



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS
BACHARELADO EM GEOLOGIA**

EDUARDO FERNANDES DA SILVA PINTO

**EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO DOMO DE MONTE ALEGRE – PA, BORDA NORTE
DA BACIA DO AMAZONAS**

**Santarém-PA
2025**

EDUARDO FERNANDES DA SILVA PINTO

**EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO DOMO DE MONTE ALEGRE – PA, BORDA NORTE
DA BACIA DO AMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Geologia, do
Instituto de Engenharia e Geociências,
Programa de Ciências da Terra, para
obtenção do título de Bacharel em Geologia,
da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Orientador: Dr. Rick Souza de Oliveira

**Santarém-PA
2025**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

P659e Pinto, Eduardo Fernandes da Silva

Evolução tectônica do domo de Monte Alegre – PA, Borda Norte da Bacia do Amazonas. / Eduardo Fernandes da Silva Pinto. - Santarém, 2025.

57 p. : il.

Inclui bibliografias.

Orientador: Rick Souza de Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Bacharelado em Geologia.

1. Restauração estrutural. 2. Deformação. 3. Geologia estrutural. 4. Mapeamento geológico. 5. Tectônica compressional. I. Oliveira, Rick Souza de, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 551.8098115

EDUARDO FERNANDES DA SILVA PINTO

**EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO DOMO DE MONTE ALEGRE – PA, BORDA NORTE
DA BACIA DO AMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Geologia, do Instituto de
Engenharia e Geociências, Programa de
Ciências da Terra, para obtenção do título de
Bacharel em Geologia, da Universidade
Federal do Oeste do Pará.

Orientador: Dr. Rick Souza de Oliveira

Conceito:

Data de aprovação: ____/____/____

Prof. Dr. Rick Souza de Oliveira – Orientador
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

Prof. – Msc. William Queiroz Felix
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

Prof. – Msc. Antonio Alessandro de Jesus Braga
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

xxx xxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxx (xxxx)

" A alma humana pode suportar tudo, menos a falta de sentido."
- Viktor Frankl

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder forças nos momentos difíceis, iluminar meus caminhos e permitir concluir essa fase.

Expresso minha profunda gratidão ao Prof. Dr. Rick Souza De Oliveira, pela orientação criteriosa, confiança e, sobretudo, pela paciência e disponibilidade ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Sua postura e profissionalismo sempre serão referência.

Agradeço a minha família por todo o apoio e compreensão pela minha ausência durante os 6 anos de graduação. A minha companheira Ana Marinho, por estar ao meu lado em cada etapa dessa caminhada. Sem vocês não seria possível chegar até aqui.

Aos meus amigos de curso, agradeço o companheirismo incondicional, pelas noites em claro, pelos perrengues enfrentados lado a lado, dividindo o pouco que tínhamos. Pelos bons e maus momentos, pelas risadas, pelas dificuldades e, principalmente, pelas experiências em campo que levarei comigo com carinho. Em especial, agradeço a Eduardo Araújo, Içana Tavares, Josivane Carvalho e Matheus Oliveira — foi uma honra caminhar essa jornada ao lado de vocês.

À Universidade Federal do Oeste do Pará/ Instituto de Engenharia e Geociências pelo apoio acadêmico e institucional durante estes anos de graduação.

Agradeço ao CNPQ – pela concessão da bolsa PIBIC que subsidiou o início deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise estrutural integrada do Domo de Monte Alegre, porção centro-oriental da Bacia do Amazonas, com o objetivo de compreender sua gênese e evolução tectônica. A pesquisa combinou dados de campo, perfis sísmicos, poços exploratórios e restaurações estruturais, focando nas relações entre dobramento e falhamento em contexto de tectônica envolvendo embasamento no modelo *thick-skinned*. Adicionalmente, esta pesquisa apresenta os resultados do mapeamento geológico de detalhe na escala 1:25.000, integrando centenas de dados estruturais, incluindo acamamentos, dobras e falhas. As unidades litoestratigráficas mapeadas incluem as formações Ererê, Barreirinhas, Curiri, Oriximiná, Faro, Monte Alegre e Alter do Chão, com espessuras variando de 100 a 400 metros. O mapeamento revela que o Domo de Monte Alegre é caracterizado por uma disposição semicircular dos estratos, com mergulhos suaves de 5° a 15°, na porção leste do Domo as camadas mais próximas a falha possuem mergulhos altos de 45° a 75°. Estes são interrompidos por uma falha compressional significativa nas porções leste e sudoeste. A maior parte da deformação é concentrada ao longo da Falha Itauajuri, interpretada como uma falha reversa de alto ângulo, cuja movimentação gerou dobras assimétricas por arrasto normal. Os modelos restaurados revelaram encurtamentos superiores a 7 km em seções selecionadas próximas ao sentido de maior encurtamento, com rejeitos de falha de até 1.840 metros, além de erosão associada ao soerguimento estimada em cerca de 1.600 metros. A análise estrutural multiescalar e a comparação com modelos da literatura indicam que a geometria do domo resulta de compressão crustal profunda, com possível ativação no Mioceno, em resposta ao reajuste intraplaca associado a fase Quechua III do soerguimento Andino e ao Diastrofismo Xingu. Os resultados apontam por meio de dados quantitativos e abordagem estrutural moderna, para uma nova interpretação para a origem do domo, como resultado de um evento deformacional compressivo de uma única fase, com forte controle estrutural por falhas inversas, e reforça a presença de tectônica positiva na Bacia do Amazona.

Palavras-chave: Restauração estrutural; Deformação; Geologia estrutural; Mapeamento geológico; Tectônica compressional.

ABSTRACT

This research presents an integrated structural analysis of the Monte Alegre Dome, located in the central-eastern portion of the Amazonas Basin, with the aim of understanding its genesis and tectonic evolution. The research combined field data, seismic profiles, exploration wells, and structural restorations, focusing on the relationships between folding and faulting in a thick-skinned basement tectonics model. Additionally, this research presents the results of geological mapping at 1:25,000, integrating hundreds of structural data, including bedding, folds, and faults. The mapped lithostratigraphic units include the Ererê, Barreirinhas, Curiri, Oriximiná, Faro, Monte Alegre, and Alter do Chão formations, with thicknesses ranging from 100 to 400 meters. Mapping reveals that the Monte Alegre Dome is characterized by a semicircular arrangement of strata, with gentle dips of 5° to 15° . In the eastern portion of the Dome, the layers closest to the fault have steep dips of 45° to 75° . These dips are interrupted by a significant compressional fault in the eastern and southwestern portions. Most of the deformation is concentrated along the Itauajuri Fault, interpreted as a high-angle reverse fault, whose movement generated asymmetric folds due to normal drag. The restored models revealed shortenings exceeding 7 km in selected sections near the greatest shortening trend, with fault slip of up to 1,840 meters, in addition to uplift-associated erosion estimated at approximately 1,600 meters. Multiscale structural analysis and comparison with classical models indicate that the dome's geometry results from deep crustal compression, possibly activated in the Miocene, in response to intraplate readjustment associated with the Quechua III phase of the Andean tectonics and the Xingu Diastrophism. Using quantitative data and a modern structural approach, the results suggest a new interpretation for the dome's origin as the result of a single-phase compressional deformation event, strongly controlled by reverse faults, and reinforce the presence of positive tectonics in the Amazonas Basin.

Keywords: Structural restoration; Deformation; Structural geology; Geological mapping; Compressional tectonics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Monte Alegre, oeste do estado do Pará: (A) Mapa de localização regional destacando o município.	14
Figura 2 - Estilos estruturais em contextos compressivos: (A) Dobra por flexão de falha: formada pela acomodação do encurtamento ao longo de.....	19
Figura 3 - Relevo residual na porção central do domo, ocorrências de estruturas como hogbacks sustentados por diques, a orientação dessas estruturas.....	20
Figura 4 - Diagramas de roseta. A) União de todos os domínios; B) Roseta apenas para lineamentos de drenagem; C) Reflete os relevos residuais.	21
Figura 5 - A imagem evidencia um importante afloramento onde o eixo de dobra medido em campo acompanha a direção da falha principal que soergueu o domo.	22
Figura 6 - A) Modelo digital de elevação com sobreposição dos lineamentos (branco) em conjunto da rede de canais (azul) de primeira ordem os quais.....	23
Figura 7 - Mapa geológico de detalhe do Domo de Monte Alegre (escala 1:25.000), evidenciando a disposição semicircular dos estratos e a atuação.....	25
Figura 8 - Diagramas esquemáticos mostram a evolução da geometria de uma camada desde a configuração não deformada até o desenvolvimento de dobras.....	26
Figura 10 - A) Visão geral do afloramento com destaque para suas principais estruturas. (B) Camadas intensamente deformadas com mergulho subvertical.....	30
Figura 11 - Estruturas deformacionais registradas em folhelhos da Formação Curiri. (A) Dobra em chevron com eixo orientado em N35°W.	32
Figura 12 - Afloramentos com registro de dobras em argilitos da Formação Curiri. (A) Dobra cônica registrada em siltito da Formação Faro, com eixo	33
Figura 13 – Croqui esquemático de afloramento e restauração estrutural, as cores representam os diferentes estratos da mesma unidade litoestratigráfica.....	34
Figura 14 - Restauração estrutural do principal afloramento analisado.	36
Figura 15 - Representação esquemática das dobras por arrasto (<i>drag folds</i>) associadas à movimentação ao longo de falhas normais e reversas.....	39
Figura 16 – Resultado da restauração mostrando as etapas evolutivas da deformação ao longo da seção A–A', posicionada paralelamente ao eixo principal.	40
Figura 17 - Resultado da restauração mostrando a deformacional ao longo da seção B–B', orientada no sentido NW–SE, transversalmente à seção A–A'.	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Apresentação	11
1.2 Justificativa	12
1.3 Objetivos.....	13
1.4 Localização e acesso.....	13
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
2.1 Aquisição e tratamento de dados campo	15
2.1.1 Mapeamento geológico.....	15
2.1.2 Análise Geométrica	15
2.2 Geoprocessamento.....	16
2.3 Restauração estrutural	16
3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	17
3.1 BACIA DO AMAZONAS	17
3.2 Domo de Monte Alegre	17
3.3 Modelos tectônicos compressionais	18
4 RESULTADOS	20
4.1 Análise morfoestrutural	20
4.1.1 lineamentos de drenagem	21
4.1.2 lineamentos de relevo	22
4.2 Análise estrutural.....	24
5. DISCUSSÃO	37
6. CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICES	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A geologia estrutural é um campo essencial para a compreensão das arquiteturas tectônicas que moldam a crosta terrestre. Entre suas múltiplas aplicações, destaca-se a análise e a restauração de estruturas dobradas associadas a falhas, ferramenta crucial para reconstituir cenários paleotectônicos e interpretar a evolução deformacional. No Brasil, a Bacia do Amazonas, apesar de amplamente conhecida por sua sedimentação paleozoica e histórico de tectônica extensional do tipo sinéclise, apresenta localmente feições de inversão positiva, como o Domo de Monte Alegre, que desafiam interpretações tradicionais e suscitam novas abordagens investigativas.

Localizado na margem norte do Rio Amazonas, o Domo de Monte Alegre representa uma feição topográfica elipsoidal, com cerca de 30 km de comprimento e 20 km de largura, caracterizada por arranjos estruturais complexos envolvendo falhas, dobras e intrusões básicas. Desde os primeiros registros de Hartt (1870), esta estrutura tem sido objeto de múltiplas investigações, com interpretações que variam desde o soerguimento por lacólitos mesozoicos (Montalvão & Oliveira, 1975) até modelos de inversão tectônica positiva por reativação de falhas pré-existentes (Almeida & Pinheiro, 2007). Contudo, as principais propostas conferem importância ao magmatismo Penatecaua e não justificam por completo a evolução do domo a luz das evidências mais recentes, resultantes de mapeamentos geológicos de detalhe.

O presente trabalho tem como foco a análise estrutural dos afloramentos do Domo de Monte Alegre, com ênfase na restauração de seções geológicas que permitam inferir a evolução cinemática da região. Para isso, serão utilizados dados obtidos em mapeamentos anteriores integrados a novas campanhas de campo, onde foram coletadas atitudes de acamamento, registros de dobras, falhas e indicadores cinemáticos. As interpretações contarão com o suporte de ferramentas de sensoriamento remoto, imagens SRTM, LANDSAT, além de *softwares* como Move e StereoNet para modelagem e análise estrutural.

A pesquisa que se segue percorre aspectos fundamentais da geologia estrutural com foco nas feições tectônicas em escala regional e nos métodos de restauração aplicados à região estudada. Ao longo do texto, abordam-se os fundamentos teóricos que embasam as interpretações, bem como as características geológicas específicas do Domo de Monte Alegre. A metodologia aplicada é apresentada em detalhes, demonstrando os procedimentos adotados na coleta e análise dos dados estruturais. Em seguida, discutem-se os resultados à luz de modelos tectônicos previamente propostos, avaliando a dinâmica deformacional da região. Por

fim, são sintetizadas as conclusões, que destacam as contribuições desta análise à compreensão da tectônica na Bacia do Amazonas.

1.2 Justificativa

O Domo de Monte Alegre tem sido alvo de diversos estudos, especialmente no que se refere à sua origem. Desde as primeiras pesquisas, observou-se que a região é marcada por um complexo sistema deformacional, com a presença de falhas e dobras que resultaram em intensas deformações nas rochas. Os principais trabalhos apontam que esses processos tectônicos, podem ter ocorrido durante o Mesozóico, sendo responsáveis pela configuração estrutural do Domo (*e.g.*, Hartt 1870; Montalvão & Oliveira, 1975; Almeida & Pinheiro, 2007; Figueira, 2011).

Apesar dos avanços na compreensão dos eventos geológicos que atuaram na área, ainda há lacunas no entendimento sobre os processos específicos que levaram à formação dessas estruturas, além disso observa-se uma carência de trabalhos que explorem a estrutura do domo sob uma abordagem integrada, aliando dados de campo detalhados à aplicação de ferramentas modernas de modelagem estrutural e restauração cinemática. Essa lacuna compromete a interpretação mais acurada dos processos geodinâmicos responsáveis por sua formação e evolução. As deformações tectônicas que caracterizam a região são difíceis de interpretar devido à complexidade, e a restauração estrutural dos afloramentos surge como uma ferramenta importante para aprofundar esse conhecimento.

A restauração das estruturas deformadas do Domo de Monte Alegre justifica-se pela necessidade de aprimorar a compreensão dos processos e agentes responsáveis por sua formação, especialmente as forças compressivas que atuaram na região. Ao possibilitar a reconstrução de falhas e dobras observadas em afloramento, essa abordagem permite delinear com maior clareza a evolução tectônica da área e entender, de forma mais detalhada, como as unidades geológicas tiveram sua configuração estrutural definida ao longo do tempo.

Além de seu valor científico intrínseco, a investigação do Domo de Monte Alegre tem implicações práticas relevantes. Estruturas compressivas, como as identificadas na região, são reconhecidas como potenciais controladoras de armadilhas estruturais para hidrocarbonetos e zonas de fraturamento favoráveis à mineralização. Assim, compreender sua arquitetura interna pode contribuir para futuras iniciativas de prospecção de recursos naturais na bacia.

Portanto, a restauração estrutural do Domo de Monte Alegre não se limita apenas a um estudo técnico das falhas e dobras, mas busca, principalmente, contribuir para o entendimento da evolução geológica da região, esclarecendo as condições que deram origem às atuais

configurações do domo e contribuir para futuras iniciativas de prospecção de recursos naturais na bacia.

1.3 Objetivos

Investigar as características estruturais dos afloramentos do Domo de Monte Alegre com base na aplicação de métodos de análise e restauração estrutural, buscando compreender a geometria e evolução das estruturas deformadas, bem como suas implicações para a dinâmica tectônica regional da Bacia do Amazonas. A proposta se apoia na integração de dados de campo detalhados com modelagens estruturais digitais, permitindo a reconstituição de geometrias pré-deformacionais e contribuindo para a avaliação do papel da compressão intraplaca no desenvolvimento dessa feição. Com base nos objetivos principais, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Construir seções geológicas representativas da área de estudo com base nos dados de campo adquiridos;
- Identificar e caracterizar as principais feições estruturais presentes na área de estudo, contribuindo para a compreensão dos processos geológicos envolvidos.
- Aplicar técnicas de restauração estrutural para modelar a geometria original das estruturas deformadas;
- Identificar os mecanismos de deformação atuantes na região, considerando estilos estruturais e regimes tectônicos associados.
- Propor um mapa geológico na escala 1:25.000 para a área do Domo de Monte Alegre e adjacências

1.4 Localização e acesso

O Domo de Monte Alegre está localizado no município homônimo, no oeste do estado do Pará (Fig 1-A), na margem esquerda do rio Amazonas. Essa feição morfoestrutural encontra-se aproximadamente entre as coordenadas 1°30' a 2°00' S e 54°00' a 55°00' W (Fig 1-C), inserida em uma área de relevo elevado, que contrasta com a planície sedimentar amazônica ao seu redor.

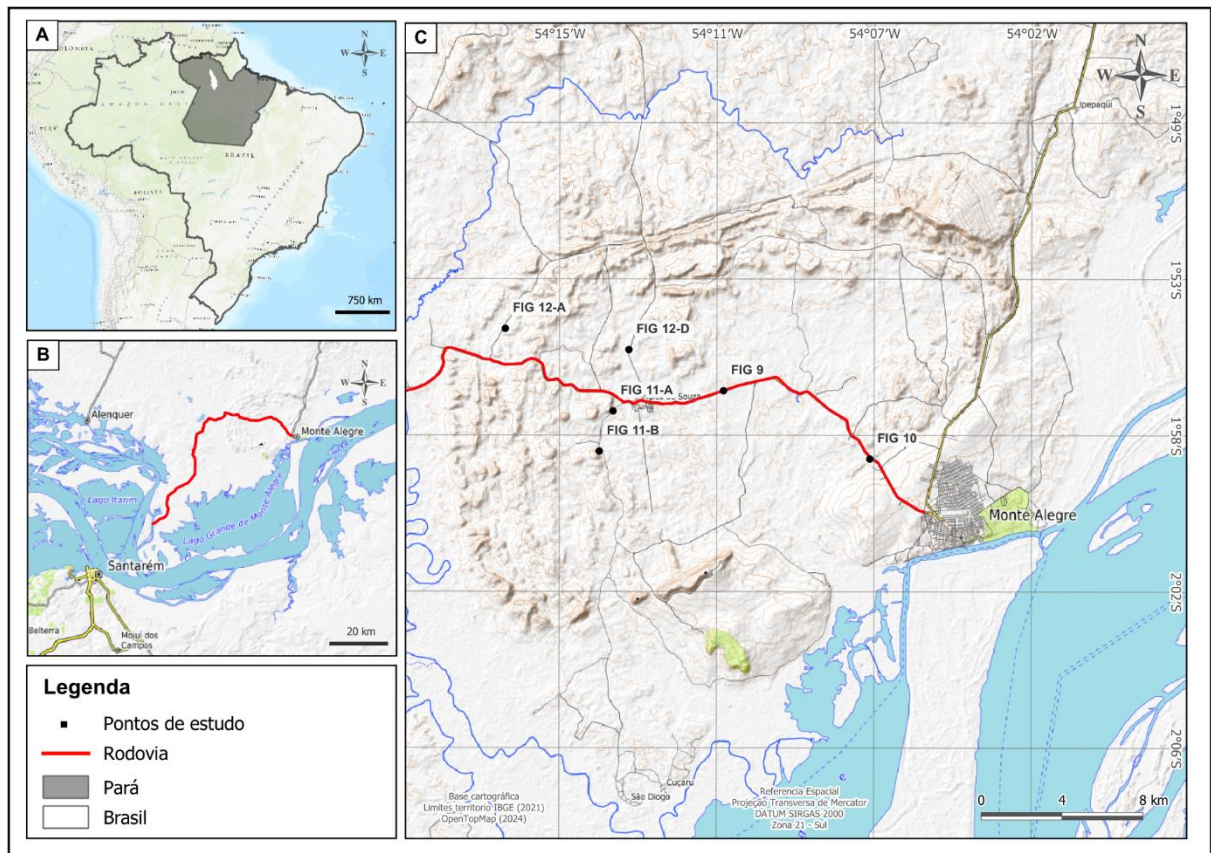
O acesso à área de estudo pode ser feito por via fluvial, terrestre ou aérea. O trajeto fluvial é o mais usual na região e se dá a partir do porto do DER, na cidade de Santarém, por meio de balsas ou embarcações regionais que percorrem aproximadamente 34 km pelo rio, passando pelo estreito do Paraná-Pixuna e Saracura, em uma viagem com duração aproximada de duas horas até o porto de Santana do Tapará.

