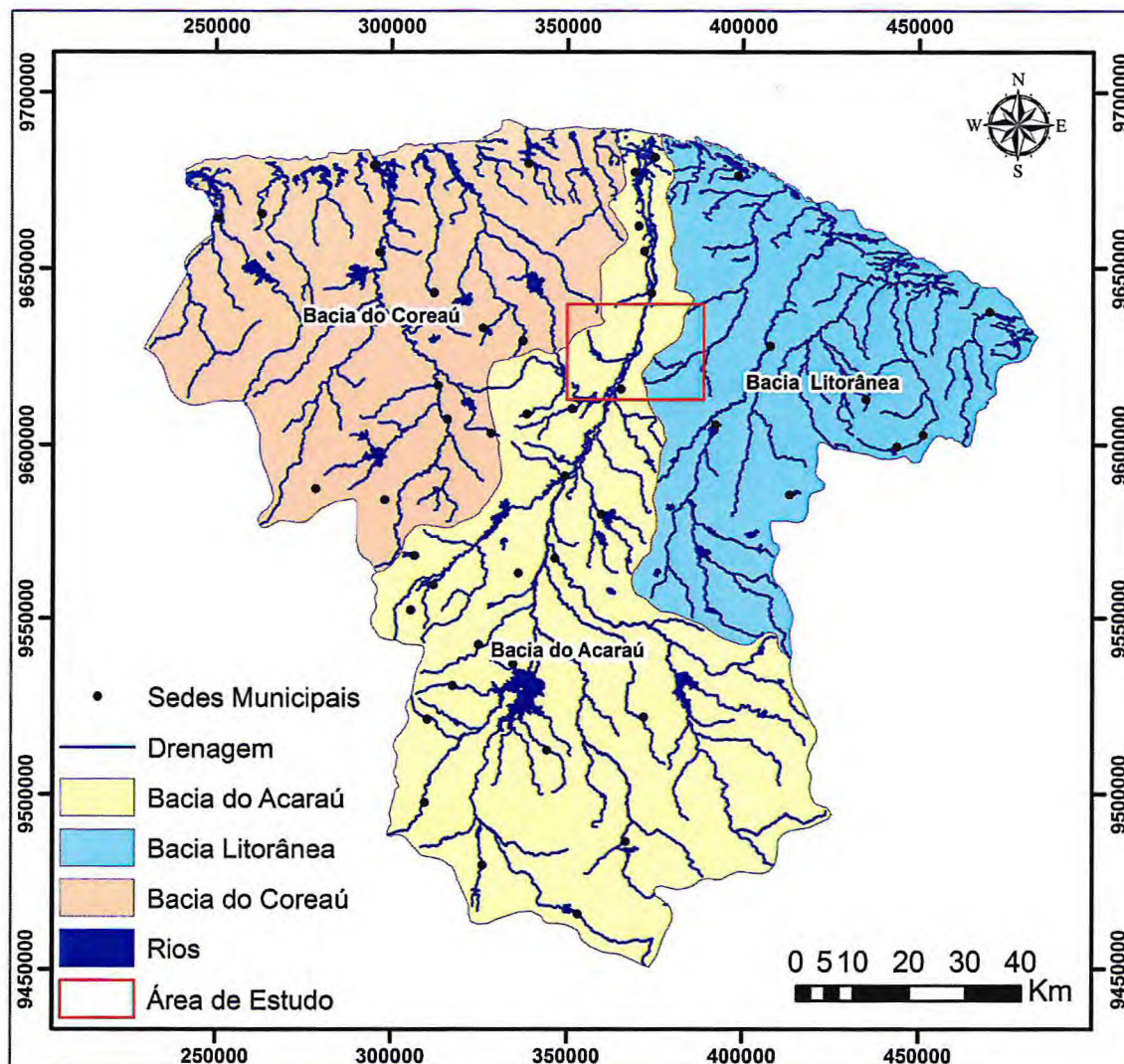
Fonte: Cavalcante et al., 2003 (Modificado).

3.4 Hidrografia

O regime hidrológico do Estado é condicionado pelo regime pluviométrico (caracterizado pela irregular distribuição de chuvas) e pelas condições geológicas das áreas, onde se situam as diversas bacias hidrográficas (MORAIS *et al.*, 1997, p. 26).

Quanto aos recursos hídricos, podemos dizer que a área é abastecida pelas bacias do Acaraú, Coreaú e Litorânea (Figura 4). No entanto a mais representativa é a Bacia do Acaraú, onde se encontra o rio principal de sentido sul-norte que corta a área na sua porção central, o rio Acaraú.

Figura 4 – Mapa representativo das principais bacias hidrográficas da área de estudo.



Fonte: Cavalcante et al., 2003 (Modificado).

3.5 Vegetação

A vegetação característica da região é do tipo caatinga arbórea com ocorrências locais de caatinga aberta e floresta mista dicótilo-palmácea (mata ciliar) ao longo dos cursos dos rios.

Segundo Rizzini (1997, p.515), a caatinga é um complexo vegetacional constituído por arvoretas e arbustos decíduos durante a seca, com presença frequente de espinhos, cactáceas, bromeliáceas e ervas quase todas anuais. Apresentam ainda muitos râmulos secos e duros mais ou menos espiniformes. As folhas são pequenas e compostas.

Capítulo – IV

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

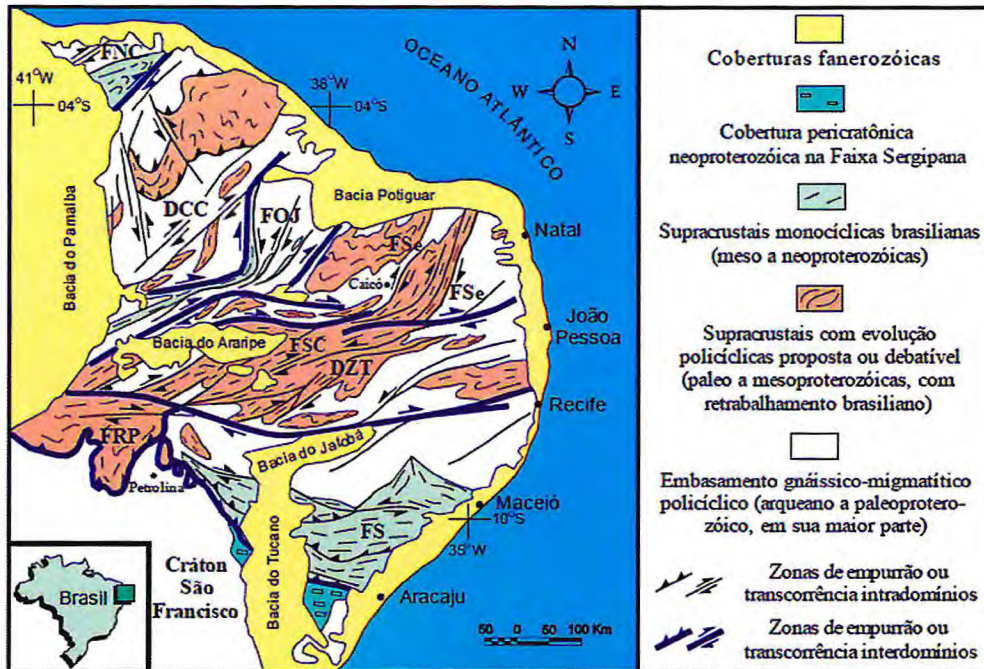
4.1 Província Borborema

O conceito de Província Borborema (PB) foi proposto por Almeida *et al.* (1977,1981) como uma vasta região localizada na porção nordeste da Plataforma Sul-Americana, recobrando uma área aproximada de 450.000 km² abrangendo parte dos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí. Tal província é representada por um marcante registro da atuação de atividades tectono-termiais durante o Neoproterozóico, tornando-se conhecida como palco de intensa atuação do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, com volumoso plutonismo granitóide e desenvolvimento de zonas de cisalhamento transcorrentes.

A Província Borborema, como um todo, é conhecida como uma área composta por uma colagem de diferentes terrenos crustais separados por falhas e lineamentos importantes. Situa-se entre os Crátons Oeste-Africano, Amazônico e São Francisco-Congo, estendendo-se ainda sob a bacia sedimentar do Parnaíba (MABESSONE, 2002).

Jardim de Sá (1994) subdividiu a Província Borborema em sete domínios estruturais: Faixa Sergipana; Faixa Riacho do Pontal; Domínio da Zona Transversal; Faixa Seridó; Faixa Orós-jaguaribe; Domínio Ceará Central e a Faixa Noroeste do Ceará ou Domínio Médio Coreau (Figura 5).

Figura 5 – Regiões da Província Borborema com evolução monocíclica ou policíclica, e delimitação em subprovíncias ou domínios estruturais, segundo Jardim de Sá *et al.* (1988), Caby *et al.* (1991) e outros, representado em Jardim de Sá (1994).



Fonte: Santos, C. A. dos (2012).

4.2 Domínio Médio Coreaú

O Domínio Médio Coreaú apresenta limites bem definidos e está situado a noroeste da Província Borborema, limitando-se a oeste com a Bacia do Parnaíba e a leste pelo lineamento Sobral-Pedro II ou Transbrasiliano, que a separa do Domínio Ceará Central. A atuação desse megalineamento intensamente deformado com *trend* NE e idade brasileira, em conjunto com outras zonas de cisalhamento de mesma direção, dificulta a reconstituição da estratigrafia original, colocando a maioria das unidades em contatos alóctones entre si.

Segundo Torquato & Nogueira Neto (1996), esta região corresponde a um cinturão, o qual engloba uma variada gama de litotipos com distintas idades e origens numa mesma unidade tectônica. Esse domínio também é caracterizado por bacias extensionais de natureza molássica associadas a vulcanismo bimodal, e plutonismo epizonal.

O Domínio Médio Coreaú como atribuído por Brito Neves (1983), Caby *et al.* (1991), Torquato (1995) e Torquato & Nogueira Neto (1996), pode ser dividido litoestratigraficamente em Complexo Granja, Grupo São Joaquim, Martinópolis, Ubajara e Jaibaras.

O embasamento é composto por diversos tipos de gnaisses e migmatitos, que sofreram um metamorfismo do fácies anfíbolito a granulito (SANTOS *et al.* 1998). Sobreposto a esse embasamento tem-se uma sequência neoproterozóica vulcanossedimentar pertencente ao Grupo Martinópolis e um cinturão de dobramentos de rochas carbonáticas-pesamíticas-pelíticas (rochas supracrustais) pertencentes ao Grupo Ubajara. Uma série de bacias transtrativas ocorre ao longo do Lineamento Transbrasiliano, onde plutons pós-orogênicos ocuparam espaços formados por movimentos distensionais tipo *pull-apart* (granito Mucambo e Meruoca). Alguns desses espaços foram preenchidos por molassas vulcanossedimentares brasileiras, como Grupo Jaibaras, e cobertos por rochas sedimentares pertencentes à Bacia do Parnaíba (BRITO NEVES *et al.* 2000).

O Grupo São Joaquim em alguns trabalhos é considerado como uma formação pertencente ao Grupo Martinópolis, como um grupo mais antigo formado principalmente por quartzitos e, subordinadamente, micaxistos, paragnaisses, mármore e metavulcânicas, que apresentam também uma deformação polifásica e metamorfismo variando do fácies xisto verde ao anfíbolito (PEDREIRA e TORQUATO, 1991).

O Grupo Martinópolis é composto por filitos, micaxistos, quartzitos, metarenitos intercalados por metacarbonatos e metabásicas. Essas rochas foram afetadas por dois eventos deformacionais, pelo menos, onde as mais jovens foram metamorfozadas no fácies xisto-verde durante o Ciclo Brasileiro (NASCIMENTO *et al.* 1981).

O Grupo Ubajara, repousa discordantemente sobre o Grupo Martinópolis e é caracterizado por um ciclo tectono-sedimentar de margem continental (BRITO NEVES, 1983), sugerido devido a presença de uma sedimentação típica de plataforma carbonática em conjunto com uma sedimentação clástica. O grau metamórfico varia de xisto verde baixo a médio e a deformação é caracterizada por baixo *strain* com uma boa preservação das estruturas primárias. Alguns autores interpretam essa unidade como uma molassa precoce enquanto outros descrevem um padrão deformacional mais complexo, com sedimentação desde pré a sin-orogênica, em relação ao Ciclo Brasileiro.

O Grupo Jaibaras foi depositado no início do Fanerozóico e encontra-se preservado em uma estrutura tectônica semelhante a um gráben paralelo à Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II, o qual exerceu forte controle no processo deposicional. Estratigraficamente, segue-se a proposta de Costa *et al.* (1979), que da base para o topo apresenta as formações Massapê (brechas e conglomerados), Pacujá (arenitos finos e rochas pelíticas), Parapuí (vulcânicas bimodais) e Aprazível (conglomerados a brechas). Associação

litológica equivalente a do Grupo Jaibaras acha-se presente também na Bacia de Sairi (Costa *et al.*, 1979), porém com ocorrência muito localizada de rochas hipo-abissais da Formação Parapuí (SOUZA & SABADIA, 1988).

A Formação Massapê representa a base do grupo e é caracterizada pelos conglomerados e brechas polimíticas sustentados pelo arcabouço. As porções mais proximais apresentam camadas decimétricas com gradação inversa pouco organizadas e as porções mais distais as camadas são centimétricas com gradação normal.

Conforme destaca Teixeira *et al.* (2004), a Formação Pacujá é constituída por arenitos finos a médios arcosianos e micáceos, em camadas decimétricas bem estratificadas e intercaladas com folhelhos, com os conglomerados ocorrendo de forma subordinada.

A suíte Parapuí é composta por rochas vulcânicas e subvulcânicas que ocorrem em derrames, sills e diques, intercalados ou intrusivos nos sedimentos da Formação Pacujá, com ocorrência restrita à bacia Jaibaras. Na bacia do Sairi, por exemplo, ocorrem rochas de composições e idades similares. As rochas que compõe esta suite são andesitos, riolitos, sienitos, basaltos andesíticos, doleritos e vulcanoclásticas com um grau de alteração variado. Segundo alguns autores como Jardim de Sá (1979) e Nascimento (1981), a atividade ígnea não ocorreu unicamente durante a formação da bacia, mas também atuou em uma fase pós-sedimentação gerando uma complexidade na posição estratigráfica deste vulcanismo.

A colocação dos granitos de Meruoca e Mucambo afetou as rochas do Grupo Ubajara, retrabalhando-as e formando uma grande auréola de metamorfismo térmico (Destro, 1987). Esta granitogênese é tratada como pós-orogênica, com relação ao Ciclo Brasileiro, onde os granitoides preenchem espaços gerados por uma tectônica transtrativa que produz estruturas do tipo *pull apart*. A origem deste plutonismo é tratado por Nascimento *et al.* (1981) como uma provável associação comagmática as rochas do vulcanismo Parapuí.

O *pluton* Mucambo ocupa uma área de aproximadamente 200 km² e encontra-se disposto discordantemente de suas encaixantes. Na parte oeste, o corpo é marcado pelo desenvolvimento de auréolas de contato com os metassedimentos do *Graben* Ubajara. Em contraste, no contato leste, com o Grupo Jaibaras, falta evidências externas de metamorfismo de contato (OLIVEIRA, 2000).

O *pluton* Meruoca possui uma forma aproximadamente quadrada compreendendo uma área de cerca de 400 km². Os contatos com as encaixantes são marcados por falhas e zonas de cisalhamento, onde em alguns locais se desenvolve auréolas de metamorfismo de contato com as rochas encaixantes. Análises petrográficas revelaram a existência de um fácies

de granulometria fina a grossa com fayalita, K-feldspato, biotita e hornblenda (OLIVEIRA, 2000).

A Formação Aprazível é caracterizada por conglomerados polimíticos sustentados pelo arcabouço e pela matriz, maciços ou estratificados, contendo clastos de rochas vulcânicas, gnaisses, granitos, rochas calciossilicáticas, quartzo, anfíbolitos, riolitos, mármore, milonitos, siltitos e arenitos, com tamanhos que variam de grânulos até matacões. A matriz é arenosa arcoseana grossa a muito grossa, localmente microconglomerática. Ocorrem, em menor proporção, arenitos arcosianos médios a grossos maciços, localmente com estratificação cruzada acanalada, e também intercalações de camadas contínuas lateralmente de arenitos arcosianos com pelitos laminados com níveis gradados. Estes arenitos apresentam laminação plano-paralela, laminação cruzada cavalgante, localmente estratificação acanalada de pequeno porte, lineação de partição e laminação convoluta. Na superfície das camadas de arenitos ocorrem, eventualmente, marcas onduladas simétricas e assimétricas (QUADROS, 1996).

Conforme Abreu *et al.* (1988), no domínio da Faixa Noroeste do Ceará existem dois conjuntos litoestruturais precambrianos. O primeiro possui uma evolução mais antiga e complexa, envolvendo terrenos metamórficos de alto a médio grau, engloba os complexos infracrustais gnáissico-migmatíticos e suprecrustais dos Grupos Martinópole e São Joaquim. Estes grupos se encontram em um contexto de rampa lateral com transporte para sudoeste, gerando desmembramento e aloctonia entre as unidades. O segundo conjunto, composto pelos Grupos Ubajara, Jaibaras e granitos intrusivos (tipo Meruoca e Mocambo), de deformação mais simples, pode ser entendido num contexto de tectônica transcorrente que propiciou a origem de bacias e batólitos, alojados sob um regime transtrativo.

4.3 Domínio Ceará Central

O Domínio Ceará Central (DCC) é a unidade geotectônica mais extensa da Província Borborema, com aproximadamente 80.000 km², compreendendo quase a totalidade do Estado do Ceará. É um produto de uma longa e complexa história geológica, que se iniciou no Arqueozoico. Está situada mais especificamente entre as zonas de cisalhamento Sobral-Pedro II (Lineamento Transbrasileiro) a NW e pela zona de cisalhamento Senador Pompeu a SE e encoberto por sedimentos da Bacia Parnaíba a WSW.

O DCC é caracterizado por uma tectônica tangencial de baixo ângulo, resultado em ocorrência de estruturas em “nappes” no setor norte, envolvendo um embasamento gnáissico policíclico e uma cobertura alóctone (CABY & ARTHAUD, 1986).

Fetter *et al.* (2000) subdividiu ainda mais o DCC a fim de obter um melhor detalhamento. Esta subdivisão foi realizada em quatro unidades geotectônicas a saber: Embasamento Arqueano, Terrenos Acrescionários do Paleoproterozóico, Terreno Santa Quitéria e Coberturas Neoproterozóicas.

Os terrenos que afloram no embasamento arqueano estão distribuídos ao longo da borda ocidental da zona de cisalhamento Senador Pompeu, somando cerca de 6.000 Km², representando pequenos núcleos envoltos por complexos gnáissicos do embasamento paleoproterozóico. De acordo com Fetter (1999), este núcleo arqueano é representado pelo maciço de Tróia que inclui as unidades Tróia-Pedra Branca e Mombaça, separados pela zona de cisalhamento Sabonete-Inharé.

Pessoa *et al.* (1986) obtiveram uma idade Rb-Sr de $2,6 \pm 0,1$ Ga em leucognaisse peraluminoso e Fetter *et al.* (2000) definiu a idade U-Pb em zircão de $2,776 \pm 65$ Ma e uma idade modelo (T_{DM}) de 2,81 Ga com ϵ_{ND} (+2,1) para migmatitos, implicando em crosta juvenil.

Terrenos gnáissico-granulíticos localizados entre as zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Sabonete-Inharé (Complexo Mombaça), compostos principalmente por rochas gnáissicas e granulíticas de composição tonalítica e granodiorítica, têm apresentado idades modelo (T_{DM}) entre 2,8 e 3,04 Ga e idades U-Pb em zircão de $2,857 \pm 42$ Ma e $2,794 \pm 77$ Ma (FETTER, 1999).

Os terrenos acrescionários do Paleoproterozóico de acordo com Fetter (1999) e Fetter *et al.* (2003), consistem basicamente de uma crosta continental formada num intervalo de tempo de cerca de 50 Ma, durante a orogenia Transamazônica. Estão localizados entre o complexo de Santa Quitéria e a zona de cisalhamento Senador Pompeu correspondendo ao Grupo Itatira e a uma porção do Grupo Ceará sendo constituídos por paragneisses, ortogneisses, quartzitos, xistos e carbonatos.

Fetter (1999), determinou através de análises de rochas dessas unidades idades com o modelo Nd (T_{DM}) variando entre 2,22 a 2,44 Ga e idades U-Pb em zircões provenientes de gnaisses tonalíticos de 2,10 a 2,14 Ga e valores ϵ_{ND} de (+1,9 a -0,6).

As coberturas Neoproterozóicas apresentam-se bordejando praticamente todo o arco de Santa Quitéria com ocorrência de sequências supracrustais. Essas unidades foram incluídas no Complexo Ceará, individualizando nas unidades Independência e Canindé.

De acordo com Paiva *et al.* (2003), a unidade Independência é representada por paragneisses e micaxistos aluminosos com migmatização ou não, incluindo quartzitos, metacalcários, rochas calcissilicáticas, e mais raramente anfíbolitos. Já a unidade Canindé apresenta uma grande extensão compreendendo quase toda a área do Ceará Central, sendo uma das mais importantes. É composta por paragneisses, por vezes migmatizados, incluindo ortogneisses de caráter ácido e rochas metabásicas, anfíbolitos granadíferos ou não, e gnaisses dioríticos. Ocorre também metagabros e metaultramáficas serpentinizadas com lentes de quartzitos.

Conhecida anteriormente pelo termo “Complexo ou Maciço Santa Quitéria” e recentemente reconhecida por Terrenos Santa Quitéria pela indicação de Van Schums *et al.* (1997) apresenta à leste da zona de cisalhamento Sobral-Pedro II. Sua delimitação, ainda pouco precisa, encontra-se parcialmente estabelecida na porção centro norte do batólito (SANTOS *et al.*, 2003).

Fetter (1999) e Fetter *et al.* (2003), trata modernamente esse terreno como um complexo granito-migmatítico neoproterozóico, com dimensões batólicas e fases de magmatismo sucessivas que também são encontradas em outros arcos descritos na literatura.

Fetter (1999), obteve em tonalitos e granodioritos migmatizados idades U-Pb em zircão de 622 Ma e idade (T_{DM}) variando entre 0,9 a 1,16 Ga. Ainda com determinações Sm-Nd conseguiu mostrar a existência de uma fonte mista com materiais de uma fonte juvenil Neoproterozóica assim como do embasamento Paleoproterozóico.

4.4 Coberturas Devonianas a Holocênicas

As coberturas sedimentares enfocadas abrangem desde o Grupo Serra Grande (Devoniano) ao Grupo Barreiras (Mio-Pleistoceno) e Sedimentos Quaternários.

A Bacia do Parnaíba localiza-se na porção oeste da região nordeste do Brasil, ocupa uma área de 600.000 km², com uma seção sedimentar de até 3.500 metros de espessura no seu depocentro (Milani & Thomaz Filho, 2000). Abrange parte dos estados do Piauí, Maranhão, Tocantins, Pará, Bahia e Ceará. A sequência mais antiga da Bacia sedimentar do Parnaíba corresponde à unidade estratigráfica denominada Grupo Serra Grande, composta de

rochas clásticas (Santos & Carvalho, 2009). De acordo com Silva Filho (2004), o Grupo Serra Grande corresponde ao preenchimento do primeiro de três ciclos de evolução da bacia. Esse inicia-se por conglomerados areníticos de origem fluvial e glacial (Formação Ipu), seguidos de pelitos marinhos (Formação Tianguá) e arenitos de rios entrelaçados no topo (Formação Jaicós) (SILVA FILHO, 2004).

O Grupo Barreiras é composto por uma sequência de sedimentos detríticos, siliciclásticos, de origem fluvial e marinha, pouco ou não consolidados, mal selecionados, de cores variadas ocorrendo de modo consistente ao longo do litoral brasileiro, desde o Estado do Amapá até o Estado do Rio de Janeiro e repousando sobre o embasamento cristalino apresentando idades desde miocênicas a pleistocênicas (ARAI, 2006).

Conforme Sousa *et al.* (2008), as rochas em sua forma comum, são estratificadas horizontalmente e quando deformadas possuem fraturas, falhas e fortes basculamentos. São compostas por arenitos argilosos de granulação média a grossa, por vezes conglomeráticas, de tonalidades avermelhada, às vezes cimentadas por óxidos e hidróxidos de ferro e caulinita.

Ao longo dos estudos sobre esta unidade estratigráfica, muitos autores propuseram diferentes classificações para a sedimentação Barreiras, mas sempre persistiu a dúvida se ela trata-se uma formação de idade neogênica, ou de um “grupo” Barreiras mais amplo, conforme sugere Mabessone *et al.* (1972).

Cavalcante *et al.* (2003), adota a nomenclatura de Grupo Barreiras, no Estado do Ceará para os estratos em questão. Sendo assim o grupo é dividido em Formação Camocim, Faceira e Barreiras “Indiviso”. No entanto essa nomenclatura é bastante questionada e considerada ultrapassada, já que existe um maior consenso na separação em diversas formações.

Por fim, os sedimentos quaternários na área de estudo são caracterizados, conforme Cavalcante (2003), por depósitos aluviais (localmente coluviais) nos quais consistem principalmente de argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas.

4.6 Lineamento Transbrasiliano

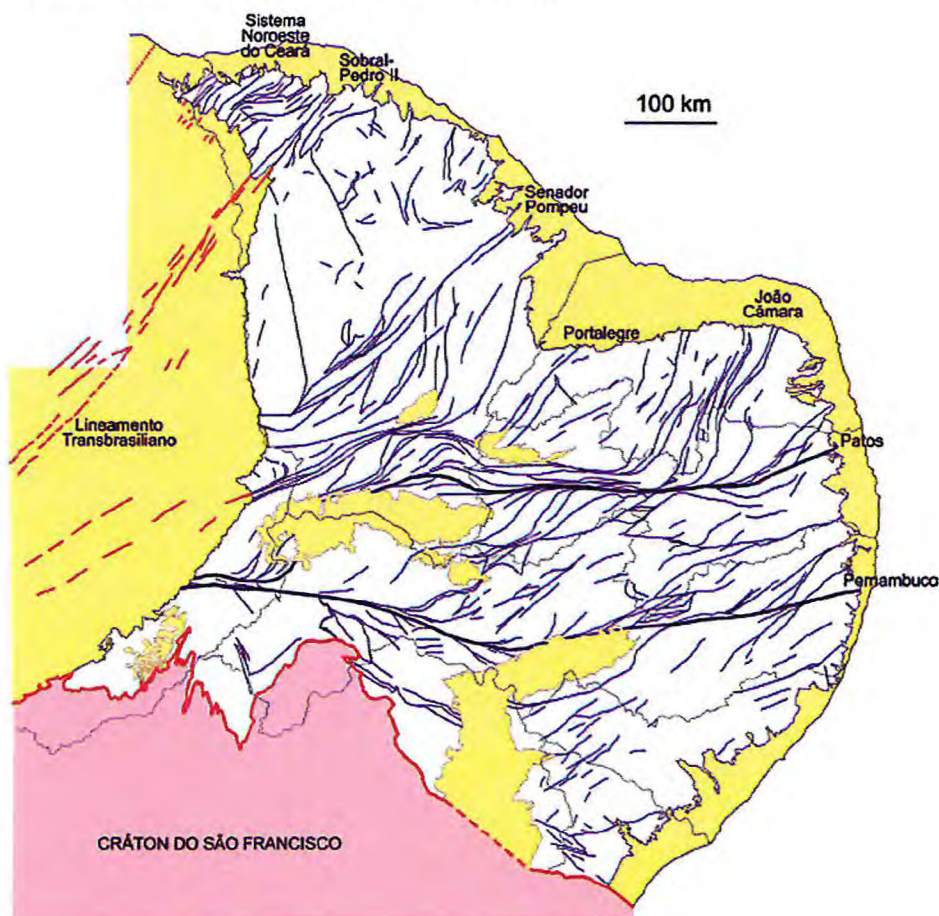
O Lineamento Transbrasiliano (LTB) foi definido por Schobbenhaus (1975), como uma descontinuidade de magnitude continental situada entre o Cráton Amazônico e a porção leste da Plataforma Sul-Americana (Feng *et al.* 2004), representando mega-sutura que

atuou na formação do supercontinente Gondwana, entre o final do Proterozóico e início do Paleozóico (CORDANI e SATO 1999, CORDANI *et al.* 2000, ALMEIDA *et al.* 2000).

Em território brasileiro, o LTB estende-se por uma distância de cerca de 2.700 km, desde o noroeste do Ceará, da Bacia do Parnaíba e do Estado de Goiás até o noroeste da Bacia Paraná, na região sudoeste do Mato Grosso do Sul, seguindo possivelmente até o limite entre os Crátos Rio de La Plata e Pampia (RAPELA *et al.* 2007, RAMOS *et al.* 2010).

No Ceará o Lineamento Transbrasiliano aflora entre a Bacia do Parnaíba e a faixa costeira, sendo ali representado pela Falha Sobral-Pedro II, em associação a outras falhas (Café-Ipueiras, Massapê, Humberto Monte, Forquilha) (SILVA FILHO, 2004). A zona de cisalhamento Sobral-Pedro II é a principal descontinuidade do conjunto e limita o Domínio Médio Coreaú e Ceará Central.

Figura 6 – Principais zonas de cisalhamento da Província Borborema (Simplificado de Angelim *et al.* 2004a, 2004b, 2004c, Kosin 2004, Vasconcelos 2004a, 2004b e 2004c).



Fonte: Hasui (2012), p. 283.

Capítulo –V

CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

5.1 Apresentação

O presente capítulo tem por objetivo a descrição e caracterização macro e microscópica dos litotipos identificados na área de estudo. Para isso utilizou-se a descrição dos afloramentos em campo e a análise petrográfica de algumas amostras coletadas, além das informações bibliográficas disponíveis.

Com base no mapa geológico da CPRM (CAVALCANTE *et al.*, 2003), pode-se verificar na área estudada 13 unidades litoestratigráficas distintas (APÊNDICE C – Mapa Geológico) que se encontra da base para o topo: Complexo Granja, Unidade Canindé e Independência (Complexo Ceará), Formação São Joaquim e Covão (Grupo Martinópolis), Granitóides, Grupo Jaibaras, Formação Ipú (Grupo Serra Grande), Formação Barreiras e por fim os depósitos aluviais holocênicos.

Durante a etapa de campo confirmou-se algumas dessas litologias através da descrição de 59 (cinquenta e nove) afloramentos, dos quais estão dispostos no mapa em anexo (APÊNDICE E - Mapa de Pontos). Foram ainda confeccionadas 09 lâminas delgadas com enfoque nos aspectos mineralógicos e texturais para melhor caracterizar os litotipos mapeados.

5.2 Litoestratigrafia

5.2.1 Complexo Granja

5.2.1.1 Ortognaisses

Ortognaisses de composição granodiorítica afloram no setor centro oeste da área estudada, situados próximo ao açude São Vicente. Estão expostos em lajedos e pedreiras (Figura 7) provavelmente resultado de protólito afetado por deformação e metamorfismo durante o ciclo brasileiro. Apresentam uma coloração acinzentada onde em certos locais encontram-se veios pegmatíticos de espessura métrica e também veios de epidoto cortando-os.

O plano de foliação é definido segundo a atitude 315°/74.

Figura 7 – Panorâmica do afloramento de ortognaisses de composição granodiorítica.



Fonte: Própria.

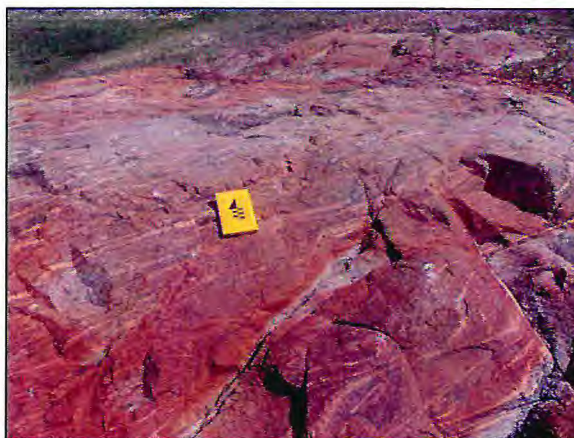
5.2.2 Complexo Ceará

5.2.2.1 Unidade Canindé

As rochas da Unidade Canindé afloram onde o relevo é bastante aplainado. Está representada na área principalmente pelos biotita-gnaisses, granito-gnaisses, anfíbolitos e mobilizados pegmatóides.

