



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Geologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ERIKA CARLA DE AVELAR LOBATO

CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E CINEMÁTICA
DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS PRESENTES NA
BORDA LESTE DO ESCUDO DAS GUIANAS, NA

REGIÃO DA VILA LOURENÇO – AP

GEOCIÊNCIAS

U F P A

BELÉM – PA
OUTUBRO – 2012

ERIKA CARLA DE AVELAR LOBATO

CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E CINEMÁTICA
DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS PRESENTES NA
BORDA LESTE DO ESCUDO DAS GUIANAS, NA
REGIÃO DA VILA LOURENÇO – AP

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Geologia do
Instituto de Geociências da Universidade
Federal do Pará - UFPA, em cumprimento
às exigências para a obtenção do grau de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Vizeu Lima
Pinheiro

BELÉM – PA
OUTUBRO – 2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

L796c Lobato, Erika Carla de Avelar

Caracterização geométrica e cinemática das estruturas geológicas presentes na borda Leste do Escudo das Guianas, na região da Vila Lourenço – AP / Erika Carla de Avelar Lobato; Orientador: Roberto Vizeu Lima Pinheiro – 2012

68 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em geologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2012.

1. Cartografia - Amapá. 2. Mapeamento Geológico. 3. Análise Estrutural. 4. Complexo Guianense. 5. Província Maroni-Itacaiúnas. I. Pinheiro, Roberto Vizeu Lima, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22ª ed.: 526.098116

ERIKA CARLA DE AVELAR LOBATO


CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E CINEMÁTICA
DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS PRESENTES NA
BORDA LESTE DO ESCUDO DAS GUIANAS, NA
REGIÃO DA VILA LOURENÇO – AP

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Geologia do Instituto de Geociências
da Universidade Federal do Pará –
UFGPA, em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de
Bacharel em Geologia.

Data de Aprovação: ___/___/___

Conceito: _____

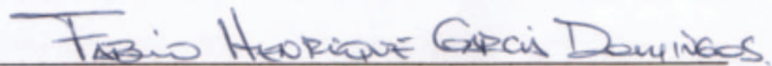
Banca Examinadora:



Prof. Roberto Vizeu Lima Pinheiro – Orientador
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará



Prof. Francisco de Assis Matos de Abreu –Membro
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará



Prof. Fábio Henrique Garcia Domingos – Membro
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

o fundamento de todas as grandes vitórias de minha vida.

**À Deus e a minha família,
o fundamento de toda as grandes vitórias da minha vida.**

AGRADECIMENTOS

A autora gostaria de externar neste espaço os mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, em especial gostaria de destacar:

- A Deus, por me guardar tão bem durante esses anos em que estive nesta labuta;
- Aos meus pais Edson e Edi, e minha irmã Jessica, pelo amor incondicional, incentivo e confiança dedicado a mim durante todos os anos de minha vida;
- ao meu marido Rudson, companheiro de todas as horas, por seu amor carinho e compreensão;
- Aos meus avôs e avós por sempre acreditarem no meu potencial, e pelas palavras de encorajamento e ânimo;
- Ao meu tio Eli Lobato, pelo apoio financeiro e incentivo intelectual;
- A toda família (tios, primos e “agregados”), que sempre torceu pelo meu sucesso nesta e em todas as empreitadas da minha vida;
- Aos meus sogros Rubens e Arlete, por me acolherem tão bem no seio de sua família;
- A todos os amigos de curso da turma de 2006, que me acompanharam nesta fase de minha vida. Em especial: Camila Alves, Cesar Cardoso, Débora Aguiar, Hudson Santos, Paulo Henrique Lima (PH), Leonardo Aquino (Ciclop), Lucios Campos, Rafael Marques, Renan Feitosa e Verena Torres.
- À Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de cursar geologia e ampliar meus horizontes profissionais.
- Ao Grupo de Geologia Estrutural (GES), sob o comando do Professor Roberto Vizeu, que teve bastante paciência na elaboração, desenvolvimento e conclusão deste trabalho.
- À CPRM, que através do programa de estágio supervisionado, proporcionou-me grande experiência em geologia de campo, e aperfeiçoamento no manuseio do software ArcGis. Ao geólogo Manoel Corrêa Costa Neto que não mediu esforços no auxílio deste trabalho, e a geóloga Cristiane Sousa, pela paciência e atenção na supervisão do estágio.

**No coração do prudente a sabedoria permanece,
mas o que está no interior dos tolos se faz conhecido.
Provérbios 14:33**

RESUMO

Consiste em mapeamento geológico e estudo das feições estruturais observadas nas rochas expostas na porção do meio-norte do estado do Amapá, nas adjacências da Vila Lourenço. Na área foram descritos gnaisses migmatíticos com corpos lenticulares de anfibolitos; granitóides de composição granodiorítica e tonalítica; monzogranitos e diques de rochas máficas. Os gnaisses e as rochas graníticas são representantes do Complexo Guianense, datado do paleoproterozóico e retrabalhados por deformação. Os diques máficos estão inseridos no evento magmático do Permo-Triássico, denominados Diques Máficos Cassiporé. As feições estruturais de larga escala foram extraídas de imagens de sensores remotos (Geocover, SRTM, SAR-Sipam e aerogeofísicas), complementados por dados obtidos em campo. O tratamento e análise dos sensores revelaram lineamentos e feições planares regionais, com orientação preferencial NW-SE, gerados durante o Evento Transamazônico, em regime de margem continental ativa pela colisão entre os blocos Maecuru e Oiapoque (2,18 -2,13Ga). Os dados sugerem soerguimento da Serra Lombarda, em regime compressivo. A tectônica transcorrente sinistral (2,11 – 2,08 Ga), imprimiu nas rochas lineamentos NE-SW e proporcionou inflexões de feições estruturais pré-existentes. O último evento registrado de natureza magmática ocorreu em menor proporção e está associado á colocação de diques de rochas máficas, orientados no *trend* N-S (Diques Máficos Cassiporé).

Palavras-Chave: Cartografia - Amapá. Mapeamento Geológico. Análise Estrutural. Complexo Guianense. Província Maroni-Itacaiúnas.

ABSTRACT

Consists of geological mapping and study of the structural features observed in the rocks exposed in the middle-northern portion of the state of Amapá, nearby the Lourenço Village. In this area, migmatitic gneisses were described with lamellar portions of amphibolites; granitoids with granodioritic and tonalitic composition; monzogranite and mafic dikes. In this area, migmatitic gneisses were described with lamellar portions of amphibolites; granitoids with granodioritic and tonalitic composition; monzogranite and mafic dikes. The gneisses and granites are representatives of Guianense Complex, Paleoproterozoic age, and reworked by deformation. The mafic dikes are included in magmatic event of the Permo-Triassic called Cassiporé Mafic Dikes. The large-scale structural features were extracted from remote sensing images (Geocover, SRTM, SAR-Sipam and aerogeophysical), supplemented with the data obtained in the field work. The processing and analysis of the sensors revealed lineaments and planar features with regional features, showing preferential NW-SE direction, generated during the Transamazonian Event, under the active continental margin regime by the collision between Maecuru and Oiapoque blocks (2.18 -2.13 Ga). The data suggest uplift of the Sierra Lombarda in compressive regime. The sinistral transcurrent tectonics (from 2.11 to 2.08 Ga) printed on the rocks NE-SW lineaments and provided inflections of pre-existing structural features. The last recorded event of magmatic nature occurred to a lesser extent and it is associated with the placement of mafic dikes oriented in N-S trend (Cassiporé Mafic Dikes).

Keywords: Cartography – Amapá. Geological Mapping. Structural Analysis. Guianense Complex. Maroní-Itacaiúnas Province.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Localização da área de estudo, inserida na Folha Lourenço, com destaque para as Vilas Lourenço e Regina, na porção central da área. Ao lado o mapa de acesso partindo de Macapá (ponto A), para o município de Calçoene, até a Vila Lourenço (ponto B).....	17
Quadro 1 –	Conceitos básicos de geologia estrutural.	20
Quadro 2 –	Classificação morfológica de foliação.....	21
Figura 2 –	(A) Exemplo de planos de clivagens em mesoescala. (B) Exemplo de xistosidade em rochas metamórficas. (C) Bandamento composicional em gnaisses.....	22
Quadro 3 –	Classificação morfológica de lineações.....	23
Figura 3 –	Classificação de dobras segundo o mergulho da superfície axial e o caimento do eixo, proposta por Rickard e Ragan.....	24
Figura 4 –	Exemplo da ocorrência de fraturas em rocha cristalina.....	24
Figura 5 –	Classificação Andersoniana de falhas, onde (A) representa falhas normais ou extensionais, (B) ilustra falhas inversas ou compressionais e (C) ilustra falhas transcorrentes.....	25
Figura 6 –	Modelo de cisalhamento de Riedel.....	25
Figura 7 –	Províncias geocronológicas e blocos continentais do Cráton Amazônico.....	29
Figura 8 –	Mapa de lineamentos interpretados a partir da análise dos produtos de sensores remotos (Geocover, SRTM e SAR-Sipam), que demonstram o comportamento estrutural da porção sul da Folha Lourenço, onde a área de estudo encontra-se inserida.....	35
Figura 9 –	Contornos litoestruturais observados na porção sul da Folha Lourenço, baseados na imagem radiométrica (Contagem Total), de acordo com as concentrações de Th, U e K.....	36

Figura 10 –	Lineamentos detalhados na área de estudo (lado esquerdo), destacando na legenda o diagrama ilustrando a representatividade dos <i>trends</i> estruturais: a porção verde representa os lineamentos NW-SE que somam 48%; em azul os lineamentos NE-SW representam 40% do total de lineamentos; e por fim os lineamentos N-S em vermelho com 12%. Divisão das subáreas com suas respectivas rosetas, e o limite da área mapeada em vermelho (lado direito).....	37
Figura 11 –	Mapa destacando os principais lineamentos estruturais inseridos na área de estudo, selecionados com base em sua expressão regional.....	38
Figura 12 –	Imagem SRTM, demonstrando a disposição das Unidades Geomorfológicas, Unidade I, de cotas entre 150 e 200 m, concentrado na porção N e Unidada II, com cotas de até 300 m, localizada ao sul com destaque para Serra Lombarda.....	40
Figura 13 –	(A) Modelo esquemático da formação de um morro testemunho causado pelo recuo do Front; (B) Modelo exemplificando de como se forma as estruturas denominadas “muralhas”.....	40
Figura 14 –	Mapa de drenagem, dividido em Bacia Hidrográfica I e Bacia Hidrográfica II, e lineamentos de drenagem em vermelho.....	42
Figura 15 –	(A) Bandamento gnáissico observado em afloramento, ponto MC-156; (B) Dobra intrafolial, com cinemática dextral, ponto MC-156; (C) Veios pegmatóides discordantes ao bandamento composicional, ponto MC-163; (D) Dobras de arrasto impressas nos gnaiss, ponto MC-182.....	44
Figura 16 –	(A) Contato entre granodiorito de coloração mais escura e tonalito de coloração mais clara, ponto MC- 174; (B) Detalhes do tonalito descrito na área ponto MC- 174; (C) Detalhamento do granodiorito descrito na área, ponto MC-174; (D) Contato entre granodiorito e veio de quartzo de espessura decimétrica, ponto MC-146a; (E) Detalhamento do veio quartzoso, ponto MC-146a...	46

Figura 17 – (A) Foliação em monzogranitos de granulação média, destacada pela orientação preferencial das lamelas de biotita, ponto MC-169; (B) Monzogranito de granulação grossa, com orientação dos cristais de plagioclásio, ponto MC-180.....	47
Figura 18 – (A) Afloramento geral de diques máficos, ponto MC-144; (B) Feições da rocha classificada como Diabásio, ponto MC-144.....	47
Figura 19 – Mapa ilustrando as disposições dos litotipos da área, onde os gnaisses concentram-se nas cotas mais baixas; observa-se a predominância de rochas graníticas (tonalito, granodiorito e monzogranito), e destaque para os diques expressivos que recortam a área.....	48
Figura 20 – Comportamento do bandamento gnáissico, em roseta com destaque para o Trend principal NNW-SSE, e ao lado concentração dos pólos no sentido ENE.....	51
Figura 21 – Comportamento dos pólos gerados a partir da foliação descrita em granitóides, com pólos no quadrante NE dispersos, com ângulos de mergulhos entre 40° e 70°; os pólos no quadrante SW são mais concentrados e possuem mergulhos entre 20° e 30°.....	51
Figura 22 – Dobras intrafoliais descritas no ponto MC-163, observadas em gnaisses, com cinemática dextral.....	52
Figura 23 – Dobras de arrasto em gnaisses, causadas por deformação dúctil heterogênea, pela atuação de bandas de cisalhamento de orientação preferencial 315°az, (ponto MC-182).....	52
Figura 24 – Guirlanda gerada a partir do diagrama de pólos, descrevendo dobras flexurais presentes em gnaisses, ao lado modelo esquemático ilustrando o comportamento geral dessas dobras.....	53
Figura 25 – Guirlanda gerada com base nos pólos da foliação presente em granitóides, desenhando dobras assimétricas, ilustradas na figura ao lado.....	53
Figura 26 – Planos de falhas em meso-escala, e diagrama de roseta indicando o trend principal dos planos na direção NW-SE.....	54

Figura 27 – Bloco esquemático ilustrando a relação entre os planos de falhas de orientação NW-SE e <i>slinckensides</i> , formando <i>rakes</i> de 28°, e disposição das falhas, neste contexto.....	54
Figura 28 – Fraturas observadas em afloramento de rocha granítica (MC-145), e ilustração com os planos de orientação 160°Az e E-W.....	55
Figura 29 – Roseta indicando o trend NW-SE dos veios quartzo feldspáticos, observados em rochas graníticas.....	55
Figura 30 – Mapa ilustrando a disposição das principais medidas estruturais coletadas em campo.....	57
Figura 31 – Elipsóide de deformação e tensão proposto para a área, ilustrando a localização dos eixos de encurtamento e estiramento atuantes durante o Evento Transamazônico (2,18 – 2,13 Ga).....	58
Figura 32 – Elipsóide ilustrando a evolução cinemática de compressiva para transcorrente, ocorrida durante o Evento Transamazônico (2,11 – 2,08 Ga), responsável pelas estruturas planares orientadas segundo o <i>trend</i> NE-SW.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	APRESENTAÇÃO.....	15
1.2	OBJETIVO.....	16
1.3	LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	16
1.4	MÉTODOS E ATIVIDADES REALIZADAS.....	16
2	DEFINIÇÃO DE TERMOS E CONCEITOS APLICADOS	20
2.1	CONCEITOS BÁSICOS.....	20
2.2	ESTRUTURAS GEOLÓGICAS.....	21
2.1.1	Principais Estruturas Dúcteis	21
2.2.2	Principais Estruturas Rúpteis	23
3	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	26
3.1	CRÁTON AMAZÔNICO.....	26
3.2	PROVÍNCIA MARONI-ITACAIÚNAS.....	27
3.3	ASPECTOS REGIONAIS DA GEOLOGIA DA ÁREA.....	30
4	ANÁLISE DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	31
4.1	DESCRIÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS LINEAMENTOS.....	31
4.2	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA ESTRUTURAL.....	33
5	GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO	39
5.1	GEOMORFOLOGIA.....	39
5.2	ANÁLISE HIDROGRÁFICA.....	40
6	CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DAS ROCHAS EXPOSTAS NA ÁREA DE ESTUDO	43
6.1	DESCRIÇÃO DOS LITOTIPOS.....	43
6.1.1	Gnaisses Migmatizados	43
6.1.2	Tonalitos e Granodioritos	44

6.1.3	Monzogranitos	45
6.1.4	Rochas Máficas	47
6.2	INTERPRETAÇÕES LITOLÓGICAS	49
7	ASPECTOS ESTRUTURAIS	50
7.1	DESCRIÇÃO ESTRUTURAL	50
7.1.1	Foliações	50
7.1.2	Dobras	51
7.1.3	Falhas e Fraturas	54
7.1.4	Veios	55
7.1.5	Diques	56
7.2	INTERPRETAÇÕES ESTRUTURAIS	56
8	CONCLUSÃO	60
	REFERÊNCIAS	61
	ANEXOS	66
	ANEXO A - MAPA DE PONTOS	67
	ANEXO B - MAPA GEOLÓGICO	68

1 INTRODUÇÃO

A realização deste trabalho é resultado da parceria entre a Universidade Federal do Pará (UFPA) e da CPRM – Serviço Geológico Brasileiro, Sureg-Be através do “Projeto Lourenço”, que visa o Mapeamento de Recursos Minerais e Geológicos, em escala 1:250.000, da Folha de articulação NA. 22-V-D, homônima ao projeto, sendo o Geólogo Manoel Corrêa Costa Neto responsável pela coordenação geral. Partes das informações coletadas com a participação da estudante durante este projeto foram utilizadas como base para a realização do atual Trabalho de Conclusão de Curso.

A autora deste trabalho participou do programa de estágio supervisionado da empresa supracitada, durante o período de 03/03/2008 a 02/03/2010, e teve a oportunidade de acompanhar os trabalhos de campo, e de coletar os dados utilizados neste trabalho.

A empresa disponibilizou as bases planialtimétricas; às imagens de sensoriamento remoto, processadas (Geocover do satélite Landsat TM+ de composição 543, e a imagem de radar SRTM), além de imagens geofísicas (gamaespectrometria), bem como amostras de mão e fotografias da região visitada.

Este trabalho consiste em uma análise da geometria e cinemática de rochas expostas em uma área de aproximadamente 370 km², localizada no centro norte do Amapá, objetivando o mapeamento geológico e estrutural em escala de semi-detalle (1: 60.000), e compreensão dos principais eventos tectônicos que atuaram nas rochas da região.

1.1 APRESENTAÇÃO

A área possui uma extensão de aproximadamente 370 km² e encontra-se na porção centro-norte do Estado do Amapá. Trata-se de uma região de difícil acesso que tem como principal atividade econômica a extração de ouro em garimpos e mineradoras de pequeno porte. A Vila Lourenço (Figura 1) foi utilizada como base para realização dos trabalhos e encontra-se aproximadamente 96 km a Oeste da cidade de Calçoene.

Dados de afloramentos, amostras de mão e medidas de campo, coletados principalmente em cavas de garimpos foram reunidos e tratados em laboratório,

juntamente com imagens de sensores remotos e imagens geofísicas, para se obter os resultados descritos neste trabalho. Mesmo se tratando de uma região interessante e importante no ponto de vista geológico, existem poucos trabalhos detalhados sobre a geologia desta área devido às dificuldades de acesso, escassez de bons afloramentos e forte atuação do intemperismo.

