

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO ESCOLA DE MINAS DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ESTRATIGRAFIA E ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA REGIÃO DE CONCEIÇÃO DO RIO ACIMA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.

Henrique Assis Carmo

MONOGRAFIA nº 477

Ouro Preto, Julho de 2023

ESTRATIGRAFIA E ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA REGIÃO DE CONCEIÇÃO DO RIO ACIMA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.ª Dr.ª Cláudia Aparecida Marliére 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 Junior

Vice-Diretor

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Dr. Geraldo Magela.Santos Sampaio

MONOGRAFIA

 $N^{o} 477$

ESTRATIGRAFIA E ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA REGIÃO DE CONCEIÇÃO DO RIO ACIMA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.

Henrique Assis Carmo

Orientador

Prof. Dr. Emílio Evo Magro Correa Urbano

Co-Orientador

Prof. Dr. Marco Paulo de Castro

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 402, ano 2023/1.

OURO PRETO

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C287e Carmo, Henrique Assis. Estratigrafia e arcabouço estrutural da região de Conceição do Rio Acima, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. [manuscrito] / Henrique Assis Carmo. - 2023. 94 f.: il.: tab., mapa.
Orientador: Prof. Dr. Emílio Evo Magro Correa Urbano. Coorientador: Prof. Dr. Marco Paulo Castro. Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .
1. Geologia estrutural. 2. Geologia estratigráfica. 3. Quadrilátero Ferrífero (MG). 4. Mapeamento geológico. I. Urbano, Emílio Evo Magro Correa. II. Castro, Marco Paulo. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

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



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO REITORIA ESCOLA DE MINAS DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Henrique Assis Carmo

Estratigrafia e Arcabouço Estrutural da Região de Conceição do Rio Acima, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais

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

Aprovada em 31 de Julho de 2023

Membros da banca

Professor Doutor - Marco Paulo de Castro - Coorientador(a) UFOP Professora Doutora - Maria Eugênia Silva de Souza - UFOP Professor Doutor - Maximiliano de Souza Martins - UFOP

Professor Doutor Emílio Evo Magro Corrêa Urbano, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/08/2023



Documento assinado eletronicamente por **Emílio Evo Magro Corrêa Urbano**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/08/2023, às 09:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do <u>Decreto nº 8.539, de 8 de</u> <u>outubro de 2015</u>.



outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <u>http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?</u> <u>acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0</u>, informando o código verificador **0574307** e o código CRC **EB468651**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.010657/2023-77

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Tânia e Gilberto pelo exemplo de esforço e trabalho duro, dedicação e caráter. Por abrirem mão de seus sonhos para investir no meu. Por entenderem que a educação transforma a vida de cada um. À minha irmã Eduarda por toda ajuda e compreensão. À Ana, pelo companheirismo e atenção, por me completar. Agradeço por serem a base para realização dos meus sonhos.

Aos amigos de Brumadinho, e da geologia do 17.1. em especial Maria Carolina (13) e Bruna .Net, pela parceria que só a geologia é capaz de proporcionar. Aos amigos João, Beto Jr, Caio, Magal, Bernardão, Bera, Manerin, Ração e Dr. Daniel.

Aos professores Emílio, Marco Paulo, Mateus Xavier e Issamu Endo, por contribuírem no meu processo de formação. Obrigado pelos ensinamentos.

A todos da Mineração MSA, da CLAM Engenharia e da Geonew, que contribuíram cada um de alguma forma para o meu crescimento pessoal e profissional.

A todas as repúblicas amigas, principalmente Nadavê, Kaos e Copo Sujo, que compartilharam grandes momentos e histórias inesquecíveis. À grandiosa República Refugiados, seus atuais moradores, ex-alunos e homenageados, por mostrarem que família vai além dos laços de sangue.

Por fim, agradeço ao Departamento de Geologia, à Escola de Minas, à Universidade Federal de Ouro Preto e à Fundação Gorceix, por terem me proporcionado um ensino público superior de qualidade durante toda a minha graduação.

SUMÁRIO

AGRADECI SUMÁRIO LISTA DE FI LISTA DE T. RESUMO ABSTRACT 1 INTRODU	MENTO IGURAS ABELAS JÇÃO	S viii x S xii S xiv xix xix xvii
1.1 APRESE	NTAÇÃ	01
1.2 LOCALI	ZAÇÃO	
1.3 OBJETIV	VOS	
1.4 JUSTIFI	CATIVA	A
1.5 MATER	IAIS E N	1ÉTODOS3
1.5.1	Rev	visão bibliográfica3
1.5.2	Ma	peamento Geológico
2 CONTEXT	ГО GEC	DLÓGICO REGIONAL5
2.1 GEOMO	RFOLO	GIA E FISIOGRAFIA8
2.2 ESTRAT	IGRAF	[A9
2.2.1	Co	mplexos Metamórficos9
2.2.2	Sup	pergrupo Rio das Velhas10
2.2.3	Sup	pergrupo Minas12
2.2.4	Sup	pergrupo Estrada Real13
2.2.5	Suí	tes Intrusivas Máficas e Ultramáficas15
2.2.6	Un	idades Cenozoicas15
2.3 EVOLUÇ	ÇÃO TE	CTÔNICA16
3 GEOLOG	IA LOC	AL21
3.1 DESCRI	ÇÃO DA	AS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
3.1.1	Gru	ipo Nova Lima
	3.1.1.1	Formação Santa Quitéria
	3.1.1.2	Formação Córrego do Sítio24
3.1.2	Grı	po Maquiné24
	3.1.2.1	Formação Palmital
3.1.3	Gru	ıpo Caraça
	3.1.3.1	Formação Moeda

	3.1.3.2	Formação Batatal	
3.1.4	Gru	ıpo Itabira	
	3.1.4.1	Formação Cauê	
	3.1.4.2	Formação Gandarela	
3.2 CAR	RACTERIZA	ÇÃO ESTRUTURAL	
3.2.1	Est	ruturas da Primeira Geração	
3.2.2	Est	ruturas da Segunda Geração	
3.2.3	Est	ruturas de Terceira Geração	
3.2.1	Est	ruturas de Quarta Geração	
4 DISCU	USSÕES		
4.1 EST	RATIGRAF	[A	
4.2 EVO	DLUÇÃO ES	FRUTURAL	
4.3 MET	FAMORFIS	40	
5 CONC	CLUSÕES		
Apêndice	e(s)		60
Anexos			71

INDÍCE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da área de estudo com seus respectivos posicionamentos nas folhas topográficas do
IBGE
Figura. 2.1: Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero
Figura 2.2: Mapa do Cráton São Francisco
Figura 2.3: Esboço da evolução magmática do QFe durante os períodos Rio das Velhas I, Rio das Velhas II e
Mamona
Figura 2.4: Coluna Estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero
Figura 2.5: Modelo proposto por Endo
Figura 3.1: Coluna estratigráfica da área mapeada
Figura 3.2 : A: Filito Sericítico vermelho arroxeado com alteração por clorita. B: Mica Quartzo Xisto. C: Metachert. D: Veios de Manganês e quartzo E: Formação ferrífera com boxwork
Fig. 3.3: A: Sericita-quartzo-xisto com presença de óxidos de ferro e B: Filito Carbonoso
Figura 3.4 : A) Quartzito sericítico com grãos recristalizados de quartzo B) Veios sigmoides de quartzo rotacionados em movimento destral. Estação B09. C) Clastos estirados e rotacionados em formação ferrífera 26
Figura 3.5: Metarenito de granulometria fina a média com estratificação cruzada preservada
Figura 3.6 : Em a) afloramento de quartzito recristalizado; b) metarenito cortado por veio de quartzo, com presença de quartzo hialino e óxidos de ferro; c) amostras de quartzo hialino; d) Metaconglomerado com 29
Figura 3.7 – Em A) Filito carbonoso com presença de óxidos de ferro e B) Filito cinza maciço com presença de moldes de minerais alterados
Figura 3.8 – Em a) Afloramento de itabirito com lâminas centimétricas de quartzo, b) Itabirito Silicoso com
lâminas centimétricas de quartzo, c) Bloco de itabirito dobrado com processo de laterização em partes do 31
Figura 3.9 – Em a) Dolomito maciço com óxidos marcando o acamamento, b) Itabirito dolomítico e c) Itabirito
dolomítico com bandas centimétricas de dolomitas e finas bandas de hematita
Figura 3.10 – Diagrama estereográfico representando os polos do acamamento sedimentar (S0). Atitude máxima 120/50
Figura 3.11: Foliação (Sn) subvertical
Figura 3.12 – Diagrama estereográfico representando o polo dos planos de Sn. Atitude máxima 114/62
Figura 3.13: Clivagem de crenulação em xisto do Grupo Nova Lima
Figura 3.14: – Diagrama estereográficos para os polos dos planos Sn+1, com atitude 274/38

Figura 3.15: – Diagrama estereográfico para lineação de crenulação (Lc1), com atitude 185/21 3
Figura 3.16: Diagrama de roseta para representação da família de fraturas F1
Figura 3.17: Diagrama estereográficos das estruturas de terceira geração, polos dos planos Sn+2 mostrando mergulhos para N/NNE e S/SSW
Figura 3.18: Diagrama estereográfico para lineação de crenulação (Lc2), mostrando atitudes para E
Figura 3.19: Diagrama estereográfico as fraturas F24
Figura 3.20: A) Cianitas decusadas, indicando formação tardia em quartzitos da Formação Moeda. B) Cianitas contornando grão de quartzo, no quartzito da Formação Moeda4
Figura 3.21: A e B) Metaconglomerado com matriz ferruginosa da Fm Palmital com clastos estirados e brechados devido a proximidade a falha de cavalgamento. C) Lineação mineral formada por cristais de4
Figura 3.22 – Diagrama estereográfico representando a lineação mineral. Atitude máxima 140/74 4
Figura 4.1: Modelo litoestrutural com direção NW-SE e vergência NW4
Figura 4.2: Mapa Digital de Elevação4
Figura 4.3: Modelo tectônico proposto onde D0 é a deposição da bacia Minas que, posteriormente, é deformada
durante pelos eventos Transamazônico (D1) e Brasiliano (D2, D3, D4)
Figura 4.4: Perfil A-B da área de estudo5

LISTA DE TABELA

Tabela 2.1: Síntese de evolução tectônica do QFe de acordo com Alkmim & Marshak (1998), E	Baltazar e Zucchetti
(2000) e Silva et al. (2005)	
Tabela 3.1 - Tabela de elementos estruturais.	
Tabela 4.1: Evolução estrutural da área mapeada	

Resumo

A região de Conceição do Rio Acima está localizada na borda leste do Quadrilátero Ferrífero (QFe), porção central do estado de Minas Gerais, e sua geologia encontra-se inserida no contexto da Anticlinal Conceição (Door et al. 1969), localizada entre o Sinclinal Gandarela e a Serra do Caraça. Nesse sentido, observa-se na região um sistema de dobramentos de escala subregional, com estilos variados, cujos traços axiais possuem direção geral SW-NE e são seccionadas pela falha de São Bento. O arcabouço estratigráfico local é formado pelas rochas Arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas e pelas rochas Paleoproterozoicas do Supergrupo Minas. No núcleo dos sinformes e antiformes ocorrem xistos, filitos, quartzitos ferruginosos e formação ferrífera bandada de espessura decamétricas pertencentes ao Grupo Nova Lima, bem como quartzitos e xistos do Grupo Maquiné. Esse projeto foi idealizado a partir do mapeamento geológico de detalhe (escala 1:10.000) realizado na região de conceição do Rio Acima pela turma do semestre 2021/1 do curso de Engenharia Geológica da UFOP e visou, através da formalização do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), compilar os dados de mapeamento geológico. Após a interpretação estratigráfica e estrutural, forma identificadas 7 unidades litoestratigráficas, com um trend estrutural NW-SE e caracterizadas 4 fases deformacionais distintas.

Palavras chave: Quadrilátero Ferrífero, geologia estrutural, Sinclinal Gandarela, Serra do Caraça, Conceição do Rio Acima.

The Conceição do Rio Acima region is located on the eastern edge of the Quadrilátero Ferrífero (QFe), in the central portion of Minas Gerais State, and its geology is within the context of the Conceição Anticline (Door et al. 1969) situated between the Gandarela Syncline and the Serra do Caraça. In this sense, the region exhibits a sub-regional scale folding system, with varied styles, whose axial traces have general SW-NE direction and are intersectioned by the São Bento fault. The local stratigraphic framework consists of Archean rocks from the Rio das Velhas Supergroup and the Paleoproterozoic rocks from the Minas Supergroup. In the core of synclines and anticlines occur schists, filites, ferruginous quartzites and banded iron formation with decameter thickness belonging to the Nova Lima Group, as well as quartzites and schists from the Maquiné Group. This project was conceived based on detailed geological mapping (1:10.000 scale) carried out in the Conceição do Rio Acima by the Geological Engineering class of the 2021 1st semester at UFOP and aims, through the formalization of the Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), was to compile the geological mapping data. After stratigraphic and structural interpretation, 7 lithostratigraphic units were identified, exhibiting an NW-SE structural trend and 4 distinct deformation phases were characterized.

Key words: Quadrilátero Ferrífero, structural geology, Gandarela Syncline, Serra do Caraça, Conceição do Rio Acima.

