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 PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO E SEGMENTO SUL DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG.

Douglas dos Santos Barbosa

MONOGRAFIA nº XX

Ouro Preto, Julho de 2019

ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO E ESTRUTURAL DA FORMAÇÃO MOEDA (GRUPO CARAÇA, SUPERGRUPO MINAS) NA PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO E SEGMENTO SUL DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.ª Dr.ª Cláudia Aparecida Marliére de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.ª Dr.ª Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. José Geraldo Arantes de Azevedo Brito

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Dr Marco Antônio Fonseca

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Nº XX

ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO E ESTRUTURAL DA FORMAÇÃO MOEDA (GRUPO CARAÇA, SUPERGRUPO MINAS) NA PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO E SEGMENTO SUL DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG.

Douglas dos Santos Barbosa

Orientador

Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins

Coorientador

Prof. 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 402, ano 2019/1.

OURO PRETO

2019

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: Douglas dos Santos Barbosa

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

B238a Barbosa, Douglas dos Santos.
Arcabouço estratigráfico e estrutural da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) na porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino e segmento sul do Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, MG [manuscrito] / Douglas dos Santos Barbosa. - 2019.

67f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.
Orientador: Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins.
Coorientador: Prof. MSc. Rafael da Silva Madureira.

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

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

Catalogação: ficha.sisbin@ufop.edu.br CDU: 551.243.3

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Arcabouço estratigráfico e estrutural da formação moeda (grupo caraça, supergrupo minas) na porção noroeste do sinclinal ouro fino e segmento sul do sinclinal gandarela, quadrilátero ferrífero, mg.

AUTOR: DOUGLAS DOS SANTOS BARBOSA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins

Aprovado em: 18 de julho de 2019

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins _____ DEGEO/UFOP

Prof. Dr. André Marconato _____ DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Marco Antômio Fonseca _____ DEGEO/UFOP

Agradecimentos

Meus agradecimentos iniciais são dedicados aos meus pais, devido à grande importância que tiveram como estruturadores das condições para minha dedicação aos estudos. Devo meus agradecimentos também ao orientador Maximiliano de Souza Martins e ao coorientador Rafael da Silva Madureira, por todo o apoio e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho. À professora Gláucia Queiroga e seu projeto de laboratório que contribuíram com apoios ao projeto. E À a turma do Estágio de Mapeamento Geológico 2017/1, que levantaram dados importantes que complementaram os estudos da área.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS ..... **viii**
SUMÁRIO ..... **x**
LISTA DE FIGURAS ..... **xii**
LISTA DE TABELAS ..... **xiv**
RESUMO ..... **xix**
ABSTRACT ..... **xvii**
INTRODUÇÃO 1
1.1 APRESENTAÇÃO 1
1.2 NATUREZA E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO 1
1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS 4
1.4 OBJETIVOS 4
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS 6
1.5.1 Revisão bibliográfica 6
1.5.2 Mapeamento Geológico 6
1.5.3 Levantamento Litoestratigráfico 8
1.5.4 Tratamento de dados 8
1.5.5 Integração com os dados de Santos (2018) 9
1.6 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS 9
1.7 Elaboração da monografia 10
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL 11
2.1 O QUADRILÁTERO FERRÍFERO (QF) 11
2.1.1 Complexos ígneos e metamórficos 13
2.1.2 Supergrupo Rio das Velhas 14
2.1.3 Supergrupo Minas 15
2.1.4 Rochas intrusivas pós-Minas 15
2.1.5 Grupo Itacolomi 16
2.2 ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO 16
3 REVISÃO SOBRE A FORMAÇÃO MOEDA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG 19
3.1 CONTEXTO GERAL DA FORMAÇÃO MOEDA 19
3.2 PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS DA FORMAÇÃO MOEDA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO 20
3.2.1 Sinclinal Moeda 20
3.2.2 Sinclinal Gandarela 22
3.2.3 Maciço do Caraça 30
3.2.4 Sinclinal Ouro Fino 30
3.3 GEOLOGIA ECONÔMICA DA FORMAÇÃO MOEDA 31

4 GEOLOGIA LOCAL E RESULTADOS 33
4.1 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 33
4.1.1 MAPA E SEÇÕES GEOLÓGICAS 33
4.2 PERFIS TOPOGRÁFICOS E COLUNAS LITOESTRATIGRÁFICAS 33
35
4.2.1 Perfil Urubú de Pedra 37
4.2.2 Perfil Ouro Fino Superior Norte 37
4.2.3 Perfil Ouro Fino Inferior Norte 37
4.2.4 Perfil Ouro Fino Superior Sul 38
4.2.5 Perfil Ouro Fino Inferior Sul 38
4.3 ASPECTOS LITOESTRATIGRÁFICOS DAS ÁREAS DE ESTUDOS 39
4.3.1 Unidades litoestratigráficas no extremo sul do Sinclinal Gandarela (“Bota”) e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. 39
5 DISCUSSÕES 47
5.1 ASSOCIAÇÕES DE LITOFÁCIES 47
5.1.1 Associações de litofácies do extremo sul do Sinclinal Gandarela (“Bota”) 47
5.2 ASSOCIAÇÃO DE LIOFÁCIES DA PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO . 51
5.3 ASPECTOS ESTRUTURAIS GERAIS 53
5.3.1 Geologia estrutural do extremo sul do Sinclinal Gandarela (“Bota”). 55
5.3.2 Geologia estrutural da porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. 56
5.4 EVOLUÇÃO E RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL DO EXTREMO SUL DO SINCLINAL GANDARELA (“BOTA”) E PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO 60
6 CONCLUSÃO 67
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 69
8 ANEXOS 74
9 ANEXO 1 75
10 ANEXO 2 76
11 ANEXO 3 77
12 ANEXO 4 78
13 ANEXO 5 79
14 ANEXO 6 80
15 ANEXO 7 81
16 ANEXO 8 82
17 ANEXO 9 83
18 ANEXO 10 84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Arcabouço geotectônico do Quadrilátero Ferrífero, MG (retirado de Santos, 2018). 1

Figura 2 - Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero (modificado de Alkmin & Marshak, 1998). Em destaque, na quadrícula vermelha, está a área de estudo deste trabalho (em amarelo) e em azul a área de estudo de Santos (2018)..... 2

Figura 3 - Mapa de localização do seguimento Sul do Gandarela e Porção Noroeste do Sinclinal Ouro Fino, Quadrilátero Ferrífero, MG. Modificado de Santos (2018). Em amarelo a área foco deste trabalho..... 5

Figura 4 - Metodologia da Vara de Jacó. Retirado de Miall (2016)..... 8

Figura 5 - Mapa de relevo do Quadrilátero Ferrífero ((retirado de Santos, 2018). 10

Figura 6 - Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero modificado por Alkmim e Marshak (1998 *in* Farina *et al*., 2015). Na quadrícula em vermelho está a área de estudo deste trabalho. Abreviaturas dos batólitos e do plútons: C- Domo Caeté, F- Florestal, M- Mamona, P- Pequi, Sa- Samambaia; SN-Souza-Noschese. Inserção: esboço tectônico do cráton de São Francisco mostrando a localização dos cinturões orogênicos Brasilianos limítrofes, bem como do Cinturão Mineiro Paleoproterozóico. Abreviaturas: G, J, IS e S são os blocos Gavião, Jequié, Itabuna-Salvador-Curaçôa e Serrinha, respectivamente..... 12

Figura 7 - Coluna estratigráfica das sequências supracrustais do Quadrilátero Ferrífero. Abreviaturas: RVI e RVII são eventos Rio das Velhas I e II, SB trata-se do evento magmático de Santa Bárbara. Modificado após Farina *et al.* (2015), Dorr (1969) e Alkmim e Marshak (1998)..... 13

