



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO E ESTRUTURAL DA FORMAÇÃO MOEDA
(GRUPO CARAÇA, SUPERGRUPO MINAS) NA TERMINAÇÃO MERIDIONAL
DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG.

André Luiz Araújo dos Santos

Ouro Preto, Julho de 2018

**ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO E ESTRUTURAL DA
FORMAÇÃO MOEDA (GRUPO CARAÇA, SUPERGRUPO
MINAS) NA TERMINAÇÃO MERIDIONAL DO SINCLINAL
GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG.**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

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

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. José Geraldo Arantes de Azevedo Brito

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Dr. Luís Antônio Rosa Seixas

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Nº 294

ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO E ESTRUTURAL DA FORMAÇÃO MOEDA (GRUPO CARAÇA, SUPERGRUPO MINAS) NA TERMINAÇÃO MERIDIONAL DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG.

André Luiz Araújo dos Santos

Orientador

Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins

Coorientador

Rafael da Silva Madureira.

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 400, ano 2018/1.

OURO PRETO

2018

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: André Luiz Araújo dos Santos

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

S237a Santos, André Luiz Araújo.
Arcabouço estratigráfico e estrutural da Formação Moeda (Grupo Caraça,
Supergrupo Minas) na terminação meridional do Sinclinal Gandarela,
Quadrilátero Ferrífero, MG [manuscrito] / André Luiz Araújo Santos. - 2018.

69f.: il.: color; tabs; mapas; Fotos.

Orientador: Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins.

Coorientador: Eng. Geol. Rafael da Silva Madureira.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas. Departamento de Geologia.

1. Geologia estratigráfica. 2. Geologia estrutural. 3. Quadrilátero Ferrífero
(MG). I. Martins, Maximiliano de Souza. II. Madureira, Rafael da Silva. III.
Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 551.7

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Arcabouço estratigráfico e estrutural da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) na terminação meridional do sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, MG.

AUTOR: ANDRÉ LUIZ ARAÚJO DOS SANTOS

ORIENTADOR: Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins

CO-ORIENTADOR: Eng. Geólogo Rafael da Silva Madureira

Aprovado em: 20 de julho de 2018.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins  DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca  DEGEO/UFOP

Eng. Geóloga MSc. Ana Ramalho Alkmim  DEGEO/UFOP

Geólogo MSc. Filipe Silva Nunes  DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 20/07/2018

Agradecimentos

Agradeço ao orientador Maximiliano de Souza Martins e ao coorientador Rafael da Silva Madureira pelo suporte e pela dedicação empenhada neste trabalho. Agradeço também a todos os colaboradores e amigos que auxiliaram nas atividades em campo: os professores Marco Antônio Fonseca e Gláucia Queiroga, a turma do Estágio de Mapeamento Geológico 2017/1, turma SEG-UFRGS de Porto Alegre, Reinaldo Timóteo, Benedito Rosa e família.

Enfim, agradeço as instituições SICEG e SEE pelo apoio científico e por serem centros de debate geológico e de representação dos estudantes de geologia de Ouro Preto.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii i
ÍNDICE DE TABELAS	x vii
RESUMO	x ix
ABSTRACT	x xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 NATUREZA E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	1
1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	2
1.4 OBJETIVOS	4
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	4
1.5.1 Revisão Bibliográfica	4
1.5.2 Trabalhos de campo	5
1.5.3 Tratamento dos dados	8
1.5.4 Elaboração da monografia	8
1.6 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	8
2 GEOLOGIA REGIONAL	11
2.1 O QUADRILÁTERO FERRÍFERO (QF): EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS	11
2.2 ESTRATIGRAFIA REGIONAL	12
2.2.1 Unidades do embasamento	13
2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas	14
2.2.3 Supergrupo Minas	14
2.2.4 Grupo Itacolomi	16
2.2.5 Rochas máficas intrusivas	16
2.3 ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO	17
2.4 GEOLOGIA ECONÔMICA REGIONAL	18
3 REVISÃO SOBRE A FORMAÇÃO MOEDA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG	21
3.1 PRINCIPAIS TRABALHOS	21
3.2 PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS DA FORMAÇÃO MOEDA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO	23
3.3 GEOLOGIA ECONÔMICA DA FORMAÇÃO MOEDA (GRUPO CARAÇA, SUPERGRUPO MINAS)	28

4 GEOLOGIA LOCAL E A FORMAÇÃO MOEDA NA ÁREA DE ESTUDO	31
4.1 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
4.2 ESTRATIGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO	39
4.2.1 Unidade metapelítica indivisa.....	39
4.2.2 Fácies da Formação Moeda	40
4.3 PERFIS ESTRATIGRÁFICOS	50
4.3.1 Perfil Fazenda Capivary.....	51
4.3.2 Perfil Morro da Antena	52
4.4 COLUNAS ESTRATIGRÁFICAS	53
5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	57
5.1 ASSOCIAÇÕES DE LITOFÁCIES	57
5.2 RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO	60
5.3 HISTÓRIA EVOLUTIVA DA ÁREA DE ESTUDO	61
6 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	69

INDÍCE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de acesso da área de estudo.....	3
Figura 2: Levantamento estratigráfico por vara de Jacó (modificado de Miall, 2016).....	7
Figura 3: Mapa de relevo do Quadrilátero Ferrífero (QF) e localização da área de estudo (modificado de Miranda 2005).....	9
Figura 4: Mapa dos limites da proposta de criação do Parque Nacional da Serra do Gandarela e das localizações das Minas de Capanema e Mina do Ouro Fino (modificado de Brito <i>et al.</i> , 2010).....	10
Figura 5: Arcabouço geotectônico do Quadrilátero Ferrífero, MG (modificado de Texeira <i>et al.</i> , 1996).....	12
Figura 6: Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero com destaque para a Formação Moeda (modificado de Alkmim & Marshak, 1998 e Farina <i>et al.</i> , 2015).....	13
Figura 7: Quadro esquemático das quatro fases deformacionais do Quadrilátero Ferrífero, segundo Alkmim & Marshak (1998); (retirado de Uhlein & Noce, 2012).....	18
Figura 8: Colunas estratigráficas esquemática da Formação Moeda nos sítios: Serra da Moeda, sinclinais Gandarela e Ouro Fino e no maciço do Caraça, Quadrilátero Ferrífero, MG (retirado de Nunes 2016).....	22
Figura 9: Esboço geológico das isópacas da Formação Moeda no sinclinal Moeda (modificado de Villaça, 1981).....	24
Figura 10: Esboço geológico da Formação Moeda no sinclinal Ouro Fino (modificado de Villaça 1981).....	25
Figura 11: Esboço geológico das isópacas da Formação Moeda no segmento sul do sinclinal Gandarela (modificado de Villaça, 1981).....	27
Figura 12: Processos hidrotermais de assoalho submarino na geração dos depósitos de ouro do Supergrupo Rio das Velhas (retirado Uhlein & Noce, 2012).....	28
Figura 13: Processo formador dos depósitos de Au-U da Formação Moeda (retirado de Uhlein & Noce, 2012).....	29
Figura 14: Mapa geológico da porção sul do Sinclinal Gandarela e do Sinclinal Ouro Fino (Estágio de Mapeamento Geológico DEGEO/EM – Setembro/2017). Em destaque pela elipse em preto no centro da imagem, a área de estudo	33
Figura 15: Mapa de pontos da área de estudo	35
Figura 16: Estereogramas de frequência de medidas estruturais. a) Diagrama do acamamento sedimentar (S_0); b) Diagrama da xistosidade (S_n).....	36

Figura 17: Mapa geológico da área de estudo, denominada “bota”	37
Figura 18: a) Unidade metapelítica com tonalidades alaranjada e ocre de alteração e presença de lineações de crenulação (porção ocidental da área de estudo). b) Unidade metapelítica de coloração cinza escuro (porção oriental da área de estudo).	39
Figura 19: a) Camada de metaconglomerado clasto suportado com os limites indicado pelas linhas vermelhas (azimute da foto: 210°). b) Em destaque, lente de metarenito dentro do pacote de metaconglomerado <i>Ccts</i> indicada pelas linhas alaranjadas. c) Bloco rolado de metaconglomerado clasto suportado. d) Em detalhe o formato e o tamanho dos clastos do metaconglomerado da fácies <i>Ccts</i> (foto em planta).....	42
Figura 20: a) Metaconglomerado matriz suportado da fácies <i>Cm</i> perceba a dimensão dos clastos. (foto com visada para NE). b) Metaconglomerado matriz suportado de seixos menores, coloração arroxeadas.(azimute da foto: 85°)	43
Figura 21: a) Metaconglomerado <i>Cmts</i> coloração arroxeadas e tonalidade ocre. b) Fácies <i>Cmts</i> ; (foto com visada para NE). c) Metaconglomerado matriz suportado <i>Cmts</i> em detalhe a geometria dos clastos de quartzo leitoso. d) Lentes de metarenito com os limites traçados pelas linhas alaranjadas, no interior de pacote da fácies <i>Cmts</i> ; (azimute da foto: 157°).	44
Figura 22: a) Foto de afloramento em planta do metarenito <i>gAcd</i> (azimute da foto: 150°). b) Em detalhe um clasto de quartzito com textura de recristalização, componente da litofácies <i>gAcd</i>	45
Figura 23: a) Metarenito da fácies <i>gAcn</i> . b) Afloramento do ponto L10, com foliação bem marcada (azimute da foto: 180°)	45
Figura 24: a) Zona de espessura métrica de quartzo leitoso indicado pelas linhas em vermelho (azimute da foto: 40°). b) Em evidência pelas linhas em azul, plano mineralizado de cristais de cianita (aumento da foto anterior). c) Em detalhe, cristais aciculares centimétrico de cianita azul com textura decusada (foto retirada no ponto L44).....	46
Figura 25: a) Afloramento da fácies <i>gAm</i> (foto com visada para SW). b) Metarenito quartzítico “puro” de coloração branca, litofácies <i>gAm</i> . c) Afloramento com estrutura de erosão alveolar, fácies <i>gAm</i> . d) Em destaque pelas linhas alaranjadas, foliação (Sn) em afloramento da litofácies <i>gAm</i> (azimute da foto: 190°).	47
Figura 26: a) Metarenito das fácies (<i>mgAa</i>); (foto com visada para NW). b) Lentes de metaconglomerados com os limites traçados pelas linhas alaranjadas (azimute da foto: 290°). c) Estrutura sedimentar de estrato cruzado acanalado evidenciado pelas linhas vermelhas (azimute da foto: 325°). d) Lente pelítica em destaque pelas linhas alaranjadas (foto em planta no ponto L27).	48
Figura 27: a) Afloramento da fácies <i>mgAm</i> com lente de metaconglomerado matriz suportado com os limites traçados pelas linhas alaranjadas (azimute da foto:182°). b) Em destaque pelas retas em vermelho uma lente de metaconglomerado matriz suportado dentro de um pacote de metarenito da litofácies <i>mgAm</i> (foto com visada para NE)	49

Figura 28: a) Afloramento de metarenito quartzítico da fácies (<i>mgAp</i>) com estrutura de estrato cruzado tabular evidenciado pelas linhas em vermelho (foto com visada para SE). b) Em detalhe pela linha alaranjada a base de uma lente de metaconglomerado matriz suportado e acima a presença de estratificação cruzada tabular mostrada pelas retas vermelhas (azimute da foto:145°)	49
Figura 29: Caminhamento do perfil Fazenda Capivary, segmentado por data de levantamento: linha alaranjada (02/02/18);, linha azul (09/02/18); e linha verde (03/02/18), seguido por seu respectivo perfil topográfico.....	51
Figura 30: Caminhamento do perfil Morro da Antena, por dia realizado: linha amarela (07/02/18); e linha vermelha (08/02/18), seguido pelo respectivo perfil topográfico	52
Figura 31: Coluna estratigráfica Fazenda Capivary, em escala proporcional a página	54
Figura 32: Coluna estratigráfica Morro da Antena, em escala proporcional a página	55
Figura 33: Integração dos perfis Fazenda Capivary e Morro da Antena em relação as associações de litofácies interpretadas.....	59
Figura 34: a) Modelo deposicional de um leque aluvial dominado por rio entrelaçado (modificado de Assine, 2008). b) Representação esquemática da disposição das associações de litofácies da Formação Moeda, no modelo proposto neste TCC.....	60
Figura 35: a) Bloco diagrama esquemático da deposição da Alf 1. b) Bloco diagrama esquemático da deposição da Alf 2. c) Bloco diagrama esquemático da deposição da Alf 3. d) Bloco diagrama esquemático da abertura de uma crosta continental durante o desenvolvimento de uma bacia, na área de estudo. e) Bloco diagrama esquemático do desenvolvimento de uma bacia do tipo margem passiva, na área de estudo. f) Bloco diagrama representativo do atual arcabouço estratigráfico e estrutural, segundo as interpretações deste trabalho para a terminação meridional do sinclinal Gandarela.	62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Padronização do tamanho de grãos para rochas sedimentares (modificado de Udden - Wentworth).....	6
Tabela 2: Códigos de litofácies usado para rochas metassedimentares (adaptado e modificado de Tucker 2014).....	6
Tabela 3: Litofácies da Formação Moeda na área de estudo (adaptado de Tucker, 2014 e modificado de Miall, 1992)	41
Tabela 4: Parâmetros dos perfis estratigráficos levantados.....	50
Tabela 5: Descrição e interpretação das associações de litofácies da Formação Moeda no segmento sul do sinclinal Gandarela.....	57

RESUMO

O presente trabalho versa sobre a descrição do arcabouço estratigráfico e estrutural da Formação Moeda no segmento meridional do sinclinal Gandarela, porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. Com base em trabalhos de campo, foram identificadas nove litofácies que compõem a Formação Moeda, sendo agrupadas e interpretadas como três associações de litofácies (Alf1, Alf2 e Alf3). Caracterizada pelo levantamento de duas colunas estratigráficas, intituladas Coluna Fazenda Capivary e Coluna Morro da Antena, a Formação Moeda, ocorre em ampla distribuição superficial, com espessura na ordem de centenas de metros. Do ponto de vista estrutural, o segmento sul do sinclinal Gandarela representa um homoclinal, onde, grande parte das rochas possuem direção NS e mergulham para leste. A área de estudo apresenta um conjunto de falhas intraestratais, com presença de foliação cisalhante S/C nos planos de movimento. A região está inserida num cinturão de cavalgamentos conhecido como Sistema de Cisalhamento Fundão-Cambotas. Apresenta também evidências da atuação de regime deformacional dúctil-rúptil e metamorfismo de fácies xisto verde. Os litotipos metaconglomeráticos e metareníticos correlatos da Formação Moeda se relacionam com depósitos proximais a médios (Alf1), e depósitos distais (Alf3) de um leque aluvial do tipo dominado por um sistema fluvial entrelaçado. Há também, depósitos de uma transição localizada para planície costeira (Alf2). Os dados estratigráficos obtidos corroboram com trabalhos anteriores que apresentam uma série de aspectos sedimentares da Formação Moeda no Quadrilátero Ferrífero, principalmente no sinclinal Gandarela.

Palavras chave: Estratigrafia, geologia estrutural, Formação Moeda, sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero.

ABSTRACT

This present work approaches the description of the stratigraphic and structural framework of the south portion of the Gandarela's syncline, located in the northeast part of the Quadrilátero Ferrífero, MG. According the fieldwork made, nine facies were identified composing the Moeda Formation and were grouped into three lithofacies association (Alf1, Alf2 and Alf3). Also, has been established two stratigraphic columns entitles Fazenda Capivary and Morro da Antena that represents the Moeda Formations' s outcrops in the studied area, which has great superficial distribution and hundreds of meters in thickness. From the structural point of view, the studied area is a homoclinal, where the majority of the rocks has NS direction and dipping east. The studied area shows a group of internal faults with S/C type foliation, in the movement planes. The region is inserted in the overthrust belt known as Fundão-Cambotas shear zone. The area also shows the influence of ductile-brittle deformational regimes and greenschist facies metamorphism. Those gravels and sandy rocks related to Moeda Formation' s lithotypes are the depositional product of proximal to medium (Alf1), and distal (Alf3) alluvial fans complex dominated by braided river, also there are evidences of located coastal deposits (Alf2). The stratigraphic data collected by this study agrees with previous searches that shows several sedimentary aspects of the Moeda Formation in Quadrilátero Ferrífero, especially in the Gandarela' s syncline area.

Key words: Stratigraphy, structural geology, Moeda Formation, Gandarela' s syncline, Quadrilátero Ferrífero.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O presente estudo corresponde ao Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), disciplina “TCC 402” realizado durante o segundo semestre letivo de 2017 e o primeiro semestre de 2018, como parte da integralização do curso de Engenharia Geológica oferecido pela Universidade Federal de Ouro Preto/Escola de Minas (UFOP/EM). Este trabalho faz parte de um projeto financiado pela FAPEMIG (APQ-03793-16), coordenado pelo Prof. Dr. Cristiano de Carvalho Lana. O projeto é intitulado “Proveniência e ambiência tectônica da Formação Moeda, Quadrilátero Ferrífero (MG), determinadas com base em análises estratigráficas, geocronológicas (U-Pb) e isotópicas (Lu-Hf)”. Este trabalho de conclusão de curso, sob a orientação do Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins e coorientação do Eng. Geólogo Rafael da Silva Madureira contou com duas etapas de campo, a primeira realizada durante os dias 11 a 20 de setembro de 2017, e a segunda, no período de 31 de janeiro a 9 de fevereiro de 2018, ambas ocorridas na porção sul do sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, MG.

1.2 NATUREZA E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O Quadrilátero Ferrífero (QF), Minas Gerais, se localiza no segmento sul da unidade geotectônica conhecida como Cráton São Francisco (Almeida, 1977), e é mundialmente conhecido devido a suas riquezas minerais, principalmente de filiação metálica. As principais unidades estratigráficas que afloram na região do QF são o embasamento cristalino, os litotipos do Supergrupo Rio das Velhas, o Supergrupo Minas e o Grupo Itacolomy (Alkmim & Marshak, 1998).

A bacia sedimentar que deu origem ao Supergrupo Minas se desenvolveu após a consolidação e estabilização da porção sul do Cráton São Francisco, após três sucessivos eventos tectônicos magmáticos principais, que formaram o embasamento cristalino e os litotipos do Supergrupo Rio das Velhas (Lana *et al.*, 2013). A Formação Moeda (Grupo Caraça) consiste na unidade basal do Supergrupo Minas e corresponde a uma sedimentação siliciclástica em ambiente rifte, o que lhe confere registros sedimentológicos de grande importância na reconstrução paleotectônica do Quadrilátero Ferrífero (Renger *et al.*, 1993). Além deste caráter, a Formação Moeda possui relevante importância econômica, uma vez que é detentora de depósitos de ouro e urânio, atualmente relacionados a três modelos de depósitos minerais. Esses modelos de classificação segundo o processo

genético do depósito mineral são do tipo *paleoplacer*, hidrotermal e *paleoplacer* modificado (Koglin *et al.*, 2009). A Formação Moeda tem sido historicamente estudada sob uma abordagem investigativa de depósitos econômicos. Neste contexto se destacam os trabalhos de Wallace (1965) e Villaça (1981). De forma pioneira, Wallace (1965) propõe uma divisão dos litotipos Moeda em três membros informais (Moeda 1, Moeda 2 e Moeda 3). Já Villaça (1981), correlaciona três ciclos sedimentares com as três unidades da Formação Moeda, cujas espessuras são variáveis ao longo do Quadrilátero Ferrífero. Assim como foram verificadas nos sinclinais: Moeda, Ouro Fino e Gandarela por meio da análise de furos de sondagem (Villaça 1981).

Técnicas de modelamento faciológico desenvolvido por Walker (1992), Miall (1992), dentre outros, representam um importante avanço no estudo de bacias sedimentares, principalmente nas pré-cambrianas afossilíferas. Pois estabelece uma relação entre produto sedimentar e processo geológico com base no conceito de fácies sedimentar. Deste modo, além da descrição sedimentar no geral, a distribuição horizontal/vertical e a presença de estruturas nas rochas, são ferramentas chave para a caracterização de um paleoambiente sedimentar. Uma série de trabalhos atuais, dentre eles, Nunes (2016) na serra do Caraça, Martins (2017) e Madeira (2018, *in prep.*) na serra da Moeda, e Madureira (2019, *in prep.*) no sinclinal Gandarela, caracterizam a Formação Moeda, dentro do seu modelo faciológico. Esse tipo de abordagem está aliado ao controle dado por estruturas tectônicas que geraram o espaço necessário, dentro da bacia, para se depositar os sedimentos. No âmbito de investigar os fatores sedimentológicos responsáveis pela distribuição dos litotipos da Formação Moeda no Quadrilátero Ferrífero, o presente Trabalho de Conclusão de Curso apresenta um estudo litoestratigráfico sobre as rochas em questão, na terminação meridional do sinclinal Gandarela. Uma vez que inexitem mapeamentos sistemáticos e colunas estratigráficas desta natureza, em escala de detalhe, na região.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área de estudo, denominada de “bota”, se localiza na parcela meridional do sinclinal Gandarela, região nordeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. A região em foco é delimitada pelas coordenadas geográficas: i) 43° 39’ 41.756” O, 20° 7’ 24.286” S; ii) 43° 38’ 7.727” O, 20° 7’ 23.584” S; iii) 43° 38’ 6.606” O, 20° 9’ 32.573” S e iv) 43° 39’ 40.660” O, 20° 9’ 33.013” S; possuindo 10,82 km² de área que se estende entre os municípios de Rio Acima, Itabirito e Santa Bárbara, próximo ao distrito de Acuruí, na região central do estado de Minas Gerais. O acesso à área, saindo de Ouro Preto é realizado pela rodovia BR 356 sentido Belo Horizonte por 23 km até o trevo de Acuruí, após o distrito de Cachoeira do Campo. Toma-se a direita no trevo de Acuruí e siga por 18 km em estrada municipal, conhecida localmente como rodovia da Mina de Capanema, em direção à Fazenda Palmital (Figura 1).

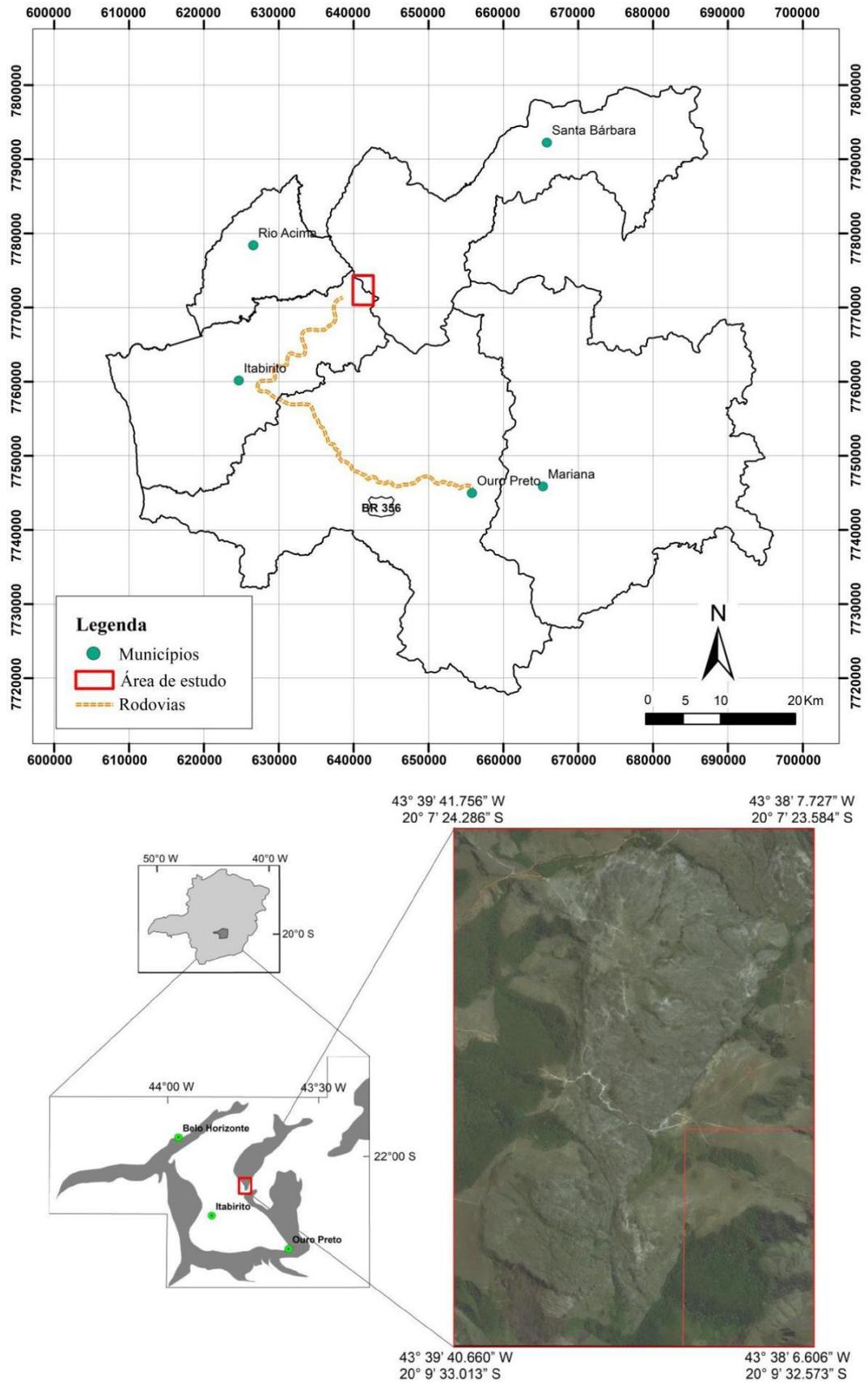


Figura 1: Mapa de acesso da área de estudo.

1.4 OBJETIVOS

Este projeto tem por objetivos: i) caracterizar o arcabouço estratigráfico e estrutural da Formação Moeda na terminação meridional do sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, MG; e ii) propor uma história evolutiva para a área de estudo, com base na interpretação dos aspectos estruturais e sedimentológicos, na reconstrução paleoambiental dos sistemas deposicionais formadores dos litotipos aflorantes da Formação Moeda.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades desenvolvidas neste trabalho consistem no levantamento de duas colunas estratigráficas representativas da Formação Moeda, além do mapeamento geológico, em escala de detalhe, da terminação meridional do sinclinal Gandarela, também conhecida como “bota”. Este estudo foi desenvolvido por meio de 4 etapas afim de atingir os objetivos supracitados, as etapas consistem em: i) revisão bibliográfica, ii) trabalhos de campo, iii) tratamento dos dados e iv) elaboração da monografia.

1.5.1 Revisão Bibliográfica

Nesta etapa se desenvolveu a leitura de artigos, trabalhos, teses, dissertações e relatórios de mapeamento geológico que abrangem o Quadrilátero Ferrífero como um todo, e principalmente, os trabalhos focados na própria área de estudo e adjacências. Para o estudo introdutório da geologia regional do Quadrilátero Ferrífero, foram consultados os trabalhos de Dorr (1969), Teixeira *et al.*, (1996), Alkmim & Marshak (1998), Lana *et al.*, (2013) e Romano *et al.*, (2013). A respeito da estratigrafia regional do QF, foram utilizados os trabalhos de Dorr (1969), Machado & Noce (1993), Noce (1995), Renger *et al.*, (1994), Silva *et al.*, (1995), Alkmim & Marshak (1998), Zucchetti *et al.* (1998), Alkmim & Noce (2006), Quaresma (2009), Uhlein & Noce (2012) e Farina *et al.*, (2015). Em relação ao arcabouço estrutural do Quadrilátero Ferrífero este estudo se baseou nos seguintes autores: Pedrosa-Soares *et al.*, (1992), Renger *et al.*, (1993), Machado *et al.*, (1996), Alkmim & Marshak (1998) e Uhlein & Noce (2012). No estudo da geologia econômica regional do QF, foram usados como referência os trabalhos de Dardenne & Schobbenhaus (2003), Viana *et al.*, (2016), Almeida *et al.*, (2007), Spier *et al.*, (2007), Roeser (2013) e Uhlein & Noce (2012). A revisão sobre a Formação Moeda no Quadrilátero Ferrífero foi realizada com base nos estudos de Dorr (1969), Villaça (1981), Fonseca (1990), Minter (1990), Endo *et al.*, (1991), Endo & Fonseca (1992), Renger *et al.*, (1993), Nunes (2016), Madureira (2017) e Martins (2017). Para o estudo da geologia econômica da Formação Moeda, foram utilizados os trabalhos de Villaça (1981), Minter *et al.*, (1990) e Uhlein & Noce (2012).

1.5.2 Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados em duas campanhas: 1º) mapeamento geológico regional da área do sinclinal Ouro Fino e porção sul do sinclinal Gandarela, realizado em conjunto com a disciplina: “Estágio de Mapeamento Geológico (GEO 391)” 2017/1; e 2º) mapeamento geológico local e levantamento estratigráfico de detalhe, da Formação Moeda, na terminação meridional do sinclinal Gandarela. Ambas as etapas de campo contaram com a participação tanto do coorientador como do orientador deste estudo, respectivamente, Eng. Geólogo Rafael da Silva Madureira e Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins. Durante as campanhas, foram utilizados os materiais convencionais de trabalho de campo: GPS (*Garmin E-Trex 10*), bússola de geólogo (*Bruton*), martelo de geólogo, lupa de mão (aumento de 10x), caderneta de campo, escalímetro e uma vara de Jacó graduada a cada 10cm.

Durante esta etapa, foram usados como base cartográfica, imagens de satélite *Landsat/Copernius* disponível pelo *software Google Earth 7.1.8.3036*, mapa topográfico gerado pelo *software ArcGis 10.3 01* e mapa geológico: “Mapa geológico da porção meridional do sinclinal Gandarela e do sinclinal Ouro Fino” (DEGEO/EM, 2017), na escala de 1:10.000. A descrição das rochas metasedimentares identificadas em campo se baseou nos autores: Stow (2012) e Tucker (2014). A separação litoestratigráfica dos litotipos encontrados, seguiu a metodologia de Petri *et al.*, (1986), Miall (1992) e Walker & James (1992). A fim de manter a sistematização dos termos adotados em campo foi utilizado a escala granulométrica segundo J.A. Udden e C.K. Wentworth, mostrado na tabela 1.

Com o intuito de organizar os dados obtidos, foram estabelecidos códigos para as litofácies mapeadas aderindo a sugestão de Tucker (2014), que aponta o desenvolvimento de um código de fácies apropriado para cada tipo de trabalho. Assim a tabela 2 apresenta a lista de códigos utilizados neste estudo para cada característica descritiva que compõe as litofácies mapeadas e seus respectivos significados.