CAPITULO 1

1.1 APRESENTAÇÃO

O Quadrilátero Ferrífero, situado em Minas Gerais, é considerado umas das mais importantes províncias minerais do mundo, com importantes depósitos de ferro, ouro e manganês. A região de Conceição do Rio Acima está localizada na borda leste do Quadrilátero Ferrífero (QFe), porção central do estado de Minas Gerais, e sua geologia encontra-se inserida no contexto da Anticlinal Conceição (Door et al. 1969), localizada entre o Sinclinal Gandarela e a Serra do Caraça. Nesse sentido, observa-se na região um sistema de dobramentos de escala sub-regional, com estilos variados, cujos traços axiais possuem direção geral SW-NE e são seccionadas pela falha de São Bento. O arcabouço estratigráfico local é formado pelas rochas Arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas e pelas rochas Paleoproterozoicas do Supergrupo Minas. No núcleo dos sinformes e antiformes ocorrem xistos, filitos, quartzitos ferruginosos e formação ferrífera bandada de espessura decamétricas pertencentes ao Grupo Nova Lima, bem como quartzitos e xistos do Grupo Maquiné. Esse projeto foi idealizado a partir do mapeamento geológico de detalhe (escala 1:10.000) realizado na região de conceição do Rio Acima pela turma do semestre 2021/1 do curso de Engenharia Geológica da UFOP e visa, através da formalização do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), compilar e interpretar os dados estratigráficos e estruturais da área em questão.

1.2 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo se localiza na região sudeste do estado de Minas Gerais, mais especificamente entre os domínios geomorfológicos Serra do Gandarela e Serra do Caraça. Em São Gonçalo do Rio Acima, distrito de Santa Bárbara. O polígono de estudo corresponde a 71,46 km² e está inserido na folha topográfica Acuruí (SF-23-X-A-III-2), na escala 1:50.000, elaboradas pelo IBGE no ano de 1977, limitando-se pelas coordenadas geográficas: 642000-655000E E 7774000-7784100N conforme evidenciado no mapa de localização da área de estudo com seu posicionamento em relação a folha Acuruí demonstrado na figura 1.1.

Carmo, H. A. 2023, Estratigrafia e Arcabouço Estrutural da Região de Conceição do Rio Acima, Quadrilátero Ferrífero...



Figura 1.1 - Localização da área de estudo com seus respectivos posicionamentos nas folhas topográficas do IBGE.

A fim de partir da cidade de Ouro Preto, a área pode ser acessada pela rodovia BR-356 até o município de Mariana. Em Marina, deve-se dirigir a MG-129 até a Estrada do Caraça em Brumal e seguir por uma via secundária até o distrito de Galegos.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo primordial deste trabalho é integrar os dados obtidos durante a etapa de campo da disciplina de Mapeamento Geológico (GEO493, semestre 2022/1) e discorrer e contribuir com o conhecimento sobre as associações de fácies encontradas nos grupos Nova Lima e Maquiné, bem como compilar e interpretar os dados estruturais da região de Conceição do Rio Acima. Como objetivos específicos, podemos listar:

1. Confecção de mapa geológico-estrutural sub-regional, em escala 1:10.000;

2. Elaboração de seção geológica característica ortogonal ao *trend* regional e ortogonal ao perfil das estruturas;

1.4 JUSTIFICATIVA

As justificativas e a relevância do trabalho estão relacionadas inicialmente à descrição da estratigrafia e caracterização do arcabouço estrutural inseridas na área limítrofe entre o Sinclinal Gandarela e a Serra do Caraça, o que contribuirá para o entendimento do posicionamento das unidades geológicas ali presentes a partir de um mapeamento em escala de detalhe, além da compreensão e interpretação dos dados estruturais e sua geologia local. Esse trabalho também tem como justificativa, uma melhor diferenciação das unidades litoestratigráficas e interpretação estrutural da área.

Dessa forma, o presente trabalho é justificado pela escassez de pesquisas relacionadas a subdivisão dos litotipos mapeados em uma escala de detalhe 1:10.000.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado conforme os itens descritos a seguir.

1.5.1 Revisão bibliográfica

As pesquisas bibliográficas acerca da geologia da área alvo do mapeamento geológico, tiveram como base principal os trabalhos de Dorr (1969), Alkmim & Marshak (1998), Baltazar & Zuchetti (2007), Baltazar & Lobato (2020) e Endo *et al.* (2020) para o levantamento de informações pertinentes à litologia, estruturas geológicas e possíveis modelos evolutivos, para auxiliar as interpretações em campo.

1.5.2 Mapeamento Geológico

Nesta etapa, empreendeu-se um mapeamento geológico tradicional com identificação de estruturas planares e lineares para elaboração de um mapa geológico-estrutural sub-regional com escala de 1:10.000 assim como para o levantamento de seções geotransversais às estruturas previamente estudadas e coleta de amostras para estudos petrográficos.

Carmo, H. A. 2023, Estratigrafia e Arcabouço Estrutural da Região de Conceição do Rio Acima, Quadrilátero Ferrífero...

Para um trabalho de campo efetivo, e o auxílio neste levantamento, se fez necessário a utilização de alguns materiais específicos, como caderneta, utilizada para fazer anotações e croquis. A prancheta estrutural, assim pode-se aumentar o plano, facilitando as medições. Utiliza-se também a lupa, a fim de observar melhor aspectos como a granulometria e mineralogia da rocha. O martelo petrográfico, pois, dessa maneira, é possível retirar uma amostra de mão, o que muitas vezes facilita a observação da rocha. Ainda, é necessária a utilização da bússola Brunton, além de indicar o Norte, com suas propriedades específicas, auxiliam o geólogo na medição de acamamentos, foliações, flancos de dobras entre outras estruturas geológicas. Mapa topográfico com as cotas espaçadas de 30 em 30 m, também imagens de satélite utilizados para localizar as áreas de estudo. Foi necessário também a utilização de *softwares* de Sistema de Informações Geográficas (SIG) como o QGis e o aplicativo Stereonet, para que assim ilustrar o trabalho aumentando sua clareza e facilitando a visualização do mesmo. Utilizou-se ainda um GPS de mão, e o aplicativo Avenza Maps.

Para informações precisas e confiáveis é necessário a utilização correta dos materiais citados acima. Com a ajuda da bússola identificou-se a área de estudo, inicialmente ajustando o Norte no mapa topográfico, a bússola Brunton possui ainda equipamentos como nível de bolha tabular e circular, há também uma agulha magnética e a trava da mesma, espelho e clinômetro, estes equipamentos auxiliam no trabalho de medição de atitude das rochas e suas estruturas geológicas. Na caderneta registou-se todas essas informações levantadas e também é o local onde foram feitos os croquis dos perfis e colunas estratigráficas observadas em campo. O levantamento foi feito numa escala 1:10.000 que, com o auxílio do GPS e do Avenza marcouse um ponto a cada 100m aproximadamente. Em cada ponto foi feita a descrição litológica e as estruturas observadas no local, além da medição das estruturas geológicas, tais como acamamento, foliação, lineação mineral e/ou de crenulação e estiramento de clastos. Caso não fossem encontrados afloramentos, anotava-se as observações sobre vegetação e/ou solo. Com o auxílio de software de Sistema de Informação Geográfica (SIG), o QGis, foram produzidos mapas e perfis, já com o aplicativo OpenStereo foram plotados estereogramas referentes ao levantamento de campo para, assim, ilustrar este trabalho.

Os modelos desenvolvidos assim como o perfil e o mapa geológico foram produzidos com auxílio do *software* CorelDraw.

CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

O Quadrilátero Ferrífero (QFe) é uma região localizada na porção central do Estado de Minas Gerais, Brasil. Posicionada majoritariamente entre as latitudes 19°45'S e 20°30'S, e longitudes 43°22'30" W e 44°7'30" W (Dorr 1969). Trata-se de uma província mineral e tectônica que ocupa o extremo Sudeste do Cráton São Francisco, sendo limitada a Oeste pela Faixa Araçuaí e a Sul pelo Cinturão Mineiro (Chemale Jr *et al.* 1991, Farina *et al.* 2016). A confecção do mapa geológico do QFe explanado na figura 2.1, desenvolvido no ano de 2019 por Endo *et al.* se deu com o objetivo de esclarecer alguns aspectos ainda não solucionados do trabalho de Dorr (1969) no qual são incorporados novos dados de estratigrafia e geologia estrutural, além da expansão de uma faixa a sul e a leste do QFe, resultando em uma área em torno de 12.785 km². Esta expansão teve como objetivo alcançar a melhor compreensão da conexão entre a região do QFe com os terrenos afetados pela deformação de idade neoproterozoica-cambriana. O aporte destes dados aliado aos dados geocronológicos permitiu a elaboração de um novo modelo de evolução estrutural e tectônica para o Quadrilátero Ferrífero (Endo et al. 2019).



Figura. 2.1: Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero (Endo et al. 2019)

O trabalho de Alkmim & Marshak (1998) situa o Quadrilátero Ferrífero na porção sul do cráton São Francisco conforme apresentado na figura 2.2 abrangendo um *greenstone belt* neo arqueano e uma sequência metassedimentar paleoproterozoica. É importante observar que o Cráton São Francisco é um dos quatro crátons que compõem o embasamento da América do Sul, e a área foco deste trabalho está inserida na faixa limítrofe desse Cráton em proximidade com o Orógeno Araçuaí. Nesse contexto, nota-se que o QFe passou por 3 eventos deformacionais: Rio das Velhas, Rifte Espinhaço e por fim o Brasiliano, citados do mais antigo para o mais recente (Azevedo *et al.* 2012).



Figura 2.2: Mapa do Cráton São Francisco (Alkmim & Marshak 1998)

Trabalhos mais recentes de datações geocronológicas tornaram possível definir a atuação de quatro eventos tectono-magmáticos sobre os complexos metamórficos do QFe. O

primeiro evento magmático, sendo ele o mais antigo, denominado Santa Bárbara, possui idade entre 3.220 Ma e 3.200 Ma, que se encontra preservado no Complexo Santa Bárbara. Dois eventos intermediários, denominados Rio das Velhas I e II, datados entre 2.930 Ma - 2.850 Ma, e 2.800 Ma - 2.760 Ma, respectivamente, no qual o último é registrado pelos plútons Caeté e Samambaia. E o mais recente, denominado Mamona, caracterizado por metamorfismo regional e generalizado de fácies anfibolito entre 2.750 Ma e 2.680 Ma, acompanhado pela intrusão de plútons, veios e diques (Lana *et al.* 2013, Romano *et al.* 2013, Farina *et al.* 2015).

O modelo proposto para os eventos magmáticos (figura 2.3), define que a crosta continental é formada por múltiplas acreções de arcos insulares. Durante o evento Rio das Velhas II, a subducção de uma crosta oceânica sob um bloco continental levou à formação de granitóides de médio K por mistura de dois componentes: fundidos derivados da fusão parcial da crosta oceânica máfica e fundidos derivados da reciclagem de crosta continental. Durante este evento, rochas vulcânicas irromperam acima da sequência ultramáfica-máfica do Grupo Nova Lima e magmas derivados do manto invadiram o embasamento. Finalmente, durante o evento Mamona, dois blocos continentais colidiram. Fragmentos de metassedimentos foram enterrados e começaram a fundir, produzindo granitos de alto K e sedimentos clásticos foram depositados formando o Grupo Maquiné.





Figura 2.3: Esboço da evolução magmática do QFe durante os períodos Rio das Velhas I, Rio das Velhas II e Mamona. Ilustração de Laurent (2012)

2.1 GEOMORFOLOGIA E FISIOGRAFIA

Mapas datados dos séculos XVIII e XIX já evidenciavam serras, picos e vales que conduziram a ocupação na região do Quadrilátero Ferrífero (Guimarães & Moreira 2011), além disso, rotas comerciais, como a Estrada Real, se consolidaram através de marcos notáveis na paisagem. Wilhelm Ludwig von Eschwege no século XIX já observava e descrevia os domínios geomorfológicos do QFe, tornando-se percursor no traçado do sistema orográfico local, mas

ainda relutante em acreditar na inclinação dos acamamentos, visto que, Eschwege tinha princípios netunistas, de acordo com Renger (2005).

Dorr resumiu os aspectos fisiográficos da área em "picos altos e acidentados, longas cadeias de montanhas em *hogback*, platôs elevados, alguns *canyons* profundos e suaves vales abertos" (Dorr 1969).

Os vários autores que estudaram e analisaram os terrenos no QFe concordam na sobreposição de rochas com erodibilidade distintas, separando-as em três principais grupos: quartzitos e itabiritos, menos erodíveis; xistos e filitos, intermediários, e metagranitóides e gnaisses, mais erodíveis (Lana 2020).

A região do Quadrilátero Ferrífero divide duas importantes bacias hidrográficas brasileiras, a bacia do Rio São Francisco e a bacia do Rio Doce, tendo uma altitude média de 1100 a 1600 metros (Azevedo *et al.* 2012). A temperatura média é de 20°C e volume pluviométrico médio anual varia de 1300mm a 2100mm (Santos 2018).

2.2 ESTRATIGRAFIA

A litoestratigrafia abrange as rochas divididas em três unidades geológicas principais: os complexos granito-gnáissicos, as rochas metavulcanossedimentares do tipo *greenstone belt* inseridas no Supergrupo Rio das Velhas, ambos de idade arqueana (3,0 a 2,5 bilhões de anos atrás), como também as rochas supracrustais do Supergrupo Minas e Supergrupo Estrada Real composta pelos grupos Sabará e Itacolomi (Endo *et al.* 2019), ambos relacionados ao Paleoproterozóico (2,5 a 1,7 bilhões de anos).

