



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ARCABOUÇO TECTÔNICO EM ESCALA 1:25.000 DO LINEAMENTO DA
BOCAINA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS ESTRUTURAIS
PARA CONSTRUÇÃO E BALANCEAMENTO DE SEÇÕES, SERRA DO
CIPÓ, SISTEMA ESPINHAÇO MERIDIONAL (MG)**

Antônio Vitor Condé de Souza

MONOGRAFIA nº 514

Ouro Preto, abril de 2024



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. José Alberto Naves Cocota Jr.

Vice-Diretor

Prof. Dr. Claudio Eduardo Lana

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

TAE Dr. Geraldo Magela Sampaio

Vice-Chefe

Prof. Dr. Leonardo Eustáquio da Silva Gonçalves

Antônio Vitor Condé de Souza

**ARCABOUÇO TECTÔNICO EM ESCALA 1:25.000 DO LINEAMENTO DA
BOCAINA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS ESTRUTURAIS
PARA CONSTRUÇÃO E BALANCEAMENTO DE SEÇÕES, SERRA DO
CIPÓ, SISTEMA ESPINHAÇO MERIDIONAL (MG)**

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso
apresentado ao Departamento de Geologia da
Escola de Minas da Universidade Federal de
Ouro Preto como requisito parcial para
avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão
de Curso – TCC 514, ano 2024.

Orientador: Prof. Dr. Maximiliano de Souza
Martins

Coorientador: Eng. Geól. Msc. Gabriel Barbosa
Madeiros

OURO PRETO

2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S729a Souza, Antônio Vitor Condé de.
Arcabouço tectônico em escala 1:25.000 do lineamento da Bocaina através da aplicação de métodos estruturais para construção e balanceamento de seções, Serra do Cipó, Sistema Espinhaço Meridional (MG). [manuscrito] / Antônio Vitor Condé de Souza. - 2024.
92 f.

Orientador: Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins.
Coorientador: Me. Gabriel Barbosa Medeiros.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Geociências. 2. Geologia estrutural. 3. Cipó, Serra do (MG). 4. Rifteamento. I. Martins, Maximiliano de Souza. II. Medeiros, Gabriel Barbosa. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 551.243

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



FOLHA DE APROVAÇÃO

Antônio Vítor Condé de Souza

Arcabouço tectônico em escala 1:25.000 do Lineamento da Bocaina através da aplicação de métodos estruturais para a construção e balanceamento de seções, serra do Cipó, sistema Espinhaço Meridional(MG)

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel

Aprovada em dezessete de abril de 2024

Membros da banca

Dr. - Maximiliano de Souza Martins - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. - Maria Sílvia Carvalho Barbosa - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. - Marco Antônio Fonseca - Universidade Federal de Ouro Preto

Maximiliano de Souza Martins, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 17/05/2024



Documento assinado eletronicamente por **Maximiliano de Souza Martins, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/05/2024, às 10:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0712418** e o código CRC **9E7284CA**.

AGRADECIMENTO

- Primeiramente agradeço a Deus e a Mãe Rainha por me dar a força e a sabedoria de que nada é impossível para quem tem fé.
- Agradeço aos meus pais Ademar e Luzia, por ter me ajudado nesta caminhada, sendo além de um porto seguro, foi quem me deu amor e foram as principais inspirações ao qual tenho o orgulho de seguir. Além dos meus dois irmãos que sempre me apoiaram e deram forças para eu conseguir chegar até aqui.
- Agradeço a minha família Condé e de Souza, pelo total apoio na minha caminhada, sendo a base para as boas e ruins fases da minha vida.
- Agradeço a República 7 Pragas e a todos moradores e amigos que lá tive o prazer de dividir o mesmo teto, ao qual me mostraram que o valor de uma pessoa é o legado ao qual ela pode deixar.
- Agradeço aos meus amigos da minha cidade natal de Ubaporanga-MG, ao qual tenho o orgulho de chamar de minha casa.
- Agradeço ao meu amigo e orientador Prof. Dr. Maximiliano Martins, pelo apoio, conhecimento e orientação no cumprir deste trabalho, além do meu outro amigo coorientador Gabriel Medeiros e minha amiga de curso Mariana Vilela pelo apoio desta monografia.
- A turma do 18.1 do Curso de Engenharia Geológica, em especial a Caio Andrade (Apú) e a Geovana Gomes (Beizola), pelo apoio e parceria prestada em toda minha caminhada acadêmica.
- Agradeço também ao suporte financeiro concedido pela FAPEMIG através do projeto de pesquisa APQ-02811-21, coordenado pela professora Gláucia Nascimento Queiroga, e ao ICMBio/PARNASCipó pelo apoio logístico durante as etapas de campo.
- Por último e não menos importante, gostaria de agradecer ao DEGEO e a todos os professores e técnicos competentes que tive o prazer de aprender com eles sobre o curso que amo, também a UFOP pelo ensino gratuito e de qualidade que pude receber.

RESUMO

● Na terminação do cinturão epidérmico de dobras e falhas da Serra do Espinhaço (Alkmim *et al.*, 2006, 2007), mais especificamente na região do Parque Nacional da Serra do Cipó, está localizado o lineamento da Bocaina, encaixado no rio homônimo e de direção E-W, classificado como uma falha de rasgamento sinistral de pequeno rejeito e interpretado como uma falha de transferência de idade desconhecida. Através da aplicação dos métodos Busk e King para a confecção de seções estruturais, e também dos métodos de balanceamento e restauração de seções, foi possível utilizar alguns marcadores estratigráficos e estruturais que permitiram fazer o exercício da reconstituição de dois perfis paralelos ao lineamento da Bocaina ao estágio pré-inversão das unidades proterozóicas que ali afloram. Os métodos de restauração aplicados, como da **Rotação Rígida de Blocos** e **Área e Comprimento Constante**, mostraram que a região ao norte do lineamento da Bocaina se sujeitou a um maior encurtamento, de no mínimo 3,3 km maior que na região sul, durante o processo de inversão das bacias. O lineamento do rio Bocaina atuou como uma falha de transferência na época da deposição da Unidade de Posicionamento Estratigráfico Desconhecido, tendo ainda grande influência durante a deposição das formações Santa Rita e Córrego do Borges. Coloca-se aqui a possibilidade de correlação lateral entre a Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido e o Grupo Conselheiro Mata e, por consequência, a validade do Grupo Macaúbas para esta região. Os parâmetros herdados das fases bacias, tais como a passagem estrutural entre o paleocontinente do São Francisco e a margem rifteada, estruturas profundas, obstáculos, discontinuidades, diferenças reológicas e de espessuras das cunhas sedimentares, foram os responsáveis por definir a atual estruturação da região, compartimentada nos domínios de falhas, localizados a leste do rio Mascates e a norte do LB, e de dobras, a oeste do rio Mascates e a oeste do rio Mascates.

Palavras chaves: Sistema da serra do Espinhaço Meridional, serra do Cipó, Lineamento da Bocaina, balanceamento e restauração de seções, arcabouço estrutural pré-inversão, rifteamentos proterozóicos, paleocontinente do SF.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Imagem retirada do aplicativo Google Earth da região do lineamento do rio Bocaina, com destaque em azul para a região aqui caracterizada. 17
- Figura 2** - Mapa de localização com destaque para trajeto de Ouro Preto a Serra do Cipó - MG (643903.44 E; 7861375.34 S). 20
- Figura 3** - O Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental no cenário do Gondwana, reconstruído pela justaposição de modelos digitais de terreno da porção leste do Brasil e costa Oeste Africana. L: Luanda; C: Cabinda; S: Salvador (Brasil). 23
- Figura 4** - Compartimentos tectônicos do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental: SE: Cinturão de Cavalgamentos da Serra do Espinhaço Meridional; CA: Zona de Cisalhamento da Chapada Acauã; S: Zona de dobramentos de Salinas; MN: Corredor transpressivo de Minas Novas; RP: Saliência do Rio Pardo e zona de interação com o Aulacógeno do Paramirim; BG: Bloco de Guanhões; DS: Zona de Cisalhamento de Dom Silvério; I: Zona de Cisalhamento de Itapebi; NC: núcleo cristalino; OC: Faixa Oeste-Congolesa. 24
- Figura 5** - Carta estratigrafia do Supergrupo Espinhaço no domínio da Serra do Espinhaço Meridional. Sequências limitadas por discordâncias: STI: Estateriano I; STII: Estateriano II; C: Calimínio; S: Esteniano; UE: Espinhaço Superior. 26
- Figura 6** - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas. Modificado de Pedrosa-Soares *et al.* (2008, 2011). 28
- Figura 7** - Carta estratigráfica do Grupo Bambuí na bacia São Francisco, evidenciando as unidades litoestratigráficas e ambientes deposicionais. Dados isotópicos: (1): Paula-Santos *et al.*, 2015; (2): Uhlein *et al.*, 2017; (3): Tavares *et al.*, 2020; (4): Warren *et al.*, 2014; (5): Moreira *et al.*, 2020. 29
- Figura 8** - Seção geológica da região da Serra do Cipó, evidenciando os descolamentos inter e intra-estratais, além da estrutura antiformal erodida, que dá origem a janela estrutural do rio Cipó. 30
- Figura 9** - Bloco diagrama simplificado mostrando a conformação estrutural da área de estudo, onde a antinclinal de primeira ordem apresenta se internamente estruturada por dobramentos de ordem inferior. 32
- Figura 10** – Modelo cinemático evolutivo para o orógeno Araçuaí-Oeste Congo de Alkmim *et al.* (2006, 2007). a) Elementos da Bacia Macaúbas e seu cenário tectônico. b) Fase de convergência inicial das margens da bacia Macaúbas e início da operação da tectônica quebra-nozes, como consumo forçado do assoalho oceânico, por volta de 600 Ma. c) Fase de estágio colisional e granitogênese orogênica, por

volta de 560 Ma. d) Estágio de colapso gravitacional, após escape lateral da porção sul do orógeno, por volta de 500 Ma.....	34
Figura 11 - Estilos de dobras paralelas mencionados no texto. (a) Dobras paralelas concêntricas.....	36
Figura 12 - Construção de Busk para o problema abaixo. (a) Estações A, B e C, plotadas em um plano de seção transversal; (b) Construção parcial após a conclusão do passo 4 do método (c) Seção transversal concluída.	37
Figura 13 - (a) Dobra no estilo kink, (b) Dobra kink com detalhe para o plano de dobra kink.	38
Figura 14 - Ilustrações para a construção pelo método de kink. (a) Dados brutos de mergulho em um plano de seção transversal. Os segmentos de linha 1, 2 e 3 representam os mergulhos nos pontos A, B e C, respectivamente, e representam as atitudes de diferentes domínios; (b) Perfil da dobra após a conclusão do passo 3 no Método 13-4; (c) Perfil da dobra concluído.	39
Figura 15 - Seção geológica através do cinturão de dobramentos e cavalgamentos de Zagros, Irã.....	40
Figura 16 - Estratigrafia da área estudada.....	42
Figura 17 - Formação Galho do Miguel, com destaque para as estruturas primárias preservadas, (P15 e P24, Anexo A.).....	43
Figura 18 - Imagem panorâmica mostrando a morfologia associada às formações Galho do Miguel e Santa Rita, (P26, Anexo A).....	44
Figura 19 - Formação Santa Rita com foco em: a) nível mais filítico, (P36, Anexo A). b) granulometria fina, mais comum, (P37, Anexo B).....	45
Figura 20 - Formação Córrego do Borges, com destaque para as laminações de óxidos, (P42, Anexo A).	46
Figura 21 - Grupo Bambuí com destaque para: a) nível de metadiamicrito com clastos subarredondados, (P31, Anexo A). b) marca de corrente, (P33, Anexo A).	48
Figura 22 - Formação Sete Lagoas em: a) Com laminações sedimentares, b) Com dobras isoclinais associado a planos de cisalhamento.	49
Figura 23 - Mapa Geológico da área mapeada.....	50
Figura 24 – Mapa de lineamentos da área de estudo.....	51
Figura 25 - Estereograma de projeção polar das medidas de acamamento sedimentar (S0).	52
Figura 26 - Estereograma de projeção polar das medidas de foliação (Sn).	53
Figura 27 - Estereograma de projeção das medidas de lineação de interseção (Li).....	54

Figura 28 - Estereograma de projeção polar das medidas de lineação de estiramento (Le).	55
Figura 29 - Estereograma de projeção polar das medidas de fraturas.....	56
Figura 30 – Zona de falha marcada pela percolação de quartzo de veio entre as formações Galho do Miguel e Santa Rita. Orientação da foto: de NE para SW. P26 ANEXO-A.	57
Figura 31 - Perfis BB' obtidos pelos métodos Kink e Busk, porção sul do LB.....	59
Figura 32 - Perfil Norte AA' balanceado e restaurado.....	60
Figura 33 – Perfil Sul BB' balanceado e restaurado.	61
Figura 34 – Exemplo do modelo de rotação de blocos, A) Sequência de falhas em dominó. B) Blocos de falha restaurados.....	62
Figura 35 - Exemplo de aplicação do método da Área e Comprimento Constante. A) Seção dobrada. B) Seção restaurada.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos elementos estruturais por fase de deformação (Oliveira, 1994)	30
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. NATUREZA DO TRABALHO E JUSTIFICATIVA	17
1.2. LOCALIZAÇÃO.....	19
1.3. OBJETIVO	20
1.4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
1.4.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
1.4.2. MAPEAMENTO E CONFEÇÃO DOS PERFIS GEOLÓGICOS	21
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	22
2.1. CONTEXTO GEOTECTÔNICO	22
2.2. ESTRATIGRAFIA REGIONAL.....	24
2.2.1. SUPERGRUPO ESPINHAÇO	25
2.2.2. GRUPO MACAÚBAS	27
2.2.3. GRUPO BAMBUÍ.....	28
2.3. ARCABOUÇO ESTRUTURAL REGIONAL.....	29
2.4. EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA FAIXA ARAÇUAÍ.....	32
3. MÉTODOS PARA CONSTRUÇÃO DE PERFIS E DIAGRAMAS DE BLOCOS DE DOBRAS.....	35
3.1. METODO BUSK (OU DE ARCOS CIRCULARES).....	35
3.2. MÉTODO KINK.....	37
3.3. BALANCEAMENTO E RESTAURAÇÃO DE SEÇÕES	39
4. GEOLOGIA DA REGIÃO DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DO CIPÓ.....	41
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	41
4.1. ESTRATIGRAFIA	41
4.1.1. SUPERGRUPO ESPINHAÇO	42
4.1.1.1. Formação Galho do Miguel	42
4.1.1.2. Formação Santa Rita.....	43
4.1.1.3. Formação Córrego do Borges	45
4.1.2. Unidade Siliciclástica de Posicionamento Estratigráfico Desconhecido.....	46
4.1.3. SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO	46
4.1.3.1. Grupo Macaúbas (indiviso).....	47
4.1.3.2. Grupo Bambuí	48
4.1.3.2.1. Formação Sete Lagoas.....	48
4.1.3.2.2. Formação Serra de Santa Helena.....	49
4.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	49
4.2.1. ANÁLISE DESCRITIVA DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIIS.....	51

4.2.1.1.	Lineamentos.....	51
4.2.1.2.	Acamamento Sedimentar (S0)	51
4.2.1.3.	Foliação (Sn)	52
4.2.1.4.	Lineação de Interseção (Li)	53
4.2.1.5.	Lineação de Estiramento (Le).....	54
4.2.1.6.	Fraturas.....	55
4.2.2.	DOBRAS MESOSCÓPICAS (ANTICLINAL DA SERRA DAS AREIAS E DAS CAETANAS)	56
4.2.3.	FALHAS DE EMPURRÃO/REVERSAS.....	56
4.2.4.	FALHA TRANSCORRENTE DO RIO BOCAINA	57
4.2.5.	FALHA INTRA-ESTRATAL.....	58
5.	CONSTRUÇÃO E BALANCEAMENTO DE DUAS SEÇÕES ESTRUTURAIS EM PARTE DO LINEAMENTO BOCAINA, SERRA DO CIPÓ	59
5.1	- APLICAÇÃO DOS MÉTODOS ESTRUTURAIS NOS PERFIS AA' e BB'	59
	MÉTODOS KINK E BUSK.....	59
	BALANCEAMENTO E RESTAURAÇÃO DE SEÇÕES.....	60
	Método da Rotação de Blocos	61
	Método da Área e Comprimento Constante.....	62
5.2	- IMPLICAÇÕES EVOLUTIVAS PARA O ESTADO PRÉ-INVERSÃO DAS BACIAS PROTEROZÓICAS	63
5.3	- INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS HERDADOS NA ESTRUTURAÇÃO DO <i>FRONT</i> DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL – SEGMENTO DA SERRA DO CIPÓ	64
6.	CONCLUSÕES	66

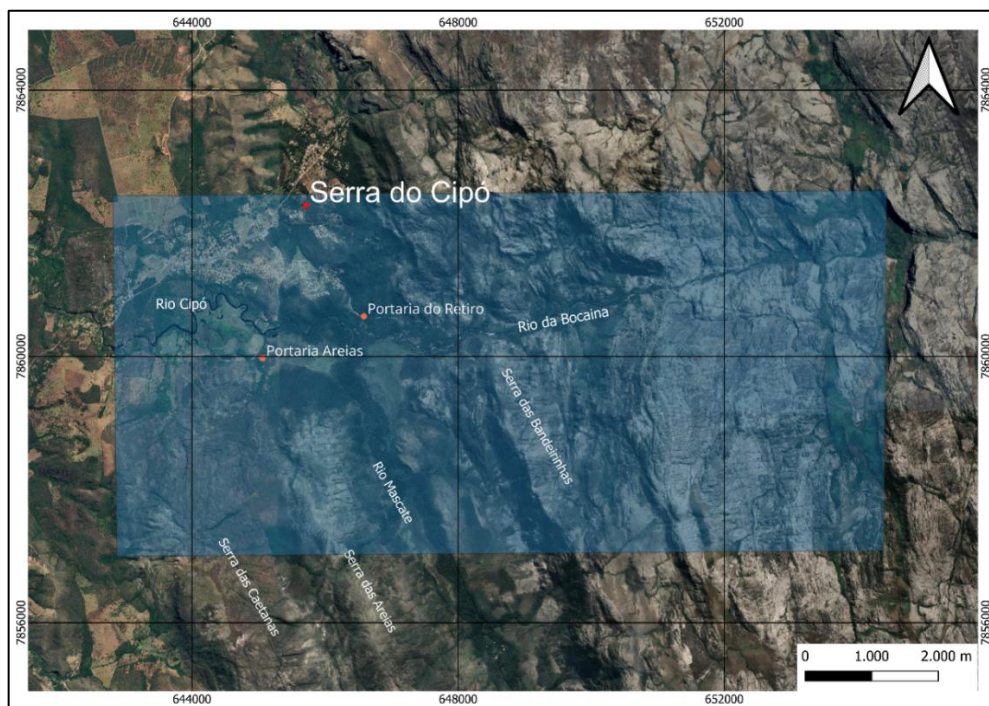
CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. NATUREZA DO TRABALHO E JUSTIFICATIVA

Este trabalho é parte integrante da disciplina TCC402 do curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/EM/UFOP) e envolve o levantamento, em escala 1:25.000, do arcabouço estratigráfico e estrutural de parte do lineamento do rio Bocaina (doravante Lineamento Bocaina – LB) na região da serra do Cipó (MG), terminação sul do cinturão epidérmico de dobras e falhas da Serra do Espinhaço (Alkmim *et al.* 2006, 2007). (FIG. 1).

Figura 1 - Imagem retirada do aplicativo Google Earth da região do lineamento do rio Bocaina, com destaque em azul para a região aqui caracterizada.



Fonte: Imagem retirada do Google Earth, 2024.

Conforme Oliveira (1994), o LB, onde o rio homônimo encontra-se encaixado, diz respeito a uma falha de rejeito direcional sinistral, de direção EW e de pequeno rejeito

direcional. O LB foi interpretado por Oliveira (1994) como uma antiga zona de transferência de idade desconhecida e significado especulativo no sistema de riftes continentais que tomaram lugar na margem oriental do paleocontinente do São Francisco-Congo. Segundo aquele autor, o LB aparentemente separa setores distintos, com contrastes litológicos e quanto estruturais dos ao norte e a sul da estrutura.

Via de regra, zonas de transferência (ZT) são elementos arquiteturais amplamente desenvolvidos em bacias rifte, geneticamente relacionadas com o crescimento segmentado de falhas normais, transmitindo a deformação entre duas bacias adjacentes ao mesmo tempo que as conectam (Heffner, 2013). Variam de uma simples falha a zonas estruturalmente complexas, com falhas e rampas associadas (Yu *et al.*, 2023). São estruturas fundamentais para o estabelecimento das redes de drenagens, atuando no transporte dos sedimentos das áreas-fonte aos meio-grabens, condicionando a arquitetura e os estilos de preenchimento de uma bacia sin-rifte. Por outro lado, a espessura da seção sedimentar pré-rifte influencia a formação e a geometria das zonas de transferências. Moustafa (1997) propõe que, à medida que a espessura da seção sedimentar aumenta, o tamanho da zona de transferência diminui. Essa relação de proporcionalidade inversa com a espessura pré-rifte também é encontrada no tamanho dos meio-grabens gerados no sistema rifte (Moustafa, 1997).

No atual estado da arte, Medeiros (2022) identificou, a sul do LB e a oeste do rio Mascates (**FIG. 1**), um pacote rochoso que recobre por discordância erosiva a Formação Galho do Miguel (Supergrupo Espinhaço), estando limitado no topo por metacarbonatos da Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí). Levantamentos de detalhe (1:100) possibilitaram a individualização deste horizonte estratigráfico em duas unidades informais (Medeiros *et al.*, 2023). A Unidade Inferior (UI) é formada por metabrechas e metaparaconglomerados que gradam para metarenitos estratificados. É interpretada como produto da sedimentação de leques aluviais e sistemas fluviais associados a uma tectônica extensional ativa que gerou pelo menos dois meio-grabens de direção meridiana e com abatimento dos blocos falhados para leste. A Unidade Superior (US) recobre a UI por paraconformidade e é composta por metadiamicititos maciços de matriz argilosa intercalados com metarenitos finos e lentes de metapelitos. É associada a depósitos de ambiente marinho raso, em um cenário com pouca atividade tectônica extensional.

Sob a ótica dos ciclos de rifteamentos intracontinentais que precederam a formação do orógeno Araçuai (Pedrosa-Soares & Alkmim, 2011), a UI corresponde a pelo menos um destes eventos de tafrogênese, até então desconhecido nesta região (Medeiros, 2022). Dois cenários

foram considerados para a paraconformidade que separa a UI e a US (Medeiros *et al.*, 2023): 1) esta superfície não separaria estágios de rifteamento distintos, 2) esta superfície individualizaria também dois estágios distintos de rifteamento, na qual a US estaria associada a Formação Serra do Catuni, unidade glaciogênica proximal do Grupo Macaúbas do período Criogeniano. Nesta concepção, a UI é especulativamente candidata a ser cronocorrelata *i*) a Formação Córrego dos Borges do Grupo Conselheiro Mata (Supergrupo Espinhaço Meridional), colocando em discussão o *modus operandi* do estágio *sag* postulado para a bacia Espinhaço (*c.f* Alkmim & Martins-Neto, 2012), *ii*) a Formação Matão-Duas Barras, do período Toniano e base do Grupo Macaúbas e até então reconhecida apenas na região periclinal entre terminações das anticlinais de Itacambira e da serra do Espinhaço Meridional (Oliveira *et al.*, 2021).

Em se tratando de uma estrutura invertida durante a orogenia Brasileira, o LB enquadra-se no caso específico de reativação, no qual as estruturas se movimentam de forma oposta à movimentação experimentada na sua gênese (Turner & Williams, 2004). À luz dos novos dados estratigráficos e estruturais trazidos por Medeiros (2022) e Medeiros *et al.* (2023), esta monografia de graduação pretende estender a cobertura de área para além daquela levantada por Medeiros (2022) e contribuir para a discussão do papel das estruturas e discontinuidades pré-existentes na ZT da Bocaina durante sua inversão, a saber: *i*) as variações de espessura e de reologia das cunhas sedimentares rifte e de margem passiva ao longo do LB, parâmetros que favorecem a acomodação de boa parte da deformação devido ao comportamento mecânico das superfícies anisotrópicas inter e intraestratais, *ii*) a reativação de estruturas extensionais pré-existentes, as quais têm um papel fundamental na partição da deformação compressiva.

1.2. LOCALIZAÇÃO

A área de estudo fica localizada na porção centro sul do estado de Minas Gerais, mais especificamente no distrito de Serra do Cipó, ou conhecido pelo seu antigo nome de Cardeal Mota (município de Santana do Riacho). Ocupa a porção leste da folha Baldim (SE.23-Z-C-III, escala 1:100.000), cerca de 97 km à nordeste da cidade de Belo Horizonte, o acesso à área de estudo é possível por das rodovias: BR-040, e principalmente pela rodovia estadual MG-10 (**FIG. 2**).