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo apresentar resultados de estudos estruturais detalhados realizados em rochas expostas em uma área pouco explorada, enfatizando a descrição geométrica de estruturas geológicas responsável pelas deformações presentes, resultando na melhor compreensão dos eventos geológicos que afetaram as rochas.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

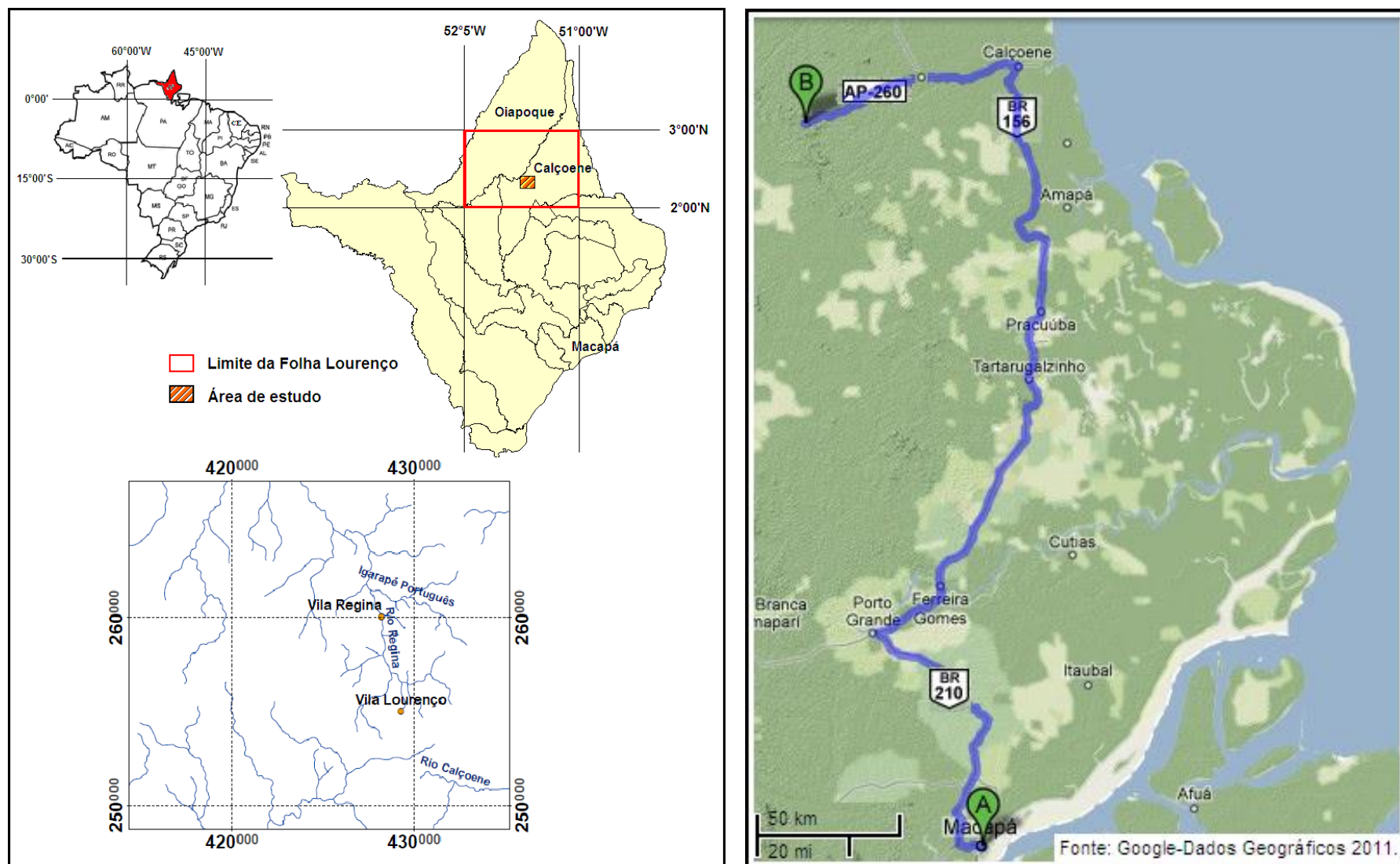
A região de estudo localiza-se na porção Centro Norte do Estado do Amapá, na Folha Lourenço em escala 1: 250.000, de articulação NA-22-V-D, (Figura 1). A área encontra-se no município de Calçoene, com exceção de uma pequena porção no extremo noroeste que abrange o município do Oiapoque. A Vila Lourenço está inserida na área de estudo, bem como diversos garimpos de ouro. Os limites da área encontram-se nas coordenadas 414400, 435200 e 267200, 248800, (Figura 1).

O acesso a esta região a partir de Belém inicia-se com vôo á Macapá. Na capital do Amapá toma-se a rodovia federal BR-210, até Porto Grande, seguindo pela BR-156 em direção norte. Na cidade de Calçoene, segue pela rodovia estadual AP-260 até a Vila Lourenço, (Figura 1).

1.4 MÉTODOS E ATIVIDADES REALIZADAS

Este trabalho seguiu os métodos rotineiros básicos de mapeamento geológico em terreno cristalino de médio a alto grau metamórfico, envolvendo a coleta, tratamento e análise de dados estruturais. Essas técnicas se resumem em atualização das bases cartográficas, trabalhos de campo, estudos petrográficos e análises estruturais.

Figura 1 – Localização da área de estudo, inserida na Folha Lourenço, com destaque para as Vilas Lourenço e Regina, na porção central da área. Ao lado o mapa de acesso partindo de Macapá (ponto A), para o município de Calçoene, até a Vila Lourenço (ponto B).



❖ Foram utilizadas imagens de sensores remotos e aerogeofísicas que recobrem a área. A imagem de satélite LANDSAT TM (Geocover), nas bandas 5 e 7 composição RGB 453 em escala 1:100.000 foi utilizada como base para o georreferenciamento de dados planialtimétricos e geológicos; a imagem de radar SRTM nas escalas 1:400.000 e 1:100.000 auxiliou na compreensão da geomorfologia da área; foram utilizadas também imagens do sensor SAR (*Syntetic Aperture Radar*), do CENSIPAM nas bandas L (HH, VH e VV), utilizada na extração de lineamentos e na integração final dos dados; a imagem geofísica aerogamaespectométricas, Contagem Total, também foi de grande valia no esclarecimento quanto a disposição dos litotipos descritos na área.

Estas imagens compõem parte do acervo do Projeto Lourenço (CPRM), sendo tratadas pelos geólogos responsáveis, através do programa Envi 4.3, e gentilmente cedidas para a realização deste trabalho.

❖ As informações planialtimétricas cedidas pelo IBGE (2006), foram atualizadas e ajustadas às imagens supracitadas. O acréscimo de informações cartográficas (Vilas, Estradas, Localidades, etc.), foi baseado principalmente na imagem Geocover, posteriormente enriquecida pela logística desenvolvida nos trabalhos de campo. Todo esse acervo possibilitou a elaboração de mapas atualizados.

❖ O trabalho de campo foi realizado no período de 20 dias, e compreende as seguintes etapas:

- Reconhecimento da região, com apoio de GPS;
- Descrição de afloramentos e coleta de amostras;
- Simultaneamente, foram coletadas medidas estruturais de elementos tectônicos observados.

❖ Na etapa pós-campo os pontos coletados no GPS foram plotados em *shapes*, compatíveis ao programa ArcGis 9.3 (disponível no LAIT IG/UFGA), e os primeiros mapas de pontos de afloramento, e logística foram formulados.

O trabalho seguiu com descrição das amostras de mão de cada ponto com suas respectivas coordenadas, possibilitando o entendimento da disposição das litologias e suas relações de contato. Com o banco de dados completo, e o auxílio

das imagens geofísicas, tornou-se possível a elaboração do mapa geológico da área na escala 1:60.000.

Os dados de campo também foram convertidos em *shapes*, no programa ArcGis 9.3, posteriormente foram analisados em diagramas de rosetas e projeções estereográficas.

❖ As imagens de sensoriamento remoto foram interpretadas de acordo com os métodos propostos por Veneziani e Anjos (1982), com o objetivo de obter o maior detalhamento estrutural e extração dos lineamentos estruturais.

Os lineamentos interpretados foram submetidos a análises de frequência, para visualização das principais direções estruturais e sua continuidade ao longo da área.

A análise de frequência iniciou-se com a divisão em 36 células de aproximadamente 13 km² cada, que foram impressas juntamente com os lineamentos extraídos das imagens de sensores remotos. Em seguida com as medidas das direções de cada lineamento, e a análise a partir de rosetas geradas no programa GEORiente 9 , foi observada a relação entre os *trends* estruturais de cada célula, auxiliando na interpretação do comportamento cinemático das rochas.

❖ Este trabalho foi finalizado com a elaboração do texto, com síntese dos principais trabalhos realizados, texto explicativo do mapa gerado, história geológica da região e conclusões.

2 DEFINIÇÕES DE TERMO E CONCEITOS APLICADOS

Com a finalidade de facilitar a compreensão deste texto será apresentada a seguir uma síntese com definições dos principais termos e conceitos utilizados neste trabalho.

2.1 CONCEITOS BÁSICOS

Os principais conceitos, utilizados neste trabalho, estão descritos melhor descritos a seguir (Quadro 1).

Quadro 1 – Conceitos básicos de geologia estrutural.

Reologia	Estuda o comportamento físico das rochas, mediante a aplicação de forças e tensões. Considerando que as propriedades mecânicas da rocha refletem aspectos das tensões e dos movimentos que os corpos experimentaram.
Análise Geométrica	É a parte descritiva da geologia estrutural, envolvendo o reconhecimento e descrição das estruturas, suas orientações e simetrias.
Análise Cinemática	Focaliza a interpretação dos movimentos responsáveis pelas deformações. É também a descrição da posição relativa de dois pontos durante a deformação da rocha que se movimentam basicamente por translação (mudança de posição), rotação (mudança de orientação), dilatação (mudança de volume), ou por distorção (mudança de forma).
Análise Dinâmica	Interpreta a magnitude relativa e a orientação absoluta das tensões (forças e pressões), responsáveis pelas deformações.
Stress	Significa “tensão”, que é a força dividida pela área necessária para produzir deformação, ou seja, dependendo da força do <i>stress</i> aplicado em um corpo será gerado um <i>strain</i> .
Strain	Significa “deformação”. É uma grandeza escalar medida somente pelo comprimento.

Fonte: Twiss e Moores (1992).

2.2 ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

As estruturas geológicas podem ser classificadas quanto ao seu comportamento mecânico em diferentes profundidades, como **dúcteis**, quando se formam em ambiente de maior profundidade crustal, onde as rochas apresentam um comportamento de maior plasticidade; e **rúpteis** quando ocorrem em ambientes mais superficiais, onde as rochas possuem um comportamento rígido.

2.2.1 Principais Estruturas Dúcteis

Foliação - é o termo genérico que se aplica, a qualquer feição planar penetrativa em uma rocha, em geral metamórfica (PASCHIER; TROUW, 1996), classificada morfológicamente (Quadro 2) de acordo com as características de seus domínios, pelo arranjo dos minerais e por sua composição, de acordo com a classificação proposta por Twiss e Moores (1992).

Quadro 2 – Classificação morfológica de foliação.

FOLIAÇÃO	ESPAÇADA	Composicional	Difusa (foliação de transposição)
			Bandada (Bandamento gnáissico)
		Disjuntiva	Estilolítica (estilólitos)
			Anastomótica (clivagem de fratura)
			Grossa (foliação Milonítica)
			Suave (foliação Milonítica)
		Crenulação	Zonal (clivagem de crenulação)
			Discreta (clivagem de crenulação)
	CONTINUA	Fina	Clivagem ardósiana
		Grossa	Xistosidade

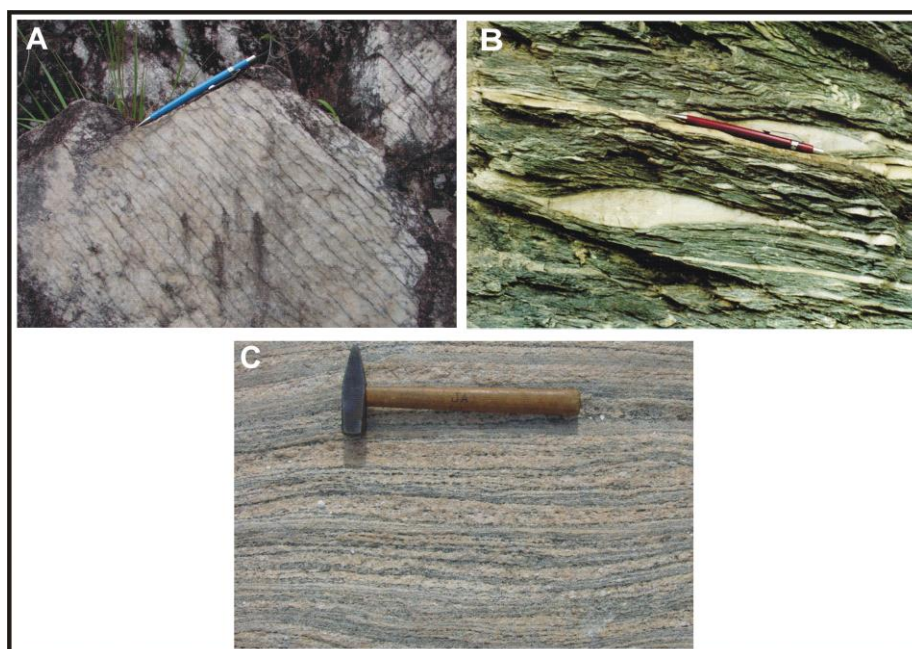
Fonte: Twiss e Moores (op. cit.).

Dentre os vários tipos de estruturas classificadas como foliação, destacam-se por serem mais comumente encontradas:

- ❖ **Clivagens** - é a separação da rocha em planos paralelos (Figura 2A), que representam um plano de menor resistência, nos quais não há cristalização orientada de minerais;
- ❖ **Xistosidade** - é definida pela reorientação de minerais pré-existent e/ou cristalização orientada de novos minerais (Figura 2B), especialmente os micáceos, por apresentarem estruturas lamelares. Caracteriza-se por uma intensa anisotropia planar;
- ❖ **Bandamento Composicional** - é uma estrutura planar caracterizadas por cristalização orientada e segregação de minerais metamórficos individualizados a olho nu, em bandas definidas, (Figura 2C).

Lineação - conjunto de estruturas lineares produzidas em uma rocha como resultado da deformação. Representada pela interseção entre planos de foliações, orientação preferencial de grãos prismáticos ou aciculares e pelo estiramento de grãos ou outros objetos. No Quadro 3, encontra-se a classificação morfológica desta estrutura sugerida por Twiss e Moores (1992).

Figura 2 – (A) Exemplo de planos de clivagens em mesoescala. (B) Exemplo de xistosidade em rochas metamórficas. (C) Bandamento composicional em gnaisses.



Fonte: (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO – UERJ, 2012)

Quadro 3 – Classificação morfológica de lineações.

LINEAÇÕES EM ROCHAS ALTERADAS	ESTRUTURAL	Discreta	Seixos
			Fósseis
			Manchas de alteração
			Oóides
		Construtiva	Linhas de Charneira
			Linhas de Intersecção
			Linhas de Boudins
			Slickenlines
			Mulions
		Policristalina	Bastão
			Minerais Difusos
			Slickenlies
	Sobrecrescimento não fibroso		
	MINERAL	Grão Mineral	Grão de hábito acicular
			Grãos alongados
			Minerais Fibrosos
			Preenchimento fibroso de veios
			Slickenfibers
Sobrecrescimento fibroso			

Fonte: Twiss e Moores (1992).

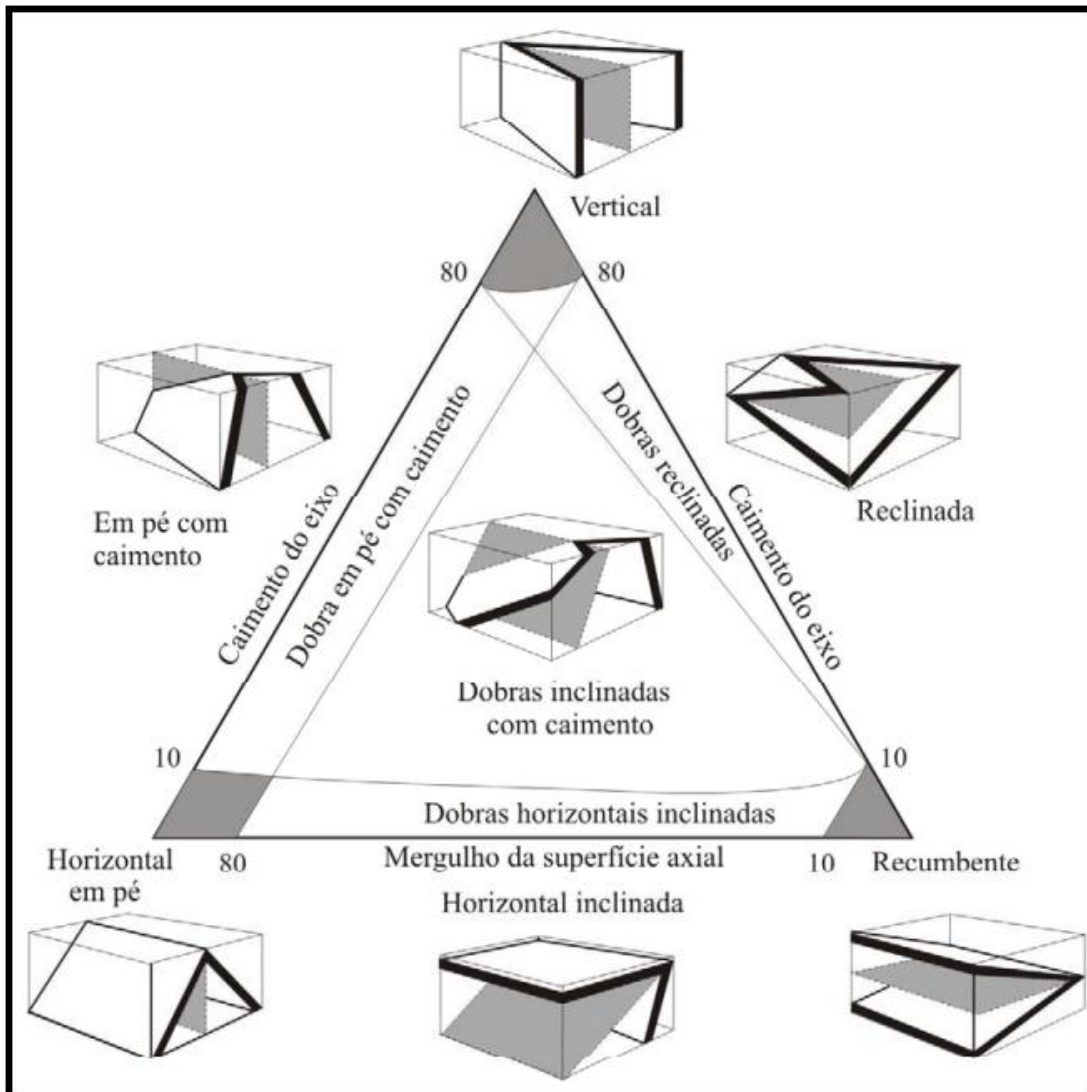
Dobra - é uma das feições estruturais mais evidentes, podendo ocorrer em qualquer escala, em regiões submetidas a tensões compressivas, ou seja, uma superfície qualquer de referência curvada no sentido côncavo ou convexo, em relação à linha do horizonte, podendo adquirir padrões morfológicos variados (Figura 3).

2.2.2 Principais Estruturas Rúpteis

Fraturas - são descontinuidades de um bloco em relação a outro ao longo de discretas superfícies ou zonas com pequena ou intensa deformação (Figura 4).

Falha - é uma descontinuidade planar, que apresentam deslocamento paralelo. A classificação de falhas baseia-se pela diferença nos movimentos entre os blocos (Figura 5). Uma região onde há muitas falhas paralelas ou anastomosadas é denominada Zona de Falha.

Figura 3 – Classificação de dobras segundo o mergulho da superfície axial e o caimento do eixo, proposta por Rickard e Ragan.



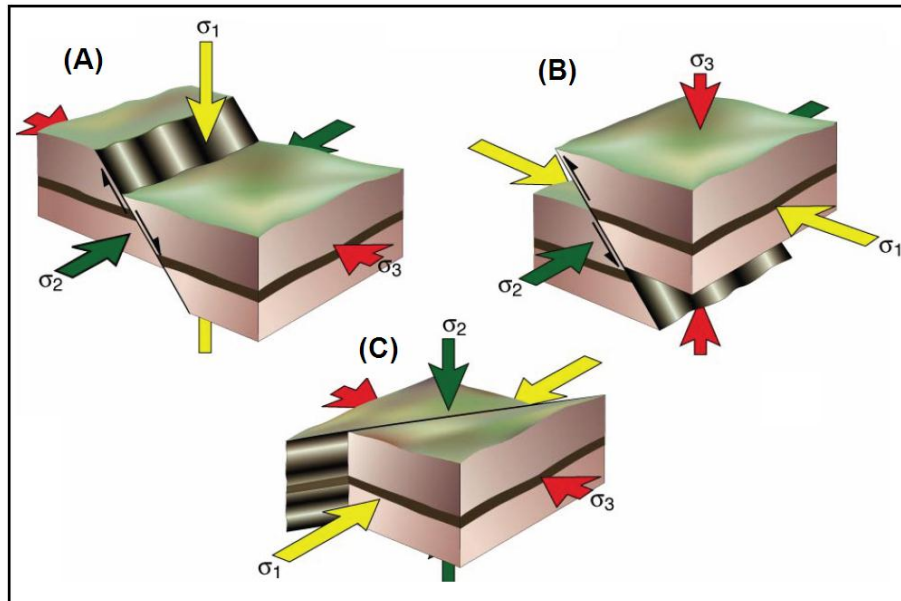
Fonte: (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR, 2012)

Figura 4 – Exemplo da ocorrência de fraturas em rocha cristalina.



Fonte: (UFPR, op. cit.)

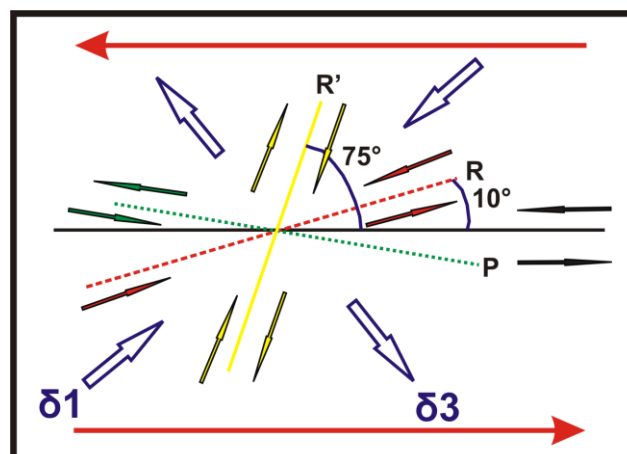
Figura 5 – Classificação Andersoniana de falhas, onde (A) representa falhas normais ou extensionais, (B) ilustra falhas inversas ou compressionais e (C) ilustra falhas transcorrentes.