Figura 8 - Seções transversais ilustrando um modelo para a evolução tectônica do QF antes e durante a orogenia Transamazônica. (a) Configuração pré-transamazônica. O Supergrupo Minas representa a porção da plataforma continental de uma margem passiva. b) Colisão inicial com o arco Transamazônico e um bloco continental agregado. O Grupo Sabará, depósito de bacia *foreland*, se espalha no interior do cráton. (c) Durante o estágio final de colisão, o Sabará´ também é deformado. (d) Começa o colapso extensional, com desenvolvimento de uma Cordilheiras metamórficas separadas por núcleos coplexos. e) Com a continuação da extensão e aquecimento da crosta, o cinturão que se estende evolui para uma província de cúpula e quilha. A geometria dome-and-queel representa efetivamente a boudinagem em escala crustal. (retirado de Alkmin & Marshak, 1998)..... 17

Figura 9 - Colunas estratigráficas esquemáticas das principais ocorrências da Formação Moeda no Quadrilátero Ferrífero, MG (Nunes, 2016). 21

Figura 10 - Mapa geológico da porção sul do Sinclinal Gandarela e do Sinclinal Ouro Fino (Estágio de Mapeamento Geológico DEGEO/EM – Setembro/2017- contribuição do Prof. Rafael Madureira). Nas quadrículas vermelhas as áreas de estudo. 24

Figura 11 - Mapa geológico da área da porção sul da “bota”, segundo Santos (2018). 28

Figura 12 - Processo de formação de depósitos de Au-U da Formação Moeda (Uhlein & Noce, 2012, retirado de Santos 2018). 32

Figura 13 - Localização dos perfis (linhas NW-SE) onde foram levantadas as colunas litoestratigráficos no norte da "Bota", Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. Em vermelho representa o caminhamento da coluna Urubú de Pedra, em azul o perfil da Coluna Ouro Fino Superior Norte; em roxo o perfil da Coluna Ouro Fino Inferior Norte; em verde o perfil da Coluna Ouro Fino Superior Sul e em amarelo o perfil da Coluna Inferior Sul. 34

Figura 14 - Mapa Geológico do extremo sul do Sinclinal Gandarela ("Bota") e noroeste do Sinclinal Ouro Fino. 35

Figura 15 - Coluna típica de ocorrência da Fm. Moeda no extremo sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. Esquema proporcional de ocorrências de associações em uma coluna de 150 metros. 36

Figura 16 - a) Foto do de um pequeno afloramento de metaconglomerado clasto suportado (mCcts); b) Foto das intercalações da litofácies mCcts e metarenitos grossos. 41

Figura 17 - a) Foto da matriz rósea do metaconglomerado matriz suportado (Cmts); b) Foto de afloramento da litofácies Cmts. 42

Figura 18 - a) Foto de detalhe da granulometria média a grossa e matriz fina quartzo-sericítica da litofácies mgA; b) Foto da intercalação entre a litofácies mgA e metaconglomerados clastos suportados (mCcts). 42

Figura 19 - a) Foto metarenito fino branco e bem selecionado, fácies fmA; b) Foto que mostra afloramentos com fraturas preenchidas por quartzo leitoso na litofácies fmA. 43

Figura 20 - a) Foto de afloramento composto por metarenitos clastos dispersos (Acd) intercalados om metaconglomerados clastos suportado (mCcts); b) Foto de detalhe do afloamento na imagem "a". 43

Figura 21 - a) Foto de detalhe da litofácies metarenito grosso a grânulo (ggA); b) Foto de afloramentoe de metarenito grosso a grânulo (ggA) com alteração para avermelhado. 44

Figura 22 - a) Foto de afloramento de mgCcts em contato com metarenitos grossos na Serra do Ouro Fino. b) Foto de detalhe de clastos de metapelito cinza escuro em metaconglomerados mgCcts da Serra de Ouro Fino. 44

Figura 23 - a) Foto de afloramenteo na Serra de Ouro Fino com intercalação de Metareinto (mgA) e Metaconglomerado (mgCcts); b) Foto de aflorametno de metaconglomerado (mgCcts) na Serra de Ouro Fino. 45

Figura 24 - a) Foto de afloramento de metaconglomerado fCcts na Serra de Ouro Fino; b) Foto de nível de metaconglomerado (5 cm de espessura) em metarenito mgA, Serra de Ouro Fino..... 45

Figura 25 - Densidade de pólos de acamamento ao norte da "Bota", Sinclinal Gandarela (56 medidas, máximo de densidade de 15,27%). 53

Figura 26 - Densidade de pólos de xistosidade (Sn) ao norte da "Bota", Sinclinal Gandarela (20 medidas, máximo de densidade de 20,38%). 53

Figura 27 - Densidade de pólos de acamamento (S0), porção NNW do Sinclinal Ouro Fino (44 medidas, máximo de densidade de 21,94%). 54

Figura 28 - Densidade de pólos de xistosidade (Sn), porção NNW do Sinclinal Ouro Fino (26 medidas, máximo de densidade de 25,36%). 54

Figura 29 - Mapa de contorno estrutural do extremo sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino, nordeste do Quadriláteros Ferrífero. 58

Figura 30 - Esquema de evolução do Tempo 1 no extremo sul do Sinclinal Gandarela e Segmento Ouro Fino Inferior. A seção AB representa a evolução estrutural da região e os blocos diagramas representam a evolução paleoambiental. 62

Figura 31 - Esquema de evolução do Tempo 2 no extremo sul do Sinclinal Gandarela e Segmento Ouro Fino Inferior. A seção CD representa evolução estrutural da região e os blocos diagramas representam a evolução paleoambiental. 63

Figura 32 - Esquema de evolução do Tempo 3 no extremo sul do Sinclinal Gandarela e Segmento Ouro Fino Inferior e Ouro Fino Superior. A seção EF representa a evolução estrutural da região e os blocos diagramas representam a evolução paleoambiental. 64

Figura 33 - Esquema de evolução do Tempo 4 no extremo sul do Sinclinal Gandarela e Segmento Ouro Fino Inferior e Ouro Fino Superior. A seção GH represetna a evolução estrutural da região e os blocos diagramas representam a evolução paleoambiental. 65

Figura 34 - Esquema de evolução do Tempo 5, fechamento das bacias no extremo sul do Sinclinal Gandarela e Segmento Ouro Fino Inferior. 66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Códigos, de litofácies, usados para classificação de rochas metassedimentares (adaptado e modificado de Tucker 2014). 7

Tabela 2 - Padronização do tamanho de grãos para rochas sedimentares (modificado de Udden - Wentworth). 7

Tabela 3 – Associações de Litofácies da Formação Moeda Moeda no Extremo Sul da estrutura da “Bota” no Sinclinal Gandarela (Santos, 2018). 26

Tabela 4 - Litofácies da Formação Moeda no Extremo Sul da estrutura da “Bota” no Sinclinal Gandarela (Santos, 2018) 27

Tabela 5 – Síntese de Litofácies da Formação Moeda, no norte da "Bota" (extremo sul do Sinclinal Gandarela) e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. Códigos segundo Tucker (2014) e interpretações adaptadas de Stow (2010). 40

Tabela 6 - Tabela de relação entre as associações de litofácies descritas por Santos (2018) e as associações descritas no presente trabalho na área da "Bota", extremo sul do Sinclinal Gandarela..... 47

Tabela 7 - Representatividade das Associações de Litofácies em cada Coluna Litoestratigráfica da região sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. 48

Tabela 8 - Associações de litofácies do extremo sul do Sinclina Gandarela ("Bota"). Metodologia segundo Tucker (2014) e Miall (1992). 50

Tabela 9 - Associações de litofácies do noroeste do Sinclinal Ouro Fino. Metodologia segundo Tucker (2014) e Miall (1992). 52

Resumo

Este trabalho tem como objetivo a caracterização e entendimento do arcabouço estratigráfico e estrutural da Formação Moeda no segmento sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. Para isso foram realizados trabalhos de campo para reconhecimento, descrição e obtenção de dados para interpretação dos diferentes aspectos geológicos que constituem a área. A integração com os dados de Santos (2018) possibilitou a determinação da ocorrência de três associações de litofácies (Alg1, Alg e Alg3) que caracterizam a Formação Moeda no extremo Sul do Sinclinal Gandarela. Para a porção Noroeste do Sinclinal Ouro Fino, nota-se a existência de duas bacias (Ouro Fino Superior e Ouro Fino Inferior), que são preenchidas por três associações de litofácies (Alof1, Alof2 e Alof3) que constituem a sequência da Formação Moeda para a área. Tanto a bacia no extremo sul do Sinclinal Gandarela, quanto as bacias desenvolvidas na porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino apresentam evolução tectônica herdam a partir de estruturas pré-existentes da fase de abertura da Bacia Minas. As evoluções paleoambientais e estratigráficas para as três bacias são caracterizadas como de leque aluvial, com influência associado a borda de falha gradando para ambientes distais de leque aluvial dominados por rio entrelaçado.