Os biotitas-gnaisses ocorrem em maior parte dessa unidade em formas de lajedos ou matacões. Estão bastante preservados, mas por vezes encontram-se alterados em afloramentos mais próximos as drenagens (Figura 8). No geral sua coloração varia em tons de cinza com bandamento centimétrico composto basicamente por quartzo, feldspato, biotita e por vezes muscovita e anfibólios. Nota-se bem as feições estruturais como as foliações de atitudes 304/76, 296/22, 136/60 e 300/70. As fraturas apresentam uma direção preferencial NW-SE e NE-SW.

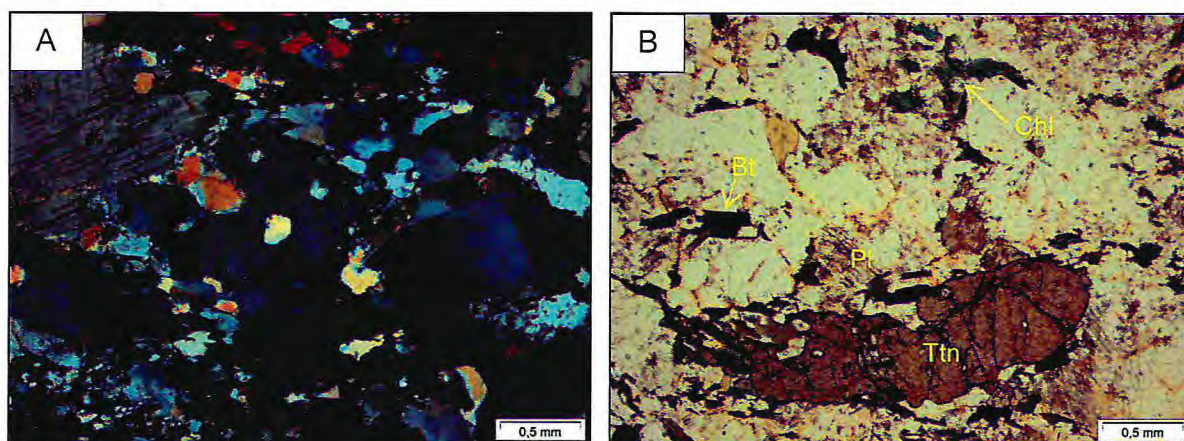
Figura 8 – Vista geral de ocorrência de biotita gnaiss. Ponto BC-36 (UTM 373506/9617946).

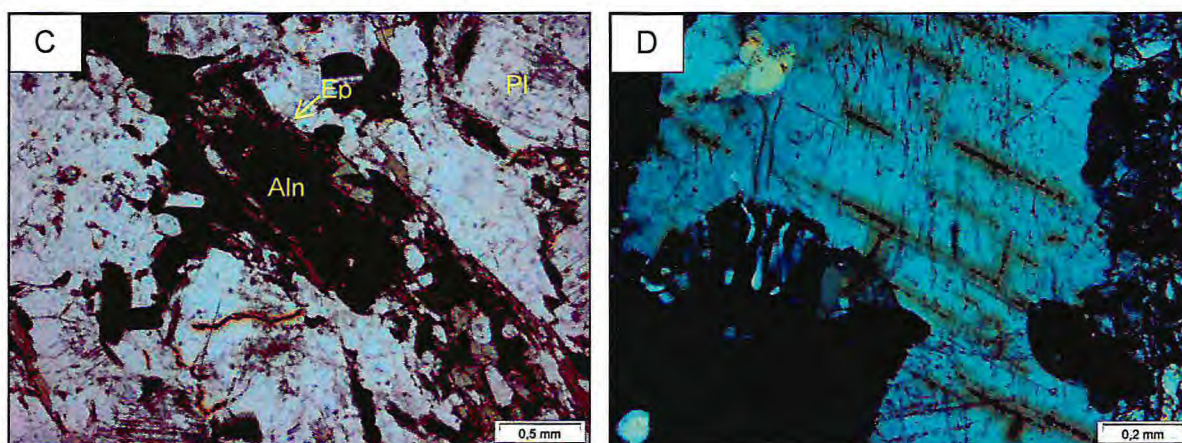


Fonte: Própria.

Em lâmina delgada o biotita-gnaiss é representado mineralogicamente por plagioclásio, feldspato potássico, quartzo, biotita e com os minerais acessórios titanita, alanita e epidoto (Figura 9B e 9C). Os minerais de biotita juntamente com os minerais de quartzo e feldspatos marcam o bandamento conforme mostra a figura 9A. Nota-se, além do desenvolvimento de mimerquita que ocorre em função do *stress* aplicado (Figura 9D), o aparecimento de pertita devido à deformação.

Figura 9 – Fotomicrografia biotita-gnaiss. A) Bandamento marcado pela biotita e orientação dos minerais de quartzo e feldspatos. B) Titanita. C) Alanita e Epidoto. D) Desenvolvimento de mimerquita e pertita.



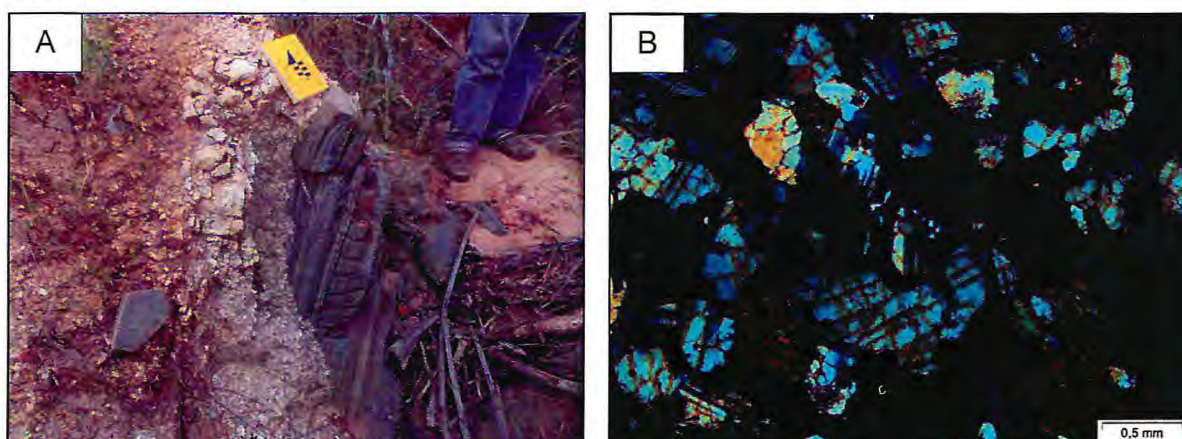


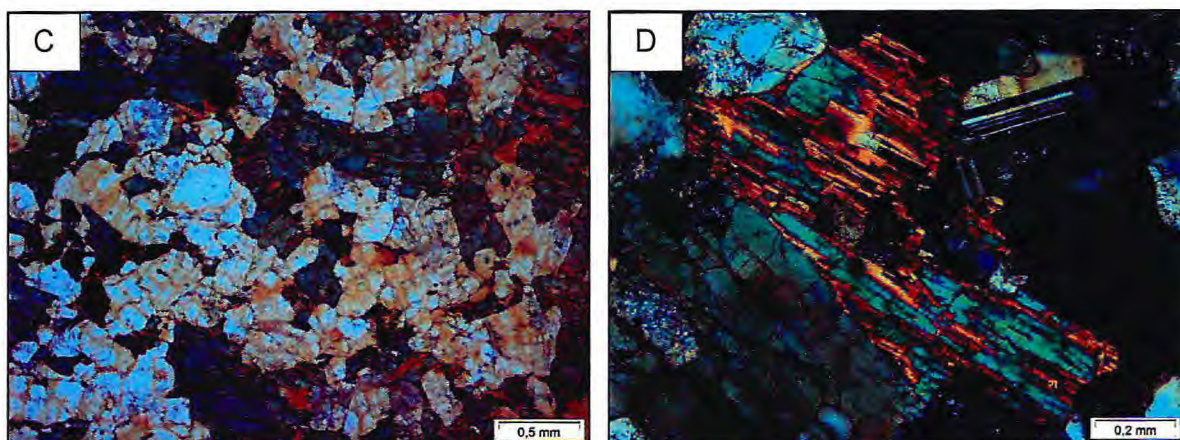
Fonte: Própria.

As rochas anfibolíticas estão presentes na porção centro leste da área, expondo uma bandamento composicional milimétrico à centimétrico com bandas escuras (anfíbólio) e claras (plagioclásio e quartzo) representadas na figura 10A. Constata-se um plano de foliação com atitude $123^{\circ}/62$ e, cortando esse afloramento, um veio de quartzo.

Ao microscópio, mostram uma textura granonematoblástica composta essencialmente por anfíbólio, plagioclásio e quartzo (Figura 10B). Como minerais acessórios, foram identificados opacos e titanita. Podemos destacar ainda que os anfíbólios estão orientados, como destacado na figura 10C, e determinou-se que esses anfíbólios pertencem à série actinolita-tremolita (Figura 10D).

Figura 10 – Anfíbólio com bandamento milimétrico à centimétrico cortado por veio de quartzo. Ponto BC – 41 (UTM 383695/9624660). B) Fotomicrografia exibindo a textura granonematoblástica e mineralogia principal. C) Orientação ressaltada pelos cristais de anfíbólio. D) Actinolita.



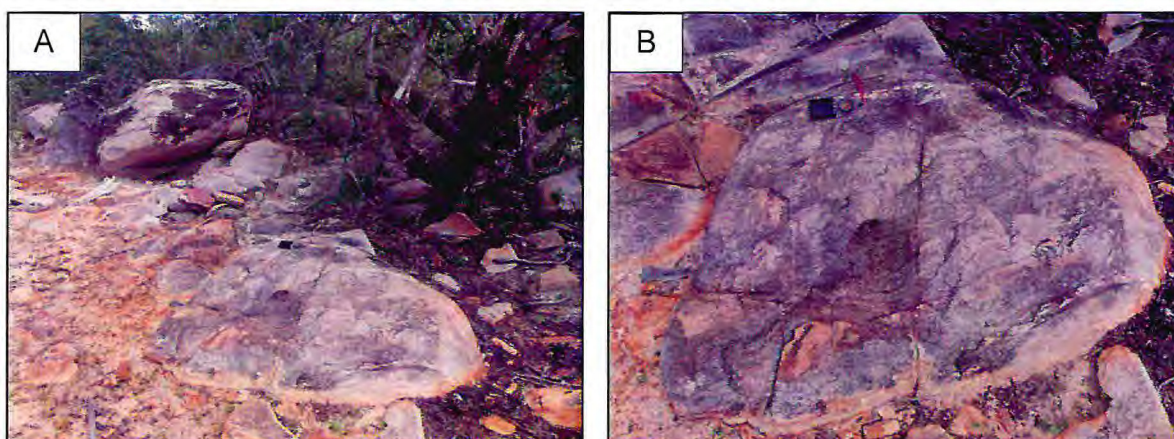


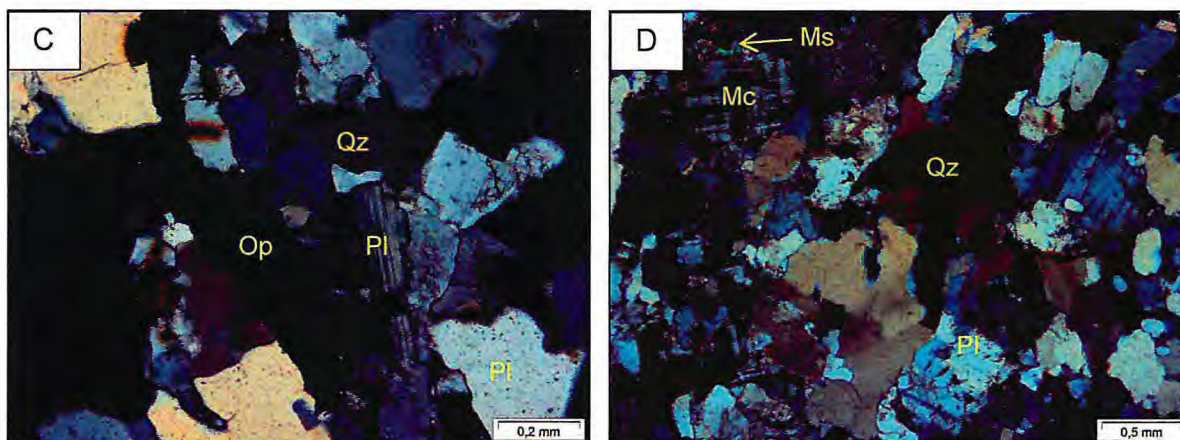
Fonte: Própria.

Os granitos gnaissicos possuem uma granulação média a grossa, coloração cinza e por vezes rosada expostos em lajedo e matacões com plano de foliação medindo $8^{\circ}/44E$. Estão presentes fraturas com traços retos a irregulares, escalonadas e algumas vezes encurvadas com espasamento em torno de 40 centímetros (Figuras 11A e 11B). Já próximo à Vila Alegre, os afloramentos desse tipo litológico não apresentam fraturas.

Microscopicamente, possuem uma composição dada por quartzo (40%), plagioclásio (30%), biotita (18%), feldspato potássico (10%) e opacos (2%). Quanto à textura, foi classificada como granular hipidiomórfica (Figuras 11C e 11D).

Figura 11 – A) Ocorrência de granitos gnaisses. B) Afloramento de granito gnaisse fraturado com traços retos e irregulares. C) Fotomicrografia detalhando a textura granular hipidiomórfica. D) Detalhe dos minerais de quartzo, plagioclásio, microclina e opacos. Ponto BC – 40 (UTM 381248/9621622).





Fonte: Própria.

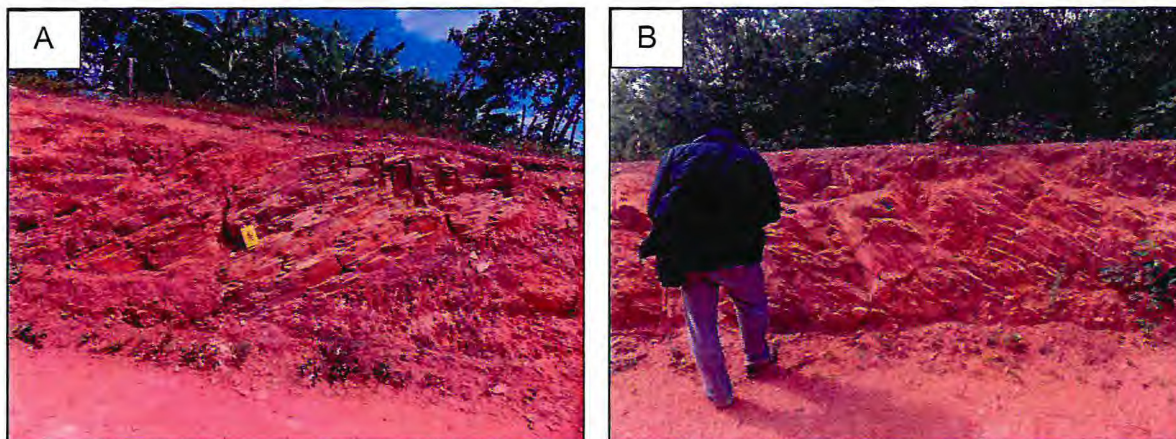
5.2.3 Grupo Martinópolis

5.2.3.1 Formação São Joaquim

Os tipos litológicos presentes na área que compõem essa formação são representados pelos quartzitos, meta-arcóseos, blastomilonitos e os silexitos.

Bons afloramentos de quartzitos estão destacados na paisagem devido a sua resistência erosiva. Estão expostos em cortes de estradas, geralmente de coloração amarelo-avermelhado, micáceos, por vezes com veios de quartzo e evidências de cloritização (Figuras 12A e 12B). Os planos de foliações mostram as direções 260°Az , 78°Az , 228°Az , 246°Az e 238°Az com ângulo de mergulho para SE variando de 10° a 52° . As fraturas na rocha possuem uma geometria retilínea a curvilínea, caracterizando por vezes uma anastomose ou escalonamento. Os espaçamentos são centimétricos com trend NW-SE.

Figura 12 – A) Afloramento em corte de estrada de quartzito com foliação plano axial 170/20. Ponto BC – 17 (UTM 358827/9624344). B) Quartzito micáceo fraturado referente ao ponto BC – 21 (UTM 356760/9626332). (vista em perfil)

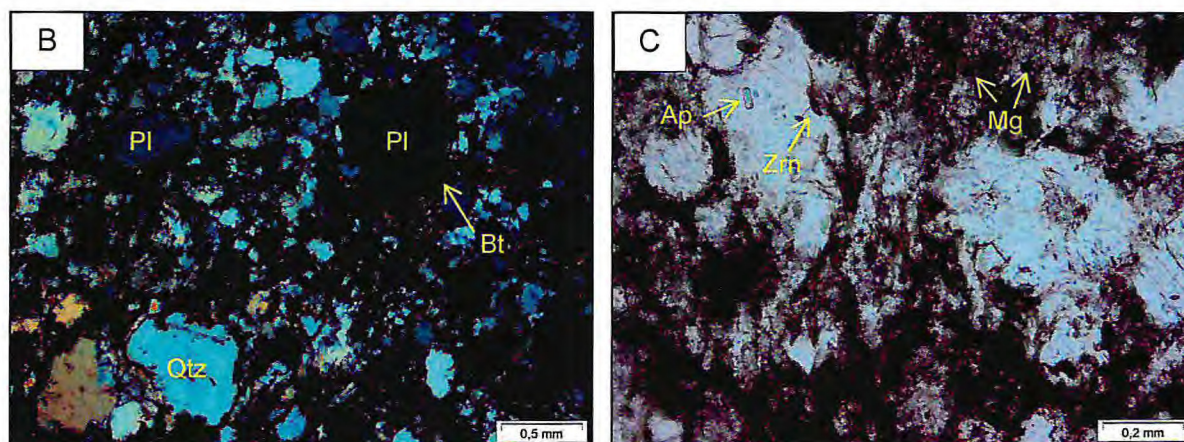


Fonte: Própria.

O metarcóseo encontrado apresenta uma coloração acinzentada com veios de quartzos em um pequeno pacote inserido aos quartzitos (Figura 13A) com um plano de foliação medindo 155/34. Composicionalmente são constituídos por blastos de quartzo e plagioclásio em uma matriz fina de quartzo, biotita e magnetita bem formada onde observa-se também o plagioclásio envolvido por biotita cloritizada conforme a figura 13B e entre os minerais acessórios mais comuns estão a apatita e o zircão (Figura 13C).

Figura 13 – A) Afloramento de metarcóseo nas proximidades do Açude São Vicente. Ponto BC-18 (UTM 858554/9625024). B) Fotomicrografia do metarcóseo com porfiroblastos de quartzo e plagioclásio. C) Fotomicrografia detalhando o minerais apatita, zircão e cristais de magnetita bem formados.

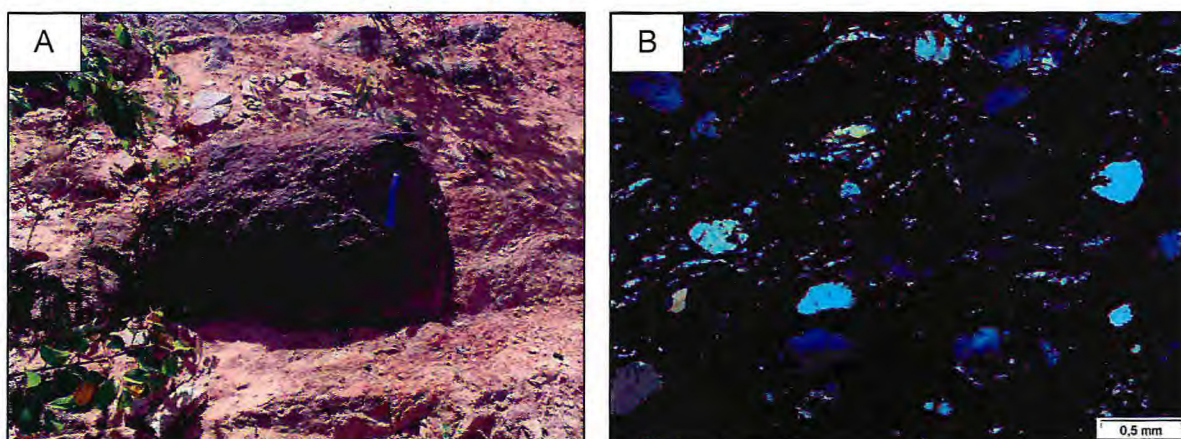


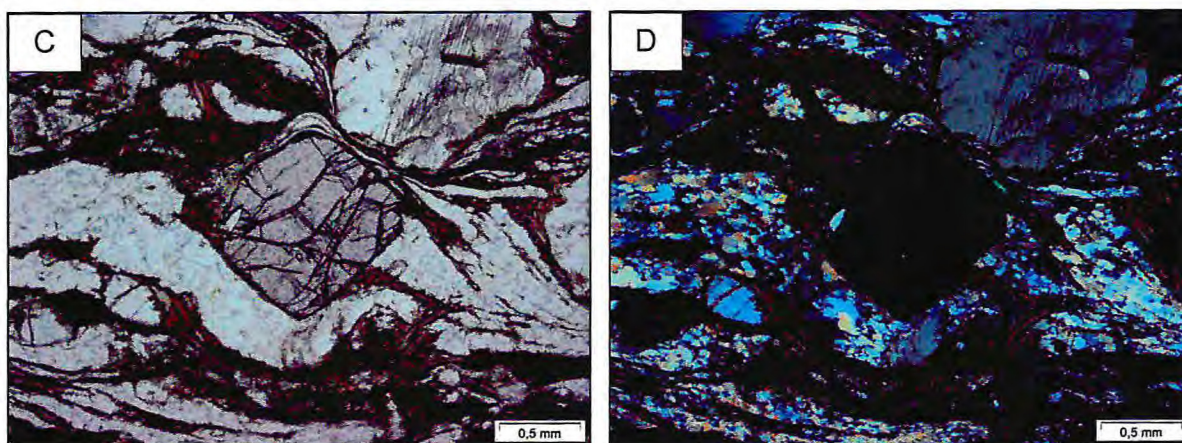


Fonte: Própria.

Foi possível identificar também, intercalados aos quartzitos, rochas blastomiloníticas de tonalidade cinza escuro à esverdeado com clastos de plagioclásio imersos em uma matriz máfica bastante fina com foliação 168/58 (Figura 14A). No entanto, microscopicamente, nota-se a resistência dos minerais de plagioclásio e granada (Figura 14B). Nas figuras 14C e 14D os minerais de quartzo aparecem recristalizados, gerando sombras de pressão. A biotita também é preservada em torno dos porfiroclastos, mas onde a deformação foi muito intensa é reduzida para uma granulometria mais fina.

Figura 14 – A) Vista geral do afloramento de blastomilonito proximo a localidade de são vicente Ponto BC-22 (UTM 356530/9626522). B) Porfiroclastos em matriz fina de quartzo e biotita. C) Fotomicrografia detalhando a granada e sombra de pressão de quartzo recristalizado (Luz natural). D) Fotomicrografia com nicois cruzados detalhando a granada e sombra de pressão de quartzo recristalizado.

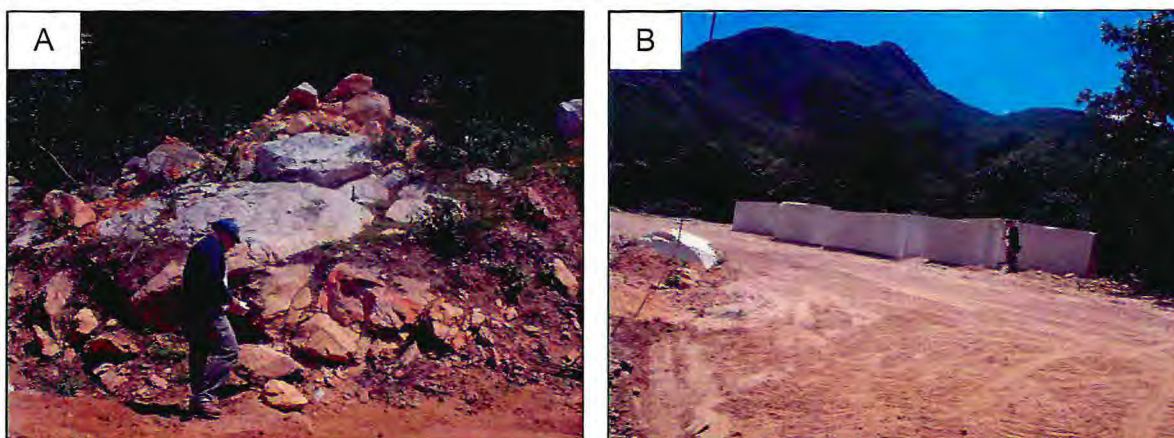


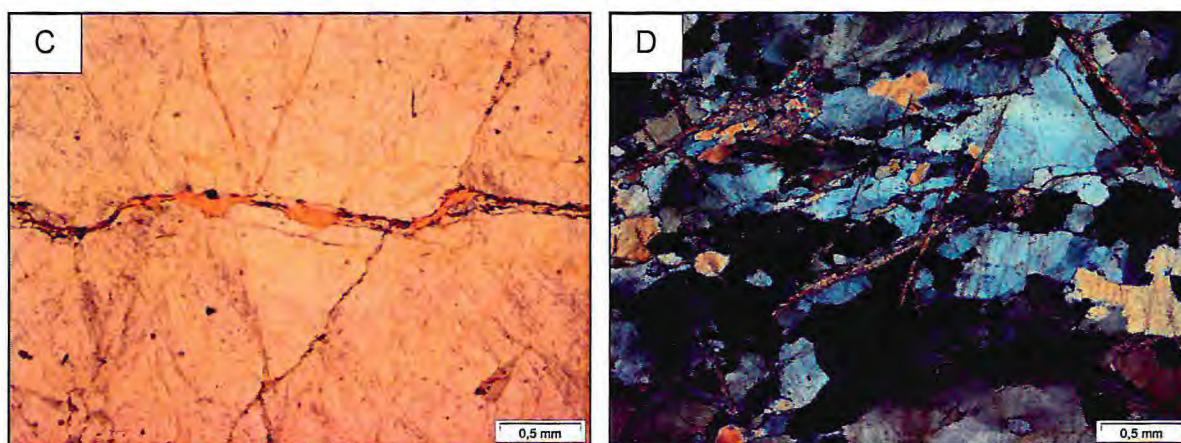


Fonte: Própria.

Os silexitos são constituídos predominantemente por quartzo de coloração esbranquiçada com granulação muito fina e bastante fraturada, exibindo na área uma morfologia de crista alongada reconhecida na região por Serra dos Martins (Figuras 15A e 15B). Dentro do contexto microscópico, observam-se os grãos de quartzo estirados, fraturas conjugadas com muscovita sericita tardias em uma textura blastopsamítica (Figuras 15C e 15D). Esses silexitos estão sendo extraídos em blocos pela pedreira Milka para fins ornamentais.

Figura 15 – A) Afloramento de silexito na Serra dos Martins. B) Blocos de silexito extraídos pela Pedreira Milka. C) Fotomicrografia do veio de biotita em meio ao quartzo em luz natural. D) Fotomicrografia com nicóis cruzados exibindo os minerais de quartzos levemente estirados com fraturas em pares cisalhantes preenchidas por muscovita. Ponto BC-59 (UTM 364702/9632018).



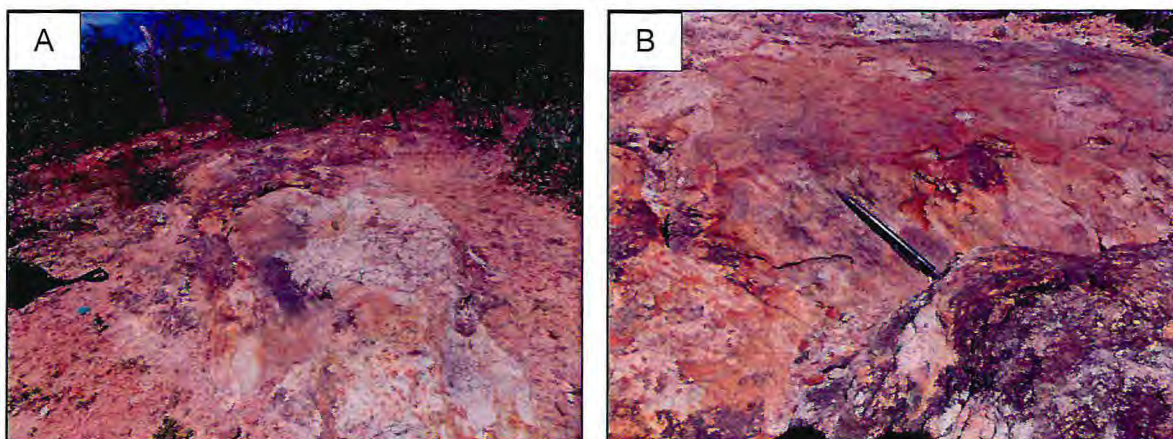


Fonte: Própria.

5.2.3.2 Formação Covão

Na área, essa formação está representada litologicamente por quartzitos de coloração amarelo-esbranquiçados localizados próximo ao Açude São Vicente (Figura 16A). Esses quartzitos foram submetidos a esforços tornando-os cataclásticos. É marcada pela existência de falha com atitude 50/53 e pela presença de estrias com indicativos de movimentação normal (figura 16B).

Figura 16 – A) Vista geral do afloramento da Formação Covão. B) Estrias de falhas indicando um movimento normal (ver texto). Ponto BC – 16 (UTM 359564/9624080).



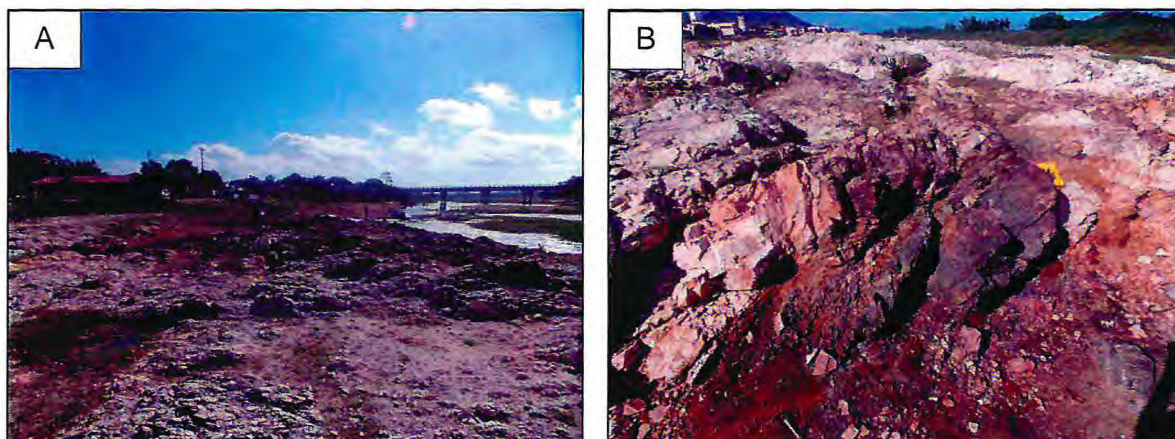
Fonte: Própria.

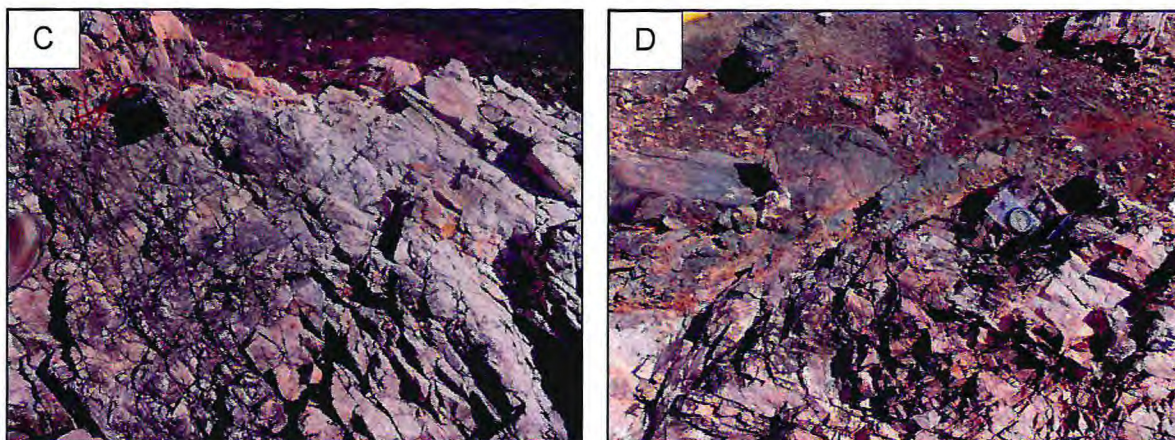
5.2.4 Ultramilonitos

Os ultramilonitos ocorrem associados a zonas de cisalhamento que na área, tem uma direção preferencial NE-SW e são responsáveis pela estruturação do terreno. Nesse âmbito, podem ser destacados como mais importantes a Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II (parte do Lineamento Transbrasiliano) das zonas de cisalhamento Tangente e Groaíras.