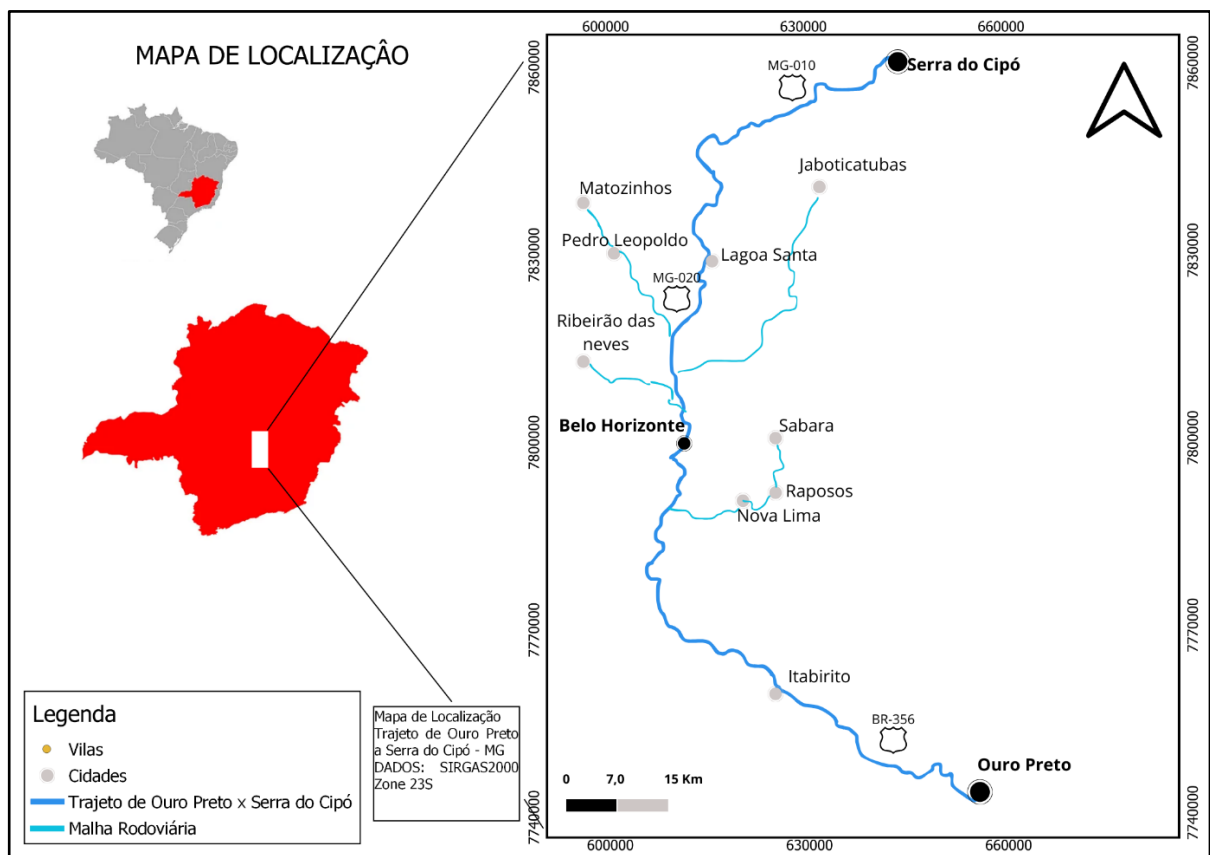
Dentro do Parque Nacional da Serra do Cipó, é possível acessar a área por duas portarias principais do parque (**FIG. 1**), sendo elas:

I. Portaria do Retiro, sendo possível acessar a trilha paralela ao Rio da Bocaina, que leva até as cachoeiras do Palmital, Gavião, Andorinhas e Tombador.

II. Portaria do Alto Palácio, sendo possível acessar a trilha do Travessão, que leva até o vale do Travessão e as cachoeiras do Congonhas e Congonhas de Cima.

Estas duas trilhas foram utilizadas para a coleta dos pontos de ambos os perfis norte e sul do lineamento.

Figura 2 - Mapa de localização com destaque para trajeto de Ouro Preto a Serra do Cipó - MG (643903.44 E; 7861375.34 S).



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.3. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo estabelecer o arcabouço estratigráfico e estrutural das zonas adjacentes ao LB no contexto dos novos dados apresentados por Medeiros (2022) e Medeiros *et al.*, (2023); reconhecendo ainda, por meio da restauração de seções, o estado pré-inversão das unidades ali aflorantes, possíveis correlações verticais/laterais entre unidades estratigráficas, assim como a influência dos parâmetros bacinais (estruturas, distribuição,

espessuras, comportamento reológico) nas fases de deformação que estruturaram o LB durante a formação do front da serra do Espinhaço Meridional.

1.4. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de atingir os objetivos, este trabalho foi estruturado com as seguintes abordagens metodológicas de pesquisa e análise.

1.4.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As principais bases de consulta bibliográfica utilizadas para os estudos de abrangência local foram: Medeiros (2022), Oliveira (1994) e Magalhães (1988).

Para a análise dos dois perfis geológicos na escala 1:25.000 paralelos ao LB, de direção E-W, a investigação dos elementos estruturais compreendeu a análise descritiva e cinemática de acordo com os conceitos apresentados em Davis & Reynolds (1996), Pluijm & Marshak (1997), Rowland *et al.* (2007) e Fossen (2012).

1.4.2. MAPEAMENTO E CONFECÇÃO DOS PERFIS GEOLÓGICOS

Foi realizado o mapeamento de semi-detulhe em escala de 1:25.000 abrangendo uma área de aproximadamente 50 km² através de levantamentos de campo que resultaram na construção de dois perfis perpendiculares à estruturação regional (EW), a norte e a sul do LB. Estes perfis foram confeccionados integrando parte dos dados obtidos por Medeiros (2022), acrescido também da reinterpretação de dados contidos na Folha Baldim em escala 1:100.000 (Oliveira *et al.*, 2012; Ribeiro 2008; Oliveira *et al.*, 1997). Dada a íntima relação entre falhas e dobras presentes nos cinturões orogênicos epidérmicos, ao exemplo da área deste estudo, a construção dos dois perfis geológicos foi realizada segundo a aplicação do método *kink-style geometries*, descrito por Wojtal (1988), numa tentativa de se tentar visualizar possíveis diferenças estratigráficas e/ou de estilo estrutural ao longo do LB. Numa etapa posterior, foi feita uma aplicação de balanceamento e restauração destas duas seções geológicas (conforme Marshak & Woodward, 1988) e Fossen (2012), assim como dos parâmetros que possam estar relacionados à evolução pré e sin-inversão tectônica na região adjacente ao LB.

CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1. CONTEXTO GEOTECTÔNICO

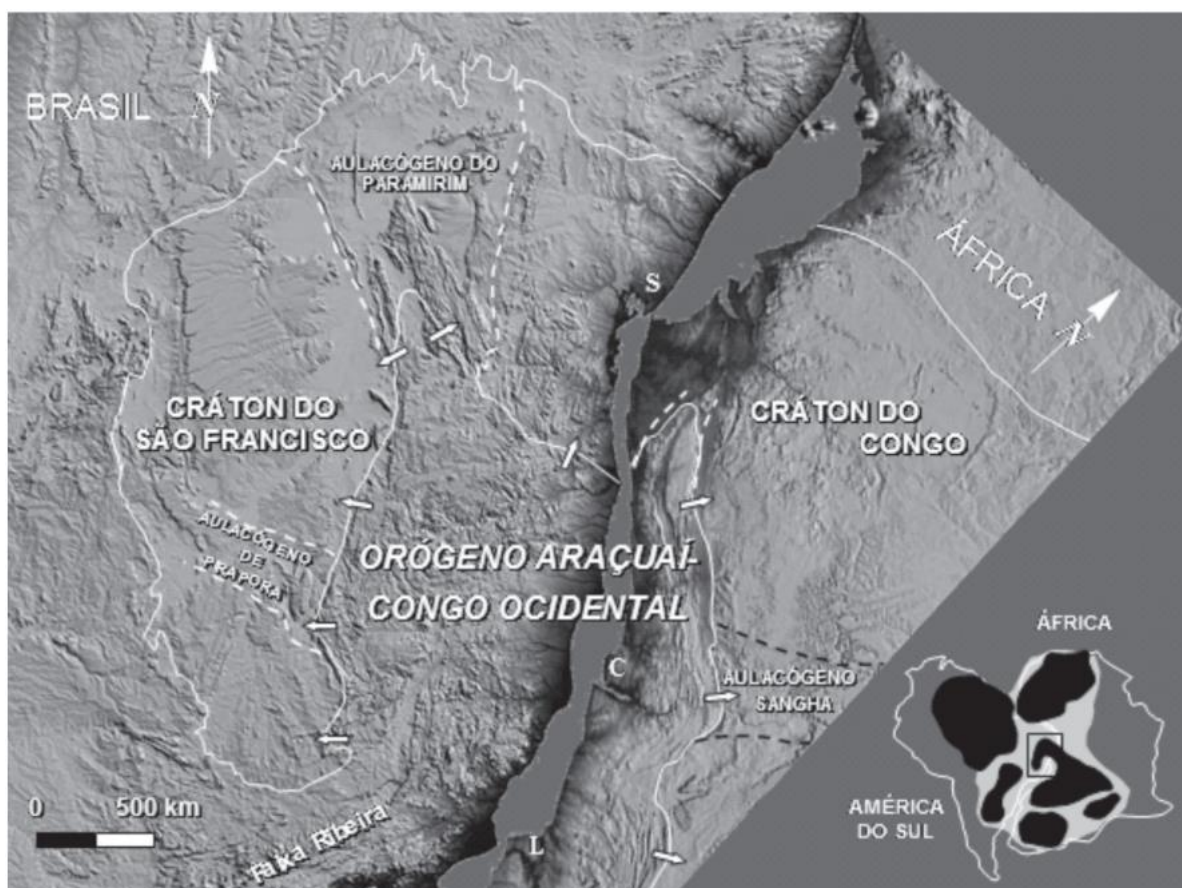
A área em estudo está situada na região sul do cinturão de cavalgamentos da Serra do Espinhaço Meridional, zona limite entre os domínios do Cráton do São Francisco e da faixa Araçuaí. A estruturação deste cinturão ocorre no limite do Ediacarano-Cambriano, durante a amalgamação do supercontinente Gondwana Ocidental (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001, 2008) e (Alkmim *et al.*, 2006).

O orógeno Araçuaí-Oeste Congo (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001) teve seus limites definidos por Alkmim (2004), que englobou os terrenos da margem sudeste e sul do Cráton do São Francisco neste cinturão orogênico. Seu desenvolvimento ocorreu entre os paleocontinentes do São Francisco e do Congo, que estiveram conectados através da ponte cratônica Bahia-Gabão (Pedrosa-Soares *et al.*, 2008), até sua separação com a abertura do oceano Atlântico Sul, ocorrida no Cretáceo (Porada, 1989; Brito-Neves & Cordani, 1991; Trompette, 1994, *apud* Medeiros, 2022). Por conta da sua peculiaridade, de ter sido desenvolvido entre dois paleocontinentes, atuando como uma única peça, foi classificado como um orógeno do tipo confinado (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001). Por conter lascas ofiolíticas, arco magmático pré-colisional e rochas graníticas sin-colisionais a pós-colisionais, (o que evidencia o consumo de litosfera oceânica durante sua formação); pode assim estatuir que o orógeno não foi desenvolvido de modo totalmente ensialico. (Pedrosa-Soares *et al.*, 1992; 2008; 2011; Queiroga *et al.*, 2007; Peixoto *et al.*, 2013; Gonçalves *et al.*, 2014; Gradim *et al.*, 2014; Vieira, 2007, *apud* Medeiros, 2022).

Na área situada ao sul da ponte cratônica Bahia-Gabão, ocorrem sequências de preenchimento de sistemas riftes continentais sucessivos, que se desenvolveram na margem leste do cráton do São Francisco, materializados pelo Supergrupo Espinhaço (Paleo-Mesoproterozoico), e pelo Grupo Macaúbas (Neoproterozoico). Essas unidades foram significativamente influenciadas pela existência dos aulacógenos do Paramirim, de Pirapora e de Sangha, que desempenharam um papel crucial na formação e distribuição das bacias

sedimentares na região. Além disso, eles também foram importantes nos processos de inversão tectônica e na acomodação das deformações relacionadas à orogenia Brasileira (Alkmim *et al.*, 2006, 2007) (**FIG. 3**).

Figura 3 - O Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental no cenário do Gondwana, reconstruído pela justaposição de modelos digitais de terreno da porção leste do Brasil e costa Oeste Africana. L: Luanda; C: Cabinda; S: Salvador (Brasil).



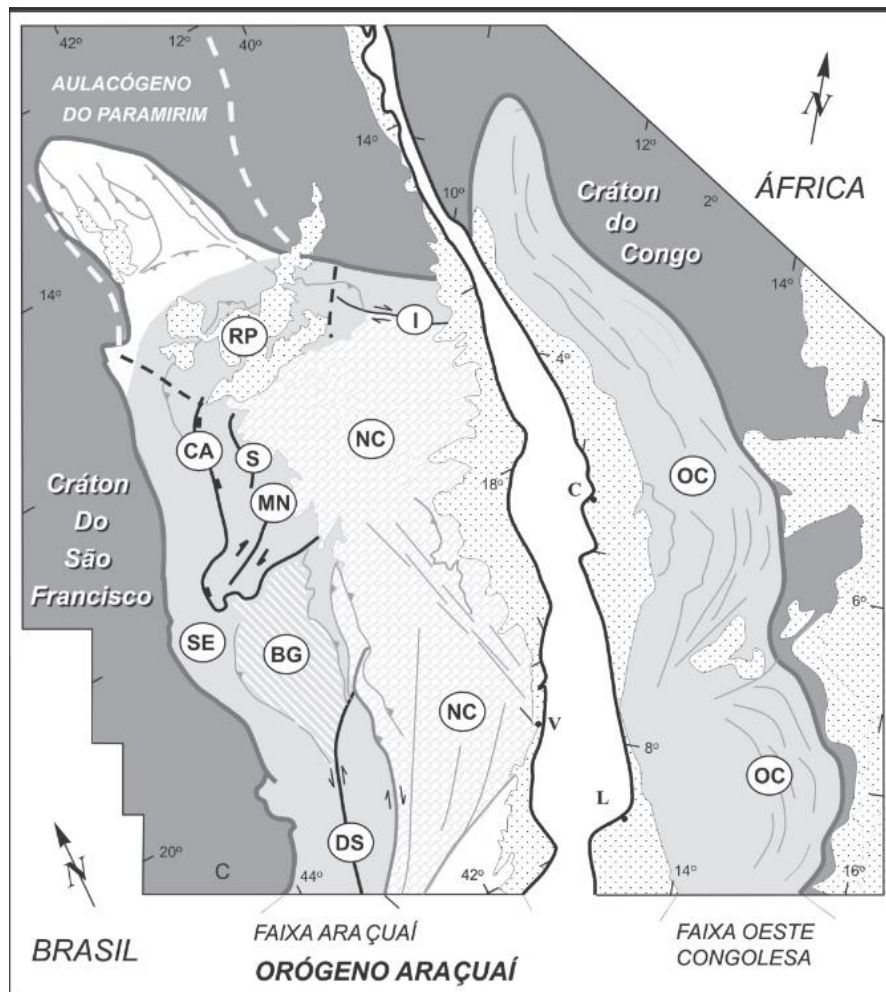
Fonte: Retirado de Alkmim *et al.* (2006).

O orógeno Araçuaí-Congo Ocidental apresenta dez compartimentos geotectônicos (Alkmim *et al.*, 2006, 2007) (**FIG. 4**), com destaque para o Cinturão de Cavalgamentos da Serra do Espinhaço Meridional, onde a área de estudo está localizada.

O Cinturão de Cavalgamentos da Serra do Espinhaço Meridional apresenta um *trend* de orientação meridiana, sendo constituída pelo embasamento Arqueano-Paleoproterozoico, juntamente com as rochas supracrustais dos supergrupos Espinhaço e São Francisco, destacando-se o Grupo Macaúbas em sua área tipo. Esse cinturão orogênico mostra vergência em direção ao cráton do São Francisco e exibe uma complexa rede de dobras, cavalgamentos e falhas reversas, as quais foram geradas em duas fases principais de deformação, como resposta a um campo de tensões compressional de orientação E-W. A lineação de estiramento

predominante também segue essa mesma orientação (E-W), e em conjunto com indicadores cinemáticos, evidencia o sentido de transporte tectônico para o W (Dussin & Dussin, 1995), (Uhlein *et al.*, 1998) e (Alkmim *et al.*, 2007).

Figura 4 - Compartimentos tectônicos do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental: SE: Cinturão de Cavalgamentos da Serra do Espinhaço Meridional; CA: Zona de Cisalhamento da Chapada Acauã; S: Zona de dobramentos de Salinas; MN: Corredor transpressivo de Minas Novas; RP: Saliência do Rio Pardo e zona de interação com o Aulacógeno do Paramirim; BG: Bloco de Guanhães; DS: Zona de Cisalhamento de Dom Silvério; I: Zona de Cisalhamento de Itapebi; NC: núcleo cristalino; OC: Faixa Oeste-Congolesa.



Fonte: Retirado de Alkmim *et al.* (2006).

2.2. ESTRATIGRAFIA REGIONAL

Ocupando a Folha Baldim (SE.23-Z-C-III, escala 1:100.000), a área de estudo tem como ocorrência as unidades metassedimentares do Supergrupo Espinhaço, Grupo Macaúbas e Grupo Bambuí, mapeadas nesta região por Magalhães (1988), Oliveira (1994), Ribeiro (2008). Recentemente, Medeiros (2022) realizou o mapeamento geológico em escala 1:10.000 na região do Parque Nacional da Serra do Cipó, dando ênfase nas unidades metassedimentares

siliciclásticas de posicionamento estratigráfico indefinido, historicamente relacionadas tanto ao Supergrupo Espinhaço (Magalhães, 1988; Uhlein, 1991), quanto ao Grupo Macaúbas (Oliveira, 1994; Ribeiro, 2008). Estas duas unidades serão abordadas com mais detalhe a seguir.

2.2.1. SUPERGRUPO ESPINHAÇO

Compondo uma série de mais de 6000 m de espessura, o Supergrupo Espinhaço compreende uma sucessão de metarenitos, metapelitos, metaconglomerados com metavulcânicas e rochas carbonáticas associadas, metamorfisadas em baixo grau metamórfico (Pflug, 1965, 1968; Dussin & Dussin, 1995; Uhlein *et al.*, 1998; Martins-Neto, 1998, 2000, 2009; Danderfer & Dardenne, 2002; Chemale *et al.*, 2011, 2012). O Supergrupo Espinhaço sustenta os domínios geomorfológicos da Serra do Espinhaço Meridional, Espinhaços Central, Serra do Cabral além da Chapada Diamantina (Uhleim, 1991; Dandfer & Dardenne, 2002; Chemale *et al.*, 2012).

O Supergrupo Espinhaço materializa ciclos de bacias intracontinentais rifte e rifte-sag descontínuos, se estendendo de 1,75 Ga. até aproximadamente 1,0 Ga. (Dussin & Dussin, 1995; Uhlein, 1991; Chemale *et al.*, 2011, 2012; Alkmim and Martins-Neto, 2012).

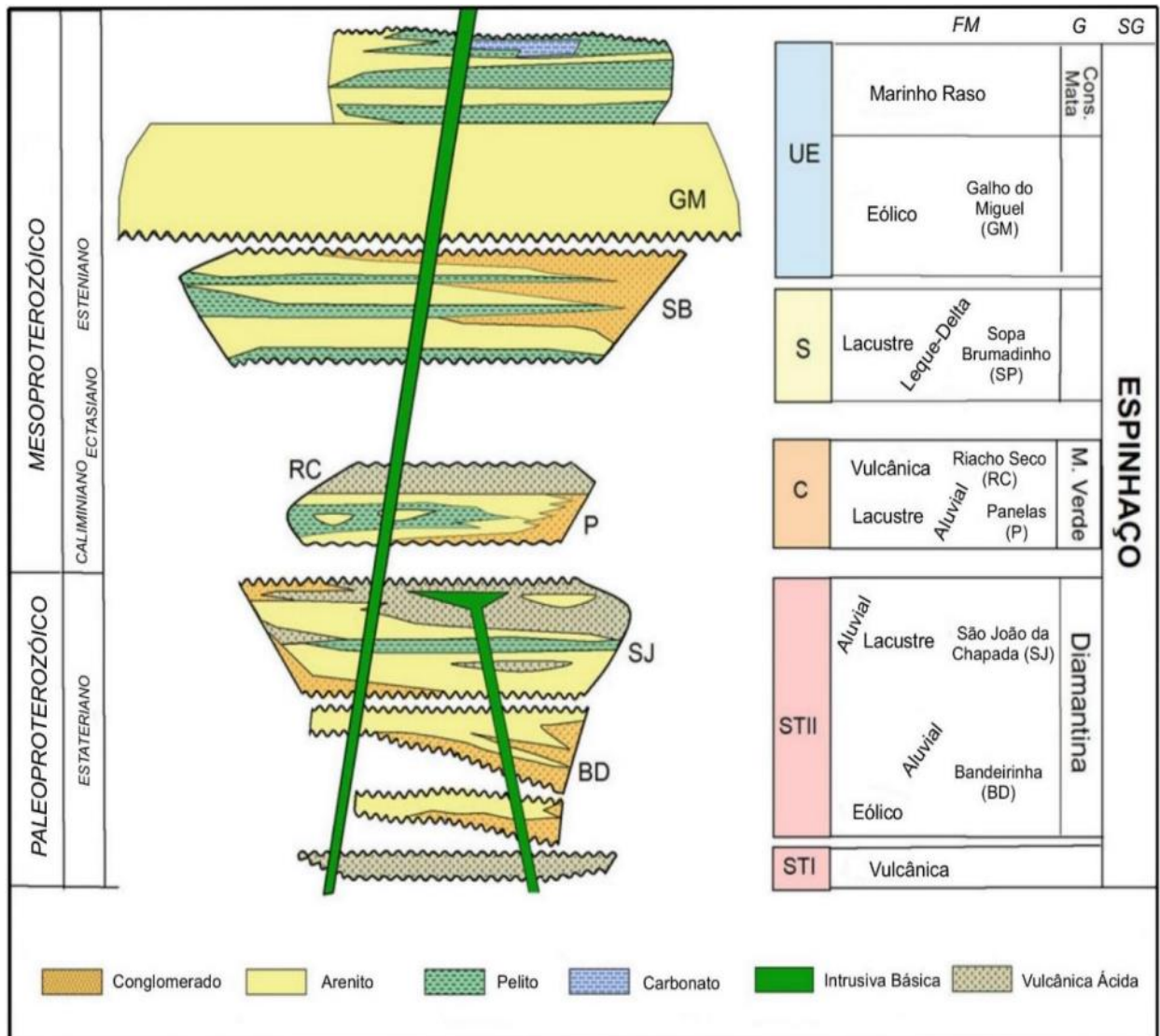
Primeiramente descrito por Pflug (1965, 1968), o Supergrupo Espinhaço Meridional foi dividido em 8 formações (**FIG. 5**), agrupadas posteriormente por Dussin *et al.* (1984, 1990) em 2 grandes grupos, sendo eles o Grupo Diamantina e o Grupo Conselheiro Mata. O Grupo Diamantina, aflorante próximo à cidade de mesmo nome, é composto pelas formações Bandeirinha, São João da Chapada e Sopa-Brumadinho (Chemale Jr. *et al.*, 2012), sendo a última conhecida pelas mineralizações de diamantes detríticos e separada das demais unidades por um hiato de aproximadamente 500 Ma.

A Formação Galho do Miguel, posicionada entre os grupos Diamantina e Conselheiro Mata, é interpretada como uma unidade que se interpõe entre os estágios de rifteamento continental que ocorreram no período Esteniano, representada pela Formação Sopa-Brumadinho, e pela fase *sag* da bacia Espinhaço, representado pelo Grupo Conselheiro Mata (Chemale Jr. *et al.*, 2012; Martins-Neto, 2000). Atingindo uma espessura máxima de aproximadamente 2500 m, é essencialmente composta por arenitos finos, quartzosos, puros e bem selecionados, característicos de uma boa seleção natural, possuindo estratificações cruzadas de grande porte, laminações e estratificações plano paralelas e marcas onduladas em *vórtex*, sendo interpretada como depósitos do tipo eólico, ao qual gradam verticalmente para

depósitos de ambiente marinho raso (Scholl & Fogaça, 1979; Dossin *et al.*, 1990; Martins-Neto, 2000; Basilic *et al.*, 2021).

Compondo boa parte da Serra do Cabral e a porção ocidental da serra do Espinhaço Meridional, o Grupo Conselheiro Mata compreende uma sucessão rítmica entre unidades pelíticas e psamíticas, (formações Santa Rita, Córrego do Borges, Córrego Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande), representativas de ciclos transgressivos e regressivos relacionados à evolução mecânica da bacia Espinhaço (Dupont, 1995, 1996; Lopes, 2012; Santos *et al.*, 2015).