Além destes, insere-se no contexto regional o Supergrupo Espinhaço localizado na porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero.

2.2.1 Complexos Metamórficos

Os complexos metamórficos são descritos como rochas cristalinas com idade arqueana, que ocorrem na forma de estruturas dômicas que pontuam a região do QFe: dividos em Complexo Bonfim a oeste, Complexo Belo Horizonte a noroeste, Complexo Caeté ao norte, Complexo Santa Bárbara ao leste e Complexo Bação na região central. Os complexos são constituídos por rochas gnáissicas polideformadas de composição tonalítica a granítica e, subordinadamente, por granitos, granodioritos, anfibolitos e intrusões de rochas de natureza máfica e ultramáfica (Herz 1970, Cordani *et al.* 1980).

Já Castro *et al.* (2020) descreve que os complexos metamórficos são constituídos de forma geral, por corpos gnáissicos bandados, caracterizados por alternância de bandas leucocráticas e meso a melanocráticas de espessura variável de milimétricas a centimétricas. Apresentam-se dobrados com as bandas exibindo xistosidade metamórfica plano-axial de dobras transportadas. Localmente, estes complexos contêm corpos anfibolíticos, ortognaisse finamente laminados, migmatitos - os quais definem as zonas de charneira de dobras antiformais regionais -, granitóides leucocráticos intrusivos, veios aplíticos e diques máficos de diferentes gerações (Castro *et al.* 2020, Endo *et al.* 2019b).

2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas é formado por uma típica sequência arquena *greenstone belt*, uma associação litofacial de rochas metavulcânicas máficas-ultramáficas e félsicas, metavulcanoclásticas, metavulcanossedimentares químicas, metassedimentares clásticas e metassedimentares costeiras (Baltazar & Zucchetti 2007). Foi dividido classicamente por Dorr (1969) nos grupos Nova Lima e Maquiné, sendo posteriormente revisado por Schorscher (1979), designando Grupo Quebra Ossos ao conjunto de rochas vulcânicas ultramáficas que ocorrem na borda leste do QFe (Endo *et al* 2019a, b).

Segundo Baltazar & Zucchetti (2007) o Supergrupo Rio das Velhas apresenta sete subdivisões de suas rochas de acordo com associação de litofácies, sendo elas:

i) Associação Máfica-ultramáfica: Constituída por lavas máficas e ultramáficas, pequenas intrusões de gabro, anortosito e peridotito, intercalações de meta-BIF, chert ferruginoso, pelito carbonoso, turbiditos e, esporadicamente, rochas vulcanoclásticas félsicas.

ii) Associação Vulcanosedimentar Química: Toleítos alternados com BIF, chert ferruginoso e rochas sedimentares clásticas com muitos turbiditos e pelitos carbonosos;

 iii) Associação Metassedimentar Clástica-Química: Pelitos (micas e clorita xistos) são alternados com camadas finas de BIF e, secundariamente, chert e xistos carbonosos. Os pelitos apresentam lentes milimétricas a decamétricas, comumente intercalados com filitos carbonosos de coloração cinza escura e espessura variada; iv) Associação Metavulcanoclástica: Constituída por rochas vulcanoclásticas félsicas e máficas. Divide-se em quatro litofácies - monomítica e polimítica, brechas e conglomerados, grauvacas, grauvaca-arenito e grauvaca-argilito;

v) Associação Ressedimentada: Formada por três sequências de litofácies de grauvacaargilito – duas com metamorfismo na fácies xisto verde e uma na fácies anfibolito.

vi) Associação Costeira: Constituída por arenitos com estrutura sedimentar preservada (estratificação cruzada de médio a grande porte, marcas de onda, espinha de peixe e arenitossiltitos);

vii) Associação Não-marinha: Constituída por arenitos-conglomerados e arenitos de granulometria grossa a fina.

Endo et al. (2019a,b) adotam a distribuição de associações de litofácies com base na ambiência tectonossedimentar, proposta por Baltazar & Pedreira (1998) e Baltazar & Zucchetti (2007), sendo agrupadas (da base para o topo) em: Grupo Quebra Osso, constituído pela associação de rochas metavulcânicas máfica-ultramáficas e félsicas; Grupo Nova Lima, constituído pelas associações metavulcanossedimentar química, metavulcanoclásticas, metassedimentar clástica marinha e o Grupo Maquiné, constituído pela associação metassedimentar não-marinha. O Grupo Nova Lima compõe a base do Supergrupo Rio das Velhas, sendo caracterizado por rochas sedimentares e vulcânicas transformadas em xistos, xistos cloríticos, filitos e subordinadamente por lentes de filitos grafitosos, formações ferríferas, dolomitos e quartzo-ankerita xisto (Lapa Seca) - hospedeira de depósitos auríferos -, metagrauvacas e quartzitos (Dorr 1969, Vial *et al.* 2007).

O Grupo Maquiné sobrepõe o Grupo Nova Lima em contato gradacional a discordante (Gair 1962), correspondendo a uma unidade molássica. É constituído por duas formações: (i) Formação Palmital, inferior, composta por sericíta filito, quartzo-clorita xisto e xistos; e (ii) Formação Casa Forte, superior, composta por quartzitos, metaconglomerados e metadiamictitos. Angeli (2015) caracterizou a conexão da faixa Maquiné do vale do Rio das Velhas com a faixa Maquiné do vale do Rio Conceição, demonstrando que ambas as faixas compõem os flancos de uma megadobra reclinada, com a zona da charneira sendo fortemente dobrada e exposta na serra do Batatal. Angeli (2015) propõe denominar Formação Serra do Coqueiro, do Grupo Maquiné, a uma faixa de quartzitos laminados, que ocorre na serra do

Carmo, H. A. 2023, Estratigrafia e Arcabouço Estrutural da Região de Conceição do Rio Acima, Quadrilátero Ferrífero...

Batatal e continua no flanco ocidental da serra do Caraça em discordância angular com os quartzitos da Formação Moeda.

2.2.3 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas compreende as rochas metassedimentares de idade paleoproterozoica constituída predominantemente por sedimentos plataformais clásticos e químicos (Dorr 1969). E representam um dos estágios de evolução de uma bacia de margem passiva (Alkmim & Martins Neto 2012). Está disposto em discordância sobre o Supergrupo Rio das Velhas, sendo subdividido, da base para o topo, nos grupos Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba, com idade de deposição entre 2.584 Ma e 2.420 Ma (Babinski *et al.* 1995, Hartmann *et al.* 2006).

O Grupo Tamanduá, juntamente com o Grupo Caraça, marca a fase rift-transicional da bacia (Renger *et al.* 1995, Alkmim & Marshak 1998). O Grupo Tamanduá é dividido em duas formações: (i) Formação Cambotas, composta por quartzito, ortoquartzito, quartzito com lâminas ferruginosas, xistos quartzosos e argilosos; (ii) Formação Morro Grande, composta por xistos filíticos e quartzosos, xistos ferruginosos e formação ferrífera dolomítica. O Grupo Caraça é dividido nas formações (i) Moeda, composta por quartzito, quartzito sericítico, filitos e metaconglomerado e (ii) Batatal, formada por filitos e formação ferrífera bandada e subordinadamente por metacherts, filitos grafitosos e mármores dolomíticos (Dorr 1969, Endo *et al.* 2019b).

O Grupo Itabira é composto por rochas metassedimentares marinhas, registrando a fase *drift* da bacia (Alkmim & Marshak 1998). É subdividido nas formações (i) Cauê, composta por itabiritos, itabiritos dolomíticos, itabiritos anfibolíticos e, subordinadamente, filitos, quartzitos e mármores, e (ii) Gandarela, composta por marmores dolomíticos, filitos dolomíticos, dolomítos ferruginosos, filitos e itabiritos (Dorr 1969, Castro *et al.* 2020).

O Grupo Piracicaba é composto por rochas metassedimentares marinhas, sendo subdividido nas formações (i) Cercadinho, caracterizada por quartzitos ferruginosos, filitos prateados, subordinadamente, dolomito, xistos sericíticos e metaconglomerados; (ii) Fecho do Funil, formada por filitos, filitos dolomíticos, metassiltitos, dolomitos quartzosos e argilosos; (iii) Taboões, contendo ortoquartzitos; e (iv) Barreiro, caracterizada por filitos grafitosos, filitos e xistos (Castro *et al.* 2020).

2.2.4 Supergrupo Estrada Real

As rochas do Supergrupo Estrada Real subdivididos pelo Grupo Sabará com formações ferríferas bandadas, quartzitos ferruginosos, clorita xistos, mica xistos e pelo Grupo Itacolomi composto por ortoquartzitos, quartzitos, itabirito e filitos.

O Grupo Sabará, caracterizado por rochas sedimentares marinhas com provável idade de deposição de 2.125 +/- 4 Ma (Machado *et al.* 1996), é dividido em três formações. A Formação Saramenha é caracterizada por clorita xistos, mica xistos com intercalações de metagrauvacas, quartzitos e formação ferrífera bandada (Almeida *et al.* 2005). A Formação Córrego do Germano, base do Grupo Sabará, é caracterizada por formação ferrífera do tipo granular e quartzitos ferruginosos, com espessura entre 50 m e 100 m (Endo *et al.* 2019a, b). A Formação Catarina Mendes, topo do Grupo Sabará, é composta por biotita-quartzo xisto, quartzitos e filitos, apresentando idade estimada de deposição de 2.114 Ma (Freitas *et al.* 2019).

O Grupo Itacolomi é composto por fácies continentais, sendo subdividido nas formações Florália (base) e Pico do Itacolomi (topo). A Formação Florália é marcada por ortoquartzitos, cuja ocorrência se estende de forma descontínua de Cláudio Manoel até além dos limites do QFe, às intermediações de Santa Maria de Itabira. A espessura varia de 80 m em Cláudio Manoel a 350 m em Santa Maria de Itabira (Freitas *et al.* 2019). A Formação Pico do Itacolomi consiste essencialmente de quartzitos com estratificação cruzada acanalada definida por trilhas de óxido de ferro +/- sericita e metaconglomerados polimíticos com seixos, calhaus e raros matacões de quartzo de veio, quartzito, itabirito, filitos e granito (Castro *et al.* 2020).





Figura 2.4: Coluna Estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (Endo et al. 2019).

A estratigrafia apresentada por Endo (2019), exposta na figura 2.4, é composta por unidades de idade Arqueana, Paleoproterozoica, Mesoproterozoica e ainda do Cenozoico. Visto que as unidades geológicas mais importantes são: os Complexos Metamórficos na sua base, que apresenta descolamento basal seguido pela deposição do Supergrupo Rio das Velhas, sendo este dividido em três grupos, o Grupo Quebra Osso na base, seguido da Grupo Nova Lima, e por cima o Grupo Maquiné. Esta unidade é sobreposta pelo Supergrupo Minas, sendo este
último dividido em quatro grupos distintos de idade Paleoproterozóica, neste grupo está alocado um depósito de classe mundial, a Fm. Cauê é formada por Formações Ferríferas Bandadas do tipo Lago Superior. Ainda de idade Paleoproterozóica temos o Supergrupo Estrada Real, já no Meso-Proterozóico Supergrupo Espinhaço.

2.2.5 Suítes Intrusivas Máficas e Ultramáficas

As suítes intrusivas manifestam em todo o QFe, sendo mais expressivas nos domínios do Complexo Metamórfico Santo Antônio do Pirapetinga (Castro *et al.* 2020). Duas suítes são destacadas: (i) A Suíte Santa Rita de Ouro Preto é marcada por magmatismo ultramáfico intrusivo nas unidades metassedimentares Paleoproterozoicas, caracterizada por um batólito na região de Santo Antônio do Pirapetinga, vários stocks e enxames de diques de orientação NW-SE. Estes corpos foram metamorfisados na fácies xisto-verde, na qual a paragênese característica é clorita +- serpentina +- talco +- tremolita +- carbonato (Gonçalves *et al.* 2011). (ii) A Suíte Catas Altas da Noruega corresponde a um magmatismo de natureza máfica póssuíte Santa Rita de Ouro Preto. É caracterizada por enxames de diques de orientação NW-SE intrudidos nos xistos cloríticos do Grupo Sabará e nos ortognaisses do Complexo Metamórfico Santo Antônio do Pirapetinga (Raposo 1991), e também por intrusão de um batólito na região de Catas Altas da Noruega. A idade provável do evento é de 1.714 +/- 5 Ma (Silva *et al.* 1995).

2.2.6 Unidades Cenozoicas

As unidades Cenozoicas do QFe, formalmente designadas formações Fonseca, Fazenda do Gandarela e Gongo Soco, estão limitadas às bacias do Fonseca, do Gandarela e do Gongo Soco, respectivamente (Castro *et al.* 2020).

A Formação Fonseca está assentada sobre o Complexo Metamórfico Santa Bárbara, sendo composta por argilitos, siltitos, arenitos, linhitos e conglomerados. Está relacionada à sedimentação flúvio-lacustre ocorrida entre o Neoceno e Oligoceno (Gorceix 1984, Dorr 1969, Maxwell 1972).