Na margem W do rio Acaraú, nas proximidades da ponte, nota-se uma extrema deformação, desenvolvendo-se ultramilonitos (Figura 17A). Essas rochas apresentam em algumas porções uma coloração branca à amarelada composta por quartzo e feldspato e outras com uma tonalidade cinza mais escuro (Figura 17B). No afloramento, encontram-se intensas fraturas anastomóticas e com espessamento centimétrico, exibidas na figura 17C. Observa-se também que a borda da zona cataclasada com plano de foliação 232° /subvertical evidencia uma epidotização com espessura aproximada de 40 centímetros (Figura 17D). As medidas estruturais referentes às principais famílias de fraturas apresentam trend NE-SW e NW-SE, respectivamente.

Figura 17 – A) Rocha ultramilonítica evidenciado a ocorrência do Cisalhamento Sobral-Pedro II na área. B) Detalhe das porções félsicas e máficas no afloramento. C) Intenso faturamento. D) Borda cataclástica epidotizada. Ponto BC – 09 (UTM 365166/9617852).





Fonte: Própria.

5.2.5 Grupo Jaibaras

O grupo Jaibaras recobre a porção centro oeste da área. É composto, da base para o topo por conglomerados brechóides pertencentes à Formação Massapê, basaltos, andesitos e riolitos da Formação Parapuí, arenitos com lentes de conglomerados da Formação Pacujá e conglomerados da Formação Aprazível. Apresenta um condicionamento geotectônico bem definido, onde os litotipos preenchem uma estrutura do tipo graben ao longo do Lineamento Sobral-Pedro II até o município de Morrinhos.

Gorayeb *et al.*, (1988), atribuiu para o Grupo Jaibaras um ambiente de leque aluvial em clima seco, onde a Formação Aprazível representa fácies proximal e a Formação Pacujá fácies distal em relação às fontes dos sedimentos. Teixeira *et al.* (2004) relacionaram os produtos vulcânicos e os ruditos da Formação Aprazível, estes últimos interpretados como originários de *lahars* nas encostas de edifícios vulcânicos. Os sedimentos que constituem este grupo apresentam um grau de diagênese elevado a muito elevado (MELLO, 1978), até chegando ao campo do anquimetamorfismo (NOVAIS *et al.* 1979).

5.2.5.1 Formação Massapê

Esta formação ocorre em áreas de relevo plano ou ondulado, consistindo de conglomerados exibindo uma tonalidade acinzentada, com fragmentos de rochas angulosas principalmente de quartzito, granitos, gnaisses e arenitos cimentados por uma matriz arenítica de granulação média e de composição arcosiana representado na figura 18.

Figura 18 – Conglomerado da Formação Massapé (Vista em planta), Ponto BC-15 (UTM 360432/9623724).

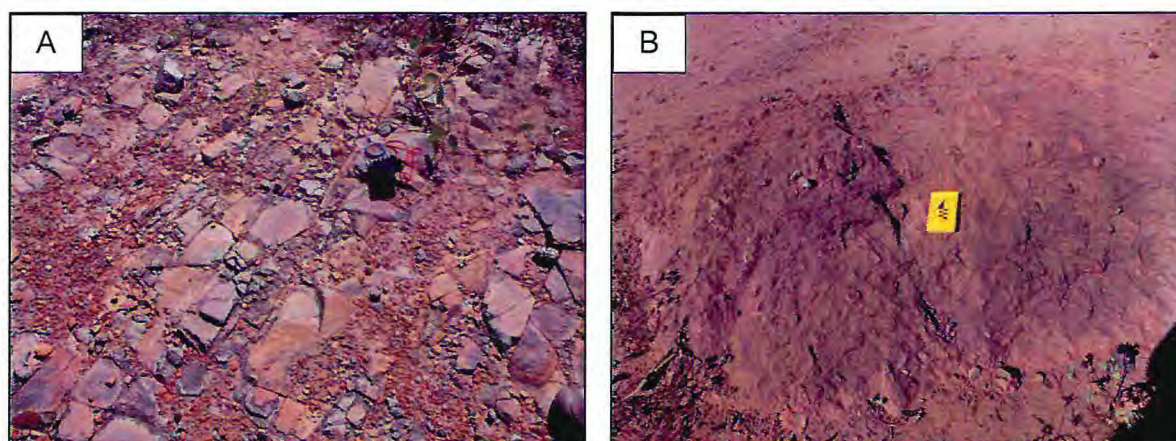


Fonte: Própria.

5.2.5.2 Formação Pacujá

A unidade ocorre em pequenos afloramentos em área com relevo plano à ondulado. São rochas areníticas arcoseanas de granulometria média com porções mais grossas de espessura máxima de 10 centímetros, bem selecionadas, por vezes micáceas, com uma coloração cinza à esverdeada. Esses arenitos encontram-se intensamente fraturados onde foi possível a identificação da família de fratura com atitude 320/84.

Figura 19 – A) Intenso fraturamento no arenito da Formação Pacujá - Ponto BC - 11 (UTM 362599/9620294). B) Afloramento do arenito pacujá as margens da estrada CE-179. Ponto BC – 52 (UTM 365575/9622714).

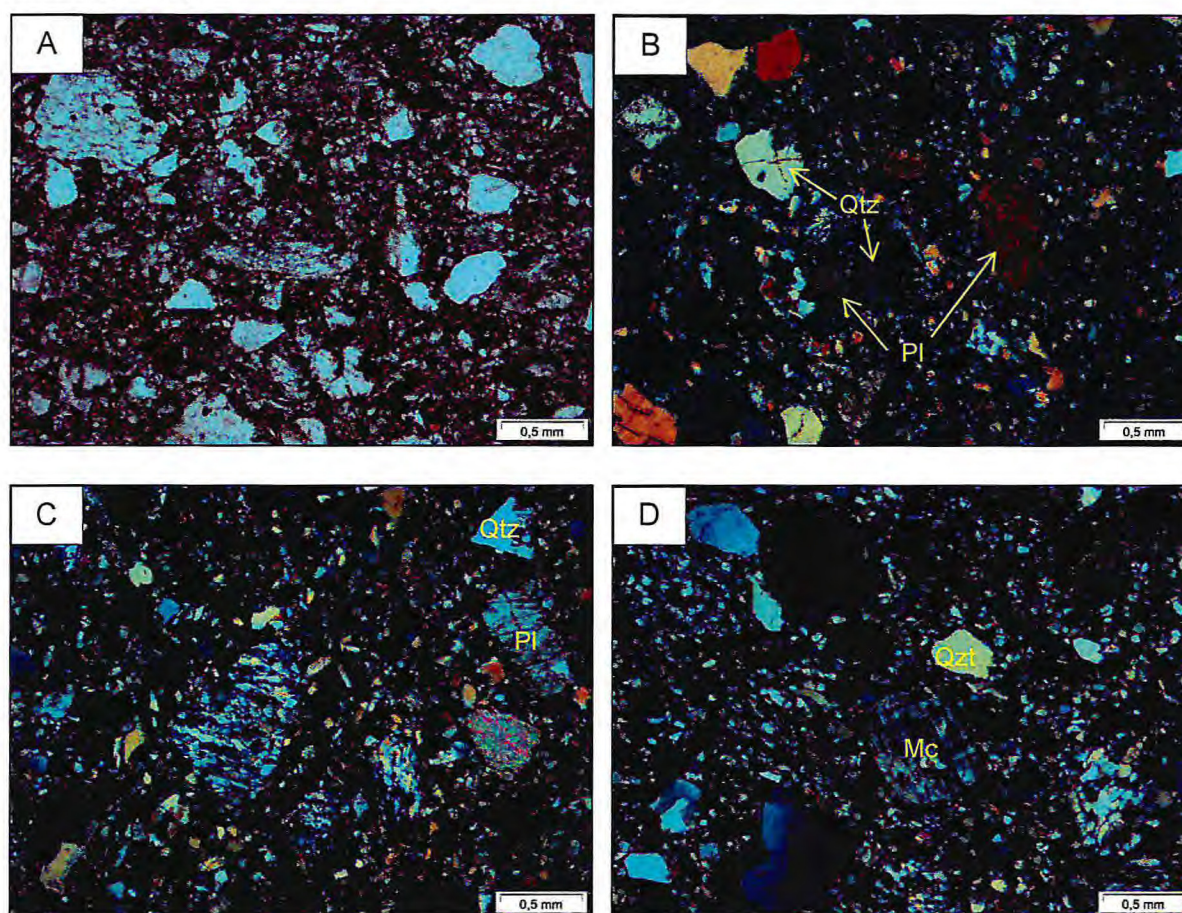


Fonte: Própria.

Mineralogicamente esta rocha é composta predominantemente de quartzo (60%), fragmentos líticos (15%) e feldspatos (5%) mostrando um alto grau de empacotamento com

contato serrilhado e por vezes concavo convexo. Os grãos maiores pouco se tocam e de um modo geral são de baixa a alta esfericidade variando de subangulosos a angulosos. O arcabouço é pouco sustentado pela matriz fina de quartzo e pouco feldspato na fração silte compondo 20% da rocha (Figura 20).

Figura 20 – Fotomicrografia Arenito Pacujá. A) Matriz fina composta por quartzo e pouco feldspato na fração argila. B) Grão de quartzo fraturado formando par cisalhante e fratura conchoidal. C) Fragmentos de rochas, grãos de quartzo, plagioclásio e alteração do plagioclásio para muscovita. D) Microclina. Ponto BC – 11 (UTM 362599/9620294).

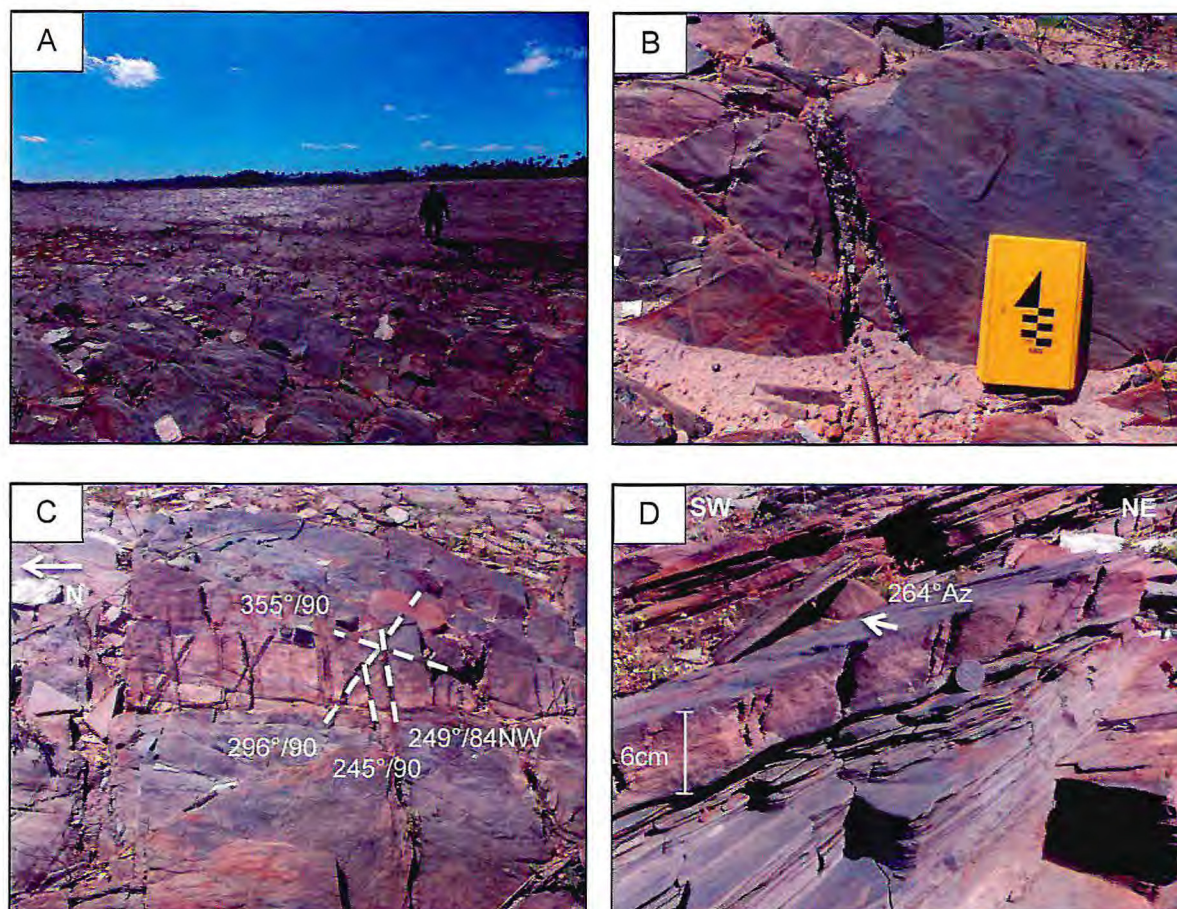


Fonte: Própria.

Em outro ponto da área foi observado à exposição de um arenito fino à muito fino, em tons acinzentados, apresentando laminação plano-paralela (Figura 21A). Estes arenitos estão em geral bastante litificados com orientação de acamamento $178^{\circ}/36SW$. Localmente, exibem o tipo de fraturamento hidráulico com trend NW-SE e espaçamento centimétricos preenchidos por soluções ricas em sílica, dando origem a veios de quartzo fibrosos bem definidos que possivelmente cristalizaram-se depois de sua abertura (Figura 21B e 21C).

Nota-se também fendas não preenchidas, escalonadas e ressaltadas na superfície do acamamento representados na figura 21D.

Figura 21 – A) Aspecto geral do afloramento em leito de rio do arenito da Formação Pacujá. B) Veio de quartzo fibroso no arenito fino da Formação Pacujá. C) Veios de quartzo formando pares cisalhantes. D) Fendas não preenchidas e escalonadas no arenito Pacujá com acamamento de atitude $178^{\circ}/36\text{SW}$. Ponto BC – 55 (UTM 370962/9632160).

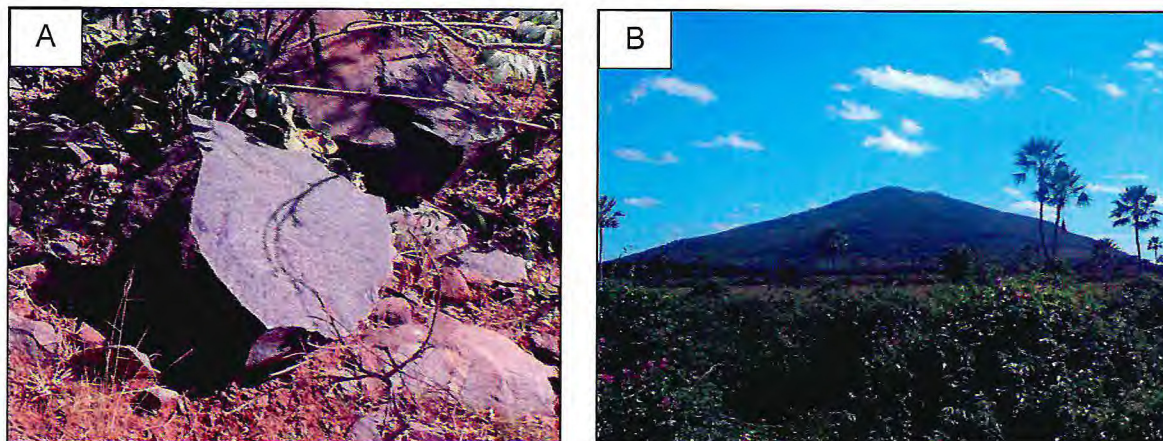


Fonte: Própria.

5.2.5.3 Formação Parapuí

Corresponde a ocorrências de rochas vulcânicas derivadas de extensos derrames de lavas que predominam na porção centro oeste da área, nas margens da CE-179, expostos como blocos rolados representados na figura 22A, constituindo altos topográficos conhecidos como serrotes Madeiro e do Morro (Figura 22B).

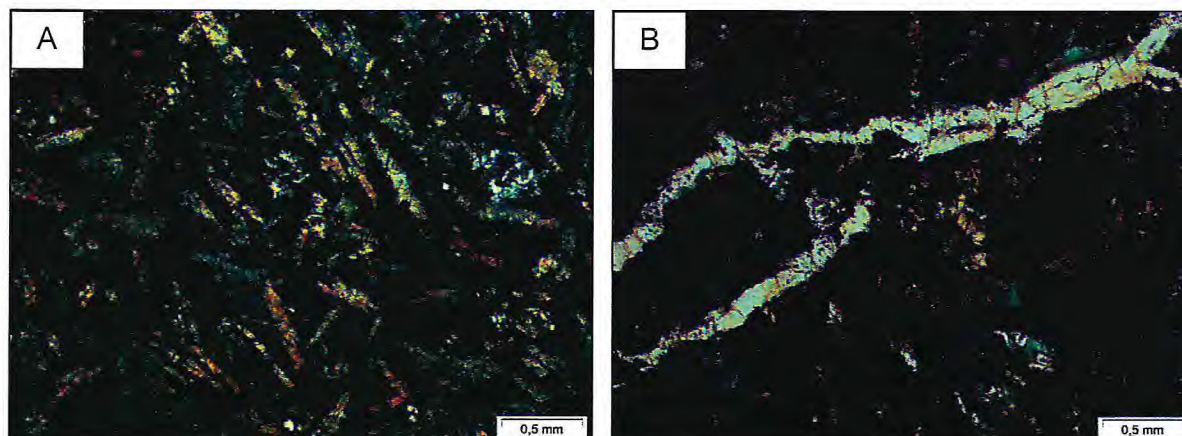
Figura 22 – A) Afloreamento de blocos rolados de basaltos da Formação Aprazível. B) Serrote do Morro. Ponto BC-53 (UTM 366921/9625708).

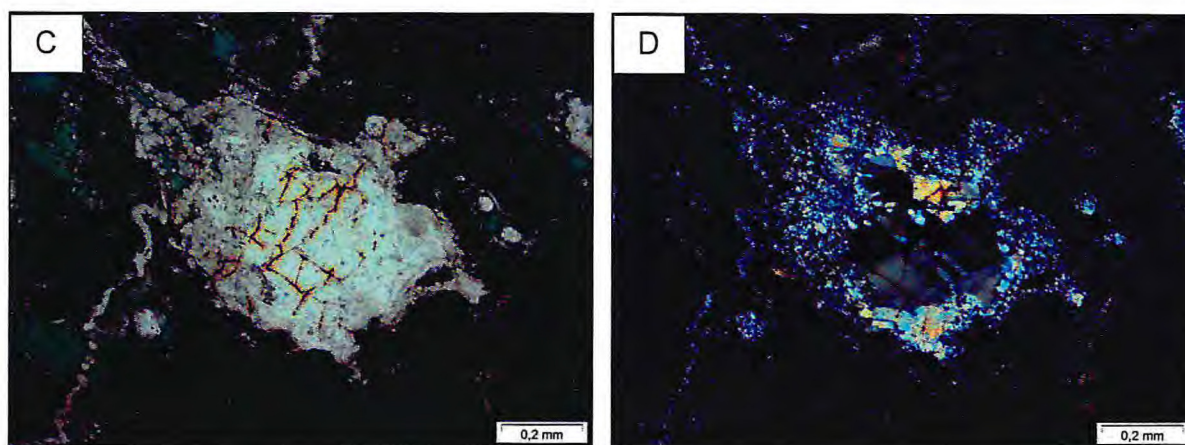


Fonte: Própria.

São rochas basálticas de coloração cinza escura à esverdeada, cuja mineralogia principal é constituída por piroxênio e plagioclásio. Microscopicamente, observa-se a presença de ripas de plagioclásio fortemente alteradas e apresentando orientação, destacando uma textura pilotaxítica e microamígdalas preenchidas por calcedônia e clorita (Figura 23A). Encontram-se também veios de calcedônia e calcita, sendo alguns deles interligados as microamígdalas (Figura 23B).

Figura 23 – Fotomicrografias. A) Ripas de plagioclásio e microamígdalas. B) Veios de calcedônia e calcita C) Detalhe das microamígdalas preenchidas por calcedônia e calcita sob luz natural. D) Detalhe das microamígdalas preenchidas por calcedônia e calcita com os nicois cruzados. Ponto BC-53 (UTM 366921/9625708).





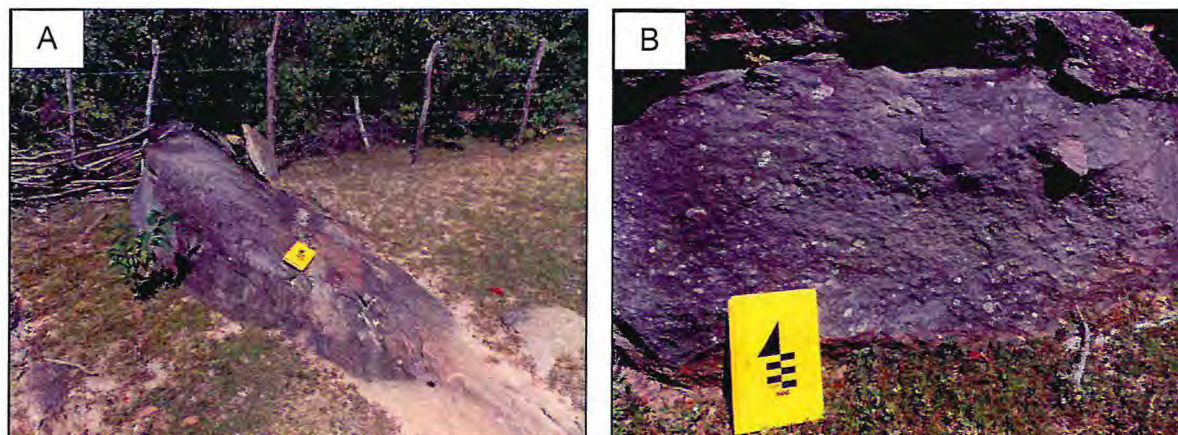
Fonte: Própria.

5.2.5.4 Formação Aprazível

A Formação Aprazível ocorre em afloramentos na forma de blocos e lajedos. É constituída por conglomerados polimíticos de coloração acinzentada, apresentando-se suportados pelo arcabouço, contendo fragmentos subarredondados a subangulosos de rochas vulcânicas, gnaisses, granitos, quartzo, anfibolitos, basaltos, riolitos e arenitos, com tamanhos variados, mas que não ultrapassam a 10 centímetros numa matriz arenítica grossa (Figura 24A e 24B). A medida de acamamento é 246/28.

Esses pontos estão situados na localidade de Capoeira Velha, na estrada (lado esquerdo) que liga a CE-179 à Pedreira Milka.

Figura 24 – A) Vista geral do afloramento de conglomerado polimítico da Formação Aprazível. B) Afloramento de conglomerado matriz suportada do Grupo Jaibaras, com uma grande variedade de fragmentos líticos. Ponto BC-57 (UTM 369120/9633290).



5.2.6 Grupo Serra Grande

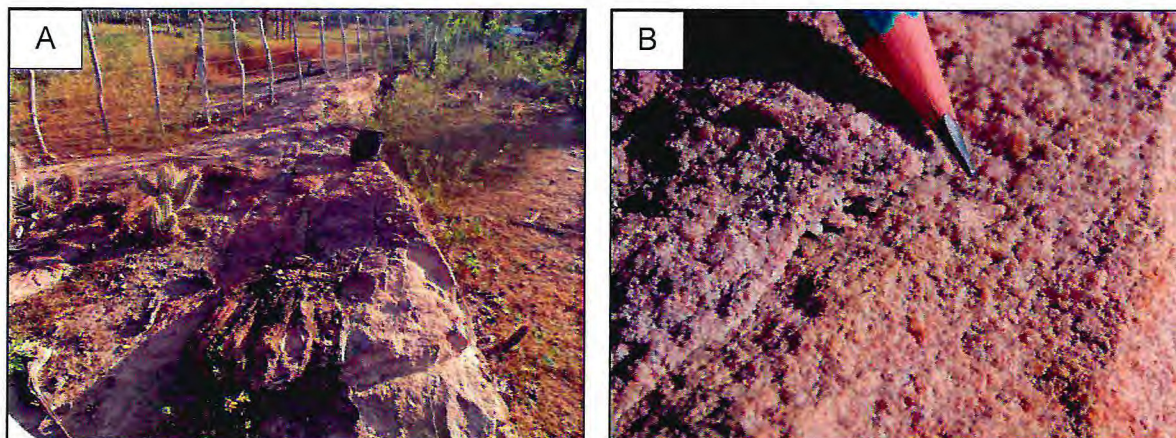
Situado na porção leste da área de estudo (APÊNDICE C - Mapa Geológico), o Grupo Serra Grande ocorre em corpo arenítico-conglomerático alongado com direção preferencial NE-SW (Figura 25A). Segundo Caputo e Lima (1984), é considerada como o preenchimento basal da Bacia do Parnaíba. Na área de estudo, especificamente ocorre uma unidade siliciclástica que é correlacionada à Formação Ipú de idade ordoviciana-siluriana.

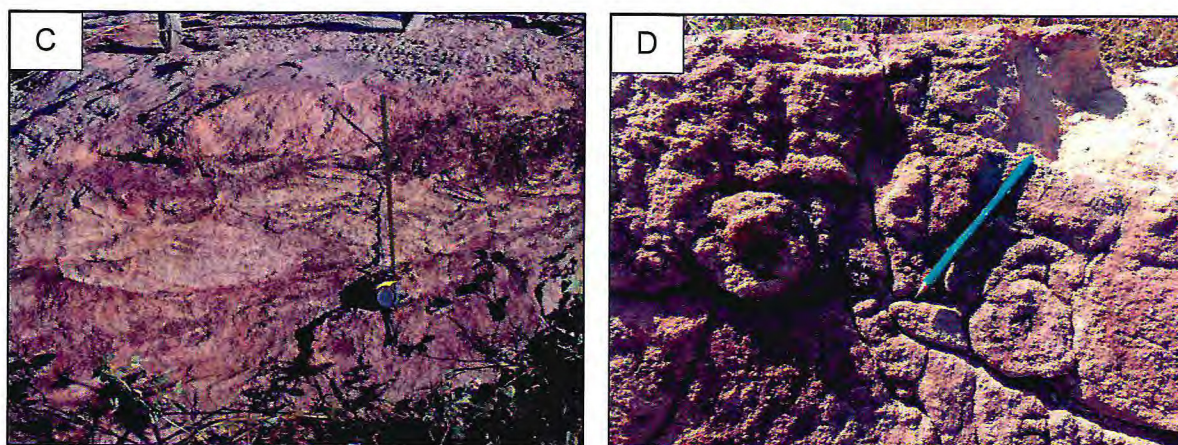
Alguns afloramentos sob a forma de lajedos foram encontrados na estrada que liga a localidade de Peba à Mutambeiras (em direção à rodovia BR-403), na porção superior do corpo. São arenitos de granulometria grossa, mal selecionados e com tonalidade que varia desde o vermelho ao amarelo-esbranquiçado (Figura 25B). Constituem-se predominantemente por quartzo, sendo subangulosos a subarredondados e exibindo estratificações cruzadas acanaladas com espessura aproximada de 40 centímetros e atitudes medindo: 241/29, 212/14 e 240/26 (Figura 25C).

Estão presentes também ocorrências icnofossilíferas centimétricas com uma morfologia anelar, podendo ser observada na figura 25D. Segundo Viana *et al.*, (2010) estão associadas ao icnogênero *Circulichnis Vyalov*, representando provavelmente um ambiente litorâneo mais protegido e influenciado por marés.

A principal família de fraturas no afloramento possui direção preferencial 234°Az.

Figura 25 – A) Vista geral do afloramento de rocha arenítica correlacionado à Formação Ipú (Grupo Serra Grande). B) Detalhe da granulometria grossa do arenito, composto predominantemente por quartzo. C) Estratificação cruzada acanalada indicando paleocorrente para SW. D) Icnofósseis associados ao icnogênero *Circulichnis Vyalov* vista em planta. Ponto BC-07 (UTM 377669/9630470).



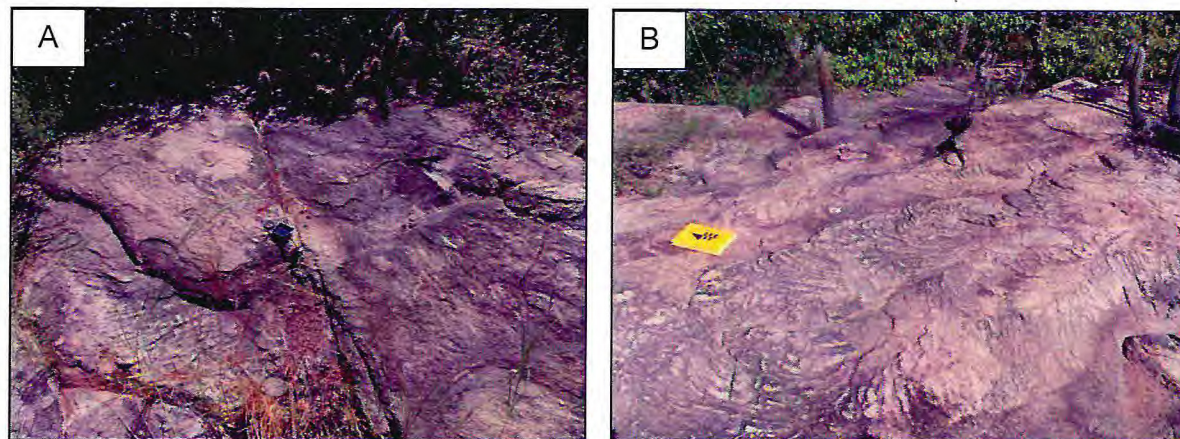


Fonte: Própria

Ainda nesta unidade, na extremidade sul da ocorrência, na estrada que liga a cidade de Santana do Acaraú à Águas Belas, foi observado a exposição de um arenito muito grosso à conglomerático de coloração amarelo-esbranquiçada e com grânulos arcoseanos (Figura 26A). Há uma única ocorrência de fratura neste afloramento medindo 24°Az com mergulho subvertical e acamamento de orientação $329^{\circ}/14\text{NW}$.

A medida de paleocorrente obtida apresenta uma orientação de 355°Az dada por traços em planta de estratificações cruzadas acanaladas (Figura 26B).

Figura 26 – A) Arenito conglomerático da Formação Ipú (Grupo Serra Grande). B) Arenito conglomerático com fratura de direção NNE-SSW. Ponto BC-33 (UTM 376424/9618170).



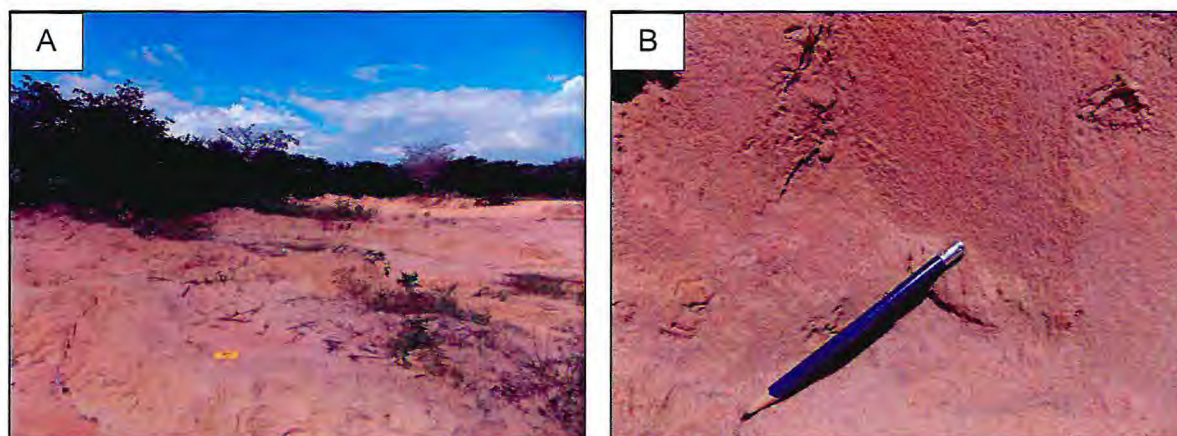
Fonte: Própria.

5.2.7 Formação Barreiras

A Formação Barreiras aflora na extremidade nordeste da área de estudo, mais precisamente na saída da localidade Prensa, estrada que liga CE-354 à Sítio Alegre, representada pelo ponto BC-01 (APÊNDICE C – Mapa Geológico).