Palavras chave: Estratigrafia, Estrutural, Bacias, Formação Moeda, Sinclinal,Gandarela, Sinclinal Ouro Fino e Quadrilátero Ferrífero.

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é resultado da disciplina "Trabalho de Conclusão de Curso (TCC401 / 402)" como parte da integralização do curso de Engenharia Geológica oferecido pela Universidade Federal de Ouro Preto/Escola de Minas (UFOP/EM). Desenvolvido sob orientação do Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins e co-orientação do Prof. Rafael da Silva Madureira, durante o segundo semestre de 2018, este trabalho apresenta os resultados, a partir de mapeamento geológico, do arcabouço estratigráfico e estrutural da Formação Moeda (Grupo Caraça, supergrupo minas) na porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino e segmento sul do Sinclinal Gandarela - Quadrilátero Ferrífero (QF) - Minas Gerais.

1.2 NATUREZA E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O Quadrilátero Ferrífero (QF) é um distrito metalogenético (Au, Fe, Mn) localizado na porção centro-sul de Minas Gerais, Brasil e geologicamente está inserido no extremo sul da unidade geotectônica conhecida como Cráton São Francisco, vide Figura 1 (Dorr 1969; Almeida 1977 *in* Endo *et al.* 1991; Chemale *et al.* 1994; Alkmin & Marshak 1998; *Farina et al. 2015b*b).

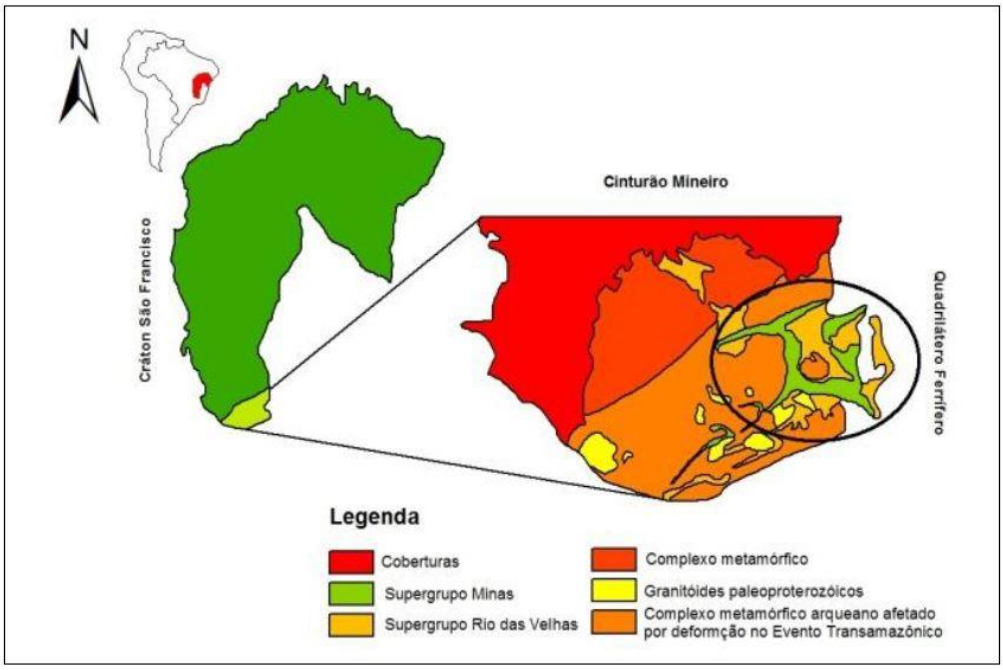


Figura 1 - Arcabouço geotectônico do Quadrilátero Ferrífero, MG (retirado de Santos, 2018).

Constituindo uma das áreas mais investigadas no Brasil, o QF (Figura 2) e sua complexidade resultou em trabalhos de várias áreas do conhecimento geológico, como estratigrafia, geologia estrutural, geocronologia e geoquímica, estas investigações contribuíram para o melhor entendimento quanto à evolução geológica da região (p. e., Dorr 1969; Villaça 1981; Endo *et al.* 1991; Chemale *et al.* 1994; Alkmin & Marshak 1998; *Farina et al. 2015b*b).

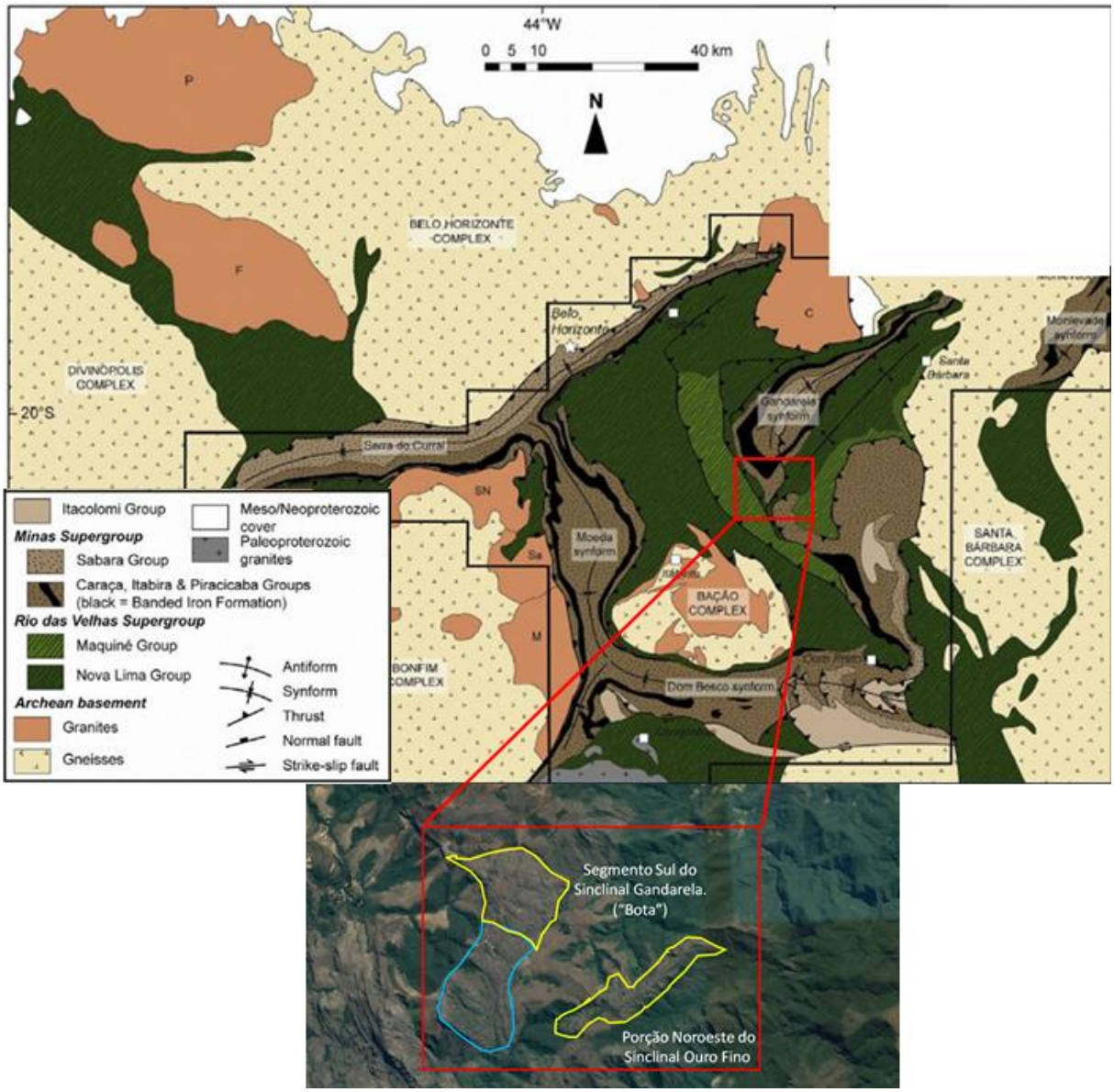


Figura 2 - Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero (modificado de Alkmin & Marshak, 1998). Em destaque, na quadrícula vermelha, está a área de estudo deste trabalho (em amarelo) e em azul a área de estudo de Santos (2018).