Tabela 1: Padronização do tamanho de grãos para rochas sedimentares (modificado de Udden - Wentworth).

Tamanho	Classificação	
> 256 mm	Matacão	CONGLOMERADOS
64 mm - 256 mm	Blocos	
4 mm - 64 mm	Seixos	
2 mm - 4 mm	Grânulos	
1 mm - 2 mm	Muito grosso	ARENITOS
500 µm - 1 mm	Grosso	
250 µm - 500 µm	Médio	
125 µm - 250 - µm	Fino	
63 µm - 125 µm	Muito Fino	
32 µm -63 µm	Muito Grosso	LAMITOS
16 µm - 32 µm	Grosso	
16 µm	SILTE	
8 µm - 16 µm	Médio	
4 µm - 8 µm	Fino	
< 4 µm	ARGILA	

Tabela 2: Códigos de litofácies usado para rochas metassedimentares (adaptado e modificado de Tucker 2014).

Litologias	Qualificativos				
	Prefixos		Sufixos		
C Cascalho	mg	muito grosso	a	estrato cruzado acanalado	
A Areia	g	grosso	cd	clastos dispersos	
L Lama	m	médio	cn	cristais de cianita	
	f	fino	cts	clasto suportado	
	mf	muito fino	m	maciço	
			mts	matriz suportado	
			p	estrato cruzado tabular	

O levantamento das colunas estratigráficas foi realizado por meio da metodologia de empilhamento vertical com o uso de uma vara de Jacó graduada (Miall 2016). O procedimento consiste em empilhar os litotipos mapeados com uso de bússola e vara de Jacó, segundo a direção de máximo mergulho das camadas rochosas, ou seja, de forma ortogonal a direção dessas camadas. Para isso, a logística desenvolvida no levantamento estratigráfico, durante a segunda campanha de campo, consiste na atuação dos dois integrantes da equipe de campo, sendo um no papel de medidor, com a responsabilidade de fazer as visadas com a bússola e a vara de Jacó, tomando assim, as medidas de comprimento vertical dos pacotes rochosos. O outro integrante possui a função de registrar os dados informados pelo medidor e também de monitorar a direção e mergulho do acamamento sedimentar preservado nos afloramentos, apontando para o medidor, a direção da próxima visada. Uma visada começa quando o medidor posiciona a vara de Jacó inclinada com o mesmo ângulo e paralelamente a direção de mergulho do acamamento sedimentar medido, com o auxílio da bússola. A visada é feita quando o medidor mirando sob a linha de fé da bússola, marca o ponto projetado no solo ou no talude que corresponde ao comprimento vertical da camada rochosa a ser adicionado no empilhamento, esse comprimento é igual a distância entre a bússola e o chão, registrada pela graduação feita na vara de Jacó (Figura 2).

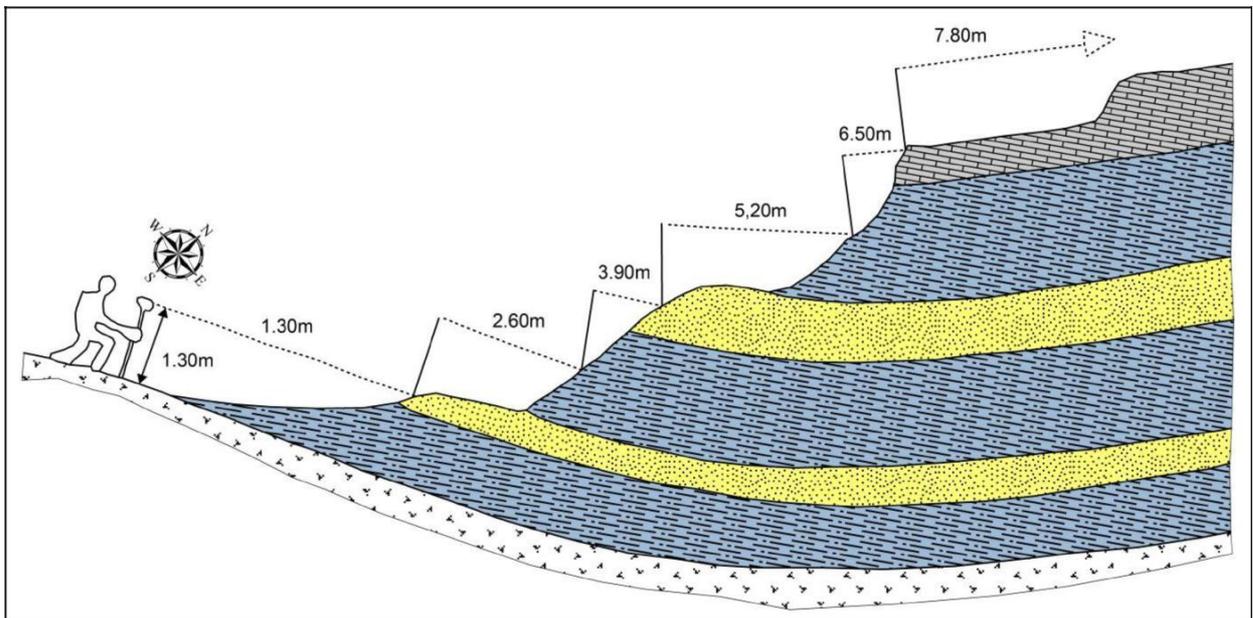


Figura 2: Levantamento estratigráfico por vara de Jacó (modificado de Miall, 2016).

1.5.3 Tratamento dos dados

Após a etapa de campo foram gerados mapa geológico local e duas colunas estratigráficas referentes aos perfis levantados. Nesta etapa também foi desenvolvida a interpretação e correlação litoestratigráfica das nove fácies identificadas, em três associações, segundo Miall (1992) e Assine (2008). As medidas estruturais tomadas foram lançadas em um estereograma de frequência através do *software* OpenStereo 0.1.2. e analisada a distribuição do acamamento sedimentar (S_0) e da xistosidade (S_n) na área de estudo.

1.5.4 Elaboração da monografia

O respectivo Trabalho de Conclusão de Curso foi elaborado de acordo com a seguinte configuração:

- Capítulo 1: Introdução da área de estudo, natureza do problema, relevância do trabalho, objetivos e a metodologia empregada na pesquisa.
- Capítulo 2: Contextualização sobre a geologia regional da área e abordagem dos temas estratigráficos, estruturais, tectônicos e econômicos.
- Capítulo 3: Revisão sobre os principais trabalhos sobre a Formação Moeda no Quadrilátero Ferrífero e na área de estudo.
- Capítulo 4: Apresentação e descrição dos resultados obtidos pela campanha de campo.
- Capítulo 5: Discussão dos resultados, fruto do tratamento dos dados adquiridos e interpretação da história evolutiva da área.
- Capítulo 6: Conclusão do trabalho desenvolvido e recomendação de futuras pesquisas.

1.6 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

O Quadrilátero Ferrífero ocupa uma área de aproximadamente 7.000km^2 na porção centro-sul do estado de Minas Gerais e é uma região marcada pelo conjunto de serras (Figura 3). A grande variação de cota na região é o produto da erosão diferencial no substrato rochoso, que molda a superfície em vales e escarpas no intervalo de 1100m a 1600m de altitude (Azevedo *et al.*, 2012). A região do QF faz parte da cabeceira de duas importantes bacias hidrográficas brasileiras, a bacia do rio São Francisco e a bacia do rio Doce (Azevedo *et al.*, 2012). A influência dos parâmetros fisiográficos favorece o surgimento de microclimas, com temperaturas e umidades diferentes das médias registradas na região. A temperatura média anual no Quadrilátero Ferrífero se mantém em torno de 20°C , e a precipitação média anual varia de 1300 mm a 2100 mm, inserido num clima quente-úmido com duas estações bem definidas: o inverno seco e o verão chuvoso (Silva 2007 *in* Azevedo *et al.*, 2012).

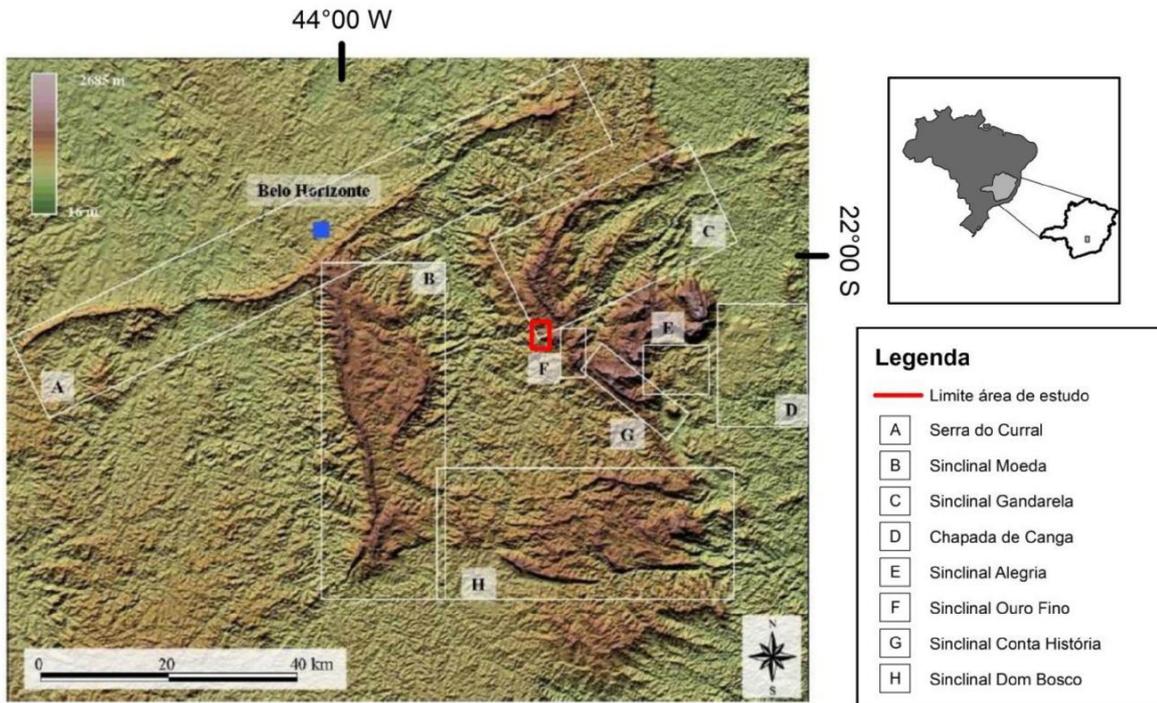


Figura 3: Mapa de relevo do Quadrilátero Ferrífero (QF) e localização da área de estudo (modificado de Miranda 2005).

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica regional do rio das Velhas, onde predomina um padrão de drenagem sub dendrítico nas porções mais planas e, um padrão de drenagens encaixadas nas adjacências das serras locais (Brito *et al.*, 2010). A vegetação compreende campos rupestres, campos de altitude, cerrado e floresta estacional semidecídua (remanescente de Mata Atlântica). Devido a importância ambiental da região, a área de estudo está inserida na proposta do Instituto Chico Mendes (ICMBio) de criação de uma Unidade de Conservação Federal (UC), intitulada Parque Nacional da Serra do Gandarela (Figura 4). Atualmente na região, há pequenas propriedades rurais e alguns estabelecimentos voltados para o ecoturismo. Também são conhecidas, duas atividades minerárias de grande porte que atuaram nas proximidades da área de estudo, a Mina de Capanema da mineradora Sincomex (antiga Cia Minas da Serra Geral) e a Mina do Ouro Fino da empresa Jaguar Mining. Os empreendimentos eram de extração de ferro e ouro respectivamente, hoje ambos se encontram fora de operação.

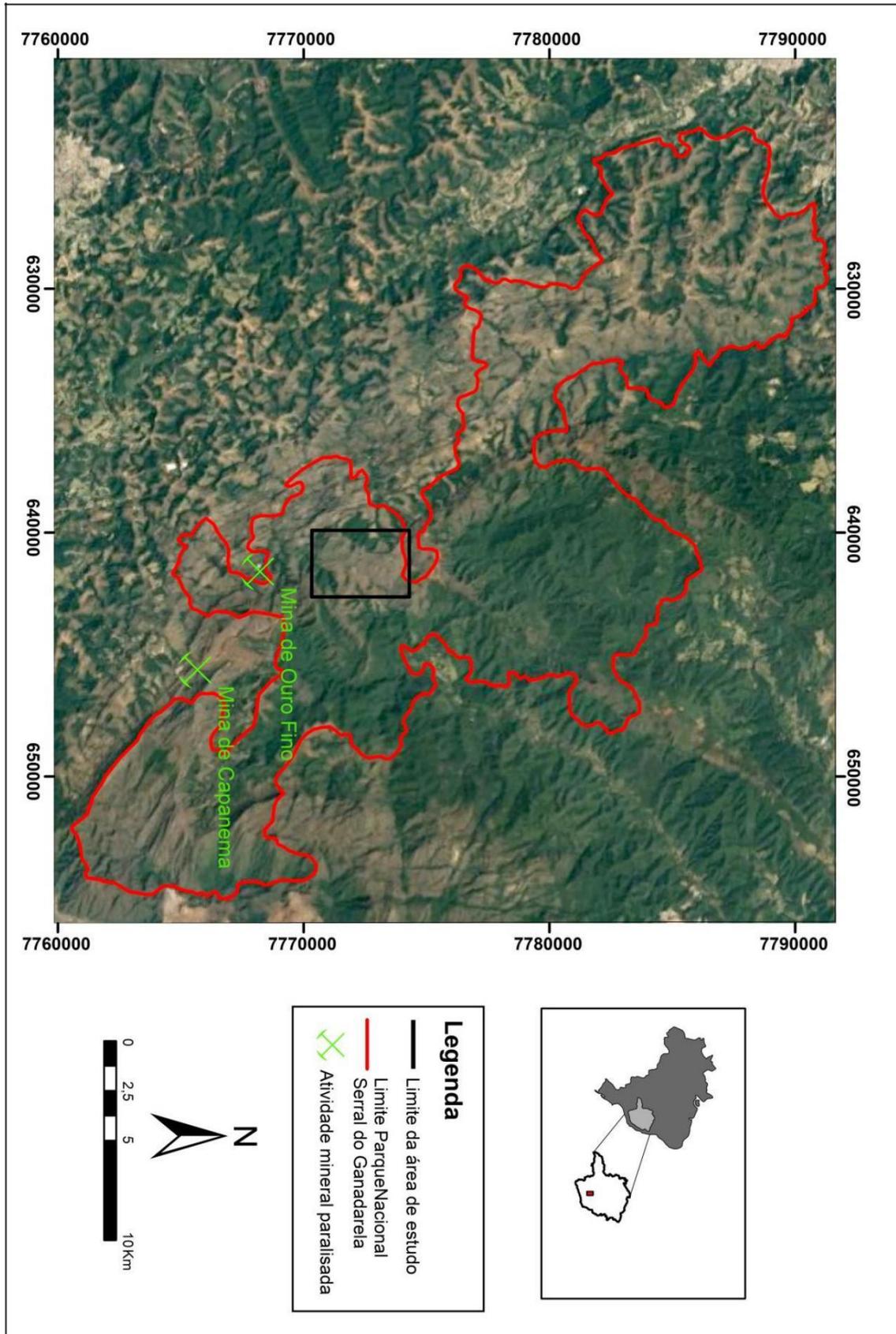


Figura 4: Mapa dos limites da proposta de criação do Parque Nacional da Serra do Gandarela e das localizações das Minas de Capanema e Mina do Ouro Fino (modificado de Brito *et al.*, 2010).

2.1 O QUADRILÁTERO FERRÍFERO (QF): EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS

Os primeiros estudos geológicos realizados sobre o Quadrilátero Ferrífero (QF) datam do início do século XIX e já demonstravam o interesse da sociedade pela região. O Quadrilátero Ferrífero abriga vários depósitos econômicos, sendo os principais de minério de ferro, manganês e ouro, além da ocorrência de minerais gemológicos, como por exemplo, o topázio imperial (Dardenne & Schobbenhaus, 2003). Nos anos 1960 e por pelo menos uma década depois, o Brasil estabeleceu um convênio com os Estados Unidos da América, através dos respectivos órgãos governamentais DNPM e USGS que fomentou a pesquisa geológica da região do Quadrilátero, se destacando nesta época, o trabalho de Dorr (1969) que descreve o metamorfismo registrado na área como sendo em geral do tipo Barroviano, de baixo grau metamórfico e pertencente a fácies xisto verde. Alguns anos mais tarde, o trabalho de Almeida (1977) sobre os limites do cráton São Francisco (SFC), reuniu dados provenientes do mapeamento sistemático desenvolvido pela Escola de Minas de Ouro Preto (Alves de Lima *et al.*, 1975 *in* Almeida 1977), e do Instituto Eschwege de Diamantina (Pflug 1973 *in* Almeida 1977). Estabeleceu-se desta forma, o arcabouço tectônico do Quadrilátero Ferrífero (extremo sul do SFC), representado por um sistema de falhas de empurrão com movimentos dirigidos de ESE para WNW no sul e de E para W na porção mais oriental da região (Almeida 1977). Já nos anos 1990, os estudos de Teixeira *et al.* (1996) e de Alkmim e Marshak (1998) interpretaram que o substrato da porção sul do cráton São Francisco, exposto no QF, está inserido no Cinturão Mineiro como dominado pela tectônica do modelo de domos e quilhas (Figura 5).

Mais recentemente, Lana *et al.* (2013) e Romano *et al.* (2013) remontam a história evolutiva do embasamento do Quadrilátero Ferrífero por meio da correlação litológica e de técnicas de datação geocronológica realizadas em amostras paleo a neoarqueanas. As rochas arqueanas representam a base crustal do cráton e seu desenvolvimento magmático é subdividido em quatro estágios principais: os três primeiros envolveu intrusão de magmas TTG (Tonalito-Tronjhemito-Granodiorito) datadas de 3200 a 2770 Ma (Lana *et al.*, 2013) e a consolidação do chamado cinturão de rochas verdes (Teixeira *et al.*, 1996). O quarto estágio é marcado pela fusão de parte da crosta TTG, aliado a sua deformação em alto grau que ocorreu concomitante a intrusão de granitóides potássicos entre 2750 e 2600 Ma (Romano *et al.*, 2013). Assim, segundo Romano *et al.* (2013) o período de fusão parcial da crosta ocorreria simultâneo a emersão de uma plataforma continental estável onde foram depositadas as

seqüências de rochas paleoproterozóicas, tal qual, os litotipos do Grupo Caraça, Supergrupo Minas, que afloram no QF e que são objeto de estudo desse trabalho.

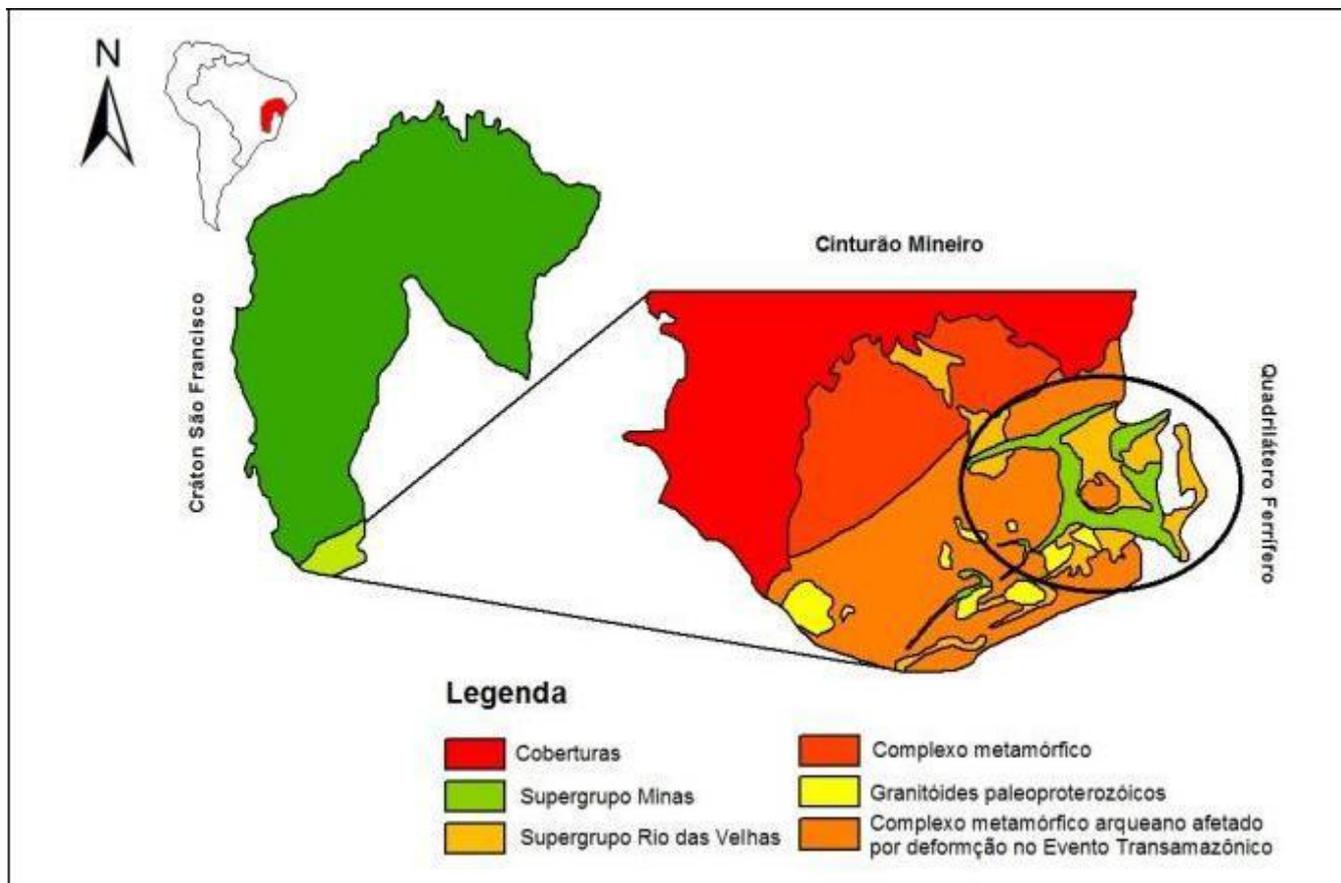


Figura 5: Arcabouço geotectônico do Quadrilátero Ferrífero, MG (modificado de Teixeira *et al.*, 1996).

2.2 ESTRATIGRAFIA REGIONAL

Através dos vários estudos realizados ao longo do tempo no Quadrilátero Ferrífero, são reconhecidas cinco unidades litoestratigráficas principais, citadas da base para o topo: embasamento cristalino arqueano; o Supergrupo Rio das Velhas; o Supergrupo Minas; o Grupo Itacolomi e uma assembléia de rochas máficas intrusivas que corta todos os litotipos anteriormente citados (Alkmim & Marshak, 1998). A coluna estratigráfica apresentada a seguir (Figura 6), foi modificada da proposta de Alkmim & Marshak (1998), sendo que, o autor da primeira coluna estratigráfica para o Quadrilátero Ferrífero foi Dorr (1969) o qual representa uma importante referência até os dias de hoje.

Neste estudo serão enfatizados os litotipos da Formação Moeda (Supergrupo Minas, Grupo Caraça) abordado de forma detalhada no capítulo seguinte: Revisão sobre a Formação Moeda no Quadrilátero Ferrífero, MG. No entanto, nos próximos tópicos é apresentado ao leitor, uma breve descrição das principais unidades litológicas que compõem o QF

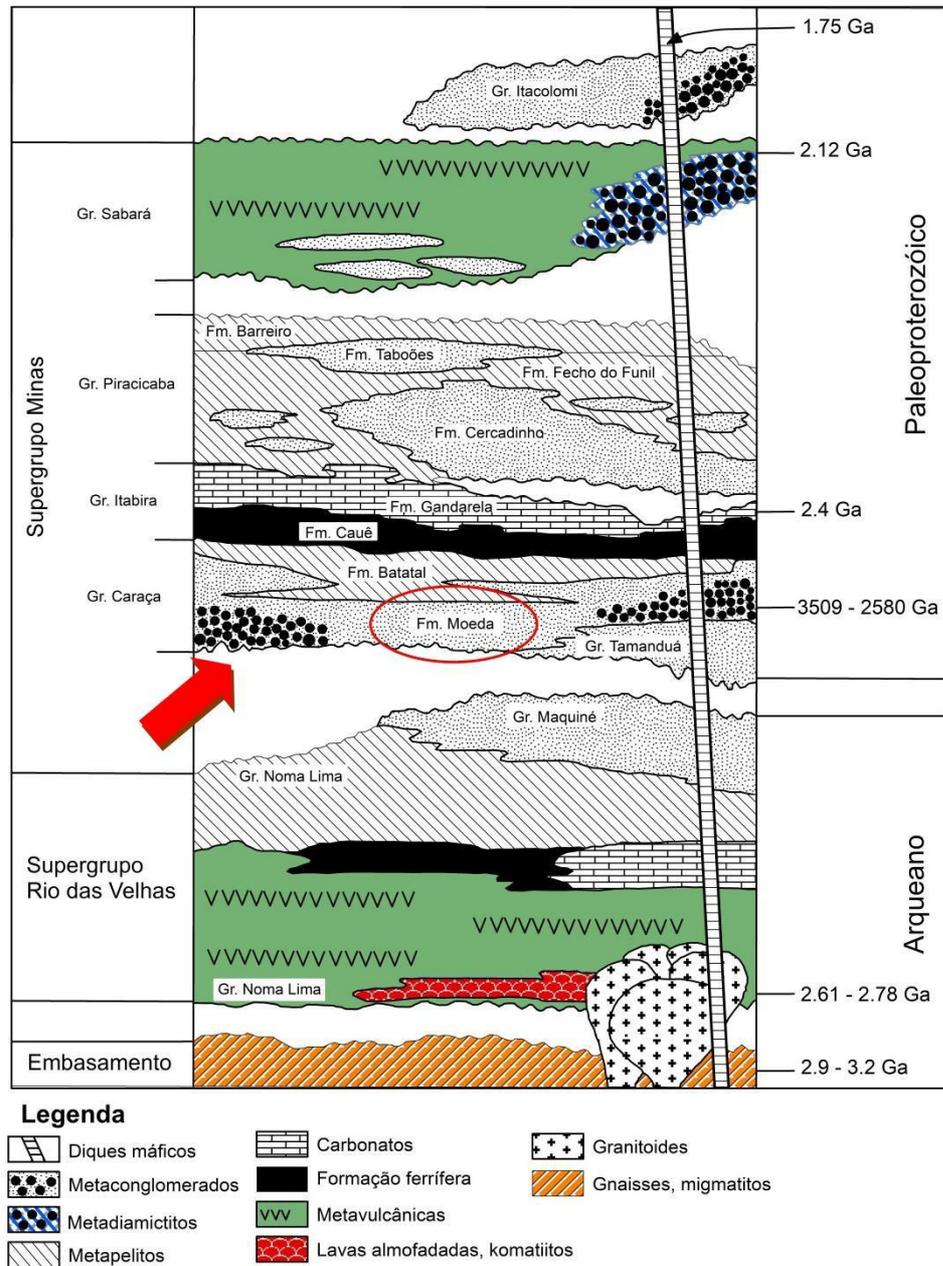


Figura 6: Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero com destaque para a Formação Moeda (modificado de Alkmim & Marshak, 1998 e Farina *et al.*, 2015).

2.2.1 Unidades do embasamento

As unidades do complexo metamórfico arqueano que compõe o embasamento cristalino do Quadrilátero Ferrífero são gnaisses, migmatitos, granitóides típico de suítes TTG arqueanas (Tonalito-Tronjhemito-Granodiorito) e granitos com alto teor de potássio (Alkmim & Noce, 2006). Segundo Carneiro *et al* (1992) in Alkmim & Marshak (1998), os gnaisses e migmatitos do complexo metamórfico são datados de 2.9 a 3.2 Ga. Os granitóides são separados em duas gerações de suítes, sendo a mais antiga com afinidade cálcio-alcalina e idade obtida por datação U-Pb em zircão de 2780

a 2776 Ma e a suíte mais jovem, anorogênica é datada de 2721 a 2612 (Noce 1995). Tais rochas, representadas na base da figura 6, afloram nas estruturas regionais de domos do QF, como por exemplo, no Domo do Bação, Domo Bonfim e Domo Caeté (Alkmim & Marshak 1998).

2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas

Os litotipos desta unidade estratigráfica, sobreposta ao embasamento como mostrado pela figura 6, compreendem a uma sequência típica arqueana, conhecida como *greenstone belt*, Dorr (1969) subdividido em dois grupos: Nova Lima e Maquiné.

Grupo Nova Lima

O Grupo Nova Lima, base do Supergrupo Rio das Velhas (Figura 6), aflora em grande distribuição no Quadrilátero Ferrífero e segundo Zucchetti *et al* (1998) são identificadas quatro associações de fácies, a serem listadas da base pro topo: 1) rochas metavulcânicas máficas e ultramáficas, basaltos com estrutura em *pillow lavas* e assembleia komatiítica; 2) formação ferrífera bandada do tipo Algoma em associação com rochas metavulcânicas e metapelitos; 3) grauvaca vulcanoclástica e turbidítica; e 4) arenito turbidítico.

Grupo Maquiné

O Grupo Maquiné, sobreposto ao grupo Nova Lima (Figura 6), aflora no sudeste do município de Nova Lima até os arredores de São Bartolomeu e na porção leste da Serra do Caraça é composto por arenitos de ambiente marinho raso e aluvial, além de conglomerados e pelitos (Dorr, 1969). Seus litotipos consistem em uma cobertura plataformar sobreposta a sequência meta vulcano-sedimentar do Grupo Nova Lima (Baltazar & Pedreira 1998, *in* Uhlein & Noce 2012).