Fonte: (UFPR, 2012)

Modelo de Cisalhamento de Riedel - refere-se às descontinuidades desenvolvidas em ambientes rúpteis sob regime transcorrente. Nessas condições de deformação torna-se previsível o aparecimento de fraturas associadas às bordas do sistema, sendo denominadas fraturas de partição (T), de extensão ou distensão; fratura de cisalhamento de Riedel (sintética ou R); fratura de cisalhamento conjugada de Riedel (antitética ou R'); fratura de cisalhamento P (sintética secundária); fratura de cisalhamento X (antitética secundária); fratura de cisalhamento Y ou D, que se forma paralelamente ao binário em casos extremos, (Figura 6).

Figura 6 – Modelo de cisalhamento de Riedel.



Fonte: (UFPR, op. cit.)

3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

3.1 CRÁTON AMAZÔNICO

A área de estudo encontra-se geologicamente inserida no Cráton Amazônico, que representa uma das maiores e mais importantes unidades geotectônicas da Plataforma Sul-americana, com extensão de aproximadamente 4.500.000 km². Sendo constituído pelo Escudo das Guianas (localizado ao Norte), e o Escudo Brasil Central ou Guaporé (localizado ao Sul), separados pelas rochas sedimentares das bacias paleozóicas Solimões e Amazonas. O cráton limita-se ao norte pela margem atlântica, a leste e a sul pelas faixas orogênicas brasileiras Araguaia-Cuiabá e as bacias de antepaís da Província Tocantins, e a noroeste e sudoeste encontra-se recoberto pelas bacias sub-andinas (TASSINARI; MACAMBIRA, 1999).

Ao longo da evolução do conhecimento geológico sobre o Cráton Amazônico, destacaram-se duas propostas de modelo evolutivo.

(1) Massas continentais foram aglutinadas no Arqueano e Paleoproterozóico, submetidas posteriormente a retrabalhamento crustal, através de orogenias predominantemente ensiálicas, sem a geração representativa de crosta juvenil (COSTA; HASUI, 1997; HASUI; ALMEIDA, 1985; HASUI et al. 1984).

(2) Defende que além da reciclagem de blocos crustais arqueanos, aconteceriam também processos posteriores de acreção juvenil (CORDANI; BRITO NEVES, 1982; CORDANI et al. 1979; TASSINARI, 1996; TASSINARI; MACAMBIRA 1999, 2004; TASSINARI et al. 2000; TEIXEIRA et al. 1989).

Segundo essa concepção, o Cráton Amazônico pode ser dividido em seis domínios, que correspondem às províncias geocronológicas, que são a Província Amazônia Central (2,5 Ga), Província Maroni-Itacaiúnas (2,25-2,0 Ga); Província Ventuari-Tapajós (1,95-1,8 Ga); Província Rio Negro-Juruena (1,8-1,55 Ga), Província Rondoniana-San Ignacio (1,55-1,3 Ga) e Província Sunsás (1,3-1,0 Ga), (Figura 7).

As Províncias seriam núcleos arqueanos de terrenos granito-greenstone e gnaiss-migmatíticos margeados por sucessivas faixas móveis e arcos magmáticos Proterozóicos aglutinados por colisões. Ou seja, segundo Tassinari e Macambira (op. cit.), trata-se de um protocráton arqueano formado por microcontinentes (blocos Imataca, Carajás e Xingu-Iricoumé), amalgamados pelas faixas orogênicas

paleoproterozóicas (Província Maroni-Itacaiúnas). A partir da borda oeste desse novo continente, sucessivos arcos magmáticos (províncias Ventuari–Tapajós, Rio Negro-Juruena e parte da Rondoniana-San Ignácio) foram acrescentados entre 1,95 e 1,45 Ga, provavelmente relacionados à subducção de litosfera oceânica a leste, como resultante da convergência de outra massa continental mais a oeste (Laurentia). Essa convergência culminaria com a colisão do Cráton Amazônico contra Laurentia (América do Norte e Groelândia) e evolução ensialica entre 1,4 e 1,0 Ga para faixas orogênicas mais jovens (províncias Rondoniana-San Ignácio e Sunsás).

As composições isotópicas de Sr, Pb e Nd de rochas ígneas e de ortognaisses (TASSINARI; MACAMBIRA, 2004), comprovam a tese de que os eventos tectônicos ocorridos no Cráton Amazônico, durante o Proterozóico, envolveu a adição de materiais juvenis e de magmas gerados por processos de retrabalhamento de rochas preexistentes. As Províncias Ventuari-Tapajós, Rio Negro- Juruena e parte das províncias Maroni-Itacaiúnas e Rondoniana-San Ignácio, evoluíram através de sucessivos arcos magmáticos produzindo acreções continentais a partir de magmas derivados do manto superior. Por outro lado, a evolução da Província Sunsás e de parte das províncias Rondoniana-San Ignácio e Maroni-Itacaiúnas parece estar associada principalmente a processos de colisão continental.

3.2 PROVÍNCIA MARONI-ITACAIÚNAS

A Província Maroni-Itacaiúnas encontra-se na porção nordeste do Cráton Amazônico, contornando o leste da Província Amazônia Central, sua evolução ocorreu principalmente durante a orogênese do Ciclo Transamazônico no intervalo de 2,2 a 1,95 Ga, sendo formada predominantemente por núcleos arqueanos retrabalhados no Paleoproterozóico, e crosta juvenil paleoproterozóica (TASSINARI; MACAMBIRA, 1999, 2004; TASSINARI et al. 2000).

O conhecimento geológico desta província encontra-se mais detalhado em algumas regiões, por isso ainda existem lacunas que não foram analisadas, porém um modelo evolutivo proposto por Vanderhaeghe et al. (1998), para as rochas do Ciclo Transamazônico da Guiana Francesa, tem sido estendido para regiões ao sul (AVELAR et al. 2003; DELOR et al. 2003).

Este modelo inicia-se por volta de 2,26 e 2,0 Ga, com abertura oceânica e formação de crosta juvenil; no intervalo de 2,18 a 2,13 Ga, predomina movimentação convergente, marcado por subducção e formação de arcos de ilhas, gerando magmatismo predominantemente tonalítico (TTG) e seqüências *greenstone*; 2,11 a 2,08 Ga, a movimentação evolui para transcorrência sinistral, com retrabalhamento crustal, produção de magma granítico e sedimentação de bacias *pull-apart*; adelgaçamento crustal e exumação de crosta inferior ocorre entre 2,07 e 2,05 Ga; no intervalo de 2,08 a 2,06 Ga, na Guiana Francesa ao final do movimento transcorrente foram colocados Leucogranitos; enquanto no Suriname, entre 2,07 e 2,06 Ga, condições de UHT (*ultrahigh-temperature*), geraram os granulitos Bakhuis, ocorrendo também durante este período metamorfismo de soterramento das bacias *pull-apart*, seguidos de resfriamento isobárico (TASSINARI; MACAMBIRA, 2004).

As rochas arqueanas têm sido registradas principalmente no Brasil (Amapá) e Venezuela, sendo descritas como rochas polimetamórficas, em geral de alto grau, apresentando-se fortemente retrabalhadas durante o Ciclo Transamazônico.

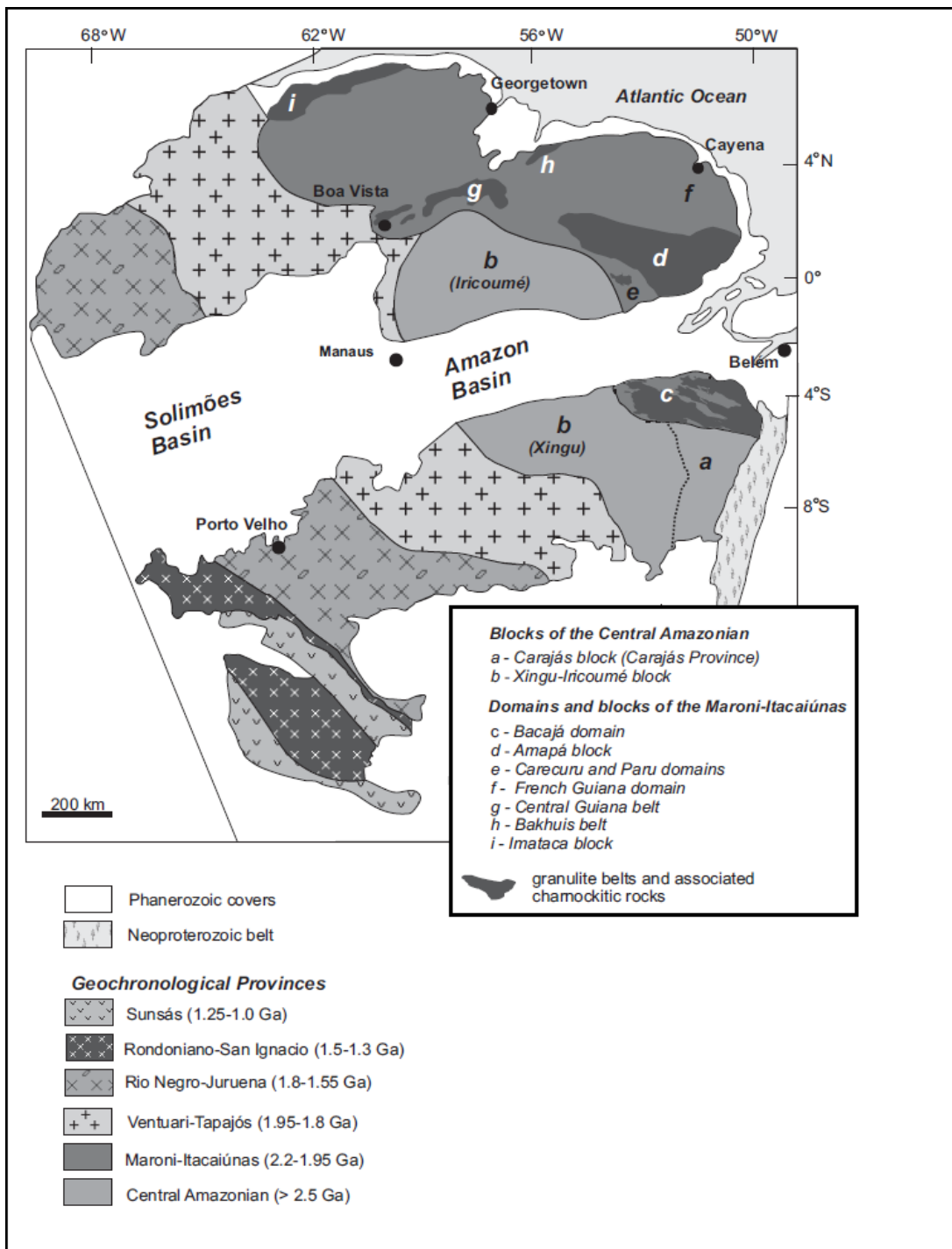
Na Venezuela o Complexo Imataca, limitado pelas seqüências metavulcano-sedimentares paleoproterozóicas pela Falha de Guri ENE, desenvolveu-se a partir de um protólito continental com idades maiores que 3,2 Ga, que sofreu retrabalhamento e adição de material juvenil em 2,8 Ga. Durante a Orogênia Maroni-Itacaiúnas essas rochas atingiram condições metamórficas de 750-800 C e 6-8 kbar, associadas a cisalhamentos transpressivos e imbricações tectônicas. O pico metamórfico ocorreu entre 2,05 e 1,98 Ga.

No Amapá, essas evidências se concentram nas regiões de Cupixi e Tartarugal Grande, no centro-sul do estado. A idade de rocha mais antiga obtida até o momento encontra-se na região do Rio Cupixi, com valor de 3,32 Ga (KLEIN et al. 2003).

Os domínios de crosta juvenil do Ciclo Transamazônico localizam-se no nordeste e sudoeste do Escudo das Guianas, sendo o mais expressivos aquele da porção oriental do escudo, que se estendem do leste do Suriname ao norte do Amapá no Brasil, cobrindo a Guiana Francesa. Nos domínios transamazônicos do sudoeste do Escudo das Guianas, foram reconhecidos arcos magmáticos juvenis de 2,19 a 2,14 Ga, relacionados ao estágio de convergência de um bloco cratônico a oeste, contra o Bloco Amapá a leste, seguido por estágios colisionais cerca de 2,10 Ga e tardi-colisional entre 2,07 e 2,03 Ga, ambos marcados por intenso

retrabalhamento da crosta arqueana (ROSA-COSTA, 2006 in VASQUEZ 2006). A caracterização geocronológica e geoquímica isotópica sugere tratar-se de uma zona de transição entre os domínios juvenis e os de retrabalhamento crustal a exemplo do que foi identificado por Avelar et al. (2003) no limite entre domínio juvenil da Guiana Francesa e a porção nordeste do Bloco Amapá.

Figura 7 – Províncias geocronológicas e blocos continentais do Cráton Amazônico.



Fonte: Tassinari e Macambira (2004).

3.3 ASPECTOS REGIONAIS DA GEOLOGIA DA ÁREA

Um dos primeiros trabalhos foi realizado pelo grupo Parapanema, na região centro Norte do Amapá, as escalas de mapeamento foram de 1:25.000 e 1:50.000, porém, a área do Lourenço foi coberto apenas com reconhecimento na escala de 1:100.000 e foto-interpretção, segundo Veiga et al (1885). O arcabouço regional da área encontra-se dominado por dois grandes conjuntos: o embasamento arqueano, em parte remobilizado formados por granitos, granodioritos, tonalitos e migmatitos denominado de Complexo Guianense; e um conjunto supracrustal metamorfozido em alto grau parcialmente migmatizado de idade proterozóica inferior a arqueana, denominado informalmente como Sequência Cassiporé. Disperso em toda a área foram descritos diques básicos de notável expressão regional referidos a episódios magmáticos Permo-Triássicos.

Segundo Terraconsult (1986) a região faria parte da Suíte Metamórfica Lourenço, constituída de supracrustais metamorfozadas em alto grau, parcialmente migmatizado com direção NW-SE e por complexos cálcio alcalinos do tipo TTG, sendo que todas as rochas foram cortadas por um cinturão de cisalhamento dúctil-rúptil, (Caroni-Quatro Pancadas) ao qual estariam associados os principais bens da região inclusive o ouro. O Grupo Vila Nova, descrito na porção sul do Amapá, e o Grupo Paramaca no limite entre Amapá e Guiana Francesa, representam sequência supracrustais do Paleoproterozóico.

De acordo com Nogueira (2000) na mina do Salamangone localizada ao sul da área do atual trabalho, as rochas encaixantes da mineralização quartzo auríferas constituem granitóides representados por tonalitos e subordinadamente granodiorito, de composição cálcio alcalina metaluminosos e levemente peraluminosos, e caracterizam suítes granitóides geradas em arcos magmáticos de margem continental ativa no Paleoproterozóico.

4 ANÁLISE DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Apresentam-se aqui os resultados interpretados a partir da análise de lineamentos fotogeológicos, obtidos através de imagens de sensores remotos SRTM, Landsat, RADAR-SAT e imagens aerogeofísicas.

Seguindo o método para interpretação e análise dos produtos de sensores remotos sugerido por Veneziani e Anjos (1982), foram extraídos das imagens Geocover, SRTM e SAR-Sipam, lineamentos estruturais expressivos, correspondendo às quebras de relevo positivas e negativas, lineamentos de drenagens e foliação, que foram classificados como *Lineamentos* quando se apresentam extensos e possuem um comportamento na maioria das vezes retilíneo ou pouco curvo; e *Lineação* quando são pouco extensos e retilíneos. Por fim foi confeccionado o mapa da porção Sul da Folha Lourenço, em escala 1:100.000, com os lineamentos regionais de maior expressão, (Figura 8).

Foram extraídos também lineamentos regionais baseados na imagem aerogamaespectrométrica, no canal de contagem total, (potássio, urânio e tório), onde a cada radioelemento é atribuída uma cor: **vermelho** - rochas ricas em potássio; **verde** - rochas ricas em tório; **azul** - rochas ricas em urânio; **amarelo** - rochas ricas em potássio e tório; **ciano** - rochas ricas em tório e urânio; **magenta** - rochas ricas em potássio e urânio; **branco**: rochas ricas em potássio, urânio e tório; **preto** - ausência dos três radioelementos. Com esta imagem foi possível individualizar vários domínios gamaespectrométricos que irão auxiliar a localização de rochas graníticas e na interpretação da disposição e dos limites das litologias em escala regional (Figura 9).

4.1 DESCRIÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS LINEAMENTOS

Os lineamentos apresentam um comportamento retilíneo e por vezes levemente curvo. Os traçados variam de 20 a 35 km; as lineações representadas pelos traços menores variam entre 2 a 15 km. Ambos possuem três direções preferências NW-SE, NE-SW e N-S, estando dispersos por toda a área, porém com maior frequência de determinado *trend* em algumas porções, como pode-se observar no mapa (Figura 8). No lado Oeste da área predominam o *trend* NW-SE;

na porção central a ocorrência de lineamentos N-S é mais evidente; e por fim no lado Leste nota-se a predominância de lineamentos com orientação NE-SW.

Os lineamentos NW-SE, possui alta densidade na área em foco, orientados segundo o azimute principal entre 300°-340°az. Os lineamentos mais representativos estão concentrados a Oeste da área e medem cerca de 10 a 20 km; na porção central e Leste eles ocorrem em menor frequência e de forma descontínua, a extensão de seus traços é de no máximo 15 km, (Figura 8).

Os traços de orientação NE-SW, são bastante comuns na área, sendo os mais contínuos em relação aos outros lineamentos, o azimute principal fica em torno de 30°-70°az. A principal concentração destes lineamentos é na porção leste, com os mais representativos medindo entre 10 e 35 km; na porção oeste estes traços encontram-se menos contínuos e mais espaçados, sua extensão fica em média de 10 km; na porção central eles são pouco representativos, (Figura 8).

As linhas com *trend* N-S, possuem uma baixa densidade na área, ocorrendo apenas na porção central, com lineamentos que variam de 5 a 30 km. Estes traços aparentemente truncam todos os outros lineamentos, (Figura 8).

Os três principais *trends* interpretados foram NW-SE, NE-SW e N-S, que retratam a atuação de no mínimo três fases tectônicas distintas ocorrentes na região.

Os lineamentos NW-SE são os de maior representatividade da área e foram interpretados como gerados anteriormente, por encontrarem-se interrompidos por traços de orientação NE-SW e N-S (principalmente na porção central e leste da área). Eles estão associados a forças compressivas, responsável pelo soerguimento da Serra Lombarda (também orientada no *trend* NW-SE).

As linhas NE-SW estão concentradas nas porções de cotas mais baixas da área, e teriam sido geradas subsequentemente, pois se encontram mais bem preservadas e estão associadas à movimentação e truncamento dos lineamentos NW-SE.

Os lineamentos N-S provavelmente foram os último a se formarem e possuem pouca densidade e espaçamento, concentrados em uma faixa de aproximadamente 20 km de espessura e truncando os lineamentos pré-existentes.

Da imagem radiométrica foram extraídos traços distintos, que delimitam corpos rochosos de acordo com a concentração de Th, U e K, discriminados de acordo com suas respectivas cores fornecem algumas informações importantes

sobre a disposição de litotipos da área. As porções avermelhadas representam as rochas ricas em K, e se concentram na porção nordeste da área, com formas arredondadas e sigmóides orientadas preferencialmente a NE-SW e NW-SE, podemos observar ainda os núcleos magentos, indicando a presença de U juntamente com o K, e as bordas de coloração amarelada devido a concentração de Th e K; na porção oeste destaca-se dois corpos com alta concentração de U (coloração azul), de forma arredondada, com lineamentos no interior do corpo localizado mais ao sul, de orientação NW-SE com inflexões no sentido N-S, as bordas de ambos os corpos são de coloração ciano indicando a associação do Th e U; a concentração de Th, representado pela cor verde, localiza-se bordejando os corpos ricos em K e na porção sudoeste (Figura 9).

A partir destas interpretações se destacam corpos na porção nordeste interpretado como granitos alcalinos, sintectônicos, com feições de pelo menos duas fases de deformação, e na porção oeste com destaque de dois corpos ricos em U, indica a presença de corpos intrusivos, pós-tectônicos, com deformações associadas a eventos posteriores a Intrusão.

