

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

**CARACTERIZAÇÃO TECTONO-ESTRUTURAL DO LINEAMENTO GUAPIARA  
NA REGIÃO DE FARTURA–SP PARA ANALOGIA COM SISTEMAS  
PETROLÍFEROS DA BACIA DO PARANÁ**

Renata Silva Martins

Orientador: Prof. Dr. George Luiz Luvizotto

Coorientador: Geol. Dr. Iata Anderson de Souza

Rio Claro–SP

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas Câmpus de Rio Claro

Renata Silva Martins

CARACTERIZAÇÃO TECTONO-ESTRUTURAL DO  
LINEAMENTO GUAPIARA NA REGIÃO DE FARTURA-SP  
PARA ANALOGIA COM SISTEMAS PETROLÍFEROS DA BACIA  
DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus  
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Geóloga.

Rio Claro-SP

2024

M386c	<p>Martins, Renata Silva</p> <p>Caracterização Tectono-estrutural do Lineamento Guapiara na região de Fartura-SP para analogia com sistemas petrolíferos da Bacia do Paraná / Renata Silva Martins. -- Rio Claro, 2024</p> <p>105 p. : tabs., mapas</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro</p> <p>Orientador: George Luiz Luvizotto</p> <p>Coorientador: Iata Anderson de Souza</p> <p>1. Lineamento Guapiara. 2. Bacia do Paraná. 3. Geologia Estrutural. I. Título.</p>
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

RENATA SILVA MARTINS

CARACTERIZAÇÃO TECTONO-ESTRUTURAL DO  
LINEAMENTO GUAPIARA NA REGIÃO DE FARTURA–SP  
PARA ANALOGIA COM SISTEMAS PETROLÍFEROS DA BACIA  
DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus  
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Geóloga.

**Comissão Examinadora**

Geol. Dr. Iata Anderson de Souza (coorientador)

Prof. Dr. Adilson Viana Soares Jr.

Geol. Me. Saul Hartmann Riffel

Rio Claro, 27 de junho de 2024.

Assinatura da aluna

Assinatura do orientador

Assinatura do coorientador

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Maria e Renaldo, sou imensamente grata por todo apoio e por sempre acreditar em mim, sem seu esforço e sacrifício nunca teria chegado onde estou. À minha irmã, Gabriela, agradeço pelo carinho e conselhos que foram fundamentais ao longo da graduação.

Agradeço ao Dr. Iata Anderson de Souza pelos ensinamentos valiosos, paciência e dedicação durante este trabalho e em todas as fases dessa jornada. Agradeço ao Me. Saul Hartmann Riffel, pela assistência e orientação no campo, ao Prof. Dr. Norberto Morales pelas sugestões que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho e à Ma. Nayara de Macedo dos Santos pela ajuda com o programa Win-Tensor. Ao Prof. Dr. George Luiz Luvizotto, agradeço pela orientação acadêmica.

Às minhas amigas e colegas da República Sinta Liga, agradeço por todo companheirismo e momentos especiais compartilhados ao longo desses anos. Em especial à Ana Flávia, Ariane, Beatriz, Flávia e Nicolli, pela parceria e cumplicidade.

Agradeço à UNESPetro – Centro de Ciências Naturais Aplicadas, pelo suporte e recursos tecnológicos oferecidos para a elaboração desse trabalho. Aos funcionários da UNESPetro, em especial à Márcia, pela hospitalidade.

A todos os professores e professoras que contribuíram para a minha formação como Geóloga, obrigada por todo conhecimento e experiências compartilhadas. Aos funcionários da UNESP, pelo suporte administrativo e logístico e o comprometimento em manter a qualidade de ensino da universidade.

Ao PRH 40.1 - Programa de Geociências Aplicadas ao Setor de Petróleo & Gás da UNESP - Rio Claro e ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis agradeço pelo suporte financeiro durante este período. Por fim, a todos os docentes e responsáveis pelos cursos de aprimoramento do PRH 40.1, agradeço pelas contribuições e conhecimento compartilhado.

## RESUMO

O Lineamento Guapiara é uma feição morfoestrutural, localizada no limite norte do Arco de Ponta Grossa, caracterizado por expressivos enxames de diques e intenso fraturamento marcado na direção NW-SE. O presente estudo busca contribuir para a interpretação geológica-estrutural e avançar o conhecimento a respeito da deformação do Lineamento Guapiara na região de Fartura-SP. Para isso, foram integrados dados obtidos pela extração de lineamentos de relevo e drenagem em mapas temáticos e de lineamentos magnéticos em mapas de métodos potenciais, com dados de falhas e juntas reconhecidas em atividades de campo. A análise dos lineamentos pelo geoprocessamento de imagens SRTM 30 m indicou o domínio das direções E-W, NW-SE e NE-SW. Os lineamentos de direção E-W e NW-SE foram os mais evidentes na região e apresentam relação com as orientações preferenciais dos lineamentos Paranapanema (E-W) e Guapiara (NW-SE). A orientação NE-SW acompanha a direção preferencial de antigas zonas de cisalhamento pré-cambrianas e, em alguns casos, evidenciam reativações cenozoicas. A interpretação dos dados gravimétricos e magnetométricos permitiram identificar as anomalias relacionadas aos Lineamentos Guapiara e o Paranapanema, onde foi possível reconhecer a influência dessas estruturas em níveis mais profundos. Nas atividades de campo, foram identificadas falhas normais e transcorrentes sinistrais com as famílias NE-SW, NW-SE e E-W, falhas transcorrentes dextrais NE-SW, NW-SE, E-W e N-S, e falhas inversas de direção NW-SE. A reconstrução dos eixos de paleotensões permitiu caracterizar 5 eventos tectônicos na área de estudo, sendo o evento 1 o mais antigo e os eventos 2, 3, 4 e 5, evidências de reativações: Evento 1 – distensão NE-SW, relacionado com o processo de abertura do Oceano Atlântico Sul, junto com a colocação dos diques básicos de direção NW-SE, no Cretáceo; Evento 2 – distensão NW-SE e compressão NE-SW, correlacionado com a reativação de antigas zonas de cisalhamento do embasamento pré-cambriano, entre o Eoceno-Oligoceno, associado a formação das bacias que compõem o Rifte Continental do Sudeste do Brasil; Evento 3 – distensão NNW-SSE e compressão ENE-WSW, que foram responsáveis pela geração e reativação de falhas transcorrentes dextrais NE-SW, observado nos diques de diabásio; Evento 4 – distensão E-W e compressão N-S, responsável pela reativação de falhas transcorrentes dextrais de direção NW-SE nos sedimentos paleozoicos da Bacia do Paraná e nos diques, assim como reativações de falhas normais NW-SE nas intrusivas básicas; Evento 5 – distensão NE-SW e compressão NW-SE, correlacionado com evento deformador do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, ocorrido entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno.

**Palavras-chave:** Lineamento Guapiara, Bacia do Paraná, Geologia Estrutural

## ABSTRACT

The Guapiara Lineament is a morphostructural feature located at the northern limit of the Ponta Grossa Arch, characterized by significant dike swarms and intense fracturing marked in the NW-SE direction. This study aims to contribute to the geological-structural interpretation and advance knowledge regarding the deformation of the Guapiara Lineament in the Fartura-SP region. For this purpose, data obtained from the extraction of relief and drainage lineaments on thematic maps and magnetic lineaments on potential field maps were integrated with fault and joint data recognized during field activities. The analysis of the lineaments through the geoprocessing of SRTM 30 m images indicated the dominance of E-W, NW-SE, and NE-SW directions. The E-W and NW-SE lineaments were the most evident in the region and are related to the preferential orientations of the Paranapanema (E-W) and Guapiara (NW-SE) lineaments. The NE-SW orientation follows the preferential direction of ancient Precambrian shear zones and, in some cases, indicates Cenozoic reactivations. The interpretation of gravimetric and magnetometric data allowed the identification of anomalies related to the Guapiara and Paranapanema Lineaments, where the influence of these structures at deeper levels was recognized. During field activities, normal and sinistral strike-slip faults with NE-SW, NW-SE, and E-W families, dextral strike-slip faults NE-SW, NW-SE, E-W, and N-S, and reverse faults in the NW-SE direction were identified. The reconstruction of paleostress axes allowed the characterization of 5 tectonic events in the study area, with event 1 being the oldest and events 2, 3, 4, and 5 showing evidence of reactivations: Event 1 – NE-SW extension, related to the opening of the South Atlantic Ocean, along with the emplacement of NW-SE trending basic dikes, in the Cretaceous; Event 2 – NW-SE extension and NE-SW compression, correlated with the reactivation of ancient Precambrian basement shear zones, between the Eocene-Oligocene, associated with the formation of the basins that make up the Southeastern Brazilian Continental Rift; Event 3 – NNW-SSE extension and ENE-WSW compression, responsible for the generation and reactivation of NE-SW dextral strike-slip faults, observed in the diabase dikes; Event 4 – E-W extension and N-S compression, responsible for the reactivation of NW-SE dextral strike-slip faults in the Paleozoic sediments of the Paraná Basin and in the dikes, as well as NW-SE normal fault reactivations in the basic intrusions; Event 5 – NE-SW extension and NW-SE compression, correlated with the deformational event of the Southeastern Brazilian Continental Rift, occurring between the Late Pleistocene and Holocene.

**Keywords:** Guapiara Lineament, Paraná Basin, Structural Geology

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa de localização da área e suas principais vias de acesso. ....	15
<b>Figura 2:</b> Exemplo das imagens SRTM 30 m utilizadas para extração dos lineamentos, onde A) é azimute de sombreamento de 45° e B) representa 90°. ....	18
<b>Figura 3:</b> Mapa com a localização dos pontos visitados durante o trabalho de campo. ....	20
<b>Figura 4:</b> Método dos diedros retos (Angelier & Mechler, 1977). A) Deformação ao redor de um plano de falha distribuída em campos distensivos (T) e compressivos (T), limitados por diedros retos, formados pela interseção do plano de falha (F) com um plano ortogonal à estria de falha, denominado plano auxiliar (A); B) Projeções estereográficas dos planos F e A, onde B é a interseção dos dois planos; C) Projeção estereográfica de falha normal e seu plano auxiliar, delimitando os campos T e P; D) Mesmo que o anterior, mas para uma falha direcional; E) Superposição das projeções representadas em C e D, mostrando áreas 100% compressivas, em cinza, 100% distensivas, pontilhadas, resultantes da coerência desses domínios em C e D, e áreas com 50% de cada, em branco, resultantes da superposição de domínios compressivos e distensivos. ....	22
<b>Figura 5:</b> Bacia do Paraná e suas principais sequências deposicionais e estruturas. ....	23
<b>Figura 6:</b> Carta estratigráfica da Bacia do Paraná. ....	25
<b>Figura 7:</b> Sistema de junção tríplice do Arco de Ponta Grossa. ....	27
<b>Figura 8:</b> Compartimentação tectono-estrutural do Arco de Ponta Grossa, com a representação dos lineamentos. ....	28
<b>Figura 9:</b> Mapa de lineamentos de relevo para o quadro regional. ....	32
<b>Figura 10:</b> Mapa de lineamentos de relevo para o quadro local. ....	33
<b>Figura 11:</b> Diagramas de roseta de comprimento e frequência para os lineamentos de relevo do quadro regional. ....	33
<b>Figura 12:</b> A e B) Diagramas de roseta de comprimento e frequência para os lineamentos de relevo extraídos no embasamento; C e D) Diagramas de roseta de comprimento e frequência acumulada para os lineamentos de relevo extraídos na bacia sedimentar. ....	34
<b>Figura 13:</b> Mapa de lineamentos de relevo NW-SE (quadro regional). ....	35
<b>Figura 14:</b> Mapa de lineamentos de relevo NE-SW (quadro regional). ....	36
<b>Figura 15:</b> Mapa de lineamentos de relevo E-W (quadro regional). ....	37
<b>Figura 16:</b> Mapa de lineamentos de relevo N-S (quadro regional). ....	38
<b>Figura 17:</b> Mapa de lineamentos de relevo ENE-WSW (quadro regional). ....	39
<b>Figura 18:</b> Mapa de lineamentos de relevo NNE-SSW (quadro regional). ....	40

<b>Figura 19:</b> Mapa de lineamentos de relevo NNW-SSE (quadro regional).....	41
<b>Figura 20:</b> Mapa de lineamentos de relevo WNW-ESE (quadro regional).....	42
<b>Figura 21:</b> Diagramas de roseta de comprimento e frequência para os lineamentos de relevo do quadro local. ....	43
<b>Figura 22:</b> Demonstração do controle do Lineamento Guapiara na geomorfologia local através da observação da paisagem local pelos pontos RM-07, RM-14 e RM-23. ....	44
<b>Figura 23:</b> Mapa de lineamentos de relevo de direção NW-SE (quadro local).....	45
<b>Figura 24:</b> Mapa de lineamentos de relevo de direção NE-SW (quadro local).....	46
<b>Figura 25:</b> Mapa de lineamentos de relevo de direção E-W (quadro local).....	47
<b>Figura 26:</b> Mapa de lineamentos de relevo de direção N-S (quadro local).....	48
<b>Figura 27:</b> Mapa de lineamentos de relevo de direção ENE-WSW (quadro local).....	49
<b>Figura 28:</b> Mapa de lineamentos de relevo de direção NNE-SSW (quadro local).....	50
<b>Figura 29:</b> Mapa de lineamentos de relevo de direção NNW-SSE (quadro local).....	51
<b>Figura 30:</b> Mapa de lineamentos de relevo de direção WNW-ESE (quadro local).....	52
<b>Figura 31:</b> Rede de drenagem local. ....	53
<b>Figura 32:</b> Mapa de lineamentos de drenagens. ....	53
<b>Figura 33:</b> Diagramas de roseta de comprimento e frequência para os lineamentos da rede de drenagem local.....	54
<b>Figura 34:</b> Mapa de lineamentos de drenagem de direção NW-SE.....	55
<b>Figura 35:</b> Mapa de lineamentos de drenagem de direção NE-SW.....	56
<b>Figura 36:</b> Mapa de lineamentos de drenagem de direção E-W.....	57
<b>Figura 37:</b> Mapa de lineamentos de drenagem de direção N-S.....	58
<b>Figura 38:</b> Mapa de lineamentos de drenagem de direção ENE-WSW. ....	59
<b>Figura 39:</b> Mapa de lineamentos de drenagem de direção NNE-SSW. ....	60
<b>Figura 40:</b> Mapa de lineamentos de drenagem de direção NNW-SSE. ....	61
<b>Figura 41:</b> Mapa de lineamentos de drenagem de direção WNW-ESE. ....	62
<b>Figura 42:</b> Mapa magnetométrico com lineamentos magnéticos traçados manualmente em tracejado.....	63
<b>Figura 43:</b> Mapa gravimétrico de anomalia Bouguer com representações dos lineamentos Guapiara e Paranapanema em tracejado. ....	64
<b>Figura 44:</b> Afloramento do Grupo Itararé encontrado no ponto RM-17.....	65
<b>Figura 45:</b> A) Contato dique-Palermo e B) dique de diabásio no ponto RM-25; C) Formação Irati (RM-24). ....	66

<b>Figura 46:</b> Afloramento RM-12. A porção com coloração mais escura representa o dique. ..	67
<b>Figura 47:</b> A) Visão geral da Pedreira Velha; B) Contato dique-Corumbataí, destacada no quadrado vermelho em A; C) Localização da Pedreira Velha, Calcário Gobbo, Taguaí–SP. .	68
<b>Figura 48:</b> A e B) Contato dique-Corumbataí (RM-30), a porção mais escura representa o dique. ....	68
<b>Figura 49:</b> Pontos, RM-02, 03 e 04, respectivamente. A) Visão geral do afloramento; B) Arenito Botucatu com fraturas silicificadas; C) Arenito Botucatu submetido a altas temperaturas.....	69
<b>Figura 50:</b> Formação Botucatu – RM-07.....	70
<b>Figura 51:</b> A) Afloramento RM-01; B) RM-05, rocha ácida vesicular com estrutura radial. .	71
<b>Figura 52:</b> Ponto RM-30. A, B e C) Afloramento de diabásio, é possível observar a passagem de um resfriamento rápido (A) para lento com a formação de dobras (B) e disjunção colunar (C); D) Bloco pertencente à Formação Corumbataí com a presença de dobras.....	71
<b>Figura 53:</b> Estereograma de contorno dos polos das juntas. ....	72
<b>Figura 54:</b> Estereograma de contorno dos polos das juntas (Grupo Itararé). ....	73
<b>Figura 55:</b> Estereograma de contorno dos polos das juntas. A) Formação Rio Bonito; B) Formação Palermo; C) Formação Irati; D) Formação Teresina. ....	74
<b>Figura 56:</b> Estereograma de contorno dos polos das juntas (Formação Corumbataí). ....	74
<b>Figura 57:</b> Estereograma de contorno dos polos das juntas dos dados encontrados na Pedreira Velha, Calcário Gobbo (Formação Corumbataí). ....	75
<b>Figura 58:</b> Estereograma de contorno dos polos das juntas (Formação Botucatu). ....	75
<b>Figura 59:</b> Estereograma de contorno dos polos das juntas (Diques). ....	76
<b>Figura 60:</b> Pedreira abandonada, ponto RM-23. ....	76
<b>Figura 61:</b> Estereograma de contorno dos polos das juntas. A) Derrames; B) Ácidas. ....	77
<b>Figura 62:</b> Estereograma com planos de falhas do tipo normal (projeções ciclográficas) e estrias correspondente aos pontos PR_UNESP-17, 20 e LN_UNESP-03.....	78
<b>Figura 63:</b> Afloramento do ponto PR_UNESP-17, onde foram coletados dados de falhas normais, dextrais e inversas. O estereograma corresponde aos dados de falhas normais e permitiu reconhecer domínio das famílias E-W e NE-SW.....	78
<b>Figura 64:</b> Arenitos da Formação Botucatu reconhecido nos pontos PR_UNESP-16 (A), PR_UNESP-20 (B) e RM-03 (C). ....	79
<b>Figura 65:</b> Afloramento do ponto PR_UNESP-20. A porção reconhecida como intrusiva ácida foi identificada no ponto RM-01. ....	79

<b>Figura 66:</b> Estereograma com planos de falhas do tipo inversa (projeções ciclográficas) e estrias correspondente aos pontos PR_UNESP-06, 13 e 17 e RM-15. ....	80
<b>Figura 67:</b> Estrias reconhecidas nos pontos (A) PR_UNESP-06 e (B) RM-15. A) Estria de direção N26/50, indicada em azul. B) Estrias de direção N290/35, em roxo (I), e N110/06, em rosa (S).....	80
<b>Figura 68:</b> PR_UNESP-13, arenitos da Formação Botucatu com estrutura sedimentar estratificação cruzada. ....	81
<b>Figura 69:</b> Estereograma com planos de falhas do tipo dextral (projeções ciclográficas) e estrias correspondentes. ....	81
<b>Figura 70:</b> Ponto RM-26. Estria 212/55 destacada em azul. ....	82
<b>Figura 71:</b> Falha dextral em dique de diabásio (ponto RM-18). Plano de falha N32E/88SE, estria antiga 210/40 (destacada em vermelho) e estria nova 42/40 (destacada em roxo).....	82
<b>Figura 72:</b> Estereograma com planos de falhas do tipo sinistral (projeções ciclográficas) e estrias correspondente aos pontos PR_UNESP-09, LN_UNESP-03 e 05 e RM-15 e 18. ....	83
<b>Figura 73:</b> Ponto RM-13, gruta de arenitos da Formação Botucatu com provável sinistral N10W/86NE. ....	83
<b>Figura 74:</b> Eventos deformacionais reconhecidos na área de estudo e seus respectivos eixos de paleotensões. Os planos ciclográficos em vermelho indicam as falhas transcorrentes dextrais, em roxo as falhas transcorrentes sinistrais, em preto as falhas normais e, em azul, as falhas inversas. ....	84
<b>Figura 75:</b> Evento 1 – Distensão NE-SW: (A) Falha transcorrente dextral de direção E-W e (B) falha normal NW-SE, reconhecida nos sedimentos da Bacia do Paraná. (A) SHMin N48E/34 NW; (B) SHMin N72E/62NW. ....	85
<b>Figura 76:</b> Evento deformacional distensivo NNW-SSE de Riccomini (1990), falhas de componente normal representadas em linhas pretas.....	86
<b>Figura 77:</b> Evento 2 – Compressão NE-SW e distensão NW-SE: (A) Falhas inversas de direção NW-SE do Paleozoico e (B) Mesozoico; (C) Falhas normais de direção NE-SW e (D) falha transcorrente sinistral, reconhecida nos diques básicos.....	86
<b>Figura 78:</b> Evento 3 – Compressão ENE-WNW e distensão NNW-SSE. Falhas transcorrentes dextrais identificados nos diques de diabásio (SHMax N166W/01 NE, SHMin N76E/03NW). ....	87

<b>Figura 79:</b> Evento 4 – Compressão N-S e distensão E-W.(A) Falhas transcorrentes dextrais NW-SE nos sedimentos paleozoicos da Bacia do Paraná; (B) Falhas transcorrentes sinistrais e (C) falhas normais de direção NW-SE, reconhecidas nos diques básicos.....	87
<b>Figura 80:</b> Evento 5 – Compressão NW-SE e distensão NE-SW. (A) Falhas normais E-W e (B) NW-SE, identificadas nos diques de diabásio. ....	88

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1. Objetivos.....	14
1.2. Justificativa .....	14
1.3. Localização da área.....	14
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
2.1. Revisão Bibliográfica .....	16
2.2. Preparação da Base Cartográfica .....	16
2.3. Interpretação de dados de Sensoriamento Remoto .....	17
2.4. Interpretação dos dados de Métodos Potenciais .....	19
2.5. Etapa de campo .....	19
2.6. Análise estrutural e integração de dados .....	21
<b>3. GEOLOGIA REGIONAL .....</b>	<b>23</b>
3.1. Bacia do Paraná .....	23
3.1.1. Aspectos estruturais.....	26
3.2. Arco de Ponta Grossa.....	26
3.3. Lineamento Guapiara.....	27
<b>4. GEOLOGIA LOCAL.....</b>	<b>29</b>
4.1. Supersequência Gondwana I.....	29
4.2. Supersequência Gondwana III.....	31
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>32</b>
5.1. Lineamentos estruturais .....	32
5.1.1. Lineamentos de relevo .....	32
5.1.2. Lineamentos de drenagem .....	53
5.2. Dados de Métodos Potenciais .....	63
5.3. Quadro Geológico.....	65
5.4. Quadro Estrutural.....	72
5.4.1. Juntas.....	72
5.4.2. Falhas .....	77
5.5. Reconstrução dos eixos de paleotensões .....	84
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Bacia do Paraná é constituída por diversas estruturas e deformações que denotam reativações rúpteis em nível crustal como diques básicos, falhas e fraturas, originadas e/ou reativadas ao longo do tempo geológico (FRANCO-MAGALHAES *et al.*, 2010). Tais feições exercem um importante papel no controle estrutural da região, e, quando em condições favoráveis, são úteis para a investigação de hidrocarbonetos.

O interesse pelo potencial petrolífero da Bacia do Paraná iniciou-se no final do século XIX, quando foram identificadas ocorrências de arenitos asfálticos no flanco leste da bacia, o que motivou trabalhos pioneiros de sondagem (ANP, 2022). A Bacia do Paraná apresenta dois sistemas petrolíferos comprovados, o Ponta Grossa – Itararé (PG-It) e Irati – Rio Bonito/Pirambóia (I-RB/P). O sistema PG-It combina a geração nos folhelhos devonianos da Formação Ponta Grossa e acumulação nos arenitos carboníferos do Grupo Itararé. O sistema petrolífero I-RB/P combina geração nos folhelhos permianos da Formação Irati com acumulação nos arenitos das formações Rio Bonito e Piramboia (ANP, 2022). A migração dos hidrocarbonetos pode ter ocorrido ao longo de planos de falhas ou diques de diabásio, ou por movimentos de fluidos em camadas permeáveis, planos de acamamento e superfícies de discordância (MILANI *et al.*, 1998).

Segundo Zalán *et al.* (1991), o entendimento sobre a evolução dos elementos geológicos da Bacia do Paraná deve ser baseado na distribuição das zonas de falha e dos movimentos de reativação recorrentes ao longo delas. A Bacia do Paraná apresenta um marcante padrão de feições lineares, sendo as duas mais importantes com orientações NW-SE e NE-SW. O padrão estrutural das zonas de falha NW-SE é caracterizado por apresentar uma zona retilínea, com grandes diques e estruturas que caracterizam antigos eventos com registro em terrenos pré-cambrianos, ativos ao longo da evolução da bacia.

O Lineamento Guapiara, objeto de estudo deste trabalho, está localizado no limite setentrional do Arco de Ponta Grossa, sudeste do estado de São Paulo, e constitui uma importante feição morfoestrutural demarcada por estruturas de relevo e de drenagem na direção NW-SE, com projeção à Bacia de Santos. É caracterizado por forte anomalia magnética, demarcando um corredor de fraturas preenchidas por diques de diabásio, relacionados ao evento tectono-magmático juro-cretáceo que seccionou a Bacia do Paraná e seu embasamento, e, também foi palco de reativações tectônicas desde o Cretáceo até o Quaternário (ZALÁN *et al.*, 1991; MACHADO JR., 2000; RICCOMINI *et al.*, 2004; STRUGALE *et al.*, 2007; FRANCO-MAGALHÃES *et al.*, 2010).

### **1.1. Objetivos**

O presente estudo busca contribuir para a interpretação geológica-estrutural na região de Fartura–SP e avançar no conhecimento a respeito da deformação do Lineamento Guapiara. Através disso, espera-se agregar aos estudos petrolíferos realizados na Bacia do Paraná e criar análogos para estudos estruturais na Bacia de Santos, considerando a projeção do lineamento na bacia.

### **1.2. Justificativa**

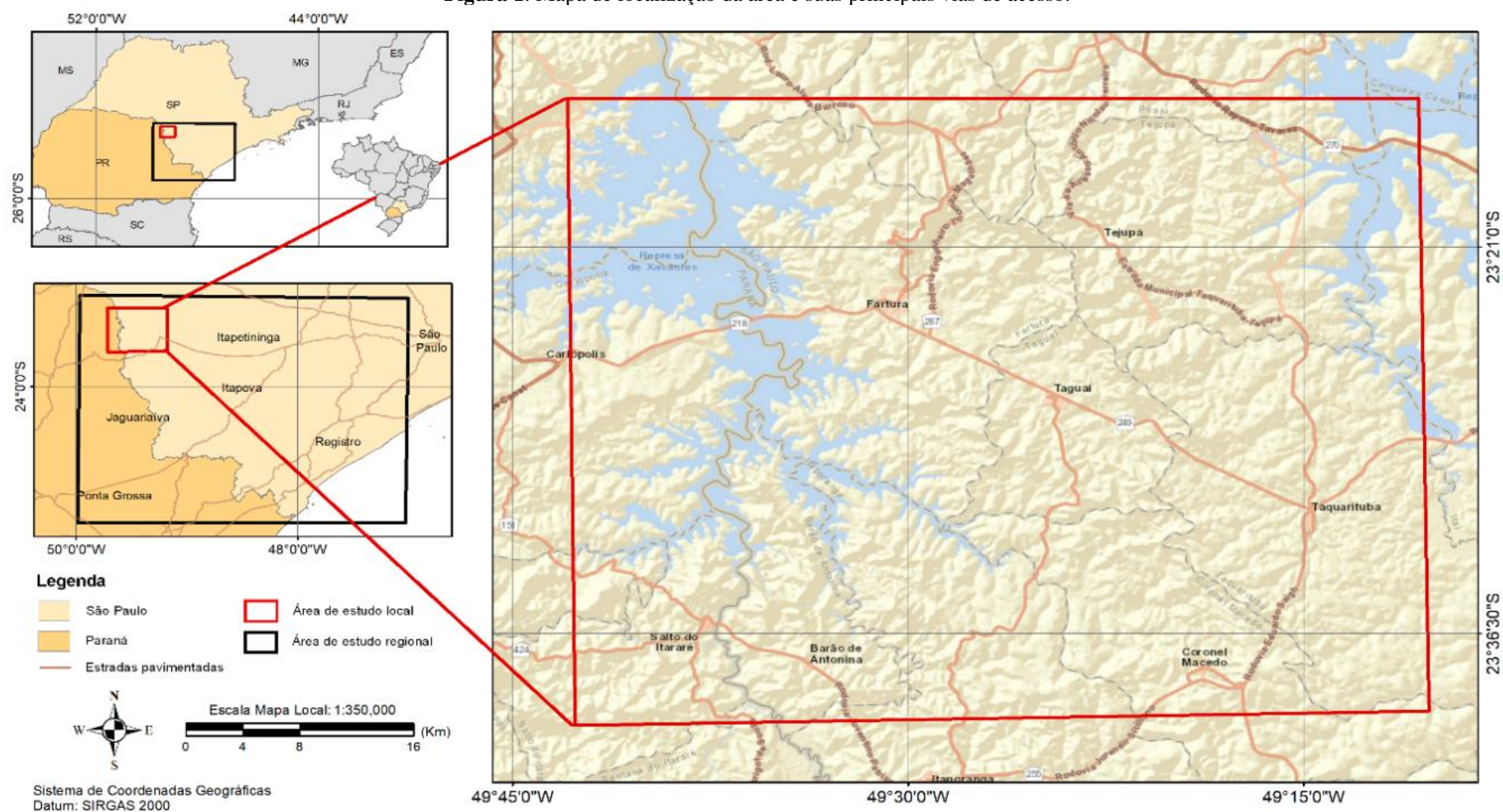
O reconhecimento e a caracterização de elementos estruturais em bacias sedimentares são de extrema importância para determinar a cronologia de eventos tectônicos, origem, geometria e distribuição de estruturas. Determinados estilos estruturais podem contribuir para a existência de acumulações econômicas de hidrocarbonetos. As estruturas geológicas podem delimitar blocos onde há maior acumulação de rochas geradoras, constituir zonas de suprimento preferencial de energia térmica para a geração e liberação de hidrocarbonetos, e produzir caminhos favoráveis à migração e canalização do fluxo de fluidos (ARTUR & SOARES, 2002).

A investigação do Lineamento Guapiara desempenha um papel crucial para o entendimento a respeito da distribuição dos estilos estruturais presentes na Bacia do Paraná e a sua relação com os hidrocarbonetos. Compreender a influência do Lineamento Guapiara na porção continental permitirá aprimorar os estudos estruturais relacionados aos sistemas petrolíferos da Bacia do Paraná, fornecendo também, um modelo comparativo aos processos que ocorrem na Bacia de Santos, onde não é possível o uso de métodos diretos, como o mapeamento de estruturas geológicas em campo.

### **1.3. Localização da área**

A área de estudo (Figura 1) abrange uma extensão regional que vai desde o sudoeste do estado de São Paulo até o nordeste do estado do Paraná. Localmente, está inserida próxima à divisa São Paulo-Paraná, incluindo os municípios de Fartura–SP, Barão de Antonina–SP, Itaipuaçu–SP, Taquarituba–SP, Tejupá–SP, Coronel Macedo–SP, Sarutaiá–SP, Carlópolis–PR e Salto do Itararé–PR.

Figura 1: Mapa de localização da área e suas principais vias de acesso.



Fonte: Autora (2023).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Revisão Bibliográfica**

A revisão bibliográfica desempenhou um papel fundamental na consolidação do embasamento teórico da área. A etapa envolveu consultas a artigos, dissertações e teses com foco na Bacia do Paraná, quanto a sua estruturação, unidades litoestratigráficas e evolução tectono-sedimentar. Os trabalhos de Almeida (1969), Almeida *et al.*, (1977), Milani (1997) e Milani *et al.*, (1998, 2007) foram consultados com frequência durante esta fase da pesquisa.

Simultaneamente, foi realizada uma compilação de trabalhos referentes ao Arco de Ponta Grossa, com foco no Lineamento Guapiara, para compreender a geometria e o arcabouço estrutural presente na região de estudo. Esta abordagem ofereceu suporte para a descrição do contexto tectono-estrutural da área, essencial para a realização do capítulo de resultados e discussões. A investigação nos trabalhos de Machado Jr. (2000) e Zalán *et al.*, (1990, 1991) desempenhou um papel essencial para a evolução deste estudo.

Em Zalán *et al.*, (1991), é elaborada uma revisão a respeito da origem e evolução da Bacia do Paraná, quanto a sua consolidação, associação sedimentar, geotectônica e estilos estruturais, trazendo discussões sobre o padrão marcante das feições lineares de direção NE-SW, NW-SE e E-W ao longo da bacia. Na tese de Machado Jr. (2000) são apresentados resultados a respeito da análise estrutural e interpretação geofísica e tectônica do Lineamento Guapiara, no sudoeste do estado de São Paulo, foco também deste trabalho.

Destacam-se o trabalho de conclusão de curso de Pelaes (2013), a dissertação de mestrado de Vedovello (2017), bem como o artigo de Santos *et al.*, (2023), pelo fornecimento de dados recentes a respeito da reativação do Lineamento Guapiara.

### **2.2. Preparação da Base Cartográfica**

Com objetivo de auxiliar nas etapas pré e pós-campo, uma base cartográfica abrangendo diferentes tipos de mapas foi elaborada. Encontram-se nela: mapa geológico, mapa de localização e mapa de pontos com dados de campo, incluindo os pontos provenientes dos projetos RIFTE - “Estudos estruturais e paleotectônicos dos riftes na margem continental entre as bacias de Espírito Santo a Pelotas” (2009) e LINEAS - “Lineamentos e zonas de fraturas continentais: possíveis corredores de deformação da Bacia de Santos e embasamento” (2018), de convênio UNESP-Petrobras. A digitalização e georreferenciamento dos dados se deu por meio do programa ArcGIS 10.8, utilizando ocasionalmente o CorelDraw 2020.

O mapa de localização foi elaborado com auxílio do *basemap streets*, disponível no catálogo online do ArcGIS, e através dos arquivos .shp de rodovias, estradas vicinais, limites urbanos e corpos d'água, retirados do acervo do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estes arquivos também foram incorporados ao mapa de pontos, juntamente com a *shapefile* da localização dos pontos e o *basemap topographic* do ArcGIS. As estradas rurais que foram utilizadas para a locomoção aos afloramentos, foram digitalizadas e adicionadas ao mapa.

O mapa geológico foi produzido a partir da digitalização e sobreposição das folhas Jacarezinho SF.22-Z-C-III, Piraju SF.22-Z-D-I, Venceslau Braz SF.22-Z-C-VI e Itaporanga SF.22-Z-D-IV do mapa geológico do Projeto Borda Leste da Bacia do Paraná: Integração Geológica e Avaliação Econômica do antigo DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral (1984), de escala 1:100.000. Durante a confecção do mapa, foram digitalizadas as unidades litoestratigráficas e as principais estruturas geológicas, como falhas e fraturas de escala regional. Adicionalmente, foram incorporadas as *shapefiles* utilizadas para a elaboração dos mapas de localização e de pontos, a fim de facilitar a visualização da geologia regional.

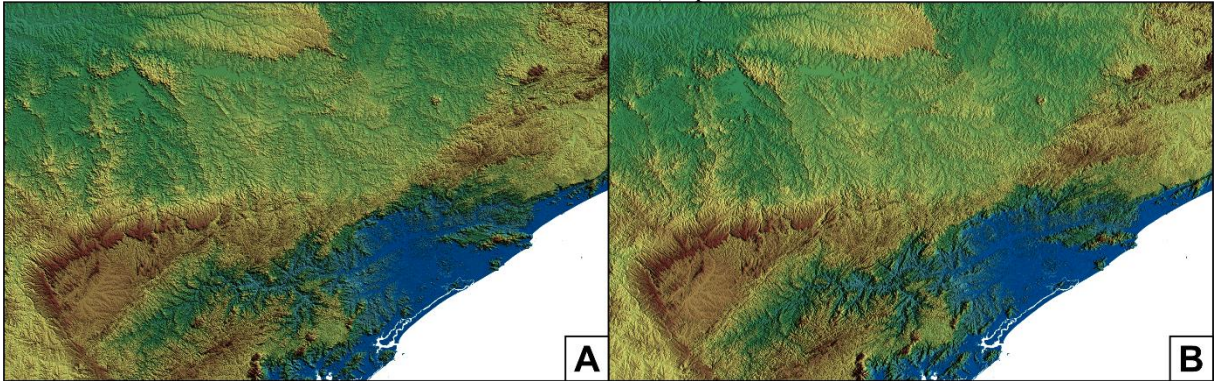
### **2.3. Interpretação de dados de Sensoriamento Remoto**

A extração de lineamentos de produtos de sensoriamento remoto é uma técnica muito utilizada para analisar feições de relevo. O sensoriamento remoto é uma etapa base pré-campo de estudos geológicos e tectônicos, pois permite a visualização e análise de dados espaciais. O uso de dados proveniente de sensores é fundamental para o realce e identificação de estruturas lineares como juntas, falhas, foliação, bandamento, contatos litológicos e zonas de cisalhamento (AMARAL, 1994). Neste sentido, a etapa consistiu na confecção de mapas de lineamentos estruturais através da extração de feições lineares presentes no relevo, bem como aquelas identificadas nas redes de drenagem da região.

Os lineamentos estruturais foram interpretados a partir da análise de 8 imagens de satélite SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*, com resolução espacial de 30 m, disponíveis na plataforma EarthExplorer do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS – *United States Geological Survey*). A NIMA – *National Imagery and Mapping Agency* e a NASA – *National Aeronautics and Space Administration* foram as instituições responsáveis pela missão SRTM, com objetivo de atuar na produção de um banco de dados digital para todo o planeta, através da elaboração de um Modelo Digital de Elevação (MDE) de alta resolução espacial, com imageamento realizado através das bandas C e X (NASA, 2023).

As imagens SRTM foram processadas no programa Global Mapper e passaram pela aplicação de sombreamentos com base nos azimutes de 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° e 315°, a fim de acentuar os padrões texturais e facilitar a visualização das estruturas (Figura 2).

**Figura 2:** Exemplo das imagens SRTM 30 m utilizadas para extração dos lineamentos, onde A) é azimute de sombreamento de 45° e B) representa 90°.



Fonte: Autora (2024).

Em seguida, foi realizada a confecção dos mapas de lineamentos. Esta fase se deu por meio do ArcGIS e envolveu a interpretação dos lineamentos de relevo nas escalas 1:250:000 (quadro regional) e 1:100:000 (quadro local) e drenagem, através da criação de uma polilinha para demarcar as principais feições retilíneas observadas nas imagens SRTM.

Para o mapa de lineamentos de drenagem, além das imagens SRTM e da polilinha, *shapefiles* com os segmentos de drenagem da região foram incorporadas para apoiar a extração dos lineamentos. Os trechos de drenagens foram obtidos das bases hidrográficas otocodificadas da Bacia do Rio Paraná e da Bacia do Atlântico Sul e Sudeste, de escala 1:100.000, disponíveis no catálogo de metadados da ANA – Agência Nacional das Águas.

De início, foram utilizadas drenagens automáticas geradas a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE), que foi tratado e processado no ArcGIS por intermédio das ferramentas *Fill* e *Raster Calculator*. Para a geração das drenagens, foram utilizadas as técnicas de *Flow Direction*, *Flow Accumulation* e *Stream to Feature*. Seguiu-se para a extração manual dos lineamentos de drenagem, no entanto, como os resultados revelaram-se insatisfatórios, os dados foram descartados e foi empregado o uso das drenagens retiradas do site da ANA, que trouxeram melhor desempenho para o trabalho.

Acompanhando os mapas de lineamentos estão os diagramas de roseta de comprimento e frequência acumulada, representando as principais orientações. Os diagramas foram elaborados no AutoCad, através da rotina LISP, buscando uma visão estatística dos lineamentos obtidos e a determinação das direções preferenciais da área de estudo.

## **2.4. Interpretação dos dados de Métodos Potenciais**

Os dados gravimétricos e magnetométricos são comumente utilizados para o mapeamento de falhas em larga escala e padrões de falha em bacias sedimentares. O método de gravimetria baseia-se na variação do campo gravitacional terrestre, resultante das diferenças de densidade das rochas em superfície e em profundidade. A magnetometria fornece informações sobre as rochas superficiais e em níveis profundos da crosta, através das propriedades magnéticas dos minerais que as compõem. A interpretação desses métodos permite a identificação dos lineamentos magnéticos, feições observadas de forma indireta por meio do realce de anomalias do campo magnético da Terra. Esses lineamentos podem revelar estruturas tectônicas como falhas, fraturas, zonas de cisalhamento e intrusões de diques (OLIVEIRA, 2008).