É constituída por uma areia fina à média, mal selecionada com grãos de quartzo dispersos variando de coloração amarela à avermelhada e com uma matriz argilosa (caulinítica) (Figura 27).

Figura 27 – A) Vista geral do afloramento. B) Areia fina à média com matriz argilosa (caulinítica). Ponto BC-01 (UTM 386924/9637822).



Fonte: Própria.

5.2.8 Depósitos Aluviais Holocênicos

Essa unidade compreende aluviões recentes presentes ao longo do leito do rio Acaraú (Figura 28), bem como de seus afluentes e suas principais drenagens, cortando a porção central da área de estudo.

São constituídos por areias quartzosas, de granulometria fina a média, com uma tonalidade variando entre creme, amarelada e avermelhada que recobrem por vezes corpos areníticos e rochas do embasamento.

Figura 28 – Sedimentos recentes na planície aluvial do rio Acaraú. Ponto BC-09 (UTM 365166/9617852).



Fonte: Própria.

Capítulo –VI

ANÁLISE MORFOESTRUTURAL

6.1 Introdução

A análise morfoestrutural é definida como uma técnica da geomorfologia que objetiva dar informações geológicas em regiões onde a geologia clássica de superfície não consegue obter informações de maneira satisfatória (RIVEREAU, 1969). A interpretação morfoestrutural tem a premissa de que muitas estruturas podem ser refletidas em superfície e são, por isso, passíveis de identificação através de produtos de sensoriamento remoto. Baseia-se na análise dos elementos de drenagem e relevo e suas relações espaciais, onde as morfoestruturas surgem como feições anômalas dentro da tendência regional (JIMÉNEZ-RUEDA, *et al.*, 1993).

Outro conceito importante refere-se à diferenciação dos termos “morfoestrutural” e “morfotectônico”, onde o primeiro abrange as feições espaciais passivas, eventualmente resultantes de deformações pretéritas, sobre cuja geometria existe um acomodamento dos elementos de relevo, em especial da posição e estilo dos cursos d’água, refletindo a disposição dos corpos rochosos ou de seus estratos ou estruturas. O segundo termo engloba uma ligação efetiva entre a disposição dos elementos geométricos do substrato e da superfície do terreno com deformações crustais síncronas (neotectônica), denotando, assim, um caráter “ativo” para essas feições (ETCHEBEHERE *et al.*, 2005).

Conforme Saadi (1993), o termo *neotectônica* foi empregado, pela primeira vez, em 1948 pelo geólogo soviético V. A. Obruchev para definir os movimentos crustais recentes desenvolvidos a partir do terciário superior e durante todo o quaternário. Estes movimentos podem modificar a morfologia de um terreno em escala local e até mesmo em escala regional. Exerce efeito considerável nos padrões de drenagem, já que os mesmos são bastante sensíveis aos movimentos tectônicos.

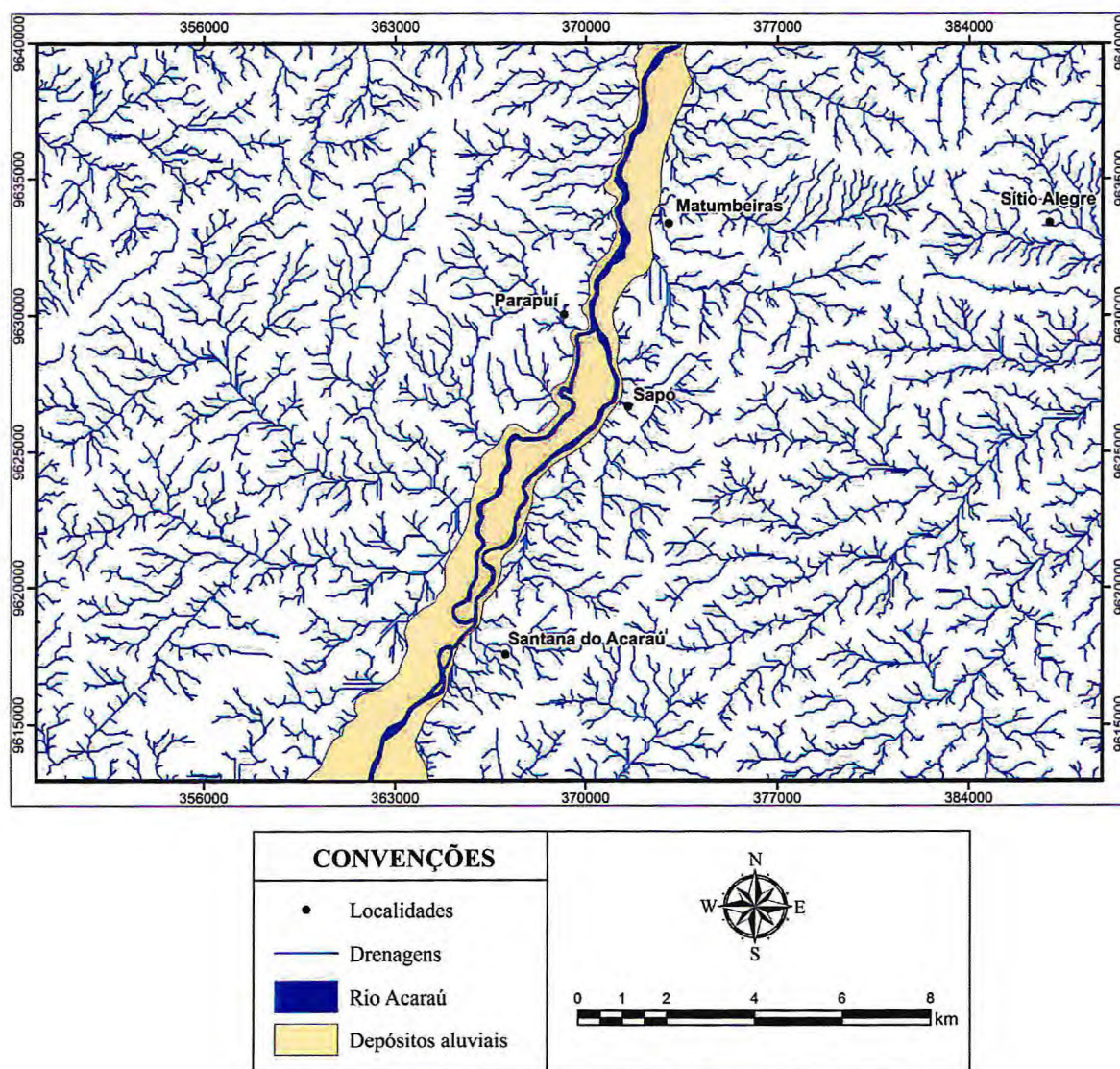
Porém, de acordo com a definição da Comissão de Estudos Neotectônicos da União Internacional de Estudos do Quaternário (*International Union For Quaternary Research* - INQUA), o termo se aplica a qualquer movimentação ou deformação do nível geodésico de referência, não existindo um marco temporal que indique o início da neotectônica (SAADI, 1993).

A caracterização da rede de drenagem e de lineamentos morfoestruturais pode fornecer importantes informações que contribuem para a análise do arcabouço tectônico de uma região (HOWARD, 1967. O’LEARY *et al.* 1971; SOARES & FIORI, 1976; SCHUMM, 1981).

As redes de drenagem pode ser extraídas de modelos digitais de elevação obtidos a partir de dados orbitais, sendo este procedimento de grande relevância em estudos morfoestruturais. A elaboração de produtos derivados de modelos digitais de elevação, destacando-se os dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) (RABUS *et al.*, 2003), tem sido eficiente no realce de morfoestruturas (MASOUD & KOIKE, 2006); RAMLI *et al.*, 2010).

Portanto para a identificação e compartimentação de cada setor morfoestrutural da área de estudo, foi realizada a investigação em relação à rede de drenagens (Figura 28) com o objetivo de analisar as possíveis evidências de controles estruturais ativos (neotectônica) e também controles estruturais passivos.

Figura 29 – Mapa de drenagem obtido automaticamente para a área de estudos gerada a partir de imagem SRTM, utilizando o software Arcgis 10.1.



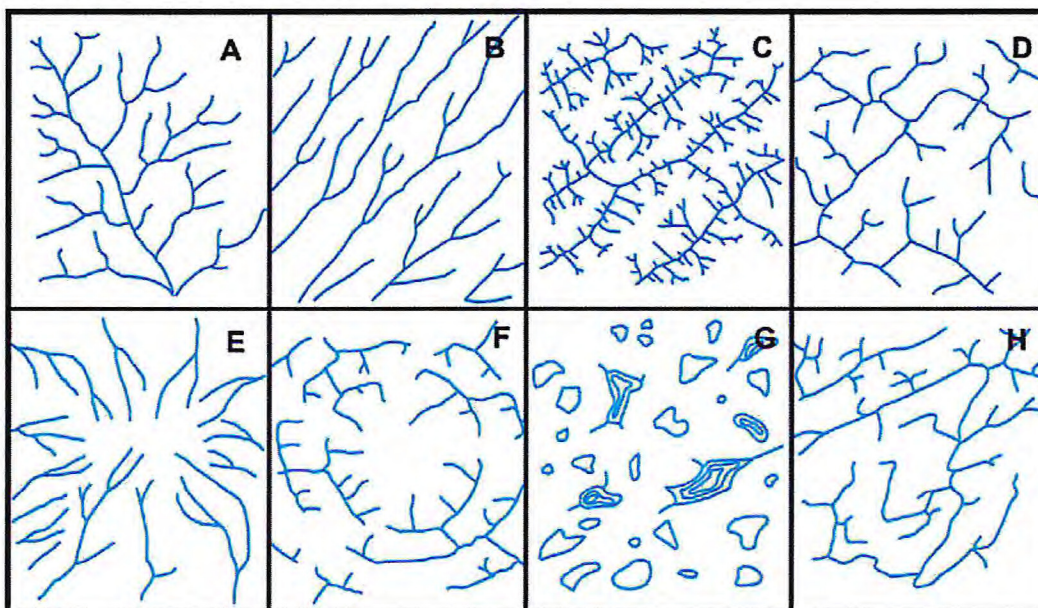
6.2 Análise da configuração da rede de drenagem

Uma rede de drenagem pode ser definida como um sistema em evolução, sempre em busca de um equilíbrio que concilie os vários fatores controladores (NAUDIN, 1971).

Segundo Howard (1967), um padrão de drenagem é o desenho formado pelo agregado de caminhos de escoamento fluvial numa área, não importando se são ou não ocupados por cursos d'água permanentes.

Quando as áreas são analisadas regionalmente, a rede de drenagem é definida por padrões básicos (HOWARD, 1967). Estes correspondem aos tipos dendrítico, paralelo, treliça, retangular, radial, anelar, multibacia e contorcido (Figura 29).

Figura 30 – Padrões de drenagem básicos: A) dendrítico, B) paralelo, C) treliça, D) retangular, E) radial, F) anelar, G) multibacia e H) contorcido (Howard, 1967).



A partir dos principais padrões básicos surgem as variações (Figura 30.1 e 30.2) subdendrítico, penado e anastomosado (padrão dendrítico); subparalelo e colinear (padrão paralelo); treliça de falha e treliça de junta (padrão treliça); e angular (padrão retangular). Existem casos especiais de padrões centrípeto, complexo, composto, palimpsesto e distributário (HOWARD, 1967).

Figura 31.1 – Variações dos padrões básicos: A) treliça de falha, B) treliça de junta, C) angular, D) Centrípeto, E) Complexo, F) Composto, G e H) Palimpsesto.

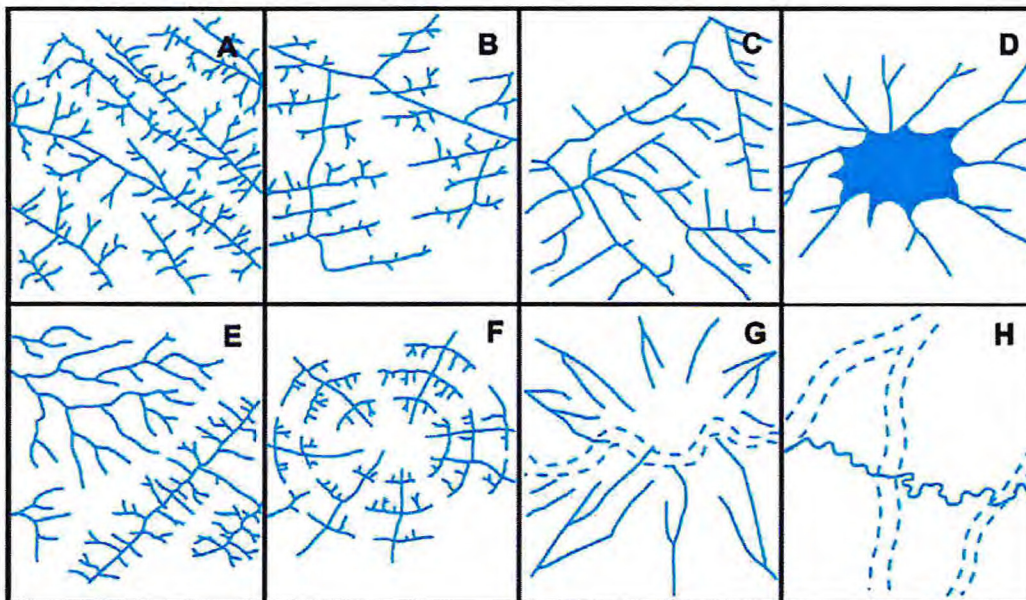
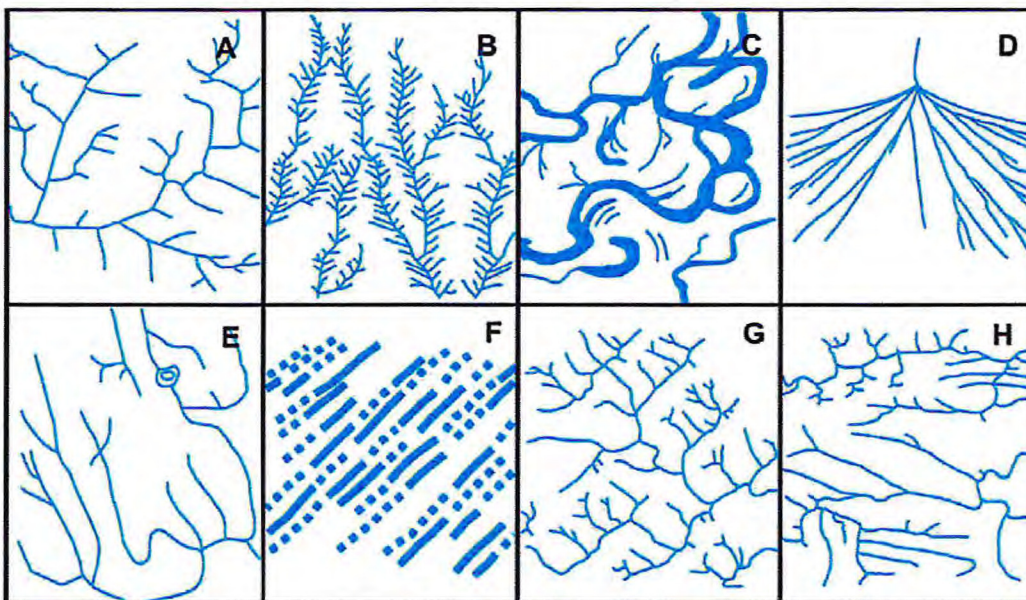


Figura 31.2 – Variações dos padrões básicos: A) subdendrítico, B) penado, C) anastomosado, D) distributário, E) subparalelo, F) colinear, G) treliça direcional e H) treliça recurvada (Howard, 1967).

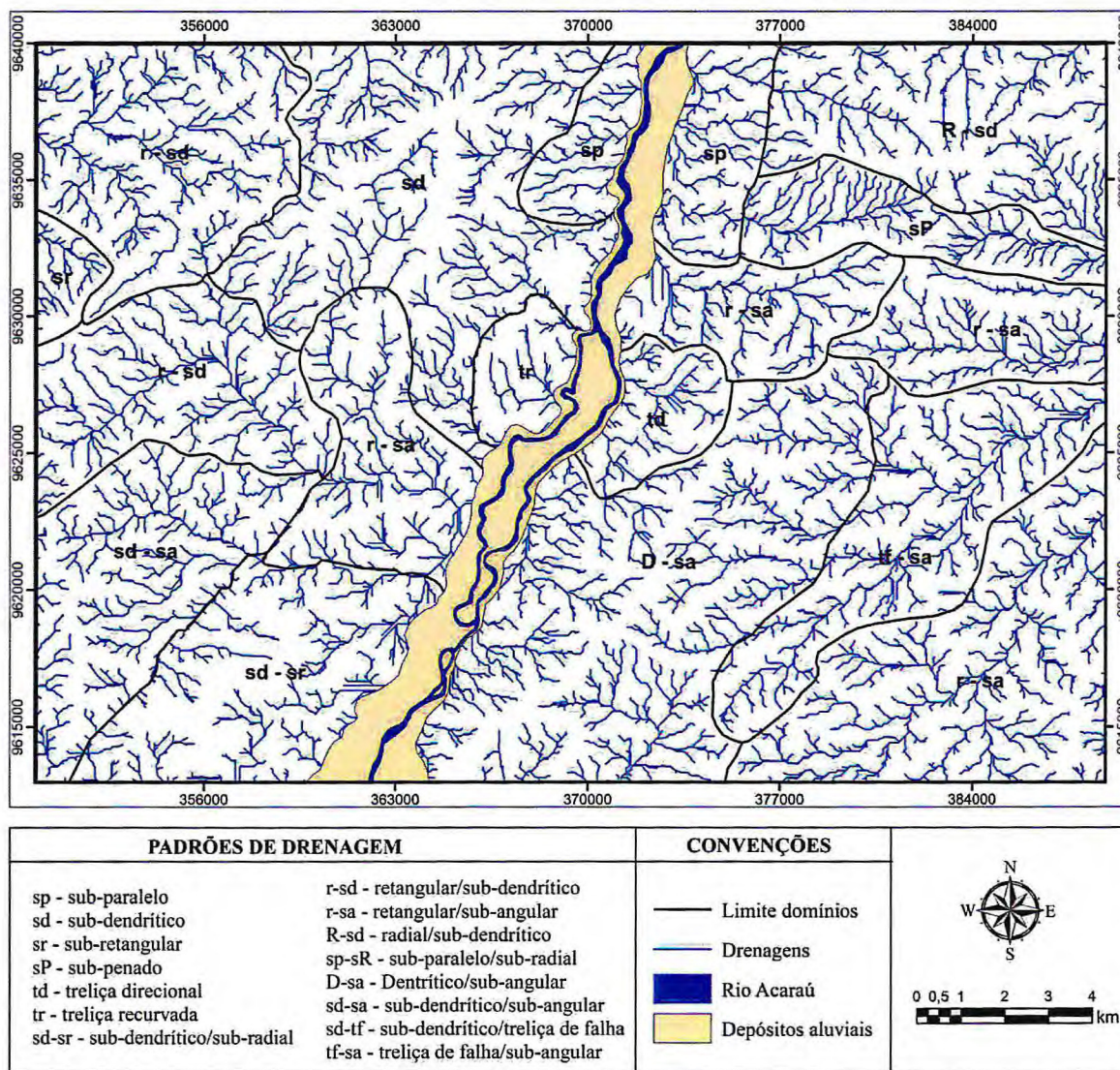


Os desvios localizados da drenagem fornecem subsídios a respeito de estruturas que não são observadas pelo padrão da rede de drenagem. Estas são chamadas de anomalias de drenagem que são feições discordantes do padrão regional. São anomalias de drenagem feições localizadas de longos segmentos retos, meandros abruptos ou feições fortemente sinuosas, variação no alargamento de rios, depressões isoladas (lagoas e pântanos), afogamento ou alargamento de canais e curvas anômalas de rios. Além destas anomalias

acrescentam-se as ocorrências restritas de padrões radial, anelar e paralelo, inseridos no padrão dendrítico e meandramentos compridos (HOWARD, 1967). As anomalias podem estar associadas à neotectonismo (HOWARD, 1967; SHUMM, 1986).

No que diz respeito aos padrões de drenagem da área de estudo, não há uma uniformidade e doze padrões principais podem ser reconhecidos (Figura 31), havendo suas variações. São eles: o dendrítico, retangular, radial, treliça recurvada, treliça direcional, treliça de falha, sub-retangular, sub-dendrítico, sub-angular, sub-paralelo, sub-radial e sub-penado.

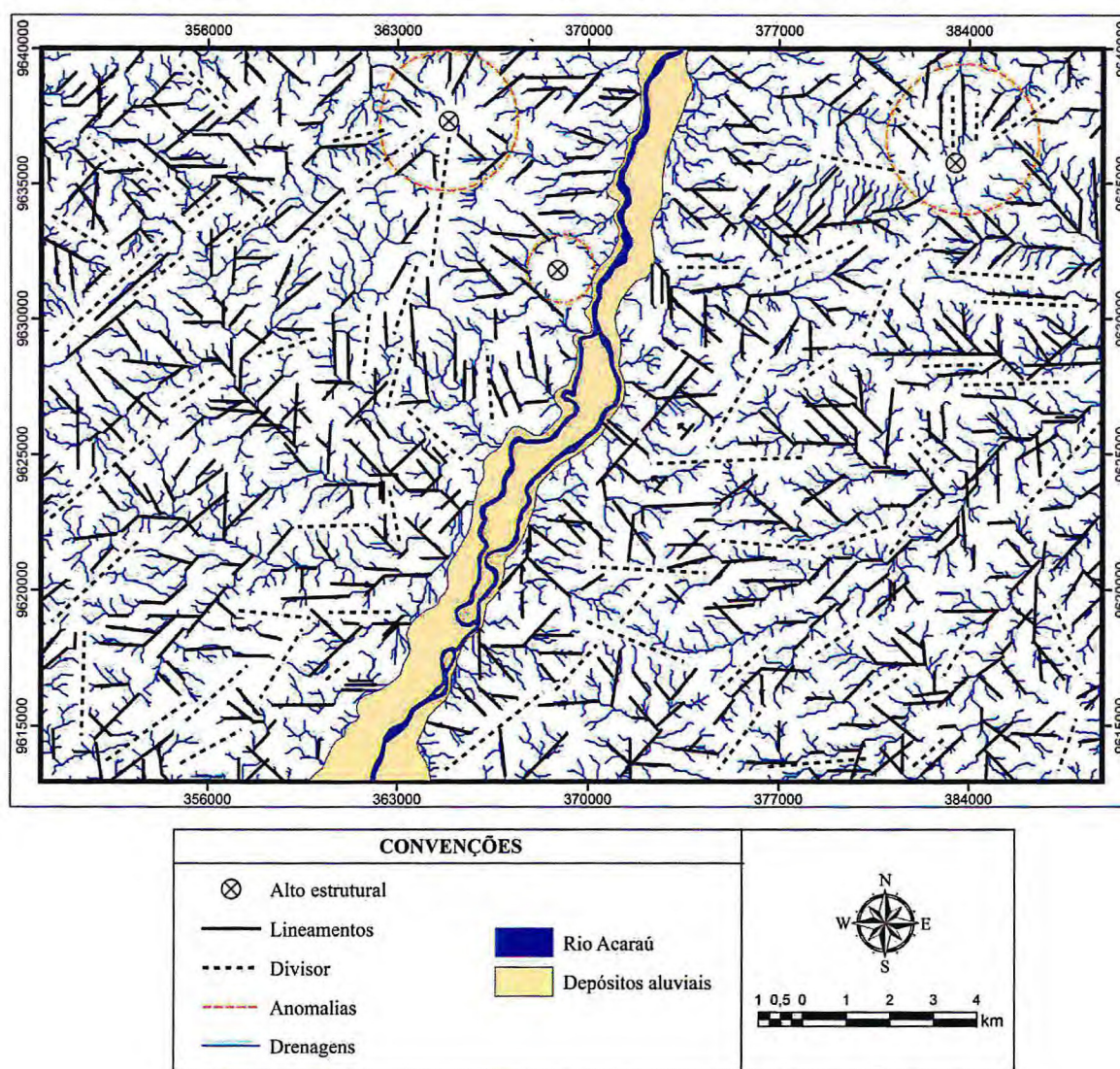
Figura 32 – Identificação dos padrões de rede de drenagem da área de estudo.



6.3 Análise de lineamentos de drenagem

A partir da análise do mapa de drenagem gerado através das imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), foram extraídos 576 lineamentos (Figura 32), ou seja, segmentos retilíneos dos traços de drenagem que trabalhados no software Grapher 8.0 deram origem a diagramas rosáceos por intervalo angular de 10°. Esses lineamentos representam uma forma indireta de avaliar a influência das discontinuidades (falhas e fraturas) sendo, portanto, mapeados com o intuito de verificar a hipótese de controles tectônicos.

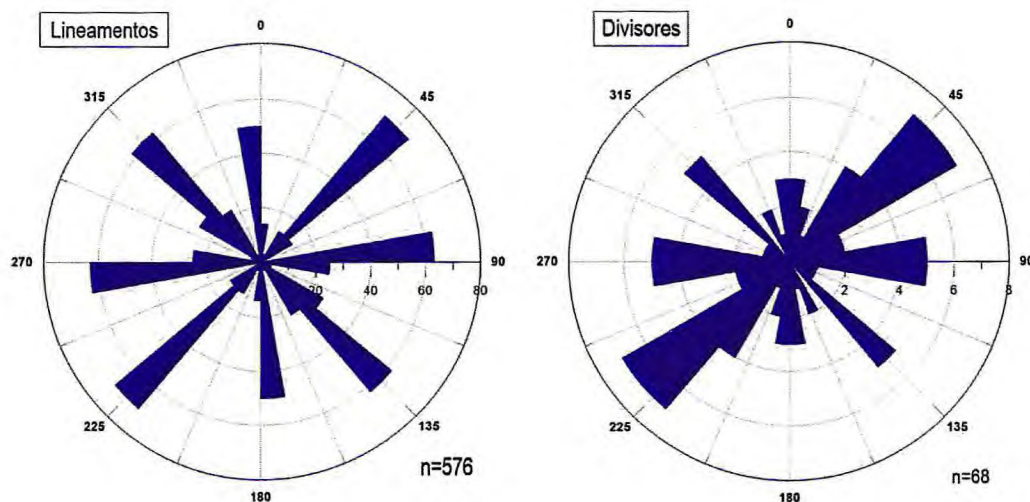
Figura 33 – Mapa de anomalias da área de estudo, extraídas através de imagem SRTM.



No que se refere ao número de lineamentos a distribuição é bastante homogênea, com a ocorrência de lineamentos em todas as direções.

Nas rosáceas (Figura 33), tanto para lineamentos quanto para divisores, é revelada uma frequência predominante na direção NE-SW, seguida de E-W e NW-SE com importância quase que equivalente, e N-S.

Figura 34 – Rosáceas dos lineamentos e divisores de drenagem da área de estudo.



6.4 Densidade de drenagem e lineamentos

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. O cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas, visto que apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980 p.92).

A densidade de drenagem relaciona-se com o escoamento superficial, gerando condições que refletem da relação entre a intensidade de fluxo de superfície e subsuperfície, com a infiltração. Outro fator relevante é que em um mesmo ambiente climático, o comportamento das rochas repercute na densidade de drenagem. Nas rochas (e regolitos) onde a infiltração é mais dificultada, há maior escoamento superficial, gerando possibilidades maiores para a esculturação de canais e consecutiva densidade de drenagem mais elevada (CHRISTOFOLETTI, 1980 p.92).

O cálculo da densidade de drenagem se dá por meio da equação abaixo:

$$Dd = L/A$$

Sendo:

Dd = densidade de drenagem

L = comprimento do canal

A = área da bacia

Beltrame (1994), sugeriu uma classificação em faixas para a densidade de drenagem (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação da densidade de drenagem (Dd) de uma bacia.

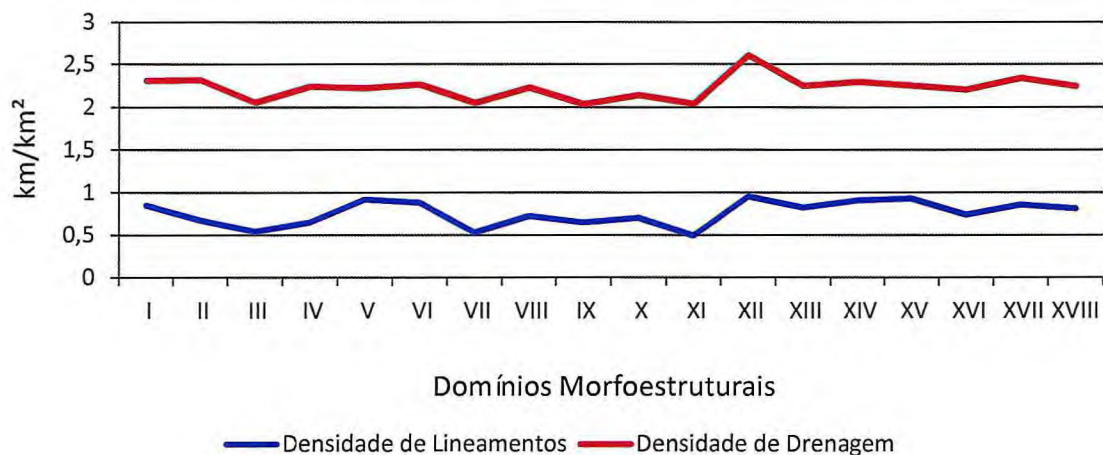
Dd (km/km ²)	Denominação
< 0,50	Baixa
0,50 – 2,00	Mediana
2,01 – 3,50	Alta
> 3,50	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994).

O procedimento para gerar os valores de densidade de lineamentos é semelhante ao anterior, ou seja, é obtida pela relação entre o somatório dos comprimentos totais dos segmentos de linhas, que ocorrem em uma área.

De acordo com os valores obtidos, a densidade de drenagem segue o mesmo padrão da densidade de lineamentos (Figura 34). No entanto o valor médio encontrado para densidade de drenagem e lineamentos da área de estudo é de 2,228 e 0,757 km/km² respectivamente. Sendo assim, esses números sugerem que há um elevado escoamento superficial condizente com o caráter pouco permeável das litologias metamórficas e sedimentares anquimetamórficas predominantes na área de estudo.

Figura 35 – Gráfico comparativo dos valores de densidades de drenagem e lineamentos gerais da área de estudo.



6.5 Domínios Morfoestruturais

O presente item foi organizado tentando relacionar as principais informações coletadas sobre a área de estudo. Os resultados alcançados possibilitaram a caracterização de dezoito domínios morfoestruturais que receberam uma designação informal em números romanos, sendo descritos a seguir.

6.5.1 Domínio Morfoestrutural I

Localização

Extremidade norte da área, lado oeste do rio Acaraú (Figura 35D).

Geologia

Bastante variada, composta em grande parte pelos gnaisses com afinidade tonalítica-trondjemítica-granodiorítica (TTG), granulitos e migmatitos pertencentes ao Complexo Granja; quartzitos, xistos e metavulcânicas referentes a Formação São Joaquim; e com menor expressão os arenitos e conglomerados da Formação Barreiras e granitoides (Figura 35A).

Densidade de drenagem

Valor de 2,310 km/km², representando bom escoamento superficial do terreno.

Padrão de drenagem

Predominantemente retangular-subdendrítico, com aspecto ortogonal consequência da influência exercida pelo sistema de falhas (Figura 35B).