2.2.3 Supergrupo Minas

Esta unidade litoestratigráfica possui aproximadamente 8 quilômetros de espessura e aflora numa extensa área do Quadrilátero Ferrífero (Dorr, 1969). Se localiza sobreposto e em discordância angular aos *greenstones* arqueanos (Figura 6), e registra a ocorrência de um ciclo tectônico de Wilson, no início da era Paleoproterozóica, entre 2.5 e 2.0 Ma (Alkmim & Marshak, 1998). Segundo Alkmim & Martins-Neto (2012) são identificadas três sequências na fase de deposição da extinta Bacia Minas: sequência de 1ª ordem, entre 2580 e 2400 Ma correspondem aos Grupos Caraça e Itabira; sequência de 2ª ordem, datada de 2400 a 2150 Ma compreendem ao Grupo Piracicaba, e por fim, a sequência de 3ª ordem composto pelo Grupo Sabará que representam os sedimentos sin orogênicos do evento tectônico global conhecido como Transamazônico, que registra um padrão deformacional com intervalo de duração entre 2125 a 2040 Ma (Machado & Noce, 1993). O evento Transamazônico marca uma mudança drástica nas condições plataformais registradas na maior parte das rochas do

Supergrupo Minas, devido ao processo de inversão tectônica (Renger *et al*, 1994). O Grupo Tamanduá e o Grupo Caraça são as unidades mais velhas deste supergrupo e representam depósitos aluviais e eólicos subordinados gradando para sedimentos marinhos (Renger *et al*, 1994).

Grupo Caraça

O Grupo Caraça é subdividido em duas formações litológicas, da base para o topo: a Formação Moeda e a Formação Batatal (Figura 6). A Formação Moeda, foco deste estudo, é constituída por metarenitos quartzíticos com intercalações de filito e níveis conglomeráticos ricos em ouro, pirita e urânio (Uhlein & Noce, 2012). No próximo capítulo abordaremos com detalhes essa formação litoestratigráfica mostrando a ocorrência dos sedimentos Moeda ao longo do Quadrilátero Ferrífero por meio da compilação de dados adquiridos pelos autores: Villaça (1981), Fonseca (1990), Nunes (2016) e Martins (2017). O contato entre a Formação Moeda e a Formação Batatal é descrito como transicional e é resultado da acumulação de sedimentos durante as fases iniciais de subsidência mecânica da bacia Minas, interpretada como do tipo margem passiva (Alkmim & Noce, 2006). A Formação Batatal, por sua vez, predominam filitos sericíticos, carbonosos ou ferruginosos de granulação fina, ocorre também metachert e camadas lenticulares de formação ferrífera (Dorr, 1969).

Grupo Itabira

O Grupo Itabira é dividido em duas formações: Cauê e Gandarela (Figura 6), que registra uma transgressão marinha ocorrida na antiga Bacia Minas (Dorr, 1969). A Formação Cauê compreende uma sequência de formação ferrífera bandada (*BIF's*) do tipo Lago Superior de aproximadamente 200 metros de espessura que inclui mármore dolomíticos e corpos de minério de ferro supergênico (Alkmim & Noce, 2006). Uma vez que corresponde uma das unidades litoestratigráficas mais importantes do ponto de vista econômico do Quadrilátero Ferrífero, devido ao fato de ser a detentora dos grandes depósitos de ferro que possibilitaram o desenvolvimento econômico-financeiro moderno da região central de Minas Gerais, principalmente a partir do século XX, quando houve o reconhecimento do estado como o grande produtor de minério de ferro do Brasil (Silva *et al.*, 1995). Tal importância foi superada apenas pela descoberta do Complexo de Carajás no estado do Pará em 1967 pelo geólogo Breno dos Santos (Quaresma 2009). Já a Formação Gandarela sobreposta á Formação Cauê é composta predominantemente de dolomitos, carbonatos e pelitos. Formação ferrífera bandada, brechas e fragmentos de cherts (Alkmim & Noce, 2006).

Grupo Piracicaba

O Grupo Piracicaba representa uma sequência de sedimentos deltaicos e de ambiente marinho raso que sobrepõe os litotipos do Grupo Itabira, como mostrado pela figura 6, em discordância erosiva (Alkmim & Noce, 2006), sendo composta por quatro formações: Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro. A Formação Cercadinho compreende quartzitos, quartzitos ferruginosos e filitos (Dorr,

1969). Já a Formação Fecho do Funil descrita por Simmons (1958 *in* Dorr 1969) é composta por filitos dolomíticos, dolomitos argilosos, filitos e quartzitos ferruginosos. A Formação Taboões, segundo Pomerene (1958 *in* Dorr 1969), consiste em quartzitos de granulação fina em contato gradacional com as unidades soto e sobrepostas a ele. Por fim, a Formação Barreiro representa a unidade topo do Grupo Piracicaba, sendo constituída por uma sequência de filitos (Dorr, 1969).

Grupo Sabará

O Grupo Sabará, sobreposto ao Grupo Piracicaba (Figura 6), cuja espessura chega até 3,5 quilômetros é composto por uma sequência de sedimentos do tipo *flysch* que marca o processo de inversão tectônica provocada pelo fechamento da Bacia Minas e pela deformação e metamorfismo do evento tectônico global Transamazônico, datado de 2125 a 2040 Ma (Alkmim & Marshak, 1998; Renger et al, 1994; Dorr, 1969). Os litotipos apresentados são: metapelitos, grauvacas metaconglomerados, quartzitos, filito grafitoso, tufos e metavulcânicas máficas e ácidas. Tais rochas estão associadas ao ambiente de bacia de antepaís e apresentam estruturas turbidíticas intercalados com leques submarinos (Reis *et al.*, 2002).

2.2.4 Grupo Itacolomi

O Grupo Itacolomi, no topo da coluna estratigráfica da figura 6, aflora na porção sudeste do QF, possui espessura superior a 1.8 km e é interpretado por Barbosa (1968 *in* Dorr 1969), como sedimentos de depósito do tipo molassa. Ocorre como uma sucessão de litotipos metareníticos, metaconglomeráticos e metapelíticos, este último segundo Alkmim & Marshak (1998), são evidências de lagos aprisionados e/ou mares restritos durante a fase de colapso orogênico transamazônico no Paleoproterozóico.

2.2.5 Rochas máficas intrusivas

Corpos intrusivos e diques máficos cortam todos os litotipos anteriormente citados da coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (Figura 6). São descritos basicamente dois tipos texturais de rocha básica: diabásio e metagabro (Crocco-Rodrigues 1991 *in* Alkmim & Marshak 1998). Segundo Silva *et al.* (1995) os diques e soleiras presentes no QF registram três eventos de magmatismo básico na região: 1) diques e *sills* metamórficos deformados, com idade de 1.7 a 1.5 Ga, com direção preferencial N-S; 2) diques deformados de orientação NE – NW de 900 Ma; e 3) diques com orientações variadas, indeformados datados de 120 Ma.

2.3 ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO

Alguns modelos tectônicos foram propostos para explicar o complexo arranjo estrutural do Quadrilátero Ferrífero. Dentre eles, usaremos o trabalho de Alkmim & Marshak (1998) como principal referência, pois representa o modelo mais aceito pela comunidade científica em geral. Segundo tais autores, a evolução tectônica do QF, com quatro fases de deformação, teve início com a geração e consolidação dos complexos granito-gnáissicos arqueanos, datados em aproximadamente 3 bilhões de anos atrás (Figura 7). De 2.8 até 2.7 Ga, ocorreu a deposição e a consolidação de sucessões vulcano sedimentares do Supergrupo Rio das Velhas, na região do Quadrilátero Ferrífero (Alkmim & Marshak, 1998). O ambiente tectônico de deposição dessas rochas do tipo *greenstone*, é uma bacia do tipo retroarco, que sofreu processo orogênico e deformacional, no final do Arqueano (Uhlein & Noce, 2012), mostrado na figura 7. Este segundo evento foi responsável pela geração, na região, de um cinturão arqueano granito-*greenstone*, marcado por domos graníticos circundados por rochas verdes (Alkmim & Marshak, 1998).

Aproximadamente 2.5 Ga atrás, a região do QF estava inserida num bloco continental estável o suficiente para permitir a sedimentação do Supergrupo Minas (Alkmim & Marshak, 1998). A deposição da bacia Minas se iniciou em ambiente continental com sedimentação detrítica de conglomerados, arenitos e pelitos, depois marinha, com rochas sedimentares bioquímicas, e posteriormente, detríticas (Uhlein & Noce, 2012). O primeiro evento deformacional do Supergrupo Minas culmina com a orogênese Transamazônica, datada entre 2.2 a 2.0 Ga, que por meio de falhas e dobramentos, metamorfozou as rochas do Supergrupo Minas e também das unidades mais antigas (Alkmim & Marshak, 1998), mostrado na figura 7. Há cerca de 600 milhões de anos atrás um evento colisional de convergência de placas tectônicas atuou na região leste do Quadrilátero Ferrífero (Alkmim & Marshak, 1998). Este quarto evento deformacional está associado à aglutinação de massas continentais, com a formação do Supercontinente Gondwana (Uhlein & Noce, 2012). O evento conhecido como orogênese Brasiliana (Figura 7), gerou dobramentos, falhamentos e transformações metamórficas, que afetou principalmente, as rochas da região leste do Quadrilátero Ferrífero (Alkmim & Marshak, 1998).

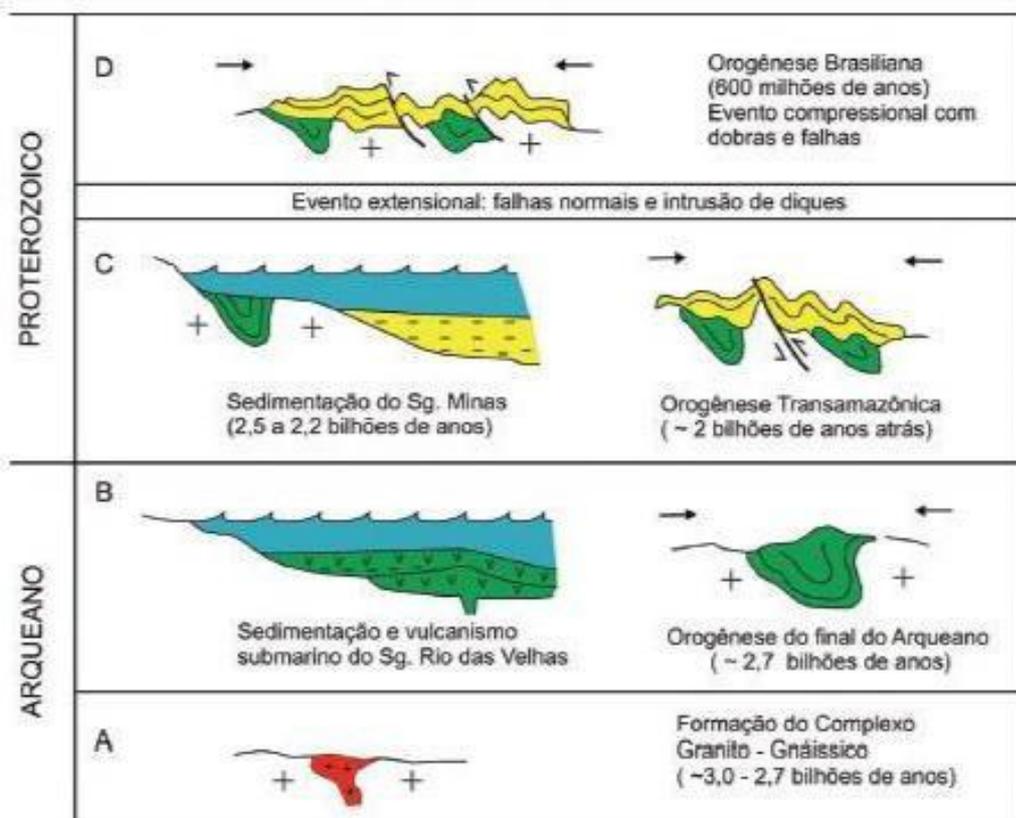


Figura 7: Quadro esquemático das quatro fases deformacionais do Quadrilátero Ferrífero, segundo Alkmim & Marshak (1998); (retirado de Uhlein & Noce, 2012).

2.4 GEOLOGIA ECONÔMICA REGIONAL

O Quadrilátero Ferrífero constitui uma província mineral reconhecida internacionalmente em função dos seus importantes depósitos de ouro, extensas reservas de ferro e algumas ocorrências de minerais gemológicos, como por exemplo, a esmeralda e o topázio imperial (Roeser, 2013). As mineralizações de ouro, associadas ao Grupo Nova Lima e depositadas de forma detrítica no Grupo Caraça, será apresentada no item 3.3 Geologia econômica da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas). Ocorrem também depósitos auríferos associados às formações ferríferas, as do tipo Algoma, ocorrem por meio da substituição química com minerais de magnetita e/ou siderita (Dardenne & Schobbenhaus, 2003). Já o ouro associado aos itabiritos, do tipo Lago Superior (Spier *et al.*, 2007), está relacionado com a percolação de fluidos hidrotermais durante os processos tectonometamórficos que afetaram a região do QF (Uhlein & Noce, 2012).

A formação dos depósitos de ferro, no Quadrilátero Ferrífero, foram gerados em ambiente de plataforma marinha, que se estabeleceu na região central do estado de Minas Gerais, há cerca de 2,4 bilhões de anos atrás (Babinsky *et al.*, 1995 in Alkmim & Marshak, 1998). A Formação Cauê

(Grupo Itabira, Supergrupo Minas), consiste em formações ferríferas bandadas do tipo Lago Superior (Spier *et al.*, 2007). Já as mineralizações de ferro do tipo Algoma, são menos frequentes na região (Spier *et al.*, 2007). A concentração de Fe nos itabiritos ocorreu dentro de bacias marinhas, por meio da atividade biológica de algas e bactérias, que começaram um processo de produção de oxigênio (Uhlein & Noce, 2012). A oxidação do Fe^{2+} , que estaria dissolvido em águas subterrâneas e superficiais continentais, em meio ácido, devido à atmosfera redutora que existia naquele tempo, se precipitaria na forma de hidróxido férrico (Uhlein & Noce, 2012). Os depósitos de ferro formados por itabiritos possuem uma origem sedimentar, mas ocorrem com deformações tectônica, metamórfica e intempérica no Quadrilátero Ferrífero (Rosiére *et al.*, 1993). As minas de ferro mais conhecidas, do QF, são: Águas Claras, Alegria, Germano, Capanema, Cauê, Chacrinha, Conceição, Dois Córregos, Esmeril, Mutuca, Onça, Periquito, Pico e Timbopeba (Uhlein & Noce, 2012). Segundo Dardenne & Schobbenhaus (2003), as reservas de minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero estão estimadas em 29 bilhões de toneladas com teor de 50 a 60% de Fe.

A ocorrência de topázio imperial no Quadrilátero Ferrífero se limita ao município de Ouro Preto e principalmente aos distritos de Rodrigo Silva e Antônio Pereira (Roeser 2013). Os depósitos de topázio de Ouro Preto estão relacionados a rochas dolomíticas alteradas, pertencentes aos grupos Itabira e Piracicaba (Supergrupo Minas), que se encontram inseridos em geodos e veios caulinizados (Almeida *et al.*, 2007). Segundo Gandini (1994 *in* Almeida *et al.*, 2007), a origem do topázio imperial em Ouro Preto estaria ligada a um processo hidrotermal desvinculado de um metamorfismo regional.

Na porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero, próximo ao município de Itabira, está registrada a primeira ocorrência de esmeralda da região, na Fazenda Belmont, em 1978 (Roeser 2013). Segundo Viana *et al.*, (2016), que estudou a mina de Piteiras no distrito esmeraldífero de Itabira-Nova Era, os depósitos gemológicos de esmeralda, na região, estão associadas a xistos com intrusões pegmatíticas. O autor ainda aponta que o controle destes depósitos é litológico e estrutural devido à ocorrência de esmeralda em flogopita xisto e em veios de quartzo e quartzo-feldspático nas adjacências de intrusões pegmatíticas. A distribuição das zonas flogopitizadas, foram interpretadas como sendo controladas por estruturas de falhas e dobras (Viana *et al.*, 2016).

Santos, A. L. A., 2018. Arcabouço estrutural e estratigráfico da Formação Moeda (Supergrupo...

CAPÍTULO 3

REVISÃO SOBRE A FORMAÇÃO MOEDA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG

3.1 PRINCIPAIS TRABALHOS

Com o intuito de realizar um estudo detalhado sobre a Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) na área de trabalho, foi preciso levantar um banco de dados sobre as principais características desta unidade litoestratigráfica dentro do Quadrilátero Ferrífero, principalmente, na área onde foi descrita sua seção tipo, ou seja, na Serra da Moeda. Este capítulo se dedica justamente a essa necessidade de reunir as informações de maior relevância sobre a ocorrência da Formação Moeda no QF, e assim, juntar informações para comparar e confrontar com os resultados obtidos neste trabalho. Dentro da literatura consultada, se destacam o clássico trabalho de Dorr (1969) que lança uma importante base teórica regional sobre o arcabouço estratigráfico e estrutural do Quadrilátero Ferrífero, e o trabalho de Wallace (1958) com enfoque na Formação Moeda.

De forma mais específica, Villaça (1981) por meio da pesquisa de urânio desenvolvida pela NUCLEBRÁS no Quadrilátero Ferrífero, caracteriza a seção tipo da Formação Moeda, no sinclinal homônimo, em três unidades informais, separadas por três ciclos de sedimentação. Uma unidade basal, Moeda 1 (mcm1) representada por metaconglomerados de matriz sericítica e piritosa, responsável pelos depósitos de ouro e urânio, que se intercalam com metarenitos grossos a médios, depositados em ambiente fluvial e aluvial de rio entrelaçado. Uma unidade intermediária, Moeda 2 (mcm2) formada por um pacote de filito com laminações milimétricas de quartzitos finos e siltitos, evidenciando uma transgressão marinha; e uma unidade superior, Moeda 3 (mcm3) representada por outro nível de metaconglomerados lenticulares sobrepostos por quartzitos com estratificação cruzada, gerada em sistema aluvial/fluvial de rio entrelaçado. Segundo Minter *et al.*, (1990), Ribeiro Rodrigues (1992 *in* Nunes 2016) e Renger *et al.*, (1993), parte destas unidades informais, que compõem a seção tipo da Formação Moeda, são reconhecidas no sinclinal Gandarela e no maciço do Caraça, sendo que, no sinclinal Ouro Fino, é descrita uma sequência única de quartzitos intercalados com metaconglomerados de ambiente fluvial/aluvial (Figura 8). Já nos sinclinais Dom Bosco e Santa Rita, a Formação Moeda é constituída por quartzitos com laminações cruzadas de baixo ângulo e plano paralelas, revelando um ambiente de sedimentação marinho litorâneo (Villaça, 1981). Na região de Ouro Preto, no flanco sul do anticlinal de Mariana, Barbosa *et al.* (1983 *in* Nunes 2016), descreve os litotipos da Formação Moeda como metarenitos com laminação cruzada de baixo ângulo e metarenitos eólicos.

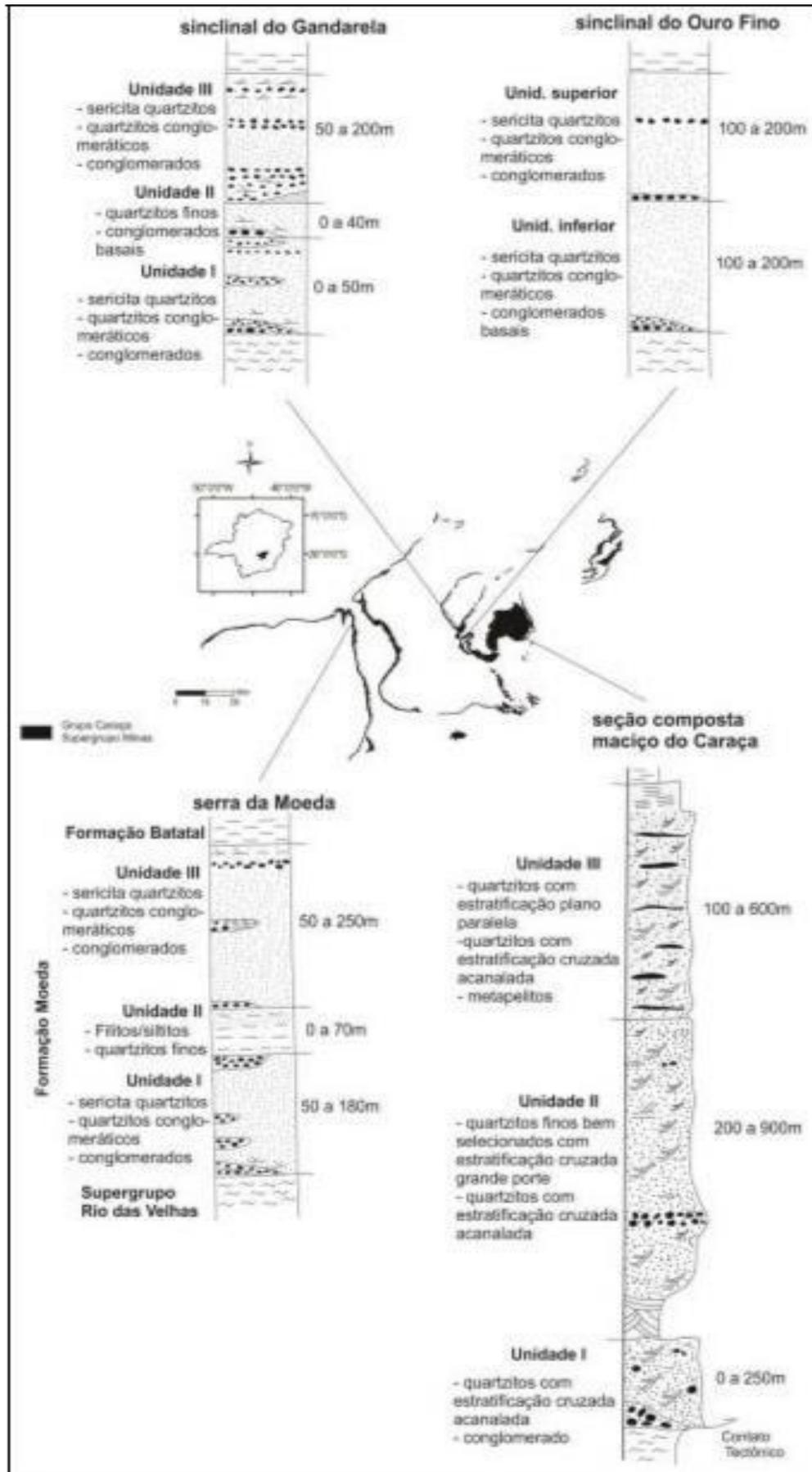


Figura 8: Colunas estratigráficas esquemática da Formação Moeda nos sítios: Serra da Moeda, sinclinais Gandarela e Ouro Fino e no maciço do Caraça, Quadrilátero Ferrífero, MG (retirado de Nunes 2016).

3.2 PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS DA FORMAÇÃO MOEDA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

Seção tipo da Formação Moeda no sinclinal Moeda

A região onde foi descrita a seção tipo da formação litoestratigráfica em questão, é conhecida como sinclinal Moeda (Dorr, 1969). Esta unidade tectônica do Quadrilátero Ferrífero apresenta a aba leste invertida e a oeste em grande extensão, caracterizada pelo contato cataclástico entre o embasamento gnáissico e os litotipos da Formação Moeda (Villaça, 1981). A seção tipo da Formação Moeda apresenta rochas metassedimentares variando de metaconglomerados até filitos, constituem quartzitos de granulação grossa com abundantes lentes de conglomerado de origem aluvial e quartzitos de granulação fina de origem marinha, estes últimos menos expressivos (Dorr, 1969). Segundo Villaça (1981), a unidade Moeda 1 (unidade basal) é melhor identificada na região conhecida como Serra das Gaivotas, localizada na porção norte do sinclinal Moeda, constituída por quartzitos grossos a médios interdigitado por uma sequência de lentes de metaconglomerados de dois tipos: um horizonte de metaconglomerado oligomítico, portador das mineralizações de urânio; e outro horizonte polimítico, mal selecionado representado por seixos de quartzito, quartzo e xistos com matriz quartzítica, sericítica e localmente piritosa. O Moeda 2 (unidade intermediária) é formada por um pacote de filitos com laminações paralelas de quartzito muito fino e se apresenta em maior espessura na porção oeste do sinclinal homônimo, com adelgaçamento em sua espessura tanto para sul quanto para norte e registra os depósitos de uma transgressão marinha e/ou lacustre de grande extensão (Villaça, 1981). Já a unidade Moeda 3 representa o macro ciclo superior de deposição da Formação Moeda. Consistiu em um ciclo aluvial de pequena duração, representado por lentes de metaconglomerado polimítico na base e gradações para o topo de quartzitos finos. Apresenta também, intercalações com metasiltitos, e metarenitos com estratificações cruzadas (Villaça, 1981).

Segundo Martins (2017), foram identificadas e agrupadas quatro associações de litofácies da Formação Moeda por meio de seções estratigráficas realizadas no flanco oeste do sinclinal homônimo. Estas associações correspondem de forma geral, a conglomerados de leques aluviais, sistema aluvial e fluvial de rios entrelaçados e sedimentos finos de sistema lacustre ou de mar raso, o que ratifica os dados publicados por Villaça (1981). O trabalho de Martins (2017) ainda chama a atenção para um sistema de *horsts* e *grabens* provavelmente gerados na fase de abertura da bacia Minas, que junto com um sistema de falhas E-W, controlam estruturalmente a ocorrência e espessura dos metaconglomerados Moeda na sua área tipo. Os falhamentos de empurrão resultantes do transporte tectônico que ocorreu no Quadrilátero Ferrífero de leste para oeste em pelo menos duas fases deformacionais (Rosiére & Chemale Jr., 2000), é apontado por Villaça (1981) como a causa das omissões e repetições de camadas dos litotipos da Formação Moeda. Segundo o mesmo autor, as maiores espessuras da Formação Moeda no sinclinal homônimo, ocorrem na porção central, com média de 300m, e a espessura máxima é estimada em 500 metros, na borda oeste (Figura 9).

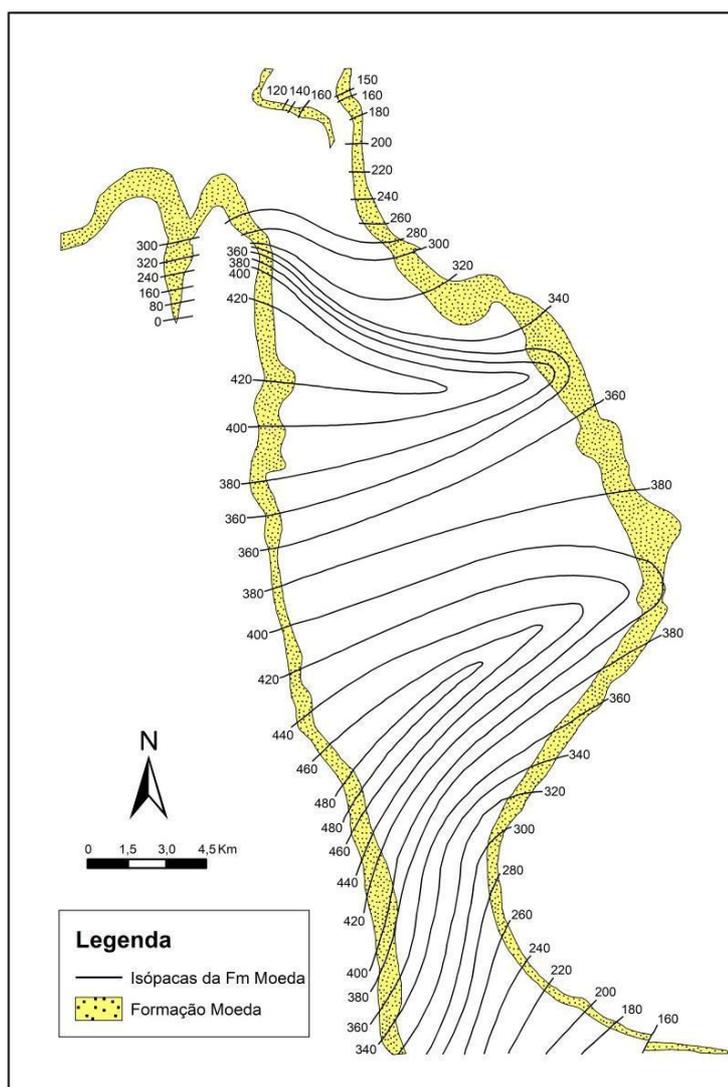


Figura 9: Esboço geológico das isópacas da Formação Moeda no sinclinal Moeda (modificado de Villaça, 1981).

Formação Moeda no maciço do Caraça

O maciço, ou serra do Caraça se localiza na borda leste do Quadrilátero Ferrífero onde se encontram as maiores altitudes do QF, se aproximando da cota dos 2000 metros (Endo *et al.*, 1991). Segundo Ribeiro Rodrigues (1992 *in* Nunes 2016), na região da serra do Caraça ocorrem praticamente todas as unidades estratigráficas do QF, sendo que os litotipos da Formação Moeda consistem em metarenitos grossos a finos com lentes de metapelito e estruturas sedimentares de estratificações cruzadas acanaladas e/ou tabulares preservadas. As fácies descritas por Ribeiro Rodrigues (1992 *in* Nunes 2016), estão relacionadas a um sistema deposicional fluvial entrelaçado com retrabalhamento eólico localizado.

O trabalho de Nunes (2016) aponta que a ausência de fácies metaconglomeráticas, na área da serra do Caraça, seria causada pelo desmembramento destes corpos litoestratigráficos, devido a forte

influência de esforços tectônicos na região. O próprio autor cita que estes metaconglomerados, registro da sedimentação proximal de leques aluviais, ocorreriam na porção imediatamente a leste do maciço do Caraça, segundo mapeamento realizado por Ferreira (2011 *in* Nunes 2016). Do ponto de vista deposicional, os litotipos da Formação Moeda presentes na serra do Caraça, registram uma fase extensional composta por sedimentos continentais fluviais/eólicos, evoluindo para sedimentos litorâneos e marinhos, em ambiente de rifte intracontinental gradando para margem passiva (Nunes, 2016).

Formação Moeda no sinclinal Ouro Fino

O sinclinal Ouro Fino (Figura 10) consiste em uma unidade tectônica redobrada, localizada à sudeste do sinclinal Gandarela (Dorr 1969). Segundo Fonseca (1990) a Formação Moeda no sinclinal Ouro Fino ocorre com a seguinte distribuição: bordejando o sinclinal a partir do extremo norte da estrutura onde é truncada por falhamentos de empurrão; se estende pelo flanco ocidental até seu extremo sul, próximo as instalações da Mina de Capanema da empresa Sincomex (antiga Cia Minas da Serra Geral), onde é truncada por falhas de empurrão provenientes do sistema de cisalhamento denominado Sistema Fundão-Cambotas (Endo & Fonseca 1992).