A partir do porto, segue-se por via terrestre pela rodovia PA-255 (Fig 1-B), que passa pela vila Inglês de Souza, km 67 (localmente conhecida como Vila Canp), até a entrada da cidade de Monte alegre, percorresse um trecho do 86km.

O acesso terrestre alternativo pode ocorrer a partir dos municípios vizinhos de Alenquer e Prainha, também pela PA-423. Já o acesso aéreo é realizado por voos fretados até a pista local da cidade.

A partir da sede urbana de Monte Alegre, o deslocamento até os pontos de afloramento ocorre em duas frentes principais. A primeira segue em direção à vila de Terra Preta, ao norte do domo, por cerca de 8 km em estrada pela PA-423. A segunda, mais intensamente utilizada, tem como base a comunidade Inglês de Souza, situada 19km a oeste da cidade, de onde partem diversos travessões que dão acesso à porção central do domo. O mapeamento de campo é conduzido a partir desses ramais, com auxílio de imagens de satélite e navegação por GPS, devido à baixa densidade de estradas formais na região.

Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Monte Alegre, oeste do estado do Pará: (A) Mapa de localização regional destacando o município; (B) rota fluvial entre Santarém e Santana do Tapará, via Rio Amazonas e os estreitos do paraná-Pixuna e Saracura; (C) delimitação geográfica da área de estudo.



Fonte: autor, 2025.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Aquisição e tratamento de dados campo

A aquisição dos dados geológicos baseou-se na compilação de informações obtidas entre 2018 e 2024 por turmas de Geologia durante as atividades da disciplina de Campo 1, na região da Vila Canp. As campanhas mais recentes ocorreram em duas etapas no ano de 2024: em julho, foram visitadas estruturas na região central do domo; em setembro (campo de geologia estrutural), novos afloramentos foram mapeados na porção nordeste. Ao todo, foram registradas 620 medidas de acamamento ao longo do período (Apêndice 1). Para o tratamento, foi construído um banco de dados contendo as medidas estruturais associadas às respectivas coordenadas geográficas de cada ponto de observação. Esses dados foram integrados ao *software* QGIS para análise e visualização espacial, possibilitando a elaboração de produtos cartográficos. A análise estatística das orientações estruturais foi realizada no *software* OpenStereo, por meio da geração de estereogramas e diagramas de roseta que auxiliaram na identificação de padrões de deformação.

2.1.1 Mapeamento geológico

Os dados foram obtidos na zona rural de Monte Alegre (PA), por caminhamentos em escala 1:25.000, registrando afloramentos, atitudes de acamamento, dobras e falhas. As unidades litoestratigráficas foram definidas por análise de fácies, empilhamento estratigráfico e correção de espessuras com a “vara de Jacó”. Utilizou-se o método do contorno estrutural, com bússola e GPS, considerando a direção e o mergulho dos estratos em relação à topografia. Contatos entre unidades foram projetados com base na continuidade estrutural e variações altimétricas. Imagens de satélite, mapas topográficos e registros de campo complementaram a delimitação das unidades geológicas.

2.1.2 Análise Geométrica

Visando analisar geometricamente a deformação foram elaboradas duas seções a partir do mapa geológico integrado e das medidas de acamamento, para determinar o ângulo de mergulho das unidades geológicas e entender a distribuição no espaço em relação à estrutura do domo. No Qgis, foram traçados perfis topográficos de referência que interseccionam o domo nos eixos de maior e menor deformação. Os modelos gerados foram correlacionados com dados de poços da Petrobras situados no entorno do domo, cujos perfis estratigráficos indicam a profundidade das unidades e evidenciam a transição entre zonas deformadas e não deformadas. A concordância entre a projeção das camadas na seção e os dados dos poços exploratórios perfurados pela Petrobras contribuíram para validar a interpretação e delimitar a extensão da influência estrutural do domo sobre as unidades estratigráficas.

2.2 Geoprocessamento

As atividades de geoprocessamento foram conduzidas utilizando o *software* QGIS, que permitiu o tratamento, organização e visualização espacial dos dados coletados em campo. Inicialmente, os dados estruturais e litológicos foram integrados a uma base cartográfica georreferenciada, possibilitando a sobreposição e a comparação com mapeamentos anteriores realizados na mesma área. A partir dessa integração, foi construído um mapa geológico unificado, representando os limites das unidades aflorantes com base tanto em observações recentes quanto em registros históricos. A extração dos lineamentos foi realizada a partir de visadas sombreadas geradas com base em um Modelo Digital de Elevação (MDE). Para realçar feições estruturais orientadas preferencialmente nas direções predominantes da área, foram utilizadas visadas com azimutes de 0° (norte) e 315° (nordeste), ambas com ângulo de inclinação de 45°. A interpretação manual dessas imagens permitiu a vetorização de relevo positivo (cristas), negativo (fundos de vale) e feições associadas à drenagem. A direção (azimute) dos lineamentos foi calculada diretamente no QGIS, por meio da ferramenta calculadora de campo da tabela de atributos, utilizando a expressão: *degrees(azimuth(start_point(\$geometry), end_point(\$geometry)))*. Os valores obtidos foram organizados em planilhas (.csv) e utilizados para a geração de diagramas de roseta no *software* OpenStereo, permitindo a análise estatística das direções estruturais predominantes na área.

2.3 Restauração estrutural

De modo a compreender e recriar as condições de deformação do Domo de Monte Alegre, foram restauradas seções chaves por meio do *software* Move (Petex) (Apêndice 2), através de processos que fizeram com que a seção geológica retornasse à sua configuração inicial pré-deformação. As etapas utilizadas na restauração podem ser resumidas em: i) Carregamento e ajuste de seções esquemáticas elaboradas, modelo digital de elevação de 12.5m, arquivo vetorial (*SHP*) das seções; ii) balanceamento dos rejeitos de falhas; iii) reconstituição de camadas pré-dobramento; iv) restituição de trechos erodidos, quando necessário. As seções geológicas foram escolhidas com base na orientação dos eixos de maior e menor encurtamento identificados na área de estudo. A primeira seção foi traçada aproximadamente ortogonal ao eixo de dobra, correspondente ao eixo de maior encurtamento, para evitar distorções provocadas por estruturas com ângulos aparentes e minimizar o efeito de transportes fora do plano da seção. As seções foram balanceadas usando o modelo de fluxo paralelo de falha e o algoritmo de deslizamento flexural.

3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

3.1 BACIA DO AMAZONAS

A Bacia do Amazonas é caracterizada como intracratônica com forma alongada e eixo deposicional orientado W/SW-E/NE, localizada na região norte do Brasil, com abrangência entre os estados do Pará e Amazonas, com extensão de 500.000 km². Limitada a Norte pelo Escudo das Guianas, ao Sul pelo Escudo Brasileiro, a Leste pelo Arco de Gurupá e a Oeste pelo Arco Purus Gonzaga et al., 2000. É preenchida predominantemente por rochas siliciclásticas, essencialmente paleozoicas, as quais, por sua vez, atingem uma espessura máxima de 5.000 metros, sendo intrudidas no Mesozóico por diques e soleiras de diabásio (CAPUTO, 1984; CUNHA et al., 1994).

O estabelecimento do rifte responsável pela formação da bacia do Amazonas associa-se a movimentações de pluma mantélica que incumbiu a província magmática de Piranhas (SANTOS et al., 2000) no Cambriano Médio (507 Ma) Isso aponta que o rifte foi formado posteriormente ao término da orogênese brasileira, não estando relacionado a este ciclo (Cunha et al., 1994). O rifte foi inicialmente preenchido pela Formação Prosperança, este por ser concordante a Formação Trombetas sua deposição foi conceituada pela CPRM como cambro-ordoviciano (SANTOS et al., 1974; Schobbenhaus et al., 1984). O mais provável é que a sedimentação da bacia possivelmente tenha se restringido ao seu depocentro no princípio do paleozoico, conforme a hipótese levantada por (Schobbenhaus et al., 1984, Milani e Zalán, 1999). Tanto a sedimentação e as discordâncias na bacia foram influenciadas por depreciações gradativas, atuações tectônicas, mudanças climáticas e do nível do mar no Fanerozóico.

3.2 Domo de Monte Alegre

Diversos estudos têm abordado a origem do Domo de Monte Alegre, resultando em diferentes hipóteses para sua formação. Essa estrutura é classificada como uma braquianticlinal, cuja origem está associada à intrusão de rochas hipoabissais de composição máfica básica, observáveis em afloramentos atribuídos ao Magmatismo Penatecaua (Montalvão & Oliveira, 1975; Pastana, 1999). Figueira (2011), com base em Conceição et al., (1993), propõe que a deformação na região tenha sido causada pela intrusão de um lacólito relacionado ao Magmatismo Penatecaua, ocorrido no Mesozoico, sendo esse evento o principal responsável pelo arqueamento das camadas sobrejacentes. Caputo (2011) sugere que a formação do Domo de Monte Alegre seja uma estrutura multifásica e localizada, desenvolvida em setores específicos da chamada Plataforma de Alenquer.

Essa região teria sido afetada por um evento tectônico do Terciário, conhecido como Diastrofismo Xingu, que impactou a bacia sedimentar. Almeida & Pinheiro (2011) atribuem destaque secundário às intrusões magmáticas como agentes responsáveis pelo soerguimento dos pacotes sedimentares da área, sendo portanto, falhas as principais responsáveis pela segmentação da estrutura posteriormente, pode-se considerar a hipótese das falhas serem as protagonistas ao evento de basculamento das camadas definindo um arranjo braquiantiforme, portanto, é suposto que a estrutura representa uma dobra forçada com geração em um contexto de inversão por reativação tectônica positiva, posteriormente cortada pelas falhas Ererê e Itauajuri, nos flancos sul e leste, com caráter normal.

3.3 Modelos tectônicos compressionais

A compreensão dos modelos tectônicos compressionais é essencial para a interpretação da evolução estrutural em regiões deformadas por esforços compressivos, como o Domo de Monte Alegre, na borda norte da Bacia do Amazonas.

Esses modelos permitem descrever os estilos de deformação e os mecanismos que governam a formação de estruturas complexas, como dobras e falhas, muitas vezes inter-relacionadas. Entre os principais estilos estruturais presentes em ambientes compressivos, destacam-se os modelos de dobras relacionadas a falhas, notadamente as *fault-bend folds*, *fault-propagation folds* e *detachment folds* (Brandes & Tanner, 2014).

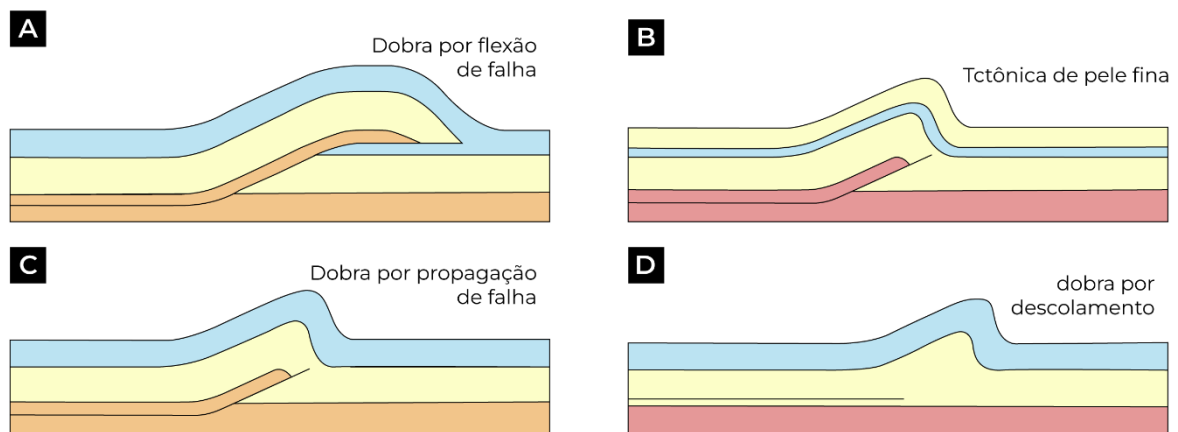
Essas estruturas são formadas pela interação entre deslocamentos ao longo de falhas e a deformação das camadas rochosas adjacentes. O modelo de *fault-bend fold* ocorre quando camadas são transportadas sobre rampas de falhas (Fig 2-A), resultando em dobras concentradas na porção superior da rampa. Já as *fault-propagation folds* formam-se quando o deslocamento diminui na extremidade de uma falha em propagação (Fig 2-C), gerando dobras anteriores ao avanço da falha (Hughes et al., 2014). A formação dessas dobras está intimamente associada às condições mecânicas e geométricas do substrato, como o contraste de resistência entre camadas, inclinação da falha e taxa de sedimentação sintectônicas.

Estudos experimentais indicam que *fault-bend folds* tendem a se desenvolver em rampas de baixa inclinação e camadas mecanicamente contrastantes, enquanto *fault-propagation folds* são favorecidas por falhas íngremes e estratigrafia mais homogênea (Hughes et al., 2014).

As chamadas dobras por descolamento (*detachment folds*) são estruturas dobradas que se desenvolvem em camadas sedimentares supracrustais devido ao encurtamento acima de um nível de descolamento (Fig 2-D). Essas dobras amplas e de baixo mergulho representam uma resposta inicial à compressão, e frequentemente evoluem para outras estruturas à medida que a deformação progride.

Além dessas estruturas, destaca-se o estilo de deformação denominado *thick-skinned*, caracterizado pelo envolvimento do embasamento cristalino no processo de encurtamento (Fig 2-B). Esse estilo, frequentemente observado em regiões com forte controle compressivo, envolve falhas crustais profundas que afetam tanto as unidades sedimentares quanto o embasamento, conferindo à deformação uma expressiva amplitude vertical (Lacombe & Bellahsen, 2016). O estilo *thick-skinned* é particularmente relevante em regiões onde há reativação de falhas preexistentes do embasamento, sendo capaz de controlar a localização e a geometria das estruturas superficiais (Butler et al, 2020).

Figura 2 - Estilos estruturais em contextos compressivos: (A) Dobra por flexão de falha: formada pela acomodação do encurtamento ao longo de rampas de falhas de cavalgamento; (B) Tectônica de embasamento espesso: deformação que envolve tanto o embasamento cristalino quanto a cobertura sedimentar; (C) Dobra por propagação de falha: desenvolve-se à frente da terminação de uma falha ativa, transferindo deformação para as camadas superiores; (D) Dobra de destacamento: resultado do encurtamento acima de um nível de descolamento raso e dúctil, sem ruptura inicial das camadas.



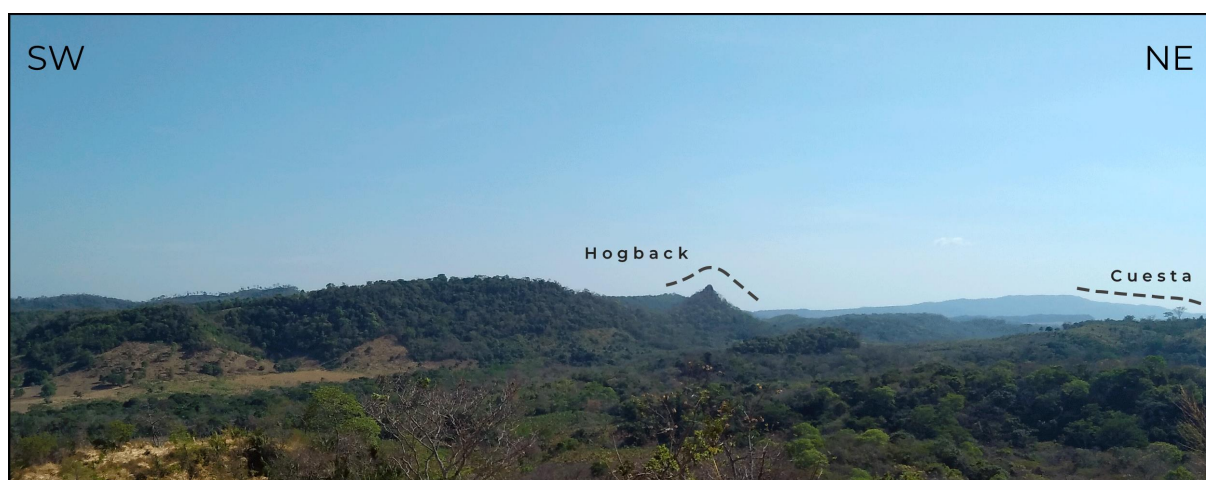
Fonte: Modificado de (Jamison, 1986).

4 RESULTADOS

4.1 Análise morfoestrutural

Seguindo a classificação de Ross (1992), com base nos aspectos fisionômicos das morfoestruturas e tamanhos de relevo, baseando-se na gênese e idade dessas formas. segundo Wallace (1939), a região interna do domo possui relevo acidentado composto por um cinturão de serras dispostas em formato circular a oeste da cidade desenhado por serras e colinas assimétricas podendo ser descritas como *hogbacks* e *cuesta* (Fig 3), com altitude variando entre 50m e 420m em contraste com a monotonia do relevo plano da planície que domina sobre os terrenos adjacentes. O domo se apresenta de forma expressiva em suas bordas norte e sul, na parte central mantém o relevo plano e baixo. As morfoestruturas representam importantes registros da evolução geológica de uma região, refletindo não apenas as estruturas, mas também os processos de dissecação que se sobrepõem ao longo do tempo. Com base nessa perspectiva, a análise foi direcionada às unidades morfoestruturais presentes na área de estudo, buscando compreender com maior clareza os elementos estruturais e as possíveis reativações tectônicas associadas à formação e evolução do domo. A análise resulta na integração de dados de drenagem, relevo e imagens de sensoriamento remoto, com o objetivo de identificar padrões estruturais que influenciam a organização da paisagem. Durante o mapeamento, observou-se tipos de relevos, que variam a sua forma e altura, muitas das colinas são relevos residuais sustentados por diques (Penatecaua), quando analisados por imagens de satélites e MDE, se revelam alinhados nas direções NE-SW. Outros fatores que contribuem para que haja essa mudança, como é caso dos processos erosivos oriundo do intemperismo que acontecem e contribuem para que relevos mais resistentes se destaquem em áreas mais baixas.

Figura 3 - Relevo residual na porção central do domo, ocorrências de estruturas como hogbacks sustentados por diques, a orientação dessas estruturas está condicionada a atividade magmática.



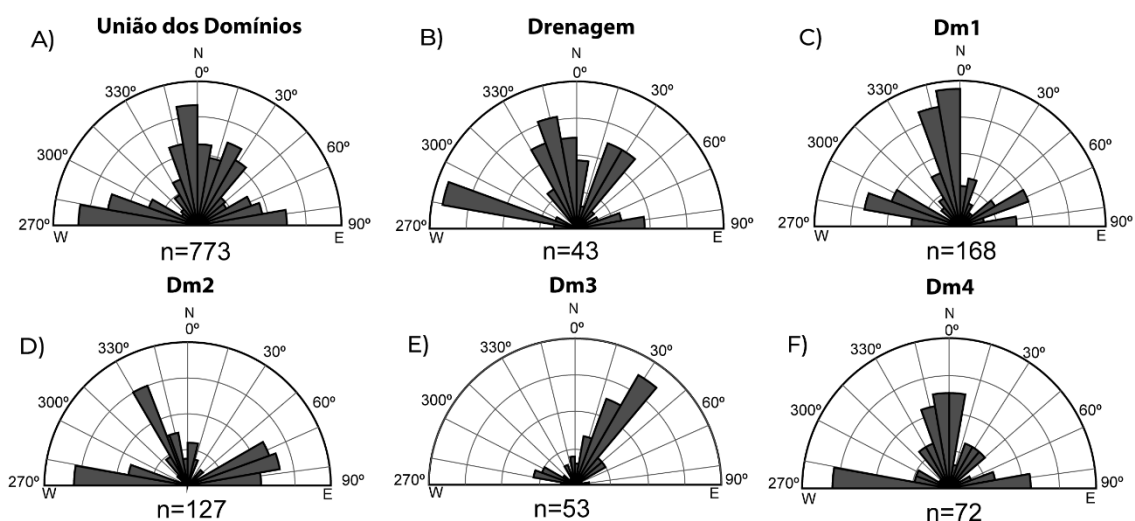
Fonte: autor, 2025.