Figura 5 - Carta estratigrafia do Supergrupo Espinhaço no domínio da Serra do Espinhaço Meridional. Sequências limitadas por discordâncias: STI: Estateriano I; STII: Estateriano II; C: Calimíniano; S: Esteniano; UE: Espinhaço Superior.



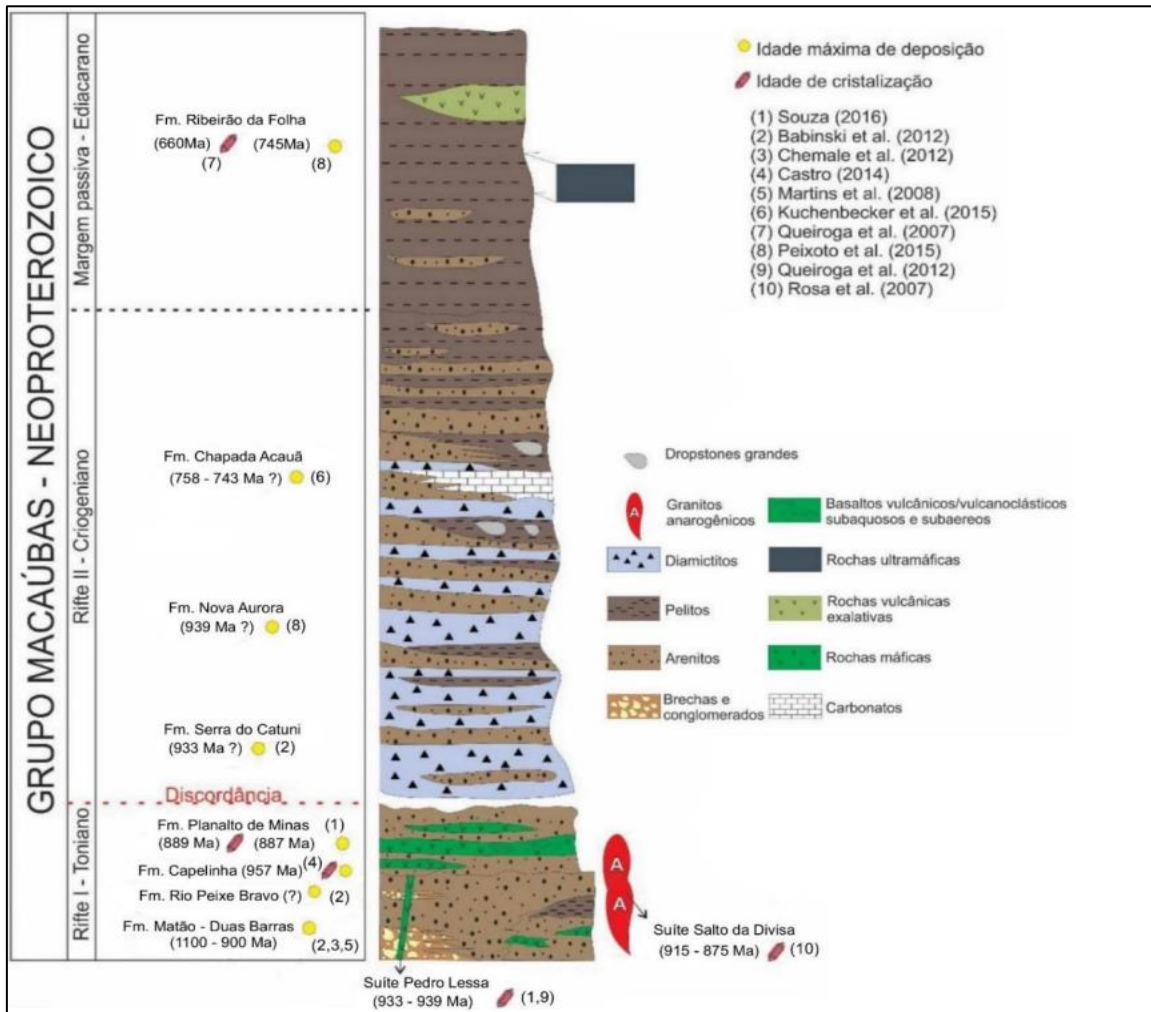
Fonte: Retirado de Alkmim *et al.* (2017).

2.2.2. GRUPO MACAÚBAS

Com aproximadamente 10 km de espessura, o Grupo Macaúbas apresenta-se de forma mais expressiva junto ao domínio externo do orógeno Araçuaí, em particular na região a norte de Diamantina (*e.g.* Grossi-Sad *et al.*, 1997; Noce *et al.*, 1997; Grandim *et al.*, 2005). Essa unidade registra o preenchimento da bacia precursora do orógeno Araçuaí-Oeste Congo, a qual evoluiu de sistemas riftes continentais para margem passiva, abrangendo no mínimo três fases distintas de evolução, que estão ligadas a episódios de magmatismo anorogênico (Kuchenbecker *et al.*, 2015; Souza, 2016; Castro, 2014).

O Grupo Macaúbas foi dividido por Pedrosa-Soares *et al.* (2011) em três sequências estratigráficas principais (**FIG. 6**): (i) uma inferior pré-glacial, que engloba as formações, Matão, Duas Barras e Rio Peixe Bravo; (ii) uma sequência intermediária, glaciogênica, que compreende os pacotes ricos em metadiamicritos presentes nas formações Serra do Catuni, Nova Aurora e Chapada Acauã; (iii) uma sequência pós-glaciogênica constituída pelas formações Chapada Acauã Superior e Ribeirão da Folha. Subsequentemente, houve modificações no quadro estratigráfico, englobando as formações Matão-Duas Barras, Capelinha, Rio Peixe Bravo e Planalto de Minas. Por conta de equivalentes laterais, representando um mesmo sistema deposicional, foram reunidas numa só (Souza *et al.*, 2019) as formações Matão (Martins *et al.*, 2008) e Duas Barras (Noce *et al.*, 1997), registrando o início do rifteamento continental que deu origem a bacia Macaúbas. Na sucessão glacial modificada, engloba as formações Serra do Catuni, Nova Aurora e Chapada Acauã inferior.

Figura 6 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas. Modificado de Pedrosa-Soares *et al.* (2008, 2011).



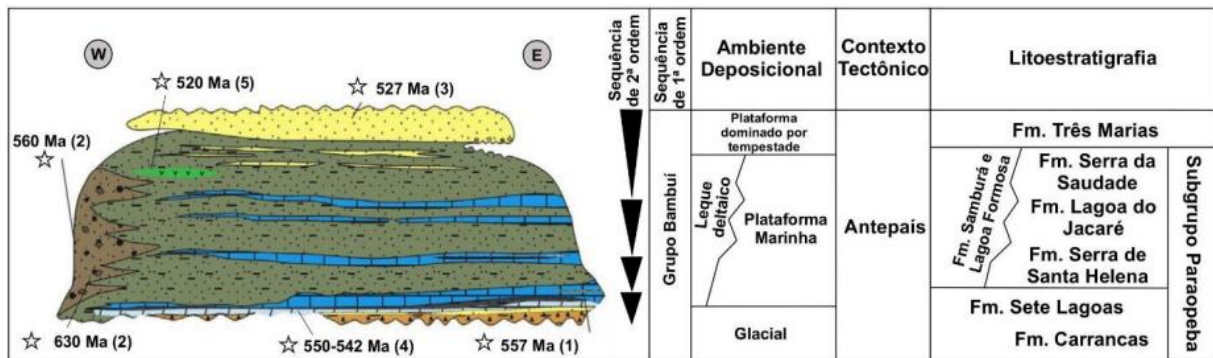
Fonte: Retirado de Castro (2014) e Souza (2016).

2.2.3. GRUPO BAMBUÍ

De idade ediacarana-cambriana, o Grupo Bambuí constitui uma sucessão de carbonatos, pelitos, arenitos e conglomerados subordinados que está disposto acima do Grupo Macaúbas, encerrando a seção do final do Proterozoico da bacia do São Francisco. É interpretado como uma bacia de antepaís (*Foreland basin*), em resposta a flexura litosférica ocasionada pela formação das faixas Brasília e Araçuai (Barbosa *et al.*, 1970; Chang *et al.*, 1988; Alkmim & Martins-Neto, 2001, 2012; Reis *et al.*, 2017). Através de dados sísmicos, Reis *et al.* (2017) reconheceram que o Grupo Bambuí recobre estruturas de pequena escala pré-existentes (*e.g.* Aulacógeno de Pirapora), que podem ter sido reativadas durante o desenvolvimento dos orógenos Brasília e Araçuai, exercendo uma herança tectônica para a sedimentação de toda a sequência Bambuí.

O Grupo Bambuí foi dividido em quatro seqüências (**FIG. 7**), sendo i) a primeira uma seqüência de ambiente deposicional glacial formado pelos calcários e pelitos das formações Carrancas e Sete Lagoas; ii) seguido de uma seqüência de ambiente deposicional leque deltaico migrando para plataforma marinha, depositando para-diamictitos, mármore e pelitos das formações Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade; iii) gradando para uma plataforma dominado por tempestade, depositando uma sucessão de arenitos feldspatos e pelitos da Formação Três Marias. (Costa & Branco, 1961; Braun, 1968, 1988; Dardenne, 1978, 1981; Tavares *et al.*, 2019).

Figura 7 - Carta estratigráfica do Grupo Bambuí na bacia São Francisco, evidenciando as unidades litoestratigráficas e ambientes deposicionais. Dados isotópicos: (1): Paula-Santos *et al.*, 2015; (2): Uhlein *et al.*, 2017; (3): Tavares *et al.*, 2020; (4): Warren *et al.*, 2014; (5): Moreira *et al.*, 2020.

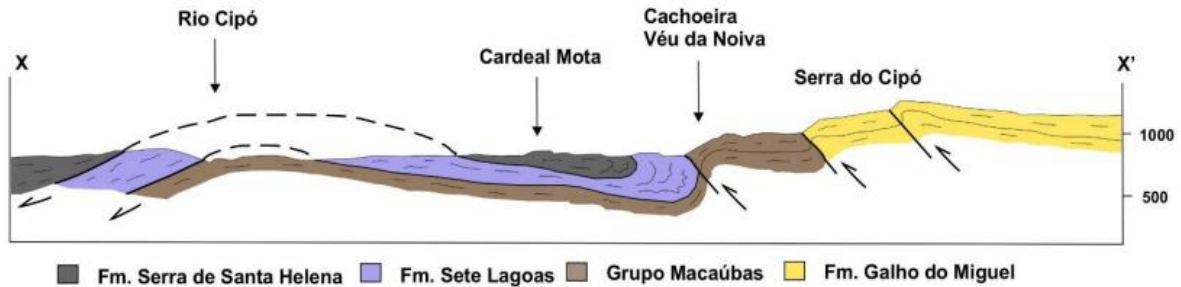


Fonte: Retirado de Reis & Alkmim (2015) e Rodrigues *et al.* (2021).

2.3. ARCABOUÇO ESTRUTURAL REGIONAL

Na região da Serra do Espinhaço Meridional, na zona limítrofe entre o Cráton do São Francisco e a Faixa Araçuaí, diversos autores identificaram a natureza do contato observado entre os supergrupos Espinhaço e São Francisco é tectônico, por uma falha de empurrão, que possui uma pequena componente sinistral, com atitude N10-30°W/40-50° NE (Magalhães, 1998; Uhlein, 1991; Oliveira, 1994). De modo similar, esta mesma estrutura delimita o contato entre os grupos Macaúbas e Bambuí, delineando a zona limite do *front* da Serra do Espinhaço Meridional (Oliveira, 1994). Tal falha pode ser interpretada como um *short cut thrust* na medida que intersecciona uma série de estruturas inter e intraestruturais previamente nucleadas, que provavelmente está ancorada no embasamento, não aflorante ou que é mal exposto na região (Oliveira, 1994).

Figura 8 - Seção geológica da região da Serra do Cipó, evidenciando os descolamentos inter e intra-estratais, além da estrutura antiformal erodida, que dá origem a janela estrutural do rio Cipó.



Fonte: Oliveira, 1994, *apud* Medeiros, 2022.

Costa *et al.* (1993) definiram o contato do Supergrupo Espinhaço com o Supergrupo São Francisco como um contato normal, e sugeriram uma falha de empurrão “cega”, que não aflora em superfície, mas está representada através de dobras, mas que somente se caracteriza em profundidade (*blind thrust*).

Noce (1997), Uhlein (1991) e Oliveira (1994), relacionam as estruturas presentes nesta região a duas fases progressivas (D1 e D2), sendo a fase D1 representada pelas foliações milonítica S_m , e penetrativa S_n , associada ainda com as lineações de interseção (L_1), padrões de fraturas F e lineações de estiramento (L_e), além das megadobras flexurais (F_1). Essa fase é caracterizada por grandes deslocamentos inter e intraestratais, responsáveis pela acomodação de grandes magnitudes de deformação, onde se distinguem duas famílias de estruturas geradas simultaneamente, que evidenciam uma transição causada pelas variações de magnitude da deformação. A fase D2, rúptil-dúctil, é representada pelos descolamentos inter e intra estratais, além dos grandes falhamentos de empurrão.

Tabela 1 - Resumo dos elementos estruturais por fase de deformação (Oliveira, 1994)

<i>Fases progressiva de deformação</i>	<i>Elementos estruturais gerados</i>	<i>Estruturas deformacionais</i>
<i>D1</i>	<i>$S_m, F_m, L_m, S_1, L_1, F_1, L_{SoXS1}$</i>	<i>Descolamentos inter e intra estratais</i>
<i>D2</i>	<i>F_2, S_2</i>	<i>Falhamentos de empurrão, falhas transcorrentes e estruturais antiformais e sinformais</i>

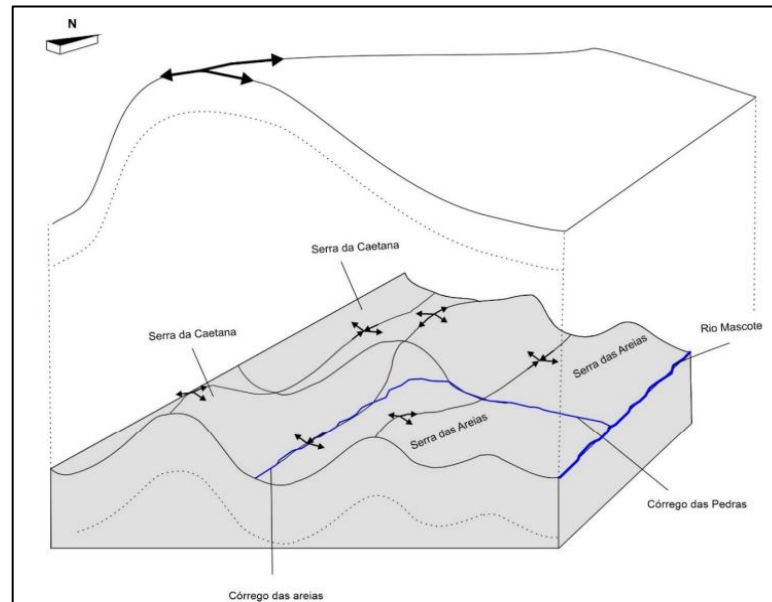
Fonte: Retirado de Medeiros (2022).

Sendo definidos como estruturas da fase de deformação (D_1) atuando um mecanismo predominante de cisalhamento simples não homogêneo sendo elas: a foliação (S_n) é penetrativa e bem-marcada nas unidades pelíticas, com uma orientação preferencial N-S mergulhando para E variando de (25° a 45°). Juntamente com o acamamento (S_0), de direção preferencial N-S, com mergulhos para W-NW, com valores variando de 10° a 30° , forma a lineação de intersecção (L_i) de caimento para N e para S com baixos ângulos, variando de 0° a 20° . Já as dobras (F_1), são representadas por estruturas de escala mesoscópica de afloramento, tem pequenas amplitudes de ordem de centímetros, com vergência para NW e plano axial de dobra associada a sistema de fraturas pouco espaçadas. (Oliveira, 1994)

Os descolamentos inter estratais comportam-se como zonas de cisalhamento entre as unidades do Grupo Bambuí e da Formação Serra do Catuni, responsáveis na porção oriental e setentrional do ParnaSCipó, onde as unidades do Grupo Bambuí são expostas em janelas estruturais, nos vales dos rios Mascates e Cipó, (Magalhães, 1988; Oliveira, 1994)

Compondo as estruturas de segunda geração (D_2) marcada pela deformação dúctil-rúptil, as megadobras flexurais (F_2) e à clivagem (S_2) que formam culminações antiformais e assimétricas, com vergência para W e charneira de duplo caimento, estes dobramentos situam se a norte do LB, que compreende uma grade estrutura anticlinal com presença de dobramentos de ordens inferiores, marcada por duas culminações anticlinais, representadas pelos altos topográficos das serras da Caetana e das Areias, e de uma depressão sinclinal, marcando o vale do Córrego nas Areias (Medeiros, 2022) (**FIG. 9**). Foram geradas as grandes falhas de empurrão de direção NNW-SSE com mergulhos para E de aproximadamente 30 a 55° , que caracterizam a região do *front* do Espinhaço, sendo elas responsáveis por inverter a estratigrafia regional, colocando as formações do Supergrupo Espinhaço para cima do Supergrupo São Francisco. Além da falha de rasgamento de orientação sinistral e as fraturas (F) dá área são bem desenvolvidas nos quartzitos da Formação Galho do Miguel, ocorrendo de maneira espaçada e contínua, sub-verticais de orientação preferencial NW/SE com mergulho para NE, de ângulos variando de 40° a 80° (Oliveira, 1994).

Figura 9 - Bloco diagrama simplificado mostrando a conformação estrutural da área de estudo, onde a anticlinal de primeira ordem apresenta se internamente estruturada por dobramentos de ordem inferior.



Fonte: Retirado de Medeiros (2022).

2.4. EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA FAIXA ARAÇUAÍ

Definido por Almeida (1977), os terrenos que margeiam o sudoeste e o sul do cráton do São Francisco foram interpretados como um cinturão orogênico de idade Brasiliano, propondo denominá-lo de “Araçuaí” Almeida (1977). Hoje designado como orógeno Araçuaí (Pedrosa Soares *et al.*, 2008), teve sua evolução postulada por Alkmim *et al.* (2006) como um modelo “Quebra Nozes”, levando em consideração a evolução de um orógeno não ensiálico. Porém, alguns autores como Brito Neves & Cordani (1991), Trompette (1994), Fossen *et al.* (2017, 2020) e Cavalcante *et al.* (2019) consideram que o orógeno se desenvolveu em um ambiente totalmente ensiálico. O modelo intracratônico ensialico que esses autores propõem é simplesmente o de adelgaçamento crustal relacionado a rifteamento extenso e formação de bacias, seguido por movimentos convergentes entre os lados africano (Cráton do Congo) e brasileiro (Cráton do São Francisco).

Este trabalho leva em consideração o modelo de “Quebra Nozes” de Alkmim *et al.* (2006), que subdividiram o orógeno Araçuaí-Oeste Congo em dez compartimentos tectônicos,

e cinco estágios principais de formação, sendo eles i) a bacia precursora Macaúbas; ii) a convergência inicial; iii) estágio colisional; iv) o escape lateral e v) o colapso gravitacional.

A bacia Macaúbas foi nucleada no Paleocontinete São Francisco-Congo, por volta de 880 Ma (Silva *et al.*, 2007), evoluindo para duas margens passivas, conectadas pela ponte cratônica Bahia-Gabão. Seu desenvolvimento continental ocorreu por volta de 880 Ma, produzindo rochas magmáticas de assoalho oceânico em 660 Ma (Queiroga *et al.*, 2007). Esta evolução ocorreu em conexão aos aulacógenos de Pirapora e Paramirim, do lado do São Francisco (Alkmin, 2006), e pelos aulacógenos do Congo e de Sangha do lado do Congo (**FIG 10a**) (Bassot, 1988). Estes aulacógenos tiveram um papel importante tanto na abertura da bacia Macaúbas, dissipando tensões, quanto no seu fechamento, acomodando deformações no interior das zonas cratônicas (Alkimim *et al.*, 2007).

Dada a configuração da bacia Macaúbas, seu fechamento implica em um mecanismo de subducção como consequência e não como causa, face à impossibilidade mecânica em fazer descer ao manto, por ação das forças gravitacional e de arrasto astenosférico. Formulou-se então a hipótese que a bacia Macaúbas tenha sido induzida à distância, pela consequência de colisão envolvendo a península do São Francisco e a placa Paraná ou Rio de La Plata por volta de 630 Ma (Seer *et al.*, 2001; Valeriano *et al.*, 2004). Apresentado as características da bacia precursora, seu fechamento, ou convergência inicial, se desenvolveria em uma operação que se assemelha a um fechamento de um quebra-nozes (Alkmim *et al.*, 2006), de forma que a Península do São Francisco rotacionar no sentido anti-horário, contra a contraparte do Congo, levando a compressão da bacia Macaúbas e o consumo de sua crosta oceânica por meio de subducção, onde por volta de 630 Ma, um arco magmático cálcio-alcalino, produziria tonalitos (**FIG 10b**) (Alkmim *et al.*, 2007; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

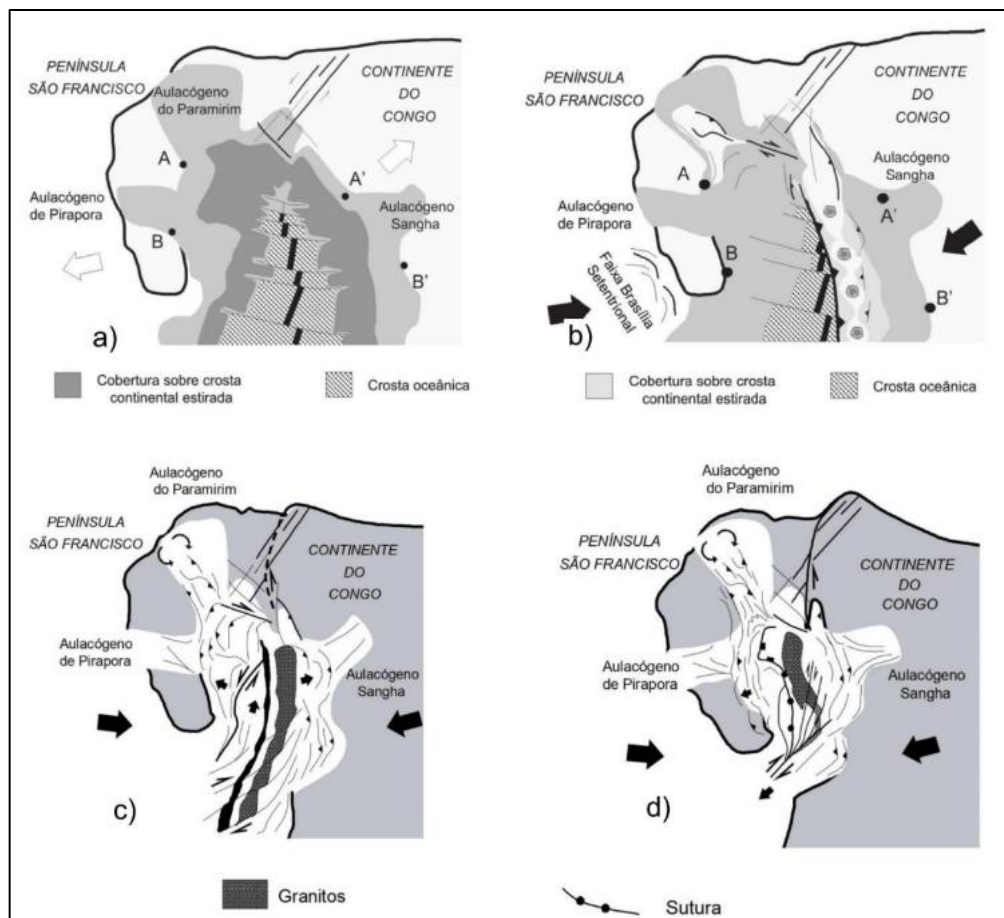
A etapa colisional (**FIG. 10c**), que se iniciou pelo norte e avançando progressivamente para o sul, promoveu a propagação de frentes de empurrão para as zonas cratônicas, fazendo com que se ocorra um soerguimento da cadeia de montanhas no intervalo de 580 e 560 Ma (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001, 2007), representado pelo cinturão de falhas e dobras (*fold-thrust belts*), da Serra do Espinhaço Meridional. Neste estágio foram gerados os granitos G2, do tipo S, de protólitos sedimentares aluminosos, provavelmente depositados na então bacia Macaúbas, que hoje são representados pelos complexos paragnáissicos (Pedrosa-Soares *et al.*, 2007).

A parte meridional desse sistema orogênico apresenta extensas zonas de falhas de cisalhamento dextral, que podem estar relacionadas à movimentação lateral de material em direção ao sul. Esse fenômeno pode ter sido desencadeado pela máxima aproximação entre o

extremo sul da península de São Francisco e a margem do continente do Congo, como ilustrado na (FIG. 10c) (Alkmim *et al.*, 2007).