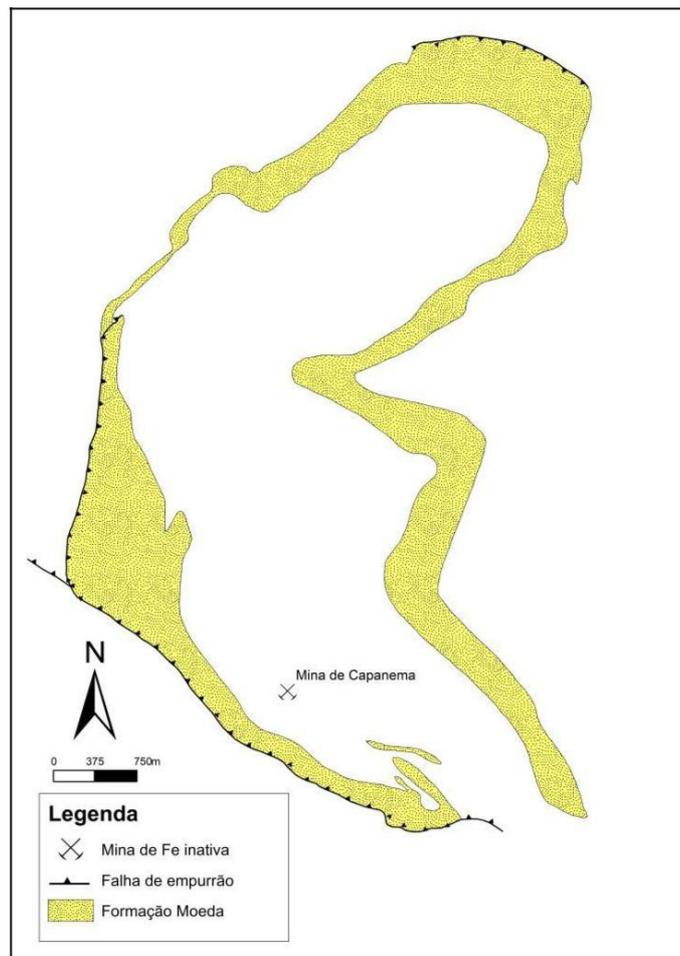


Figura 10: Esboço geológico da Formação Moeda no sinclinal Ouro Fino (modificado de Villaça 1981).

Villaça (1981) dividiu os litotipos da Formação Moeda no sinclinal Ouro Fino em dois horizontes: inferior e superior. O horizonte inferior é constituído por metaconglomerados basais, e uma sequência de quartzitos sericíticos de granulação média, com intercalações conglomeráticas. Já o horizonte superior, apresenta quartzitos de granulação média a fina, muito sericíticos. A espessura média da Formação Moeda na região é de 180 metros, sendo delimitada pelo contato basal com as rochas dos grupos Nova Lima e Maquiné, através dos falhamentos relacionados ao Sistema Fundão-Cambotas (Fonseca, 1990). Já o contato superior da Formação Moeda, no sinclinal Ouro Fino, é normal com a Formação Batatal (Fonseca, 1990).

Formação Moeda no sinclinal Gandarela

O sinclinal Gandarela se localiza na porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero, e apresenta a geometria de uma megadobra sinforme, em parte aberta e normal e em parte isoclinal e invertida (Dorr 1969). Segundo Endo *et al* (1991) a região pode ser dividida em três segmentos: nordeste, central e sul. O segmento nordeste, com eixo de dobra N60E, é limitado pelas falhas de Cambotas e Fundão (Endo *et al.*, 1991). No segmento central, o eixo de dobra possui direção N40E, e é interpretado por Endo *et al* (1991), como sendo pouco afetado por esforços tectônicos do ciclo convergente Brasileiro, datado de 0.9 – 0.54 Ga (Almeida *et al.*, 2000). O segmento sul (Figura 11), possui as maiores espessuras da Formação Moeda na região, e é denominado de “bota”, consiste em uma forma alongada de direção NS, descrito como apêndice do corpo principal do sinclinal Gandarela (Endo *et al.*, 1991).

Os litotipos da Formação Moeda, no sinclinal Gandarela, ocorrem em contato discordante e erosivo com as rochas do Grupo Nova Lima e em contato superior gradacional com a Formação Batatal (Villaça 1981). O trabalho de Villaça (1981), realizando perfis estratigráficos e análise de furos de sondagem, separa a sequência estratigráfica Moeda, nos três segmentos do sinclinal Gandarela, em unidades informais: I, II e I II. A unidade I, apresenta metaconglomerados basais oligomíticos, radioativos, com seixos de quartzo leitoso, quartzito, chert e às vezes xisto. Estes metaconglomerados, apresentam uma matriz quartzítica piritosa, sericítica e às vezes com conteúdo carbonoso. Ocorrem também, quartzitos de granulação grossa a média, impuro, e bastante sericítico. A unidade II é constituída de quartzitos de granulação grossa, com intercalações conglomeráticas, e um quartzito de cor branca e granulação fina, maciço, homogêneo, e às vezes silicificado. Esta unidade II, é interpretada como produto da sedimentação litorânea ou marinha rasa. Na unidade III, ocorrem metaconglomerados piritosos com intercalação de quartzitos grossos, além de quartzitos sericíticos, com granulação média a grossa.

Segundo Madureira (2017), a análise química e descritiva microscópica, de lâminas delgadas produzidas de amostras metaconglomeráticas e metareníticas, retiradas no segmento sul do sinclinal Gandarela, mostram: i) a ausência de indícios de sulfetos e a presença de rutilo como mineral

acessório; ii) cristais estirados de mica branca; iii) grãos e subgrãos de quartzo fraturado, com extinção ondulante e contatos suturados, interpretado como evidência de recristalização dinâmica; e iv) cristais aciculares de cianita. A área exibe uma influência estrutural de deformações dúcteis, como foliação milonítica, lineações de estiramento e dobras com eixos variáveis (Endo *et al.*, 1991). Tais estruturas registram indicadores cinemáticos que corroboram com a direção de transporte tectônico de E para W (Endo *et al.*, 1991). Ainda de acordo com Endo *et al.* (1991), superimpostas as feições anteriormente mencionadas, a área apresenta estruturas de regime rúptil-ductil a dúctil-rúptil, como por exemplo crenulações, fraturas e falhas. Devido a estas características, a investigação e a interpretação estratigráfica da área de estudo é dificultada. Todavia, o próximo capítulo revela os principais dados coletados durante a segunda campanha deste Trabalho de Conclusão de Curso, realizada pelo autor e colaboradores, na região alvo.

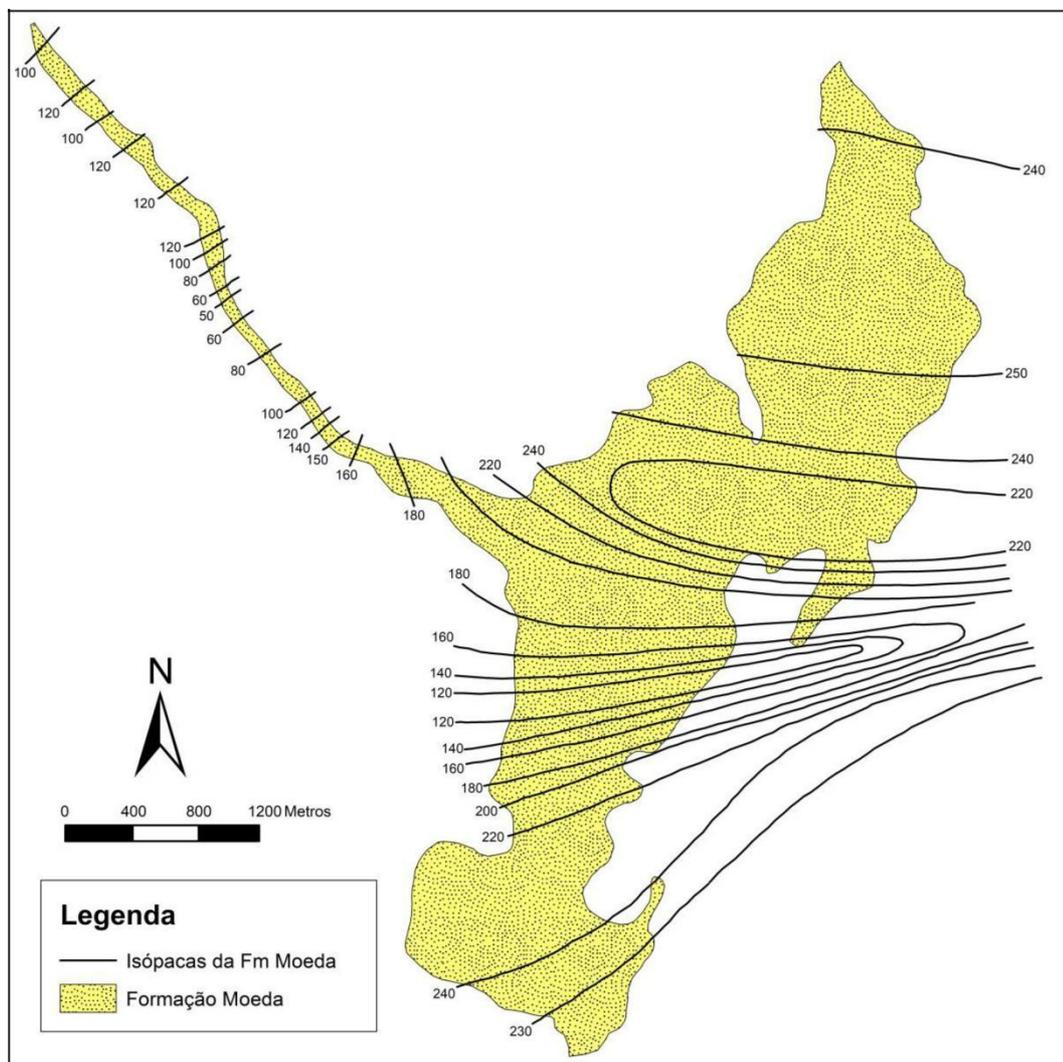


Figura 11: Esboço geológico das isópacas da Formação Moeda no segmento sul do sinclinal Gandarela (modificado de Villaça, 1981).

3.3 GEOLOGIA ECONÔMICA DA FORMAÇÃO MOEDA (GRUPO CARAÇA, SUPERGRUPO MINAS)

Grande parte da importância econômica do Quadrilátero Ferrífero, se deve aos litotipos dos Grupos Caraça e Itabira (Roeser, 2010). Representados, respectivamente, pelas formações estratigráficas: Moeda, Batatal e Cauê, Gandarela (Dorr 1969). Os depósitos de formações ferríferas bandadas (*BIF's*) foram discutidos no item 2.4 Geologia econômica regional, e estão associadas à Formação Cauê (Grupo Itabira, Supergrupo Minas). Já as mineralizações de ouro e urânio, estão relacionadas à Formação Moeda (Villaça 1981). A geração de ouro e urânio remete a evolução vulcanosedimentar formador dos litotipos do embasamento cristalino e do Supergrupo Rio das Velhas (Uhlein & Noce, 2012). Segundo Ladeira (1988 *in* Uhlein & Noce 2012), durante os processos de sedimentação e vulcanismo que deram origem ao Supergrupo Rio das Velhas, ocorreu abertura do fundo oceânico e extrusão de lavas basálticas que formou fontes térmicas na crosta, das quais fluidos hidrotermais eram liberados (Figura 12).

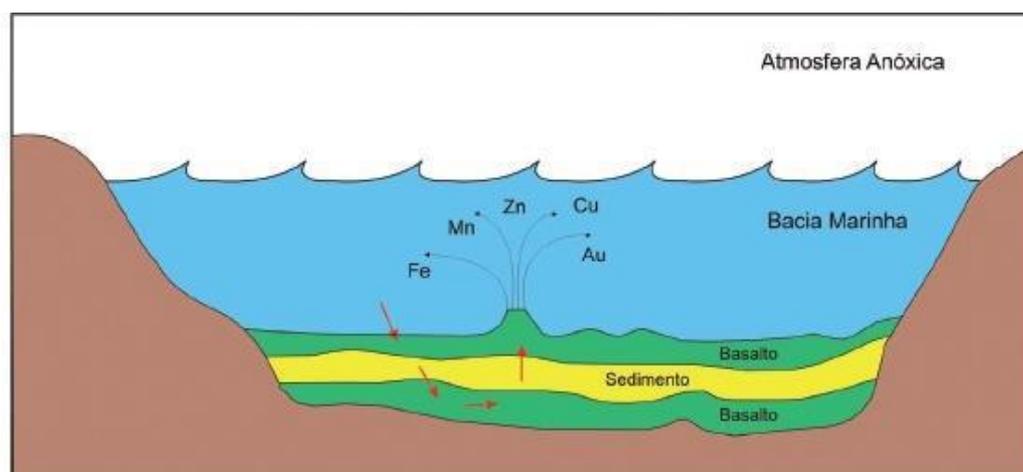


Figura 12: Processos hidrotermais de assoalho submarino na geração dos depósitos de ouro do Supergrupo Rio das Velhas (retirado Uhlein & Noce, 2012).

Após a orogênese dos litotipos do Supergrupo Rio das Velhas, ocorreu intensa erosão das rochas metamórficas previamente formadas, incluindo as do Complexo Granito-Gnáissico (Uhlein & Noce, 2012). O intemperismo passou a atuar controlado pelas variações de temperatura e principalmente pelas chuvas torrenciais, a erosão combinada com a ação da gravidade gerou detritos rochosos de minerais densos e resistentes ao ataque químico da água, estes por sua vez, eram transportados e depositados em regiões planas e rebaixadas do relevo (Minter *et al.*, 1990). Assim como mostra a figura 13, em função dos processos erosivos e sedimentológicos, o ouro, o urânio e minerais sulfetados, em sua maioria, pirita, eram retirados das rochas fonte do embasamento cristalino e do Supergrupo Rio das Velhas. Estes sedimentos eram depositados por sistemas flúvio-deltaicos no fundo de drenagens junto aos demais materiais sedimentares que deram origem a Formação Moeda do Grupo Caraça, Supergrupo Minas (Villaça 1981). Os principais depósitos auríferos associados à Formação Moeda ocorrem nos flancos do sinclinal homônimo, também nos sinclinais do Gandarela e

de Ouro Fino, nos quais, o ouro possui granulação muito fina e teores da ordem de 5 a 10 gramas por tonelada de rocha (Uhlein & Noce, 2012).

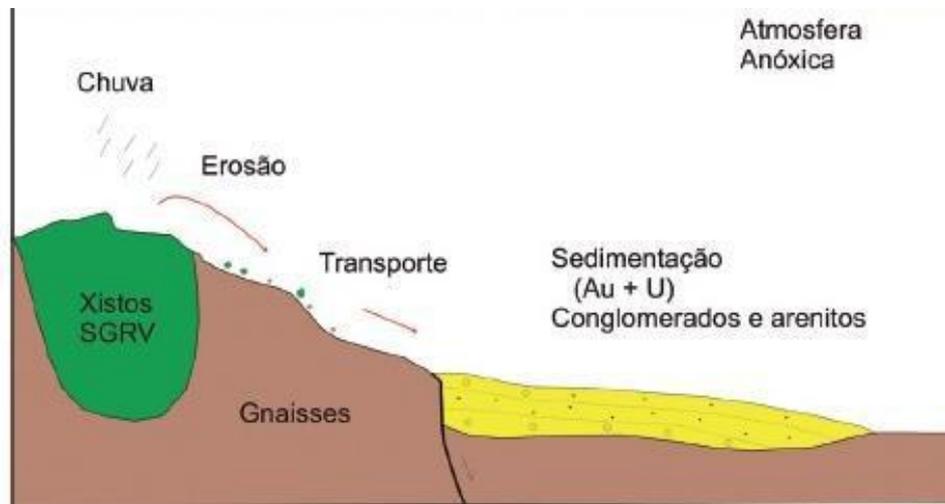


Figura 13: Processo formador dos depósitos de Au-U da Formação Moeda (retirado de Uhlein & Noce, 2012).

CAPÍTULO 4

GEOLOGIA LOCAL E A FORMAÇÃO MOEDA NA ÁREA DE ESTUDO

4.1 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O segmento meridional do sinclinal Gandarela se assemelha grosseiramente, ao formato de uma bota, com serras na direção N-S, e a presença de uma ampla distribuição de rochas da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas). Durante a primeira campanha de campo, integrada com as atividades da disciplina “Estágio de Mapeamento Geológico” (GEO391) 2017/1, foi estabelecida a principal base cartográfica utilizada no levantamento estratigráfico da área de estudo. O mapa intitulado: “Mapa geológico do sinclinal Ouro Fino e porção meridional do sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, MG” (Figura 14), é o produto do mapeamento regional, originalmente realizado na escala de 1:10 000, pelos alunos do DEGEO/EM/UFOP, em 2017, na região nordeste do QF. A região apresenta um *trend* estrutural com direção SE-NW, formado por falhas de empurrão que controla a distribuição de grande parte das unidades estratigráficas da área mapeada. Nas porções orientais e setentrionais, prevalecem estruturas dobradas com geometria sinforme, no interior dos respectivos, sinclinal Ouro Fino e sinclinal Gandarela.

A área de estudo foi investigada e percorrida durante a segunda campanha de campo, de acordo com o mapa de pontos, mostrado na figura 15. A descrição dos pontos de passagem se encontram no formato de tabela, no Anexo 1 deste TCC. Constatando que a região eleita como área de estudo, é de fato, o local mais indicado para se realizar o levantamento de colunas estratigráficas representativas da Formação Moeda, no sinclinal Gandarela.

MAPA GEOLÓGICO DO SINCLINAL OURO FINO E PORÇÃO MERIDIONAL DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG

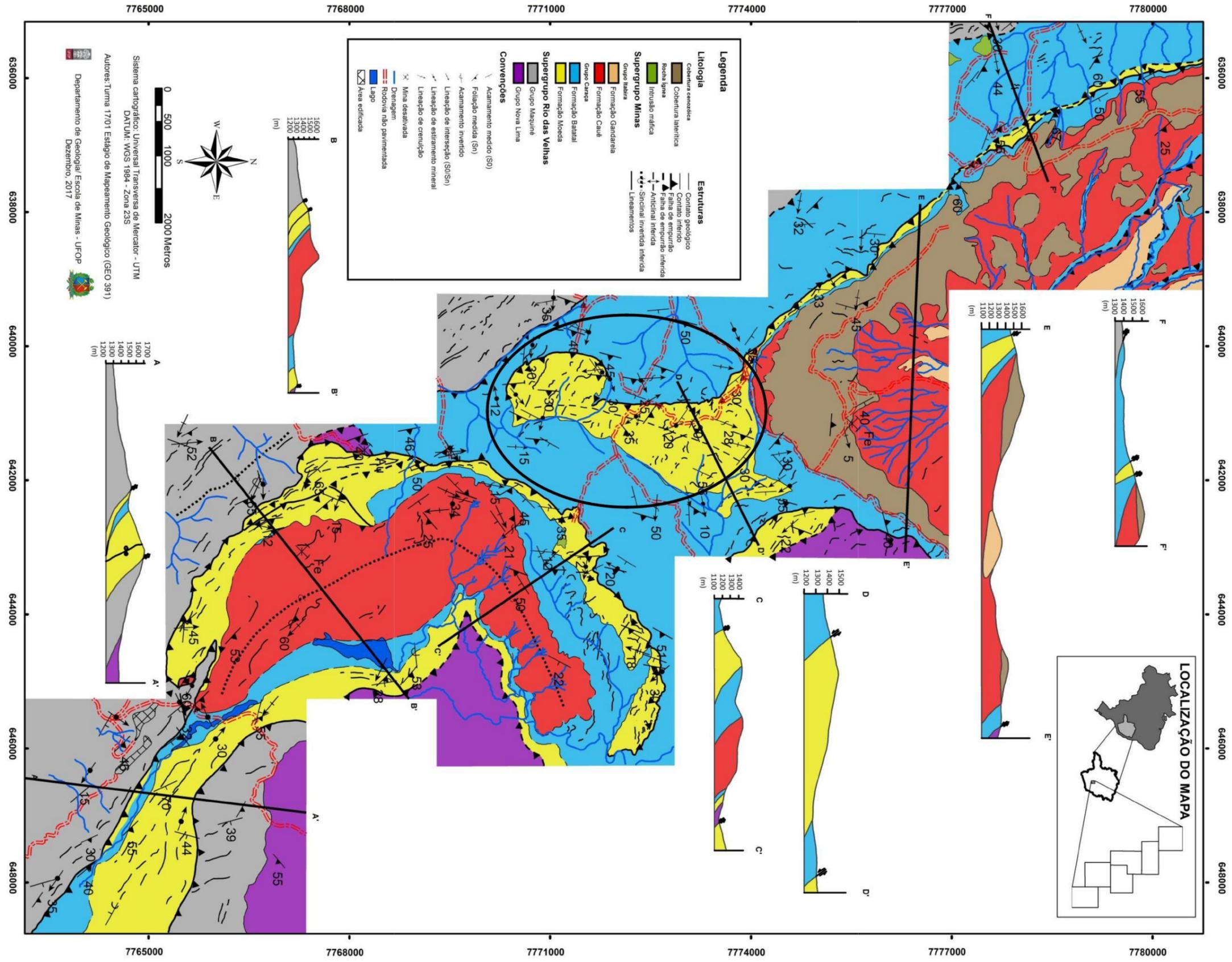


Figura 14: Mapa geológico da porção sul do Sinclinal Gandarela e do Sinclinal Ouro Fino (Estágio de Mapeamento Geológico DEGEO/EM – Setembro/2017). Em destaque pela elipse em preto no centro da imagem, a área de estudo.

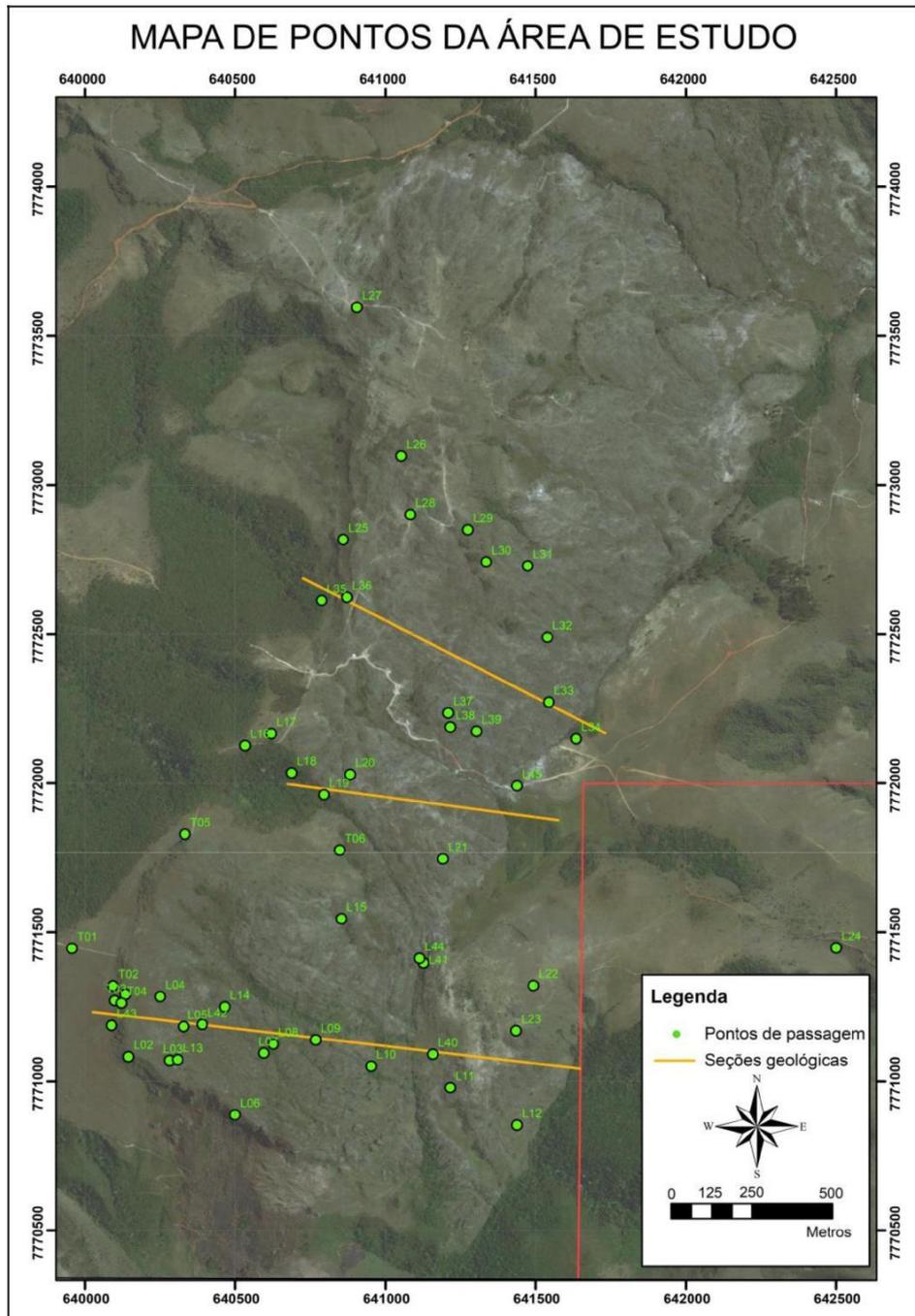


Figura 15: Mapa de pontos da área de estudo.

Do ponto de vista estrutural, o segmento sul do sinclinal Gandarela é polideformado, e na porção ocidental, é delimitado por falhas de empurrão relacionadas ao cinturão de cavalgamentos conhecido como Sistema de Cisalhamento Fundão-Cambotas (Endo & Fonseca, 1992). Apresenta internamente, evidências da atuação de regime deformacional dúctil-rúptil, com geração de foliação cisalhante do tipo S/C, e metamorfismo de fácies xisto verde, com localizado incremento de pressão marcado por zonas que afloram cristais centimétricos de cianita acicular. A distribuição das medidas estruturais de acamamento sedimentar (S_0) e de xistosidade (S_n), tomadas em campo, durante o desenvolvimento deste trabalho, são apresentadas pelos estereogramas de frequência da figura 16.

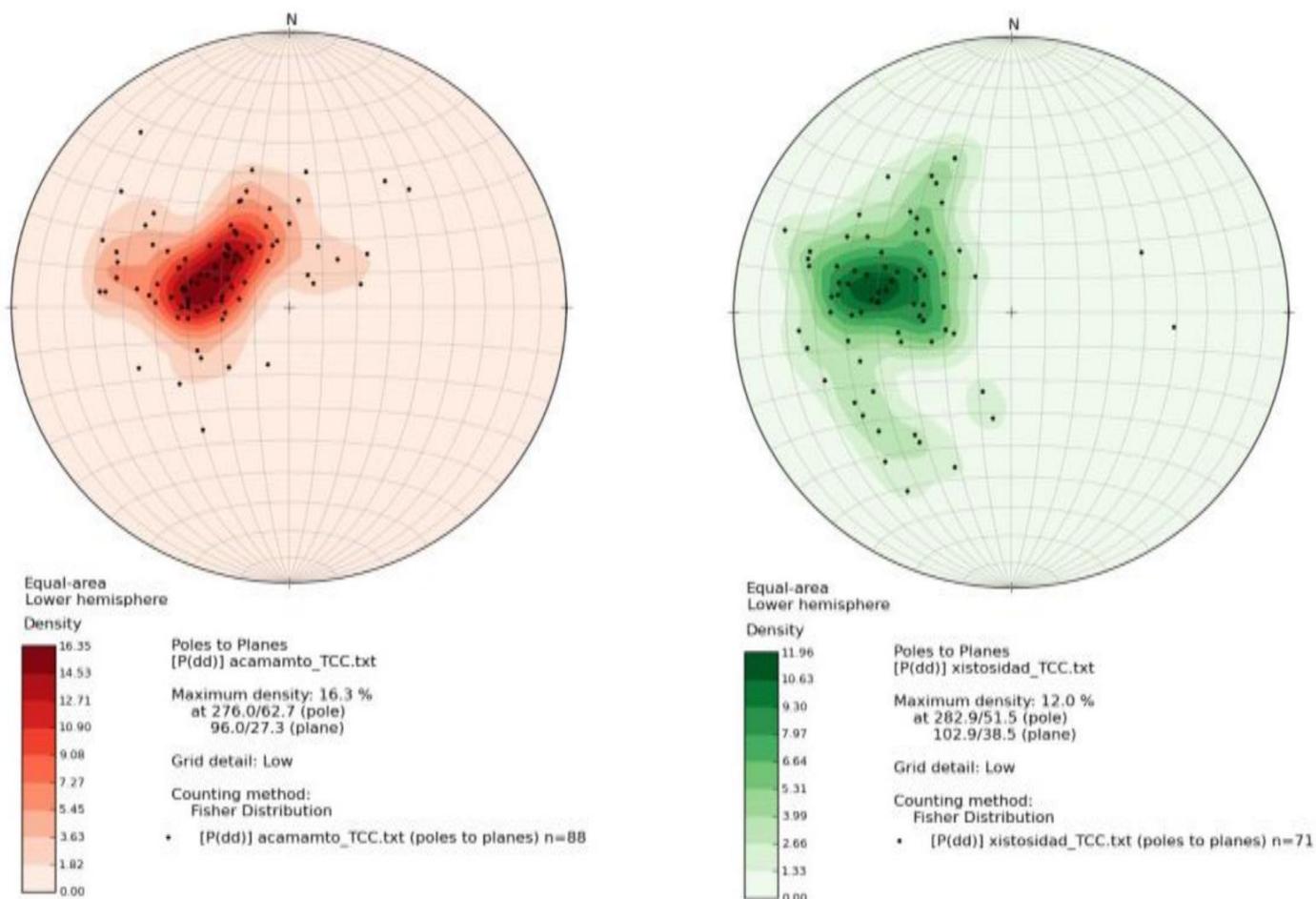


Figura 16: Estereogramas de frequência de medidas estruturais. a) Diagrama do acamamento sedimentar (S_0); b) Diagrama da xistosidade (S_n).

Os estereogramas acima, do tipo diagrama- π e segundo o método de distribuição de Fisher, mostram que a área estudada se comporta como um homoclinal. O padrão concentrado de frequência das medidas tomadas de S_0 e S_n , exibido pelos estereogramas, apontam para uma atitude preferencial, tanto de acamamento sedimentar quanto de xistosidade, de direção NS com mergulho para leste.