Vários trabalhos que abordam a evolução tectônica do QF, como Dorr (1969), Endo *et al.* (1991), Chemale *et al.*(1994) e Alkmin & Marshak (1998), foram desenvolvidos, principalmente, segundo uma ótica de eventos compressionais, poucos trabalhos abordam a evolução tectônica da área com a ótica da tectônica extensional atrelada a sedimentação, o que poderia construir uma visão diferente da evolução tectônica do QF.

De acordo com Alkmin & Marshak (1998) o QF pode ser dividido em 5 principais unidades litoestratigráficas: da base para o topo têm-se os Complexos ígneos e metamórficos Arqueanos, o Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas, Intrusivos pós Minas e Supergrupo Itacolomi. O Supergrupo Minas, que é o contexto estratigráfico onde está inserido a Formação Moeda (unidade de estudo deste trabalho), registra a ocorrência de um ciclo tectônico de Wilson, entre 2.5 e 2.0 Ma, no início do Paleoproterozóico (Alkmin & Marshak 1998). A Formação Moeda (Grupo Caraça) é caracterizada como a unidade basal do Supergrupo Minas e corresponde a uma sedimentação siliciclástica em ambiente rifte, evidenciando a importância de seus registros sedimentológicos para a reconstrução paleotectônica do Quadrilátero Ferrífero (Renger *et al*. 1993). Segundo Renger *et al*. (1994), é possível posicionar temporalmente a sedimentação do Supergrupo Minas, da base (Formação Moeda) ao topo da sequência (Grupo Sabará), respectivamente, entre 2580 Ma. e 2050 Ma.

A Formação Moeda além de representar uma importante unidade para a reconstrução paleotectônica do QF, também possui um importante potencial econômico, pois apresenta ocorrências de Au e U em sua sequência basal, mais precisamente nas unidades conglomeráticas, sendo que esses depósitos, de Au e U, seriam controlados principalmente por fatores sedimentológicos, como nas ocorrências do depósito de Witwatersrand, na África do Sul (Villaça 1981; Minter *et al.* 1990; Renger *et al.* 1993; Guimarães *et al.* 2017; Madureira 2017). De uma forma geral os trabalhos desenvolvidos na Formação Moeda foram desenvolvidos a partir de descrições litoestratigráficas, como em Dorr (1969), Villaça (1981) e Renger *et al.* (1993), A primeira definição estratigráfica da Formação Moeda foi dada por Wallace (1958 *in* Renger *et al.* 1993). Posteriormente Villaça (1981) divide a Formação Moeda em 3 ciclos deposicionais associando-os as três unidades litoestratigráficas da Formação Moeda, definidas por Wallace (1958 *in* Santos 2018).

Devido a importância da Formação Moeda, como explicado anteriormente, novos trabalhos vêm sendo realizados em várias regiões de ocorrência desta Formação, como Nunes (2016) na serra do Caraça, Martins (2017) e Madeira (2018) na serra da Moeda, Santos (2018) no sinclinal Gandarela e Madureira (2019, *in prep.*). Estes novos trabalhos utilizam as técnicas de modelamento faciológico desenvolvido por Walker (1992), Miall (1992), dentre outros. Essas técnicas estabelecem uma relação entre litotipos sedimentares e o processo geológico de deposição destas rochas com base no conceito de fácies sedimentar. Esse tipo de abordagem permite o entendimento do desenvolvimento tectônico de bacias sedimentares, com base na evolução da sedimentação e da tectônica.

O presente trabalho apresenta a caracterização e interpretação da Formação Moeda no segmento sul do Sinclinal Gandarela (também conhecido como "Bota" devido ao seu formato observado em imagens de satélite) e na porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino, que está localizado a Sudeste da "Bota" (Figura 2). Santos (2018), apresenta a caracterização faciológica estratigráfica e estrutural da porção sul da "Bota" (vide Cap. 3.2.2.1). Este mesmo autor defende que a região é resultado da reativação de estruturas herdadas, ele ainda destaca que a natureza da falha no contato ocidental da "Bota" não está bem esclarecida, e que para isso são necessárias correlações de dados geocronológicos e análises químicas, pois estas novas informações podem alterar significativamente a interpretação da história evolutiva da área. Sendo assim a contribuição deste trabalho é imprescindível para a complementação dos estudos na área e uma importante base de dados para possíveis trabalhos futuros.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área de estudo engloba o segmento sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. As áreas localizam-se na região nordeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. A área da "Bota" pode ser localizada pelas coordenadas geográficas, sendo que Sinclinal Ouro Fino está a Sudeste desta área: 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 (Figura 3); possuindo aproximadamente 12,50 km² de compreendida 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 segue por 18 km em estrada municipal, conhecida localmente como rodovia da Mina de Capanema, em direção à Fazenda Palmital (Figura 3).

1.4 OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo a caracterização e entendimento do arcabouço estratigráfico e estrutural da Formação Moeda no segmento sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino.