4.1.1 lineamentos de drenagem

A extração e interpretação de lineamentos permitiram caracterizar direções preferenciais de feições lineares, que refletem a presença de estruturas geológicas como falhas, fraturas e zonas de cisalhamento. Para isso, foram construídos diagramas de roseta representando os principais conjuntos de lineamentos extraídos dos modelos digitais de elevação (MDE) e da rede de drenagem, subdivididos por domínios morfoestruturais (Dm1 a Dm4). Essas análises revelaram uma clara influência estrutural no condicionamento do relevo e no direcionamento dos canais fluviais, evidenciando o papel das estruturas pré-existentes na compartimentação da área.

Os lineamentos de drenagem foram interpretados a partir da análise da rede hidrográfica visível em imagens de satélite. A morfologia dos canais apresenta padrões dendrítico e por vezes retangulares segundo as definições de Christofolletti (1980). Em áreas onde o intemperismo e a erosão modificaram significativamente o relevo, a drenagem pode conservar padrões que refletem as estruturas tectônicas profundas, como destaca Rodrigues et al., (2003). O diagrama de roseta (Fig 4-B) revela duas direções preferenciais NW e NE, secundariamente WNW e E, compatíveis com as principais direções obtidas na análise nos domínios. Tais padrões indicam que a rede de drenagem está fortemente condicionada por fraturas e falhas que moldam o escoamento superficial, inclusive com orientação subparalela a estruturas maiores, como o limite sul do domo.

Figura 4 - Diagramas de roseta. A) União de todos os domínios; B) Roseta apenas para lineamentos de drenagem; C) Reflete os relevos residuais sustentados pelas unidades; D) Exibe um padrão distinto associado a borda norte do domo; E) Apresenta influência direta da falha principal; F) Controle estrutural ortogonal à borda do domo.



Fonte: autor, 2025.

4.1.2 lineamentos de relevo

A análise dos lineamentos de relevo é uma etapa crucial para a compreensão da estruturação geológica de uma região, principalmente em áreas tectonicamente ativas ou com histórico de reativações estruturais, como o Domo de Monte Alegre. Segundo Penck (1953), os lineamentos representam feições lineares do relevo que indicam a presença de falhas, fraturas ou zonas de fraqueza crustal. No contexto da região estudada, essas feições são fundamentais para entender a evolução tectônica e a distribuição dos afloramentos.

Com base na análise dos dados estruturais coletados em campo, representados pelas direções estruturais individualizadas em domínios estruturais ("Dm"), foi possível identificar padrões significativos de orientação. A distribuição angular mostra concentração principal em intervalos de NNE-SSW, ENE-WSW e NNW-SSE, refletindo a presença de sistemas de fraturas predominantes.

A interpretação gerada a partir desses dados confirma a existência de dois principais sistemas de lineamentos: um com orientação NE-SW e outro NW-SE. Esses sistemas indicam uma interação complexa entre fases de compressão e distensão que afetaram a região em diferentes estágios. De acordo com Miranda (1983), esses padrões podem ser resultado de reativações estruturais associadas à tectônica intraplaca que atuou na Bacia Amazônica.

Figura 5 - A imagem evidencia um importante afloramento onde o eixo de dobra medido em campo acompanha a direção da falha principal que soergueu o domo. A estrutura controla a orientação das drenagens ao redor, indicando influência tectônica contínua, possivelmente associada a falhas menores e fases de reativação pós-compressiva.

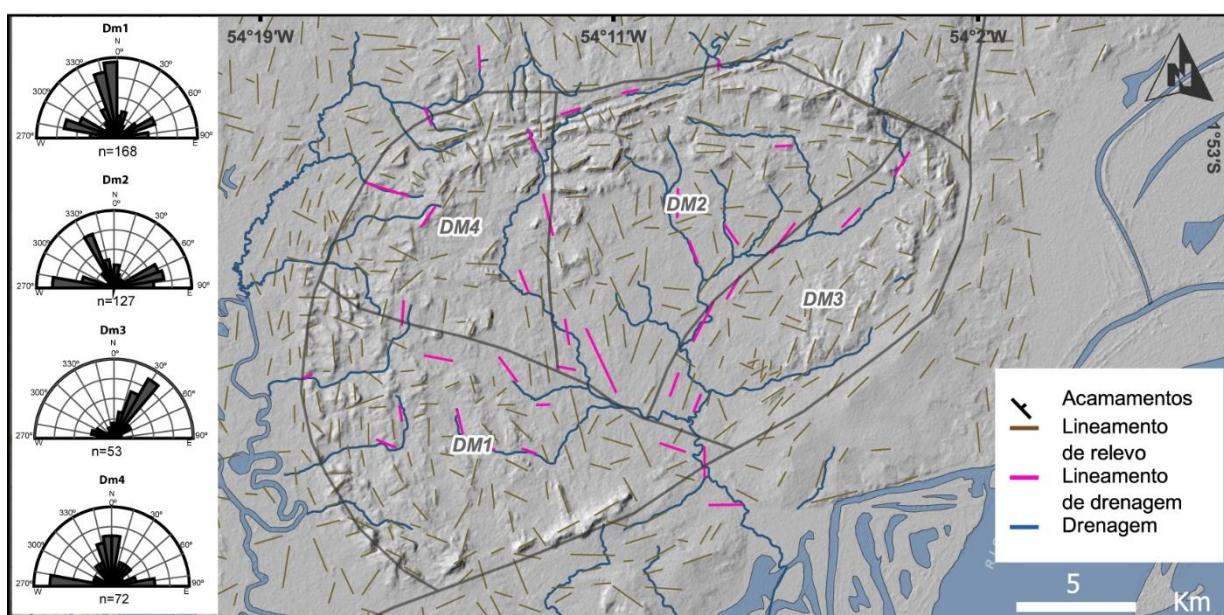


Fonte: autor, 2025.

As figuras 5 e 7 do trabalho ilustram a correlação direta entre os principais lineamentos e a posição dos afloramentos dobrados. Observa-se que os domínios com maior expressão topográfica coincidem com zonas de interseção ou maior densidade de lineamentos, sugerindo um controle estrutural direto sobre a gênese e preservação dessas feições. Almeida e Pinheiro (2006) destacam que em regiões como o Domo de Monte Alegre, as feições estruturais controlam significativamente a erosão diferencial e a exposição dos afloramentos. Bemerguy et al., (2002) reforça que os lineamentos observados em imagens e análises de campo são, muitas vezes, reflexo de profundas disjunções crustais que condicionam a morfologia atual. Neste estudo, a compatibilidade entre os dados estruturais de campo e os elementos morfológicos visíveis sugere forte relação entre a tectônica local e a geomorfologia.

A partir da análise estatística das direções estruturais levantadas, observou-se que o domínio 3 apresenta uma clara predominância de direções alinhadas ao sistema NE-SW, que corresponde à falha principal do domo, representando cerca de 22% do total de direções registradas. Esse padrão sugere um forte controle tectônico local, refletido diretamente na distribuição dos afloramentos. Os demais domínios (1, 2 e 4), embora apresentem padrões secundários consistentes, mostram maior dispersão direcional, indicando influências morfológicas semicirculares ligadas à formação do domo. Essa variabilidade está relacionada tanto à geometria original da estrutura quanto aos processos de erosão que afetaram diferencialmente as áreas analisadas.

Figura 6 - A) Modelo digital de elevação com sobreposição dos lineamentos (branco) em conjunto da rede de canais (azul) de primeira ordem os quais permitiram a extração dos lineamentos de drenagem (magenta).



Fonte: autor, 2025.

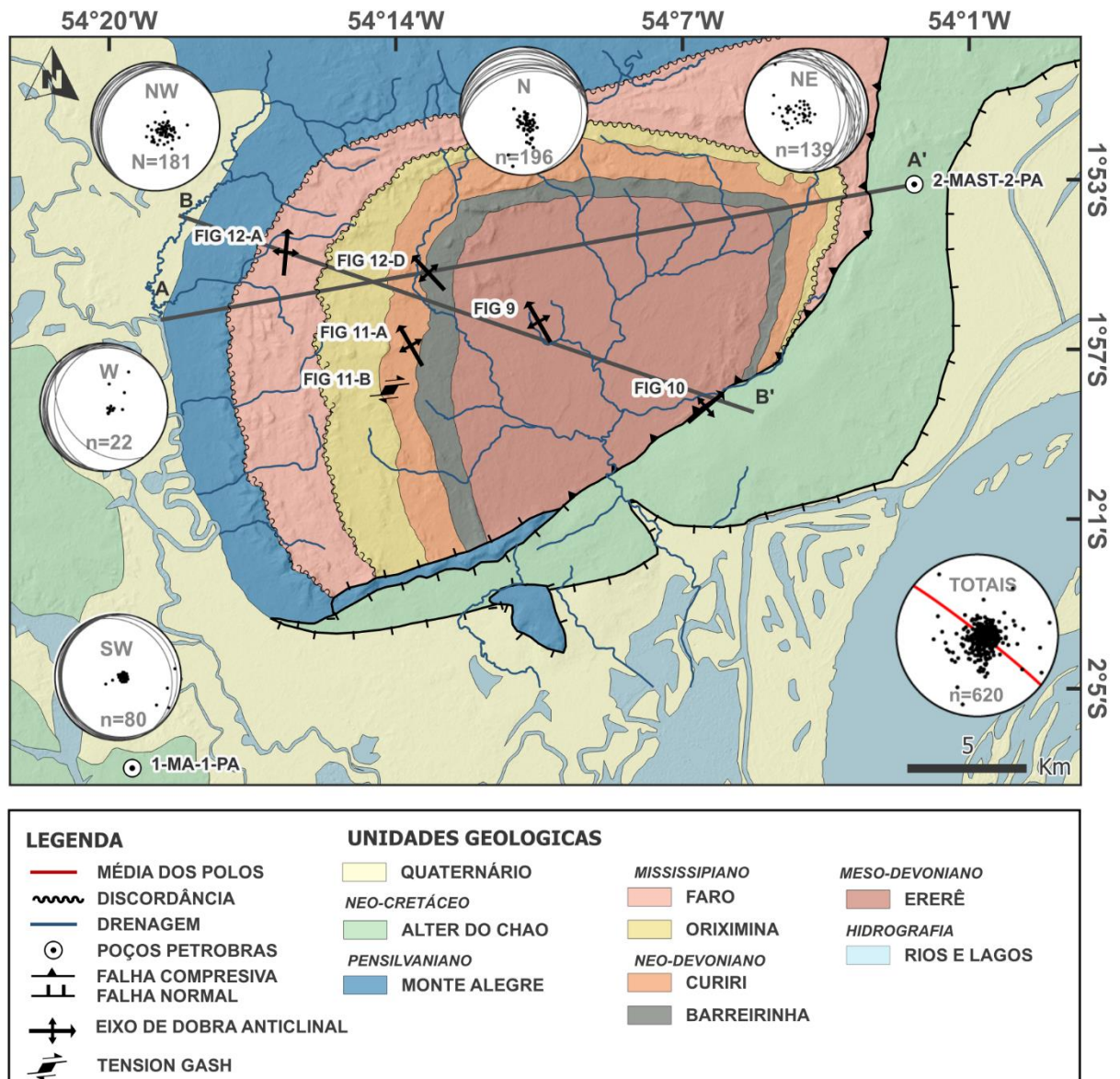
4.2 Análise estrutural

. O mapa geológico de detalhe em escala de 1:25000, apresenta a organização espacial das unidades litoestratigráficas da área, revelando uma sequência estratigráfica composta, da base para o topo, pelas formações Ererê, Barreirinhas, Curiri, Oriximiná, Faro e Monte Alegre. Essas formações cobrem um intervalo temporal que vai do Meso-Devoniano ao Pensilvaniano, com destaque para a exposição de unidades mais profundas no núcleo da estrutura, sugerindo significativo soerguimento.

Dados de poços na borda oeste do domo indicam que essas unidades retornam rapidamente ao mergulho regional, em áreas não afetadas pelos processos tectônicos, indicando que a deformação é local. O relevo atual reflete a erosão diferencial associada à compressão, que exumou unidades mais antigas. Na porção leste, a Formação Alter do Chão ocorre com acamamento inferior 2°, em contato lateral abrupto com as unidades paleozoicas por meio da Falha Itauajuri, indicando, portanto, posicionamento em região não deformada pela compressão. Outro ponto de destaque reside nas falhas paralelas na porção sudoeste do domo, na região do Parque estadual de Monte Alegre (PEMA). Contrastando com o relevo local, trata-se de *horst* posicionados junto ao espelho da falha, onde ocorrem arenitos estratificados da Formação Monte Alegre sem mergulho expressivo de acamamento, depositados no Pensilvaniano em sistema fluvial entrelaçado de clima desértico (Costa et al., 2020). De modo semelhante, a quebra de relevo á frente da cidade de Monte Alegre e sua quebra abrupta de relevo associada a mudança de vigência no Rio Amazonas, apontam para falhas normais em contexto de *hemigrabens*.

As informações estruturais coletadas em campo foram sistematizadas e integradas em estereogramas, permitindo a visualização de padrões de orientação e agrupamento de famílias estruturais (Fig. 7). A disposição conjunta dos polos dos planos de acamamento obtidas pelas análises possuem um valor aproximado de 132°/82° para o eixo da dobra que representa a estrutura dômica, alinhando-se com o padrão tectônico proposto e reforçando a hipótese de compressão em direção NNW– SSE. A distribuição dos estereogramas nos diferentes setores permite observar variações nas atitudes resultando em um padrão semicircular. As seções geológicas foram posicionadas de forma a representar os eixos de maior e menor intensidade de encurtamento, auxiliando na análise e interpretação da geometria interna da feição.

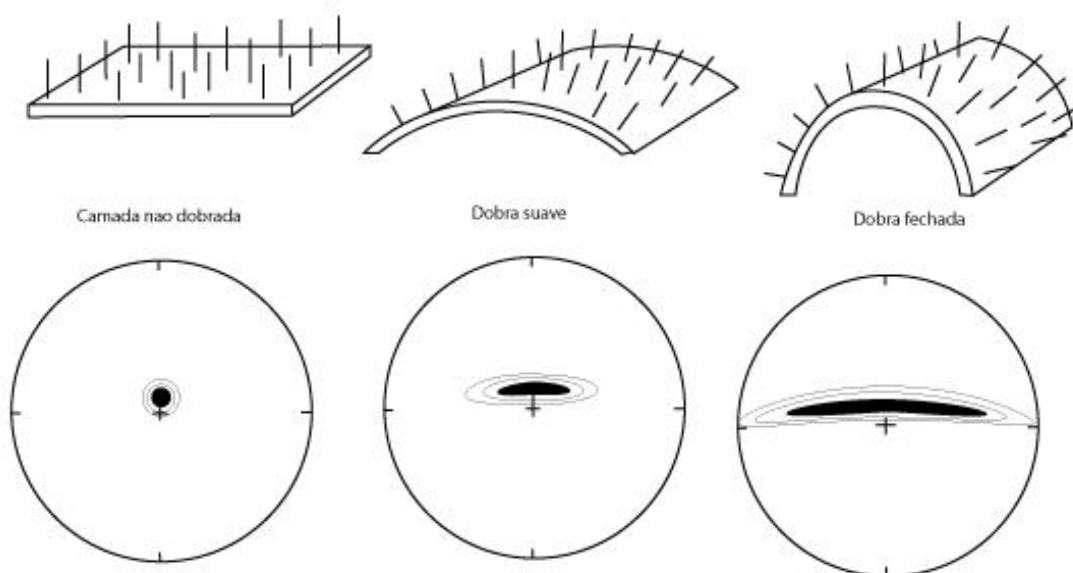
Figura 7 - Mapa geológico de detalhe do Domo de Monte Alegre (escala 1:25.000), evidenciando a disposição semicircular dos estratos e a atuação de falhas compressivas marginais. Afloram unidades sedimentares do Paleozoico, representadas por formações siluro-devonianas no núcleo (Ererê e Curuá), devonianas (Barreirinha, Curiri e Oriximiná) e carboníferas a permocarboníferas nas bordas (Faro, Monte Alegre e Itaituba). São indicadas também as seções estruturais A-A' e B-B', além dos estereogramas que registram a variação nas atitudes dos estratos conforme os diferentes setores do domo.



Fonte: autor, 2025.

As observações de campo realizadas ao longo dos principais afloramentos permitiram identificar um número expressivo de estruturas dobradas em escala local, representado por afloramentos do tipo cortes de estrada e lajedo, bem como feições subordinadas como falhas e fraturas, que contribuíram para a caracterização da deformação presente na área. A seleção dos afloramentos priorizou locais com boa exposição e relevância para análise cinemática.

Figura 8 - Diagramas esquemáticos mostram a evolução da geometria de uma camada desde a configuração não deformada até o desenvolvimento de dobras suaves e dobras fechadas. Abaixo, as respectivas projeções estereográficas indicam a concentração dos polos de acamamento: dispersão pontual em camadas não dobradas, agrupamento ovalado em dobras suaves e distribuição alongada em dobras fechadas, com alta variação angular. Adaptado de Marshak & Mitra (1998).



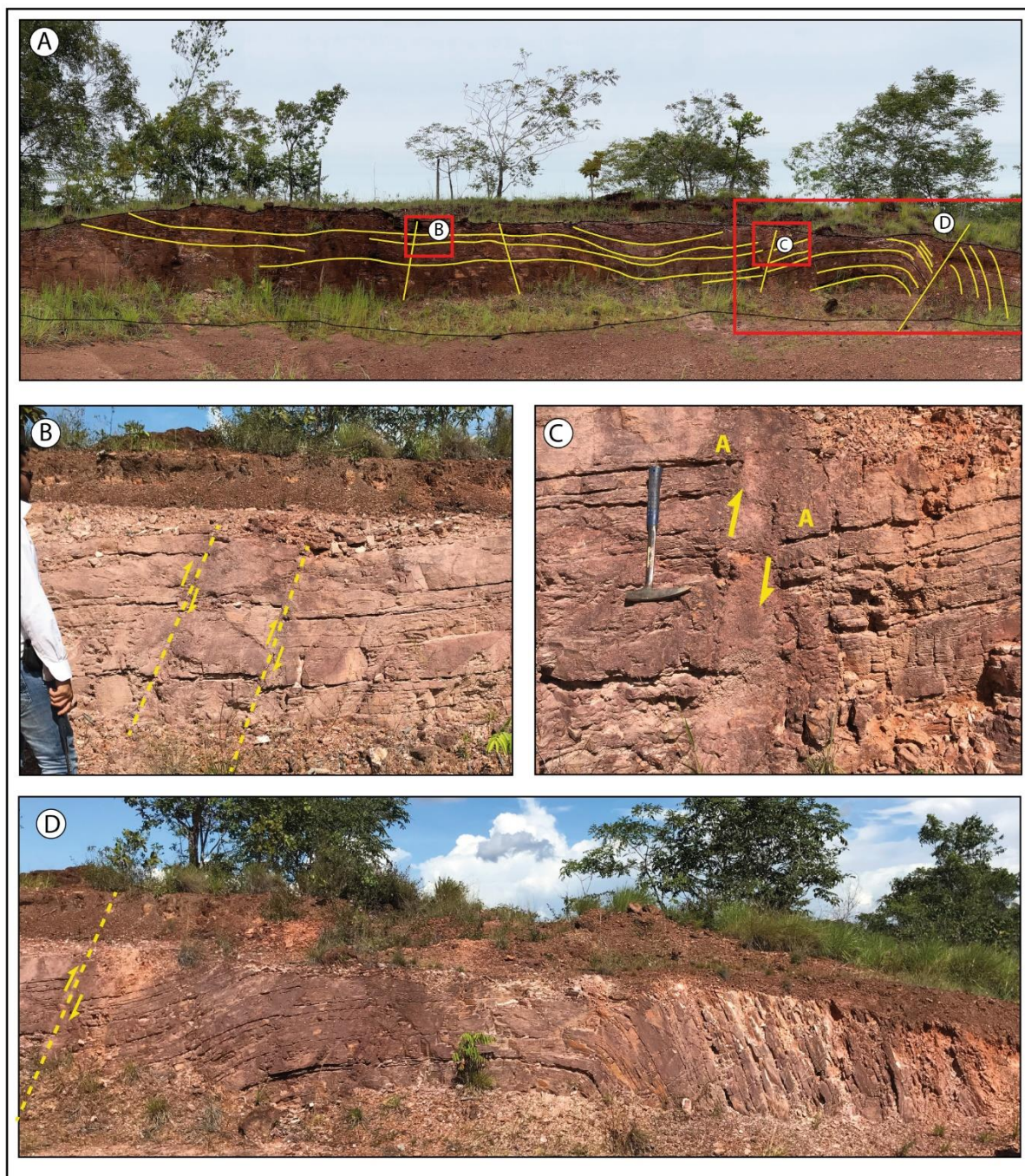
Fonte: Adaptado Marshak & Mitra (1998).