Pode-se observar que a gamaespectrometria tem contribuído de forma eficaz na interpretação do arcabouço geológico da área, onde tem delimitado muitas feições geológicas ainda não observadas anteriormente.

4.2 ANÁLISE DE FREQUÊNCIA ESTRUTURAL

Considerando as dificuldades logísticas, a utilização de dados obtidos através do sensoriamento remoto foi essencial. Com o objetivo de realizar o mapeamento com dados homoganeamente distribuídos, e igualmente confiáveis, realizou-se uma análise dos lineamentos estruturais extraídos de produtos de sensores remotos em escala de semi-detalhe (1: 60.000), focando apenas a área de estudo.

Basicamente segue os mesmo passos realizados na análise em macro-escala, com a extração dos lineamentos estruturais, dos produtos de sensores remotos disponíveis, porém agora com detalhamento máximo, considerando cristas e quebras de relevo, foliação marcante e lineamentos de drenagens, (Figura 10).

Posteriormente a área é subdividida, em subáreas iguais com 13 km² cada, para se analisar as principais *trends* estruturais de cada uma independentemente, indicadas por rosetas, geradas a partir do *strike* de cada lineamento, (Figura 10).

A partir disto podemos começar a interpretar através de comparações entre as subáreas algumas coisas importantes, a primeira delas é o comportamento predominantemente bidirecional, NW-SE e NE-SW, e em segundo plano N-S, o que ratifica uma informação já conhecida e da maior credibilidade ao método, a continuidade desses lineamentos por toda a área, gera também maior confiança ao estendermos as interpretações cinemáticas para as porções onde não obtivemos dados de campo.

Como resultado desta análise de frequências foi obtido os principais lineamentos que são representativos em toda a extensão da área levando em consideração as variações pontuais da região, possibilitando o desenvolvimento de um diagrama de roseta para os elementos lineares presentes na área.

Os lineamentos mais representativos analisados mais a diante, auxiliam na interpretação de contatos litológicos (Figura 11).

Figura 8 – Mapa de lineamentos interpretados a partir da análise dos produtos de sensores remotos (Geocover, SRTM e SAR-Sipam), que demonstram o comportamento estrutural da porção sul da Folha Lourenço, onde a área de estudo encontra-se inserida.

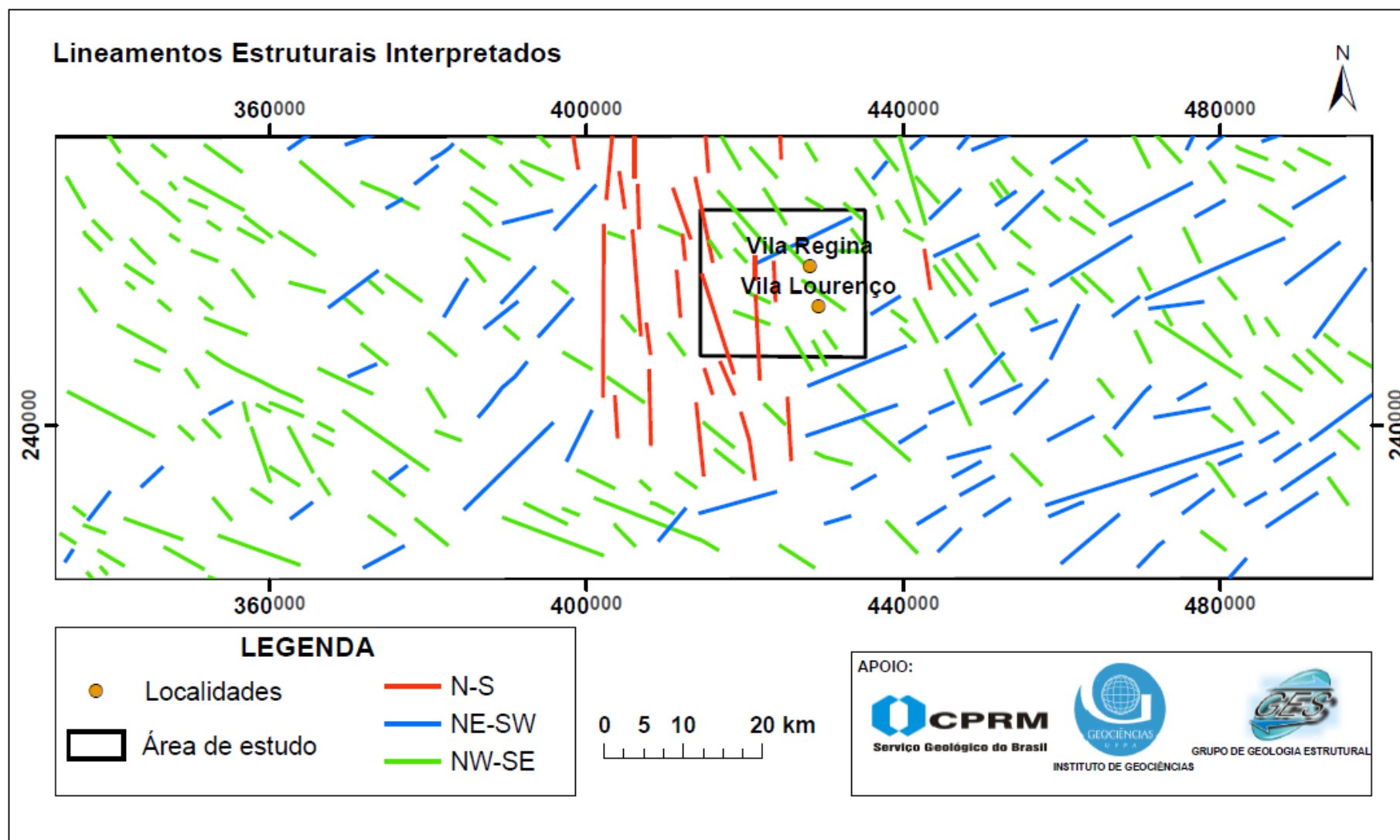


Figura 9 – Contornos litoestruturais observados na porção sul da Folha Lourenço, baseados na imagem radiométrica (Contagem Total), de acordo com as concentrações de Th, U e K.

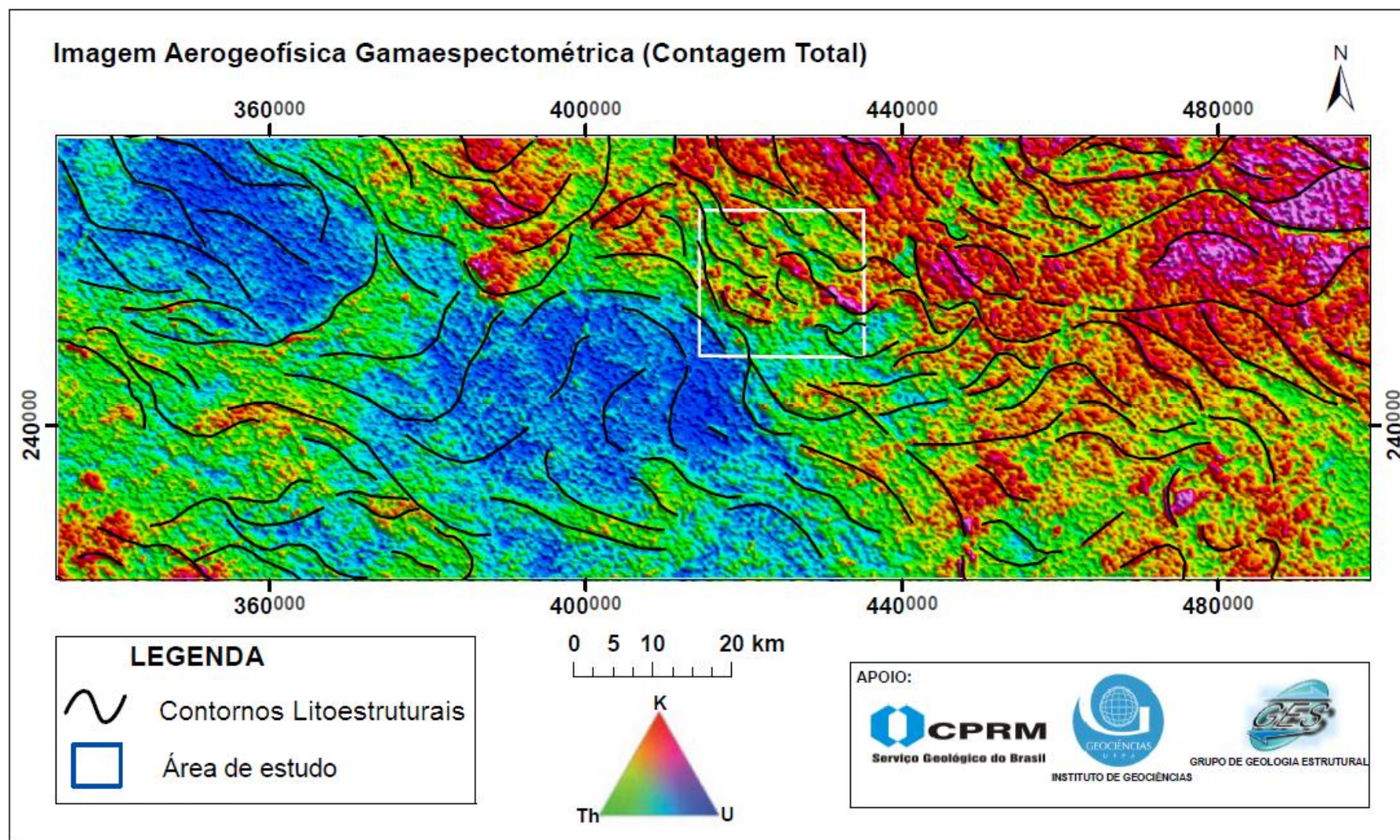


Figura 10 – Lineamentos detalhados na área de estudo (lado esquerdo), destacando na legenda o diagrama ilustrando a representatividade dos *trends* estruturais: a porção verde representa os lineamentos NW-SE que somam 48%; em azul os lineamentos NE-SW representam 40% do total de lineamentos; e por fim os lineamentos N-S em vermelho com 12%.

Divisão das subáreas com suas respectivas rosetas, e o limite da área mapeada em vermelho (lado direito).

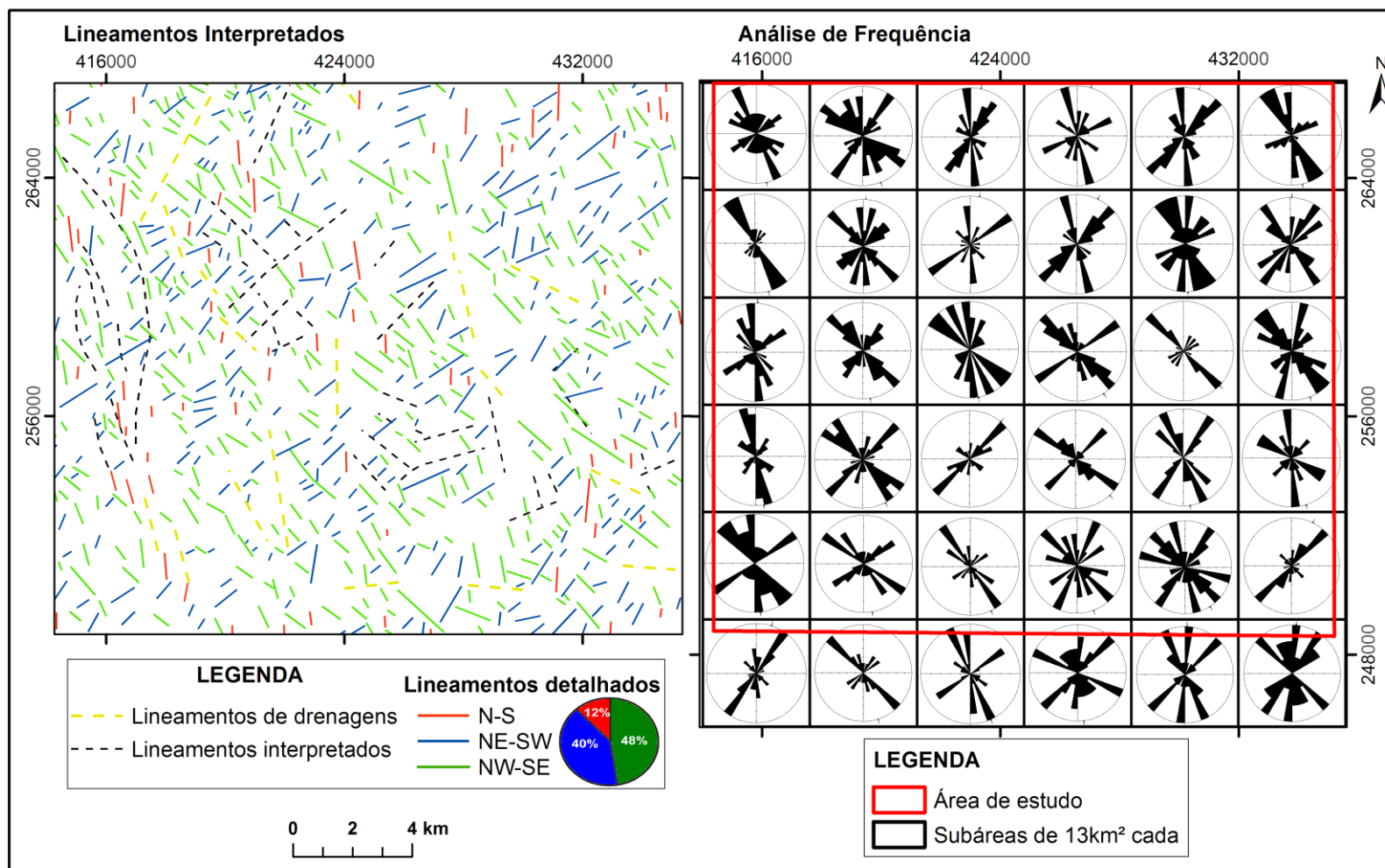
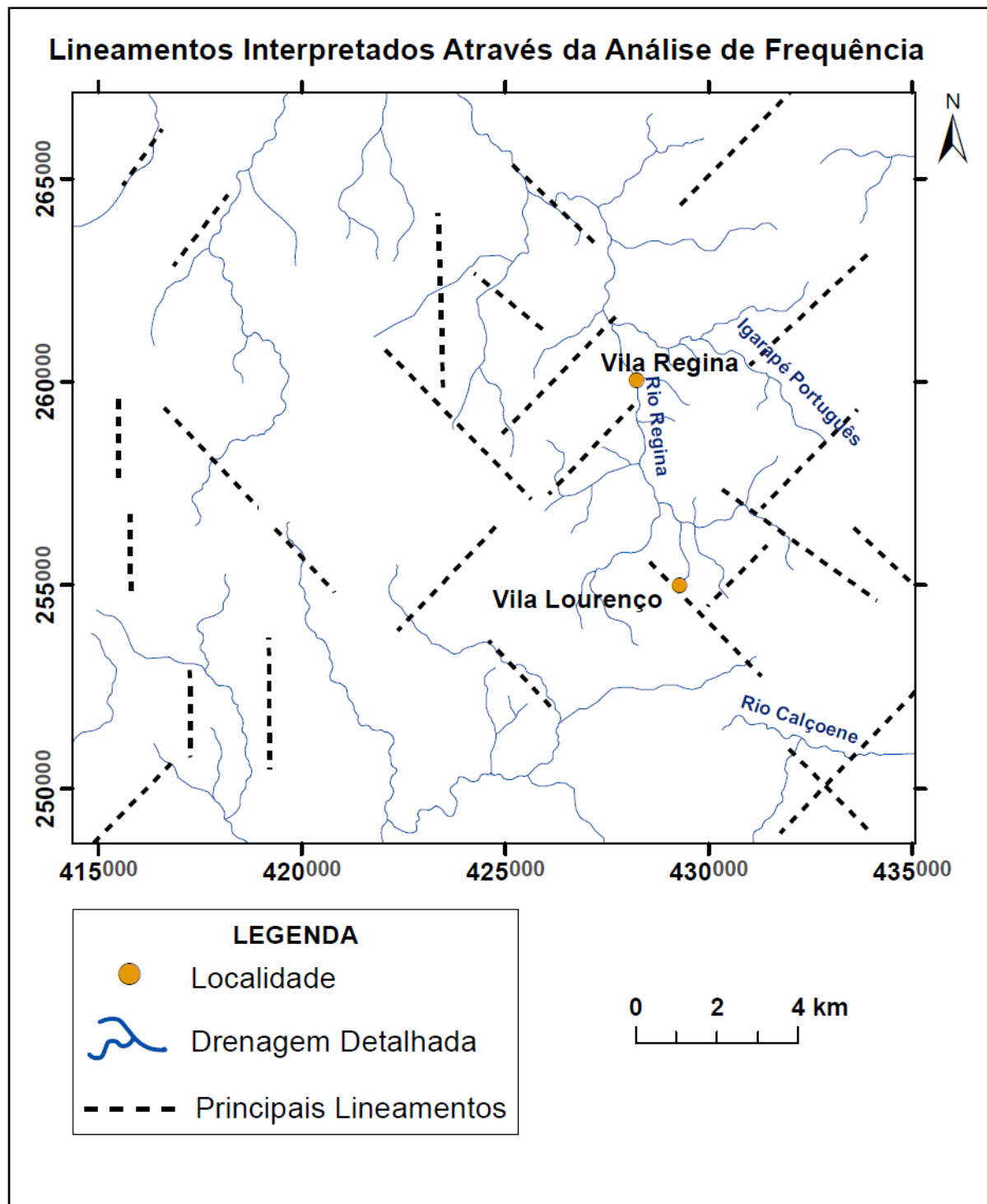


Figura 11 – Mapa destacando os principais lineamentos estruturais inseridos na área de estudo, selecionados com base em sua expressão regional.



5 GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 GEOMORFOLOGIA

Considerando a relação existente entre relevo e tectônica, foram descritos aspectos geomorfológicos da área, proveniente da análise de sensores remotos (SRTM, SAR-Sipam).

Segundo Lima et al. (1991), o estado do Amapá encontra-se dividido em cinco compartimentos morfoestruturais: Planície Costeira do Amapá, Planalto Rebaixado da Amazônia, Planalto da Bacia do Amazonas, Planalto Dissecado Araguari-Jari e Planalto Dissecado do Norte do Amapá.

Nesta classificação a área de estudo encontra-se inserida na unidade V dos Planaltos Dissecados do Norte do Amapá, que abrange toda a porção centro-norte do estado, com exceção do litoral, esculpido em litologias arqueanas, recortados por zonas de cisalhamento, descritos como maciços residuais dissecados pelos intensos processos fluviais, com formas de cristas e formas tabulares (SILVEIRA, 1998).

A análise geomorfológica permitiu dividir a área em duas porções distintas, aqui identificadas como Unidade I e Unidade II (Figura 12). A Unidade I é predominante, e ocupa cerca de 70% do total da área situada na porção norte e sudeste, com as menores cotas de relevo, entre 150 e 200m, sendo descrita como uma área aplainada, com formas de relevo arredondadas, devido a intensa ação do intemperismo químico na região.

A Unidade II destaca-se na porção sudoeste e representa 30% da área, com cotas mais elevadas que podem chegar a 350m, também com formas arredondadas, eventualmente angulosas, com vertentes de alto grau de inclinação, e alta densidade de drenagens.

Observam-se ainda elevações que se destacam na porção transicional, entre as duas unidades com cotas de até 300m, e morros orientados, dispersos no interior da Unidade I, com cotas máximas de 200m. Ambas as elevações foram classificadas como morros testemunho, porém, as elevações arredondadas sem muita continuidade, localizadas nas proximidades da Serra Lombarda são descritas como “reco do *front*” (Figura13 A), e os morros orientados com grande continuidade, são

atribuídos a colocação de dique máficos permo-triássico, recorrente na região, (Figura13 B).

Figura 12 – Imagem SRTM, demonstrando a disposição das Unidades Geomorfológicas, Unidade I, de cotas entre 150 e 200 m, concentrado na porção N e Unidade II, com cotas de até 300 m, localizada ao sul com destaque para Serra Lombarda.