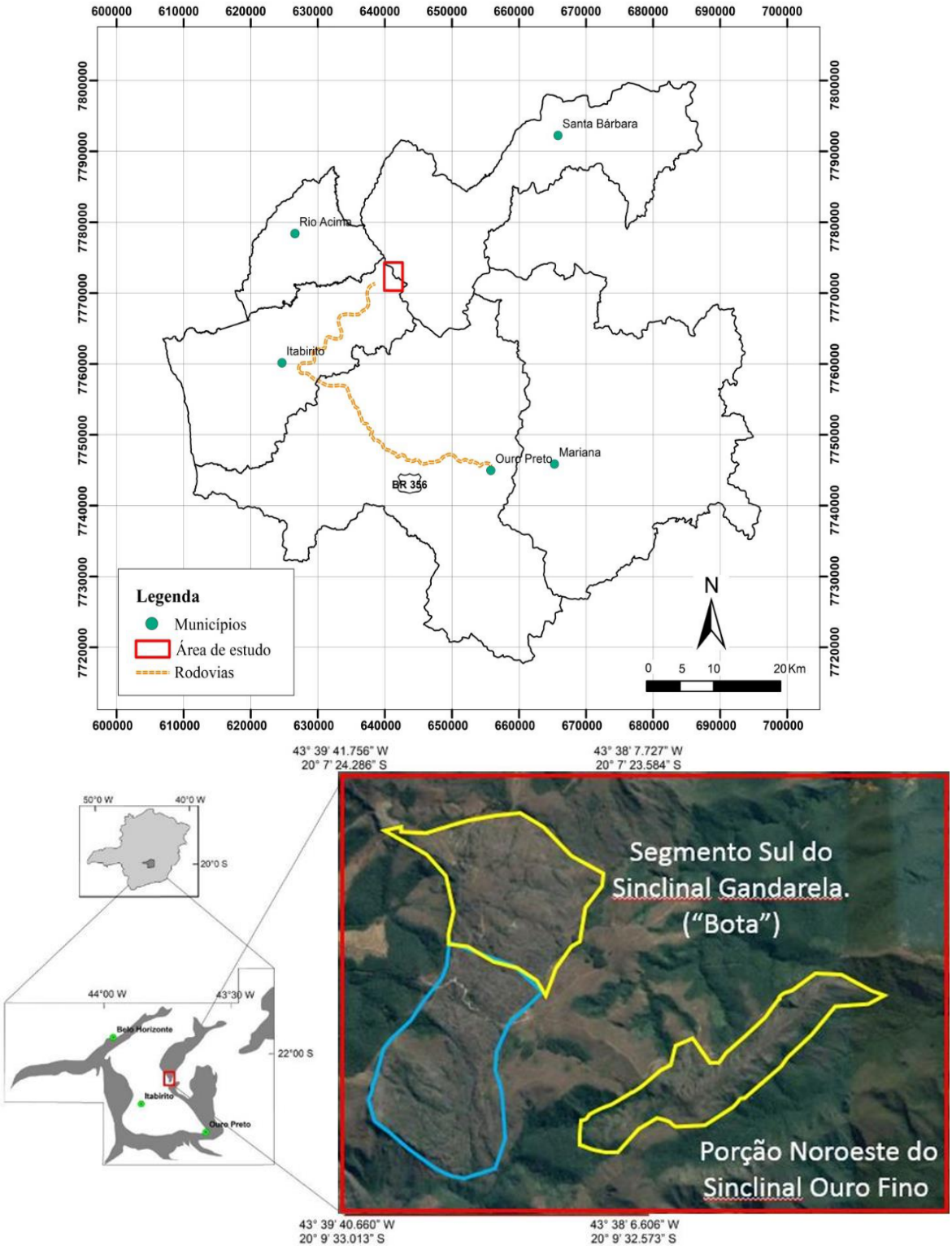


Figura 3 - Mapa de localização do seguimento Sul do Gandarela e Porção Noroeste do Sinclinal Ouro Fino, Quadrilátero Ferrífero, MG. Modificado de Santos (2018). Em amarelo a área foco deste trabalho.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo supracitado, e para conclusão deste, faz-se necessário cumprir os seguintes itens metodológicos: i) revisão bibliográfica; ii) mapeamento geológicos em escala 1:10.000, focado na Formação Moeda; iii) levantamento de 4 colunas litoestratigráficas em escala 1:200; iv) tratamento dos dados; v) integração com os dados de Santos (2018); e vi) elaboração da monografia.

1.5.1 Revisão bibliográfica

Nesta etapa de desenvolvimento do trabalho realizou-se a leitura de artigos científicos, relatórios técnicos, teses e dissertações sobre o Quadrilátero Ferrífero como um todo, principalmente, trabalhos que contemplam a Formação Moeda, unidade de estudo deste trabalho. Para o estudo introdutório da geologia regional do Quadrilátero Ferrífero, foram consultados os trabalhos de Dorr (1969), Alkmim & Marshak (1998), Roeser et al. (2010), Farina *et al.* (2015b). A respeito da estratigrafia regional do QF, foram utilizados os trabalhos de Dorr (1969), Alkmim & Marshak (1998), Farina *et al.*, (2015b) e Santos (2018). Em relação ao arcabouço estrutural do Quadrilátero Ferrífero este estudo se baseou nos seguintes autores: Renger *et al.*, (1993), Alkmim & Marshak (1998), Uhlein & Noce (2012), Farina *et al.*, (2015b) e Santos (2018). 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), Alkmim & Mars**h**ak (1998), Oliveira, (2005) Nunes (2016), Madureira (2017) e Martins (2017) e Santos (2018). Para o estudo da geologia econômica da Formação Moeda, foram utilizados os trabalhos de Villaça (1981), Pires (2005), Uhlein & Noce (2012), Guimarães et al. (2017), Madureira (2017) e Santos (2018).

1.5.2 Mapeamento Geológico

Realizou-se uma campanha de campo onde desenvolveu-se o mapeamento geológico local, no segmento Sul do Sinclinal Gandarela (“Bota”) e porção Noroeste do Sinclinal Ouro Fino, da Formação Moeda. O trabalho de campo contou com a participação do coorientador Prof. Rafael da Silva Madureira e sob orientação do Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins. Durante a campanha foi utilizado os materiais convencionais de trabalho de campo: GPS (*Garmin 60CSx)*, bússola de geólogo (*Brut*on), martelo de geólogo, lupa de mão (aumento de 10x), caderneta de campo e escalímetro. As metodologias empregadas para o mapeamento foram: marcação de contatos, seguimento contínuo de corpos, caminhamento perpendicular as camadas (Lisle, 2014) além das medições de elementos estruturais observados em campo, como acamamento, xistosidade, dobras entre outros segundo as definições de Fossen (2012).

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 de rochas sedimentares e a caracterização de litofácies seguiu a metodologia de Stow (2012) e Tucker (2014), como nas Tabela 2 e Tabela 1.

Tabela 2 - Padronização do tamanho de grãos para rochas sedimentares (modificado de Udden - Wentworth).

Tamanho	Classificação	
> 256 mm	Matacão	Cascalho
64 mm - 256 mm	Blocos	
4 mm - 64 mm	Seixos	
2 mm - 4 mm	Grânulos	
1 mm - 2 mm	Muito grosso	Areia
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	Silte/Argila
16 µm - 32 µm	Grosso	
16 µm	SILTE	
8 µm - 16 µm	Médio	
4 µm - 8 µm	Fino	
< 4 µm	ARGILA	

Tabela 1 – Códigos, de litofácies, usados para classificação de 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

1.5.3 Levantamento Litoestratigráfico

O levantamento das colunas estratigráficas foi realizado por meio da metodologia de empilhamento vertical com o uso de uma vara de Jacó graduada (Figura 4). 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, segundo Miall (2016).

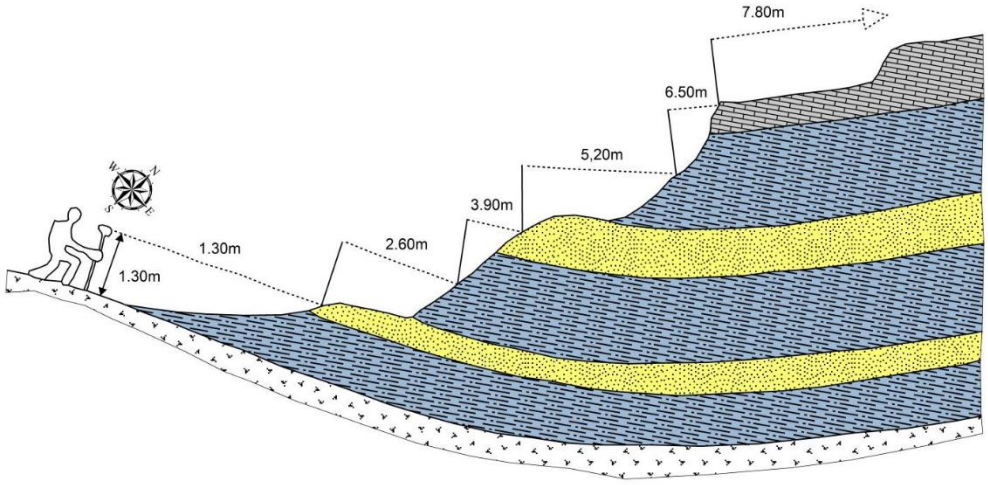


Figura 4 - Metodologia da Vara de Jacó. Retirado de Miall (2016).

Foram empilhadas, ao todo, 4 colunas litoestratigráficas, de detalhe (1:200), onde são apresentadas as descrições petrográficas, faciológicas e suas respectivas associações de litofácies (descritas e interpretadas nos capítulos 4 e 5).

1.5.4 Tratamento de dados

Nesta etapa desenvolveu-se as interpretações e correlações litoestratigráficas das unidades descritas em campo. As medidas estruturais tomadas em campo foram tratadas no *software* RocScience Dips 6.0, e analisadas suas distribuições de acamamento sedimentar (S0) e da xistosidade. (Sn) na área de estudo.

Para confecção digital do mapa geológico e das colunas litoestratigráficas apresentadas por este trabalho, foram utilizados os seguintes *softwares QGIS Desktop 2.18.0* e *Inkscape 0.92.3*, respectivamente.