A distribuição dos polos dos acamamentos, visualizadas no estereograma, evidencia um padrão de agrupamento concentrado (Fig. 8), com mínima dispersão angular. Segundo a classificação proposta por Marshak & Mitra (1998), essa organização corresponde a um arranjo pontual, típico de dobras cilíndricas com eixo bem definido. A forte concentração dos polos ao redor de um vetor médio indica que os planos de acamamento compartilham orientações muito semelhantes, refletindo uma deformação sistemática e homogênea. A baixa dispersão dos dados está diretamente relacionada à geometria, o modelo gerado com base nos dados das medidas mostra uma dobra simétrica e caimentos suaves. Essa configuração sugere que as camadas acompanham o mesmo ângulo da superfície de falha em profundidade, atingindo valores máximos de mergulho próximos ao término da falha. Essa disposição reforça a interpretação de que a dobra presente no Domo de Monte Alegre é resultado de um único regime compressivo, com influência mínima de fases tectônicas posteriores, como a reativação em regime distensivo por falhas normais ou múltiplos eventos de tectônica compressiva.

As duas principais dobras foram descritas em siltitos laminados de coloração avermelhada, intercalados por níveis de arenito fino, litofácies típicas de ambiente plataformaraso (Caputo, 2014). Os planos de acamamento são bem preservados, apresentando atitudes variando de 5° a 20° de mergulho. Na região central do domo, cortes de estrada expõem os principais afloramentos estudados, representados nas Figuras 9 e 10. O primeiro afloramento mais próximo ao núcleo do domo (Fig. 7), apresenta uma dobra aberta (Fig. 9-A), com vergência para SW e eixo orientado em N25W. Falhas normais de pequena magnitude (Fig. 9-B), com rejeitos inferiores a 10 cm, foram observados *gouge* de falha associados a alteração hidrotermal e sulfetação. Essas falhas atuaram como importantes condutores de fluidos mineralizantes, conforme indicado por Pastana (1978). Esses afloramentos encontram-se posicionados sobre grandes lineamentos morfoestruturais visíveis em imagens de satélite (Fig. 6), que controlam grande parte da rede de drenagem e sugerem que as estruturas dobradas se desenvolveram de modo fractal em resposta a progressão da deformação e o conceito de família estrutural. A concentração dessas feições no setor central é justificada pela maior compressão esperada no núcleo da anticlinal que resultou no domo topográfico.

Foram analisadas 620 medidas de acamamento registradas na área do Domo de Monte Alegre. A maior parte dessas observações está concentrada no setor centroeste e nordeste da estrutura, correspondendo ao estereograma classificado como “TOTALIS” (Fig.7). Setores marginais, como SW, NE, N, NW e W, foram representados por conjuntos menores de dados, utilizados para avaliar variações locais na orientação dos estratos. A projeção estereográfica dos polos de acamamento, realizada em rede equal-area com orientação hemisférica inferior, mostra forte concentração em torno do centro da projeção, com distribuição predominantemente simétrica e baixa dispersão. Os dados indicam mergulhos baixos, com valor médio em torno de 13°. O primeiro vetor unitário orientado segundo 132°/82°, representa a direção média dos polos das superfícies de acamamento analisadas, indicando a orientação média dos planos. De acordo com Conti (2007), tal vetor define o alinhamento preferencial dos polos dos planos dobrados, sendo característico de dobras cilíndricas bem definidas, particularmente quando acompanhado por valores elevados de cilindridade, como os obtidos neste estudo (3,65). Essa configuração evidencia um claro regime tectônico compressivo, no qual a direção de maior encurtamento (σ_1) tende a ser subparalela a esse vetor, reforçando o caráter homogêneo e orientado da deformação.

Figura 9 - Afloramento na região central do domo, próximo à comunidade Vila Camp. A) Vista panorâmica do afloramento em corte de estrada na Formação Ererê, com realce das estruturas principais (em amarelo) e marcação dos pontos analisados (em vermelho); B) Conjunto de falhas normais ocorrendo ao longo do afloramento; C) Detalhe de uma das falhas, destacando o plano e o rejeito associado; D) Exposição de dobra aberta assimétrica, com camadas no flanco à leste da falha apresentando mergulhos suaves em contraste com o flanco posterior, onde atingem cerca de 70° . Nota-se que as camadas à esquerda da imagem retomam a horizontalidade, indicando possível enraizamento da dobra a poucos metros de profundidade.



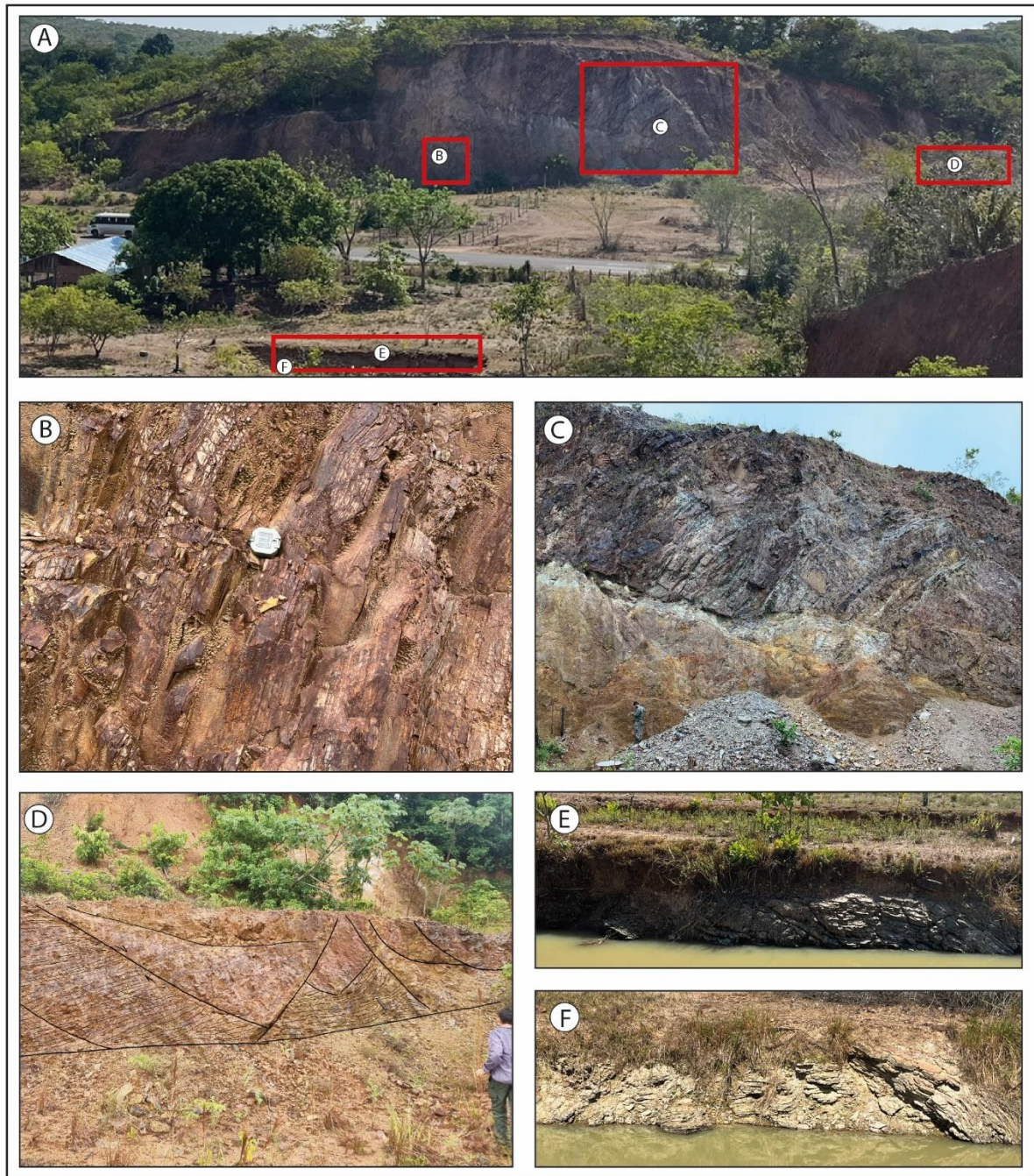
Fonte: autor, 2025.

O segundo afloramento analisado (Fig. 10), situado na porção leste do Domo de Monte Alegre, registra uma das feições estruturais mais significantes da área de estudo. A exposição revela uma dobra assimétrica de grandes dimensões, com cerca de 19 metros de altura por aproximadamente 40 metros de largura (10-A), localizada adjacente e com eixo paralelo a Falha Itauajuri (Fig. 5).

O afloramento analisado reflete diretamente os efeitos da atividade compressiva progressiva associada à Falha Itauajuri. Essa fase contracional gera a dobra assimétrica associada à falha, cujo eixo encontra-se orientado segundo N40E (Fig. 5). Na porção frontal da dobra (Fig. 10-B), observam-se camadas com mergulhos subverticais, que gradualmente diminuem em direção oeste até retomarem os valores regionais, indicando uma transição gradativa e sugerindo um enfraquecimento do campo de esforços à medida que se afasta da falha. Em uma fase posterior, instalou-se uma falha antitética bem definida (Fig. 10-C), que corta transversalmente a dobra principal e define um plano de reativação tectônica dentro da própria zona deformada, já em regime extensional. Além dessas estruturas, o afloramento exhibe feições características de distensão, como pequenos grabens (10-D), posicionados lateralmente ao plano da falha. O reconhecimento dessas estruturas evidencia um estágio de alívio tectônico, compatível com uma fase pós-encurtamento.

Ainda como parte do mesmo contexto aflorante, porém na margem oposta da rodovia, PA-255, estendendo-se por aproximadamente 200 metros em direção norte. Nessa porção a dobra reaparece, onde observa-se a continuidade estrutural da feição, mantendo a orientação axial e paralelismo em relação ao traço da falha principal (Fig. 5). A proporção da dobra reforça o controle estrutural exercido pela falha na sua formação e revela a influência lateral da estrutura na geometria e vergência das camadas. Feições estruturais comparáveis foram reconhecidas em afloramentos próximos, especialmente nos açudes situados ao norte da exposição principal (Fig. 10-E e F), caracterizados por dobras assimétricas de menor expressão e parasíticas, com geometria e cinemática condizentes com a estrutura principal. A complexidade estrutural registrada nesse afloramento fornece uma base representativa para interpretar a dinâmica deformacional do domo em escala regional, a partir de padrões observáveis em pequena escala. *Hemi-grabens* e outras falhas menores extensionais também podem ser visualizadas nesta porção do afloramento.

Figura 10 - A) Visão geral do afloramento com destaque para suas principais estruturas. (B) Camadas intensamente deformadas com mergulho subvertical, registradas na porção frontal da dobra. (C) Vista frontal da dobra assimétrica principal, com aproximadamente 19 m de altura por 40 m de largura, eixo orientado em N40E. (D) Sistema de falhas normais associado à fase distensional pós-encurtamento, caracterizado por blocos rebaixados (grabens). (E) e (F) Afloramentos em açudes próximos que evidenciam dobras assimétricas semelhantes, alinhadas ao traço da falha principal, reforçando a continuidade estrutural e o controle tectônico da feição.

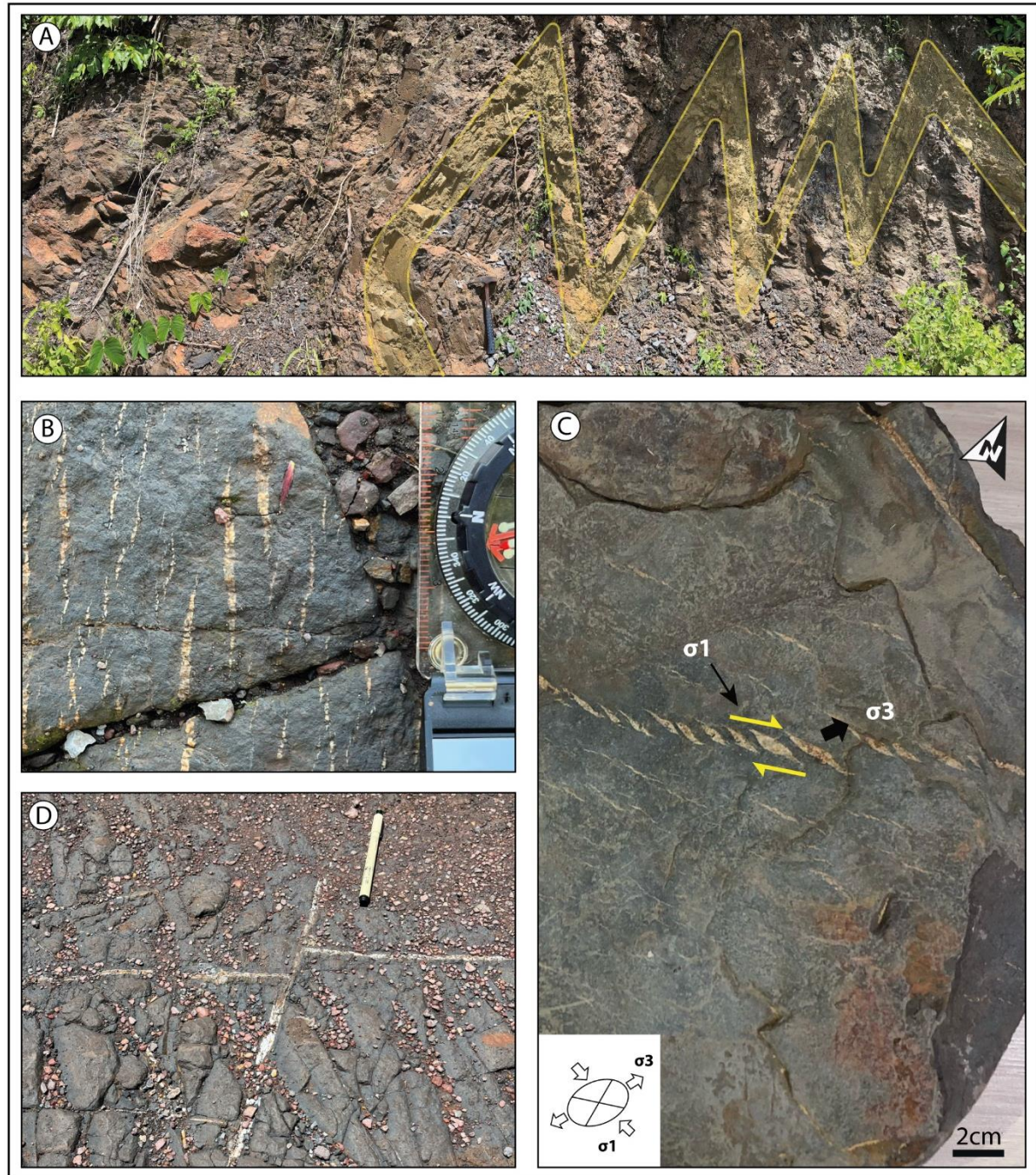


Fonte: autor, 2025.

Os afloramentos analisados na Formação Curiri também evidenciam uma deformação expressiva. Essa formação é composta predominantemente por folhelhos e argilitos e siltitos, características que conferem baixa competência mecânica e maior suscetibilidade à deformação. A plasticidade elevada desses materiais favorece a geração de dobras com geometrias distintas, como as dobras isoclinais e as dobras em estilo *chevron* (Fig. 11-A), que se desenvolvem sob condições tectônicas contracionais, sem resistência significativa ao encurtamento. Esse comportamento contrasta com o observado em litologias mais rígidas da região, onde predominam fraturas ou dobras mais abertas. Além disso, a Formação Curiri representa um importante registro paleoambiental, com sedimentos originalmente depositados em ambientes glaciais. Durante os episódios deformacionais, esses sedimentos sofreram dissolução, favorecendo a circulação de fluidos e a posterior precipitação de calcita em fraturas (Fig. 11-B), que são interceptadas e cortadas por falhas transcorrentes (Fig. 11-D), também preenchidas por calcita, indicando a sobreposição de eventos deformacionais, sendo a transcorrência naturalmente subordinada à compressão, como parte do processo de partição da deformação comum à maturação de terrenos sob influência de compressão.

As dobras analisadas possuem seus eixos orientados aproximadamente em N35°W (Fig. 7). Essa direção contrasta com os eixos descritos em afloramentos da Formação Ererê, onde há um alinhamento mais evidente com a falha principal do domo. A divergência observada está relacionada à posição estrutural do afloramento dentro do Domo de Monte Alegre. Próximo à zona de falha principal, as dobras tendem a seguir a direção da estrutura, refletindo a influência direta do controle tectônico. No entanto, à medida que se avança em direção às porções mais centrais e oeste do domo, os eixos das dobras menores passam a apresentar variações angulares dos caimentos dos flancos da dobra principal, indicando uma redistribuição do campo de tensões. Além das dobras, foram identificadas estruturas do tipo *tension gash* (Fig. 11-C), associadas a processos de abertura sob regime de cisalhamento. Essas estruturas apresentam orientação média em N71°E e foram geradas por um movimento de transcorrência sinistral, caracterizado por zonas de cisalhamento com componente tensional. A direção dos preenchimentos é subparalela à orientação da compressão principal (σ_1) relacionada à deformação regional do domo, indicando que os *tension gashes* funcionam como marcadores locais do campo de tensões ativo durante a evolução tectônica. Ressalta-se que o afloramento em que essas estruturas foram registradas está localizado diretamente sobre um lineamento regional de direção W–E, o que pode ter favorecido a reativação estrutural e a formação das feições observadas.

Figura 11 - Estruturas deformacionais registradas em folhelhos da Formação Curiri. (A) Dobra em chevron com eixo orientado em N35°W; (B) Corte de estrada mostrando folhelho com preenchimento de carbonato, caracterizando uma estrutura do tipo *Tension gash*; (C) Detalhe da amostra de *tension gash*, com orientação medida em N72°E; (D) Fratura cortada por falha transcorrente, ambas preenchidas por carbonato.

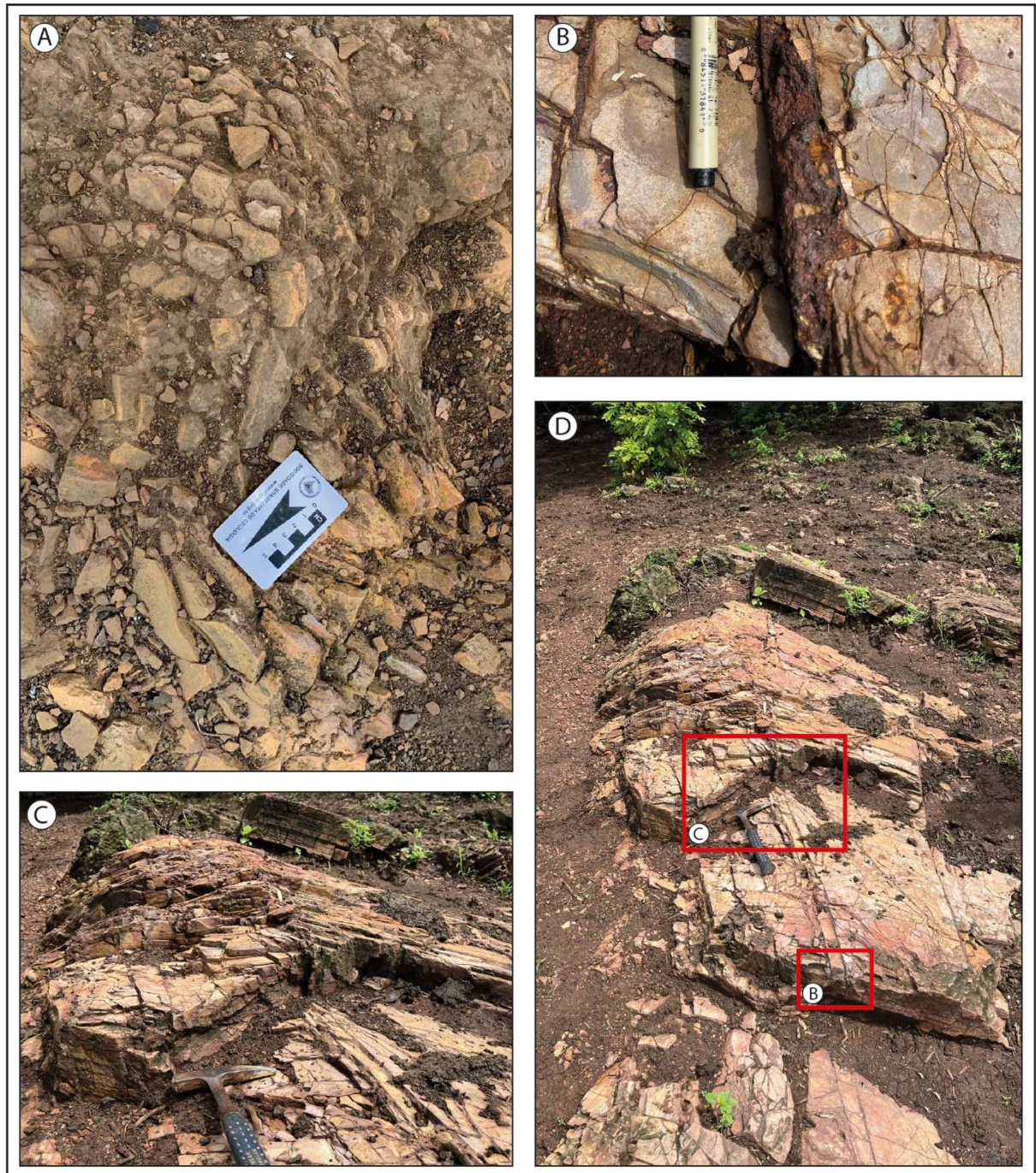


Fonte: autor, 2025.

