



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

DANIEL DE OLIVEIRA BARBOSA

**ANÁLISE ESTRUTURAL DO EMBASAMENTO CRISTALINO ADJACENTE ÀS
BACIAS DE PERNAMBUCO E PARAÍBA, PORÇÃO CENTRAL DA REGIÃO
METROPOLITANA DO RECIFE, NE BRASIL**

Recife

2023

DANIEL DE OLIVEIRA BARBOSA

**ANÁLISE ESTRUTURAL DO EMBASAMENTO CRISTALINO ADJACENTE ÀS
BACIAS DE PERNAMBUCO E PARAÍBA, PORÇÃO CENTRAL DA REGIÃO
METROPOLITANA DO RECIFE, NE BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Geologia da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Siqueira de Miranda.

Coorientador: Dr. Osvaldo José Correa Filho.

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Barbosa, Daniel de Oliveira.

Análise estrutural do embasamento cristalino adjacente às bacias de Pernambuco e Paraíba, porção central da Região Metropolitana do Recife, NE Brasil / Daniel de Oliveira Barbosa. - Recife, 2023.

93 : il., tab.

Orientador(a): Tiago Siqueira de Miranda

Cooorientador(a): Osvaldo José Correia Filho

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Geologia - Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. Falhas de transferência. 2. Deformação dúctil-rúptil. 3. Herança tectônica. 4. Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste. 5. Paleotensões. I. Miranda, Tiago Siqueira de . (Orientação). II. Correia Filho, Osvaldo José. (Coorientação). III. Título.

DANIEL DE OLIVEIRA BARBOSA

**ANÁLISE ESTRUTURAL DO EMBASAMENTO CRISTALINO ADJACENTE ÀS
BACIAS DE PERNAMBUCO E PARAÍBA, PORÇÃO CENTRAL DA REGIÃO
METROPOLITANA DO RECIFE, NE BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Geologia da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Geologia.

Aprovado em: 12/05/2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr. Gorki Mariano (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Mário Ferreira de Lima Filho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Ricardo Magalhães (Examinador Externo)
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Dedico este trabalho a minha família e amigos, em especial a meu pai João Gomes Barbosa Filho (*in memorian*), a minha mãe Maria Madalena de Oliveira Barbosa minha base e inspiração, e a minha tia Maria Oliveira (*in memorian*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus porque sem ele eu não teria chegado até aqui. O seu amor, a sua misericórdia e a sua Graça me mantiveram firme e forte para a conclusão desta etapa da minha vida.

A meu pai, por todos os ensinamentos e por ter me “obrigado” a prestar o vestibular, é uma pena que o senhor se foi sem me ver realizando este sonho. A minha mãe, por todo o suporte e por ter me impedido de desistir, muitas vezes estive desmotivado e queria pular fora do curso, mas ela sempre me convencia a continuar. A minha tia Maria, uma pessoa especial que sempre prestou todo apoio e suporte a nossa família. Aos meus irmãos, Josué, Gabriel e Josélia pelo companheirismo, carinho, brincadeiras e cobranças. Enfim, a todos os meus familiares que contribuíram direta ou indiretamente na minha jornada.

Ao meu orientador, o professor Tiago Miranda pelo apoio, incentivo, compreensão e paciência durante esses anos de trabalho, igualmente, agradeço ao meu coorientador, Osvaldo Correia, por ter me suportado e sempre me ajudado.

Aos ex integrantes e integrantes do Laboratório de Modelagem de Bacias (Modlab), em especial a Márcio Alencar, Gabriel Topan, Alcione Lima e Elídio Xavier que me acolheram e me ajudaram bastante.

Aos professores do departamento de geologia que contribuíram para o meu amadurecimento e conhecimento na área. Aos professores Gorki Mariano e Sérgio Pacheco pelos ensinamentos. Ao professor Virginio Henrique pelos inúmeros conselhos e pelo senso de humor. Aos professores Mário Filho e Almany Santos pelas conversas e brincadeiras com o Sport Recife.

Aos amigos que fiz ao longo da graduação, em especial aos colegas de entrada Anne Laura, Alexandre Sobreira (Google), Allan Paiva (O Pardo), Arthur Felipe, Carlos Luã (Bahia), Charles Henrique, Daiane Araújo (Dai), Diniz Pedro, Erivelton Gomes, Fábio Henriquez (Blade), Filipe Negromonte, Heloisa Silva, Ian Cavalcante, Igor Manuel, José Ferreira (Neto), Lília Albuquerque, Paulo Jorge, Pierre Baracho (Pipinho) e Raisa Oliveira (Rá Rá). Ao povo do Quarto Cajú Jefferson Alves (Jeff), Marcus Gabriel (Marquinhos), Mirella Rodrigues (Mi) e Stephanny Albuquerque (Sté) pelas histórias maravilhosas. Agradeço também a Matheus Silveira, Bruno Caetano, Léonardo Amorim e a Igor Victor.

Aos amigos do grupo de estudo C11 Acauã Izidio, Afonso Henrique, André Zarzar (Zarzinha), Cristiano Otero, Jones Cabral (Monstrão), José Rafael (Zé), Marquinhos, Rafael Pessanha, Rodrigo Menghini (Birão) e Syllas Santana. À tantos outros amigos e companheiros de curso que não citei aqui, espero encontrá-los em breve.

As pedreiras que abriram as portas durante as etapas de campo: Polimix Agregados, Guarany e Megaípe, em especial ao senhor Denis Sergio Pereira de Sa, sócio proprietário da Mineração Aurora que sempre nos recebeu de braços abertos e nos aconselhou bastante.

Mas, como está escrito: As coisas que o olho não viu, e o ouvido não ouviu, e não subiram ao coração do homem são as que Deus preparou para os que o amam (BÍBLIA, I CORÍNTIOS 2, 9).

RESUMO

A configuração geológica da Região Metropolitana do Recife (RMR) é produto de uma complexa evolução tectônica. Na porção central da RMR estão dispostas rochas pré-cambrianas relacionadas ao embasamento adjacente às bacias Pernambuco e Paraíba. Comumente, estas rochas são afetadas pela deformação dúctil e dúctil-rúptil do ramo leste da zona de cisalhamento Pernambuco (ZCPE). Neste trabalho, a avaliação da atuação dos processos tectônicos na região central da RMR foi abordada a partir da integração de dados de aeromagnetometria, gravimetria terrestre, aerolevantamento LIDAR e dados de campo. Esses dados permitiram a caracterização estrutural a partir de mapas morfotectônicos (hipsométrico, declividade, aspectos e curvatura), análise do padrão de drenagem e análise das pelotensões. O embasamento da região é composto por ortognaisses granodioríticos a graníticos e milonitos do Complexo Belém do São Francisco, ortognaisses graníticos localmente migmatizados do Complexo Salgadinho e rochas de composição granítica relacionadas ao Plúton Guarany. A deformação dúctil da ZCPE é marcada por foliação milonítica de alto de ângulo (E-W) que apresenta lineação de esterimento mineral subhorizontal com critérios cinemáticos (trama S-C-C' e bundins assimétricos) mostrando um movimento destrai. A deformação dúctil-rúptil é representada por bandas de cisalhamento que cortam de forma oblíqua a foliação milonítica. A transição progressiva da deformação dúctil para dúctil-rúptil da ZCPE sugere que o ciclo Brasileiro-Pan-Africano atuou em diferentes níveis crustais nesta região. A deformação rúptil é evidenciada por falhas (normais e transcorrentes) e juntas orientadas preferencialmente na direção ENE-WSW, NE-SW e NW-SE e parcialmente preenchidas por carbonatos e sulfetos. A análise de paleotensões registrou uma variação dos tensores de deformação na área de estudo. O sistema de falhas normais (NE-SW) e transcorrentes (NW-SE) sugere um regime transtensivo com σ_1 subverticalizado e extensão máxima NW-SE. Este regime está possivelmente relacionado rifteamento do Cretáceo que culminou na abertura do Oceano Atlântico Sul. Neste caso, as falhas de transferência NW-SE apresentam a sua origem ligada a reativação rúptil de bandas de cisalhamento C' durante a abertura das bacias sedimentares marginais (Barremiano-Meso-Albiano) do nordeste brasileiro. O segundo campo de tensões identificado apresenta uma compressão e extensão máxima horizontalizadas WNW-ESSE e NNE-SSW, respectivamente. Estes tensores

são condizentes com o evento transcorrente atuante desde o Mioceno até o Recente, que, provavelmente, está relacionado a uma resultante de tensões entre a evolução geológica da Cordilheira dos Andes e expansão do Oceano Atlântico Sul.

Palavras-chave: Herança Tectônica; Deformação dúctil-rúptil; Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste; Paleotensões; Falhas de Transferência.

ABSTRACT

The geological configuration of the Metropolitan Region of Recife (RMR) is a product of a complex tectonic evolution. In the central portion of the RMR occurs Precambrian rocks that are related to the basement adjacent to the Pernambuco and Paraíba basins. Commonly, these rocks are affected by ductile and ductile-brittle deformations related to the eastern branch of the Pernambuco shear zone (EPESZ). In this work, we analyse the tectonic evolution of the central region of the RMR using aeromagnetometry, terrestrial gravimetry, aerial LIDAR surveys and field data. These data allowed the structural characterization through morphotectonic maps (hypsothetic, slope, aspects and curvature), analysis of the drainage pattern and analysis of the paleostress. The basement rocks are composed of granodioritic to granitic orthogneisses and mylonites from the Belém do São Francisco Complex, orthogneisses of granitic composition locally migmatized from the Salgadinho Complex and granitic rocks related to the Guarany Pluton. The ductile deformation of the EPESZ is marked by high-angle, E-trending foliation bearing subhorizontal stretching lineation, with kinematic indicators (S-C-C' and asymmetric boudins) showing dextral shearing. The ductile-brittle deformation superimposed on the mylonites is represented by shear bands. The progressive transition from the ductile to brittle-ductile deformation of the EPESZ suggest that the Brasiliano-Pan-African was active during transcurrent tectonics in shallow levels. The brittle deformation is evidenced by faults (normal and strike-slip) and joints preferentially oriented in the ENE-WSE, NE-SW and NW-SE directions, this is also the reactivation of older structures. The analysis of paleostress show a variation of the stress fields and the study area. The normal and strike-slip fault system show a transtensive regime with σ_1 subvertical and the maximum extension is oriented NW-SE. This regime is possible related to the Cretaceous rift system that can be associated with last stages of the opening of the South Atlantic Ocean. Our results suggest that the NW-SE transfer faults have their origin linked to the brittle reactivation of the C' shear bands during the opening of the marginal sedimentary basins (Barremian-Meso-Albian) of northeastern Brazil. The second identified stress field presents a maximum horizontal compression and extension WNW-ESE and NNE-SSW, respectively. These stress fields are consistent with the strike-slip event active from the Miocene to the Recent, which are probably related to a resultant of tensions

between the geological evolution of the Andes orogeny and the expansion of the South Atlantic Ocean.

Keywords: Tectonic Inheritance; Ductile-brittle Deformation; East Pernambuco Shear Zone; Paleostress; Transfer Faults.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo. A) Localização da área de estudo em relação ao estado de Pernambuco e Região Metropolitana do Recife (RMR). B) Mapa de localização de detalhe com os principais limites intermunicipais e vias de acesso da área de estudo.	23
Figura 2 - Contexto Geológico Regional da Província Borborema com indicação da área de estudo (polígono azul). (A) Compartimentação da Província Borborema. SN = Subprovíncia Norte; SC = Subprovíncia Central; SS = Subprovíncia Sul; MC= Médio Coreáú; CC = Ceará Central; RGN = Rio Grande do Norte; PAB = Piancó Alto Brígida; AP = Alto Pajeú; AM = Alto Moxotó; RC = Rio Capibaribe; RP = Riacho do Pontal; PEAL = Pernambuco-Alagoas; SE = Sergipano. Zonas de Cisalhamento: ZCS = Zona de Cisalhamento Sobral; ZCT = Zona de Cisalhamento Tauá; ZCSP = Zona de Cisalhamento Senador Pompeu; ZCJ = Zona de Cisalhamento Jaguaribe; ZCPA = Zona de Cisalhamento Porto Alegre; ZCJC = Zona de Cisalhamento João Câmara; ZCPa = Zona de Cisalhamento Patos; ZCSC = Zona de Cisalhamento Serra do Caboclo; ZCCG = Zona de Cisalhamento Campina Grande; ZCCo = Zona de Cisalhamento Caxirola; ZCAI = Zona de Cisalhamento Afogados da Ingazeira; ZCC = Zona de Cisalhamento Congo; ZCPW = Zona de Cisalhamento Pernambuco Oeste; ZCPE= Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste; ZCR = Zona de Cisalhamento Riachão. (B) Reconstrução pré-drifte mostrando a localização da Província Borborema (retângulo preto) e os crátons Amazônico (AM), São Francisco (SF), Congo (CC), Oeste Africano (WA) e (AS).	26
Figura 3 - Mapa geológico simplificado do Domínio Central ou Transversal. Onde, DPAB = Domínio Piancó Alto Brígida; DAP = Domínio Alto Pajeú; DAM = Domínio Alto Moxotó; DRC = Domínio Rio Capibaribe.....	27
Figura 4 - Mapa geológico simplificado do Domínio Pernambuco-Alagoas Leste. Zonas de cisalhamento: Zona de Cisalhamento Cajueiro (ZCCS), Zona de Cisalhamento Palmares (ZCP), Zona de Cisalhamento Ribeirão (ZCR), Zona de Cisalhamento Maravilha (ZCM), Zona de Cisalhamento Limitão (ZCL), Zona de Cisalhamento Rio da Chata (ZCRC), Zona de Cisalhamento Belo Monte Jeremoabo (ZCBMJ), Zona de Cisalhamento Itaíba (ZCI).	30

Figura 5 - Mapa geológico do Plúton Guarany. O granito está encaixado nas rochas do Complexo Belém do São Francisco e cortado por falhas. O retângulo vermelho indica a localização aproximada da área de estudo.....	32
Figura 6 - Fluxograma da metodologia utilizada neste trabalho.	33
Figura 7 - Imagens de LIDAR sombreadas de acordo com os ângulos de iluminação: (A) 00° Az; (B) 45° Az, (C) 90° Az; (D) 315° Az.....	36
Figura 8. Localização dos afloramentos visitados na área de estudo durante a realização das etapas de campo.....	37
Figura 9 - Representação esquemática do Método dos Diedros Retos. A deformação é representada por campos extensivos (em branco) e compressivos (em azul) definidos pela interseção do plano da falha (em cinza) com o plano auxiliar (transparente). Os eixos de tensões σ_1 (δ_1) e σ_3 (δ_3) estão plotados nos campos compressivos e distensivos, respectivamente.....	39
Figura 10 - Representação dos tensores de esforços e os valores de R para cada tipo de regime deformacional. Os eixos de tensão são exibidos com a orientação dos eixos de tensão principal horizontal (SHmax) (setas maiores) e de tensão mínima horizontal (Shmin) (setas menores).	40
Figura 11 - Representação do índice R'. (A) Diagrama de cor para os valores de R', onde para cada ambiente, R' terá uma cor. (B) Diagrama ternário de Frolich para a representação dos regimes tectônicos: SS: regime transcorrente; TS: regime transpressivo; TF: regime compressivo; NS: regime transtensional; NF: regime distensional; UF: regime desconhecido. Os círculos plotados nas extremidades do diagrama são o exemplo de como R' é representado.	40
Figura 12 - Mapa do Campo Magnético Anômalo da Província Borborema. (A) Mapa não interpretado. (B) Mapa interpretado com destaque para as duas zonas de cisalhamentos, representadas pelas linhas pretas. Legendas do mapa: Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste – ZCPE; Zona de Cisalhamento Ribeirão – ZCR. Retângulo tracejado em branco – área de estudo.....	42
Figura 13 - Mapa da derivada vertical. (A) Mapa não interpretado. (B) Mapa interpretado mostrando um sistema de estruturas magnéticas anastomosadas de direção NE-SW. (C) Rosetas dos lineamentos magnéticos interpretados. Retângulo tracejado em branco – área de estudo.....	43
Figura 14 - Gravimetria da porção onshore da BPE. (A) Mapa de anomalia Bouguer residual da porção onshore da BPE; (B) mapa interpretado. Os traços pretos	

representam os lineamentos gravimétricos interpretados, a linha branca representa a linha de costa e o retângulo tracejado em cinza representa a área de estudo.....	45
Figura 15 - Redes de drenagem da área de estudo. (a) canais sobre o MDE; (B) canais de drenagem com as delimitações das bacias hidrográficas e os limites dos domínios estabelecidos; (c) diagrama de roseta dos segmentos de drenagem evidenciando os principais trends de ocorrência.....	46
Figura 16 - Mapa de densidade de drenagem da área de estudo.....	47
Figura 17 - Mapas morfométricos elaborados para a área de estudo: (a) mapa hipsométrico; (b) mapa de curvatura; (c) mapa de declividade; (d) mapa de aspecto.	49
Figura 18 - Modelo digital de terreno da área de estudo com o relevo sombreado em quatro direções (a) 000° Az; (b) 045° Az; (c) 090° Az; (d) 315° Az. Os lineamentos de crista então marcados em amarelo e os lineamentos de vale marcados em vermelho.	51
Figura 19 - Diagramas de rosetas dos lineamentos destacando as estruturas de crista no (a) sombreado 000° Az, (b) sombreado 045° Az, (c) sombreado 090° Az, (d) sombreado 315°Az; e de vale no (e) sombreado 000° Az, (f) sombreado 045° Az, (g) sombreado 315° Az.	51
Figura 20 - Rosetas dos lineamentos extraídos no Domínio Norte (a) sombreado 000° Az, (b) sombreado 045° Az, (c) sombreado 090° Az, sombreado 315° Az; no Domínio Central (e) sombreado 000° Az, (f) sombreado 045° Az, (g) sombreado 090° Az, (h) sombreado 315° Az; e no Domínio Sul (i) sombreado 000° Az, (j) sombreado 045° Az, (k) sombreado 090° Az, (l) sombreado 315° Az.....	52
Figura 21 - Mapa geológico simplificado da área de estudo.	53
Figura 22 - Aspectos de campo do Complexo Belém do São Francisco. (A) Milonito de composição granítica com porfiroclastos de feldspato. (B) Ortognaisse granodiorítico com bandamento milimétrico.....	54
Figura 23 - Aspectos do Complexo Salgadinho. (A) Ortognaisse com bandamento centimétrico; (B) Milonito granítico com um sistema de juntas. (C) Veios pegmatíticos cortando o granito milonitizado.....	55
Figura 24 - Aspectos de campo do Plúton Guarany. (A) Lajedos extensos. (B) Granito com porfiroclastos de feldspato potássico. (C) Granodiorito com veios e diques	

pegmatíticos. (D) Foliação milonítica nas bandas máficas. (E) Foliação na porção mais quartzo feldspática da rocha.	57
Figura 25 - Estereograma das feições dúcteis mapeadas. (a) Pólos dos planos das foliações; (b) diagrama de contorno das lineações.	58
Figura 26 - Fotografias dos critérios cinemáticos. (a) Foliação S/C e banda de cisalhamento C' transcorrente dextral; (B) veio boudinado. Bouding dúctil evidenciando a cinemática transcorrente dextral.	58
Figura 27 – Bandas de cisalhamento que ocorrem na área de estudo. (A) Banda de cisalhamento ENE-WSW (tracejado vermelho) cortada por um dique pegmatítico N-S. (B) Bandas de cisalhamento E-W. (C) Banda de cisalhamento NNW-SSE preenchida por quartzo. (D) Banda de cisalhamento N-S.....	59
Figura 28 - Falhas que ocorrem no Complexo Salgadinho. (a) e (b) falhas dextrais com planos bem expostos. Em roxo tem-se a indicação da cinemática e em laranja a indicação da estria. (c) Diagrama de rosetas e polos das falhas.	60
Figura 29 - Estereograma dos polos das falhas com diagrama de contorno das estrias que ocorrem no Complexo Salgadinho.	60
Figura 30 - Falhas representativas do conjunto de falhas do Plúton Guarany. (A) Falha dextral. (B) Falha sinistral com sulfetos estriados e variação no plunge da estria. (C) Falha normal oblíqua. Em lilás a indicação da cinemática das falhas, a marcação em laranja e o lápis indicam as estrias. (D) Diagrama de roseta e densidade de polos dos planos das falhas.	62
Figura 31 - Estereograma dos polos dos planos das falhas e do contorno das estrias que ocorrem no Guarany.....	63
Figura 32 - Juntas do Complexo Salgadinho. (A) Set de juntas cortando a rocha; (B) conjunto de juntas com alto e baixo ângulo; (C) diagrama de roseta e de contorno das juntas.....	64
Figura 33 - Juntas do Complexo Belém do São Francisco. (A) fotografia do par conjugado; (B) junta cortando a foliação milonítica; (C) diagrama de roseta e contorno das juntas.....	65
Figura 34 - Juntas do Pluton Guarany. (A) set de juntas subverticais; (B) juntas subverticais e juntas de mergulho suave dispostas em uma bancada de pedreira; (C) diagrama de roseta e contorno das juntas.	66

Figura 35 - Mineralizações em planos de juntas e falhas. (A) Calcita espática em uma junta do Complexo Salgadinho. (B) Ametista em junta do Pluton Guarany. (C) Sulfetos em plano de falha no Pluton Guarany.	67
Figura 36 - Mapa com a localização das estações e dos tensores obtidos para cada uma delas. Destaque para variação da orientação dos tensores em estações que ocorrem no mesmo afloramento.	68
Figura 37 - Falhas em rochas de composição granítica do Complexo Salgadinho, afloramento DB-08, as setas azuis indicam a cinemática. (A) Estação DB-08 F1: Falha destal com mergulho para NNW, estrias e degraus indicam a cinemática. (B) Estação DB-08 F2: falha destal com slikemfibers de calcita.	70
Figura 38 - Falhas cortando o Complexo Salgadinho na porção norte da área de estudo, afloramento DB-11 DB-11, as setas azuladas indicam a cinemática. (A) Estação DB-11 F1: falha destal com estrias bem marcadas. (B) Estação DB-11 F2: falha destal com estrias e degraus.	71
Figura 39 - Falhas em uma pedreira abandonada nas rochas graníticas do Plúton Guarany, afloramento DB-02. (A) Estação DB-02 F1: falha transcorrente sinistral estriada. (B) Estação DB-02 F2: falha normal com leve obliquidade. (C) falha transcorrente destal com calcita estriada.	72
Figura 40 - Ortomosaico do afloramento DB-06 em uma bancada de pedreira no Plúton Guarany. É possível observar como essas estruturas estão distribuídas no granito. As estações deste afloramento são todas caracterizadas por falhas transcorrentes destras com estrias bem definidas e degraus.	73
Figura 41 - Falhas do afloramento DB-07 na porção diorítica do Plúton Guarany. (A) Estação DB-07 F1: falha transcorrente destal com estrias e degraus. (B) Estação DB-07 F2: falha transcorrente sinistral.	74
Figura 42 - Diagramas de paleotensões obtidos para a área de estudo. (A) Falhas do grupo 1 com a orientação dos tensores e os valores de R e R', a direita o triangulo de Frolich indicando que o campo resultante é transtensional. (B) Falhas do grupo 2 resultando em um regime transcorrente de acordo com o posicionamento dos tensores e os valores de R e R', sendo este último posicionado no diagrama ternário.	75
Figura 43 - Modelo da evolução tectônica para a área de estudo. (A) Deformação dúctil associada a uma transcorrência regional de cinemática destal, durante a Orogenia Brasileira. Este evento tectônico marca o surgimento da ZCPE e de seu splay, além de uma foliação regional ENE-WSW. (B) Deformação dúctil-rúptil, marcando a	

continuidade da deformação brasileira em níveis crustais mais rasos e baixa temperatura. (C) Rifting obliquo durante o Cretáceo, gerando a abertura do Atlântico Sul e as bacias marginais. Ocorrências de falhas normais e transcorrentes que também estão associadas a reativação rúptil da trama estrutural do embasamento. (D) Evento de transcorrência que atua desde o Mioceno até o Recente, reativando as estruturas tanto do embasamento quanto das bacias e também gerando falhas nas Formação Barreiras e nos sedimentos Pós-Barreira.80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo
BDEP	Banco de Dados e Exploração e Produção
BPE	Bacia de Pernambuco
BPB	Bacia Paraíba
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DRC	Domínio Rio Capibaribe
LIDAR	Light Detection and Ranging
MDR	Método dos Diedros Retos
MDT	Modelo Digital de Terreno
PB	Província Borborema
PEAL	Domínio Pernambuco-Alagoas
RMR	Região Metropolitana do Recife
SFM	Structure from Motion
VANT	Veículo Aéreo não Tripulado
ZCPE	Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste
ZCPW	Zona de Cisalhamento Pernambuco Oeste

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
1.1 OBJETIVOS	22
1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	22
CONTEXTO GEOLÓGICO	24
1.3 PROVÍNCIA BORBOREMA.....	24
1.3.1 Subprovíncia Central ou Transversal	27
1.3.1.1 Domínio Rio Capibaribe.....	27
1.3.1.1.1 <i>Complexo Salgadinho</i>	28
1.3.2 Zona de Cisalhamento Pernambuco.....	28
1.3.3 Subprovíncia Sul ou Meridional	29
1.3.3.1 Domínio Pernambuco-Alagoas.....	29
1.3.3.1.1 <i>Complexo Belém do São Francisco</i>	31
1.3.3.1.2 <i>Plúton Guarany</i>	31
MATERIAIS E MÉTODOS	33
1.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33
1.5 GEOPROCESSAMENTO	34
1.5.1 Dados de Geofísica	34
1.5.1.1 Aeromagnetometria	34
1.5.1.2 Gravimetria	34
1.5.2 Sensoriamento Remoto	35
1.6 ETAPA DE CAMPO.....	36
1.7 ANÁLISE DE PALEOTENSÕES	38
RESULTADOS.....	41
1.8 GEOFÍSICA	41
1.8.1 Aeromagnetometria.....	41
1.8.2 Gravimetria.....	44
1.9 SENSORIAMENTO REMOTO	45
1.9.1 Drenagens	45
1.9.2 Parâmetros morfométricos/morfotectônicos	48
1.9.3 Lineamentos Topográficos.....	50
1.10 ASPECTOS DE CAMPO	53
1.10.1 Complexo Belém do São Francisco.....	54

1.10.2	Complexo Salgadinho	55
1.10.3	Plúton Guarany	56
1.11	GEOLOGIA ESTRUTURAL	57
1.11.1	Deformação dúctil e dúctil-rúptil.....	57
1.11.2	Deformação rúptil	59
1.11.2.1	Falhas.....	59
1.11.2.2	Juntas.....	63
1.11.2.3	Mineralizações.....	66
1.11.3	Paleotensões	67
	DISCUSSÕES.....	76
1.12	TRAMA DÚCTIL	76
1.13	TRAMA DÚCTIL-RÚPTIL	76
1.14	TRAMA RÚPTIL	77
1.15	CONFIGURAÇÃO MORFOTECTÔNICA ATUAL DA RMR.....	78
	CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS.....	83
	APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE OS AFLORAMENTOS	92

INTRODUÇÃO

A configuração geológica atual da Região Metropolitana do Recife (RMR) é resultante de uma complexa evolução geotectônica. O registro geológico impresso nos afloramentos que ocorrem na RMR indicam a influência de pelo menos três pulsos tectônicos ao longo de sua evolução: a) Brasiliano-Pan-Africano (Neoproterozóico-Cambriano?), b) rifte cretácico e c) recorrentes reativações tectônicas entre o Cretáceo superior e o Cenozóico (CORREIA FILHO et al., 2022). Estes pulsos foram responsáveis por modelar a paisagem atual da RMR, condicionando a presença das principais unidades geomorfológicas que ocorrem na região, como a planície costeira, mares de morro, tabuleiros e bacias hidrográficas (CORRÊA et al., 2010; FONSÊCA et al., 2016; SOUZA et al., 2017; FERREIRA & DANTAS, 2022).

O condicionamento morfotectônico da RMR foi exercido pelo arcabouço estrutural da Província Borborema (PB) (CORREIA FILHO et al., 2022) que controlou a abertura de duas bacias sedimentares que ocorrem na região, a Bacia Paraíba (BPB) e a Bacia Pernambuco (BPE), gerando falhas normais NE-SW e falhas de transferência NW-SE (LIMA FILHO, 1998; BARBOSA & LIMA FILHO, 2006). Vários estudos foram realizados com o intuito de caracterizar essas estruturas e entender o controle que elas exerceram sobre a configuração atual do relevo (e. g. FONSÊCA et al., 2016; ARAÚJO-JÚNIOR et al., 2020; CORREIA FILHO et al., 2022).

Após a dinâmica imposta pelos processos de rifteamento cretáceo, estudos realizados na faixa costeira no nordeste do Brasil (BEZERRA et al., 2014; LIMA et al., 2017; CORREIA FILHO, 2017; BEZERRA et al., 2020), apontam para a instalação de pelo menos dois campos de paleotensões transcorrentes. O primeiro teria atuado do Campaniano até o meso-Mioceno, com os tensores compressivos e extensionais posicionados de forma N-S e E-W, respectivamente (BEZERRA et al., 2020). O segundo campo de tensões teria atuado desde o Mioceno até o Recente, a partir do qual é possível reconhecer os tensores compressivos e extensionais dispostos de forma E-W e N-S, respectivamente (BEZERRA et al., 2014; LIMA et al., 2017; CORREIA FILHO, 2017; BEZERRA et al., 2020).

Neste trabalho, a avaliação da atuação dos processos tectônicos na região central da RMR foi abordada a partir da integração de dados de aeromagnetometria, gravimetria terrestre, aerolevantamento LIDAR e dados de campo a partir da caracterização estrutural dos afloramentos identificados.

A análise de lineamentos magnéticos, gravimétricos e topográficos vem sendo utilizada como uma importante ferramenta para estudos de origem e evolução das bacias sedimentares e regiões adjacentes (CELESTINO et al., 2017; ARAÚJO-JÚNIOR et al., 2020). Os lineamentos interpretados podem representar diversas feições naturais como contatos litológicos (CELESTINO et al., 2017), vales fluviais (HUNG et al., 2005) e estruturas tectônicas como foliação, traço axial de dobras, falhas, fraturas e bandas de deformação (HASHIM et al., 2013; CELESTINO et al., 2017; ARAÚJO-JÚNIOR et al., 2020).

Por outro lado, a caracterização estrutural e de paleotensões, em escala de afloramento de um conjunto de falhas permitem uma melhor compreensão da evolução tectônica de regiões estruturalmente complexas. As falhas podem preservar registros desde a sua formação até a seu último evento de reativação tectônica, favorecendo a determinação das direções principais de encurtamento e extensão (ROWLAND et al., 2007) e o regime tectônico atuante (DELVAUX et al., 1997).

A localização geológica da região central da RMR é complexa, pois corresponde à uma região de contato entre dois domínios da PB, os domínios Rio Capibaribe (DRC) e o Pernambuco-Alagoas (PEAL) que estão separados pela zona de cisalhamento Pernambuco (NEVES et al., 2012; SANTOS et al., 2010). Além disso, a RMR está localizada no limite entre duas bacias sedimentares marginais, BPE e (BARBOSA & LIMA FILHO, 2006; BUARQUE et al., 2016) BPB (BEZERRA et al., 2014, LIMA et al., 2017). Portanto, o estudo da evolução dos campos de paleotensões do embasamento adjacente à RMR é de significativa importância para uma melhor compreensão da evolução estrutural deste segmento da margem oriental brasileira.