A Formação Fazenda Gandarela é constituída essencialmente de argilitos, arenitos e linhitos recobertos por argila avermelhada e canga. Está assentada sobre a Formação Gandarela, estando relacionada a depósitos lacustrínos e de fluxo de detritos de idade Neoceno e Eomioceno (Castro *et al.* 2020, Maizatto 2001).

A Formação Chapada de Canga está sobreposta à Formação Fonseca, e é caracterizada por ortoconglomerados oligomíticos com seixos de itabirito e matriz ferruginosa fina. Sua formação está relacionada a leques aluviais com deposição máxima neo-oligocênica (Sant'anna 1994, Maizatto 2001).

A Formação Cata Preta é assentada sobre a Formação Chapada de Canga, e composta de arenitos maciços de coloração avermelhada e diamictitos com seixos subangulosos a subarredondado de filitos, quartzitos ferruginosos, quartzo de veio e matriz argilosa avermelhada, oriundo de leques aluviais (Castro e Ferreira 1997, Castro *et al.* 1998).

A Formação Gongo Soco consiste em diamictitos com clasto de hematita, itabirito e quartzo, brechas de itabirito e hematitito, diamictitos com clasto de itabirito e matriz argilosa, arenitos amarelados de granulação média e diamictitos com clastos de itabirito e hematitito e matriz hematítica, todas relacionadas a fluxo de detritos associados a leques aluviais (Maizatto 1993).

2.3 EVOLUÇÃO TECTÔNICA

Vários modelos geotectônicos foram propostos para a evolução geológica do QFe, desde Guimarães (1951) até os dias atuais ainda há questões a serem respondidas.

Para Chemale et al. (1991) ocorreram dois grandes eventos deformacionais após a deposição do Supergrupo Minas: o primeiro de caráter extensional, com idade entre 2.1 a 1.7 Ga e o segundo compressional com idade entre 0.6 a 0.5 Ga. O evento extensional (transamazônico) seria responsável pela geração de estruturas NE-SW, a exemplo o Sinclinal Gandarela, através de um movimento geral de WNW para ESE. Para estes autores, o evento compressional (brasiliano) apresenta um campo de encurtamento E-W, formando um cinturão de dobramentos e empurrões (*fold and thrust belt*).

Alkmim e Marshak (1998) apresentam um modelo com evolução de idade paleoproterozóica, ligada diretamente à evolução tectônica do Cráton São Francisco. Concluise que o modelo de evolução para o QFe no Transamazônico, representado por dois eventos de natureza distinta: o primeiro compressional e o segundo extensional. O primeiro evento, descrito como um fechamento de uma bacia de margem passiva, gerando dobramentos e empurrões com vergência para NW. O segundo evento representou o colapso das rochas continentais de idade 2.095 Ga e foi responsável pela estruturação em domos e quilhas do QFe, sendo os domos representados pelos complexos metamórficos e as quilhas pelos megassinclinais de primeira ordem, preenchidas pelas unidades supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi.

Endo (1997) detalha a evolução tectônica das rochas arqueanas do QFe com a interferência de três eventos deformacionais distintos, denominados Rio das Velhas I, Rio das Velhas II e Rio das Velhas III.

Alkmim & Marshak (1998), Baltazar & Zucchetti (2007) e Silva et al. (2005), entram em consenso ao caracterizarem a evolução tectônica do QFe, descrevendo como a ação de três eventos deformacionais ainda estariam divididos em fases deformacionais distintas (tabela2.1).

Evento	Fase	Interpretação	
Evento Rio das Velhas	F1	Deformação mais antiga registrada no <i>Greenstone Belt</i> Rio das Velhas, com transporte de N para S afetando o embasamento granito-gnáissico, o Grupo Nova Lima e a Formação Palmital do Grupo Maquiné.	
	F2	Extensos lineamentos estruturais que são falhas de empurrão, com importante componente direcional sinistral, orientadas segundo NW-SE.	
Evento	F3	Orógeno contracional paleoproterozoico com transporte de massa de SE para NW.	
Transamazônico	F4	Colapso orogênico, extensional, regional e com o posicionamento de domos granito gnáissicos.	
Evento Brasiliano	F5	Relacionado a rampas oblíquas e frontais dos fronts de empurrão. Tectônica tangencial, compressional, rotacional, dúctil a dúctil-rúptil, dirigida de E para W.	

Tabela 2.1: Síntese de evolução tectônica do QFe de acordo com Alkmim & Marshak (1998), Baltazar e Zucchetti (2000) e Silva et al. (2005).

Almeida *et al.* (2001, 2002, 2003, 2004 e 2005), e Endo *et al.* (2005) sugerem que o arcabouço estrutural do QFe seja constituído por dobras de várias gerações associadas às diferentes fases e eventos tectônicos que atuaram na região. Estas dobras, de escala regional, são divididas em três gerações relacionadas a grau hierárquico e período de formação. A primeira geração tem vergência para N-NE denominado como *Nappe* Curral. A segunda geração tem vergência para S-SW descrito como *Nappe* Ouro Preto. A terceira geração é

descrita como uma ampliação e redobramento com a *Nappe* Curral constituindo uma megadobra alóctone vergente para norte. (Endo *et al.* 2005, Fig. 2.6).





A Nappe Curral encontra-se na parte oeste do QFe e trata de uma megadobra alóctone vergente para N-NE. O flanco inverso dessa nappe é representado pela sequência Minas, exibe inversão estratigráfica e as unidades do SGRV preenchem o seu núcleo. A região da união da serra do Curral e sinclinal Moeda compõe-se a zona da charneira da Nappe Curral. O sinclinal Moeda é constituído pelo flanco normal da nappe que se encontra redobrado.

Já a xistosidade S1 está relacionada a dobras de diversas escalas, as quais estão vinculadas a nappe Curral. Verifica-se dobras de ordens inferiores com geometrias e escalas diversificadas, com perfis abertos a fechados, centimétricas a quilométricas por toda a região (Endo et al. 2005).

O Sistema de Nappes Ouro Preto constitui um segmento crustal alóctone sobre a Nappe Curral, vergente para SSW, no qual se vinculam quatro nappes (Figura 2.6): Nappe Maquiné, inferior, Nappe Santa Rita, Nappe Ouro Preto e Nappe Itabira-Rio Piracicaba, superior.

A Nappe Maquiné abrange as unidades Greenstone Belt do SGRV e do Supergrupo Minas em um sistema de dobras regionais vinculadas com geometria em estilo "M", vergentes para SW. As megadobras que constituem a Nappe Maquiné são os sinclinais antifórmicos Gandarela e Ouro Fino e a anticlinal sinfórmica Conceição (Dorr 1969). A Nappe Santa Rita é constituída pelo sinclinal Santa Rita e esta estrutura é composta por partes do greenstone do SGRV e das unidades do Supergrupo Minas (Endo et al. 2020). A Nappe Ouro Preto é constituída pelo flanco inverso do sinclinal Santa Rita. Esta sequência abrange praticamente todo o sinforme Dom Bosco, formando a estrutura principal da nappe Ouro Preto. O Supergrupo Minas na região apresenta estratigrafia invertida. Os supergrupos Minas e Estrada Real se associam em sistemas de dobras e escamas de falhas que são redobradas resultando em uma estrutura sinformal (Almeida et al. 2005).

A Nappe Itabira-Rio Piracicaba é constituída por escamas tectônicas dos complexos metamórficos Santa Bárbara, Guanhães e por um sinclinal antifórmico vergente para SSW. O sinclinório de Itabira é constituído pelas as unidades dos SGRV e Minas, as quais no flanco inverso apresenta estratigrafia normal. No sinclinório João Monlevade-Rio Piracicaba as unidades dos supergrupos Minas e Estrada Real localizam-se no flanco normal. A geometria desta nappe é reajustada por corpos intrusivos da Suíte Borrachudos, sendo redobrados pelas etapas de deformação do evento Brasiliano (Endo et al. 2020).

As análises a respeito da evolução tectono-estrutural do QFe apontam que houve mais de um evento deformacional e de metamorfismo responsável para a geração das estruturas regionais. Baltazar e Zuchetti (2007) propõe a divisão em quatro domínios estruturais, marcados por seus estilos estruturais e seguindo a tendência das principais estruturas megascópicas. As quatro gerações de estruturas procederam de três eventos deformacionais. A primeira geração (D1) refere-se às estruturas preservadas no setor sul do QFe e representam um evento compressivo arqueano tardio que afetou apenas o Grupo Nova Lima. A segunda geração (D2) refere-se às estruturas preservadas na porção central do QFe, representando um evento compressivo Neoproterozoico. Os padrões de foliação S-C e o deslocamento em zonas de cisalhamento mostram movimento em direção ao SW. A terceira geração (D3) refere-se as estruturas relacionadas a um evento paleoproterozoico de extensão regional. A última geração (D4) representa um evento compressivo de idade é neoproterozoica com estruturas de vergência ocidental. Os padrões de foliões S-C exibem movimentos em direção ao oeste. Ocorrência relacionada ao Ciclo Orogênico Brasileiro.

O metamorfismo regional aumenta o grau metamórfico de oeste para leste e apresenta fácies xisto verde a anfibolito (Alkmim & Marshak 1998). Localizado a nordeste do QFe, o sistema de falhas Fundão-Cambotas, apresenta dois domínios metamórficos principais: o domínio leste que possui maior magnitude de deformação e metamorfismo de fácies xisto verde superior a anfibolito e o domínio oeste, menos deformado e grau de metamorfismo xisto verde inferior (Ribeiro-Rodrigues & Lobato 1999).

CAPÍTULO 3

3.1 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

As estações geológicas referenciadas nesse capítulo se encontram em anexo no final desse trabalho. As unidades litoestratigráficas correlacionadas abaixo foram baseadas em descrições e observações de campo, como também na interpretação das informações estruturais, tais como: a interpretação dos contatos, a sucessão estratigráfica e correlação tectônica somados ao pesquisado na bibliografia. Desta forma, foi possível identificar 7 diferentes unidades litoestratigráficas. Sendo elas:

- Formação Córrego do Sítio
- Formação Santa Quitéria
- Formação Palmital
- Formação Moeda
- Formação Batatal
- Formação Cauê
- Formação Gandarela

A Formação Palmital, a Unidade Córrego do Sítio e a Unidade Santa Quitéria são respectivamente relacionadas as rochas arqueanas do Grupo Maquiné e Grupo Nova Lima. Já os litotipos associados as rochas Paleoproterozoicas do Grupo Caraça e Grupo Itabira estão correlacionadas às Formações Moeda, Batatal, Cauê e Gandarela como observado na figura 3.1 apresentada a seguir.



Figura 3.1: Coluna estratigráfica da área mapeada.

3.1.1 Grupo Nova Lima

Os litotipos que correspondem a maior abrangência superficial da área mapeada consiste nas unidades Córrego do Sítio e Santa Quitéria, as quais compõem o Grupo Nova Lima, sendo elas as mais antigas, e que podem ser divididas em associações de fácies que as caracterizam e as diferenciam.

3.1.1.1 Formação Santa Quitéria

As rochas dessa unidade, foram descritas como sericita-quartzo xisto, clorita-xisto por vezes com foliação anastomosada com intercalações de bandamentos sericíticos e quartzosos. Observou-se filitos sericíticos (Estação A001), variando sua coloração entre acinzentado, arroxeado quando alterados, esbranquiçado e ocre, além da presença de metachert na estação B078 predominantemente composto por quartzo com intercalações milimétricas a centimétricas associadas ao sericita-quartzo xisto (Figura 3.2 – A, B e C). As formações ferríferas bandadas mapeadas na área, possuem bandamentos composicionais milimétricos a centimétricos de óxido de ferro e quartzo com presença de boxwork de pirita como também, veios de quartzo centimétricos e fraturas milimétricas a centimétricas preenchidas por manganês, descritos na

estação B75 (Figura 3.2 – D e E). Observa-se na estação A03, as formações ferríferas recristalizadas e brechadas, interpretado como uma zona de cisalhamento presente na área.



Figura 3.2: A: Filito Sericítico vermelho arroxeado com alteração por clorita. B: Mica Quartzo Xisto. C: Metachert. D: Veios de Manganês e quartzo E: Formação ferrífera com boxwork.

Essa associação pode ser denominada como Formação Santa Quitéria (Zucchetti & Baltazar 2000), tratando-se de uma formação com contribuição clástica pelítica e principalmente, química.

3.1.1.2 Formação Córrego do Sítio

As rochas dessa unidade foram descritas como quartzo-sericita xisto, sericita-quartzo xisto, filito carbonoso, filito prateado, filito quartzoso e filito roxo (Figura 3.3 – A e B). Correspondendo a uma associação de fácies ressedimentada, o que corrobora a descrição de (Zucchetti & Baltazar 2000) descrita como mica-quartzo-xisto, filito carbonoso, formação ferrífera e sericita-quartzo-xisto.



Fig. 3.3: A: Sericita-quartzo-xisto com presença de óxidos de ferro e B: Filito Carbonoso. Autoria da imagem: Silva, A.P.

Os filitos encontrados na área tem como principal mineralogia filossilicatos, quartzo e sericita. Trata-se de um filito com variações de cores, que grada do cinza ao roxo (pela alteração de minerais, como por exemplo as cloritas). Destaca-se a presença de filito carbonoso. Segundo Zucchetti e Baltazar (2000), esses litotipos resultaram do metamorfismo de grauvacas, *quartzwackes*, arenitos e pelitos na fácies xisto verde.