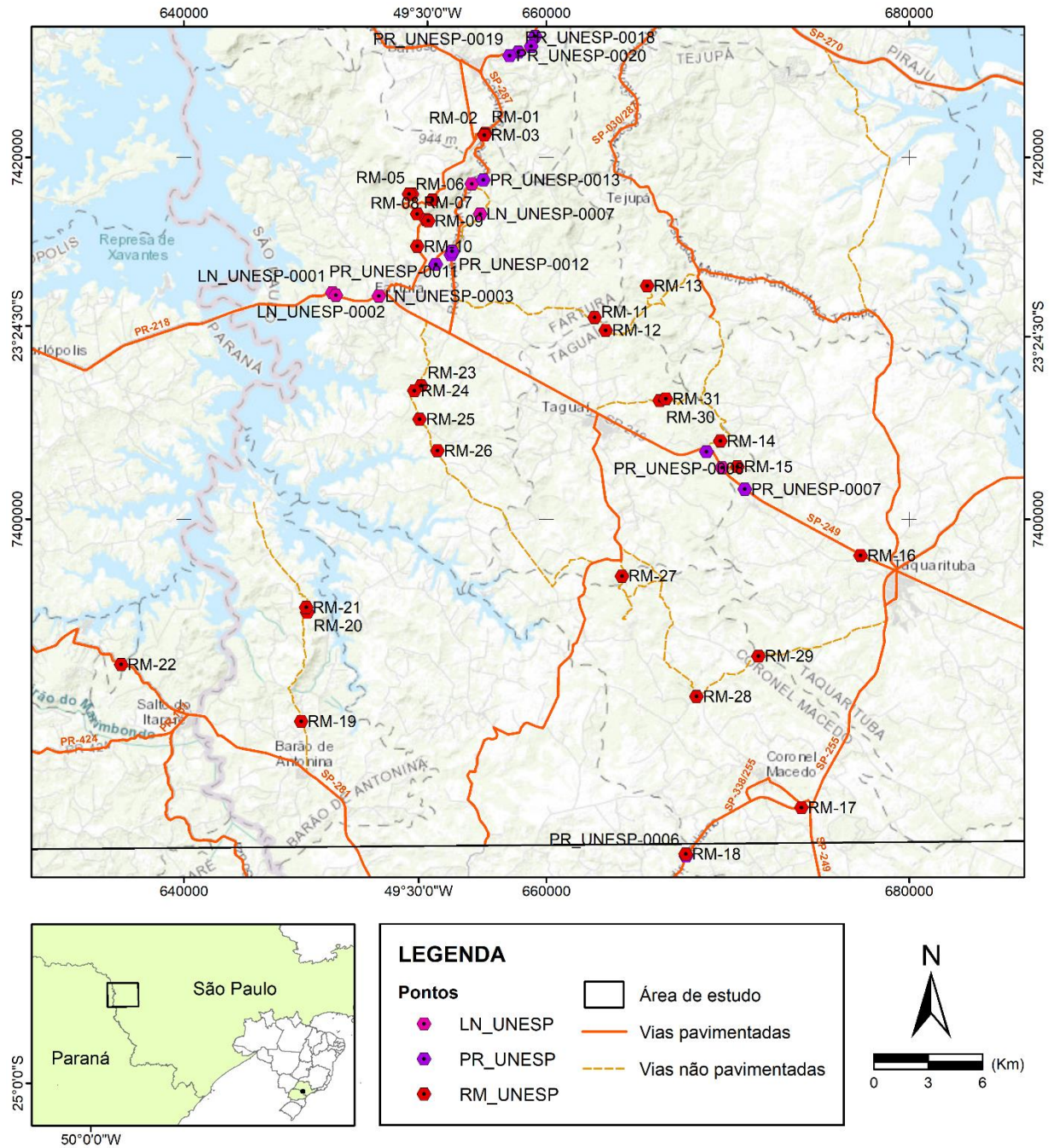
Durante esta etapa, conduziu-se a investigação e interpretação das anomalias geofísicas presentes nas estruturas, via dados aerogeofísicos resultantes de métodos potenciais magnetométricos e gravimétricos. O produto resultante consiste em um mapa de lineamentos magnéticos, seguido pela análise da correlação entre os lineamentos em subsuperfície e superfície.

Os mapas são produtos de um grid gerado e processado no programa Oasis Montaj (Geosoft), a partir de dados fornecidos pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil. A elaboração do mapa de lineamentos magnéticos foi realizada no ArcGIS e consistiu na extração manual dos lineamentos, via identificação das variações e representações dos sinais magnéticos.

## **2.5. Etapa de campo**

O trabalho de campo ocorreu no sudoeste do estado de São Paulo, próximo à divisa com o estado do Paraná, concentrando-se na região dos municípios de Fartura, Sarutaiá, Taguaí, Taquarituba, Coronel Macedo e Salto do Itararé. Ao todo foram registrados 31 pontos, identificados no mapa presente na figura 3. As siglas PR\_UNESP, LN\_UNESP e RM, referenciam os pontos visitados durante, respectivamente, os projetos RIFTE, LINEAS e a etapa de campo para a elaboração deste trabalho. O Anexo III contém todas as descrições dos pontos que englobam a área de estudo.

**Figura 3:** Mapa com a localização dos pontos visitados durante o trabalho de campo.



**Fonte:** Autora (2024).

A seleção dos pontos de interesse ocorreu por meio da análise dos mapas gerados nas etapas anteriores e com auxílio das ferramentas Google Earth, Google Maps e o aplicativo Avenza Maps, que também ofereceram suporte para a locomoção durante o trabalho de campo. Os critérios utilizados para a determinação foram a ocorrência de diques e locais com possíveis anomalias no relevo.

Durante o campo, efetuou-se o registro fotográfico dos afloramentos visitados, com foco na coleta de dados lito-estruturais e a realização de descrições com base no reconhecimento das unidades litológicas e das descontinuidades presentes nas rochas como fraturas, planos de falhas e estrias. As estruturas foram analisadas quanto a sua geometria e cinemática. Buscou-se também estabelecer uma relação entre as feições geomorfológicas reconhecidas em campo com a ocorrência de diques e/ou derrames de diabásio na área.

Os equipamentos utilizados foram GPS no aparelho celular através dos aplicativos Avenza Maps, Google Earth e Google Maps, bússola Clar para a coleta das medidas estruturais, martelo petrográfico, lupa de bolso, mapa geológico da área impresso em folha A3, caderneta de campo e lapiseira para anotações e esboço dos afloramentos.

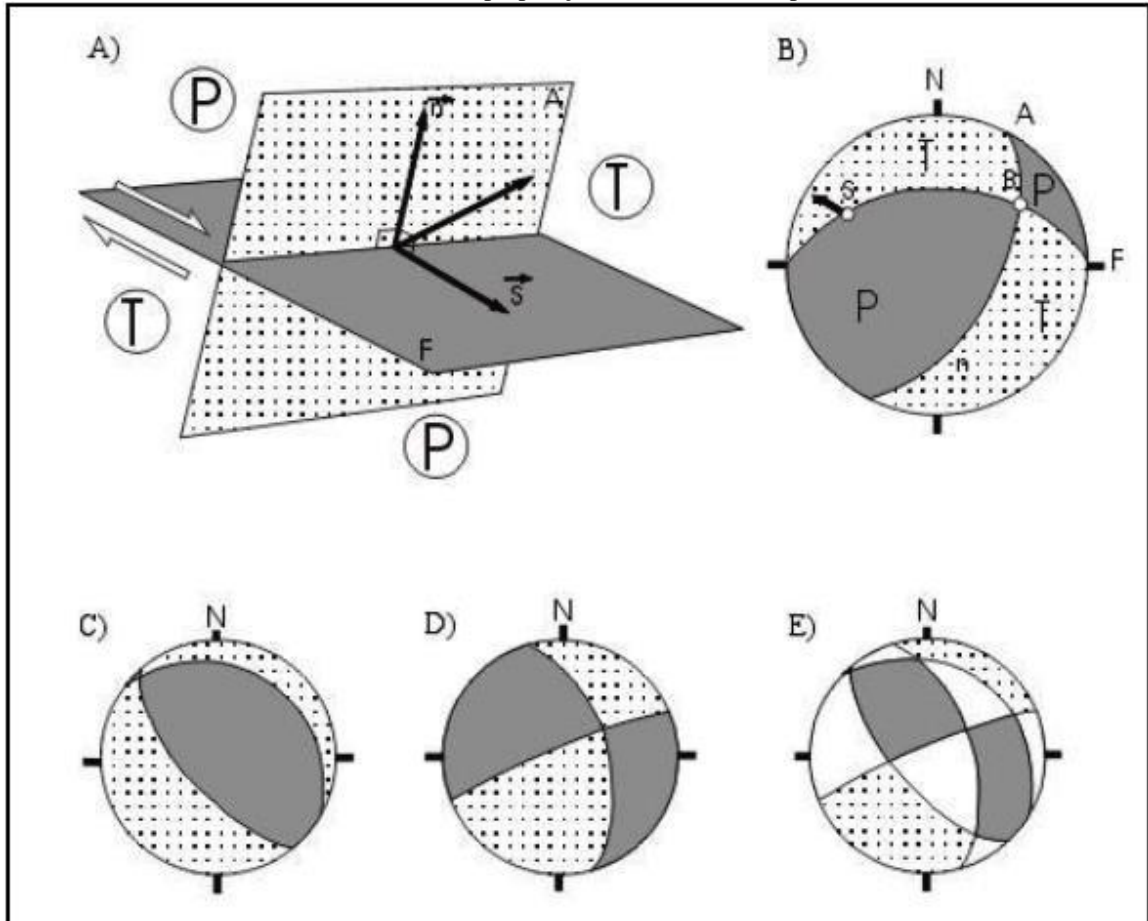
## **2.6. Análise estrutural e integração de dados**

A etapa consistiu no tratamento e integração de dados estruturais para a análise estatística e cinemática das juntas e planos de falhas. Os dados foram organizados em duas tabelas, de juntas e falhas, separando-se as medidas de juntas para cada unidade litológica afetada e os dados de falhas de acordo com o tipo de regime. Através do programa Stereonet, foram confeccionados estereogramas de projeções ciclográficas e de frequência de polos, utilizando a projeção de igual-área da Rede de Schmidt Lambert, hemisfério inferior.

Para a determinação dos campos de paleotensões foi utilizado o programa Win-Tensor (DELVAUX & SPERNER, 2003), tendo como base o método de diedros retos de Angelier & Mechler (1977), representado na figura 4. O método define que os regimes de esforços são determinados de acordo com a posição dos eixos de tensões: as áreas de distensão correspondem ao diedro que contém o eixo de tensão mínima ( $SH_{Min}$ )  $\sigma_3$ , enquanto as áreas compressionais correspondem ao diedro em que se situa o eixo de tensão máxima ( $SH_{Max}$ )  $\sigma_1$ .

Os campos são limitados por diedros retos, formados pela intersecção do plano de falha com um plano imaginário ortogonal a ele e as estrias contidas nele, denominado plano auxiliar. A combinação dos campos de esforços para vários planos de falhas indica a orientação dos eixos de tensões principais ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ ).

**Figura 4:** Método dos diedros retos (Angelier & Mechler, 1977). A) Deformação ao redor de um plano de falha distribuída em campos distensivos (T) e compressivos (T), limitados por diedros retos, formados pela interseção do plano de falha (F) com um plano ortogonal à estria de falha, denominado plano auxiliar (A); B) Projeções estereográficas dos planos F e A, onde B é a interseção dos dois planos; C) Projeção estereográfica de falha normal e seu plano auxiliar, delimitando os campos T e P; D) Mesmo que o anterior, mas para uma falha direcional; E) Superposição das projeções representadas em C e D, mostrando áreas 100% compressivas, em cinza, 100% distensivas, pontilhadas, resultantes da coerência desses domínios em C e D, e áreas com 50% de cada, em branco, resultantes da superposição de domínios compressivos e distensivos.



Fonte: Ferrari (2001), retirado de Vedovello (2017).

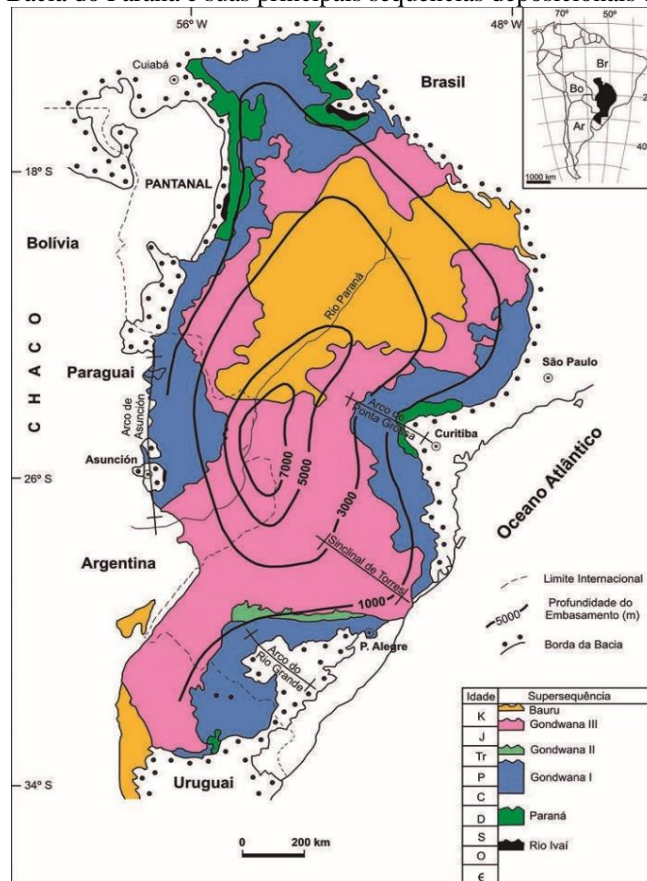
### 3. GEOLOGIA REGIONAL

O contexto geológico no qual a área de estudo se encontra engloba regionalmente as unidades pré-cambrianas da Província Mantiqueira associadas a Faixa Ribeira, e a Bacia do Paraná. Ao nível local, a área abrange apenas as unidades litoestratigráficas que compõem as supersequências Gondwana I e III. Neste capítulo serão descritas apenas as unidades que compõem a Bacia do Paraná, dado a ênfase na configuração local da área de estudo.

#### 3.1. Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná (Figura 5) está localizada na porção centro-leste da América do Sul e abrange uma área de aproximadamente 1.500.000 km<sup>2</sup>, dos quais se estimam que cerca de 1.100.000 km<sup>2</sup> estão presentes em território brasileiro. É uma bacia do tipo sinéclise intracontinental que possui forma ovalada, com eixo maior alongado segundo à direção NNE-SSW. O contorno atual da bacia pode ser definido por limites erosivos, através do afinamento de sedimentos, ou por origem tectônica, com a presença de grandes arcos e soerguimentos que refletem profundas e antigas falhas (SCHNEIDER *et al.*, 1974; ZALÁN *et al.*, 1991; MILANI *et al.*, 2007).

**Figura 5:** Bacia do Paraná e suas principais sequências deposicionais e estruturas.



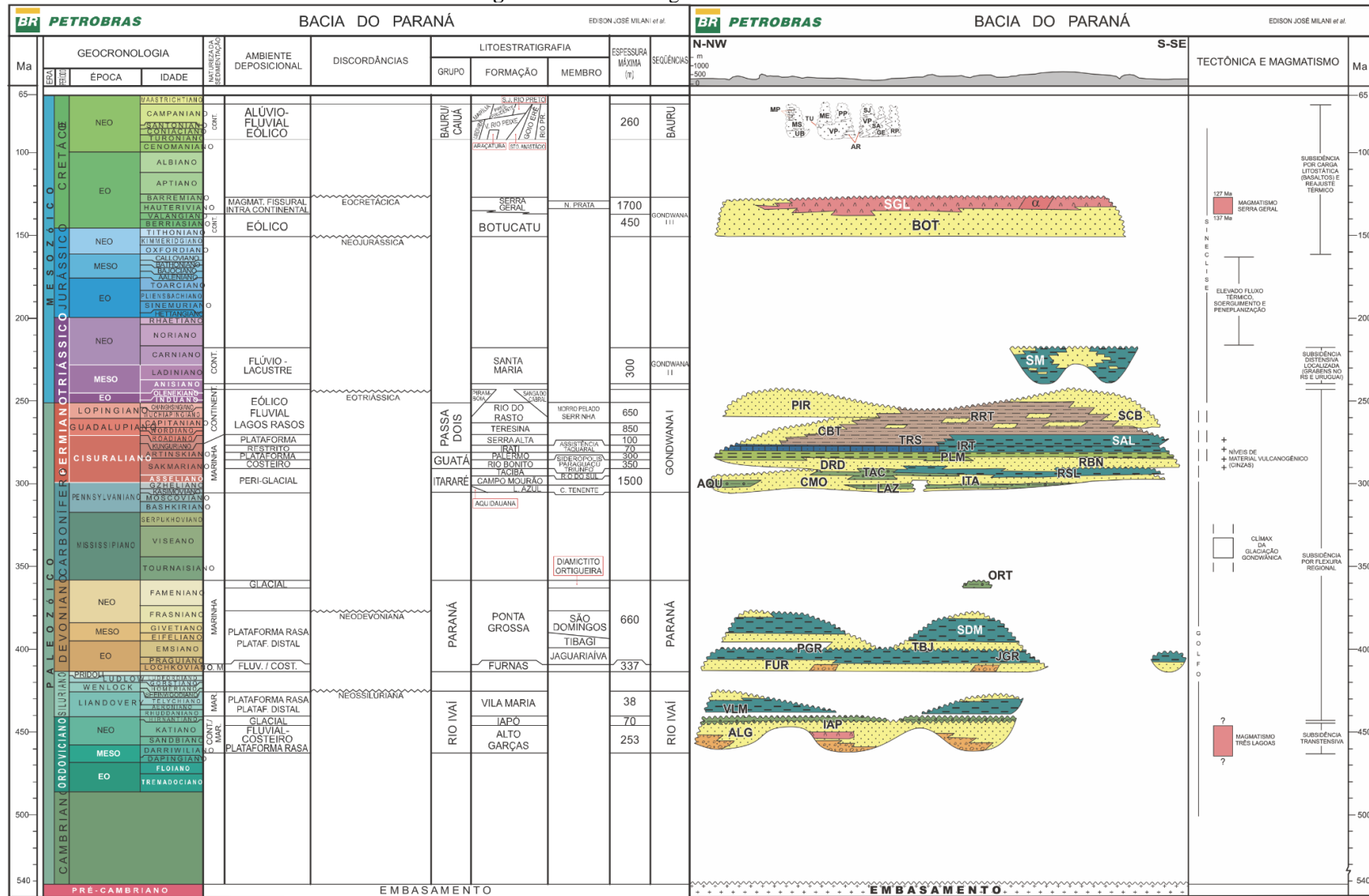
Fonte: Milani & Ramos (1998).

A evolução da bacia relaciona-se com o desenvolvimento de cinturões colisionais ativos que definem uma extensa faixa posicionada junto à margem sudoeste do Supercontinente Gondwana (KEIDEL, 1916). A bacia tem como principal mecanismo de subsidência a flexura litosférica por sobrecarga tectônica a partir de bacias de antepaís desenvolvidas na porção oeste do Gondwana (MILANI *et al.*, 2007). Segundo Zalán *et al.* (1991), a Bacia do Paraná apresentou contração térmica sucedida aos fenômenos tectono-magmáticos do Ciclo Brasileiro para a implantação da sinéclise. Outra interpretação seria que a sedimentação teve seu início vinculado a um conjunto de calhas aulacogênicas orientadas segundo direção NW-SE (FÚLFARO *et al.*, 1982).

O registro estratigráfico da Bacia do Paraná (Figura 6) é dividido por Milani *et al.* (1997) em seis Supersequências (VAIL *et al.*, 1977) separadas entre si por erosões severas e generalizadas.

São estas: (1) Supersequência Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), considerado o primeiro ciclo transgressivo-regressivo relacionado à oscilação do nível do mar no Paleozoico. A acomodação dessa unidade está relacionada a zonas de fraqueza do embasamento na direção NE-SW; (2) Supersequência Paraná (Devoniano), segundo ciclo transgressivo-regressivo evidenciado por uma significativa inundação. É caracterizada por ser um pacote com uniformidade faciológica durante toda sua ocorrência; (3) Supersequência Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), marca um ciclo completo de transgressão-regressão com sedimentos que representam máximo inundamento devido ao degelo; (4) Supersequência Gondwana II (Meso a Neotriássico), representa uma sedimentação acumulada em bacias do tipo gráben, com depósitos lacustres e fluviais alternados; (5) Supersequência Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo), com a formação de sedimentos eólicos que caracterizam os arenitos da Formação Botucatu e, magmatismo correlato ao derrame da Formação Serra Geral, e, por fim; (6) Supersequência Bauru (Neocretáceo) apresenta sedimentações em condições semi-áridas, úmidas nas margens e desérticas em seu interior, cuja geometria e distribuição foi fortemente afetada pelo Lineamento Guapiara (MILANI, 1982; ZALÁN *et al.*, 1991; MILANI *et al.*, 2007).

Figura 6: Carta estratigráfica da Bacia do Paraná.



Fonte: Milani et al. (2007).

### 3.1.1. Aspectos estruturais

A Bacia do Paraná consolidou-se sob um embasamento cratônico, de idade cambro-ordoviciano, por meio de zonas de fraqueza NW-SE, localmente E-W, transversal à orientação preferencial NE-SW do embasamento cristalino. Essas estruturas são herdadas de aulacógenos tardios desenvolvidos após a cratonização da área e atuam como dissipadoras de esforços intraplaca, influenciando nas mudanças e distribuições de fácies sedimentares, bem como a origem de deformações localizadas (FÚLFARO & SAAD, 1982; ZALÁN *et al.*, 1991).

As feições de direção NE-SW e NW-SE são as mais importantes e representam antigas falhas ou extensas zonas de falhas que foram reativadas ao longo do tempo geológico, constituindo importantes elementos para a evolução da bacia (ZALÁN *et al.*, 1991). Tais estruturas exercem influência significativa no controle de sedimentação das unidades litoestratigráficas, uma vez que promovem a compartimentação faciológica e delimitação do comportamento das litofácies em ambientes distintos (FÚLFARO *et al.*, 1982).

Os lineamentos de direção NE-SW, derivados de cinturões brasileiros, são heranças do embasamento e representam o quadro inicial de deposição da bacia. O padrão estrutural das feições NE-SW é constituído por estruturas de movimentação transcorrente, com ausência de diques de diabásio e deformações associadas a eles (ZALÁN *et al.*, 1991).

As estruturas com orientação NW-SE apresentam um padrão marcado por zonas retilíneas de falhas, assim como espessos diques de diabásio e estruturas de movimentação transcorrente. As zonas de falhas NW-SE são representadas pelos alinhamentos de Guapiara, São Jerônimo-Curiúva, Rio Alonzo e Rio Piquiri, que compõem o Arco de Ponta Grossa (ZALÁN *et al.*, 1991)

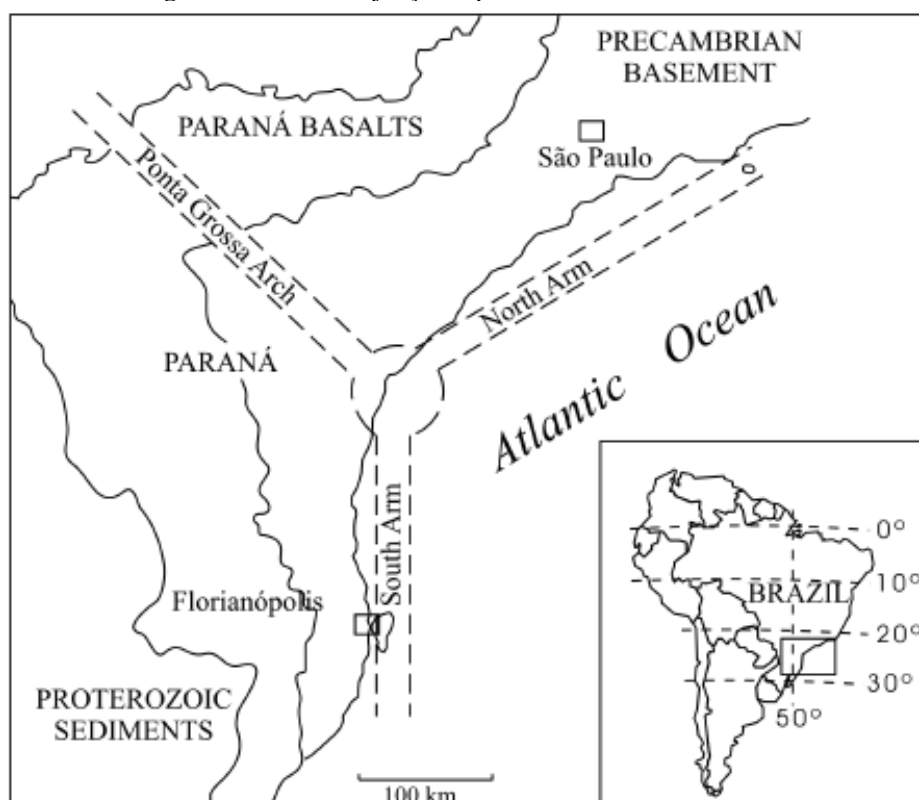
### **3.2. Arco de Ponta Grossa**

O Arco de Ponta Grossa (Figura 7) é uma estrutura tectônica arqueada, localizada na borda leste da Bacia do Paraná. É composto por quatro segmentos, cuja orientação é subparalela ao eixo do arco dirigido a NW, denominados: São Jerônimo-Curiúva, Rio Alonzo, Rio Piquiri e Guapiara (FERREIRA *et al.*, 1981; MACHADO JR. 2000).

A evolução do Arco de Ponta Grossa apresenta sincronismo com as atividades da Bacia do Paraná. O desenvolvimento dessa estrutura se deu por meio de fases de soerguimento e subsidência entre o devoniano e o juro-cretáceo. Os movimentos positivos ou negativos sofridos durante o arqueamento, foram contemporâneos aos períodos em que a bacia acumulava maiores espessuras de sedimentos (ALMEIDA, 1982).

Segundo Hasui (2010), durante o juro-cretáceo, com a separação da América do Sul da África e abertura do oceano Atlântico, ocorreram manifestações magmáticas representadas pela injeção de diques de diabásio e falhamentos normais, que marcaram um sistema de junção tríplice, do qual os “braços” sul e norte evoluíram para ruptura continental e abertura do Atlântico, e o terceiro braço abortou na etapa de soerguimento, originando o Arco de Ponta Grossa.

**Figura 7:** Sistema de junção tríplice do Arco de Ponta Grossa.

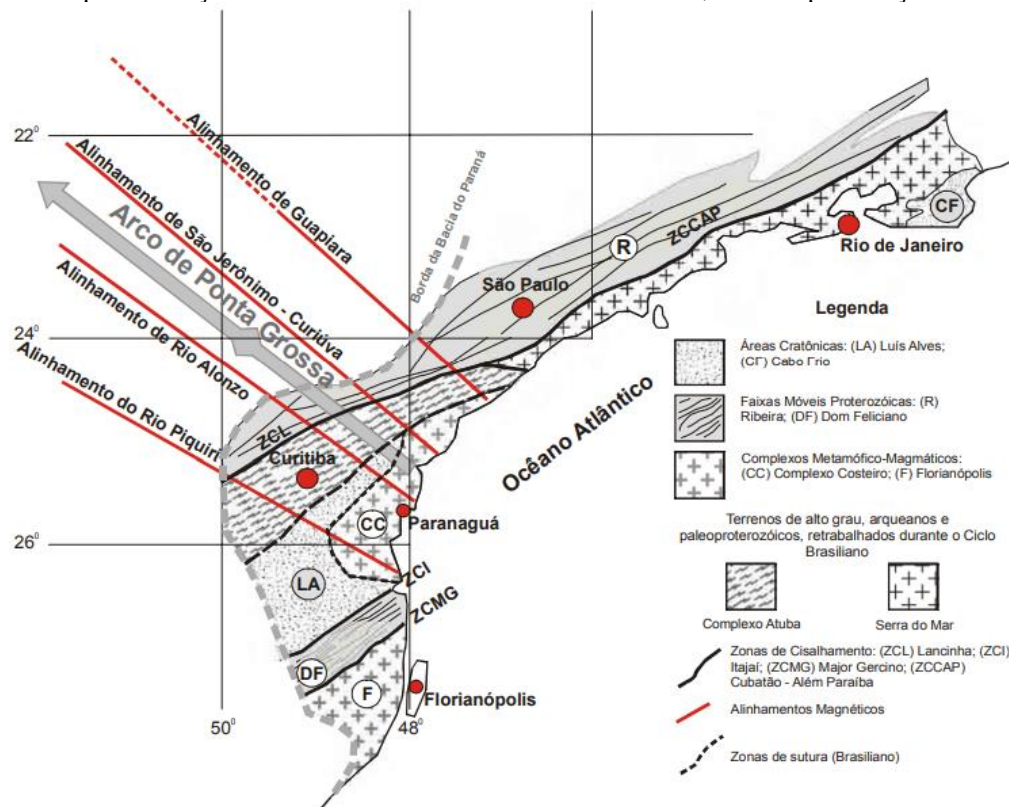


**Fonte:** Coutinho (2008).

### 3.3. Lineamento Guapiara

O Lineamento Guapiara é uma feição tectônica que constitui uma extensa faixa fraturada com direção preferencial NW-SE, caracterizada por tectonismo distensivo e magmatismo alcalino e fissural toleítico. Está localizado no limite norte do Arco de Ponta Grossa, que coincide com os falhamentos da Serra de Fartura. A estrutura apresenta cerca de 600 km de comprimento e 20-100 km de largura, com projeção offshore, percorrendo a Faixa Ribeira e seu embasamento, junto à região costeira do sudeste do estado de São Paulo, em direção às unidades paleozoicas e mesozoicas da Bacia do Paraná (Figura 8) (FERREIRA *et al.*, 1981; MACHADO JR., 2000).

**Figura 8:** Compartimentação tectono-estrutural do Arco de Ponta Grossa, com a representação dos lineamentos.



Fonte: Mio (2005).

As zonas fraturadas caracterizam-se pelo seu padrão retilíneo e a presença de estruturas indicadoras de movimentos transcorrentes (ZALÁN *et al.*, 1991). Estão preenchidas por intrusões alcalinas, bem como diques de diabásio eo-cretáceos de direção N50W, arranjados segundo feixes irregularmente distribuídos, sobretudo no embasamento pré-cambriano (MACHADO JR., 2000). A ocorrência de diques diminui à medida que caminha de SE para NW (FERREIRA *et al.*, 1981).

A principal fase evolutiva do Lineamento Guapiara está representada no mesozoico e relaciona-se com o magmatismo eo-cretáceo, associado com a quebra do supercontinente Gondwana, que atingiu a Bacia do Paraná, o seu embasamento adjacente, e a Bacia de Santos (MILANI, 2004). Ferreira *et al.* (1981), considera o lineamento como uma das principais fontes de magmas básicos da Bacia do Paraná, alojando diques de diabásio e condicionando rochas alcalinas. O lineamento exerceu importante papel no controle deposicional das sequências paleozoicas da Bacia do Paraná, atuando como um alto estrutural desde o devoniano. Essa estrutura apresenta evolução síncrona com o Arco de Ponta Grossa e condicionou parte da sedimentação Ponta Grossa, Itararé e Rio Bonito, e constitui o limite tectônico da Bacia de Bauru, sendo um dos elementos condicionantes da sedimentação da Formação Bauru (FERREIRA *et al.*, 1981; MACHADO JR., 2000).

## 4. GEOLOGIA LOCAL

A fim de compreender sobre o contexto geológico local, foi elaborado um detalhamento a respeito das unidades litoestratigráficas presentes na região. Conforme o mapa geológico (Anexo I), as unidades que compõem a área de estudo integram as supersequências Gondwana I e III, incluindo o Grupo Itararé e as formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Teresina/Corumbataí, Rio do Rasto, Pirambóia, Botucatu e as rochas intrusivas correlatas à Formação Serra Geral. O mapa geológico demonstra o contexto geológico-estrutural da área, bem como a localização dos afloramentos visitados durante a etapa de campo.

### 4.1. Supersequência Gondwana I

A Supersequência Gondwana I engloba o maior volume sedimentar da Bacia do Paraná e representa a passagem de uma fase predominantemente glacial, inserida em um contexto eocarbonífero de sedimentação, para pós-glacial, com domínio de campos de dunas eólicas, durante o mesozoico. Estratigraficamente, esta unidade é constituída pelos grupos Itararé, Guatá (formações Rio Bonito e Palermo) e Passa Dois (Irati, Teresina, Serra Alta e Rio do Rasto), localmente sobreposto pela Formação Pirambóia (SCHNEIDER *et al.*, 1972; MILANI *et al.*, 2007).

O Grupo Itararé apresenta idade permo-carbonífera, sendo amplamente reconhecido pelos depósitos de diamictitos, gerados pelo avanço e recuo de geleiras durante a glaciação no paleocontinente Gondwana (PETRI, 1964; ROCHA-CAMPOS, 1967). De acordo com Soares (1972), o Grupo Itararé é composto por conglomerados, arenitos, diamictitos, ritmitos e folhelhos com clastos caídos de icebergs, com estratificação cruzada acanalada e plano-paralela, sendo marcado por grande complexidade faciológica. A deposição dos sedimentos está associada a paleoambientes flúvio-deltaicos e marinhos plataformais, condicionados pela glaciação permocarbonífera e pela tectônica, responsável por subsidências e soerguimentos no interior e nas áreas próximas da bacia (MATTOS, 2012).

A Formação Rio Bonito é caracterizada pela ocorrência de leitos de carvão, formados em ambiente costeiro marinho (LAVINA *et al.*, 1985; LAVINA & LOPES, 1987). É marcada pela presença de siltitos, pelitos, arenitos muito finos a muito grossos, paraconglomerados e ortoconglomerados (KERN, 2008).

A Formação Palermo, de idade permo-carbonífera, é correlata cronologicamente a Formação Tatuí no estado de São Paulo (PETRI & FÚLFARO, 1983). A unidade é constituída por uma sucessão de siltitos, siltitos arenosos cinza-amarelados, arenitos finos com corpos de geometria lenticular ou com estratificação do tipo *hummocky*, que compõem um horizonte de

correlação regional relacionado à máxima inundação da Supersequência Gondwana I (SCHNEIDER *et al.*, 1974; MILANI *et al.*, 1997).

A Forma o Irati, de idade permiana,   subdividida em dois membros: Membro Taquaral (inferior), com espessuras na ordem de 10 a 20 metros ao longo da bacia, e Membro Assistência (superior), com aproximadamente 30 metros de espessura (SCHNEIDER *et al.*, 1974). O Membro Taquaral   composto por argilitos, folhelhos cinza-claros a cinza-escuro e siltitos, com lamina o plano-paralela (SCHNEIDER *et al.*, 1974; HACHIRO, 1991). O Membro Assistência apresenta uma sequência de folhelhos e siltitos cinza escuros, folhelhos pirobetuminosos alternados com dolomitos, com lamina o plano-paralela. Nas camadas carbonáticas há nódulos de sílex, marcas onduladas, lamina o cruzada, brechas intraformacionais, *hummocky* e oólitos (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

A Forma o Irati foi depositada em condi es de mar restrito, em contexto ambiental hipersalino. Sob tais condi es, acumularam-se carbonatos e evaporitos na porão norte, e folhelhos betuminosos na porão sul da bacia. Os folhelhos apresentam conteúdo orgânico significativo, qualificando-os como um gerador em potencial para acumula es petrolíferas (MILANI *et al.*, 1994).

A Forma o Teresina constitui-se por depósitos predominantemente pelíticos, depositados sob a o de ondas e marés. Apresenta, na porão basal, alternâncias de argilitos e folhelhos com siltitos e arenitos cinza-claros e, na porão superior, calcários e leitos de coquina. No domínio paulista da bacia, a Forma o Corumbataí, documentando um amplo sistema de planície de marés,   a equivalente litoestratigráfica da Forma o Teresina (SCHNEIDER *et al.*, 1974; MILANI *et al.*, 2007).

A Forma o Rio do Rasto   subdividida nos membros Serrinha (inferior) e Morro Pelado (superior), conforme proposto por Gordon Jr. (1947). Esta unidade representa um depósito de trato de mar alto (WARREN *et al.*, 2008), inserida no final da Supersequência Gondwana I.   composta, na base, por siltitos e arenitos finos esverdeados a arroxeados e, no topo, por argilitos e siltitos avermelhados com intercala es lenticulares de arenitos finos (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

A Forma o Pirambóia   caracterizada por arenitos médios a finos com intercala es de argilitos e siltitos, associados   fácies de duna, interduna e de len ois de areia, que apresentam intera o com depósitos de canais fluviais e plan cias de inunda o (CAETANO-CHANG, 1997). Segundo Soares & Fittipaldi (1992), a deposi o teria ocorrido em ambiente continental fluvial, passando para ambiente desértico no Triássico. No entanto,   importante levar em

consideração os estudos de Christofolletti *et al.* (2021), que atribui idade jurássica para a Formação Pirambóia, a partir da identificação de estruturas SSD compatíveis em tamanho com pegadas de dinossauros encontradas em configurações deposicionais análogas ao período.

#### **4.2. Supersequência Gondwana III**

A Supersequência Gondwana III compreende o intervalo em que se posicionam os sedimentos eólicos da Formação Botucatu e o magmatismo correlato à Formação Serra Geral (MILANI *et al.*, 2007). A unidade apresenta correspondência ao Grupo São Bento, definido por Schneider *et al.* (1974).

A Formação Botucatu é composta de arenitos avermelhados, finos a médios, com grãos bem arredondados e foscos. Apresentam estratificações cruzadas de médio a grande porte, além de estratificações plano-paralela e cruzada acanalada (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

A Formação Serra Geral, de idade cretácea, corresponde aos espessos derrames de lavas toleíticas e basálticas gerados pelo magmatismo fissural, sob o ambiente sedimentar e desértico da Formação Botucatu. Segundo Soares & Landim (1975), na região de estudos a Formação Serra Geral ocorre na forma de diques e soleiras de diabásio, com coloração cinza-escuro a preta.

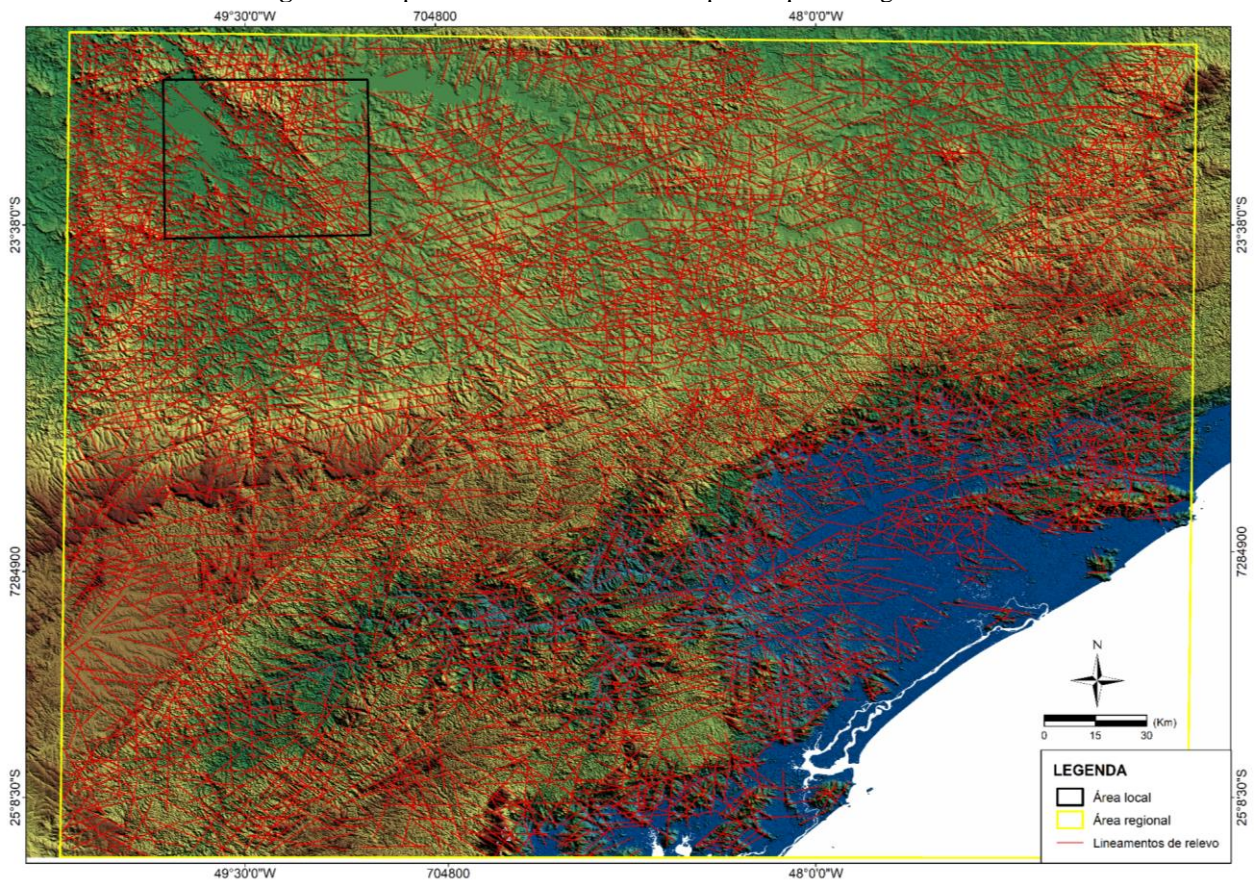
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Lineamentos estruturais

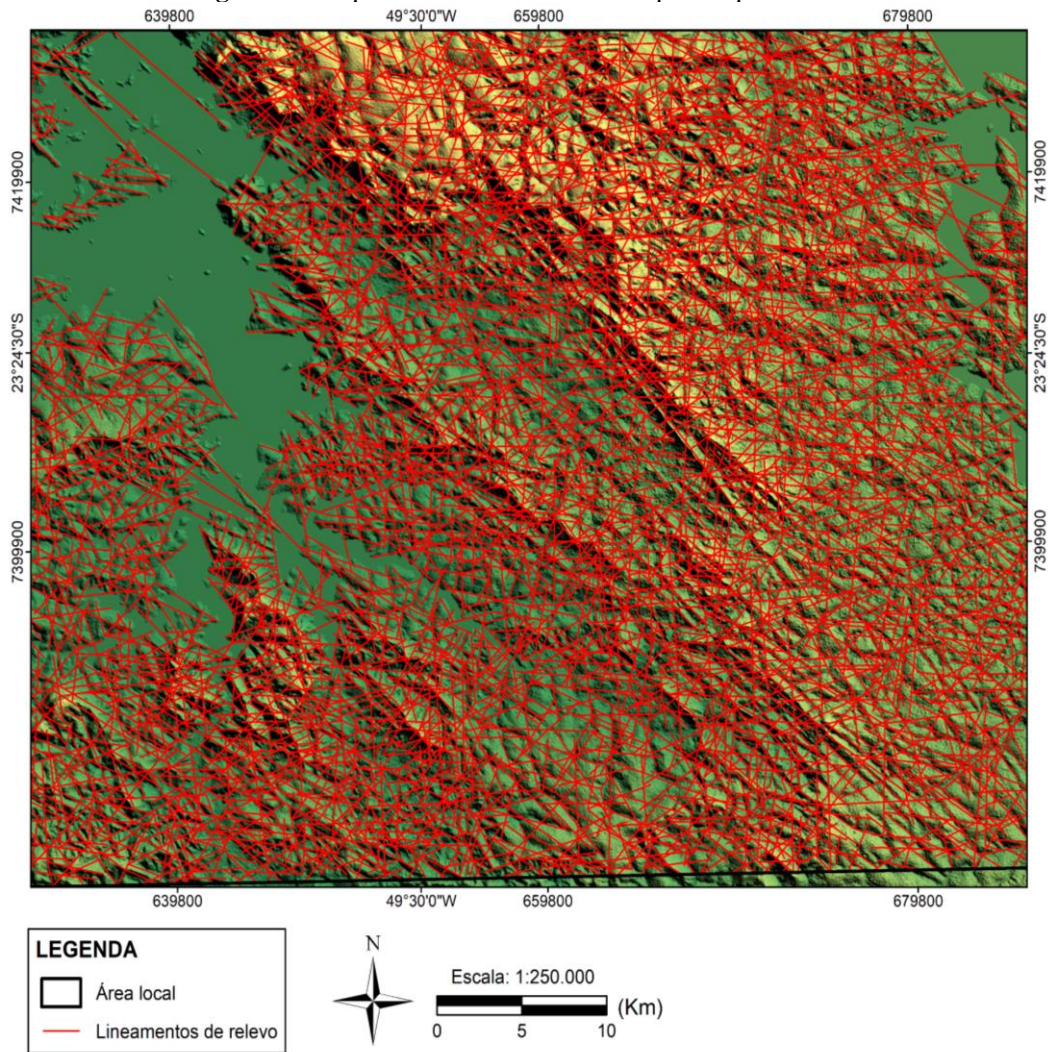
#### 5.1.1. Lineamentos de relevo

No total, foram extraídos 2977 lineamentos de relevo referentes ao quadro regional (Figura 9) da área de estudo. Para o quadro local (Figura 10), foco deste trabalho, traçaram-se 2624 lineamentos de relevo. Os lineamentos foram agrupados em classes, conforme as seguintes orientações: N-S (N0-N09E, N0-N09W), NNE-SSW (N10-25E), NE-SW (N26-70E), ENE-WSW (N71-80E), E-W (N81-90E, N81-90W), NNW-SSE (N10-25W), NW-SE (N26-70W) e WNW-ESE (N71-80W). Os diagramas de roseta de frequência e comprimento acumulados foram divididos em classes de 10° e elaborados para ambos os quadros.