As dobras ilustradas na Figura 12 foram agrupadas devido ao seu pequeno porte e à limitação de dados estruturais obtidos nos afloramentos, o que inviabilizou sua inclusão nos modelos de restauração. Um dos afloramentos, composto por argilitos da Formação Curiri, exibe dobra cilíndrica com fraturamento intenso e ao longo do plano axial, ocorre hidróxidos

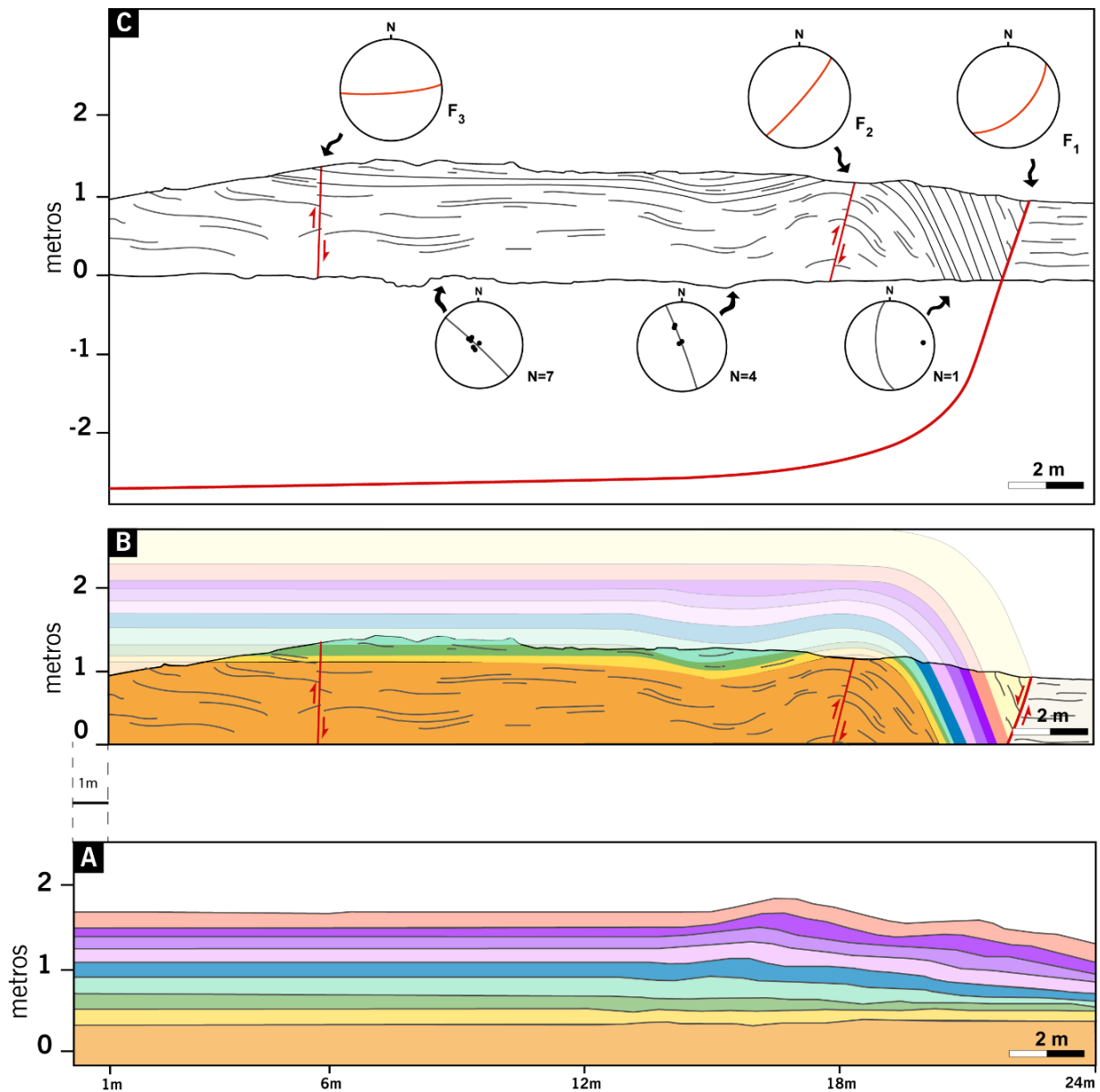
de ferro associado a atividade hidrotermal. Já na porção superior da Fm. Faro, observa-se uma dobra em siltito, com eixo orientado em N15°W.

Figura 12 - Afloramentos com registro de dobras em argilitos da Formação Curiri. (A) Dobra cônica registrada em siltito da Formação Faro, com eixo orientado em N15°W; (B) Detalhe de fratura paralela ao plano axial da dobra, preenchida por hidróxidos associados a alteração hidrotermal que percolou as fraturas; (C) Fotografia evidenciando os flancos da dobra, classificada como cilíndrica de caimento suave, com eixo orientado em N35°W; (D) Visão panorâmica do afloramento, indicando a localização das imagens B e C.



Duas restaurações estruturais foram realizadas em afloramentos da Formação Ererê, ambos situados próximos ao centro do Domo de Monte Alegre, com o objetivo de quantificar a deformação e compreender a formação do domo. A Fig. 13 corresponde ao afloramento indicado na Fig. 9 e a Fig. 14, corresponde ao afloramento ilustrado na Fig. 10. Para a localização espacial, consultar as figuras 1 e 7.

Figura 13 – Croqui esquemático de afloramento e restauração estrutural, as cores representam os diferentes estratos da mesma unidade litoestratigráfica. A) Modelo restaurado, indicando camadas originalmente sub-horizontais e encurtamento estimado em $\approx 4\%$; B) Estado atual: dobra aberta com vergência para SW e eixo $N25^\circ W$, cortada por três falhas normais (F_1 – F_3) de rejeito ≤ 10 cm; C) Croqui com polos de acamamento (estereogramas); maiores mergulhos concentram-se junto ao núcleo da dobra e diminuem gradualmente para W.

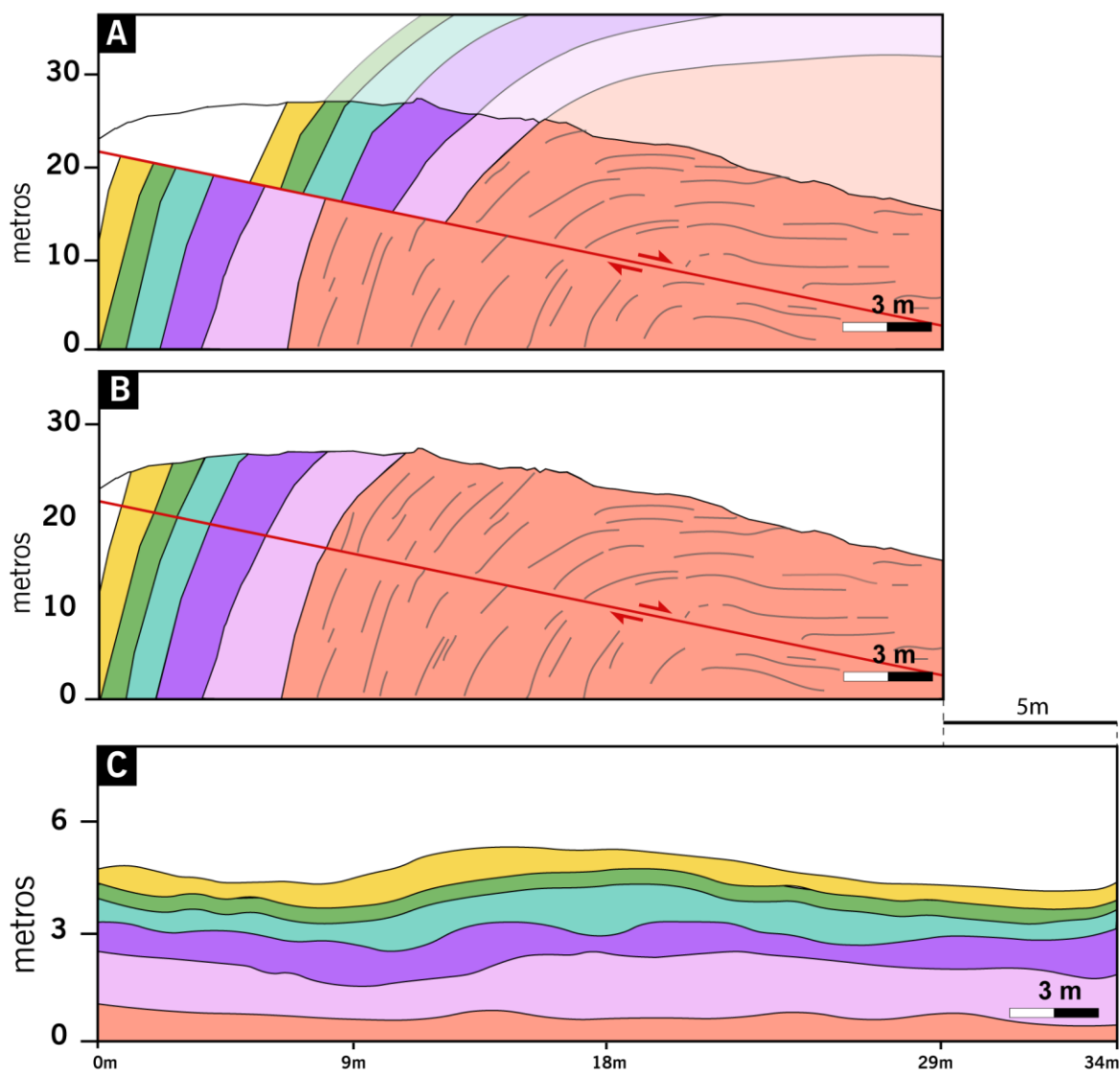


O afloramento representado na Figura 13 corresponde a um dos principais afloramentos analisados neste estudo, por apresentar uma dobra assimétrica bem definida, com eixo orientado na direção NW–SE. A geometria observada indica que a deformação está relacionada à propagação de falha, com a deformação concentrada no setor SW da exposição (à direita do afloramento ilustrado pela Fig. 13), onde se localiza a falha principal. Essa interpretação é sustentada pelas medidas de acamamento obtidas em campo e organizadas em estereogramas, apresentados na Figura 13-C. Os diagramas revelam uma progressiva variação no mergulho das camadas: à medida que se aproximam da falha principal, as camadas se inclinam de forma mais acentuada, evidenciando o aumento da deformação. Em sentido oposto, nas porções mais afastadas da falha, as camadas retornam gradualmente ao regional. Além disso, registra-se ocorrência de falhas secundárias, que foram interpretadas como estruturas geradas após o aumento da resistência com o avanço da deformação e o consequente falhamento em sentido oposto, com falhas progressivamente mais jovens à esquerda do afloramento ilustrado pela Fig. 13. Essas falhas inversas apresentam pequenos rejeitos (~10cm). A falha principal foi rastreada em profundidade utilizando o método de *chevron*, que se baseia no ângulo de chegada da falha e o ângulo das camadas deformadas a medida em que se distancia da falha. A aplicação dessa técnica permitiu estimar uma profundidade em torno de 2,5 metros, onde a falha entra em *detachment* e as camadas deixam de apresentar variações de mergulho e retornam à horizontalidade. A Figura 13B apresenta a geometria atual do afloramento com destaque para o topo da dobra, representado com opacidade, cuja posição foi reconstruída com base na continuidade das camadas, considerando a erosão que afetou o segmento superior. Já o painel Fig. 13A mostra o modelo restaurado, com as camadas reposicionadas à sua atitude original e espessura real preservada. O processo de restauração revelou um encurtamento estimado em 4%, com redução do comprimento em aproximadamente 1 metro.

O afloramento representado na Figura 14 é o mais expressivo do ponto de vista estrutural dentre os analisados, pela complexidade das estruturas que registra. Localizado diretamente sobre a falha Itauajuri, este afloramento exibe uma dobra assimétrica com eixo paralelo à orientação da falha mestra. A Figura 14-A mostra o estado atual do afloramento, onde é possível observar o dobramento das camadas e o deslocamento provocado por uma falha antitética que corta a estrutura. A interpretação estrutural sugere que, inicialmente, o afloramento foi dobrado durante a fase compressiva, e, em seguida, com o relaxamento pós-compressão da deformação ocorreu o desenvolvimento de uma falha normal antitética, que atravessou o flanco da dobra. Nesse estágio posterior, sob regime de relaxamento tectônico, essa falha promove o rejeito atualmente observado no contato entre as camadas.

A Figura 14-B representa a primeira etapa da restauração, na qual o deslocamento falha foi reconstituído. A Figura 14-C mostra o modelo final, com as camadas completamente desdobradas e reposicionadas em atitude horizontal, reconstruindo a configuração pré-deformacional da sequência. O resultado da restauração revela uma taxa de encurtamento de 14,7%, o maior valor registrado entre os afloramentos analisados. Isso corresponde a uma redução aproximada de 5 metros no comprimento original da seção restaurada.

Figura 14 - Restauração estrutural do principal afloramento analisado. Sequência mostra a fases da restauração estrutural: (A) afloramento deformado, com dobra e falha normal evidentes; (B) modelo com correção do deslocamento da falha, a sequência de restauração segue uma ordem cronológica dos eventos; (C) resultado com as camadas reconstituídas à posição original. As cores representam diferentes camadas. Esse afloramento resultou em taxas de encurtamento próximas a 15%, notar o deslocamento da restauração entre as imagens B e C.



Fonte: autor, 2025.

5. DISCUSSÃO

A evolução das bacias paleozóicas é comumente associada à tectônica sinéclise, caracterizada por uma estrutura relativamente simples e sem grandes complexidades. No entanto, a estrutura dômica de Monte Alegre demonstra que, localmente, podem ocorrer eventos compressivos em meio à tectônica extensional regional. À margem esquerda à jusante do Rio Amazonas, a aproximadamente 10 km a sudoeste da sede do município de Monte Alegre, destaca-se em meio a planície, uma proeminente feição topográfica em formato dômico alongado na direção do eixo NE-SW, com elevações que podem alcançar os 120m. Com primeiros relatos creditados a Hartt (1870), essa morfologia montanhosa tem sido tema dos mais diversos estudos (Pastana et al., 1978; Pastana, 1999; Lopes, 2005; Almeida & Pinheiro, 2007; Figueira, 2011). Entretanto, deve-se a Montalvão & Oliveira (1975), mais de cem anos depois, a interpretação da sua origem eojurássica relacionada às intrusões toleíticas básicas do evento magmático Penatecaua e a denominação da estrutura como braquianticlinal, com 30 km de comprimento e 20 km de largura. Caputo (2011) afirma que a feição do domo de Monte Alegre é uma estrutura local multifásica estabelecida apenas em parte da Plataforma de Alenquer, relacionada a Tectônica Terciária (Diastrofismo Xingu).

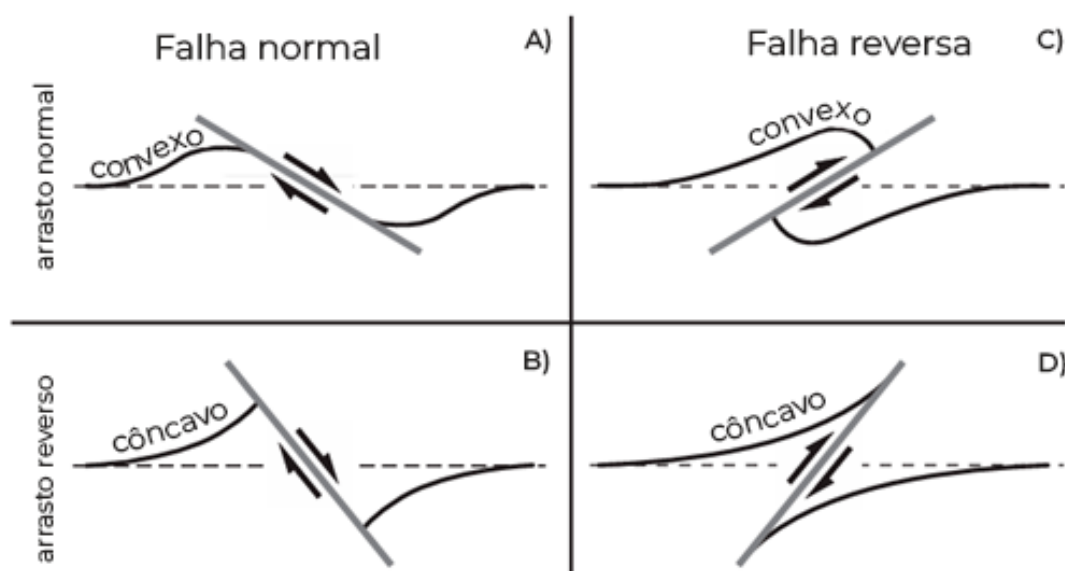
Estudos mais recentes como Almeida & Pinheiro (2007) atribuem o Domo de Monte Alegre a um possível exemplo de estrutura de inversão tectônica positiva, mediante reativação de falhas, sugerindo um papel secundário às intrusões para o soerguimento da estrutura. Figueira et al., (2012) atribuíram a implantação Jurocretácea do domo a uma fase de deformação associada ao magmatismo Penatecaua, e outra fase resultante da compressão da placa Sul-americana, em função do seu travamento pelas placas de Nazca e Cocos associadas ao Diastrofismo Juruá.

No entanto, à luz das observações estruturais mais recentes, essas propostas mostram-se insuficientes para explicar integralmente a configuração atual do domo. Importante destacar o fato de os diques do Penatecaua encontrarem-se sob efeito da deformação juntamente com as unidades sedimentares, demonstrando que sua instalação antecede os eventos deformacionais registrados no domo, inviabilizando sua atribuição como agente deformador primário. Além disso, um soerguimento topográfico jurássico, mesmo que vinculado a atividade magmática expressiva, dificilmente se preservaria com as feições estruturais atuais após longos períodos de intemperismo químico e erosão em clima tropical.