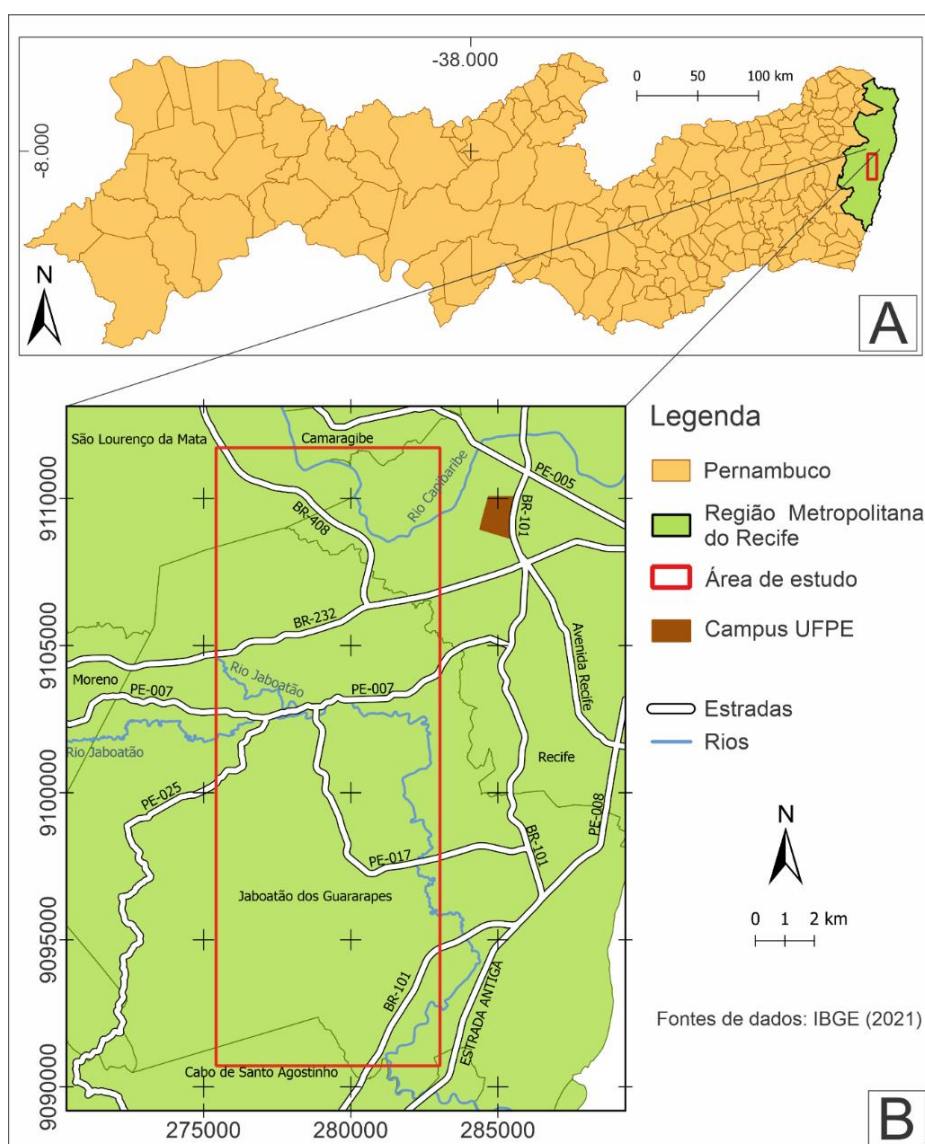
1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal a análise de paleotensão das falhas que ocorrem nas rochas pré-cambrianas da porção central da RMR. Além disso, esta pesquisa tem como objetivos específicos a) análise morfométrica e b) caracterização estrutural de lineamentos magnéticos, gravimétricos e topográficos, do embasamento adjacente às bacias Pernambuco e Paraíba.

1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo possui 160 km² e está localizada na porção central da RMR, abrangendo os municípios de Recife, Camaragibe, São Lourenço da Mata, Jaboatão dos Guararapes e Cabo de Santo Agostinho (Figura 1). A área de estudo pode ser acessada através de rodovias federais (BR-408, BR-232 e BR-101) ou estaduais (PE-007, PE-025 e PE017) e está situada a 2km da região oeste do campus da UFPE (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo. A) Localização da área de estudo em relação ao estado de Pernambuco e Região Metropolitana do Recife (RMR). B) Mapa de localização de detalhe com os principais limites intermunicipais e vias de acesso da área de estudo.



Fonte: O autor (2023)

CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudo está situada no limite dos domínios Rio Capibaribe (Subprovíncia Central) e Pernambuco-Alagoas (Subprovíncia Sul), porção leste da PB, abrangendo o embasamento das BPE e BPB e a ZCPE, estrutura limitrófe entre estas bacias sedimentares. Neste capítulo serão descritos de maneira breve: a geologia regional, as características litológicas e estruturais das unidades geológicas estudadas, bem como características da Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste (ZCPE).

1.3 PROVÍNCIA BORBOREMA

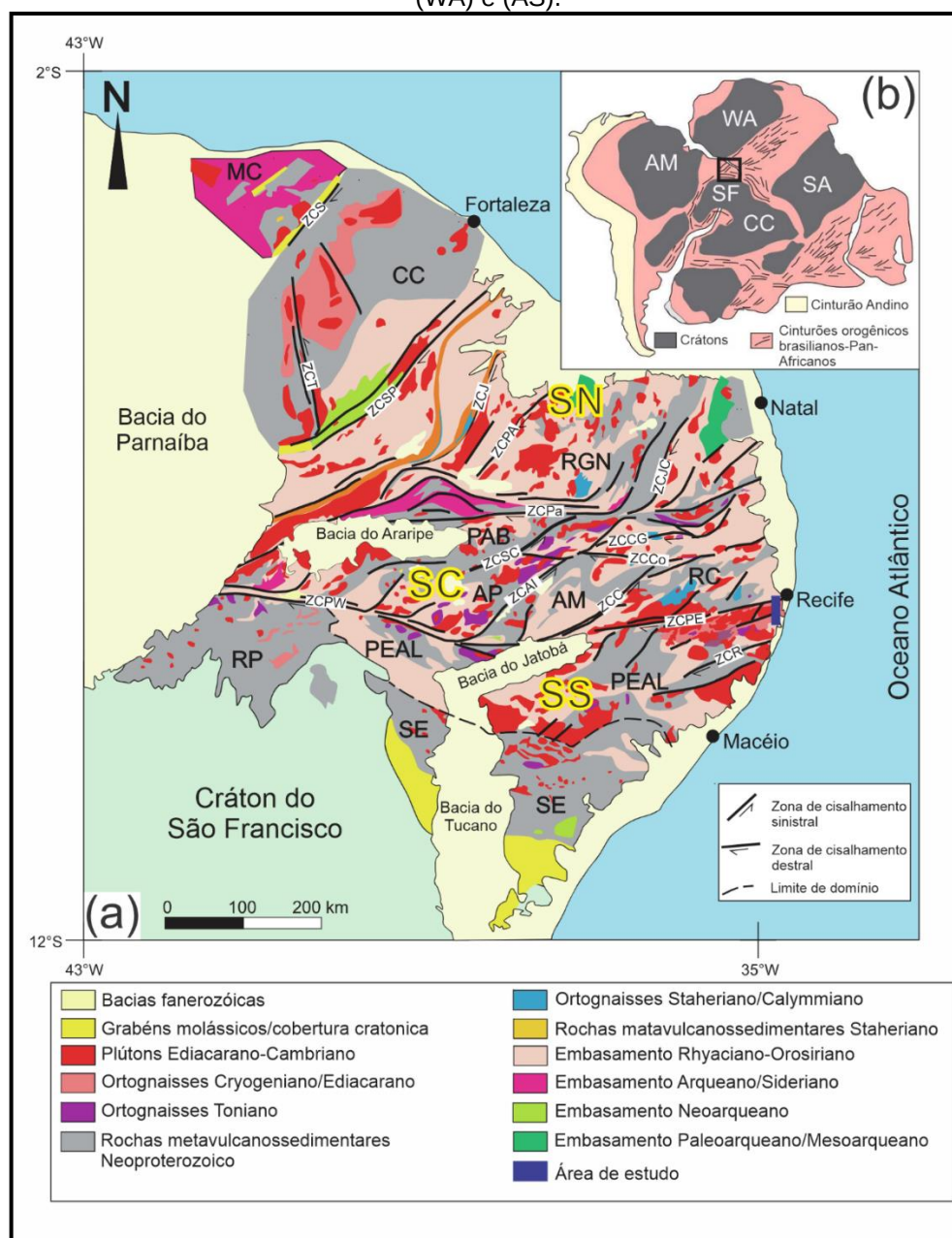
A Província Borborema (PB) é oriunda de uma complexa evolução tectônica que incluiu a aglutinação de massas continentais (ALMEIDA et al., 1981; SANTOS et al., 2010), a partir de uma série de eventos orogenéticos que ocorreram durante o Pré-Cambriano (SANTOS et al., 2010; NEVES et al., 2012). A área de abrangência da PB é de aproximadamente 450.000 km² e seus limites são estabelecidos pelo Cráton de São Luís, a norte, pelo Cráton do São Francisco, a sul, pela Bacia do Parnaíba, a oeste, e a leste pelas bacias marginais costeiras relacionadas a abertura do atlântico sul (Figura 2A) (ALMEIDA et al., 1981; ARAÚJO et al., 2013).

A PB é produto da convergência dos crátons Amazônico, São Francisco-Congo e São Luís-Oeste Africano durante a aglutinação do continente Gondwana (ALMEIDA et al., 1981; VAN SCHMUS et al., 1995; VAN SCHMUS et al., 2008; ARAÚJO et al., 2014; CAXITO et al., 2020) (Figura 2B), a PB é composta por rochas paleoproterozoicas e núcleos arqueanos, compreendendo complexos ortognáissicos e migmatíticos (BRITO NEVES et al., 2000; SÁ et al., 2002; DANTAS et al., 2013; NEVES et al., 2015); essas rochas são parcialmente recobertas por sequências supracrustais mesoproterozoicas e neoproterozoicas (BRITO NEVES et al., 2000; VAN SCHMUS et al., 2008; NEVES et al., 2009). Durante o ciclo orogenético Pan-Africano-Brasiliano a PB foi marcada por intenso magmatismo granítico que culminou em grandes intrusões e na formação de zonas de cisalhamento transcorrentes de escala continental. Essas zonas de cisalhamento possuem direções preferenciais NE-SW e E-W, e são responsáveis por retrabalhar as rochas preexistentes desta província

e formar uma trama complexa e anastomosada (VAUCHEZ et al., 1995; NEVES & MARIANO, 1999, NEVES et al., 2002).

As zonas de cisalhamento exercem um papel importante na compreensão da evolução tectônica da PB. Estas estruturas dúcteis formam cinturões miloníticos de escala continental que separam os principais domínios tectônicos (Figura 2A). As zonas de cisalhamento Patos e Pernambuco com os seus ramos leste e oeste, cortam a PB na direção E-W e dividem a PB em três domínios principais: Norte ou Setentrional, Central ou Transversal e Sul ou Meridional (VAN SCHMUS et al., 1995, 2011, 2008; Araújo et al., 2013).

Figura 2 - Contexto Geológico Regional da Província Borborema com indicação da área de estudo (polígono azul). (A) Compartimentação da Província Borborema. SN = Subprovíncia Norte; SC = Subprovíncia Central; SS = Subprovíncia Sul; MC= Médio Coreau; CC = Ceará Central; RGN = Rio Grande do Norte; PAB = Piancó Alto Brígida; AP = Alto Pajeú; AM = Alto Moxotó; RC = Rio Capibaribe; RP = Riacho do Pontal; PEAL = Pernambuco-Alagoas; SE = Sergipano. Zonas de Cisalhamento: ZCS = Zona de Cisalhamento Sobral; ZCT = Zona de Cisalhamento Tauá; ZCSP = Zona de Cisalhamento Senador Pompeu; ZCJ = Zona de Cisalhamento Jaguaribe; ZCPA = Zona de Cisalhamento Porto Alegre; ZCJC = Zona de Cisalhamento João Câmara; ZCPa = Zona de Cisalhamento Patos; ZCSC = Zona de Cisalhamento Serra do Caboclo; ZCCG = Zona de Cisalhamento Campina Grande; ZCCo = Zona de Cisalhamento Coxiola; ZCAI = Zona de Cisalhamento Afogados da Ingazeira; ZCC = Zona de Cisalhamento Congo; ZCPW = Zona de Cisalhamento Pernambuco Oeste; ZCPE= Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste; ZCR = Zona de Cisalhamento Riachão. (B) Reconstrução pré-difte mostrando a localização da Província Borborema (retângulo preto) e os crátons Amazônico (AM), São Francisco (SF), Congo (CC), Oeste Africano (WA) e (AS).

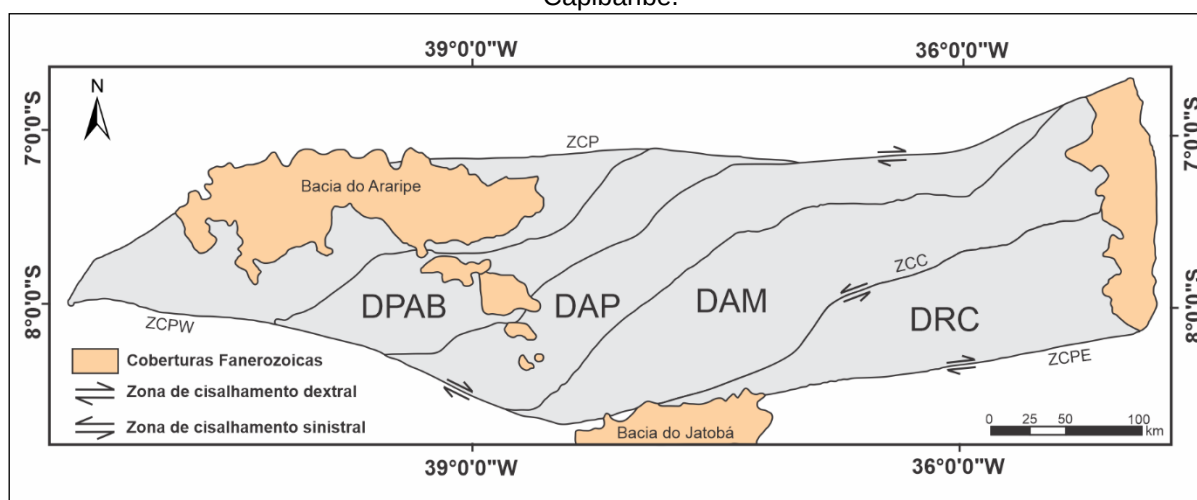


Fonte: Modificado de Neves (2021) e Neves et al., (2022)

1.3.1 Subprovíncia Central ou Transversal

Situada na porção central da Província Borborema, a Subprovíncia Central compreende uma faixa limitada a sul pela Zona de Cisalhamento Pernambuco e, a norte, pela Zona de Cisalhamento Patos (Figura 3). Esta faixa é composta pelos domínios Piancó-Alto Brígida, Alto Pajeú, Alto Moxotó e Rio Capibaribe.

Figura 3 - Mapa geológico simplificado do Domínio Central ou Transversal. Onde, DPAB = Domínio Piancó Alto Brígida; DAP = Domínio Alto Pajeú; DAM = Domínio Alto Moxotó; DRC = Domínio Rio Capibaribe.



Fonte: Modificado de Medeiros (2004)

Do ponto de vista estrutural, a Subprovíncia Central está configurada como um sistema anastomosado de zonas de cisalhamento transcorrente destrais com direção E–W e sinistrais com direção NE–SW. Este importante sistema de zonas de cisalhamento está encaixado em rochas do embasamento que apresentam foliação regional de baixo ângulo (NEVES & MARIANO, 1999; DELGADO et al., 2003).

1.3.1.1 Domínio Rio Capibaribe

Limitado a norte e noroeste pelo Domínio Alto Moxotó e a sul pela ZCPE, o DRC está posicionado no extremo leste da Subprovíncia Central da PB. Este domínio é composto por ortognaisses paleoproterozoicos e mesoproterozoicos dos complexos Vertentes, Pão de Açúcar, Salgadinho e Passira; rochas supracrustais metassedimentares dos complexos Sertânia e Surubim-Caroalina, e plútons graníticos neoproterozóicos (NEVES et al., 2017).

A evolução deste domínio é marcada por deformações tangenciais de baixo ângulo, de idade meso- a neoproterozoicas associadas ao Cariris Velho; e deformação transcorrente associada a orogenia Brasileira que gerou dobras antiformais e sinformais com superfícies axiais verticalizadas (BRITO NEVES, 1995; FRANCISCO JUNIOR, 2021).

1.3.1.1.1 Complexo Salgadinho

O Complexo Salgadinho foi definido por Bizzi et al (2003) como um complexo metaplutônico de provável idade paleoproterozoica. Esta unidade é composta por anfibólio-biotita ortognaisses migmatíticos enriquecidos em magnetita de composição sienogranítica a granodiorítica e alguns termos tonalíticos, com textura equigranular, granulação média a grossa e coloração variando de cinza esbranquiçada a rósea (BRASILINO & MIRANDA, 2011). Ocorre migmatização com desenvolvimento de leucossomas graníticos a pegmatíticos que podem seguir ou truncar a foliação (NEVES et al., 2017). São localmente abundantes enclaves microgranulites e xenólitos de rochas calciossilicáticas e anfibolitos, e, bandas de metagabros, por vezes, boudinadas (BRASILINO & MIRANDA, 2011; NEVES et al., 2017).

1.3.2 Zona de Cisalhamento Pernambuco

A Zona de Cisalhamento Pernambuco, anteriormente chamada de Lineamento Pernambuco, é uma estrutura regional que corta a PB na direção E-W, separando a Subprovíncia Central da Subprovíncia Sul (VAN SCHMUS et al., 1995; VAN SCHMUS et al., 2011; NEVES, 2015). Trata-se de uma zona de cisalhamento transcorrente destal, com mais de 700 km de comprimento (DAVISON et al., 1995; NEVES & MARIANO, 1999), que deformou rochas pré-cambrianas durante a orogênese brasileira.

De acordo com diversos autores (e. g., VAUCHEZ & EGYDIO-SILVA, 1992; NEVES & VAUCHEZ, 1995; VAUCHEZ et al., 1995; NEVES & MARIANO, 1999), a zona de cisalhamento Pernambuco é composta por dois segmentos distintos: (1) Zona de Cisalhamento Pernambuco Oeste (ZCPW), caracterizada como uma estrutura de até 14 km de largura, composta por milonitos de alta temperatura, onde fusões sin-cinemáticas foram contemporâneas ao cisalhamento, gerando estrutura em leque com

inflexão para NE na sua porção leste (VAUCHEZ & EGYDIO-SILVA, 1992); (2) ZCPE, com espessura de até 4 km, este segmento se desenvolveu entre dois batólitos graníticos e consiste em dois cinturões miloníticos de alta temperatura e vários de baixa temperatura, que são descontínuos e segmentados lateralmente e transversalmente (NEVES & MARIANO, 1999).

Segundo França et al. (2019), o início do desenvolvimento da ZCPE ocorreu em 591 ± 4 M.a. (Neoproterozoico). A ZCPE é caracterizada por uma foliação milonítica penetrativa que apresenta direção ENE-WSW e associada à lineação de estiramento mineral subhorizontalizada (NEVES et al., 2018).

No processo de rifteamento, durante o Cretáceo, a ZCPE foi reativada e a sua trama dúctil controlou a evolução e acomodação dos grábens localizados na região entre os limites das bacias BPE e BPB (OLIVEIRA, 2013 e 2019; BUARQUE et al., 2016; MAGALHÃES, 2019). Porém, ainda existe uma lacuna na bibliografia sobre a herança tectônica da trama dúctil-rúptil da ZCPE na configuração da BPE e da BPB.

1.3.3 Subprovíncia Sul ou Meridional

A Subprovíncia Sul é limitada a norte, pela Zona de Cisalhamento Pernambuco e, a sul, é limitada com o Cráton do São Francisco. Ela é dividida pelo Domínio Pernambuco-Alagoas e pelas Faixas Riacho do Pontal, Rio Preto e Sergipana, as quais apresentam continuidade lateral e características geológicas correlatas (LIMA, 2018).

1.3.3.1 Domínio Pernambuco-Alagoas

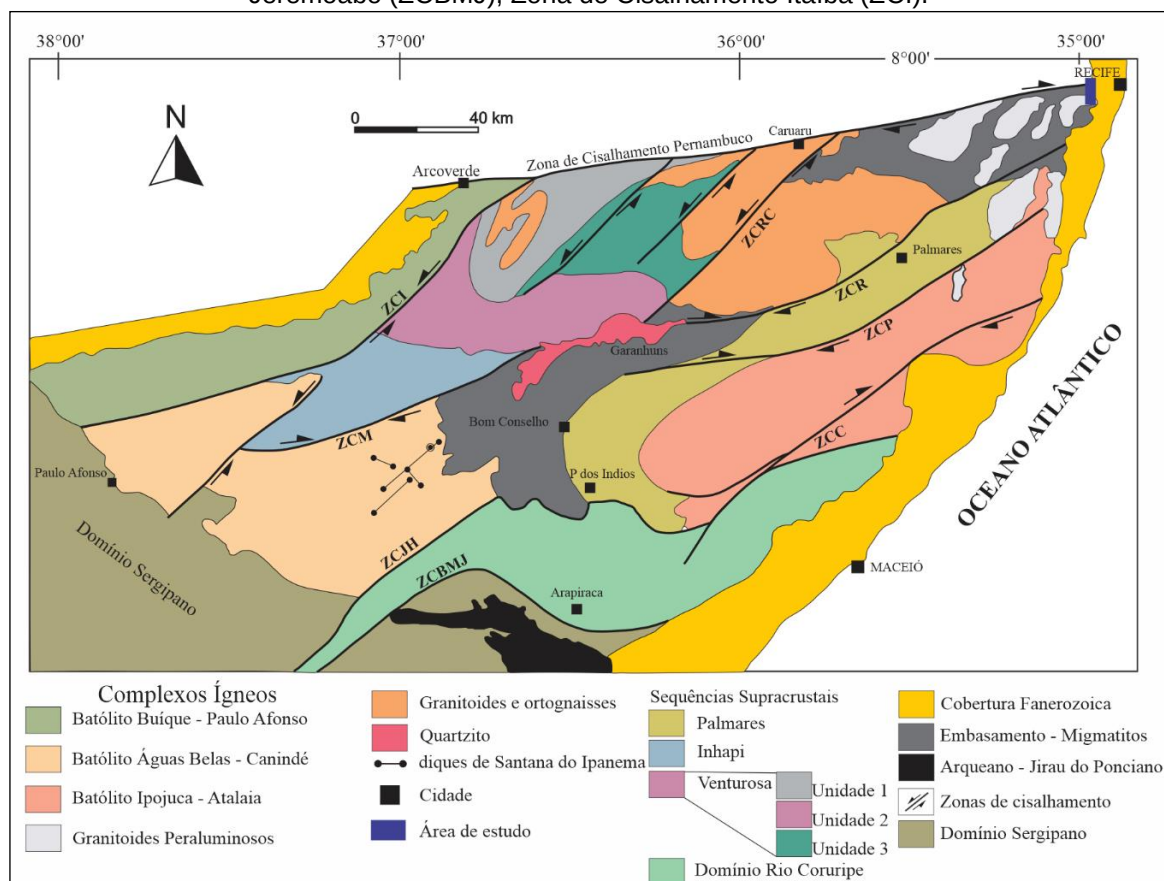
O PEAL é limitado a norte pela ZCPE, com a Subprovíncia Central e, ao sul, com a Faixa Sergipana por zonas de cisalhamento contracionais. Com uma forma aproximadamente triangular, o PEAL possui aproximadamente 70.000 km², e é segmentado em duas porções a partir da Bacia do Jatobá: Domínio Pernambuco-Alagoas Oeste e Domínio Pernambuco-Alagoas Leste (Figura 4).

O PEAL constitui uma sequência de biotita-granada gnaisses, com intercalação de quartzito, quartzo-xisto, rochas cálcio-silicáticas, anfibolitos, ortognaisses migmatizados que compõem o Complexo Cabrobó, e migmatitos e ortognaisses, que

constituem o Complexo Belém do São Francisco (SANTOS, 1996; MEDEIROS & SANTOS, 1998, NEVES et al., 2018)

Segundo Santos (1995) essas rochas foram intensamente deformadas no Evento Cariris Velhos, por uma tectônica transpressiva com transporte para WNW. Durante o Neoproterozoico a região foi afetada por um intenso magmatismo, onde diversos plútons intrudiram as rochas do PEAL, Neves et al. (2016) classificou esses granitos em 2 grupos de acordo com as suas idades: (1) plútons com idades variando de 632 Ma e 606 Ma, são granitos cálcio-alcalinos, cálcio-alcalinos de alto-potássio, shoshoníticos e peraluminosos; e (2) plútons de idade variando de 590 Ma a 570 Ma, onde os mais antigos são cálcio-alcalinos de alto potássio a shoshoníticos e, os mais novos são peraluminosos. Todos os granitos pertencentes ao segundo grupo têm o seu alojamento controlado pela dinâmica da movimentação das zonas de cisalhamento transcorrentes.

Figura 4 - Mapa geológico simplificado do Domínio Pernambuco-Alagoas Leste. Zonas de cisalhamento: Zona de Cisalhamento Cajueiro (ZCCS), Zona de Cisalhamento Palmares (ZCP), Zona de Cisalhamento Ribeirão (ZCR), Zona de Cisalhamento Maravilha (ZCM), Zona de Cisalhamento Limitão (ZCL), Zona de Cisalhamento Rio da Chata (ZCRC), Zona de Cisalhamento Belo Monte Jeremoabo (ZCBMJ), Zona de Cisalhamento Itaíba (ZCI).



Fonte: Modificado de Silva Filho et al (2016)

1.3.3.1.1 Complexo Belém do São Francisco

O Complexo Belém do São Francisco é formado por ortognaisses de composição monzogranítica e granítica, migmatizados, com fragmentos de rochas supracrustais (SANTOS, 1995). As rochas deste complexo ocorrem como porções lineares descontínuas e distorcidas contornando as bordas dos grandes batólitos graníticos brasileiros (BRITO NEVES & SILVA FILHO, 2019). Foliações de baixo ângulo representam a principal trama estrutural desta unidade.

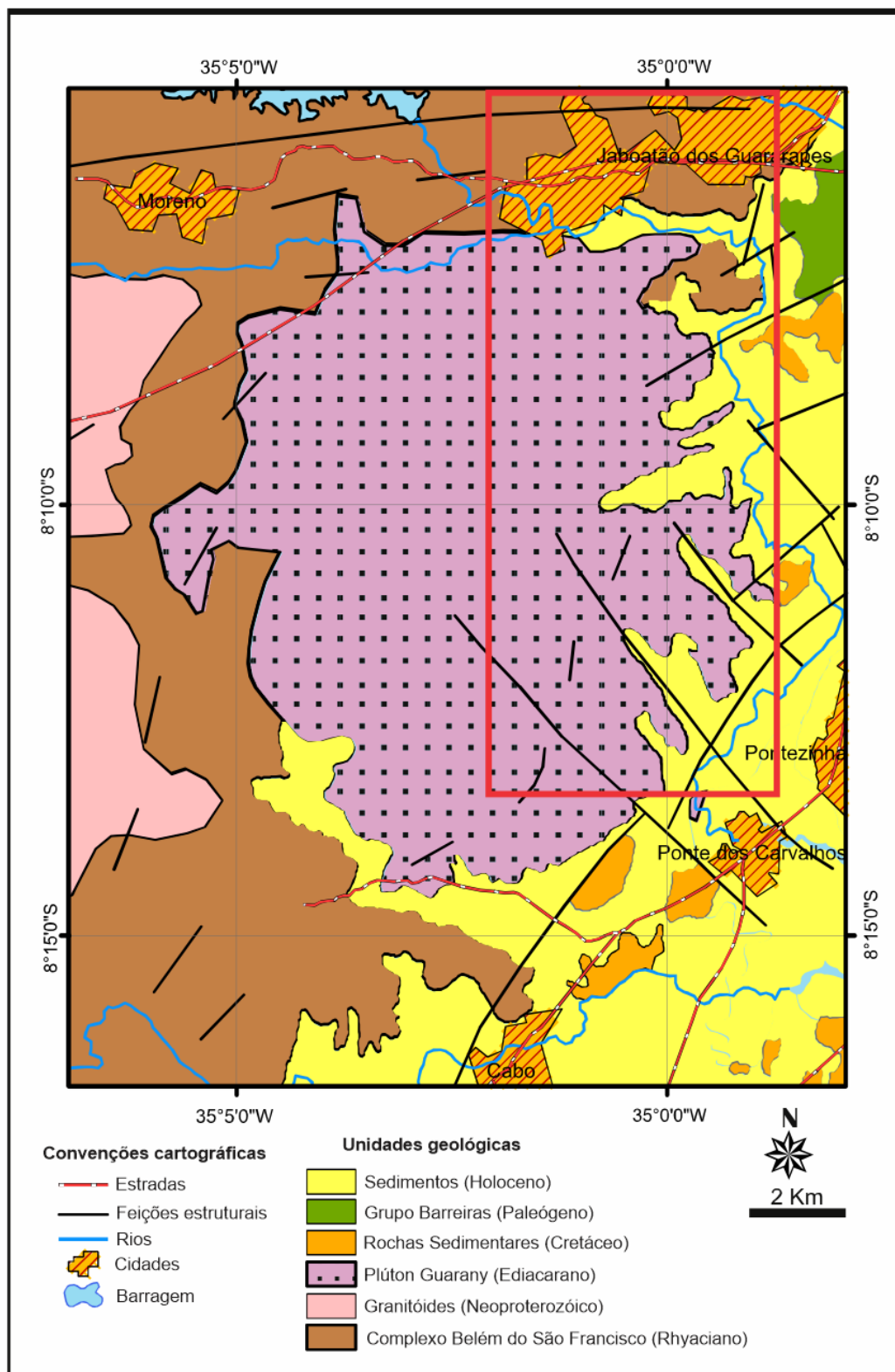
1.3.3.1.2 Plúton Guarany

O Plúton Guarany apresenta uma importância significativa para a presente pesquisa. Sua área aflorante é de 70km² e representa aproximadamente 45% da área de estudo. Este plúton foi mapeado por Silva Filho et al. (2014) como sendo parte de um conjunto peraluminoso que intruiu as rochas da porção NE do PEAL. Posteriormente o Plúton Guarany foi definido por Ferreira et al. (2015) como sendo um monzodiorito a biotita granito com enclaves quartzo dioríticos a dioríticos e diques associados.

O Plúton Guarany aflora na borda noroeste da Bacia de Pernambuco, na porção sul da ZCPE e apresenta uma forma levemente elíptica com eixo maior ligeiramente posicionado de forma N-S (FERREIRA et al., 2015) (Figura 5).

Segundo Ferreira et al. (2015) as características geoquímicas apontam para uma série shoshonítica originada pela fusão parcial de uma fonte anfibolítica enriquecida com elementos incompatíveis da crosta inferior, em um cenário pós-colisional. Os dados de U-Pb determinaram a idade de 573±4 M.a., indicando que este plúton está associado ao último estágio da Orogenia Brasileira (SILVA FILHO et al., 2013).

Figura 5 - Mapa geológico do Plúton Guarany. O granito está encaixado nas rochas do Complexo Belém do São Francisco e cortado por falhas. O retângulo vermelho indica a localização aproximada da área de estudo.