**Figura 9:** Mapa de lineamentos de relevo para o quadro regional.

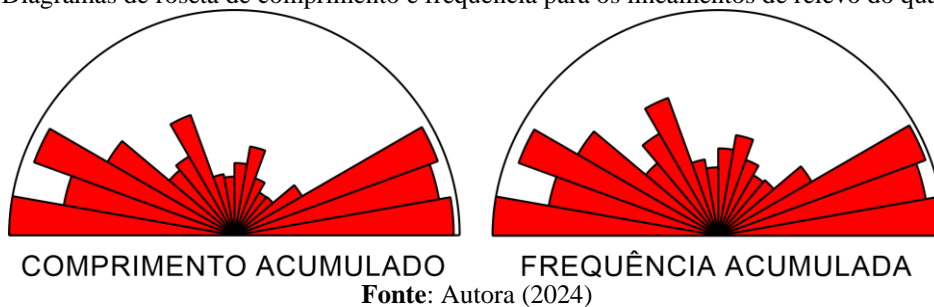


Fonte: Autora (2024).

**Figura 10:** Mapa de lineamentos de relevo para o quadro local.

**Fonte:** Autora (2024).

Os lineamentos referentes ao quadro regional foram separados em duas porções: bacia e embasamento. Na totalidade, o quadro regional é dominado pelas direções próximas à ENE-WSW e os lineamentos de direção NE-SW e NW-SE, que dominam, respectivamente, a porção cristalina e sedimentar. De forma menos expressiva ocorrem os lineamentos próximos a N-S. Os diagramas de roseta (figura 11), demonstram que os lineamentos orientados segundo N70-90E, N90W, N70W e N30W são os mais influentes na região.

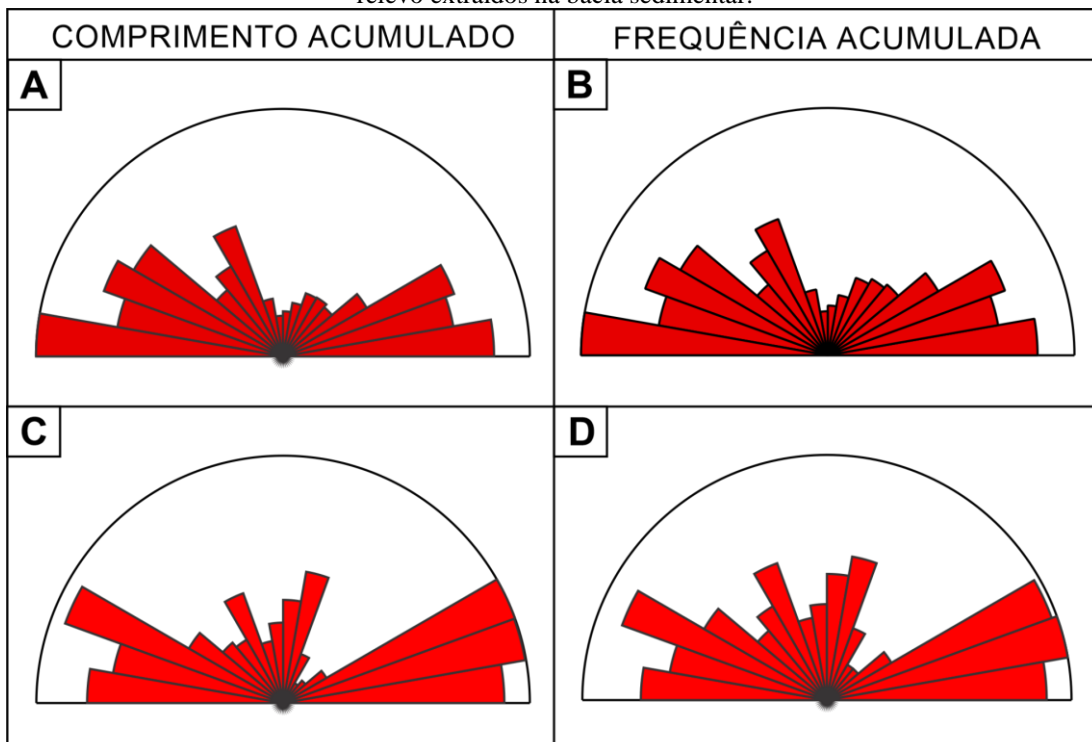
**Figura 11:** Diagramas de roseta de comprimento e frequência para os lineamentos de relevo do quadro regional.

Nos diagramas de roseta presentes na figura 12 A-B, é possível observar que no embasamento os diagramas de comprimento e frequência são semelhantes e exibem domínio em N90W, N90E, N60-80W e N30-40W. Neste caso, predominam os lineamentos de direção E-W, que apresentam relação com o Lineamento Paranapanema, estrutura representada por vários feixes de fraturas com traços principais orientados a E-W, indicados por lineações de drenagem e relevo ao longo do Vale do Rio Paranapanema, localizado na região NNE da área de estudo.

A porção sedimentar (figura 12 C-D) exibe domínio de comprimento acumulado entre N70-80E, N90E, N90W e N70W, e de frequência acumulada de N10-20E, N70-80E, N30W e N70W. Os traços N60 a N80E exercem grande influência na região e provavelmente estão correlacionados com a reativação de antigas zonas de cisalhamento ENE. Os lineamentos orientados em N60W apresentam relação com a direção preferencial do Lineamento Guapiara.

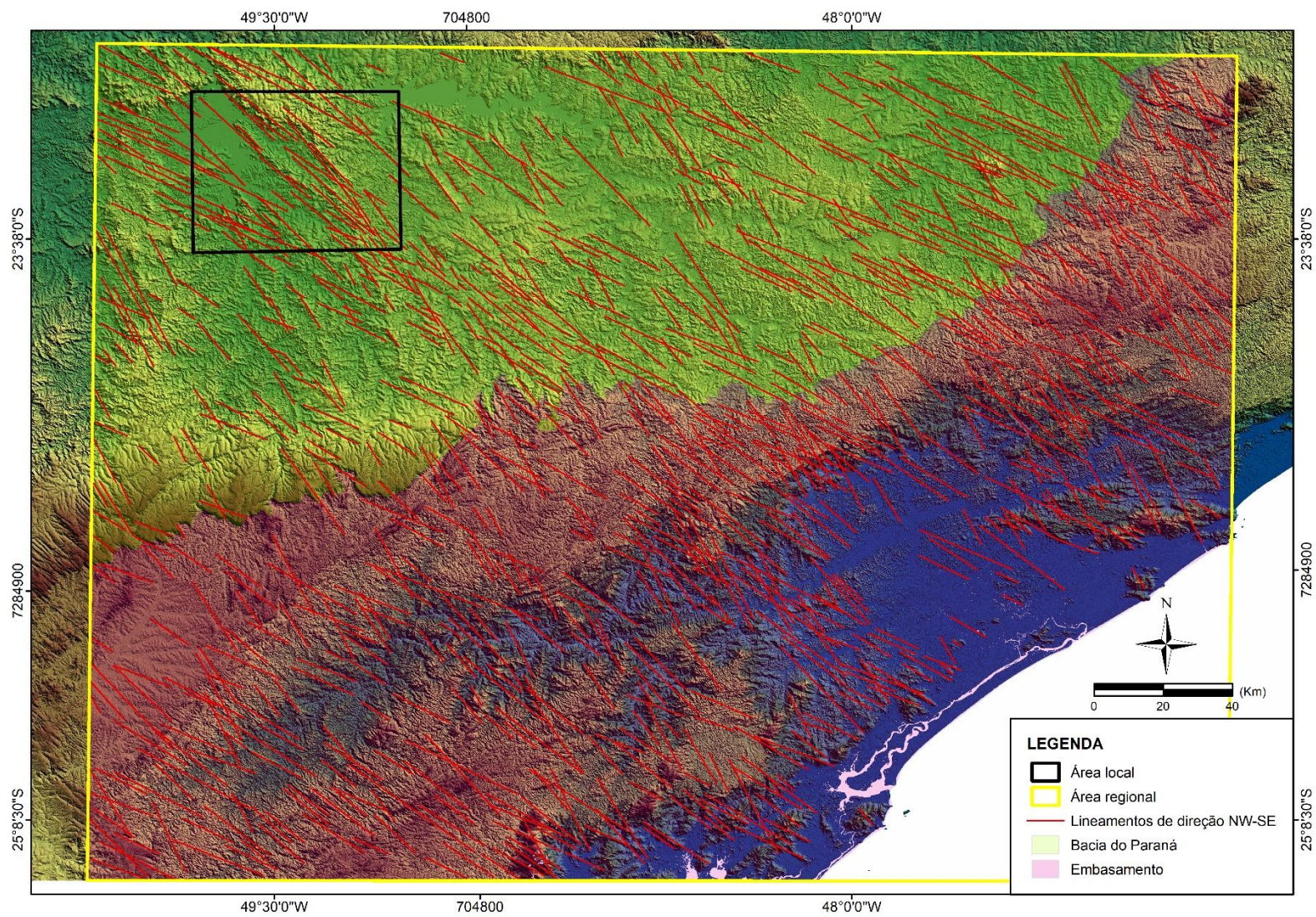
Nas figuras 13 a 20, estão os mapas de lineamentos de relevo regionais para cada orientação: NW-SE, NE-SW, E-W, ENE-WSW, NNE-SSW, NNW-SSE e WNW-ESE.

**Figura 12:** A e B) Diagramas de roseta de comprimento e frequência para os lineamentos de relevo extraídos no embasamento; C e D) Diagramas de roseta de comprimento e frequência acumulada para os lineamentos de relevo extraídos na bacia sedimentar.



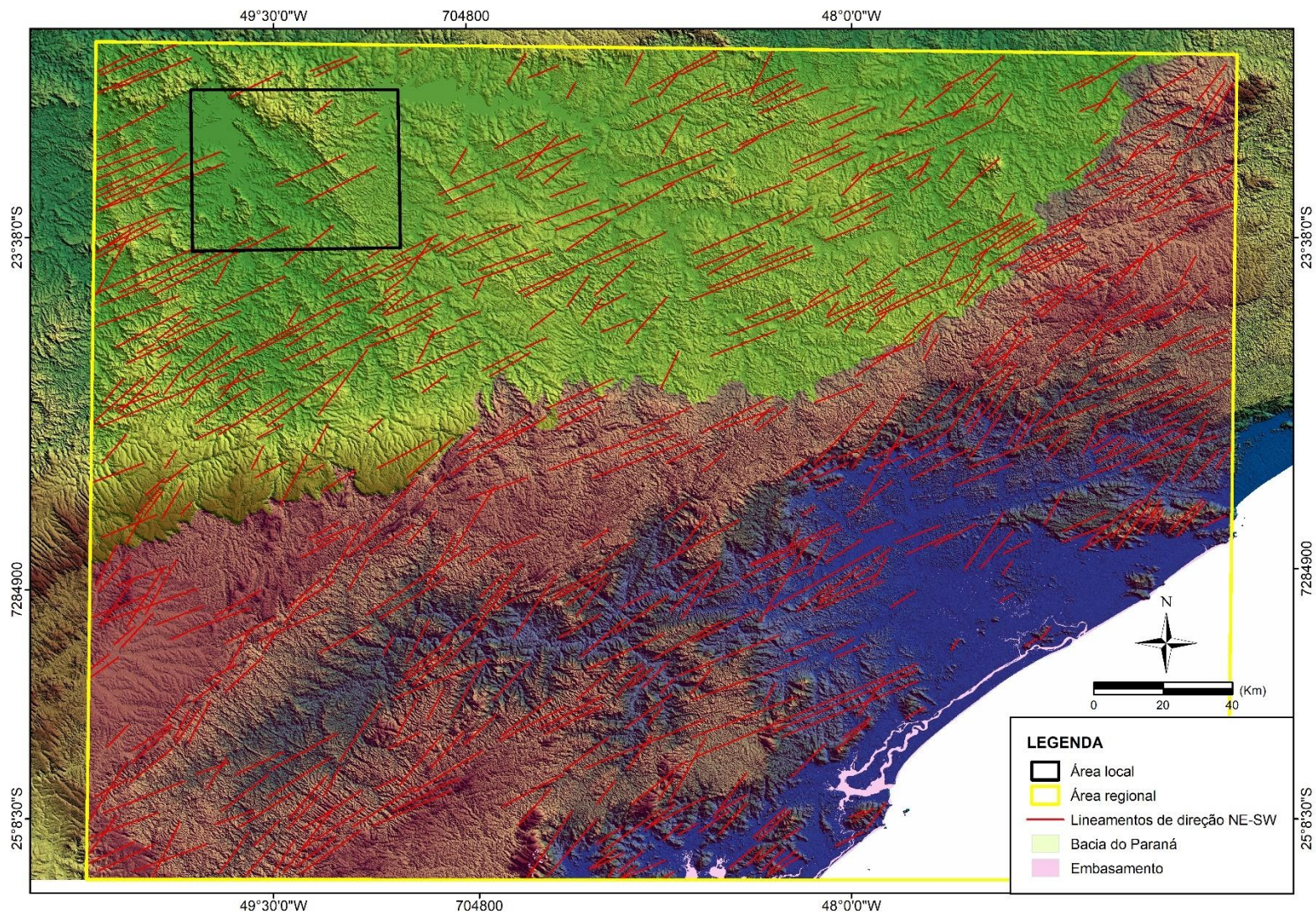
Fonte: Autora (2024).

**Figura 13:** Mapa de lineamentos de relevo NW-SE (quadro regional).



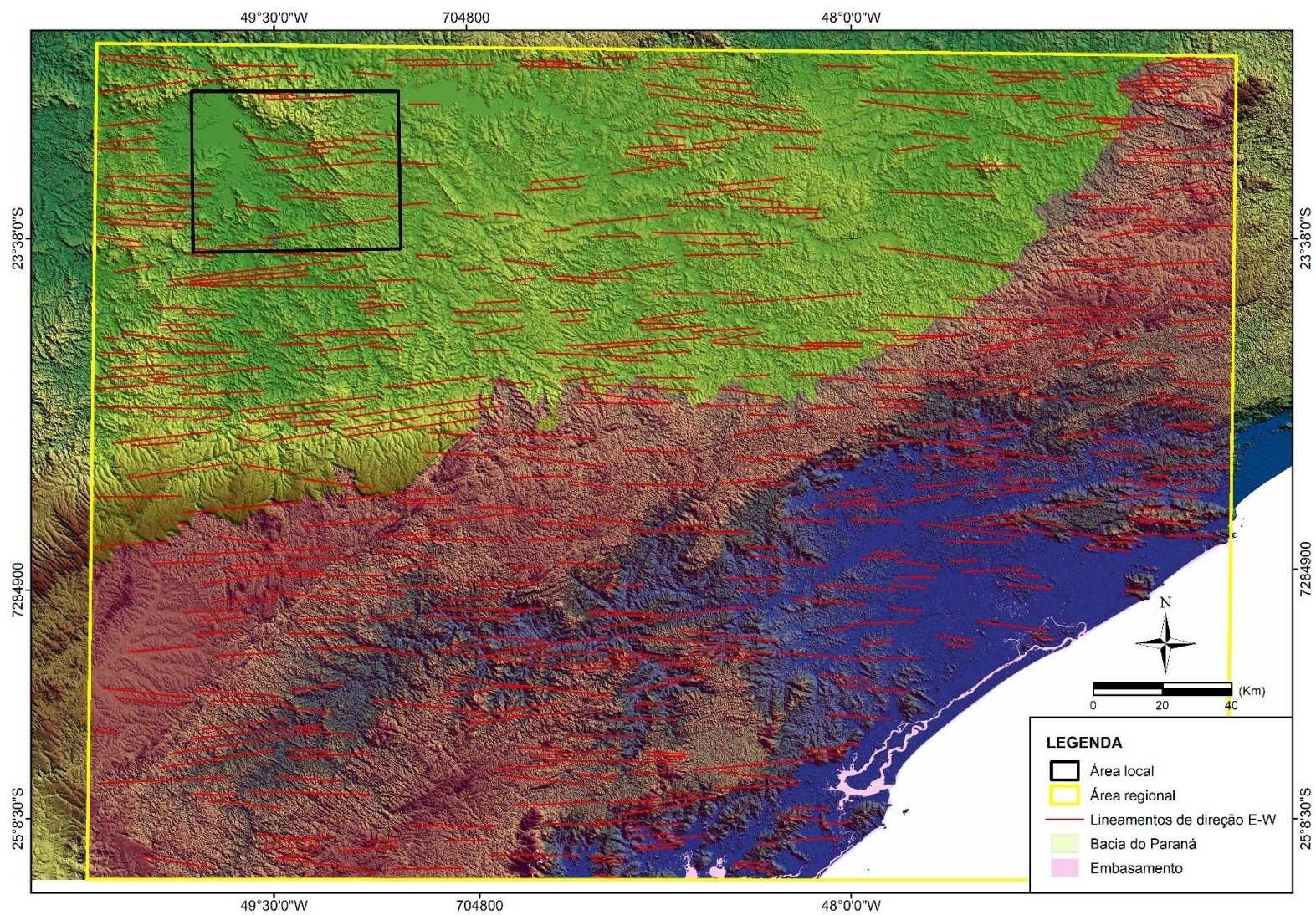
Fonte: Autora (2024).

**Figura 14:** Mapa de lineamentos de relevo NE-SW (quadro regional).



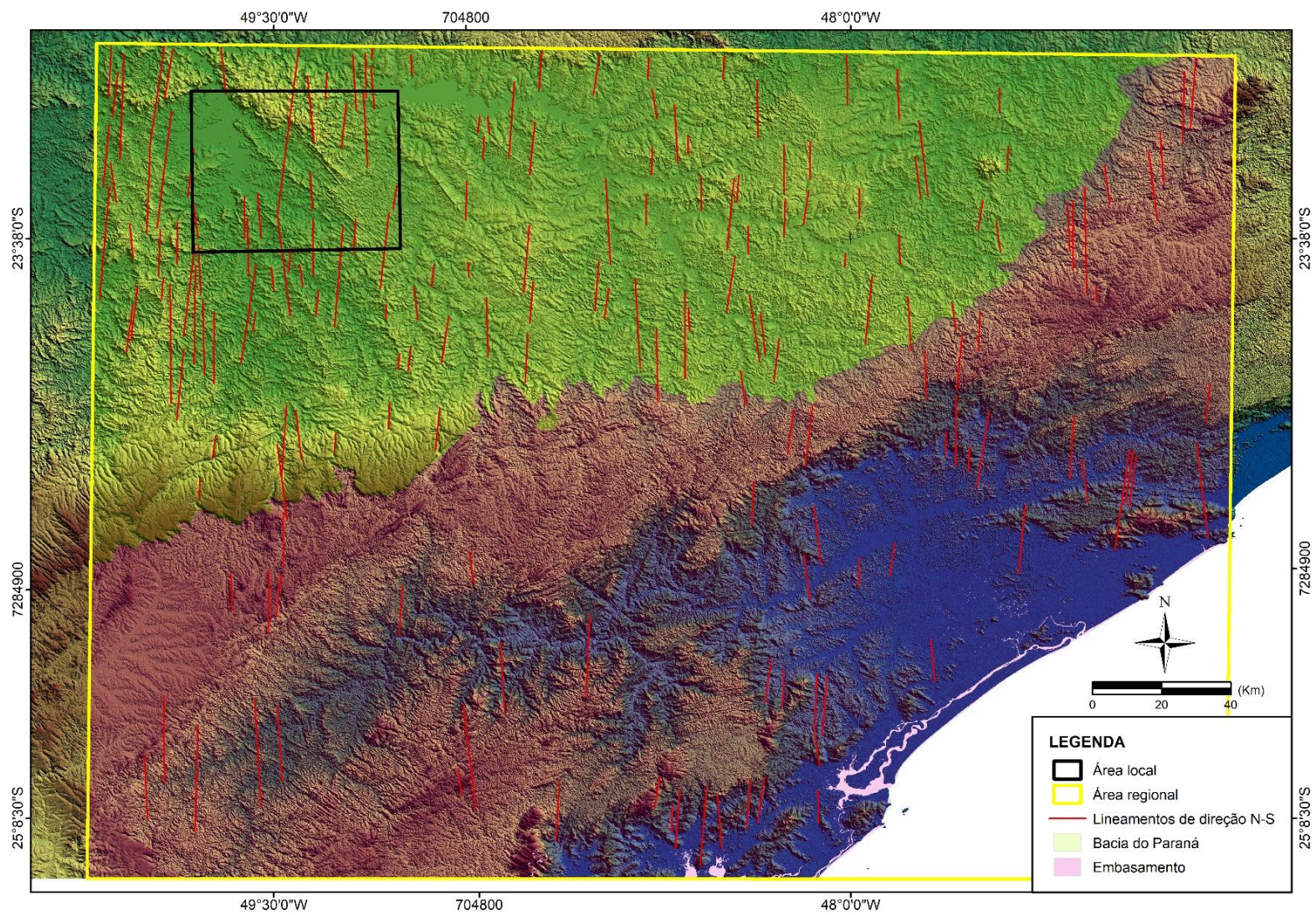
Fonte: Autora (2024).

**Figura 15:** Mapa de lineamentos de relevo E-W (quadro regional).



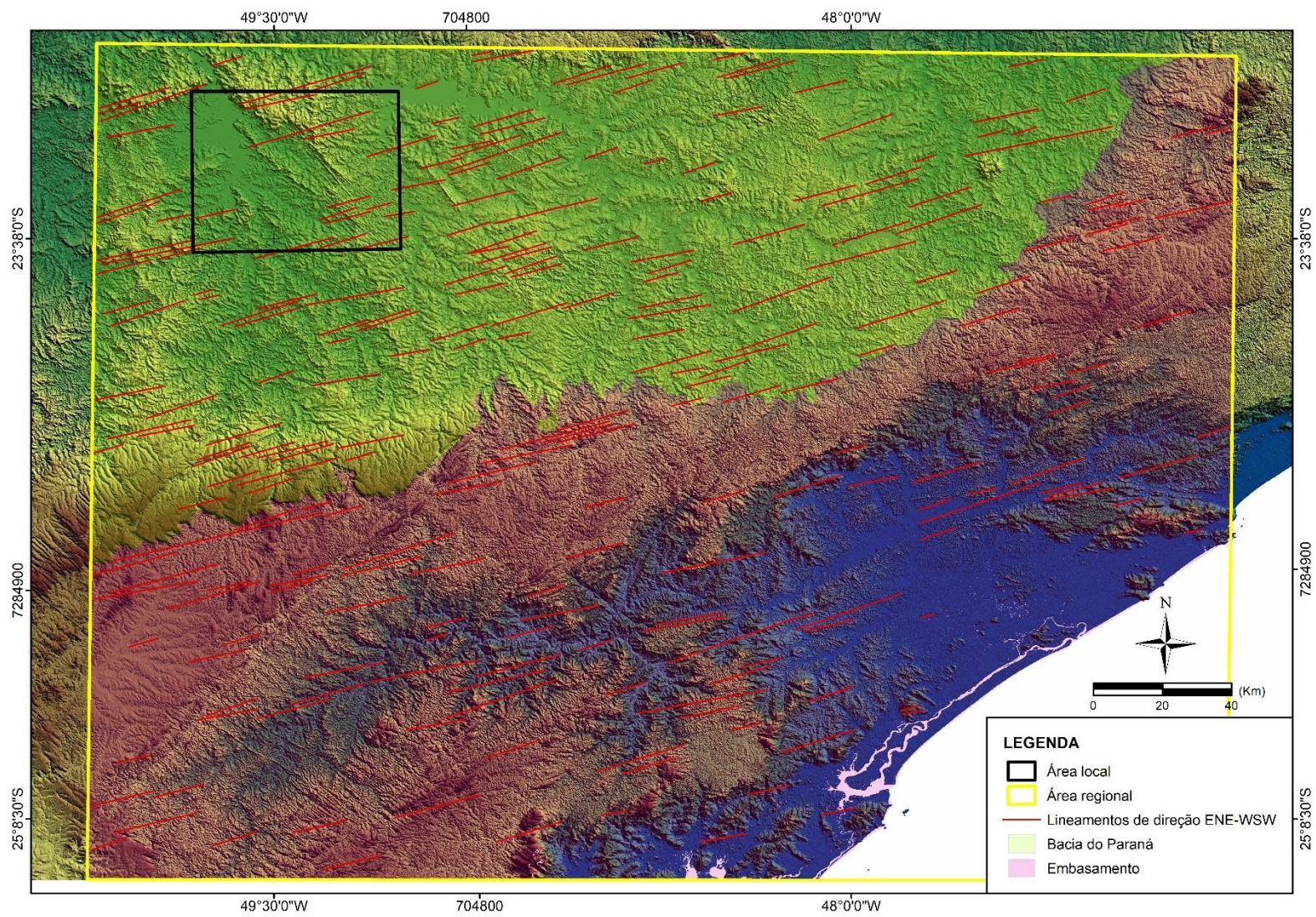
Fonte: Autora (2024).

**Figura 16:** Mapa de lineamentos de relevo N-S (quadro regional).



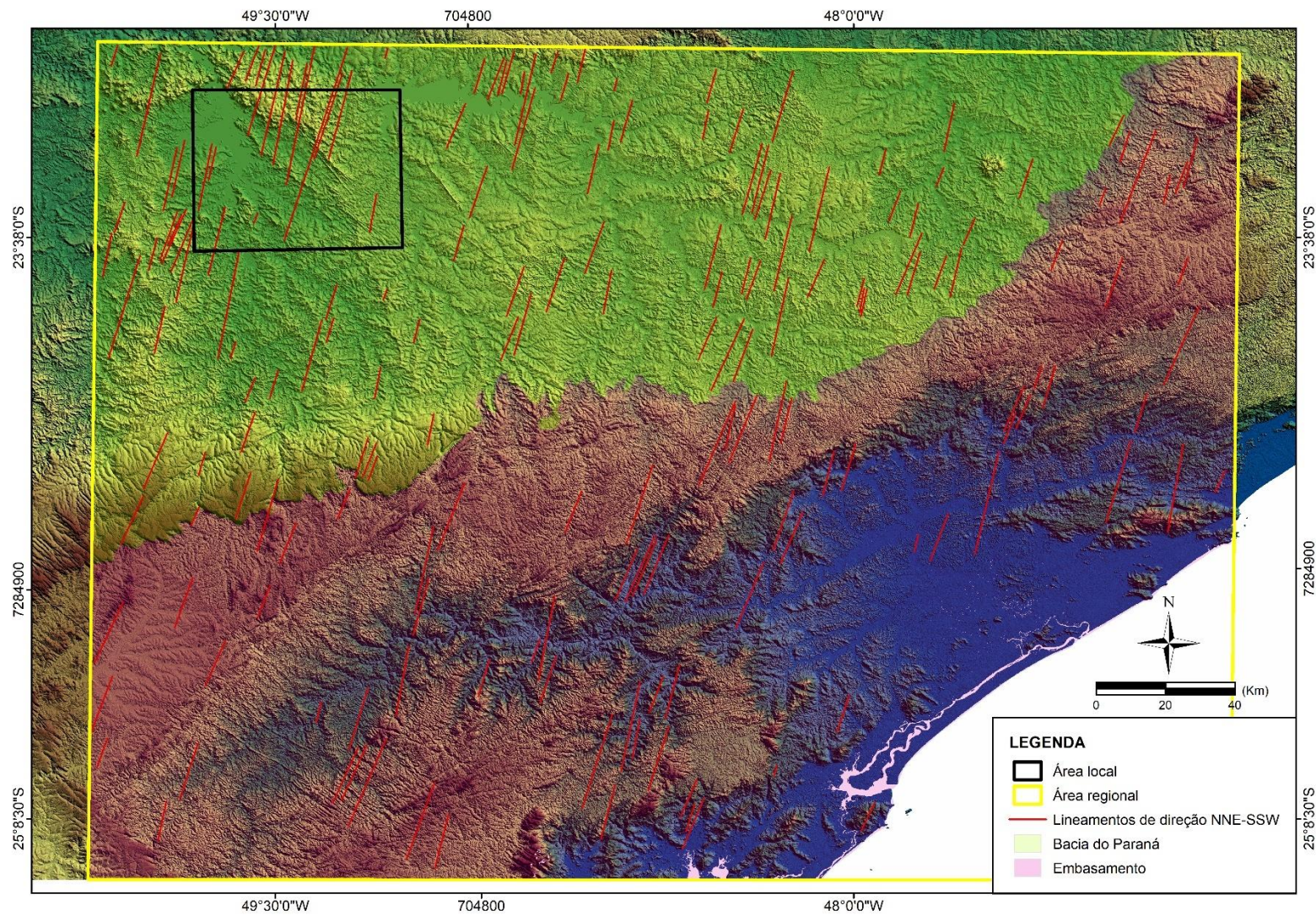
Fonte: Autora (2024).

**Figura 17:** Mapa de lineamentos de relevo ENE-WSW (quadro regional).



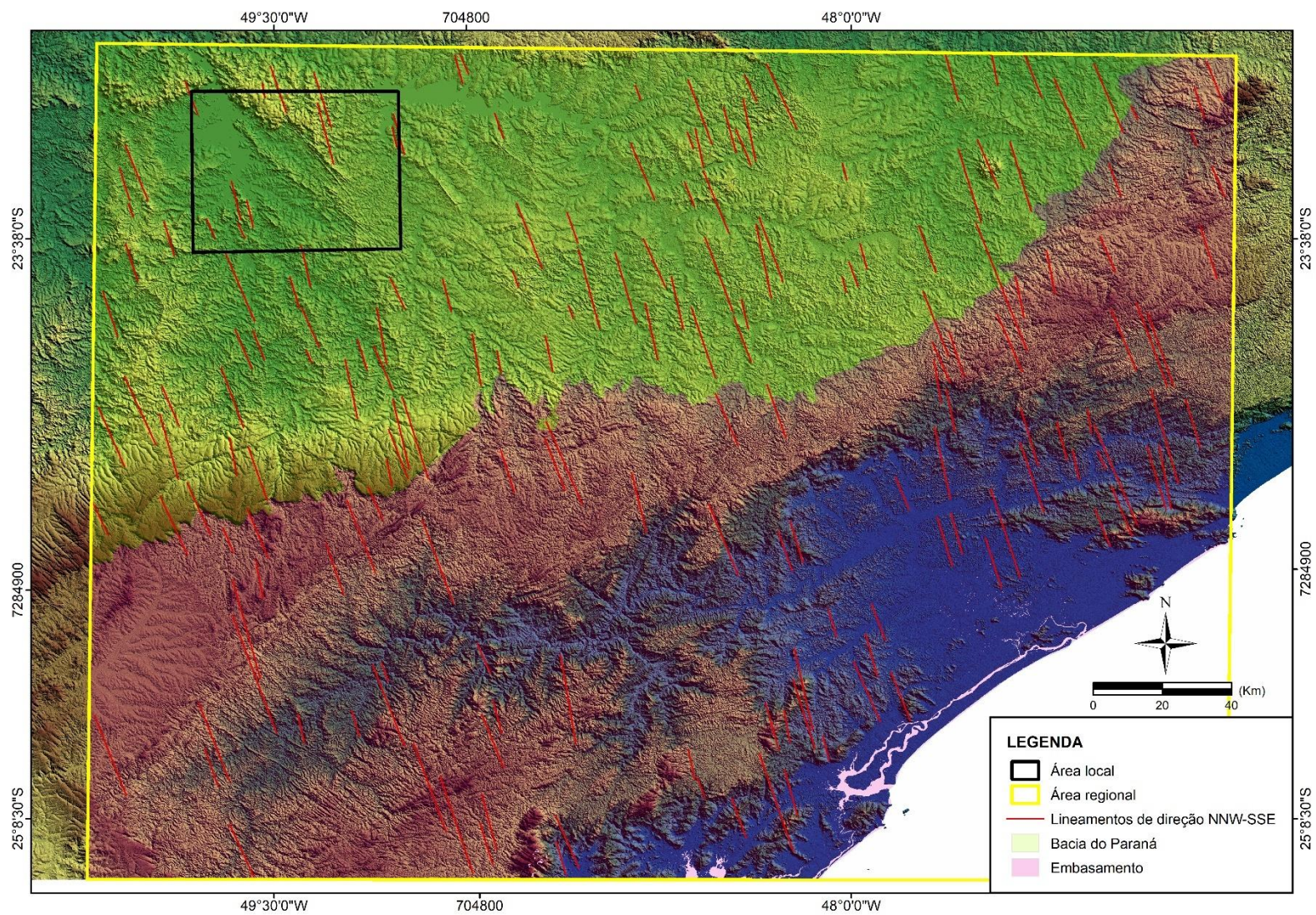
Fonte: Autora (2024).

**Figura 18:** Mapa de lineamentos de relevo NNE-SSW (quadro regional).



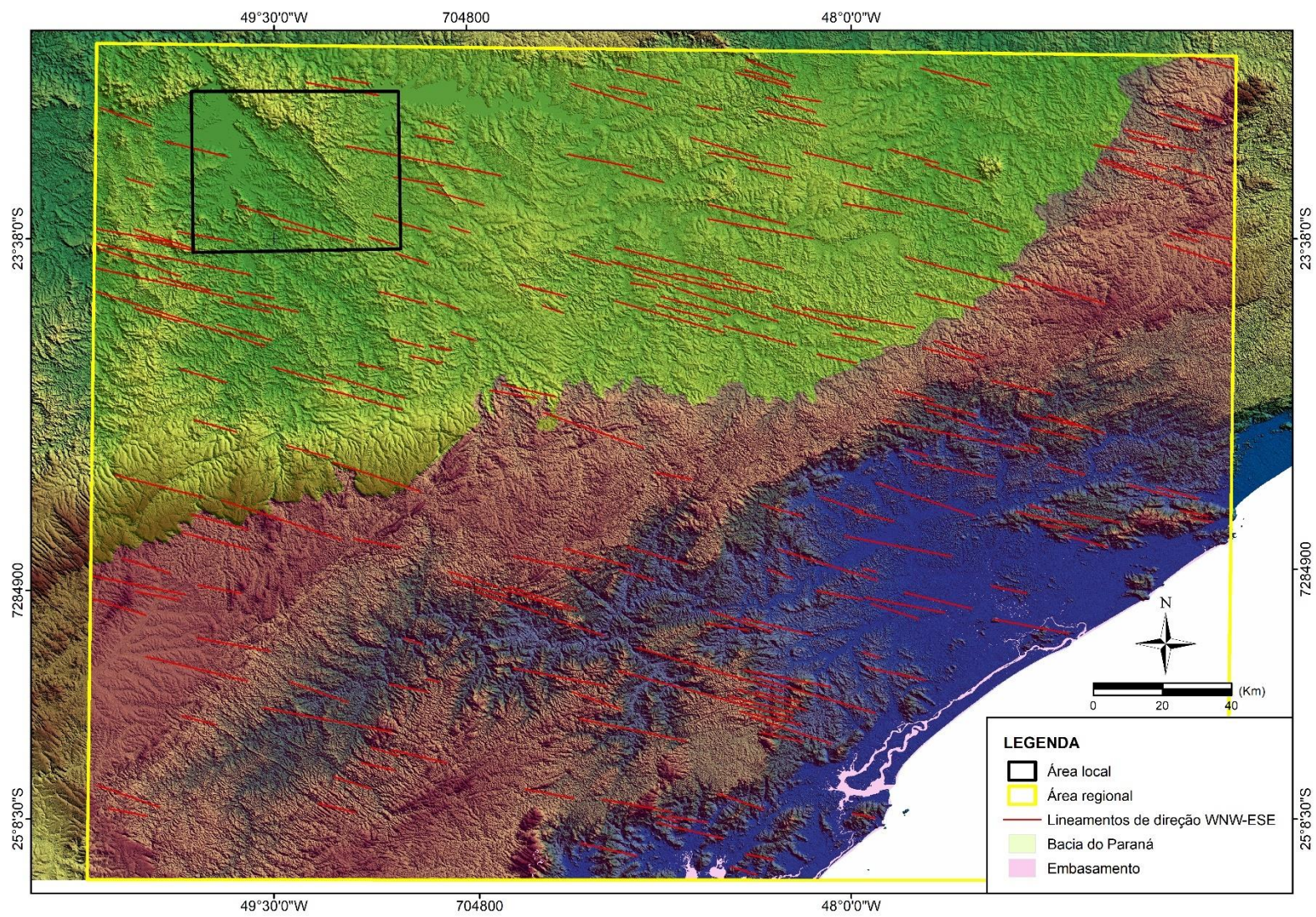
Fonte: Autora (2024).

**Figura 19:** Mapa de lineamentos de relevo NNW-SSE (quadro regional).



Fonte: Autora (2024).

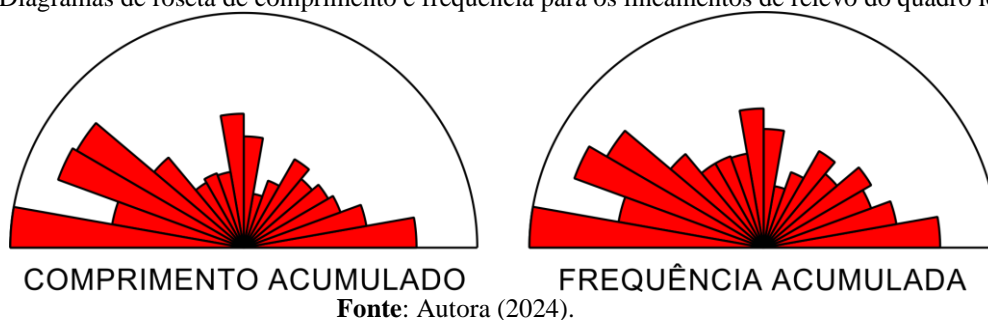
**Figura 20:** Mapa de lineamentos de relevo WNW-ESE (quadro regional).



Fonte: Autora (2024).

O quadro local apresenta domínio dos lineamentos de relevo de direção E-W, NW-SE, seguido por N-S e NE-SW. As rosetas (Figura 21) indicam um padrão marcante em N60-70W e forte influência das feições E-W em N90W. Nas figuras 23 a 30, estão os mapas de lineamentos de relevo locais para cada orientação: NW-SE, NE-SW, E-W, ENE-WSW, NNE-SSW, NNW-SSE e WNW-ESE.