A compreensão da idade da deformação que originou o Domo de Monte Alegre pode ser estabelecida com base em evidências estratigráficas e estruturais, especialmente a partir da análise das relações entre a deformação e as unidades geológicas afetadas. Um dos principais elementos que sustenta a interpretação de que essa deformação é pós-cretácea é a interpretação de idade Cenozóica para a Formação Alter do Chão, conforme Cunha et al., (1994). As relações estratigráficas obtidas por meio dos dados estruturais e de mapeamento indicam que a Formação Alter do Chão se depositou antes da deformação que resultou no Domo de Monte Alegre, sendo erodida na região do Domo e preservada tanto à leste da Falha do Itauajuri quanto à oeste, após o Rio Maicuru. Considerando que durante o Cretáceo a Bacia do Amazonas experimentava um período de estabilidade tectônica do tipo sinéclise em meio aos estágios iniciais de abertura do Atlântico Sul e que a Fase Quechua III dos Andes corresponde ao único evento capaz de justificar o arranjo de tensores intraplaca que resultariam na estrutura contracional de Monte Alegre, interpreta-se uma idade provável Miocênica para a formação do Domo. A hipótese mais plausível, considerando o conjunto de evidências estruturais e regionais, é que a deformação tenha ocorrido durante o Mioceno ou período mais jovem, no contexto de ajustes intraplaca resultantes do soerguimento progressivo dos Andes. Embora o Domo de Monte Alegre esteja situado em uma posição relativamente distante da borda orogênica andina, diversos estudos apontam que a reativação de estruturas pré-existentes no Cráton Amazônico pode ter sido induzida por reorientações dos campos de tensões intraplaca, como resposta à colisão e ao avanço do orógeno andino sobre a borda ocidental da América do Sul. Essa interpretação é compatível com a cronologia da Formação Alter do Chão, cujos sedimentos mais antigos são anteriores ao início do soerguimento dos Andes, ainda no final do Cretáceo, indicando que o sistema tectônico regional já se encontrava em reequilíbrio desde aquele período. Além disso, a deformação registrada no domo pode estar geneticamente vinculada ao evento conhecido como Diastrofismo Xingu Caputo (2011), definido na literatura como um episódio tectônico cenozoico de reativação estrutural que afetou amplas porções do Cráton Amazônico, incluindo regiões adjacentes às bacias do Solimões e Amazonas. Esse evento é interpretado como uma resposta estrutural tardia às compressões intraplaca associadas à dinâmica andina, tendo ocasionado reativações, fraturamentos e soerguimentos localizados em terrenos estáveis. A associação entre esse diastrofismo e a estruturação do Domo de Monte Alegre é coerente tanto do ponto de vista cronoestratigráfico quanto estrutural, especialmente quando considerada a natureza localizada da deformação, a ausência de influência significativa sobre unidades mais jovens fora da zona de falha, e a geometria compatível com reativações de alto ângulo em embasamento rígido.

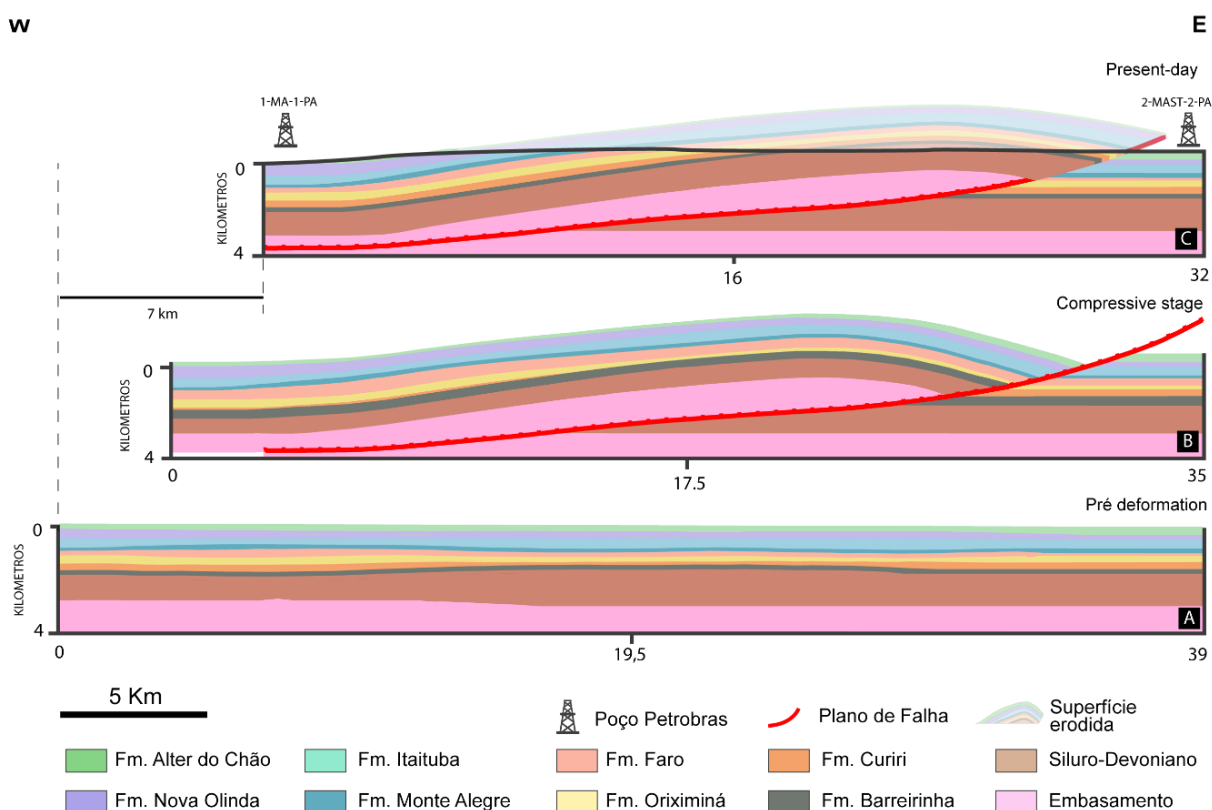
As estruturas identificadas no Domo de Monte Alegre são compatíveis com dobras por arrasto associadas a falhas inversas de alto ângulo, conforme descritas por Grasemann et al., (2005). Essas dobras resultam do cisalhamento diferencial gerado pela movimentação compressiva ao longo da falha, induzindo a flexão progressiva das camadas posicionadas no bloco superior (*hanging wall*). O mecanismo é caracterizado pela deformação localizada, onde o encurtamento é absorvido por flexão e cisalhamento próximos ao plano da falha, promovendo o arqueamento assimétrico das camadas adjacentes, como ilustrado na Figura 15-C. No Domo de Monte Alegre, a dobra métrica registrada no principal afloramento (Fig. 14) apresenta feições que sustentam essa interpretação: geometria fortemente assimétrica, mergulhos subverticais junto à falha (atingindo até 82°) e taxa de encurtamento de 14,7%, compatível com domínios crustais comprimidos. Essa configuração estrutural indica deformação localizada por arrasto ao longo de uma falha reversa ativa. De acordo com os critérios propostos por Suppe e Medwedeff (1990), trata-se de uma estrutura típica de tectônica (*thick-skinned*), com envolvimento direto do embasamento e deformação concentrada na borda da Falha Itaujuri. O tipo de deformação observado é característico de sistemas compressivos com falhas inversas, nos quais a propagação da falha induz flexão progressiva até a eventual decapitação das camadas superiores. No contexto do Domo de Monte Alegre, a geometria da dobra, associada ao alto grau de encurtamento e à participação do embasamento, reforça a hipótese de que a estrutura principal resulta de um único episódio compressivo.

Figura 15 - Representação esquemática das dobras por arrasto (*drag folds*) associadas à movimentação ao longo de falhas normais e reversas.



Fonte: Grasemann et al., (2005).

Figura 16 – Resultado da restauração mostrando as etapas evolutivas da deformação ao longo da seção A–A', posicionada paralelamente ao eixo principal de estiramento e sem exagero vertical. (A) Resultado da restauração final, com camadas reposicionadas em atitude horizontal; (B) Estágio intermediário, representando a fase compressiva responsável pela formação da dobra e soerguimento das unidades; (C) Situação atual do domo, com o topo da dobra erodido, expondo as unidades mais antigas. A falha basal (em vermelho) indica o controle estrutural sobre a geometria da dobra. A presença de poços da Petrobrás aonde as camadas retornam ao regional.



Fonte: autor, 2025.

A análise fractal dos elementos estruturais reforça essa interpretação ao revelar que a deformação se organiza como uma família estrutural recorrente, cuja geometria é observada tanto em estruturas locais quanto na configuração regional do domo. A validade desse modelo foi ampliada por meio das restaurações estruturais realizadas nas seções AA' e BB', que revelam a configuração do domo em profundidade e permitem quantificar a magnitude do encurtamento. A seção AA' (Fig. 16), orientada no sentido NE-SW e paralela ao eixo de maior encurtamento, registra os valores mais expressivos de deformação: aproximadamente 7 km de encurtamento e um rejeito de falha de 1.840 metros.

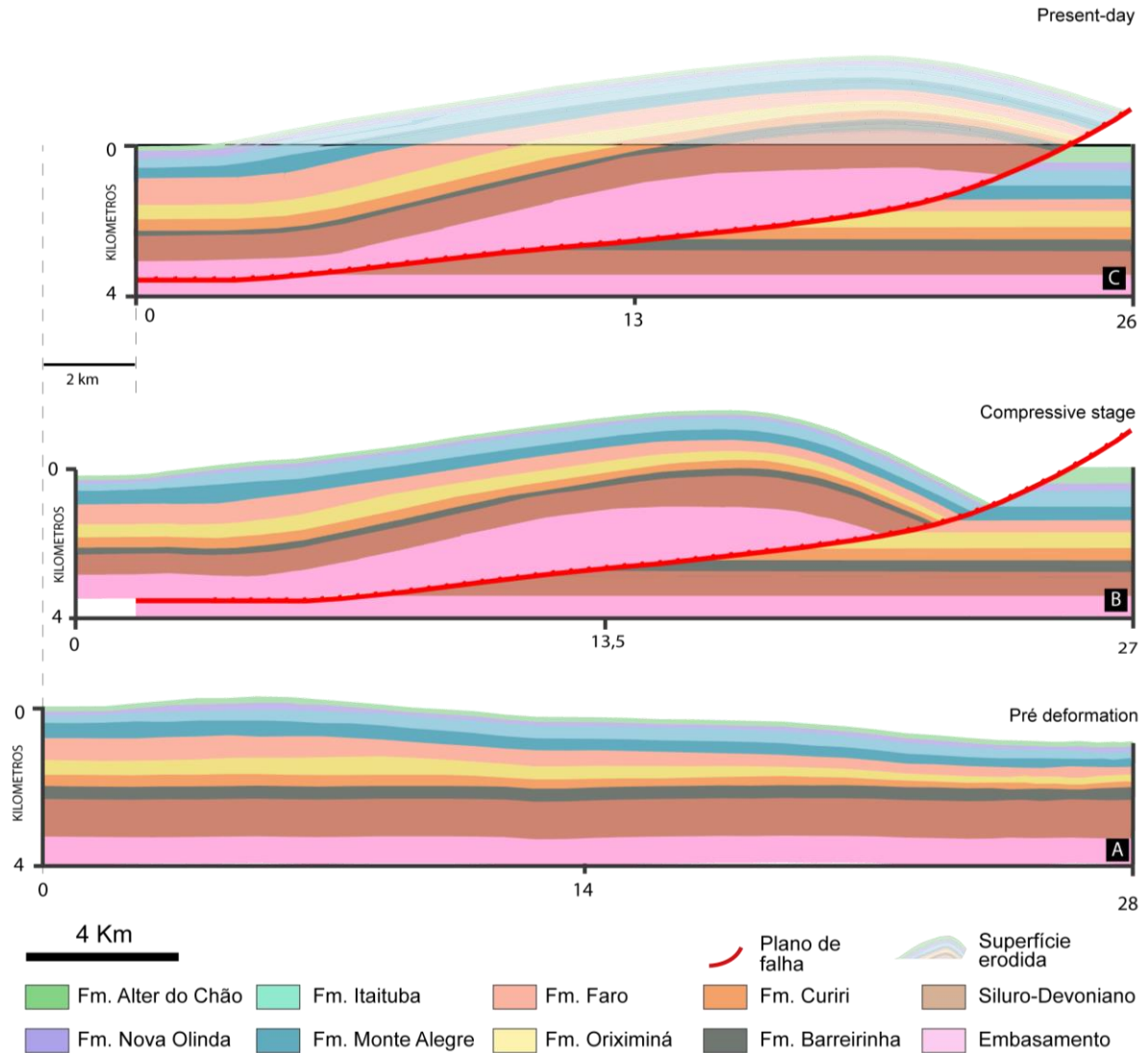
O contato do embasamento ocorre a cerca de 3,7 km de profundidade na região de Monte Alegre, valor estimado com base na interpretação do mapa estrutural do embasamento da Bacia do Amazonas, apresentado por Gonzaga et al., (2000), o qual foi elaborado a partir da integração de dados de poços profundos e perfis sísmicos regionais

A sequência ilustrada nas figuras 16 e 17 mostra três estágios evolutivos: (A) a seção restaurada, com as camadas horizontalizadas; (B) a fase compressiva ativa, em que a estrutura anticlinal é gerada pela movimentação da falha reversa; e (C) o estado atual da estrutura, já afetado por erosão significativa, estimada em cerca de 1.600 metros, a qual ocorreu de forma concomitante ao soerguimento tectônico, o que permitiu a exposição de unidades paleozoicas profundas, como a Formação Ererê. Foram utilizados dados dos poços da Petrobras 2-MAST-2-PA, a oeste do domo, e 1-MA-1-PA, a leste, para validar o modelo proposto nas seções restauradas. A partir dessas informações, constatou-se que as camadas retornam à sua atitude regional fora da zona central do domo, sem apresentar evidências de influência da deformação, reforçando o caráter localizado do encurtamento tectônico. A seção BB' (Fig. 17), por sua vez, está orientada no sentido NW-SE. Os resultados da restauração indicam um encurtamento de cerca de 2 km e um rejeito de falha de 1.780 metros, valores inferiores aos registrados na seção AA'. A sequência restaurada segue os mesmos estágios anteriores (A–C), e embora revele menor amplitude estrutural, confirma a mesma cinemática e estilo tectônico.

Ambas as seções restauradas demonstram que a estruturação do Domo de Monte Alegre resulta diretamente da movimentação compressiva ao longo da Falha Itauajuri, em um regime de tectônica em pele grossa (*thick-skinned*), com envolvimento do embasamento. A deformação observada é fortemente localizada e apresenta padrão geométrico consistente, reproduzível desde a escala de afloramento até a escala regional.

A integração entre os dados de campo, a análise fractal das estruturas, os elementos geométricos e os modelos restaurados reforçam a interpretação de que o dobramento tem origem predominantemente mecânica, sendo controlado por esforços crustais profundos que atuaram de forma sistemática na região. Esses resultados atribuem à compressão intraplaca um papel central na gênese e na configuração atual do domo. Apesar de classicamente as falhas principais da região serem referidas como falhas do Ererê e Itauajuri, os dados desta pesquisa apontam para uma única falha, que se ramifica à sudoeste para falhas em padrão *host*, associado ao soerguimento da Serra da Lua no Parque Estadual de Monte Alegre. A Formação Alter do Chão mostrou um importante controle por falhas, desde a falha inversa do Itauajuri, até uma série de *grabens* à leste no sentido das margens do Rio Amazonas.

Figura 17 - Resultado da restauração mostrando a deformacional ao longo da seção B–B', orientada no sentido NW–SE, transversalmente à seção A–A'. (A) Resultado da restauração final, com reposicionamento das camadas horizontalmente; (B) Estágio compressivo, representando a fase compressiva responsável pela geração da dobra por propagação de falha; (C) Configuração atual da estrutura, a erosão durante o soerguimento culminou na exposição das unidades devonianas.



Fonte: autor, 2025.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho realizou uma análise estrutural detalhada do Domo de Monte Alegre, situado na borda norte da Bacia do Amazonas, com o objetivo de ajudar a compreender sua gênese e evolução tectônica. A pesquisa se baseou na integração de dados obtidos em campanhas de campo realizadas entre 2018 e 2024, totalizando 620 medições de acamamento. As análises estruturais incluíram a caracterização de dobras, falhas e fraturas, associadas à aplicação de modelagem restaurativa em seções transversais.

Os resultados evidenciaram um encurtamento crustal superior a 7 km em seções restauradas e rejeitos de falha de até 1.840 metros, o que indica um regime de deformação do tipo *thick-skinned*, com envolvimento direto do embasamento cristalino. As principais estruturas observadas são dobras assimétricas geradas por falhas reversas de alto ângulo. Também foram identificadas feições distensionais, como falhas normais e pequenos *grabens*, interpretadas como fases tardias da evolução tectônica, subsequentes ao pico compressivo.

A idade da deformação é atribuída ao Mioceno, sendo associada diretamente ao Diastrofismo Xingu, conforme discutido por Caputo et al., (2011). Embora este autor não discuta diretamente a idade deste evento, o intervalo temporal entre o Diastrofismo Xingu e a fase de soerguimento andino permite correlacionar os dois contextos, considerando a propagação de estresses intraplaca.

Este trabalho se diferencia de abordagens anteriores por adotar uma metodologia quantitativa de restauração estrutural tridimensional aplicada diretamente a dados de campo. Ao contrário de estudos como os de Montalvão e Oliveira (1975), que atribuíram a formação do domo à intrusão de lacólitos, ou de Almeida e Pinheiro (2007), que propuseram reativações pós-terciárias atribuindo influência secundária ao Penatecaua, esta pesquisa, entretanto sustenta um modelo de compressão crustal com base em evidências estruturais e valores mensuráveis de encurtamento. Levantamentos de campo recentes forneceram dados cruciais para a interpretação da evolução compressiva da região, e este estudo aprofunda tal abordagem ao incluir a modelagem quantitativa como ferramenta de verificação.

Este trabalho contribui para a compreensão dos mecanismos de deformação intraplaca no Cráton Amazônico e reforça a importância do Diastrofismo Xingu como evento tectônico de grande escala. A abordagem adotada também fornece subsídios para investigações aplicadas, especialmente aquelas voltadas à prospecção mineral e ao reconhecimento do potencial estrutural da região.

REFERÊNCIAS

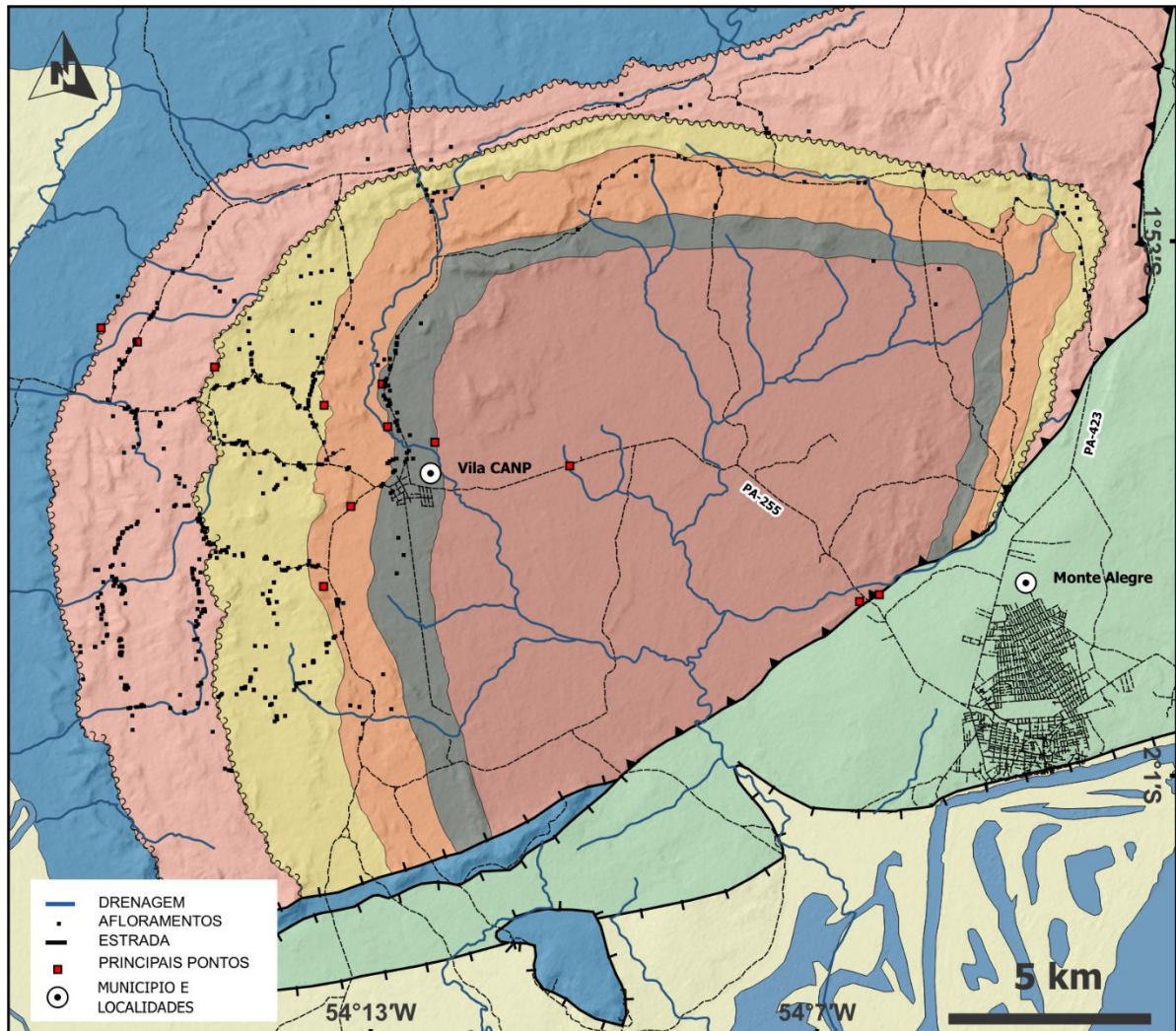
- ALMEIDA, C. & PINHEIRO, R.V.L. 2007. O Domo de Monte Alegre como possível exemplo de estrutura de inversão tectônica positiva no contexto da Bacia do Amazonas – PA. XI SNET e V International Symposium on Tectonics of the SBG, SBG - NE, Natal (2007), pp. 41-44
- ALMEIDA, C., PINHEIRO, R.V.L. O Papel das Falhas na História Tectônica do Domo de Monte Alegre, Bacia do Médio Amazonas, PA. In: PDPETRO, 4, Anais... Campinas, SP, 2006. pg. 01 a 08.
- BEMERGUY, R.L.; COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; SOARES JR., A. V. Structural geomorphology of the brazilian amazon region. In: KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. (org.). Contribuições à geologia da Amazônia. Belém: SBG-Núcleo Norte, 2002. p. 245-257.
- BRANDES, C.; TANNER, D. C. Fault-related fold kinematics. Springer International Publishing, 2014. 353 p.
- BUTLER, R. W. H. et al.,. Structural inheritance, stress re-orientation and basement-controlled deformation. *Journal of Structural Geology*, v. 137, p. 104091, 2020.
- CAPUTO M.V. Bacia do Amazonas: estratigrafia, tectônica e magmatismo. 2014.
- CAPUTO, M.V. 1984a. Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and Paleogeography of Northern basins of Brazil. Tese doutorado, Universidade da California (EUA), 583 p.
- CAPUTO, M.V. 2011. Discussão sobre a Formação Alter do Chão e o Alto de Monte Alegre. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/275892788_Discussao_sobre_a_Formacao_Alt_er_do_Chao_e_o_Alto_de_Monte_Alegre. (Acesso em 30 de maio de 2025).
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blucher, 2ª. edição, 1980.
- CONCEIÇÃO, J. C. J., ZALÁN, P.V., DAYAN, H. Deformações em Rochas Sedimentares induzidas por Intrusões Magmáticas: Classificação e Mecanismos de Intrusão. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 7 (1/4), p. 57-91, 1993.
- CONTI, Bruno; BRUNETTI, Alberto; MARINO, Maria. Applicazione dell’analisi stereografica nella geologia strutturale. In: 6º Congresso Nazionale di Scienze della Terra – Geoitalia 2007, Rimini, Itália. Anais [...]. Rimini: SGI-SIMP, 2007. p. 1–6.
- COSTA, MC. Oliveira, RS. Barbosa, R.C.M.; Mota, C. B. 2020. Early Pennsylvanian fluvial - Aeolian interplay in the Amazonas Basin (central-western Gondwana) and its relation to marine transgression. *Journal of South American Earth Sciences*, 112, 103574.