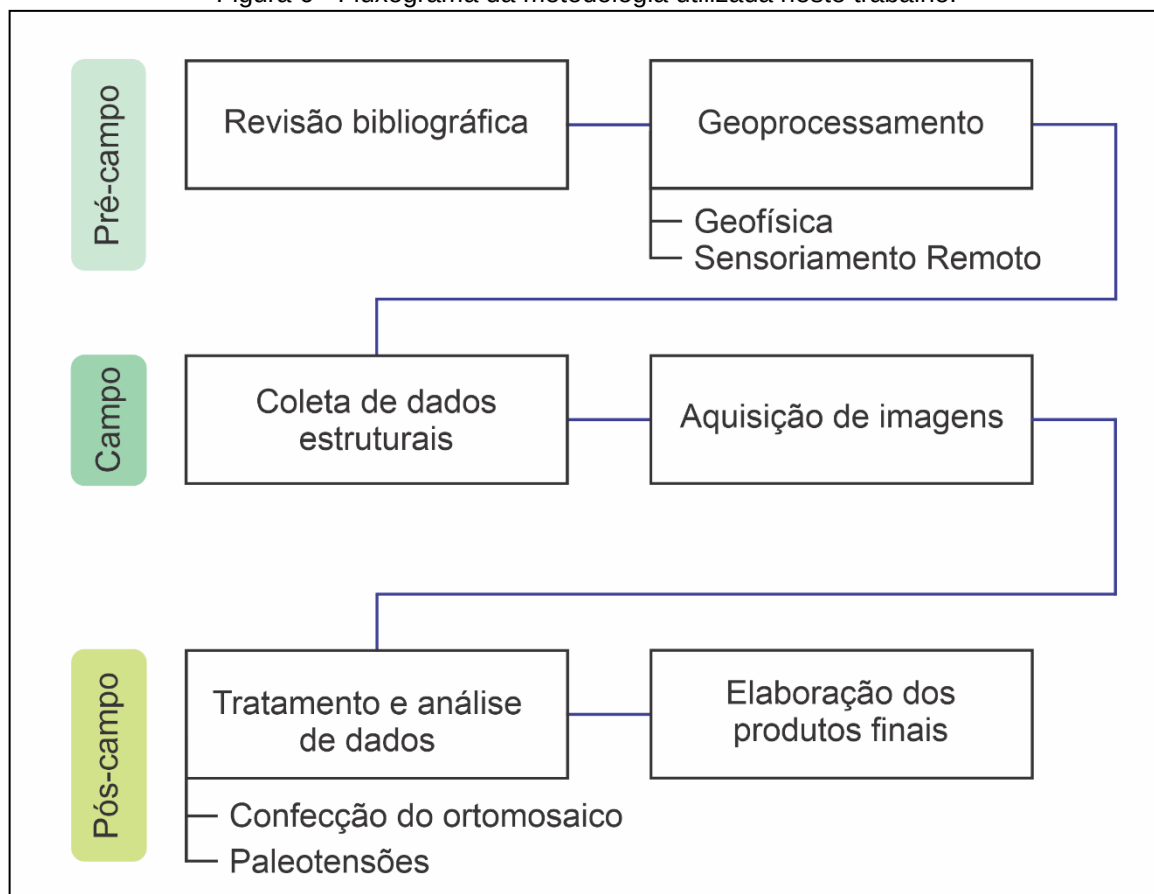


Fonte: Ferreira et al (2015)

MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos utilizados para atingir os objetivos deste trabalho foram divididos em três etapas (Figura 6). A seguir seguem as descrições dos materiais e métodos utilizados em cada etapa de desenvolvimento da presente pesquisa.

Figura 6 - Fluxograma da metodologia utilizada neste trabalho.



Fonte: O autor (2023)

1.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fase inicial consistiu em uma revisão bibliográfica com foco no conhecimento geológico da região estudada, para isso foram consultados artigos científicos, teses, dissertações, relatórios, mapas e bases cartográficas disponibilizados através dos principais acervos digitais. Posteriormente, foram abordados conceitos e procedimentos sobre geologia estrutural (falhas, fraturas, zonas de cisalhamento) e paleotensões.

1.5 GEOPROCESSAMENTO

Para obtenção dos principais resultados desta pesquisa foram utilizados dados aeromagnetométricos (mapa do Campo Magnético Anômalo e mapa da primeira derivada vertical DZ), dados de gravimetria terrestre (mapa *Bouguer* residual), ambos processados e filtrados por Correia Filho (2022); e imagem de modelo digital de terreno obtida a partir do aerolevantamento Pernambuco Tridimensional (<http://www.pe3d.pe.gov.br>).

1.5.1 Dados de Geofísica

1.5.1.1 Aeromagnetometria

Os dados aeromagnetométricos são oriundos do “Projeto Geologia e Potencial Mineral da Província Borborema: mapas radiométrico, anomalia magnetométrica e gravimétrico da anomalia bouguer” do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (CORREA et al., 2020), este projeto constitui um recorte do Mapa da Anomalia Magnética do Brasil (CORREA, 2019). O mapa foi elaborado através da compilação de todos os levantamentos geofísicos que estão armazenados no banco de dados da CPRM o GeoSGB (<http://www.geosgb.cprm.gov.br>). A malha do campo magnético foi interpolada com célula de 125 x 125 m. (CORREA, 2019; CORREA et al., 2020).

Devido a incompatibilidade da escala dos mapas aeromagnetométricos com o tamanho da área de estudo, foi escolhida uma área adjacente maior para uma interpretação regional dos principais lineamentos magnéticos que estão inseridos no contexto da área estudada. Os dados de magnetometria permitem a investigação de feições mais profundas e caracterização da trama dúctil. Os lineamentos magnéticos foram identificados a partir do mapa magnético da Primeira Derivada Vertical.

1.5.1.2 Gravimetria

O mapa de anomalia *Bouguer* residual é produto de um conjunto de dados compilados oriundos do Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP) da Agência Nacional do Petróleo (ANP). A base de dados é formada por 1.920 estações gravimétricas terrestres, com espaçamento médio de 3 x 3 km. Os dados foram

interpolados em células de 720 x 720 m pelo método de mínima curvatura (Correia Filho et al., 2022).

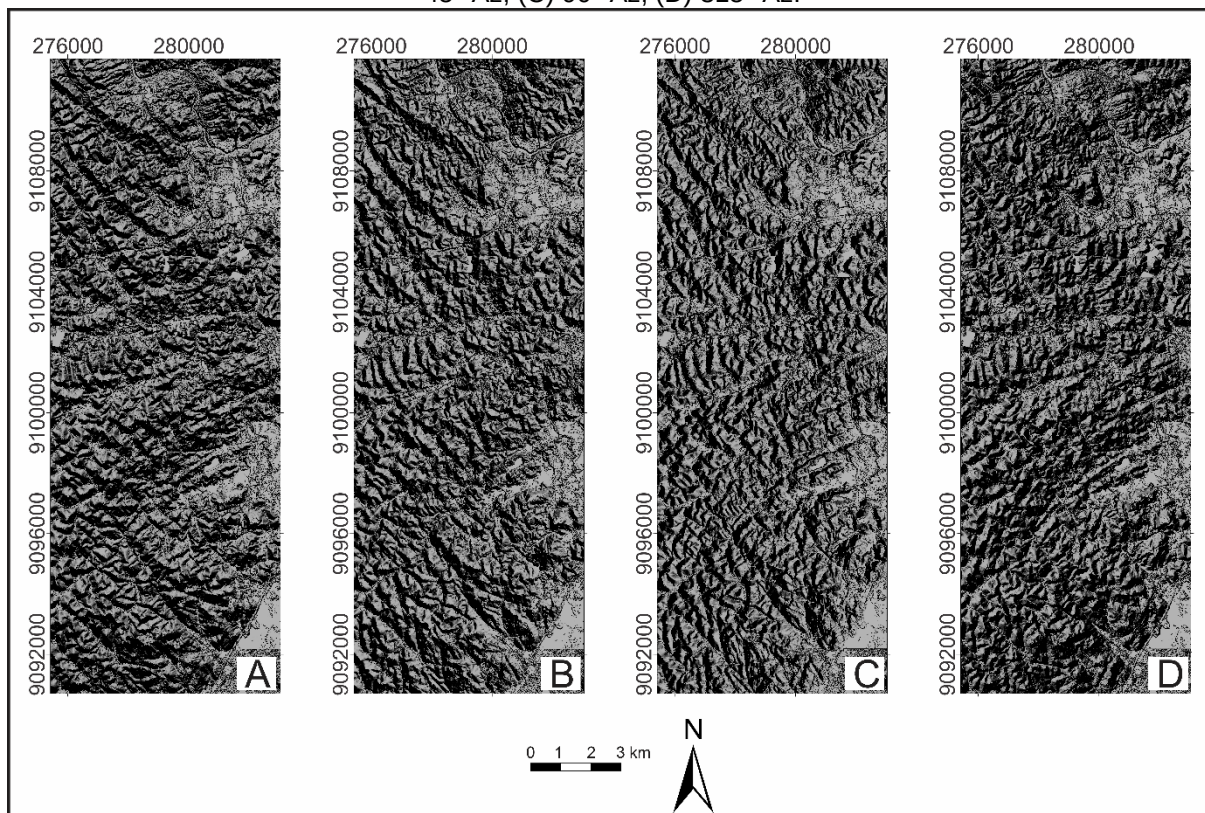
1.5.2 Sensoriamento Remoto

Foram utilizadas imagens de um modelo digital de terreno (MDT), extraído de um sistema de laser scanner chamado *Light Detection and Ranging* (LIDAR). As imagens possuem resolução espacial de 50 centímetros e são provenientes do Portal Pernambuco Tridimensional – PE3D (<http://www.pe3d.pe.gov.br>).

O MDT foi processado no software QGIS (Versão 3.22.10), onde houve a extração automática da rede de drenagem e a elaboração dos mapas de hipsometria, curvatura, aspecto e declividade. Com base na rede de drenagem extraída foi gerado o mapa de densidade de drenagem obtido através da ferramenta de interpolação de dados do tipo krigagem, o raio da interpolação foi de 700 metros. Sobre o MDT foram aplicadas técnicas de iluminações artificiais (0° Az, 45° Az, 90° Az e 315° Az), gerando imagens sombreadas (Figura 7) para a análise dos lineamentos topográficos. As imagens sombreadas destacam as estruturas lineares de acordo com os ângulos de iluminação.

Os lineamentos topográficos foram extraídos manualmente seguindo a metodologia de Lima (2020), onde mais de uma escala é utilizada. Para esse trabalho, os lineamentos foram traçados nas escalas 1:50.000 e 1:25.000 considerando feições de relevo lineares positivas (cristas) ou negativas (vales). Após a extração, no próprio software GIS foram feitos cálculos para a extração da direção azimutal de cada lineamento e do comprimento de cada um deles, com esses dados foram confeccionados os diagramas de rosetas em software de geoestatística.

Figura 7 - Imagens de LIDAR sombreadas de acordo com os ângulos de iluminação: (A) 00° Az; (B) 45° Az, (C) 90° Az; (D) 315° Az.



Fonte: O autor (2023)

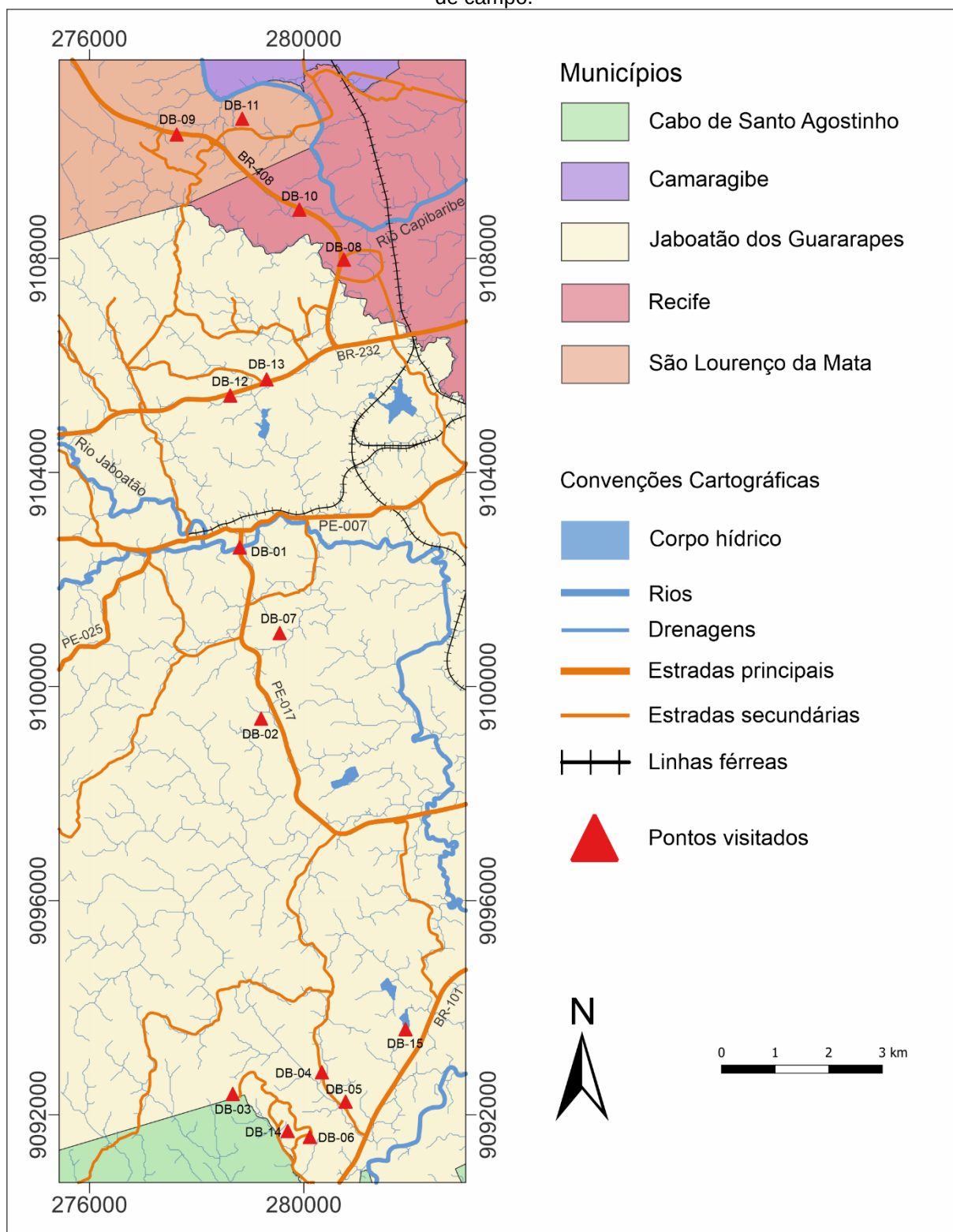
1.6 ETAPA DE CAMPO

Os trabalhos de campo consistiram em visitas aos afloramentos (Figura 8) para a coleta de dados e caracterização de estruturas geológicas. Os dados foram coletados por bússolas (*Brunton* e *Clar*) e pelos aplicativos *Field Move Clino*, *Rocklogger* e *FaultKin*, via *smartphones*.

As estruturas rúpteis mapeadas foram separadas em juntas e falhas. Foram consideradas juntas as estruturas que não apresentaram critérios cinemáticos (estrias, degraus e rejeitos). Por outro lado, as estruturas que apresentaram critérios cinemáticos foram classificadas como falhas.

Dentro das falhas reconhecidas em campo, 13 foram separadas e definidas como estações. As estações são as falhas que possuem critérios para a análise de paleotensão, a partir delas, foram coletados dados estruturais dos plano das falhas e das respectivas estrias para a análise e obtenção do campo de paleotensões.

Figura 8. Localização dos afloramentos visitados na área de estudo durante a realização das etapas de campo.



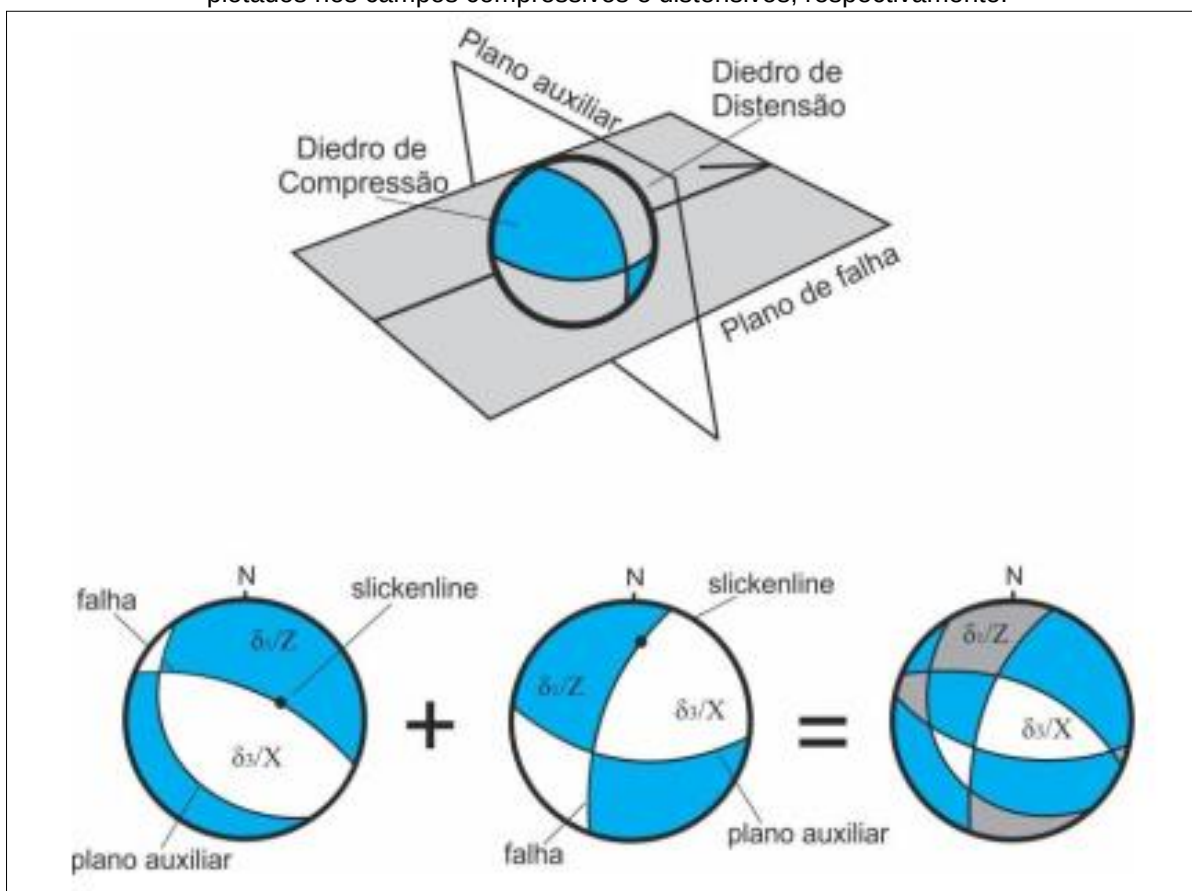
1.7 ANÁLISE DE PALEOTENSÕES

O estudo das falhas e de seus elementos são base para a análise da orientação dos campos de tensões envolvidos na deformação das quais são oriundas. Os métodos de inversão são os principais métodos de avaliação dos esforços pretéritos, e se apoiam em algumas premissas: um conjunto de falhas é produto de um mesmo campo de esforço, as rochas são razoavelmente homogêneas, as deformações são relativamente baixas e as estruturas não foram rotacionadas desde a sua formação (FOSSEN, 2010). A inversão dos dados de deslizamento de falhas fornece 4 parâmetros: o eixo de compressão máxima σ_1 , o eixo de compressão intermediária σ_2 , o eixo de extensão máxima σ_3 e razão do esforço R (DELVAUX & SPERNER, 2003), para isso, assume-se que o deslocamento ao longo de um plano de falha ocorre na direção do tensor máximo de cisalhamento definido através das estrias (BOTT, 1959). Os dados usados para a inversão são a direção e o mergulho do plano de falha, a orientação das estrias e o sentido de cisalhamento no plano de falha (DELVAUX & SPERNER, 2003).

Para obtenção dos dados de paleotensão da área estudada, os dados de falhas (estações) foram processados no *software Win-Tensor* (DELVAUX & SPERNER, 2003). Este *software* utiliza o método gráfico dos Diedros Retos (MDR), desenvolvido por Angelier & Mechler (1977), para determinar o posicionamento dos tensores de esforços.

O MDR consiste no plote de dois planos: o plano da falha e o plano auxiliar, ortogonal ao plano de falha e as estrias contidas nele. A interseção desses planos definem quatro diedros retos, sendo dois diedros de compressão e dois diedros de extensão (Figura 9). Os diedros de compressão marcam o eixo de tensão máximo (σ_1) e estão posicionadas as estruturas compressionais, nos diedros extensionais estão posicionadas as estruturas distensionais com o eixo de tensão mínima σ_3 . O *Win-Tensor* apresenta a orientação dos eixos de tensão principal horizontal (SHmax) (setas maiores) e de tensão mínima horizontal (Shmin) (setas menores).

Figura 9 - Representação esquemática do Método dos Diedros Retos. A deformação é representada por campos extensivos (em branco) e compressivos (em azul) definidos pela interseção do plano da falha (em cinza) com o plano auxiliar (transparente). Os eixos de tensões σ_1 (δ_1) e σ_3 (δ_3) estão plotados nos campos compressivos e distensivos, respectivamente.



Fonte: Souza (2016)

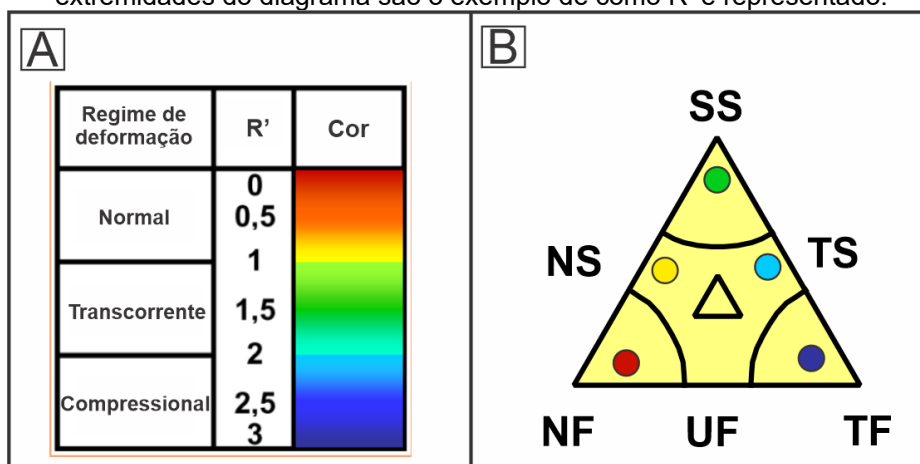
Para calcular a razão de esforço R , o *software* utiliza a fórmula $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$, com R variando de 0 a 1. Este parâmetro define o formato do elipsoide de deformação e o regime de esforços (Figura 5). O índice de tensão R' é a representação do ambiente de tensão, seus valores variam de 0 a 3 e são definidos da seguinte forma: $R' = R$, quando σ_1 é vertical (regime extensional); $R' = 2 - R$, quando σ_2 é vertical (regime transcorrente); $R' = 2 + R$, quando σ_3 é vertical (regime compressivo) (Figura 10). De acordo com Delvaux et al. (1997), R' é útil para calcular o regime de tensão regional médio de uma série de tensores individuais em uma determinada área. Os resultados de R' são plotados círculos coloridos (Figura 11A) no diagrama triangular de Frolich (Figura 11B).

Figura 10 - Representação dos tensores de esforços e os valores de R para cada tipo de regime deformacional. Os eixos de tensão são exibidos com a orientação dos eixos de tensão principal horizontal (SHmax) (setas maiores) e de tensão mínima horizontal (Shmin) (setas menores).

TIPO DE TENSOR	EXTENSIONAL					TRANSCORRENTE				COMPRESSIONAL			
SÍMBOLOS													
Razão R	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	0.75	0.50	0.25	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
Regime de estresse	EXTENSIONAL Radial	EXTENSIONAL Puro	TRANSTENSIVO			TRANSCORRENTE Puro	TRANSPRESSIVO			COMPRESSIONAL Puro	COMPRESSIONAL Radial		
índice R'	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00
Determinação de R'	$R' = R$					$R' = 2 - R$				$R' = 2 + R$			

Fonte: Modificado de Delvaux et al. (1997)

Figura 11 - Representação do índice R'. (A) Diagrama de cor para os valores de R', onde para cada ambiente, R' terá uma cor. (B) Diagrama ternário de Frolich para a representação dos regimes tectônicos: SS: regime transcorrente; TS: regime transpressivo; TF: regime compressivo; NS: regime transtensional; NF: regime distensional; UF: regime desconhecido. Os círculos plotados nas extremidades do diagrama são o exemplo de como R' é representado.



Fonte: Modificado de Delvaux et al. (2012)

RESULTADOS

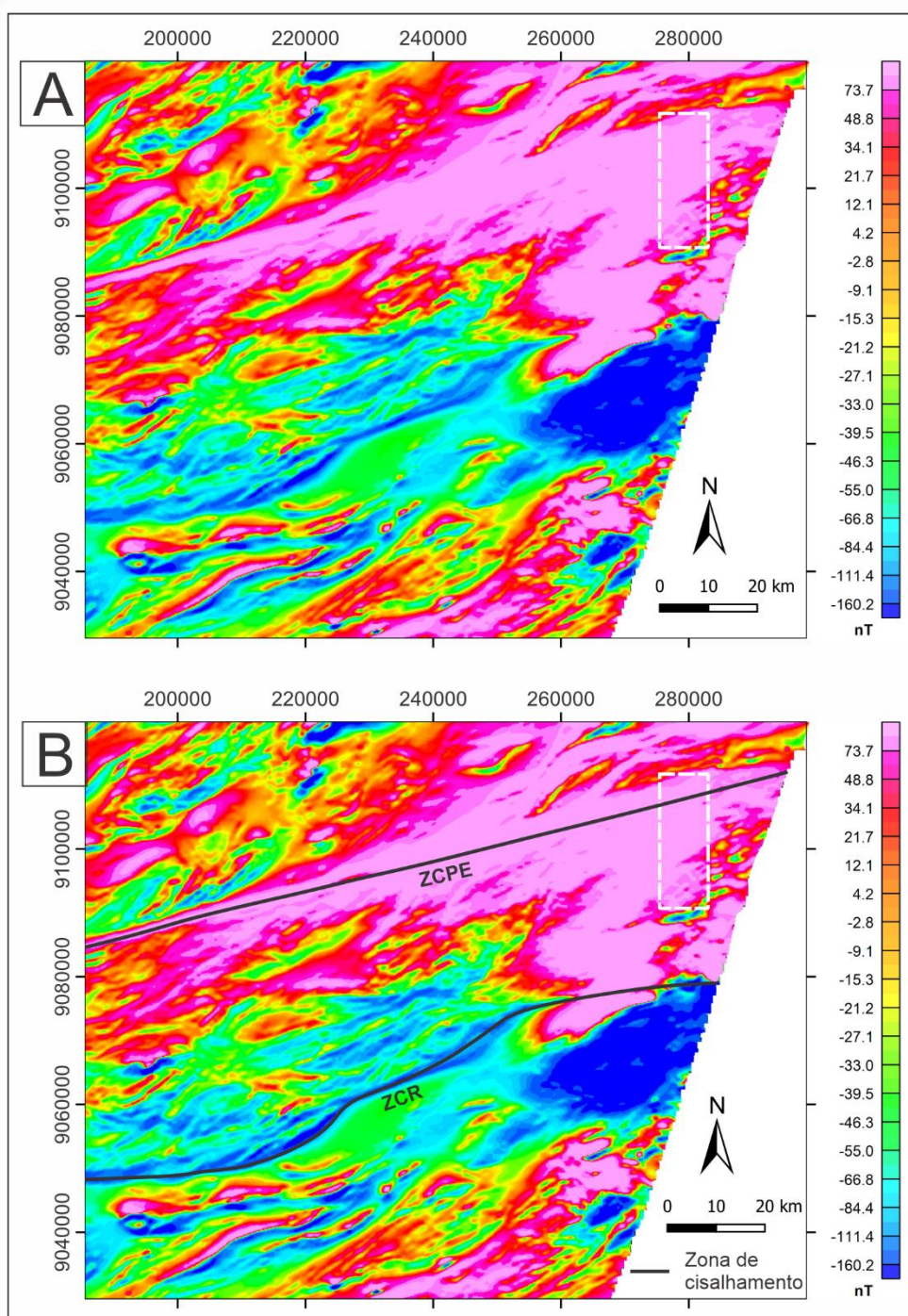
1.8 GEOFÍSICA

1.8.1 Aeromagnetometria

A região estudada está sobre uma expressiva anomalia magnética de 73,7 nT que apresenta um trend NE-SW. No geral, a assinatura magnética observada mostra uma amplitude de valores variando de -162 nT a 73 nT. No mapa do Campo Magnético Anômalo (Figura 12) é observado que as regiões de anomalias mais expressivas possuem alinhamento variando de NE-SW a ENE-WSW. Pequenos dipolos magnéticos NE-SW são observados na porção centro sul. Além disso, duas zonas de cisalhamento são bem marcadas neste mapa regional (Figura 11B): a ZCPE marcada pelo alto magnético na porção centro norte da área de estudo; e a Zona de Ribeirão, baixo magnético que ocorre a sul da região de estudo.

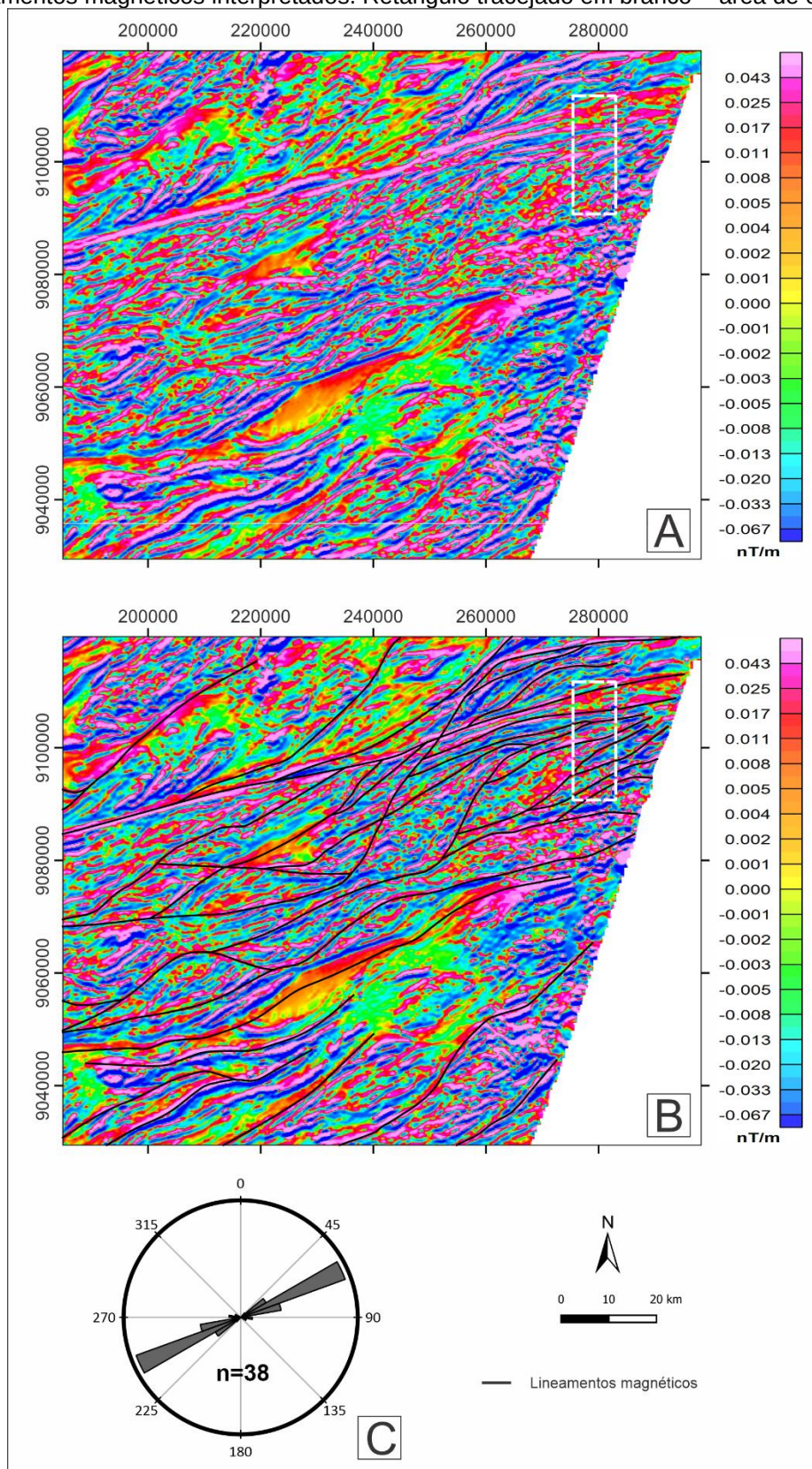
No mapa da derivada vertical (Figuras 13A), os lineamentos magnéticos interpretados possuem direção principal variando de ENE-WNW a NE-SW (Figura 13B e C). Essas estruturas refletem a rede de zonas de cisalhamento que cortam essa região formando uma trama dúctil anastomosada.