**Figura 21:** Diagramas de roseta de comprimento e frequência para os lineamentos de relevo do quadro local.



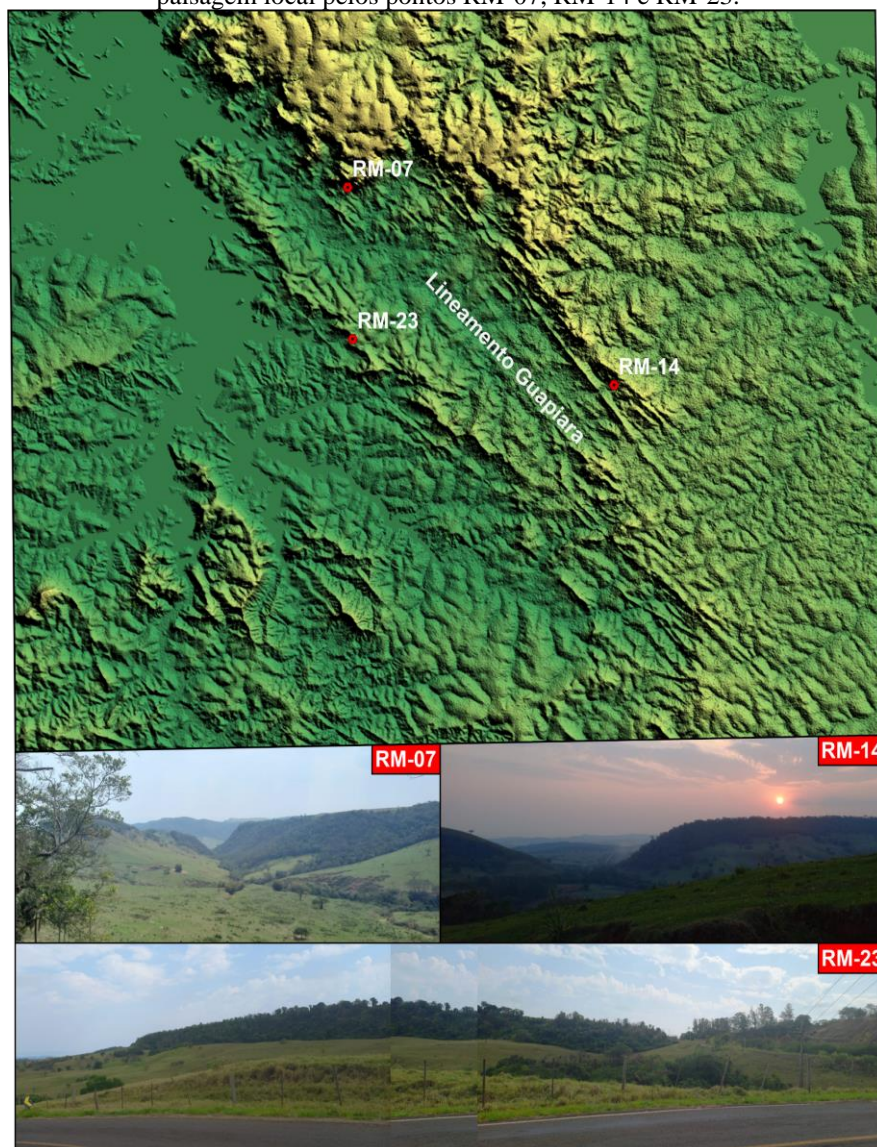
As zonas de falhas de direção E-W correspondem à direção Paranapanema (SOARES, 1991) e estão relacionados à primeira abertura triássica do Atlântico Sul, influenciando a configuração estrutural da Bacia do Paraná desde então (ZALÁN *et al.*, 1990). Durante o Permiano, existiu um alto na região de Fartura, que atuou como uma barreira geográfica onde a inversão de mergulhos está associada à presença de assembleias fósseis distintas (FÚLFARO, 1974). No Neógeno, os estresses de direção E-W levaram à reativação de estruturas WNW-ESE como falhas normais ao longo do Lineamento Guapiara (MACHADO JR., 2000).

As falhas com orientação NW-SE foram fortemente reativadas durante o neo-jurássico e eo-cretáceo, associadas com o quebramento do Gondwana. São caracterizados pelo seu padrão retilíneo e o preenchimento por diques de diabásio. Esses lineamentos foram muito ativos durante a deposição das sequências silurianas e devonianas, assim como no tempo Itararé (ZALÁN *et al.*, 1991).

Os lineamentos NE-SW são derivados de cinturões brasileiros que afloram nas margens leste e sudeste da Bacia do Paraná, estendendo-se sob ela através da sua porção meridional. Esses lineamentos representam heranças do embasamento pré-cambriano e apresentaram alta atividade durante a deposição da Formação Rio Bonito (ZALÁN *et al.*, 1991). As estruturas NE e ENE são reflexo dos estágios finais da deformação eo-cambriana, que gerou grande deslocamento lateral de blocos mediante zonas de cisalhamento (CAMPANHA *et al.*, 1993)

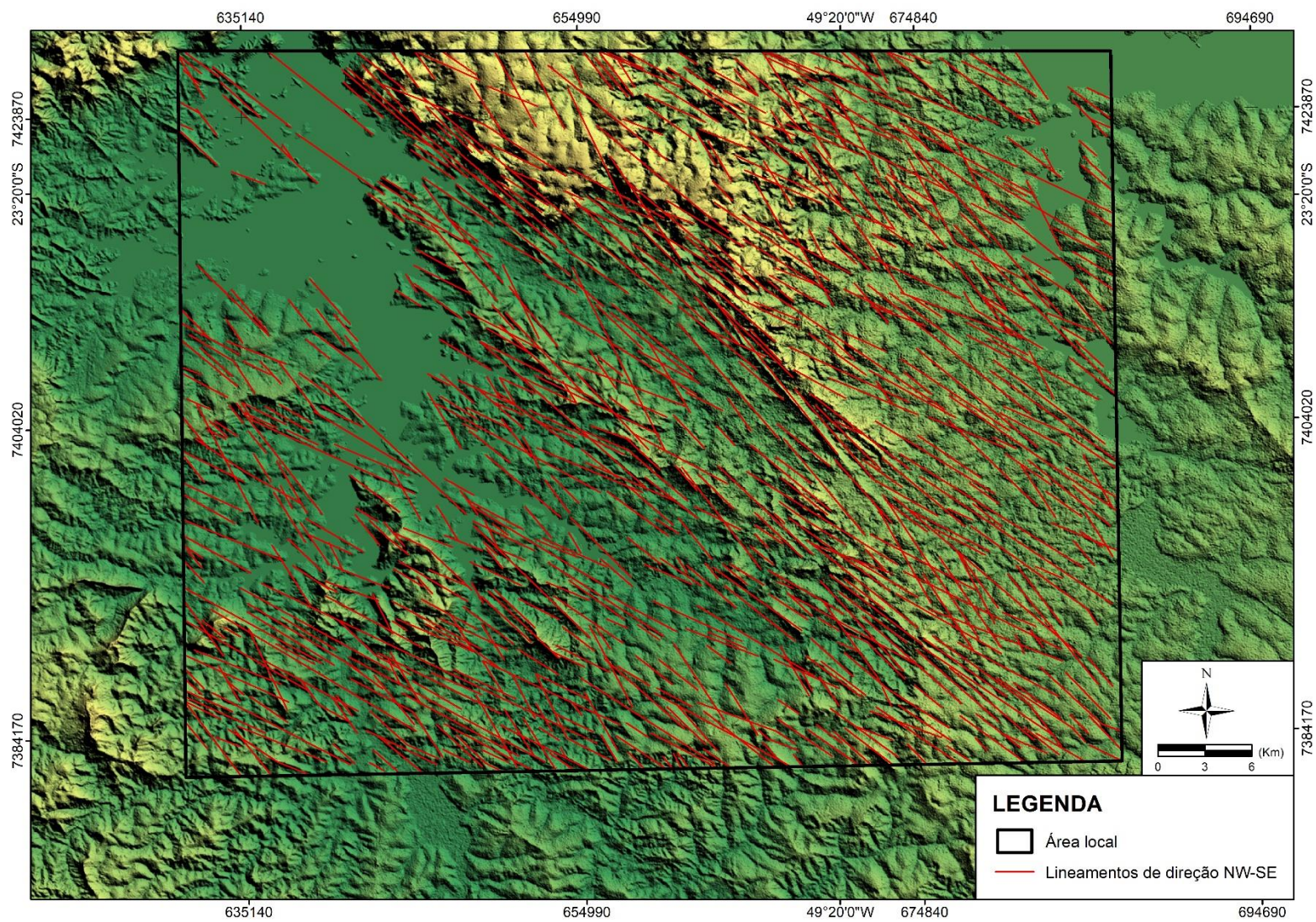
Segundo Zaine (1980) e Bergamo & Almeida (2006), a região de Fartura é caracterizada por cuestas basálticas, dispostas numa linha que se estende do sudoeste a noroeste do estado de São Paulo, que se destacam pela presença de escarpas, sendo uma das unidades geomorfológicas a Cuesta de Fartura. As cuestas apresentam escarpas abruptas, com altitudes de 600 a 900 m, sustentadas por sills, diques, derrames basálticos e também pelos arenitos da Formação Botucatu. A região de Fartura é caracterizada por cuestas festonadas, colinas amplas a médias, morretes alongados, paralelos e espigões. Os falhamentos na região estão associados aos diques que orientaram a morfologia do relevo atual, bem reconhecido na Serra de Fartura, onde foram mapeados os pontos RM-07, RM-14 e RM-23 (Figura 22).

**Figura 22:** Demonstração do controle do Lineamento Guapiara na geomorfologia local através da observação da paisagem local pelos pontos RM-07, RM-14 e RM-23.



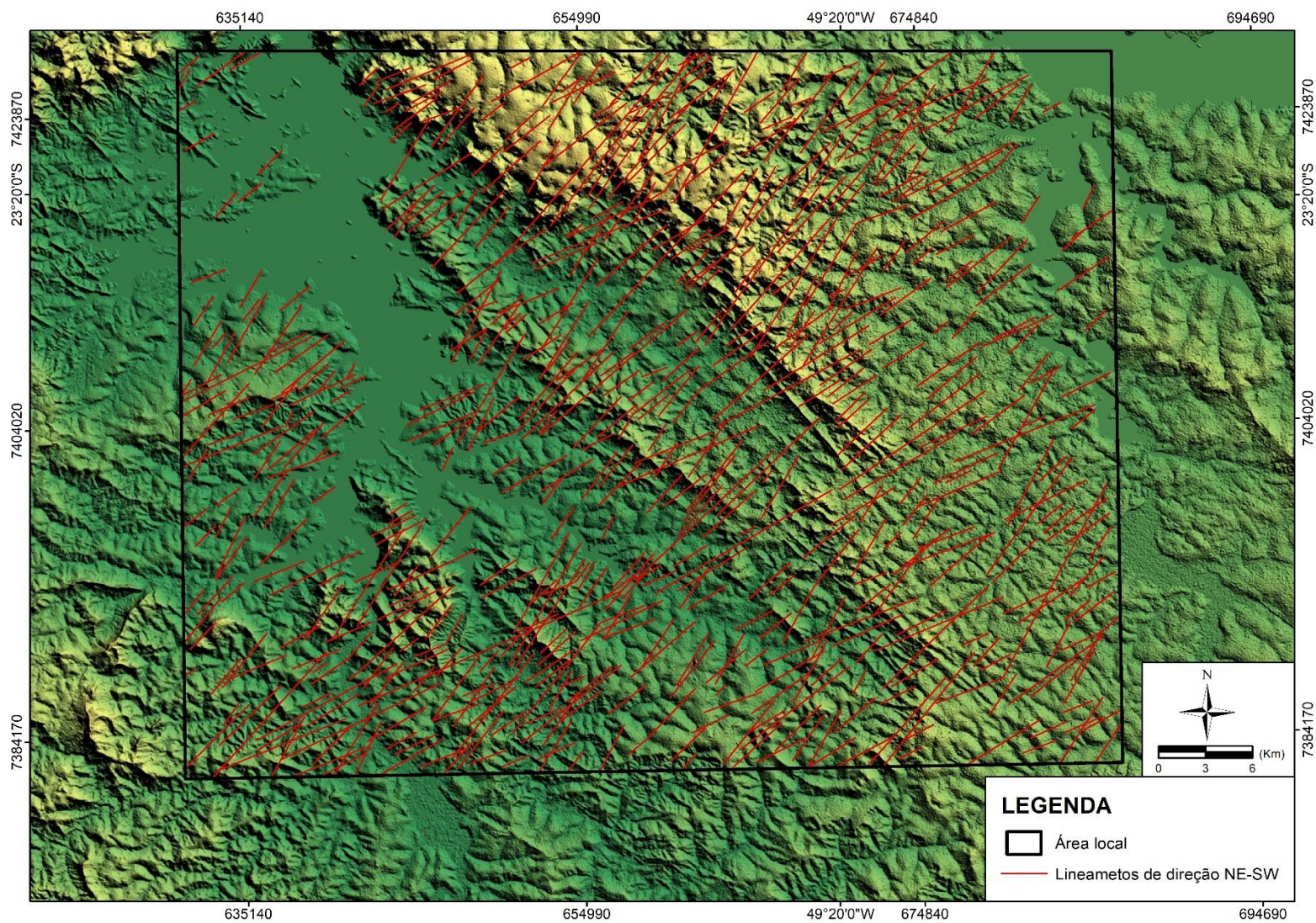
Fonte: Autora (2024).

**Figura 23:** Mapa de lineamentos de relevo de direção NW-SE (quadro local).



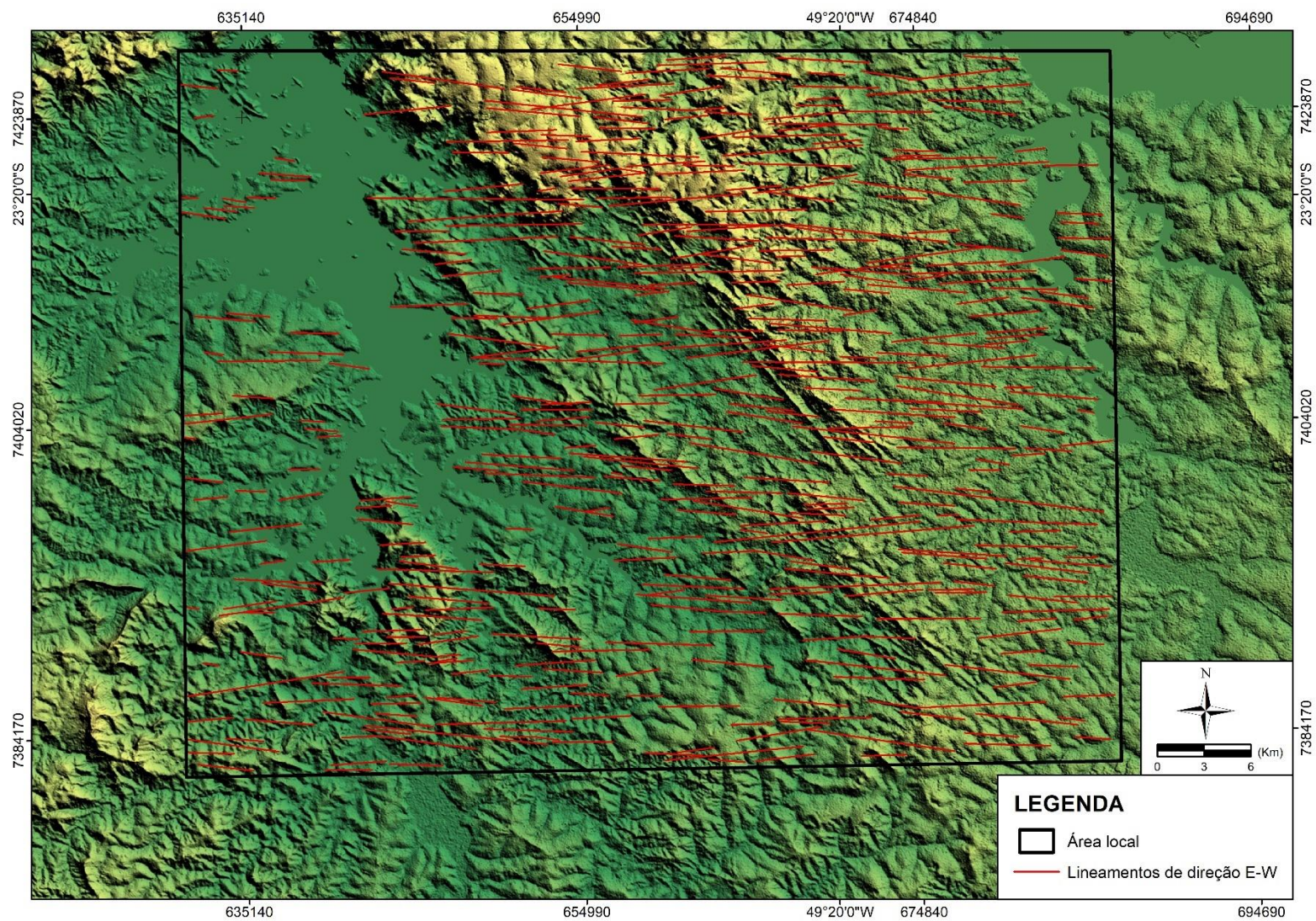
Fonte: Autora (2024).

**Figura 24:** Mapa de lineamentos de relevo de direção NE-SW (quadro local).



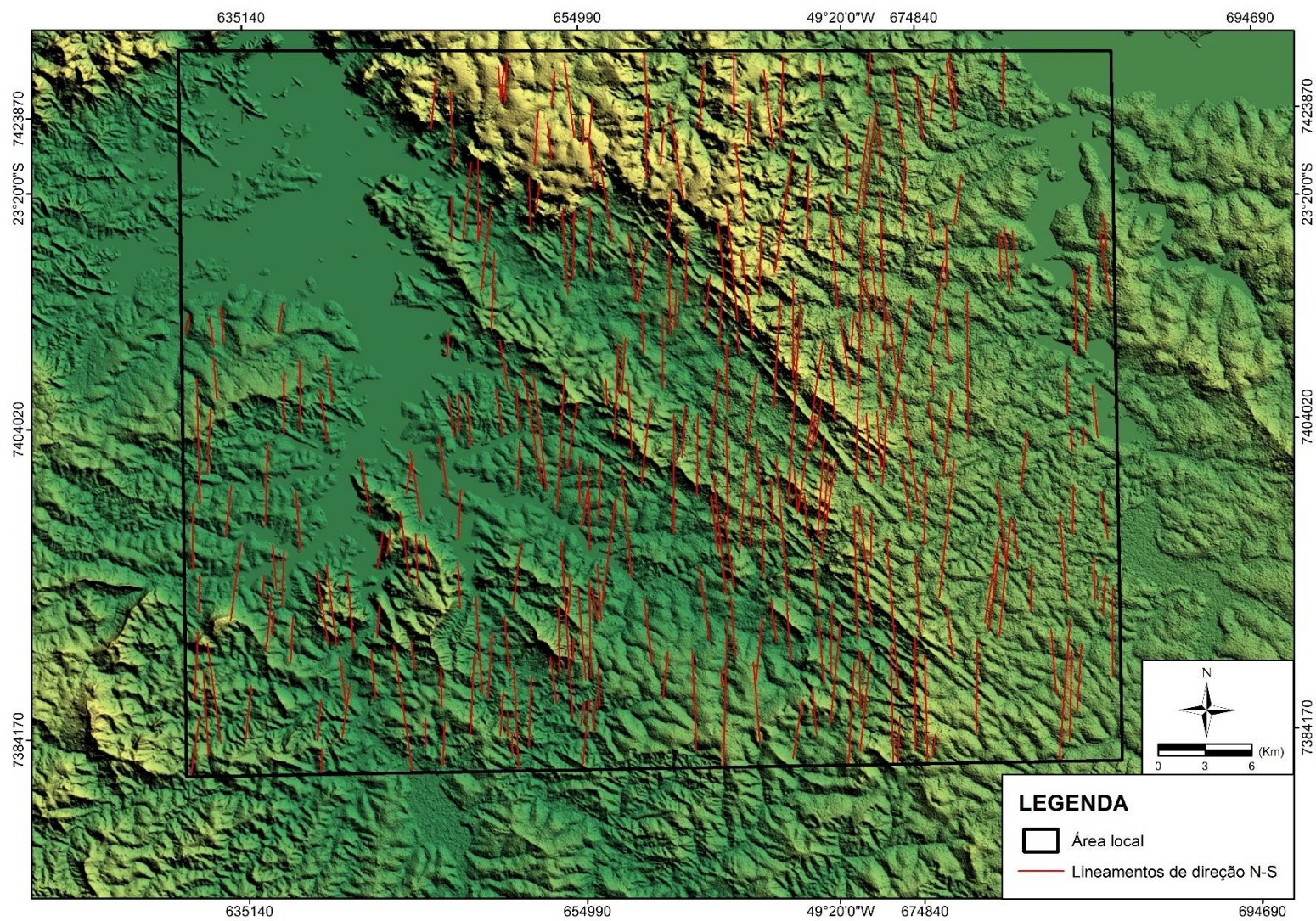
Fonte: Autora (2024).

**Figura 25:** Mapa de lineamentos de relevo de direção E-W (quadro local).



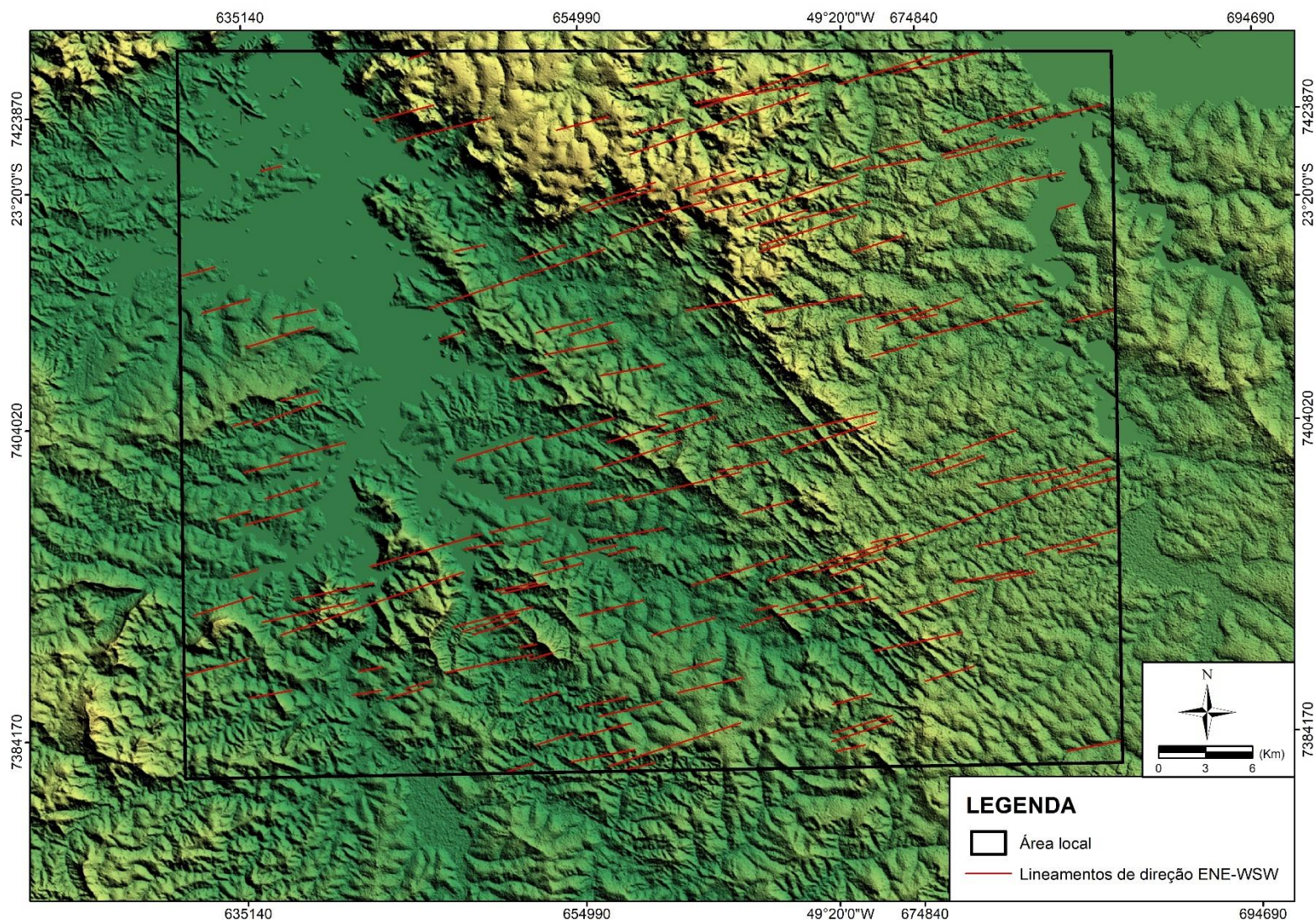
Fonte: Autora (2024).

**Figura 26:** Mapa de lineamentos de relevo de direção N-S (quadro local).



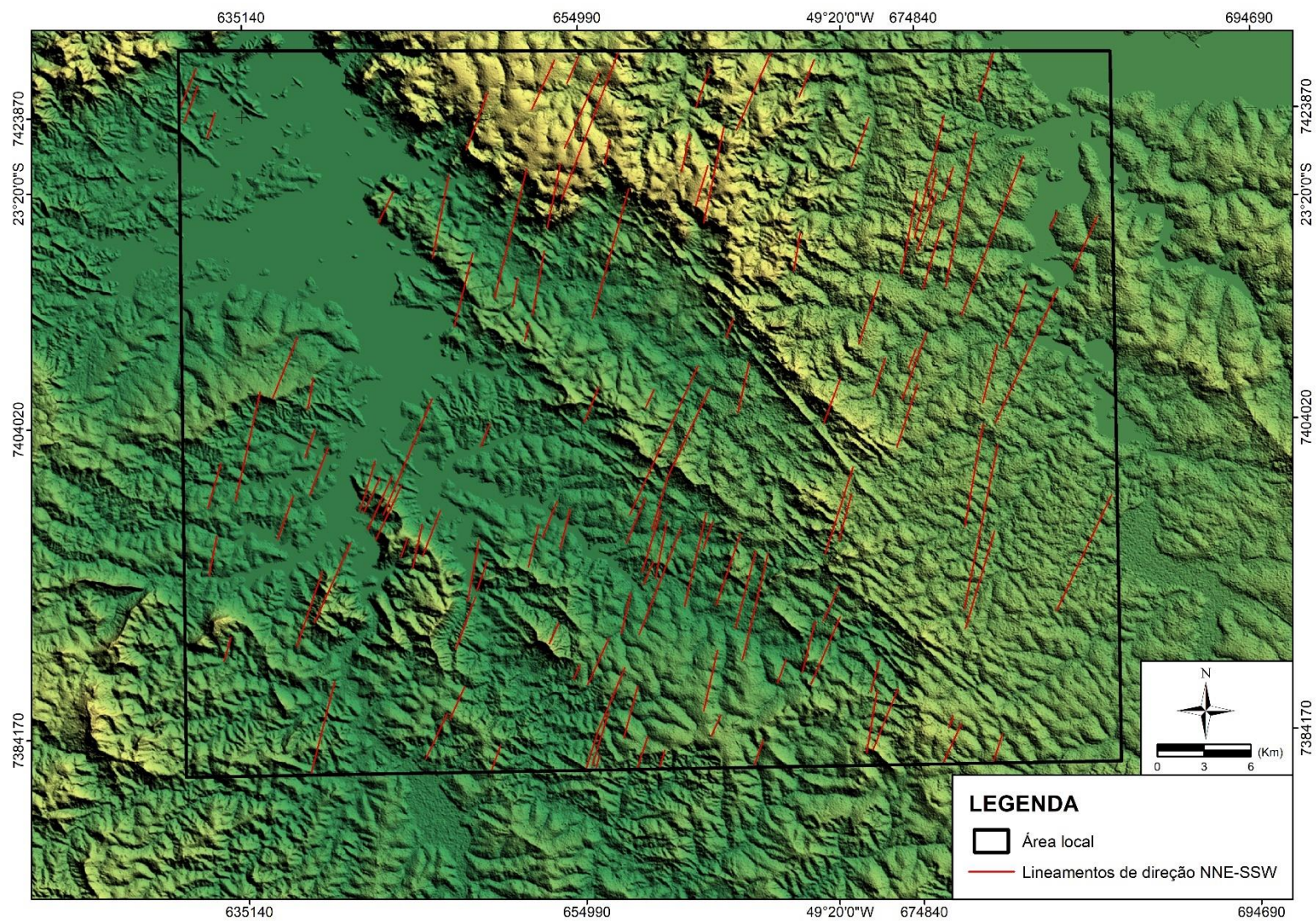
Fonte: Autora (2024).

**Figura 27:** Mapa de lineamentos de relevo de direção ENE-WSW (quadro local).



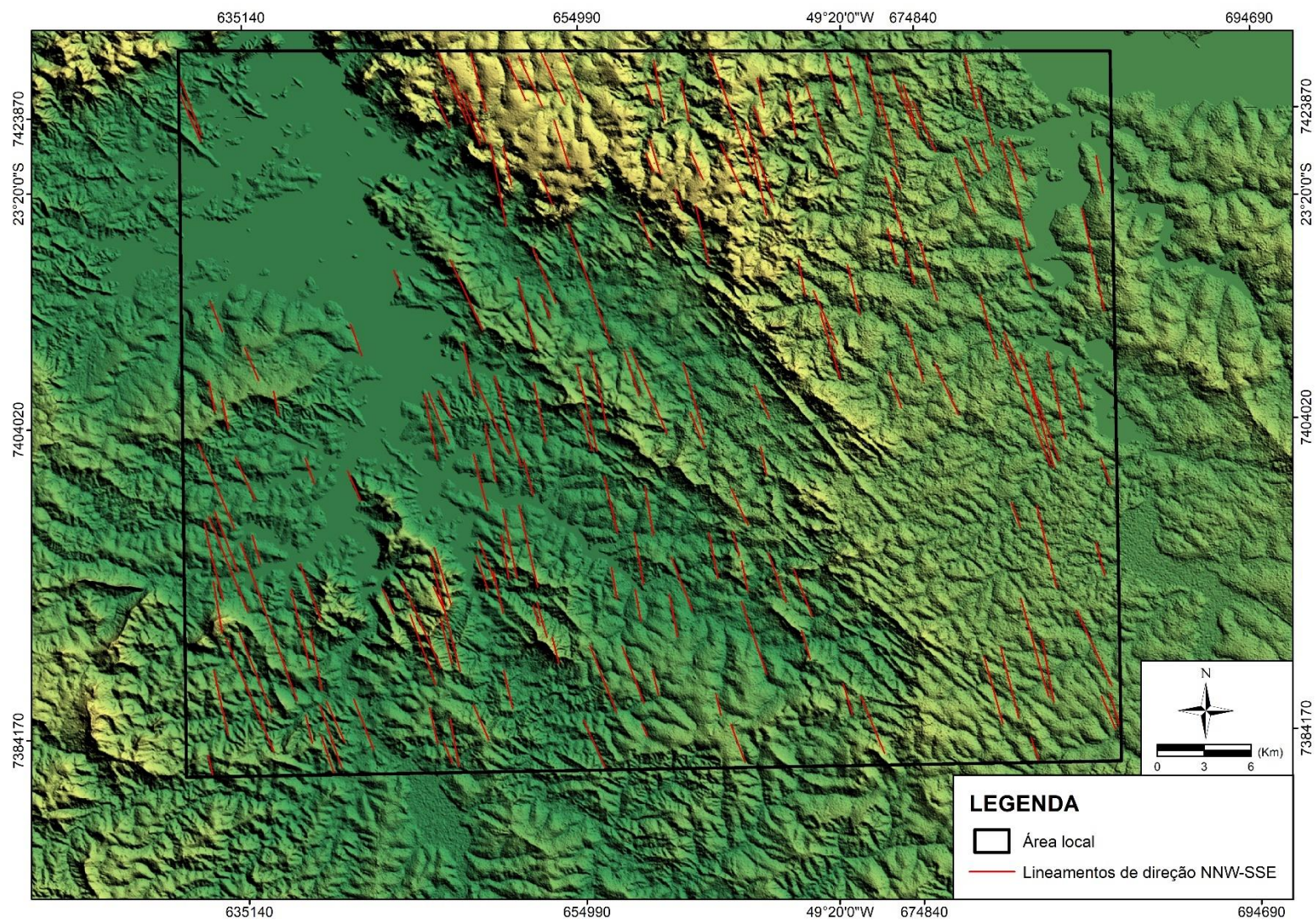
Fonte: Autora (2024).

**Figura 28:** Mapa de lineamentos de relevo de direção NNE-SSW (quadro local).



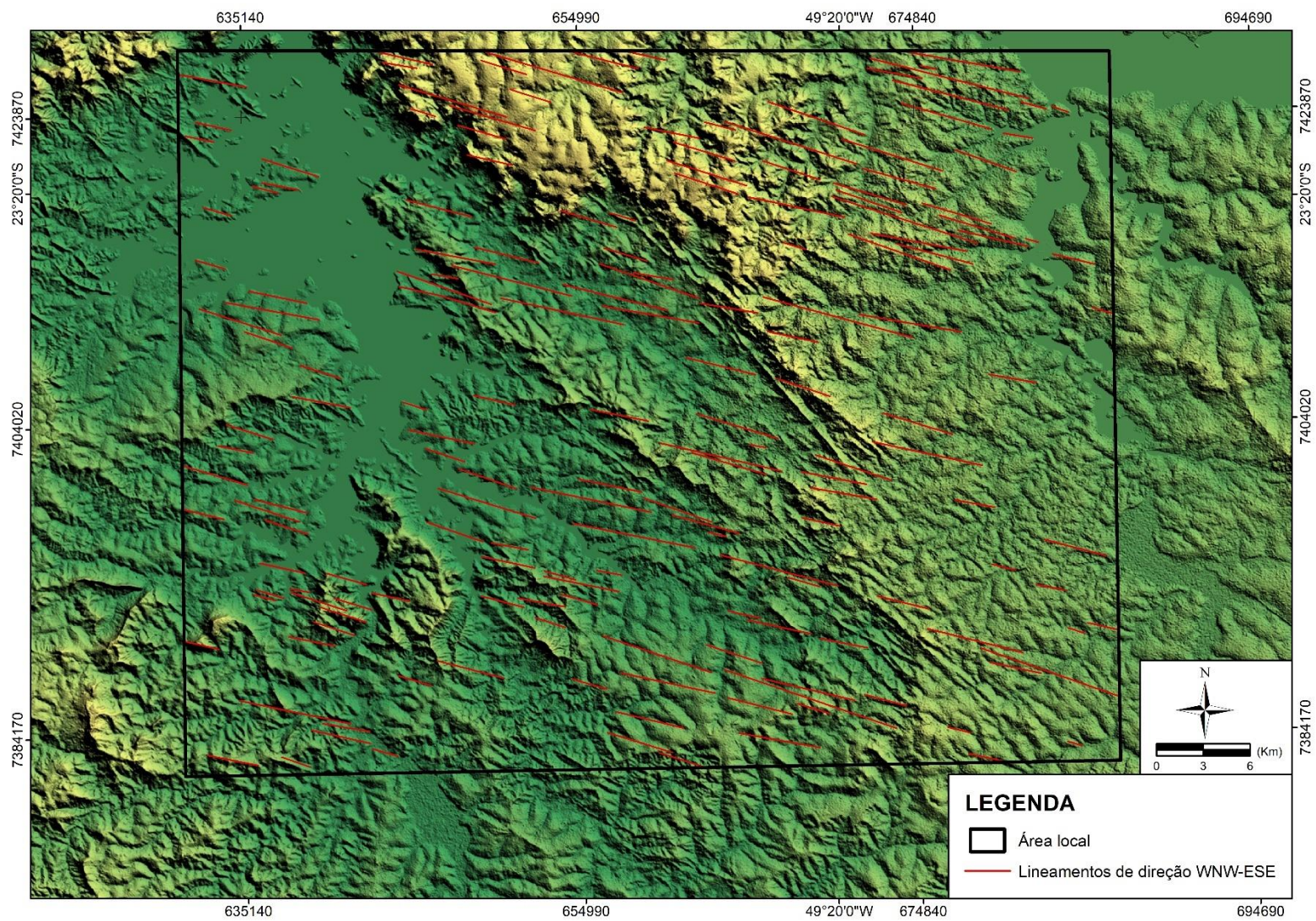
Fonte: Autora (2024).

**Figura 29:** Mapa de lineamentos de relevo de direção NNW-SSE (quadro local).



Fonte: Autora (2024).

**Figura 30:** Mapa de lineamentos de relevo de direção WNW-ESE (quadro local).

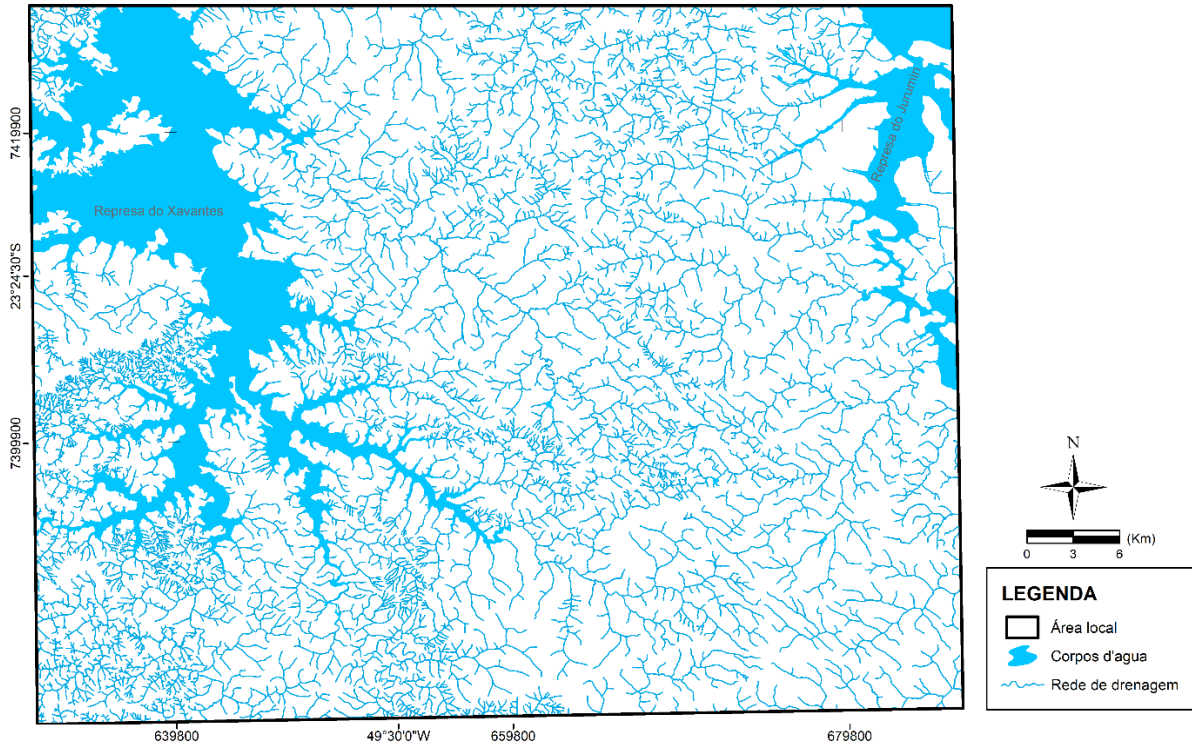


Fonte: Autora (2024).

### 5.1.2. Lineamentos de drenagem

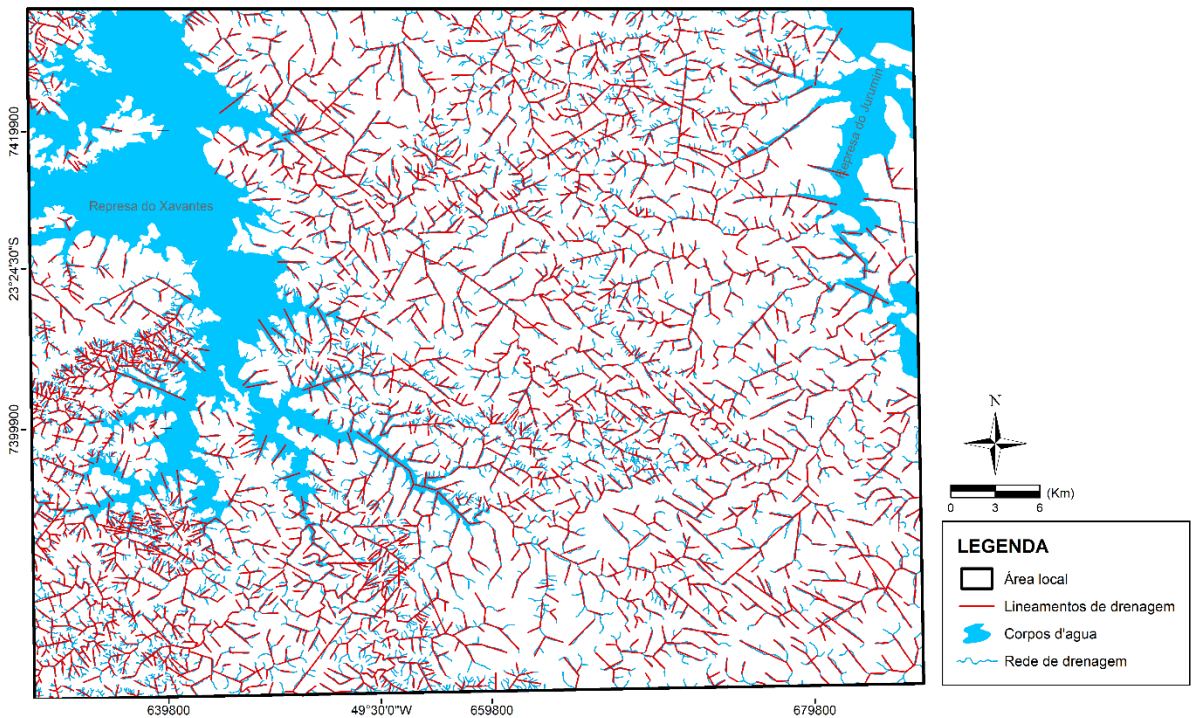
Foram extraídos um total de 2761 lineamentos de drenagem (Figura 32), identificados ao longo dos segmentos de drenagem presentes na figura 31.