3.1.2 Grupo Maquiné

O Grupo Maquiné é caracterizado por um conjunto de rochas de composição predominantemente quartzítica de direção, em geral, NW-SE.

3.1.2.1 Formação Palmital

Zucchetti e Baltazar (2000) define que o Grupo Maquiné é constituído de metassedimentos clásticos, representados por quartzo-mica xisto com intercalações de quartzito micáceo e horizontes subordinados de metamicroconglomerado e metaconglomerado

polimítico. O Grupo Maquiné foi reconhecido como uma associação metassedimentar clástica não marinha, com uma fácies litorânea, sendo esta a Formação Palmital.

O"Rourke (1957) classificou a Formação Palmital como uma unidade formada, dominantemente, por quartzitos e filitos quartzosos e posicionada na base do Grupo Maquiné. O contato entre a Formação Palmital com o subjacente Grupo Nova Lima é ocultado em muitos lugares por detritos derivados das camadas mais quartzosas da Formação Palmital (Dorr 1969).

Apesar do contato ser inferido neste trabalho, há evidências na estação A04 para um possível contato por meio de uma falha vergência para NW, evidenciada por meio de grãos de quartzo recristalizados e estirados e indicadores cinemáticos na estação B09 como veios sigmoides de quartzo rotacionados em movimento destral (Figura 3.4 - B). Observou-se pequenos clastos estirados e rotacionados em uma formação ferrífera bandada (Figura 3.4 - C), o que corrobora a interpretação de uma falha observada na área mapeada.

Os litotipos encontrados consistem em quartzitos impuros (Figura 3.4 - A), quartzitos sericíticos e metarenitos sericíticos. Os quartzitos impuros possuem veios de quartzo milimétricos a centimétricos com percolações ferruginosas. Os metarenitos possuem estratificações cruzadas preservadas na estação B08 e intercalações milimétricas de óxidos de ferro e quartzo. Os quartzitos e metarenitos apresentam uma granulometria que varia de média à fina, com pequena porcentagem de sericita.

Endo *et al.* (2019, b) descreve que a Formação Palmital é composta por sericita filito, quartzo-clorita xisto e xistos, sendo sobreposta pela Formação Casa Forte, porém esta última não foi observada em campo.



Figura 3.4: A) Quartzito sericítico com grãos recristalizados de quartzo B) Veios sigmoides de quartzo rotacionados em movimento destral. Estação B09. C) Clastos estirados e rotacionados em formação ferrífera bandada. Estação A03. (Figura Modificada de Silva, A.P.).

Ao avaliar a literatura já existente, essa associação pode ser denominada como Formação Palmital (Dorr 1969), que compreende as seguintes litologias, quartzitos, quartzosericita-xisto e também, metarenitos e metapelitos que preservam estratificações cruzadas (Figura3.5).



Figura 3.5: Metarenito de granulometria fina a média com estratificação cruzada preservada.

3.1.3 Grupo Caraça

Segundo Dorr (1969), o Supergrupo Minas pode ser dividido em quatro grupos, compostos respectivamente por dois grupos inferiores de formações clásticas: A Formação Moeda e a Formação Batatal.

3.1.3.1 Formação Moeda

A Formação Moeda integra o Grupo Caraça, caracterizado por unidades formadas por conglomerados aluviais e arenitos, que gradam ao topo à pelitos marinhos de águas rasas, segundo Alkmin & Marshak (1998). Nesse trabalho, ela está localizada em uma faixa a oeste do mapa geológico apresentado que corta a área mapeada na direção NE-SW, e com uma pequena lente dentro da Fm. Batatal, sendo a litologia com a menor representatividade dentro da área mapeada. É composta por quartzitos recristalizados (Figura 3.6 – A), metarenitos com granulação que varia de fina a grossa e algumas porções granulosas. Próximo ao contato com o Nova Lima, constata-se a presença de metaconglomerados polimíticos, clastos suportados na base gradando para a porção superior mais arenosa (Figura 3.6 – D e E). A matriz é quartzo sericítica, em alguns afloramentos a sericita marca a foliação nos metarenitos. Os clastos são de tamanhos variáveis, variando de grânulos a seixos, sendo predominantemente de quartzo de veio, metarenitos de granulação fina a média e subordinadamente filitos.

Em alguns pontos é possível observar níveis ferruginosos e presença de quartzo fumê recristalizado (Figura 3.6 - B e C). Na estação C91, observou-se a Fm. Moeda cortada por veios com espessura decimétrica constituídos por quartzo imersos numa matriz de óxidos de manganês, sendo possível obter amostras de quartzos hialinos. Nos afloramentos onde se observa uma gradação composicional, foi possível definir e medir o acamamento.



Figura 3.6: Em a) afloramento de quartzito recristalizado; b) metarenito cortado por veio de quartzo, com presença de quartzo hialino e óxidos de ferro; c) amostras de quartzo hialino; d) Metaconglomerado com matriz polimítica com grânulos a seixos de metarenitos e filitos; e e) Metarenito micáceo com granulometria granodecrescente ascendente. (Figura de autoria de Figueiredo, I.)

3.1.3.2 Formação Batatal

É a segunda menor litologia com relação a representatividade no mapa, faz contato com a Formação Moeda na base e com a Formação Cauê no topo. No flanco leste do Sinclinal Gandarela, local onde afloram as unidades do Super Grupo Minas, observa-se que a estratigrafia ocorre invertida devido a sequência das unidades estratigráficas e o mergulho para E-SE. Este flanco apresenta direção NE-SW.

A Formação Batatal segundo Maxwell (1958), é constituída de filitos e, subordinadamente, por formações ferríferas bandadas, metacherts, filitos grafitosos e mármores dolomíticos.

Na região mapeada, o litotipo observado trata-se do filito, cuja mineralogia é composta predominantemente por filossilicatos, podendo apresentar porções com maior teor de quartzo

(Figura 3.7 - B), material orgânico amorfo e ferruginoso. Sua coloração na maior parte dos afloramentos é cinza com um brilho prateado, podendo chegar a uma coloração mais escura e com maior concentração de matéria orgânica dando um aspecto mais carbonoso ao filito (Figura 3.7 - A).



Figura 3.7 – Em **A**) Filito carbonoso com presença de óxidos de ferro e **B**) Filito cinza maciço com presença de moldes de minerais alterados. (Modificado de Figueiredo, I.).

3.1.4 Grupo Itabira

O Grupo Itabira, caracterizando uma unidade formada por sedimentação essencialmente química, composto pela Formação Cauê situada na base e a Formação Gandarela situada no topo.

3.1.4.1 Formação Cauê

A Formação Cauê é um pacote de formações ferríferas bandadas do tipo Lago Superior, com diversos tipos de itabiritos que, por processos hipogênicos e\ou autigênicos, geram minérios de alto teor (Dorr 1969). Essa variação litológica resulta tanto dos processos primários de sedimentação, representando as fácies sedimentares, como também como produto de processos subsequentes, como deformação, metamorfismo, hidrotermalismo e intemperismo. Endo *et al.* (2019).

Essa formação corresponde às rochas metamorfizadas de formações ferríferas bandadas (BIFs), caracterizadas pela alternância de bandas milimétrica a centimétrica formadas ora por quartzo ora por hematita (Figura $3.8 - A \in B$). Observa-se em alguns afloramentos o processo de laterização dos itabiritos, como também dobramentos e falhamentos provocados pelos eventos deformacionais descritos nesse trabalho (Figura 3.8 - C, F e G). Eventualmente, esses itabiritos apresentam uma maior proporção de hematita micro-lamelar (hematita especularítica) (Figura 3.8 - D) orientada segundo a xistosidade, de tom cinza escuro levemente azulado e brilho metálico intenso. É possível encontrar goethita nas formações ferríferas, como também bandas mais espessas de quartzo (Figura 3.8 - E).



Figura 3.8 – Em a) Afloramento de itabirito com lâminas centimétricas de quartzo, b) Itabirito Silicoso com lâminas centimétricas de quartzo, c) Bloco de itabirito dobrado com processo de laterização em partes do bloco,
d) Itabirito foliado com níveis centimétricos de sílica e em destaque hematita especularita, e) Itabirito silicoso, foto destacando os níveis quartzosos da foto A, f) Itabirito fraturado e g) Itabirito com uma pequena dobra e lâminas milimétricas de sílica. (Figura de autoria de Figueiredo, I.)

3.1.4.2 Formação Gandarela

A Formação Gandarela, segundo Dorr (1969), é composta por mármores dolomíticos, filitos carbonáticos formações ferríferas dolomíticas. Essa formação corresponde ao topo da estratigrafia da área de estudo, com direção NE-SW. Os litotipos consistem em dolomitos de coloração cinza a alaranjada (Figura 3.9 - A), itabiritos dolomíticos com veios dispersos de quartzo e xistos dolomíticos. A mineralogia é marcada por dolomita, filossilicatos, óxidos de ferro e óxidos de manganês. Os Itabiritos dolomíticos (Figura 3.9 - B e C), estão dispersos dentro da área, onde a hematita marca a foliação.

Os solos da Fm. Gandarela apresentam uma coloração marrom avermelhado escuro muito característica que, em conjunto com o seu típico teor de manganês elevado, comprovado pela efervescência ao contato com peróxido de hidrogênio, constitui um conjunto de características que facilita o mapeamento geológico dessa unidade estratigráfica.



Figura 3.9 – Em **a**) Dolomito maciço com óxidos marcando o acamamento, **b**) Itabirito dolomítico e **c**) Itabirito dolomítico com bandas centimétricas de dolomitas e finas bandas de hematita. (Figura de autoria de Figueiredo,I.).

3.2 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

Para designar convencionalmente os elementos metamórficos e estruturais descritos neste trabalho, utilizaram-se os símbolos apresentados na tabela 3.1.

Símbolo	Elemento estrutural		
S_0	Acamamento sedimentar		
S _n	Foliação		
\mathbf{S}_{n+1}	Clivagem de crenulação 1		
\mathbf{S}_{n+2}	Clivagem de crenulação 2		
S_{n+3}	Clivagem de crenulação 3		
F_1	Família de fraturas // S_{n+1}		
F_2	Família de fraturas // S_{n+2}		
L _{c1}	Lineação de crenulação 1		
L _{c2}	Lineação de crenulação 2		
L _{c3}	Lineação de crenulação 3		
L_{min}	Lineação mineral		

Tabela 3.1: Tabela de elementos estruturais.

O conjunto de estruturas sedimentares e tectônicas obtidos por meio das análises geológicas com levantamentos estruturais de detalhe realizados na área, permitiram a caracterização do arcabouço estrutural das rochas Arqueanas dos Grupos Nova Lima e Maquiné, como também as rochas Paleoproterozoicas dos Grupos Caraça e Itabira.

As estações de mapeamento dispersas por toda a área totalizaram 591 pontos, dentre estes com medidas de acamamento, medidas de xistosidade, estruturas lineares e estruturas planares.

A área mapeada, apresenta um arcabouço estrutural caracterizado por estruturas planares e lineares de diferentes fases de deformação orientadas, majoritariamente, segundo o contexto regional ao qual é inserida com direção NE-SW. Podendo, localmente, os elementos estruturais, principalmente os lineares, estarem rotacionados por dobramentos mesoscópicos.

Apesar do grau de deformação e do metamorfismo na fácies xisto verde, é possível distinguir o acamamento sedimentar (S0), sendo este mais bem preservado nos quartzitos e metarenitos da Formação Palmital, nas variações granulométricas dos quartzitos e conglomerados da Formação Moeda e no bandamento composicional dos itabiritos das formações Gandarela e Cauê.

No diagrama estereográfico para o Acamamento (S0) (Figura 3.10), plotado indiscriminadamente à litologia, observa-se atitude geral para SE em alto ângulo, com atitude máxima 120/50 (12,8%).



Figura 3.10 – Diagrama estereográfico representando os polos do acamamento sedimentar (S0). Atitude máxima 120/50.

3.2.1 Estruturas da Primeira Geração

As estruturas de primeira geração são consequência de um encurtamento tectônico segundo a direção NW-SE, uma compressão responsável pela geração de uma foliação (Sn).

A foliação Sn é uma estrutura planar observada em todas as litologias mapeadas. Nas rochas da Fm. Batatal, esta estrutura é materializada pelo alinhamento dos filossilicatos. Na Fm. Gandarela, se observa a estrutura pelo agrupamento da sericita e da hematita, e na Fm. Cauê nota-se pelo alinhamento da hematita. Na Fm. Batatal, o Sn ocorre condicionado ao alinhamento da sericita. Nas rochas do Grupo Nova Lima, se constata estruturas bem preservadas típicas dos filitos e xistos e no Gtupo Maquiné observa-se essas estruturas preservadas em alguns quartzitos. A foliação (Sn) possui direção de mergulho para SE (Figura 3.11), com alto ângulo, porém nota-se mergulhos para NW devido ao dobramento dessas estruturas em rochas com caráter mais plástico.



Figura 3.11: Foliação (Sn) subvertical.

A foliação (Sn) (Figura 3.12), plotada indiscriminadamente à litologia, possui atitude geral 114/62 (7,4%).



Figura 3.12 – Diagrama estereográfico representando o polo dos planos de Sn. Atitude máxima 114/62.