O mapa geológico da área de estudo (Figura 17) apresenta a conformação geral das rochas da Formação Moeda, dividida em três unidades informais. A distribuição dos litotipos em destaque é ampla na área de estudo, e sua ocorrência, é delimitada na região ocidental, por falhas caracterizadas por possuir planos com alto ângulo de mergulho ($> 45^\circ$) e causar uma mudança brusca na litologia. A Formação Moeda faz contato de base e de topo com uma unidade metapelítica indivisa, sendo que, a norte e a leste da área de estudo, esse contato é normal e do tipo gradacional. Já na parte sul e oeste, o contato é tectonizado e abrupto. A estruturação interna da “bota” apresenta falhas transcorrentes de rasgamento, desnivelamento de blocos, e zonas de cisalhamento, com geração de foliação do tipo S/C nos planos de movimento.

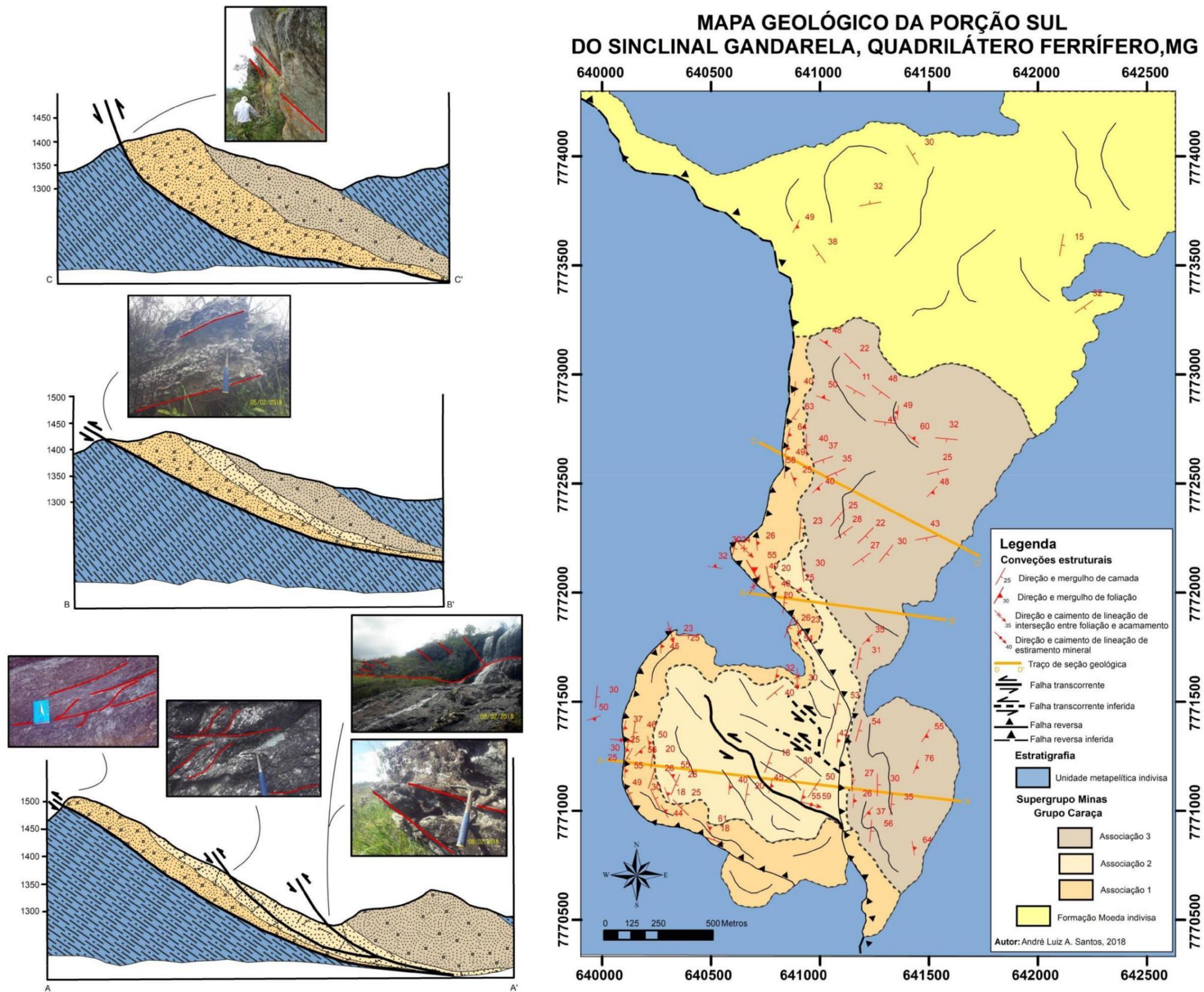


Figura 17: Mapa geológico da área de estudo, denominada “bota”.

4.2 ESTRATIGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO

Na área estudada, os litotipos da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) afloram em grande extensão, sendo capeados por uma unidade metapelítica. A natureza do contato entre a unidade metapelítica e os litotipos conglomeráticos e arenosos da Formação Moeda é do tipo tectonizado na porção ocidental da área, ocorrendo de forma abrupta com extensão lateral na escala de centenas de metros formando uma serra alongada de direção NS. Já no limite oriental da área, o contato é gradacional, interdigitado e sua delimitação não é tão clara como observado na parte oeste. Ao leste, a unidade metapelítica apresenta feições de relevo tanto de morrotes (porções elevadas com suave ondulação), alagados (porções rebaixadas e/ou relativamente planas) e de alguns vales encaixando drenagens.

Os próximos itens abordam de forma geral o caráter litoestratigráfico das rochas observadas durante os trabalhos de campo, assim adquirindo os dados necessários para a construção de uma coluna estratigráfica da Formação Moeda representativa na área de estudo.

4.2.1 Unidade metapelítica indivisa

A unidade metapelítica identificada pelo estudo compõe tanto o *datum* de base quanto o de topo das colunas estratigráficas apresentadas neste TCC (ver Figuras 31 e 32, item 4.4). Esta unidade consiste em filitos de coloração cinza e tonalidades alaranjada e ocre de alteração, apresentam uma foliação bem marcada e lineações de crenulação nos planos de clivagem (Figura 18).

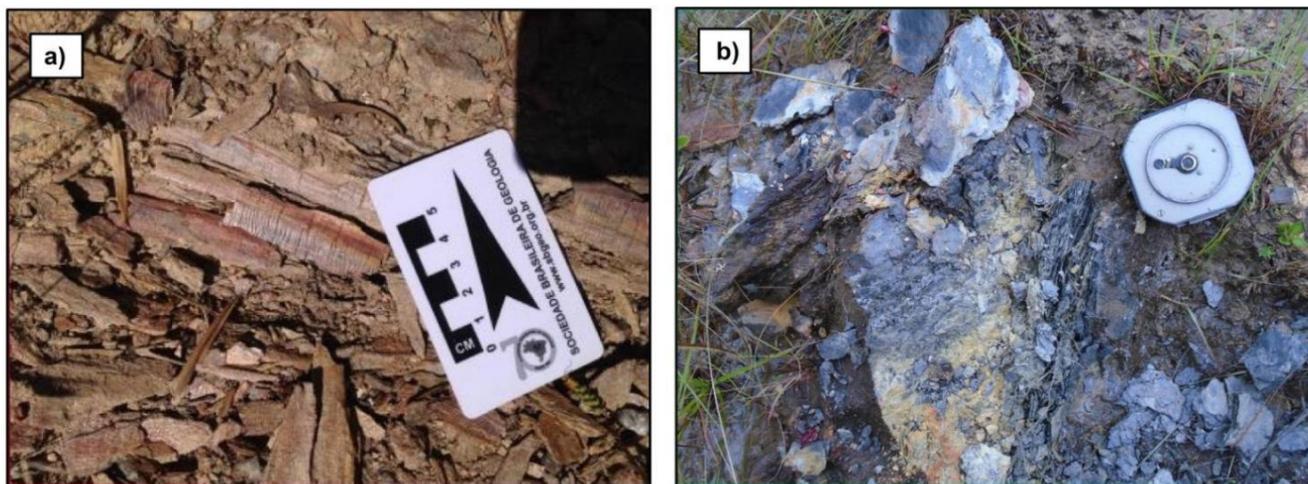


Figura 18: a) Unidade metapelítica com tonalidades alaranjada e ocre de alteração e presença de lineações de crenulação (porção ocidental da área de estudo). b) Unidade metapelítica de coloração cinza escuro (porção oriental da área de estudo).

4.2.2 Fácies da Formação Moeda

Na área de estudo, foram identificadas nove fácies constituindo a Formação Moeda. A identificação das fácies foi feita com base no litotipo (composição mineralógica e granulometria) e na presença de estruturas sedimentares preservadas. As fácies estão representadas por siglas como sugerido por Tucker (2014), (ver tabela 2, item 1.5.2) e aparecem devidamente identificadas nas colunas estratigráficas levantadas (ver Figuras 31 e 32, item 4.4). A tabela 3, a seguir, apresenta uma breve descrição das nove litofácies identificadas relacionando-as com seus respectivos processos deposicionais segundo Miall (1992). Uma descrição mais detalhada das referidas fácies é feita nos próximos tópicos.

Tabela 3: Litofácies da Formação Moeda na área de estudo (adaptado de Tucker, 2014 e modificado de Miall, 1992).

Código da Fácies	Fácies	Estruturas sedimentares	Processo de deposição
Ccts	Metaconglomerado clasto suportado seixos de 2 cm até blocos de 12 cm, com lentes arenosas	Sem estruturas visíveis, maciço	Depósitos residuais de barras longitudinais, depósitos de peneiramento aluvial
Cm	Metaconglomerado matriz suportado seixos de 1 até 2 cm matriz arenosa mal selecionada	Sem estruturas visíveis, maciço	Preenchimento de canais
Cmts	Metaconglomerado matriz suportado seixos de 2 cm até blocos de 8 cm matriz arenosa mal selecionada	Sem estruturas visíveis, maciço	Depósitos de fluxo de detritos
gAcd	Metarenito mal selecionado de granulação areia média a grossa com clastos dispersos	Sem estruturas visíveis, maciço	Preenchimento de sulcos
gAcn	Metarenito de granulação areia fina a grossa, presença de cristais de cianita com textura decusada	Sem estruturas visíveis, maciço	Depósitos de linha de costa
gAm	Metarenito de coloração branca e granulação areia fina a grossa maciço	Sem estruturas visíveis, maciço	Depósitos de linha de costa
mgAa	Metarenito mal selecionado de granulação areia média a muito grossa com lentes de pelito e metaconglomerado matriz suportado	Estrato cruzado acanalado	Regime de fluxo inferior
mgAm	Metarenito mal selecionado de granulação areia média a muito grossa com lentes de metaconglomerado matriz suportado	Sem estruturas visíveis, maciço	Preenchimento de canais
mgAp	Metarenito mal selecionado de granulação areia média a muito grossa com lentes de metaconglomerado matriz suportado	Estrato cruzado tabular	Barras linguóides

Metaconglomerado suportado pelos clastos (Ccts)

Esta fácies é composta por metaconglomerado oligomítico de coloração clara e tonalidade clara, clasto suportados (Figuras 19-a e 19-c). A composição mineralógica dos clastos é de quartzo leitoso, quartzo fumê e quartzito, possuem tamanho variando de seixos com 2 cm até blocos de 12cm sendo que a moda possui 4cm. De forma geral, o formato dos clastos vai de anguloso até arredondado com esfericidade baixa (Figura 19-c). Por vezes, ocorrem dentro dos pacotes deste metaconglomerado, lentes de metarenito quartzítico de granulação areia média, mal selecionado (Figura 19-b).

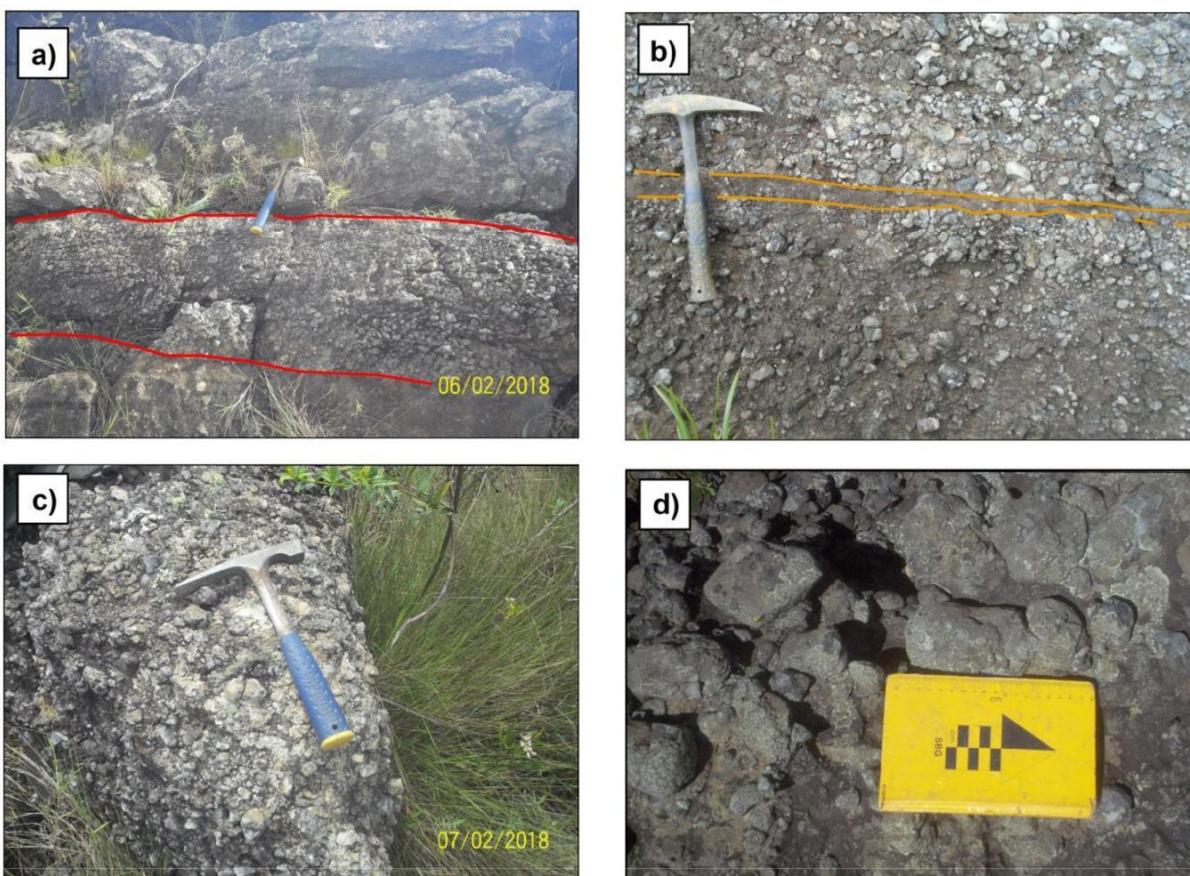


Figura 19: a) Camada de metaconglomerado clasto suportado com os limites indicado pelas linhas vermelhas (azimute da foto: 210°). b) Em destaque, lente de metarenito dentro do pacote de metaconglomerado *Ccts* indicada pelas linhas alaranjadas. c) Bloco rolado de metaconglomerado clasto suportado. d) Em detalhe o formato e o tamanho dos clastos do metaconglomerado da fácies *Ccts* (foto em planta).

Metaconglomerado matriz suportado de seixos menores (Cm)

Esta litofácies é composta por metaconglomerado maciço, oligomítico, matriz suportado, de cor arroxeadada e tonalidade ocre (Figuras 20-a e 20-b). Os clastos possuem composição mineralógica de quartzo leitoso, quartzo fumê e quartzito, com formato anguloso até subarredondado, esfericidade baixa e a dimensão dos seixos é majoritariamente de 1 até 2 cm. A matriz é mal selecionada com grãos de quartzo e sericita na fração areia fina a grossa.

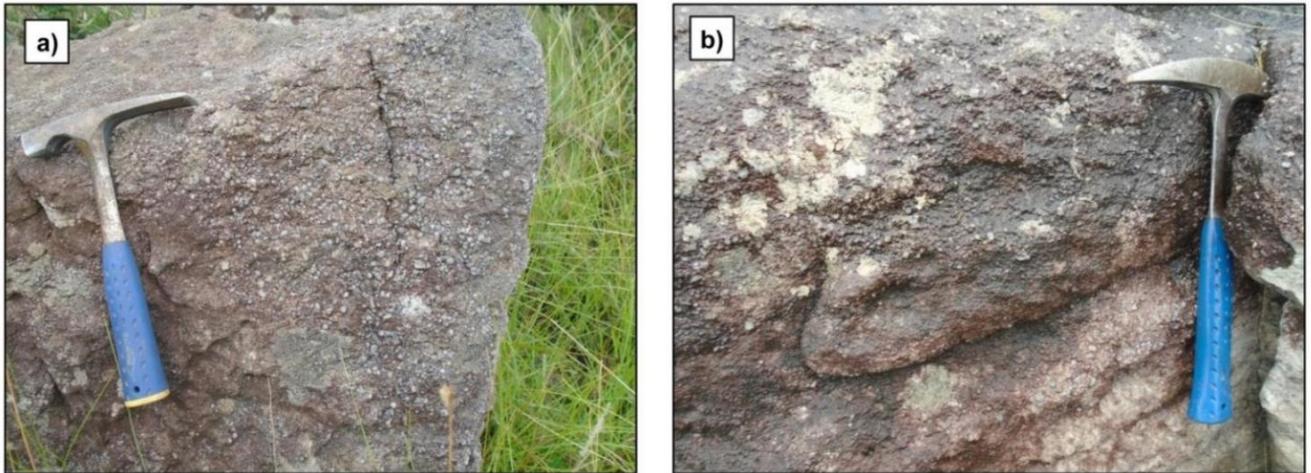


Figura 20: a) Metaconglomerado matriz suportado da fácies *Cm* perceba a dimensão dos clastos. (foto com visada para NE).
b) Metaconglomerado matriz suportado de seixos menores, coloração arroxeadada. (azimute da foto: 85°).

Metaconglomerado matriz suportado de seixos maiores (Cmts)

A fácies *Cmts* é composta por pacotes de metaconglomerado oligomítico, matriz suportado de coloração arroxeadada e tonalidade clara (Figuras 21-a e 21-b). A matriz é quartzosa e sericítica, mal selecionada com granulação areia média a grossa. Já os clastos são de quartzo leitoso, quartzo fumê e quartzito com dimensão que varia de seixos de 3cm a blocos de 8cm (Figura 21-c). O formato dos clastos é classificado como subanguloso a subarredondado de esfericidade baixa.

Em algumas porções, no interior das camadas de metaconglomerado *Cmts* ocorrem lentes de metarenito mal selecionado de granulação areia média a grossa. Essas lentes arenosas, por definição são descontínuas lateralmente e se apresentam com espessura máxima de 6cm no centro e vai afinando a medida que se desloca para as extremidades (Figura 21-d). A composição mineralógica dessas lentes é quartzosa e possuem cor arroxeadada.

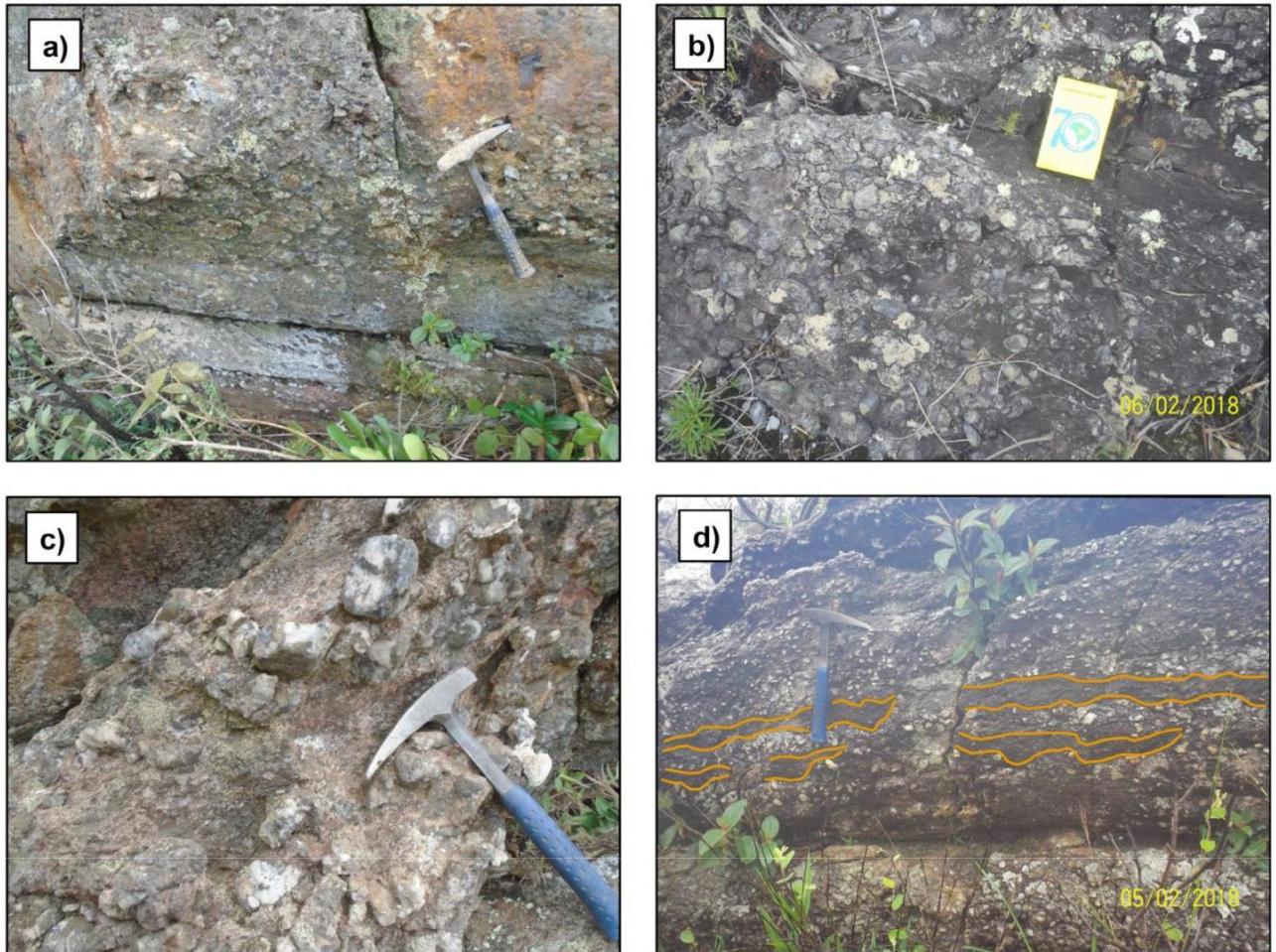


Figura 21: a) Metaconglomerado *Cmts* coloração arroxeada e tonalidade ocre. b) Fácies *Cmts*; (foto com visada para NE). c) Metaconglomerado matriz suportado *Cmts* em detalhe a geometria dos clastos de quartzo leitoso. d) Lentes de metarenito com os limites traçados pelas linhas alaranjadas, no interior de pacote da fácies *Cmts*; (azimute da foto: 157°).

Metarenito mal selecionado com clastos dispersos (gAcd)

Esta fácies se expressa como um metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia média a grossa de quartzo, coloração cinza clara (Figura 22-a). A litofácies apresenta clastos dispersos, cujo tamanho varia entre 2 até 8 cm e possui composição mineralógica de quartzo leitoso, quartzo fumê e quartzito com formato anguloso a subarredondado e esfericidade alta (Figura 22-b).

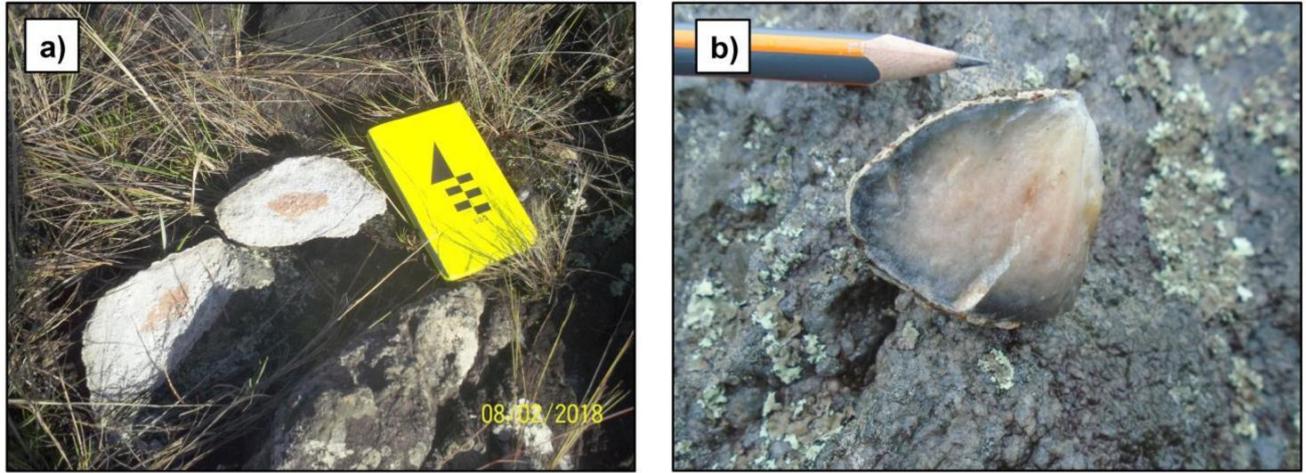


Figura 22: a) Foto de afloramento em planta do metarenito *gAcD* (azimute da foto: 150°). b) Em detalhe um clasto de quartzito com textura de recristalização, componente da litofácies *gAcD*.

Metarenito quartzítico foliado com cristais de cianita (gAcn)

Esta litofácies é composta por metarenito quartzítico de granulação areia fina a grossa, de coloração branca e tonalidade cinza claro, e apresenta cristais aciculares de cianita com textura decusada (Figura 23-a). No ponto L10 (ver Tabela de Descrição de Pontos, Anexo 1) a litofácies *gAcn* ocorre deformada por um foliação bem marcada (Figura 23-b). Também foi observado, que no ponto L44 (ver Tabela de Pontos, Anexo 1), esta fácies ocorre intercalada com zonas de quartzo leitoso de espessura métrica (Figura 24-a) e planos mineralizados de cristais centimétricos aciculares de cianita, de coloração azul característica (Figura 24-b e 24-c).

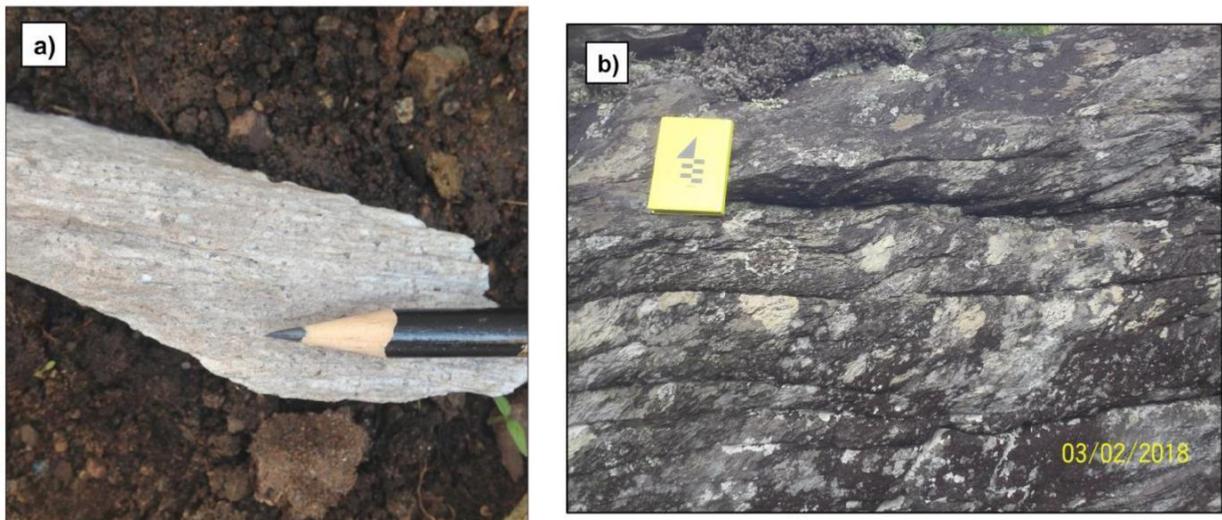


Figura 23: a) Metarenito da fácies *gAcn*. b) Afloramento do ponto L10, com foliação bem marcada (azimute da foto: 180°).

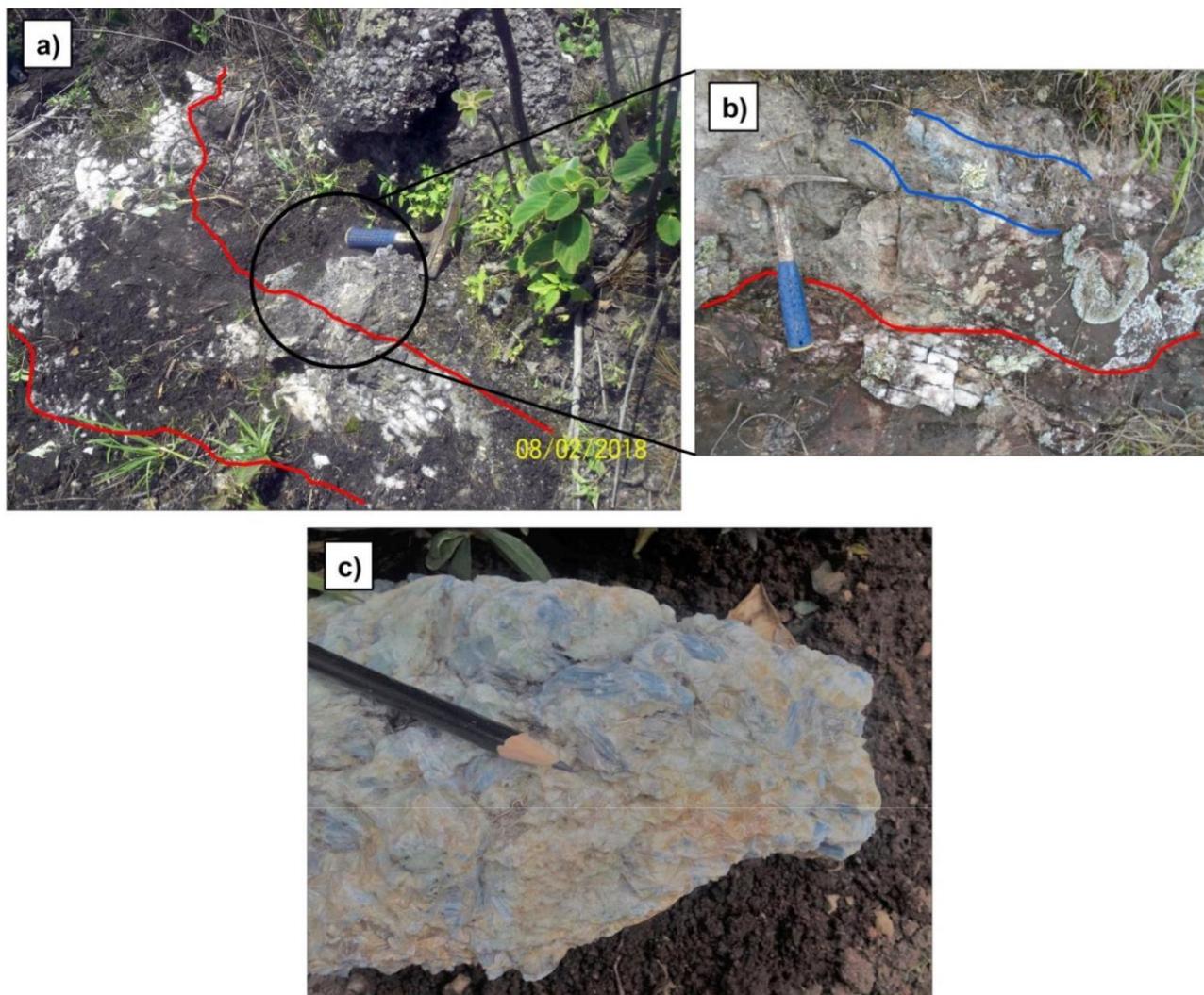


Figura 24: a) Zona de espessura métrica de quartzo leitoso indicado pelas linhas em vermelho (azimute da foto: 40°). b) Em evidência pelas linhas em azul, plano mineralizado de cristais de cianita (aumento da foto anterior). c) Em detalhe, cristais aciculares centimétrico de cianita azul com textura decusada (foto retirada no ponto L44).