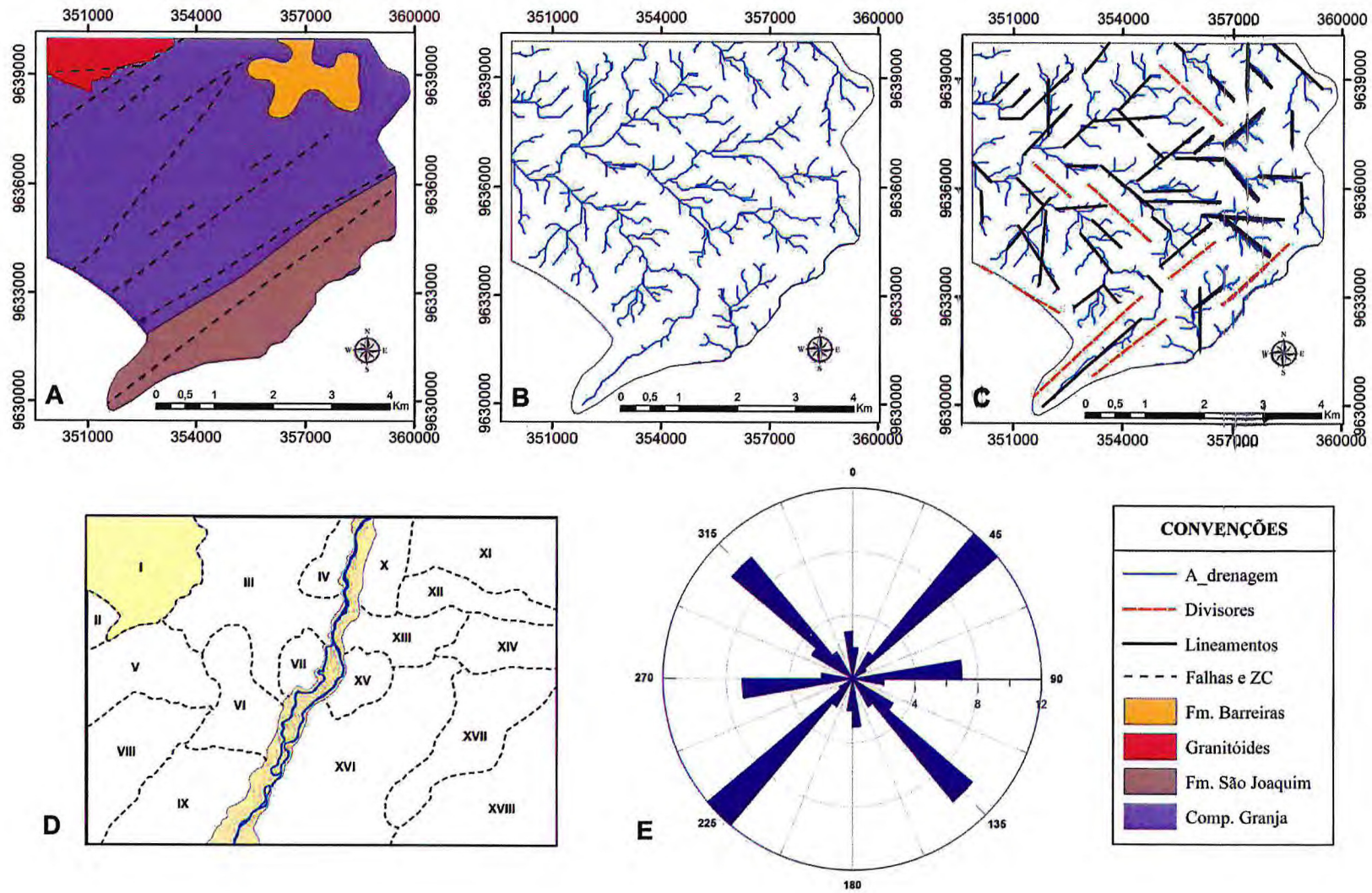
Anomalias de drenagem

Segmentos alinhados de direção NE-SW, NW-SE e, subordinadamente, E-W e N-S, respectivamente. Enquanto as outras famílias ocorrem dispersas na área, a família E-W concentra-se na porção central do domínio (Figura 35C).

Tropia

Direções preferenciais para NE-SW e NW-SE, com E-W e N-S subordinadas (Figura 35E).

Figura 36 – Mapas interpretativos do domínio I. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.2 Domínio Morfoestrutural II

Localização

Porção norte da área e a sudoeste do setor morfoestrutural I (Figura 36E).

Geologia

Composto por gnaisses com afinidade tonalítica-trondhjemítica-granodiorítica (TTG), granulitos e migmatitos pertencentes ao Complexo Granja e quartzitos, xistos e metavulcânicas referentes à Formação São Joaquim (Figura 36CA).

Densidade de drenagem

Valor de 2,318 km/km², muito próximo ao anterior (item 6.4.1), com um contexto semelhante, cabendo à mesma interpretação.

Padrão de drenagem

O modelo de drenagem é subretangular, com influência dos sistemas de fraturas (Figura 36B).

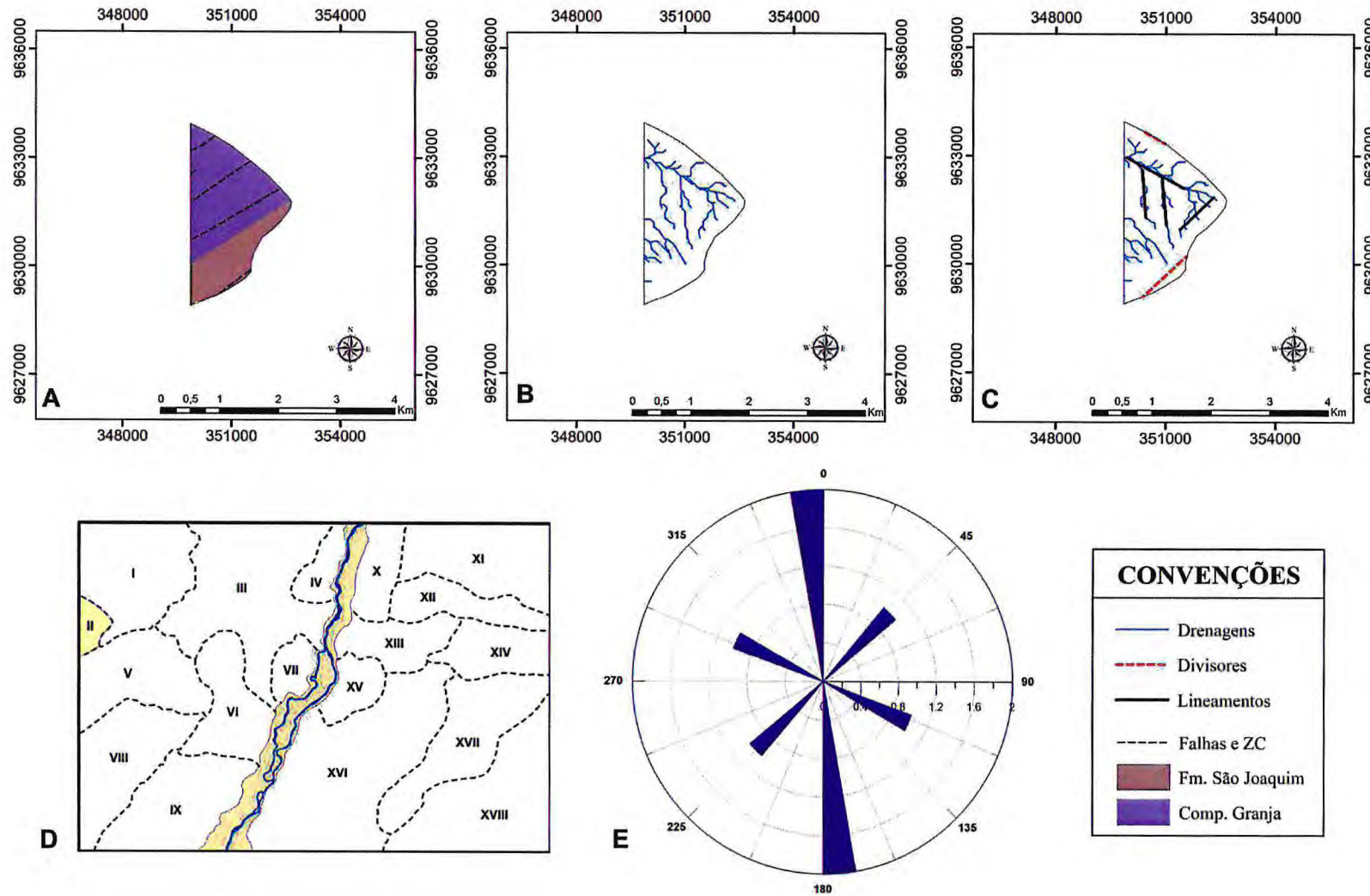
Anomalias de drenagem

Quatro segmentos alinhados, sendo dois com a direção N-S e um com tendência para NW-SE, e outro segundo NE-SW. Dois divisores presentes seguindo as direções dos alinhamentos NE-SW e NW-SE (Figura 36C).

Tropia

N-S, com NE-SW e NW-SE secundariamente (Figura 36D).

Figura 37 – Mapas interpretativos do domínio II. A) Mapa geológico. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.3 Setor Morfoestrutural III

Localização

Localiza-se na porção norte da área, entre os setores morfoestruturais I e IV (Figura 37D).

Geologia

Intensa complexidade litológica, composto principalmente por quartzitos, silexitos, xistos e metavulcânicas da Formação São Joaquim; gnaisses, granulitos e migmatitos do Complexo Granja; arenitos da Formação Pacujá; basaltos da Formação Parapuí e conglomerados da Formação Aprazível (Figura 37A).

Densidade de drenagem

Valor de 2,055 km/km², um pouco abaixo da média para todas as outras unidades (2,228 km/km²).

Padrão de drenagem

Geometria com ramificações imperfeitas, configurando um modelo subdendrítico (Figura 37B).

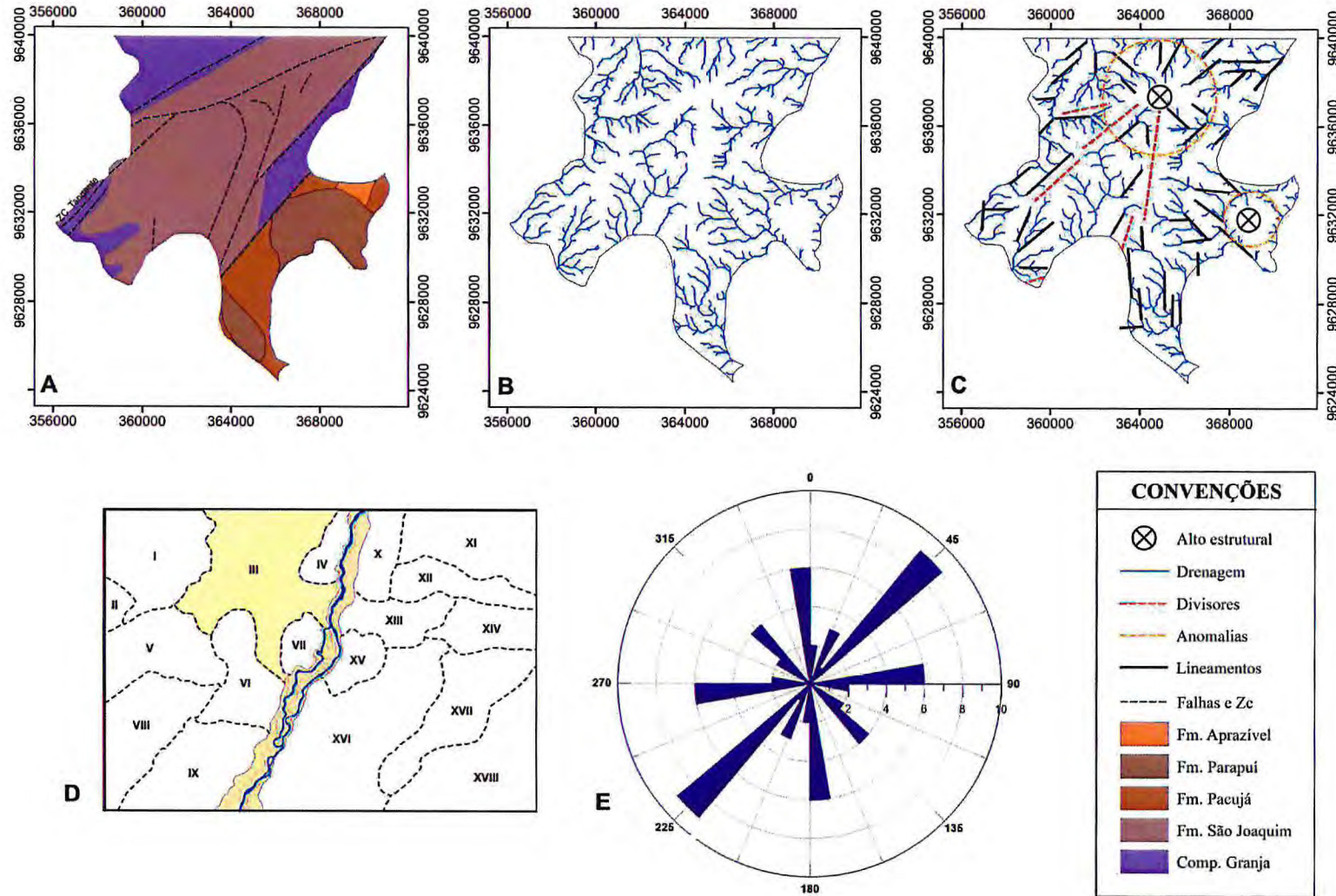
Anomalias de drenagem

Segmentos alinhados de direção NE-SW, N-S e E-W. Alguns divisores retilíneos bastante expressivos se alinham com sentido NE-SW. Ocorrem duas áreas anômalas com um padrão radial e anelar, respectivamente a norte e leste do rio Acaraú (Figura 37C).

Tropia

Principalmente para NE-SW (Figura 37E).

Figura 38 – Mapas interpretativos do domínio III. A) Mapa geológico. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.4 Domínio Morfoestrutural IV

Localização

Porção norte, lado oeste do rio Acaraú (Figura 38D).

Geologia

Abrange tanto gnaisses, granulitos e migmatitos do Complexo Granja quanto arenitos e conglomerados do Grupo Jaibaras (Figura 38A).

Densidade de drenagem

Valor de 2,239 km/km² bem próximo da média de 2,228 km/km², indicando que as rochas desse setor favorecem o escoamento superficial.

Padrão de drenagem

Geometria subparalela. (Figura 38B).

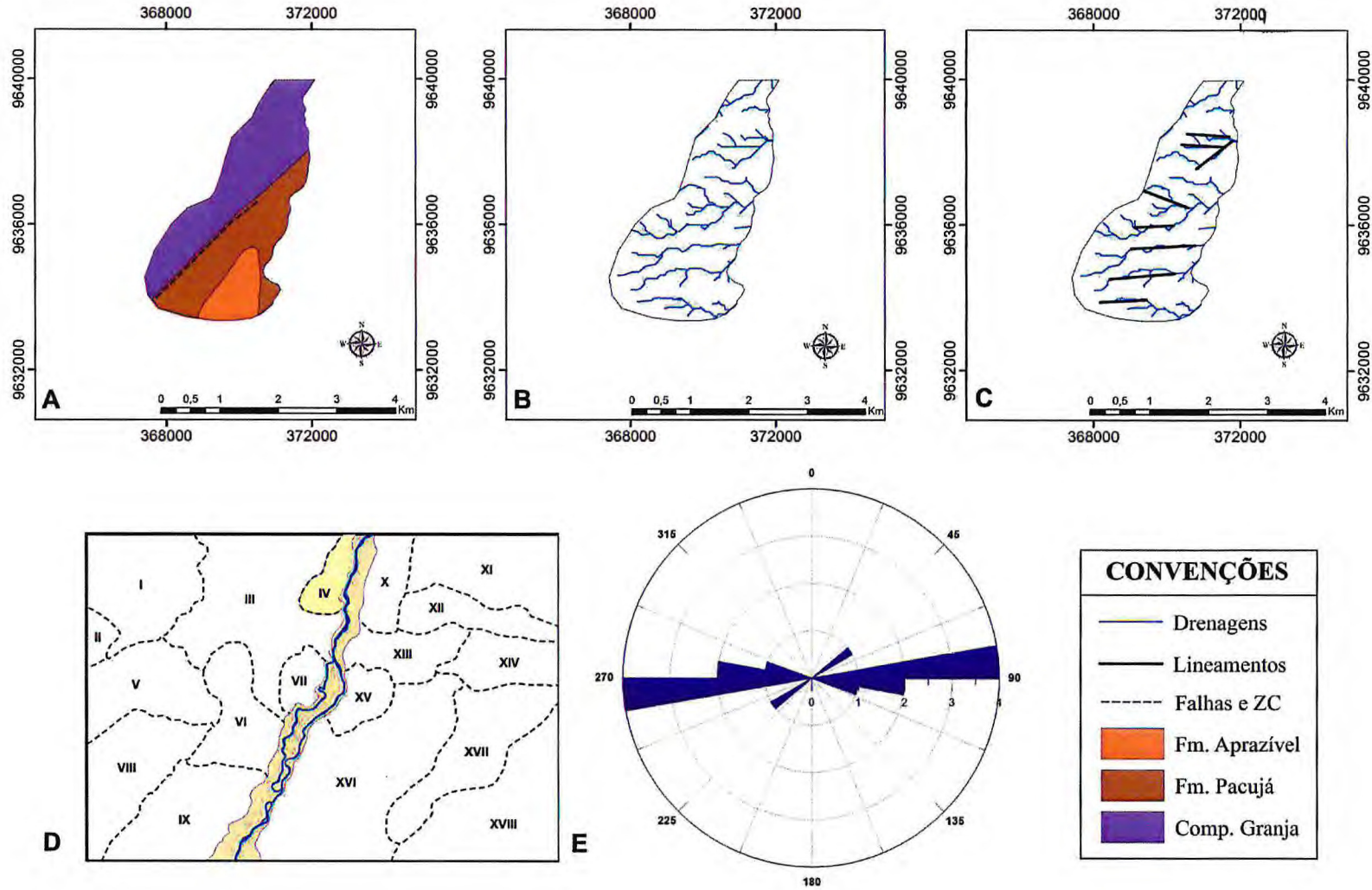
Anomalias de drenagem

Oito segmentos alinhados de direção predominantemente para E-W (Figura 38C).

Tropia

Tendência para E-W (Figura 38E).

Figura 39 – Mapas interpretativos do domínio IV. A) Mapa geológico. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.5 Domínio Morfoestrutural V

Localização

Centro oeste da área, à sul do domínio I (Figura 39D).

Geologia

Rochas gnáissicas, migmatíticas, xistosas, quartzíticas e metavulcânicas (Figura 39A).

Densidade de drenagem

Valor de 2,224 km/km² bem próximo da média de 2,228 km/km², mostrando que ocorre bom escoamento nesse terreno.

Padrão de drenagem

Transição de retangular para subdendrítico. Nota-se que, ao contrário do subdendrítico, o padrão retangular sofre influência de falhas. (Figura 39B).

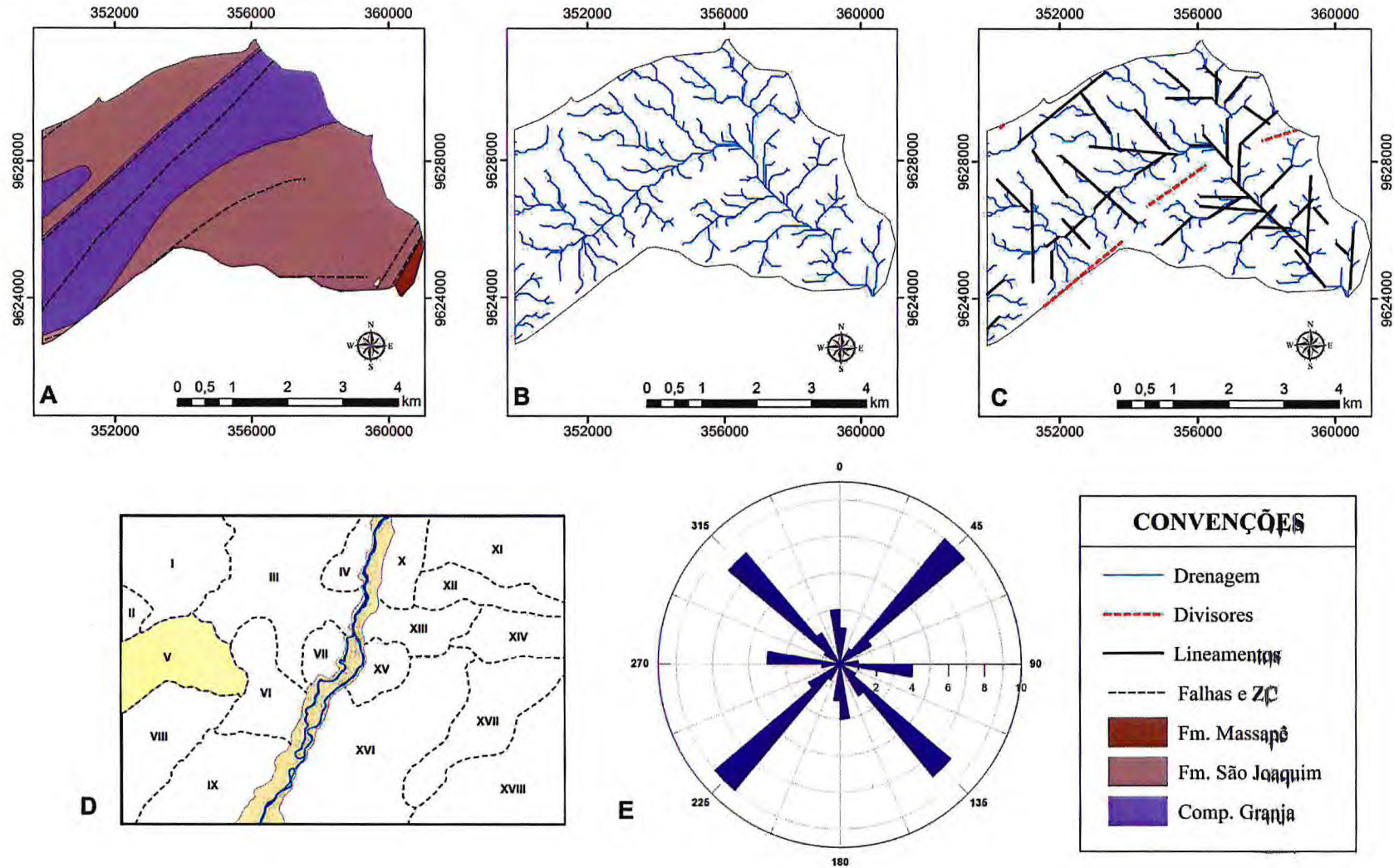
Anomalias de drenagem

Predomínio de segmentos de drenagem de direção NE-SW e NW-SE, subordinadamente E-W e N-S. (Figura 39C).

Tropia

Direções preferenciais NE-SW e NW-SE (mais importantes), E=W e N-S (subordinadas) (Figura 39E).

Figura 40 – Mapas interpretativos do domínio V. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.6 Domínio Morfoestrutural VI

Localização

Centro oeste da área, circundado pelos domínios III, V, VIII, IX e margeado a leste pelo rio Acaraú (Figura 40D).

Geologia

Corresponde em sua maior parte a terrenos sedimentares do Grupo Jaibaras (arenitos da Formação Pacujá, conglomerados da Formação Massapê, basaltos da Formação Parapuí) e gnaisses, granulitos e migmatitos da Formação São Joaquim (Figura 40A).

Densidade de drenagem

Valor de 2,267 km/km² um pouco acima média de 2,228 km/km², justificado pelo fato dos arenitos da Formação Pacujá (Grupo Jaibaras) apresentarem um alto grau de diagênese.

Padrão de drenagem

Padrão retangular transicionando para subangular (Figura 40B).

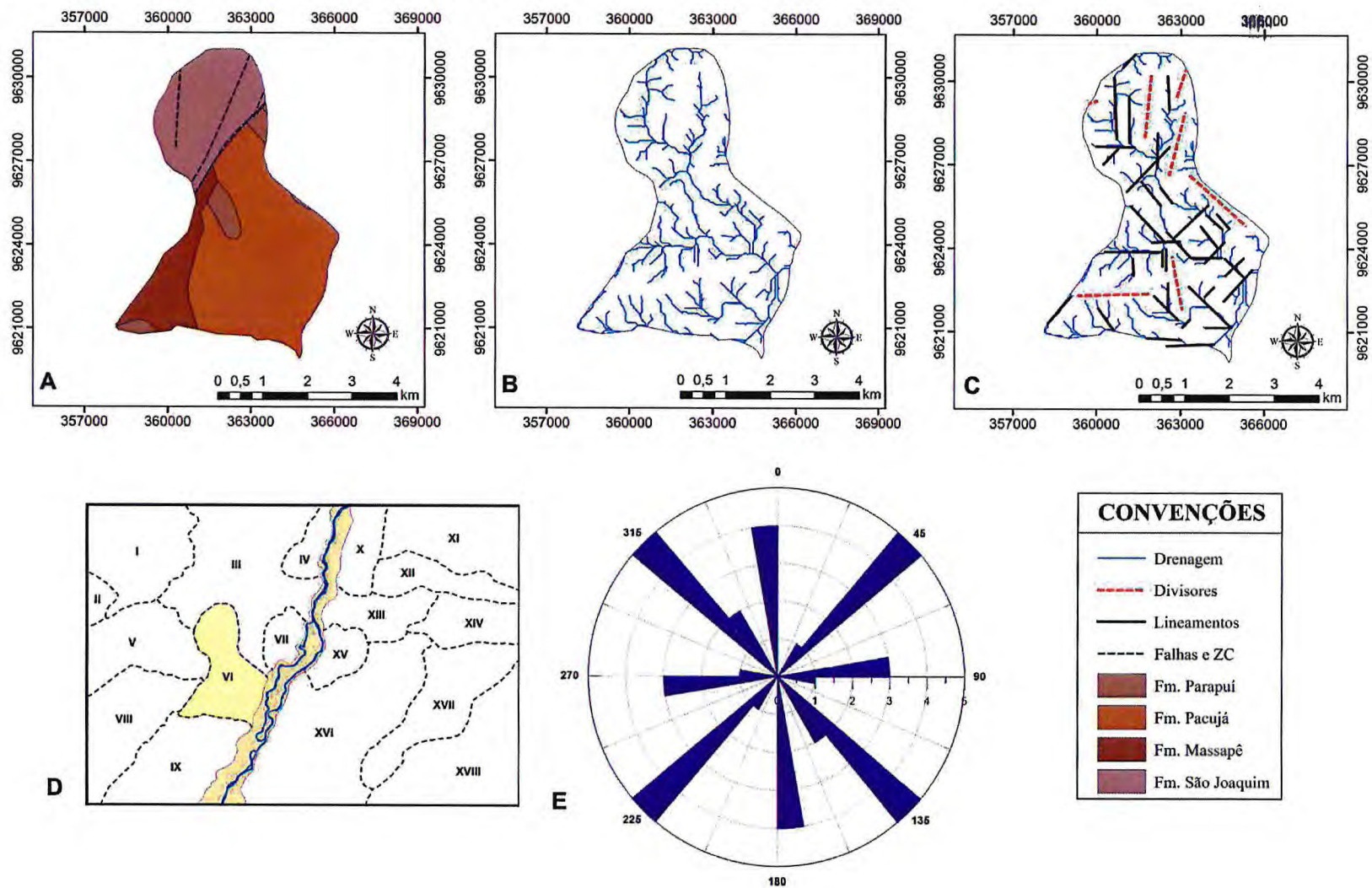
Anomalias de drenagem

36 segmentos de drenagem e divisores distribuídos na área (Figura 40C).

Tropia

Principalmente, por ordem de importância: NW-SE, NE-SW, N-S e E-W, (Figura 40E).

Figura 41 – Mapas interpretativos do domínio VI. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.7 Domínio Morfoestrutural VII

Localização

Centro oeste da área, circundado pelos setores III, IV, VII e margeado a leste pelo rio Acaraú (Figura 41D).

Geologia

Predominantemente composta por basaltos da Formação Parapuí e pelo arenitos da Formação Pacujá (Figura 41A).

Densidade de drenagem

Valor de 2,051 km/km², situado dentro do esperado para esse substrato.

Padrão de drenagem

Treliça recurvada típica(Figura 41B).

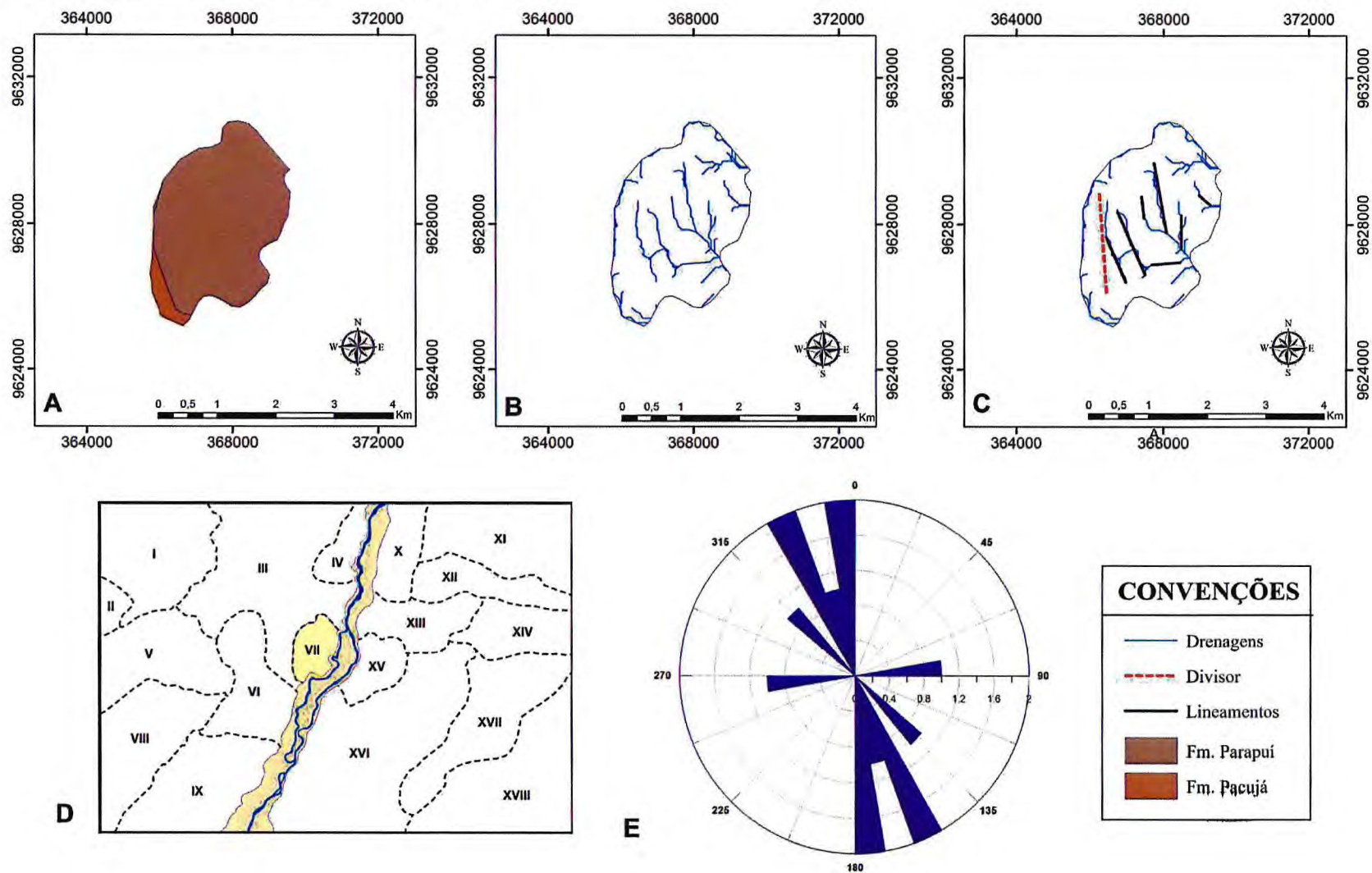
Anomalias de drenagem

Representadas por 07 segmentos de drenagem e um divisor de direção N-S (Figura 41C).

Tropia

Tendência evidente na direção NNW-SSE e, secundariamente, E-W e NW-SE (Figura 41E).

Figura 42 – Mapas interpretativos do domínio VII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.8 Domínio Morfoestrutural VIII

Localização

Porção sudoeste da área, entre os setores V, VI e IX. (Figura 42D).

Geologia

Em grande parte, micaxistos da Formação Covão. Na porção norte ocorrem ortognaisses com afinidade TTG e migmatitos da Formação São Joaquim, além de estreita faixa de arenitos e conglomerados do Grupo Jaibaras (Figura 41A).

Densidade de drenagem

Valor de 2,230 km/km², muito próximo à média para toda a área (2,228 km/km²), no entanto esse número é condizente com a litologia do terreno.

Padrão de drenagem

Padrão subdentritico devido à imperfeição dos canais e, subordinadamente, subangular (Figura 41B).