**Figura 31:** Rede de drenagem local.



Fonte: Autora (2024).

**Figura 32:** Mapa de lineamentos de drenagens.



Fonte: Autora (2024).

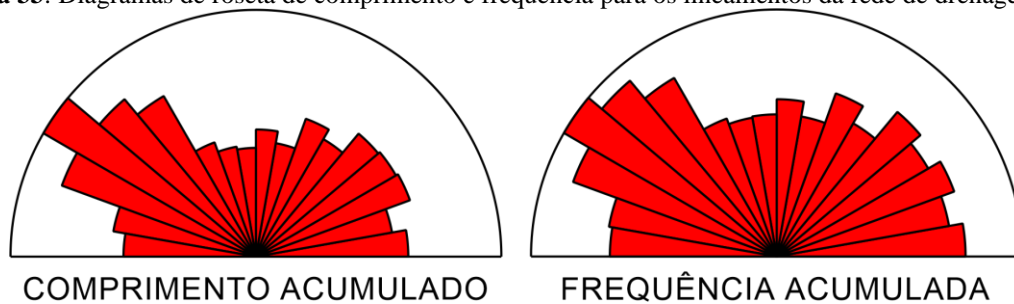
A região de Fartura pertence à UGRHI 14 - Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, estando o município de Fartura localizado entre o Rio Paranapanema, seu afluente Itararé e as escarpas da Serra de Fartura (BERGAMO, E. P. & ALMEIDA, J. A., 2006). Os municípios de Fartura e Taguaí, que compõem a área de estudo, pertencem à microbacia hidrográfica do Ribeirão Fartura, cuja nascente encontra-se em Taguaí e corre no sentido noroeste, até chegar a sua foz, em Fartura.

A rede de drenagem apresenta principalmente padrão dendrítico e retilíneo. É formada pela bacia de captação da Represa de Xavantes, Rio Itararé, sendo o principal afluente o Ribeirão Fartura. A microbacia hidrográfica tem como divisor de águas a Serra de Fartura, cujas drenagens convergem para a Represa de Jurumirim (ZAINÉ, 1980).

O padrão das drenagens é controlado principalmente pelas direções N70-60W, N50-40W e N70-50E, como demonstrado nos diagramas de roseta da figura 33. A porção central da área é marcada por drenagens com forte padrão retilíneo, orientadas segundo NW-SE, exemplificando o controle estrutural do Lineamento Guapiara na rede de drenagem local. Segundo Zaine (1980), as drenagens são controladas estruturalmente por três principais direções: N40-45W, N40-45E e E-W, resultante de diaclasamento secundário.

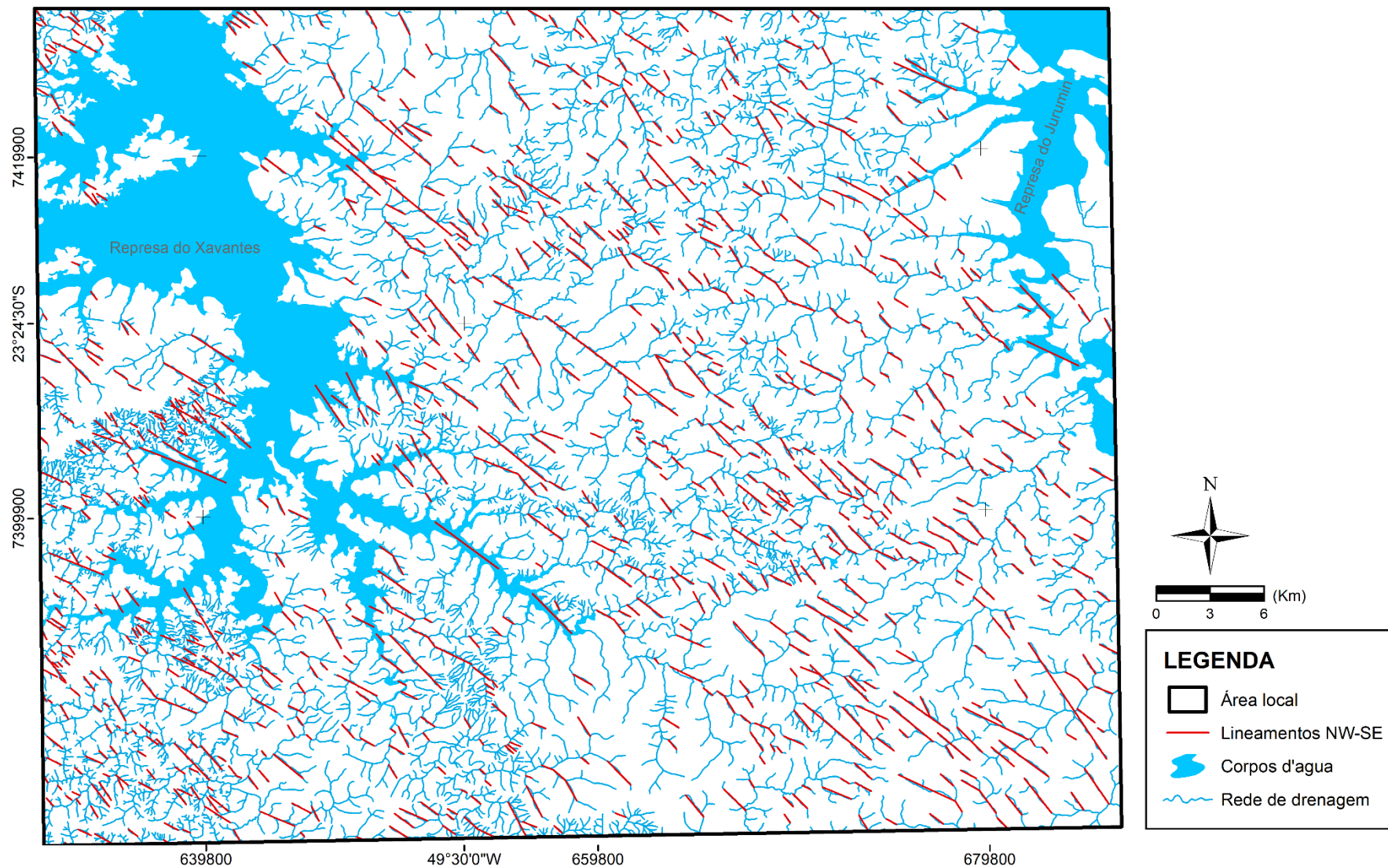
Nas figuras 34 a 41, estão os mapas de lineamentos de drenagem para cada orientação: NW-SE, NE-SW, E-W, ENE-WSW, NNE-SSW, NNW-SSE e WNW-ESE.

**Figura 33:** Diagramas de roseta de comprimento e frequência para os lineamentos da rede de drenagem local.



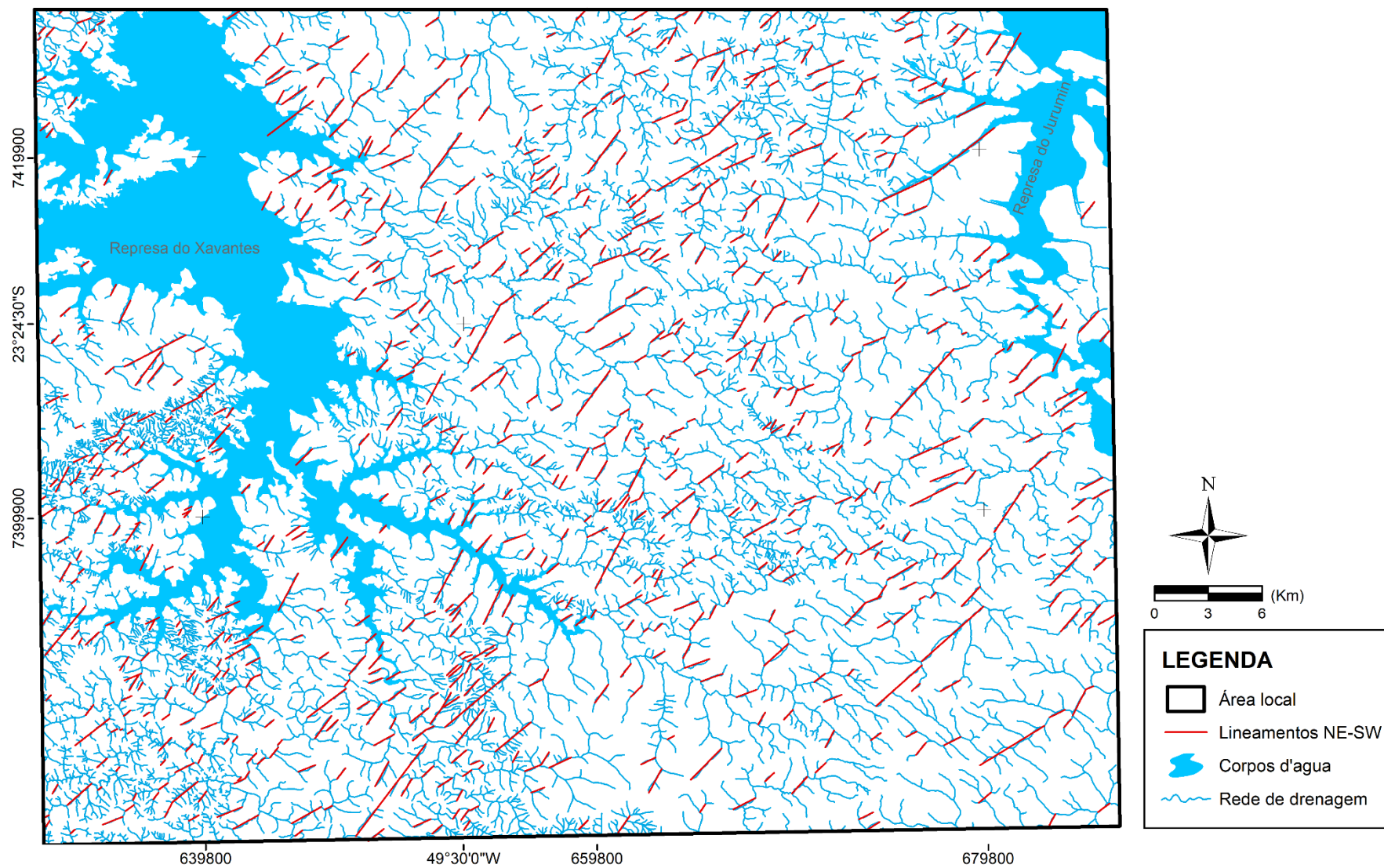
Fonte: Autora (2024).

Figura 34: Mapa de lineamentos de drenagem de direção NW-SE.



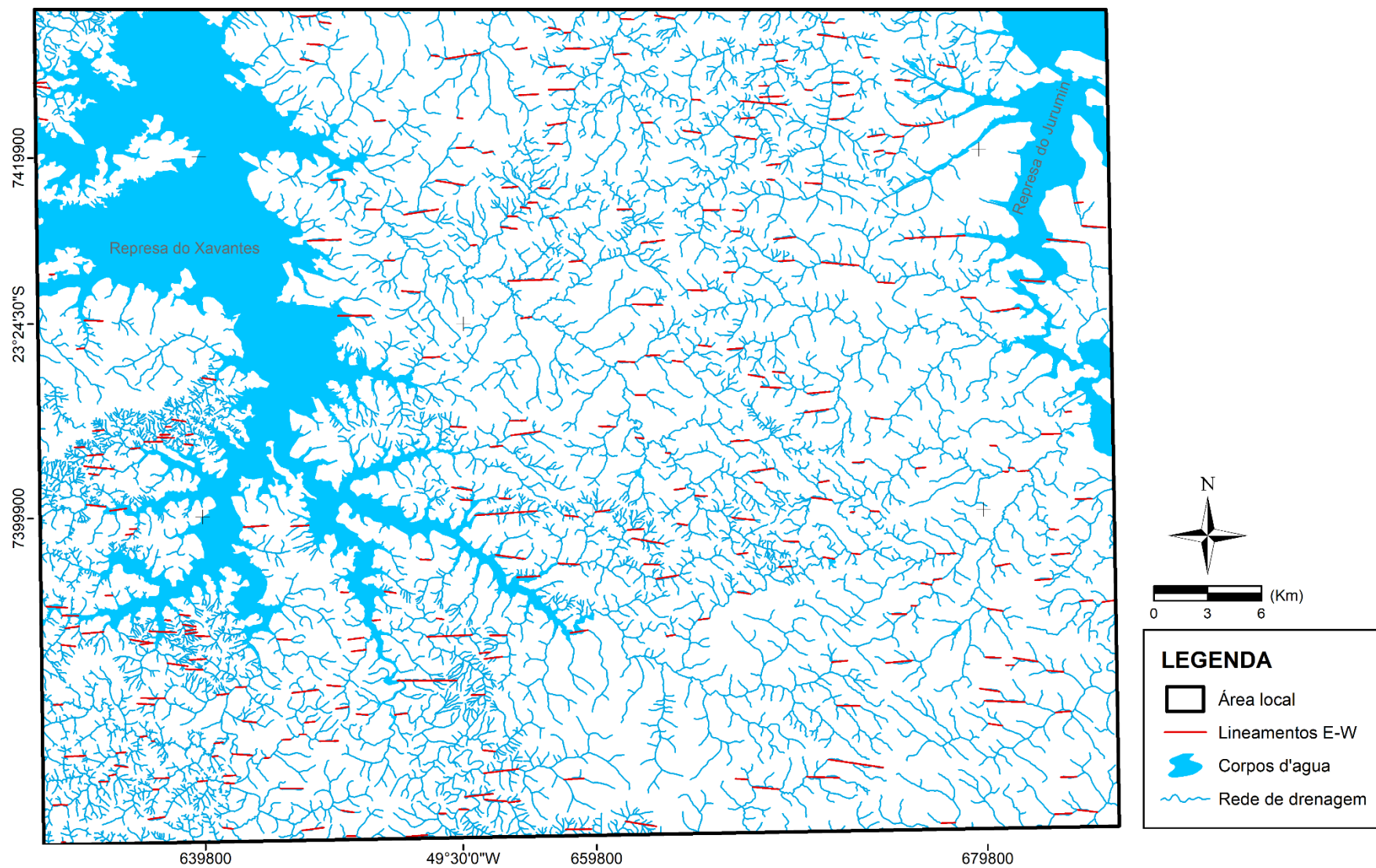
Fonte: Autora (2024).

Figura 35: Mapa de lineamentos de drenagem de direção NE-SW.



Fonte: Autora (2024).

Figura 36: Mapa de lineamentos de drenagem de direção E-W.



Fonte: Autora (2024).

Figura 37: Mapa de lineamentos de drenagem de direção N-S.

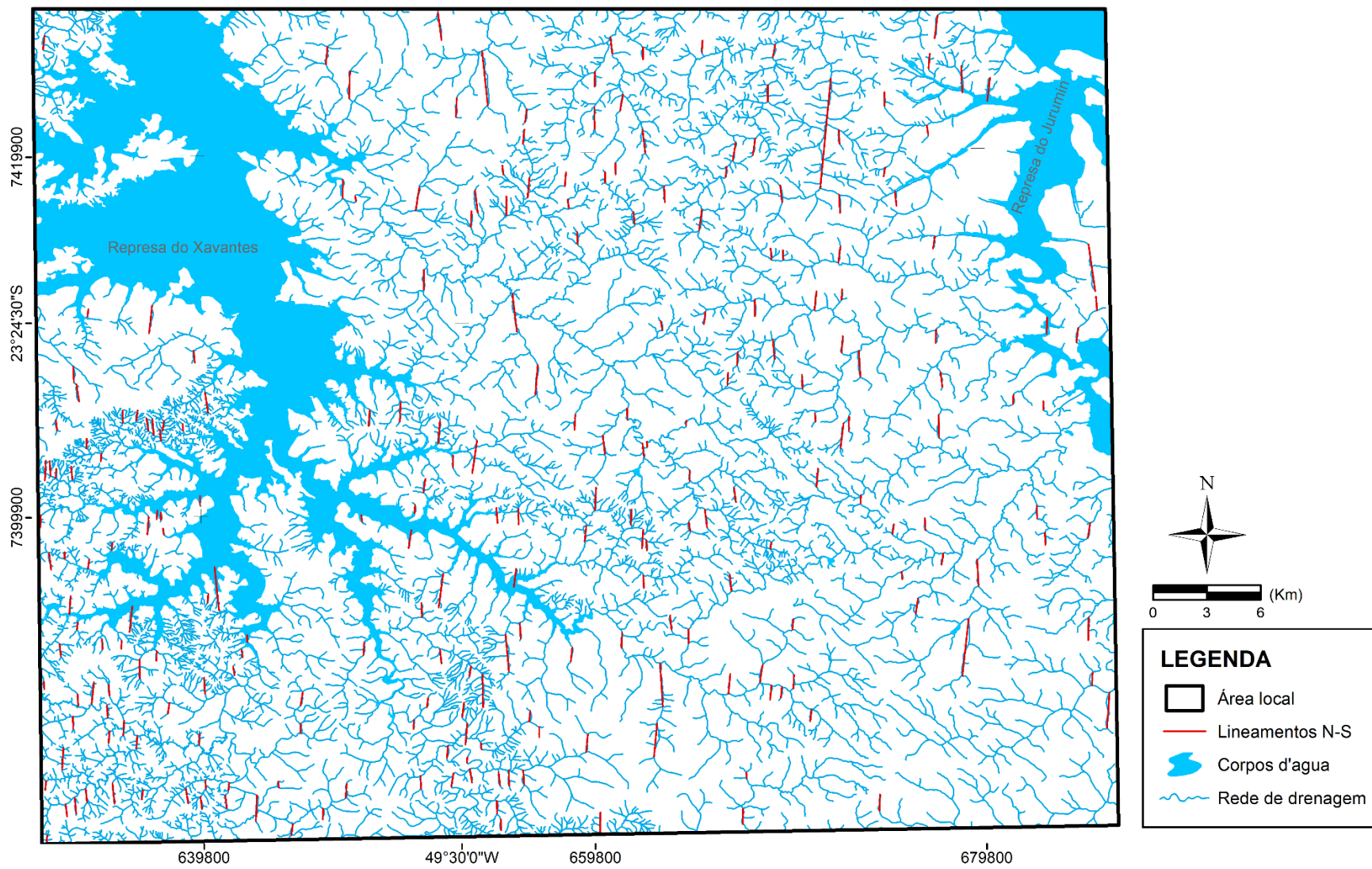


Figura 38: Mapa de lineamentos de drenagem de direção ENE-WSW.

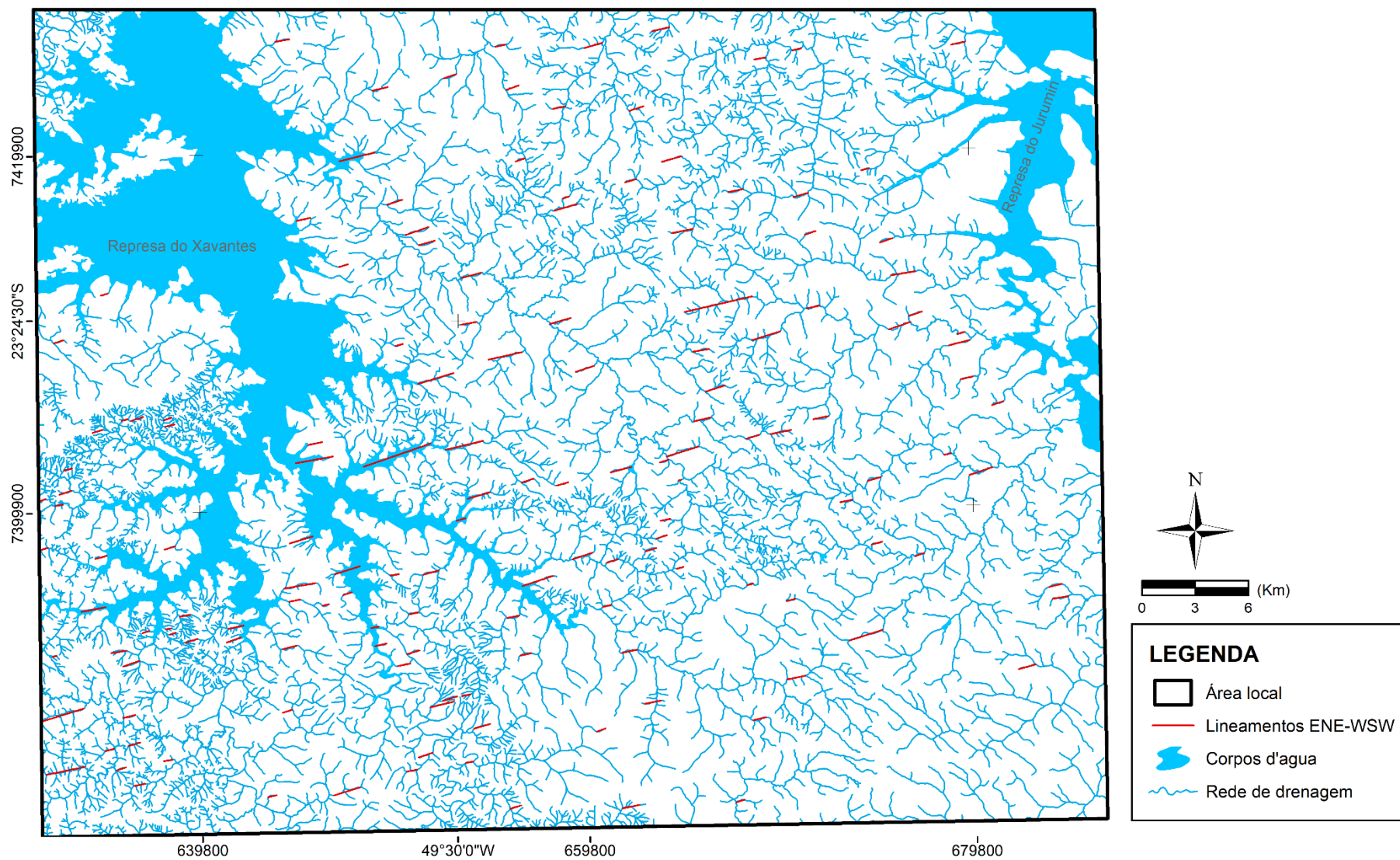
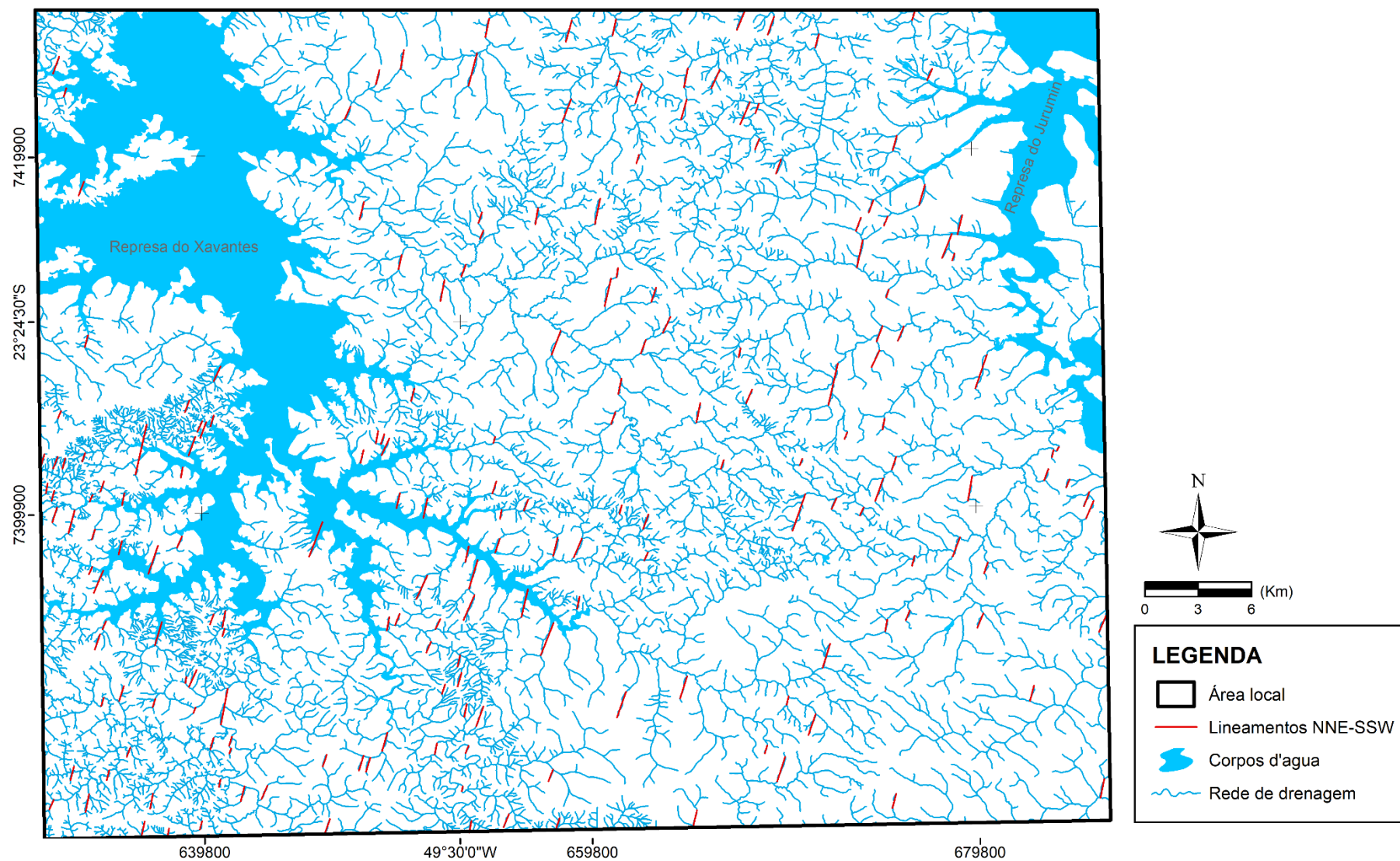
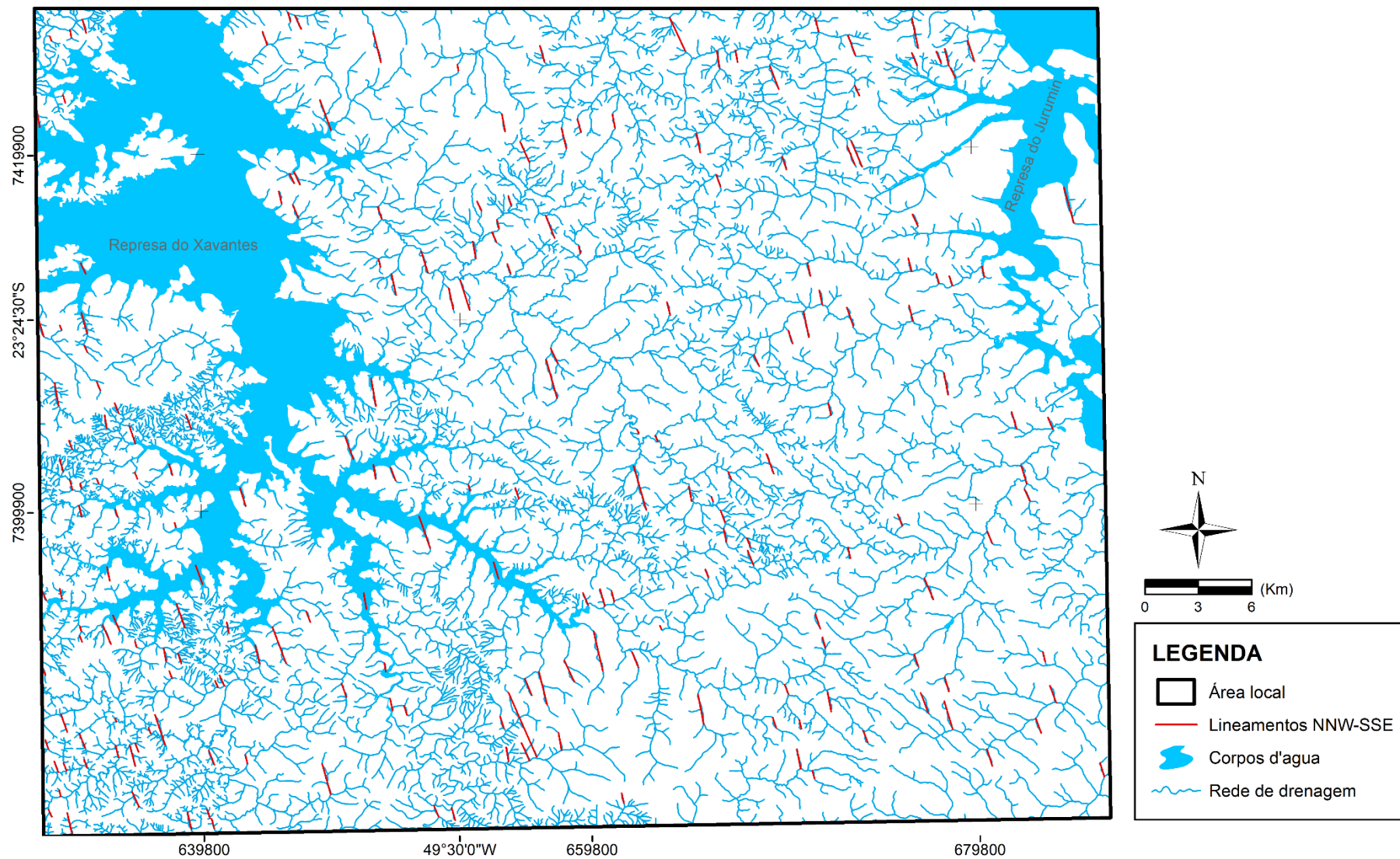


Figura 39: Mapa de lineamentos de drenagem de direção NNE-SSW.



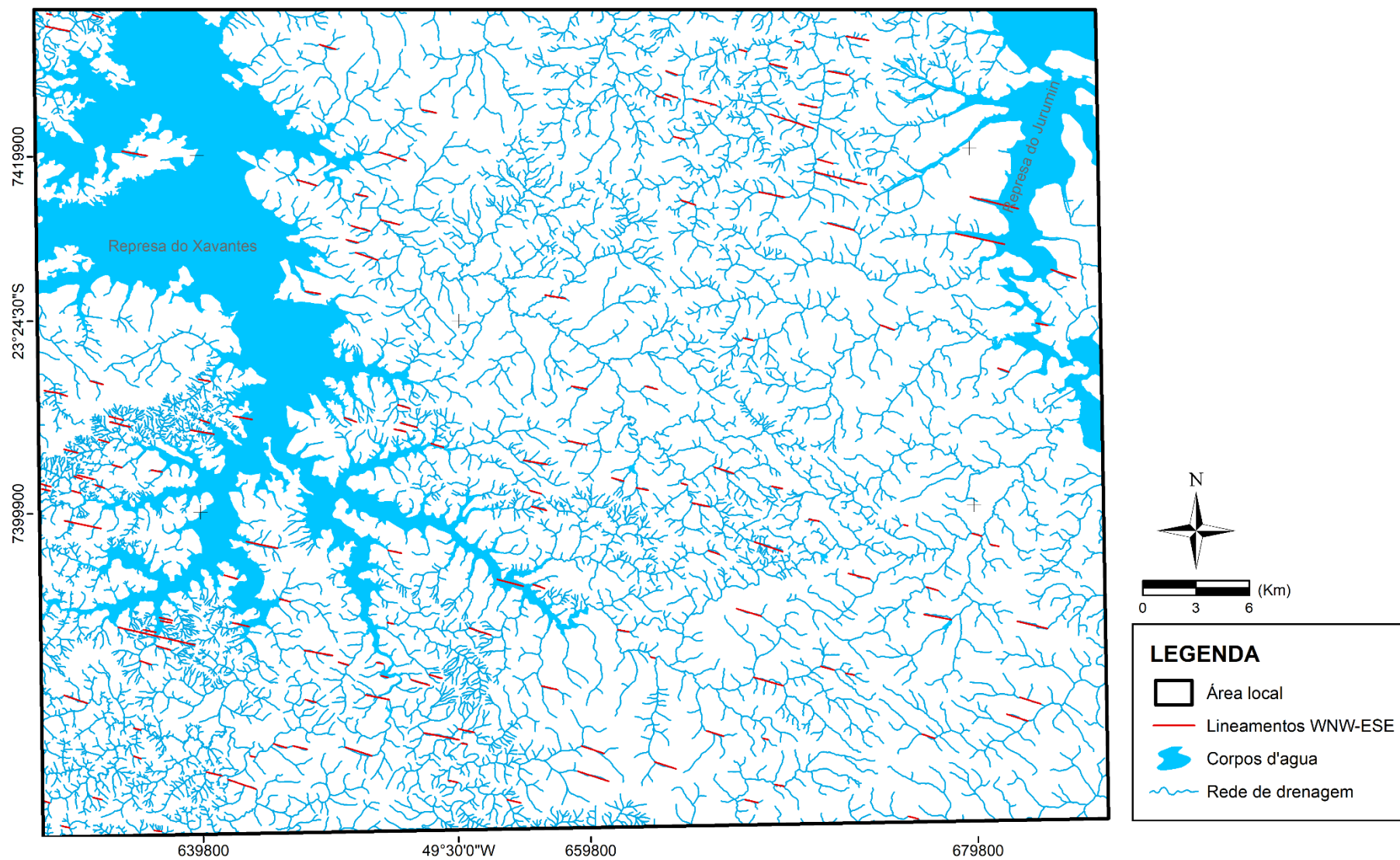
Fonte: Autora (2024).

Figura 40: Mapa de lineamentos de drenagem de direção NNW-SSE.



Fonte: Autora (2024).

Figura 41: Mapa de lineamentos de drenagem de direção WNW-ESE.



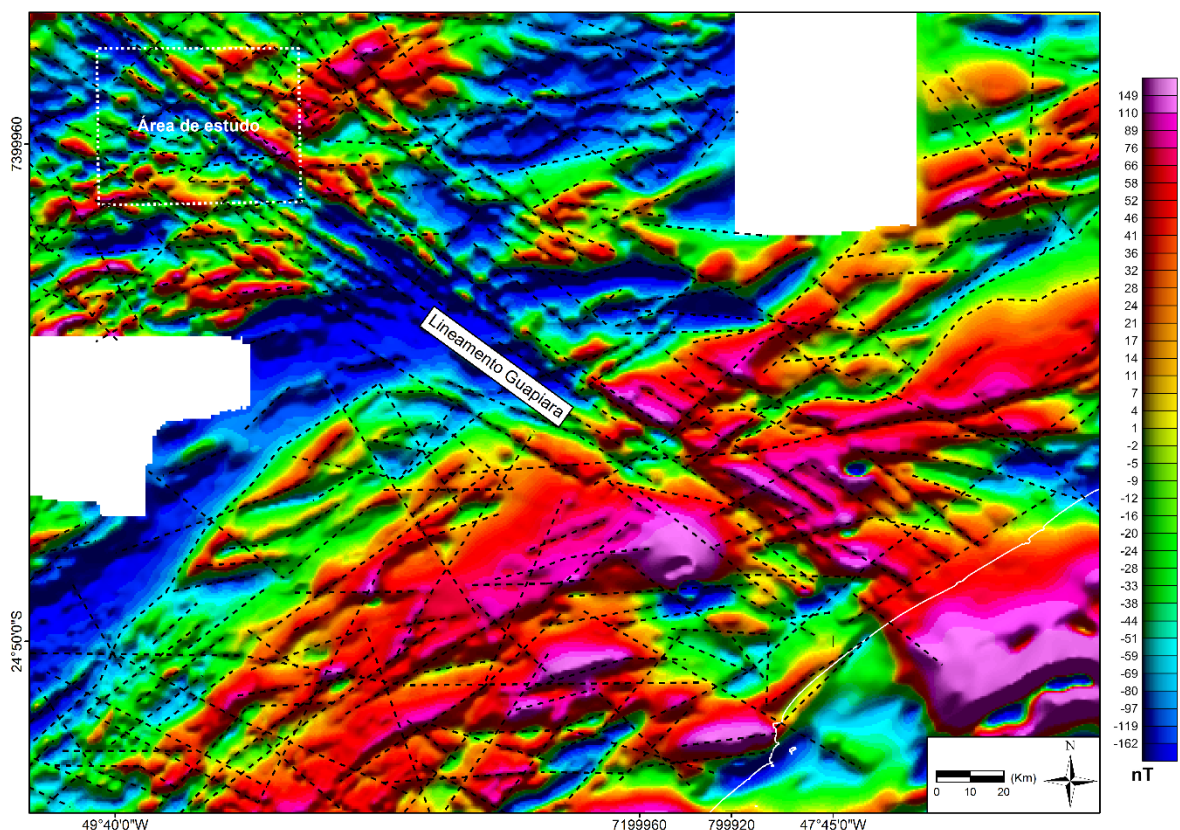
Fonte: Autora (2024).

## 5.2. Dados de Métodos Potenciais

O Lineamento Guapiara é caracterizado por uma série de anomalias de pequenos comprimentos de onda e grandes amplitudes, cuja peculiaridade é alinharem-se formando cristas e vales no relevo magnético. São assinaturas magnéticas típicas de corpos tabulares delgados, representando anomalias e corpos diqueiformes (FERREIRA *et al.*, 1981).

O mapa magnetométrico (Figura 42) indica as orientações NW-SE, NE-SW e E-W como as dominantes da região. A porção central da área evidencia a forte resposta magnética do Lineamento Guapiara, representado por longos segmentos paralelos entre si, cujas assinaturas são marcadas pelo relevo orientado à NW-SE, coincidindo com a orientação do enxame de diques que compõem o lineamento. Na região de Fartura, os lineamentos de direção E-W são evidentes e possivelmente são afetados pelo controle estrutural do Lineamento Paranapamena. Os lineamentos de direção ENE e E-W que seccionam o embasamento cristalino, acompanham a direção estrutural das zonas de cisalhamento pré-cambrianas. As anomalias mais positivas são encontradas em formato circular e representam os corpos intrusivos associados a magmatismo alcalino (Cretáceo inferior-Paleogeno). Essas intrusões representam os complexos alcalinos de Juquiá e Jacupiranga.

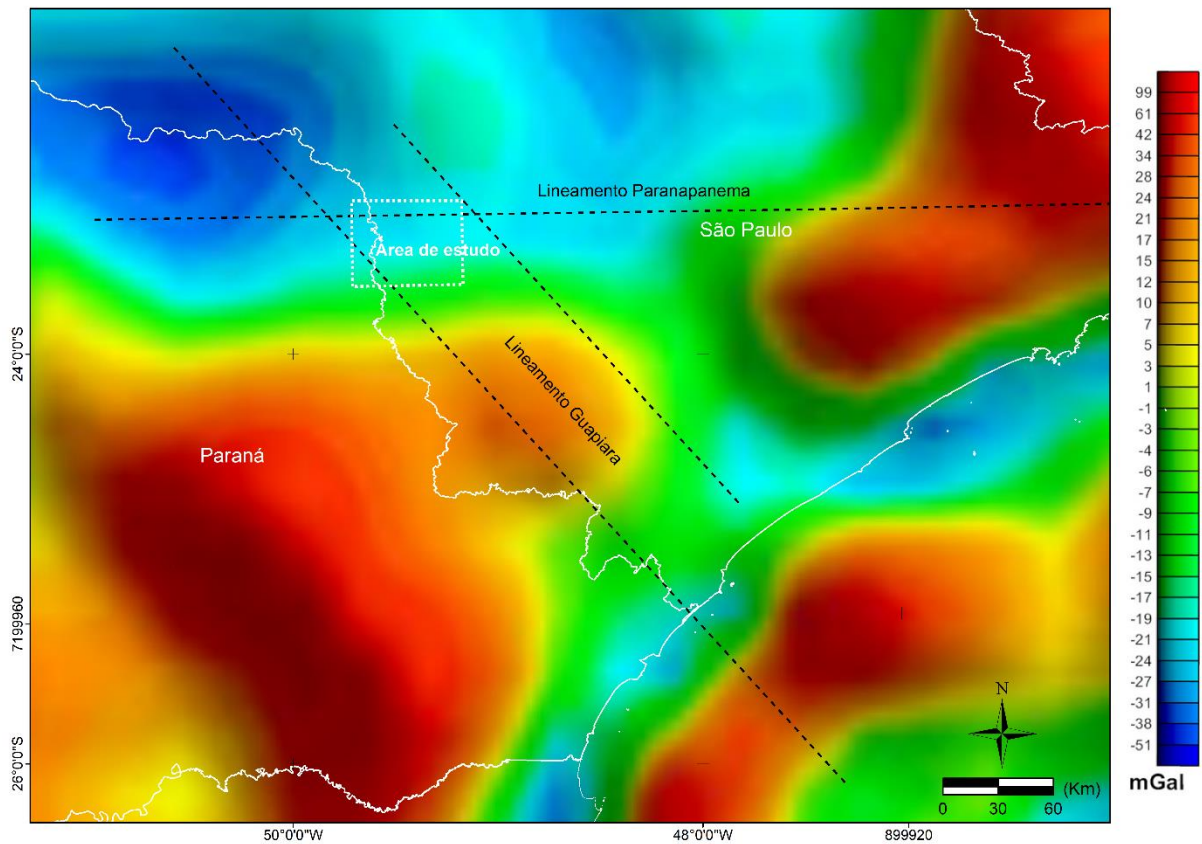
**Figura 42:** Mapa magnetométrico com lineamentos magnéticos traçados manualmente em tracejado.



Fonte: Autora (2024).