- CUNHA P.R.C., GONZAGA F.G., COUTINHO L.F.C., FEIJÓ F.J. Bacia do Amazonas. Boletim Geociências Petrobras, v. 8, n. 1, p. 47-67. 1994.
- DAEMON, R. F.; CONTREIRAS, C. J. A. Zoneamento palinológico da Bacia do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1971, v. 3, p. 79-88.
- DAEMON, R.F., 1975. Palinomorfos-guias do Devoniano Superior e Carbonífero Inferior das Bacia do Amazonas e Parnaíba. An. Acad. Brasil. Ci. 46, 549-587.
- FIGUEIRA, I.F.R. 2011. Tectônica deformadora do Domo de Monte Alegre – Pará. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 151p.
- FIGUEIRA, I.F.R.; Dalamuni, E.; Mancini, F. 2012. Deformação dútil em rochas do magmatismo Penatecaua no domo de Monte Alegre (PA). Revista Brasileira de Geociências, 42(4): 772-784
- GONZAGA, F. G.; GONÇALVES, F. T. T.; COUTINHO, L. F. C. Petroleum Geology of the Amazon Basin, Brazil: modeling of hydrocarbon generation and migration. In: MELO, M. R. and KATZ, B. J. (Ed.). Petroleum Systems of South Atlantic Margins. AAPG Memoir 73, p. 159 -178. 2000.
- GRASEMANN, B.; SCHMID, D. A.; MANCKTELOW, N. S. Quantitative classification of folds: geometric parameters and kinematic implications. Journal of Structural Geology, [S.l.], v. 27, n. 4, p. 689–705, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2004.12.004>.
- HARTT, C.F. 1870. Geology and Physical Geography of Brazil. Robert E. Krieger Publ. Company, New York, Impressão de 1975, 620p.
- HUGHES, A. N.; YONELY, L. S.; STICKNEY, M. C. Kinematic development of fault-propagation folds: insights from physical and numerical modeling. Journal of Structural Geology, v. 64, p. 95–108, 2014.
- JAMISON, W. R. Geometric analysis of fold development in overthrust terranes. Journal of Structural Geology, v. 8, n. 7, p. 775–788, 1986.
- LACOMBE, O.; BELLAHSEN, N. Thick-skinned tectonics and basement-involved deformation. Tectonophysics, v. 680, p. 1–4, 2016.
- LOPES, E.C. dos S. 2005. Estudos hidrogequímicos e geofísicos na região da braquidobra de Monte Alegre-PA. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 87p.
- MARSHACK, S.; MITRA, G. Basic methods of structural geology. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 446 p.

- MILANI, Edison José; ZALÁN, Pedro Victor. Um esboço da geologia e dos sistemas petrolíferos das bacias interiores do Paleozóico da América do Sul. *Episódios Journal of International Geoscience*, v. 3, pág. 199-205, 1999.
- MIRANDA, E. E. O papel das estruturas pré-cambrianas na compartimentação da Bacia do Amazonas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 13, n. 1, p. 43–50, 1983.
- MONTALVÃO. R.M.G.; Oliveira. A.S. 1975. Geologia Branquianticlinal de Monte Alegre e da Rodovia Monte Alegre – Prainha. Belém, Projeto Radam Brasil. Folha SA.21, DNPM, 409p. 1975.
- PASTANA, J.M.N., Souza, A.M.M., Vale, A.G.V., Faria, C.A.S., Santos, M.E., Assunção, P.R.S., Frizo, S.J., Lobato, T.A.M. 1978. Projeto sulfeto de Alenquer, Monte Alegre, relatório final. Ministério das Minas e Energias. Departamento Nacional de Produção Mineral, convênio DNPM/CPRM.
- PASTANA, S.M.N. 1999. Síntese geológica e favorabilidade para tipos de jazimentos minerais do Município de Monte Alegre-PA. Belém, CPRM/PRIMAZ. 34p. Relatório Técnico.
- PENCK, W. Morphological analysis. London: Macmillan, 1953. 429 p.
- RODRIGUES, S. C. et al.,. Influência de estruturas tectônicas sobre o padrão de drenagem do rio Araguaia. *Geociências*, v. 22, n. 1, p. 57–64, 2003.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. In: *Revista do Departamento de Geografia*. São Paulo: Edusp. n.6, 17-30p. 1992.
- SANTOS J.O.S. 1974. Considerações sobre a bacia Cenozóica Solimões. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Anais, p. 3-11
- SANTOS J.O.S., HARTMANN L.A., GAUDETTE H.E., GROVES D. I., MCNAUGHTON N.J., FLETCHER I.R. A new understanding of the Amazon Craton Provinces based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research*, v.3. n. 4, p. 453-488, 2000.
- SCHOBENHAUS, C. A evolucao da plataforma Sul-America no Brasil e suas principais concentracoes minerais. *Geologia do Brasil*, p. 9-53, 1984.
- SUPPE, J.; MEDWEDEFF, D. A. Geometry and kinematics of fault-propagation folding. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, [S.l.], v. 83, p. 409–454, 1990.
- WALLACE, A. R. The Amazon: a narrative of exploration. New York: Dover, 1939. 336 p.

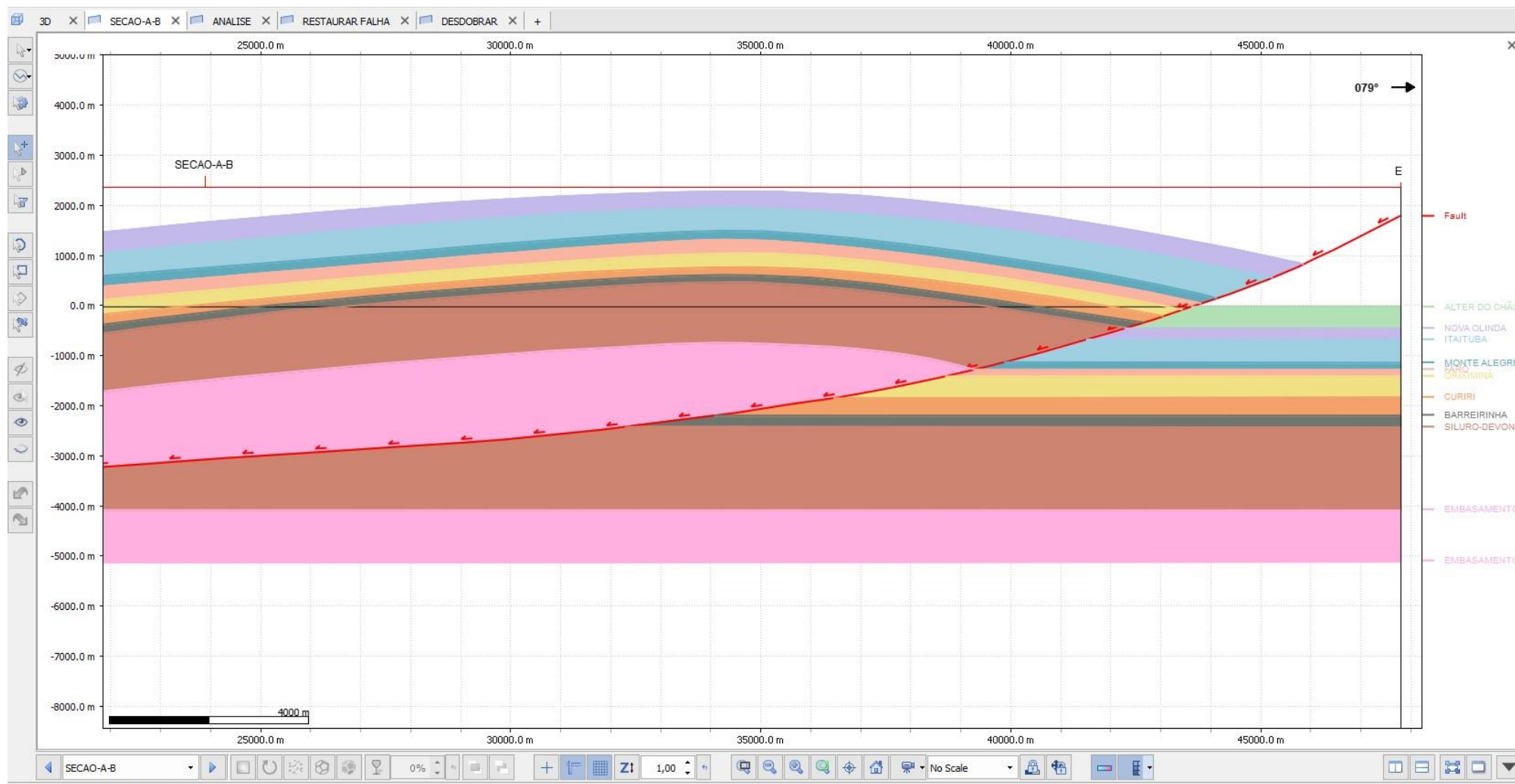
APÊNDICES

Apêndice 1 - Este mapa apresenta a totalidade da base de dados estruturais e de campo levantada até o ano de 2025, abrangendo toda a área de estudo. Os pontos plotados em preto correspondem a locais onde foram realizadas medições de atitude, fundamentais para a análise cinemática e elaboração dos estereogramas. Os pontos em vermelho indicam os principais afloramentos visitados, cujas feições estruturais e litológicas foram descritas de forma detalhada ao longo do trabalho. A integração espacial desses dados permite a visualização da distribuição das estruturas mapeadas, facilitando a correlação entre domínios estruturais, identificação de tendências de deformação e a definição de seções geológicas representativas utilizadas na modelagem estrutural.



Fonte: autor, 2025.

Apêndice 2 - Seção geológica modelada no *software Move*. Imagem gerada a partir do ambiente de modelagem estrutural do programa Move, utilizado neste trabalho para realizar a restauração e a simulação da evolução deformacional do Domo de Monte Alegre. A partir desta modelagem, foi possível reconstruir a geometria original das camadas, estimar as direções principais de encurtamento e quantificar a taxa de deformação tectônica.



Fonte: autor, 2025.

APÊNCIDE 3 - TABELA DE PONTOS INTEGRADA										
NOME	LONG	LAT	DIP	DIR		NOME	LONG	LAT	DIP	DIR
I-24-P01	810597	9791593	6	281		VI-19-P03	808383	9781872	20	299
I-24-P07	810445	9789496	3	325		VI-19-P04	809580	9779236	29	276
I-24-P09	808229	9791828	16	310		VI-19-P05	808867	9778876	10	302
I-24-P11	808365	9791189	5	290		VI-19-P06	808812	9778511	10	275
I-24-P13	808116	9790148	15	306		VI-19-P07	808142	9781013	8	225
I-24-P28	805050	9791210	17	305		VI-19-P08	807965	9780845	10	240
I-24-P17	804395	9790184	13	270		VI-19-P09	807646	9780407	8	189
I-24-P19	805191	9789724	90	220		VI-19-P10	807151	9779714	8	253
I-24-P22	805308	9789625	19	310		VI-19-P11	806922	9779072	10	278
I-24-P25	805671	9789395	5	344		VI-19-P12	806720	9779045	8	274
I-24-P27	805151	9791335	10	333		VI-19-P13	806665	9778935	15	262
I-24-P30	804756	9790501	12	294		VI-19-P14	808781	9779292	45	116
I-24-P32	804131	9790080	13	282		VI-19-P15	808554	9779332	10	275
I-24-P34	807586	9790063	10	294		VI-19-P17	807777	9779389	25	17
I-24-P37	807550	9790502	10	291		VI-19-P19	807387	9779897	68	281
I-24-P39	807340	9789992	24	340		VI-19-P20	807288	9779879	30	255
I-24-P42	808603	9789869	10	294		VI-19-P21	806504	9781957	48	262
I-24-P15	807849	9790106	13	295		VI-19-P22	806138	9779726	20	225
IV-24-P01	807520	9786920	3	220		VI-19-P23	806428	9779524	5	220
IV-24-P02	807557	9787055	6	225		VI-19-P24	806585	9779366	5	328
IV-24-P03	807589	9787143	2	226		VI-19-P25	806552	9779342	23	259
IV-24-P04	807612	9787242	3	262		VI-19-P01	806678	9779536	15	244
IV-24-P05	807649	9787360	4	220		VI-19-P02	807204	9779812	10	261
IV-24-P07	807628	9787520	3	261		VI-19-P03	807545	9779911	12	247
IV-24-P08	807781	9787594	3	261		VI-19-P04	809125	9779658	15	80
IV-24-P12	807607	9788523	6	244		VI-19-P05	808349	9781133	5	355
IV-24-P14	808382	9789003	3	334		VI-19-P06	806729	9781355	20	244
IV-24-P19	805193	9787242	11	222		VI-19-P07	806175	9780811	14	320
IV-24-P21	805587	9787268	17	282		VI-19-P08	806049	9779938	10	298
IV-24-P24	805908	9787390	4	230		VI-19-P09	805931	9779796	10	266
IV-24-P24	806308	9787392	17	164		VI-19-P10	805917	9779774	9	237
IV-24-P25	806895	9787312	12	291		VI-19-P11	805839	9779749	18	238
IV-24-P27	807115	9787104	9	286		VI-19-P12	805710	9779609	8	286
IV-24-P29	806296	9787413	8	200		VI-19-P13	805253	9779547	12	251
IV-24-P30	806137	9787649	2	278		VI-19-P14	806430	9779522	8	277
IV-24-P31	806087	9788065	6	290		VI-19-P15	802335	9781605	8	265
IV-24-P45	802796	9787720	8	294		VI-19-P16	802336	9781487	12	248
IV-24-P47	803051	9788165	9	346		VI-19-P17	802761	9789503	14	295
IV-24-P57	809706	9788080	17	180		VI-19-P18	802799	9780630	18	271

IV-24-P	803744	9789339	8	340	VI-19-P19	802915	9779759	10	251
IV-24-P	805679	9789373	5	344	VI-19-P20	804879	9781713	22	328
IV-24-P	807879	9787608	4	259	VI-19-P21	804834	9781634	12	321
IV-24-P	809747	9788477	11	282	VI-19-P22	804789	9781540	12	266
IV-24-P	808151	9788491	6	261	VI-19-P23	804740	9781733	20	203
III-24-P01	807519	9786906	2	247	VI-19-P24	804708	9781313	8	266
III-24-P02	807442	9786708	10	280	VI-19-P25	804693	9781295	20	272
III-24-P04	807248	9786734	7	295	VI-19-P26	804656	9780968	12	242
III-24-P06	807663	9786255	40	255	VI-19-P27	804699	9780486	24	149
III-24-P07	808139	9785594	4	265	VI-19-P28	804820	9779898	10	245
III-24-P08	807857	9785318	5	205	VI-19-P29	804750	9779822	10	220
III-24-P10	806426	9785602	4	334	V-19-P03	807612	9782790	12	279
III-24-P11	806150	9785587	6	225	V-19-P11	806889	9782691	20	271
III-24-P14	804590	9786923	8	324	V-19-P12	806850	9782698	8	300
III-24-P16	809775	9786167	5	260	V-19-P15	806652	9782385	8	298
III-24-P19	809627	9785443	8	290	V-19-P17	806506	9781958	8	271
III-24-P20	809499	9785352	2	312	V-19-P18	806473	9782982	9	214
III-24-P21	809635	9785123	4	344	V-19-P20	805878	9783045	12	232
III-24-P22	809337	9784783	4	289	V-19-P28	805060	9783329	10	282
III-24-P26	802912	9785617	9	261	V-19-P31	804860	9783669	20	280
III-24-P29	803243	9786193	13	276	V-19-P32	804979	9783737	10	214
III-24-P30	803179	9786474	10	299	V-19-P33	804880	9783769	8	272
III-24-P31	803195	9786647	15	295	V-19-P34	804843	9783854	20	255
III-24-P33	803825	9786341	12	290	V-19-P36	804764	9783911	10	245
III-24-P	805218	9786346	9	295	V-19-P38	804745	9783976	8	280
III-24-P	805150	9785979	5	292	V-19-P40	804853	9781912	12	278
III-24-P	806902	9785313	4	280	V-19-P42	804774	9782145	10	268
III-24-P	807350	9785246	4	307	V-19-P43	804770	9782219	8	305
III-24-P	809550	9786862	6	263	V-19-P44	804727	9782326	12	274
III-24-P	809740	9786604	7	340	V-19-P45	804628	9782509	8	274
V-24-P02	806501	9781952	14	252	V-19-P47	804520	9784299	10	193
V-24-P03	806530	9781872	16	270	V-19-P48	804422	9784299	14	277
V-24-P04	806647	9781622	13	231	V-19-P56	802886	9783647	18	225
V-24-P10	806187	9780224	7	310	V-19-P57	802857	9783611	10	312
V-24-P11	806063	9780029	12	290	V-19-P58	802756	9783345	8	271
V-24-P12	806143	9779713	9	273	V-19-P61	802572	9782787	10	285
V-24-P14	806588	9779366	8	250	V-19-P63	802793	9782295	10	181
V-24-P15	806706	9779066	14	272	V-19-P64	802837	9782108	8	250
V-24-P16	805922	9779762	4	250	V-19-P66	802861	9782120	10	283
V-24-P33	809135	9779660	17	55	V-19-P69	802254	9782019	10	276
V-24-P38	807222	9779876	6	270	IV-19-P06	808532	9785234	4	103