1.5.5 Integração com os dados de Santos (2018)

Os estudos realizados por Santos (2018) foram realizados na porção Sul da "Bota", portanto as integralizações dos dados de seus estudos, com o presente trabalho, são de suma importância para que se tenha o entendimento global da área. Para isso, os dados de Santos (2018), como mapas, colunas, gráficos, interpretações e etc., serão aqui utilizados para se chegar a uma caracterização geral do arcabouço estratigráfico e estrutural da formação moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) no segmento Sul do Sinclinal Gandarela ("Bota"), Quadrilátero Ferrífero, MG.

Os resultados obtidos por esta integralização também são utilizados para correlação estratigráfica e estrutural com a porção Noroeste do Sinclinal Ouro Fino

1.6 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

A região que engloba as estruturas sinclinais Gamdarela e Ouro Fino, é denominada de Serra de Ouro Fino, segundo Madureira (2017), e está inserida na porção Nordeste do Quadrilátero Ferrífero (QF). Com uma extensão de 7000 Km^2, na porção centro-sul de Minas Gerais, o QF é uma região marcada por serras (Figura 5). A região do Quadrilátero Ferrífero faz parte de importantes bacias hidrográficas brasileiras, como bacia do rio Doce e bacia do rio São Francisco, e esta região possui grande variação de altitude, de 1100 a 1600 metros (Azevedo *et al*. 2012). A área de estudo está inserida em uma sub bacia hidrográfica do São Francisco, a bacia 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 *in* Santos, 2018). Devido as particularidades geradas pelos parâmetros fisiográficos, os surgimentos de microclimas são favorecidos na região, com temperatura média anual de 20°C e precipitação média anual que varia de 1300 mm a 2100 mm (Santos, 2018). Ainda segundo o mesmo autor, devido à importância ambiental da região (com vegetação que compreende campos rupestres, campos de altitude, cerrado e floresta estacional semidecídua, remanescente de Mata Atlântica) 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. Duas minerações de grande porte atuam nas proximidades da área de estudo, a mina de Capanema da Sincomex e a Mina de Ouro Fino da Jaguar, são minerações de ferro e ouro respectivamente (Santos 2018).

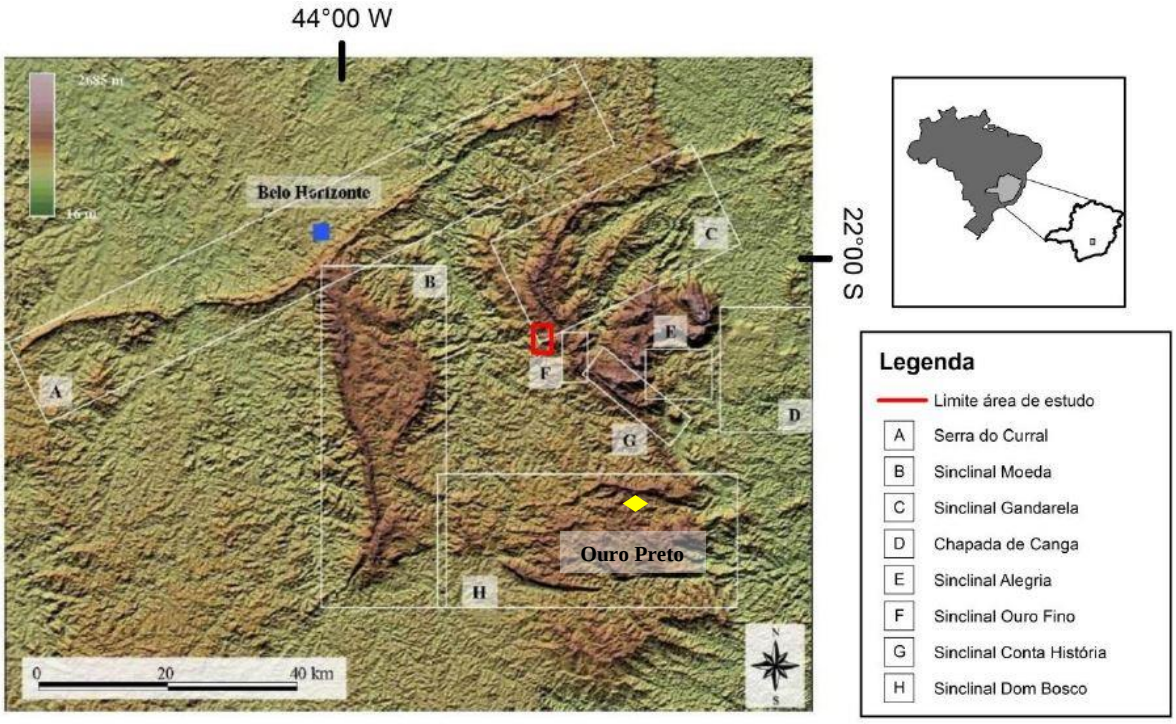


Figura 5 - Mapa de relevo do Quadrilátero Ferrífero ((retirado de Santos, 2018).

1.7 Elaboração da monografia

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

Os três capítulos iniciais são introdutórios, para fins de apresentação da localização da área de estudo (Capítulo 1), bem como contextualização geológica regional da área (Capítulo 2) e uma síntese da Fomação Moeda dentro do contexto geológico regional (Capítulo 3).

Os últimos três capítulos são capítulos que são dedicados a apresentação, descrição (Capítulo 4), discussão (Capítulo 5) dos resultados obtidos neste trabalho e por fim uma conclusão englobando toda a discussão aqui apresentada (Capítulo 6).

CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 O QUADRILÁTERO FERRÍFERO (QF)

Marcado por ser uma grande província metalogenética, com suas minerações de ferro, manganês, ouro e bauxita, além de pedras preciosas como o topázio imperial e a esmeralda (Roeser et al. 2010), o Quadrilátero Ferrífero (QF) é uma região de intensa complexidade geológica que é estudada por muitos cientistas do mundo todo.

O QF ocupa uma área de cerca de 7000 km², sendo limitado por grandes estruturas geológicas, sinclinais, anticlinais e homoclinais, que o confere uma geometria quadrilátera que estende-se entre a antiga capital de Minas Gerais, Ouro Preto a sudeste, e Belo Horizonte, a noroeste (Figura 6, Roeser et al. 2010). O QF está situado no extremo sul do Cráton São Francisco (CSF), estrutura subdivida em vários blocos Arqueanos a Paleoproterozóicos delimitados por zonas de suturas de 2100 Ma (Teixeira & Figuereido 1991, *in Farina et al. 2015b*; Barbosa & Sabaté 2004, *in Farina et al. 2015b*) e rodeado por cinturões dobrados (p. ex. O cinturão Araçuaí do Neoproterozoico-Cambriano tardio, e Cinturão Mineiro ao sul do Paleoproterozóico; Pedrosa-Soares *et al*. 2001, *in Farina et al. 2015b*). Quatro segmentos crustais formam parte do norte do cráton: os blocos Gavião, Jequié, Serrinha e Itabuna-Salvador-Curaçá (Barbosa & Sabaté 2004, *in Farina et al. 2015b*).