Figura 12 - Mapa do Campo Magnético Anômalo da Província Borborema. (A) Mapa não interpretado. (B) Mapa interpretado com destaque para as duas zonas de cisalhamentos, representadas pelas linhas pretas. Legendas do mapa: Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste – ZCPE; Zona de Cisalhamento Ribeirão – ZCR. Retângulo tracejado em branco – área de estudo.



Fonte: O autor (2023)

Figura 13 - Mapa da derivada vertical. (A) Mapa não interpretado. (B) Mapa interpretado mostrando um sistema de estruturas magnéticas anastomosadas de direção NE-SW. (C) Rosetas dos lineamentos magnéticos interpretados. Retângulo tracejado em branco – área de estudo.



Fonte: O autor (2023)

1.8.2 Gravimetria

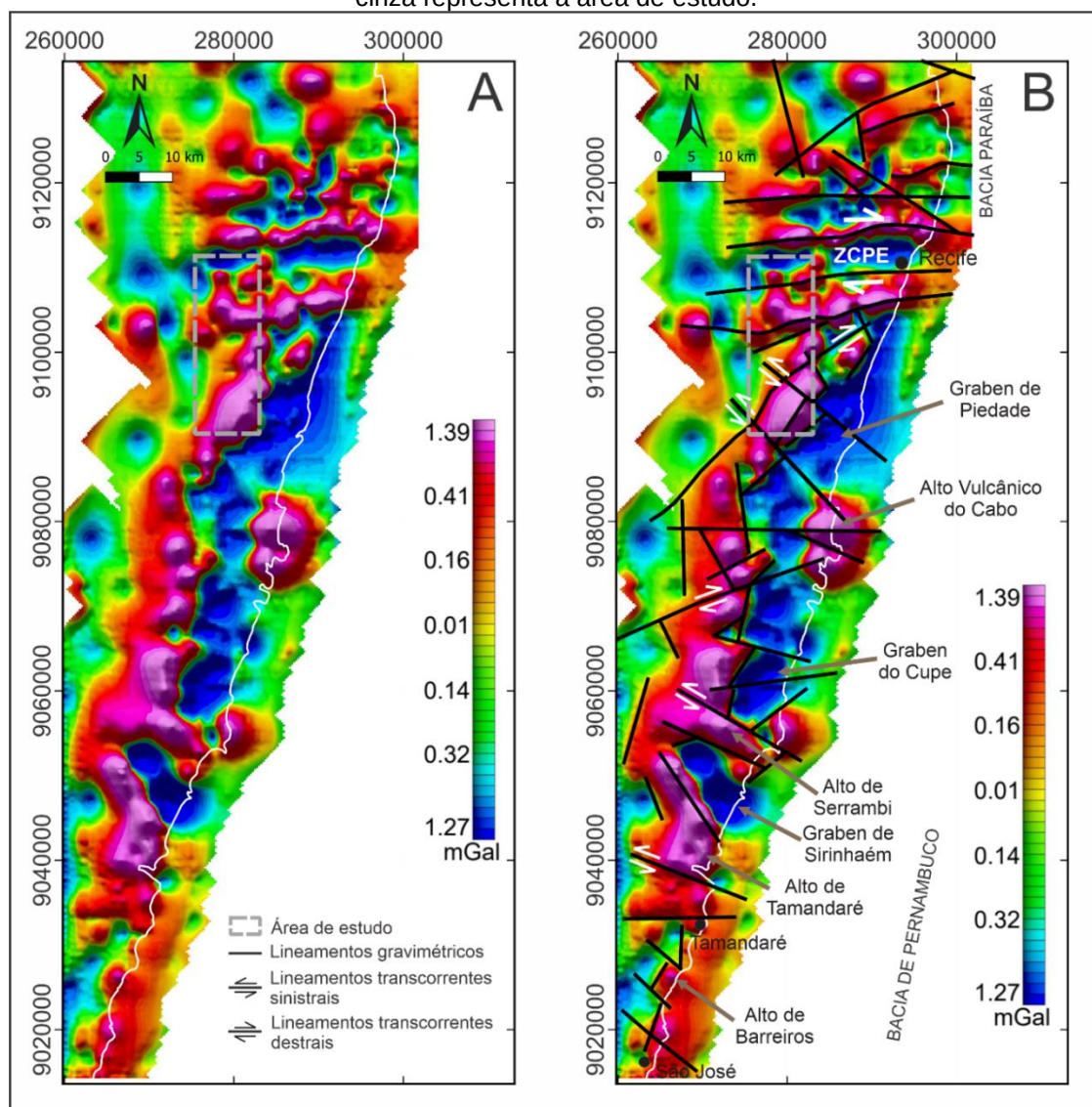
O mapa gravimétrico de anomalia *Bouguer* Residual (Figura 14) mostra o arranjo dos principais *horsts* e *grábens* da BPE e de parte do seu embasamento. É possível observar que a bacia é composta por um conjunto de *grábens* paralelos a linha de costa que possuem direção principal NNE-SSW. A ZCPE separa a BPE da BPB e marca a separação de dois domínios gravimétricos distintos. A BPB é caracterizada por valores anômalos positivos o que pode representar a predominância de depocentros mais rasos em relação a BPE.

Os *grábens* que ocorrem na BPE são identificados pela anomalia gravimétrica negativa de aproximadamente -1.27 mGal. O *Gráben* de Sirinhaém ocorre na porção sul, possui orientação NW-SE e é limitado a sul pelo Alto de Tamandaré e a norte pelo Alto de Serrambi. O *Gráben* do Cupe possui direção NE-SW e é separado do *Gráben* de Sirinhaém pelo Alto de Serrambi. O *Gráben* de Piedade constitui o depocentro norte da bacia e possui direção NE-SW.

Na região da bacia são identificados quatro altos estruturais, caracterizados por valores elevados de anomalia gravimétrica (~1.39 mGal). Dentre eles, se destaca o corpo circular que ocorre na porção centro leste, o Alto gravimétrico Vulcânico do Cabo de Santo Agostinho (Figura 14B).

Os lineamentos gravimétricos interpretados possuem três direções principais ENE-WSW, NE-SW e NW-SE. Essas estruturas são condizentes com as falhas normais de borda e as falhas de transferência. Extensos lineamentos gravimétricos E-W cortam as anomalias gravimétricas relacionadas à região de borda da BPE (Figura 14B).

Figura 14 - Gravimetria da porção onshore da BPE. (A) Mapa de anomalia Bouguer residual da porção onshore da BPE; (B) mapa interpretado. Os traços pretos representam os lineamentos gravimétricos interpretados, a linha branca representa a linha de costa e o retângulo tracejado em cinza representa a área de estudo.



Fonte: O autor (2023)

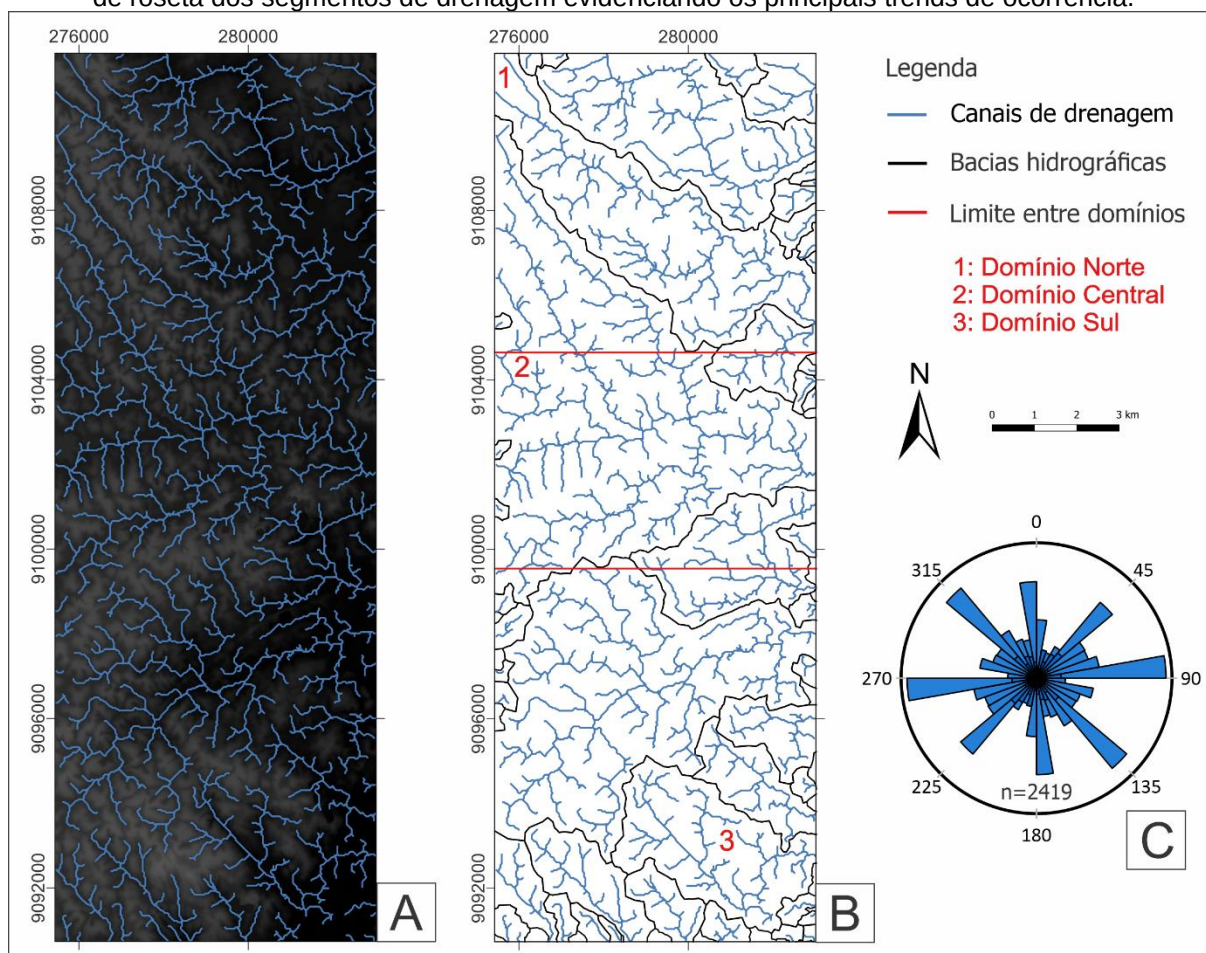
1.9 SENSORIAMENTO REMOTO

1.9.1 Drenagens

A rede de drenagem da área de estudo é caracterizada por canais extensos com direção preferencial E-W (Figura 15). Porém, nota-se que nas porções norte e sul da área, as drenagens mais significativas apresentam uma direção preferencial NW-SE enquanto na porção central, os vales de drenagem ocorrem com orientação

ENE-WSW, evidenciando uma descontinuidade no padrão geral da drenagem (Figura 15A).

Figura 15 - Redes de drenagem da área de estudo. (a) canais sobre o MDE; (B) canais de drenagem com as delimitações das bacias hidrográficas e os limites dos domínios estabelecidos; (c) diagrama de roseta dos segmentos de drenagem evidenciando os principais trends de ocorrência.



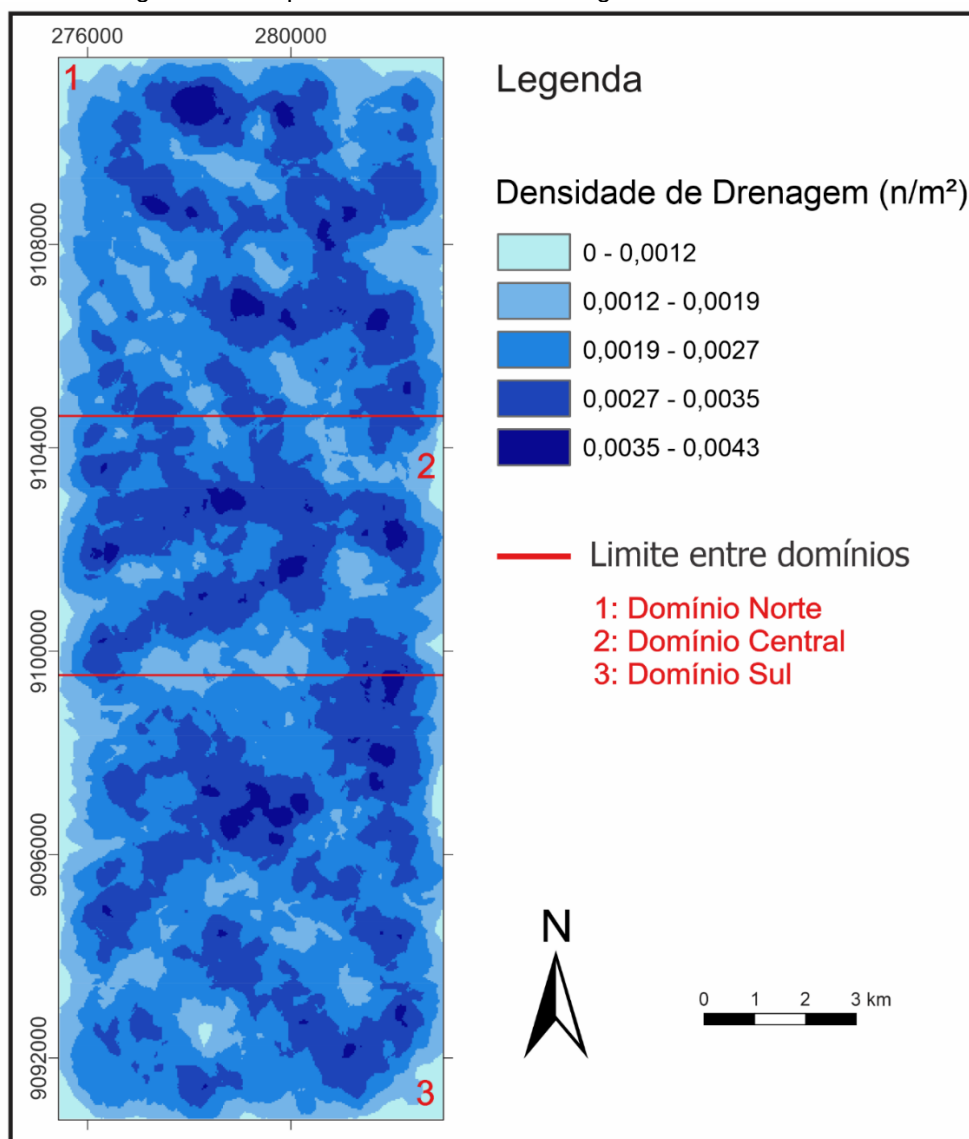
Fonte: O autor (2023)

Com base nas características das drenagens, a área foi subdividida em três domínios (Figura 15B): (1) Domínio Norte, evidenciado pela orientação preferencial NW-SE dos principais canais de drenagem. Neste domínio, predominam padrões do tipo dendrítico, subparalelo e treliça. Este domínio possui forte assimetria, tropia tridirecional, alta angularidade e sinuosidade mista; (2) Domínio Central, neste domínio as bacias não apresentam uma direção preferencial de drenagem. No geral, predominam canais com direção variando de NE-SW e ENE-WSW. Os padrões de drenagens variam de dendrítico a treliça, com forte assimetria, tropia tridirecional, angularidade alta e sinuosidade mista; (3) Domínio Sul, formado por padrões

dendríticos e treliças, as drenagens possuem direção preferencial NW-SE, tropia multidirecional ordenada, angularidade alta, e sinuosidade alta.

O mapa de densidade de drenagem (Figura 16) mostrou que as drenagens estão bem distribuídas em toda a área de estudo, porém, os domínios Norte e Central apresentam-se com mais regiões de elevada densidade, com valores que correspondem a 0,0043 – 0,0027 1/m². O Domínio Sul embora apresente regiões com alta densidade, é caracterizado por ter uma maior área de baixa densidade, com valores de 0,0027 – 0,0012 1/m². A variação da densidade de drenagem ao longo da área estudada está relacionada às mudanças litológicas, formas de relevo e arcabouço estrutural.

Figura 16 - Mapa de densidade de drenagem da área de estudo.



Fonte: O autor (2023)

1.9.2 Parâmetros morfométricos/morfotectônicos

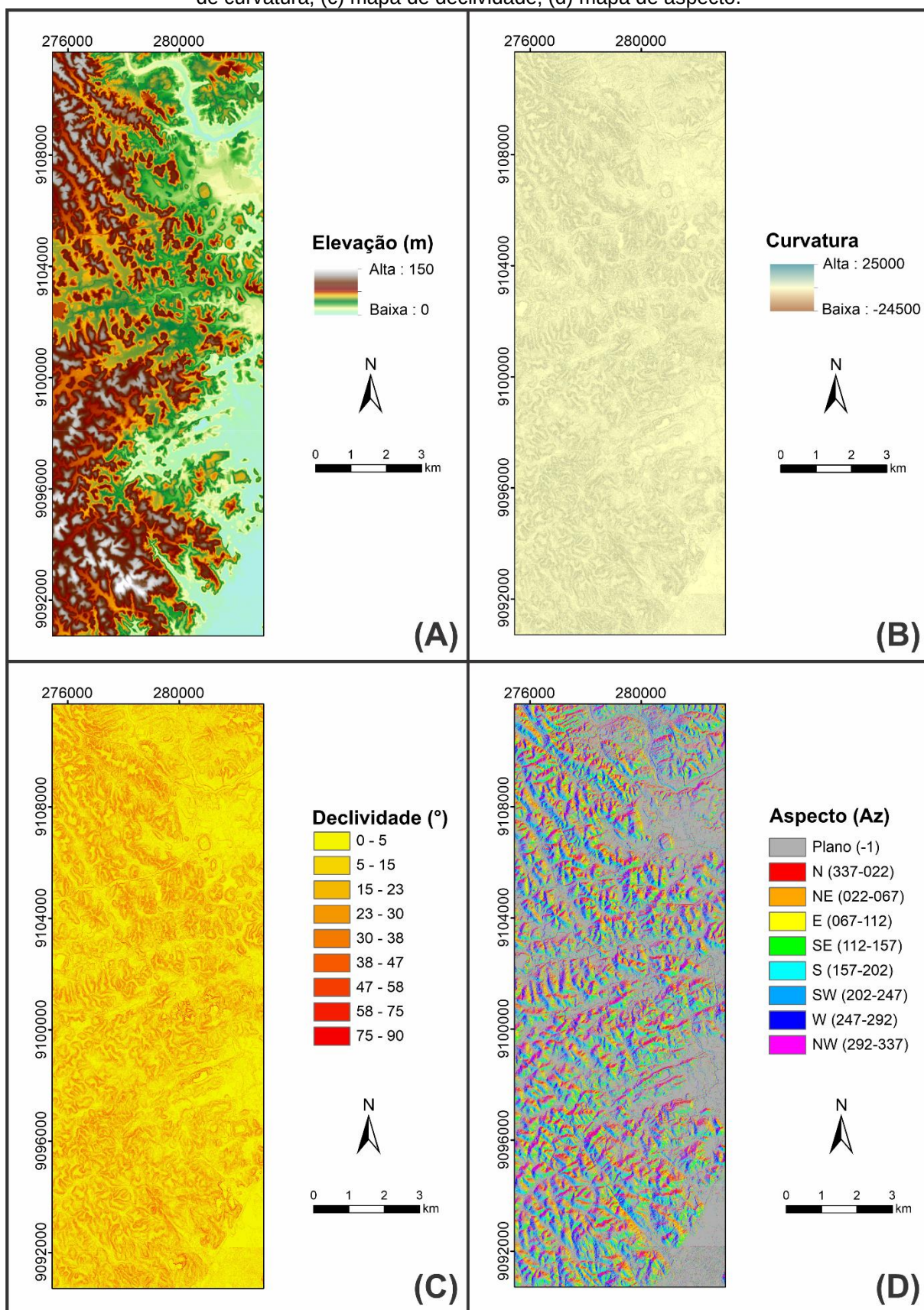
A altimetria do relevo varia de 0 a 150 metros (Figura 17A), onde as altitudes mais elevadas ocorrem com maior frequência no setor oeste da área de estudo. Nas regiões oeste e central, o alinhamento dessas feições tem direção NE-SW. Nas demais porções, as cotas mais altas estão alinhadas segundo uma trama NW-SE. Os relevos de baixa altitude, próximo ao nível do mar, ocorrem nas porções leste, com presença de vales NE-SW e na porção sudeste, ocorrem vales NW-SE.

Os valores de curvatura podem ser separados em dois domínios: (1) domínio de alta curvatura (23.322), associado a pequenas expressões no relevo que possuem direções variadas; e (2) domínio de baixa curvatura (-23.422), que evidenciam extensos vales com direções preferenciais NW-SE e NE-SW (Figura 17B).

O mapa de declividade (Figura 17C) revela um relevo rugoso, com alternância de regiões de declives altos e baixos. A alta resolução da imagem do sensor fez com que os cortes verticalizados nas barreiras e colinas registrassem um valor máximo de 90°. Os declives mais acentuados são condizentes com as colinas e morros da região que estão orientados predominantemente na forma NW-SE e N-S. As regiões de baixa declividade (valores de 0 a 15°) estão distribuídas por toda a área e revelam assinaturas topográficas da ZCPE, de direção ENE-WSW, na porção norte; assinaturas das falhas NE-SW e NW-SE, na porção sul; e na porção leste a baixa declividade está associada a ocorrência de sedimentos fluvio-marinhos.

A análise do mapa de aspecto mostra que o relevo mergulha em todas direções (Figura 17D), com a predominância de relevos mergulhando para nordeste e sudoeste, refletindo zonas de relevo com orientação NW-SE; e relevos mergulhando para noroeste e sudeste, mostrando zonas de relevo NE-SW. Outra observação importante está relacionada a ocorrência de regiões planas que refletem muito bem as estruturas que cortam a área, essas regiões estão associadas a ZCPE de direção ENE-WSW, na porção norte, e as falhas NE-SW e NW-SE que ocorrem em toda a área.

Figura 17 - Mapas morfométricos elaborados para a área de estudo: (a) mapa hipsométrico; (b) mapa de curvatura; (c) mapa de declividade; (d) mapa de aspecto.



Fonte: O autor (2023)

1.9.3 Lineamentos Topográficos

Os lineamentos de crista e de vale estão distribuídos de maneira aleatória ao longo da área de estudo, ocorrendo em todas as direções, com o predomínio de lineamentos topográficos NE-SW e NW-SE, seguidos de lineamentos ENE-SSW e N-S (Figura 18).

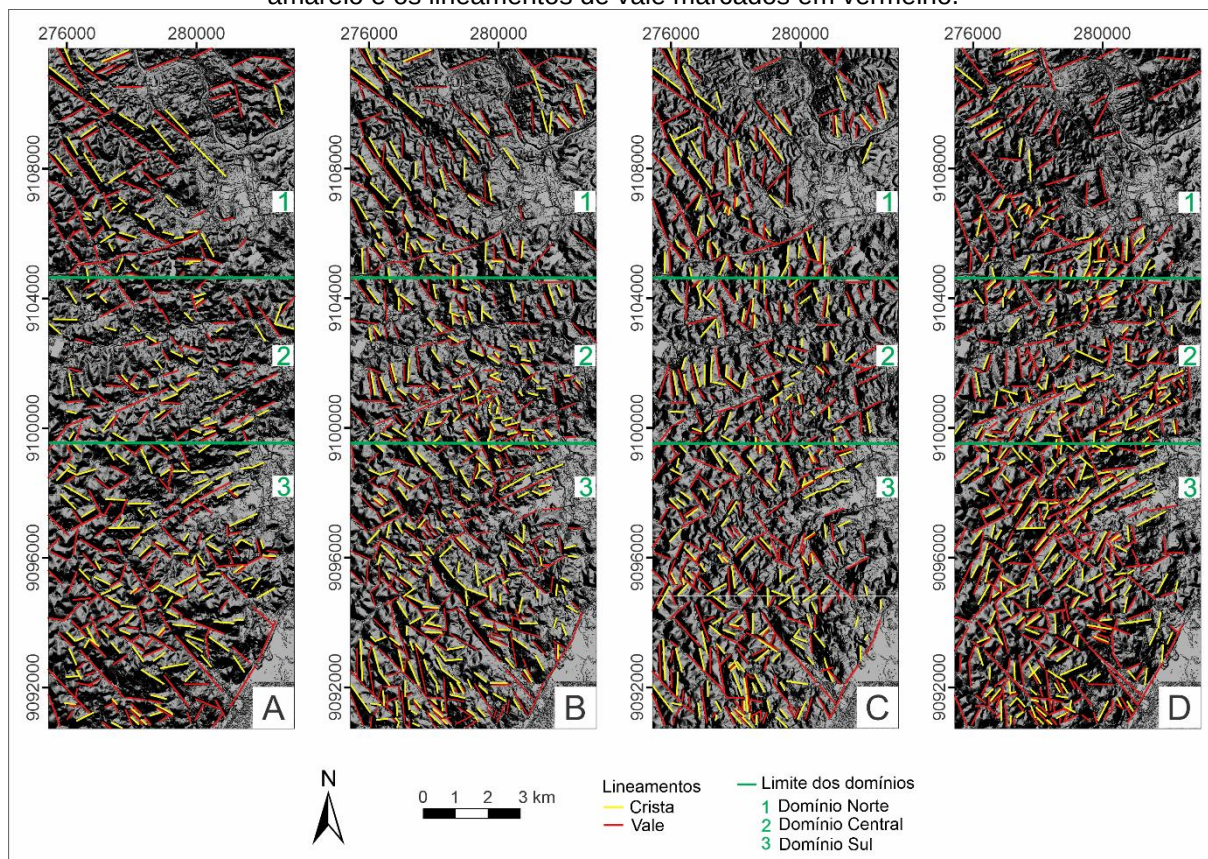
Para o modelo 000° Az foram extraídos 452 lineamentos que ocorrem distribuídos aleatoriamente em toda região, com comprimento variando de 135 a 2290 metros, direção preferencial NE-SW e direção secundária NW-SE (Figuras 18A, 19A e 19E). A maior parte dos lineamentos possuem comprimento inferior a 500 metros e os de maior comprimento estão encaixados nos extensos vales fluviais. Os lineamentos de crista e vale possuem o mesmo comportamento direcional com o predomínio de mais estruturas de vales.

No sombreamento 045° Az, os lineamentos estão dispostos nos trends principais NW-SW e NNW-SSE e, secundariamente nos trends N-S e ENE-SSW (Figuras 18B, 19B e 19F). Foram extraídos 672 lineamentos com comprimento variando de 74 a 2300 metros. Há uma frequência maior de lineamentos pequenos (até 500 metros), distribuídos nos trends NW-SE e NNW-SSE. Os médios (entre 500 e 1000 metros) possuem uma direção ENE-WNW e os grandes (maiores que 1000 metros) nas direções NW-SE e ENE-SSW. Os lineamentos associados a vales topográficos são os responsáveis por essa trama ENE-SSW.

A imagem sombreada 090° Az permitiu a extração de 570 lineamentos de comprimento variando de 94 a 2292 metros, com o predomínio dos lineamentos com comprimento inferior a 500 metros. Os lineamentos estão distribuídos por toda a área, possuem direção preferencial N-S e secundariamente as direções NW-SE e NE-SW (Figuras 18C, 19C e 19G). Ocorrem mais lineamentos associados a vales e neste grupo estão aqueles com o maior comprimento (1000 a 2292 metros).

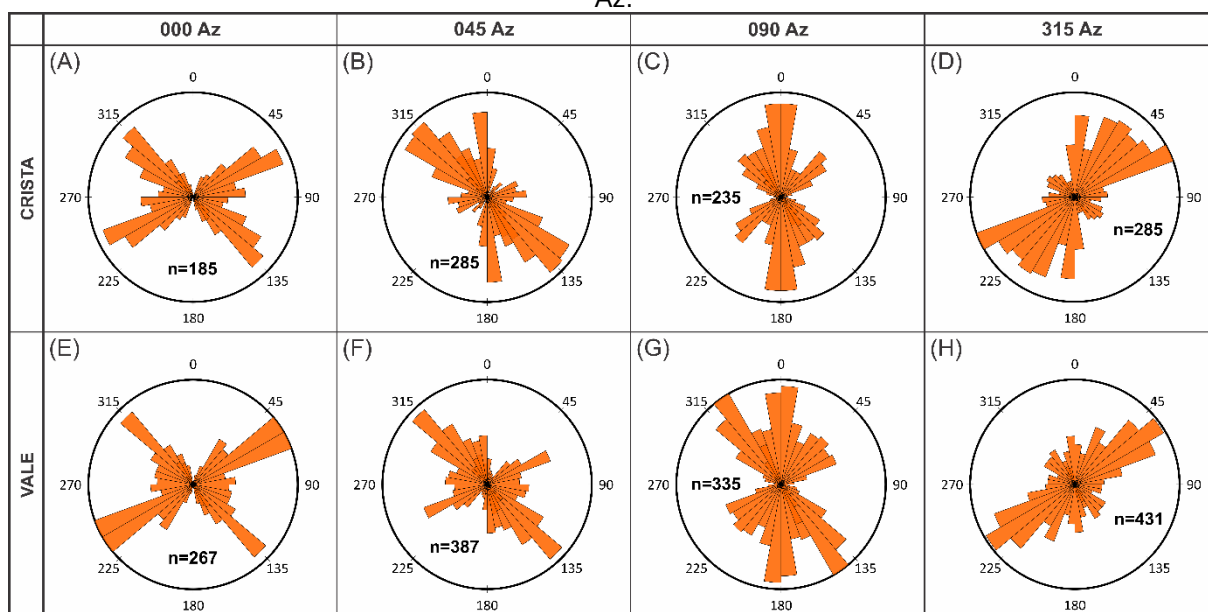
Os lineamentos extraídos na imagem sombreada de 315° Az, possuem comprimento variando de 79 a 2325 metros. Ao todo foram identificados 716 lineamentos, com a maior ocorrência de estruturas de vale e de lineamentos pequenos (menores que 500 metros). Os lineamentos possuem direção preferencial variando entre NE-SW (Figuras 18D, 19D e 19H). Não ocorrem muitos lineamentos grandes (maiores que 1000 metros) nesta configuração.

Figura 18 - Modelo digital de terreno da área de estudo com o relevo sombreado em quatro direções (a) 000° Az; (b) 045° Az; (c) 090° Az; (d) 315° Az. Os lineamentos de crista então marcados em amarelo e os lineamentos de vale marcados em vermelho.



Fonte: O autor (2023)

Figura 19 - Diagramas de rosetas dos lineamentos destacando as estruturas de crista no (a) sombreamento 000° Az, (b) sombreamento 045° Az, (c) sombreamento 090° Az, (d) sombreamento 315° Az; e de vale no (e) sombreamento 000° Az, (f) sombreamento 045° Az, (g) sombreamento 315° Az.