V-24-P40	807618	9780397	4	270	IV-19-P12	807908	9785872	10	302
V-24-P41	807974	9780654	12	240	IV-19-P16	807764	9785326	2	282
V-24-P42	807968	9780833	8	260	IV-19-P18	807390	9785292	10	311
V-24-P43	808148	9781015	12	165	IV-19-P24	806472	9785652	10	339
V-24-P44	808236	9781823	37	356	IV-19-P26	805974	9785873	8	353
V-24-P45	806725	9778986	10	250	IV-19-P27	805791	9785909	6	330
V-24-P46	802351	9781837	10	250	IV-19-P28	805629	9785833	8	302
V-24-P48	802171	9780794	11	260	IV-19-P29	805414	9786033	12	295
V-24-P49	802377	9780905	8	230	IV-19-P30	804670	9786951	8	290
V-24-P51	802470	9781070	9	245	IV-19-P34	804420	9784779	11	255
V-24-P53	802777	9780947	12	252	IV-19-P45	803269	9785832	36	230
V-24-P54	802808	9780804	12	270	IV-19-P50	803223	9786357	12	279
V-24-P65	803056	9779281	14	260	IV-19-P51	803203	9786563	10	293
V-24-P	806447	9780798	10	260	IV-19-P52	803016	9786752	8	291
V-24-P	804926	9781667	8	255	IV-19-P58	806951	9784965	8	190
V-24-P	804831	9779875	12	205	IV-19-P59	806743	9784811	10	247
V-24-P	804763	9780676	15	248	IV-19-P60	806705	9784755	8	300
V-24-P	802971	9779834	11	253	IV-19-P62	806382	9784602	18	232
V-24-P	802835	9780581	11	264	IV-19-P64	809379	9784826	8	272
V-24-P	805347	9779623	8	255	IV-19-P65	809625	9784647	8	294
V-24-P01	806554	9782173	9	234	IV-19-P70	810135	9785459	18	16
V-24-P03	807510	9782830	5	212	IV-19-P71	809978	9785446	10	276
V-24-P04	807702	9782776	5	255	IV-19-P72	810056	9786041	8	295
V-24-P05	808213	9781957	20	282	IV-19-P74	809737	9786409	14	355
V-24-P12	806690	9782857	19	212	IV-19-P76	809561	9786815	4	245
V-24-P13	806413	9782983	20	265	IV-19-P78	809722	9785462	12	276
V-24-P17	804796	9784079	5	230	IV-19-P79	809546	9785393	6	295
V-24-P21	804899	9783468	6	280	IV-19-P81	809681	9785163	4	305
V-24-P24	805055	9783051	5	295	III-19-P04	807557	9787044	5	185
V-24-P33	804517	9784299	17	355	III-19-P04	807619	9787269	3	213
V-24-P35	804163	9784285	16	284	III-19-P05	807639	9787386	5	347
V-24-P40	803249	9783904	9	298	III-19-P09	807845	9787846	3	291
V-24-P46	802871	9782146	10	220	III-19-P10	807763	9787971	3	338
V-24-P49	802603	9782537	6	265	III-19-P14	809445	9786935	17	275
V-24-P53	802756	9783456	4	308	III-19-P15	809398	9787021	21	326
V-18-P02	808268	9781961	78	148	III-19-P16	809376	9780102	8	317
V-18-P03	808272	9781911	25	356	III-19-P17	809521	9787276	59	307
V-18-P08	807759	9782816	37	190	III-19-P18	809476	9787450	13	348
V-18-P09	807532	9782924	20	255	III-19-P19	809570	9787764	2	275
V-18-P10	807300	9782772	7	255	III-19-P20	809576	9787764	12	245
V-18-P11	807007	9782748	16	160	III-19-P21	809726	9788330	42	282

V-18-P15	809763	9783492	29	273	III-19-P22	809557	9787938	21	335
V-18-P19	809893	9783064	14	126	III-19-P23	809419	9787923	15	345
V-18-P21	809721	9782610	10	342	III-19-P24	808832	9788342	11	315
V-18-P24	807396	9780320	10	61	III-19-P25	808629	9788704	5	310
V-18-P27	807623	9780426	10	188	III-19-P26	802797	9787927	5	310
V-18-P28	808017	9780877	6	295	III-19-P27	802895	9787868	20	301
V-18-P30	808182	9781049	6	159	III-19-P28	803051	9788156	20	257
V-18-P31	806453	9783030	12	229	III-19-P29	803542	9788945	11	256
I-18-P01	803021	9786750	10	320	III-19-P30	803590	9789019	9	322
I-18-P02	803243	9786691	21	295	III-19-P31	803663	9789111	18	311
I-18-P03	803975	9786711	10	260	III-19-P32	805195	9787244	20	230
I-18-P04	804645	9786944	9	300	III-19-P33	805581	9787274	21	290
I-18-P05	802666	9787243	15	277	III-19-P34	805913	9787391	19	330
I-18-P07	802797	9787697	12	302	III-19-P35	806893	9787311	11	259
I-18-P08	802878	9787811	20	300	III-19-P36	806941	9787279	10	310
I-18-P09	802939	9787908	16	305	III-19-P37	807018	9787242	8	236
I-18-P10	803594	9788987	8	290	III-19-P38	806266	9787425	10	295
I-18-P11	803598	9789007	10	275	III-19-P39	806095	9787919	16	356
I-18-P12	803638	9789063	10	270	III-19-P40	806048	9788329	15	303
I-18-P13	803740	9789200	12	295	I-19-P01	809635	9792648	40	248
I-18-P14	805241	9787284	22	226	I-19-P02	809566	9792632	36	358
I-18-P15	805632	9787325	20	287	I-19-P03	809013	9792906	15	334
I-18-P16	805969	9787430	20	330	I-19-P04	810487	9792009	25	352
I-18-P17	806020	9788634	10	212	I-19-P05	810474	9792145	33	354
I-18-P18	806046	9788950	5	335	I-19-P06	810272	9792247	31	344
II-18-P01	806065	9793002	10	210	I-19-P07	811093	9793205	40	345
II-18-P02	805507	9783267	8	276	I-19-P08	810595	9792883	35	349
II-18-P03	805443	9783195	12	225	I-19-P09	810051	9793123	35	40
II-18-P04	805353	9783188	12	195	I-19-P10	808030	9793573	3	274
II-18-P05	805145	9783353	9	233	I-19-P11	808012	9793955	3	343
II-18-P06	805031	9783384	7	247	I-19-P12	807543	9792265	20	348
II-18-P07	804953	9783510	10	252	I-19-P13	810624	9791865	10	83
II-18-P08	804934	9783638	11	217	I-19-P14	811102	9791918	20	347
II-18-P10	805116	9778681	6	253	I-19-P15	811880	9792210	30	345
II-18-P12	803746	9784179	12	265	I-19-P16	810949	9792087	30	345
II-18-P13	803223	9783841	20	253	I-19-P17	810761	9792085	30	342
II-18-P14	803087	9783783	8	252	I-19-P18	810665	9792058	20	359
II-18-P16	802854	9783631	8	275	I-21-P03	808224	9781950	26	320
II-18-P17	802803	9783498	7	253	I-21-P04	808244	9781811	26	335
II-18-P19	804813	9782640	10	310	I-21-P12	807961	9780873	8	245
II-18-P20	804754	9782414	8	255	I-21-P14	807634	9780442	8	210

II-18-P21	804659	9782718	8	265	I-21-P19	806934	9782695	8	222
II-18-P22	806306	9785116	12	268	I-21-P20	806933	9782694	6	304
II-18-P23	805898	9785838	6	195	I-21-P21	806555	9782176	5	245
II-18-P24	805974	9785872	8	10	I-21-P26	806532	9781871	10	255
II-18-P25	805785	9785907	4	300	I-21-P35	806071	9780020	10	212
III-18-P03	805313	9779587	19	264	I-21-P45	804791	9781914	12	235
III-18-P10	804707	9781430	10	277	I-21-P46	804773	9782118	6	283
III-18-P11	802380	9781672	18	61	I-21-P47	804768	9782218	10	274
III-18-P12	802241	9781759	10	278	I-21-P48	804646	9782469	8	251
III-18-P13	802373	9781778	7	260	I-21-P49	804612	9782615	8	251
III-18-P14	802459	9781357	8	62	I-21-P50	804611	9782678	6	230
III-18-P15	802808	9780996	12	302	I-21-P51	804605	9782741	8	259
III-18-P16	802849	9780666	13	249	I-21-P55	806420	9782982	9	232
III-18-P17	802824	9780028	17	249	I-21-P59	805668	9783067	10	241
III-18-P18	802924	9779841	8	305	I-21-P60	805470	9783138	10	246
III-18-P19	803005	9779777	16	212	I-21-P62	805316	9783145	11	266
III-18-P20	802962	9779799	11	237	I-21-P63	805198	9783149	11	266
III-18-P21	803112	8779332	12	283	I-21-P65	805223	9783000	12	255
III-18-P22	803342	9779353	26	238	I-21-P68	804987	9783350	10	190
III-18-P23	803105	9779086	16	174	I-21-P69	804907	9783476	10	278
III-18-P24	803111	9778729	7	259	I-21-P71	804764	9783915	14	230
IV-18-P05	810029	9785655	10	355	I-21-P74	804517	9784312	30	310
IV-18-P09	809562	9786817	7	220	I-21-P76	804162	9784288	12	270
IV-18-P10	809532	9786918	4	354	I-21-P84	802980	9783737	9	299
IV-18-P15	807713	9786303	24	260	I-21-P85	802768	9783474	10	290
IV-18-P18	807298	9786780	9	287	I-21-P86	802678	9783239	4	280
IV-18-P19	807521	9786767	8	265	I-21-P87	802678	9783239	8	282
IV-18-P21	807690	9787428	10	266	I-21-P88	802572	9782790	8	275
IV-18-P29	806474	9785646	4	318	I-21-P89	802605	9782538	8	230
IV-18-P32	807302	9785326	7	285	I-21-P90	802660	9782441	12	271
IV-18-P37	808529	9785242	4	160	I-21-P91	802709	9782433	8	265
IV-18-P40	809383	9784829	8	290	I-21-P92	802677	9782372	14	253
I-19-P06	802634	9786527	13	235	I-21-P93	802788	9782298	12	255
I-19-P08	803146	9786615	20	301	I-21-P94	802874	9782213	10	255
I-19-P09	805867	9785802	8	280	I-21-P95	802879	9782156	10	260
I-19-P10	805696	9785825	8	220	I-21-P96	802890	9782838	14	251
I-19-P13	805080	9786586	2	257	I-21-P97	802640	9782309	18	300
I-19-P14	804542	9786872	14	278	I-21-P98	802258	9782709	12	249
I-19-P16	803172	9788400	80	260	I-21-P99	802177	9782709	6	275
I-19-P17	803188	9788340	14	279	I-21-P102	802486	9781102	9	224
I-19-P18	803049	9788190	12	298	I-21-P103	802184	9780795	10	250

I-19-P19	803002	9788120	9	278	I-21-P105	801804	9780811	10	258
I-19-P20	802852	9787843	20	311	I-21-P106	801818	9780663	12	265
I-19-P21	802698	9787625	21	300	I-21-P107	801878	9779989	16	268
I-19-P22	802503	9786942	23	316	II-21-P01	802976	9786706	14	5
I-19-P23	805914	9787354	14	311	II-21-P02	802927	9786707	20	25
I-19-P24	805614	9787283	19	290	II-21-P05	803089	9786629	10	85
I-19-P25	805533	9787218	20	290	II-21-P06	803197	9786650	22	285
I-19-P26	805159	9787204	18	239	II-21-P07	803725	9786574	12	270
I-19-P27	804278	9784849	5	284	II-21-P08	803803	9786371	10	325
I-19-P28	804297	9784978	9	305	II-21-P09	803790	9786276	9	325
I-19-P29	804205	9785034	24	277	II-21-P12	804141	9786693	8	220
I-19-P34	803152	9785757	10	284	II-21-P16	805395	9785830	9	330
II-19-P01	802858	9780801	10	253	II-21-P17	805596	9785846	10	270
II-19-P02	802833	9780975	11	274	II-21-P18	805735	9785861	13	316
II-19-P03	802812	9780991	15	252	II-21-P19	805902	9785857	8	270
II-19-P07	802321	9782115	7	287	II-21-P20	805926	9785576	8	55
II-19-P08	802385	9782405	13	272	II-21-P24	807287	9785354	10	250
II-19-P09	802687	9782425	11	256	II-21-P25	807335	9785253	10	285
II-19-P10	802712	9782493	10	280	II-21-P28	808213	9788688	9	235
II-19-P11	802619	9782830	5	328	II-21-P29	807887	9787953	9	345
II-19-P12	802679	9783133	10	291	II-21-P30	807659	9787575	5	242
II-19-P13	802718	9783256	12	273	II-21-P35	807978	9785435	15	270
II-19-P14	802804	9783496	10	280	II-21-P36	807247	9786738	9	292
II-19-P15	802992	9783740	8	266	II-21-P39	803059	9788166	12	295
II-19-P18	804200	9784321	14	269	II-21-P40	802895	9787875	18	315
II-19-P21	804809	9783954	12	252	II-21-P41	810334	9788819	6	350
II-19-P22	804952	9783514	6	285	II-21-P42	809729	9788319	76	12
II-19-P23	805030	9783383	10	252	II-21-P43	809692	9788141	10	220
II-19-P25	804737	9780995	6	243	II-21-P44	809552	9787681	6	250
II-19-P26	804756	9781351	9	250	II-21-P45	809430	9787397	58	21
II-19-P29	804918	9781729	13	288	II-21-P46	809419	9787267	6	327
II-19-P32	804748	9782419	9	285	II-21-P47	809508	9786773	12	70
II-19-P33	804788	9782967	20	220	II-21-P52	809775	9786171	10	247
II-19-P36	805868	9783104	4	263	II-21-P56	809634	9785437	8	246
II-19-P38	802837	9782340	12	263	II-21-P59	809341	9784786	14	250
II-19-P39	802889	9782296	17	254	II-21-P62	807425	9785199	2	214
II-19-P40	802920	9782253	9	264	II-21-P67	806662	9784702	10	270
II-19-P41	802925	9782189	10	258	II-21-P70	806896	9787307	10	285
II-19-P43	802940	9781872	11	220	II-21-P71	806312	9787390	8	315
III-19-P01	802820	9780666	14	273	II-21-P73	806100	9787807	8	145
III-19-P03	802799	9780602	16	279	II-21-P74	806091	9788053	8	258

III-19-P05	802954	9779735	5	245	II-21-P76	805795	9788187	18	270
III-19-P06	802925	9779764	2	358	II-21-P81	803901	9785716	8	285
III-19-P08	803011	9779266	10	282	I-24.2-P	814262	9791149	2	215
III-19-P10	803207	9779298	10	85	I-24.2-P	814797	9791802	8	315
III-19-P11	803307	9779310	12	280	I-24.2-P	814797	9792201	3	303
III-19-P13	803378	9779324	18	275	I-24.2-P	814797	9792201	9	294
III-19-P14	803395	9779325	8	277	I-24.2-P	815133	9792475	4	262
III-19-P17	804298	9779598	6	215	I-24.2-P	815133	9792475	3	295
III-19-P22	804966	9779386	12	275	I-24.2-P	815717	9792475	2	30
III-19-P24	805265	9779549	20	285	I-24.2-P	815717	9792847	8	193
III-19-P27	805840	9779765	16	280	I-24.2-P	816126	9792847	8	283
III-19-P29	805912	9779765	8	263	I-24.2-P	816126	9792974	9	312
III-19-P36	805418	9777763	10	239	I-24.2-P	816788	9792974	13	24
III-19-P37	805514	9777723	12	278	I-24.2-P	816944	9792896	1	115
III-19-P39	805589	9777706	6	203	I-24.2-P	817770	9792687	4	255
III-19-P44	804758	9779398	8	34	I-24.2-P	817770	9792646	4	28
III-19-P45	804744	9779375	4	275	I-24.2-P	818973	9793544	8	251
III-19-P46	804409	9779182	10	111	I-24.2-P	818830	9794021	11	360
III-19-P47	804418	9779135	10	284	I-24.2-P	818284	9794261	21	316
III-19-P49	804050	9779271	12	184	I-24.2-P	817070	9794236	81	300
IV-19-P01	807625	9786350	4	275	I-24.2-P	816838	9794180	43	349
IV-19-P02	807564	9786530	10	292	I-24.2-P	816497	9794003	37	351
IV-19-P03	806895	9787315	9	298	I-24.2-P	816497	9794003	3	41
IV-19-P04	807019	9787245	10	310	I-24.2-P	826113	9778273	40	341
IV-19-P05	807135	9787188	20	311	I-24.2-P	815271	9794229	21	350
IV-19-P06	807247	9786733	10	285	I-24.2-P	815351	9794508	14	357
IV-19-P07	807518	9786856	6	172	I-24.2-P	817814	9792513	8	10
IV-19-P09	807648	9787380	10	279	I-24.2-P	817814	9792513	8	300
IV-19-P10	808210	9788681	19	270	I-24.2-P	817814	9792513	9	346
IV-19-P11	809783	9786147	9	262	I-24.2-P	817712	9791739	4	98
IV-19-P13	809746	9786285	8	248	I-24.2-P	817709	9791687	4	38
IV-19-P14	809690	9786367	25	358	CI-2024-II-01	823939	9791410	9	331
IV-19-P15	809516	9786775	10	270	CI-2024-II-02	823574	9791573	14	330
IV-19-P17	809558	9787148	15	240	CI-2024-II-03	823426	9791584	4	2
IV-19-P18	809439	9787341	10	252	CI-2024-II-07	822891	9792483	20	6
IV-19-P20	809725	9788287	10	270	CI-2024-II-08	822913	9792564	15	27
IV-19-P22	807128	9788636	7	260	CI-2024-II-09	823033	9792733	16	15
IV-19-P24	808496	9788804	19	275	CI-2024-II-11	821443	9792297	6	348
IV-19-P26	807805	9789341	33	287	CI-2024-II-12	821274	9792297	10	343
IV-19-P27	807626	9789316	12	202	CI-2024-II-19	821654	9790354	26	340
IV-19-P28	808547	9790048	17	282	CI-2024-II-23	819043	9793545	13	3

IV-19-P29	806115	9788103	10	313	CI-2024-II-24	818980	9793650	8	350
IV-19-P30	806327	9787531	12	267	CI-2024-II-27	819927	9792322	27	286
IV-19-P31	806212	9787505	10	312	CI-2024-II-32	823294	9790148	13	246
V-19-P01	806432	9785604	7	216	CI-2024-II-33	823207	9789274	10	114
V-19-P03	806718	9785457	9	215	CI-2024-II-35	820039	9793573	10	25
V-19-P04	806769	9785401	9	280	CI-2024-II-36	820115	9795164	19	350
V-19-P05	807260	9785287	15	257	C1-24-III-02	825235	9791885	26	330
V-19-P06	807329	9785263	18	335	C1-24-III-06	825548	9792485	25	20
V-19-P08	807964	9785433	9	190	C1-24-III-07	825581	9792404	27	5
V-19-P09	808481	9785196	13	305	C1-24-III-08	826417	9791538	36	46
V-19-P11	809336	9784786	9	271	C1-24-III-09	826369	9791703	18	53
V-19-P26	807708	9782773	12	185	C1-24-III-11	826250	9791519	6	50
V-19-P28	807249	9782732	21	270	C1-24-III-19	824629	9791095	3	352
V-19-P29	806956	9782699	20	180	C1-24-III-28	825140	9788346	6	85
V-19-P30	806776	9782882	18	190	C1-24-III-30	825118	9787641	3	136
V-19-P36	806655	9782395	15	220	C1-24-III-32	826860	9792220	34	65
V-19-P39	806371	9782101	24	260	C1-24-III-35	826735	9791967	20	35
V-19-P40	809938	9785379	12	302	C1-24-III-36	826743	9791671	30	40
V-19-P44	809978	9785603	8	278	C1-24-III-37	826816	9791380	30	55
V-19-P47	809638	9785433	4	275	C1-24-III-39	826825	9790672	21	95
V-19-P50	809496	9785348	5	300	C1-24-III-40	826863	9790286	15	115
V-19-P51	809632	9785126	17	311	C1-24-III-43	826929	9789623	36	96
V-19-P55	809572	9784604	8	257	C1-24-III-45	827044	9789476	45	85
VI-19-P01	806720	9781902	20	340	C1-24-III-57	828160	9791212	33	60
VI-19-P02	808224	9781872	18	278	C1-24-III-59	828480	9790229	33	77