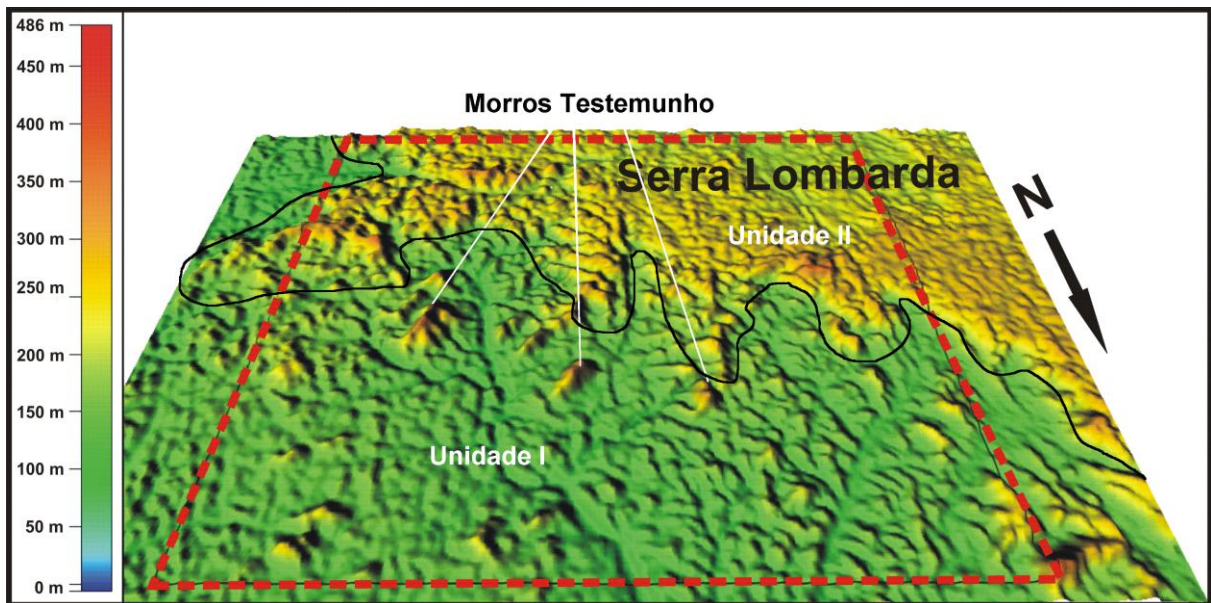
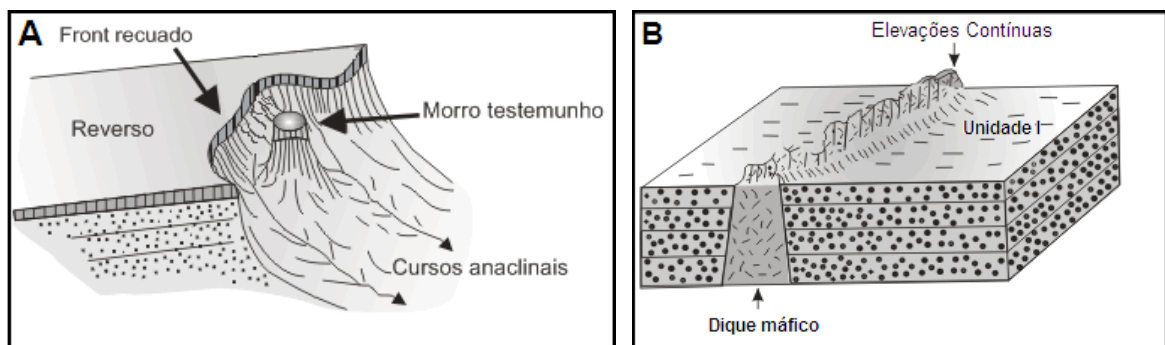


Figura 13 – (A) Modelo esquemático da formação de um morro testemunho causado pelo recuo do *Front*; (B) Modelo exemplificando de como se forma as estruturas denominadas “muralhas”.



Fonte: (UERJ, 2012).

5.2 ANÁLISE HIDROGRÁFICA

A rede de drenagens, baseou-se nos dados cedidos pelo IBGE datados de 2006 e em drenagens geradas automaticamente no Programa ArcGis 9.3, através da função *Hidrology Modelling*.

Os dados de drenagens inicialmente em escala 1:100.00, com pouco detalhamento para o mapeamento em escala 1: 60.000 proposto neste trabalho,

foram ajustadas através das imagens Geocover e SAR-Sipam, seguindo a metodologia proposta por Soares e Fiori (1976).

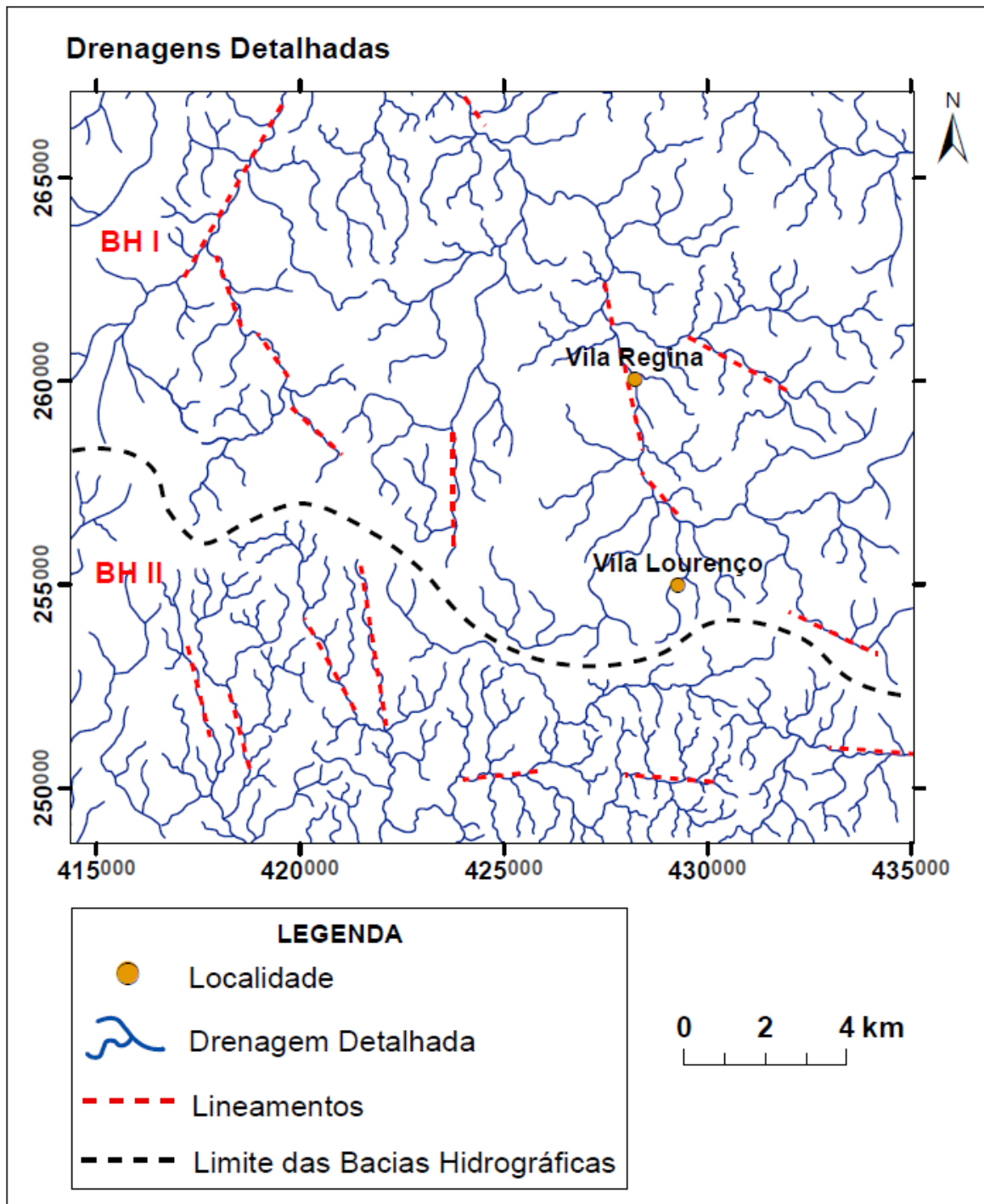
Tornou-se possível observar o comportamento geral da rede hidrográfica da região, sendo subdividida em duas Bacias Hidrográficas com comportamentos de drenagens distintos, sendo a divisão marcada pelas elevações da Serra Lombarda que seguem a orientação NW-SE, (Figura 14).

A região denominada como Bacia Hidrográfica I (BHI), apresenta drenagem espaçada de densidade média, o que representa pouca declividade de terreno; orientada preferencialmente NW-SE e NE-SW o que gera uma angularidade média e sinuosidade mista; a tropia multidirecional ordenada, indica a presença domos de rocha distinta mais resistente ao intemperismo em relação a litologia aplainada, o que também justifica a presença marcante de drenagens de tipo anelar e radial; devido a divisão entre as áreas ser abrupta é comum também observar formas em arcos e cotovelos nas porções limites (Figura 14).

A bacia Hidrográfica II (BHII) possui uma drenagem de alta densidade, o que implica num substrato com baixa capacidade de retenção de água e permeabilidade; as drenagens principais seguem a orientação NNW-SSE e L-W; a sinuosidade é considerada mista porém em comparação a BHI, ela apresenta-se mais retilínea, significando maior controle das drenagens pela geologia; a tropia é multidirecional desordenada, com a direção do fluxo preferencialmente para Sul; o padrão de drenagem principal é o subparalelo com dentrítico; a assimetria é fraca, e observa-se forte inflexões na zona limite com BHI, gerando formas de cotovelo e arqueadas (Figura 14).

Com base na avaliação das feições mais simples e evidentes, obteve-se um documento base com muitas informações geológicas interpretadas, que nos destaca duas realidades distintas, a primeira rebaixada com pequenas porções elevadas dispersas, e o segundo de cotas elevadas com encostas de alta declividade, o que Sugere a possibilidade da presença de uma falha normal relacionada ao soergimento da Serra Lombarda. Esse dado necessita de maiores informações de campo para serem comprovados.

Figura 14 – Mapa de drenagem, dividido em Bacia Hidrográfica I e Bacia Hidrográfica II, e lineamentos de drenagem em vermelho.



6 CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DAS ROCHAS EXPOSTAS NA ÁREA DE ESTUDO

Durante as pesquisas de campo, foram descritos na Vila Lourenço e adjacências quatro litotipos principais, analisados em macro e meso-escala, classificados como rochas com feições migmatíticas, submetidas a metamorfismo na fácies anfíbolito, classificadas como: gnaisses com a ocorrência de anfíbolitos lenticulares associados; rochas graníticas de composições variando de tonalíticas e granodioríticas intimamente associadas a monzograníticas, ambas com porções foliadas; e intrusões de diques de rochas máficas.

6.1 DESCRIÇÃO DOS LITOTIPOS

6.1.1 Gnaisse Migmatizados

Aflora principalmente na porção nordeste da área e em menor proporção a noroeste, seguindo duas direções preferências NE-SW e NW-SE (Figura 19).

Os afloramentos mais representativos deste litotipo encontram-se nos pontos MC-156 (Garimpo do Helik Novo), e MC-163 e MC-182 (situados a W do Garimpo Trairão), expostos em blocos e lajedos de dimensões métricas, (Anexo A).

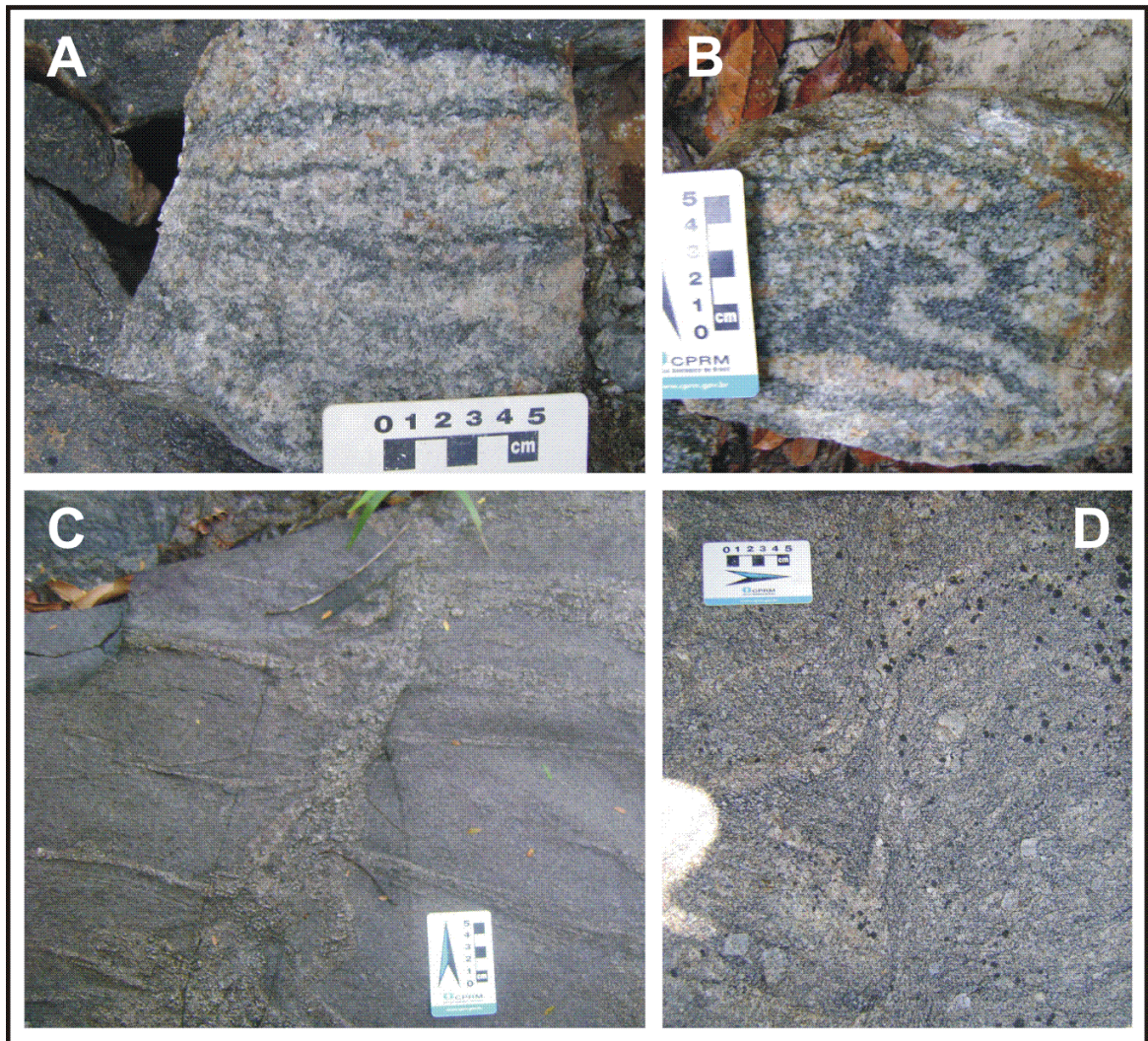
Os gnaisses são faneríticos, de coloração cinza escuro a claro e inequigranulares. As bandas máficas são compostas por lamelas de biotitas bem desenvolvidas e anfíbios (hornblenda), ambos encontram-se orientados, destacando a foliação penetrativa das amostras. Nas porções félsicas destacam-se quartzo, plagioclásio e em menor proporção álcali-feldspato; disperso pela rocha encontra-se granadas de cor rosada (Figura 15A).

Associados aos gnaisses ocorrem corpos lenticulares de anfíbolitos, orientadas segundo NW-SE, nitidamente foliados de granulação média (1 - 5 mm), coloração cinza escuro esverdeado, constituída por hornblenda, plagioclásio cálcico e o quartzo em menor quantidade com cristais de granulação fina.

É comum encontrar veios e mobilizados com granulação mais grossa, dispostos ora concordantes, ora discordantes ao bandamento composicional, formado predominantemente por minerais de quartzo e plagioclásio, (Figura 15C).

A deformação é registrada pela transposição da foliação, dobras de arrasto com cinemática predominante sinistral (Figura 15D), e dobras intrafoliais impressas nas bandas composicionais, com cinemática dextral e sinistral (Figura 15B).

Figura 15 – (A) Bandamento gnáissico observado em afloramento, ponto MC-156; (B) Dobra intrafolial, com cinemática dextral, ponto MC-156; (C) Veios pegmatóides discordantes ao bandamento composicional, ponto MC-163; (D) Dobras de arrasto impressas nos gnaisses, ponto MC-182.



6.1.2 Tonalitos e Granodioritos

Os litotipos graníticos cálcio-alcálinos apresentam composição que varia de tonalítica a granodiorítica, sendo bastante frequentes na região, predominantes em uma faixa de orientação NW-SE, que atravessa toda a área, e mais ao norte em blocos dispersos (Figura 19).

Os principais afloramentos estão nos pontos MC-155, MC-172, MC-173 e MC-182, localizados em morros relativamente pequenos de 2 a 7 km², na porção norte da área (Anexo A). Em ambos os pontos supracitados foram descritos tonalitos, com coloração cinza claro e granulação fina a média, composto de plagioclásio, quartzo e biotita, com foliação marcante, destacada por lamelas orientadas de biotita e estiramento de minerais prismáticos, principalmente quartzo e plagioclásio.

Nos afloramentos dos pontos MC-136, MC-137 e MC-196, a rocha apresenta composição tonalítica similar a descrita para os pontos MC-155 e MC-172, porém com a granulação média e a quantidade de minerais máficos mais significativa.

Nos pontos MC-146a, MC-147, MC-149a e MC-174, observa-se contato interdigitado entre as rochas de composição tonalítica e granodiorítica (Figura 16A). A rocha classificada como tonalito tem cor cinza claro, devido a pouca concentração de máficos e granulação média e segue as características supracitadas, (Figura 16B). O granodiorito apresenta cor cinza, granulação variando de média a grossa, e sua composição mineralógica é quartzo em algumas amostras estirado; o plagioclásio esbranquiçado com cristais de até 3mm, com maclamento albita, por vezes alterando para caulinita; cristais de álcali-feldspato foram observados dispersos na amostra, de cor levemente rosada. Os minerais máficos ocorrem de forma irregular sempre representado predominantemente por biotitas lamelares que destacam a foliação incipiente da rocha, e cristais de anfibólio prismático em menor proporção, (Figura 16D).

Associado a essa litologia existem veios, compostos predominantemente por quartzo leitoso; plagioclásio de cristais subédrico e álcali - feldspato levemente rosado (Figura 16C e 16E). Encontram-se preenchendo fraturas concordantes a foliação, formam depósitos epigenéticos de Au associado a ocorrência de sulfetos, principalmente arsenopirita; e concentração relativamente baixa de Ag, Pb, Bi e Cu.

6.1.3 Monzogranitos

Os principais afloramentos com rochas classificadas como Monzogranitos são observados nos pontos MC-145, MC-159, MC-166 e MC-169 (Anexo A), expostos em blocos de coloração creme rosada, por vezes levemente acinzentadas,

equigranulares variando entre 1mm – 3mm. Os minerais félsicos estão representados pelo álcali-feldspato; o plagioclásio apresenta cristais de até 5 mm, esbranquiçados, com porções alteradas para argilo-minerais; o quartzo possui cristais anédricos acinzentados com brilho vítreo. Observa-se ainda estiramentos localizados de cristais de quartzo e feldspato e veios quartzosos ambos concordantes a foliação.

Os minerais máficos estão representados predominantemente por finas lamelas de biotita e em menor proporção anfibólio, que ressaltam a foliação incipiente das rochas (Figura 17).

Figura 16 – (A) Contato entre granodiorito de coloração mais escura e tonalito de coloração mais clara, ponto MC- 174; (B) Detalhes do tonalito descrito na área ponto MC- 174; (C) Detalhamento do granodiorito descrito na área, ponto MC-174; (D) Contato entre granodiorito e veio de quartzo de espessura decimétrica, ponto MC-146a; (E) Detalhamento do veio quartzoso, ponto MC-146a.