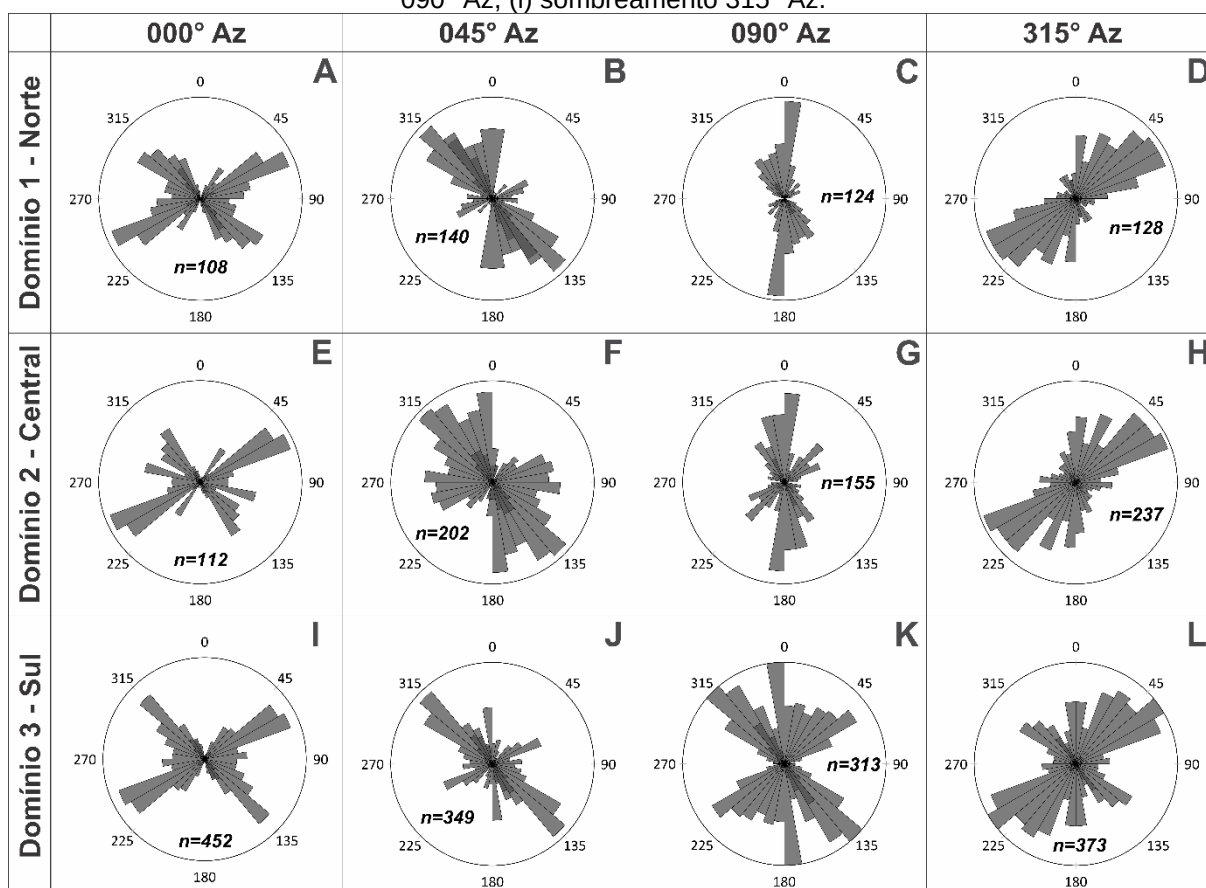
Fonte: O autor (2023)

Seguindo a divisão da área de acordo com as características das drenagens (Figuras 15B, 16 e 18), foi observado que os domínios Central e Sul possuem mais lineamentos do que o Domínio Norte, evidenciando uma diferença na disposição do relevo. O Domínio Norte possui extensos lineamentos NW-SE e uma frequência elevada de lineamentos N-S e NE-SW (Figura 20A, B, C e D)

O Domínio Central é mais compartimentado e apresenta uma trama NE muito forte, subordinada por uma trama NW-SE e N-S (Figura 20E, F, G e H). Neste domínio há indícios de um par conjugado de lineamentos NE-SW com lineamentos NNW-SSE.

No Domínio Sul os lineamentos ocorrem nas direções NW-SE, N-S e NE-SW. Ocorrem neste domínio extensos lineamentos NW-SE que possuem uma pequena semelhança com os lineamentos maiores de direção NW-SE do Domínio Norte. A disposição entre lineamentos NW-SE e lineamentos N-S, é um indicativo de um possível par conjugado de falhas transcorrentes (Figura 20 I, J, K e L).

Figura 20 - Rosetas dos lineamentos extraídos no Domínio Norte (a) sombreamento 000° Az, (b) sombreamento 045° Az, (c) sombreamento 090° Az, sombreamento 315° Az; no Domínio Central (e) sombreamento 000° Az, (f) sombreamento 045° Az, (g) sombreamento 090° Az, (h) sombreamento 315° Az; e no Domínio Sul (i) sombreamento 000° Az, (j) sombreamento 045° Az, (k) sombreamento 090° Az, (l) sombreamento 315° Az.

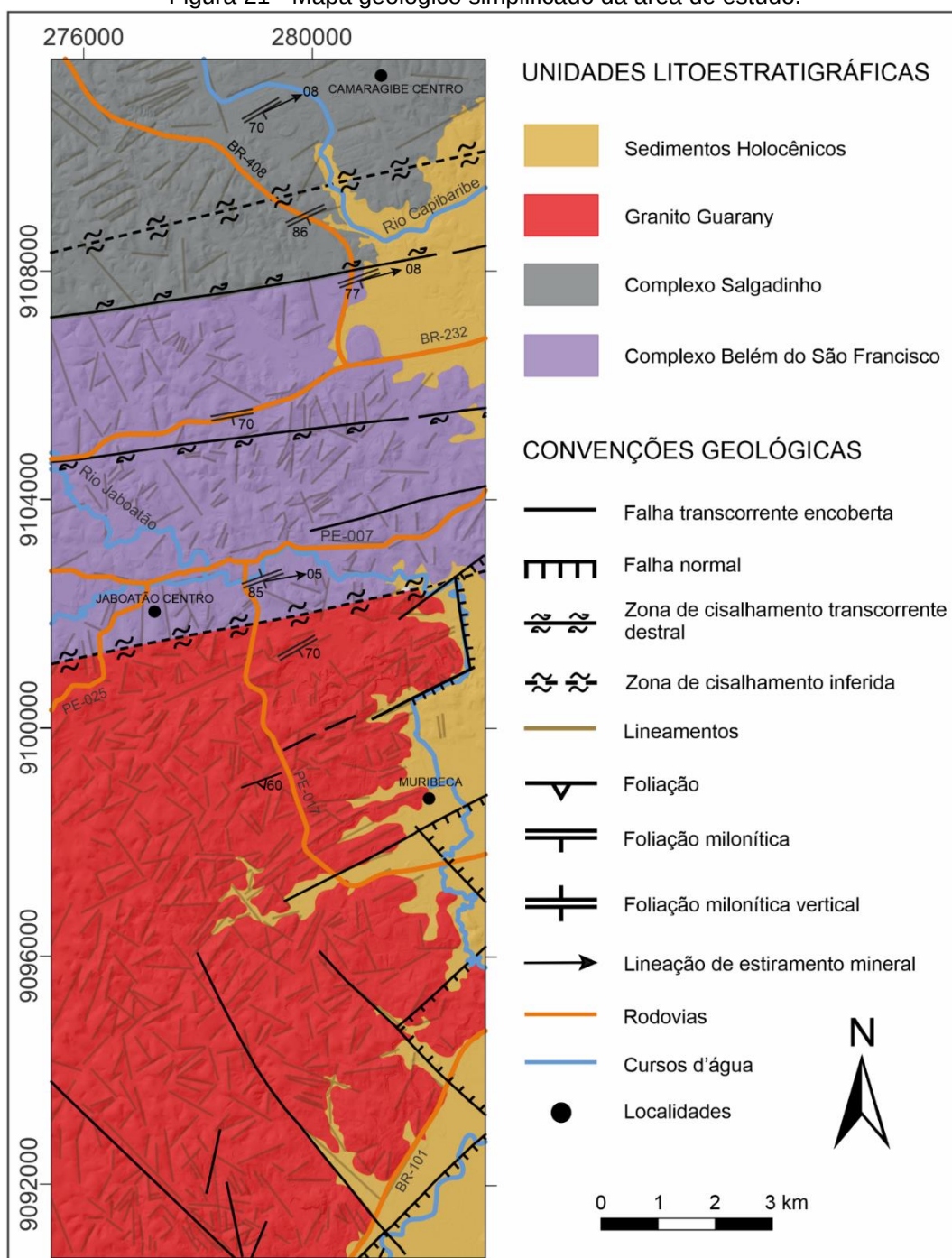


Fonte: O autor (2023)

1.10 ASPECTOS DE CAMPO

Na área de estudo foram identificadas três unidades litológicas: o Complexo Belém do São Francisco na porção central, o Complexo Salgadinho na porção norte e o Plúton Guarany na porção sul (Figura 21). A seguir serão detalhados os aspectos estruturais de campo das referidas litologias.

Figura 21 - Mapa geológico simplificado da área de estudo.



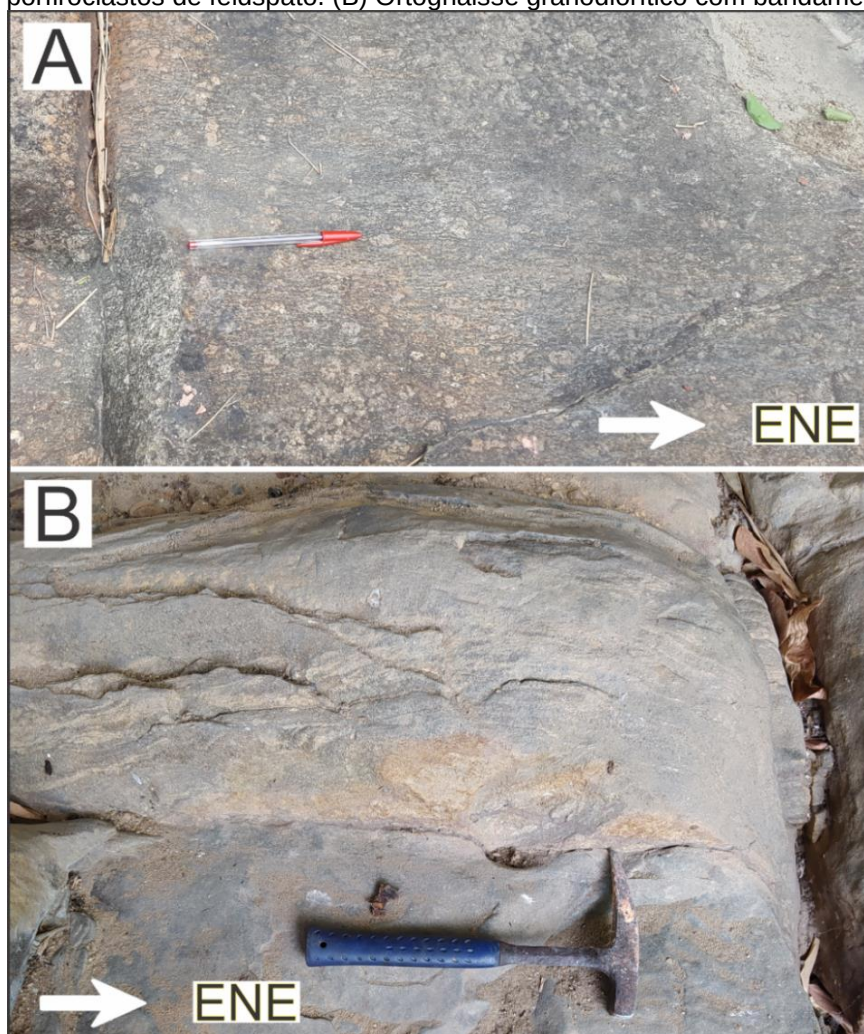
Fonte: Modificado de Pfaltzraff et al (2018) e Ferreira et al. (2015).

1.10.1 Complexo Belém do São Francisco

Esta unidade ocupa 24% da área mapeada aflorando em cortes de estradas, canais de drenagens e curso de rio. O complexo é caracterizado por afloramentos frescos e intemperizados, podendo ser encontrados como pequenos lajedos e formando camadas espessas de solo de alteração.

As rochas tem coloração cinza a cinza escuro, com faixas esbranquiçadas. Predominam milonitos de composição granítica com porfiroclastos de feldspatos potássicos (Figura 22A). Ortognaisses granodioríticos a graníticos com bandamento milimétrico a centimétrico (Figura 22B) e migmatitos ocorrem nas porções mais afastadas da ZCPE. As rochas desta unidade possuem uma foliação que se verticaliza próxima a ZCPE e possui poucas estruturas de caráter rúptil.

Figura 22 - Aspectos de campo do Complexo Belém do São Francisco. (A) Milonito de composição granítica com porfiroclastos de feldspato. (B) Ortognaisse granodiorítico com bandamento milimétrico.



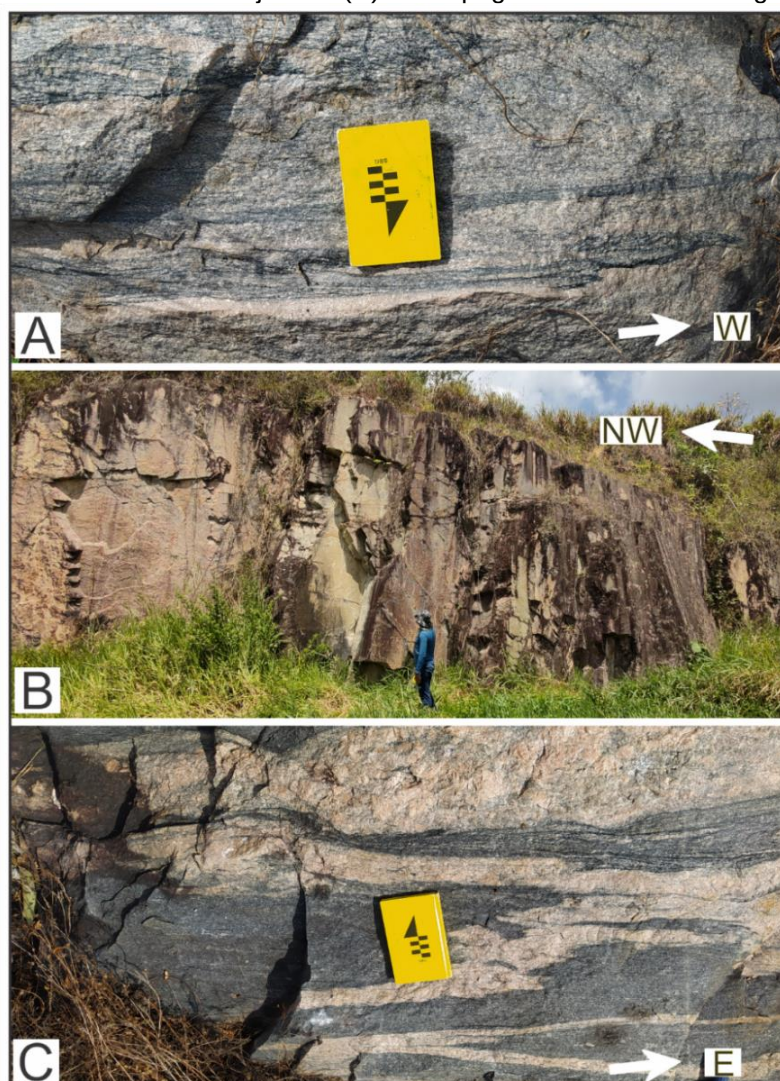
Fonte: O autor (2023)

1.10.2 Complexo Salgadinho

O complexo Salgadinho tem área aflorante de 26 km² na área de estudo e seus afloramentos estão em cortes de estrada. São afloramentos que variam de frescos a pouco intemperizados e que formam extensos afloramentos (mais de 20 metros de comprimento e altura de 10 metros, aproximadamente).

As rochas possuem coloração variando de cinza, cinza escuro a cinza róseo. São ortognaisses de composição granítica com bandamento centimétrico (Figura 23A), que por vezes estão migmatizados, ocorrem milonitos de composição granítica (Figura 23B) com buldín assimétricos, veios e diques pegmatíticos (Figura 23C). A deformação rúptil é bem marcada nesta unidade pela ocorrência de falhas e juntas.

Figura 23 - Aspectos do Complexo Salgadinho. (A) Ortognaisse com bandamento centimétrico; (B) Milonito granítico com um sistema de juntas. (C) Veios pegmatíticos cortando o granito milonitizado.



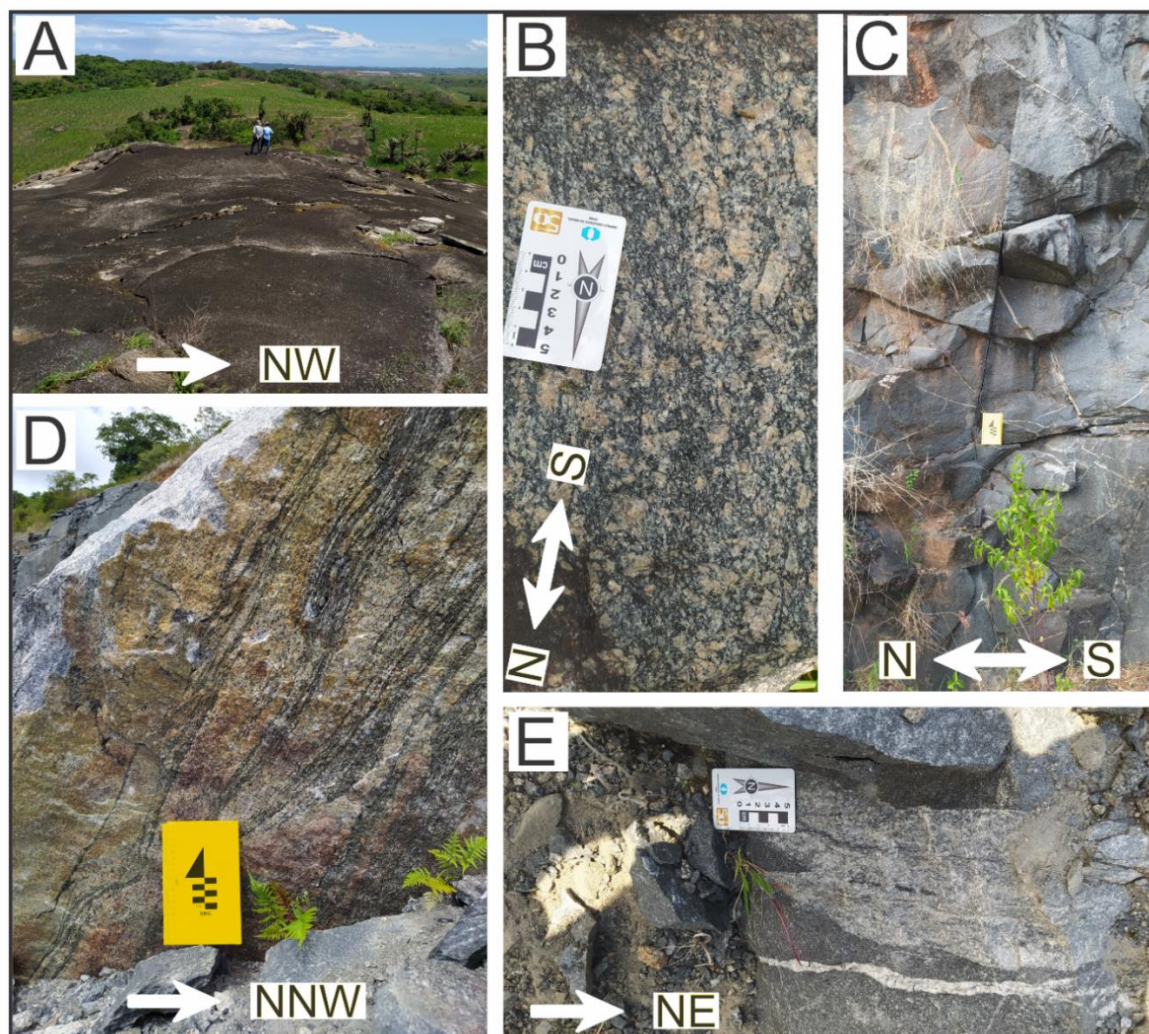
Fonte: O autor (2023)

1.10.3 Plúton Guarany

O Plúton Guarany ocorre como colinas baixas e mares de morro (Figura 24A). Os afloramentos estão dispostos em cortes de estrada e em bancadas das pedreiras que explotam o granito para agregados na construção civil.

A rocha tem coloração variada desde cinza claro a preto, a coloração varia de acordo com a textura e composição. No setor sul da área de estudo o granito possui coloração cinza claro e textura porfiritica, com pórfiros de feldspato potássico (Figura 24 B) que podem chegar até 9 cm de comprimento. À medida que se caminha para norte a textura muda para uma rocha equigranular de coloração cinza escura e composição granodiorítica (Figura 24C). Na borda norte do corpo a uma alternância entre granitos máficos e granitos félsicos, indicando coexistência de magmas. No contato com o Complexo Belém do São Francisco, região próxima a ZCPE, esta rocha apresenta foliação milonítica (Figura 24D, E). Em alguns afloramentos do Pluton Guarany foram identificados diques e veios pegmatíticos, que por vezes estão dobrados e/ou foliados. Esta unidade apresenta deformação rúptil bem acentuada, com ocorrência de juntas e falhas.

Figura 24 - Aspectos de campo do Plúton Guarany. (A) Lajedos extensos. (B) Granito com porfiroclastos de feldspato potássico. (C) Granodiorito com veios e diques pegmatíticos. (D) Foliação milonítica nas bandas máficas. (E) Foliação na porção mais quartzo feldspática da rocha.



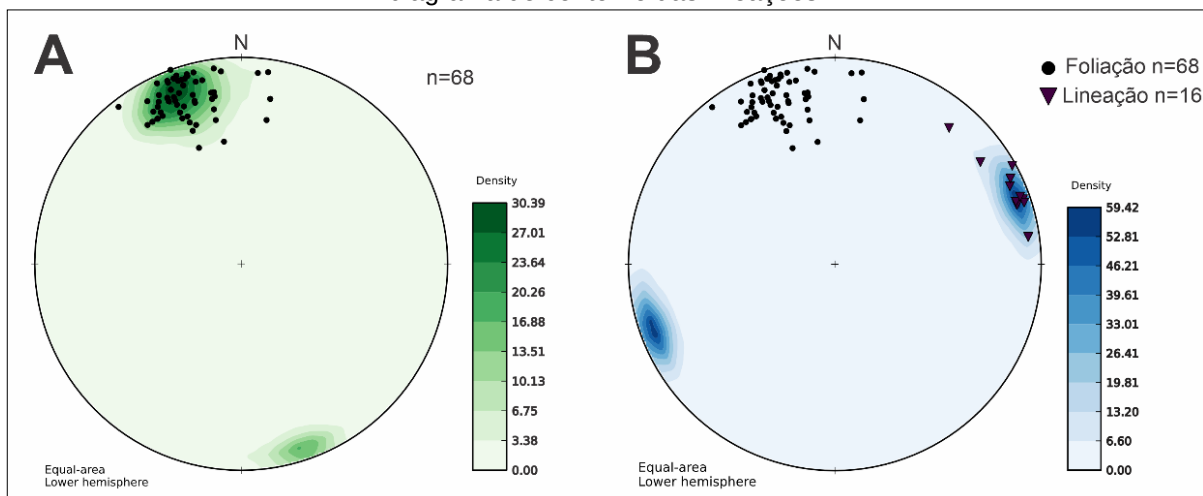
Fonte: O autor (2023)

1.11 GEOLOGIA ESTRUTURAL

1.11.1 Deformação dúctil e dúctil-rúptil

A trama dúctil ocorre de forma semelhante em toda a área mapeada (Figura 25A). A foliação milonítica ocorre bem marcada nos complexos Belém do São Francisco, Salgadinho e Plúton Guarany com planos subverticalizados de direção ENE-WSW e sentido de mergulho para SE. As lineações são caracterizadas por estiramento de quartzo e feldspato, com caimento de baixo ângulo ($<20^\circ$) para ENE (Figura 25B).

Figura 25 - Estereograma das feições dúcteis mapeadas. (a) Pólos dos planos das foliações; (b) diagrama de contorno das lineações.



Fonte: O autor (2023)

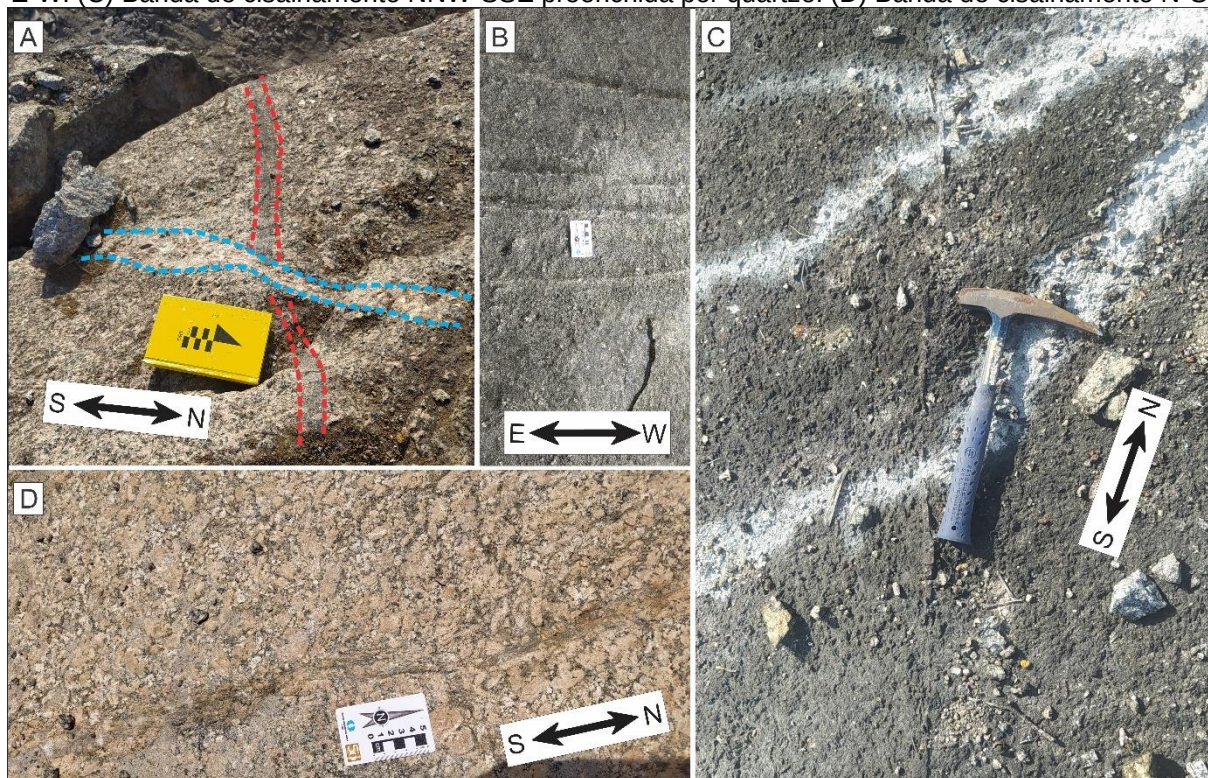
A deformação dúctil e dúctil-rúptil estão relacionadas com transcorrência de cinemática destal (Figura 26). Foram observados critérios cinemáticos tais como, as foliações S/C, banda de cisalhamento C' (Figura 26A) e boudins assimétricos (Figura 26B). Além disso, extensas bandas de cisalhamento (podendo chegar a mais de 20m de comprimento) ocorrem na área de estudo. Estas estruturas apresentam direções preferenciais ENE-WSW e NNW-SSE, e de forma subordinada ocorrem bandas N-S e E-W. Por vezes as bandas de cisalhamento são substituídas e/ou preenchidas dos veios de quartzo (Figura 27).

Figura 26 - Fotografias dos critérios cinemáticos. (a) Foliação S/C e banda de cisalhamento C' transcorrente destal; (B) veio boudinado. Bouding dúctil evidenciando a cinemática transcorrente destal.



Fonte: O autor (2023)

Figura 27 – Bandas de cisalhamento que ocorrem na área de estudo. (A) Banda de cisalhamento ENE-WSW (tracejado vermelho) cortada por um dique pegmatítico N-S. (B) Bandas de cisalhamento E-W. (C) Banda de cisalhamento NNW-SSE preenchida por quartzo. (D) Banda de cisalhamento N-S.



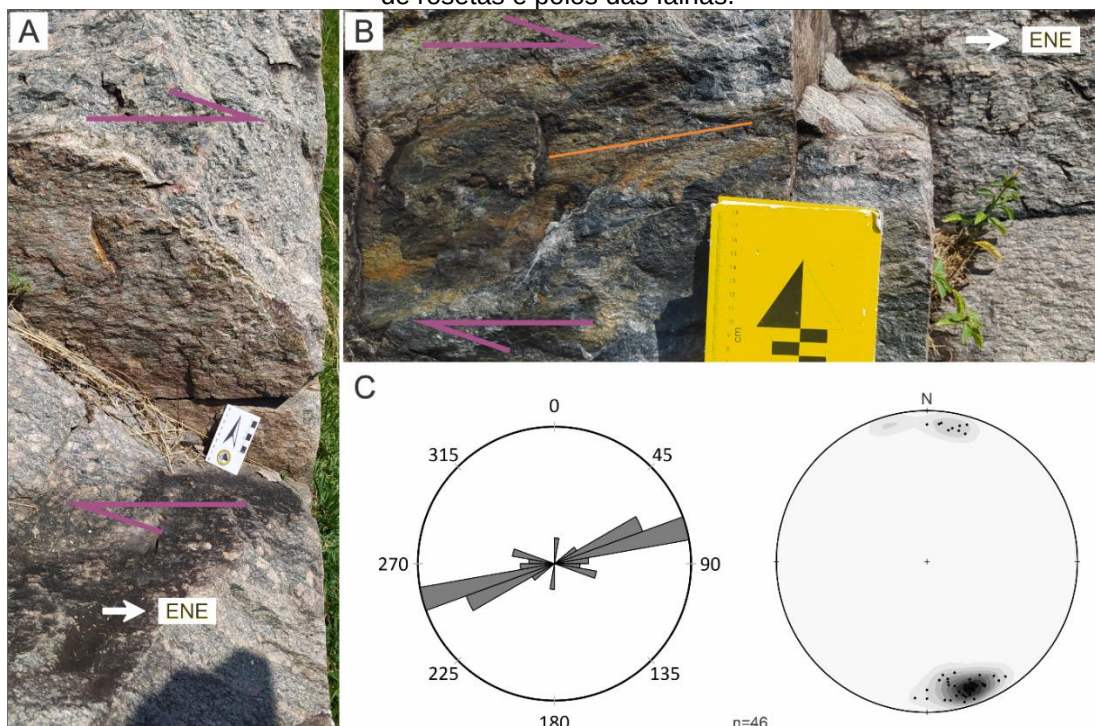
Fonte: O autor (2023)

1.11.2 Deformação rúptil

1.11.2.1 Falhas

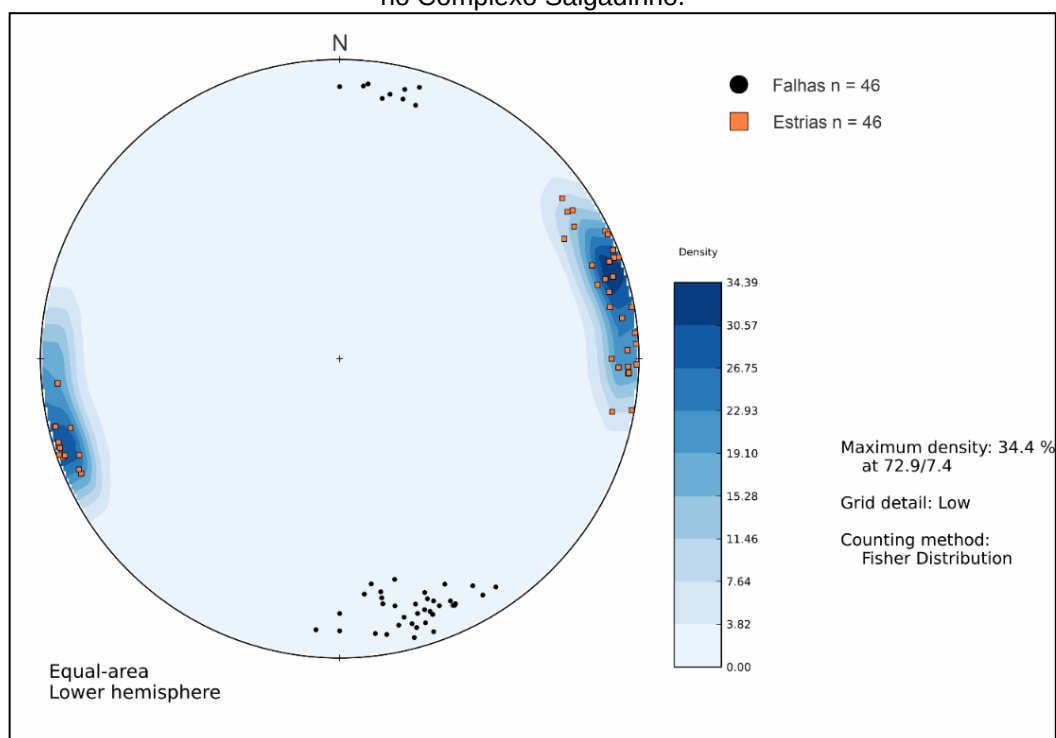
No complexo Salgadinho, as falhas ocorrem paralelas (ENE-WSW) ou subparalelas (ESE-WNW) à foliação milonítica, com alto ângulo de mergulho (65 a 80°) tanto para SE como para NW e possuem cinemática dextral. (Figura 28). As estrias das falhas são subhorizontais com caimento variando de 1° a 16° para ENE, ESE e WSW como mostrado no estereograma de contorno na figura 29.