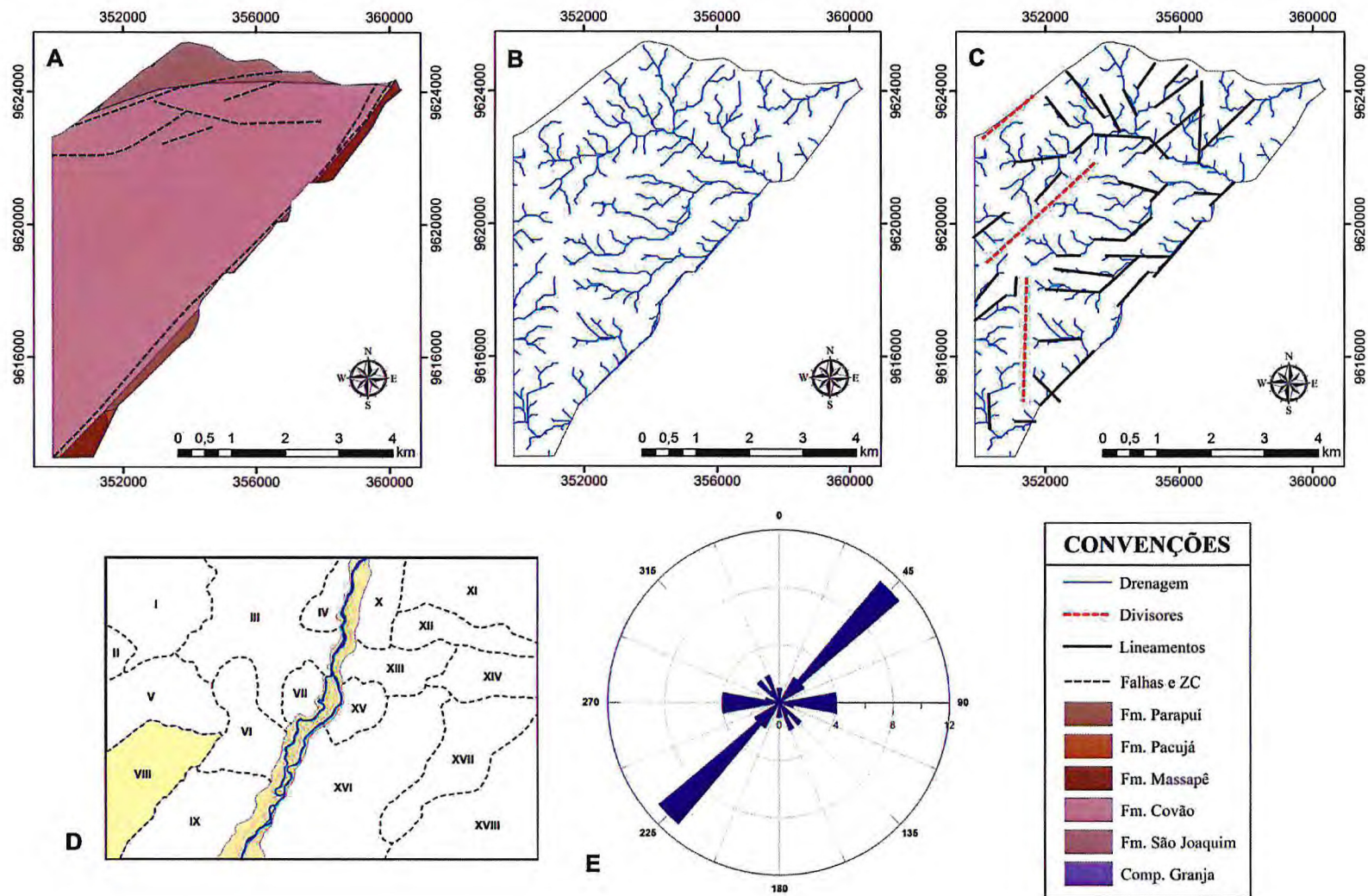
Anomalias de drenagem

40 segmentos de drenagem e dois divisores com direções NE-SW e N-S (Figura 41C).

Tropia

Principalmente NE-SW e, subordinadamente, E-W e NNW-SSE (Figura 41E).

Figura 43 – Mapas interpretativos do domínio VIII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.9 Domínio Morfoestrutural IX

Localização

Porção sul da área de estudo, entre os setores VI e VIII (Figura 42D).

Geologia

Predominantemente, arenitos, basaltos/riolitos, e conglomerados do Grupo Jaibaras (Figura 42A).

Densidade de drenagem

Valor de 2,037 km/km², já esperado para este setor, pois condiz com o substrato ocorrente.

Padrão de drenagem

Padrão subdendrítico com pequena tendência subradial (Figura 42B).

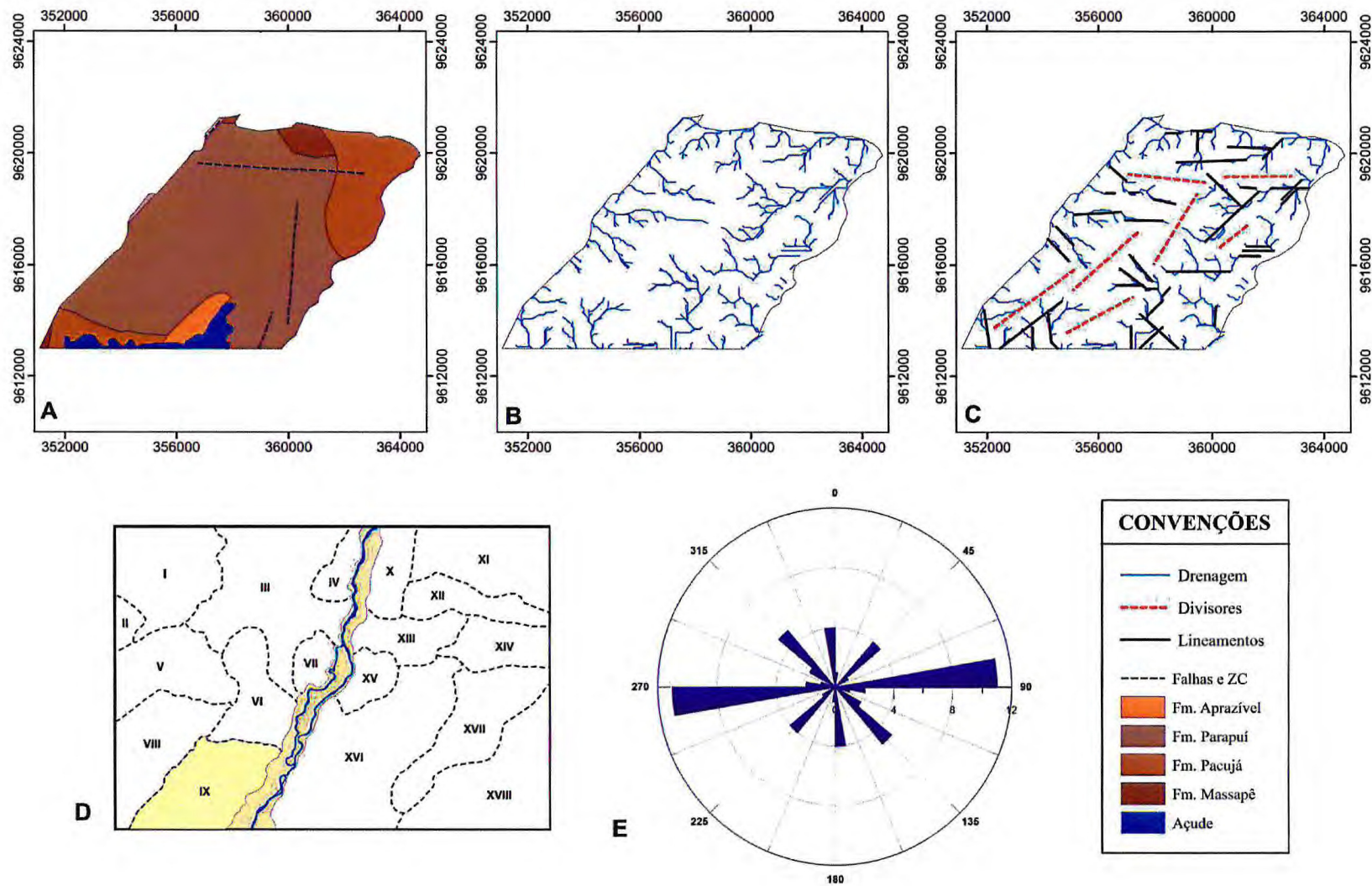
Anomalias de drenagem

40 alinhamentos, juntamente com alguns divisores na parte mais central da unidade (Figura 42C).

Tropia

Máximos correspondentes às direções E-W (principal) e NE-SW, NW-SE e N-S (subordinadas) (Figura 42E).

Figura 44 – Mapas interpretativos do domínio IX. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.10 Domínio Morfoestrutural X

Localização

Norte da área, lado leste do rio Acaraú (Figura 43D).

Geologia

Essencialmente, ortognaisses e migmatitos do Complexo Granja. Na parte sul, estão presentes arenitos da Formação Pacujá e paragnaisses, ortognaisses, metabásicas e metacalcários da Unidade Canindé (Complexo Ceará) (Figura 43A).

Densidade de drenagem

Valor de 2,143 km/km² próximo à média (2,228 km/km²), situando-se dentro do esperado para esse substrato.

Padrão de drenagem

Subparalelo, com pequena tendência dendrítica, ou mesmo de treliça direcional (Figura 43B).

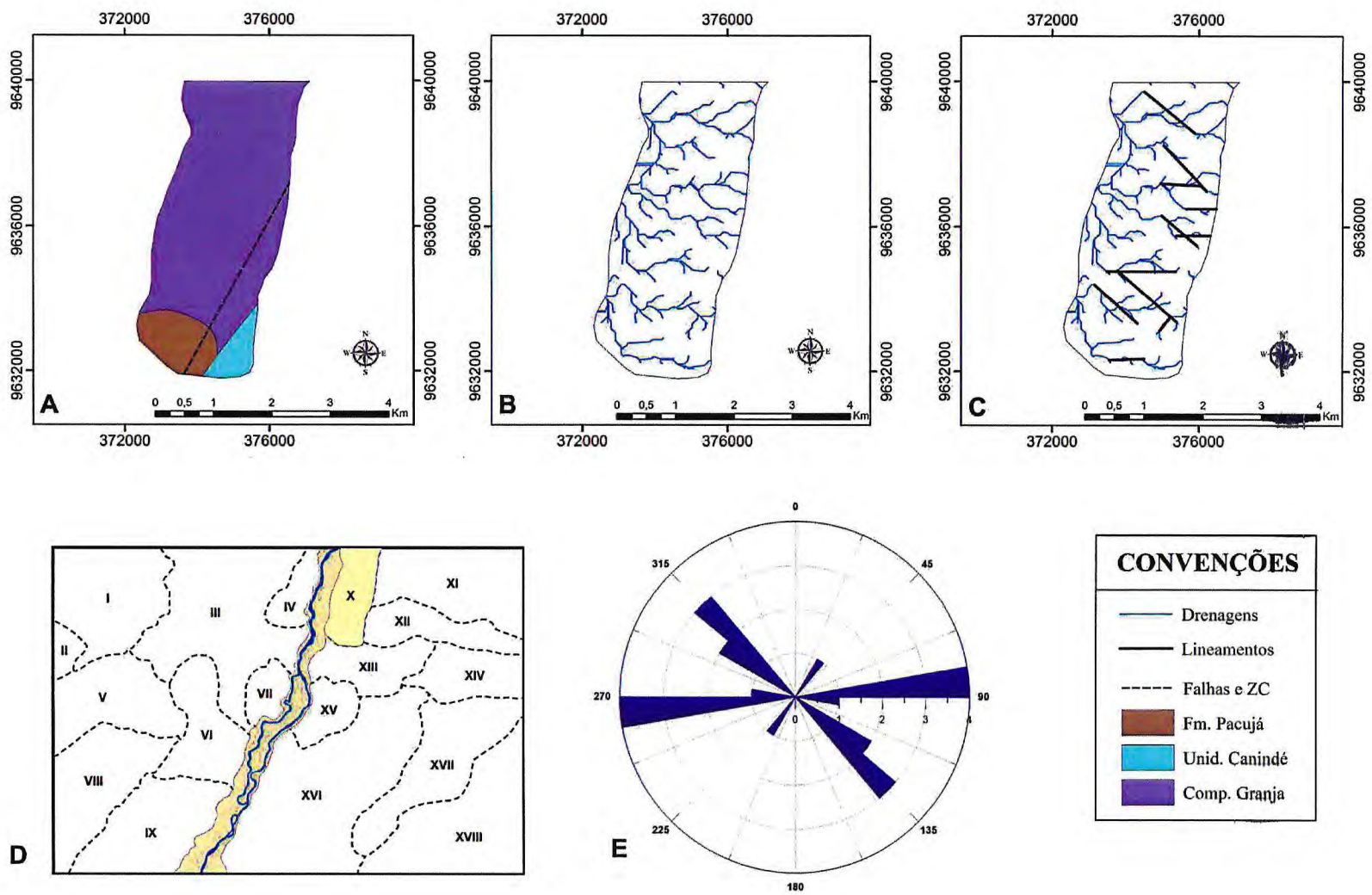
Anomalias de drenagem

Feições anômalas encontradas representadas na (Figura 43C) por 11 segmentos de drenagens.

Tropia

Predomínio de direções E-W, NW-SE e NE-SW, nesta ordem. (Figura 43E).

Figura 45 – Mapas interpretativos do domínio X. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.11 Domínio Morfoestrutural XI

Localização

Nordeste da área de estudo (Figura 44D).

Geologia

Ocorrência de sedimentos da Fm. Barreiras em tabuleiros pré-litorâneos limitadas a sul pelo Grupo Serra Grande e por rochas mais resistentes referente à unidade Canindé (Complexo Ceará) e a oeste pelo Complexo Granja (Figura 44A).

Densidade de drenagem

O valor médio de densidade para toda área de estudo é de 2,228 (km/km²), sendo que esta porção apresentou o menor valor de 2,041 (km/km²). Este número condiz com o terreno que é predominantemente sedimentar areno-cascalhoso com matriz argilosa e menor grau diagenético, portanto mais permeável em relação aos terrenos cristalinos.

Padrão de drenagem

Subdendrítico com uma tendência radial na porção central do setor (Figura 44B).

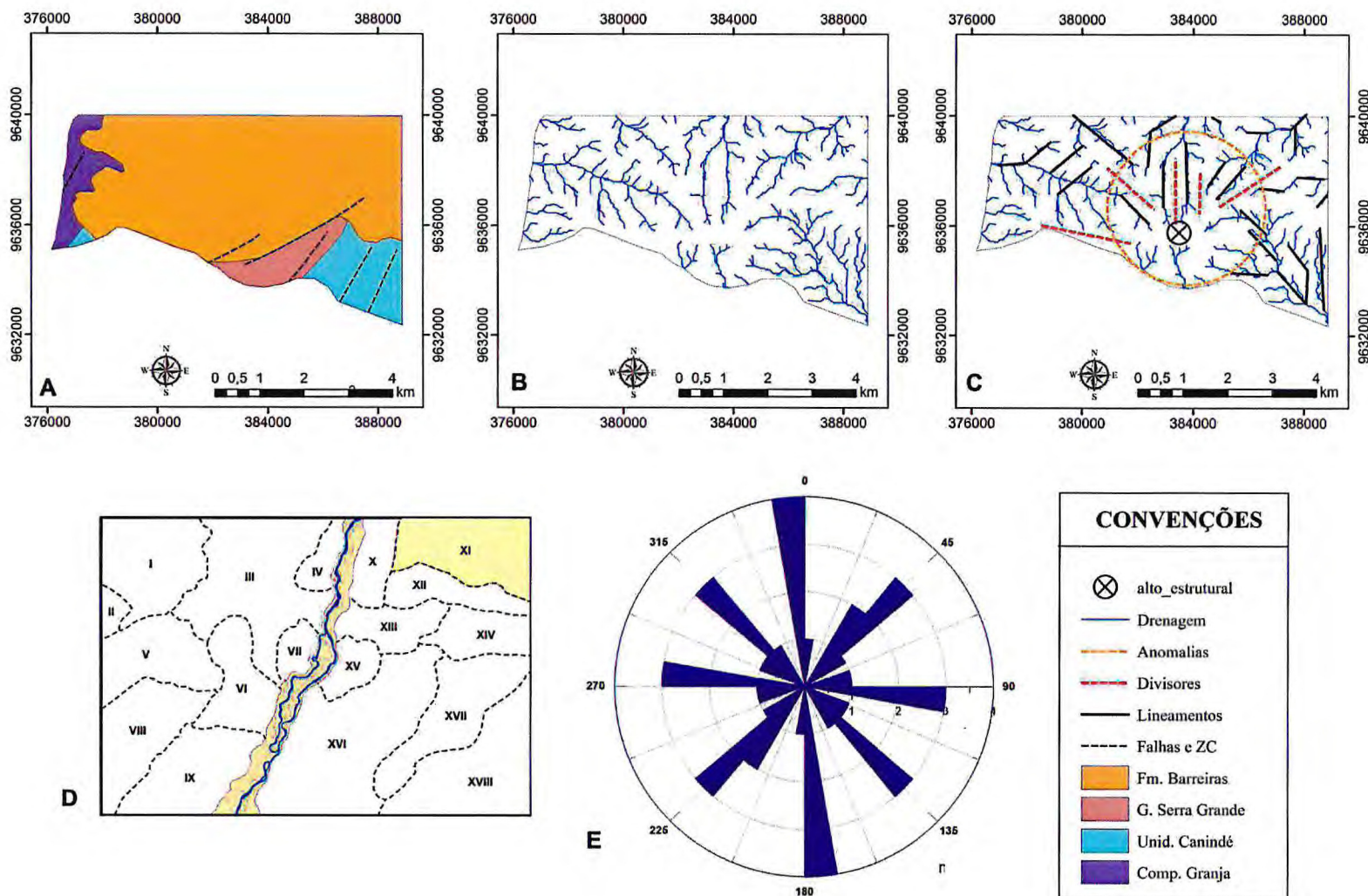
Anomalias de drenagem

27 segmentos de drenagem e divisores alinhados com sentido N-S, NE-SW e NW-SE. Destaca-se também um padrão radial na parte central da unidade (Figura 44C).

Tropia

Evidente distribuição das frequências dos segmentos de drenagem em várias direções (Figura 44E).

Figura 46 – Mapas interpretativos do domínio XI. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.12 Domínio Morfoestrutural XII

Localização

Região nordeste da área, limitadas pelos setores X, XI, XIII e XIV (Figura 45D).

Geologia

Abrange uma considerável variação litológica, desde rochas mais resistentes representadas pela Unidade Canindé e uma pequena faixa do Complexo Granja até os arenitos do Grupo Serra Grande e Fm. Barreiras (Figura 45A).

Densidade de drenagem

2,606 km/km² é o valor mais alto para toda a área de estudo. Apesar de apresentar em sua litologia rochas sedimentares, a maior densidade de drenagem tende a ocorrer nas porções onde predominam rochas pré-cambrianas.

Padrão de drenagem

Padrão de drenagem subpenado. (Figura 45B).

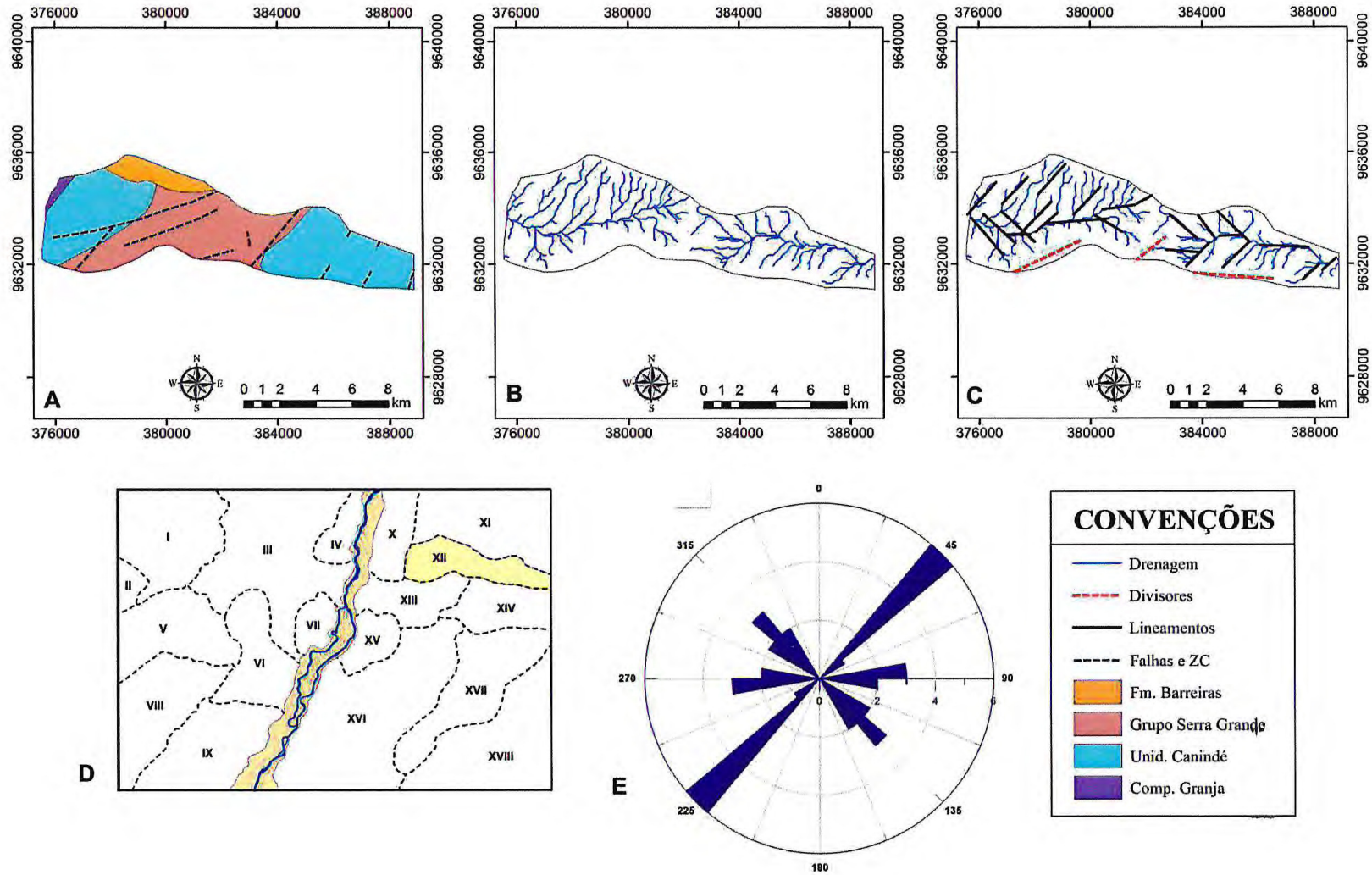
Anomalias de drenagem

25 segmentos de drenagem (Figura 45C).

Tropia

Máximos com direção NE-SW (principal) e NW-SE, E-W (subordinados) (Figura 45E).

Figura 47 – Mapas interpretativos do domínio XII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.13 Domínio Morfoestrutural XIII

Localização

Porção centro leste da área, ao longo da margem do rio Acaraú (Figura 46D).

Geologia

Composta basicamente de arenitos, gnaisses, metabásicas e metacalcários (Figura 46A).

Densidade de drenagem

O valor 2,247 km/km² é próximo da média (2,228 km/km²) sendo este interpretado com um terreno menos permeável dos que os da Formação Barreiras.

Padrão de drenagem

Retangular a subangular, assumindo por vezes uma geometria subdendrítica. (Figura 46B).

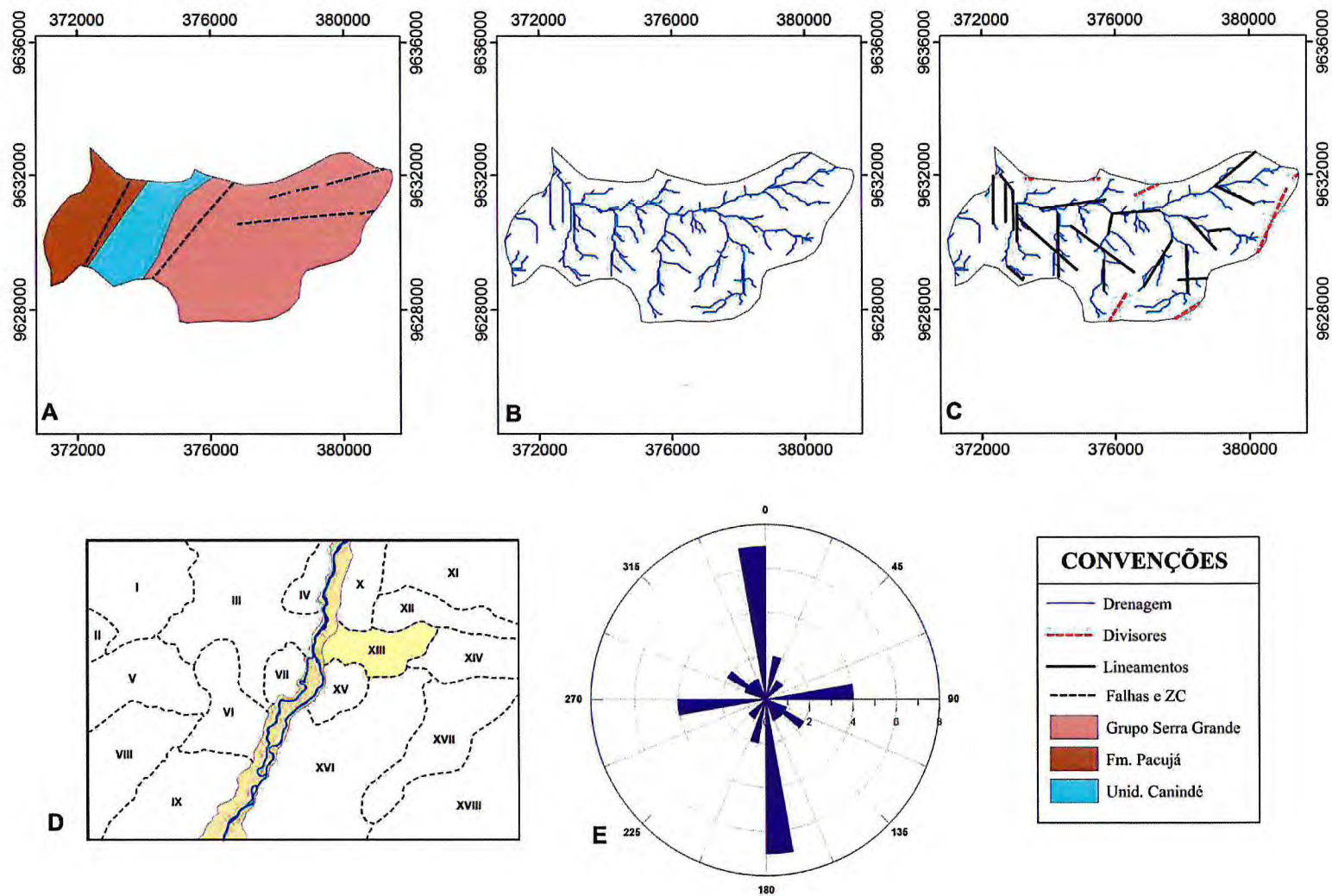
Anomalias de drenagem

22 anomalias retilíneas de drenagem (Figura 46C).

Tropia

Tendência para N-S, E-W e, subordinadamente, NNE-SSW e WNW-ENE (Figura 46E).

Figura 48 – Mapas interpretativos do domínio XIII. A) Mapa geológico simplificado B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.14 Domínio Morfoestrutural XIV

Localização

Localizado no limite centro leste da área (Figura 47D).

Geologia

Abrange basicamente os arenitos da Formação Ipú (Grupo Serra Grande) e os gnaisses, metabásicas e metacalcários da Unidade Canindé (Figura 47A).

Densidade de drenagem

2,294 km/km² é um valor acima da média (2,228 km/km²) para área, sendo este um numero esperado tendo em vista a natureza do terreno.

Padrão de drenagem

Treliça de falha, demonstrando um forte controle estrutural com tendências subdendríticas (Figura 47B).

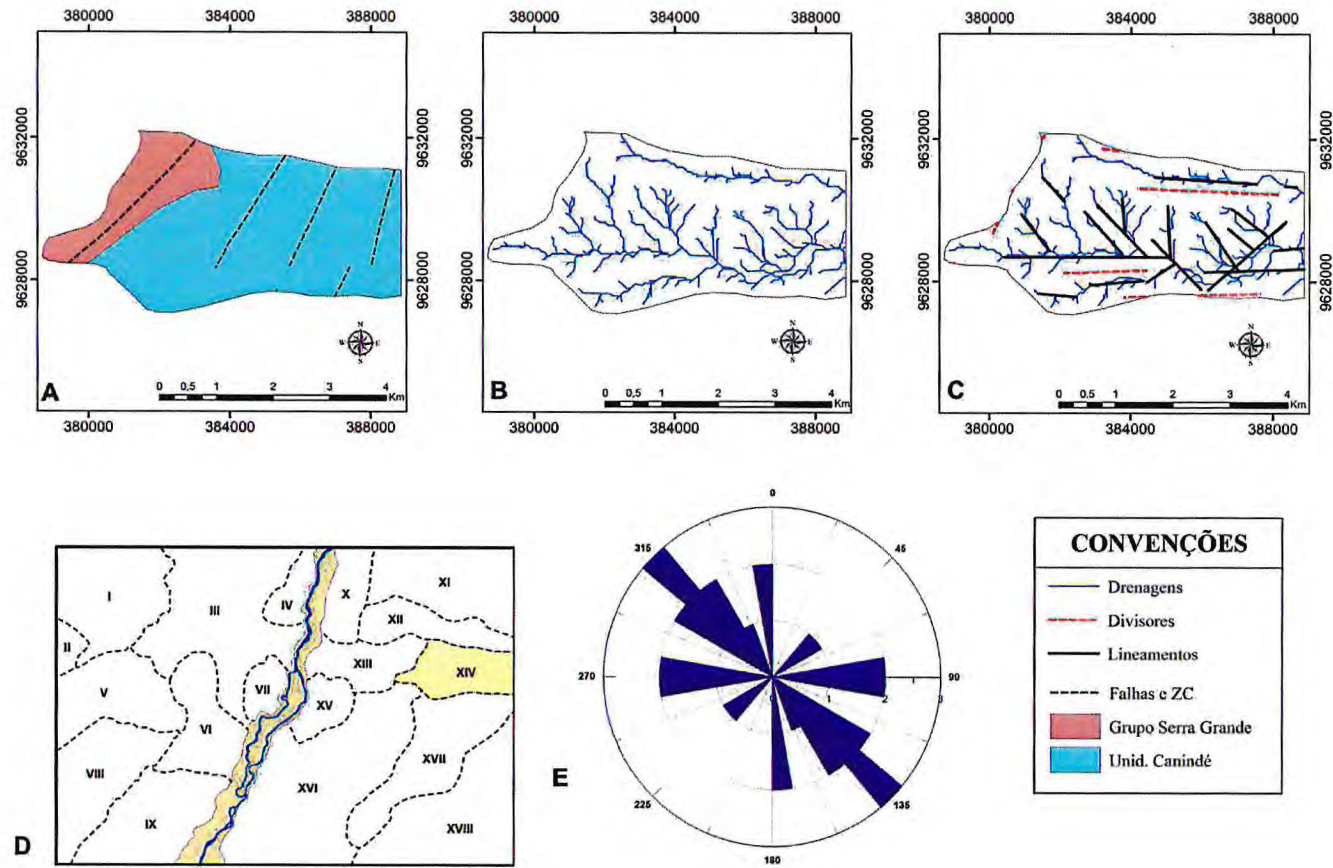
Anomalias de drenagem

22 segmentos retilíneos de drenagem e alguns divisores com direção E-W (Figura 47C).

Tropia

Direções NW-SE, E-W como principais e duas secundárias, para N-S e NE-SW (Figura 47E).

Figura 49 – Mapas interpretativos do domínio XIV. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.15 Domínio Morfoestrutural XV

Localização

Limite centro leste da área (Figura 48D).

Geologia

Arenitos (grupos Jaibaras e Serra Grande), gnaisses, rochas metabásicas e metacalcários (Figura 48A).

Densidade de drenagem

Valor muito próximo à média para toda área de 2,251 km/km², como esperado dentro do contexto estudado.

Padrão de drenagem

Treliça direcional bem configurada (Figura 48B).