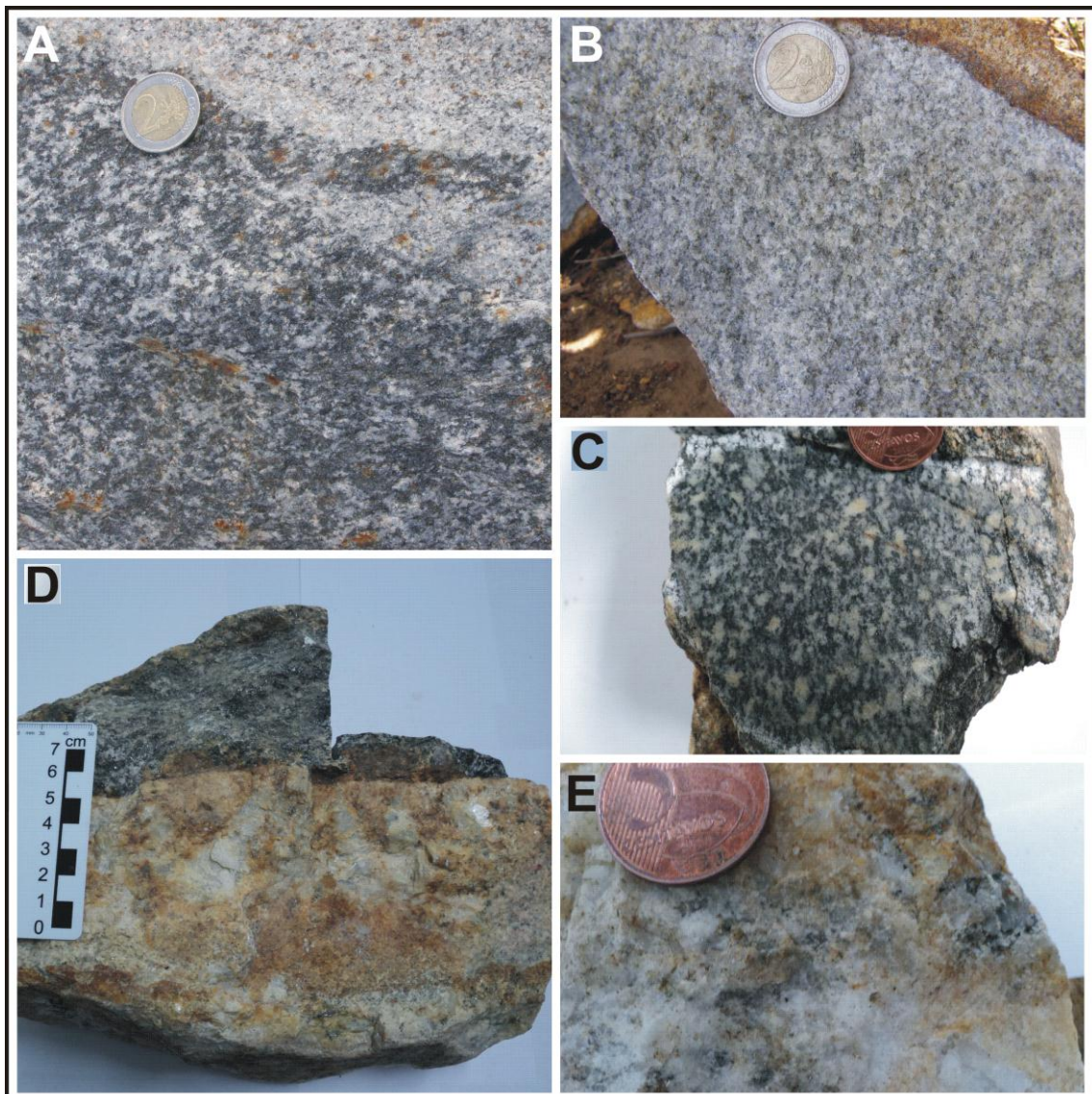


Figura 17 – (A) Foliação em monzogranitos de granulação média, destacada pela orientação preferencial das lamelas de biotita, ponto MC-169; (B) Monzogranito de granulação grossa, com orientação dos cristais de plagioclásio, ponto MC-180.



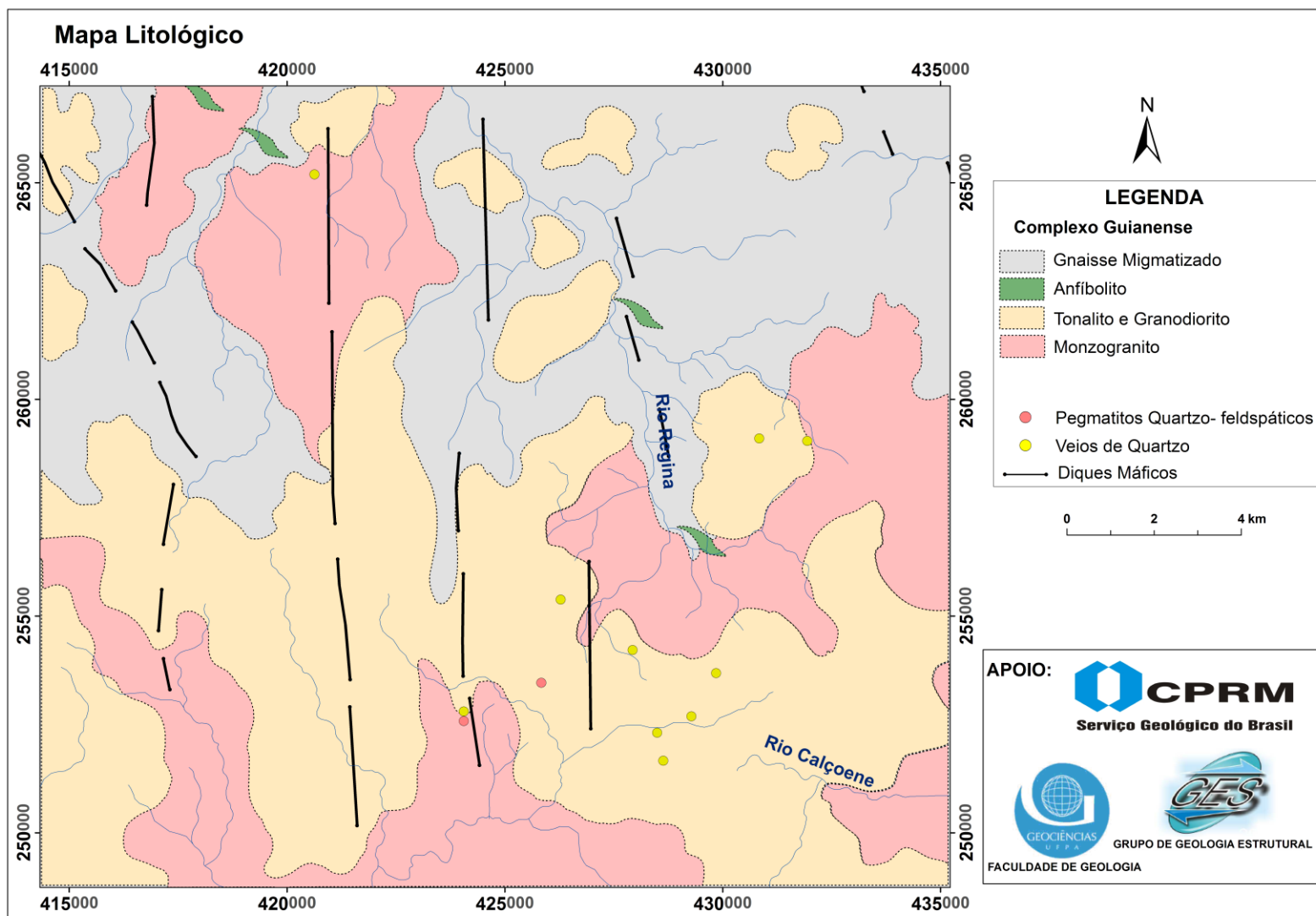
6.1.4 Rochas Máficas

As ocorrências de rochas máficas estão associadas às intrusões de diques que recortam a área no sentido preferencial N-S e NNW-SSE, destacados nos relevos pelos picos alinhados (Figura 18A). Observado nos pontos MC-144, MC-154 e MC-179 (Anexo A), a coloração padrão é cinza escuro, de granulação fina a média variando de 0,5 – 2 mm (Figura 18B). Composta por minerais máficos predominantemente anfibólio, piroxênio e provavelmente biotita em menor proporção. Os minerais félsicos são representados por ripas de plagioclásio (labradorita). A rocha foi classificada como diabásio.

Figura 18 – (A) Afloramento geral de diques máficos, ponto MC-144; (B) Feições da rocha classificada como Diabásio, ponto MC-144.



Figura 19 – Mapa ilustrando as disposições dos litotipos da área, onde os gnaisses concentram-se nas cotas mais baixas; observa-se a predominância de rochas graníticas (tonalito, granodiorito e monzogranito), e destaque para os diques expressivos que recortam a área.



6.2 INTERPRETAÇÕES LITOLÓGICAS

Os gnaisses são interpretados como a unidade litológica mais antiga, suas feições migmatíticas demonstra a ação de metamorfismo regional na fácies anfíbolito, reafirmada pela grande quantidade de biotita e hornblenda, observadas nas amostras.

As lentes de anfíbolito seguem a orientação de lineamentos estruturais NW-SE, e encontram-se por vezes inserido nos corpos graníticos devido a movimentação tectônica.

Os diques encontram-se alojados em falhas de direção N-S, e recortam todos os litotipos sendo interpretados como posteriores ao Evento Transamazônico, provavelmente associados aos diques Cassiporé de idade Permo-Triássica.

7 ASPECTOS ESTRUTURAIS

Serão analisados detalhadamente as estruturas planares, lineares e indicadores cinemáticos presentes nas rochas estudadas. As principais feições estruturais são dúcteis com destaque para foliações, lineações e dobras; estruturas rúpteis estão representadas por falhas, fraturas, veios e diques.

7.1 DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS

7.1.1 Foliação

As foliações são as estruturas planares mais representativas observadas nos afloramentos da área, marcando estágios distintos de deformação. Os tipos de foliação mais comuns são bandamento gnáissico e aquelas presentes nos granitos.

O **bandamento gnáissico** é uma estrutura metamórfica primária, definida como uma foliação do tipo espaçada, composicional e bandada. É descrita como alternância de bandas com composições distintas, as porções félsicas são formadas predominantemente por quartzo, plagioclásio e álcali-feldspato, e as porções máficas compostas principalmente por biotita e anfibólio.

Os planos de orientação NE-SW apresentam mergulho médios de 30° a 35° e os planos NNW-SSE, possuem ângulos de mergulho altos, por volta de 70°, ambos mergulhando no sentido NW e são predominantes na área; os planos orientados próximos a E-W, apresentam mergulhos baixos (máximo 25°) no sentido N, e apresentam bandamento retilíneo e ondulações leves, (Figura 20).

Diferentes graus de deformação são observadas nos afloramentos de gnaisses, com sua intensidade determinada a partir das estruturas impressas no bandamento, variando desde bandamento retilíneo e contínuo, caracterizando a ausência de deformação, a **dobras intrafoliais** e **dobras de arrasto**, evidenciando a atuação de deformação.

A **foliação em granitóide** é marcada principalmente por lamelas de biotitas, e em menor proporção pela orientação de cristais de quartzo e feldspatos, elas ocorrem de forma mais proeminente nas bordas dos corpos e de maneira incipiente nas porções mais internas. O estereograma (Figura 21) ilustra a direção predominante dos planos NW-SE, com dois sentidos de mergulhos tanto NE quanto

SW, no primeiro quadrante supracitado os pólos encontram-se bastante dispersos representando planos de foliação com *strikes* bastante distintos, com mergulhos variáveis entre 40° e 70°; os pólos do segundo quadrante são mais concentrados, demonstrando comportamento homogêneo dos planos, e apresentam ângulos de mergulhos predominantemente mais baixos entre 20° e 35°.

Figura 20 – Comportamento do bandamento gnáissico, em roseta com destaque para o Trend principal NNW-SSE, e ao lado concentração dos pólos no sentido ENE.

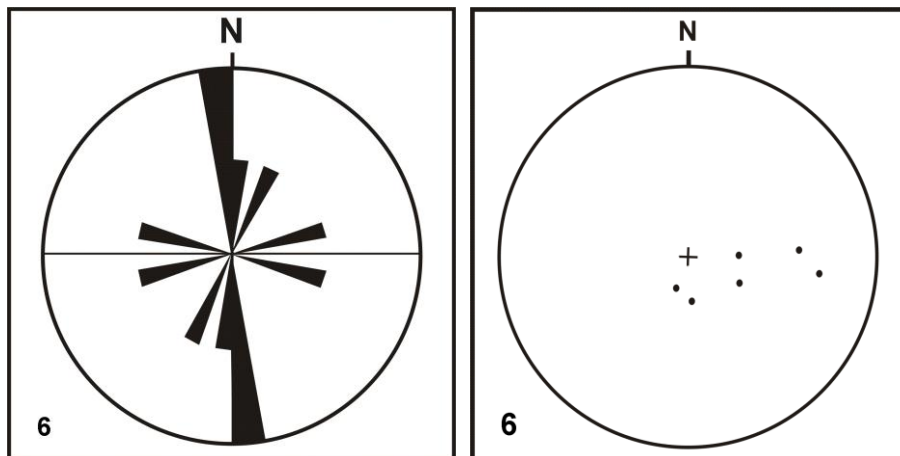
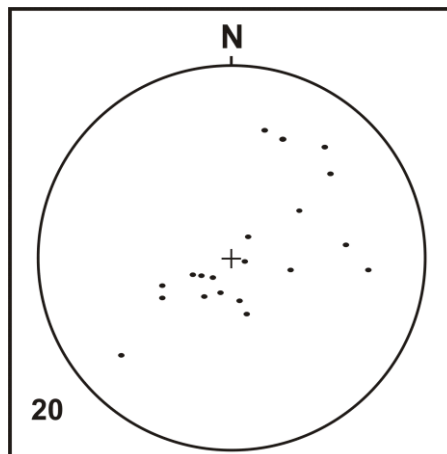


Figura 21 – Comportamento dos pólos gerados a partir da foliação descrita em granitóides, com pólos no quadrante NE dispersos, com ângulos de mergulhos entre 40° e 70°; os pólos no quadrante SW são mais concentrados e possuem mergulhos entre 20° e 30°.



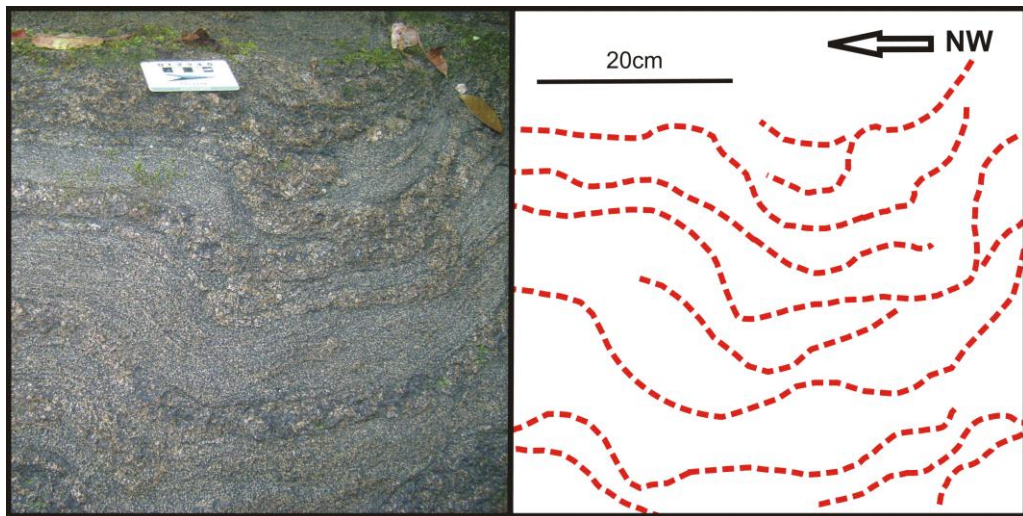
7.1.2 Dobras

As dobras são definidas como ondulação e por vezes gerando transposição de feições planares (foliações), foram observadas na área em meso e macro escala.

Em escala de afloramento (meso escala) foram caracterizadas dobras intrafoliais e dobras de arrasto.

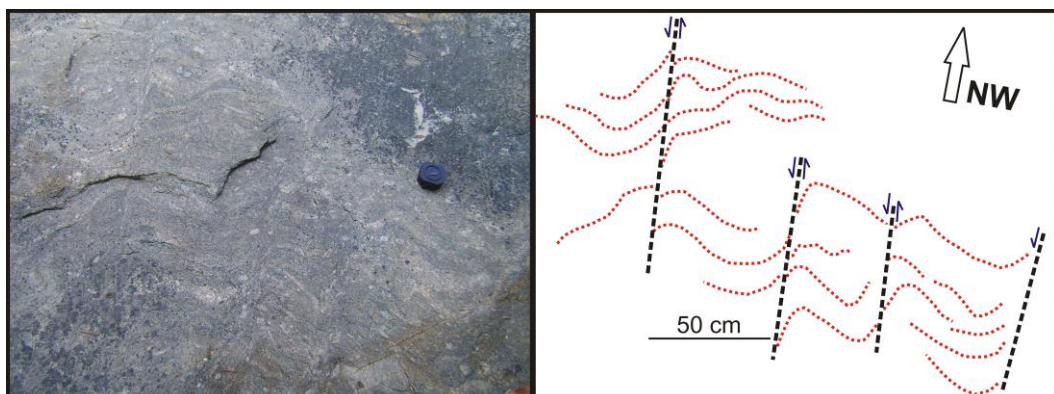
As **dobras intrafoliais** são mais comuns, variando de centimétricas a decimétricas, com cinemática dextral e sinistral, desenhadas em bandamento gnáissico e em granitos (Figura 22).

Figura 22 – Dobras intrafoliais descritas no ponto MC-163, observadas em gnaisses, com cinemática dextral.



As **dobras de arrasto** são encontradas em bandamento gnáissico, como resultado de deformação dúctil heterogênea, causada pela formação de bandas de cisalhamento, com deslocamento sinistral, e inflexões das estruturas primárias (bandamento). As bandas de cisalhamento encontram-se orientadas segundo o *trend* 315°Az , os eixos das dobras apresentam mergulhos rasos, com ângulos em média de 15° , e orientação no quadrante NW (Figura 23).

Figura 23 – Dobras de arrasto em gnaisses, causadas por deformação dúctil heterogênea, pela atuação de bandas de cisalhamento de orientação preferencial 315°az , (ponto MC-182).



Com a intenção de avaliar o comportamento geral das estruturas dobradas (macro escala), gerou-se guirlandas baseadas nos diagramas de concentração de pólos dos bandamentos gnáissicos e das foliações presentes em granitóides.

Nos diagramas de pólos para o bandamento gnáissico, pode-se observar dobras assimétricas, com eixos orientados na direção NNW, com caimento raso de 20° , ambos os flancos mergulham para o quadrante WSW, com ângulos médios de 30° e altos de 65° , classificadas como dobras plano-cilíndricas com forte inclinação do plano axial (Figura 24).

A partir das foliações em granitos, observa-se a presença de dobras assimétricas, com eixo na direção NW com caimento sub-horizontais por volta de 10° , e flancos com mergulhos altos, em média 70° no sentido SW, e mergulhos médios por volta de 30° , no sentido NE, classificadas como plano-cilíndricas com plano axial levemente inclinado (Figura 25).

Figura 24 – Guirlanda gerada a partir do diagrama de pólos, descrevendo dobras flexurais presentes em gnaisses, ao lado modelo esquemático ilustrando o comportamento geral dessas dobras.

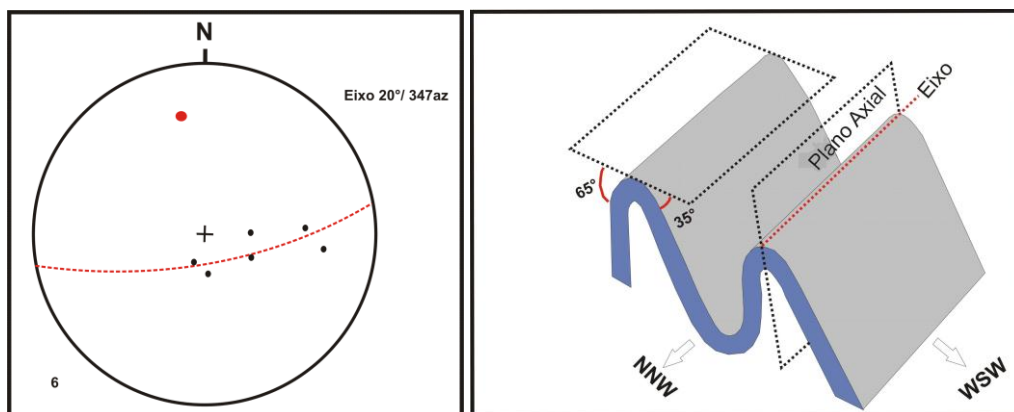
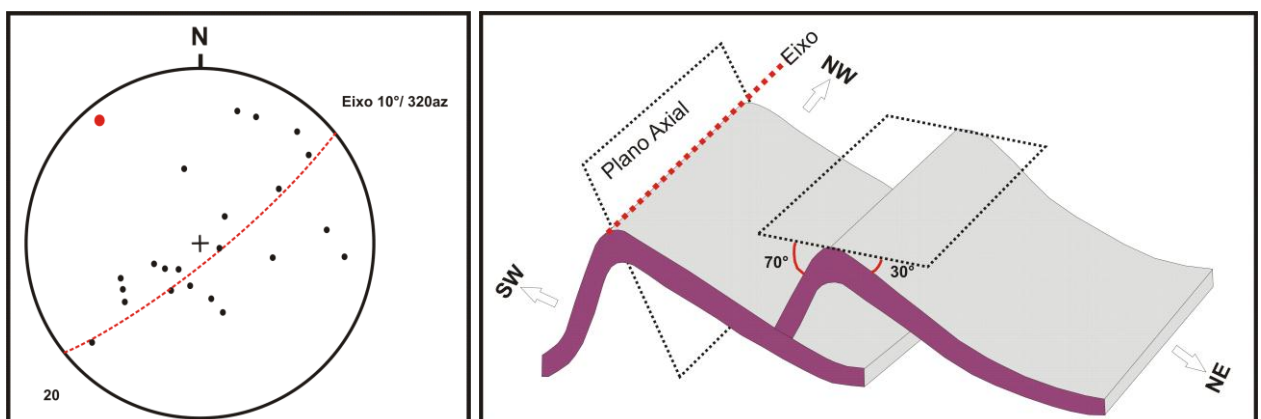


Figura 25 – Guirlanda gerada com base nos pólos da foliação presente em granitóides, desenhando dobras assimétricas, ilustradas na figura ao lado.