Figura 28 - Falhas que ocorrem no Complexo Salgadinho. (a) e (b) falhas destrais com planos bem expostos. Em roxo tem-se a indicação da cinemática e em laranja a indicação da estria. (c) Diagrama de rosetas e polos das falhas.



Fonte: O autor (2023)

Figura 29 - Estereograma dos polos das falhas com diagrama de contorno das estrias que ocorrem no Complexo Salgadinho.

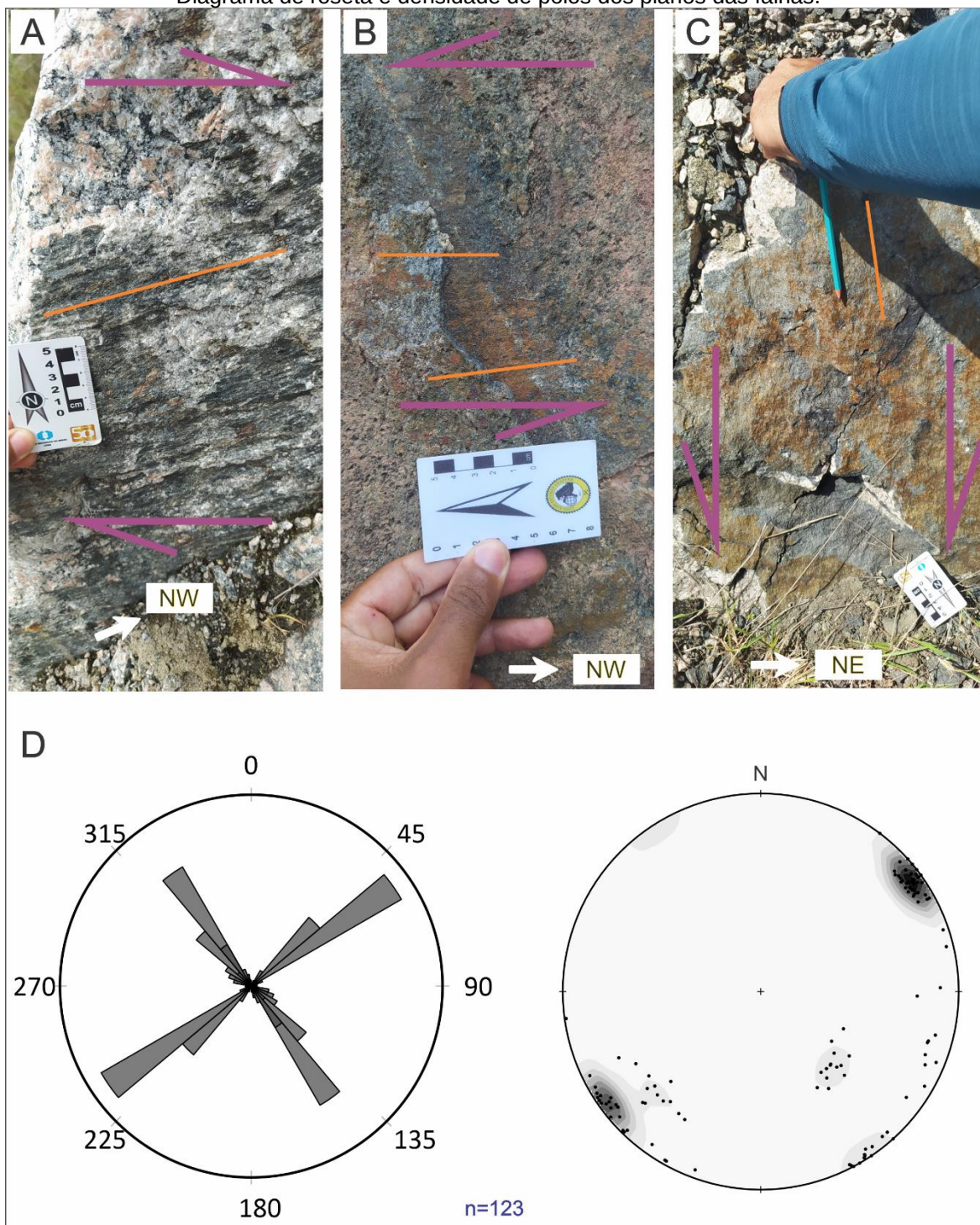


Fonte: O autor (2023)

O granito Guarany apresenta uma trama mais diversificada de falhas quanto a cinemática, tendo falhas transcorrentes destrais (Figura 30A), sinistrais (Figura 30B) e normais (Figura 30C). Essas estruturas variam desde planos retilíneos com mergulho verticalizado (80 – 90°), a planos sinuosos com mergulho mais suave (40 – 50°). Duas tramas são bem definidas, uma trama NE-SW e uma trama NW-SE (Figura 30D). Há mineralização de planos de falhas com sulfetos e carbonatos, estes por vezes, aparecem estriados.

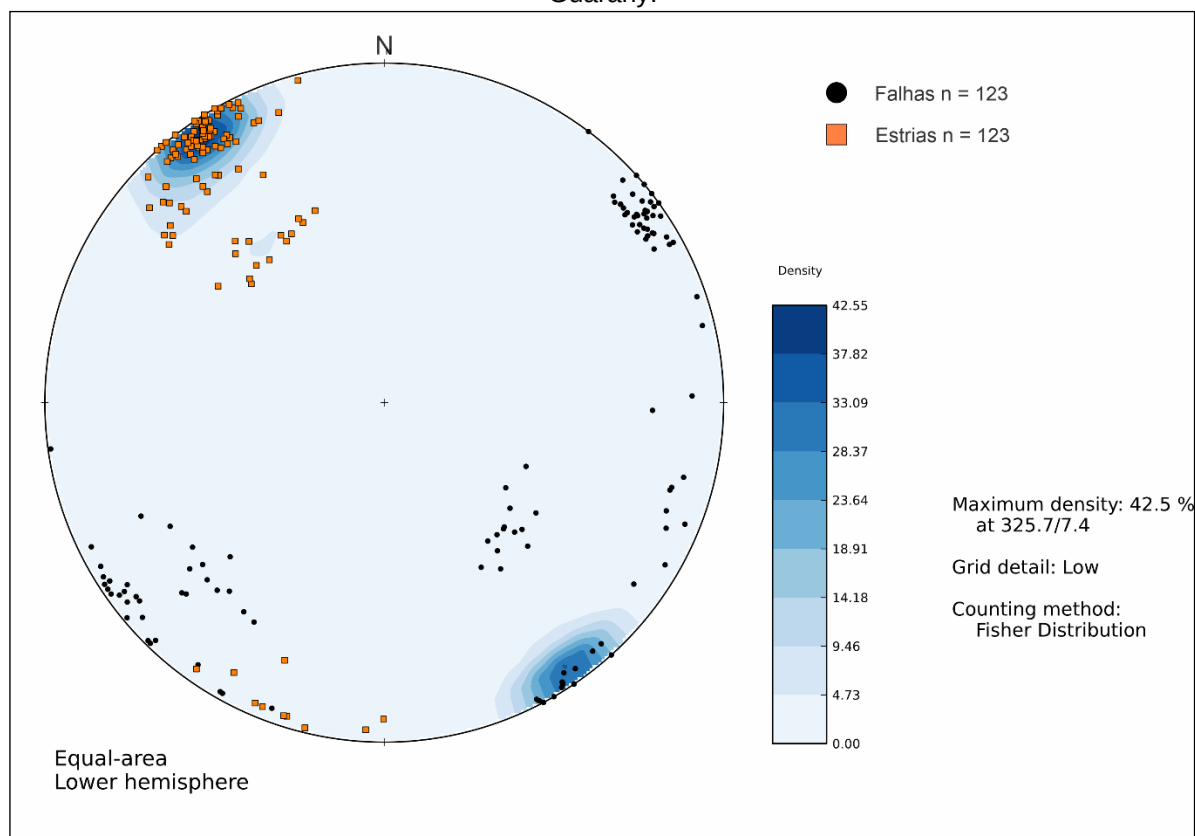
As estrias estão dispostas de maneira subvertical a subhorizontal, predominando aquelas com plunge entre 5 a 10°, e com caimento para duas direções NW e SW como mostra a figura 31. Foi observado que alguns planos de falha possuem estrias com o plunge tendo uma leve variação, no entanto, não foi observada sobreposição de estrias.

Figura 30 - Falhas representativas do conjunto de falhas do Plúton Guarany. (A) Falha destal. (B) Falha sinistral com sulfetos estriados e variação no plunge da estria. (C) Falha normal oblíqua. Em lilás a indicação da cinemática das falhas, a marcação em laranja e o lápis indicam as estrias. (D) Diagrama de roseta e densidade de polos dos planos das falhas.



Fonte: O autor (2023)

Figura 31 - Estereograma dos polos dos planos das falhas e do contorno das estrias que ocorrem no Guarany.

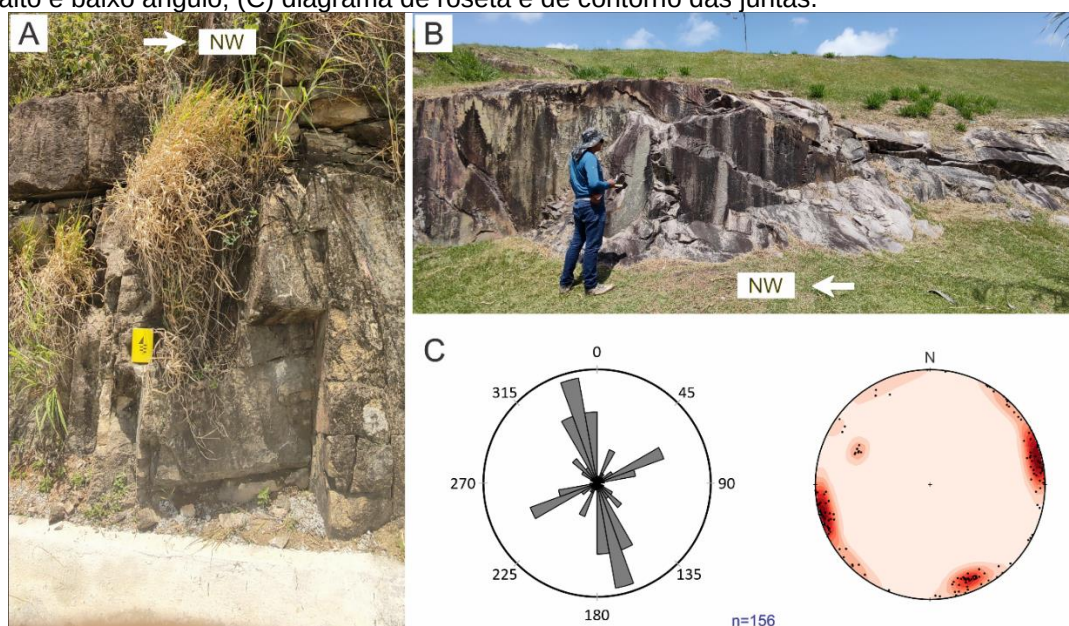


Fonte: O autor (2023)

1.11.2.2 Juntas

As juntas ocorrem em toda a área mapeada e foram encontradas nas três unidades litoestratigráficas. No Complexo Salgadinho ocorrem juntas com mergulho variando de suave a subvertical (Figura 32A, B), com predomínio de planos com direção NNW-SSE, com planos NE-SW subordinados (Figura 32C). Estas estruturas apresentam planos expostos de até 5 metros de altura, que por vezes ocorrem cortando toda a rocha. Alguns destes planos estão mineralizados por sulfetos e calcita espática.

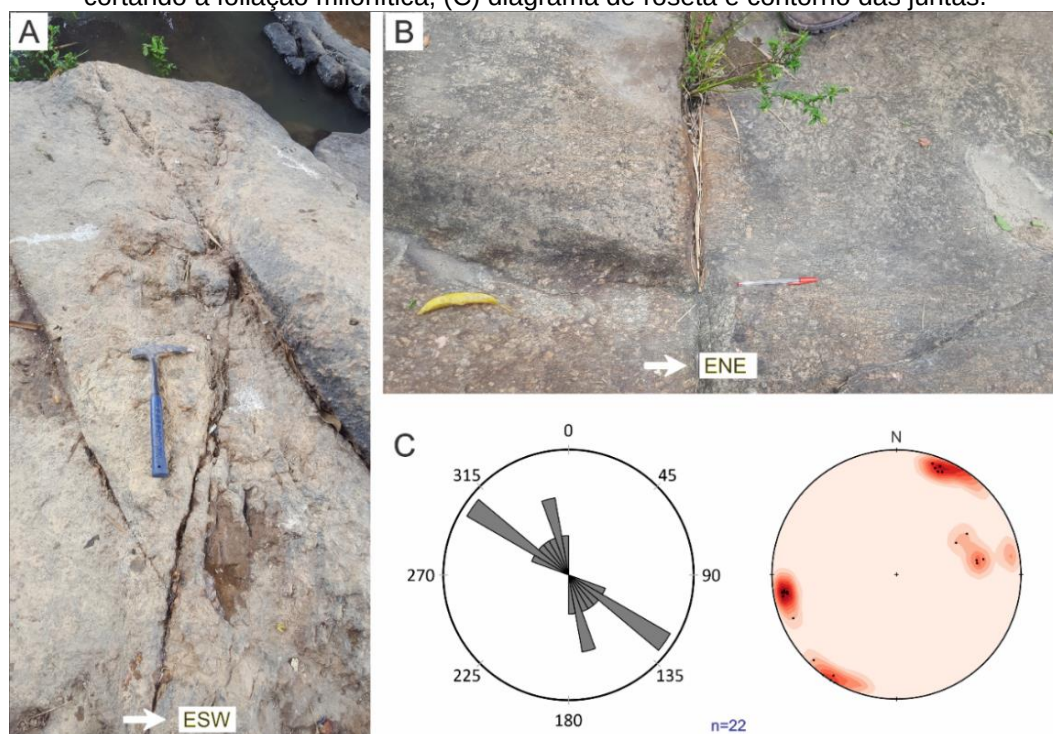
Figura 32 - Juntas do Complexo Salgadinho. (A) Set de juntas cortando a rocha; (B) conjunto de juntas com alto e baixo ângulo; (C) diagrama de roseta e de contorno das juntas.



Fonte: O autor (2023)

As juntas presentes no Complexo Belém do São Francisco definem um par conjugado, com uma família NW-SE e uma família NNW-SSE (Figura 33). Estes planos são em sua maioria subverticais e ocorrem cortando a foliação milonítica.

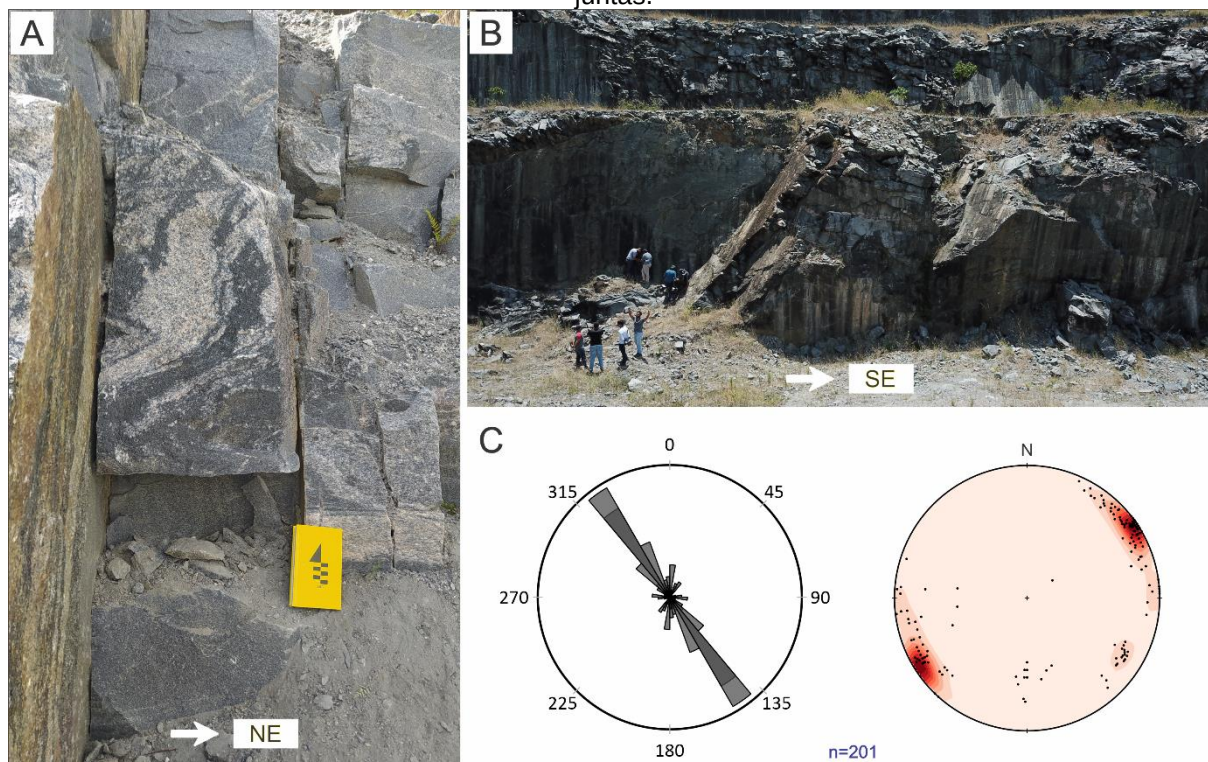
Figura 33 - Juntas do Complexo Belém do São Francisco. (A) fotografia do par conjugado; (B) junta cortando a foliação milonítica; (C) diagrama de roseta e contorno das juntas.



Fonte: O autor (2023)

O Plúton Guarany está mais afetado estruturalmente pela deformação rúptil devido a maior proximidade com a BPE, e consequentemente, apresenta um maior número de juntas. São planos com aproximadamente 25 metros de altura e que podem chegar a mais de 10 metros de comprimento com mergulho variado, desde suave a subvertical (Figura 34A, B). Estas estruturas definem um único trend NW-SE (Figura 34C).

Figura 34 - Juntas do Pluton Guarany. (A) set de juntas subverticais; (B) juntas subverticais e juntas de mergulho suave dispostas em uma bancada de pedreira; (C) diagrama de roseta e contorno das juntas.

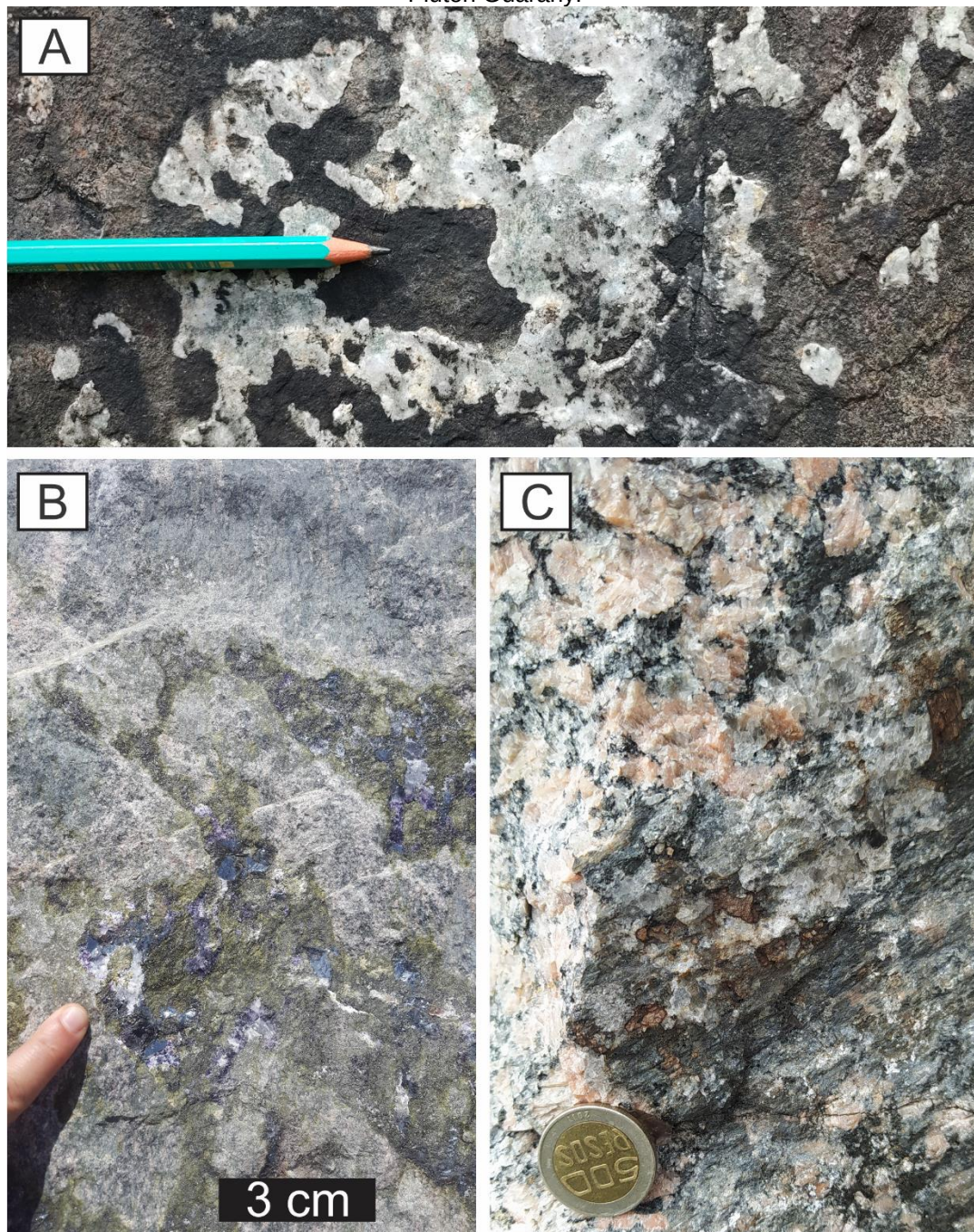


Fonte: O autor (2023)

1.11.2.3 Mineralizações

Muitas das estruturas mapeadas apresentam mineralização em seus planos. Ocorrem calcitas espáticas e estriadas em falhas e juntas do Complexo Salgadinho (Figura 35A) e do Pluton Guarany. Em falhas e juntas do granito também são encontrados ametista (Figura 35B) e sulfetos (pirita, calcopirita e bornita) (Figura 35C).

Figura 35 - Mineralizações em planos de juntas e falhas. (A) Calcita espática em uma junta do Complexo Salgadinho. (B) Ametista em junta do Pluton Guarany. (C) Sulfetos em plano de falha no Pluton Guarany.



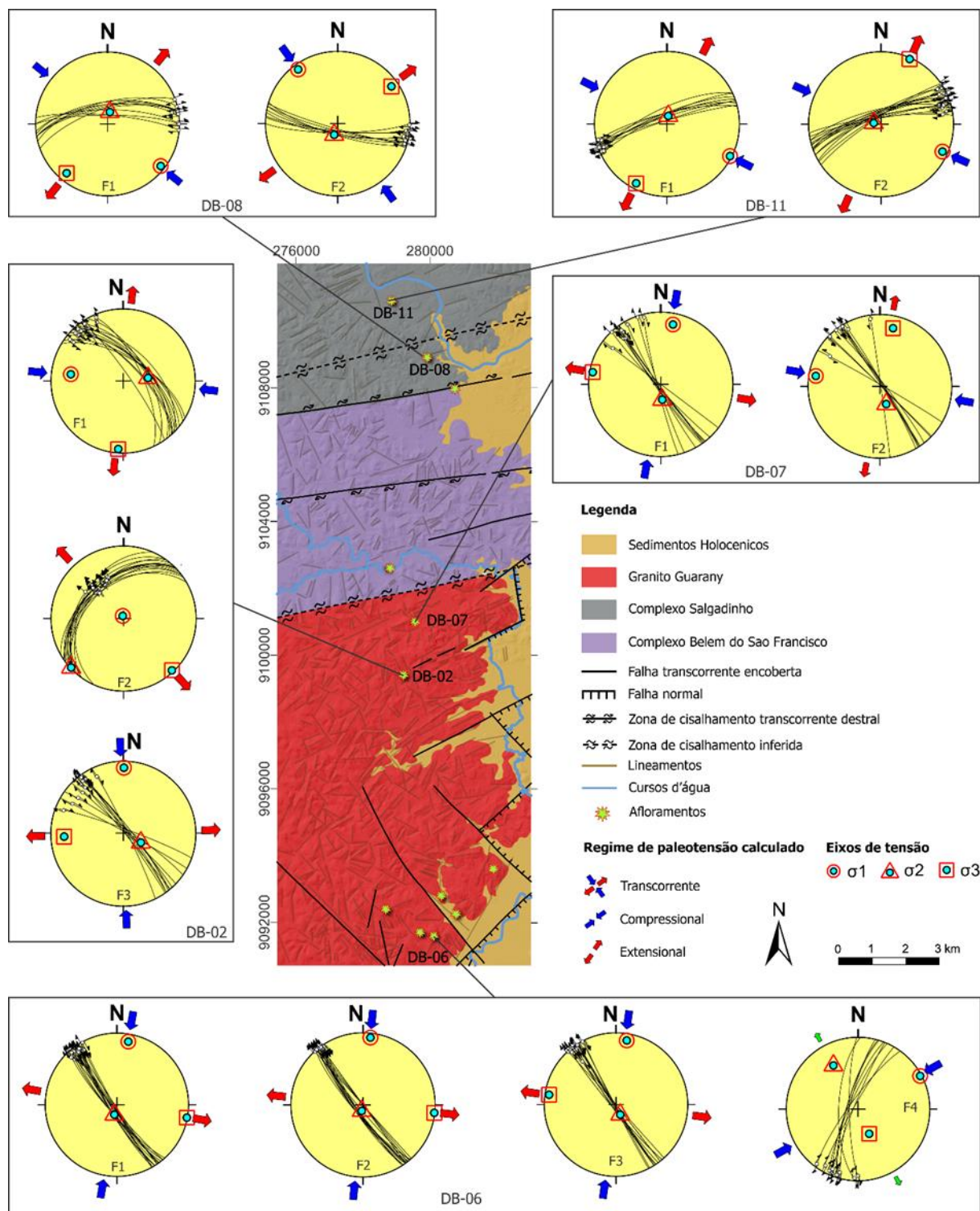
Fonte: O autor (2023)

1.11.3 Paleotensões

A análise de paleotensões registrou variação na orientação dos tensores de deformação o longo da área de estudo. O mapa da figura 36 mostra a ocorrência e

distribuição desses eventos no Complexo Salgadinho e no Plúton Guarany. Na tabela 1 estão dispostos os dados calculados para cada uma das falhas.

Figura 36 - Mapa com a localização das estações e dos tensores obtidos para cada uma delas. Destaque para variação da orientação dos tensores em estações que ocorrem no mesmo afloramento.



Fonte: O autor (2023)

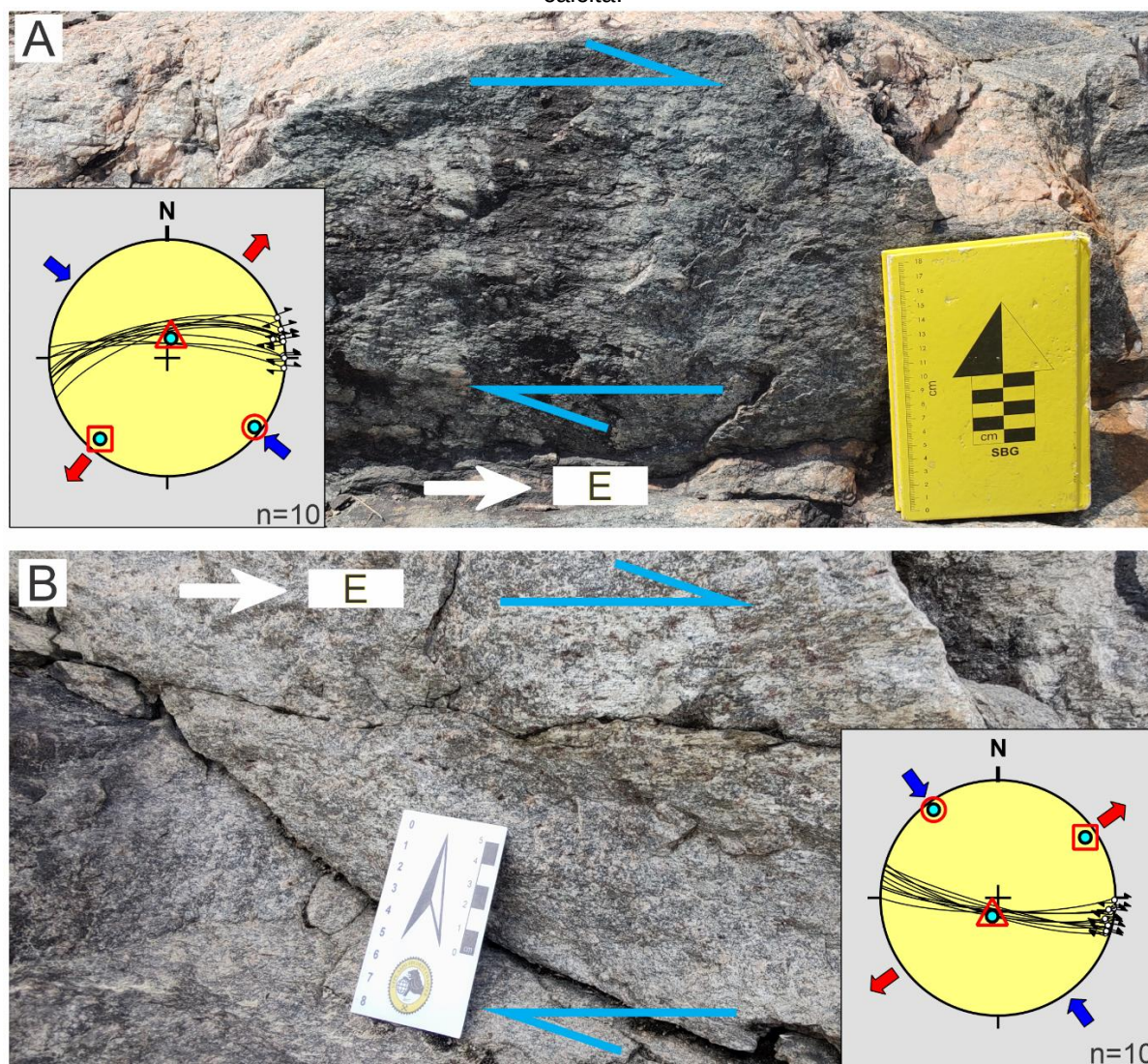
Tabela 1 - Dados de paleotensão calculados para as falhas da região. N = número de dados coletados; R = razão de esforço; SHmax = tensão principal horizontal; Regime= regime do esforço onde, SS = strike slip (transcorrente), NF = normal.