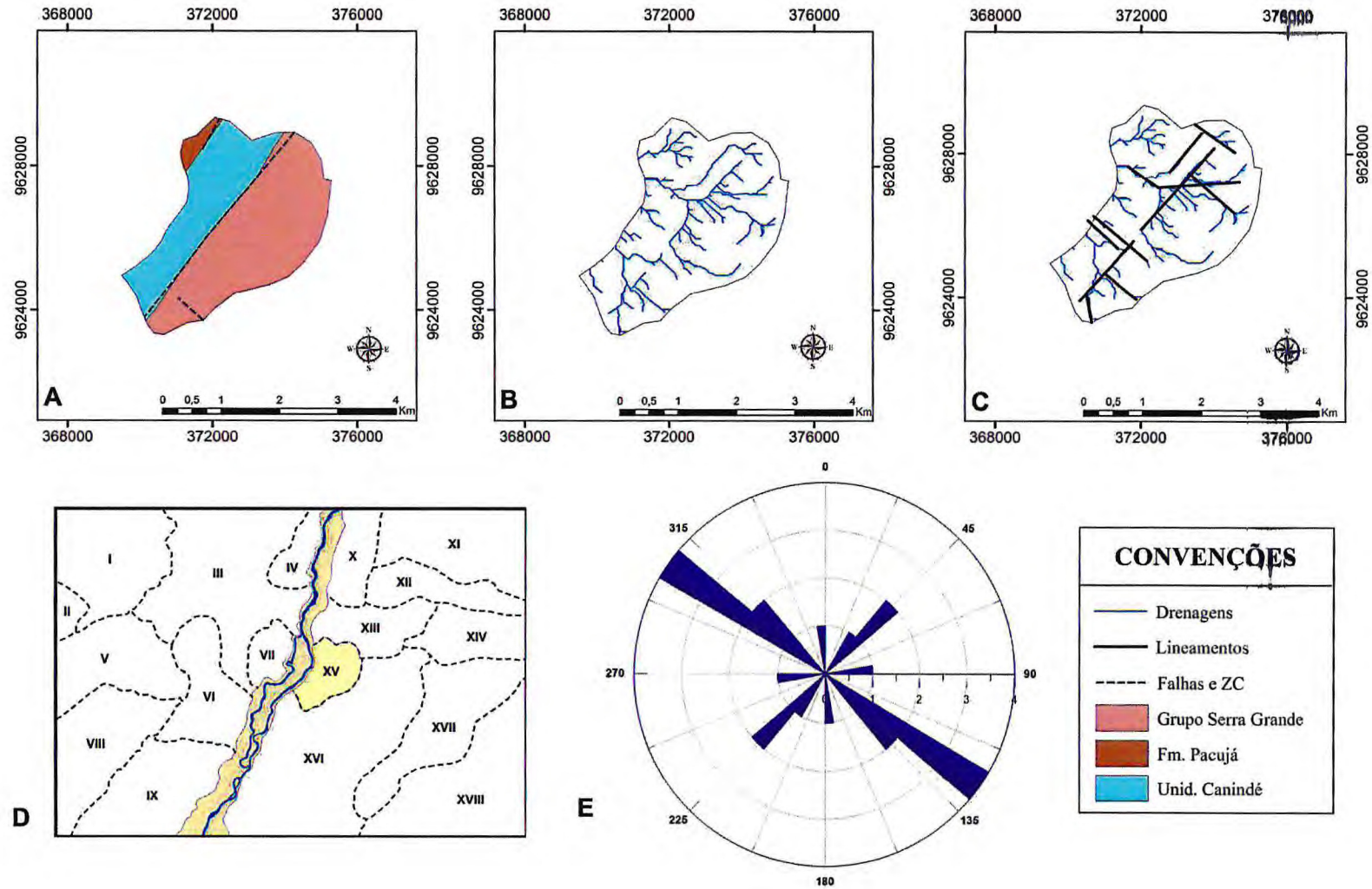
Anomalias de drenagem

11 segmentos retilíneos de drenagem (Figura 48C).

Tropia

Destaque para a direção NW-SE e, secundariamente, NE-SW (Figura 48E).

Figura 50 – Mapas interpretativos do domínio XV. A) mapa de drenagem. B) mapa de anomalias de drenagem. C) mapa geológico simplificado D) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem. E) localização dos domínios morfoestruturais.



6.5.16 Domínio Morfoestrutural XVI

Localização

Centro sudeste da área, limitado pelos setores XIII, XIV, XVII e XVIII (Figura 49D).

Geologia

Arenitos do Grupo Serra Grande e rochas gnáissicas, metabásicas e metacalcários da Unidade Canindé (Complexo Ceará) (Figura 49A).

Densidade de drenagem

Valor de 2,205 km/km², evidenciando um caráter menos permeável.

Padrão de drenagem

Configuração dendrítica com tendência para geometria mais subangular (Figura 49B).

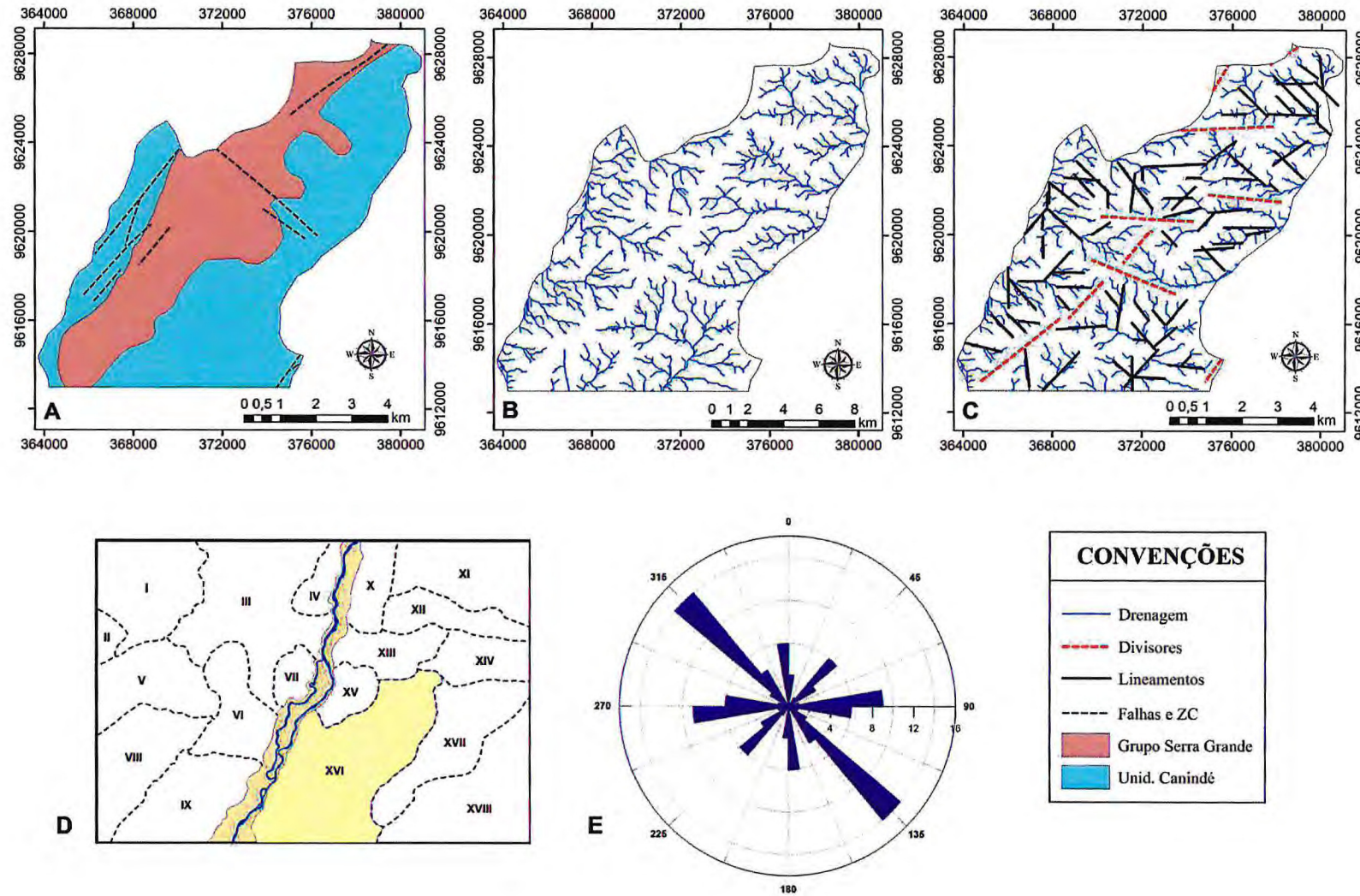
Anomalias de drenagem

75 segmentos retilíneos com divisores bastante expressivos de direção NE-SW e E-W (Figura 49C).

Tropia

Direções NW-SE e E-W (principais), N-S e NE-SW (secundárias) (Figura 49E).

Figura 51– Mapas interpretativos do domínio XVI. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.17 Domínio Morfoestrutural XVII

Localização

A sudeste da área limitada pelos setores XIV, XVI e XVIII (Figura 50D).

Geologia

Abrange em sua totalidade rochas do embasamento cristalino composto pelos gnaisses, metabásicas e metacalcários da Unidade Canindé (Complexo Ceará) (Figura 50A).

Densidade de drenagem

2,341 km/km², sendo um valor considerável, condizente com a baixa permeabilidade do terreno.

Padrão de drenagem

Treliça de falha a subangular (Figura 50B).

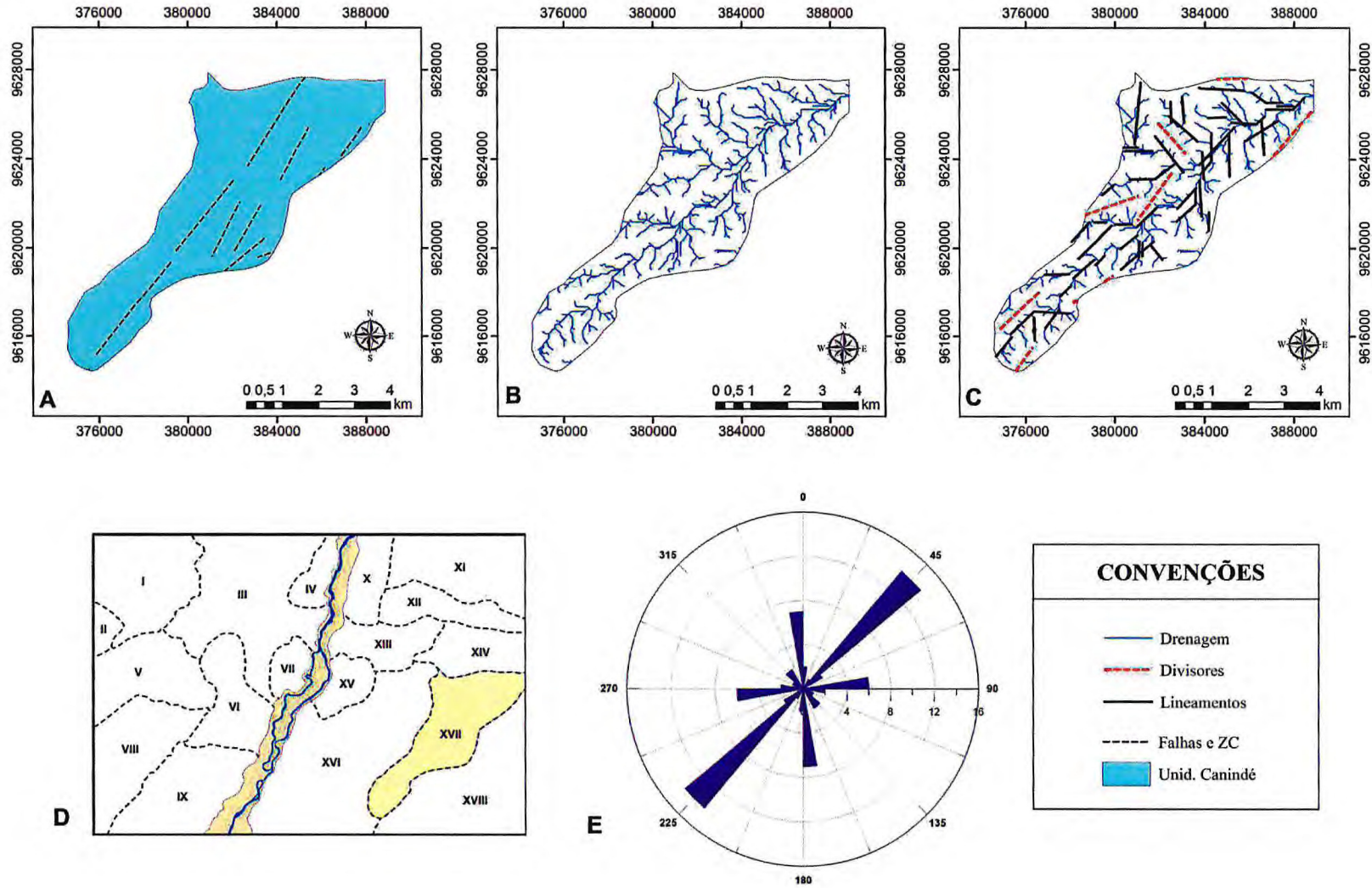
Anomalias de drenagem

52 lineamentos em segmentos retilíneos e alguns divisores com um direção preferencial NE-SW (Figura 50C).

Tropia

Direções NE-SW, N-S e E-W (Figura 50E).

Figura 52 – Mapas interpretativos do domínio XVII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



6.5.18 Domínio Morfoestrutural XVIII

Localização

Situa-se na extremidade sudeste da área (Figura 51D).

Geologia

Gnaisses, metabásicas, micaxistos e metacalcários da Unidade Independência e Canindé (Complexo Ceará) (Figura 51A).

Densidade de drenagem

2,243 km/km², valor explicado pela presença de micaxistos e metacalcários neste setor, tornando o terreno relativamente mais permeável.

Padrão de drenagem

Destaca-se um padrão retangular a subangular (Figura 51B).

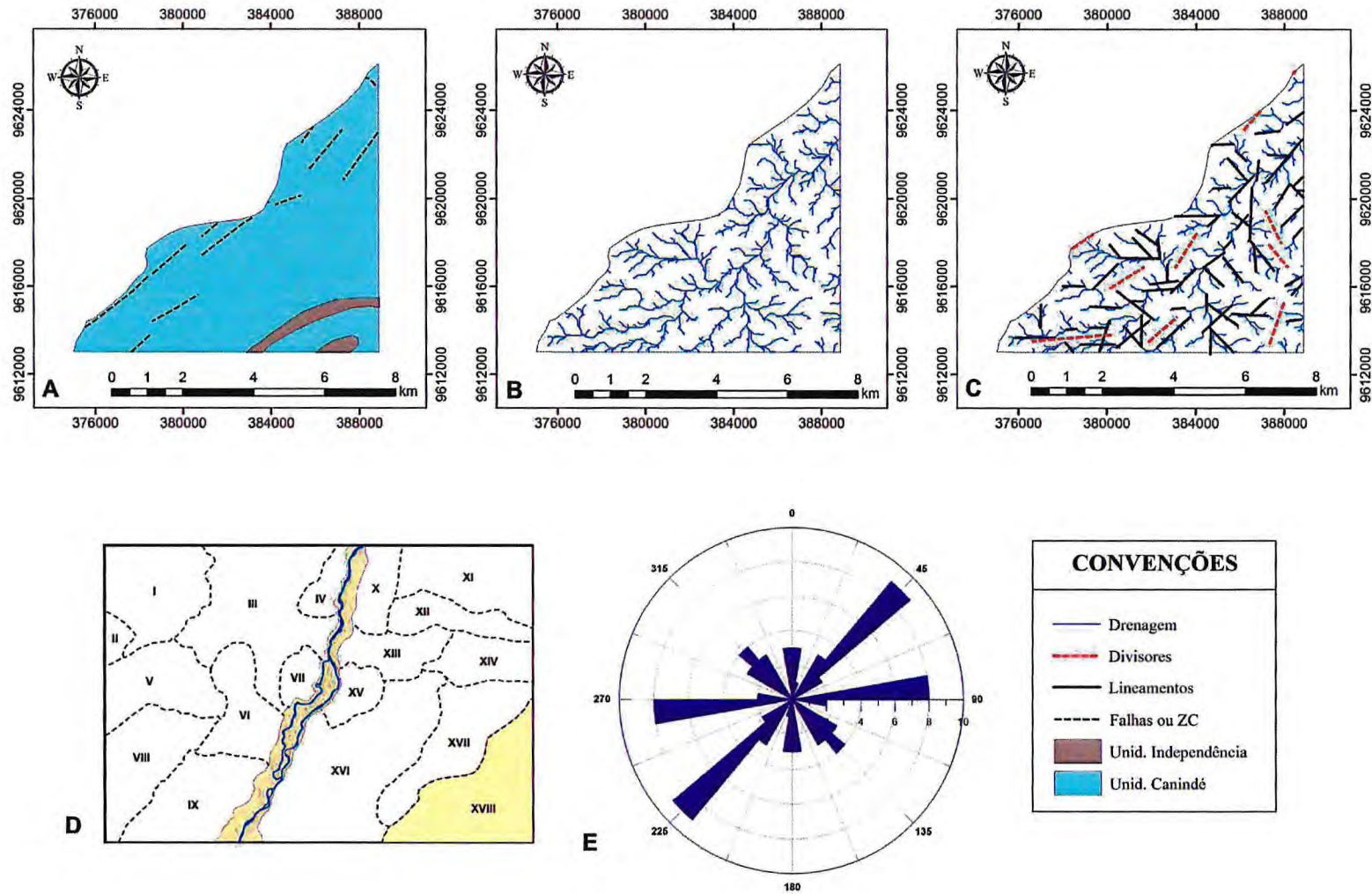
Anomalias de drenagem

64 segmentos retilíneos e alguns divisores (Figura 51C).

Tropia

Direções preferenciais NE-SW e E-W, subordinadamente NW-SE e N-S (Figura 51E).

Figura 53 – Mapas interpretativos do domínio XVIII. A) Mapa geológico simplificado. B) Mapa de drenagem. C) Mapa de anomalias de drenagem. D) Localização dos domínios morfoestruturais. E) Diagrama de roseta dos lineamentos de drenagem.



Capítulo –VII

CONCLUSÕES

O presente capítulo mostra uma síntese das principais conclusões obtidas nessa pesquisa, que enfocou a caracterização morfoestrutural da área considerando o grande interesse do ponto de vista científico devido a sua predisposição sísmica.

Esse estudo revelou a importância da aplicação das técnicas de geoprocessamento nesse tipo de trabalho para chegar até os produtos aqui expostos, se mostrando bastante eficaz no tocante ao objetivo proposto. Desse modo os softwares Arcgis 10.1, Global mapper 13 e Grapher 8, configuram-se como excelentes instrumentos capazes de gerar resultados consistentes.

O resultado da interpretação morfoestrutural feitos com o apoio de dados de sensoriamento remoto baseou-se na análise dos padrões de drenagem, densidade de drenagem, anomalias de drenagem e aspectos geológicos que permitiram compartimentação da área em 18 domínios morfoestruturais.

Em relação ao padrão, o predomínio de drenagem retangular, bem como a ocorrência dos padrões treliça e radial e suas amplas variações, configuram uma compatibilidade com a influência de um controle tectônico e com isso pode-se sugerir que uma boa parte da área esteve sujeita a deformação tectônica. O padrão treliça recurvada identificado no domínio VII parece refletir a morfologia de uma dobra. Além disso, temos o padrão subdentritico também bastante presente sempre relacionado às porções mais planas e litologicamente representado por rochas do embasamento e as vulcano-sedimentares do Grupo Jaibaras. O padrão subparalelo ocorre nos domínios IV e X associados a uma declividade intermediária e fraco controle estrutural.

As anomalias existentes são representadas principalmente pelos lineamentos de drenagem e divisores. Destacam-se também três pontos reconhecidos como indícios de alto estruturais estabelecendo um padrão de drenagem radial. No domínio III, duas dessas anomalias estão presentes podendo refletir feições dômicas sendo uma delas confirmada em campo como Serra do Morro. Examinando um pouco mais detalhadamente o quadro de lineamentos têm-se famílias com direções NE-SW, NW-SE, E-W e N-S.

A família NE-SW é a direção mais bem marcada e estão correlacionadas as descontinuidades reconhecidas como Lineamento Transbrasiliano, as zonas de cilhamento Senador Sá e a Rio Groáfras além de outras falhas indiscriminadas revelando uma cinemática dextral.

Segundo os estudos de Silva Filho *et al.*, (2009) a família NE-SW apresenta o mais extenso histórico de reativação, destacando-se as movimentações dextrais do sistema de

falhas Café-Ipueiras e Sobral-Pedro II, depois um possível episódio de movimentação sinistral que pode ter ocasionado a pequena inversão na bacia Jaibaras, seguido de uma outra grande movimentação relacionada a fragmentação do Gondwana e encaixando-se a sua posição atual uma reativação em cinemática normal, transcorrente sinistral e destal (transpressiva) e por fim os movimentos neotectônicos restringiram-se às porções do Lineamento Transbrasiliano próximos ao litoral.

A ocorrência da família NW-SE é bem espalhada na área estudada ocorrendo principalmente nos domínios I, V, VI, XI, XIV, XV e XVI. Nota-se que estão associadas principalmente ao embasamento e denotando uma cinemática sinistral.

Já a família E-W mostram maiores influências nos domínios IV, VI, IX, X, XIV, XVIII e outros subordinadamente. Conforme Silva Filho *et al.*, (2009) podem estar relacionados a falhas sismogênicas recentes que provocaram abalos sísmicos recentes em Santana do Acaraú.

A família N-S ocorre por vezes associadas aos lineamentos E-W e ocorrem principalmente nos domínios II, III, VI, XI, XIII e subordinadamente em outros setores. Segundo Silva Filho (2004 p. 242), aparentemente são estruturas relacionadas ao evento transtativo e/ou transformante do Cretáceo.

Portanto esse trabalho revelou a importância das técnicas da análise morfoestrutural se mostrando bastante eficaz no qual foi possível identificar os domínios morfoestruturais sobre a área pesquisada abrindo também novas perspectivas para esse tipo de trabalho não só no Ceará mais no nordeste em geral.

REFERÊNCIAS

Amaral, R.M. (2013) - Relatório de Graduação (DEGEO/UFC)

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. A. M., GAMA JR., T., GORAYEB, P. S. S., HASUI, Y. 1988. **O cinturão de cisalhamento Noroeste do Ceará.** In: VII Cong. Latino-Amer. Geol., Belém, Pará, Anais, 1, 20-34.
- ALMEIDA, F. F. M., BRITO NEVES, B. B., CARNEIRO, C. D. R. 2000. **The origin and evolution of the South American Platform.** Earth-Sci. Ver. 50, 77-111.
- ALMEIDA F. F. M., HASUI Y, BRITO NEVES B. B., FUCK R. A. 1977. **Províncias Estruturais Brasileiras.** 1977. In: SBG/NE, Simp. Geol. NE, 8. Campina Grande, Atas, 363-391.
- ALMEIDA F. F. M., HASUI, Y., BRITO NEVES, B. B., FUCK, R. A. 1981. **Brazilian Structural Provinces: an introduction.** Earth Science Review, 17: 1-29.
- ANGELIM L. A. A., CAMOZATO E., WANDERLEY A. A. 2004b. **Folha Natal SB. 25.** In: C. Schobbenhaus, J. H. Gonçalves, J. O. S. Santos, M. B. Abram, R. Leão Neto, G. M. M. Matos, R. M. Vidotti, M. A. B. Ramos J.D.A. Jesus. Eds. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Brasília: CPRM. (Progr. Geol. Brasil, CD-ROM).
- ANGELIM L. A. A., VASCONCELOS A. M., GOMES J. R. C., WANDERLEY A. A., FORGIARINI L. L., MEDEIROS M. F. 2004a. **Folha SB. 24 Jaguaribe.** In: C. Schobbenhaus J. H. Gonçalves, J. O. S. Santos, M. B. Abram, R. Leão Neto, G. M. M. Matos, R. M. Vidotti, M. A. B. Ramos, J. D. A. Jesus eds. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Brasília: CPRM. (Progr. Geol. Brasil, CD-ROM).
- ANGELIM L. A. A., WANDERLEY A. A. 2004c. **Folha SC. 25 Recife.** In: C. Schobbenhaus J. H. Gonçalves, J. O. S. Santos, M. B. Abram, R. Leão Neto, G. M. M. Matos, R. M. Vidotti,

M. A. B. Ramos, J. D. A. Jesus eds. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Brasília: CPRM. (Progr. Geol. Brasil, CD-ROM).

ARAI, M. **A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras.** Geologia USP Série Científica, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas:** modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994. 112p.

BRITO NEVES, B. B. 1983. **O mapa geológico do nordeste oriental do Brasil, escala 1:1.000.000.** Tese de livre docência, Inst. Geoc, USP. 177 p.

BRITO NEVES, B. B., SANTOS, E. J., VAN SCHMUS, W. R. **História Tectônica da Província Boborema, Nordeste do Brasil.** 2000.

CABY, R., SIAL, A. N., ARTHAUD, M. H., VAUCHES, A., 1991. **Crustal evolution and Brazilian orogeny northeast Brazil. In: R. D. & Lecorche, J. P. (eds), the west African orogens and circumatlantic correlative.** Springer-verlag, p.373-397.

CABY, R. & ARTHAUD, M. H., 1986. **Major precambrian nappes of the Brazilian Belts, Ceará, Northeast Brazil.** Geology, 14: 871-874.

CAVALCANTE, J. C., VASCONCELOS, A. M., MEDEIROS, M. F., PAIVA., GOMES, F. E. M., CAVALCANTE, S. N., CAVALCANTE, J. E., MELO, A. C. R., DUARTE NETO, V. C., BENEVIDES, H. C., **Mapa Geológico do Estado do Ceará – Escala 1:500.000.** Fortaleza, Ministério das Minas e Energia/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2003.

CHRISTOFOLETI, Antonio. **Geomorfologia.** 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1974, 149p.

CORDANI, U. G.; SATO, K., TEIXEIRA, W., TASSINARI, C. C. G.; BASEI, M. A. S. 2000. **Crustal evolution of the South American Platform**. In: Cordani U. G, Milani E. J, Thomas Filho A, Campos D. A. (Ed.) Tectonic Evolution of South América. Rio de Janeiro, 31 Int. Geol. Congress. 19-40 p.

CORDANI, U. G.; SATO, K. 1999. **Crustal evolution of the South American Platform, based on Nd isotopic systematics on granitoid rocks**. Episodes 22 (3), 167-173 p.

COSTA, M. J., FRANÇA, J. B., LINS, C. A. C., BACCHIEGA, I. F., HABEKOST, C. R. & CRUZ, W. B. 1979. **Geologia da Bacia do Jaibaras: Ceará, Piauí e Maranhão, projeto jaibaras**. Dep. Nac. Prod. Min., série geol. 14. Seção geologia básica 11, 106.

DESTRO, N. 1987. **Reativação pós-Devoniana do lineamento transbrasiliano entre Santana do Acaraú (CE) e Morrinhos (CE). Análise estrutural de uma zona de cisalhamento**. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Dissertação de Mestrado, 97 pág.

DEFFONTAINES, B., CHOROWICK, J. Principles of drainage basin analysis from multisource data: Application to the structural analysis of the Zaire Basin. **Tectonophysics**, Amsterdam, n. 194, p. 237-263. 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ETCHEBEHERE, M. L., SAAD, A. R., FULFARO, V. J., PERINOTTO, J. A. J. 2005. **Detecção de deformações neotectônicas ao longo do Vale do Rio do Peixe, Western São Paulo, Brasil, base sobre a distribuição dos atrasados allounits Quaternário**. Revista Brasileira de Geomorfologia, vol. 6, p. 109-114.

FENG, M., ASSUMPÇÃO, M., VAN DER LEE, S. 2004. **Group-velocity tomography and lithospheric S-velocity structure of the South American continente**. Physics of the Earth and Planetary Interiors. 147, 315-331.

FETTER, A. H., SANTOS, T. J. S., VAN SCHMUS, W. R., HACKSPACHER, P.C., BRITO NEVES, B. B., ARTHAUD, M. H., NOGUEIRA NETO, J. A., WERNICK, E. 2003. **Evidence for Neoproterozoic Continental Arc Magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the Assembly of West Gondwana** *Research*, V. 6. n. 2, pp. 265-273.

FETTER, A. H., VAN SCHUMUS, W. R., SANTOS, T. J. S., NOGUEIRA NETO, J. A., ARTHAUD, M. H. 2000. **U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal evolution and basement architecture of Ceará Staté, NW Boborema Province, NE Brazil: implications for the existence of the Paleoproterozoic supercontinente "Atlantica"**. *Ver. Bras. Geociências*, 30: 102-106.

FETTER, A. H., 1999. **U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará Staté, NW Borborema Province, NE Brasil: Implications for the assenlbly of Gondwana**. Departamento f Geology, Kansas, PhD thesis.

GORAYEB, P. S. S., ABREU, F. A. M. de., CORREIA, J. A. M., MOURA, C. A. V. 1988. **Relações Estratigráficas entre o Granito Meruoca e a Sequência Ubajara-Jaibaras**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35., Belém, 1988. *Anais. Belémm, SBG.* v. 6, p. 2678-2688.

HASUI, Y. 2012. Sistema Orogênico Borborema. In: Hasui et al. (editores e organizadores), **Geologia do Brasil**. São Paulo, Beca, p. 254-288.

HOWARD, A. D. **Drainage analysis in geologic interpretation: a summation**. *American Association of Petroleum Geologistis Bulletin*, Tulsa, v.51, n. 11, p. 2246-2259, 1967.

INPE. Topodata. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 15 de abril de 2013.

JARDIM DE SÁ, E. F. **A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana.** 1994, 803f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

JARDIM DE SÁ, E. F., HACKSPACKER, P. C., NOGUEIRA, A. M. B., LINS, F. A. P. L., MCREATH, I., SRIVASTAVA, N. K. 1979. **Observações sobre a estratigrafia e sequências ígneas da Bacia do Jaibaras, noroeste do Ceará.** In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste, 9, Natal, Boletim, pág. 30-38.

JIMÉNES-RUEDA, J. R., NUNES, E., MATTOS, J. T. Caracterização Fisiográfica e Morfoestrutural da folha São José de Mipibu-RN. **Geociências**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 481-491, 1993.

IPECE. **Perfil Básico Municipal 2012 Santana do Acaraú** – Perfil Básico Municipal 2012. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/perfil-basico-municipal-2012> Acesso em 20 de abril de 2013.

MABESSONE, J.M., 2002. **História Geológica da Província Borborema (NE Brasil).** Revista de Geologia, Vol. 15: p. 119-129.

MABESOONE, J. M., CAMPOS E., SILVA A. e BEURLLEN K. **Estratigrafia e origem do grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.** Rev Bras Geoc. 2: 173-190, 1972.

MASOUD, A. & KOIKE, K. Tectonic architecture through Landsat-7 ETM+/SRTM DEM-derived lineaments and relationship to the hydrogeologic setting in Siwa region, NW Egypt. **Journal of African Earth Sciences**, v. 45, n. 4-5, p. 467-477, 2006.

MELLO, Z. F. 1978. Evoluções finais do Ciclo Geotectônico Brasileiro no Nordeste Oriental, In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30., Recife, 1978. **Anais.** Recife, SBG. v. 6, p. 2438-2450.

MORAIS, J. S. D. DE., FRANCELINO, F. C. P., BEZERRA, E. C., LEITE, C. E. S., **Atlas do Estado do Ceará**, Fundação Instituto de Planejamento do Ceará – IPLANCE, 1997, p. 26-27.

MILANI, E. J., THOMAZ FILHO, A. 2000. **Sedimentary basins of South America**. In: Cordani, U.G., Milani, E. J., Thomaz Filho, A., Campos, D. A. (eds.). Tectonic evolution of South America, 31 International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro, 389-449.

NASCIMENTO, D. A., GAVA, A., PIRES, J. L., TEIXEIRA, W., FRANÇA, F. A. B., CABRA, E. M. A., STAMFORD, W. J. P., RIBEIRO, A. G., BARROS, M. J. G., FONSECA, R. A. 1981. **Projeto Radambrasil, levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, MME, V. 21, pág. 23-212 (Folha Fortaleza).

NAUDIN, J-J., PRUD'HOMME, R. Méthodes d'analyses morphologiques et morphostructurales d'interprétation des topographies et des bathymétries dans les domaines continentaux et marins. **Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine**, Bordeaux, v. 10, p. 111-144, 1971.

NOVAIS, F. R. G., NEVES, B.B.B., KAWASHITA, K. 1979. Reconhecimento cronoestratigráfico da região nordeste do Estado do Ceará. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 11., Natal, 1979. **Atas**. Natal, SBG. p.93-110.

O'LEARY, D. W., FRIEDMAN, J. D., POHN, H. A. 1976. Lineament, linear, lineation: some proposed new standarts for old term. **Geological Society of America Bulletin**, 87: 1463-1469.

OLIVEIRA, D. C. 2000. **Stratigraphic interplays between igneous and sedimentary events in the early Paleozoic Jaibas Trough (Northeast Brazil)**. In: Revista Brasileira de Geociências. 30 (3): 427-431.