Metarenito quartzítico branco maciço (gAm)

A fácies *gAm* compreende pacotes de metarenito quartzítico, maciço, de coloração cinza esbranquiçada, de granulação areia fina a grossa (Figura 25-a e 25-b). Apresenta foliação (S_n) de difícil detecção (Figura 25-d). Essa litofácies é composta basicamente de grânulos compactos de quartzo, possuindo grande resistência ao choque mecânico (dificuldade para se quebrar com o martelo) e à ação intempérica. Contudo, apresenta estrutura erosiva alveolar bem evidente (Figura 25-c).

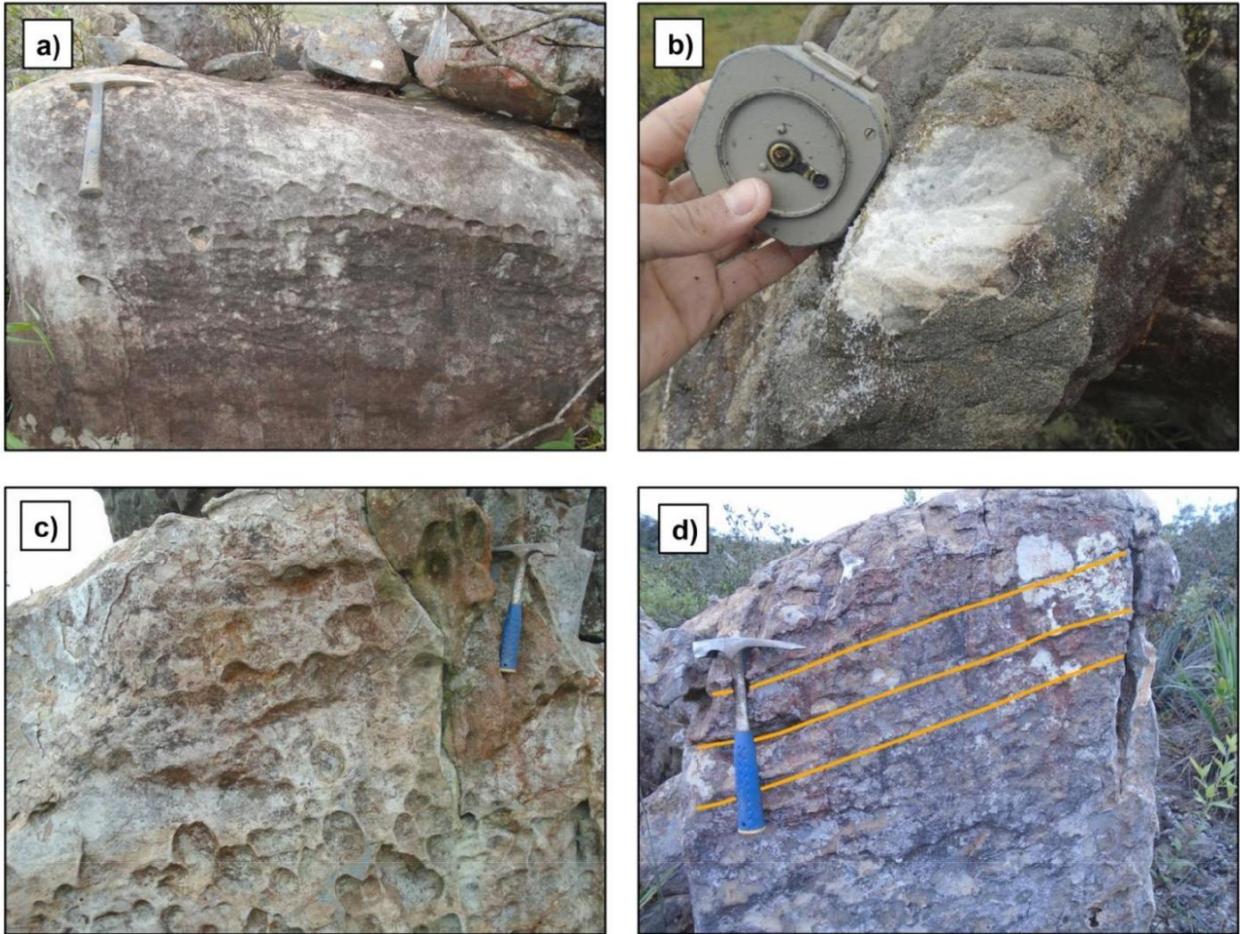


Figura 25: a) Afloramento da fácies *gAm* (foto com visada para SW). b) Metarenito quartzítico “puro” de coloração branca, litofácies *gAm*. c) Afloramento com estrutura de erosão alveolar, fácies *gAm*. d) Em destaque pelas linhas alaranjadas, foliação (Sn) em afloramento da litofácies *gAm* (azimute da foto: 190°).

Metarenito com estrato cruzado acanalado (mgAa)

A litofácies *mgAa* consiste em metarenitos quartzíticos mal selecionados, com granulação que varia de areia média a muito grossa, e cor cinza esbranquiçada (Figura 26-a). Apresenta lentes metaconglomeráticas matriz suportado com clastos de tamanho modal 2cm e composição mineralógica de quartzo leitoso, quartzo fumê e quartzito, com matriz arenosa quartzítica e espessura máxima de 5cm (Figura 26-b).

Esta fácies apresenta estruturas sedimentares de estrato cruzado acanalado, preservado na sua forma normal (com o topo virado para cima), indicando direção de paleocorrente medida: 230°, 235° e 220° (Figura 26-c). No ponto L27 (ver Tabela de Pontos, Anexo 1), foi observado lentes metapelíticas de espessura milimétricas (Figura 26 -d).

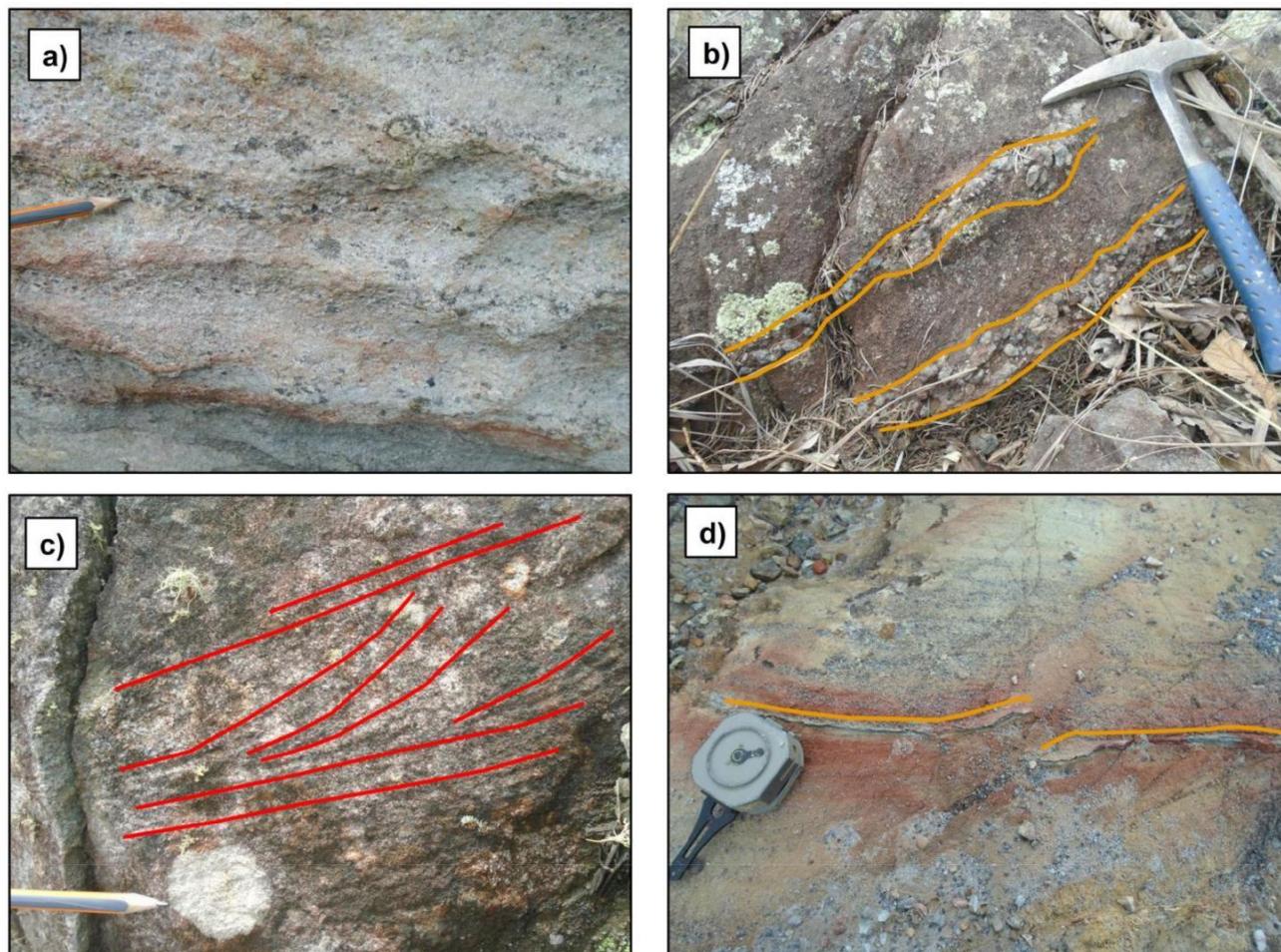


Figura 26: a) Metarenito das fácies (*mgAa*); (foto com visada para NW). b) Lentes de metaconglomerados com os limites traçados pelas linhas alaranjadas (azimute da foto: 290°). c) Estrutura sedimentar de estrato cruzado acanalado evidenciado pelas linhas vermelhas (azimute da foto: 325°). d) Lente pelítica em destaque pelas linhas alaranjadas (foto em planta no ponto L27).

Metarenito quartzítico maciço (mgAm)

Esta fácies é composta por metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia média a muito grossa, coloração arroxeadada (Figura 27-a). Apresenta lentes centimétricas de metaconglomerado matriz suportado com clastos angulosos a subarredondados de esfericidade alta, compostos por quartzo leitoso, quartzo fumê e quartzito. O tamanho dos clastos varia de 1 até 5 cm e a espessura média das lentes é de 10 cm (Figura 27-b). A litofácies *mgAm* ocorre de forma maciça, ou seja, não foi observada nenhuma estrutura sedimentar preservada.

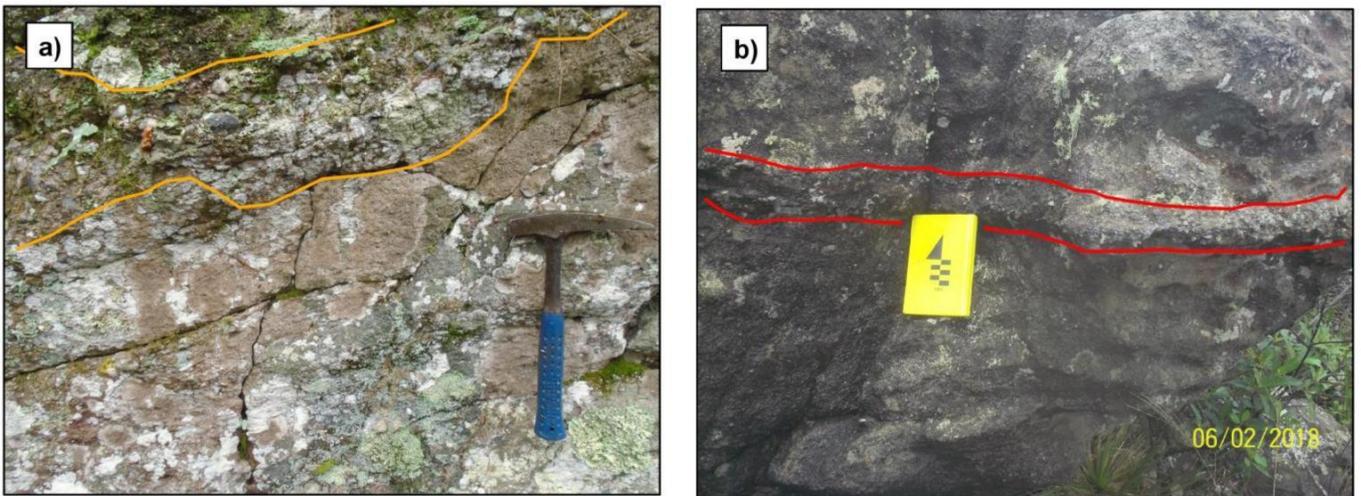


Figura 27: a) Afloramento da fácies *mgAm* com lente de metaconglomerado matriz suportado com os limites traçados pelas linhas alaranjadas (azimute da foto:182°). b) Em destaque pelas retas em vermelho uma lente de metaconglomerado matriz suportado dentro de um pacote de metarenito da litofácies *mgAm* (foto com visada para NE).

Metarenito quartzítico com estrato cruzado tabular (mgAp)

A litofácies *mgAp* aflora em camadas de metarenito quartzítico de coloração branca (Figura 28-a). Apresenta mal selecionamento com granulação de areia média a muito grossa e lentes de metaconglomerado matriz suportado composto por clastos de quartzo leitoso, quartzo fumê e quartzito. Essas lentes possuem seixos de tamanho modal de 1 cm e formato subanguloso a arredondado de esfericidade baixa (Figura 28-b). Ocorrem também nesta fácies, estruturas sedimentares de estratos cruzados tabulares com direções medidas de paleocorrente: 185°, 175° e 165° ou seja, movimento preferencial de transporte de N para S.

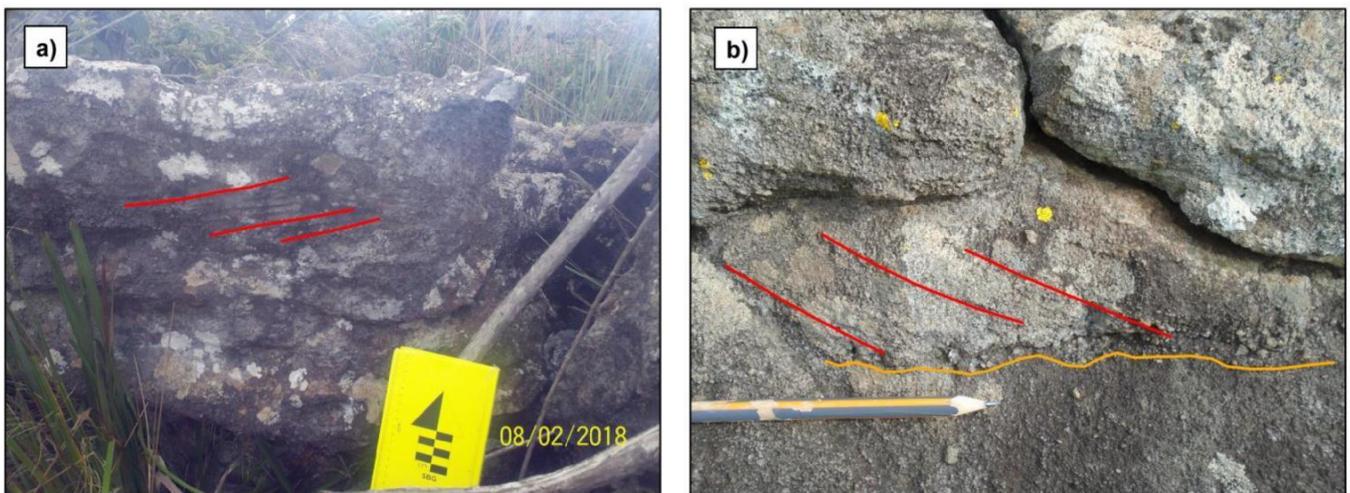


Figura 28: a) Afloramento de metarenito quartzítico da fácies (*mgAp*) com estrutura de estrato cruzado tabular evidenciado pelas linhas em vermelho (foto com visada para SE). b) Em detalhe pela linha alaranjada a base de uma lente de metaconglomerado matriz suportado e acima a presença de estratificação cruzada tabular mostrada pelas retas vermelhas (azimute da foto:145°).

4.3 PERFIS ESTRATIGRÁFICOS

Com o objetivo de confeccionar uma coluna estratigráfica representativa da Formação Moeda na área de estudo, foram realizados dois perfis regionais denominados Perfil Fazenda Capivary e Perfil Morro da Antena (Figuras 28 e 29). O Perfil Fazenda Capivary é composto por três seções menores separados entre si por hiatos, ora devido à repetição de camadas, ora por caminhamento lateral. Já o Perfil Morro da Antena foi levantado em dois dias e cobriu uma distância horizontal de mais de 1060 metros sendo possível o seu desenvolvimento contínuo devido à facilidade toponímica e de acesso à área (existem placas, cercas, antenas de transmissão elétrica e estradas não pavimentadas em boa parte deste segmento da área de estudo). Os perfis foram levantados segundo a metodologia descrita no item 1.5.2 deste TCC, o qual basicamente consiste no empilhamento vertical, ortogonal as direções das rochas aflorantes por meio de uma régua graduada (vara de Jacó) e de uma bússola de geólogo. Alguns parâmetros físicos a respeito dos perfis realizados se encontram na tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros dos perfis estratigráficos levantados.

Perfil	Dias de levantamento	Cota mínima e máxima (em metros)		Distância percorrida (em metros)	Comprimento vertical empilhado (em metros)
Perfil Fazenda Capivary	02/02/2018	1440	1509	539,30	100,00
	09/02/2018	1290	1307	102,97	20,00
	03/02/2018	1257	1299	389,33	78,10
		Altitude média: 1393 m		Total: 1031,60 m	Total: 198,10 m
Perfil Morro da Antena	07/02/2018	1391	1424	483,75	159,00
	08/02/2018	1327	1404	579,47	107,00
		Altitude média: 1389 m		Total: 1063,22 m	Total: 266,00 m

4.3.1 Perfil Fazenda Capivary

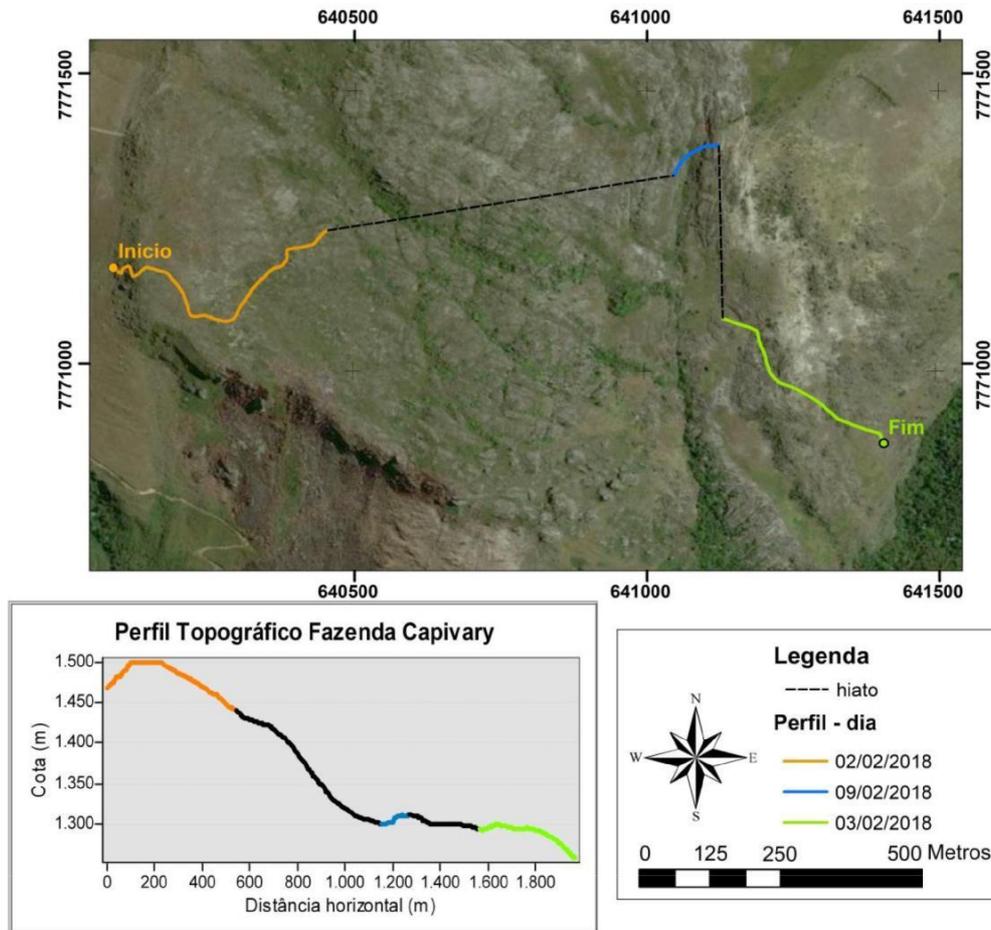


Figura 29: Caminhamento do perfil Fazenda Capivary, segmentado por data de levantamento: linha alaranjada (02/02/18); linha azul (09/02/18); e linha verde (03/02/18), seguido por seu respectivo perfil topográfico.

O Perfil Fazenda Capivary foi desenvolvido de forma fragmentada, composto por três segmentos cobrindo uma distância horizontal total de 1031,60 metros e uma espessura de 198,10 metros (Figura 29). O perfil é acessado por estrada não pavimentada aberta pela mineradora Companhia Vale do Rio Doce em direção à antiga área de pesquisa da própria empresa, denominada Fazenda Capivary.

O primeiro segmento se inicia no pé da serra do Capivary (porção ocidental) delimitando assim o *datum* de base do perfil, dado pela unidade metapelítica já descrita anteriormente. Este segmento se prolonga para o contato adrupto e tectonizado entre a unidade metapelítica com os litotipos arenosos e conglomeráticos da Formação Moeda. Do topo da serra do Capivary, este segmento se estende por aproximadamente 540 metros para o leste até ser interceptado por uma zona de cisalhamento, que combinado com a queda da topografia, provoca a repetição de pacotes litoestratigráficos já empilhados durante este levantamento da Formação Moeda.

O segundo segmento compreende ao trecho da cachoeira do Capivary, formada por uma queda d'água com mais de 5 metros de altura proveniente de uma drenagem intermitente localizada em um plano de falha reversa. Já o terceiro segmento se refere à porção mais oriental do perfil e representa a continuação do levantamento estratigráfico feito no segmento anterior, após caminhamento lateral, de aproximadamente, 300 metros para o sul. Este caminhamento foi realizado seguindo paralelamente a direção do último pacote medido, e controlando o acamamento sedimentar das rochas ao redor, para garantir a permanência do mesmo nível estratigráfico. A última parte do perfil Fazenda Capivary possui extensão horizontal de quase 390 metros e se encerra no contato gradacional entre as rochas da Formação Moeda com a unidade metapelítica. Essa última, considerada como referência na base do perfil corresponde também ao *datum* de topo.

4.3.2 Perfil Morro da Antena

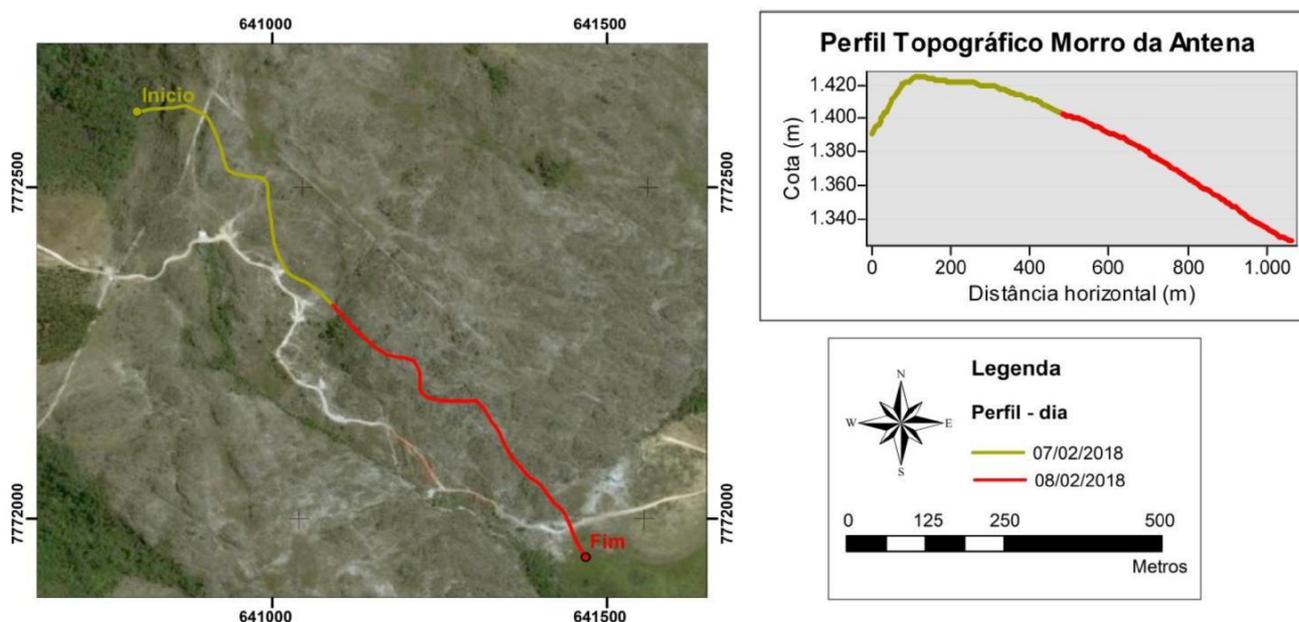


Figura 30: Caminhamento do perfil Morro da Antena, por dia realizado: linha verde escuro (07/02/18); e linha vermelha (08/02/18), seguido pelo respectivo perfil topográfico.

O Perfil Morro da Antena foi realizado em caminhamento de fácil acesso, lateralmente a uma estrada não pavimentada local, que liga propriedades rurais da cidade de Rio Acima até a parte nordeste da serra de Capanema (Figura 30). Foram levantados um total de 266,00 metros e percorridos uma distância horizontal de 1063,22m (Tabela 4). O perfil é marcado pelo contato inferior abrupto e tectonizado entre a unidade metapelítica e os metaconglomerados da Formação Moeda. Já o contato superior ocorre também com essa unidade metapelítica, porém agora, de forma gradacional. Na altura estratigráfica dos 73,2m e dos 225,3m foram identificadas estruturas sedimentares preservadas de estratos cruzados acanalados e tabulares, respectivamente. Algumas medidas de paleocorrente foram tomadas nestas estruturas, indicando uma direção preferencial de transporte de N para S.

4.4 COLUNAS ESTRATIGRÁFICAS

Os dados coletados através dos levantamentos dos perfis estratigráficos estão representados, pelas colunas estratigráficas homônimas, aos respectivos perfis (Figuras 31 e 32). A disposição litoestratigráfica entre as nove fácies da Formação Moeda, identificadas na área de estudo, é apresentada no formato de coluna, com o intuito de estabelecer relações de topo e base entre os pacotes rochosos descritos. Para isso, foi utilizado o conceito de associação de fácies (Walker, 1992) com a finalidade de agrupar litofácies com características sedimentológicas semelhantes. Na terminação meridional do sinclinal Gandarela, foram estabelecidas três associações de litofácies, que serão melhores apresentadas no próximo capítulo.

A Coluna Estratigráfica Fazenda Capivary (Figura 31) que representa a porção sul da área de estudo, possui considerável espessura das três associações mencionadas. Essa coluna mostra a atuação de pelo menos dois sistemas deposicionais distintos no local, marcados pela diferença granulométrica entre a Associação 2 com as demais (Associação 1 e Associação 3). A ausência de estruturas sedimentares é um fator que sugere uma posição específica dentro da bacia geradora destas rochas, ou a completa obliteração destas estruturas por efeito deformacional.

A Coluna Estratigráfica Morro da Antena (Figura 32), que se localiza ao norte da coluna Fazenda Capivary, não possui fácies relacionadas à Associação 2. Essa coluna mostra o espessamento da Associação 3, em direção a porção setentrional da área de estudo, e apresenta também, pacotes rochosos com estrutura sedimentar de estratos cruzados acanalados e tabulares preservados.

Uma descrição detalhada do empilhamento apresentado pelas colunas é feita no formato de tabela que se encontram nos anexos 2 e 3 deste TCC. O próximo capítulo discute a relação entre essas duas colunas na interpretação paleoambiental da área de estudo, segundo o modelo sedimentológico de associação de litofácies, proposta por Walker (1992).