ID	Rocha	N	Cinemática	σ_1	σ_2	σ_3	R	R'	Regime
DB-02 F1	Plúton Guarany	14	Sinistral	277/28	083/61	184/06	0,4	1,26 ± 0,54	SS
DB-02 F2	Plúton Guarany	14	Normal	342/87	227/01	137/03	0,6	0,64 ± 0,23	NF
DB-02 F3	Plúton Guarany	12	Destral	000/11	118/68	267/19	0,5	1,51 ± 0,51	SS
DB-06 F1	Plúton Guarany	19	Destral	010/12	194/78	100/01	0,5	1,39 ± 0,54	SS
DB-06 F2	Plúton Guarany	17	Destral	006/07	192/83	096/01	0,5	1,51 ± 0,55	SS
DB-06 F3	Plúton Guarany	14	Destral	010/10	157/78	278/06	0,5	1,43 ± 0,50	SS
DB-06 F4	Plúton Guarany	10	Destral	062/02	331/31	156/59	0	1,50 ± 0,50	SS
DB-07 F1	Plúton Guarany	12	Destral	012/17	175/73	280/05	0,5	1,48 ± 0,47	SS
DB-07 F2	Plúton Guarany	11	Sinistral	279/11	161/69	013/18	0,3	1,46 ± 0,37	SS
DB-08 F1	Complexo Salgadinho	10	Destral	128/06	011/76	220/12	0,6	1,44 ± 0,52	SS
DB-08 F2	Complexo Salgadinho	10	Destral	324/08	197/77	055/11	0,5	1,49 ± 0,53	SS
DB-11 F1	Complexo Salgadinho	10	Destral	117/03	010/81	09/207	0,5	1,45 ± 0,55	SS
DB-11 F2	Complexo Salgadinho	17	Destral	114/08	279/82	024/02	0,5	1,44 ± 0,50	SS

Fonte: O autor (2023)

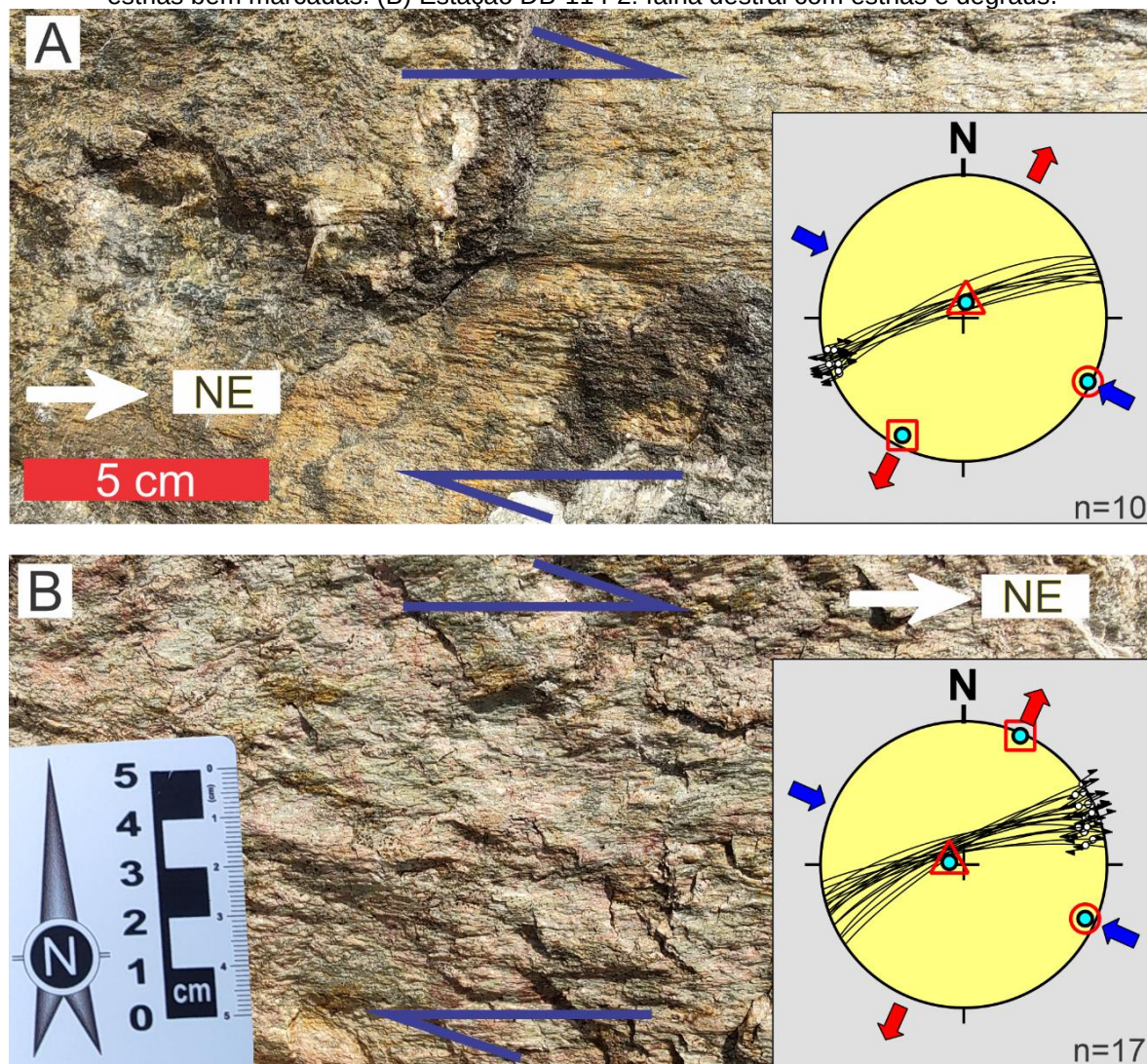
Os dados das paleotensões para o Complexo Salgadinho registram uma única orientação para os tensores com σ_1 NW-SE, σ_3 NE-SW e σ_2 verticalizado (Figura 36). O valor de R variando de 0,5 a 0,6 indica que estas estruturas foram geradas em um regime de transcorrência pura (Tabela 1), isto é evidenciado pelos valores de R', que são próximos de 1,5. Falhas transcorrentes destrais ENE-WSW e E-W (Estações DB-08 F1, DB-08 F2, DB-11 F1, DB-11 F2) aproveitando a foliação da rocha registram essas informações, observa-se também que essas falhas ocorrem localmente como pequenos planos que mergulham no mesmo sentido ou no sentido oposto, com estrias horizontalizadas e degraus (Figuras 37 e 38).

Figura 37 - Falhas em rochas de composição granítica do Complexo Salgadinho, afloramento DB-08, as setas azuis indicam a cinemática. (A) Estação DB-08 F1: Falha destal com mergulho para NNW, estrias e degraus indicam a cinemática. (B) Estação DB-08 F2: falha destal com slikemfibers de calcita.



Fonte: O autor (2023)

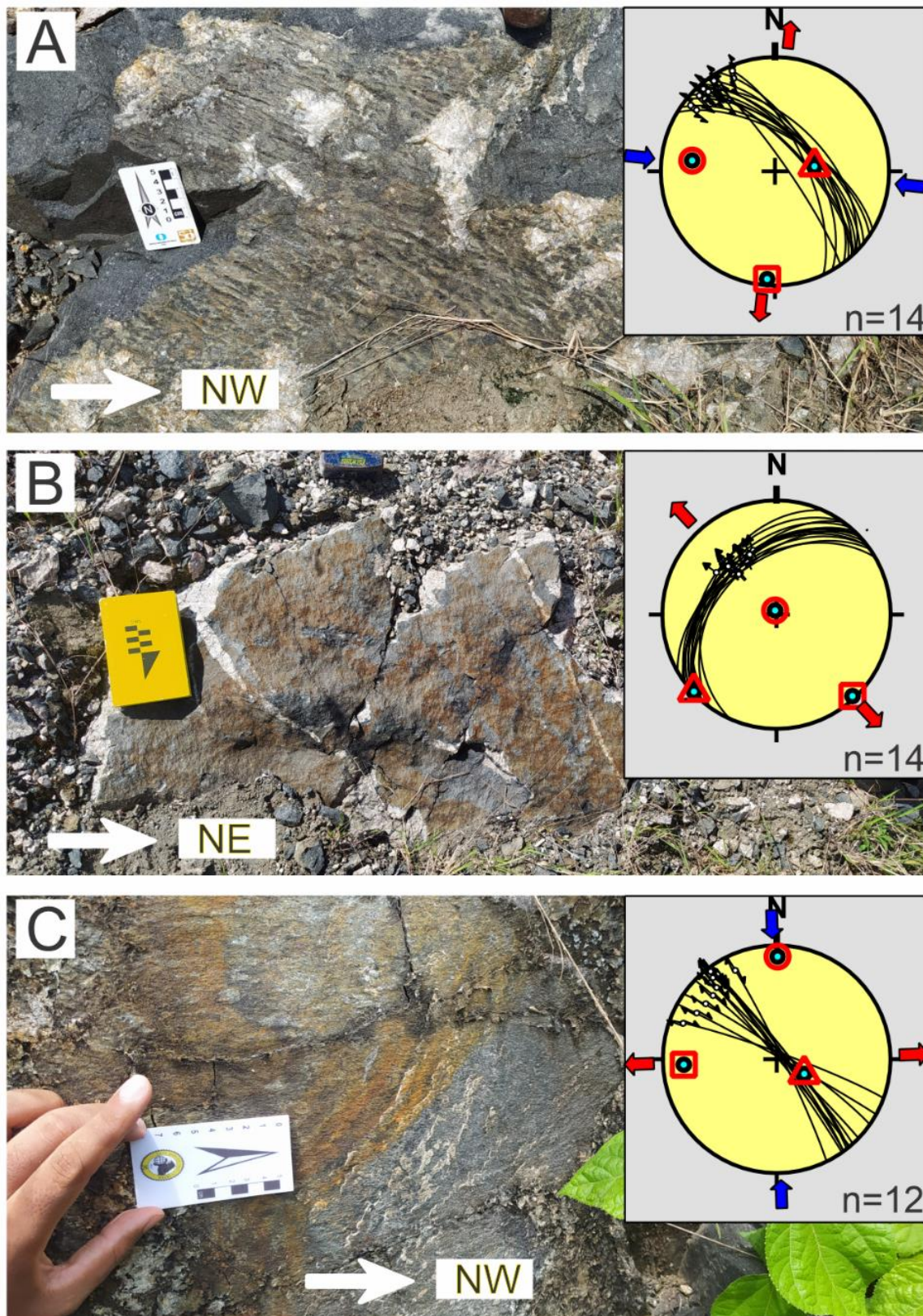
Figura 38 - Falhas cortando o Complexo Salgadinho na porção norte da área de estudo, afloramento DB-11 DB-11, as setas azuladas indicam a cinemática. (A) Estação DB-11 F1: falha destal com estrias bem marcadas. (B) Estação DB-11 F2: falha destal com estrias e degraus.



Fonte: O autor (2023)

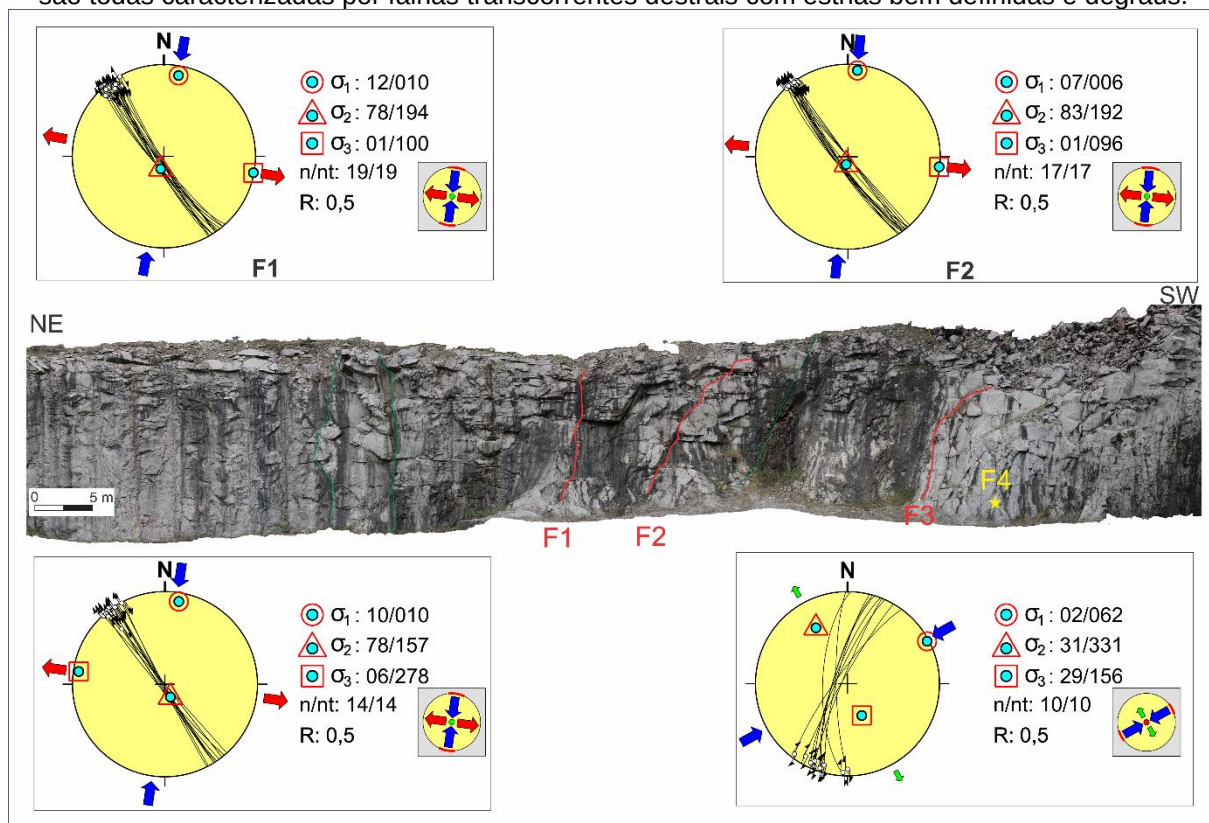
No granito Guarany os tensores registram rotações quanto ao posicionamento, principalmente na borda norte do corpo (Figura 36), onde a compressão máxima encontra-se nas posições N-S (Estação DB-02 F3), NNE-SSW (Estação DB-07 F1), ESSE-WNW (Estações DB-02 F1, DB-07 F2) e verticalizada (Estação DB-02 F2). Na região sul a compressão máxima registrada foi de NNE-SSW (Estações DB-06 F1, F2, F3) e NE-SW (Estação DB-06 F4). Estes resultados são oriundos de falhas transcorrentes sinistrais (Figuras 39A, 41B), falhas transcorrentes destais (Figuras 39C, 40, 41A) e falha normal (Figura 39B). A ocorrência destas falhas e o posicionamentos dos tensores variando, são fortes indicativos do registro de mais de um evento de deformação, ratificados pelos valores de R e R' .

Figura 39 - Falhas em uma pedreira abandonada nas rochas graníticas do Plúton Guarany, afloramento DB-02. (A) Estação DB-02 F1: falha transcorrente sinistral estriada. (B) Estação DB-02 F2: falha normal com leve obliquidade. (C) falha transcorrente destal com calcita estriada.



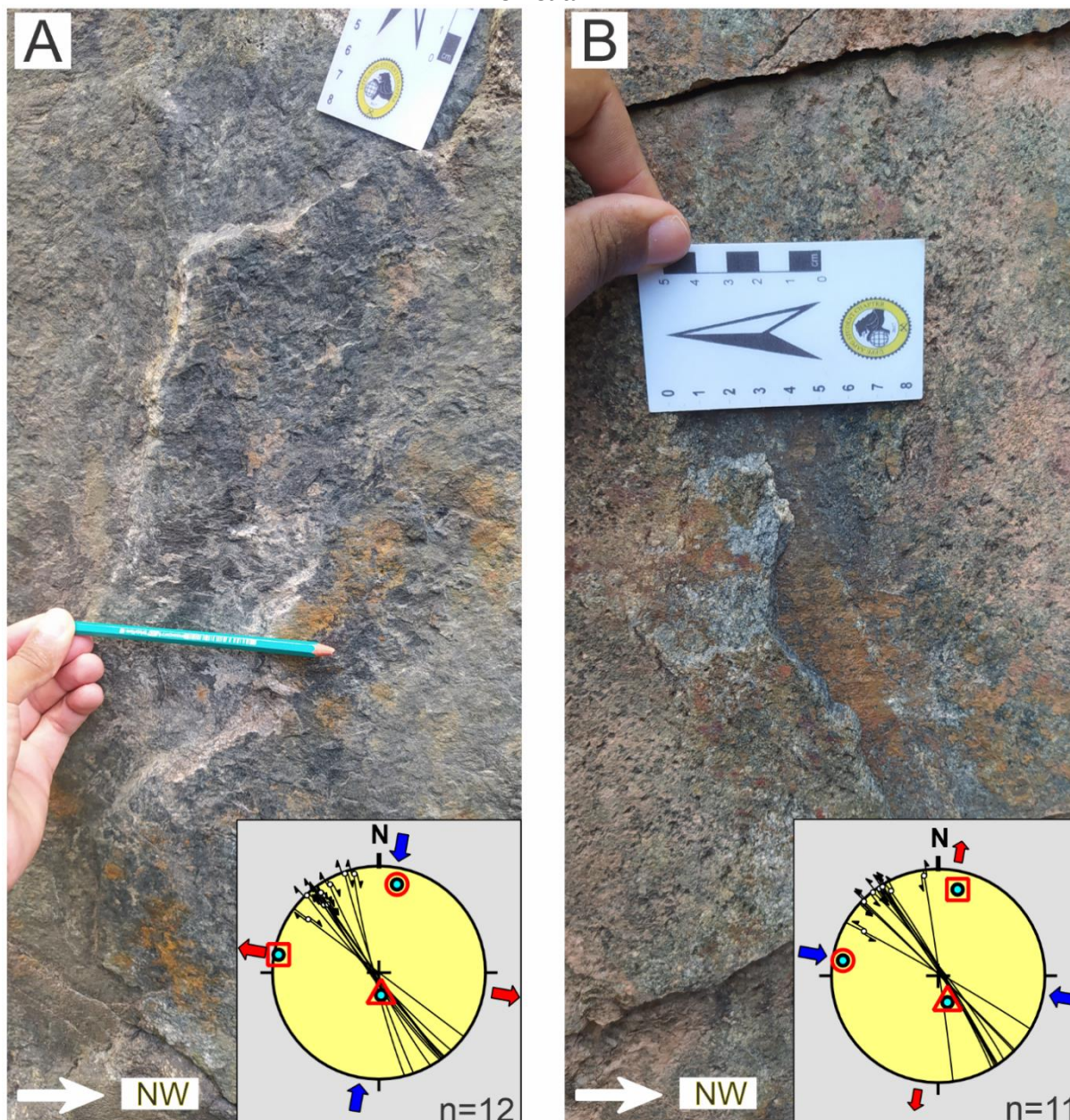
Fonte: O autor (2023)

Figura 40 - Ortomosaico do afloramento DB-06 em uma bancada de pedreira no Plúton Guarany. É possível observar como essas estruturas estão distribuídas no granito. As estações deste afloramento são todas caracterizadas por falhas transcorrentes destrais com estrias bem definidas e degraus.



Fonte: O autor (2023)

Figura 41 - Falhas do afloramento DB-07 na porção diorítica do Plúton Guarany. (A) Estação DB-07 F1: falha transcorrente destal com estrias e degraus. (B) Estação DB-07 F2: falha transcorrente sinistral.

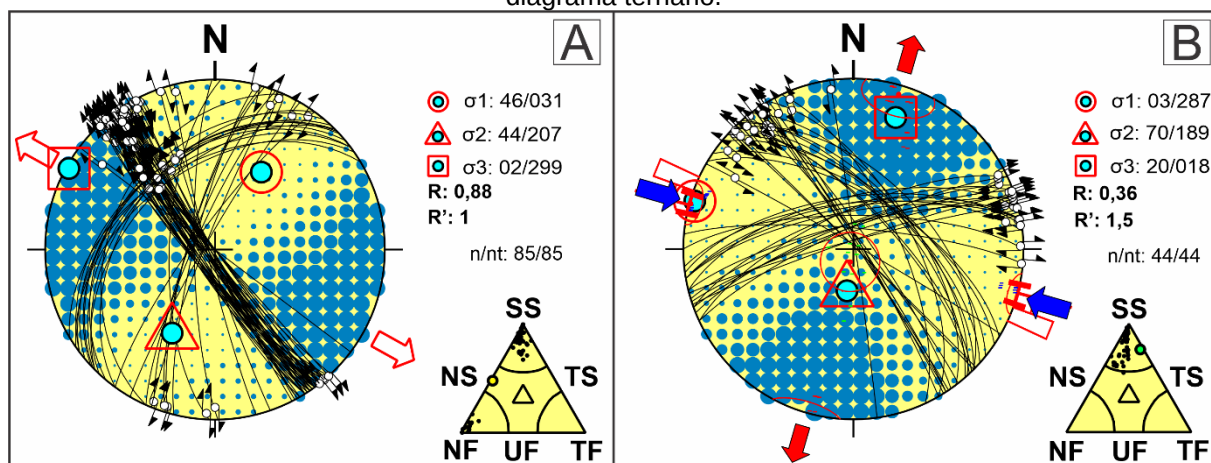


Fonte: O autor (2023)

Com o agrupamento dos dados individuais das estações foi possível definir dois grupos: (1) grupo de falhas conhecidas na BPE (falhas normais NE-SW e transcorrentes NW-SE) , este grupo corresponde a 7 estações coletadas no Pluton Guarany (DB-02 F2, DB-02 F3, DB-06 F1, DB-06 F2, DB-06 F3, DB-06 F4, DB-07 F1); (2) grupo de falhas que ocorrem como pequenos planos e falhas que estão aproveitando a foliação regional, aqui estão 5 estações da porção norte da área de estudo (DB-02 F1, DB-07 F1, DB-08 F1, DB-11 F1, DB-11 F2).

As estações do grupo 1 registram um evento de deformação com σ_1 subverticalizado, σ_3 NW-SE e $R=0,87$ (Figura 42A), indicando uma transtensão. Já as estações do grupo 2 registram um evento de transcorrência com compressão máxima ESE-WNW, extensão máxima NNE-SSW e $R=0,36$ (Figura 42B).

Figura 42 - Diagramas de paleotensões obtidos para a área de estudo. (A) Falhas do grupo 1 com a orientação dos tensores e os valores de R e R' , a direita o triângulo de Frolich indicando que o campo resultante é transtensional. (B) Falhas do grupo 2 resultando em um regime transcorrente de acordo com o posicionamento dos tensores e os valores de R e R' , sendo este último posicionado no diagrama ternário.



Fonte: O autor (2023)

DISCUSSÕES

1.12 TRAMA DÚCTIL

Os mapas aeromagnéticos mostram que o arcabouço regional é controlado por um conjunto anastomosado de zonas de cisalhamento que formam uma trama dúctil ENE-WSW desenvolvidas durante o ciclo Brasileiro-Pan-Africano (Figura 43A) (NEVES & MARIANO, 1999; VAN SCHMUS et al., 2011; ARAÚJO et al., 2013; NEVES, 2015). O ramo leste da ZCPE é a principal estrutura que ocorre na porção central da RMR. Segundo Neves & Mariano (1999) a ZCPE leste consiste em cinturões miloníticos descontínuos de alta-T (fácies anfibolito) e baixa-T (xisto verde). O mapa aeromagnético e os dados de campo mostraram que o ramo leste da ZCPE apresenta uma terminação em splay (rabo de cavalo destal), voltado para o domínio norte da área de estudo, a partir do desenvolvimento de uma foliação milonítica impressa nas rochas do complexo Salgadinho (Figuras 12, 13, 23C).

Na porção centro-sul da área de estudo, especificamente no contato entre o Pluton Guarany e o Complexo Belém do São Francisco, anomalias magnéticas anastomosadas sugerem a presença de uma zona de cisalhamento indiscriminada (Figuras 12, 13, 21). Durante as atividades de mapeamento estrutural ao longo da área de estudo, foi encontrada uma foliação milonítica verticalizada desenvolvida na borda do Pluton Guarany (Figura 24D).

Os critérios cinemáticos (porfiroclastos assimétricos, buldins assimétricos e trama S-C) encontrados para a trama dúctil do ramo leste da ZCPE são consistentes com trabalhos desenvolvidos na área de estudo anteriormente (e.g., NEVES & MARIANO, 1999). Vale ressaltar, que comumente é possível reconhecer foliação dúctil S paralela a C (ESE-WNW) e o desenvolvimento de bandas de cisalhamento C' (NW-SE) ao longo da porção central da RMR (Figura 26A).

1.13 TRAMA DÚCTIL-RÚPTIL

A trama dúctil-rúptil é bem marcada nos afloramentos relacionados ao Complexo Belém do Salgadinho e Pluton Guarany (Figuras 27A,C) pela ocorrência de bandas de cisalhamento orientadas em duas direções principais NNW-SE e ENE-

WSW (Figura 43B). É possível reconhecer dobras de arrasto associadas ao plano da banda de cisalhamento, que mostram um rejeito dúctil-rúptil predominantemente destal (Figura 26B).

Outro critério reconhecido é a presença de C' nos milonitos mapeados na área de estudo (Figura 26A). Muitas vezes o C' se transforma no cisalhamento principal (PDZ) em níveis crustais mais rasos durante a atuação de processos dúcteis-rúpteis (MIRANDA et al., 2020; FINCH et al., 2020). Vale ressaltar que a PDZ (E-W) reconhecida por Miranda et al. (2020) apresenta uma leve obliquidade da trama C' (WNW-ESE) identificada na presente pesquisa. O que pode ser provocada pela rotação da orientação do sistema de cisalhamento. Miranda et al. (2020) identificou as falhas subsidiárias sobre a Zona de Cisalhamento Cruzeiro do Nordeste (NE-SW), já a presente pesquisa, avaliou os mesmos critérios sobre a ZCPE (WNW-ESE).

1.14 TRAMA RÚPTIL

A interpretação do mapa gravimétrico Bouguer residual refletiu o arcabouço estrutural rúptil relacionado ao processo de abertura das Bacias de Pernambuco e da Paraíba (LIMA FILHO, 1998; BARBOSA & LIMA FILHO, 2006; BARBOSA et al., 2014; CORREIA FILHO, 2022). Os lineamentos gravimétricos interpretados sobre o mapa Bouguer residual apresentam três direções preferenciais: ENE-WSW, NE-SW e NW-SE, o que condiz com as principais estruturas rúpteis mapeadas (falhas e fraturas) na área de estudo (Figuras 28, 29, 30, 31). A cinemática interpretada para os lineamentos gravimétricos regionais é similar a proposta de Araújo Júnior et al. (2020), que caracterizaram os lineamentos gravimétricos NE-SW como falhas normais e os lineamentos ENE-WSW e NW-SE como falhas transcorrentes destrais e sinistrais.

No Pluton Guarany, domínio sul da área de estudo, é evidente o predomínio de falhas de grande porte transcorrentes destrais NW-SE que são rastreadas do embasamento até os domínios sedimentares da BPE (LIMA FILHO, 1998; CORREIA FILHO et al., 2022). Também foi constatada a presença de falhas normais NE-SW com estrias downdip na região central da RMR. Esta falha normal está localizada no contato entre um dique de pegmatito e o granito porfirítico relacionado ao Pluton Guarany (Figuras 30C, 39B). O que mostra o quanto é importante as heterogeneidades do embasamento durante o processo de abertura de uma bacia

sedimentar, elas podem concentrar a deformação exatamente nos contatos litológicos (STRUGALE et al., 2021).

A relação entre as falhas NE-SW (normais) e NW-SE (transferência) observadas no embasamento e no interior da BPE (LIMA FILHO, 1998; ALMEIDA, 2003; CORREIA FILHO, 2017), permitiu agrupar os paleotensores obtidos em um único evento de deformação que reflete o momento de atuação dos esforços rifte (Figura 42A). O resultado foi um campo extensional oblíquo definido por uma transtensão conforme já tinha sido avaliado para as falhas do rifte no interior da BPE (CORREIA FILHO, 2017).

Muito se discute sobre a importância das zonas de cisalhamento como herança durante a origem das falhas normais rifte (VASCONCELOS et al., 2019). As falhas normais observadas através dos dados geofísicos e de campo são paralelas ou subparalelas aos *splays* da ZCPE e zonas de cisalhamento indiscriminadas que ocorrem no domínio sul da área estudada. Por outro lado, pouco se conhece sobre a origem das falhas de transferência NW-SE que ocorrem na BPE. Vários autores atribuem sua origem aos esforços rifte (POLÔNIA, 1997; LIMA FILHO, 1998; CORREIA FILHO, 2017), no entanto, é possível que falhas subsidiárias ligadas a processos dúcteis-rúpteis paleozóicos (R, R' e PDZ) tenham sido reativadas como falhas de transferência durante o rifte neste trecho da margem nordeste brasileira (Figura 43C).

1.15 CONFIGURAÇÃO MORFOTECTÔNICA ATUAL DA RMR

Os lineamentos topográficos interpretados possuem padrões similares aos lineamentos magnéticos ENE-WNW e gravimétricos NNE-SSW e NW-SE. Como os lineamentos topográficos refletem as estruturas rasas, estes podem evidenciar reflexos de estruturas mais profundas em superfície, o que permite afirmar que estas estruturas mais profundas do embasamento da BPE controlaram também a evolução geomorfológica da RMR, que resultou na atual configuração da paisagem da área de estudo (CORREIA FILHO et al., 2019; ARAÚJO JÚNIOR et al., 2020).

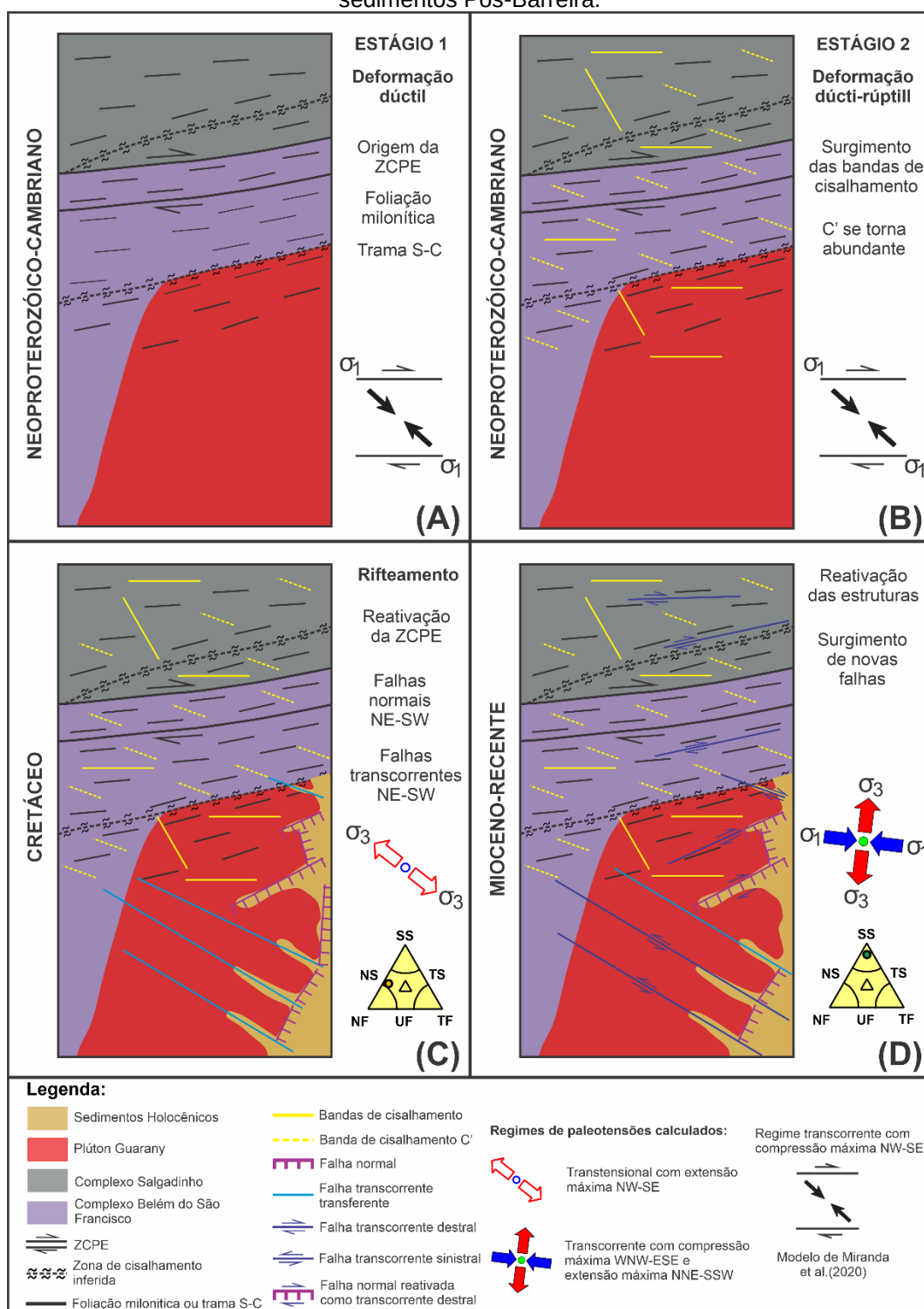
A análise dos padrões das drenagens mostra que há um condicionamento dos principais canais por estruturas (vales tectônicos), já que os mesmos estão condizentes com lineamentos topográficos (CORREIA FILHO et al., 2019). Em campo foi observado o controle litológico como principal fator para a diferenciação entre as

drenagens dos Domínios Norte, Central e Sul da área de estudo: no Norte há predomínio das rochas do Complexo Salgadinho, no Central predominam as rochas do Complexo Belém do São Francisco e no Sul ocorre o Plúton Guarany. Isto também foi observado para os lineamentos topográficos, onde o Domínio Sul é o que possui mais lineamentos e o norte é o que possui menos. A reologia e o distanciamento da ZCPE podem ser os fatores que contribuem para esta configuração.