3.2.2 Estruturas da Segunda Geração

As estruturas de segunda geração estão relacionadas a uma compressão na direção E-W e caracterizadas por clivagem de crenulação (Sn+1) e por uma lineação de crenulação (Lc1). A clivagem de crenulação é formada pelo alinhamento dos planos axiais das microdobras geradas sobre a foliação metamórfica (Sn) (Figura 3.13).





Figura 3.13: Clivagem de crenulação em xisto do Grupo Nova Lima.

A clivagem de crenulação desta geração ocorre nos filitos do Grupo Nova Lima e nos filitos da Formação Batatal, sendo ela uma estrutura dúctil fruto do acúmulo de tensões segundo o plano axial de micro dobramentos de Sn.

O diagrama estereográfico de pólos para as estruturas planares de segunda geração, Sn+1 (Figura 3.14), mostra direção de mergulho dos planos para W, atitude máxima de 274/38 (15,3%).



Figura 3.14: – Diagrama estereográficos para os polos dos planos Sn+1, com atitude 274/38.

A lineação de crenulação (Lc1), (Figura 3.15), é caracterizada por microdobras geradas sobre Sn e foram formadas como consequência do encurtamento E-W caracterizado por orientação máxima 185/21 (9,4%).



Figura 3.15: – Diagrama estereográfico para lineação de crenulação (Lc1), com atitude 185/21.

Por último, foram observadas poucas fraturas na área mapeada devido a predominância de filitos e xistos. As fraturas da Família 1 (F1) estão presentes em rochas principalmente do Supergrupo Minas com mergulho preferencial para Leste (Figura 3.16).



Figura 3.16: Diagrama de roseta para representação da família de fraturas F1.

3.2.3 Estruturas de Terceira Geração

As estruturas de terceira geração são caracterizadas de forma semelhante às estruturas de segunda geração por um plano de clivagem de crenulação (Sn+2), na qual a estrutura corta e/ou transpõe a clivagem anterior (Sn+1) que está dobrada em microescala (crenulada). Portanto, se desenvolve na forma de microdobras que são posteriores a foliação (Sn), sendo definida pelos planos axiais das microdobras ou por superfícies de descontinuidade.

O diagrama estereográfico para as estruturas planares, evidencia mergulhos para oeste (Figura 3.17), com atitude máxima é de 175/76 (8,3%).



Figura 3.17: Diagrama estereográficos das estruturas de terceira geração, polos dos planos Sn+2 mostrando mergulhos para N/NNE e S/SSW.

A lineação de crenulação (Lc2) apresenta o diagrama estereográfico (Figura 3.18) com atitude 108/63 (9,9%), correlacionado a Sn+2 por conter linhas formadas por micro dobras (eixos de dobras) inseridas no plano de foliação (Sn) cortando ou transpondo Sn+1.



Figura 3.18: Diagrama estereográfico para lineação de crenulação (Lc2), mostrando atitudes para E.

Novamente foram observadas raras fraturas devido a predominância de rochas pelíticas. A Família 2 de fraturas (F2) apresenta mergulho para norte e sul subvertical ou sub-horizontal (Figura 3.19).



Figura 3.19: Diagrama estereográfico as fraturas F2.

3.2.1 Estruturas de Quarta Geração

Na porção oeste da área, observou-se em afloramentos da Formação Moeda uma zona de cisalhamento com ocorrência de cianita, mineral correspondente a metamorfismo de alta pressão e baixa temperatura, indicando tal interpretação (Figura 3.20 - A). Destacam-se cianitas contornando grãos de quartzo recristalizados (Figura 3.20 - B). Além disto, o alto ângulo de mergulho para leste e a textura parcialmente milonitizada da rocha indicam a presença de uma falha com possível atitude de 83/55 em um dos afloramentos.



Figura 3.20: A) Cianitas decusadas, indicando formação tardia em quartzitos da Formação Moeda. B) Cianitas contornando grão de quartzo, no quartzito da Formação Moeda.

Já na porção leste da área, é possível identificar próximo ao contato do Fm Santa Quitéria (Gr Nova Lima) e Gr Palmital a presença estruturas de deformação indicativas de uma falha. No Gr Palmital, se observam clastos de metaconglomerados estirados e brechados e a presença de cianita (Figura 3.21 – A, B, C). Já na Formação Ferrífera Bandada presente na Fm Santa Quitéria também se observa o processo de brechação evidenciado por clastos rotacionados e estirados com indicadores cinemáticos de uma falha (Figura 3.21 – D). Além do mais, destacase nesse afloramento um mergulho de alto ângulo para ESE (105/65), o que corrobora a interpretação acima e indica a provável atitude da falha.



Figura 3.21: A e B) Metaconglomerado com matriz ferruginosa da Fm Palmital com clastos estirados e brechados devido a proximidade a falha de cavalgamento. C) Lineação mineral formada por cristais de cianita em quartzitos da Fm Palmital indicados pela seta amarela. D) Formação Ferrífera Bandada (BIF) com pequenos clastos estirados e rotacionados destacados em vermelho, indicativos de falha de cavalgamento na Estação A03.

A lineação de estiramento mineral (Lm), caracterizada pela orientação preferencial de micas e hematita, possui atitude geral 140/74 (21,9%), com alto ângulo (Figura 3.22).



Figura 3.22 – Diagrama estereográfico representando a lineação mineral. Atitude máxima 140/74.

CAPÍTULO 4

4.1 ESTRATIGRAFIA

O mapeamento realizado revelou que as unidades litológicas se encontram inseridas no contexto do *greenstone belt* Rio das Velhas e do Supergrupo Minas.

Segundo a classificação de Zucchetti & Baltazar (2000), a formação inferior do Supergrupo Rio das Velhas é descrita como Formação Santa Quitéria e a superior nomeada como Formação Córrego do Sítio. A Formação Santa Quitéria é formada na região de estudos por uma sequência de sericita-quartzo xisto, clorita-xisto, filitos, metachert e formações ferríferas bandadas. As rochas formadas a partir de sedimentação clástica, pelítica e principalmente química corroboram o modelo de Baltazar e Zucchetti (2007) que interpretam essa formação como uma associação metassedimentar química-pelítica.

Para a Formação Córrego do Sítio, formada por uma sequência de quartzo-sericita xisto, sericita-quartzo xisto, filito carbonoso, filito prateado, filito quartzoso e filito roxo, se observa a uma associação de origem clástica, retrabalhada e depositada em ambiente marinho, assim como interpretam Zucchetti & Baltazar (2000).

A Formação Palmital é edificada na área pelos litotipos quartzito, quartzo-sericita-xisto e metapelitos. Localmente, estratificações cruzadas estão preservadas em sequências de quartzitos. Essa sequência é definida na literatura do Quadrilátero Ferrífero por Zucchetti e Baltazar (2000) como de origem essencialmente clástica e formada em ambiente marinho litorâneo. O'Rourke (1957) e Endo et al. (2019) descrevem a Formação Palmital de forma semelhante.

As rochas do Supergrupo Minas e Supergrupo Rio das Velhas são separadas por uma discordância erosiva marcada pelo contato das rochas de origem clástica-pelítica do Supergrupo Rio das Velhas com o metaconglomerado da base da Formação Moeda. Nesse sentido, a Formação Moeda descrita nesse trabalho, composta por quartzitos, metarenitos, metaconglomerados e subordinadamente filitos, é similar a descrição de Endo (2019). Segundo Alkmim e Martins-Neto (2012), os sedimentos que deram origem as rochas da Fm. Moeda são provenientes de ambientes continentais e marinhos.

O Grupo Itabira é dividido em uma unidade inferior (Formação Cauê) e superior (Formação Gandarela). Rosière & Chemale Jr (2000), discorrem que não existe uma separação clara entre elas. Portanto, os dolomitos e itabiritos ocorrem intercalados e o contato entre as formações é frequentemente brusco, Já Alkmim, A. R. (2014) disserta que o contato entre as rochas da formação Cauê e Gandarela é de natureza transicional, assim como ocorre com a Formação Batatal.

O Grupo Itabira, é caracterizado segundo Dorr, (1969) e Endo (2019), como uma sequência predominantemente marinha de ambiente raso a profundo e sugerem uma sedimentação química para a associação rica em ferro da Formação Cauê.

A Formação Cauê ocorre na porção oeste da área e constam as formações ferríferas mais espessas do Supergrupo Minas. Corresponde às rochas metamorfizadas caracterizadas pela alternância de bandamentos de quartzo e hematita e dentre elas, se encontra processos de laterização dos itabiritos, como também dobramentos e falhamentos provocados pelos eventos deformacionais descritos nesse trabalho. As rochas encontradas na região correspondem a itabiritos maciços, itabiritos, hematititos, metacherts e cangas. Equivalendo a definição de Dorr (1958), que descreve essa formação com rochas ferríferas bandadas e metamorfizadas em baixo a médio grau, ou seja, itabiritos de várias composições, além de hematita-filitos, mármores dolomíticos e filitos dolomíticos.

A Formação Gandarela, composta por dolomitos e itabiritos dolomíticos, ocorre sobreposta aos itabiritos da Formação Cauê na área mapeada e corresponde a faixa mais a noroeste da área de estudo, sendo o topo da estratigrafia do presente trabalho, com direção NE-SW. Os Dolomitos visitados possuem coloração cinza a alaranjada e são ferruginosos com presença de quartzos de granulometria fina dispersos na forma de veio. A mineralogia é marcada por dolomita, óxidos de ferro e óxidos de manganês. Em alguns afloramentos, uma fina lâmina de um mineral escuro marca o acamamento, sendo possivelmente óxidos de manganês. Além do mais, há itabiritos dolomíticos, dispersos na formação, onde a hematita marca a foliação.

Rosière & Chemale Jr (2020) destacam que a mudança progressiva no aporte de ferro e consequentemente na passagem entre as formações Cauê e Gandarela está certamente condicionada à diminuição de espessura da lâmina de água e o desenvolvimento de uma plataforma carbonática.

Destaca-se na Formação Gandarela os solos de coloração marrom avermelhado escuro com alto teor de manganês, que auxilia na identificação desta formação.

4.2 EVOLUÇÃO ESTRUTURAL

A partir da análise dos dados estruturais apresentados previamente, torna-se possível a proposição de uma cronologia e de um modelo de evolução estrutural para a região abordada nesse trabalho. De forma geral, as estruturas geológicas planares possuem direção NE-SW, refletindo um trend que ocorre regionalmente e dessa maneira elaborou-se um modelo litoestrututal (Figura 30) para exemplificar graficamente os dados discutidos nessa seção.



Figura 4.1: Modelo litoestrutural com direção NW-SE e vergência NW.

O modelo litoestrutural para a área mapeada definido acima é uma seção NW-SE e sua vergência de deformação tem direção NW. As projeções estereográficas contidas no modelo são representativas para toda área relacionada a seção.

Apesar da região ter sido parcialmente afetada por dobramentos e falhamentos, pode-se observar um acamamento S_0 localmente preservado, principalmente nas rochas do Grupo Maquiné e nas rochas do Supergrupo Minas.

Observou-se que as medidas de foliação (Sn) e lineação de estiramento mineral (Lm) são concordantes com os dados apresentados por Baltazar e Zucchetti (2007). Malouf e Corrêa Neto (1996) identificaram uma grande dobra sinformal, com traço axial segundo NE-SW. Essa mesma estrutura foi descrita por Dorr (1969) como um anticlinal invertido denominado anticlinal Conceição, corroborados por outros autores (Endo *et al.*, 2019; Ferrreira *et al*, 2020). Porém, apesar de não identificar dobramentos que confirmem o anticlinal Conceição e outras estruturas descritas na bibliografia, a projeção estereográfica de Sn indica um dobramento com eixo mergulhando suavemente para NE (Figura 3.12). A dificuldade de identificação dessas estruturas se deve ao carácter pelítico e homogêneo, e pela falta de boas exposições rochosas e o intenso intemperismo tropical, que prejudicaram a observação de estruturas de deformação e a relação entre elas.

Nesse contexto, é observado para a área mapeada, um intenso intemperismo aliado a variação da declividade (Figura 4.2), onde se observa em grande parte da área a bacia do Rio Conceição, localizada em um anticlinal erodido. O Rio Conceição, principal curso fluvial da área, corre ao longo da área com rochas pertencentes ao Grupo Nova Lima nas porções mais baixas e nas porções mais altas temos as rochas do grupo Maquiné e do Supergrupo Minas pelas características de cada litologia. Portanto, o relevo possui essa morfologia seguindo a litologia da área.



Figura 4.2: Mapa Digital de Elevação.

Zucchetti & Baltazar (2000) descrevem que os contatos com os metassedimentos do Grupo Maquiné e com as demais unidades do Grupo Nova Lima, são materializados por falha de empurrão. As principais evidências (lineações de estiramento mineral "*down dip*"; indicadores cinemáticos indicando topo para NW e formações ferríferas com bandamento com alto ângulo de mergulho) da cinemática de empurrão foram catalogadas na porção leste da área

mapeada. O contato entre o Grupo Maquiné e Grupo Nova Lima é de caráter abrupto por consequência desse falhamento.