A etapa de colapso gravitacional, ao qual o orógeno chegou a altas espessuras, leva a sobrecarga da crosta aquecida e, portanto, de baixa resistência leva ao fluxo lateral da sua porção basal e abatimento das porções superiores, acomodado por sistemas de zonas de cisalhamento, como a Chapa do Acauã, por volta de 520 a 490 Ma, seriam geradas as suítes graníticas G4 e G5, interpretadas como produtos de fusão crustal e mantélica por descompressão adiabática (FIG. 10e) (Alkmim *et al.*, 2007; Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos, 2000).

Figura 10 – Modelo cinemático evolutivo para o orógeno Araçuaí-Oeste Congo de Alkmim *et al.* (2006, 2007). a) Elementos da Bacia Macaúbas e seu cenário tectônico. b) Fase de convergência inicial das margens da bacia Macaúbas e início da operação da tectônica quebra-nozes, como consumo forçado do assoalho oceânico, por volta de 600 Ma. c) Fase de estágio colisional e granitogênese orogênica, por volta de 560 Ma. d) Estágio de colapso gravitacional, após escape lateral da porção sul do orógeno, por volta de 500 Ma.



Fonte: Retirado de Alkmim *et al.* (2006, 2007).

CAPÍTULO 3

MÉTODOS PARA CONSTRUÇÃO DE PERFIS E DIAGRAMAS DE BLOCOS DE DOBRAS

As seções transversais ou perfis geológicos são representações, num plano vertical, da composição e das estruturas geológicas de uma fração da crosta terrestre. Elas são ferramentas fundamentais para o melhor entendimento e visualização em profundidade das estruturas representadas no mapa geológico.

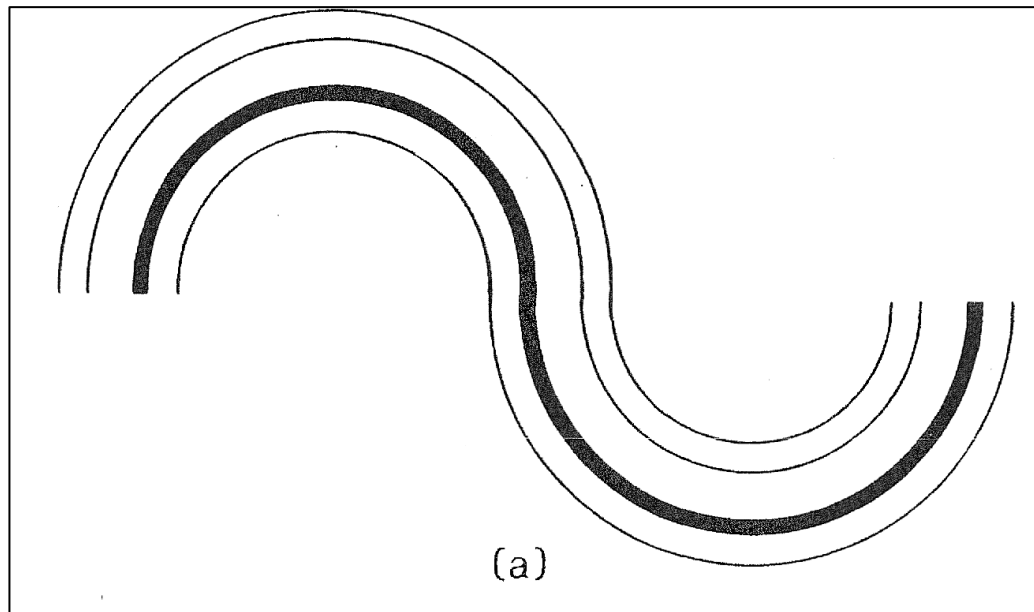
No entanto, essas seções nem sempre são fáceis de serem construídas apenas com base nos dados obtidos diretamente no trabalho de campo, em superfície. Por exemplo, representações de unidades e rochas polideformadas apresentam grau de dificuldade maior em sua representação e profundidade, a partir dos dados de superfície. Para isso, foram desenvolvidas algumas técnicas de projeção e construção de seções, de forma a facilitar a confecção das seções, diminuindo as imprecisões das interpretações.

Neste capítulo, serão abordados dois métodos para projetar dados de superfície, no modelamento da geometria de estruturas dobradas em profundidade. Através destes métodos, torna-se possível descrever e representar com maior precisão a configuração tridimensional de estruturas rochosas em seções geológicas bem como bloco diagramas.

3.1. MÉTODO BUSK (OU DE ARCOS CIRCULARES)

O método de Busk para construção de seções (Busk, 1929, *apud* Marshak & Woodward, 1988) é apropriado para dobras paralelas suavemente curvadas e arredondadas. O método de Busk permite reconstruir os traços das camadas em um plano de seção a partir de medições de atitudes de mergulho das camadas dobradas na superfície ou subsuperfície. A base geométrica desse método é a suposição de que as camadas dobradas estão em todos os lugares tangentes a arcos circulares. (FIG. 11).

Figura 11 - Estilos de dobras paralelas mencionados no texto. (a) Dobras paralelas concêntricas.



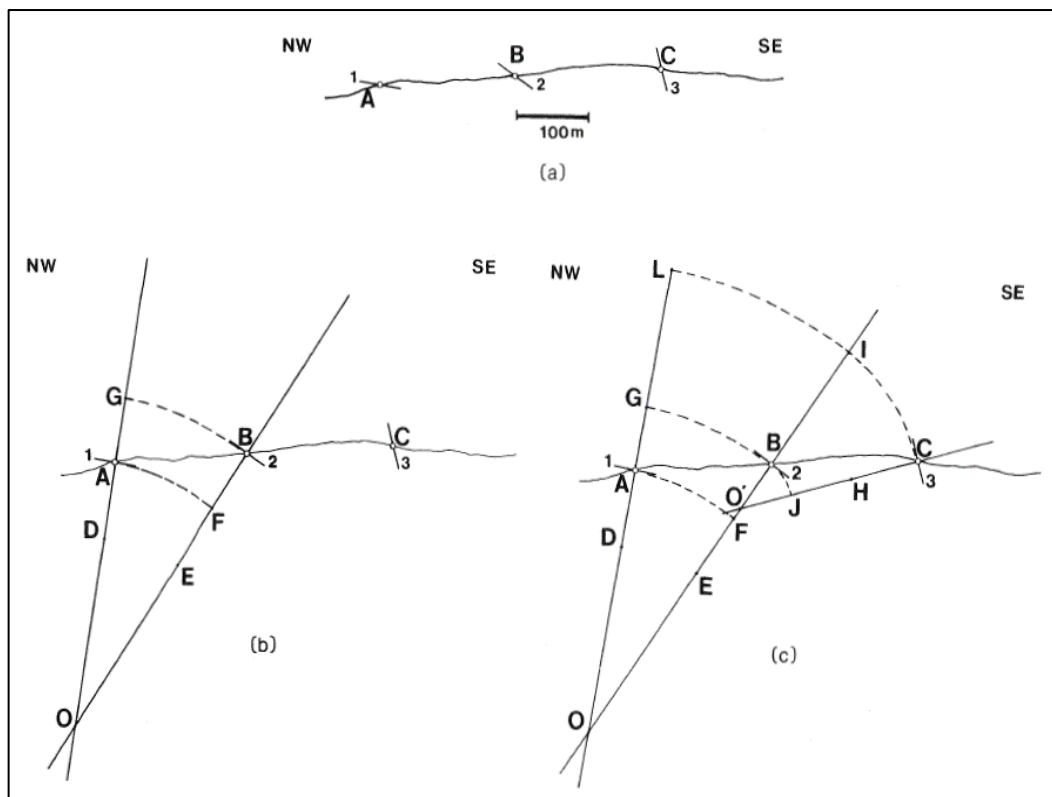
Fonte: Retirado de Marshak & Woodward (1988).

Este método permite reconstruir os traços das camadas em um plano de seção a partir das atitudes reais das camadas dobradas na superfície ou subsuperfície. Este método usa a premissa que as camadas dobradas seguem o mesmo traçado de arcos circulares, sendo que cada camada é dividida em vários segmentos, cada um dos quais é ou uma parte de um arco circular, sendo que ao longo de cada segmento de arco circular, os valores de mergulho mudam suave e continuamente. Segmentos adjacentes de arco circular estão conectados por pontos de inflexão ou por segmentos de linha reta.

Exemplificando toma-se como uma área (**FIG. 12**) onde a seção foi traçada perpendicular ao eixo da dobra, e as atitudes das camadas apresentam-se em verdadeira grandeza (mergulhos verdadeiros) 1) no perfil topográfico, plotam-se as atitudes (pontos A, B e C **FIG. 12a**); 2) em seguida, traçam-se as retas perpendiculares a cada atitude respectivamente, linhas D e E. 3) as retas perpendiculares das atitudes irão se encontrar como no ponto O (**FIG. 12b**); 4) ao adotar-se que as dobras são segmentos de arcos concêntricos, utiliza-se um compasso, com sua ponta de ancoragem postada no ponto O. Com o lápis do compasso, desenhar um arco circular que passe por A e que intercepte o raio E no ponto F, e um segundo arco circular que passe por B e intercepte a extensão do raio E no ponto G. Os dois segmentos de arco circular, AF e GB, são os traços de perfil dos estratos desejados (**FIG. 12b**).

Notar que os segmentos de arco AF e GB são concêntricos, mas têm raios diferentes, e que os pontos A e B não estão no mesmo segmento de arco. É importante que os segmentos de arco não sejam estendidos além de suas interseções com os raios D e E, pois os traços das camadas fora dos raios são fixados por leituras de mergulho em outras estações; 5) repete-se o mesmo procedimento para os próximos pontos, respectivamente, respeitando os mesmos pontos anteriores, como feito ao ponto C. (FIG. 12c).

Figura 12 - Construção de Busk para o problema abaixo. (a) Estações A, B e C, plotadas em um plano de seção transversal; (b) Construção parcial após a conclusão do passo 4 do método (c) Seção transversal concluída.



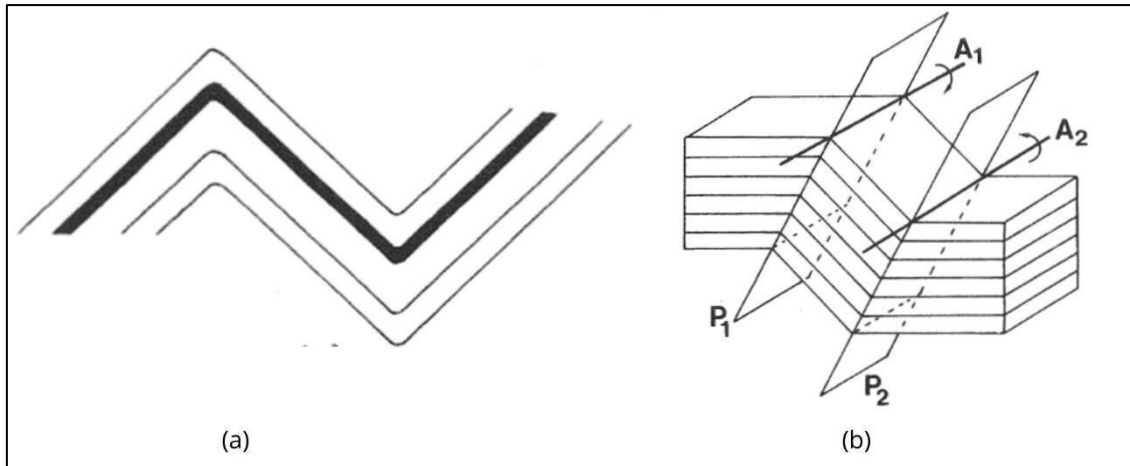
Fonte: Retirado de Marshak & Woodward (1988).

3.2. MÉTODO KINK

O método kink (Suppe, 1985, *apud* Marshak & Woodward, 1988) é apropriado para dobras paralelas com zonas de charneira angulares e flancos retilíneos (FIG. 13), comumente encontradas em cinturões de dobras e cavalgamentos. A formação dessas dobras angulares muitas vezes é acompanhada por deslizamento interestratal e ocorre frequentemente sem espessamento ou adelgaçamento. Essas dobras são chamadas como dobras kink e usa-se um

método que se baseia nas propriedades geométricas dessas dobras para desenhar seções transversais.

Figura 13 - (a) Dobra no estilo kink, (b) Dobra kink com detalhe para o plano de dobra kink.



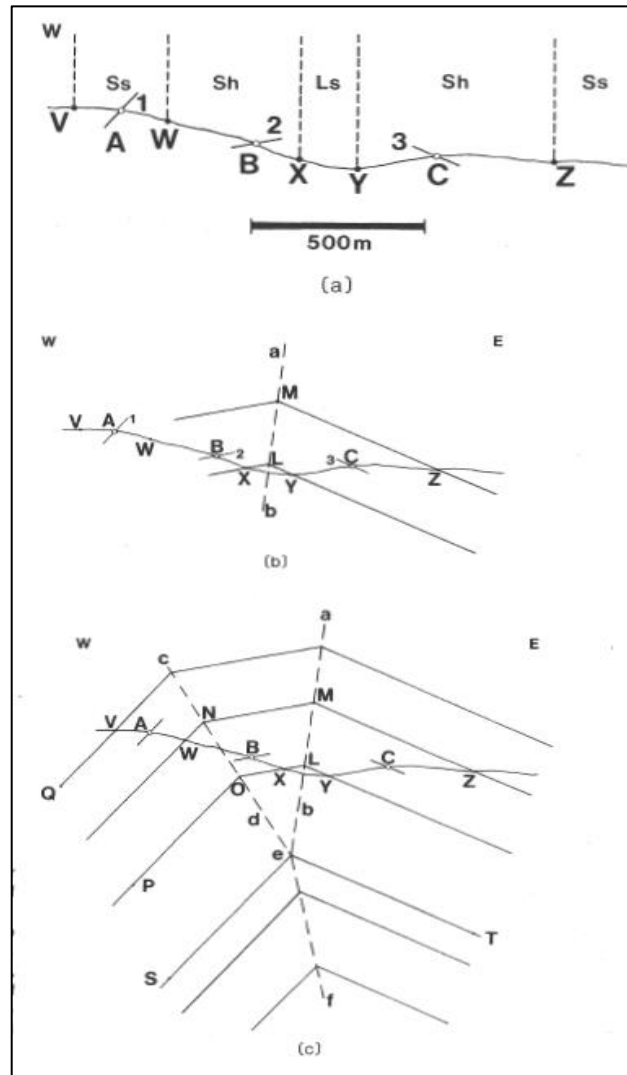
Fonte: Retirado de Marshak & Woodward (1988).

Em uma dobra kink, a estratificação muda abruptamente sua atitude através de um plano paralelo ao plano axial da dobra, chamado de plano de kink, cujas camadas são torcidas ao longo deste plano, como um eixo da dobra, não havendo espessamento da camada (**FIG 13**).

A aplicação deste método é bem simples e muito útil, pois considera as características e propriedades deste tipo de dobra, sendo capaz de projetá-las em profundidade. O traço do perfil sempre deve ser posicionado perpendicularmente ao eixo da dobra, mais especificamente no perfil da estrutura, onde as medidas serão representadas em verdadeira grandeza. O método consiste em: 1) começar plotando a secção topográfica; 2) posicionar as estações com as medidas das atitudes sobre o traço da topografia, em seus lugares, pontos A, B e C, (**FIG. 13a**); 3) localizar a charneiras das dobras (plano kink), onde as atitudes dos membros adjacentes mudam abruptamente, estes planos são as abscissas da intersecção das retas perpendiculares a cada atitude, planos A e C (**FIG. 13c**); 4) conectar os segmentos dos contatos V, W, X, Y e Z, como um traço de linha reta até o plano kink, a partir dele será traçada uma nova linha com base na medida da próxima estação (**FIG. 13d**), 5) repetir o procedimento para todos os contatos, sendo que os traços são sempre paralelos e que conservem a espessura da camada (**FIG. 13c**). Caso necessário, ajustar os contatos à mão livre.

Este método é o mais indicado para a região em que o trabalho foi desenvolvido, pois está situado em um sistema de cinturão de falhas e dobras da Serra do Espinhaço.

Figura 14 - Ilustrações para a construção pelo método de kink. (a) Dados brutos de mergulho em um plano de seção transversal. Os segmentos de linha 1, 2 e 3 representam os mergulhos nos pontos A, B e C, respectivamente, e representam as atitudes de diferentes domínios; (b) Perfil da dobra após a conclusão do passo 3 no Método 13-4; (c) Perfil da dobra concluído.

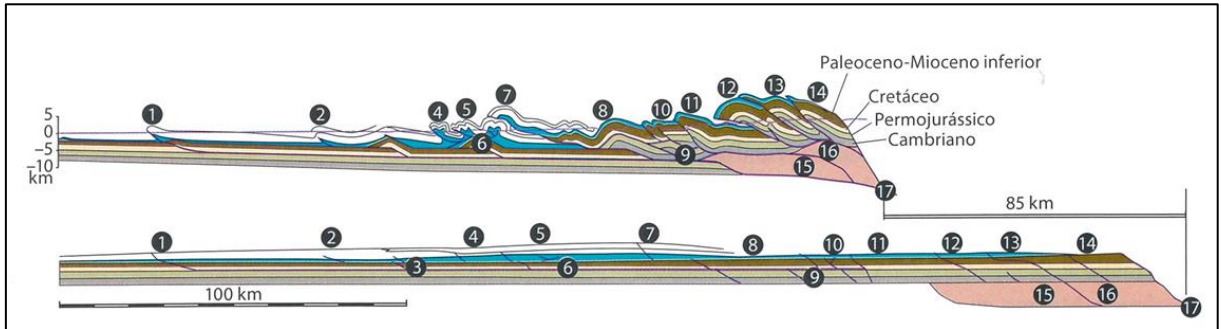


Fonte: Retirado de Marshak & Woodward (1988).

3.3. BALANCEAMENTO E RESTAURAÇÃO DE SEÇÕES

A restauração de uma seção ao seu estado original, anterior a deformação, tem a intenção de restaurar uma seção deformada e obter uma seção geológica verossímil. Ou seja, ao balancear a seção busca-se validar a interpretação geológica realizada, seja tanto do ponto de vista geométrico quando cinemático. A técnica consiste em aplicar a restauração a uma dada seção que se sujeitou a um ou mais processos deformacionais, ao exemplo da **FIG. 15**.

Figura 15 - Seção geológica através do cinturão de dobramentos e cavalgamentos de Zagros, Irã.



Fonte: Retirado de McQuarrie (2004).

Para que seja possível a aplicação do método são necessárias algumas condições, tais como: i) interpretação geológica consistente, ii) deformação plana, iii) a seção deve conter o sentido de transporte tectônico, iv) escolha da deformação deve ser razoável e baseada no conhecimento sobre a deformação em um dado contexto tectônico e o resultado deve ser geologicamente verídico, baseado na experiência em observações independentes.

O melhor método a ser utilizado na região do cinturão de dobras e falhas da serra do Espinhaço é o de **camada sinuosa**, que envolve a medição dos comprimentos do topo e da base de cada formação nos blocos entre as falhas, ajustando-se o comprimento de rampas e patamares na seção restaurada com os da seção deformada, preservando-se a espessura das camadas (área constante).

CAPÍTULO 4

GEOLOGIA DA REGIÃO DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DO CIPÓ

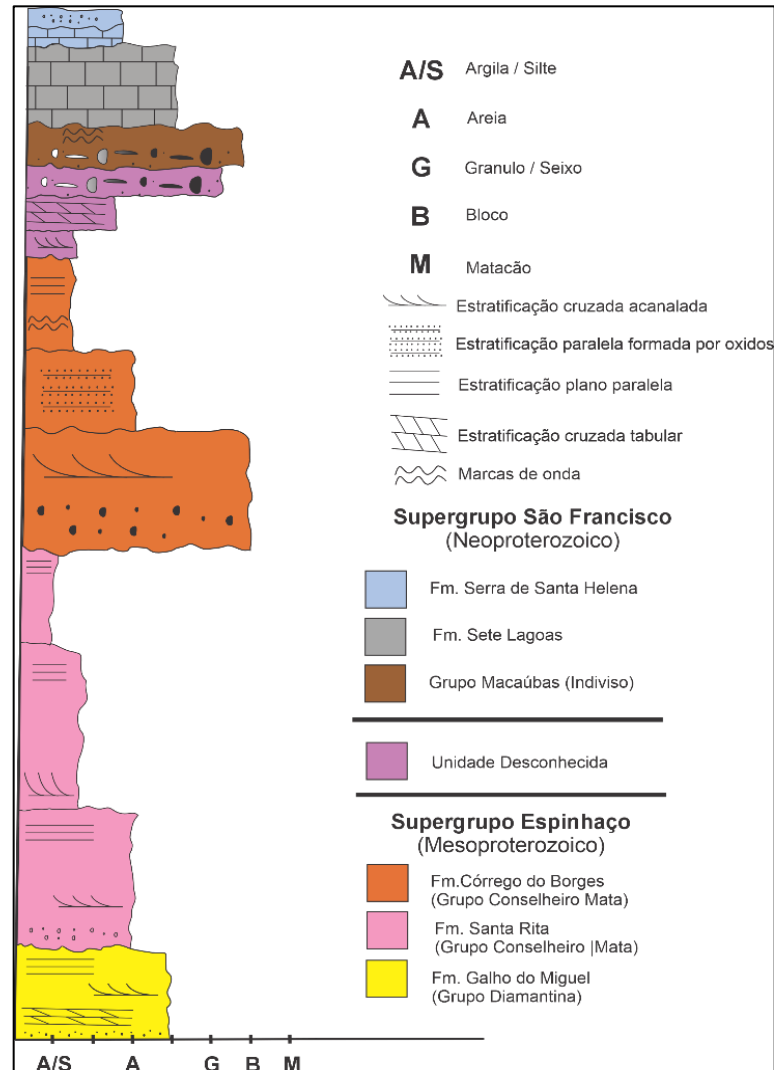
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A região da serra do Cipó apresenta um contraste relevante entre os quartzitos do Supergrupo Espinhaço, aflorantes nas partes mais elevadas do relevo, os metacarbonatos do Grupo Bambuí que ocorrem no leito do rio Cipó, e, entre eles, pelo menos uma unidade siliciclástica de posicionamento estratigráfico indefinida, associada tanto ao Supergrupo Espinhaço, por apresentarem semelhança litológica com os da Formação Galho do Miguel (Magalhães, 1988; Uhlein, 1991), ou ao Grupo Macaúbas (Oliveira, 1994; Medeiros, 2022) posicionam esta unidade no Grupo Macaúbas, visto que as relações de campo indicam uma intercalação destas rochas com os paraconglomerados amplamente reconhecidos no Grupo Macaúbas, assim como proposto anteriormente pelo Projeto Espinhaço (Grossi-Sad *et al.*, 1997).

4.1. ESTRATIGRAFIA

O arcabouço estratigráfico local é constituído, da base para o topo, pelas formações Galho do Miguel, Santa Rita e Córrego dos Borges, pela unidade siliciclástica de posicionamento estratigráfico desconhecida, seguidos no topo pelos grupos Macaúbas (indiviso) e Bambuí – formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena (**FIG 16**).

Figura 16 - Estratigrafia da área estudada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1. SUPERGRUPO ESPINHAÇO

4.1.1.1. Formação Galho do Miguel

A Formação Galho do Miguel recobre cerca de 30% de toda área mapeada (**FIG 23**), distribuindo se numa faixa de direção NNW e sustentando as regiões serranas de maior altitude, podendo chegar às cotas de 1000 a 14000 metros. Possui espessura estimada de até 2000 metros.

Ela compreende um espesso pacote de quartzitos de coloração branco amarelado, puros, bem selecionados, bem arredondados e maduros de granulometria fina a média. Possui *sets* definidos pela presença de estratificações plano paralelas e cruzadas tangenciais de pequeno a grande porte, variando de centímetros a metros, além de marcas onduladas assimétricas, de cristas retas.

O contato com a Formação Santa Rita é gradacional ou, tectônico, podendo ocorrer por falha reversa.

Figura 17 - Formação Galho do Miguel, com destaque para as estruturas primárias preservadas, (P15 e P24, Anexo A.)



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1.2. Formação Santa Rita

A Formação Santa Rita se apresenta em faixas espessas de orientação NNW/SSW, tanto a norte quanto a sul do rio Bocaina, cobrindo cerca de 15 a 20% da área (**FIG 23**). Forma relevo de planícies adjacentes aos extensos maciços rochosos sustentados pelos quartzitos da Formação Galho do Miguel (**FIG.17**). Sobre os litotipos da Formação Santa Rita, desenvolve-se cobertura vegetal típica de campo.