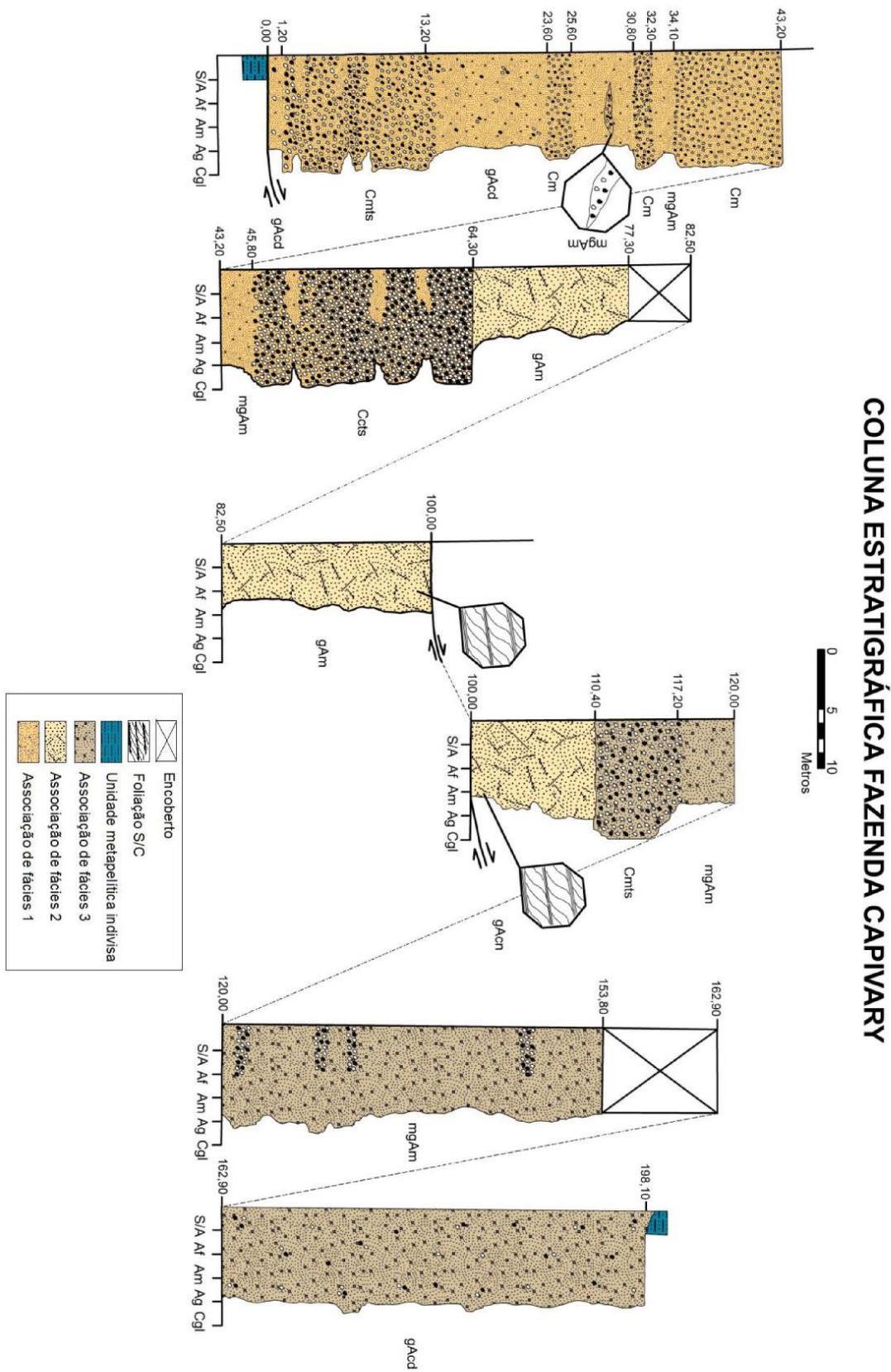


Figura 31: Coluna estratigráfica Fazenda Capivary, em escala proporcional a página.

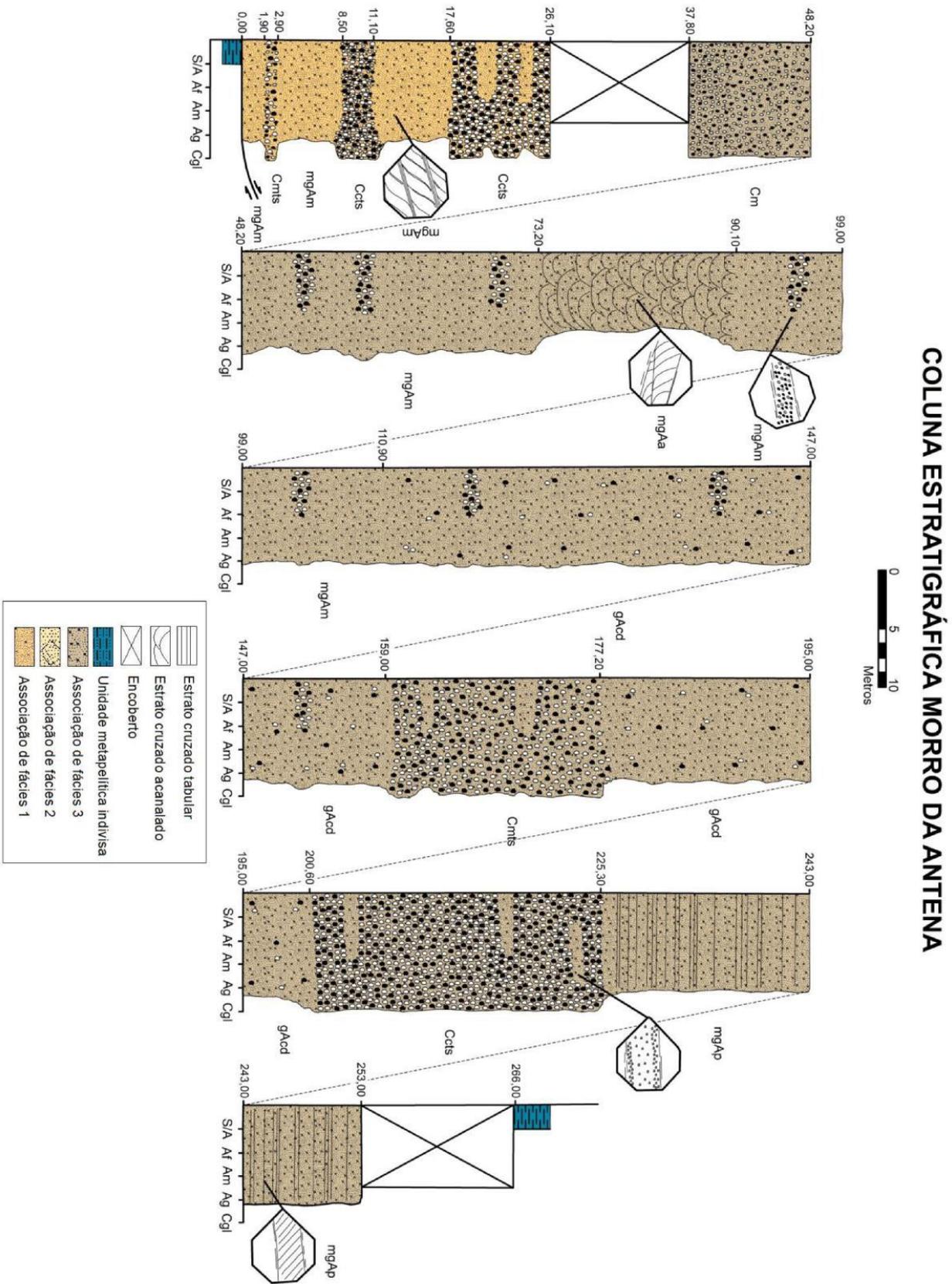


Figura 32: Coluna estratigráfica Morro da Antena, em escala proporcional a página.

CAPÍTULO 5

DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

5.1 ASSOCIAÇÕES DE LITOFÁCIES

A partir da identificação e descrição das nove litofácies que compõe a Formação Moeda na área de estudo, foi possível agrupá-las em três associações de acordo com Tucker (2014) e Miall (1992) com base nas características físicas e mineralógicas (Figura 33). Assim, se busca estabelecer a reconstrução do paleoambiente gerador dos litotipos da Formação Moeda que afloram na região estudada. As descrições das três associações de litofácies, da base para o topo, são apresentadas a seguir e resumidas pela tabela 5.

Tabela 5: Descrição e interpretação das associações de litofácies da Formação Moeda no segmento sul do sinclinal Gandarela.

Associação	Litofácies	Interpretação deposicional	Representatividade	
			Perfil Fazenda Capivary	Perfil Morro da Antena
Alf 1	Ccts, Cm, Cmts, gAcid e mgAm	Depósitos proximais a médio de planície aluvial dominado por rio entrelaçado	64,30m	37,8m
			32,5%	14,3%
Alf 2	gAcn e gAm	Depósitos litorâneos de planície costeira	46,10m	0m
			23,3%	0,0%
Alf 3	Ccts, Cm, Cmts, gAcid, mgAa, mgAm e mgAp	Depósitos distais de leque fluvial de rio entrelaçado	87,70m	228,20m
			44,2%	85,7%

Associação de litofácies 1 (Alf 1): Depósito proximal a médio de leque aluvial de baixa declividade

Esta associação compreende uma combinação de fácies metaconglomeráticas e metareníticas mal selecionadas, de granulação média a muito grossa, maciças de composição quartzítica e sericítica, com clastos de quartzo leitoso, fumê e quartzito, cuja dimensão máxima medida foi de 12 cm. Apresenta uma representatividade de 32,5% na coluna Fazenda Capivary e 14,3% na coluna Morro da Antena.

A *Alf 1*, ocorre em contato abrupto e tectonizado com uma unidade metapelítica em ambos os perfis realizados, e se espessa em direção ao leste formada pelas litofácies: *Ccts*, *Cm*, *Cmts*, *gAcd* e *mgAm*. Devido à homogeneidade composicional e no formato dos clastos, é provável que sua proveniência seja de uma única área fonte. O sistema deposicional desta associação é interpretado como sendo fluxo de detritos e de corrente na parcela proximal a média de um leque aluvial com baixa declividade (Assine, 2008). Uma vez que os metaconglomerados não apresentam clastos com dimensões na categoria de matacão, característicos de rochas proximais de leque com alto declive e tampouco, apresentam estruturas sedimentares características de fluxos preenchendo canais e barras da porção distal de leques fluviais (Assine, 2008).

Associação de litofácies 2 (Alf 2): Depósitos de planície costeira

A *Alf 2* é composta pelas fácies *gAcn* e *gAm*, as quais foram identificadas em afloramentos apenas no perfil Fazenda Capivary cuja espessura é de 46,10 metros. Sua continuidade para o norte diminui de espessura até não ser mais identificada no Perfil Morro da Antena. A passagem da *Alf 1* para esta associação ocorre em contato angular no perfil Fazenda Capivary e as litofácies que compõe esta associação é cortada por um sistema penetrativo de pares conjugados de fraturas, que estão preenchidos por quartzo leitoso. Os metarenitos quartzíticos da *Alf 2* se apresentam com uma granulação mais fina, com pouca ou nenhuma quantidade de sericita que os demais metarenitos identificados. A litofácies *gAm*, durante o caminhamento do Perfil Fazenda Capivary foi considerado um horizonte guia, devido a clara evidência de mudança textural nas rochas observadas, que inclusive, é representativa na paisagem da serra do Capivary, em escala de afloramento. A fácies *gAcn* é marcada por uma foliação bem evidente e pela presença de cristais macroscópicos de cianita acicular, o que revela um incremento local de pressão ocorrida nesta parte da área de estudo. A *Alf 2* é segmentada por planos de falhas e faz contato de topo com a *Alf 3* de forma discordante e angular. A deposição dos sedimentos desta associação, devido a sua granulação que varia de areia fina a grossa e ao caráter maciço dos afloramentos, é interpretado como sendo depósitos de planície costeira (Villaça 1981).

Associação de litofácies 3 (Alf 3): Depósito distal de leque fluvial dominado por rio entrelaçado

Esta associação consiste na reunião das fácies *Ccts*, *Cm*, *Cmts*, *gAcd*, *mgAa*, *mgAm* e *mgAp*. Aflora em grande extensão no perfil Morro da Antena possuindo a representatividade de 85,7% na espessura total da respectiva coluna estratigráfica. Já na coluna Fazenda Capivary, sua espessura é de 87,70 metros. As associações *Alf 1* e *Alf 2* possuem similaridades granulométricas e texturais, porém o fator que as diferenciam é a presença de estruturas sedimentares, consistindo em estratos cruzados acanalados e tabulares. Apesar de não terem sido encontrados estruturas sedimentares preservadas no segmento oriental do perfil Fazenda Capivary (ver Figura 28, item 4.3.1), foi adotado sua inserção na *Alf 3* devido a continuidade inferida por fotointerpretação do pacote de quase 230m desta associação que aflora no perfil Morro da Antena. O sistema deposicional da *Alf 3* é interpretado como depósitos

de preenchimento de canais e barras cascalhosas e arenosas em parcela distal de leque aluvial dominado por rio entrelaçado.

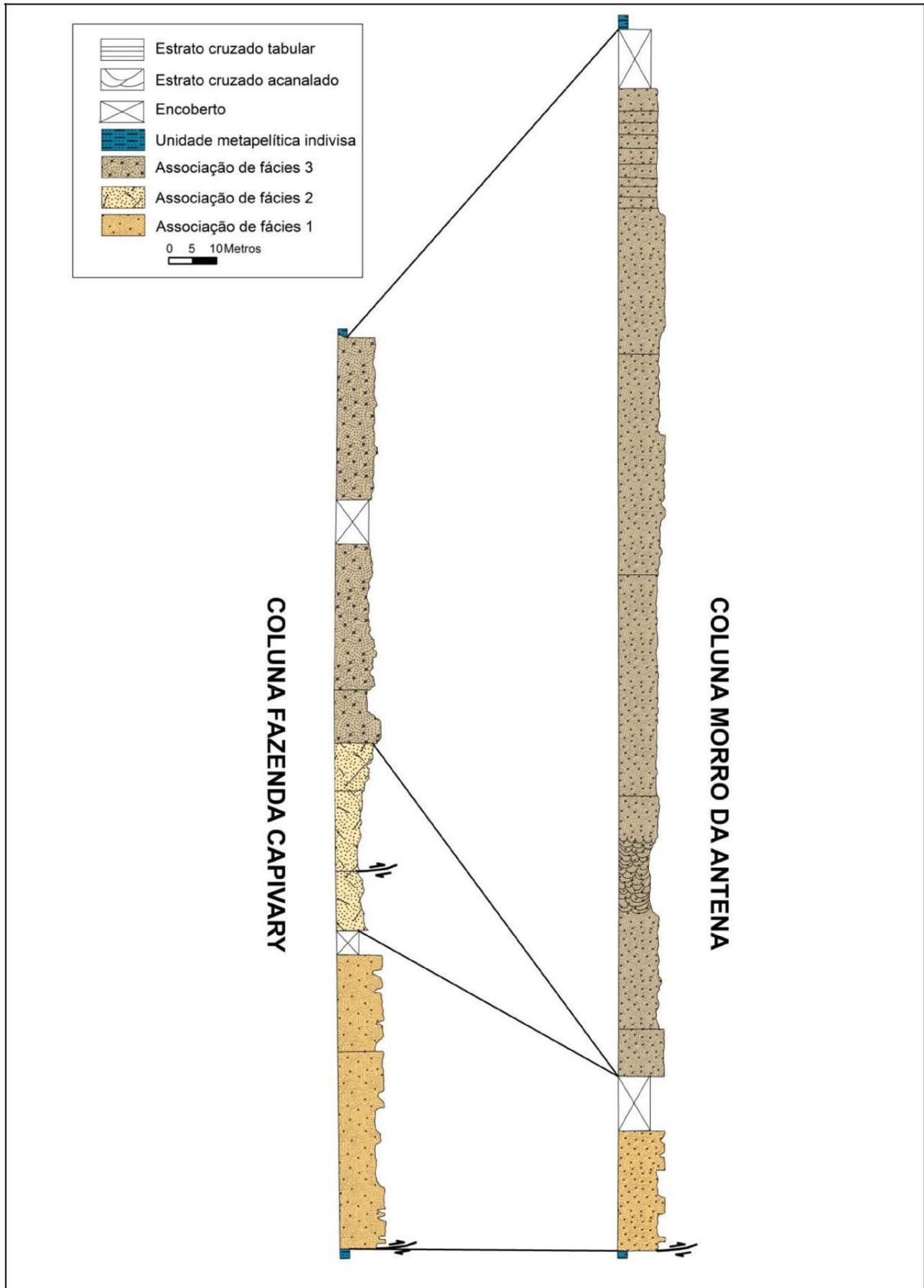


Figura 33: Integração dos perfis Fazenda Capivary e Morro da Antena em relação as associações de litofácies interpretadas.

5.2 RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho apresenta uma possível reconstrução paleoambiental da área de estudo, com base em aspectos sedimentológicos, identificados por meio de levantamentos estratigráficos. A interpretação dos sistemas deposicionais, referente às três associações de litofácies, estabelecidas na região da “bota”, apontam para a atuação de um complexo de leque aluvial dominado por sistema fluvial entrelaçado, de baixa declividade, e com transição localizada para uma planície costeira.

O modelo deposicional de um leque aluvial dominado por rio entrelaçado é apresentado na figura 34-a. Enquanto que, a figura 34-b mostra a disposição das associações de fácies (*Alf 1*, *Alf 2* e *Alf 3*), interpretadas na terminação meridional do sinclinal Gandarela, segundo o modelo proposto neste TCC.

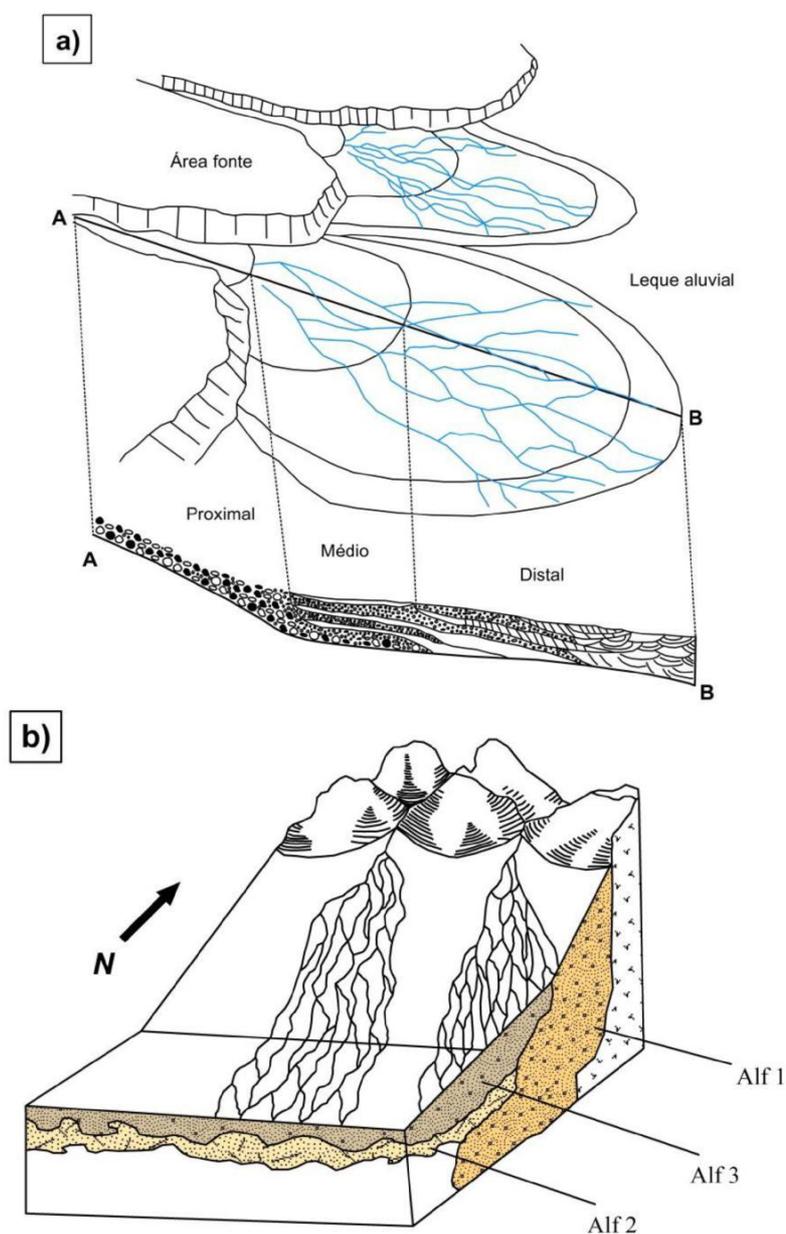


Figura 34: a) Modelo deposicional de um leque aluvial dominado por rio entrelaçado (modificado de Assine, 2008). b) Representação esquemática da disposição das associações de litofácies da Formação Moeda, no modelo proposto neste TCC.

5.3 HISTÓRIA EVOLUTIVA DA ÁREA DE ESTUDO

Em contextualização com as teorias mais aceitas sobre a evolução crustal do Quadrilátero Ferrífero, como por exemplo, Alkmim & Marshak (1998), e principalmente sobre a consolidação da Formação Moeda (Villaça 1981), o presente trabalho propõe uma história evolutiva do arcabouço estrutural e estratigráfico da área de estudo. Sabendo que, segundo essas teorias, os litotipos metaconglomeráticos, metareníticos e metapelíticos subordinados a Formação Moeda estão associados aos ambientes aluvial e marinho que operaram em transição na fase rifte da bacia Minas (Dorr, 1969). Condicionado a um regime extensional desenvolvido sob a influência de falhamentos normais e basculamento de blocos, a progressão para margem passiva consolidou a bacia Minas proterozóica que seria alimentada pela erosão de domos gnáissicos do embasamento cristalino e do Supergrupo Rio das Velhas (Farina *et al.*, 2015). O posterior fechamento da bacia ao final de um ciclo de Wilson ocasionou inversão estratigráfica e mais adiante, houve o retrabalhamento e reativação dessas antigas estruturas, comandados pelo conjunto de eventos tectônicos conhecido como ciclo Brasileiro (Renger *et al.*, 1995; Alkmim & Marshak, 1998; Dopico *et al.*, 2017).

Na área de estudo, a abertura de falhas associadas ao contexto extensional do evento Rio das Velhas, datado de 2580 Ma (Farina *et al.*, 2015), daria início a deposição dos sedimentos Moeda, com geração de leques aluviais de baixa declividade. A princípio, estes leques aluviais seriam dominados por fluxos de gravidade, gerando as fácies da *Alf1* (Figura 35-a). Posteriormente, um novo pulso de abertura permitiria a criação de uma planície costeira localizada, e a deposição da *Alf2* (Figura 35-b). Com mais um pulso de abertura, se estabeleceram na região leques aluviais dominados por rios entrelaçados, interpretados como sendo o sistema deposicional da *Alf3* (Figura 35-c). O desenvolvimento do regime extensional fez a região evoluir de uma crosta continental (Figura 35-d), para uma margem passiva. Nesta etapa, com o aumento do nível do mar, que afogaria os litotipos da Formação Moeda, seria gerada a unidade metapelítica ao redor da região (Figura 35-e). Ao final do ciclo colisional do Transamazônico datado entre 2.15 – 1.90 Ga (Almeida *et al.*, 2000), esforços compressivos deformariam a área reativando antigos planos de falha, culminando na geração de cinturões de cavalgamentos e zonas de cisalhamento. Posteriormente, dominados por esforços compressivos do ciclo Brasileiro, em 0.9 – 0.54 (Almeida *et al.*, 2000), estruturas herdadas seriam reativadas, formando o arcabouço estrutural e estratigráfico que hoje observa-se na “bota” (Figura 35-f). A última etapa de construção do relevo ocorre através da ação erosiva dos agentes intempéricos que atuaram e ainda atuam, na modificação superficial da área de estudo.

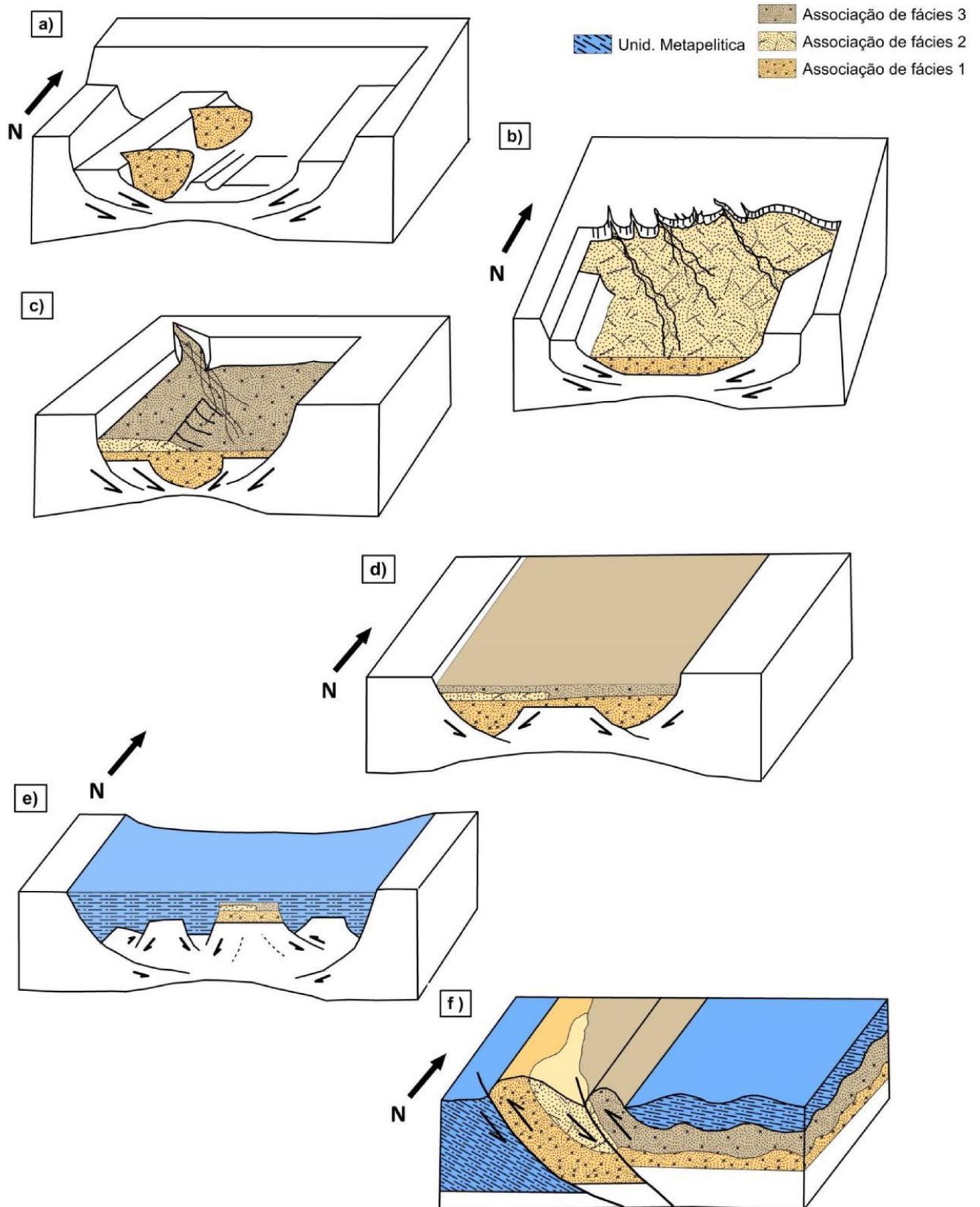


Figura 35: a) Bloco diagrama esquemático da deposição da Alf 1. b) Bloco diagrama esquemático da deposição da Alf 2. c) Bloco diagrama esquemático da deposição da Alf 3. d) Bloco diagrama esquemático da abertura de uma crosta continental durante o desenvolvimento de uma bacia, na área de estudo. e) Bloco diagrama esquemático do desenvolvimento de uma bacia do tipo margem passiva, na área de estudo. f) Bloco diagrama representativo do atual arcabouço estratigráfico e estrutural, segundo as interpretações deste trabalho para a terminação meridional do sinclinal Gandarela.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

A consolidação do arcabouço estrutural e estratigráfico da Formação Moeda na porção meridional do sinclinal Gandarela, região nordeste do Quadrilátero Ferrífero, MG é resultado da reativação de estruturas herdadas. O formato original dessas estruturas foram afetadas por um sistema dúctil-rúptil de deformação regional com transporte tectônico de leste para oeste que controla a ocorrência topográfica dos litotipos do Grupo Caraça na área de estudo. Há inclusive, evidências de metamorfismo de fácies xisto verde, e de uma significativa intensidade de esforços tectônicos que atuaram na região.

O estudo das rochas correlatas à Formação Moeda no segmento sul do sinclinal Gandarela, revela a origem, aluvial e fluvial gradando localmente para ambiente litorâneo, de deposição destes litotipos, ou seja, os dados descritos por Villaça (1981) corroboram com os resultados obtidos neste TCC. Na região conhecida como “bota”, foram identificadas três associações de fácies que compõem a Formação Moeda, são elas: Alf1, apresentando metaconglomerados oligomíticos com seixos de quartzo leitoso, fumê e quartzito, junto com metarenitos quartzíticos mal selecionados de granulação grossa, associados ao segmento proximal a médio de leque em planície aluvial dominado por rio entrelaçado; Alf2, que consiste em metarenitos quartzíticos maciços de granulação fina a grossa de depósitos costeiros; e Alf3 que compreende metaconglomerados e metarenitos quartzíticos de granulação grossa, com presença de estruturas sedimentares de estratos cruzados acanalados e tabulares, relacionados a porção distal de leque fluvial de rio entrelaçado. Apesar da ausência macroscópica de cristais de pirita na assembléia mineralógica de dos litotipos levantados pelas colunas estratigráficas Fazenda Capivary e Morro da Antena, as três associações de fácies descritas são interpretadas como correspondentes às três unidades definidas por Villaça (1981) para a Formação Moeda no sinclinal Gandarela.