No mapa gravimétrico apresentado na Figura 43, estão representados os feixes correspondentes aos lineamentos Guapiara e Paranapanema. O Lineamento Guapiara exibe uma projeção offshore em direção à Bacia de Santos e serve como delimitador dos altos e baixos gravimétricos do embasamento cristalino. A influência do Lineamento Paranapanema é visível na porção sedimentar e na delimitação da bacia. Este lineamento projeta-se em direção à Bacia de Campos e estende-se até a Zona de Fratura do Rio de Janeiro.

**Figura 43:** Mapa gravimétrico de anomalia Bouguer com representações dos lineamentos Guapiara e Paranapanema em tracejado.



Fonte: Autora (2024).

### 5.3. Quadro Geológico

A caracterização do quadro geológico consistiu na identificação das unidades litoestratigráficas em campo, correlacionando-as com a literatura e o mapa geológico elaborado previamente para esta etapa. Durante a etapa de campo denominada RM, foram reconhecidas as unidades pertencentes às supersequências Gondwana I e III. A descrição detalhada dos afloramentos visitados está no Anexo III, incluindo a descrição dos pontos dos projetos RIFTE e LINEAS que estão inseridos na área de estudo.

O Grupo Itararé (Figura 44) foi identificado nos pontos RM-17, 19, 21 e 22, concentrados na porção sudoeste da área. Em RM-19, o Grupo Itararé estava em contato com a Formação Rio Bonito, sendo este o único ponto em que a formação foi identificada em campo. Nos pontos RM-21 e 22, foram encontrados típicos afloramentos Itararé, diamictitos com matriz siltosa e seixos pingados, estando no RM-22 em contato com dique de diabásio.

**Figura 44:** Afloramento do Grupo Itararé encontrado no ponto RM-17.

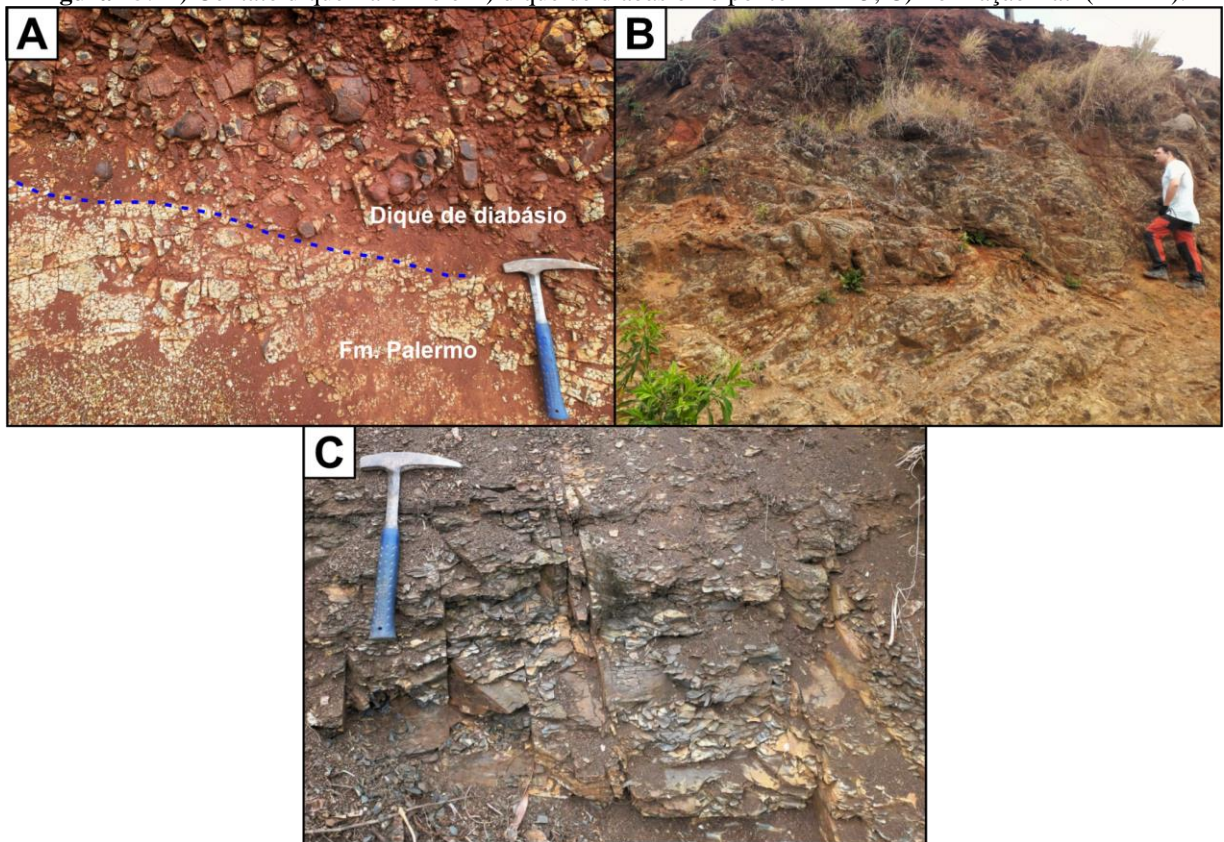


**Foto:** Autora (2024)

A Formação Palermo foi identificada na forma de siltitos em contato com a Formação Irati no ponto RM-24. Em RM-25, encontrava-se em contato irregular com a presença de apófises de dique de diabásio, sendo essa estrutura definida como uma extensão lateral desenvolvida a partir do dique principal (Figura 45).

A Formação Irati foi reconhecida em um único ponto durante a etapa de campo (RM-24). O afloramento é composto por folhelhos cinza-claros do Membro Taquaral, parcialmente intemperizados e bem fraturados.

**Figura 45:** A) Contato dique-Palermo e B) dique de diabásio no ponto RM-25; C) Formação Irati (RM-24).



Fotos: Autora (2024)

Por serem correspondentes litoestratigráficos e pela área de estudo estar localizada entre os estados de São Paulo e Paraná, a classificação das formações Teresina e Corumbataí foi definida com base na localização do ponto no mapa geológico. A Formação Teresina foi identificada apenas no ponto RM-12, sendo cortada por apófises de dique de diabásio (Figura 46).

**Figura 46:** Afloramento RM-12. A porção com coloração mais escura representa o dique.



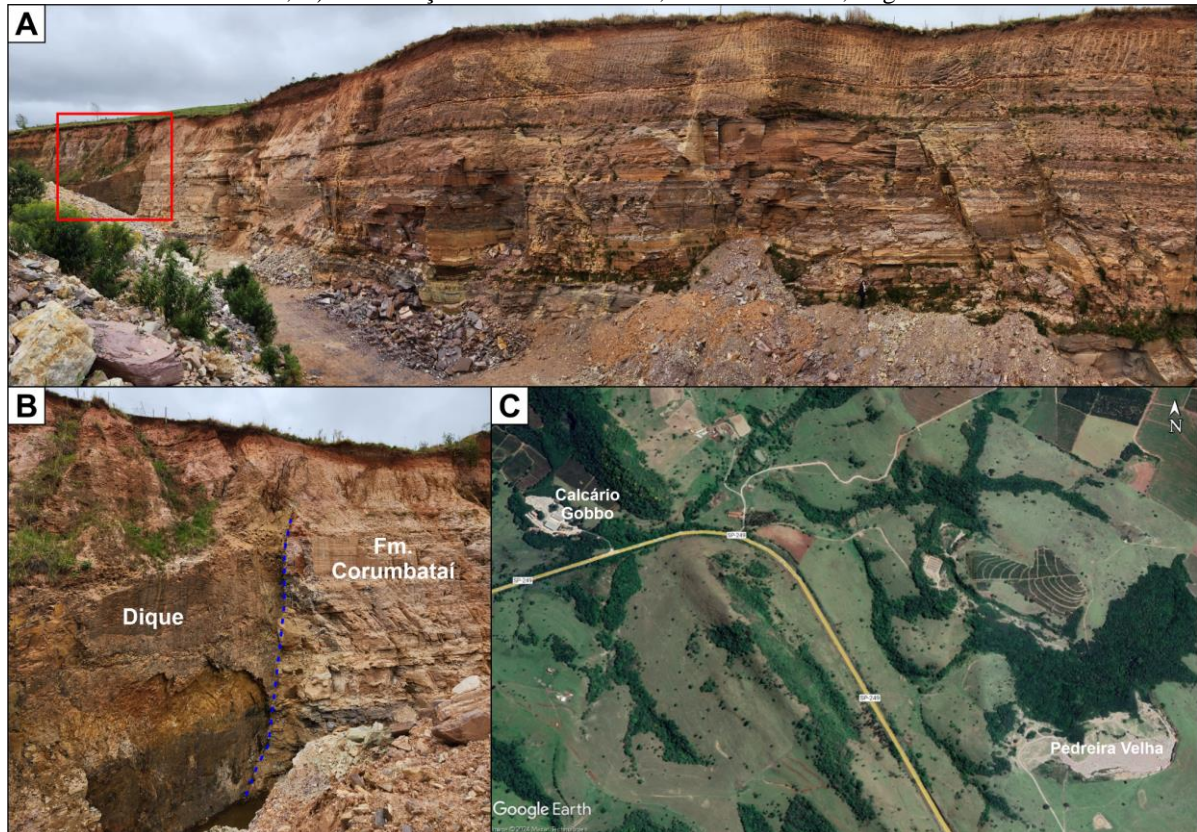
**Foto:** Autora (2024).

A Formação Corumbataí está presente nos pontos RM-08, 14, 15, 30 e 31. O ponto RM-15 corresponde a Pedreira Velha, Calcário Gobbo (Coordenadas: 23°28'29,70"S; 49°19'48,58"W), onde é realizada extração de calcário calcítico (Figura 47). Em RM-14 e RM-30, os siltitos da Formação Corumbataí apresentam contato irregular com diques de diabásio (Figura 48).

No último ponto, RM-31, foi identificado um bloco pertencente a Formação Corumbataí com dobras, possivelmente devido a sua posição entre diques de diabásio, no entanto, não foi possível trazer uma descrição detalhada por estar inalcançável (Figura 52-D).

A Formação Pirambóia foi identificada apenas no ponto RM-08, em contato com a Formação Corumbataí e próxima a um dique de diabásio parcialmente alterado.

**Figura 47:** A) Visão geral da Pedreira Velha; B) Contato dique-Corumbataí, destacada no quadrado vermelho em A; C) Localização da Pedreira Velha, Calcário Gobbo, Taguaí-SP.



Fonte: Autora (2024).

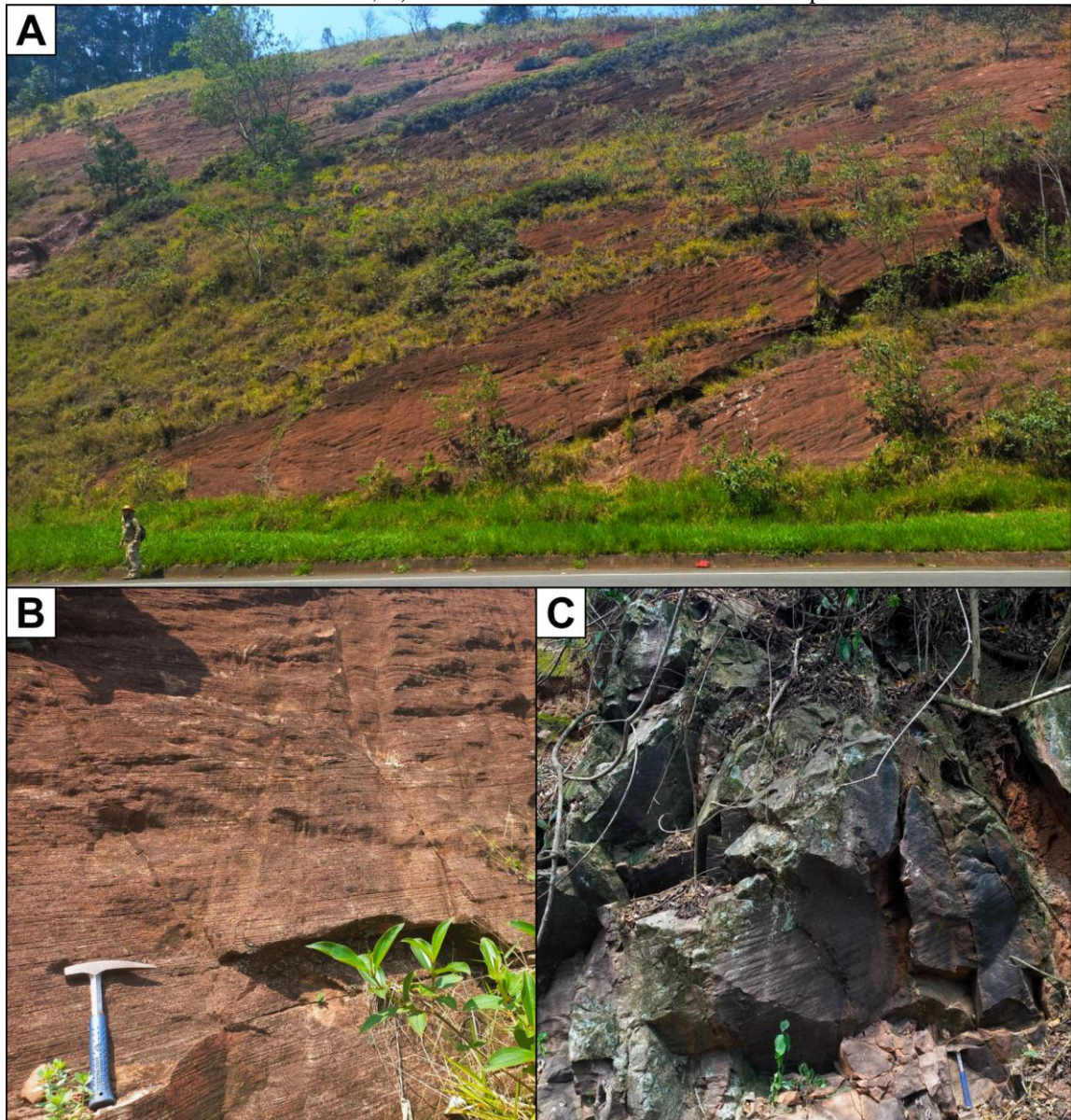
**Figura 48:** A e B) Contato dique-Corumbataí (RM-30), a porção mais escura representa o dique.



Fonte: Autora (2024)

A Formação Botucatu foi observada nos pontos RM-02, 03, 04, 07 e 13, sendo comumente encontrada na forma de arenitos com estratificação cruzada de grande porte. O afloramento em RM-04 diferencia-se por ser um arenito de coloração cinza-escuro, provavelmente devido à proximidade com as rochas ácidas encontradas 50 m à frente do ponto (Figura 49).

**Figura 49:** Pontos, RM-02, 03 e 04, respectivamente. A) Visão geral do afloramento; B) Arenito Botucatu com fraturas silicificadas; C) Arenito Botucatu submetido a altas temperaturas.



Fonte: Autora (2024).

O afloramento do ponto RM-07 consiste em arenitos da Formação Botucatu com bandas de deformação (Figura 50). As bandas de deformação são restritas aos meios granulares altamente porosos, principalmente arenitos. São zonas de espessura milimétrica a centimétrica de compactação, cisalhamento e/ou dilatação, localizadas em rochas porosas deformadas. Essas estruturas são comuns em reservatórios porosos de petróleo, gás e água, e podem ocorrer como bandas individuais, conjuntos de bandas ou em zonas danificadas por falhas. A influência das bandas de deformação na produção de petróleo ou água subterrânea, depende de fatores como contraste de permeabilidade, espessura cumulativa, orientação, continuidade e conectividade (FOSSÉN, 2017).

**Figura 50:** Formação Botucatu – RM-07.



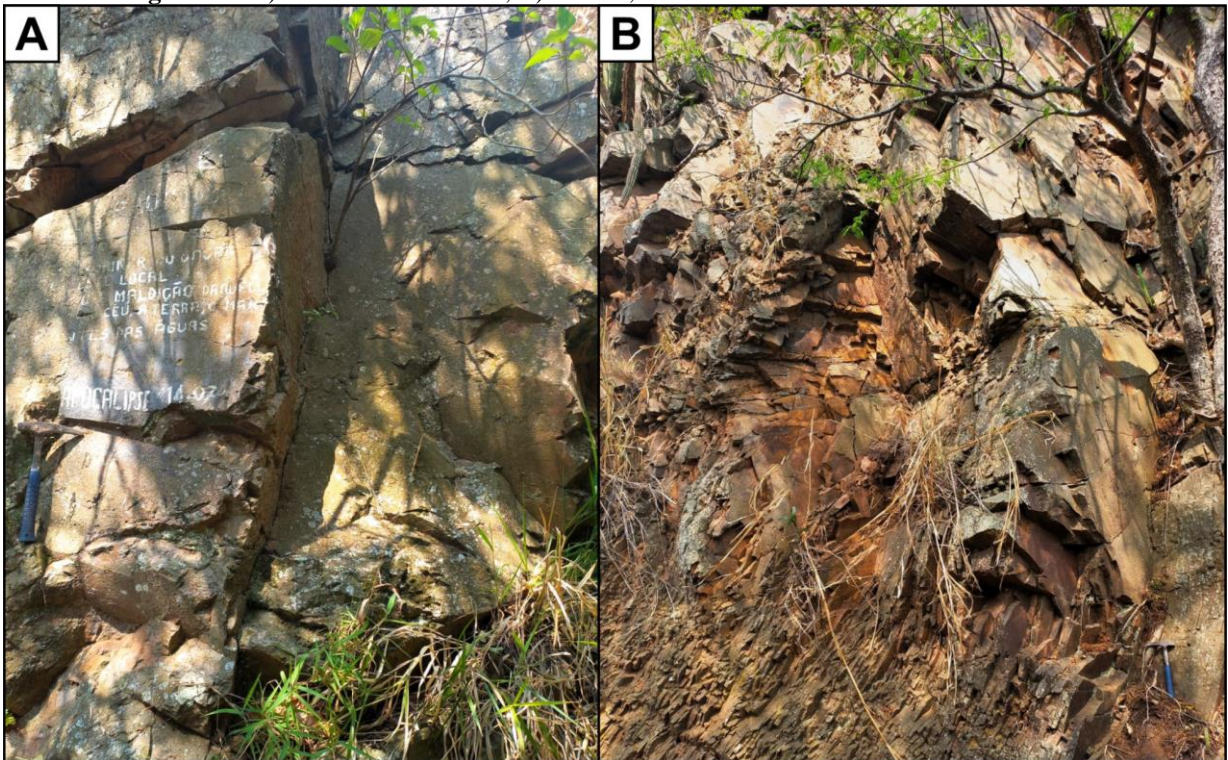
**Fonte:** Autora (2024).

O ponto RM-13 corresponde à Gruta das Águas Virtuosas, localizada em Tejuapá-SP, e será melhor detalhado quando abordado o quadro estrutural da área.

As rochas associadas à Formação Serra Geral foram encontradas na forma de diques e derrames, revelando rochas ácidas a básicas, ao longo dos pontos RM-01, 04 a 06, 09 a 12, 14 a 16, 18, 20, 22, 23, 25 a 31, representando cerca de 71% dos pontos mapeados. As rochas ácidas foram localizadas nos pontos RM-01 e 04 a 06, como representado na figura 51. O restante dos afloramentos foram classificados como diabásios com base na sua ocorrência no mapa geológico.

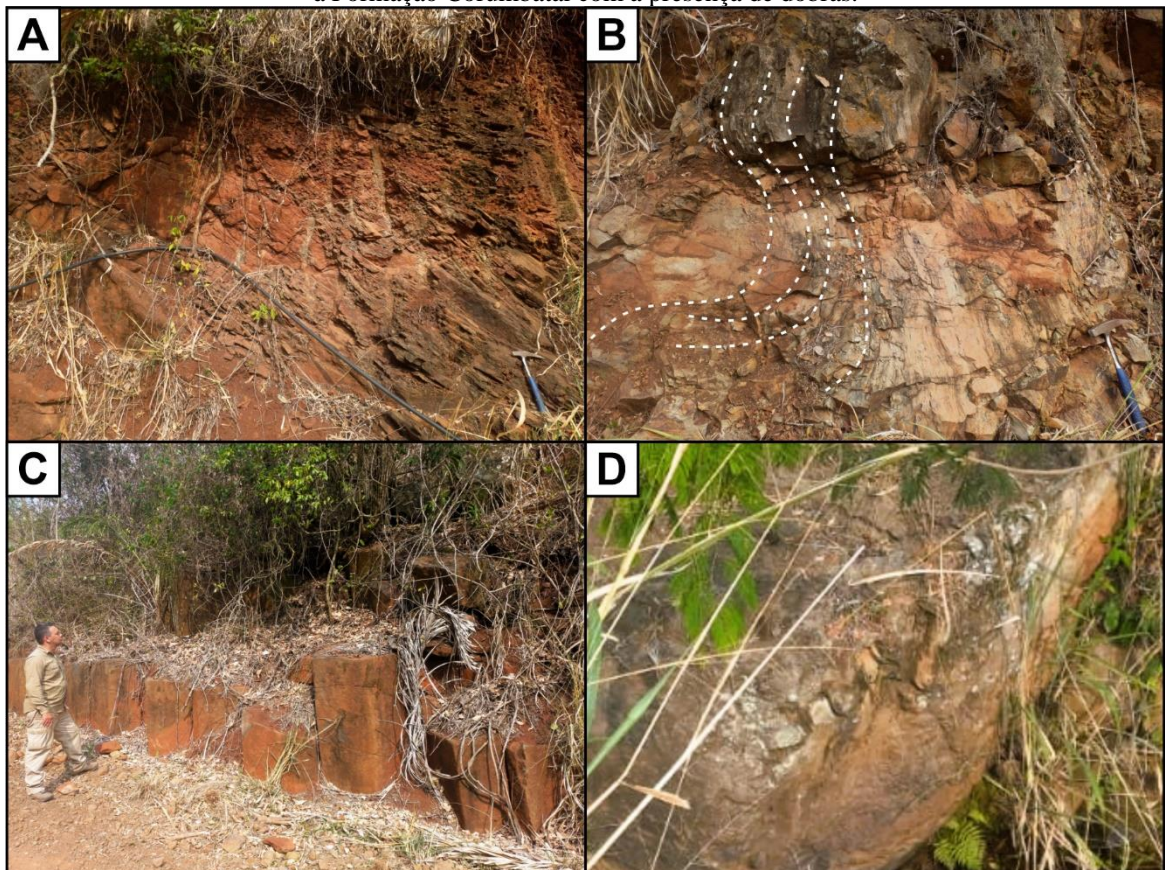
Diques de diabásio foram encontrados nos pontos RM-09, 10, 12, 14 a 16, 18, 20, 25, 26, 30 e 31, comumente em contato com outras formações rochosas. No ponto RM-23, foi encontrada uma pedreira de brita desativada, onde foram coletadas diversas medidas de juntas que ajudaram a caracterizar o quadro de fraturamento da região. Destaca-se o ponto RM-31, em que os diques estão entre a Formação Corumbataí, ocasionando em dobras na formação. No diabásio, pôde-se observar a transição de um resfriamento rápido para lento, evidenciado pela presença de disjunções colunares e dobras (Figura 52).

**Figura 51:** A) Afloramento RM-01; B) RM-05, rocha ácida vesicular com estrutura radial.



Fonte: Autora (2024).

**Figura 52:** Ponto RM-30. A, B e C) Afloramento de diabásio, é possível observar a passagem de um resfriamento rápido (A) para lento com a formação de dobras (B) e disjunção colunar (C); D) Bloco pertencente à Formação Corumbataí com a presença de dobras.



Fonte: Autora (2024).

## 5.4. Quadro Estrutural

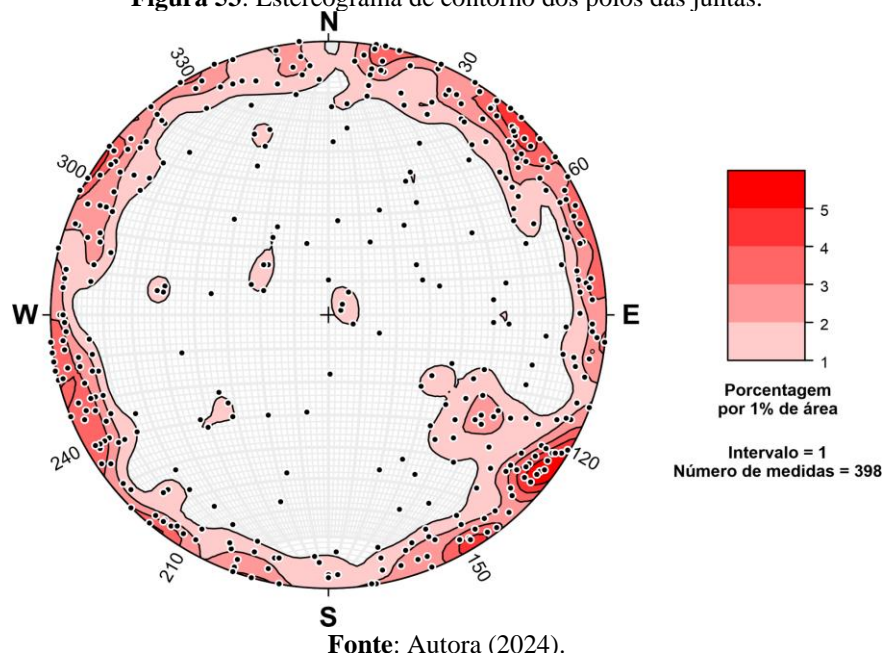
A caracterização do quadro estrutural foi realizada através da análise e interpretação dos dados de juntas, planos de falhas e estrias, coletados durante as campanhas de campo deste trabalho e dos projetos RIFTE e LINEAS. Os dados foram inseridos no programa Stereonet para a sua representação em estereogramas, a fim de determinar a frequência de ocorrência das medidas, seu impacto na região e a sua relação com o Lineamento Guapiara. Os dados de falhas foram agrupados conforme cada tipo de falha e as juntas pelas formações geológicas mapeadas em campo.

### 5.4.1. Juntas

A interpretação do quadro de fraturamento consistiu na compilação e análise dos dados de juntas, que afetam as sequências sedimentares da Bacia do Paraná, incluindo as rochas do Grupo Itararé e das formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Teresina, Corumbataí, Botucatu e das rochas intrusivas correlatas à Formação Serra Geral.

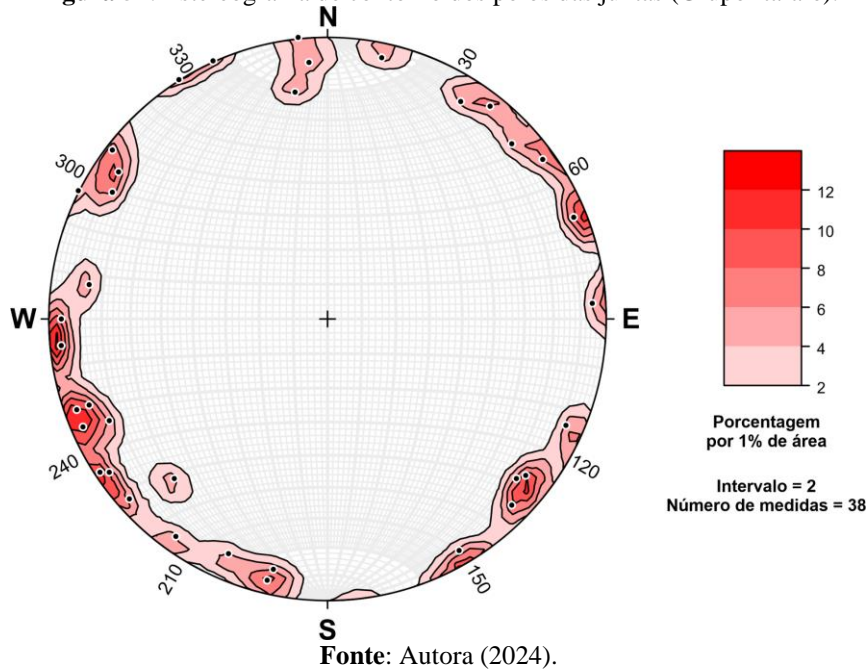
Ao todo, foram compiladas 398 medidas de juntas. A figura 53 contém a representação dos polos com todos os dados de juntas obtidos. A região apresenta fraturamento marcante em NE-SW, seguido por NW-SE, com mergulhos de alto ângulo a verticais. A orientação NE-SW acompanha a direção preferencial das antigas zonas de cisalhamento do embasamento pré-cambriano e a direção NW-SE corresponde à orientação preferencial do Lineamento Guapiara. As orientações dominantes encontram-se em: N40E/80NW e N46W/vertical.

**Figura 53:** Estereograma de contorno dos polos das juntas.



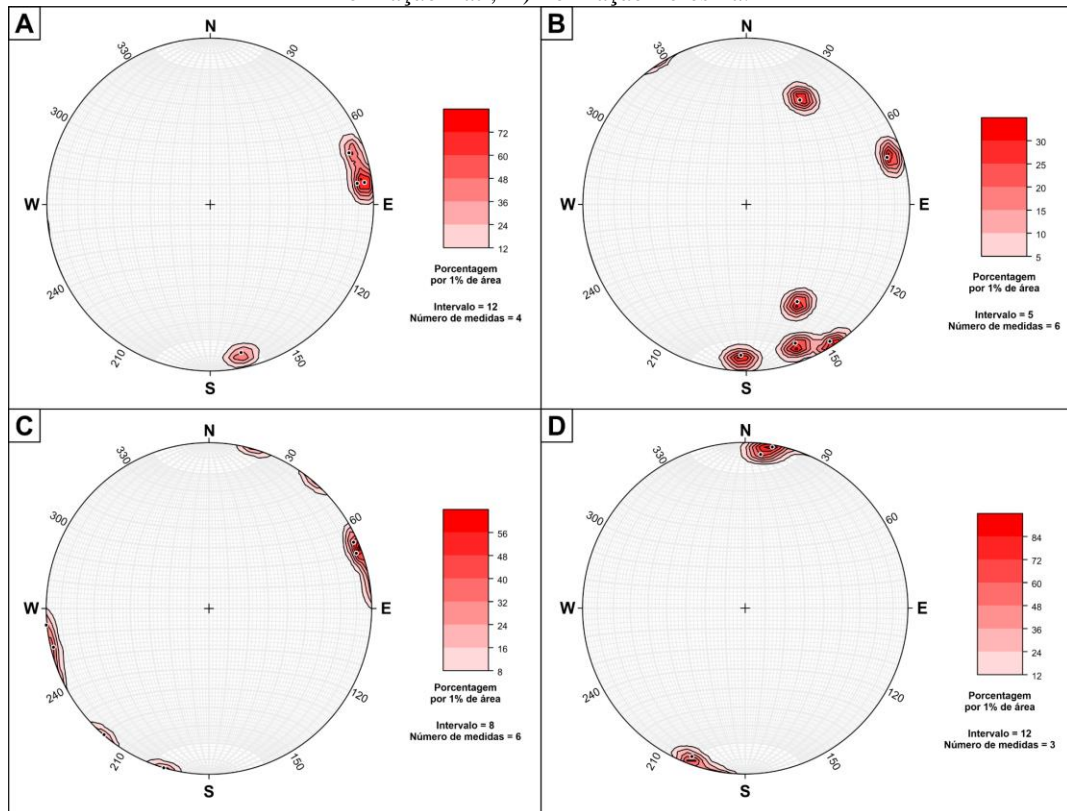
As medidas coletadas do Grupo Itararé (Figura 54) evidenciam orientação preferencial em N06W/85NE, N24W/85NE e N22W/85SW, dominante na porção sul da área, onde foram registrados o maior número de afloramentos do Grupo Itararé durante as etapas de campo.

**Figura 54:** Estereograma de contorno dos polos das juntas (Grupo Itararé).



A figura 55 contém os estereogramas referentes aos dados compilados para as formações Rio Bonito, Palermo, Irati e Teresina. Na Formação Rio Bonito, o fraturamento é dominante em N20W/80SW. Na porção central da área, as formações Palermo e Irati são reconhecidas com orientação preferencial em N70E/78NW e N20W/80NW, respectivamente. As medidas de juntas da Formação Teresina foram coletadas no limite dos municípios de Taguaí e Fartura, e o estereograma revela sua influência próxima a WNW-ESE e E-W, com domínio em N95W/80SW.

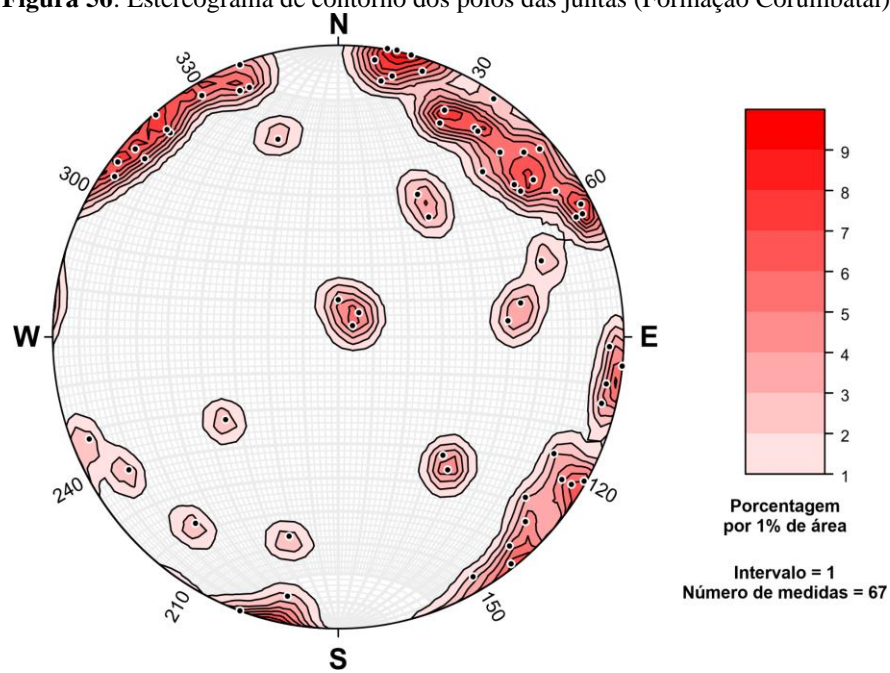
**Figura 55:** Estereograma de contorno dos polos das juntas. A) Formação Rio Bonito; B) Formação Palermo; C) Formação Irati; D) Formação Teresina.



Fonte: Autora (2024).

Os dados referentes à Formação Corumbataí estão concentrados na porção centro-leste da área e revelam domínio em NE-SW e NW-SE, as direções predominantes são N42E/85SE, N56W/85SW e N82W/85SW (Figura 56).

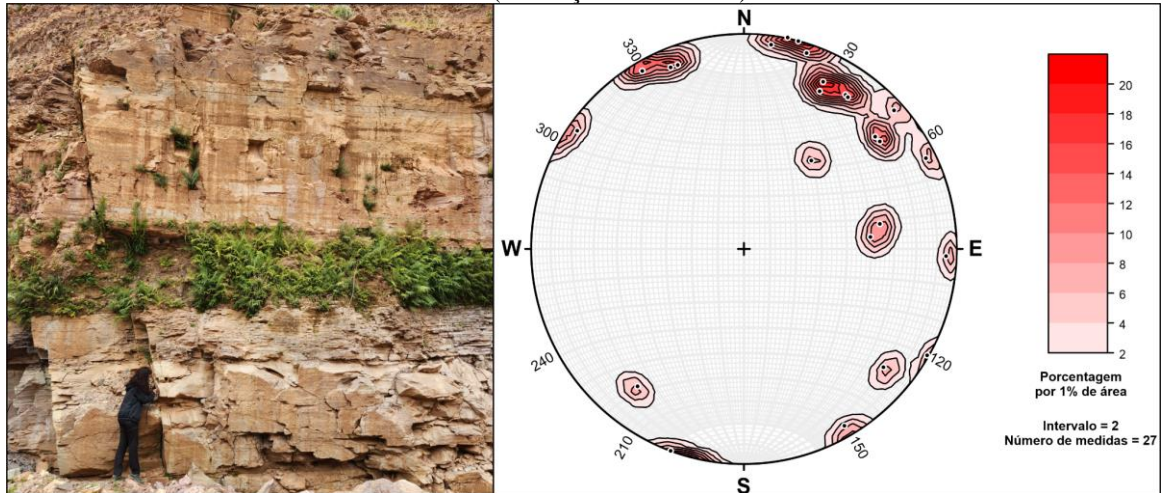
**Figura 56:** Estereograma de contorno dos polos das juntas (Formação Corumbataí).



Fonte: Autora (2024).

A região da Pedreira Velha, Calcário Gobbo, evidencia a influência do fraturamento do Lineamento Guapiara através das orientações recorrentes em N64W/75SW, N38W/70SW, N75W/90 e N40W/70SW, apresentadas na figura 57.

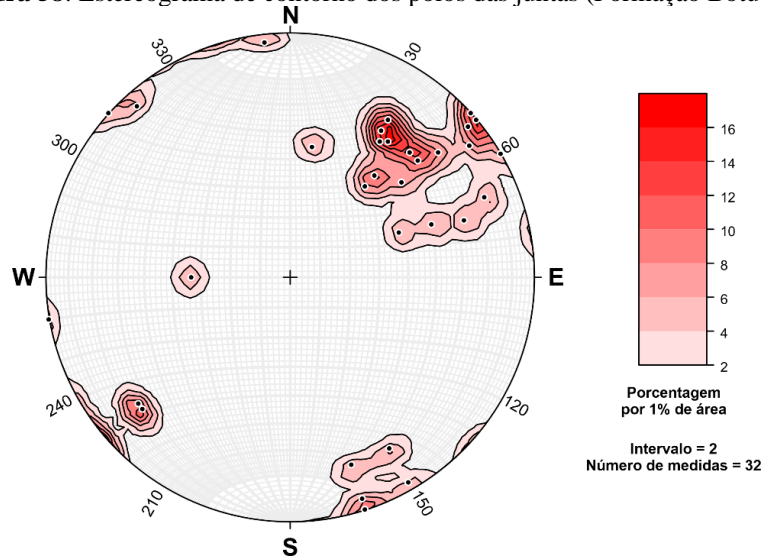
**Figura 57:** Estereograma de contorno dos polos das juntas dos dados encontrados na Pedreira Velha, Calcário Gobbo (Formação Corumbataí).



Fonte: Autora (2024).

O registro do fraturamento da Formação Botucatu, indicado na figura 58, concentra-se na região norte da área e indica orientação preferencial em N54W/60SW. A direção N40W/Vertical está bem representada na Gruta das Águas Virtuosas (ponto RM-13).

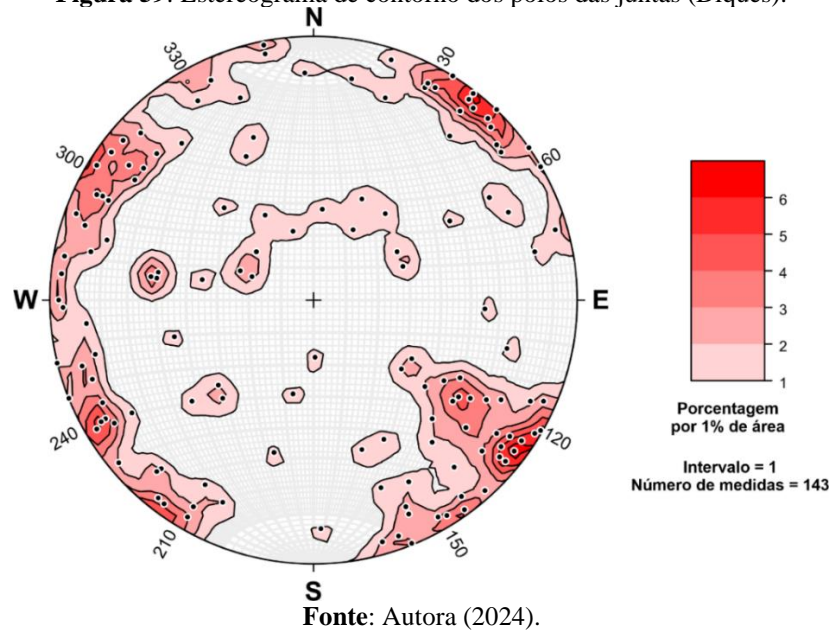
**Figura 58:** Estereograma de contorno dos polos das juntas (Formação Botucatu).



Fonte: Autora (2024).

As intrusões ácidas e básicas na região podem ser encontradas na forma de diques e/ou derrames. Os diques básicos estão representados no mapa geológico seguindo o padrão de fraturamento do Lineamento Guapiara, na direção NW-SE. As orientações mais recorrentes estão próximas à N53W/85NW, N50W/84SW e N32E/86SE (Figura 59).

**Figura 59:** Estereograma de contorno dos polos das juntas (Diques).



A maior concentração de medidas associada aos derrames está localizada na pedra de brita abandonada, ponto RM-23, onde o padrão de fraturamento demonstra recorrência das orientações N12W/80NE, N04W/84NE, N20E/76SE e N08E/84SE (Figura 60).