Figura 18 - Imagem panorâmica mostrando a morfologia associada às formações Galho do Miguel e Santa Rita, (P26, Anexo A).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Formação Santa Rita é composta por quartzitos muito finos de coloração branca, contendo mica branca. Apresenta estruturas primárias, como pequenas estratificações cruzadas de baixo ângulo. Em certos locais, apresentam-se intercalações filíticas platinadas, com grande presença de moscovita e biotita identificada no P36 (ANEXO A). A Formação Santa Rita sobrepõe a Formação Galho do Miguel por contato normal brusco ou por falha de empurrão, ao passo que as relações de contato com a Formação Córrego do Borges se dão de forma gradacional ou por falha reversa (**FIG. 19**).

Figura 19 - Formação Santa Rita com foco em: a) nível mais filítico, (P36, Anexo A). b) granulometria fina, mais comum, (P37, Anexo B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1.3. Formação Córrego do Borges

Aflora na porção oriental da região estudada, compondo cerca de 15% (**FIG 23**) da área mapeada. Muitas vezes associada à morfologia das cristas da serra do Cipó, atingindo de 1250 a 1500 m de altitude, com uma espessura estimada de 500 a 1500 m.

Em campo, a Formação Córrego dos Borges aparece como quartzitos branco-acinzentados, laminados, com presença de sericita entre as laminações, moderadamente mal selecionado, como visto no ponto P42, Anexo A. Os quartzitos da Formação Córrego dos Borges exibem estratificação cruzada de médio porte (com 30 a 50 cm de espessura), tabular, tangencial à base. Em certos pontos, é possível encontrar quartzitos mal selecionados com seixos, granodecrescente ascendente (ao exemplo dos pontos P50, P51 e P58, Anexo A).

O contato da Formação Córrego dos Borges com a Formação Galho do Miguel se dá por falha de empurrão.

Figura 20 - Formação Córrego do Borges, com destaque para as laminações de óxidos, (P42, Anexo A).



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2. Unidade Siliciclástica de Posicionamento Estratigráfico Desconhecido

Aflora em uma faixa de direção NNW-SSE na porção sudoeste do mapa, mais especificamente na região das serras das Areias e das Caetanas, no intervalo de cotas entre 800 e 950 m de altimetria, com espessura estimada de 250 metros.

É materializada por metabrechas monomíticas de matriz suportada, composta de granulação grossa. Grada em direção ao topo para metarenitos puros a moderadamente selecionados, de granulação fina a grossa, com presença de estratificações cruzadas tangenciais de grande a pequeno porte, plano paralelas e cruzadas tabulares, e marcas de corrente. Esta unidade está estratigraficamente situada acima da Formação Galho do Miguel, recobrando-a por uma discordância erosiva

4.1.3. SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO

O Supergrupo São Francisco está presente na área mapeada através dos grupos Macaúbas e Bambuí, com morfologia mais suave e associados à menores elevações da região,

portadora de vegetação de grande porte e médio porte, por conta da formação de solos mais espessos.

4.1.3.1. Grupo Macaúbas (indiviso)

Seguindo a proposta de Medeiros (2022), o Grupo Macaúbas ocorre na região das serras das Caetanas e das Areias (**FIG 23**), e na janela estrutural do rio Cipó, além de uma pequena aparição próximo à falha situada a sul do LB. Atinge cotas de até 1000 m de altitude e pode atingir até 200 m de espessura, sendo responsável por cerca de 5% da área.

O Grupo Macaúbas é composto predominantemente por quartzitos imaturos, mal selecionados, de granulação média a grossa, às vezes ferruginosos, com presença de cruzadas acanaladas e marcas de corrente bem-marcadas, podendo ser identificados na estrada não asfaltada que leva até a Portaria Areias (ao exemplo dos pontos P31, P32 e P33, Anexo A). Na rodovia MG-010, que acessa o distrito de Serra do Cipó, a aproximadamente 500 metros da ponte do rio Cipó (P44, Anexo A), também são identificados metaparaconglomerados de matriz areno-siltosa, de granulação fina a grossa, com arcabouço aberto, polimíticos, composto por quartzos e quartzitos, de granulometria seixo a matacão, subarredondados a bem arredondados.

Figura 21 - Grupo Bambuí com destaque para: a) nível de metadiamiccito com clastos subarredondados, (P31, Anexo A). b) marca de corrente, (P33, Anexo A).



Fonte: Elaborado pelo autor.

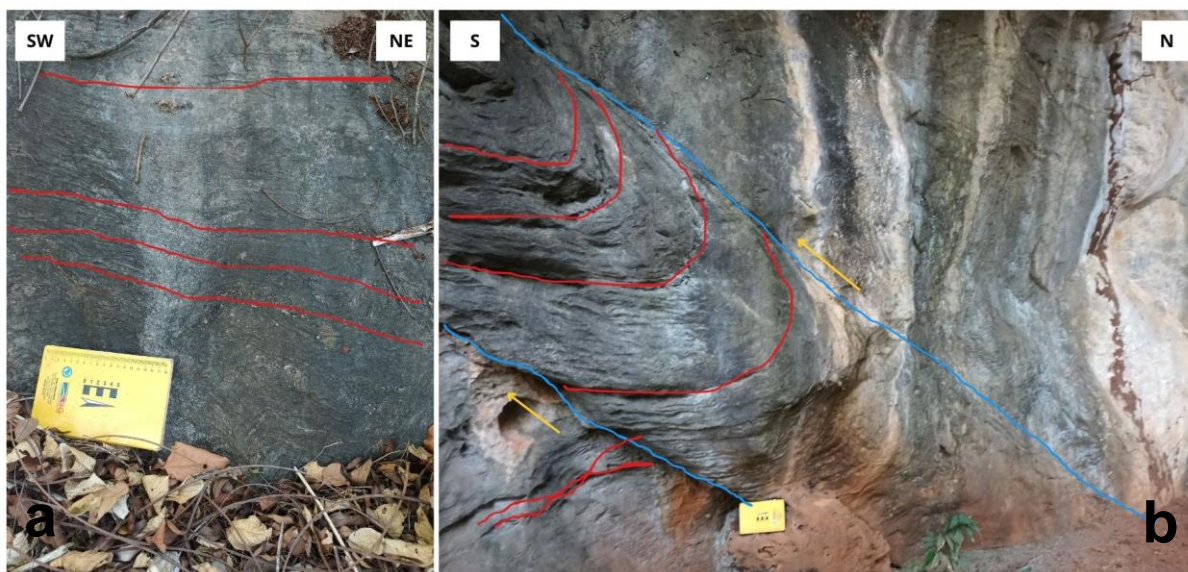
4.1.3.2. Grupo Bambuí

4.1.3.2.1. Formação Sete Lagoas

A Formação Sete Lagoas aflora na parte ocidental da área mapeada. Representa cerca de 25% da área mapeada, com os afloramentos mais bem preservados próximo à zona de influência da falha de empurrão que sobrepõe o Supergrupo Espinhaço à Formação Sete Lagoas, na estrada que acessa a portaria do Retiro (P02, P03 e P04, Anexo A).

A Formação Sete Lagoas está representada por mármore e metacalcários de coloração escura, azulados ou acinzentados, puros, maciços a laminados.

Figura 22 - Formação Sete Lagoas em: a) Com laminações sedimentares, b) Com dobras isoclinais associado a planos de cisalhamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.3.2.2. Formação Serra de Santa Helena

A Formação Serra de Santa Helena foi identificada somente no ponto P01 (Anexo A), localizada na parte ocidental da área. A unidade representa cerca de 5% da área mapeada, disposta em uma faixa de direção NNW/SSE localizada na região noroeste. Essa formação ocorre no domínio de cotas mais baixas, variando de 700 a 850 m de altitude, apresentando se alterada, compondo solos de tonalidade rosa ou avermelhada. com cerca de 100 m de espessura.

Compõe-se essencialmente por rochas finas, correspondentes a metasiltitos e filitos, com presença de sericita, clorita e quartzo.

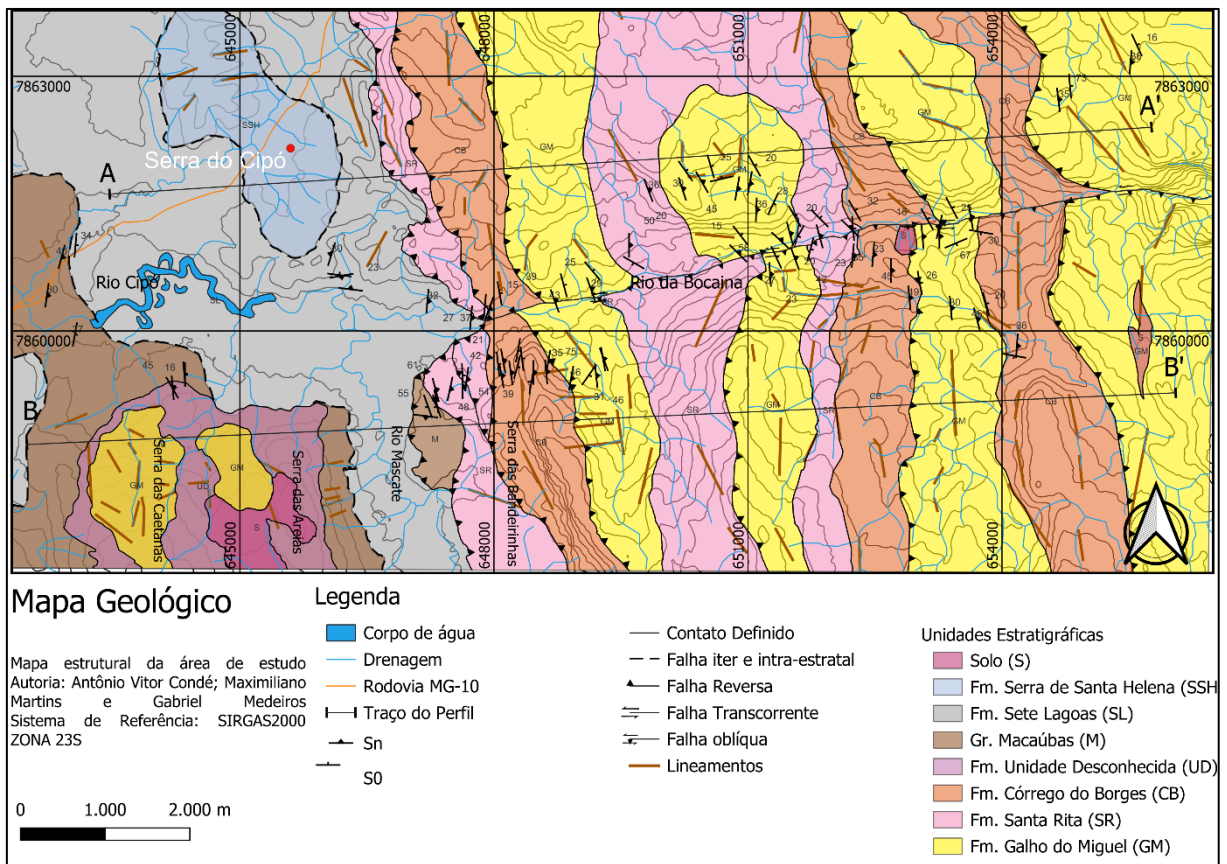
4.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL

A região estudada apresenta marcante-contraste topográfico, evidenciado pela escarpa ocidental da Serra do Cipó, área de ocorrência das unidades do Supergrupo Espinhaço (e associada às regiões de maiores elevações) e as áreas mais rebaixadas e de relevo mais suave, associadas às unidades do Supergrupo São Francisco (**FIG 23**). Este contraste guarda estreita relação entre os compartimentos estruturais da área, assim representados: i) sistemas de feixes de falhas de empurrão/reversas marcam o domínio oriental do rio Mascates (**FIG 23**), se estendendo segundo a direção NNW, mas com forte contraste na natureza e na distribuição das

unidades estratigráficas posicionadas a sul e a norte do LB, assim como no estilo de deformação na porção ocidental desta estrutura, ii) na região a oeste do rio Mascates ocorre a anticlinal da serra das Areias, uma estrutura também de direção NNW, com caimento do eixo neste sentido. Os dados estruturais deste compartimento foram compilados de Medeiros (2022).

Os falhamentos do primeiro compartimento se associam a estruturas em duplex de grande expressão em mapa, imprimindo nas rochas da região uma foliação penetrativa (S_n), de caráter milonítico a plano axial de dobramentos locais do acamamento, uma lineação de interseção (L_I) entre S_0 e S_n , uma lineação de estiramento mineral (L_e) e sistemas de fraturas (F).

Figura 23 - Mapa Geológico da área mapeada.



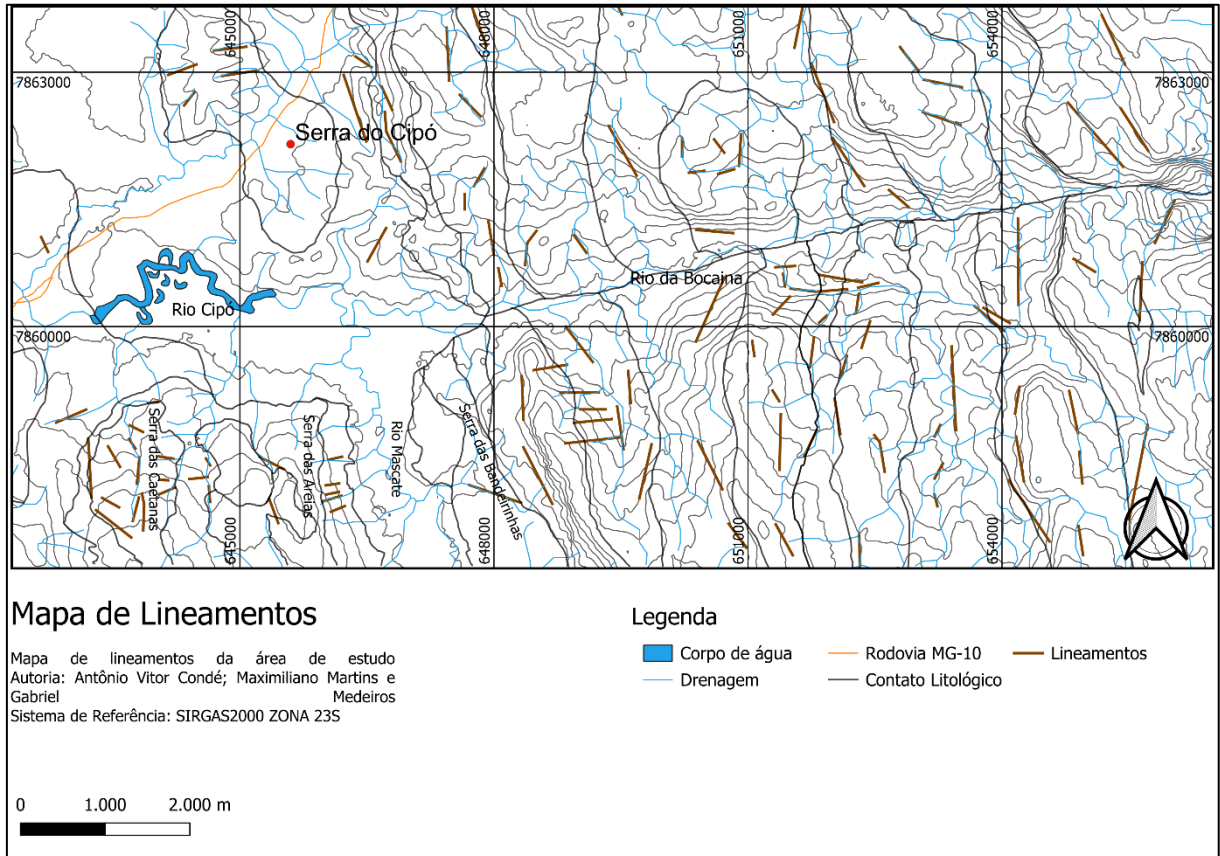
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1. ANÁLISE DESCRITIVA DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

4.2.1.1. Lineamentos

A área possui vários lineamentos morfoestruturais aos quais foram fotointerpretados através de imagem *raster* na escala 1:25.000. Duas são as orientações preferenciais, NNW-SSE e E-W; sendo a primeira de maior expressão. (**FIG. 24**).

Figura 24 – Mapa de lineamentos da área de estudo



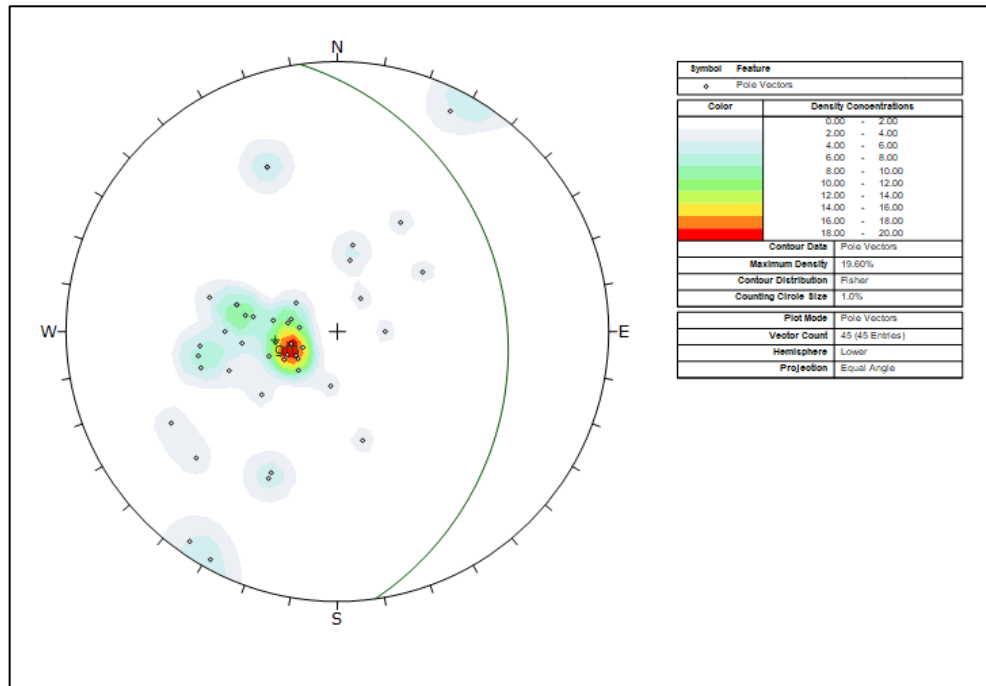
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1.2. Acamamento Sedimentar (S₀)

O acamamento sedimentar pode ser identificado nos quartzitos das formações Galho do Miguel, Santa Rita e Córrego do Borges, bem-marcado através dos planos de estratificações cruzadas, das variações granulométricas e das laminações preservadas. É uma estrutura ausente ou de difícil identificação nos litotipos do Grupo Macaúbas (indiviso), nos metacarbonatos da Formação Sete Lagoas e nos litotipos de origem pelítica da Formação Serra de Santa Helena.

Foram levantadas 45 atitudes, com orientação média de NNW-SSE e mergulho variando de 10 a 70° para NE (**FIG 25**).

Figura 25 - Estereograma de projeção polar das medidas de acamamento sedimentar (S_0).



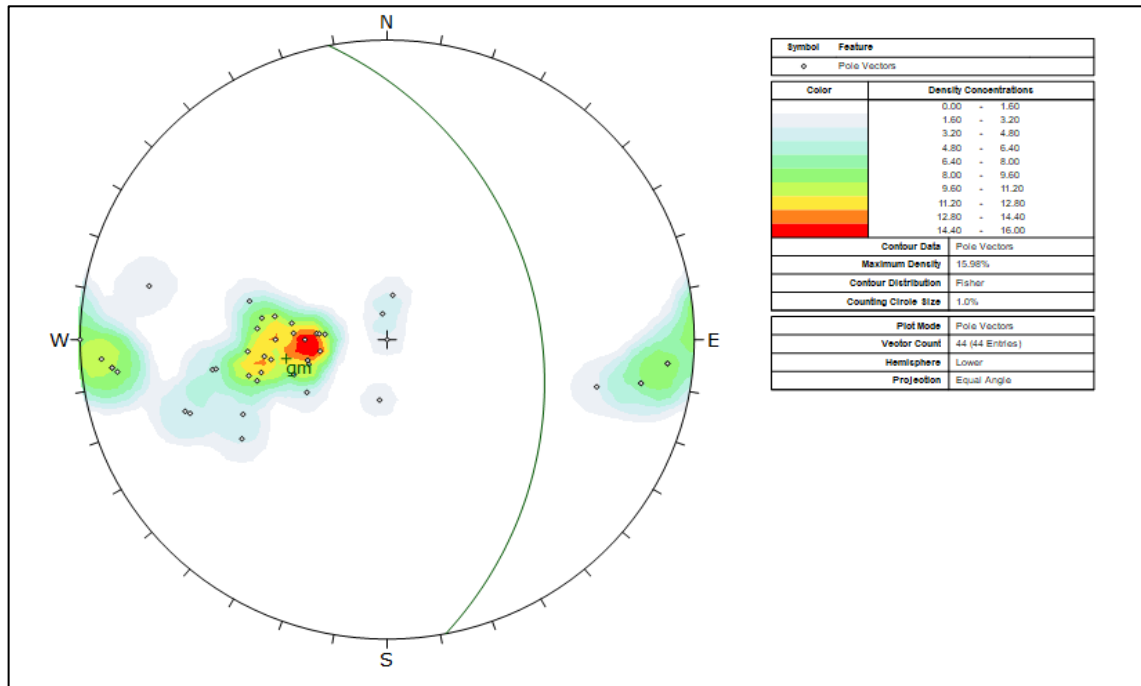
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1.3. Foliação (S_n)

A foliação apresenta-se penetrativa a milonítica, marcada como uma xistosidade tanto nos litotipos de matriz fina e micácea, ao exemplo daqueles observados nas formações Santa Rita e Córrego dos Borges, quanto uma foliação milonítica nas rochas composicionalmente mais puras, caso da Formação Galho do Miguel.

Foram coletadas 44 atitudes e a orientação preferencial da foliação é NNW-SSE, com mergulhos variando de 05 a 70° para NE, e valores subordinados SE. O plano polar calculado possui atitude 259/53 (**FIG. 26**).

Figura 26 - Estereograma de projeção polar das medidas de foliação (S_n).



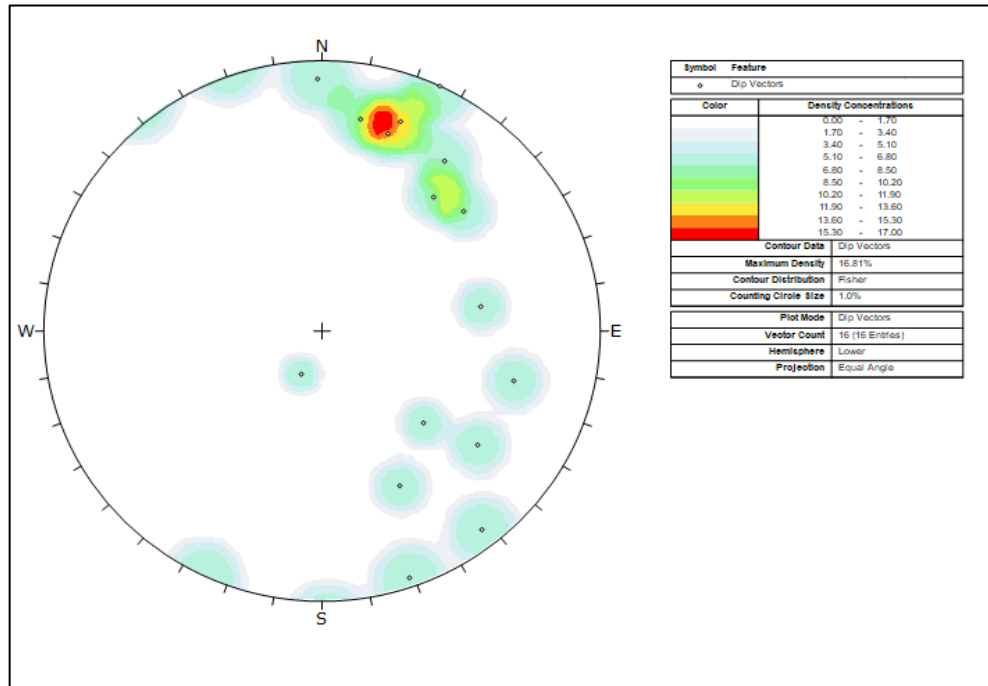
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1.4. Lineação de Interseção (L_i)

A lineação de interseção (L_i) é caracterizada pela linha de interseção entre os planos de acamamento sedimentar (S_0) e a foliação (S_n), possuindo rumo preferencial N10-30°E caindo, com cerca de 10-15° de caimento (**FIG. 27**).

Notam-se algumas variações de caráter bastante importante, como lineações de rumo S90°E, com caimentos de 20-45°, que podem sugerir rotações nos planos de falhas entre os Supergrupo Espinhaço e entre os grupos Macaúbas e Bambuí

Figura 27 - Estereograma de projeção das medidas de lineação de interseção (L_i).