7.1.3 Falhas e Fraturas

A partir da análise de produtos de sensoriamento remoto, e em trabalhos anteriores foi proposta a existencia de uma zona de cisalhamento rúptil-dútil orientada NW-SE, com direção preferencial 120° a 140° Az, e mergulhos altos no sentido NE (TERRACONSULT, 1986; NOGUEIRA, 2000).

Em campo foram registrados na área de estudo espelhos de falha, com mergulho no sentido NE com ângulo 65° (Figura 26), os indicadores cinemáticos são representados por estiramento mineral de orientação preferencial 45° Az e *slinckensides*, no sentido 325° Az (Figura 27).

As fraturas observadas são contínuas e irregulares, com escalas centimétricas a métricas, presentes em todos os litotipos da área, por vezes preenchidas em veios e vênulas. A orientação preferencial é na direção 160° Az e em menor freqüência na direção E-W (Figura 28).

Figura 26 – Planos de falhas em meso-escala, e diagrama de roseta indicando o *trend* principal dos planos na direção NW-SE.

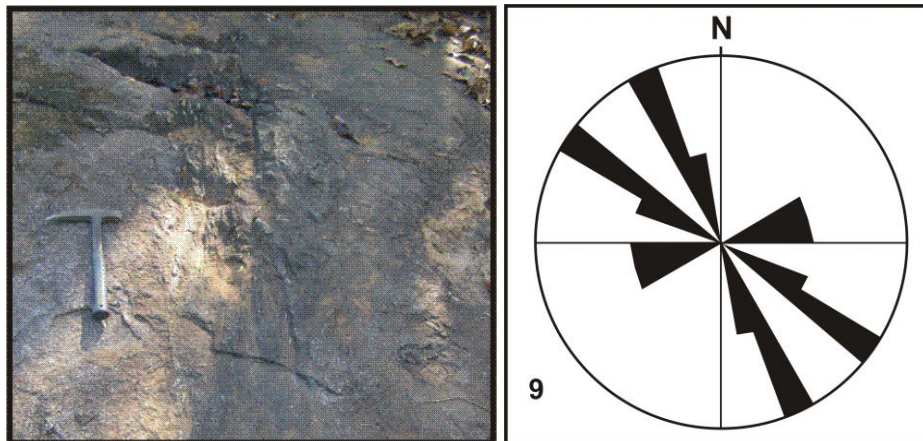


Figura 27 – Bloco esquemático ilustrando a relação entre os planos de falhas de orientação NW-SE e *slinckensides*, formando *rakes* de 28° , e disposição das falhas, neste contexto.

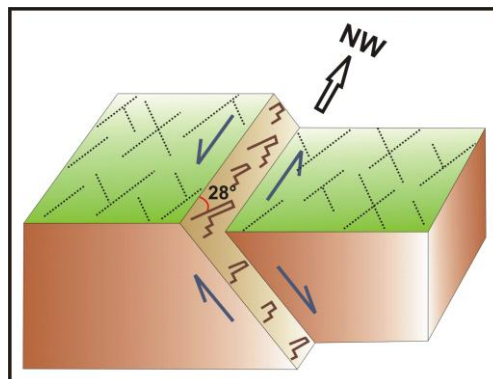
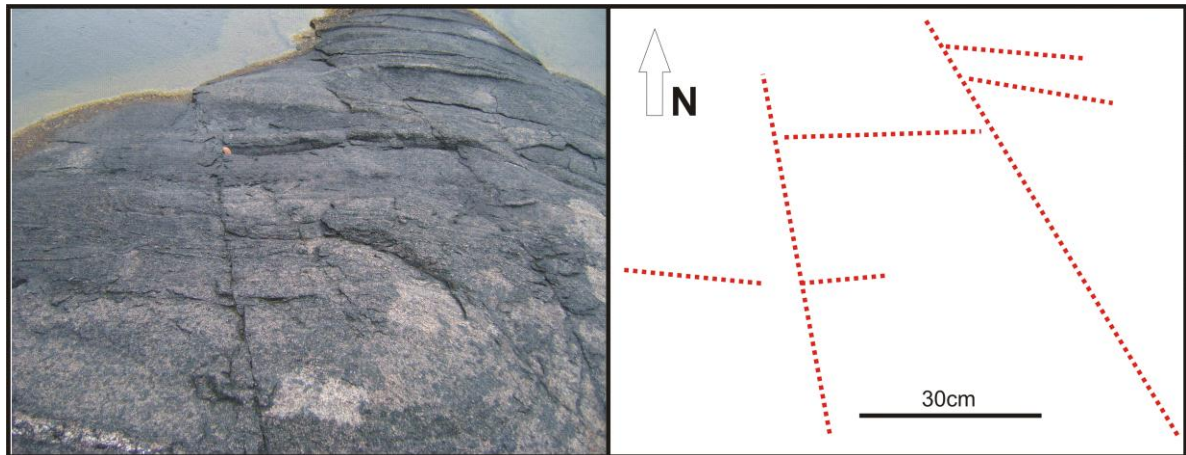


Figura 28 – Fraturas observadas em afloramento de rocha granítica (MC-145), e ilustração com os planos de orientação 160°Az e E-W.

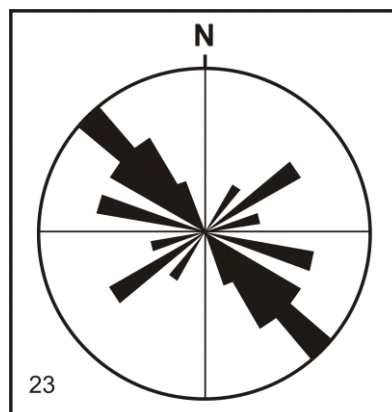


7.1.4 Veios

Os veios são de composição predominante quartzo feldspática, encaixados em falhas e fraturas. São comuns na área e de grande importância pois encontram-se associados a concentração supergenética de AU, na forma de partículas muito finas (de 67 a 75 μ m) com teores variáveis de 0,05 a 3,49g/t (CPRM, 2004).

A espessura varia desde centimétrica a decimétrica e são multidirecionais, porém durante a pesquisa de campo pode-se observar uma orientação preferencial nos *trends* 310° a 320° Az, em menor proporção observa-se orientação 50° a 60°Az, sendo muito frequente interseções entre os veios das mais diversas orientações (Figura 29).

Figura 29 – Roseta indicando o *trend* NW-SE dos veios quartzo feldspáticos, observados em rochas graníticas.



7.1.5 Diques

Os diques da área são de grande expressão, de espessuras métricas, e comprimento de dezenas de metros (Figura 30), destacado no relevo por ressaltos de cristas continua, são formados por diabásio, de orientação preferencial N-S e NNW-SSE.

7.2 INTERPRETAÇÕES ESTRUTURAIS

O bandamento gnáissico com *trend* próximo a E-W e mergulhos baixos, com fraca deformação, corresponde provavelmente à estrutura primária, e o bandamento que se apresentaram deformados com mergulhos altos, foram afetados por cisalhamento simples com rotação para NE-SW e NNW-SSE.

O bandamento do gnaisse coincide com a orientação preferencial das foliações em granitóides (NW-SE), sugerindo contemporaneidade.

As dobras de arrasto observadas também nos gnaisses representam a atuação de eventos tardios, com o desenvolvimento de bandas cisalhantes orientadas NW-SE.

Indicadores cinemáticos (dobras de arrasto, dobras intrafoliais e baixos *rakes*), indicam a atuação de cisalhamento simples, de movimentação sinistral, confirmando a presença da zona de cisalhamento.

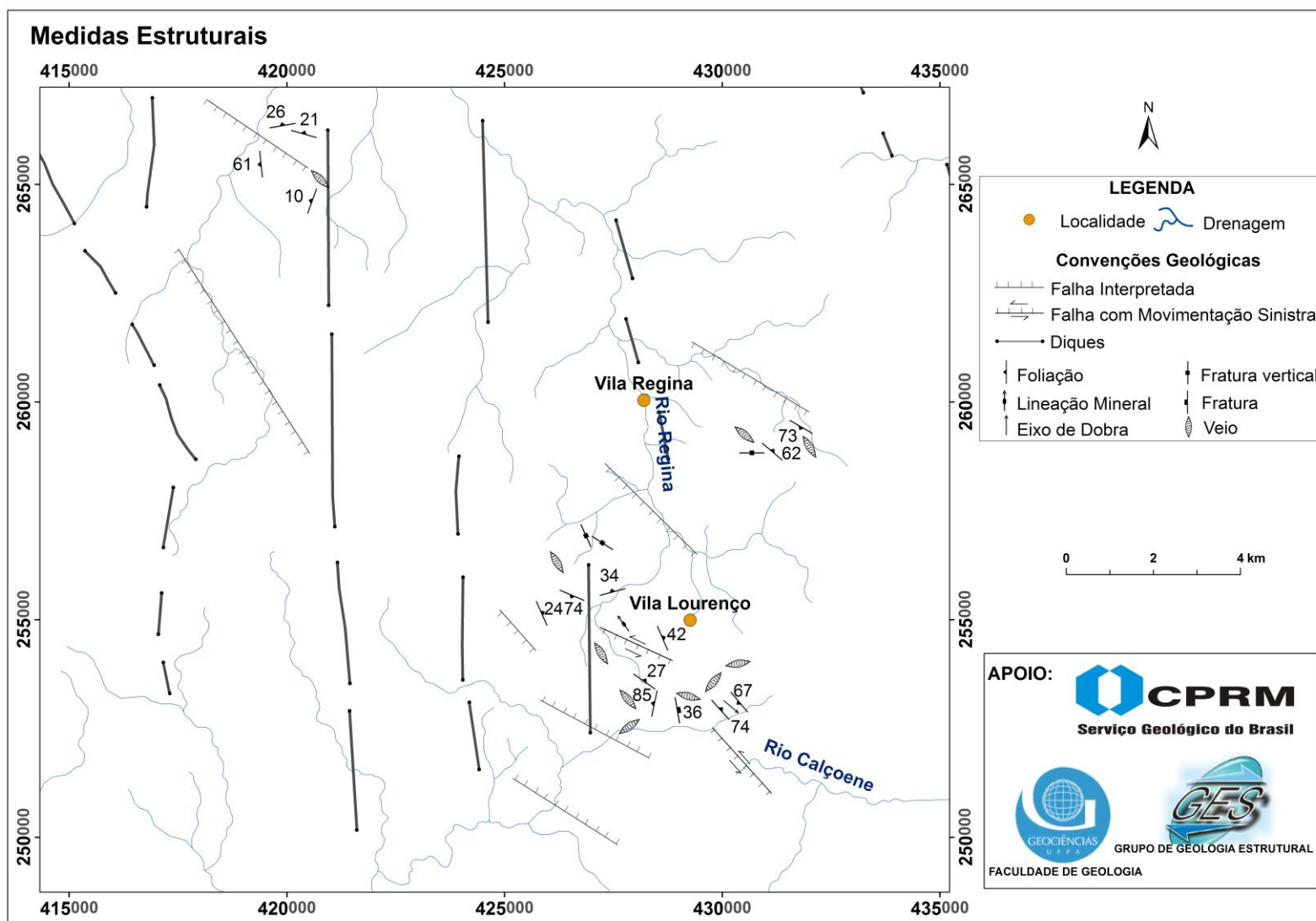
As rochas foram submetidas à fraturamento e cisalhamento de orientação NW-SE, que teve influencia nos contatos tectônicos entre gnaisses e anfibolitos com granitos.

As falhas observadas em escala de afloramento associadas à *slinkensides* com *rake* de 28°, sugere cinemática do tipo transcorrente, sinistral, descrevendo desta forma movimentação transtensiva.

Os veios são multidirecionais porém são mais representativos na direção NW-SE, devido a maior recorrência de falhas e fraturas nesta orientação, eles são também mais espessos e apresentam maior concentração de Au nesta direção, sendo os mais procurados para exploração.

Os diques estão associados a eventos mais recentes provavelmente do Permo-Triássico e por vezes causam deformação das foliações próximas a eles.

Figura 30 – Mapa ilustrando a disposição das principais medidas estruturais coletadas em campo.

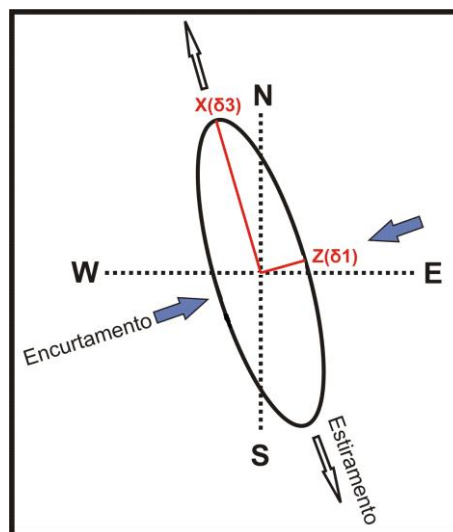


Baseado nos dados estruturais apresentados foram localizados os eixos principais de encurtamento e estiramento, tornou-se então possível o posicionamento dos elipsóides de deformação e tensão.

Paralelamente a orientação preferencial das estruturas planares (foliação e falha), no trend NW-SE, foi localizado o eixo de maior deformação X e o eixo de menor tensão δ^3 ; perpendicular aos flancos de dobras, localizou-se o eixo de menor deformação Z e o de maior tensão, (Figura 31).

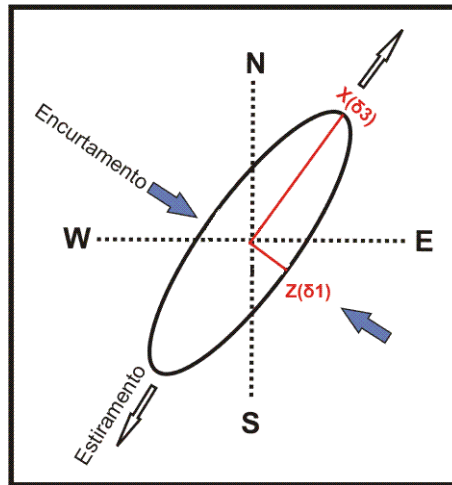
Este elipsóide proposto ilustra a ação do Evento Transamazônico na área, datado do paleoproterozóico, associados a movimentos compressivos entre os Blocos Imataca e Oiapoque na formação da Província Maroni-Itacaiúnas, (TASSINARI; MACAMBIRA, 2004).

Figura 31 – Elipsóide de deformação e tensão proposto para a área, ilustrando a localização dos eixos de encurtamento e estiramento atuantes durante o Evento Transamazônico (2,18 -2,13 Ga).



Considerando a evolução tectônica descrita por Tassinari e Macambira (2004) para a Província Maroni-Itacaiúnas, que descreve a mudança na cinemática compressiva para cinemática transcorrente (2,11-2,08 Ga), e devido à grande quantidade de lineamentos estruturais e inflexões descritas na área com orientação NE-SW, foi proposto um segundo elipsóide, referente a essas mudanças, com eixo de estiramento NE-SW e o eixo de encurtamento NW-SE (Figura 32).

Figura 32 – Elipsóide ilustrando a evolução cinemática de compressiva para transcorrente, ocorrida durante o Evento Transamazônico (2,11- 2,08 Ga), responsável pelas estruturas planares orientadas segundo o *trend* NE-SW.



8 CONCLUSÃO

Os litotipos descritos são classificados em dois grupos: gnaisses migmatizados, granitos (Tonalitos e Granodiorito) e monzogranitos inseridos no Complexo Guianense descrito por Veiga et al. (1885), como o embasamento paleoproterozóico, em parte remobilizado; e diques de diabásio, do Evento Cassiporé (Permo-Triássico).

A origem das rochas está associada a evolução da Província Maroni-Itacaiúnas descrita por Tassinari e Macambira (2004), marcada por movimentos tectônicos convergentes (2,18 – 2,13 Ga) com a formação de arcos de ilhas e magmatismo predominantemente Tonalítico (TTG), associados a sequências migmatizadas. Uma segunda fase de produção de magmas de composição granítica ocorre por volta de 2,11- 2,08 Ga, associado a retrabalhamento crustal e evolução cinemática para cisalhamento sinistral.

O *trend* principal das rochas expostas é NW-SE, gerado a partir de estruturas planares decorrentes de movimentos convergentes entre os blocos Maecuru e Oiapoque, que orientaram também o soerguimento da Serra Lombarda presente na área de estudo, no mesmo *trend* estrutural.

A zona de cisalhamento que corta a área de NW para SE, marcada por falhas com direção NW-SE, com movimentos transcorrentes oblíquos sinistrais, sendo associada à evolução tectônica da Província Maroni-Itacaiúnas com mudança de cinemática convergente para transcorrente, que imprime na área lineamentos e inflexões no sentido NE-SW.

Os veios com maior ocorrência de Au primário presentes nas rochas nesse contexto encontram-se encaixados nos planos NW-SE, o que indica remobilização tardia pela evolução da zona de cisalhamento.

As rochas básicas aflorantes na área marcam o evento magmático do Permo-Triássico, descritas em diques de diabásio, de espessuras métricas e orientados predominantemente na direção N-S, denominados diques máficos Cassiporé.

REFERÊNCIAS

- ABISSINOQUEIRA, S. A.; BETTENCOURT, J. S.; TASSINARI, C. C. G. Geochronology of the Granitoid Hosted Salamangone Gold Deposit Lourenço District Amapá, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v.30, n.2, p. 261-264, jun. 2000.
- AMARAL, G. *Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica*. 1974. 212 f. Tese (Livre Docência) - Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 1974.
- AVELAR, V. G.; LAFON, J. M.; DELOR, C.; GUERROT, C.; LAHONDÈRE, D. Archean crustal remnants in the easternmost part of the Guiana Shield: Pb-Pb and Sm-Nd geochronological evidence for Mesoarchean versus Neoarchean signatures. *Géologie de la France*, n.2-3-4, p. 83-100. 2003.
- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. .M.; GONÇALVES, J. H. *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG*. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003.
- CORDANI, U. G.; TASSINARI, C. O.; TEXEIRA, W.; BASEI, M. A. S.; KAWASHITA, K. Evolução tectônica da Amazônia com base em dados geocronológicos. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, v.2, Chile, *Actas*, p. 137-148. 1979.
- CORDANI, U. G.; BRITO NEVES, B. B. The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic. *Revista Brasileira de Geociências*, v.12, n.3, p. 78-88. 1982.
- CORDANI, U. G.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A.; CUNHA, F. M. B. *Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras*. Rio de Janeiro: Petrobras, Série Ciência Técnica Petróleo: exploração de petróleo, 1984. p. 15-70.
- COSTA, J. B. S.; HASUI, Y. Evolução geológica da Amazônia. In: COSTA, M. L.; ANGÉLICA, R. S. (Ed.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. Belém: SBG, 1997. p. 15-90.
- DELOR, C.; LAHONDÈRE, D.; EGAL, E.; LAFON, J. M.; COCHERIE, A.; GUERROT, C.; ROSSI, P.; TRUFERT, C.; THEVENIAUT, H.; PHILLIPS, D.; AVELAR, V. G. Transamazonian crustal growth and reworking as revealed by the 1:500,000-scale geological map of French Guiana (2nd edition). *Géologie de la France*, n.2-3-4, p. 5-57. 2003a.
- GIBBS, A. K.; BARRON, C. N. The Guiana Shield revisited. *Episodes*, v.2, p. 7-14. 1983.
- JOÃO, X. S. J.; FRIZZO, S. J.; MARINHO, P. A. C.; CARVALHO, J. M. A.; SILVA NETO, C. S.; SOUSA, A. N.; GUIMARÃES, L. R. *Projeto Sudoeste do Amapá*. Belém: DNPM/CPRM, 1978. v.1-A, 224 p. (Relatório Final).

HASUI, Y.; HARALAY, N. L. E.; SCHOBENHAUS, C. Elementos geofísicos e geológicos da Região Amazônica: subsídios para o modelo geotectônico. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, SBG, Manaus, *Anais*, p. 129-141. 1984.