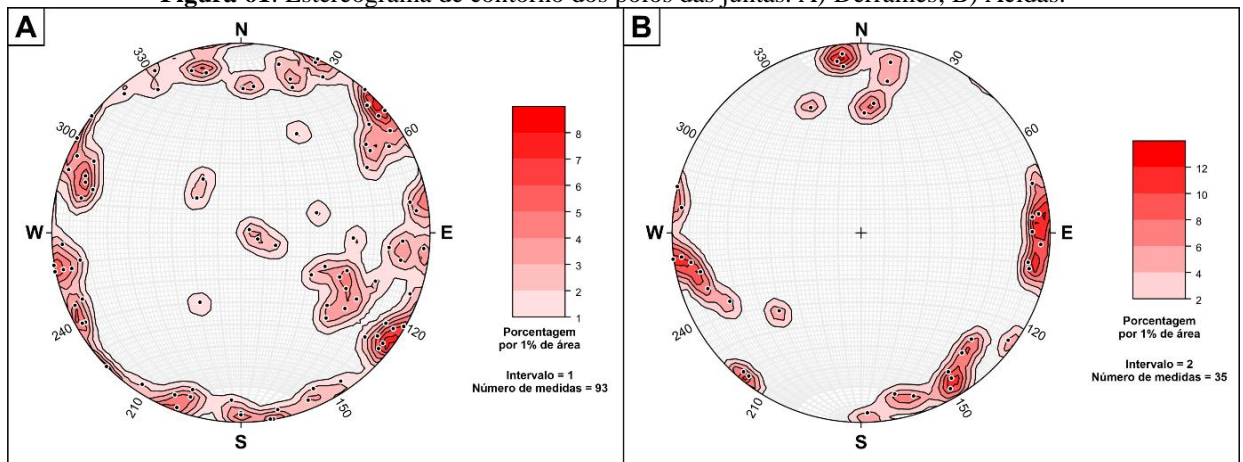
**Figura 60:** Pedreira abandonada, ponto RM-23.



**Foto:** Autora (2024).

A orientação preferencial encontrada nos derrames foi reconhecida em N40E e N30W, com mergulhos de alto ângulo a verticais, como representado na figura 61-A. Para as rochas ácidas, as famílias com orientações próximas a N-S e E-W são as mais recorrentes. As principais direções preferenciais encontradas foram: N06W/84SW, N04E/85NW, N84E/77SE e N60E/85NW (Figura 61-B).

**Figura 61:** Estereograma de contorno dos polos das juntas. A) Derrames; B) Ácidas.



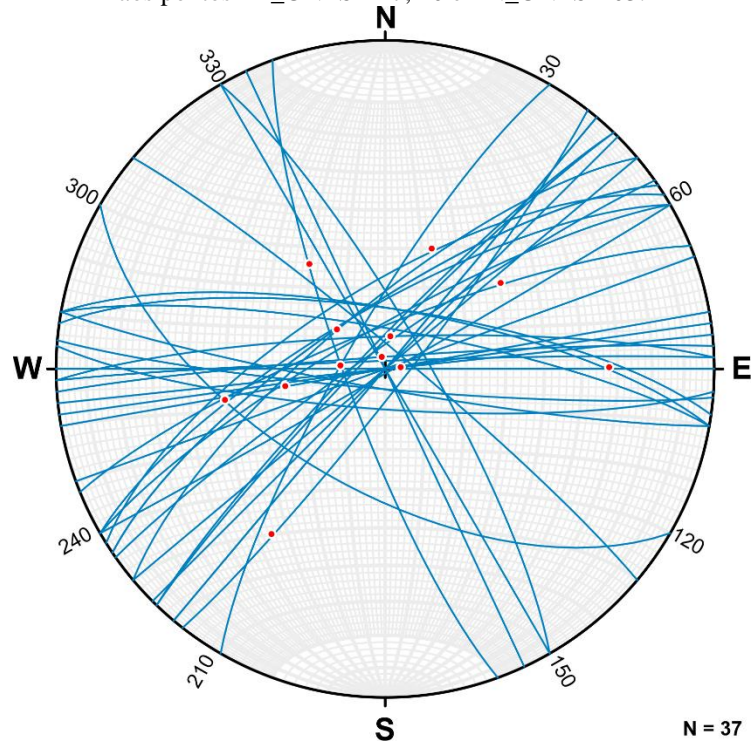
Fonte: Autora (2024).

#### 5.4.2. Falhas

As falhas foram representadas em estereogramas com projeções ciclográficas dos seus planos e respectivas estrias. Ao todo foram analisadas 100 medidas de falhas, sendo 37 de falhas normais, 15 de falhas inversas, 29 de falhas dextrais, 12 de falhas sinistrais e 7 falhas não identificadas. O Anexo II contém uma tabela com todos os dados de falhas e a localização dos respectivos pontos.

As falhas normais apresentam direção preferencial em E-W, NE-SW e NW-SE, com mergulhos de alto ângulo a verticais (Figura 62). Os dados correspondem aos arenitos da Formação Botucatu, siltitos da Formação Corumbataí e rochas intrusivas na forma de diques e/ou derrames.

**Figura 62:** Estereograma com planos de falhas do tipo normal (projeções ciclográficas) e estrias correspondente aos pontos PR\_UNESP-17, 20 e LN\_UNESP-03.



Fonte: Autora (2024).

A maior quantidade de dados de falhas normais concentra-se no ponto PR\_UNESP-17. Neste afloramento, foram reconhecidos diques de diabásio com direção N55W, parcialmente alterados, com amígdalas preenchidas por quartzo. O domínio das famílias E-W e NE-SW é reconhecido pela projeção ciclográfica presente na figura 63.

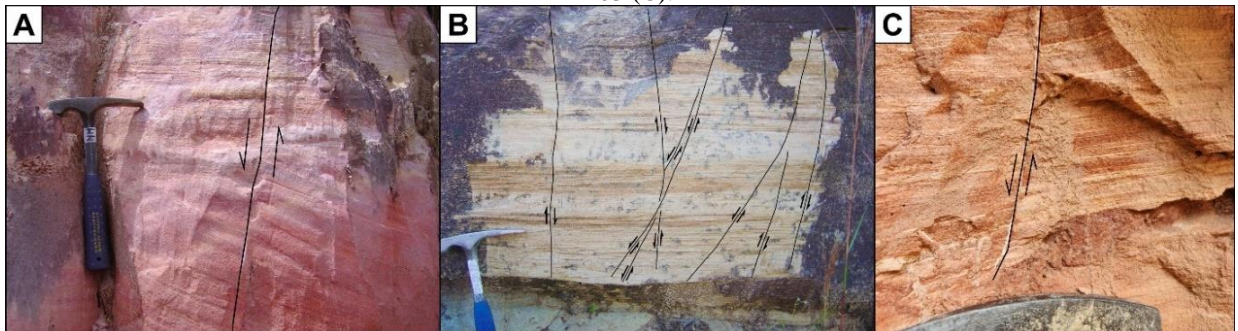
**Figura 63:** Afloramento do ponto PR\_UNESP-17, onde foram coletados dados de falhas normais, dextrais e inversas. O estereograma corresponde aos dados de falhas normais e permitiu reconhecer domínio das famílias E-W e NE-SW.



Fonte: Modificado do Projeto RIFTE (2009).

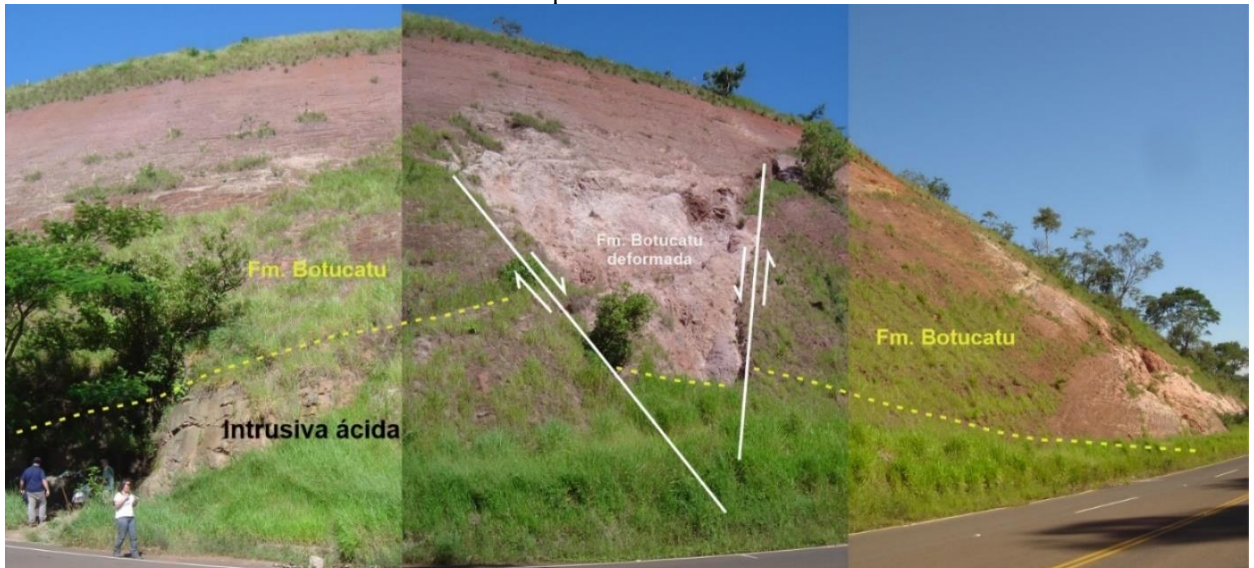
Os pontos PR\_UNESP-16, PR\_UNESP-20 e RM-03 correspondem a falhas normais em arenitos da Formação Botucatu (Figura 64). Em PR\_UNESP-16 foram identificadas pequenas falhas com rejeito de até 3 cm. O afloramento PR\_UNESP-20 (Figura 65) é constituído por arenitos da Formação Botucatu, sendo interceptados por sill de rocha ácida. Neste local, foi registrado uma estrutura em flor negativa, onde foram observadas brechas no contato e o arenito deformado dentro da estrutura. Este afloramento foi revistado durante a etapa de campo denominada RM e corresponde ao ponto RM-01 (Figura 51-A), onde foram coletadas medidas de juntas no sill para compor os dados preexistentes.

**Figura 64:** Arenitos da Formação Botucatu reconhecido nos pontos PR\_UNESP-16 (A), PR\_UNESP-20 (B) e RM-03 (C).



**Fonte:** Modificado do Projeto RIFTE (2009) e autora (2024).

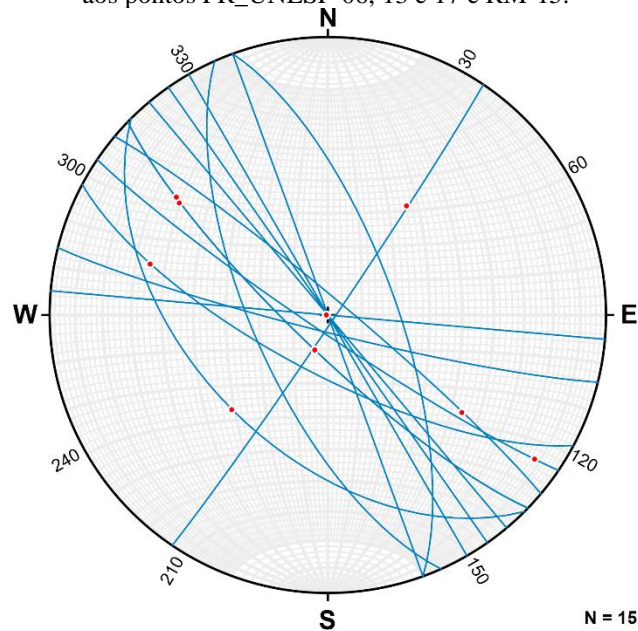
**Figura 65:** Afloramento do ponto PR\_UNESP-20. A porção reconhecida como intrusiva ácida foi identificada no ponto RM-01.



**Fonte:** Modificado do Projeto RIFTE (2009).

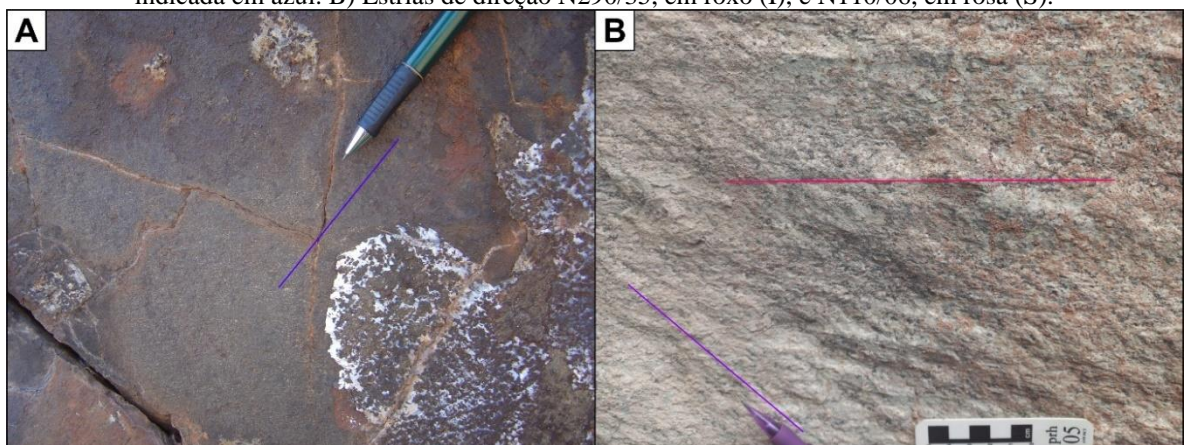
Foram reconhecidas falhas inversas (Figura 66) nos pontos PR\_UNESP-06, 13 e 17 e RM-15 e estrias nos pontos PR\_UNESP-06 e RM-15 (Figura 67). As falhas inversas foram observadas nos arenitos da Formação Botucatu, diques de diabásio e siltitos da Formação Corumbataí (ponto RM-15). A principal família corresponde às falhas de direção NW-SE, com um único dado indicando NE-SW, coletado no ponto PR\_UNESP-06. Em RM-15, foram identificadas mais de uma direção de estria, indicando reativação.

**Figura 66:** Estereograma com planos de falhas do tipo inversa (projeções ciclográficas) e estrias correspondente aos pontos PR\_UNESP-06, 13 e 17 e RM-15.



Fonte: Autora (2024).

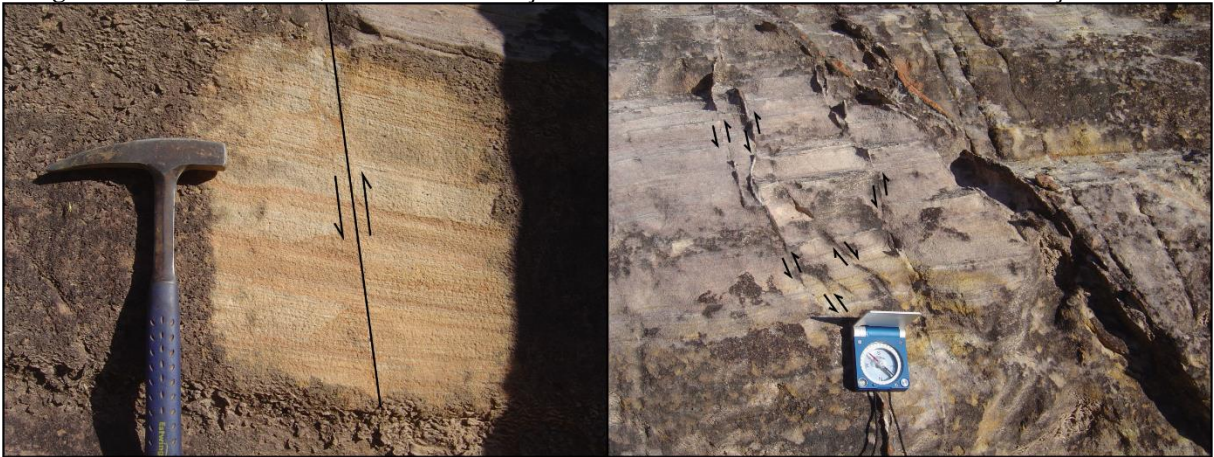
**Figura 67:** Estrias reconhecidas nos pontos (A) PR\_UNESP-06 e (B) RM-15. A) Estria de direção N26/50, indicada em azul. B) Estrias de direção N290/35, em roxo (I), e N110/06, em rosa (S).



Fonte: Modificado do Projeto RIFTE (2009) e autora (2024).

A maior concentração de dados de falhas inversas corresponde ao ponto PR\_UNESP-13, onde foi observado um sistema de falhas inversas com planos estriados, nos arenitos da Formação Botucatu, representado na figura abaixo (Figura 68).

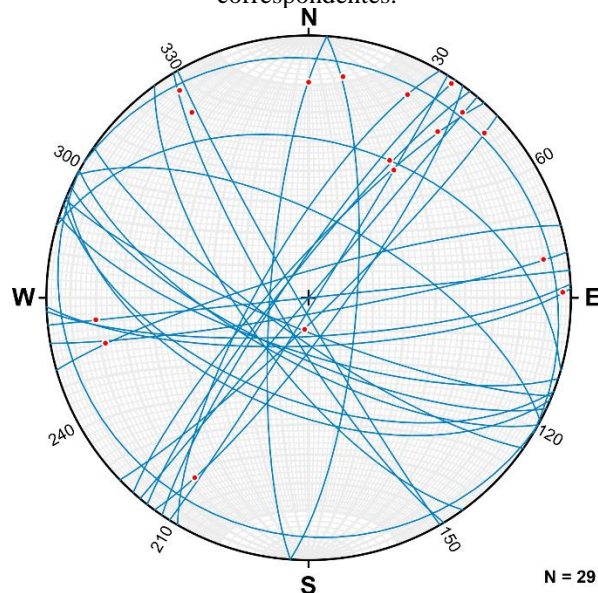
**Figura 68:** PR\_UNESP-13, arenitos da Formação Botucatu com estrutura sedimentar estratificação cruzada.



Fonte: Modificado do Projeto RIFTE (2009).

Os dados correspondentes às falhas dextrais indicam domínio das famílias NE-SW e E-W, secundariamente há influência das famílias NW-SE e N-S. Foram coletados dados de estrias em todos os pontos, facilitando a sua classificação cinemática. As falhas dextrais e suas respectivas estrias foram identificadas nos pontos PR\_UNESP-17 e 20, LN\_UNESP-02, 03, 05 e 06, e RM\_18 e 29 (Figura 69), em rochas intrusivas, arenitos da Formação Botucatu e siltitos da Formação Corumbataí.

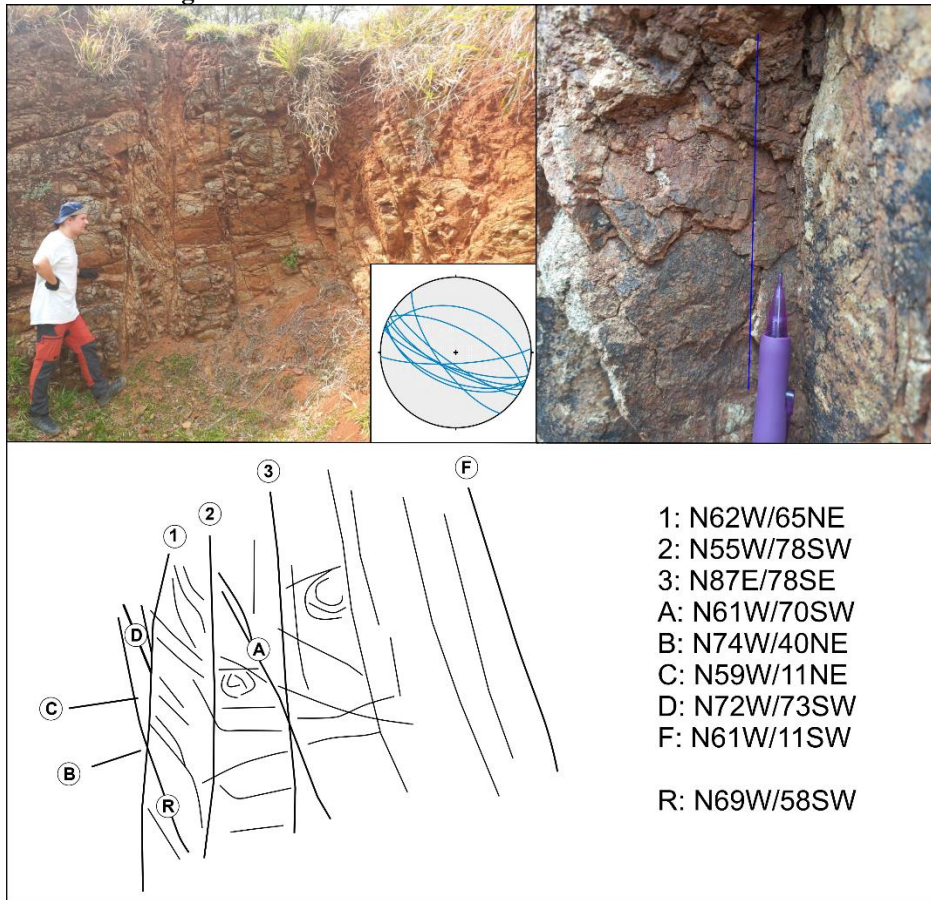
**Figura 69:** Estereograma com planos de falhas do tipo dextral (projeções ciclográficas) e estrias correspondentes.



Fonte: Autora (2024).

As falhas de direção NW-SE afetam as intrusivas básicas na região, sendo este evento bem representado no ponto RM-26, onde é reconhecida uma transcorrência dextral NW-SE (Figura 70). Em RM-18, foram reconhecidas falhas NE-SW com plano estriado (Figura 71).

**Figura 70:** Ponto RM-26. Estria 212/55 destacada em azul.



Fonte: Autora (2024).

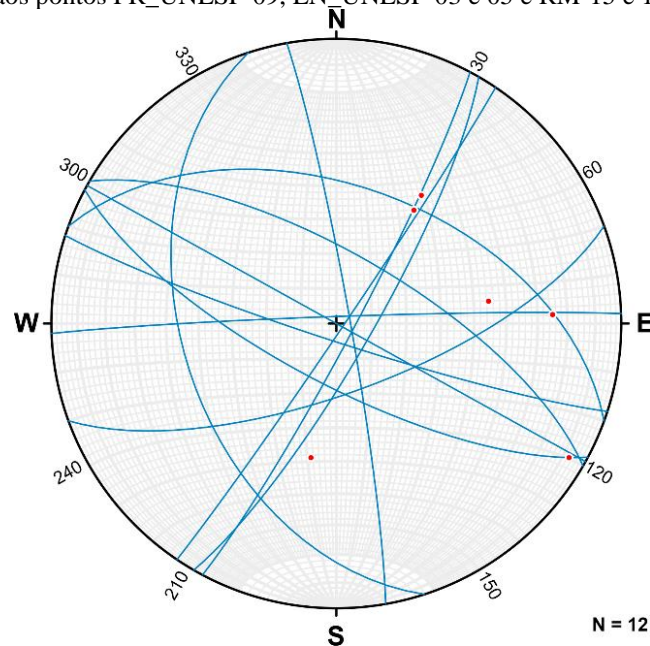
**Figura 71:** Falha dextral em dique de diabásio (ponto RM-18). Plano de falha N32E/88SE, estria antiga 210/40 (destacada em vermelho) e estria nova 42/40 (destacada em roxo).



Fonte: Autora (2024).

As falhas sinistrais foram reconhecidas nos pontos PR\_UNESP-09, 13 e 20, LN\_UNESP-03, 04 e 05 e RM-13, 15 e 18 (Figura 72). Apresenta domínio em NE-SW e NW-SE, bem representados nos pontos RM-15 e 18, onde foram coletadas medidas de estrias. Os dados foram identificados em diques e/ou derrames basálticos, siltitos da Formação Corumbataí e arenitos da Formação Botucatu, na figura 73.

**Figura 72:** Estereograma com planos de falhas do tipo sinistral (projeções ciclográficas) e estrias correspondente aos pontos PR\_UNESP-09, LN\_UNESP-03 e 05 e RM-15 e 18.



Fonte: Autora (2024).

**Figura 73:** Ponto RM-13, gruta de arenitos da Formação Botucatu com provável sinistral N10W/86NE.



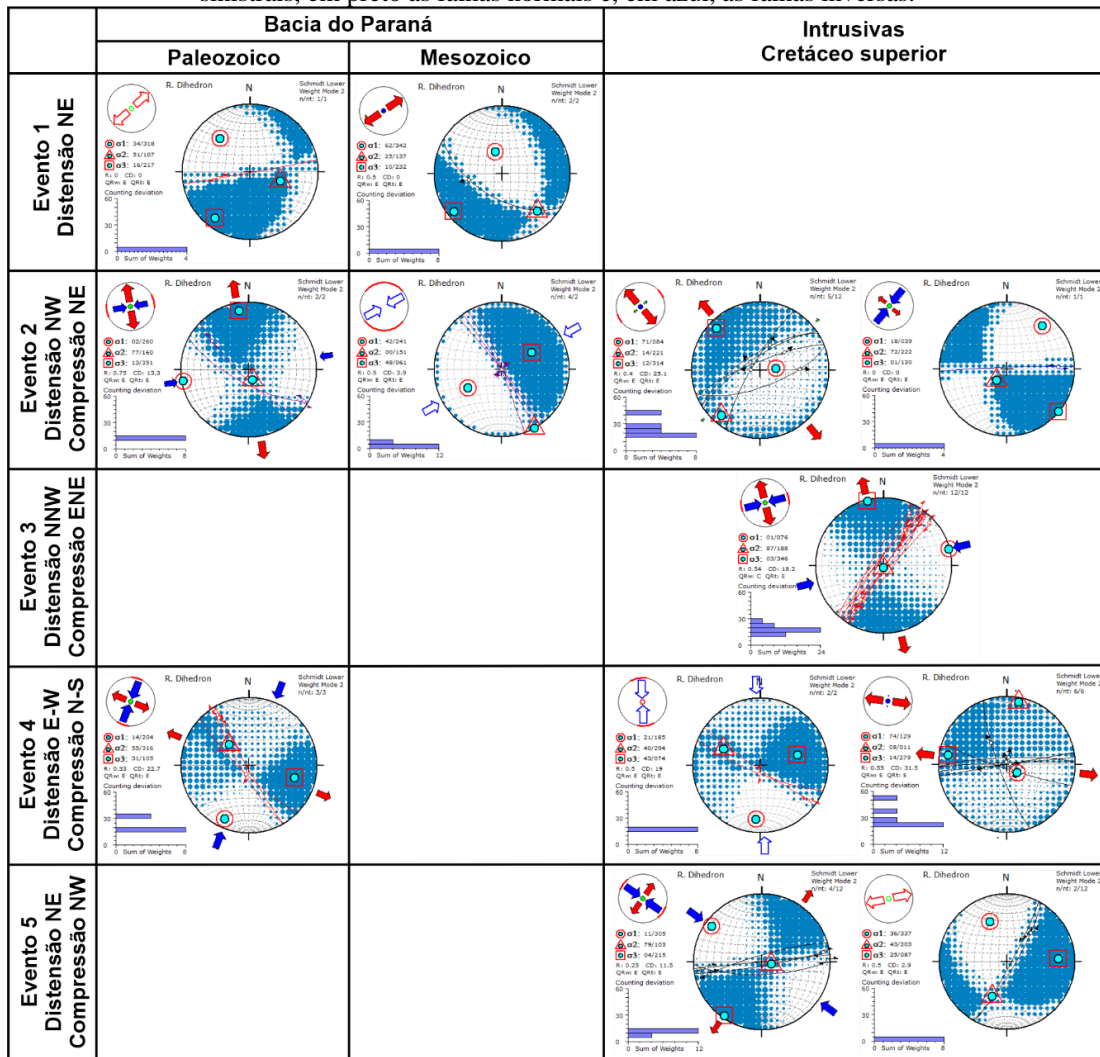
Fonte: Autora (2024).

## 5.5. Reconstrução dos eixos de paleotensões

A reconstrução dos eixos de paleotensões se deu por meio do programa Win-Tensor, seguindo o método de diedros retos de Angelier & Mechler (1977), a fim de determinar os eventos deformacionais da área de estudo.

Os dados de falhas foram agrupados conforme a idade das rochas onde foram coletados, separando-se em Paleozoico (Formação Corumbataí), Mesozoico inferior (Formação Botucatu) e Cretáceo superior (rochas intrusivas correlatas a Formação Serra Geral), sendo cada tipo de falha (normais, inversas e transcorrentes dextrais e sinistrais) dividida em famílias, conforme suas orientações preferencias. A compilação dos dados permitiu reconhecer 5 eventos deformacionais, sendo o evento 1 o mais antigo e os eventos 2, 3, 4 e 5, reativações cenozoicas (Figura 74).

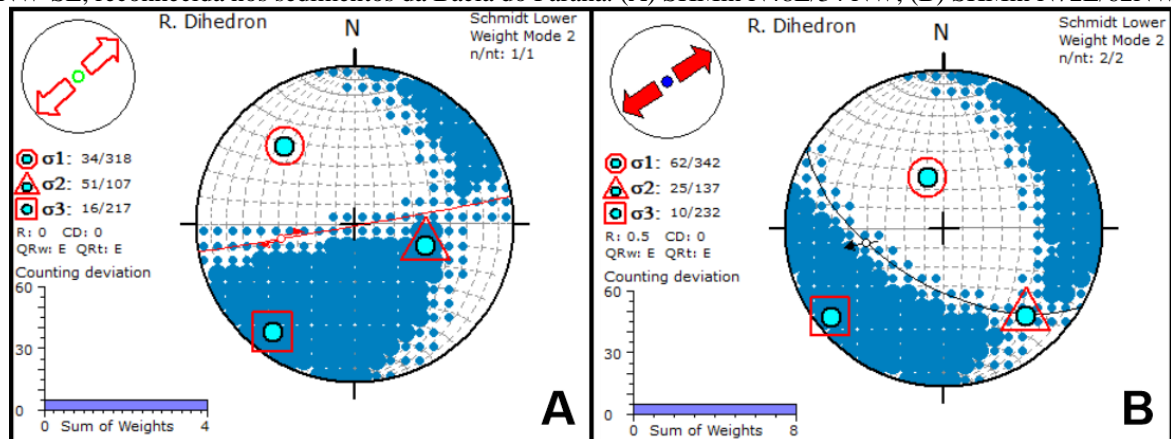
**Figura 74:** Eventos deformacionais reconhecidos na área de estudo e seus respectivos eixos de paleotensões. Os planos ciclográficos em vermelho indicam as falhas transcorrentes dextrais, em roxo as falhas transcorrentes sinistrais, em preto as falhas normais e, em azul, as falhas inversas.



Fonte: Autora (2024).

O primeiro evento (Figura 75) apresenta caráter distensivo NE, responsável pela formação de falhas normais de direção NW-SE e falhas transcorrentes dexas E-W, nos sedimentos da Bacia do Paraná. Este evento está relacionado com o processo extensional do rifteamento e abertura do Oceano Atlântico Sul, junto com a colocação dos diques básicos de direção NW-SE, no Cretáceo. A distensão reconhecida no Paleozoico está relacionada com o arranjo geométrico do Lineamento Paranapanema, cujo principal feixe de falhas exhibe movimentação predominantemente transcorrente com padrão estrutural em E-W, bem reconhecido durante a extração dos lineamentos de relevo nas imagens SRTM. A falha normal NW-SE afetou os arenitos da Formação Botucatu e corresponde a direção preferencial do Lineamento Guapiara.

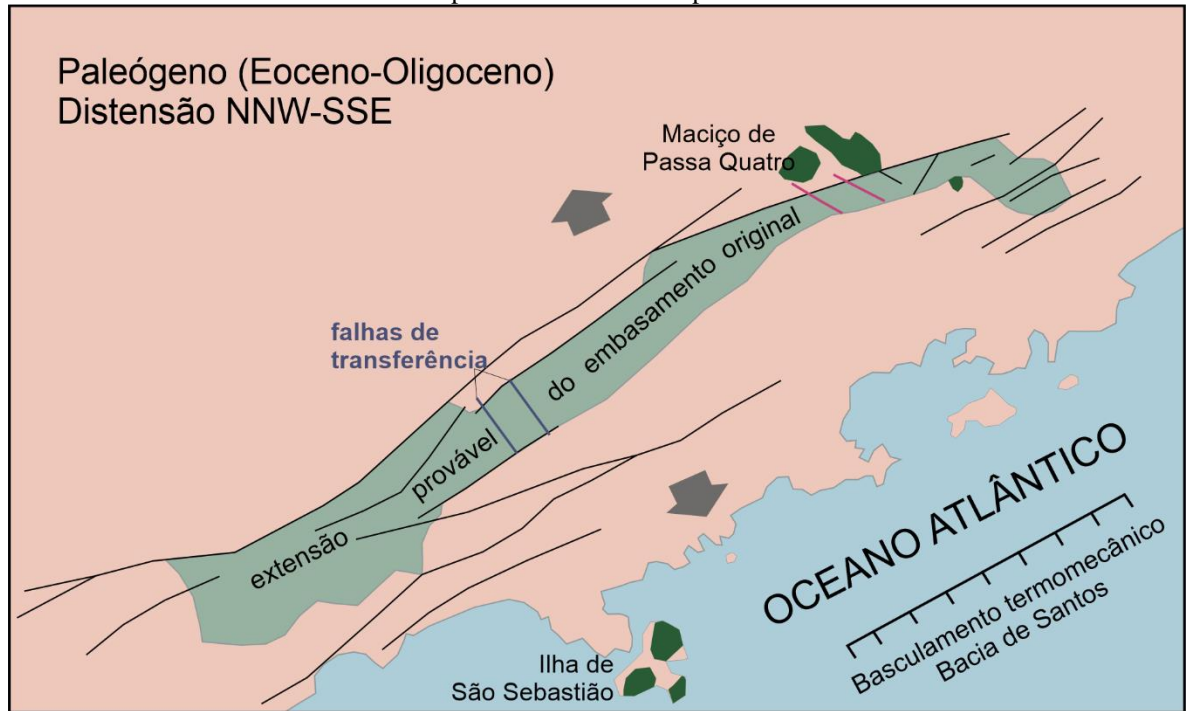
**Figura 75:** Evento 1 – Distensão NE-SW: (A) Falha transcorrente dextral de direção E-W e (B) falha normal NW-SE, reconhecida nos sedimentos da Bacia do Paraná. (A) SHMin N48E/34 NW; (B) SHMin N72E/62NW.



Fonte: Autora (2024).

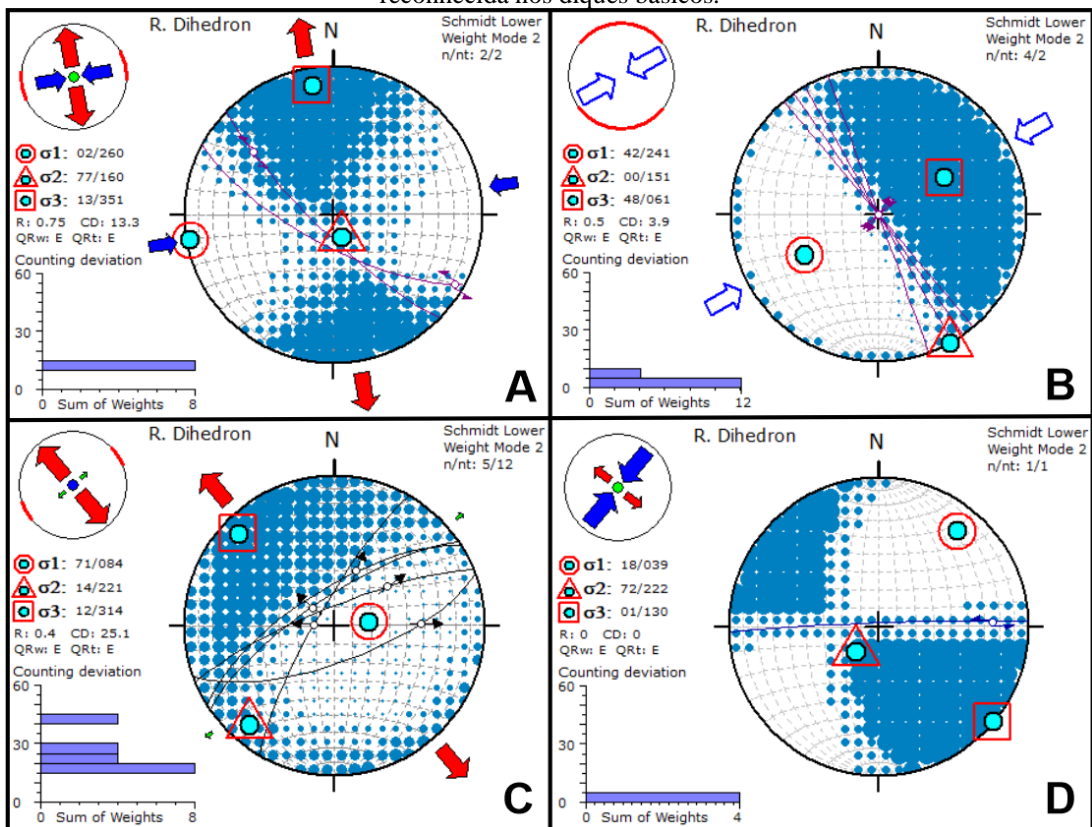
O segundo evento está correlacionado com a reativação de antigas zonas de cisalhamento do embasamento pré-cambriano, sob ação de um campo de esforços distensivos NNW-SSE, entre o Eoceno-Oligoceno, que deram oportunidade à instalação e deformação das bacias que compõem o Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1990) (Figura 76). Neste evento, foi registrado compressão na direção NE-SW e distensão em NW-SE, responsável pela reativação de falhas inversas NW-SE nos sedimentos da Bacia do Paraná e nas falhas normais NE-SW e transcorrentes sinistrais E-W dos diques de diabásio (Figura 77).

**Figura 76:** Evento deformacional distensivo NNW-SSE de Riccomini (1990), falhas de componente normal representadas em linhas pretas.



Fonte: Modificado de Riccomini *et al.* (2004)

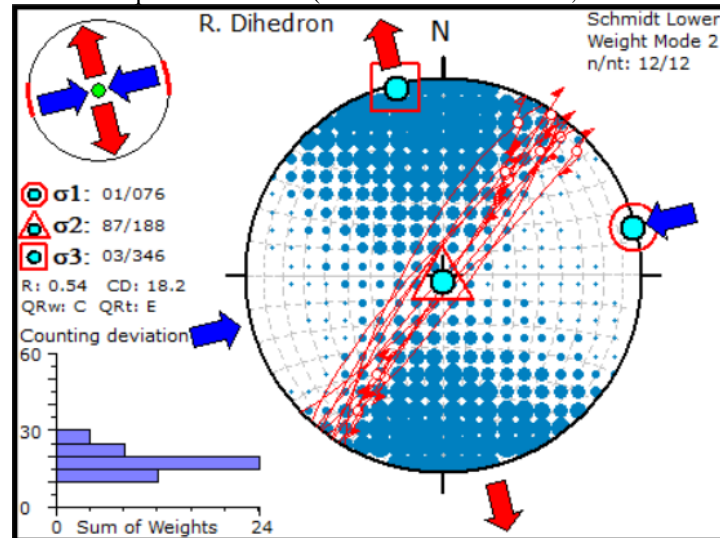
**Figura 77:** Evento 2 – Compressão NE-SW e distensão NW-SE: (A) Falhas inversas de direção NW-SE do Paleozoico e (B) Mesozoico; (C) Falhas normais de direção NE-SW e (D) falha transcorrente sinistral, reconhecida nos diques básicos.



Fonte: Autora (2024).

O terceiro evento (Figura 78) apresenta carácter extensional NNW-SSE e compressional ENE-WNW, responsável pela geração e reativação de falhas transcorrentes dextrais NE-SW nos diques de diabásio. Os mapas temáticos revelaram a influência dos lineamentos de direção NE-SW ao longo de toda a região de estudo, controlando fortemente o relevo. Os dados estão concentrados na porção sudoeste da área.

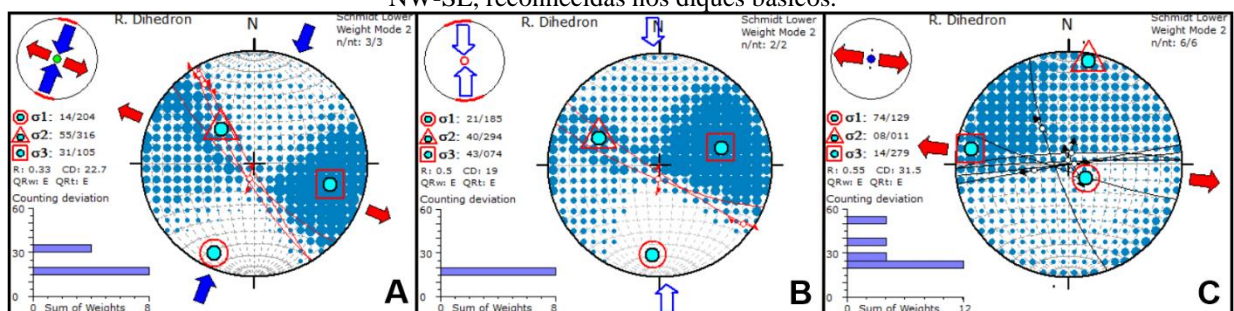
**Figura 78:** Evento 3 – Compressão ENE-WNW e distensão NNW-SSE. Falhas transcorrentes dextrais identificados nos diques de diabásio (SHMax N166W/01 NE, SHMin N76E/03NW).



Fonte: Autora (2024).

O quarto evento (Figura 79) possui distensão E-W e compressão N-S e foi responsável pela reativação de falhas transcorrentes dextrais de direção NW-SE nos sedimentos paleozoicos da Bacia do Paraná e nos diques básicos, assim como a reativação de falhas normais NW-SE identificadas nas intrusivas básicas. Essas reativações estão relacionadas com o controle deformacional do Lineamento Guapiara, representado pela colocação dos diques de diabásio em NW-SE, evidenciado nos mapas de lineamentos estruturais de relevo e de drenagem.