Os parâmetros morfométricos mostraram que há uma transição entre um domínio de morros e colinas para uma região de planície (FONSECA et al., 2016). A forte segmentação nos mapas está correlacionada ao arcabouço estrutural onde regiões de baixa e alta elevação estão alinhadas em duas direções preferenciais NW-SE e NE-SW, assim como os domínios de alta e baixa curvatura, as regiões de alta e baixa declividade e o mergulho do relevo.

Apesar de não ter sido localizado um afloramento representativo da deformação que afeta a Formação Barreiras na área de estudo (BEZERRA et al., 2014; LIMA et al., 2016; CORREIA FILHO, 2017; BEZERRA et al., 2020), os dados de paleotensões para as falhas do grupo 2 podem estar relacionados ao campo de tensão atual que afeta a região nordeste da PB desde o Mioceno (NOGUEIRA et al., 2010). Este evento é predominantemente transcorrente, caracterizado por uma compressão E-W e uma extensão N-S afetando rochas das bacias sedimentares e reativando estruturas dos embasamentos adjacentes (Figura 43D). Embora σ_1 (ESE-WNW) e σ_3 (NNE-SSW) aqui calculados estejam levemente rotacionados a correlação é válida pois a heterogeneidade do embasamento e a sinuosidade das estruturas existentes (zonas de cisalhamento e falhas) podem condicionar a deformação localmente. Correia Filho (2022) encontrou evidências deste evento em falhas mapeadas dentro da BPE e associou as pequenas rotações a instalação de campos de tensões locais provocados pela sinuosidade, sobreposição e terminação dos planos das falhas.

Figura 43 - Modelo da evolução tectônica para a área de estudo. (A) Deformação dúctil associada a uma transcorrência regional de cinemática destal, durante a Orogenia Brasiliana. Este evento tectônico marca o surgimento da ZCPE e de seu splay, além de uma foliação regional ENE-WSW. (B) Deformação dúctil-rúptil, marcando a continuidade da deformação brasiliana em níveis crustais mais rasos e baixa temperatura. (C) Rifteamento oblíquo durante o Cretáceo, gerando a abertura do Atlântico Sul e as bacias marginais. Ocorrências de falhas normais e transcorrentes que também estão associadas a reativação rúptil da trama estrutural do embasamento. (D) Evento de transcorrência que atua desde o Mioceno até o Recente, reativando as estruturas tanto do embasamento quanto das bacias e também gerando falhas nas Formação Barreiras e nos sedimentos Pós-Barreira.



Fonte: O autor (2023)

CONCLUSÕES

A partir da interpretação estrutural dos dados obtidos em imagens aerogeofísicas e de LIDAR, trabalhos de campo e análise de paleotensões, foi possível estabelecer os seguintes conhecimentos sobre a evolução tectônica da porção central da RMR:

- i. O arcabouço regional do embasamento da RMR é controlado por uma trama dúctil ENE-WSW de cinemática destal. A ZCPE é a principal estrutura que modela a região tendo o seu *splay* bem marcado na porção norte da área de estudo;
- ii. Os critérios cinemáticos (bundins, bandas de cisalhamento) observados em campo indicam que há transição do regime dúctil para o regime dúctil-rúptil na deformação transcorrente regional;
- iii. A foliação C' pode ser o cisalhamento principal (PDZ) durante a deformação dúctil-rúptil relacionado ao evento Brasileiro-Pan-Africano em níveis crustais rasos. Estas estruturas possivelmente foram reativadas no Cretáceo como falhas de transferência NW-SE durante a fase rifte das bacias marginais do nordeste brasileiro;
- iv. As estruturas rúpteis ocorrem como falhas normais NE-SW e falhas transcorrentes ENE-SSW e NW-SE. As falhas normais são paralelas à foliação milonítica (S/C) do sistema de *splays* da ZCPE. Os paleotensores para estas falhas indicam um campo de tensão relacionado a uma extensão oblíqua;
- v. Falhas de menores expressão são produtos de reativação recente. Os dados de paleotensões mostram um regime transcorrente com compressão máxima WNW-ESE e extensão máxima NNE-SSW.
- vi. A configuração atual do relevo da RMR está condicionada pelos arcabouços litológico e estrutural.

Sugestão para trabalhos futuros

Sugere-se realizar perfis geológico-estruturais de forma mais sistemática do embasamento cristalino até os domínios sedimentares das Bacias Pernambuco e Paraíba. Enfatizando a quantificação estrutural, variação dos campos de tensões e a caracterização microestrutural dos afloramentos mapeados. Permitindo desta forma, a elaboração de um modelo estrutural-cinemático mais robusto sobre a origem das

bacias sedimentares citadas e a influência do campo de tensões atual sobre a faixa costeira estudada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.; FUCK, R. **Províncias Estruturais Brasileiras**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande, Anais[...]. Campina Grande: SBG, 1977. p. 363-391.
- ANGELIER, J. & MECHLER, P. 1977. **Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales, également utilisable en tectonique et en seismologie: la méthode des diédres droits**. Bull. Soc. Geol. Fr., 7: 1309-1318.
- ARAUJO, C. E. G.; WEINBERG, R. F.; CORDANI, U. G. **Extruding the Borborema Province (NE-Brazil): a two stage Neoproterozoic collision process**. Terra Nova 26(2): 157-168. doi: 10.1111/ter.12084, 2013.
- ARAUJO, C. E. G.; CORDANI, U. G.; WEINBERG, R. F.; BASEI, M. A. S.; ARMSTRONG, R.; SATO, K., 2014. **Tracing Neoproterozoic subduction in the Borborema Province (NE-Brazil): Clues from U-Pb geochronology and Sr-Nd-Hf-O isotopes on granitoids and migmatites**. Lithos, v. 202-203, 167-189.
- ARAÚJO JUNIOR, J. C. M.; MOURA, W. A. L.; SILVA, I. M. G.; CORREIA FILHO, O. J.; SOUZA NETO, J. A. (2020). **Caracterização Estrutural da Região Central do Graben do Cupe, Bacia Sedimentar de Pernambuco: Implicações para o Padrão Atual da Rede de Drenagem**. Revista Brasileira de Geografia Física. Revista Brasileira de Geografia Física. 13. 2355-2370. 10.26848/rbgf.v13.5.p. 2355-2370. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2355-2370>.
- ARTHAUD, M. H.; FUCK, R. A.; DANTAS, E. L.; SANTOS, T. J. S.; CABY, R.; ARMSTRONG, R., 2014. **The Neoproterozoic Ceará Group, Ceará Central domain, NE Brazil: Depositional age and provenance of detrital material. New insights from U–Pb and Sm–Nd geochronology**. J. South Am. Earth Sci. 58, 223–237. <https://doi.org/10.1016/J.JSAMES.2014.09.007>.
- BARBOSA, J.; LIMA FILHO, M. F. **Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife-Natal: observações em dados de poços**. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 14, p. 287–306, 2006.
- BEZERRA, F. H. R.; ROSSETTI, D. F.; OLIVEIRA, R. G.; MEDEIROS, W. E.; BRITO NEVES, B. B.; BALSAMO, F.; NOGUEIRA, F. C. C.; DANTAS, E. L.; ANDRADES FILHO, C.; GÓES, A. M. **Neotectonic reactivation of shear zones and implications for faulting style and geometry in the continental margin of NE Brazil**. Tectonophysics (Amsterdam), v. 614, p. 78-90, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.12.021>.
- BEZERRA, F. H.; DE CASTRO, D.; MAIA, R. P.; SOUZA, M. O.; MOURA-LIMAC, E.; ROSSETTI, D. F.; BERTOTTI, G.; SOUZA, Z. S.; NOGUEIRA, F. C. C. **Postrift stress field inversion in the Potiguar Basin, Brazil – Implications for petroleum systems and evolution of the equatorial margin of South America**. Marine and Petroleum Geology, v. 111, p. 88–104, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.08.001>.

BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. 2003. **Geologia, tectônica e recursos Minerais do Brasil**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Brasília, 692 p.

BOTT, M. H. P. (1959). **The Mechanics of Oblique Slip Faulting**. Geological Magazine, 96(2): 109 –117. <https://doi.org/10.1017/S0016756800059987>.

BRASILINO, R. G.; MIRANDA, A. W. A. **Caracterização litogeoquímica do Complexo Salgadinho na folha Santa Cruz do Capibaribe (SB. 24-ZD-VI), Província Borborema, Nordeste do Brasil**. CPRM, 2011.

BRITO NEVES, B. B. B., & SILVA FILHO, A. F. da. (2019). **Superterreno Pernambuco-Alagoas (PEAL) na Província Borborema: ensaio de regionalização tectônica**. Geologia USP. Série Científica, 19(2), 3-28. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v19-148257>.

BRITO NEVES, B. B.; VAN SCHMUS, W. R.; SANTOS, E. J.; CAMPOS NETO, M. C.; KOZUCH, M., 1995. **O Evento Cariris Velhos na Província Borborema: integração de dados, implicações e perspectivas**. Revista Brasileira de Geociências, 25(4):279-296.

BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. 2000 – **Tectonic History of the Borborema Province**. In: Cordani, U. G., Milani, E. J., Thomaz Filho, A., Campos, D. A. (eds.) Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, 31st. International. Geological. Congress, p. 151-182.

BUARQUE, B. V.; BARBOSA, J. A.; MAGALHÃES, J. R.; OLIVEIRA, J. T. C.; CORREIA FILHO, O. J. **Post-rift volcanic structures of the Pernambuco Plateau, northeastern Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, Cidade do México, v. 70, p. 251–267, 2016.

CAXITO, F. A.; SANTOS, L. C. M. L.; GANADE, C. E.; BENDAOU, A.; FETTOUS, E.; BOUYO, M. H. 2020. **Toward an integrated model of geological evolution for NE Brazil–NW Africa: The Borborema Province and its connections to the Trans-Saharan (Benino-Nigerian and Tuareg shields) and Central African orogens**. Brazilian Journal of Geology, 50(2), 1-38.

CELESTINO, M. A.; MIRANDA, T. S.; CORREIA FILHO, O. J.; BARBOSA, J. A. 2017. **Aspectos Tectônicos da Borda NE da Bacia De Fátima, Província Borborema-NE do Brasil**. Estudos geológicos (UFPE) 27, 3-19.

CORREA, R. T. **Mapa da Anomalia Magnética do Brasil (terceira edição). Escala 1 :5.000.000**. Brasília, SGB-CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2019.

CORREA, R. T.; OLIVEIRA, R. G.; SANTOS, F. G. **Mapa da Anomalia Magnetométrica da Província Borborema. 1ª edição, Escala 1 :1.000.000**. Recife, SGB-CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2020.

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R. 2010. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema.

Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v. 31, n. 1-2, p. 35-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.20100003>.

CORREIA FILHO, O. J.; SANTANA, F. R.; RIBEIRO, B.; HENRIQUE, R.; BARBOSA, J. A.; NEUMANN, V. H. M. L. **Análise De Estruturas Rúpteis Na Formação Suape, Albiano Da Bacia De Pernambuco, E Implicações Sobre A Idade Do Rift Na Margem Oriental Do Nordeste Do Brasil.** In: XXVI Simpósio de Geologia do Nordeste, 2015, Natal-RN. Livro de resumos, 2015.

CORREIA FILHO, O. J. **Análise de estruturas compressãoais na região onshore da Bacia de Pernambuco, NE do Brasil – possíveis influências no potencial petrolífero.** Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. 160p.

CORREIA FILHO, O. J.; Barbosa, J. A.; TAVARES, B.; SILVA, H. A.; Monteiro, K. A.; FABIN, C. E. G.; OLIVEIRA, J. T. C.; SANTANA, F. R.; SILVA, S. M., 2019. **Quaternary Tectonic Reactivation in the Southern Domain of Borborema Province, NE Brazil: Integration of Morphometric, Geological and Geophysical Data From the Una River Drainage Basin.** Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ 42, 219-237.

CORREIA FILHO, O. J. **Processos de reativação tectônica transcorrente cenozóica na margem oriental do NE do Brasil e crosta oceânica adjacente.** 2022. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

CORREIA FILHO, O. J.; MIRANDA, T. S.; BARBOSA, J. A. 2022. **Evolução Geológica in Caracterização do meio físico na pesquisa da geodiversidade da Região Metropolitana do Recife /** Organização Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff, Fernanda Soares de Miranda Torres, Margarida Regueira da Costa. – Recife: CPRM, 2022.

DANTAS, E. L.; SOUZA, Z. S.; WERNICK, E.; HACKSPACHER, P. C.; MARTIN, H.; XIAODONG, D.; & LI, J. W., 2013. **Crustal growth in the 3.4-2.7 Ga São José de Campestre Massif, Borborema Province, NE Brazil.** Precambrian Research, 227, 120– 156.

DAVISON, I.; MCCARTHY, M.; POWWEL, D.; TORRES, H. H. F.; SANTOS, C. A. 1995. **Laminar flow in shear zones: the Pernambuco Shear Zone, NEBrazil.** Journal of Structural Geology, 17(2):149-161. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(94\)E0038-Z](https://doi.org/10.1016/0191-8141(94)E0038-Z).

DELGADO, I. M.; SOUZA, J. D.; SILVA, L. C.; SILVEIRA FILHO, N. C.; SANTOS, R. A.; PEDREIRA, A. J.; GUIMARÃES J. T.; ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; LACERDA FILHO, J.V.; VALENTE, C. R.; PERROTTA, M. P.; HEINECK, C. A. 2003. **Geotectônica do Escudo Atlântico.** In: L.A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R.M. Vidotti, J.H. Gonçalves. eds. 2003. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Brasília, CPRM. p. 227-334.

DELVAUX, D. (2012). **Release of program Win-Tensor 4.0 for tectonic stress inversion: statistical expression of stress parameters**. EGU General Assembly, Vienna, 2012. Geophysical Research Abstracts, Vol. 14, EGU2012-5899.

DELVAUX, D. and SPERNER, B. (2003). **New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program**. In: Nieuwland, D. A. (Ed). **New Insights into Structural Interpretation and Modelling**. Special Publications, Geological Society, London. Pp.75 –100.

DELVAUX, D.; MOEYS, R.; STAPEL, G.; PETIT, C.; LEVI, K.; MIROSHNICHENKO, A.; RUZHICH, V. and SAN'KOV, V.: 1997, **Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia, Part 2. Cenozoic rifting**. Tectonophysics, 282, 1–4, 1–38.

FERREIRA, R. V.; DANTAS, M. E. **Relevo in Caracterização do meio físico na pesquisa da geodiversidade da Região Metropolitana do Recife / Organização Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff, Fernanda Soares de Miranda Torres, Margarida Regueira da Costa. – Recife: CPRM, 2022.**

FERREIRA, V. P.; SIAL, A. N.; PIMENTEL, M. M.; ARMSTRONG, R.; GUIMARÃES, I. P.; SILVA FILHO, A. F.; DE LIMA, M. M. C.; DA SILVA, T. R. **Reworked old crust-derived shoshonitic magma: the Guarany Pluton, Northeastern Brazil**. Lithos, vol. 232, pp. 150–161, 2015.

FINCH, M. A.; BONS, P. D.; STEINBALE, F.; GRIERA, A.; LLORENS, M. G.; GOMEZ-RIVAS, E.; RAN, H.; RIESE, T. **The ephemeral development of C' shear bands: A numerical modelling approach**. Journal of Structural Geology, Volume 139, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jsq.2020.104091>.

FOSSSEN, H. **Geologia Estrutural**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 584 P.

FONSÊCA, D. N.; CORRÊA, A. C. B.; SILVA, A. C. 2016. **Compartimentação geomorfológica da Região Metropolitana do Recife (RMR) a partir da análise morfoestrutural**. Geo UERJ, 29:201-219. DOI: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2016.18827>.

FRANÇA, R. H. M.; NEVES, S. P.; BEZERRA, J.P. S.; BRUGUIER, O. 2019. **Geochemistry and geochronology of orthogneisses across a major transcurrent shear zone (East Pernambuco shear zone, Borborema Province, Northeast Brazil): Tectonic implications**. Journal of South American Earth Sciences, V. 91, P. 285-301. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.02.015>.

FRANCISCO JUNIOR. **A zona de cisalhamento congo: um estudo baseado na análise deformacional e cinemática**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2021. 92 f.

HASHIM, M.; AHMAD, S.; MD JOHARI, M. A.; POUR, A. B., 2013. **Automatic lineament extraction in a heavily vegetated region using Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) imagery**. Adv. Space Res. 51, 874–890.

HUNG, L. Q.; BATELAAN, O.; DE SMEDT, F. 2005. **Lineament Extraction and Analysis, Comparison of LANDSAT ETM and ASTER Imagery. Case study: Suoimuoi Tropical Karst Catchment, Vietnam. Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology** 5983, 12.

LIMA, H. M. **Evolução tectônica da porção nordeste da faixa sergipana, Província Borborema, estado de Alagoas, NE do Brasil**. 2018. xiii, 161 f., il. Tese (Doutorado em Geologia) —Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

LIMA, J. C. F.; BEZERRA, F. H. R.; ROSSETTI, D. F.; BARBOSA, J. A.; MEDEIROS, W. E.; CASTRO, D. L.; VASCONCELOS, D. L. 2017. **Neogene–Quaternary fault reactivation influences coastal basin sedimentation and landform in the continental margin of NE Brazil**. *Quat. Int.* 438, 92–107. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.03.026>.

LIMA, S. S. (2020). **Levantamento de drenagem e de feições estruturais através de técnicas de geoprocessamento na microrregião de Boquim, Sergipe**. *Brazilian Journal of Development*, 6, 81908-81922. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-572>.

LIMA FILHO, M. F., 1998. **Análise Estrutural e Estratigráfica da Bacia Pernambuco**. 1998. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MAGALHÃES, J. R. **Estudo Geofísico Multiparâmetro das Fontes magnéticas e gravimétricas do Platô de Pernambuco, Brasil**. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. 100p

MEDEIROS, V. C.; SANTOS, E. J. (1998). **Folha Garanhuns (SC.24-X-B, escala 1:250.000)**. Integração Geológica (Relatório Interno), CPRM. Recife: CPRM.

MEDEIROS, V. C., **Evolução Geodinâmica e Condicionamento Estrutural dos Terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal, NE do Brasil**. 2004. Tese (Doutorado em Geodinâmica) – PPGG, UFRN, Rio Grande do Norte, 2004, 190p.

NASCIMENTO, M. A. L. **Geologia, geocronologia, geoquímica e petrogênese das rochas ígneas cretácicas da província magmática do Cabo e suas relações com as unidades sedimentares da Bacia de Pernambuco, NE do Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, PPGG-UFRN, 2003. 235 p.

NEVES, B. B. B.; VAN SCHMUS, W. R.; FETTER, A. **North-western Africa-Northeastern Brazil. Major tectonic links and correlation problems**. *Journal of African Earth Sciences*, 34: 275-278, 2002.

NEVES, S. P. **Comparative geological evolution of the Borborema Province and São Francisco Craton (eastern Brazil): Decratonization and crustal reworking during West Gondwana assembly and implications for paleogeographic reconstructions**. *Precambrian Research*, v. 355, p. 106119, 2021.

NEVES, S. P.; BRUGUIER, O.; SILVA, J. M. R.; DELPHINE BOSCH, D.; ALCANTARA, V. C.; LIMA, C. M., 2009. **The age distributions of detrital zircons in metasedimentary sequences in eastern Borborema Province (NE Brazil): evidence for intracontinental sedimentation and orogenesis?**. *Precambrian Research*, 175: 187-205.

NEVES, S. P.; MONIÉ, P.; BRUGUIER, O.; SILVA, J. M. R. **Geochronological, thermochronological and thermobarometric constraints on deformation, magmatism and thermal regimes in eastern Borborema Province (NE Brazil)**. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 38, p. 129-146, 2012.

NEVES S. P.; LAGES G. A.; BRASILINO R. G.; MIRANDA A. W. A. 2015. **Paleoproterozoic accretionary and collisional processes and the build-up of the Borborema Province (NE Brazil): geochronological and geochemical evidence from the Central Domain**. *Journal of South American Earth Science*, 58:165-187. <http://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.06.009>.

NEVES, S. P.; BRUGUIER, O.; SILVA, J. M. R., 2016. **The transition zone between the Pernambuco-Alagoas Domain and the Sergipano Belt (Borborema Province, NE Brazil): Geochronological constraints on the ages of deposition, tectonic setting and metamorphism of metasedimentary rocks**. *Journal of South American Earth Sciences* [S.l.] V.72, p. 266-278.

NEVES, S. P.; MARIANO, G.; SILVA, M. R. **Geologia e recursos minerais da Folha Surubim SC.25-Y-C-IV Escala 1:100.000. Estados de Pernambuco e da Paraíba / Sérgio Pacheco Neves, Gorki Mariano e José Mauricio Rangel da Silva. - Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 96 p. il. Color + mapas 2017.**

NEVES, S. P.; MARIANO, G.; LIMA, C. 2018. **Avaliando a reativação de estruturas do embasamento precambriano na formação das bacias sedimentares costeiras: o caso da zona de cisalhamento Pernambuco leste**. *Estudos Geológicos*. V. 28, p. 104-119.

NEVES, S. P. & MARIANO, G. 1999. **Assessing the tectonic significance of a large-scale transcurrent shear zone system: the Pernambuco lineament, northeastern Brazil**. *Journal of Structural Geology*, 21, 1369-1383. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(99\)00097-8](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(99)00097-8).

NEVES, S. P. & VAUCHEZ, A. 1995. **Magma emplacement and shear zone nucleation and development in northeast Brazil (Fazenda Nova and Pernambuco shear zones; State of Pernambuco)**. *Journal of South American Earth Sciences*, 8, 289-298. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(95\)00014-7](https://doi.org/10.1016/0895-9811(95)00014-7).

NEVES, S. P.; TEIXEIRA, C. M. L.; SILVA, V. L.; BRUGUIER, O. **Protracted (>60 Myrs) thermal evolution of a Neoproterozoic metasedimentary sequence from eastern Borborema Province (NE Brazil): Thermal and rheological implications for orogenic development**, *Precambrian Research*, Volume 377, 2022, 106709, ISSN 0301-9268, <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2022.106709>.

NOGUEIRA, F.C.; BEZERRA, F.H.R.; FUCK, R.A. **Quaternary fault kinematics and chronology in intraplate northeastern Brazil**. J. Geodyn. 49, 79–91, 2010.

OLIVEIRA, J. T. C. **Análise integrada de dados geofísicos da transição crustal (continente-oceano) da Bacia de Pernambuco, NE do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, 2013. 65 p.

OLIVEIRA, J. T. C. **Estimativa da superfície de curie nas bacias marginais de Pernambuco, paraíba e da plataforma de natal, ne do brasil, a partir de dados aeromagnéticos: implicações para o modelo de margem hiper-estendida**. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

PFALTZFRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. M.; VALENÇA, R. F.; DIAS, G. P.; DANTAS, M. E.; COSTA, M. R.; BORBA, A. L. S. **Geodiversidade da região metropolitana de Recife**. [S. l.]: CPRM, 2018. Escala 1:100.000

POLÔNIA, J. A. P. **Geometria e cinemática do Rifte do Cabo, litoral sul do Estado de Pernambuco**. Dissertação de Mestrado, Inst. Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, 132p. 1997.

SÁ J. M.; BERTRAND J. M.; LETERRIER J.; MACEDO M. H. F. 2002. **Geochemistry and geochronology of pre-Brasiliano rocks from the Transversal Zone, Borborema Province, Northeast Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, 14(8):851-866. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(01\)00081-5](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(01)00081-5).

SANTOS, E. J. 1995. **O complexo granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco) Província Borborema**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 219 p.

SANTOS, E. J. 1996. **Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema**. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 39o, Salvador, Anais, 6:47-50.

SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R.; KOZUCH, M.; NEVES, B. B. B. **The CaririsVelhos tectonic event in Northeast Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, v. 29, p. 61-76, 2010. doi:10.1016/j.jsames.2009.07.003, 2010.

SILVA, R. F.; VIEGAS, G. **Estimativas de tensão diferencial durante milonitização ao longo da zona de cisalhamento Pernambuco Leste (Província Borborema, nordeste do Brasil)**. Pesquisas em Geociências (UFRGS), v. 48, p. 19, 2021. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.108834>.

SILVA FILHO, A. F., GUIMARÃES, I. P., VAN SCHMUS, W. R., DANTAS, E.L., ARMSTRONG, R., COCENTINO, L.M., LIMA, D.R. **Long-lived Neoproterozoic highK magmatism in the Pernambuco–Alagoas Domain, Borborema Province, Northeast Brazil**. International Geology Review 55, 1280–1299, 2013. <https://doi.org/10.1080/00206814.2013.774156>.

SILVA FILHO, A. F.; GUIMARÃES, I. P.; VAN SCHMUS, W. R.; ARMSTRONG, R. A.; DA SILVA, J. M. R.; OSAKO, L. S.; CONCENTINO, L. M. 2014. **SHRIMP U–Pb zircon geochronology and Nd signatures of supracrustal sequences and orthogneisses constrain the Neoproterozoic evolution of the Pernambuco–Alagoas domain, southern part of Borborema Province, NE Brazil.** *International Journal of Earth Sciences*, 103(8): 2155–2190. DOI10.1007/s00531-014-1035-4.

SILVA FILHO, A. F.; GUIMARÃES, I. P.; SANTOS, L.; ARMSTRONG, R.; VAN SCHMUS, W. R. 2016. **Geochemistry, U-Pb geochronology, Sm-Nd and O isotopes of ca. 50 Ma long Ediacaran High-K Syn-Collisional Magmatism in the PernambucoAlagoas Domain, Borborema Province, NE Brazil.** *Journal of South American Earth Sciences*. 1–21.

SOUZA, K. S. **Análise Estrutural do Sistema de Grabens do Rio Tocantins, borda oeste da Bacia do Parnaíba (Tocantins, Para e Maranhão).** 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

SOUZA, J. L.; CORRÊA, A. C. B.; SILVA, O. G. **Compartimentação Geomorfológica da Planície do Recife, Pernambuco, Brasil.** *Revista de Geografia (Recife)*, Recife, v.34, n. 1, p. 147-168, 2017. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2017.229326>.

STRUGALE, M.; DA SILVA SCHMITT, R.; CARTWRIGHT, J. (2021). **Basement geology and its controls on the nucleation and growth of rift faults in the northern Campos Basin, offshore Brazil.** *Basin Research*, 33(3), 1906. 1933. <https://doi.org/10.1111/bre.12540>.

VAN SCHMUS, W.R., BRITO NEVES, B.B., HACKSPACHER, P., BABINSKI, M. 1995. **U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of eastern Borborema Province, northeastern Brazil: initial conclusions.** *Journal of South American Earth Sciences* [S.l.] v. 8, p. 267–288. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(95\)00013-6](https://doi.org/10.1016/0895-9811(95)00013-6).

VAN SCHMUS, W. R.; OLIVEIRA, E. P.; SILVA FILHO, A. F.; TOTEU, S. F.; PENAYE, J.; GUIMARÃES, I. P. **Proterozoic links between the Borborema Province, NE Brazil, and the Central African Fold Belt.** In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A. J., Brito Neves, B.B. & De Wit, M.J. (eds) *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. Geological Society, London, Special Publications, 294: 69-99. doi:10.1144/SP294.5, 2008

VAN SCHMUS, W. R.; KOZUCH, M.; BRITO NEVES, B. B. 2011. **Precambrian history of the Zona Transversal of the Borborema Province, NE Brazil: Insights from Sm-Nd and U-Pb geochronology.** *Journal of South American Earth Sciences* [S.l.] v. 31, p. 227-252. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.02.010>.

VASCONCELOS, D. L.; BEZERRA, F. H. R.; CLAUSEN, R.; MEDEIROS, W. E.; DE CASTRO, D.; VITAL, H.; BARBOSA, J. A. **Influence of Precambrian shear zones on the formation of oceanic fracture zones along the continental margin of Brazil.** *Marine and Petroleum Geology*, v. 101, p. 322–333, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.12.010>.

VAUCHEZ, A.; NEVES, S. P.; CABY, R.; CORSINI, M.; EGYDIO-SILVA, M.; ARTHAUD, M. & AMARO, V. 1995. **The Borborema shear zone system, NE Brazil.** Journal of South American Earth Sciences, 8, 247-266. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(95\)00012-5](https://doi.org/10.1016/0895-9811(95)00012-5).

VAUCHEZ, A. & EGYDIO-SILVA, M. 1992. **Termination of a continental-scale strike-slip fault in partially melted crust: The West Pernambuco shear zone, northeast Brazil.** Geology, 20, 1007-1010. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1992\)020<1007:TOACSS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1992)020<1007:TOACSS>2.3.CO;2).

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE OS AFLORAMENTOS

Afloramento	Coordenada X	Coordenada Y	Unidade Litoestratigráfica	Estações Para Paleotensões	Mineralização
DB-01	278804	9102601	Complexo Belém do São Francisco		
DB-02	279203	9099403	Plúton Guarany	F1, F2 e F3	Calcita e sulfetos
DB-03	278674	9092390	Plúton Guarany		Calcita e sulfetos
DB-04	280337	9092795	Plúton Guarany		
DB-05	280780	9092246	Plúton Guarany		
DB-06	280112	9091587	Plúton Guarany	F1, F2, F3 e F4	Calcita e sulfetos
DB-07	279550	9101001	Plúton Guarany	F1 e F2	Calcita, sulfetos e ametista
DB-08	280749	9107978	Complexo Salgadinho	F1 e F2	Calcita
DB-09	277628	9110315	Complexo Salgadinho		
DB-10	279917	9108914	Complexo Salgadinho		
DB-11	278851	9110609	Complexo Salgadinho	F1 e F2	Calcita
DB-12	278626	9105439	Complexo Belém do São Francisco		
DB-13	279306	9105740	Complexo Belém do São Francisco		
DB-14	279700	9091697	Plúton Guarany		Calcita, sulfetos e ametista
DB-15	281898	9093599	Plúton Guarany		Calcita, sulfetos e ametista