A unidade metapelítica identificada ao redor da área de estudo merece destaque devido a sua importância na história evolutiva da região. A correlação por dados geocronológicos ou por análise química destes metapelitos com alguma unidade pertencente à atual coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero, esclareceria a natureza da principal falha geológica que ocorre no contato ocidental entre estes metapelitos e os litotipos da Formação Moeda na „bota”. Fato, que poderia alterar de forma significativa a interpretação dada para a história evolutiva da área, descrita no item 5.3- História evolutiva da área de estudo. Por isso, se faz necessário um estudo mais aprofundado desta unidade para um maior entendimento do sinclinal Gandarela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F. F. & Marshak S. 1998. Transamazonan Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, **90**: 29-58.
- Alkmim, F.F. & Martins-Neto, M.A. 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco Craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, **33**:127-139.
- Alkmim, F.F. and Noce, C.M. (eds.) 2006. The Paleoproterozoic Record of the São Francisco Craton. IGCP 509 Field workshop, Bahia and Minas Gerais, Brazil. *Field Guide & Abstracts*, 114 p.
- Almeida, A. C. S., Bello, R. M. D. S., & Gandini, A. L. 2007. Topázio imperial das minas do Vermelhão e JJC, Ouro Preto, MG: estudos de inclusões fluidas e considerações genéticas.
- Almeida, F. F. M., 1977. O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**: 349-364.
- Almeida, F. F. M., Brito Neves, B. B., & Carneiro, C. D. R. 2000. The origin and evolution of the South American Platform. *Earth-Science Reviews*, **50**(1-2), 77-111p.
- Assine, M. L. (2008). Ambientes de leques aluviais. *Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil*. Paulo: Beca.
- 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.
- Barbosa A.L.M. 1979. *Variação de fácies na Série Minas*. Belo Horizonte, SBG-MG. p:89-100(Boletim. 1).
- Brito, B., André, M., & de Oliveira, R. 2010. Proposta de criação do Parque Nacional da Serra do Gandarela-MG. ICMBio, 103p.
- Chemale Jr. F., Rosière C.A., Endo I. 1994. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil, *Precambrian Research*, **65**: p. 25-54.
- Dardenne, M. A.; Schobbenhaus, C. 2003. Depósitos minerais no tempo geológico e épocas metalogenéticas. *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*. CPRM, Brasília, p. 365-447.
- Derby O.A. 1906. The Serra do Espinhaço, *Brazil. Journal. Geol.*, **14**(5):314-401
- Dopico, C. I. M., Lana, C., Moreira, H. S., Cassino, L. F., Alkmim, F. F. 2017. U-Pb ages and Hf-isotope data of detrital zircons from the late Neoproterozoic-Paleoproterozoic Minas Basin, SE Brazil. *Precambrian Research* **291** (2017) 143–161
- Dorr J. V. N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Paper 641^a; Washington. 110 p. 1969.
- Dutra, L.F. 2017. *Caracterização geocronológica U-Th-Pb de zircões detríticos na porção nordeste do sinclinal Gandarela – Implicações para evolução sedimentar e geotectônica do Quadrilátero Ferrífero*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, 100p.
- Endo, I. & Fonseca. M. A., 1992. Sistema de cisalhamento Fundão-Cambotas no Quadrilátero Ferrífero, MG: geometria e cinemática. *Revista Escola de Minas*, **45**(1/2):28-31.
- Endo, I; Rosière, C.A. & Chemale Jr., F. 1991. Roteiro de excursão geológica no Quadrilátero Ferrífero e regiões adjacentes. Ouro Preto, MG: UFOP, Escola de Minas. 57 p.
- Farina, F, Albert, C., Dopico, C. M., Gil, C. A., Moreira, H. S., Hippert, J. P., Cutts, K. 2015. The Archean–Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Brasil): Current models and open questions. *Journal of South American Earth Sciences* **xxx** (2015) 1-18
- Fonseca, M.A., 1990. O Sinclinal de Ouro Fino: Análise descritiva e cinemática de um segmento do sistema Fundão, Quadrilátero Ferrífero, MG. Tese de mestrado do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 120 p.

Santos, A. L. A., 2018. Arcabouço estrutural e estratigráfico da Formação Moeda (Supergrupo....

Hasui, Y. & Costa, J.B.S. 1988. *Curso de zonas e cinturões de cisalhamento*. XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, UFPA-Sociedade Brasileira de Geologia, 86p.

Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., de Almeida, F. F. M., & Bartorelli, A. (Eds.). 2012. *Geologia do Brasil*, Beca 900p.

IBGE. 2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malhas digitais. Disponível em: < ftp://geoftp.ibge.gov.br/ >. Acesso em: 14 de Abril 2018.

Jost, H. & Brod, J.A. (2005). *Como redigir e ilustrar textos em geociências*. Sociedade Brasileira de Geologia. Série de Textos N°1, 93p. Koglin N., Zeh A., Cabral A.R., Gomes Jr A.A.S., Correa Neto A.V., Brunetto W.J., Galbiatti H. 2014. Depositional age and sediment source of the auriferous Moeda Formation, Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil: New constraints from U–Pb–Hf isotopes in zircon and xenotime. *Precambrian Res.*, 255:96-108.

Koglin, N., Frimmel, H. E., Minter, W. L., & Brätz, H. 2010. Trace-element characteristics of different pyrite types in Mesoarchean to Palaeoproterozoic placer deposits. *Mineralium Deposita*, 45(3), 259-280.

Lana, C., Alkmim F.F., Armstrong R., Scholz, R., Romano, R., Nalini Jr. H. A. 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*, v. 231, p. 157-173, 2013

Lobato, L. M. Baltazar O.F., Reis L.B., Achtschin A.B., Baars F.J., Timbó M.A., Berni G.V., Mendonça B.R.V. de, Ferreira D.V. 2005. Projeto geologia do quadrilátero ferrífero-integração e correção cartográfica em SIG com nota explicativa. Belo Horizonte: CODEMIG, v. 1.

Machado N., Shrank A., Noce C. M., Gauthier G. 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: Implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 141:259-276.

Machado, N., & Noce, C. M. 1993. A evolução do setor sul do Cráton do São Francisco entre 3, 1 e 0.5 Ga baseada em geocronologia U-Pb. *SIMP. CRATON SÃO FRANCISCO*, 2, 100-102.

Madureira, R. D. S. 2017. *Petrografia e caracterização mineralógica das unidades portadoras de ouro e urânio da formação moeda na região da serra de Ouro Fino, Quadrilátero Ferrífero, MG*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 119p.

Magalhães, A. J., Pedreira, A. J. C. L., Aragão, M. A. N. F., (eds.) 2008. *Ambiente de sedimentação siliciclástica do Brasil*. São Paulo, Beca-BALL, 343p.

Martins, G. P.; 2017. Litoestratigrafia em perfis de detalhe 1:200 da Formação Moeda no flanco oeste da serra homônima, Quadrilátero Ferrífero, MG. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 75p.

Miall A.D., 1992. Alluvial deposits. In: Walker R.G., James N.P. (Eds.), *Facies Models: Response to Sea Level*: Geol. Assoc. Can, 119–142.

Miall, A. D. 2016. Stratigraphy: the modern synthesis. In *Stratigraphy: A Modern Synthesis* (pp. 311-370). Springer, Cham.

Minter W.E.L. 1990. Early proterozoic gold placers of Moeda Formation within the Gandarela Syncline, Minas Gerais, Brazil. *Econ. Geol.* 85(5):943-951.

Miranda, E. E. (Coord.). 2005. *Brasil em Relevô*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 27 de Abril de 2009.

Noce C.M., Machado N., Teixeira W. 1998. U-Pb Geocronology of gnaisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (southern São Francisco Craton): ages constrains for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. *Rev. Bras.de Geociências*, 28:95-102.

Noce, C. M. (1995). *Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Nunes, F. S. 2016. *Contribuição à estratigrafia e geocronologia U-Pb de zircões detríticos da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) na Serra do Caraça, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, 79p.

Oliveira, N. V. D., Endo, I., & Oliveira, L. G. S. D. 2005. Geometria do Sinclinal Gandarela baseada na deconvolução Euler 2D e 3D: quadrilátero ferrífero (MG). *Revista Brasileira de Geofísica*, 23(3), 221-232p.

- Pedrosa-Soares, A. C., Noce, C. M., Vidal, P., Monteiro, R. L. B. P., & Leonardos, O. H. (1992). Toward a new tectonic model for the late proterozoic Araçuaí (SE Brazil)-West Congolian (SW Africa) belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 6(1-2), 33-47.
- Petri, S., Coimbra, A.M., Amaral, G., Ojeda, H.O., Fúlfaro, V.J., Ponçano, W.P. (1986). Código Brasileiro de nomenclatura estratigráfica. *Rev. Bras. Geoc.*, 16:372-376.
- Pires, P. F. R. 2005. Gênese dos Depósitos Auríferos em Meta-Conglomerados da Formação Moeda, Quadrilátero Ferrífero (MG): O Papel do Metamorfismo e Associação com a Matéria Carbonoso. Unpublished Ph. D. thesis, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.
- Quaresma, L. F. (2009). Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010-2030) de geologia, mineração e transformação mineral. *Ministério de Minas e Energia*.
- Reis L.A., Martins-Neto M.A., Gomes N.S., Endo I. 2002. A bacia de antepaís paleo-proterozóica Sabará, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Brasileira de Geociências*, 32:43-58.
- 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 Gerais, Brasil. *Revista Geonomos*, 2(1).
- Renger, F. E.; Suckau, V. E. e Silva, R. M. P. 1993. Sedimentologia e análise de bacia da Formação Moeda, QF, Minas Gerais, Brasil. *Anais do VII Simpósio de Geologia de Minas Gerais*. Bol. 12, 41-45.
- Ribeiro-Rodrigues L.C., Chemale Jr. F., Jost H. 1993b. O sistema de falhas do Caraça. In: IV Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, SBG Núcleo Minas Gerais, Belo Horizonte, *Anais*, 12:226-229.
- Roeser, H. M. P., & Roeser, P. A. 2013. O Quadrilátero Ferrífero-MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. *Revista Geonomos*, 18 (1).
- Romano R., Lana C., Alkmim, F.F., Stevens G., Armstrong, R. 2013. Stabilization of the southern portion of the São Francisco Craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. *Precambrian Reserch*, 224:143-159.
- Rosière, C. A., & Chemale Jr, F. 2000. Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero—uma visão geral e discussão. *Revista Geonomos*, 8(2).
- Silva, O. P. 1995. A mineração em minas gerais: passado, presente e futuro. *Revista Geonomos*, 3(1).
- Spier, C. A., de Oliveira, S. M., Sial, A. N., & Rios, F. J. 2007. Geochemistry and genesis of the banded iron formations of the Cauê Formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, 152(3-4), 170-206.
- Stow D.A.V. 2012. *Sedimentary Rocks in the Field, a color guide*. 6ed. San Diego, Academic Press, 320p.
- Teixeira W., Carneiro M.A., Noce C. M., Machado N., Sato, Taylor P.N. 1996. Pb, Sr and Nd isotope constraints on the Archean evolution of gneissic-granitoid complexes in the southern São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research*, 78:151 -164.
- Tucker, M. E. 2014. *Rochas Sedimentares: guia geológico de campo*. Porto Alegre, Bookman. 324p.
- Uhlein A. & Noce C.M. 2012. Quadrilátero Ferrífero. In: Hasui Y., Carneiro C.D.R., Almeida F.F.M., Bartorelli A. (eds). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca, 228 – 229.
- Viana, D. J., Jordt-Evangelista, H., & Gomes, C. J. S. 2016. Esmeralda da Mina de Piteiras, região de Itabira, MG: geologia e gênese. *Revista Brasileira de Geociências*, 36 (supl. 1), 174-178p.
- Villaça, J. N. 1981. *Alguns aspectos sedimentares da Formação Moeda*. Sociedade. Bras. Geologia, Núcleo MG, v. 2, p. 92-137.
- Walker, R. G., & James, N. P. (Eds.). 1992. *Facies models: response to sea level change (Vol. 1)*. St. John's, Nfld.: Geological Association of Canada. 409p.
- Wallace, R. M. 1965. *Geology and mineral resources of the Pico de Itabirito district, Minas Gerais, Brazil*. US Government Printing Office.
- Wallace, R. M., 1958. The Moeda Formation. *Sociedade Brasileira de Geologia*, (Boletim. 7-2) p. 59-60.
- Zucchetti, M., Baltazar, O. F., & Raposo, F. O. (1998). Estratigrafia. *Projeto Rio das Velhas: Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala, 1(100.000)*, 13-42.

Anexos

Santos, A. L. A., 2018. Arcabouço estrutural e estratigráfico da Formação Moeda (Supergrupo...

ANEXO 1 – TABELA DE DESCRIÇÃO DE PONTOS

Área de estudo – Segmento sul do sinclinal Gandarela

OBS: Medidas estruturais tomadas em trama.

Trabalho de Conclusão de Curso, n. xxx, 69p. 2018

Ponto	Coordenada UTM			Litologia	Descrição	Medidas estruturais
	Easting	Southing	Altitude			
T01	639957	7771446	1443m	Unidade metapelítica	Base da serra do Capivary, rocha metapelítica de cor arroxeadada apresenta foliação bem marcada, lineações de crenulação e acamamento sedimentar incipiente.	S _n : 160/50 S ₀ : 35/45 L _{int} (S ₀ /S _n): 95/45 L _{cren} : 270/70
T02	640094	7771320	1484m	Unidade metapelítica/ Formação Moeda	Contato abrupto entre metapelitos com metaconglomerados (Formação Moeda), foliação medida no metapelito.	S _n : 89/48; 105/37
T03	640099	7771271	1497m	Metarenito	Crista da serra do Capivary, metarenito quartzítico de cor arroxeadada e granulação grossa com lentes de conglomerado (Formação Moeda).	S _n : 110/30 S ₀ : 119/25
T04	640122	7771263	1510m	Metarenito	Crista da serra do Capivary, metarenito quartzítico e sericítico (Formação Moeda) de granulação grossa, apresenta foliação S/C e lineação de estiramento mineral medido na sericita.	S _n (S):90/55;(C):95/55 L _{est} : 95/25
T05	640333	7771829	1491m	Unidade metapelítica/ Formação Moeda	Contato abrupto entre metarenito quartzítico (Formação Moeda) com metapelitos próximo a uma cerca de arame farpado contornando a serra, medidas estruturais tomadas no metarenito.	S ₀ :180/25 S _n : 90/30 L _{int} : 165/27
T06	640848	7771775	1365m	Unidade metapelítica/ Formação Moeda	Contato encoberto, ocorrência de afloramentos da Formação Moeda que aparentam aproveitar reentrâncias na unidade metapelítica em relevo com baixa declividade, medidas estruturas tomadas no metaconglomerado.	S ₀ : 112/26 S _n : 48/54 L _{int} : 160/23
L01	640135	7771292	1511m	Metarenito	Crista da serra do Capivary, metarenito quartzítico de cor arroxeadada, granulação grossa, com lentes de conglomerado matriz suportado e presença de foliação S/C.	S ₀ : 97/46; 91/25 S _n (S):138/56;(C):99/40
L02	640195	7771083	1506m	Metaconglomerado	Formação Moeda, metaconglomerado matriz suportado com clastos de quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 68/49
L03	640282	7771070	1490m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de cor branca, granulação areia fina a grossa e moderadamente selecionado, apresenta estrutura de erosão alveolar.	S ₀ : 65/30 S _n : 60/48; 60/44
L04	640251	7771284	1486 m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa com presença de lentes de conglomerado matriz suportado com clastos de quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 100/20 S _n : 80/50
L05	640329	7771184	1464m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de cor branca e granulação fina a grossa, presença de foliação e pares conjugados de fraturas preenchidas por quartzo leitoso.	S _n : 55/45; 113/28

A.L. A. 2018. Santos, Arcabou ço estrut ural Moeda Forma ção da L24	L06	640499	7770888	1440m	Metarenito	Contorno sudoeste da serra do Capivary, metarenito quartzítico (Formação Moeda) de granulação grossa e presença de lentes de conglomerado matriz suportado com clastos de quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 20/18 S _n : 38/47; 70/61
	L07	640596	7771095	1404m	Ponto de controle	Ponto de controle realizado após caminhada em mata fechada na direção leste do ponto anterior.	
	L08	640627	7771125	1397m	Metarenito	Escarpa de cavalgamento entre os litotipos da Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa, deformado e foliado formando blocos alteados.	S ₀ : 100/20 S _n : 94/40
	L09	640767	7771138	1359m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa com lentes de conglomerado com clastos de tamanho 1 a 2cm de quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 110/18 S _n : 105/45
	L10	640951	7771051	1289m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de cor branca e granulação de areia fina a grossa com presença de cristais aciculares de cianita e foliação bem marcada.	S _n : 105/55 L _{est} :100/59
	L11	641216	7770979	1288m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa com clastos dispersos de tamanho modal 4cm e formato subanguloso a arredondado.	S ₀ : 95/56 S _n : 130/37
	L12	641438	7770854	1242m	Unidade metapelítica/ Formação Moeda	Contato gradacional entre metapelitos e metarenitos quartzíticos mal selecionados, metapelito se dispõe em uma vale que encaixando uma drenagem, medidas estruturais tomadas no metarenito.	S _n : 80/64
	L13	640309	7771073	1492m	Metaconglomerado	(Formação Moeda), matriz arenosa e sericítica com clastos de quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 45/25 S _n : 70/18
					Metaconglomerado	Relevo em alta declividade, desfiladeiro, metaconglomerado matriz suportado fumê e quartzito.	S _n : 110/40; 120/23
	L15 L16	640854 640533	7771545 7772126	1320m 1422m	Unidade metapelítica/ Formação Moeda	Contato encoberto entre metapelitos e metaconglomerados (Formação Moeda), porção rebaixada do relevo com suave ondulação apresentando terraços alagados, medidas estruturais tomadas no metaconglomerado.	S ₀ : 140/40; 155/35 L _{int} (S ₀ /S _n): 180/30
					Unidade metapelítica/ Formação Moeda	Contato abrupto e tectonizado entre metapelitos e metarenito quartzítico (Formação Moeda), medidas estruturais tomadas no metarenito.	S ₀ : 105/30
	L17	640621	7772166	1433m	Unidade metapelítica/ Formação Moeda	Contato tectonizado entre metapelitos e metaconglomerados (Formação Moeda), medidas estruturais tomadas no metaconglomerado.	S ₀ : 120/25 S _n : 85/26; 110/36 L _{int} (S ₀ /S _n): 135/24
	L18	640688	7772034	1435m	Unidade metapelítica/ Formação Moeda	Contato abrupto entre metapelitos e metarenito quartzítico de granulação grossa (Formação Moeda), medidas estruturais tomadas no metarenito.	S ₀ : 80/20; 110/28 S _n : 60/55

L19	640796	7771961	1396m	Metaconglomerado	Formação Moeda, metaconglomerado clasto suportado com clastos de composição quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 85/19; 96/20 S _n : 72/48; 80/34
L20	640883	7772029	1381m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa e lentes de conglomerado matriz suportada, ocorrência de dobras locais antiformes.	S ₀ : 84/30 S _n : 20/25; 148/39 <small>Sr: 00031; 118/34</small> Eixo de dobra: 95/20
L21	641192	7771746	1336m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico, mal selecionado, de granulação grossa com níveis de conglomerado com clastos de tamanho modal 1 a 2cm.	S _n : 160/50; 140/24 135/35
L22	641493	7771321	1332m	Unidade metapelítica	Metapelito de coloração cinza e tonalidade ocre, apresenta foliação bem marcada e se dispõe como um morrote de suave inclinação.	S _n : 123/55
				Unidade Metape-Moeda	Contato gradacional e interdigitado entre metapelitos de cor cinza e metarenitos tomadas no metapelito.	
L24	642504	7771449	1341m	Unidade metapelítica	Unidade metapelítica que se expressa em uma larga faixa de morrotes com suaves inclinações.	
L25	640860	7772816	1433m	Metaconglomerado	Formação Moeda, metaconglomerado matriz suportado com clastos de composição quartzo leitoso, fumê e quartzito, presença de foliação cisalhante S/C.	S ₀ : 125/63; 140/72 S _n (S): 95/40; (C): 75/34
L26	641053	7773096	1468m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico, mal selecionado com lentes de conglomerado com clastos de tamanho modal 1 a 2cm.	S ₀ : 225/09; 225/22 S _n : 35/48
L27	640905	7773595	1456m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação areia média a muito grossa, mal selecionado com lentes de pelito e conglomerado, ocorrem estruturas sedimentares de estratos cruzados acanalados normais (com o topo para cima) e falhas locais com rejeito centimétrico.	S ₀ : 225/20; 235/38 S _n : 118/49 Paleocorrente: 230°, 235°
L28	641083	7772900	1462m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico mal selecionado de granulação grossa e lentes de conglomerado matriz suportado com clastos de quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 210/11 S _n : 20/50
L29	641275	7772849	1442m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa, mal selecionado, com clastos dispersos de composição quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 217/48; 225/51 S _n : 245/43; 275/49
L30	641336	7772741	1412m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa, com lentes de conglomerado clasto suportado, clasto com tamanho modal de 4cm e formato subanguloso a subarredondado de esfericidade baixa.	S ₀ : 187/41; 205/20
L31	641474	7772728	1375m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa com lentes de conglomerado matriz suportado, clastos de quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 185/32 S _n : 30/64; 40/60
L32	641539	7772489	1319m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa com níveis de conglomerado com clastos de tamanho modal de 1 a 2cm.	S ₀ : 164/25; 165/19 S _n : 135/43; 150/48
L33	641544	7772489	1313m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa com níveis de conglomerado com clastos de tamanho modal de 1 a 2cm e presença de estruturas sedimentares de estratos cruzados tabulares.	S ₀ : 169/30; 165/43 Paleocorrente: 175°, 180°

L34	641635	7772149	1301m	Unidade metapelítica encoberta	Unidade metapelítica se apresenta encoberta por vegetação rasteira, próximo a estrada não pavimentada disposta em relevo plano com suaves ondulações.	
L35	640788	7772612	1399m	Unidade metapelítica/ Formação Moeda	Contato tectonizado entre metapelitos e metaconglomerados (Formação Moeda) matriz suportado, com clastos de quartzo leitoso, fumê e quartzito, presença de foliação S/C, medidas estruturais tomadas no metaconglomerado.	S ₀ : 95/58; 108/55 S _n (S):105/49;(C):100/38
L36	640872	7772623	1424m	Metaconglomerado	Formação Moeda, metaconglomerado matriz suportado, clastos compostos por quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 93/30
L37	641209	7772235	1375m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico mal selecionado com clastos dispersos de quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 135/22
L38	641216	7772188	1368m	Metaconglomerado	Formação Moeda, metaconglomerado clasto suportado, clastos com tamanho modal de 4cm e formato subanguloso a arredondado de baixa esfericidade, presença de lentes arenosas quartzíticas mal selecionadas.	S ₀ : 155/15; 135/26; 145/27; 130/25
L39	641303	7772174	1358m	Metarenito	Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação média a muito grossa, mal selecionado, com presença de pares conjugados de fraturas preenchidas por quartzo leitoso e estrutura sedimentar preservada de estratos cruzados tabulares.	S ₀ : 128/30; 146/22 Paleocorrente: 185°
L40	641158	7771091	1289m	Metarenito	Início perfil segmento realizado no dia 03/02/2018 do Perfil Fazenda Capivary, Formação Moeda, metarenito quartzítico de granulação grossa níveis de conglomerado matriz suportado.	S ₀ : 60/30; 90/30
L41	641127	7771398	1302m	Metarenito	Fim perfil segmento realizado no dia 09/02/2018 do Perfil Fazenda Capivary, Formação Moeda, metarenito quartzítico mal selecionado com níveis de conglomerado matriz suportado, clastos de composição quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 85/33
L42	640391	7771191	1463m	Metarenito	Fim perfil segmento realizado no dia 02/02/2018 do Perfil Fazenda Capivary, Formação Moeda, metarenito quartzítico de cor branca, maciço, apresenta pares de fraturas conjugadas preenchidas por quartzo leitoso e erosão alveolar característica.	
L43	640089	7771188	1480m	Metarenito	Início perfil segmento realizado no dia 02/02/2018 do Perfil Fazenda Capivary, Formação Moeda, metarenito quartzítico mal selecionado de granulação grossa com clastos dispersos de composição quartzo leitoso, fumê e quartzito.	S ₀ : 115/45
L44	641114	7771413	1270m	Metarenito	Início perfil segmento realizado no dia 09/02/2018 do Perfil Fazenda Capivary, Formação Moeda, metarenito quartzítico de cor branca e tonalidade cinza, mal selecionado, com presença de cristais aciculares de cianita de coloração azul característica e foliação cisalhante S/C.	S ₀ : 110/61; 100/53 S _n (S): 127/30;(C):115/25
L45	641438	7771991	1323m	Unidade metapelítica/ Formação Moeda	Fim Perfil Morro da Antena, contato encoberto em relevo plano com suaves ondulações, entre metarenito quartzítico (Formação Moeda) de granulação grossa com níveis de conglomerado matriz suportado; e metapelitos, próximo a estrada não pavimentada que liga a serra do Capivary à porção noroeste do sinclinal Ouro Fino, denominada de “gota”.	

ANEXO 2**DESCRIÇÃO COLUNA FAZENDA CAPIVARY**

Dia : 02/02/2018

Intervalo vertical empilhado (em metros)	Código da Fácies	Descrição	Espessura do pacote (em metros)
0,00 - 1,20	gAcd	Metarenito quartzítico de granulação areia média a grossa com clastos dispersos de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	1,20
1,20 - 13,20	Cmts	Metaconglomerado oligomítico com clastos de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado. Matriz suportado com lentes de metarenito quartzítico de granulação areia média a grossa	12,00
13,20 - 23,60	gAcd	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia média a grossa com clastos dispersos de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	10,40
23,60 - 25,60	Cm	Metaconglomerado oligomítico matriz suportado com clastos de composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado com tamanho modal de 1 a 2 cm	2,00
25,60 - 30,80	mgAm	Metarenito quartzítico de granulação areia grossa a muito grossa com lentes centimétricas de metaconglomerado matriz suportado com clastos de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	5,20
30,80 - 32,30	Cm	Metaconglomerado oligomítico matriz suportado com clastos subarredondados de composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado com tamanho modal de 1 a 2 cm	1,50
32,30 - 34,10	mgAm	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia grossa a muito grossa maciço de coloração arroxeadada	1,80
34,10 - 43,20	Cm	Metaconglomerado oligomítico matriz suportado com clastos de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado com formato anguloso e esfericidade baixa	9,10
43,20 - 45,80	mgAm	Metarenito quartzítico de granulação areia grossa a muito grossa com lentes centimétricas de metaconglomerado matriz suportado com clastos de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	2,60
45,80 - 64,30	Ccts	Metaconglomerado oligomítico clasto suportado de composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado com lentes de metarenito quartzítico mal selecionado	18,50
64,30 - 77,30	gAm	Metarenito quartzítico de granulação areia fina a grossa maciço com famílias de fraturas preenchidas por quartzo leitoso	13,00
77,30 - 82,50		Encoberto	5,20
82,50 - 100,00	gAm	Metarenito quartzítico moderadamente selecionado de granulação areia fina a grossa de cor branca com estrutura erosiva alveolar	17,50

Dia: 09/02/2018

Intervalo vertical empilhado (em metros)	Código da Fácies	Descrição	Espessura do pacote (em metros)
100,00 - 110,40	gAcn	Metarenito quartzítico de granulação areia fina a grossa com cristais de cianita, presença de veios preenchidos por quartzo leitoso e foliação cisalhante S/C	10,40
110,40 - 117,20	Cmts	Metaconglomerado matriz suportado com clastos subarredondados e esfericidade baixa de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	6,80
117,20 - 120,00	mgAm	Metarenito quartzítico de granulação areia grossa a muito grossa com lentes de metaconglomerado matriz suportado com clastos angulosos de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	2,80

Dia 03/02/2018

120,00 - 153,80	mgAm	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia média a muito grossa com fraturas preenchidas por quartzo leitoso e lentes de metaconglomerado matriz suportado com clastos de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	33,80
153,80 - 162,90		Encoberto	9,10
162,90 - 198,10	gAcd	Metarenito quartzítico mal selecionado de coloração cinza e granulação areia média a grossa com clastos dispersos de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	35,20

ANEXO 3**DESCRIÇÃO COLUNA MORRO DA ANTENA**

Dia : 07/02/2018

Intevalo vertical empilhado (em metros)	Código da Fácies	Descrição	Espessura do pacote (em metros)
0,00 - 1,90	mgAm	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação média a muito grossa e coloração arroxeadada	1,90
1,90 - 2,90	Cmts	Metaconglomerado matriz suportado com clastos angulosos a subarredondados de esfericidade baixa e composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	1,00
2,90 - 8,50	mgAm	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação média a muito grossa com foliação bem marcada	5,60
8,50 - 11,10	Ccts	Metaconglomerado clasto suportado, composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado com tamanho variando de 1 - 9 cm	2,60
11,10 - 17,60	mgAm	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia média a muito grossa com foliação cisalhante S/C	6,50
17,60 - 26,10	Ccts	Metaconglomerado clasto suportado, de formato subanguloso a arredondado e esfericidade baixa, composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado, com presença de lentes de metarenito quartzítico mal selecionado	8,50
26,10 - 37,80		Encoberto	11,70
37,80 - 48,20	Cm	Metaconglomerado matriz suportado com clastos do tamanho de seixos de até 2 cm e composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado, matriz mal selecionada	10,40
48,20 - 73,20	mgAm	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia média a muito grossa com lentes de metaconglomerado matriz suportado	25,00
73,20 - 90,10	mgAa	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia média a muito grossa com estrutura sedimentar de estratos cruzados acanalados preservado, direção medida de paleocorrente: 230°, 235°, 220°	16,90
90,10 - 110,90	mgAm	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação média a muito grossa de cor arroxeadada e presença de lentes de metaconglomerado matriz suportado	20,80
110,90 - 159,00	gAcd	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia média a grossa de cor cinza e presença de lentes de metaconglomerado matriz suportado e clastos dispersos de composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	48,10

Dia: 08/02/2018

Intervalo vertical empilhado (em metros)	Código da Fácies	Descrição	Espessura do pacote (em metros)
159,00 - 177,20	Cmts	Metaconglomerado matriz suportado, clastos de composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado, matriz mal selecionada e presença de lentes de metarenito quartzítico mal selecionado	18,20
177,20 - 200,60	gAcd	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia média a grossa com presença de lentes de metaconglomerado matriz suportado e clastos dispersos, ambos com clastos de composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado	23,40
200,60 - 225,30	Ccts	Metaconglomerado clasto suportado com formato subanguloso a arredondado de esfericidade baixa e composição de quartzo: leitoso, fumê e recristalizado, presença de lentes de metarenito quartzítico mal selecionado	24,70
225,30 - 253,00	mgAp	Metarenito quartzítico mal selecionado de granulação areia média a muito grossa com presença de estrutura sedimentar de estratificação cruzada tabular preservada direção de paleocorrente medida: 225°, 200°, 185°, 175°	27,70
253,00 - 266,00		Encoberto	13,00