HASUI, Y. ; ALMEIDA, F. F. M. The central Brazil shield reviewed. *Episodes*, v.8, n.1, p. 29-37. 1985.

KLEIN, E. L.; ROSA-COSTA, L. T.; LAFON, J. M. Magmatismo Paleoarqueano (3,32 Ga) na região do rio Cupixi, SE do Amapá, SE do Escudo das Guianas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 8, SBG, Manaus, *Resumos expandidos*, CD-ROM. 2003.

LEDRU, P.; COSTA, S.; ECHTLER, H. The Massif Central: structure. In: KEPPIE, J. D. (Ed.). *Pre-Mesozoic geology in France and related areas*. Berlin: Springer, 1994b. p 305-323.

LIMA, M. I. C.; MONTALVAO, R. M. G.; ISSLER, R. S.; OLIVEIRA, A. S.; BASEI, M. A. S.; ARAUJO, J. F. V.; SILVA, G. C. Geologia. In: *PROJETO RADAM. Folha NA/NB 22 Macapa*. Rio de Janeiro:CPRM, 1974. 120p. (Levantamentos de Recursos Naturais, 6).

LIMA, M. I. C.; BEZERRA, P. E. L.; ARAÚJO, H. J. T. Sistematização da geologia do estado do Amapá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, SBG, Belém, *Anais*, p. 322-335. 1991.

MACAMBIRA, M. J. B.; SILVA, D. C.; VASQUEZ, M. L.; BARROS, C. E. M. Investigação do limite Arqueano-Paleoproterozóico ao norte da Província de Crajás, Amazônia Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, SBG, Araxá. *Resumos*, 2004. 1 CD ROM.

MCREATH, I.; FARACO, M. T. L. Paleoproterozoic Greenstone-Granite Belts in Northern Brazil and the Former Guyana Shield - West African Craton Province. *Revista do Instituto de Geociências, Série Científica*, Universidade de São Paulo, Instituto de Geologia. São Paulo, v.5, n.2, p. 49-63, mar. 2006.

NOGUEIRA, S. A. A.; BETTENCOURT, J. S.; TASSINARI, C. C. G. Geochronology of the Salamangone gold deposit host-rocks, Lourenço district, Amapá, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v.30, p. 261-264. 2000.

OLIVEIRA, E. C.; LAFON, J. M.; GIOIA, S. M. C. L.; PIMENTEL, M. M. Datação Sm-Nd em rocha total e granada do metamorfismo granulítico da região de Tartarugal Grande, Amapá Central. *Revista Brasileira de Geociências*, v.38, n.1, p. 114-127, mar. 2008.

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

PIMENTEL, M. M.; SPIER, C. A.; FERREIRA FILHO, C. F. Estudo Sm-Nd do Complexo Máfico-Ultramáfico Bacuri, Amapá: idade da intrusão, metamorfismo e natureza do magma original. *Revista Brasileira de Geociências*, v.32, n.3, set. 2002.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. *Para entender a terra*. Tradução: Rualdo Menegat, 4ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.

ROSA-COSTA, L. T.; LAFON, J. M.; DELOR, C. Zircon geochronology and Sm-Nd isotopic study: further constraints for the Archean and Paleoproterozoic geodynamic evolution of the Southeastern Guiana Shield, north of Brazil. *Gondwana Resumes*. 2006.

RICCI, P. S. F. Mineralogically bizarre charnockitoids of the Bacajá High-Grade Block (Pará): discharnockitized and reemplaced plutons mistakenly confused with granitoids crystallized at shallower crustal levels. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9, 2006, Belém. *Resumos expandidos*, Belém: SBG, 2006a. 1 CD ROM.

RICCI, P. S. F. Unprecedented recognition of jotunitic-mangeritic orogenic bodies from the low course of the Iri River to Tucuruí Lake (Pará): implications for the Bacajá High-Grade Block boundaries. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9, 2006, Belém. *Resumos expandidos*. Belém: SBG, 2006b. 1 CD ROM.

SANTOS, M. V.; SOUZA FILHO, E. E.; TASSINARI, C. C. G.; TEIXEIRA, W.; RIBEIRO, A. C. O.; PAYOLLA, B. L.; VASCONI, A. V. Litoestratigrafia das rochas précambrianas na bacia do médio Rio Xingu – Altamira-PA. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 7, 1988, Belém. *Anais*. Belém: SBG, 1988. v.1, p.363-377.

SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; MCNAUGHTON, N. J.; FLECHER, I. R. New understanding of the Amazon Craton provinces, based on field work and radiogenic isotope data. *Gondwana Research*, v.3, p. 453-488. 2000.

SANTOS, J. O. S. Geotectônica dos Escudos da Guiana e Brasil Central. In: BIZZI, L. A., SCHOBENHAUS, C., VIDOTTI, R. M., GONÇALVES, J. H. (eds.) *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Texto, mapas e SIG*. Brasília: CPRM, 2003. p. 169-226.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. *Geologia do Brasil - Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área Oceânica Adjacente incluindo depósitos minerais. Escala 1:2.500.000*. Brasília : Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), 1984.

SILVEIRA, O. F. M. *A Planície costeira do Amapá: dinâmica de ambiente costeiro influenciada por grandes fontes fluviais quaternárias*. 1998. 215 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém. 1998.

SOARES, P. C; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícias Geomorfológicas*, v.6, n.32, p.71-104, Campinas. 1976.

TASSINARI, C. C. G. *O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos*. 1996. 139 f. Tese (Livre Docência) - Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo. 1996.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, v.22, p. 174-182. 1999.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, Araxá. *Anais*. Araxá: SBG , 2004. p. 471-485.

TASSINARI, C. C. G.; BETTENCOURT, J. S.; GERALDES, M. C.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON, J.M. The Amazonian Craton. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; FILHO, A.T.; CAMPOS, D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro. 2000. p. 41-95.

TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C. C. G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. A review of the geochronological of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Research*, v. 42, p. 213-227. 1989.

TERRACONSULT, A. G. *Mineração Novo Astro S.A. Amapá Exploration Project*. 1986. (Final Report)

TWISS, R.J.; MOORES, E.M. *Structural Geology*. New York: Freeman & Company, 1992. 532 p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO (UERJ). Departamento de Geologia Regional e Geotectônica. *Geologia estrutural*. Disponível em: <<http://www.fgel.uerj.br/dgrg/webdgrg/disciplinas>>. Acesso em 20 de Março de 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). Curso de Graduação em Geologia. *Textos Didáticos – geologia estrutural*. Disponível em: <<http://www.geologia.ufpr.br/graduacao/gradtextos.php>>. Acesso em 20 de Março de 2012.

VANDERHAEGHE, O.; LEDRU, P.; THIÉBLEMONT, D.; EGAL, E.; COCHERIE, A.; TEGYEY, M.; MILESI, J-P. Contrasting mechanism of crustal growth: geodynamic evolution of the Paleoproterozoic granite-greenstone belts of French Guiana. *Precambrian Research*, v. 92, p. 165-193. 1998.

VASQUEZ, M. L. *Geocronologia em zircão, monazita e granada e isótopos de Nd das associações litológicas da porção oeste do Domínio Bacajá: evolução crustal da porção meridional da Província Maroni-Itacaiúnas – sudeste do Cráton Amazônico*. 2006. 212 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2006.

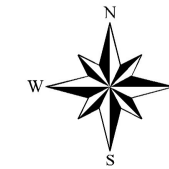
VEIGA, A. T. C.; BRAIT FILHO, L.; OLIVEIRA, C. A. C. Geologia da Província Aurífera de Cassiporé - Amapá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, 1985, Belém. *Anais...* Belém: SBG, 1985. p. 135-146.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. dos. *Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicação em geologia*. INPE-2227-MD/014, São José dos Campos, p. 14. 1982.

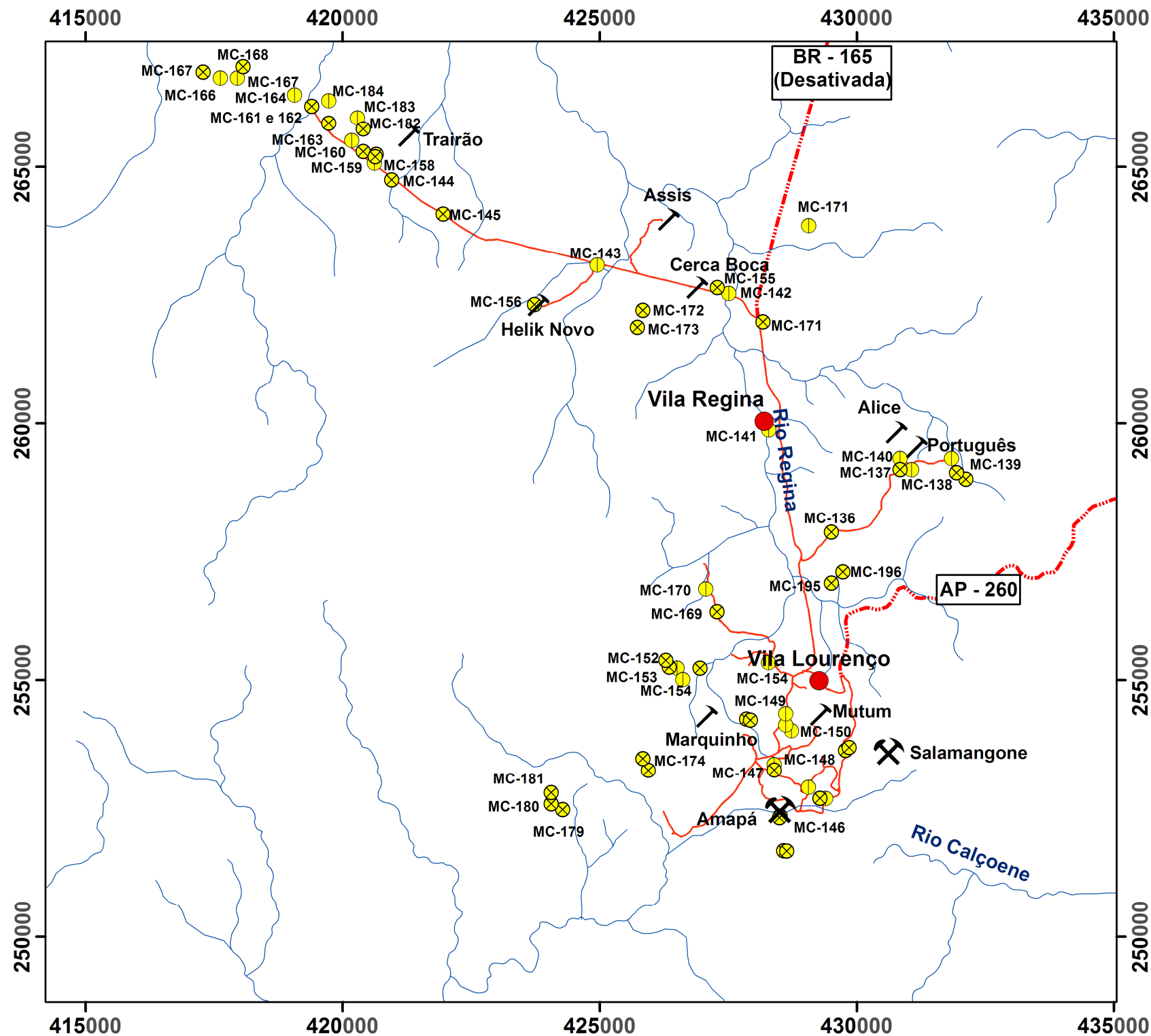
ANEXOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA

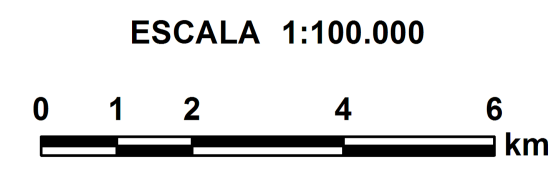


ANEXO A - MAPA DE PONTOS



LEGENDA

- Pontos Descritos e Amostrados
- Pontos Descritos
- Localidades
- Mina ativa
- Garimpo Ativo
- Drenagem
- Estradas Vicinais
- Rodovias sem Pavimentação



Autora: Erika Carla de Avelar Lobato
Orientador: Roberto Vizeu Lima Pinheiro
Elaborado em 05 de Outubro de 2012.

APOIO:

FACULDADE DE GEOLOGIA

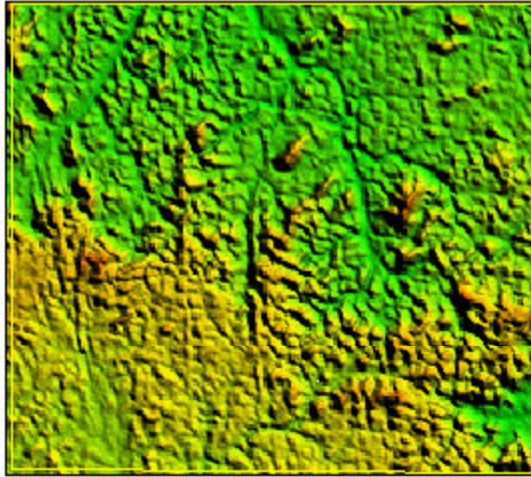
CPRM
Serviço Geológico do Brasil

GRUPO DE GEOLOGIA ESTRUTURAL

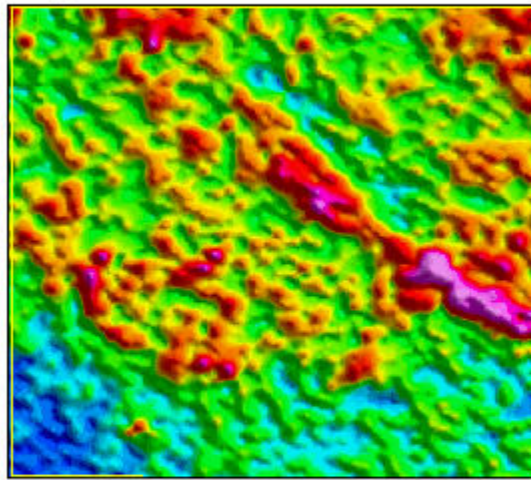
SAR - Sipam



SR TM



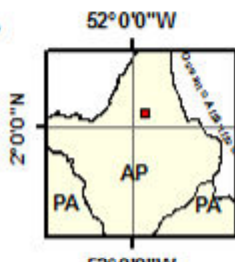
Magnetometria



ESCALA 1: 300.000

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

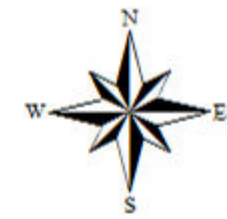
NA.22-V-A	NA.22-V-B	NA.22-X-A
NA.22-V-C	LOURENÇO NA.22-V-D	NA.22-X-C
NA.22-Y-A	NA.22-Y-B	NA.22-Z-A



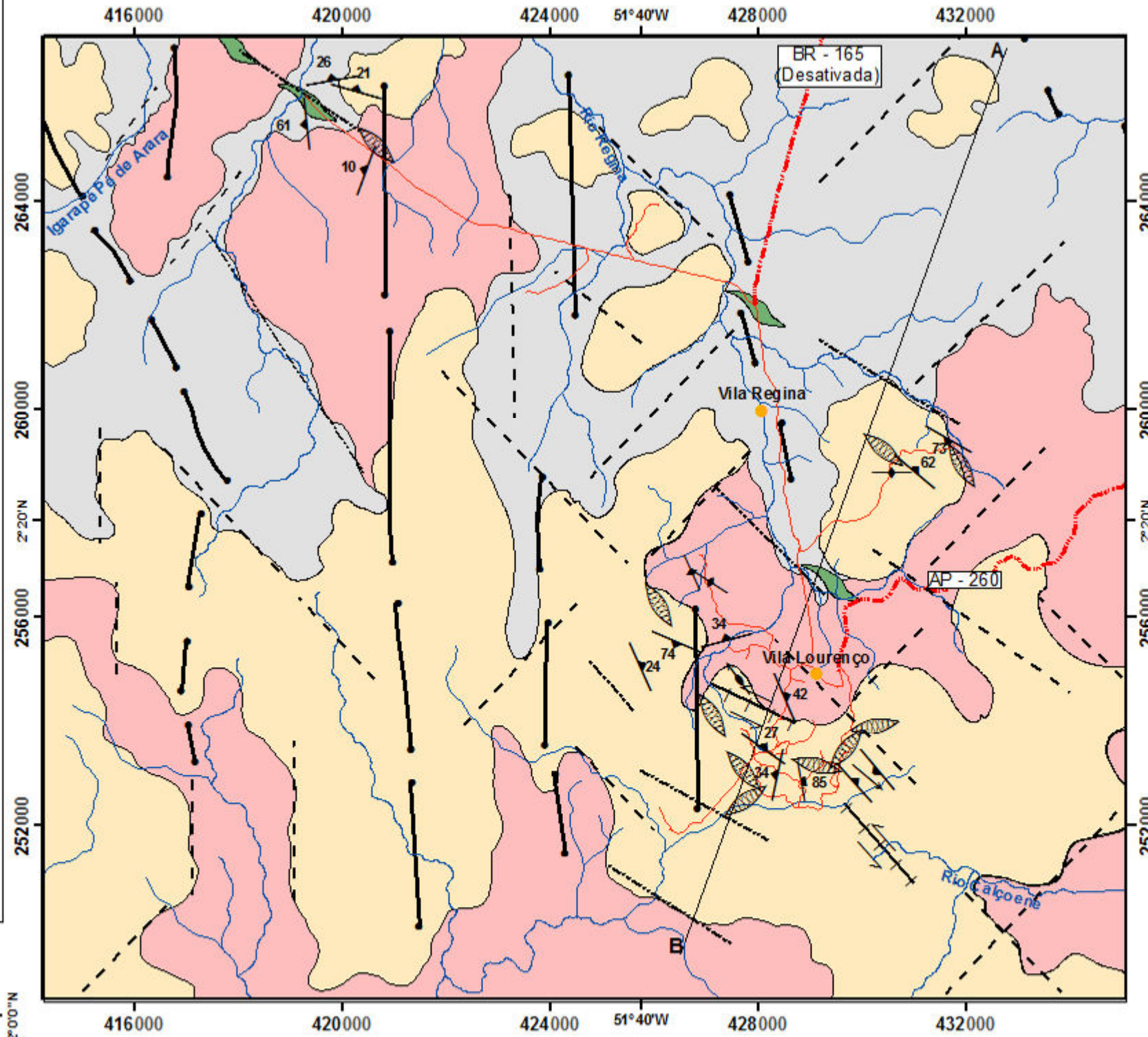
APOIO:



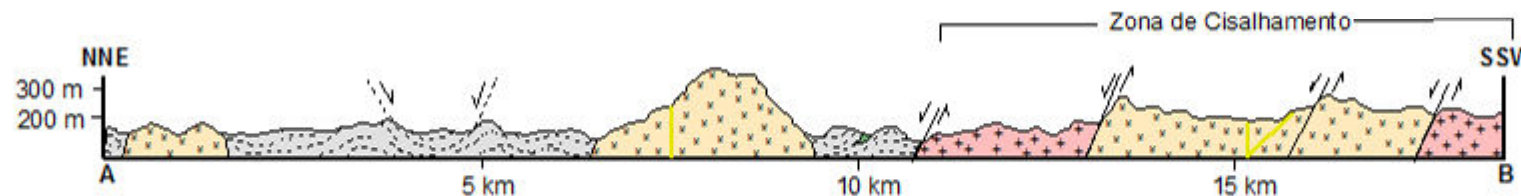
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA



ANEXO B - MAPA GEOLÓGICO



Seção Geológica A - B



LITOLOGIAS

COMPLEXO GUIANENSE

- Gnaisses Migmatizados
- Anfibolito
- Granodiorito e Tonalitos
- Monzogranito

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Perfis
- Diques
- Falha ou Fratura
- Falha Sinistral
- Lineamentos Interpretados
- Foliação
- Foliação Vertical
- Lineação Mineral
- Eixo de Dobra
- Fraturas
- Veios

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Localidades
- Estradas Vicinais
- Rodovias sem Pavimentação
- Drenagem Principal

ESCALA 1:100.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem da quilometragem UTM: equador e Meridiano Central -39° W
acrescidas as constantes: 10.000Km e 500Km, respectivamente.
Datum horizontal: WGS84
Declinação magnética do centro da folha em 1969: 2023'W
Cresce 5,6' anualmente

Elaborado em Maio de 2012.
Autora: Erika Carla de Avelar Lobato
Orientador Prof. Dr. Roberto Vizeu Lima Pinheiro.
Produto final do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Pará, para a obtenção do grau de Bacharel em Geologia.