Além disso, as atitudes das clivagens de crenulação $(S_{n+1} e S_{n+2})$ e suas respectivas lineações (Lc1 e Lc2) também foram coerentes com os dados apresentados por Baltazar e Lobato (2020) para as fases mais tardias, Dn3 e Dn4, respectivamente, embora os dados estejam relacionados à outras áreas de ocorrência do Supergrupo Rio das Velhas, como o município de Caeté. Essa fase é descrita como fase D2 e D3 (Figura 4.3) e também se correlaciona ao trabalho de Endo et. al (2019) o qual descreve que para formação de clivagem de crenulação (N-S) há uma fase (F3) de compressão E-W e para formação de clivagem de crenulação (E-W) há uma fase (F4) de compressão N-S, durante o evento Brasiliano. O mesmo é descrito por Alkmim & Marshak(1988) na Serra do Curral, outra região do Quadrilátero Ferrífero.

_ Transamazônico Transamazonas	Fase	Direção de Compressão	Principais Estruturas
	D1	NW-SE	Sn
	D2	E-W	Sn+1, Lc1 e F1.
Brasiliano	D3	NNE-SSW	Sn+2, Lc2 e F2.
	D4	E-W	Falhas e Lm.

Tabela 4.1: Tabela de eventos tectônicos.

Nesse contexto, foi idealizado um modelo (Tabela 4.1) para expressar graficamente os dados coletados em campo.


Figura 4.3: Modelo tectônico proposto onde D0 é a deposição da bacia Minas que, posteriormente, é deformada durante pelos eventos Transamazônico (D1) e Brasiliano (D2, D3, D4|).

E dessa maneira foi idealizado o perfil A-B (Figura 4.4) com os devidos contornos estruturais indicando graficamente a interpretação discutida nesse capítulo.



Figura 4.4: Perfil A-B da área de estudo.

Na região mapeada, foi possível identificar duas falhas geológicas, sendo a primeira denominada como falha do Fundão na porção oeste da área, com alto ângulo de mergulho para leste e a textura parcialmente milonitizada com possível atitude de 83/55 em um dos afloramentos. Similarmente descrito por Baltazar e Zucchetti (2007) e outros (Baltazar *et al.*, Endo *et al.*, 2019) os quais descrevem a falha de Fundão como uma falha de empurrão com a deformação ocorrendo de forma compressional no sentido E-W no evento Brasiliano. Rosiére

(1987) descreve que o Sinclinal Gandarela consiste em uma megadobra com vergência para NW no qual o flanco inverso (SE) está disposto paralelamente a falha do Fundão.

A segunda falha locada na porção leste da área, possui estruturas de deformação indicativas de uma falha de cavalgamento. Observa-se clastos estirados e brechados tanto nos metaconglomerados quanto na formação ferrífera, além da presença de cianita. Destaca-se em afloramento a provável atitude da falha com um mergulho de alto ângulo para ESE (105/65). Essa falha não possui descrição na literatura por provavelmente não possuir caráter regional.

Também é possível afirmar que não foram identificadas estruturas relacionadas ao Evento Rio das Velhas na área de estudo. Isto provavelmente é devido a obliteração dessas estruturas mais antigas pelos eventos mais recentes.

4.3 METAMORFISMO

Em relação ao metamorfismo para área de estudo, observou-se a presença de minerais como: sericita, especularita, clorita e cianita. E desse modo, estes minerais indicam metamorfismo em facies xisto verde médio a anfibolito, porém a cianita sendo um polimorfo de Al₂SiO₅ de mais al alta pressão dessa assembleia mineralógica, tende a estar relacionado a zona de cisalhamento encontrada nesse trabalho. Portanto não há paragênese mineral que indique facies anfibolito. Portanto a área identificada possui um metamorfismo xisto verde.

Segundo Herz (1978), o aumento do grau metamórfico em formações ferríferas é refletido pela mudança da hematita para especularita. Pires (1979) discorre que o metamorfismo que ocorre entre a junção das Serras do Curral e Moeda é de baixo grau metamórfico com a presença de clorita e sericita nos filitos.

Por conseguinte, as formações descritas nesse presente trabalho inseridas no Supergrupo Rio das Velhas são formadas por associações de rochas vulcanosedimentares e sedimentares que registram ambientes marinhos e vulcânicos em épocas compreendidadas entre 2,9 e 2,7 Ga (Baltazar & Zucchetti, 2007). Suas unidades ocorrem deformadas pelas orogenias Paleoproterozoicas e Neoproterozoicas, registrando metamorfismo em condições de fácies xisto verde a anfibolito (Dorr, 1969; Baltazar & Zucchetti, 2007). Deste modo, com base nas observações de campo, paragênese mineral e informações contidas na literatura, considera-se que para a área estudada, as assembleias mineralógicas e estruturas tectônicas sugerem condições de facies xisto verde para o metamorfismo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

O mapeamento de detalhe na escala 1:10.000 na região de Conceição do Rio Acima permitiu definir o arcabouço estratigráfico e estrutural de maneira a contribuir com o entendimento dessa porção do Quadrilátero Ferrífero localizada entre as megaestruturas Sinclinal Gandarela e Serra do Caraça.

Com base nas descrições de campo realizadas, foi possível identificar 7 unidades litoestratigráficas, sendo elas: Formação Santa Quitéria e Formação Córrego do Síto (Grupo Nova Lima), Formação Palmital (Grupo Maquiné), Formação Moeda e Formação Batatal (Grupo Caraça) e Formação Cauê e Formação Gandarela(Grupo Itabira).

Obedecendo a coluna estratigráfica do QFe, observam-se os filitos, xistos e quartzitos do Super Grupo Rio das Velhas separados por uma discordância para o Super Grupo Minas, no qual se encontra uma pequena lente composta por metarenitos da Fm. Moeda correlacionados e inseridos nos filitos da Fm. Batatal. Posterior, foi observado a formação Cauê, caracterizada pelas formações ferríferas bandadas, definidas por camadas intercaladas entre quartzo e óxidos de ferro (hematita predominantemente). Por fim, no topo da estratigrafia, a Formação Gandarela, marcada por dolomitos, itabiritos dolomíticos, xistos com óxidos de ferro e manganês associados.

Em relação a geologia estrutural, o *trend* estrutural da área mapeada está controlado pela orientação regional NE-SW. E dessa forma, dividiu-se para a evolução a Fase D1(Transamazônico) a partir de um encurtamento tectônico na direção NW-SE, gerando foliações (Sn). A segunda Fase denominada D2 (Brasiliano) tem caráter compressional E-W e é responsável por gerar a clivagem de crenulação (S_{n+1}), a lineação de crenulação (L_{C1}) e as fraturas (F1). A terceira fase descrita como D3 (Brasiliano) possui direção de compressão NNE-SSW e é responsável por gerar as estruturas clivagem de crenulação (S_{n+2}), lineação de crenulação de crenulação de crenulação de crenulação de crenulação de crenulação (L_{C2}) e fraturas (F2). A quarta fase de deformação D4, também no Brasiliano, também possui compressão E-W e é responsável pelas falhas identificadas em campo e pela lineação de estiramento mineral.

Como produto desse trabalho de conclusão de curso, confeccionou-se um mapa geológico (Anexo) na escala 1:10.000 e sua respectiva seção que possibilitou uma melhor

definição entre os contatos das litologias e descrição de uma falha geológica não descrita regionalmente.

Aguilar, C. et al. Palaeoproterozoic assembly of the São Francisco craton, SE Brazil: new insights from U–Pb titanite and monazite dating. Precambrian Research, v. 289, p. 95-115, 2017.

Alkmim, F. F. & Marshak S.. 1998 The transamazonian orogeny in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil: Paleozoic collision and collapse in the Southern São Francisco craton region. Prec. Res. 90, p-29-58;

Alkmim, F.F. & Martins-Neto M.A. 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. Mar. Pet. Geol. 33:127-139.

Almeida, L.G., Castro P.T.A., Endo I., Fonseca M.A. 2005. O Grupo Sabará no sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero: uma revisão estratigráfica. Rev. Bras. de Geoc. 35(2):177-186.

Azevedo, Ú. R. D., Machado, M. M. M., Castro, P. D. T. A., Renger, F. E., Trevisol, A., & Beato, D. A. C. (2012). Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta. CPRM.

Babinski, M., Chemale Jr., F., Van Schmus, W.R., 1995. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. Precambrian Research, 72, 235-245.

Baltazar, O. F.; Zucchetti, M. 2000. Rio das Velhas Greenstone Belt structural evolution, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. In: 31° International Geological Congress. Rio de Janeiro, CD-ROM.

Baltazar, O.F., Zucchetti M. 2007. Lithofácies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the setting of gold deposits. Ore Geol. Rev. 32:471–499.

Castro, E.C.C., Ferreira J. E. 1997. Aspectos estratigráficos, sedimentares e estruturais dos sedimentos cenozóicos da borda leste do Quadrilátero Ferrífero entre Santa Rita Durão e Fonseca, Minas Gerais. Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Trabalho Final de Graduação, 49p.

Castro, E.C.C., Ferreira J.E., Castro P.T.A. 1998. Formação Cata Preta: uma nova unidade estratigráfica definida em rochas cenozóicas no extremo leste do Quadrilátero Ferrífero - MG. In: XL Congresso Brasileiro de Geologia, 1998, Belo Horizonte. Anais do XL Congr. Bras. de Geol. Belo Horizonte 1:82-82.

Castro P.T.A., Endo I., Gandini A.L. 2020. Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. 3i Editora, 480p.

Chemale, F. Jr., Rosière C. A.; Endo I. 1991. Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: um modelo. Pesquisas, 18(2) : 104-127.

Cordani, U. G., Kawashita K., Muller G., Quade H.; Reimer V., Roeser H., 1980a. Interpretação tectônica e petrológica de dados geogronológicos do embasamento na borda sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. Academia Brasileira De Ciências, 52(4): 785-799.

Dorr, J. V. N. Phisiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Paper 641^a; Washington. 110 p. 1969.

Endo, I., Galbiatti H.F., Delgado C.E.R., Oliveira M.M.F., Zapparoli A.C., Moura L.G.B., Peres G.G., Oliveira A.H., Zavaglia G., Danderfer FoA., Gomes C.J.S., Carneiro M.A., Nalini Jr.H.A., Castro P.T.A., Suita M.T.F., Tazava E., Lana C.C., Martins-Neto M.A., Martins M.S., Ferreira F°F.A., Franco A.P., Almeida L.G., Rossi D.Q., Angeli G., Madeira T.J.A., Piassa L.R.A., Mariano D.F., Carlos D.U. 2019a. Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000: Uma celebração do cinquentenário da obra de Dorr (1969). Ouro Preto, Departamento de Geologia da Escola de Minas – UFOP - Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero: www.qfe2050.ufop.br

Endo, I., Delgado C.E.R. Oliveira M.M.F., Zapparoli A.C., Carlos D.U., Galbiatti H.F., Castro P.T.A., Suita M.T.F., Barbosa M.S.C., Lana C.E., Moura L.G.B. de. 2019b. Estratigrafia e Arcabouço Estrutural do Quadrilátero Ferrífero: Nota Explicativa do Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000. Ouro Preto, Departamento de Geologia da Escola de Minas – UFOP - Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero: www.qfe2050.ufop.br

Farina, F., Albert C., Lana C. 2015. The Neoarchean transition between medium and high-K granitoids: clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil). Prec. Res.. 266:375–394;

Farina, F., Albert C., Matínez Dopico C., Aguilar Gil C., Moreira H., Hippertt J.P., Cutts K., Alkmim F.F., Lana C. 2016. The Archean-Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Brasil): Current models and open questions. Journal of South American Earth Sciences 68:4-21.

Ferreira, R. C. R., Ribeiro, J. H., Tuller, M. P., Signorelli, N. Projeto Evolução Crustal e Metalogenética do Quadrilátero Ferrífero, Folha do Rio Acima. Belo Horizonte – MG: CPRM, 2020. Carta Geológica 1:25.000.

Freitas, F.M., Pinheiro M.A.P., Novo T.A., Magalhães J.R., Marinho M.S. 2019. U-Pb ages for metasedimentary rocks of the Catarina Mendes Formation, Quadrilátero Ferrífero. Anais do 4º Simpósio do Cráton do São Francisco. Aracaju.

Gair, J.E. 1962. Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima quadrangles, Minas Gerais, Brazil. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 341-A, 67 p.

Gonçalves, L. E. da S., Costa J. C. M. de O., Endo I, Roeser H. M. P. 2011. Petrogênese, microestruturas e deformação de corpos ultramáficos metamorfisados da região de Santa Rita de Ouro Preto, MG, Brasil. Geonomos 19(1): 10 - 17.

Gorceix, C.H. 1884. Bacias terciárias de água doce nos arredores de Ouro Preto (Gandarela e Fonseca), Minas Geraes, Brasil: Ouro Preto, Escola de Minas, Annaes 3:95-114.

Guimarães, C.M., Moreira M.G. 2011. Cartografia, arqueologia e História das Minas Gerais (séc. XVII e XIX). 1º Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica. Anais.

Hartmann, L. A., Endo I., Suita M. T. F., Santos J. O. S., Frantz J. C., Carneiro M. A., Naughton N. J., Barley M. E., 2006. Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U–Pb isotopes. Journal of South American Earth Sciences, 20, 273-285.

Herz, N. 1970. Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS/DNPM. Professional Paper 641-B. 57p

Lana, C.E. A Geomorfologia do Quadrilátero Ferrífero. In:. Quadrilátero Ferrífero: avanço do conhecimento nos últimos 50 anos/ organizado por Paulo de Tarso Amorim Castro, Issamu Endo, Antonio Luciano Gandini - Belo Horizonte: 3i Editora, 2020.