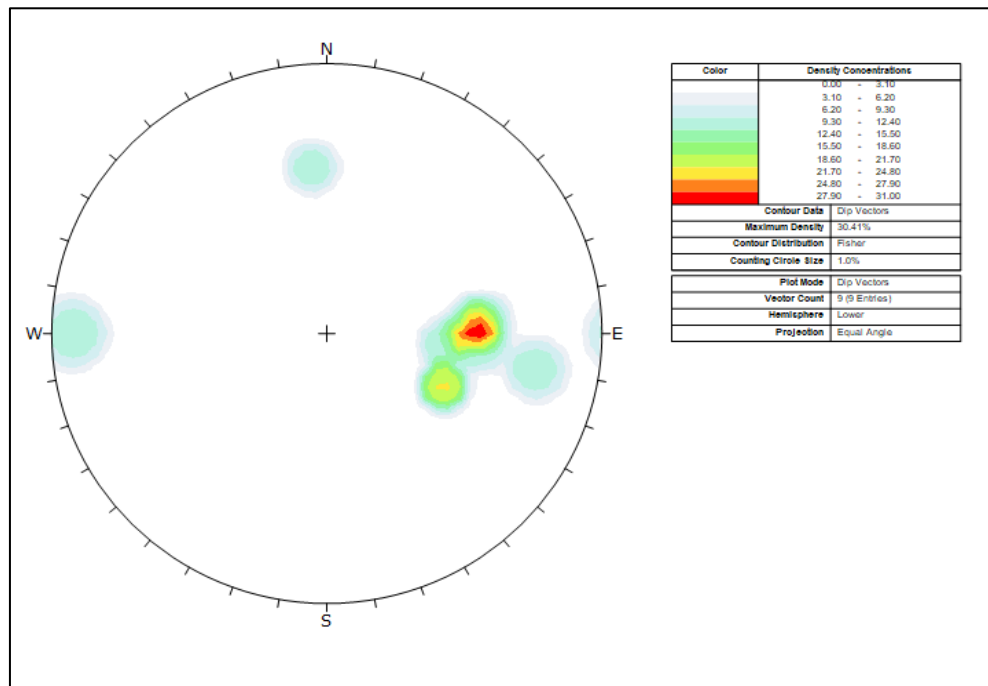


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1.5. Lineação de Estiramento (L_e)

A lineação de estiramento mineral (L_e) é melhor observada nas zonas de falhas, sendo marcada pelo estiramento de grãos de quartzo nos quartzitos da Formação Galho do Miguel e pelo estiramento de grãos de quartzo e de mica branca nas formações Santa Rita e Córrego do Borges. Possui rumo preferencial para E, com caimento de cerca de 30° , com maior concentração em 88/35 (**FIG. 28**).

Figura 28 - Estereograma de projeção polar das medidas de lineação de estiramento (Le).



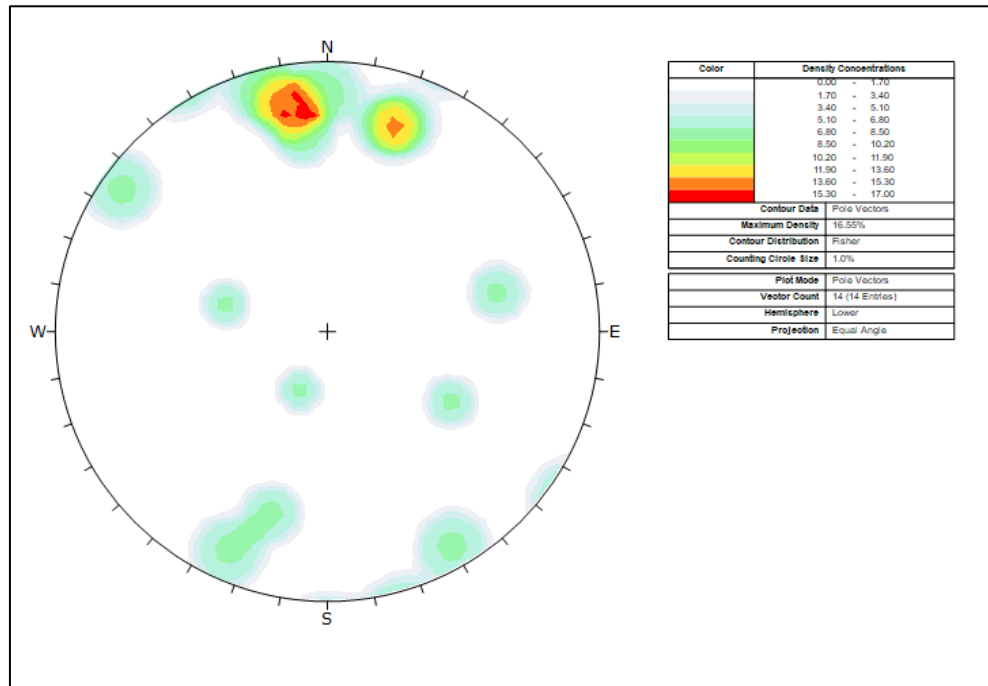
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1.6. Fraturas

O estereograma da Figura 28 mostra a distribuição espacial das medidas dos planos de fraturas na área estudada, com destaque para dois conjuntos de polos. O primeiro conjunto é representado por planos com atitude média N70-80°E, mergulhando cerca de 10-15° para NW. O segundo conjunto compreende planos com orientação N80W, com mergulhos variando de 15-20° para NE (**FIG. 29**).

Esses conjuntos de fraturas podem ser relacionados aos lineamentos foto-interpretados, onde um dos conjuntos tem orientação N70-80E e N70-80W (**FIG. 24**).

Figura 29 - Estereograma de projeção polar das medidas de fraturas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2. DOBRAS MESOSCÓPICAS (ANTICLINAL DA SERRA DAS AREIAS E DAS CAETANAS)

Identificada anteriormente por Oliveira (1994) e Medeiros (2022), a região sudoeste da área compreende uma estrutura anticlinal de aproximadamente 8 km de extensão segundo o eixo e 3 km de largura, com vergência para W e baixo caimento do eixo para NNW (Perfil Sul BB') (FIG. 32), estando delimitada a norte pelo LB.

4.2.3. FALHAS DE EMPURRÃO/REVERSAS

Compreende um sistema de falhas de empurrão/reversas de grandes dimensões, que alça a Formação Galho do Miguel sobre as unidades do Grupo Conselheiro Mata. Dentre estas falhas, destaca-se a expressiva falha de empurrão que é responsável pela superposição de rochas do Supergrupo Espinhaço para cima das rochas do Supergrupo São Francisco (FIG. 33 e 34), constituindo a maior expressão morfoestrutural do *front* da serra do Espinhaço.

Este sistema de falhas concentra-se na porção oriental da área de estudo, delimitando expressivo contraste litológico entre as unidades situadas na capa e na lapa. Estas falhas possuem uma direção preferencial de NNW-SSE com mergulhos variando de 30-50° para E.

Em campo, estas falhas são identificadas pelas relações de contato entre as unidades estratigráficas, pela foliação de caráter milonítico, muitas vezes associada à percolação de quartzo de veio (**FIG. 30**).

Figura 30 – Zona de falha marcada pela percolação de quartzo de veio entre as formações Galho do Miguel e Santa Rita. Orientação da foto: de NE para SW. P26 ANEXO-A.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.4. FALHA TRANSCORRENTE DO RIO BOCAINA

Facilmente observável através das imagens de sensores remotos, o LB, de direção E-W, corta a serra do Cipó, onde se encontram encaixados os rios Bocaina e Cipó. (**FIG. 01**).

Através dos pontos levantados na parte central do LB, próximos à cachoeira das Andorinhas P08 (ANEXO A), foi identificado uma série de fraturas subverticais de orientação E-W, associadas à lineação de estiramento mineral de atitude variando de N80E a S80E, com caimento de 15-35°, com *steps* de falha de direção tanto para E quanto W, podendo indicar um

movimento tardio desta falha de pequeno rejeito, como falha sinistral e destal com componente normal com o bloco sul como capa.

4.2.5. FALHA INTRA-ESTRATAL

No P01 (ANEXO A), na estrada e próximo à portaria do Retiro do ParnaSCipó, nota-se a Formação Serra de Santa Helena descolada da Formação Sete Lagoas, sendo possível observar na Formação Serra de Santa Helena notáveis dobramentos recumbentes de plano axial 05/60, com vergência para W.

CAPÍTULO 5

CONSTRUÇÃO E BALANCEAMENTO DE DUAS SEÇÕES ESTRUTURAIS EM PARTE DO LINEAMENTO BOCAINA, SERRA DO CIPÓ

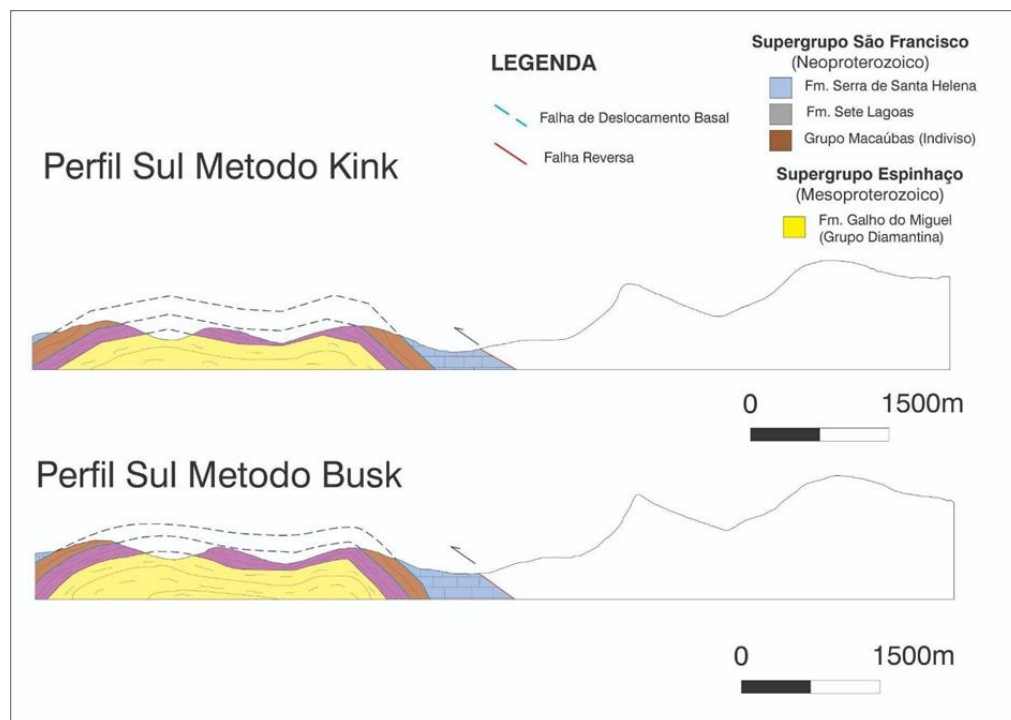
5.1 - APLICAÇÃO DOS MÉTODOS ESTRUTURAIS NOS PERFIS AA' e BB'

MÉTODOS KINK E BUSK

Os métodos de Busk e de Kink se aplicam a dobras paralelas que tenham conservação de massa, não podendo haver uma variação de grande aumento na sua espessura das camadas.

Tendo o LB como referência morfotectônica, dois perfis geológicos foram confeccionados, a sul e a norte da estrutura, por meio da aplicação destes métodos (**FIG. 30**). A limitação de ambos, no entanto, reside no sistema de falhas, que impossibilitam a aplicação direta dos métodos supracitados. Este caso se aplica para a integralidade do perfil a norte do LB (AA'), e a porção centro-oriental do perfil BB', posicionado a sul do LB.

Figura 31 - Perfis BB' obtidos pelos métodos Kink e Busk, porção sul do LB.



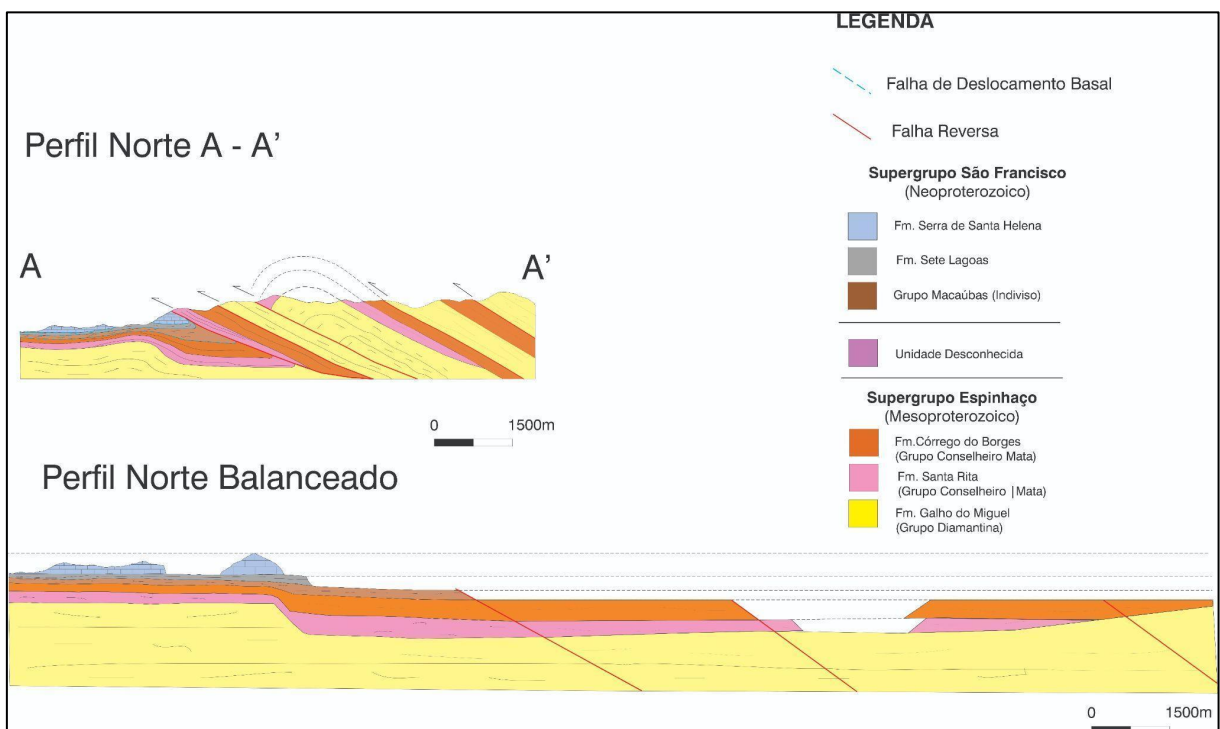
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na região a oeste do rio Mascates, onde estão situadas as dobras das serras das Caetanas e das Areias, perfis BB' (**FIG. 23**), observa-se que houve a preservação de espessura de no mínimo duas unidades (da Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido e do Grupo Macaúbas), além da Formação Galho do Miguel, que claramente apresenta todas as evidências de que tenha atuado como um alto estrutural para a não deposição das formações Santa Rita e Córrego do Borges, já que não foram identificadas nesta área.

No contexto desta região (i.e., na concepção de Medeiros 2022), a Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido está relacionada a abertura de um hemi-gráben, com abatimento de falha normal (lístrica) para leste, durante o estágio de abertura da bacia, evidenciada pela natureza e distribuição dos (meta) sedimentos que recobrem a Formação Galho do Miguel, migrando de um sistema deposicional de baixa energia, do tipo fluvial entrelaçado, para um sistema de alta energia, típico de depósitos de leque aluvial e escarpas de falha.

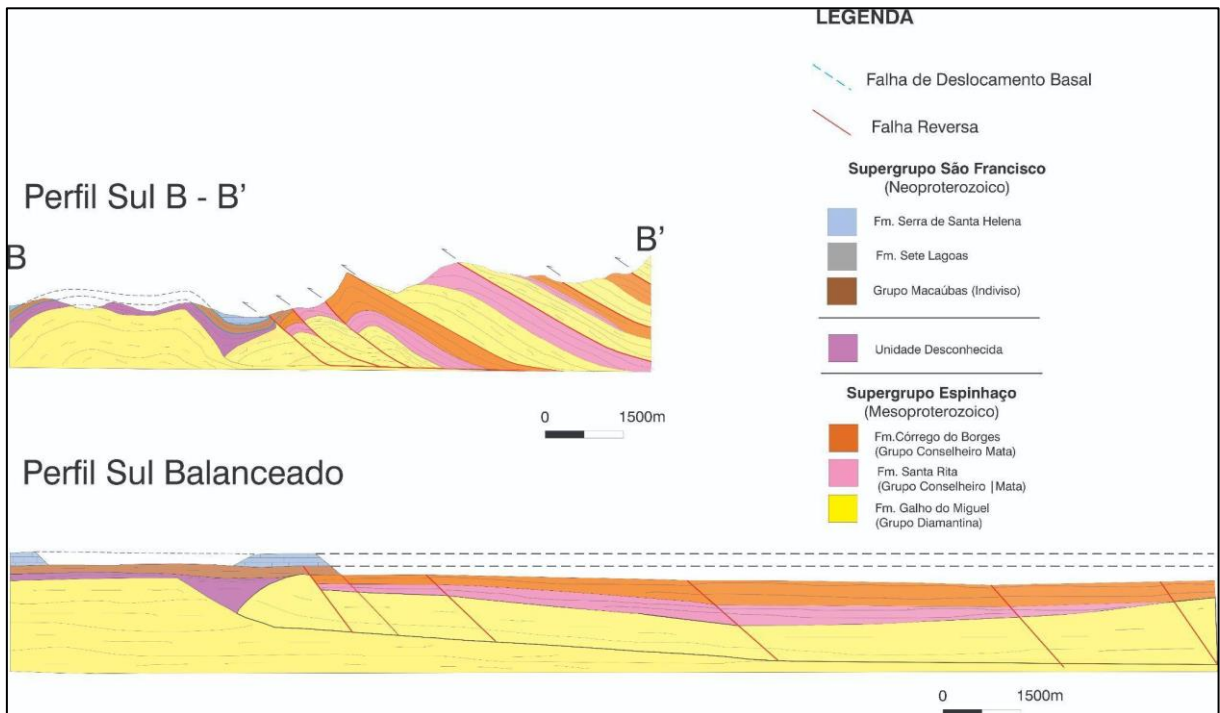
BALANCEAMENTO E RESTAURAÇÃO DE SEÇÕES

Figura 32 - Perfil Norte AA' balanceado e restaurado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33 – Perfil Sul BB' balanceado e restaurado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

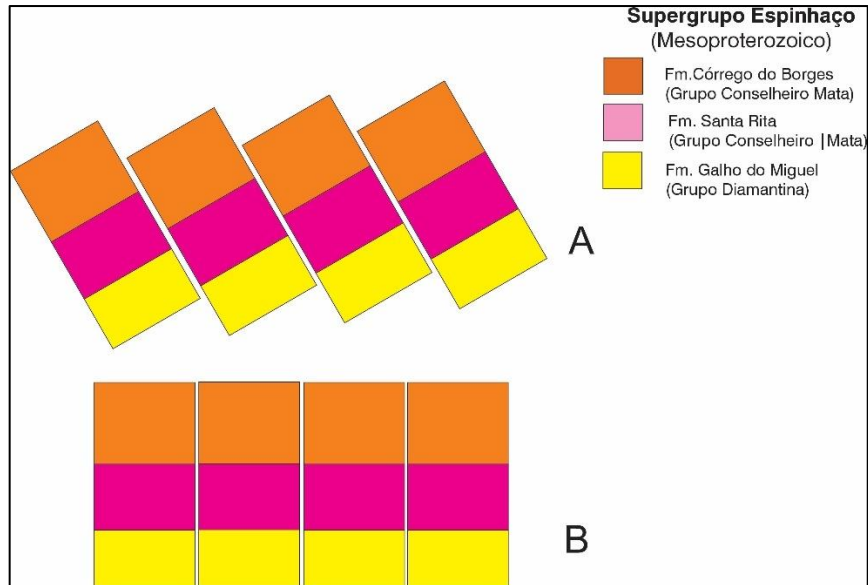
A seção Balanceado Norte (**FIG. 32**) apresentou uma extensão de aproximadamente 31,5 km, ao passo que a seção não balanceada perfaz 13,4 km, indicando assim um encurtamento de aproximadamente 18,1 km no sentido da deformação, ou seja, para oeste. Já a seção Balanceada Sul (**FIG. 33**) apresentou uma extensão aproximada de 31,5 km, tendo a seção não balanceada aproximadamente 16,7 km, com encurtamento calculado de 14,8 km.

Método da Rotação de Blocos

Este método consiste em rotacionar os blocos de falha até que as camadas se tornem horizontais. Usando um ponto fixo como ponto de referência, fazer a rotação do bloco de falha até que as camadas fiquem horizontais, ajustando os contatos entre os blocos à mão, de forma que concentre a massa e a área de cada bloco (**FIG. 34**).

Para o perfil Norte (**FIG. 32**), foi utilizado o método da Rotação de Blocos Rígidos, pois é idealizado como tendo sido uma associação em dominó de blocos de falha que se comportaram como blocos rígidos durante a deformação, de modo que apenas a rotação rígida e a translação sejam necessárias à restauração. Nota-se que as camadas sedimentares não foram deformadas, com exceção as camadas entre a terceira e quarta falha, onde foi aplicado em conjunto o método da Área e Comprimento Constante.

Figura 34 – Exemplo do modelo de rotação de blocos, A) Sequência de falhas em dominó. B) Blocos de falha restaurados.



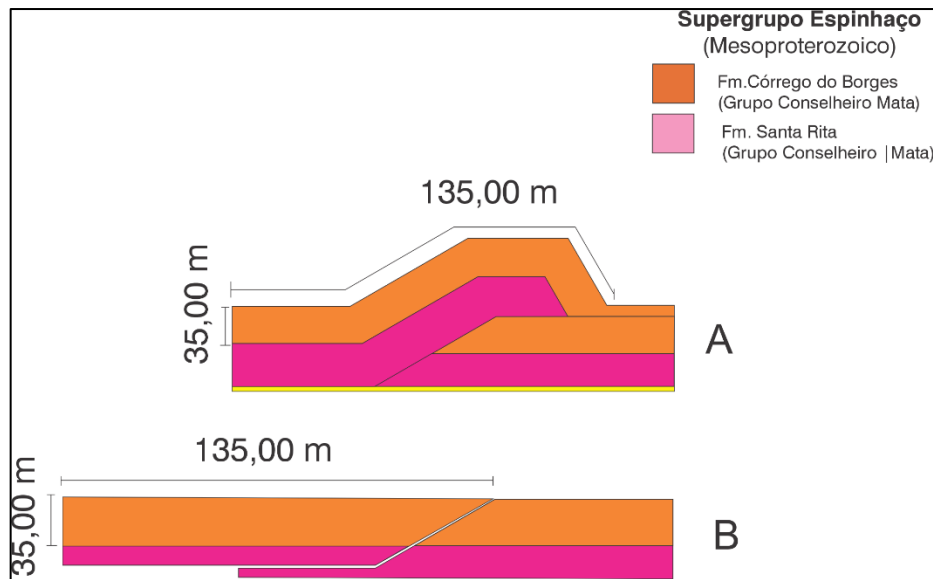
Fonte: Elaborado pelo autor.

Método da Área e Comprimento Constante

Levando em consideração que a seção foi encurtada apenas pela deformação discreta de separações ou sobreposições visíveis, aplicou-se a restauração de comprimento constante no perfil Sul (**FIG. 33**), aplicada quando se deseja uma restauração rápida, técnica muito utilizada em cinturões de dobramentos e cavalgamentos do tipo *thin-skinned* (Fossen 2012).

Este método, também chamado de “camada sinuosa”, é realizado a mão, de forma livre, mas respeitando o comprimento de base e de topo das unidades que foram dobradas ou falhadas. Basta medir o comprimento e usar a mesma medida de forma plana e não dobrada, respeitando seu comprimento e sua área (**FIG. 35**).

Figura 35 - Exemplo de aplicação do método da Área e Comprimento Constante. A) Seção dobrada. B) Seção restaurada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As aplicações destes métodos se tornaram possíveis, pois respeitam quase todas as condições requeridas, tais como: i) interpretação geológica constante, ii) deformação plana, iii) único sentido de transporte tectônico (no caso de E para W), iv) escolha do modo de deformação (camada sinuosa e rotação rígida de blocos), e v) o resultado foi geologicamente verossímil, baseado na experiência e em observações independentes.

Através do mapa Geológico (**FIG. 23**) e dos perfis AA' e BB' (**FIG. 33 e FIG. 32**), é possível notar que as espessuras das unidades litoestratigráficas do Supergrupo Espinhaço variam para oeste, dificultando a aplicação direta destes métodos de restauração. A estratégia foi utilizar a conservação de área dessas unidades, considerando se como se fossem blocos separados, que, por mais que possuam variações ao de suas extensões, as áreas correspondentes ainda se conservam.