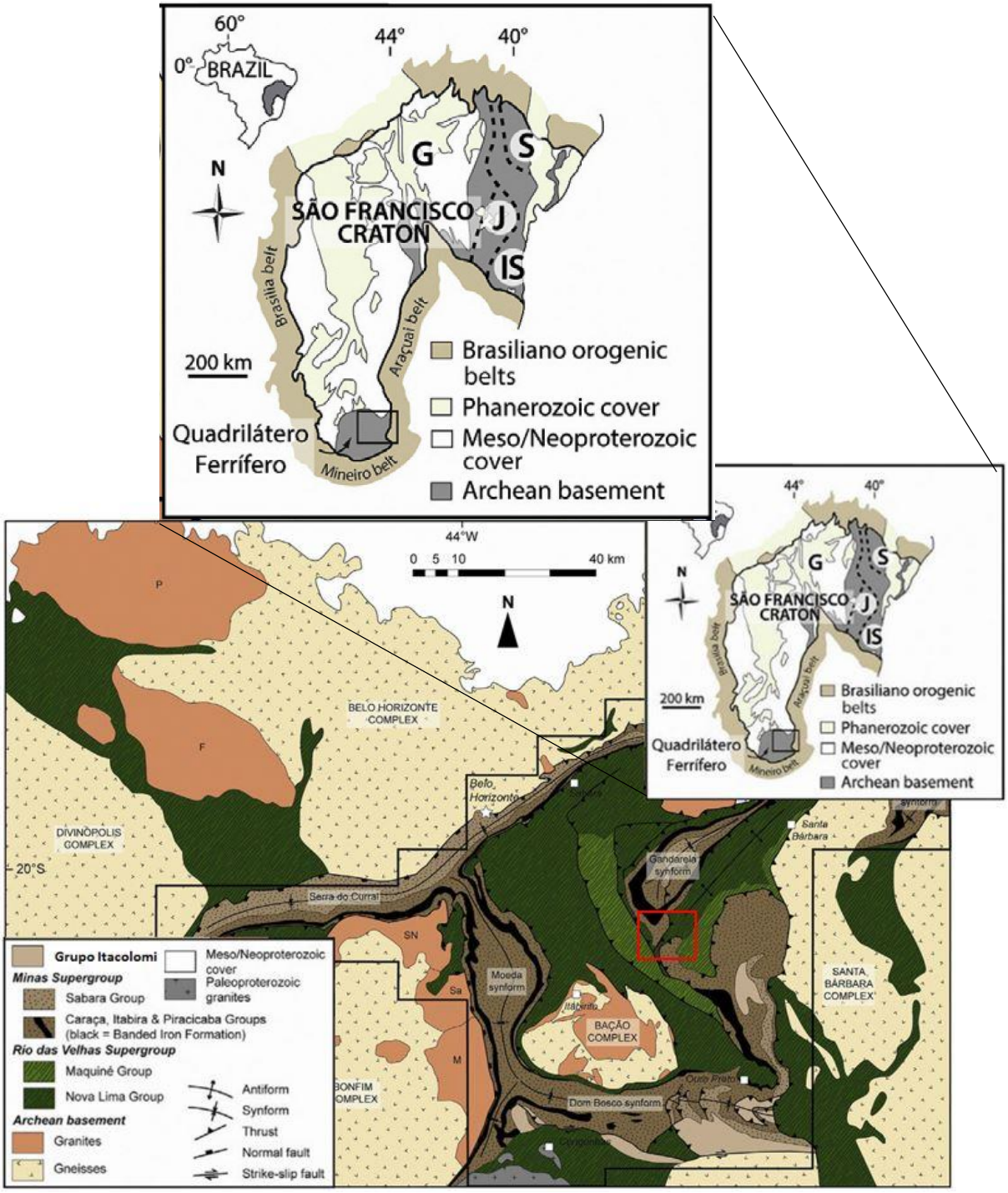


Figura 6 - Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero modificado por Alkmim e Marshak (1998 *in* Farina *et al.*, 2015). Na quadrícula em vermelho está a área de estudo deste trabalho. Abreviaturas dos batólitos e do plútons: C- Domo Caeté, F- Florestal, M- Mamona, P- Pequi, Sa- Samambaia; SN- Souza-Noschese. Inserção: esboço tectônico do cráton de São Francisco mostrando a localização dos cinturões orogênicos Brasilianos limítrofes, bem como do Cinturão Mineiro Paleoproterozóico. Abreviaturas: G, J, IS e S são os blocos Gavião, Jequié, Itabuna-Salvador-Curaçôa e Serrinha, respectivamente.

Pode-se dividir o QF em 5 principais unidades litoestratigráficas (Figura 7): da base para o topo têm-se os Complexos ígneos e metamórficos Arqueanos, o Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas, Intrusivas pós Minas e Supergrupo Itacolomi (Figura 7, Alkmin & Marsha 1998).

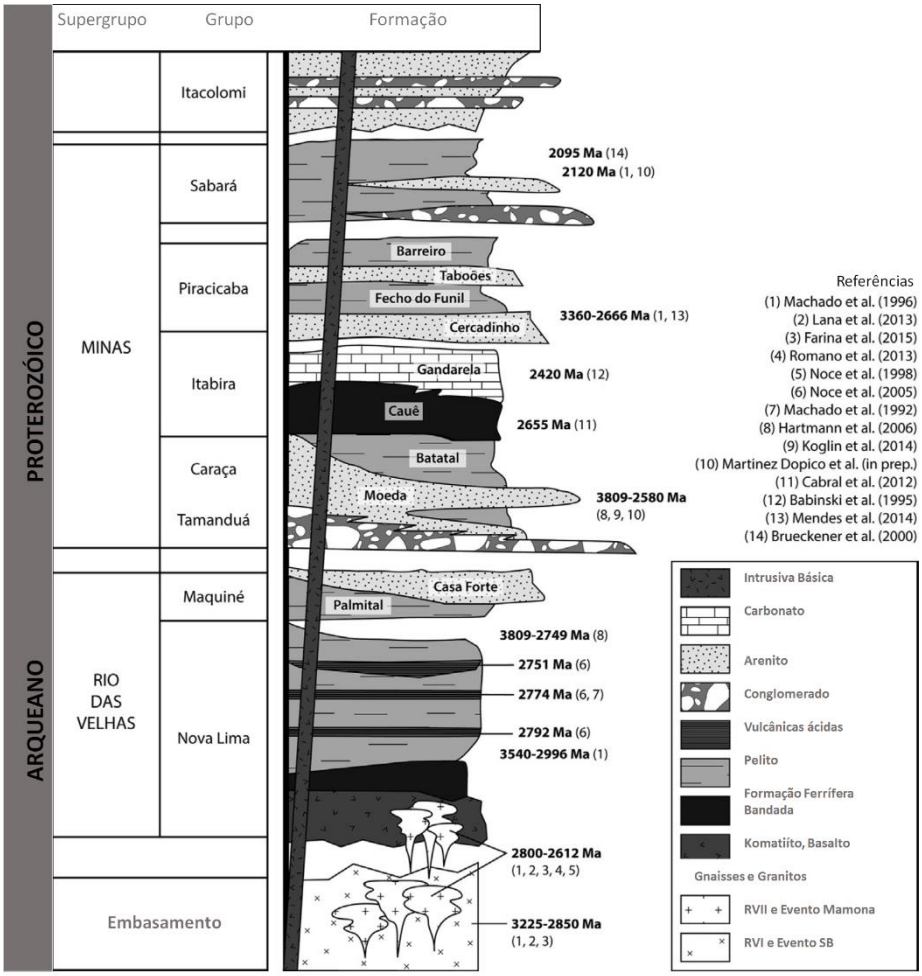


Figura 7 - Coluna estratigráfica das sequências supracrustais do Quadrilátero Ferrífero. Abreviaturas: RVI e RVII são eventos Rio das Velhas I e II, SB trata-se do evento magmático de Santa Bárbara. Modificado após Farina *et al.* (2015), Dorr (1969) e Alkmim e Marshak (1998).

2.1.1 Complexos ígneos e metamórficos

Segundo Farina *et al.* (2015b), as rochas do embasamento cristalino no QF podem ser subdivididas em três principais grupos:

1. Ortognaisses de granulação fina intrudidos por Leucogranitos (2) e Granitos (3);
2. Leucogranitos, diques e veios aplíticos/pegmatíticos;
3. Granitos de granulação média a grossa, fracamente foliado (*sensu lato*).

Uma revisão de idades de U-Pb, feita por Farina *et al.* (2015b), possibilitou a determinação de quatro eventos magmáticos, sendo eles descritos como (Figura 7): Santa Bárbara (SB) que varia de 3220 a 3200 Ma (*Farina et al. 2015b*), Rio das Velhas I (RVI) de 2850 Ma (*Farina et al. 2015b*ba), Rio das Velhas II (RVII) entre 2800 e 2760 Ma (Farina *et al.,* 2015a) e Mamona entre 2750 e 2680 Ma (Romano *et al.,* 2013 *in* Farina *et al,* 2015b).