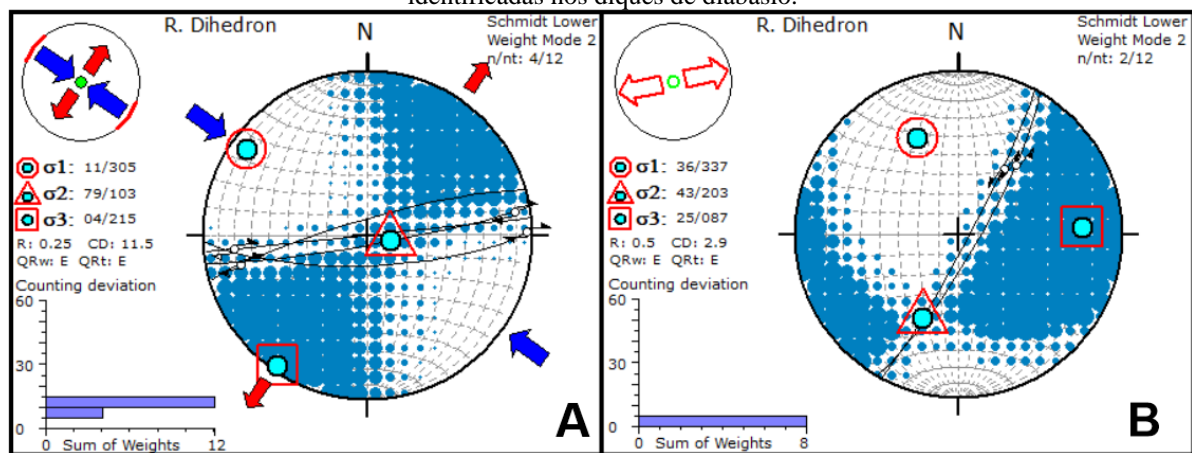
**Figura 79:** Evento 4 – Compressão N-S e distensão E-W. (A) Falhas transcorrentes dextrais NW-SE nos sedimentos paleozoicos da Bacia do Paraná; (B) Falhas transcorrentes sinistras e (C) falhas normais de direção NW-SE, reconhecidas nos diques básicos.



Fonte: Autora (2024).

O último evento (Figura 80) possui  $SH_{Max}$  em NW-SE e  $SH_{Min}$  próximo a NE-SW (NNE-SSW a ENE-WNW) e é caracterizado pela reativação de falhas normais NW-SE e E-W, deformando os diques de diabásio associados ao Lineamento Guapiara. Este evento foi reconhecido por Vedovello (2017) na região do Vale do rio Ribeira de Iguape, localizado na porção sul do estado de São Paulo, e relaciona-se com o evento deformador do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, ocorrido entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno, com compressão NW-SE (RICCOMINI *et al.*, 2004).

**Figura 80:** Evento 5 – Compressão NW-SE e distensão NE-SW. (A) Falhas normais E-W e (B) NW-SE, identificadas nos diques de diabásio.



Fonte: Autora (2024).

## 6. CONCLUSÕES

Os métodos utilizados para a elaboração deste trabalho revelaram-se satisfatórios. Os mapas de lineamentos obtidos por meio das imagens SRTM 30 m e os mapas gravimétricos e magnetométricos permitiram identificar o forte controle estrutural dos lineamentos Guapiara e Paranapanema na paisagem e no sistema de drenagem local.

A região de Fartura é afetada principalmente pelos lineamentos de direção E-W e NW-SE, seguida de NE-SW, representado por feições estruturais como juntas, falhas e diques, responsáveis pelo alinhamento das cristas de relevo e o rearranjo das drenagens.

As estruturas de direção E-W são interpretadas como decorrentes do Lineamento Paranapanema, um alinhamento estrutural orientado em ESE-WNW, com grande influência durante a evolução da Bacia do Paraná. Evidências desta estrutura foram reconhecidas durante o mapeamento de juntas e falhas em campo e nos mapas de lineamentos de relevo confeccionados.

A influência do Lineamento Guapiara é registrada por anomalias de relevo reconhecidas tanto na rede de drenagem quanto na geomorfologia, que se manifestam na forma de cristas e vales alinhados na direção NW-SE. O fraturamento nesta direção é bastante pronunciado, com mergulhos de alto ângulo a verticais, sendo principalmente reconhecido nos diques de diabásio.

A caracterização dos eventos deformacionais da área permitiu reconhecer reativações em falhas normais NW-SE e E-W nos sedimentos da Bacia do Paraná e nos diques, associadas com uma distensão em NE-SW e compressão em NW-SE. Este evento é interpretado como o mais recente da área e apresenta relação com a evolução do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, durante o Pleistoceno Superior e o Holoceno.

Os lineamentos e as juntas de direção NE-SW revelam uma deformação pós-mesozoica, decorrentes da evolução pré-cambriana, podendo apresentar localmente reativação ao longo de seus traços. Os dados de falhas e estrias corroboraram para essa hipótese, o segundo evento deformacional registrado na área apresenta relação com a deformação das bacias que compõem o Rifte Continental do Sudeste do Brasil, entre o Eoceno-Oligoceno, através de compressões em NE-SW e distensão em NW-SE.

Os resultados permitiram estabelecer relações entre a deformação dos lineamentos Guapiara e Paranapanema na região de Fartura e o papel dessas estruturas para a favorabilidade de acumulações de hidrocarbonetos. Os traços do Lineamento Paranapanema podem ser estendidos em direção à Zona de Fratura do Rio de Janeiro, enquanto o Lineamento Guapiara apresenta uma forte expressão morfotectônica regional, controlando o vale do Rio

Paranapanema, projetando-se de forma marcante na Bacia de Santos, conhecida por ser uma das maiores produtoras de hidrocarbonetos do Brasil.

Na região de Fartura, foi reconhecido o sistema petrolífero Irati/Piramboia-Botucatu. Diversos afloramentos de arenitos da Formação Botucatu foram mapeados, com destaque para o ponto RM-07, onde foram observadas bandas de deformação – estrutura comum em reservatórios porosos de petróleo, gás e água. Diques e planos de falhas são interpretados como mecanismos de migração vertical de hidrocarbonetos e foram mapeados ao longo de toda a área de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. 1969. **Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira**. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Anais. Salvador, SBG. V.1, p.29-46.

ALMEIDA, F.F.M. de *et al.* **As províncias estruturais brasileiras**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. Atas. Campina Grande: Sociedade Brasileira de Geologia, 1977. p. 363-391.

AMARAL, G. **Métodos para Obtenção de Informação Estrutural em Produtos de Sensoriamento Remoto**. Cadernos IG/Unicamp, v.4, n.1, 1994.

ANGELIER, J.; MECHLER, P. **Sur une méthode graphique de recherche des contraentes principales également utilisable en tectonique et en seismologie: la méthode des diédres droit**. Bulletin Societé Géologique de France, n. 19, p. 1309-1318, 1977.

ANP. Agência Nacional do Petróleo - <http://www.anp.gov.br>. Acesso em abril/2023.

ARTUR, P. C. SOARES, P. C. **Paleoestruturas e petróleo na Bacia do Paraná, Brasil**. Revista Brasileira de Geociências 32(4):161-162, dezembro de 2002.

CAETANO-CHANG, M. R. **A Formação Pirambóia no Centro-leste do Estado de São Paulo (Pirambóia Formation in the Center-East Portion of São Paulo State)**. Habilitation thesis, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, p. 196, 1997.

CAMPANHA, G.A.C. **O papel do sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes na configuração da porção meridional da Faixa Ribeira**. São Paulo, 2002. 105 p. Tese Livre (Docência), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.

CHRISTOFOLETTI, B. *et al.* **Dinos among the dunes: Dinoturbation in the Pirambóia Formation (Paraná Basin), São Paulo State and comments on cross-section tracks**. Journal of South American Earth Sciences, v. 109, p. 103252, 2021.

COUTINHO, José Moacyr Vianna. **Dyke swarm of the Paraná triple junction, southern Brazil**. Geologia USP. Série Científica, v. 8, n. 2, p. 29-52, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.5327/z1519-874x2008000200003>. Acesso em: 12 jun. 2023.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2006. Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo: Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Brasília: MME, Programa Geologia do Brasil: Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil, Mapas Geológicos Estaduais. Escala 1:750000, CD-ROM.

DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P. **Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 24., 1970, Brasília. Anais do... São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1970. p. 359-412.

DELVAUX, D.; SPERNER, B. Stress tensor inversion from fault kinematic indicators and focal mechanism data: the TENSOR program. **Newinsights into structural interpretation and modelling**, v. 212, p. 75-100, 2003.

DAVINO, A.; SINELLI, A. S., CORREIA, C. T. 1982. **Diabásios na região nordeste da Bacia do Paraná**. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, v. 4. Salvador, pp. 1736-1744.

FERRARI, A. L. **Evolução tectônica do Graben da Guanabara**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2001.

FERREIRA, F. J. F., MORAES, R., FERRARI, M. P., VIANNA, R. B. **Contribuição ao estudo do Alinhamento Estrutural de Guapiara**. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. *Anais...* São Paulo: SBG, 1981. v. 1, p.226-240.

FRANCO-MAGALHAES, A. O. B.; HACKSPACHER, P. C.; SAAD, A. R. **Exumação tectônica e reativação de paleolineamentos no Arco de Ponta Grossa: termocronologia por traços de fissão em apatitas**. Revista brasileira de geociências, São Paulo, v. 40, n. 2, jun. 2010.

FOSSSEN, H. Geologia Estrutural / Haakon Fossen; tradução Fábio R. D. de Andrade. 2. ed. atual. e ampl. São Paulo. Oficina de Textos, 2017.

FÚLFARO, V.J. 1974. **Tectônica do Alinhamento Estrutural do Paranapanema**. Boletim IG. Instituto de Geociências, USP, v.5: 129-138.

FÚLFARO, V.J. *et al.* .1982. **Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná**. Revista Brasileira de Geociências, 12 (4):590-610.

FÚLFARO, V.J.; STEVAUX, J.C.; SOUZA Fo, E.E.; BARCELOS, J.H. **A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG, v.2, p. 711- 724.

GAMA JR, E. **A sedimentação do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati), um modelo geomórfico**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 1-16, 1979.

HACHIRO, Jorge. **Litotipos, associações faciologicas e sistemas deposicionais da formação Irati no Estado de São Paulo**. 1991. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991. Acesso em: jun. 2023.

HASUI, Y. **A grande Colisão Pré-Cambriana do Sudeste brasileiro e a Estruturação Regional**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.

HASUI, Y. Sistema Orogênico Mantiqueira. In: HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R., ALMEIDA, F.F.M.A., BARTORELLI, A. (org.) **Geologia do Brasil**. São Paulo, Beca, p. 331- 372, 2012.

HEILBRON, M.; SOARES, A.C.P.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: **Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo, Ed. DECA, 2004, p. 203-234.

KEIDEL, J. **La geología de las sierras de la Provincia de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas de Sud Africa y los Andes**. Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Buenos Aires, v. 9, n. 3, p. 1-78, 1916.

KERN, H. P. 2008. **Arquitetura Estratigráfica de Corpos Arenosos Gerados por Ondas e Marés no Bloco Central da Mina de Iruí (Formação Rio Bonito, eo-permiano da Bacia do Paraná, RS)**. Dissertação de Mestrado, PPGeo Unisinos, São Leopoldo, 145 p.

LAVINA, E. L. C. & LOPES, R. C. 1987. **A transgressão marinha do Permiano Inferior e a evolução paleográfica do Supergrupo Tuburão no Estado do Rio Grande do Sul**. *Paula-Coutina*, 1: 51-103

LAVINA, E. L. C.; NOWATZKI, C. H.; SANTOS, M. A. A. dos; LEÃO, H. Z. 1985. **Ambientes de Sedimentação do Super-Grupo Tuburão na Região de Cachoeira do Sul, RS**. *Acta Geológica Leopoldensia*, 9(21): 5-75

MACHADO JR, D. de L. **Condicionantes estruturais e contexto tectônico do “Alinhamento de Guapiara”**. 2000. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MATTOS, N. 2012. **Caracterização geológica e potencial para reservatórios no Grupo Itararé, na região Centro-Leste do Estado de São Paulo**. p. 64, TCC (Graduação em Geologia) - Unicamp, Campinas.

MILANI, E. J. 1997. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana Sul – ocidental**. 255 f. Tese de Doutorado em Geociências - Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

MILANI, E. J.; CATTO, E. 1998. **Petroleum Geology of the Paraná Basin, Brazil**. AAPG, International Conference & Exhibition, Rio de Janeiro, Abstracts. P. 442-443, 1998.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. **Bacia do Paraná**. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15, p. 265–287, 2007.

MILANI, E.J., FRANÇA, A.B. & MEDEIROS, R.A. 2007b. **Roteiros Geológicos: Rochas geradoras e rochas-reservatório da Bacia do Paraná, faixa oriental de afloramentos, Estado do Paraná**. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15: 135-162.

MIO E. 2005. **Modelagem crustal da Bacia de Santos pela integração de métodos geofísicos**. Rio Claro. 94 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Estadual Paulista).

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Shuttle Radar Topography Mission: Mission to Map the World. Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>. Acesso em: junho/2023

OLIVEIRA, R. G. **Arcabouço geofísico, isostasia e causas do magmatismo cenozóico da província Borborema e de sua margem continental (Nordeste do Brasil)**. 413 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008

PELAES, I. **Investigação sobre deformação neotectônica no Lineamento Guapiara, região de Ourinhos e Fartura (SP) e Santo Antonio da Platina (PR)**. UNESP (Trabalho de Conclusão de Curso - Geologia) 2013. 59 pp.

PETRI, S. 1964. **Grupo Tubarão**. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, vol. 41, p. 56-63.

RIBEIRO, M. 1980. **Geossuturas do escudo do Rio Grande do Sul**. Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, v. 5, Comboriú, pp. 2709-2717.

RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. 1990. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RICCOMINI, C., SANT'ANNA, L.G., FERRARI, A.L., 2004. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R., BRITO-NEVES, B.B. (Eds.), **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo, São Paulo, SP, pp. 383-405.

ROCHA-CAMPOS, A. C. 1967. **The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin**. In: J. J. Bigarella; R. D. Becker; I. D. Pinto (Editors), Problems in Brazilian Gondwana Geology, Curitiba, p. 27-102.

SANTOS, J. M.; SALAMUNI, E.; MORALES, N.; CASTRO, L. G.; SILVA, C. L.; SOUZA, I. A.; GIMENEZ, V. B.; OLIVEIRA, S. P. **Aeromagnetic and structural characterization of dyke swarms in southeast Brazil: Evidence for Cenozoic reactivation of the Guapiara lineament, Ponta Grossa Arch**. Journal of South American Earth Sciences, Volume 129, 2023, 104523, ISSN 0895-9811, <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104523>.

SCHNEIDER, R. L. *et al.* 1974. **Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná**. Porto Alegre - RS-28º Congresso Brasileiro de Geologia.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SMA & Contrato ENGECORPS **Relatório Final da Proposta de Macrozoneamento do Vale do Ribeira**. SMA, 1996.

SIMÕES, M. G.; FITTIPALDI, F. C. 1992. **Fósseis da região de Rio Claro, SP**. Arquivo do Município, Rio Claro, São Paulo State.

SOARES, P. C. O. 1972. **Mesozóico Gondwânico no Estado de São Paulo**. 152 f. Tese de Doutorado em Geociências - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro.

SOARES, P.C. e LANDIM, P.M.B. 1975. **Comparison between the tectonic evolution of the intracratonic and marginal basins in South Brazil**. An. Acad. Bras. Science, v. 48 (supl.): 313-324, Rio de Janeiro.

SOARES, P. C. **Tectônica sinsedimentar cíclica na Bacia do Paraná – Controles**. Curitiba, 1991. 178 p. Tese (Professor Titular) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

SOUZA, P. A. **Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil**. Review of Palaeobotany and Palynology, Amsterdam, v. 138, p. 9-29, 2006.

STRUGALE, M.; ROSTIROLLA, S.P.; MANCINI, F.; PORTELA FILHO, C.V; FERREIRA, F.J.F., FREITAS, R. C. 2007. **Structural framework and Mesozoic–Cenozoic evolution of Ponta Grossa Arch, Paraná Basin, southern Brazil**. South American Earth Sciences. 24:2003-227.

VAIL, P. R.; MITCHUM, R. M.; THOMPSON, S. Seismic Stratigraphy and global change of sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal onlap. In: PAYTON, C. E. (Ed.). **Seismic Stratigraphy: applications of hydrocarbon exploration**. Tulsa: American Association of Geologists, 1977. p. 205-212. (AAPG Memoir, 26).

VEDOVELLO, P. 2017. **Neotectônica no lineamento Guapiara, médio e baixo vale do Rio Riberia de Iguape**. Dissertação de Mestrado- UNESP. 130pp.

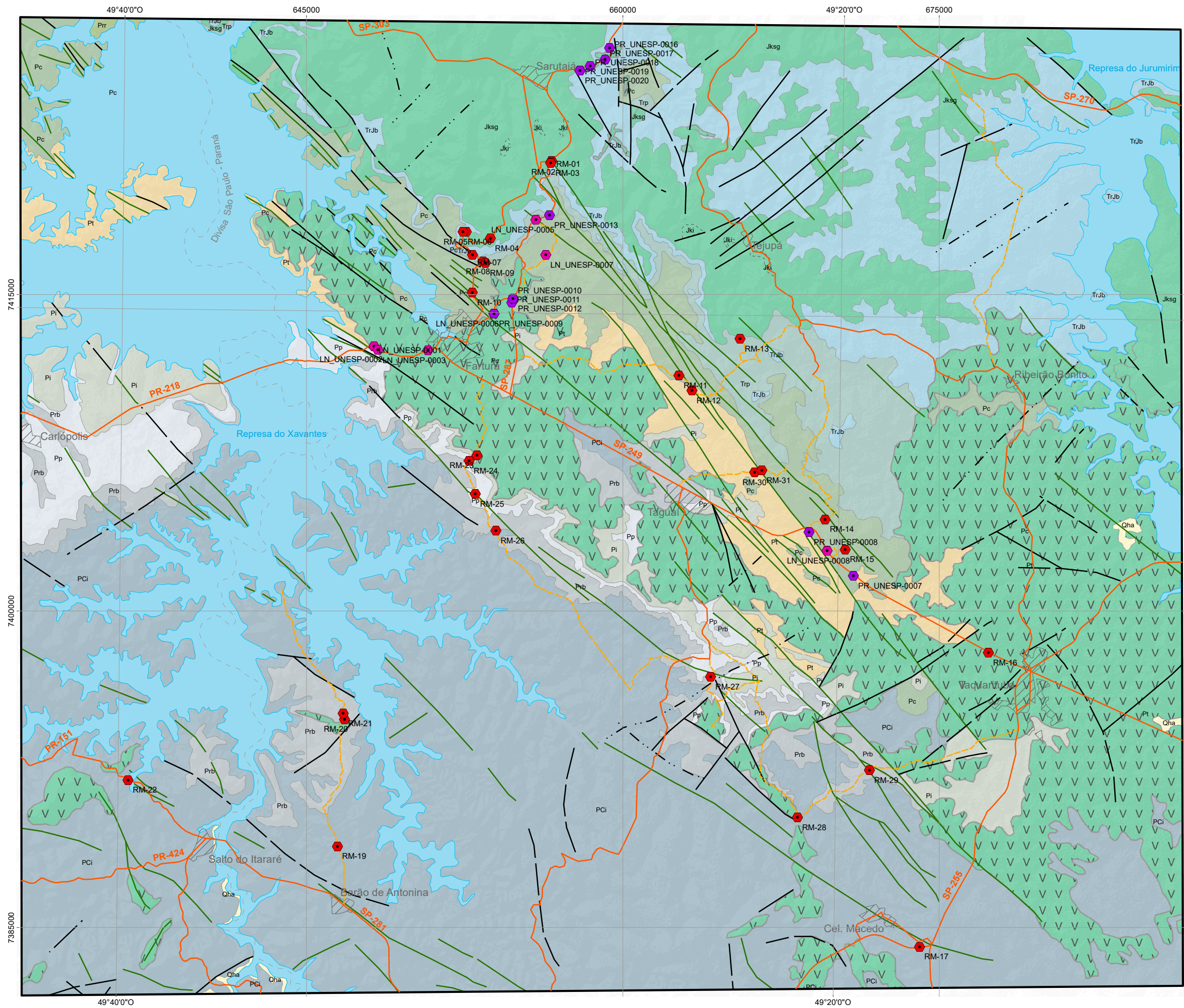
WARREN, L.V.; ALMEIDA, R.P.; HACHIRO, J.; MACHADO, R.; ROLDAN, L.F.; STEINER, S.S. & CHAMANI, M.A.C. 2008. **Evolução sedimentar da Formação Rio do Rasto (Permo-Triássico da Bacia do Paraná) na porção centro sul do estado de Santa Catarina, Brasil**. Revista Brasileira de Geociências, 38(2-supl.): 213-227.

ZAINE, M. F. **Uma Barreira Geográfica no Paleozóico Superior na Região de Fartura, SP**. 1980. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – São Paulo.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.; VIEIRA, I.S.; ASTOLFI, M.A.M.; APPI, V.T., ZANOTTO, O.A., 1987. **A divisão tripartite do Siluriano da Bacia do Paraná**. Revista Brasileira de Geociências. 7(3): 242-252.

ZALÁN, P. V.; WOLF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M. A. M; VIEIRA, I. S; APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A. **Bacia do Paraná**. In: Raja Gabaglia, G. P. & Milani, E. J.(coords), Origem e Evolução de Bacias Sedimentares, Petrobrás, Rio de Janeiro, 415 p., 1991.

# **ANEXO I**



## LEGENDA

### Unidades Litoestratigráficas

#### Quaternário

**Qha** Depósitos aluvionares recentes arenosos a areno-argilosos

#### Mesozóico

##### Jurássico-Cretáceo

##### Formação Serra Geral

**JKsg** **JKi** Derrames de basalto (JKsg); corpos de arenito "intertrapps" (JKi)

#### Intrusivas Básicas

Soleiras de diabásio (v v v v); diques de diabásio (—)

#### Trássico-Jurássico

##### Formação Botucatu

**TrJb** Arenitos de granulação fina a grossiera, níveis conglomeráticos na parte superior, estratificação cruzada de médio porte.

#### Trássico

##### Formação Pirambóia

**Trp** Arenitos de granulação muito fina a grossiera, níveis conglomeráticos, estratificação cruzada. Níveis de argilito.

#### Paleozóico

##### Formação Rio do Rasto

**Prr** Siltitos e argilitos com intercalações de arenitos finos, cores esverdeadas, avermelhadas e aroxeadas, níveis ocasionais de calcário e sílex. Laminações paralelas, por vezes cruzadas

##### Formação Corumbataí

**Pc** Siltitos e argilitos esverdeados e avermelhados, ocasionais níveis de arenito cinza médio, laminações paralelas inclinadas, lenticulares, convolutas. Calcilitos com lâminas argilas. Ocasionalmente níveis limonitizados.

##### Formação Teresina

**Pt** Alternância de argilitos, folhelhos e siltitos de cor cinza média esverdeada, frequentes níveis de sílex e calcários esbranquiçados

##### Formação Irati

**Pi** Argilitos e folhelhos pirobetuminosos cinza escuro a preto, intercalações de lentes de calcário cinza claro.

##### Formação Palermo

**Pp** Siltitos cinza, predominantemente bioturbados e laminações inclinadas.

##### Formação Rio Bonito

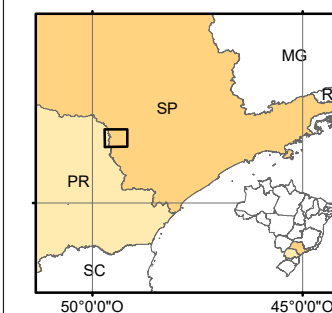
**Prb** Arenitos, siltitos e folhelhos cinzas, esverdeados e marrons; intercalações de níveis de calcários cinza claro; laminação paralela, ondulada, cruzadas e inclinadas. Níveis ocasionais de conglomerado e camada de carvão.

#### Permo-Carbonífero

##### Grupo Itararé

**PCI** Conjunto heterogêneo de rochas sedimentares, incluindo arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos, tilitos e ocasionalmente níveis de carvão

#### Localização da área



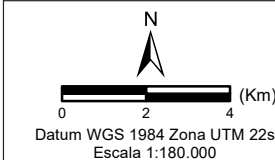
#### Convenções Geológicas

— Falha definida      - - - - - Fraturas  
 - - - - - Falha inferida

#### Convenções Cartográficas

Municípios  
 Corpos d'água  
 Vias pavimentadas  
 Vias não-pavimentadas

**Pontos**  
 LN\_UNESP  
 PR\_UNESP  
 RM\_UNESP



Mapa Geológico do DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral  
 Projeto Borda Leste da Bacia do Paraná: Integração Geológica e Avaliação Econômica  
 Folhas Jacarésinho, Piraju, Venceslau Bras e Itaporanga  
 Escala 1:100.000  
 1984

# **ANEXO II**

Ponto	Coordenadas		Plano de falha	Mergulho	Direção da estria	Mergulho da estria	Tipo de falha
	X	Y					
PR_UNESP-06	49°21'20,2"W	23°40'10,1"S	124	88	26	50	Inversa
PR_UNESP-09	49°29'39,3"W	23°22'32,1"S	160	70	82	45	Sinistral
PR_UNESP-10	49°29'07,9"W	23°22'08,5"S	250	50			
			230	25			
PR_UNESP-13	49°28'08,5"W	23°19'59,8"S	246	68			Inversa
			194	85			Inversa
			230	90	225	90	Inversa
			240	90	215	90	Inversa
			250	90	235	90	Inversa
			5	90	243	90	Inversa
			235	90	225	90	Inversa
			225	50	30	90	Inversa
			252	45			Sinistral
			30	70			Sinistral
PR_UNESP-16	49°26'31,3"W	23°15'40,8"S	70	70			Inversa
			8	75			Normal
			190	85			Normal
			140	90			Normal
			330	75			Normal
			330	80			Normal
			245	90			Normal
			340	90			Normal
			40	85			Normal
			172	90			Normal
PR_UNESP-17	49°26'38,5"W	23°15'58,9"S	180	90			Normal
			315	90			Normal
			320	75			Normal
			128	85	194	35	Normal
			358	82	176	50	Normal
			240	90			Normal
			310	90			Normal
			126	80	212	20	Dextral
			185	85			Normal
			10	75	85	30	Normal
PR_UNESP-20	49°27'20,0"W	23°16'16,2"S	325	85			Normal
			338	80	62	55	Normal
			250	80	285	40	Normal
			10	80			Normal
			300	80	205	85	Normal
			326	75	310	75	Normal
			214	85	120	10	Inversa
			40	85	214	10	Inversa
			184	80			Normal
			350	90	248	65	Normal
LN_UNESP-02	49°32'52,8"W	23°23'29,6"S	328	70	46	65	Normal
			274	78	4	20	Dextral
			94	75	2	18	Dextral
			210	60	260	50	Normal
			310	90			Normal
LN_UNESP-03	49°31'29,2"W	23°23'30,2"S	124	88			Sinistral
			20	50			Sinistral
			240	87	328	18	Dextral
			239	80	328	8	Dextral
			358	88	346	87	Normal
LN_UNESP-04	49°29'07,4"W	23°22'10,4"S	358	88	88	25	Sinistral
			354	90	264	20	Dextral
			354	90	46	85	Normal
			344	82	256	22	Dextral
LN_UNESP-05	49°28'31,1"W	23°20'06,9"S	356	87			Normal
			29	90			Sinistral
LN_UNESP-06	49°29'39,7"W	23°22'32,4"S	198	85	190	50	Sinistral
			202	80	170	85	Dextral
LN_UNESP-06	49°29'39,7"W	23°22'32,4"S	178	75	80	5	Dextral
			170	85	82	10	Dextral
			130	90	42	9	Dextral

Ponto	Coordenadas		Plano de falha	Mergulho	Direção da estria	Mergulho da estria	Tipo de falha
	X	Y					
LN_UNESP-08	44°20'18,6"W	23°28'32,0"S	314	85			Normal
			314	84			Normal
			150	89			Normal
			326	75			Normal
RM_UNESP-03	49°28'7,50"W	23°18'39,50"S	60	80			Normal
RM_UNESP-13	49°22'48,17"W	23°23'6,93"S	80	86			Sinistral
RM_UNESP-15	49°19'48,58"W	23°28'29,70"S	22	75			
			208	73	290	35	Inversa
			208	73	120	6	Sinistral
			224	80	292	30	Inversa
			224	80	206	74	
RM_UNESP-18	49°21'20,58"W	23°40'6,16"S	118	85	35	50	Sinistral
			120	80	34	45	Sinistral
			122	88	210	40	
			122	88	42	40	Dextral
RM_UNESP-29	49°19'3,56"W	23°34'9,68"S	308	82	38	40	Dextral
			312	80	34	20	Dextral
			300	75	22	14	Dextral
			304	82	36	2	Dextral
			136	84	33	10	Dextral

# **ANEXO III**

Ponto	Data	Localização	Coordenadas		Descrição
			X	Y	
PR_UNESP-06	16/03/2009	Rodovia SP-225, entre as cidades Itaporanga-SP a Taquarituba-SP	49°21'20,2"W	23°40'10,1"S	Dique de diabásio de 150 m de espessura, interceptando os arenitos da Fm, Botucatu, No topo do dique observa-se disjunções colunares inclinadas
PR_UNESP-07	16/03/2009	Rodovia SP-225, entre as cidades Taquarituba-SP a Taguaí-SP	49°19'34,2"W	23°29'10,1"S	Dique de diabásio de direção N-S, bastante alterado
PR_UNESP-08	16/03/2009	Antiga Pedreira, paralela a Rodovia SP-225, entre as cidades Taquarituba-SP a Taguaí-SP	49°20'49,2"W	23°28'03,7"S	Dique de diabásio de granulação grossa, levemente pegmatítica com cristais de piroxênio em forma de agulha de até 1 cm. Observa-se outro dique de diabásio de granulação fina interceptando o dique principal, sendo o contato com direção N228/88.
PR_UNESP-09	16/03/2009	Vicinal próximo a cidade de Fartura-SP	49°29'39,3"W	23°22'32,1"S	Dique de diabásio de 50 m de espessura, interceptando os siltitos da Fm, Corumbataí e contato abrupto de direção N44/90. Observa-se outro dique de diabásio, com espessura de 10cm interceptando o dique principal, sendo o contato com direção N20/90, também observa-se uma falha normal deslocando o dique de menor espessura com plano N222/85.
PR_UNESP-10	16/03/2009	Trevo de acesso à cidade de Fartura-SP	49°29'07,9"W	23°22'08,5"S	Sill de diabásio sobre os siltitos da Fm, Corumbataí, Nesse sill observa-se xenólito de silito
PR_UNESP-11	16/03/2009	Próximo ao Trevo de acesso à cidade de Fartura-SP	49°29'07,9"W	23°22'14,9"S	Dique diabásio interceptando a Fm, Corumbataí, e pode está relacionada com o afloramento 10
PR_UNESP-12	16/03/2009	Rodovia SP-287, entre as cidades de Fartura-SP a Sarutaiá-SP	49°29'07,9"W	23°22'08,5"S	Dique diabásio com 40 m de espessura, de direção N50W, interceptando os arenitos da Fm, Pirambóia
PR_UNESP-13	16/03/2009	Rodovia SP-287, entre as cidades de Fartura-SP a Sarutaiá-SP	49°28'08,5"W	23°19'59,8"S	Arenitos da Fm Botucatu, com estrutura sedimentar estratificação cruzada
PR_UNESP-16	17/03/2009	Rodovia SP-287, entre as cidades de Piraju-SP a Sarutaiá-SP	49°26'31,3"W	23°15'40,8"S	Arenitos da Fm Botucatu, com estrutura sedimentar estratificação cruzada.
PR_UNESP-17	17/03/2009	Rodovia SP-287, entre as cidades de Piraju-SP a Sarutaiá-SP	49°26'38,5"W	23°15'58,9"S;	Diques de diabásio com direção N55W, parcialmente alterado, observa-se amígdalas preenchida por quartzo.
PR_UNESP-18	17/03/2009	Rodovia SP-287, entre as cidades de Piraju-SP a Sarutaiá-SP	49°27'03,3"W	23°16'09,5"S	Dique de diabásio em forma de disjunção colunares interceptando o arenito da Fm, Botucatu
PR_UNESP-19	17/03/2009	Rodovia SP-287, entre as cidades de Piraju-SP a Sarutaiá-SP	49°27'20,0"W	23°16'16,2"S	Dique de diabásio bastante alterado, com aspecto de acebolamento
PR_UNESP-20	17/03/2009	Rodovia SP-287, entre as cidades de Piraju-SP a Sarutaiá-SP	49°27'20,0"W	23°16'16,2"S	Afloramento constituído pelos arenitos da Fm, Botucatu, observa-se diques de diabásio e riolito interceptando esse arenito, O contato da Fm, Botucatu com o dique de diabásio tem a direção N30W, enquanto que o contato com o dique de riolito tem a direção N265/80. Esse afloramento tem seguinte evento tectônico: 1 – intrusão do dique de diabásio sobre Fm. Botucatu; 2 – intrusão do dique de riolito; 3 – Falha transcorrente: observa-se estrutura em flor negativa, nessa falha o riolito e os arenitos estão brechados
LN_UNESP-01	16/09/2019	Rodovia SP-249 entre as cidades de Fartura-SP e Carlopólis-PR	49°32'59,4"W	23°23'24,9"S	Derrame basáltico da Fm. Serra Geral parcialmente alterado. Encontra-se fraturado.
LN_UNESP-02	17/09/2019	Rodovia SP-249 entre as cidades de Fartura-SP e Carlopólis-PR	49°32'52,8"W	23°23'29,6"S	Formação Corumbataí. Silito laminado de coloração bege, observa-se alguns níveis maciços e também pastilhados.
LN_UNESP-03	17/09/2019	Rodovia SP-249 entre as cidades de Fartura-SP e Carlopólis-PR	49°31'29,2"W	23°23'30,2"S	Derrame basáltico da Fm. Serra Geral, bastante fraturado

Ponto	Data	Localização	Coordenadas		Descrição
			X	Y	
LN_UNESP-04	17/09/2019	Rodovia SP-287 entre as cidades de Fartura-SP e Sarutaiá-SP (Trevo de Fartura)	49°29'07,4"W	23°22'10,4"S	Siltito da Fm. Corumbataí entre dois diques de diabásio. O siltito apresenta quase metamorfizado (pelo calor do dique). A distância entre os diques é de aproximadamente 300 m.
LN_UNESP-05	17/09/2019	Rodovia SP-287 entre as cidades de Fartura-SP e Sarutaiá-SP	49°28'31,1"W	23°20'06,9"S	Dique de diabásio
LN_UNESP-06	17/09/2019	Estrada Vicinal acesso a cidade de Fartura	49°29'39,7"W	23°22'32,4"S	Dique de diabásio
LN_UNESP-07	17/09/2019	Estrada Vicinal – Bairro Guaiuvira	49°28'14,0"W	23°21'00,9"S	Dique de diabásio
LN_UNESP-08	18/09/2019	Rodovia SP-249 entre as cidades de Taguaí-SP e Taquarituba-SP	44°20'18,6"W	23°28'32,0"S	Dique de diabásio em contato com siltito da Fm. Corumbataí. Neste afloramento o dique está parcialmente alterado e o siltito aspecto metamorfizado.
RM-01	27/09/2023	Rodovia SP-287, próximo ao limite dos municípios de Sarutaiá e Fartura	49°28'6,02"W	23°18'36,00"S	Rocha ácida parcialmente alterada, Fm. Serra Geral
RM-02	27/09/2023	Rodovia SP-287, entre o limite dos municípios de Sarutaiá e Fartura	49°28'7,39"W	23°18'38,05"S	Arenito com estratificação cruzada de grande porte (Fm. Botucatu). Apresenta fraturas silicificadas (bandas de deformação?)
RM-03	27/09/2023	Rodovia SP-287, próximo ao limite dos municípios de Fartura e Sarutaiá	49°28'7,50"W	23°18'39,50"S	Arenito com estratificação cruzada de grande porte (Fm. Botucatu)
RM-04	27/09/2023	Estrada rural de Fartura, saindo da SP-287, próximo ao Mirante das irmãs da Divina Vontade	49°29'46,94"W	23°20'36,59"S	Arenito “cozido” da Fm. Botucatu. 50 m a frente derrame de rocha ácida? parcialmente alterada, com esfoliação esferoidal
RM-05	27/09/2023	Estrada rural de Fartura, após o Mirante do Isnar	49°30'27,12"W	23°20'26,40"S	Rocha ácida vesicular com estrutura radial
RM-06	27/09/2023	Estrada rural de Fartura, em direção à cidade de Fartura	49°30'32,62"W	23°20'26,66"S	Transição rocha ácida-diabásio. Apresenta borda recristalizada.
RM-07	27/09/2023	Estrada rural de Fartura, em direção à cidade de Fartura	49°30'16,38"W	23°21'2,38"S	Arenito da Fm. Botucatu com bandas de deformação. As bandas de deformação desenvolvem-se em rochas porosas e representam pequenas zonas de cisalhamento que afetam a permeabilidade/porosidade dos reservatórios.
RM-08	27/09/2023	Estrada rural de Fartura, em direção à cidade de Fartura	49°29'58,94"W	23°21'12,15"S;	Contato Fm. Pirambóia-Corumbataí
RM-09	27/09/2023	Estrada rural de Fartura, próximo à Chácara Santa Maria - BRG	49°29'54,76"W	23°21'14,30"S	Dique de diabásio parcialmente alterado
RM-10	27/09/2023	Estrada rural de Fartura, em direção à Av, Projetada Um na cidade de Fartura	49°30'15,96"W	23°22'0,02"S	Dique de diabásio parcialmente alterado
RM-11	27/09/2023	Estrada rural de Fartura, sentido Taguaí	49°24'29,47"W	23°24'4,79"S	Diabásio parcialmente alterado, com esfoliação esferoidal. Alguns metros à frente encontram-se siltitos da Fm. Corumbataí. Contato não observado.
RM-12	27/09/2023	Estrada rural de Taguaí sentido Tejuπά, próximo ao Sítio São Francisco	49°24'7,67"W	23°24'27,39"S	Fm. Teresina sendo cortada por diques de diabásio
RM-13	27/09/2023	Gruta das águas virtuosas, Tejuπά	49°22'48,17"W	23°23'6,93"S	Gruta de arenitos da Fm. Botucatu
RM-14	27/09/2023	Estrada rural de Taguaí, sentido SP-249	49°20'22,60"W	23°27'43,80"S	Contato dique-Fm. Corumbataí
RM-15	28/09/2023	Pedreira Velha – Calcário Gobbo, Taguaí	49°19'48,58"W	23°28'29,70"S	Extração de calcário calcítico da Fm. Corumbataí (5 m). Fm. Corumbataí em contato com dique de diabásio, no contato é possível observar evidências de metamorfismo de contato

Ponto	Data	Localização	Coordenadas		Descrição
			X	Y	
RM-16	28/09/2023	Rodovia SP-249, sentido Taquarituba	49°15'47,18"W	23°31'6,46"S	Diabásio no corte de estrada
RM-17	28/09/2023	Rodovia SP-272, Coronel Macedo	49°17'36,31"W	23°38'40,41"S	Arenito do Gr. Itararé
RM-18	28/09/2023	Rodovia SP-255, Coronel Macedo	49°21'20,58"W	23°40'6,16"S	Dique de diabásio
RM-19	28/09/2023	Rua Porto Alegre em Barão de Antonina, próximo à "Vista do Salto"	49°33'52,00"W	23°36'15,64"S	Contato Fm. Rio Bonito-Gr. Itararé
RM-20	28/09/2023	Estrada rural na Serra dos Pães (Barão de Antonina), próximo à Fazenda Nossa Senhora Aparecida	49°33'42,15"W	23°32'59,57"S	Diabásio parcialmente alterado
RM-21	28/09/2023	Poucos metros à frente do ponto RM-20	49°33'44,48"W	23°32'50,83"S	Diamictito do Grupo Itararé. Apresenta matriz siltosa e seixos pingados.
RM-22	28/09/2023	Rodovia PR-151, saindo de Salto do Itararé	49°39'43,31"W	23°34'36,62"S	Diamictito do Grupo Itararé em contato com dique
RM-23	29/09/2023	Pedreira abandonada de diabásio, Estrada rural de Fartura, próximo à Chácara João Doghani	49°30'5,35"W	23°26'10,64"S	Pedreira de diabásio
RM-24	29/09/2023	Estrada rural de Fartura, próximo à Chácara João Doghani	49°30'18,51"W	23°26'19,76"S	Contato irregular entre Fm. Palermo-Irati
RM-25	29/09/2023	Estrada rural de Fartura	49°30'7,43"W	23°27'10,74"S	Dique de diabásio em contato irregular, na forma de apófise, com os siltitos da Fm. Palermo
RM-26	29/09/2023	Estrada rural em Fartura, próximo à Fazenda Santa Cecília	49°29'32,44"W	23°28'6,83"S	Dique de diabásio. Observa-se falha sinistral. Deformação posterior ao derrame
RM-27	29/09/2023	Estrada rural em Taguaí	49°23'31,06"W	23°31'48,52"S	Afloramento de diabásio
RM-28	29/09/2023	Estrada rural em Coronel Macedo	49°21'3,08"W	23°35'23,40"S	Derrame de diabásio
RM-29	29/09/2023	Estrada rural em Coronel Macedo, divisa com Taquarituba	49°19'3,56"W	23°34'9,68"S	Dique de diabásio
RM-30	29/09/2023	Estrada rural em Taguaí	49°22'21,41"W	23°26'32,72"S	Dique de diabásio em contato irregular com a Fm. Corumbataí. Na região do contato observa-se siltito com aspecto metamorfizado.
RM-31	29/09/2023	Estrada rural em Taguaí	49°22'9,39"W	23°26'29,30"S	Contato dique de diabásio-Fm. Corumbataí. No diabásio, é possível observar a passagem de um resfriamento rápido para lento com a formação de disjunção colunar. Os siltitos da Fm. Corumbataí apresentam dobras, devido a sua posição entre os dois diques de diabásio.