5.2 – IMPLICAÇÕES EVOLUTIVAS PARA O ESTADO PRÉ-INVERSÃO DAS BACIAS PROTEROZÓICAS

Com base nos perfis AA' e BB', algumas considerações podem ser inferidas sobre o estado pré-inversão das unidades e bacias ali presentes, a saber:

- o LB atuou como uma falha de transferência durante o ciclo de tafrogênese que deu origem à deposição da Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido, gerando um meio gráben de direção meridiana e com abatimento do bloco falhado para leste no perfil BB´;

- a falha de transferência Bocaina compartimentou a área em domínios tectonoestratigráficos distintos, posicionados a norte e a sul da estrutura;

- a presença do meio gráben geneticamente relacionado à Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido a sul do LB evidencia que a espessura da Formação Galho do Miguel, embasamento local, deve ser maior a norte do LB;

- a Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido lateralmente equivale ao Grupo Conselheiro Mata no perfil BB´, com transição, no sentido leste, de ambientes continentais para marinhos, colocando em questão o fato de ter sido definido como pertencente ao Grupo Macaúbas por Medeiros (2022);

- no perfil a norte do LB (AA´), a Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido apresenta acentuada diminuição de espessura, com relação de contato indefinida com o Grupo Conselheiro Mata, principalmente pela ocorrência dos sistemas de falhas de empurrão e reversas com geometrias em duplexes;

- no extremo leste da área (**FIG. 23**), observa-se o contato direto entre as formações Galho do Miguel e Córrego do Borges, sem a presença da Formação Santa Rita entre eles. Esta relação de contato foi interpretada como uma não deposição da Formação Santa Rita nesta área por efeito da tectônica extensional, durante a nucleação da bacia *rifte-sag* do Grupo Conselheiro Mata.

5.3 – INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS HERDADOS NA ESTRUTURAÇÃO DO FRONT DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL – SEGMENTO DA SERRA DO CIPÓ

No contexto de inversão das bacias que estruturaram o *front* da Serra do Espinhaço Meridional, no qual as estruturas se movimentam de forma oposta à movimentação experimentada na sua gênese, algumas inferências também podem ser feitas sobre os parâmetros herdados dos ciclos de formação de bacias, a saber:

- a transição cráton-faixa dobrada é função dos descolamentos basais entre o embasamento e as unidades de cobertura, sendo reconhecidos para esta região uma diferença entre os domínios a

norte e a sul do LB. O domínio norte notabiliza-se pela presença marcante de falhas de empurrão/reversas que sobrepõem o Supergrupo Espinhaço diretamente sobre o Grupo Bambuí, revelando uma passagem abrupta entre o paleocontinente do São Francisco e a margem rifteada ao tempo da deposição do Grupo Conselheiro Mata. O domínio sul apresenta todos os elementos de que esta passagem (paleocontinente-margem rifteada) tenha sido gradual, marcada pela presença de falhas de empurrão/reversas a leste do rio Mascates, e pelas culminações anticlinais com caimento do eixo para NNE a oeste desta drenagem, onde estão assentados os metassedimentos da Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido;

- a organização dos descolamentos foi perturbada nas regiões onde a propagação das falhas de empurrão interagiram com descontinuidades mais profundas, caso da falha normal associada ao meio gráben descrito por Medeiros (2022), ou com obstáculos, caso dos altos estruturais nucleados no tempo da deposição do Grupo Conselheiro Mata, a leste;

- a geometria e a eficiência dos descolamentos também é função de outros parâmetros combinados, como descontinuidades, reologia e variações de espessura. A possibilidade de correlação lateral entre a Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido e o Grupo Conselheiro Mata, assim como as variações de espessura correspondentes, constituem mecanismos determinantes para a nucleação e acomodação da deformação na inversão das bacias.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

- Na região do Parque Nacional da Serra do Cipó, as unidades litoestratigráficas pertencentes ao Supergrupo Espinhaço, estão representadas pelos grupos Diamantina (Formação Galho do Miguel) e Conselheiro Mata (Formações Santa Rita e Córrego do Borges), além da Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido, e pelo Grupo Bambuí (formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena).
- Coloca se aqui a possibilidade de correlação lateral entre a Unidade de Posicionamento Estratigráfico Indefinido e o Grupo Conselheiro Mata e, por consequência, a validade do Grupo Macaúbas para esta região.
- Os métodos Busk e Kink para construção de perfis e diagramas de blocos de dobras foram aplicados e tiveram boa resolução nas regiões que possuem dobras paralelas anisotrópicas, mas que não tenham grandes espessamentos de camadas. Ambos possuem têm limitações de aplicação; por exemplo, em sítios com pronunciado desenvolvimento de falhas, ou que os dobramentos sejam, em sua maioria, anisópacos.
- Os métodos de restauração que foram aplicados, como da **Rotação Rígida de Blocos e Área e Comprimento Constante**, trouxeram interpretação verossímil a realidade, sendo capazes de trazer uma configuração plausível pré e pós inversão das bacias.
- Os resultados mostraram que a região ao norte do lineamento da Bocaina se sujeitou a um maior encurtamento, de no mínimo 3,3 km maior que na região sul, durante o processo de inversão das bacias.
- O lineamento do rio Bocaina atuou como uma falha de transferência na época da deposição da Unidade de Posicionamento Estratigráfico Desconhecido.
- Esta mesma estrutura teve grande influência durante a deposição das formações Santa Rita e Córrego do Borges.
- Os parâmetros herdados das fases bacias, tais como a passagem estrutural entre o paleocontinente do São Francisco e a margem rifteada, estruturas profundas, obstáculos, discontinuidades, diferenças reológicas e de espessuras das cunhas sedimentares, foram os responsáveis por definir a atual estruturação da região, compartimentada nos domínios de falhas, localizados a leste do rio Mascates e a norte do LB, e de dobras, a oeste do rio Mascates e a oeste do rio Mascates.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM, Fernando F. et al. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. **Precambrian research**, v. 149, n. 1-2, p. 43-64, 2006.

ALKMIM, Fernando F.; MARTINS-NETO, Marcelo A. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, v. 33, n. 1, p. 127-139, 2012.

ALKMIM, F. F.; MARTINS NETO, M. A. A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço estrutural e cenários evolutivos (p. 9–30). **Pinto CP & Martins Neto MA (Eds). Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia**, 2001..

ALKMIM, Fernando F.; MARTINS-NETO, Marcelo A. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, v. 33, n. 1, p. 127-139, 2012.

ALKMIM, Fernando F. et al. The Araçuaí Belt. **São Francisco craton, eastern Brazil: Tectonic genealogy of a miniature continent**, p. 255-276, 2017.

ALKMIM, Fernando Flecha de et al. Sobre a evolução tectônica do orógeno Araçuaí-Congo ocidental. 2007.

ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. O cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de geociências**, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.

BABINSKI, Marly et al. Geocronologia U-Pb (SHRIMP) e Sm-Nd de xistos verdes basálticos do Orógeno Araçuaí: implicações para a idade do Grupo Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 4 (supl.), p. 77-81, 2005.

BARBOSA, Octávio et al. **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1970.

BASILICI, Giorgio et al. A Mesoproterozoic hybrid dry-wet aeolian system: Galho do Miguel Formation, SE Brazil. **Precambrian Research**, v. 359, p. 106216, 2021.

BASSOT, J.-P. Apports de la télédétection à la compréhension de la géologie du Gabon. **Chronique de la Recherche minière**, n. 491, p. 25-34, 1988.

BRAUN, Oscar PG. Contribuição à estratigrafia do Grupo Bambuí. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**. 1968. p. 155-166.

BRITO NEVES, Benjamin Bley; CORDANI, Umberto G. Tectonic evolution of South America during the late Proterozoic. **Precambrian Research**, v. 53, n. 1-2, p. 23-40, 1991.

CASTRO, Marco Paulo de. Caracterização geológica da Formação Capelinha como uma Unidade Basal do Grupo Macaúbas em sua Área Tipo, Minas Gerais. 2014.

CASTRO, Marco Paulo de et al. An early Tonian rifting event affecting the São Francisco-Congo paleocontinent recorded by the lower Macaúbas group, Araçuaí orogen, SE Brazil. **Precambrian Research**, v. 331, p. 105351, 2019.

CAVALCANTE, Carolina et al. Reviewing the puzzling intracontinental termination of the Araçuaí-West Congo orogenic belt and its implications for orogenic development. **Precambrian Research**, v. 322, p. 85-98, 2019..

CHANG, H. Kiang et al. Considerações sobre a evolução tectônica da Bacia do São Francisco. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**. 1988. p. 2076-2090.

CHEMALE JR, Farid et al. Nova abordagem tectono-estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em sua porção meridional (MG). **Geonomos**, 2011.

CHEMALE JR, Farid et al. Unravelling a Proterozoic basin history through detrital zircon geochronology: the case of the Espinhaço Supergroup, Minas Gerais, Brazil. **Gondwana Research**, v. 22, n. 1, p. 200-206, 2012.

COSTA, M.T.; BRANCO, J.J.R. Roteiro da Excursão Belo Horizonte - Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 14., 1961, Belo Horizonte. Roteiro das Excursões. Belo Horizonte: SBG, 1961.

Costa, S.M.A., Rolim, V.K., Silva, H.C. 1993. O contato entre o Supergrupo Espinhaço e o Supergrupo São Francisco na borda oeste da Serra do Espinhaço Meridional. *Anais do VII Simp. Geol. de Minas Gerais e IV Simp. Nac. Est. Tectônicos*, Belo Horizonte, p. 222-225.

DANDERFER FILHO, André; DARDENNE, Marcel Auguste. Tectonoestratigrafia da bacia espinhaço na porção centro-norte do cráton do São Francisco: registro de uma evolução policíclica, multitemporal e poliistórica. 2002.

DAVIS, George H.; REYNOLDS, Stephen J.; KLUTH, Charles F. **Structural geology of rocks and regions**. John Wiley & Sons, 2011.

DARDENNE, Marcel Auguste. Os grupos Paranoá e Bambuí na faixa dobrada Brasília. **Simpósio sobre o Cráton São Francisco e suas faixas marginais**, v. 1, p. 140-157, 1981.

DARDENNE, M. A. Os grupos Paranoá e Bambuí na faixa dobrada Brasília. 1º Simp. **Craton São Francisco, Anais**, p. 104-157, 1981.

DOSSIN, Ivo Antônio; DOSSIN, Tânia Mara; CHAVES, Mário Luiz De Sá Carneiro. Compartimentação estratigráfica do supergrupo Espinhaço em Minas Gerais-os grupos Diamantina e Conselheiro Mata. **Brazilian Journal of Geology**, v. 20, n. 1, p. 178-186, 1990.

DOSSIN, Ivo Antonio; UHLEIN, A.; DOSSIN, T. M. Geologia da Faixa Móvel Espinhaço em sua porção meridional, MG. **XXXIII Cong. Bras. Geol., Anais**, v. 7, p. 3118-3134, 1984.

DUPONT, Henri. O Grupo Conselheiro Mata no seu quadro paleogeográfico e estratigráfico. **Boletim Sociedade Bras Geologia-SBG/MG**, v. 13, p. 9-10, 1995.

DUSSIN, Ivo Antônio; DUSSIN, Tânia Mara. Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. **Geonomos**, 1995.

FOSSSEN, H. Structural Geology. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 480p.

FOSSSEN, Haakon; CAVALCANTE, G. Carolina; DE ALMEIDA, Renato Paes. Hot versus cold orogenic behavior: Comparing the Araçuaí-West Congo and the Caledonian orogens. **Tectonics**, v. 36, n. 10, p. 2159-2178, 2017.

FOSSSEN, Haakon et al. A critical discussion of the subduction-collision model for the Neoproterozoic Araçuaí-West Congo orogen. **Precambrian Research**, v. 343, p. 105715, 2020.

GONÇALVES, Leonardo et al. New U–Pb ages and lithochemical attributes of the Ediacaran Rio Doce magmatic arc, Araçuaí confined orogen, southeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 52, p. 129-148, 2014.

GRADIM, Rafael Jaude et al. Xistos verdes do Alto Araçuaí, Minas Gerais: vulcanismo básico do rifte neoproterozóico Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 4 supl., p. 59-69, 2005.

GRADIM, Camila et al. The hot back-arc zone of the Araçuaí orogen, Eastern Brazil: from sedimentation to granite generation. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, n. 1, p. 155-180, 2014.

GROSSI-SAD, J.H.; LOBATO, L.M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; SOARES-FILHO, B.S. Projeto Espinhaço Em CD-ROM. Belo Horizonte: CODEMIG, 1997. 2693p e 23 mapas.

KUCHENBECKER, Matheus et al. Detrital zircon age patterns and provenance assessment for pre-glacial to post-glacial successions of the Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen, Brazil. **Precambrian Research**, v. 266, p. 12-26, 2015.

KUCHENBECKER, Matheus; SANGLARD, Júlio Carlos Destro. The role of detachment and interlayer shear zones in the structural evolution of the southern Espinhaço range, eastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 84, p. 343-350, 2018.

LOPES, Tiago Carneiro *et al.*, As Formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira (Grupo Conselheiro Mata, Supergrupo Espinhaço) na porção noroeste da Serra do Cabral (MG): definição das seções-tipo e contribuição ao estudo de proveniência sedimentar. **Geonomos**, 2012.

MARSHAK, Stephen; ALKMIM, Fernando F. Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. **Tectonics**, v. 8, n. 3, p. 555-571, 1989.

MARTINS, Maximiliano de Souza. Geologia dos diamantes e carbonados aluvionares da Bacia do Rio Macaubas (MG). 2006.

MARTINS, Maximiliano et al. A sequência pré-glacial do Grupo Macaúbas na área-tipo e o registro da abertura do rifte Araçuaí. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 4, p. 761-772, 2008.

MARTINS-NETO, Marcelo A. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: registro de uma bacia rifte-sag do Pale/Mesoproterozóico. **Brazilian Journal of Geology**, v. 28, n. 2, p. 151-168, 1998.

MARTINS-NETO, Marcelo A. Tectonics and sedimentation in a paleo/mesoproterozoic rift-sag basin (Espinhaço basin, southeastern Brazil). **Precambrian Research**, v. 103, n. 3-4, p. 147-173, 2000.

MARTINS-NETO, Marcelo A. Sequence stratigraphic framework of Proterozoic successions in eastern Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, v. 26, n. 2, p. 163-176, 2009.

MAGALHÃES, L. Análise estrutural qualitativa dos sedimentos do Grupo Bambuí, região sudeste da Bacia do São Francisco (Faixa Sete Lagoas-Serra do Cipó). **Ouro Preto**, p. 1-109, 1988.

MARSHAK, S.; WOODWARD, N. Chapter 14 - Introduction to cross-section balancing. In: MARSHAK, S.; MITRA, G. *Basic Methods of Structural Geology*. Prentice-Hall, Inc., 1988. p. 446.

MEDEIROS, Gabriel Barbosa. *Arcabouço estratigráfico e estrutural em escala de semi-detalle das unidades metassedimentares siliciclásticas da região do Parque Nacional da Serra do Cipó (MG)*. 2022.

MOREIRA, Débora Silvano et al. A Cambrian age for the upper Bambuí Group, Brazil, supported by the first U-Pb dating of volcanoclastic bed. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 99, p. 102503, 2020.

NOCE, C.M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; GROSSI-SAD, J.H.; BAARS, F.J.; GUIMARÃES, M.V.; MOURÃO, M.A.A.; OLIVEIRA, M.J.R.; ROQUE, N.C. Nova Subdivisão Estratigráfica Regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O Registro de uma Bacia Neoproterozóica. *Boletim do Núcleo Minas Gerais, Sociedade Brasileira de Geologia*, v. 14, p. 29–31, 1997.

OLIVEIRA, F.V.C. *Estilo Estrutural e Curvatura da Zona Limite do Cráton do São Francisco Nas Regiões de Presidente Juscelino e Cardeal Mota*. Ouro Preto: DEGEO/EM/UFOP, 1996. 180p. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA, Francisco Vladimir Castro de. **Estilo estrutural e curvatura da zona limite do cráton do São Francisco nas regiões de Presidente Juscelino e Cardeal Mota, MG**. 1994. Tese de Doutorado.

PAULA-SANTOS, Gustavo Macedo et al. New evidence of an Ediacaran age for the Bambuí Group in southern São Francisco craton (eastern Brazil) from zircon U–Pb data and isotope chemostratigraphy. **Gondwana Research**, v. 28, n. 2, p. 702-720, 2015.

PEDROSA-SOARES, A. C. et al. Toward a new tectonic model for the late proterozoic Araçuaí (SE Brazil)-West Congolian (SW Africa) belt. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 6, n. 1-2, p. 33-47, 1992.

PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos et al. The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. **Precambrian research**, v. 110, n. 1-4, p. 307-323, 2001.

PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos et al. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West Congo orogen. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 294, n. 1, p. 153-172, 2008.

PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos Pedrosa et al. The neoproterozoic Macaúbas group, Araçuaí orogen, SE Brazil. 2011.

PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos; DE ALKMIM, Fernando Flecha. How many rifting events preceded the development of the Araçuaí-West Congo orogen?. **Geonomos**, 2011.

PEIXOTO, Eliza et al. A suture-related accretionary wedge formed in the Neoproterozoic Araçuaí orogen (SE Brazil) during Western Gondwanaland assembly. **Gondwana Research**, v. 27, n. 2, p. 878-896, 2015.

PFLUG, Reinhard. **A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais**. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, 1965.

PFLUG, Reinhard. Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais. **DNPM/DGM, Not. Prel. Est**, v. 142, p. 1-20, 1968.

PLUIJIM, B.A.; MARSHAK, S. *Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics*. WCB/McGraw-Hill, 1997. 495p.

PORADA, H. Pan-African rifting and orogenesis in southern to equatorial Africa and eastern Brazil. **Precambrian Research**, v. 44, n. 2, p. 103-136, 1989.

POBLET, J.; LISLE, Richard J. Episodic orogenic processes in the Variscan belt: insights from the Iberian Massif. Geological Society, London, Special Publications, v. 501, n. 1, p. 165-190, 2020. DOI: 10.1144/SP501-2019-230.

QUEIROGA, Gláucia Nascimento et al. Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí Orogen: the U-Pb zircon (LA-ICPMS) dating of a plagiogranite. **Geonomos**, 2007.

REIS, Humberto LS; ALKMIM, Fernando F. Anatomy of a basin-controlled foreland fold-thrust belt curve: The Três Marias salient, São Francisco basin, Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, v. 66, p. 711-731, 2015.

REIS, Humberto LS et al. The São Francisco Basin. **São Francisco Craton, Eastern Brazil: tectonic genealogy of a miniature continent**, p. 117-143, 2017.

REIS, Humberto LS et al. Ediacaran forebulge grabens of the southern São Francisco basin, SE Brazil: Craton interior dynamics during West Gondwana assembly. **Precambrian Research**, v. 302, p. 150-170, 2017.

RIBEIRO, J.H. Carta geológica da Folha Baldim (Faixa W), escala 1:100.000 - SE.23-Z-C-III. Projeto Sete Lagoas-Abaeté, CPRM, 2008.

RODRIGUES, Raiza Toledo et al. The role of tectonic inheritance in the development of a fold-thrust belt and superimposed rift: An example from the São Francisco basin, eastern Brazil. **Tectonophysics**, v. 815, p. 228979, 2021.

ROSIÈRE, Carlos Alberto et al. Análise cinemática mesoscópica dos cavalgamentos do cinturão espinhaço na região de Diamantina, MG. 1994.

ROWLAND, Stephen M.; DUEBENDORFER, Ernest M.; GATES, Alexander. **Structural analysis and synthesis: a laboratory course in structural geology**. John Wiley & Sons, 2021.

SANTOS, Marcelo Nascimento dos et al. Provenance and paleogeographic reconstruction of a mesoproterozoic intracratonic sag basin (Upper Espinhaço Basin, Brazil). **Sedimentary Geology**, v. 318, p. 40-57, 2015.

SCHÖLL, W. U.; FOGAÇA, A. C. C. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina. **SBG, Simp. Geol. Minas Gerais**, v. 1, p. 276-290, 1979.

SEER, Hildor José et al. Grupo Araxá em sua área tipo: um fragmento de crosta oceânica neoproterozóica na Faixa de Dobramentos Brasília. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 3, p. 385-396, 2001.

SILVA, Luiz Carlos et al. Tonian rift-related, A-type continental plutonism in the Araçuaí Orogen, eastern Brazil: New evidence for the breakup stage of the São Francisco–Congo Palecontinent. **Gondwana Research**, v. 13, n. 4, p. 527-537, 2008.

SOUZA, Maria Eugênia Silva de. Caracterização litoestrutural e geocronológica dos xistos verdes e metagabros do grupo macaúbas na faixa terra branca-planalto de Minas, Minas Gerais. 2016.

SOUZA, Maria Eugênia et al. Paleoenvironment, sediment provenance and tectonic setting of Tonian basal deposits of the Macaúbas basin system, Araçuaí orogen, southeast Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 96, p. 102393, 2019.

TAVARES, Túlio Delôgo et al. Detrital zircons from the Upper Três Marias Formation, São Francisco basin, SE Brazil: record of foreland deposition during the Cambrian?. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 97, p. 102395, 2020.

TROMPETTE, R. Geology of Western Gondwana 2000-500 Ma: The Pan-African–Brasiliano amalgamation of South America and adjacent Africa. **Rotterdam, Balkema**, 1994.

UHLEIN, Alexandre. **Transição cráton-faixa dobrada: exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (ciclo brasileiro) no estado de Minas Gerais: aspectos estratigráficos e estruturais**. 1991. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

UHLEIN, Alexandre; TROMPETTE, R. R.; EGYDIO-SILVA, Marcos. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 11, n. 2, p. 191-203, 1998.

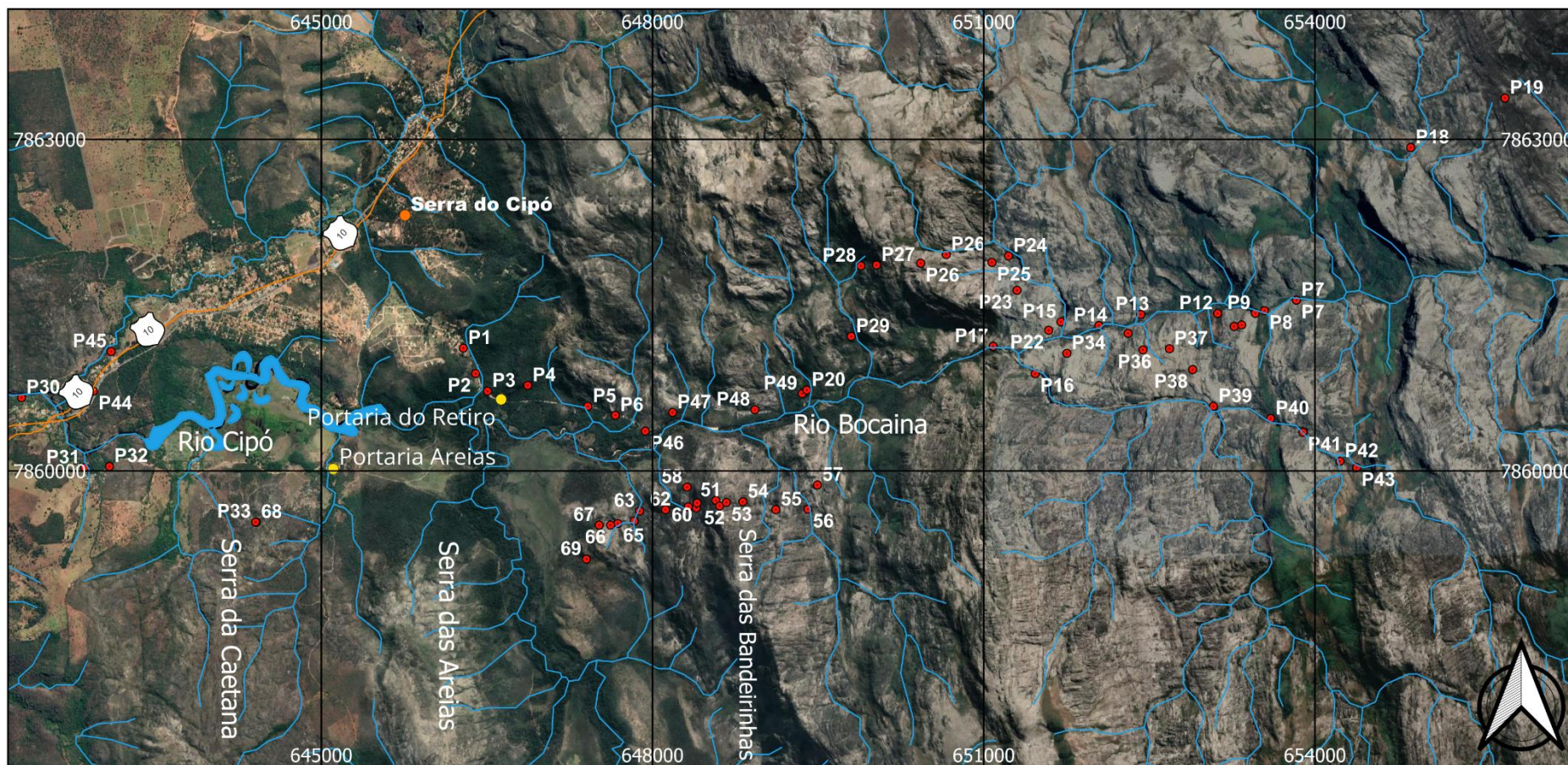
VIEIRA, Valter Salino. **Significado do grupo Rio Doce no contexto do Orógeno Araçuaí**. 2007. Tese de Doutorado.