Machado, N., Schrank A., Noce C.M., Gauthier G. 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: implications for Greenstone Belt setting evolution of a transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. Earth Planet. Sci. Lett. 141:259-276.

Maizatto, J.R. 1993. Estratigrafia e tectônica das rochas cenozóicas da bacia do Gandarela e da região do Gongo Soco, sinclinal do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto, Trabalho Final de Graduação, 110p.

Maizatto, J.R. 2001. Análise bioestratigráfica, paleoecológica e sedimentológica das bacias terciárias do Gandarela e Fonseca - Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais, com base nos aspectos palinológicos e sedimentares. Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Tese de Doutoramento, 333p.

Malouf, R.F., Corrêa Neto, A.V. O Supergrupo Rio das Velhas na Folha Conceição do Rio Acima: Projeto Rio das Velhas. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1996. p. 17-23.

Maxwell C.H. 1972. Geology and ore deposits of the Alegria District, Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Paper., 341-J, 72p.

Maxwell C. H. 1958. The Batatal Formation. Sociedade Brasileira de Geologia, Bol. vol. 7 n°2, p. 60-61.

O"Rourke J. E. 1957. The Stratigraphy of the metamorphic rocks of the Rio de Pedras and Gandarela Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. University of Wisconsin, Wisconsin, Ph.D. Thesis, 106 p. Raposo F. O.: 1991. Estratigrafia, petrografia e petrologia. In: Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil, Brasília, DF. Folha Rio Espera. Parte II, Capítulo 2. p. 27-88. CPRM/DNPM;

Renger, F. E., Noce, C. M., Romano, A. W., Machado, N. (1994). Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas. Geonomos, 2(1), 1-11 Renger, F.E. 2005. O quadro geognóstico do Brasil de Whilhelm Ludwig von Eschwege: breves comentários à sua visão da geologia no Brasil. Geonomos. 13:91-95.

Santos, A. L. A. Arcabouço estratigráfico e estrutural da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) na terminação meridional do sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferriféro, MG. 2018. 69 f. Monografia (Graduação em Engenharia Geológica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

Silva A.M., Chemale JrF., Kuyumjian R.M., Heaman L. 1995. Mafic Dykes Swarms of Quadrilátero Ferrífero and Southern Espinhaço. Rev. Bras. de Geoc., 25(2):124-137.

Vial D.S., De Witt E., Lobato L.M., Thorman C.H. 2007. The geology of the Morro Velho gold deposit in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. Ore Geol. Rev. 32:511–542.

Zuchetti M. & Baltazar O. F. Projeto Rio das Velhas; texto explicativo do mapa geológico integrado - escala 1:100.000/organizado por Marcia Zucchetti e Orivaldo F. Baltazar. - Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1998, reimpressão 2000.

Apêndices

Ponto	x	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2
A01	653180.981	7782258.625	Filito		151/62	241/29	315/55	348/51	34/57		
A02	653394.236	7782051.854	Filito		80/45	175/80	270/35	95/46	215/30		
A03	653401.688	7782066.622	Formação Ferrífera		100/70	193/87	275/39			135/69	
A04	653415.142	7782026.321	Metarenito		120/54					110/45	
A10	652936.952	7782475.625	Filito		110/75		295/54	115/55	155/35		
A11	652971.592	7782561.002	Xisto		130/65						
A12	653024.921	7782630.274	Xisto		100/35						
A29	652277.144	7781065.910	Filito		100/05			220/10			
A30	652234.356	7781089.086	Filito		110/60			290/15	205/34		
A31	652204.755	7781041.080	Filito		94/50						
A34	651834.543	7780868.296	Xisto		147/71						
A38	651813.815	7781227.243	Filito		149/77	262/37		245/35			
A39	651702.848	7781276.803	Filito		145/62	299/51					
A41	651556.393	7781540.204	Xisto		147/66						

Ponto	X	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2
A43	651327.382	7781885.901	Xisto		102/35						
A45	651041.662	7782049.547	Filito		177/85						
B01	649420	7780130	Quartzito		224/45						
B03	650731.141	7778155.062	Quartzito	155/62							
B27	649167.835	7780213.652	Filito		119/68						
B31	648774.665	7780344.833	Filito		160/61	186/86	259/35				
B33	648669.866	7780258.123	Filito		130/58						
B47	649255.004	7778131.783	Xisto		145/25						
B48	649283.797	7778209.023	Xisto		120/30	135/40	340/68				
B50	649101.501	7778146.379	Xisto		95/35						
B59	648644.050	7778831.061	Filito		140/40	310/45	44/50	320/35	310/35		
B65	648334.578	7779272.823	Xisto		135/60		285/45				
B66	648313.894	7779361.665	Xisto		140/65	170/59	280/42	65/25	355/23		
B67	648249.032	7779470.366	Xisto		110/40						
B68	650882.929	7780119.051	Formação Ferrífera		95/10						
B73	650498.402	7780234.948	Filito		110/64	220/35					

Ponto	X	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2
B75	650467.142	7780357.758	Chert E Itabirito	130/64							
B76	650361.711	7780394.200	Filito		110/55						
B78	650186.921	7780416.848	Filito		125/65	255/59					
B81	650061.871	7780665.328	Xisto		125/60	290/34					
B82	650107.139	7780808.843	Xisto		100/44						
B86	648309.745	7779808.798	Filito		160/80						
B87	648359.934	7779844.015	Filito		150/64	265/41	105/51				
B88	648381.746	7779936.924	Xisto		118/64	220/53					
B91	648087.801	7780017.571	Xisto		128/60	265/46					
B95	648205.639	7780087.416	Xisto		119/61	230/39					
B100	648502.743	7780832.857	Xisto		114/60	255/31					
C03	643978	7779861	Itabirito.		129/79			115/70			
C13	644671	7780168	Itabirito Dolomítico		115/60			149/51			
C15	644733	7780280	Itabirito Dolomítico		47/53			140/50			
C24	645111	7779956	Formação Ferrífera		123/35			125/32			
C26	644982	7779835	Formação Ferrífera		165/77						
Ponto	X	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2

C27	644930	7779737	Formação Ferrífera		134/79						
C28	644926	7779655	Formação Ferrífera		132/77			98/59			
C33	644962	7779285	Formação Ferrífera		128/83				223/34		
C50	645675	7778630	Filito		150/81						
C53	645810	7778468	Filito		134/65			76/70			
C58	646110	7778288	Filito		78/62						
C62	646150	7778317	Filito		131/74		240/49	50/60	210/27		
C79	646270	7778355	Filito		91/71						
C80	646315	7778435	Filito		96/71						
C81	646362	7778515	Filito		81/55				178/22		
C83	646521	7778472	Filito		16/83			93/73			
C84	645932	7779919	Filito		70/39						
C86	646158	7780064	Filito		180/60			169/57			
C89	645926	7780224	Filito		150/84				237/26		
C91	645967	7780201	Metarenito	133/78	125/80						57/86
C92	645974	7780152	Metarenito	133/68							
Ponto	X	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2

C93	646024	7780154	Conglomerado Polimítico	121/54							
C101	646522	7779911	Filito		305/89						
C102	646658	7779614	Filito		155/71						
C103	646817	7779478	Filito		305/50			312/27	18/26		
C105	647208	7779270	Filito		170/71			129/27	306/28		
C106	647309	7779342	Filito		160/84						
C109	644103	7777807	Filito		185/55						
C110	644139	7777873	Filito		195/74						
C111	644206	7777920	Filito		114/63						
C112	644234	7777878	Metarenito	131/67							
C113	643765	7778235	Itabirito		20/69						
C114	643747	7778185	Itabirito		327/80						
C115	643712	7778146	Itabirito	110/90							
C117	643671	7777958	Filito		130/75						80/35
C123	644091	7778075	Quartzito								180/83
C126	644243	7777960	Filito								63/63
Ponto	X	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2
C139	645180	7780114	Itabirito	115/49	122/51	213/85	311/56			122/55	

C140	645217	7780043	Itabirito	123/71							
C141	645353	7780025	Itabirito	114/57							
C144	645396	7779841	Filito	190/60							
C146	645444	7779732	Filito	27574							
C147	645527	7779726	Metarenito	130/80	132/71					125/75	
C155	646977	7778968	Filito		135/70	80/45		100/55			
C156	647054	7778902	Filito		160/81	42/44	265/39				
C158	647954	7779257	Filito		150/74			81/45			
C159	647846	7779310	Filito		122/41		240/85				
C160	647723	7779272	Filito		134/47			116/48			
C163	647450	7778983	Filito		312/78	42/72	249/37		240/35		
C164	647506	7778820	Filito		340/70				272/32		
C165	647506	7778663	Filito		169/84		279/30				
C166	647519	7778612	Metarenito								
C167	647550	7778550	Filito		310/87		290/50		243/24		
Ponto	Х	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2
C169	647535	7778372	Filito		145/87						

C170	647456	7778346	Filito		179/84	47/63	287/45	96/44	267/43		
C172	647412	7778562	Filito		106/53				190/08		
C173	647069	7778450	Filito		122/81		212/71		202/37		
C174	646934	7778478	Filito	122/61	140/69		275/43	119/68	227/17	136/75	
C178	646425	7777980	Filito		103/76						
D03	643100	7777250	Filito		174/71						
D05	643133	7777173	Filito		139/84						
D06	643167	7777189	Filito		107/51						
D07	643376	7777088	Filito		130/48						
D11	643489	7776854	Filito		110/60	280/55	54/56				
D13	643555	7776702	Filito			285/45	50/55				
D16	643876	7776970	Filito	50/80		355/65					
D30	644166	7776005	Filito			350/57	70/40				
D31	644212	7776044	Veio De Quartzo		110/45	305/31	110/51				
D41	644755	7775802	Filito		113/41	290/30					
Ponto	Х	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2
D43	644858	7775682	Filito		145/24		15/34				
D45	645355	7775342	Filito		145/65	255/34	80/20				

D51	645307	7774952	Filito		105/19	140					
D53	645300	7774814	Filito		175/76		40/32				
D58	645455	7775352	Filito	37/56	105/49		92/39				
D59	645341	7775408	Filito		90/43						
D63	645830	7775662	Filito		115/60	170/80					
D64	645875	7775662	Filito		120/59	270/52	45/86				
D65	645860	7778337	Filito		139/41	295/53					
D66	645288	7777959	Filito				74/54				
D67	645100	7778500	Filito			340/59					
D68	644868	7777836	Filito		297/34						
D69	644761	7777917	Filito		345/45						
D71	644587	7778012	Filito		345/31						
D72	644585	7778036	Xisto		330/65						
D73	644528	7777980	Filito		275/44						
Ponto	X	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2
D74	644528	7777980	Veio de Quartzo	310/85	263/74						
D77	644270	7778004	Filito	127/44	110/42						

D86	643302	7777604	Intrusão Máfica	115/45							
D89	643230	7777461	Filito	120/26	180/23						
D90	642253	7777482	Quartzito	105/30	50/83						
D91	642558	7774472	Filito	47/61							
D93	643000	7776340	Quartzito	148/41	315/51						
D95	643324	7775508	Xisto		60/55	87/40					
D96	643440	7775356	Quartzito		83/55						
D98	643623	7775122	Filito		63/46						
D103	644934	7775294	Filito	130/54							
D104	644153	7776728	Filito		115/65						
D109	645074	7776820	Filito		103/62						
D110	645343	7776952	Filito		175/65						
D111	645525	7776833	Filito		145/32						
D113	645818	7776720	Filito		170/39						
Ponto	Х	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2
D124	643606	7777812	Quartzito Maciço	35/45	05/53						
D125	643606	7777812	Filito		148/77	18/70					
D126	643580	7778048	Metacherts E Itabiritos	134/45	165/36						

E001	649356	7776442	Xisto		15/57						
E004	649084	7776611	Filito		10/47						
E006	648848	7776359	Filito		344/40						
E018	647749	7776080	Filito		140/47						
E020	647587	7775917	Filito		125/52	277/50		10/10			
E028	647726	7774034	Xisto	113/26	40/30	235/64		85/40			
E032	647400	7774226	Xisto	120/43	18/40		120/43	25/23			
E034	647375	7774394	Filito	125/55	110/50				275/50		
E036	647229	7774512	Xisto	86/35	100/40						
E038	647248	7774695	Xisto		97/34						
E039	647327	7774819	Filito		55/25	290/58		0/25			
E044	647564	7775250	Xisto	140/60	52/40	285/55					
E047	647399	7775547	Filito	110/35							
Ponto	Х	Y	Descrição	S0	Sn	SN+1	SN+2	LC1	LC2	Lm	F1/F2
E052	646970	7775986	Xisto		120/46	265/59			185/19		
E054	646409	7777765	Filito		110/64	274/34			251/34		
E056	646411	7777623	Filito	160/30							

E077	646158	7778039	Filito		40/45	275/36		10/24		
E103	648138	7775039	Xisto	135/25	135/38				105/18	
E118	647664	7776528	Filito		130/75	285/35				
E121	647217	7776998	Formação Ferrífera		160/34		65/80			
E123	647138	7776726	Filito		130/55					





Tracallo de Coro usão de Curso Napo Gerógozo em escala 1:10.000 da Polha Acunul, Curc Preto/MG, Carmo HA, estingais e Archatouxo: Escutura na Região da Curceixia, ad Acina, Quadriátero Pertifero, Minas Geraia, Departamento de Geologia, EMUFOP.