PAIVA, I. G., MEDEIROS, M. F. de., VASCONCELOS, A. M., CAVALCANTE, J. C., 2003. Apresentação dos Dados Geoespaciais: Mapa impresso, Arquivo Digital – **Mapa Geológico do Ceará** – CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

PEDREIRA, L. H. S. T. & TORQUATO, J. R. F. 1991. **Formação São Joaquim. Base do Grupo Martinópolis ou Grupo São Joaquim?** In: XIV Simp. Geol. Nordeste, Recife, PE, ATAS, p. 26-29.

PESSOA, R. R., BRITO NEVES, B. B., KAWASHITA, K., PESSOA, D. A. R., 1986. **Contribuição ao estudo da evolução geocronológica do maciço de Tróia.** Atas do 12º Simpósio de Geologia do Nordeste, Soc. Bras. De Geologia, p. 75-93.

PRUD'HOMME, R. Analyse morphostructurale appliquee a l' Aquitaine Occidental et au Golfe de Gascogne. Definition d'une methodologie cartographique interpretative. **Memoires de l'Institute de Geologie du Bassin d' Aquitaine**, Bordeaux, n. 4, 1972. 365p.

QUADROS, M. L. E. S. 1996. **Estudo tectono-sedimentar da Bacia de Jaibaras na região entre as cidades de Pacujá e Jaibaras, noroeste do estado do Ceará.** Belém, Centro Geoc., UFPA, Dissert. Mestrado.

RABUS, B., EINEDER, M., ROTY, A., BAMLER, R. The Shuttle Radar Topographic Mission: a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 57, n.4, p. 241-262, 2003.

RAMLIM, M. F., YUSOF, N., YUSOFF, M. K., JUAHIR, H., SHAFRI, H. Z. M. Lineament mapping and its application in landslide hazard assessment: a review. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 69, n. 2 p. 215-233, 2010.

RAMOS, V. A., VUJOVICH, G., MARTINO, R., OTAMENDI, J. 2010. **Pampia: A large cratonic block missing in the Rodinia supercontinent.** Journal of Geodynamics, 50(3-4): 243-255.

RAPELA, C. W., PANKHURST, R. J., CASQUET, C., FANNING, C. M., BALDO, E. G., GONZÁLEZ-CASADO, J. M., GALINDO, C., DAHLQUIST, J. 2007. **The Río de Lá Plata craton and the assembly of SW Gondwana**. *Earth-Science Reviews*, 83: 49-82.

RIVEREAU, J. C. **Notas de aula do curso de fotointerpretação**. Curitiba, Instituto de Geologia. Universidade Federal do Paraná, 92 f. 1969.

RIZZINI, C. T., **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural, 1997. p. 515-530.

SAADI, A. Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15. 1993.

SANTOS, C. A. dos. **Cinturão de cisalhamento Congo/Cruzeiro do Nordeste, uma descontinuidade crustal no domínio da zona transversal, Província Borborema**. 124 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

SANTOS, M. E. C. M. & CARVALHO, M. S. S. 2009. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM – DGM/DIPALE 215p.

SANTOS, T. J. S., SANTOS, A. A., DANTAS, E. L., FUCK, R. A., PARENTE, C. V. 2003. **Nd Isotopes and the provenance of metasediments of the Itataia Group, northwest Borborema Province, NE Brasil**. *Proceedings IV Symposium on South American Isotope Geology*, Salvador, Brazil. Agosto

SANTOS, E. J. AND MEDEIROS, V. C. 1998. **New insights on Grenville age and Brasiliano plutonism of the Transversal Zone, Borborema Province, NE Brazil**. *Actas x Congresso Lafiniamericano de Geologia, y Congreso Nacional de Geologia Económica*, Mar Del Plata, Uruguai, 2, 427-431.

SCHOBENHAUS, C. et al. 1975. Texto **Explicativo. Folha Goiás SD.22**. In Schobbenhaus C (Coord.) Carta Geológica do Brasil Milionésimo. Brasília, DNPM.

SCHUMM, S. A. (1986) **Alluvial River Response to Active Tectonics**. Em: Wallace, R. E. (org.) Active Tectonics: impacts on society. Washington: National Academic Press, pp. 80-94.

SCHUMM, S. A. Evolution and response of the fluvial system: Sedimentologic implications. **SEPM Special Publication**, v. 31, p. 19-29, 1981.

SOUSA, D. C., JARDIM DE SÁ, E. F., ANTUNES, A. F. **Deformação Neógena e suas implicações na estruturação dos campos de petróleo na região de Icapuí – Ponta Grossa (CE), Bacia Potiguar emersa**. Revista Brasileira de Geociências, Vol. 38, 2008, 97-119.

SILVA FILHO, W. F., GARCIA, M. G. M., PARENTE, C. V. **As Morfoestruturas do Lineamento Transbrasiliano no Noroeste do Ceará: Controle Geotectônico, Depósitos Mínerais e Atividade Sísmica**. Relatório Técnico Convênio nº 0006-00/2006 FUNCAP/CNPq/PPP (inédito), 2009. 86 p.

SILVA FILHO, W.F. **Domínios morfoestruturais da plataforma continental do Estado do Ceará**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 288pp. 2004.

SOARES, P. C., FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.

SUDENE, **Folha Bela Cruz – SB. 24-Y-D-I**. 1972 com escala de 1:100.000.

TEIXEIRA, A. L., GAUCHER, C., PAIM, P. S. G., FONSECA, M. M., PARENTE, C. V., SILVA FILHO, W. F., ALMEIDA, A. R. 2004. **Bacias do estágio de transição da plataforma Sul-Americana**. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. R., Brito

Neves, B. B. Geologia do continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo. Ed. Beca. Pag. 487-536.

TORQUATO, J. R. 1995. **A geologia do noroeste Ceará. Uma visão histórica.** *Revista de Geologia*. UFC. Vol. 8, pág. 5-170.

TORQUATO, J.R. & NOGUEIRA NETO, J. A. 1996. **Historiografia da região de dobramentos do Médio Coreaú.** *Revista Brasileira de Geociências*. Vol. 26, N. 04, pág. 303 – 314.

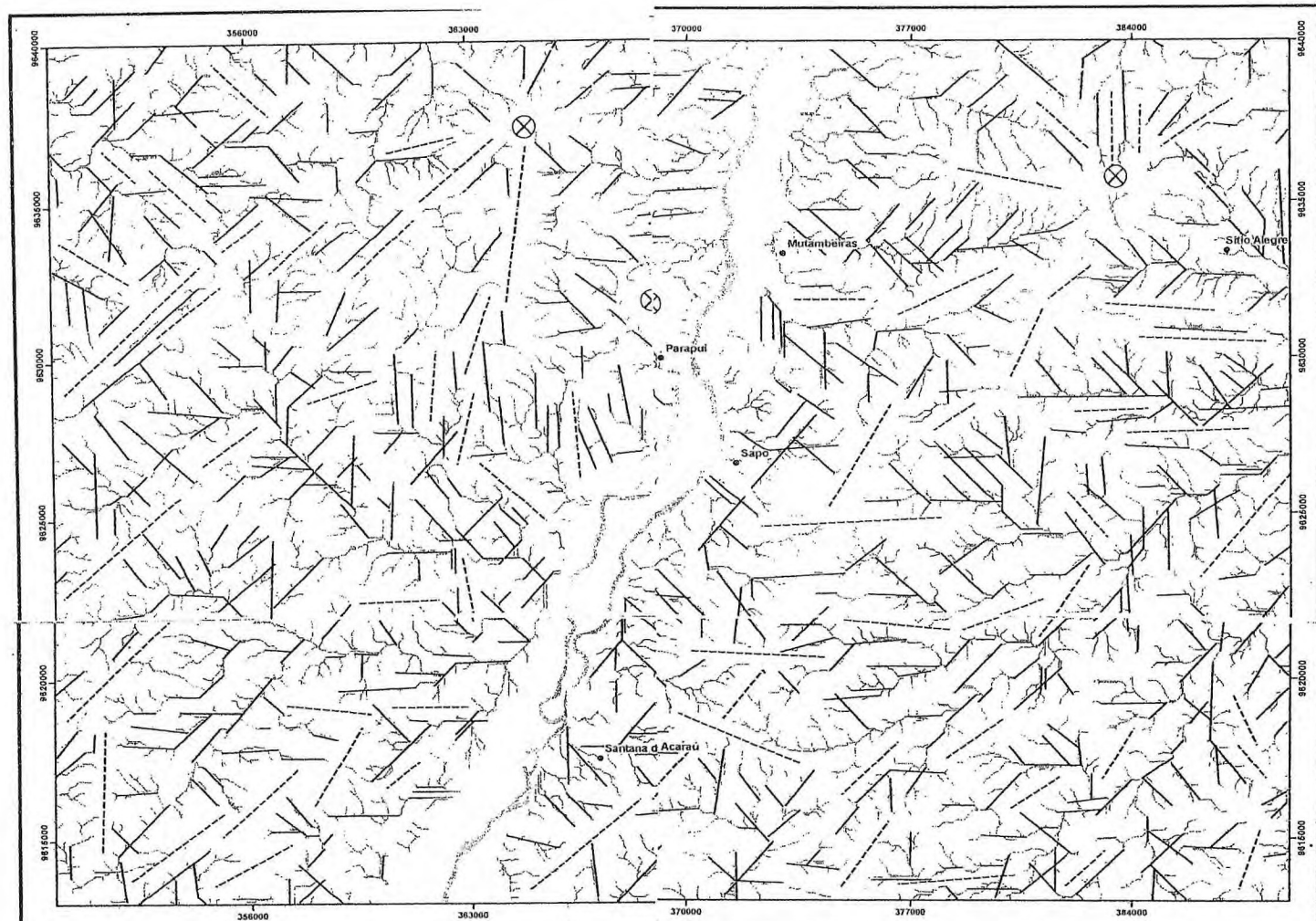
VASCONCELOS M., TORRES P.F.M., FORGIARINI L.L., MEDEIROS M.F. 2004a. **Folha SF.24 Fortaleza.** In: C. Schobbenhaus, J.H. Gonçalves, J.O.S. Santos, M.B. Abram, R. Leão Neto, G.M.M. Matos, R.M. Vidotti, M.A.B. Ramos, J.D.A. Jesus. eds. *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil.* Brasília: CPRM. CD-ROM.

VAN SCHMUS, W. R., BRITO NEVES, B. B., HACKSPACHER, P. C., FETTER, A. H., KOZUCH, M., DANTAS, E. L., and HABINSKI, M., 1997. **The Borborema province: a collage of polycyclic domains in NE Brazil.** 17º Simpósio de Geologia do Nordeste, Soc. Bra. de Geologia, p. 115-120.

VIANA, M. S. S. et al. **Ocorrências Icnofossilíferas do Grupo Serra Grande (Siluriano da Bacia do Parnaíba), Noroeste de Estado de Ceará.** *Revista de Geologia*, Vol. 23, n. 1, p. 77-89, 2010.


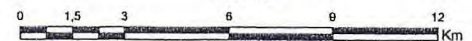
ZANELLA, M. E. **As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará.** In: SILVA, J. B., CAVALCANTE, T. C., DANTAS, W. C. (Orgs.) **Ceará: um novo olhar geográfico.** 2ª ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. 480p.

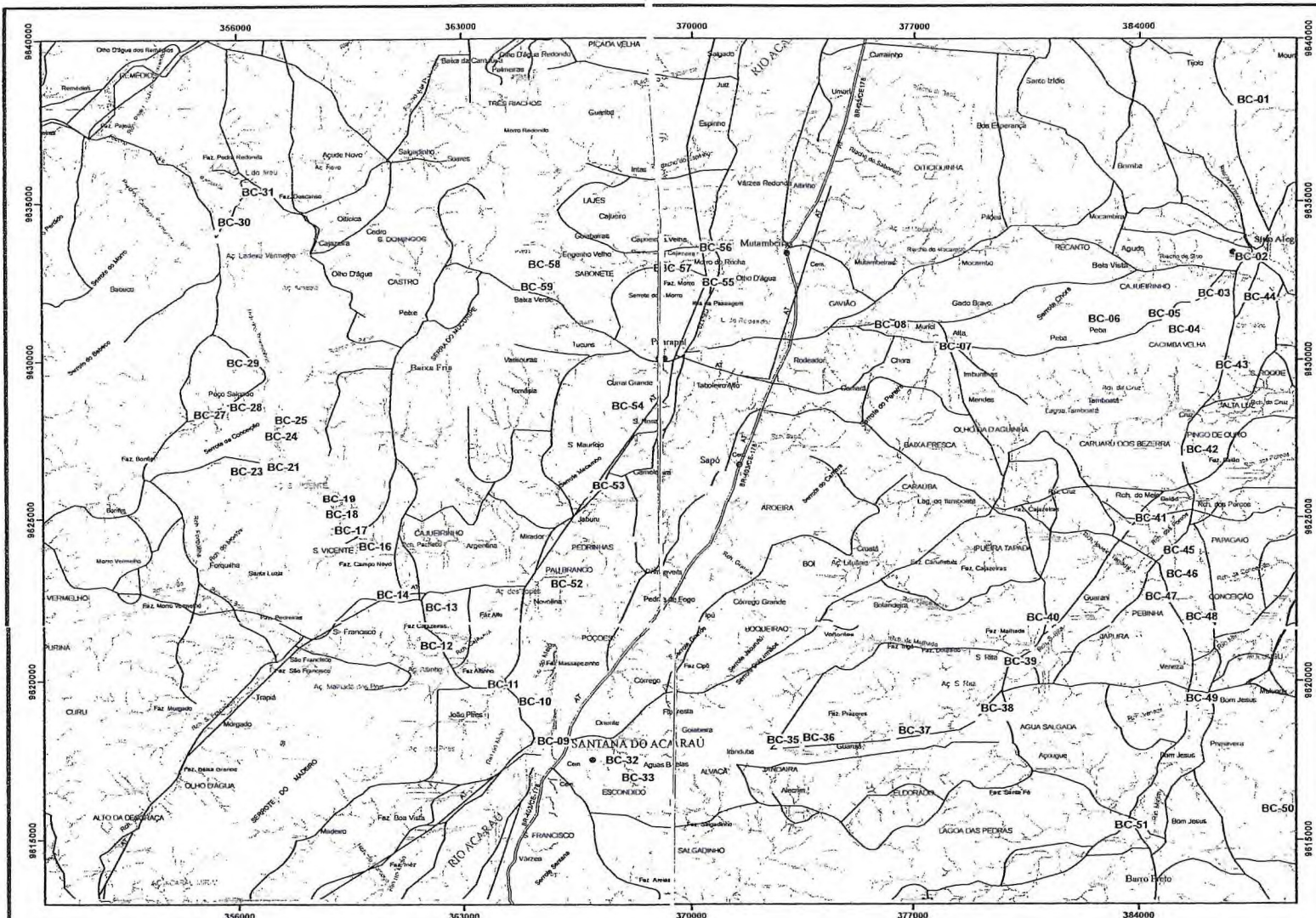
APÊNDICES




**UNIVERSIDADE
 FEDERAL DO CEARÁ**
APÊNDICE B
MAPA DE ANOMALIAS DE DRENAGEM
 Elaboração:
 RENATA MATOS AMARAL

CONVENÇÃO	
•	Localidades
⊗	Alto estrutural
---	Divisores
-	Anomalias
—	Drenagem
—	Lineamentos
[Symbol]	Rio Acaraú
•	Depósitos aluviais









1:100.000

 Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 24S
 Projeção Transversa Mercator
 Datum WGS 84
 Fonte: Base cartográfica, CPRM (2003).






**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ**
APÊNDICE E
MAPA DE PONTOS

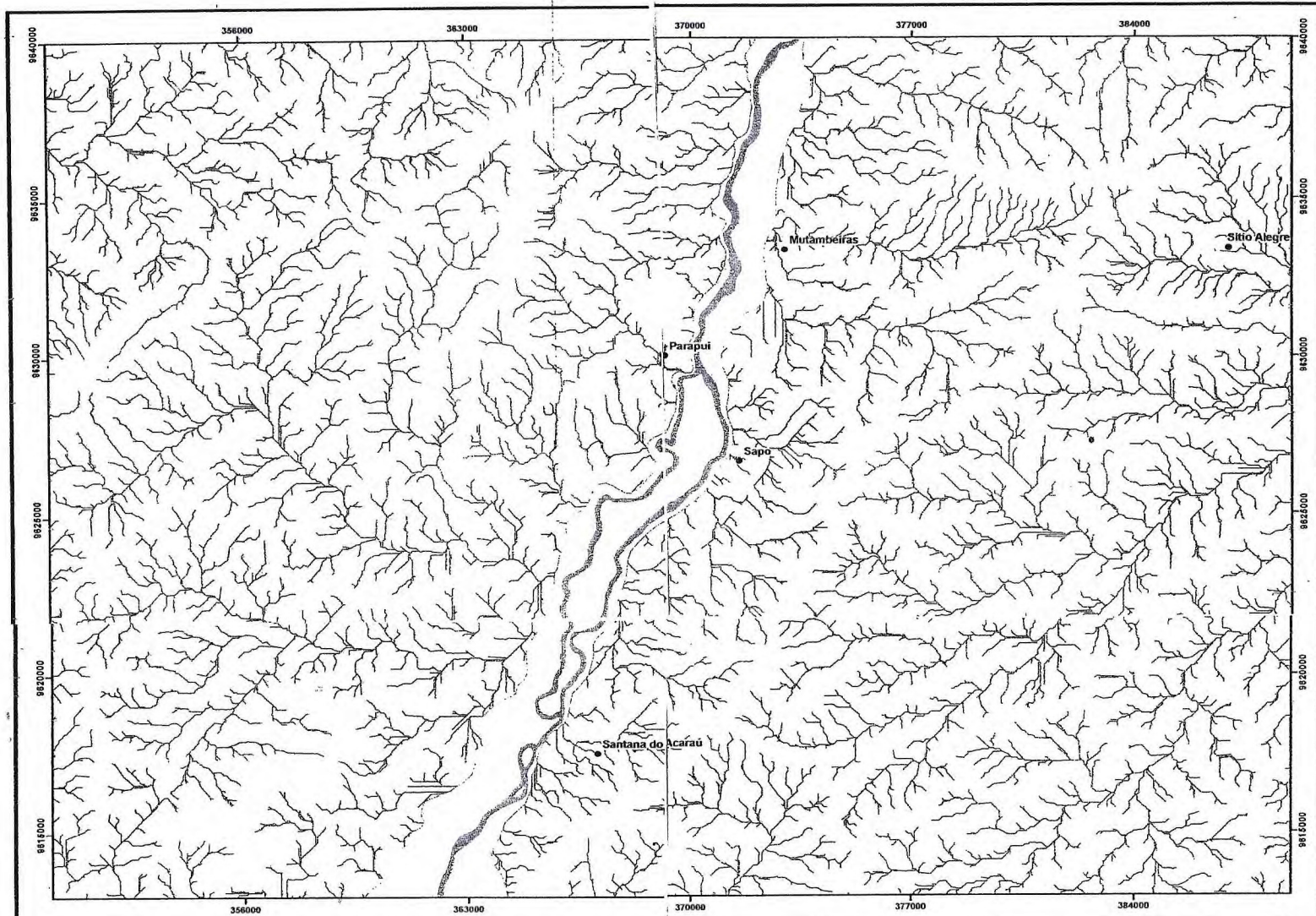
Elaboração:
 RENATA MATOS AMARAL

CONVENÇÕES

	Rodovia		Pontos
	Estradas vicinais		Localidades
	Drenagem		Rio e Açudes
	Curvas de nível		



Drenagem extraída a partir de imagem SRTM.


1:100.000

 Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 24S
 Projeção Transversa Mercator
 Datum WGS 84
Fonte: Base cartográfica, Folha Bela Cruz SA.24-Y-D-1 SUDENE (1972).


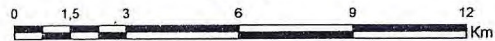


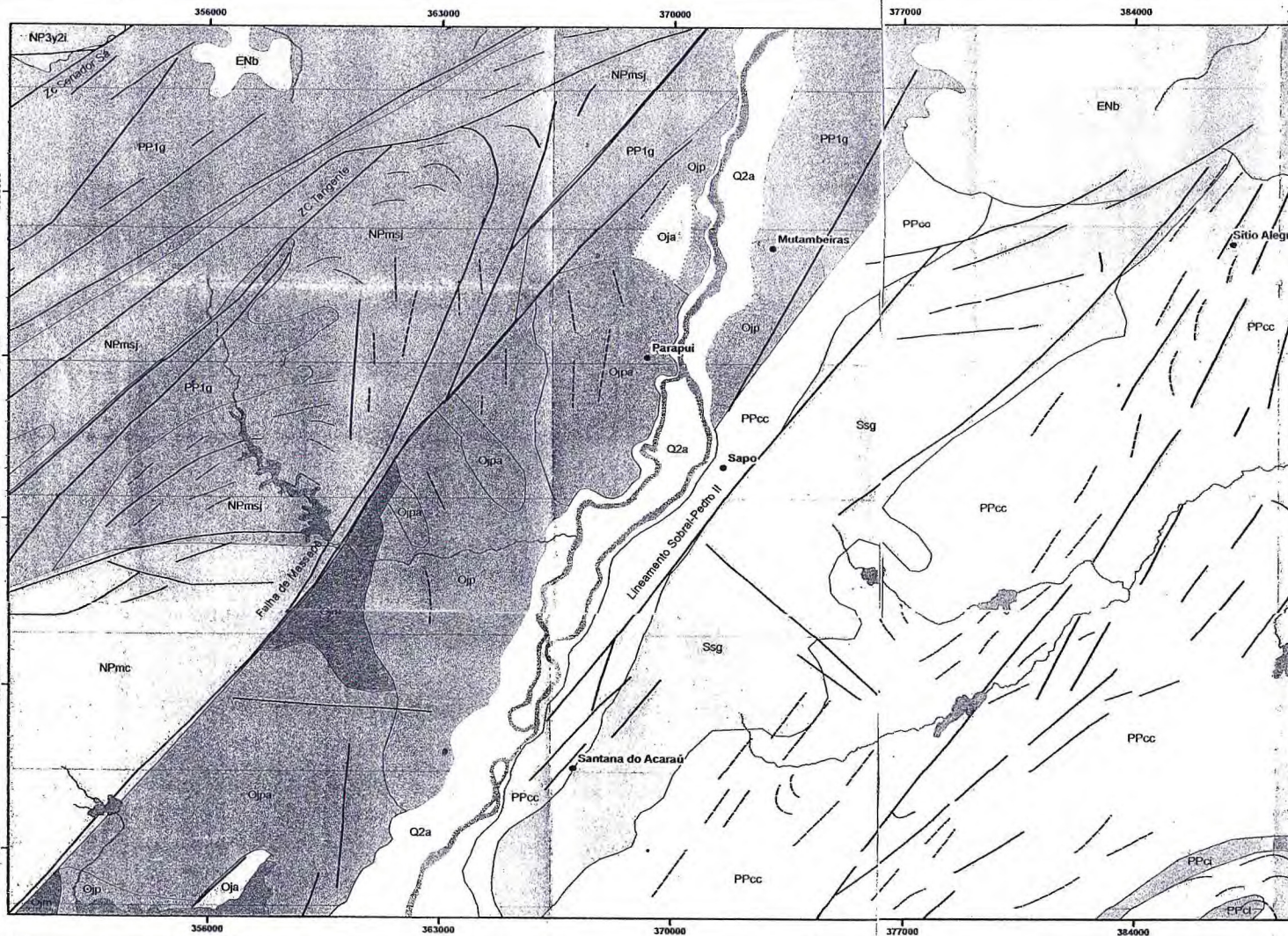

**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ**
APÊNDICE A
MAPA DE REDE DE DRENAGEM
 Elaboração: **RENATA MATOS AMARAL**

CONVENÇÕES

- Localidades
- Drenagem
-  Rio Acaraú
-  Depósitos aluviais holocênicos

Drenagem extraída a partir de imagem SRTM.


1:100.000

 Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 24S
 Projeção Transversa Mercator
 Datum WGS 84
 Fonte: Base cartográfica, CPRM (2003).

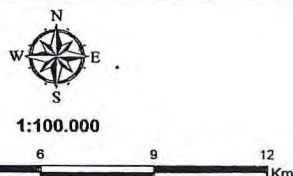


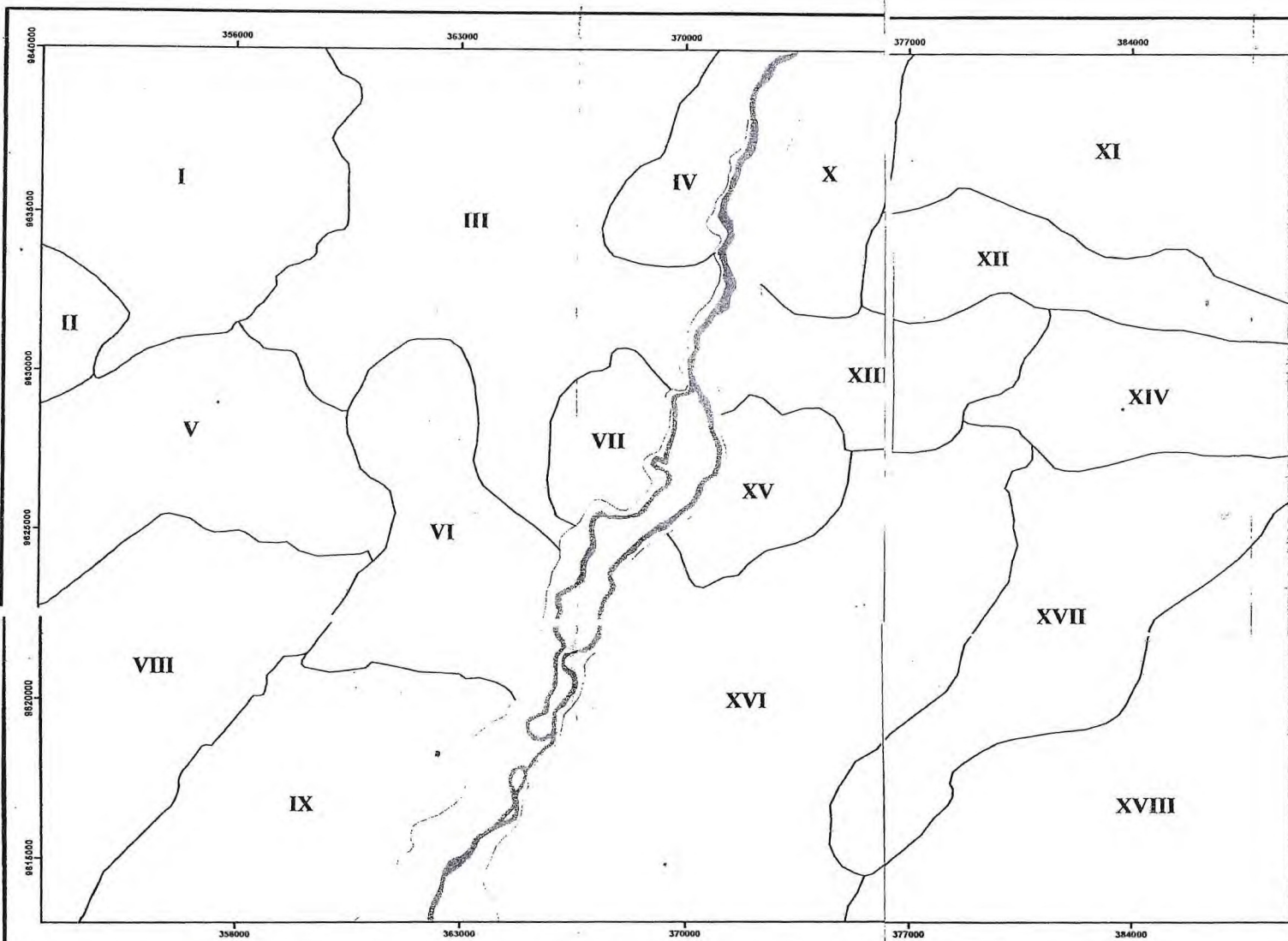
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS / LITOLOGIAS	
Q2a	Depósitos aluviais: argilas, arcias argilosas, quartzozas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas.
ENb	Formação Barceiras: areia, arenitos argilosos com tonalidade variada, matriz argilo-caulinitica, com cimento argiloso, ferruginoso e, às vezes silicoso, granulação fina a média.
Ssg	Grupo Serra Grande: arenitos e, em partes feldspáticos com intercalações de siltitos e folhelhos.
Oja	Formação Aprazível: ortoconglomerados grossos e polimíticos, com matriz arcoseana
Oipa	Formação Parapui: basaltos (em parte amigdaloidais/vesiculares e/ou espilitizados/quarotofrizados), andesitos, riolitos, gabros, diabásios e dacitos.
Oip	Formação Pacujá: arenitos líticos e arcoseanos, micáceos e de granulometria variável, folhelhos e siltitos, micáceos, leitos conglomeráticos; cores escuras; estratificação plano-paralela e laminação.
Oim	Formação Massapé: ortoconglomerados brechóides, de matriz areno-arcoseana cinzenta, com seixos de gnaisses, granitóides, quartzitos, filitos e arenitos.
NP3y2i	Granitóide Itaporanga: granitos e granodioritos de granulção grossa e porfíricos, à biotita +/- anfíbólio, associados a dioritos e faças intermediárias de misturas; monzogranitos subordinados
NPmc	Formação Covão: muscovita xisto em parte com clorita e feldspato, com percentagens variáveis de quartzo, facies miloníticas e muscovita-albita-clorita xisto.
NPmsj	Formação São Joaquim: quartzitos puros e micáceos, silexitos, rochas calcissilicáticas e formações ferríferas.
PPci	Unidade Independência: paragneisses e micaxistos aluminosos, incluindo quartzitos, metacalcários, rochas calcissilicáticas e anfíbolitos.
PPcc	Unidade Canindé: paragneisses, ortogneisses ácidos, rochas metabásicas.
PP1g	Complexo Granja: ortogneisses TTG, gnaisses kinzigíticos, granulitos e migmatitos bandados e dobrados.


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
APÊNDICE C
MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO
 Elaboração: RENATA MATOS AMARAL

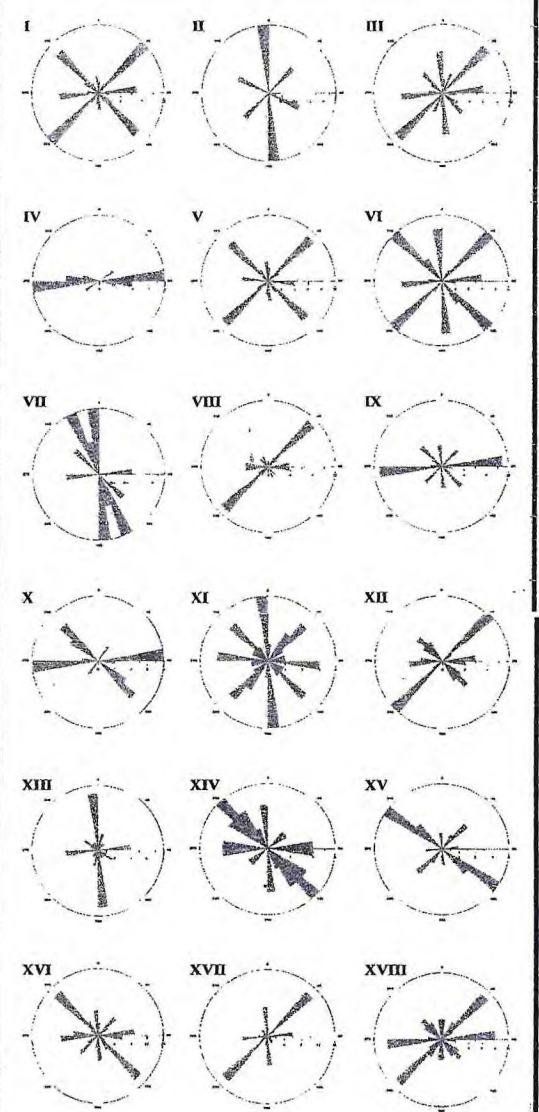
CONVENÇÕES

- Localidades
- Lineamentos estruturais
- Falhas e Zona de Cisalhamento
- Drenagem
- Rios e Açudes


1:100.000
 Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 24S
 Projeção Transversa Mercator
 Datum WGS 84
 Fonte: Base cartográfica, CPRM (2003).






DIAGRAMAS DE ROSETAS


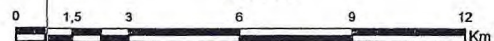


ORIENTAÇÃO DOS LINEAMENTOS DE DRENAGEM


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
APÊNDICE D
MAPA DOS DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS
 Elaboração: RENATA MATOS AMARAL

CONVENÇÕES

-  Limite dos Domínios Morfoestruturais
-  Rio Acaraú
-  Depósitos aluviais holocênicos


1:100.000

 Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 24S
 Projeção Transversa Mercator
 Datum WGS 84
 Fonte: Base cartográfica, CPRM (2003).