WARREN, Lucas V. et al. The puzzle assembled: Ediacaran guide fossil Cloudina reveals an old proto-Gondwana seaway. **Geology**, v. 42, n. 5, p. 391-394, 2014.

WOJTAL, S.; MARSHAK, S.; MITRA, G. Objective methods for constructing profiles and block diagrams of folds. **Basic methods of structural geology**, p. 269-302, 1988.

Anexos

ANEXO – A



Mapa de Pontos

Mapa de pontos da área de estudos

Autoria: Antônio Vitor Condé; Maximiliano Martins; Gabriel Medeiros

Sistema de Referência: SIRGAS2000 ZONA 23S

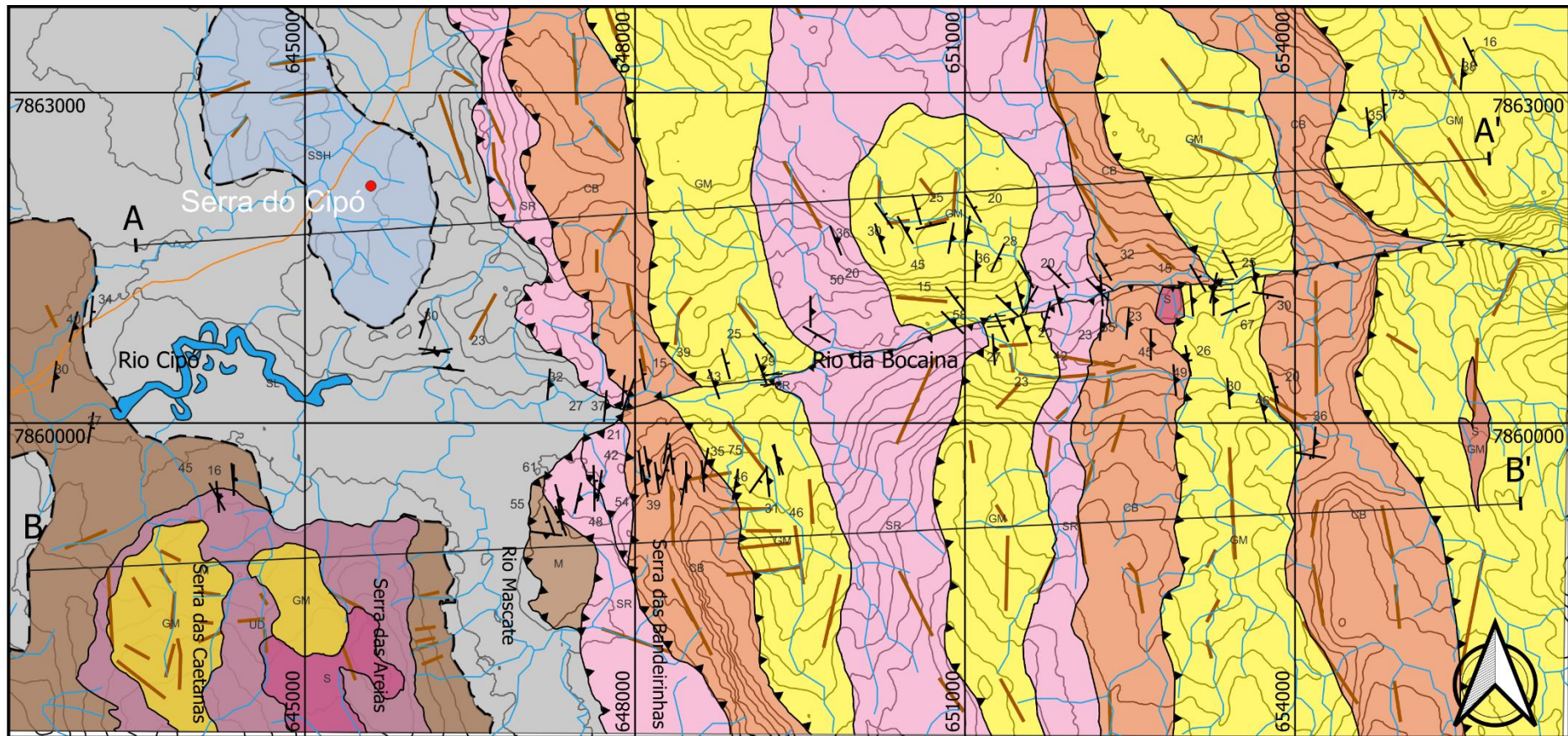
Legenda

- Corpo de água
- Distrito de Cardeal Mota (Serra do Cipó)
- Pontos
- Rodovia MG-10
- Drenagem

0 1.000 2.000 m



ANEXO – B



Mapa Geológico

Mapa estrutural da área de estudo
 Autoria: Antônio Vitor Condé; Maximiliano
 Martins e Gabriel Medeiros
 Sistema de Referência: SIRGAS2000
 ZONA 23S

Legenda

- Corpo de água
- Drenagem
- Rodovia MG-10
- Traço do Perfil
- ▲ Sn
- ┆ S0

- Contato Definido
- - Falha iter e intra-estratal
- ▲ Falha Reversa
- ≡ Falha Transcorrente
- ↘ Falha oblíqua
- Lineamentos

Unidades Estratigráficas

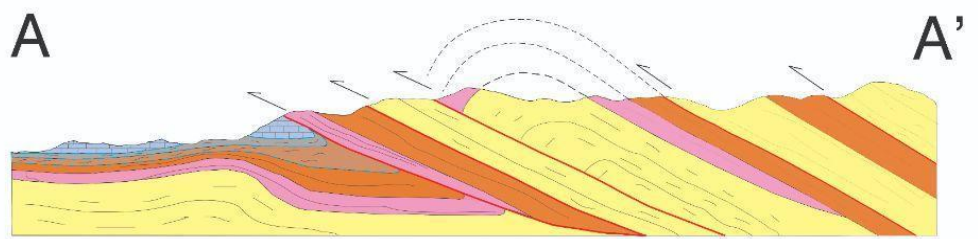
- Solo (S)
- Fm. Serra de Santa Helena (SSH)
- Fm. Sete Lagoas (SL)
- Gr. Macaúbas (M)
- Fm. Unidade Desconhecida (UD)
- Fm. Córrego do Borges (CB)
- Fm. Santa Rita (SR)
- Fm. Galho do Miguel (GM)

0 1.000 2.000 m



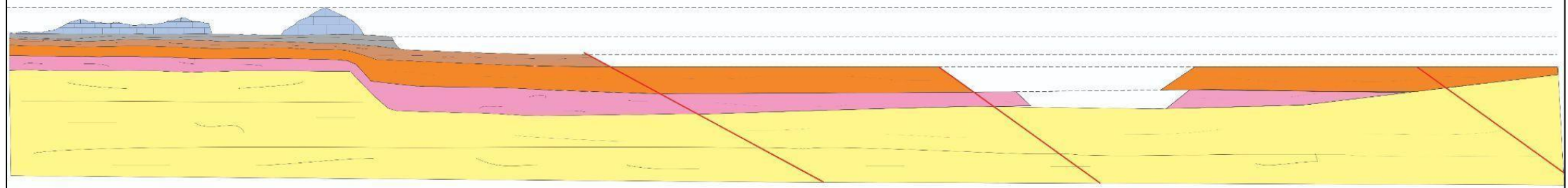
ANEXO - C

Perfil Norte A - A'



0 1500m

Perfil Norte Balanceado



0 1500m

LEGENDA

Falha de Deslocamento Basal

Falha Reversa

Supergrupo São Francisco
(Neoproterozoico)

Fm. Serra de Santa Helena

Fm. Sete Lagoas

Grupo Macaúbas (Indiviso)

Unidade Desconhecida

Supergrupo Espinhaço
(Mesoproterozoico)

Fm. Córrego do Borges
(Grupo Conselheiro Mata)

Fm. Santa Rita
(Grupo Conselheiro Mata)

Fm. Galho do Miguel
(Grupo Diamantina)

ANEXO - D


LEGENDA

 Falha de Deslocamento Basal

 Falha Reversa

Supergrupo São Francisco
(Neoproterozoico)

 Fm. Serra de Santa Helena

 Fm. Sete Lagoas

 Grupo Macaúbas (Indiviso)

 Unidade Desconhecida

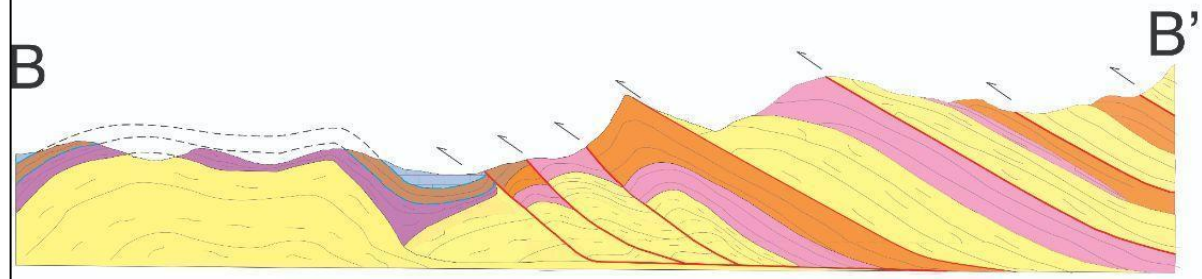
Supergrupo Espinhaço
(Mesoproterozoico)

 Fm. Córrego do Borges
(Grupo Conselheiro Mata)

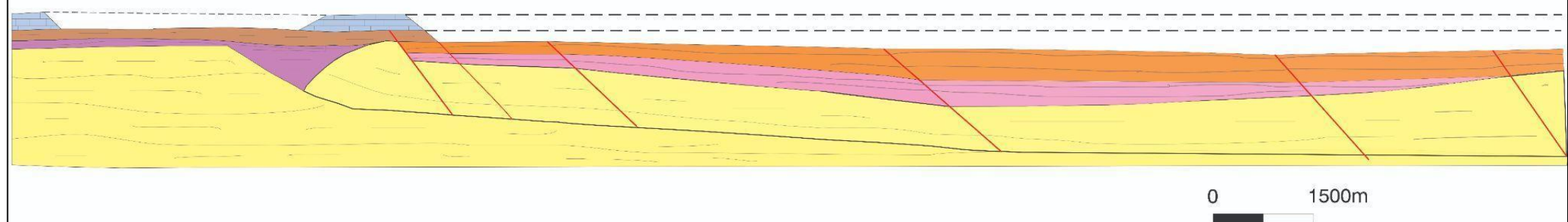
 Fm. Santa Rita
(Grupo Conselheiro | Mata)

 Fm. Galho do Miguel
(Grupo Diamantina)

Perfil Sul B - B'



Perfil Sul Balanceado



ANEXO – E

TABELA DE DESCRIÇÃO DE PONTOS

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Acamamento	Lin. Foliação	Lin. De estiramento	P. intersecção Fratura	Descrição
P1	7861065	646241		187/17 ; 287/30			Rocha muito alterada, composta por areia de granulação média a grossa e argilominerais, contem estruturas preservadas como dobras em king recumbentes. Formação Serra de Santa Elena
P2	7860809	646358		170/10			Calcário cristalino de coloração cinza azulada, possui dobras bem marcadas. Formação Sete Lagoas
P3	7860650	646466	07/23?	07/23?			Calcário cristalino de coloração cinza azulada, possui dobras bem marcadas. Formação Sete Lagoas
P4	7860701	646830					Calcário cristalino de coloração cinza azulada, possui dobras bem marcadas e falhas preenchidas por calcita. Formação Sete Lagoas
P5	7860510	647374		95/32 ; 65/25	85/30		Quartzito de granulação muito fina e coloração branca, possui foliação bem marcada. Possível milonito.
P6	78611404	653332		95/40			Quartzito de granulação fina a grossa, mal selecionado, de coloração branco amarelado.

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Lin. Acamamento	Lin. De Foliação	P. estiramento intersecção	Fratura	Descrição
P7	78611404	653332					Quartzito de granulação média, bem selecionado com grãos bem arredondados e maduros. Formação Galho do Miguel
P8	7861500	653792	105/20 ; 190/30 ; 215/17	100/45 ; 80/60		F1: 125/85 F2: 170/80	Quartzito de granulação muito fina a fina, composto por quartzo e mica branca, moderadamente selecionado e coloração branca. Possui laminação com variação de granulometria granocrescente ascendente. Formação Córrego do Borges
P8	7861404	653504	62/25		355/27	300/55	Contato da Fm. Santa Rita com FM. Córrego do Borges
P9	7861387	653420		283/70			Contato entre as Formações Galho do Miguel e Córrego do Borges
P10	7861275	653420	157/67	90/30			Quartzito de granulação fina a média, com laminações marcadas por óxidos de ferro, possui mica branca, moderadamente selecionado. Formação Córrego do Borges. Próximo ao contato com a Formação Galho do Miguel
P11	7861270	653221	60/15	85/52			Quartzito de granulação média, com grãos bem arredondados e maduros, bem selecionado de coloração branco amarelado

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Lin. Acamamento	Lin. De Foliação	estiramento	Lin. De intersecção	P. Fratura	Descrição
P12	7861387	653073						Solo argiloso de coloração avermelhada.
P13	7861372	652365	60/32	44/37				Quartzito de granulação muito fina a média, com presença de mica branca e coloração branca
P14	7861274	652006	60/20 ; 45/23	75/30			F1: 330/85 F2: 200/78	Quartzito de granulometria muito fina a média, com presença de mica, moderadamente selecionado, de coloração branca. Formação Córrego do Borges.
P15	7861304	651656	60/20	75/29			257/65	Quartzito de granulação média, bem selecionado, com grãos bem arredondados e maduros, coloração branca e presença de estruturas primárias.
P16	7860826	651421	65/23	86/27	100/15		180/83	Quartzito de granulação fina a média, bem selecionado, grãos bem arredondados e maduros, bem selecionado, de coloração branca. Formação Galho do Miguel
P17	7861073	651045	42/20 ; 52/15	45/43 ; 50/58			173/72	Quartzito de granulação fina, bem selecionado, de coloração branca com estruturas primárias bem marcadas
P18	7862884	654826	95/16 ; 85/73	83/35	86/35		25/27	Quartzito de granulação fina a média, bem selecionado, de coloração amarela com estruturas primárias.

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Lin. Acamamento	Lin. De Foliação	estiramento	P. Fratura	Descrição
P19	7863329	655679	65/16	95/38		17/70	Quartzito de granulação fina a média, bem selecionado com grãos bem arredondados, coloração branca, com estratificações cruzadas acanaladas e paralelas.
P20	7860686	7860686	87/35	106/50			Quartzito de granulação fina a muito fina, laminado, moderadamente selecionado, composto por grãos de mica, coloração branca com estruturas cruzadas preservadas. Formação Santa Rita
P21			60/25	55/50			Quartzito de granulação fina a média, moderadamente selecionado, tendo presença de mica, com grãos bangulares e maduros, coloração branca. Formação Santa Rita
P22	7861224	651544	120/20	43/37			Quartzito de granulação fina, moderadamente selecionado, com presença de mica coloração branca e foliação bem marcada
P23	7861588	651258	115/28	92/36	115/40		Quartzito de granulação fina, bem selecionado, coloração branco amarelado, possui foliação bem marcada por bandas composicionais crescente ascendente. Formação Galho de Miguel.
P24	7861900	651181	60/20	100/35		35/15 195/85	Quartzito de granulação fina a média, bem selecionado, com laminações marcadas por óxidos,

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Lin. Acamamento	Lin. De Foliação	estiramento	Lin. De intersecção	P. Fratura	Descrição
								de coloração branca, possui estruturas cruzadas paralelas. Formação Córrego do Borges.
P25	7861839	651033	347/45	100/40				Quartzito de granulação fina a média, bem selecionado com grãos bem arredondados e maduros, coloração branca, com estratificações plano paralelas. Formação Galho do Miguel.
P26	7861912	650617	10/13 ; 337/20 ; 74/25	58/30 ; 60/40				Região com falha de empurrão
P26	7861833	650385	55/20	56/35 ; 72/30			196/76	Quartzito de granulação muito fina a fina, homogêneo, de coloração branca. Formação Córrego do Borges.
P27	7861816	649984		69/36				Zona de falha. Contato do quartzito das formações Galho do Miguel com Córrego do Borges
P28	7861171	649755		90/24				Quartzito de granulação fina a média, de coloração branco acinzentado, possui uma laminação de óxidos bem marcada
P29	7861171	649755	210/50	90/40			127/20	Quartzito de granulação fina a média, bem selecionado e maturo, de coloração branca. Formação Córrego do Borges.

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Acamamento	Lin. Foliação	Lin. De estiramento	P. intersecção	Fratura	Descrição
P30	7860595	642238	270/20		270/05			Quartzito de granulação média a grossa, bem selecionado, homogêneo, com grãos bem arredondados, com coloração branca, apresenta estratificação cruzadas tangenciais de baixo angulo e plano paralelas tabulares.
P31	7859984	642810						Paraconglomerado de matriz composta por quartzo de granulação grossa, com clastos formados por quartzitos maduros e mal selecionado de tamanhos variando de seixo a calhau.
P32	7859995	643035	100/27					Quartzito de granulação média a grossa mal selecionado, com presença de seixos subarredondados, puco maduros de coloração branca
P33	7859491	644359	90/45	60/0				Quartzito de granulação média a grossa, de submaduros a maduros e subarredondados, mal selecionado e coloração branca.
P34	7861017	651713	105/42	84/55 70/40	95/32			Quartzito de granulação fina a média, bem selecionado, coloração branca. Próximo à zona de falha. Formação Galho do Miguel
P35	7861201	652264	85/35					Quartzito de granulação fina a média com grãos bem maduros e arredondados, moderadamente selecionado, possui grãos de moscovita

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Lin. Acamamento	Lin. De Foliação	P. estiramento intersecção Fratura	Descrição
P36	7861049	652398		95/26		Filito prateado composto por grãos de moscovita e biotita. Formação Córrego do Borges
P37	7861060	652639		95/23		Quartzito de granulação muito fina, e coloração branca. Formação Santa Rita.
P38	7860871	652849		95/25 90/45		Quartzito de granulação fina a grossa, moderadamente selecionado, com grãos subangulares e coloração acinzentada. Formação Córrego do Borges.
P39	7860550	653066	80/26	85/49		Quartzito de granulação variando de muito fina a fina, moderadamente selecionado, possuindo grãos de moscovita, com coloração branca. Formação Córrego do Borges
P40	7860428	653556		85/30		Quartzito de granulação fina a média, moderadamente selecionado, com presença de grãos de moscovita e biotitas, coloração branca
P41	7860294	653865	75/20	95/46 ; 75/46		Quartzito de granulação fina a grossa, moderadamente selecionado, com presença de moscovita e biotita, coloração branca. Possível zona de falha que marca o contato das formações Galho do Miguel e Córrego do Borges

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Lin. Acamamento	Lin. De Foliação	estiramento	Lin. De intersecção	P. Fratura	Descrição
P42	7860042	654181	190/36					Quartzito de granulação fina a grossa, moderadamente selecionado, de coloração branca com laminações bem marcadas compostas por óxidos. Formação Córrego do Borges
P43	7859983	654336		94/34				Quartzito de granulação média a grossa, moderadamente selecionado, com grãos subangulosos e coloração branca. Formação Córrego do Borges
P44	7860580	642880		98/30				Diamigtito de matriz composta por quartzo, biotita, moscovita, feldspato, com granulação fina a grossa, seus clastos são de quartzo do tamanho variando de seixo a calhau e Quartzitos de mesmo tamanho, em maturados e arredondados.
P45	7861034	643054	65/20 ; 95/34	110/40 ; 105/40		115/40	24/83	Quartzito de granulação fina a grossa, com grãos subarredondados a arredondados, bem selecionados com variação granocrescente assidente conforme as lentes, com coloração branca.
9	7860314	647889	95/27	95/37			110/25	Quartzito de granulação fina a grossa, moderadamente selecionado, com grãos de biotita e coloração branca.

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Lin. Acamamento	Lin. De Foliação	P. estiramento intersecção Fratura	Descrição
P47	7860426	648104	110/27 ; 80/15	110/36		Quartzito degranulação fina a grossa, bem selecionado, de cor branco acinzentado e variação granulométrica crescente ascendente, possui nível pelitos.
P48	7860513	648877	75/39	70/43		Quartzito de granulação média, bem selecionado, com grãos bem arredondados e maduros.
P49	7860653	649305	50/25	70/29		Quartzito de granulação fina, com gradação granocrescente ascendente, para grossa.
P50	78859619	648354	95/44	75/55		Quartzito de granulação fina, bem selecionado, maduro, com níveis de Quartzito de granulação grossa, mal selecionado, com grãos do tamanho de seixos, apresentando laminações pelíticas. Possui estratificações cruzadas tangenciais.
P51	78596885	648529	90/46			Quartzito de granulação fina, bem selecionado, maduro, com níveis de Quartzito de granulação grossa, mal selecionado, com grãos do tamanho de seixos, apresentando laminações pelíticas. Possui estratificações cruzadas tangenciais.
P52	7859637	648563		95/45	105/42	Quartzito de granulação fina, bem selecionado, com veio de Quartzito marcado pelo plano de falha.

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Lin. Acamamento	Lin. De Foliação	estiramento intersecção	P. Fratura	Descrição
P53	7859670	648625	100/35	90/36			Quartzito de granulação fina a média, bem selecionado, bem maturo com grãos bem arredondados. Formação Galho do Miguel
P54	7859678	648777	280/75	85/35		0/25	Quartzito de granulação fina a média, moderadamente selecionado, apresenta laminações pelíticas.
P55	7859604	649072	125/31	100/46			Quartzito de granulação fina a média, bem selecionado, bem maturo com grãos bem arredondados. Formação Galho do Miguel
P56	7859631	649367	70/46	84/53			Quartzito de granulação fina a média, bem selecionado, bem maturo com grãos bem arredondados. Formação Galho do Miguel
P57	7859827	649449				80/25	Quartzito de granulação fina, mal selecionado com presença de feldspato, coloração branca. Formação Santa Rita
P58	7859808	648268	100/21	80/59			Quartzito de granulação grossa, mal selecionado, com presença de clastos do tamanho de seixos a cascalho, apresentando granodecrescência ascendente

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Lin. Acamamento	Lin. De Foliação	estiramento intersecção	P. Fratura	Descrição
P59	7859629	648249	105/52 ; 105/42	80/42 ; 72/48			Quartzito de granulação grossa, mal selecionado, com laminações métricas e sentimentais compostas por quartzo fino mal selecionado. Apresenta estratificações cruzadas.
P60	7859664	648359	83/39	75/50 ; 82/52			Quartzito de granulação grossa, mal selecionado, com laminações métricas e sentimentais compostas por quartzo fino mal selecionado. Cuminado por cisalhamento de falha.
P61	7854612	648105	100/38 ; 70/30	82/44 ; 64/44			Quartzito de granulação grossa, mal selecionado
P62	7859603	648073	235/42 ; 84/54				Quartzito de granulação fina a média, mal selecionado com laminações formadas óxidos.
P63	7859591	647838		120/76 ; 98/53			Quartzito de granulação fina, cuminado por presença de falha, com laminação com alto mergulho.
P64	7859501	647789		90/56			Quartzito de granulação fina, cisalhado por falha preenchida por veios de quartzo branco.
P65	7859478	647641	40/50 ; 88/29	62/56 ; 102/41			Quartzito de granulação grossa, mal selecionado com presença de seixos
P66	7859464	647575	250/48				Quartzito de granulação muito fina.

Ponto	(UTM)- N	(UTM)- E	Lin. Acamamento	Lin. De Foliação	estiramento intersecção	P. Fratura	Descrição
P67	7859464	647471	250/61	75/30			Quartzito de granulação grossa, S0 para E.
P68	7859490	644365	190/14 ; 85/16	85/16			Ortoconglomerado de matriz fina a grossa, com clastos compostos por quartzo, do tamanho de seixos a calhau
P69	7859156	647356	75/55 ; 80/55	187/17			Diamictito com clastos bem arredondados, sua matriz e composta por quartzo de granulação média bem arredondado



FOLHA DE APROVAÇÃO

Antônio Vítor Condé de Souza

Arcabouço tectônico em escala 1:25.000 do Lineamento da Bocaina através da aplicação de métodos estruturais para a construção e balanceamento de seções, serra do Cipó, sistema Espinhaço Meridional(MG)

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel

Aprovada em dezessete de abril de 2024

Membros da banca

Dr. - Maximiliano de Souza Martins - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. - Maria Sílvia Carvalho Barbosa - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. - Marco Antônio Fonseca - Universidade Federal de Ouro Preto

Maximiliano de Souza Martins, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 17/05/2024



Documento assinado eletronicamente por **Maximiliano de Souza Martins, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/05/2024, às 10:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0712418** e o código CRC **9E7284CA**.