2.1.2 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas (SRV) é caracterizado por abrigar rochas metavulcânicas e metassedimentares (Dorr *et al.* 1957, *in* Dorr 1969). Ainda segundo o mesmo autor, o SRV pode ser dividido em dois principais grupos, da base para o topo: Grupo Nova Lima e Grupo Maquiné (Figura 7). O SRV é a unidade mais difundida do QF, formando um típico *Greenstone Belt* Arqueano caracterizado por rochas máficas, ultramáficas, rocha vulcânicas evoluídas (dacitos) e rochas vulcanoclásticas e sedimentos clásticos imaturos (Dorr 1969) onde localmente podem estar sujeitsa a metamorfismo e metassomatismo (Dorr 1969). São rochas nas faixas de metamorfismo Xisto Verde e Anfibolito inferior comumente afetadas por alteração hidrotermal (Ladeira et al. 1983 & Zucchetti et al. 2000; *in Farina et al. 2015b*).

Grupo Nova Lima

Segundo Zucchetti *et al* (1998, *in* Santos 2018) são identificadas quatro associações de fácies, a serem listadas da base para o 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

Descrito por Dorr (1969, *in Farina et al. 2015b*) como uma sequência do tipo *flysh* para tipo molassa, que consiste em uma sucessão ascendente de arenitos cada vez mais ricos em quartzo e conglomerados. O Grupo Maquiné foi dividido em duas formações: a Palmital, basal (O'Rourke, 1957, *in Farina et al. 2015b*) e a Casa Forte, superior (Gair, 1962, *in* Farina *et al*. 2015b). A Formação Palmital foi depositada em ambientes proximais turbidíticos, enquanto a Formação Casa Forte é interpretada como um leque aluvial não marinho e depósito de rio entrelaçado (*Farina et al. 2015b*).

2.1.3 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas é uma unidade metassedimentar que, de maneira inconfundível, seu relevo ressalta em relação ao Supergrupo Rio das Velhas. Os estratos do Supergrupo Minas resistem à erosão e, portanto, formam cordilheiras que se elevam acima das regiões de subsolo ou greenstone, menos resistentes, criando assim um dos maiores relevos das terras altas do sul do Brasil (Alkmin & Marshak 1998). O Supergrupo Minas registra a ocorrência de um ciclo tectônico de Wilson, no início da era Paleoproterozóica, entre 2.5 e 2.0 Ma (Alkmim & Marshak 1998). Ainda segundo Alkmin & Marshak (1998), o Supergrupo Minas da base para o topo pode ser dividido em quatro grupos (Figura 7):

I. Grupo Caraça: consistem em unidades formadas por conglomerados aluviais e arenitos, que gradam, para topo, à pelitos marinhos de águas rasas. É subdivido nas Formações Moeda (foco de estudo deste trabalho) e Batatal, da base para o topo.
II. Grupo Itabira: são unidades que sobrepõem o Grupo Caraça com sedimentos químicos do tipo BIF (Lago Superior) da Formação Cauê e carbonáticos da Formação Gandarela.
III. Grupo Piracicaba: uma pilha espessa de sedimentos de ambiente marinho raso e deltáico que cobrem a Formação Gandarela localmente de forma discordante.
IV. Grupo Sabará: é uma sequência de turbiditos, tufas, vulcanoclásticos, conglomerados e diamictitos, de 3,0 a 3,5 km de espessura (Barbosa 1968, 1979; Dorr 1969 & Renger et al. 1995; *in* Alkmin & Marshak 1998).

A Formação Moeda, por ser foco de estudo deste trabalho, será melhor detalhada no capítulo 3.

2.1.4 Rochas intrusivas pós-Minas

Segundo Alkmin & Marshak 1998 esta unidade é composta por: veios finos de pegmatitos, com idade não definida, que cortam rochas do Supergrupo Minas (Figura 7, Herz 1970, *in* Alkmin & Marshak 1998); pegmatitos, que cortam o embasamento no QF de idade (U-Pb) de 2,06 Ga (Noce 1995, *in* Alkmin & Marshak 1998); granitóides, que cortam complexos metamórficos de domos no QF de idade pós-Minas e por fim, diques máficos (de orientação NNE) que cortam todo o Supergrupo Minas, onde um desses diques, produziu idade de 1,714 Ga (Silva er al. 1995, *in* Alkmin & Marshak 1998).

Segundo Silva *et al*. (1995, *in* Santos 2018) 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.

2.1.5 Grupo Itacolomi

O Grupo Itacolomi, consiste em arenitos grossos e conglomerados polimíticos (Figura 7), contendo clastos de BIF (provavelmente Formação Cauê; Lacourt (1935); Barbosa (1968); Dorr (1969), *in* Alkmin & Marshak (1998). Esta unidade se desenvolve em estreitas cunhas delimitadas por falhas no canto sudeste do QF. Zircões detríticos, do Grupo Itacolomi,, produziram datas U-Pb de 2,1 Ga (Machado et al. 1993, 1996; *in* Alkmin & Marshak 1998). Segundo Alkmim & Marshak (1998), são evidências de lagos aprisionados e/ou mares restritos durante a fase de colapso orogênico transamazônico no Paleoproterozóico.

2.2 ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO

O Quadrilátero Ferrífero pode ser descrito como uma estrutura resultante de uma história tectônica polifásica, o que explica sua grande complexidade estrutural e geológica, instigando assim, o desenvolvimento de diferentes interpretações para sua evolução geotectônica. Segundo Farina *et al.* (2015), três principais estruturas caracterizam o QF; do mais antigo ao mais novo (Figura 6), são estes:

1. Dobras e empurrões de escala regional com vergência NW e NNW geram grandes sinclinais assimétricos (o Moeda, o Dom Bosco, o Pitangui-Peti, Mateus Leme,) e a Serra do Curral descrito como uma homoclinal (Figura 6, Pomerene 1964; Dorr 1969; Pires 1979; Marshak et al. 1992; Alkmim e Marshak, 1998; *in Farina et al. 2015b*).
2. Estruturas extensionais relacionadas com a formação de uma província de domos-e-quilhas, no qual as quilhas de rochas supracrustais paleoproterozóicas deformadas e metamorfizadas circundam o embasamento arqueano (Figura 6, p. e. complexos Belo Horizonte, Caeté e Bação; Chemale et al. 1991, 1994; Alkmim e Marshak 1998; *in Farina et al. 2015b*);
3. Dobras de empurrão com vergência oeste reativadas e sobrepostas às estruturas preexistentes na região a leste de uma linha de tendência norte que segue a borda oeste da sinclinal Moeda (Figura 6; Chemale et al. 1994; *in Farina et al. 2015b*).

Em síntese, segunda Alkmim & Marshak (1998) a evolução tectônica do QF teve início com a geração e consolidação dos complexos granito-gnáissicos Arqueanos, de aproximadamente 3,0 Ga, onde após essa consolidação houve a deposição e geração das unidades vulcanossedimentares do Supergrupo Rio das Velhas, em torno de 2.8 a 2.7 Ga, também por Alkmim & Marshak (1998).

. A deposição do Supergrupo Minas se deu em uma bacia em ambiente continental com sedimentação detrítica, depois marinha, com rochas sedimentares bioquímicas, seguida por sedimentação detrítica novamente (Uhlein & Noce 2012 *in* Santos 2018). Segundo Alkmim & Marshak (1998) essa deposição teve início em 2.5 Ga atrás e o primeiro evento deformacional do Supergrupo Minas tem origem com a orogênese Transamazônica, datada entre 2.2 a 2.0 Ga (Figura 8). Por fim, um evento associado à aglutinação de massas continentais a partir de convergência de placas tectônicas atuou no QF, este evento é conhecido como orogênese Brasiliana (Alkmim & Marshak 1998).

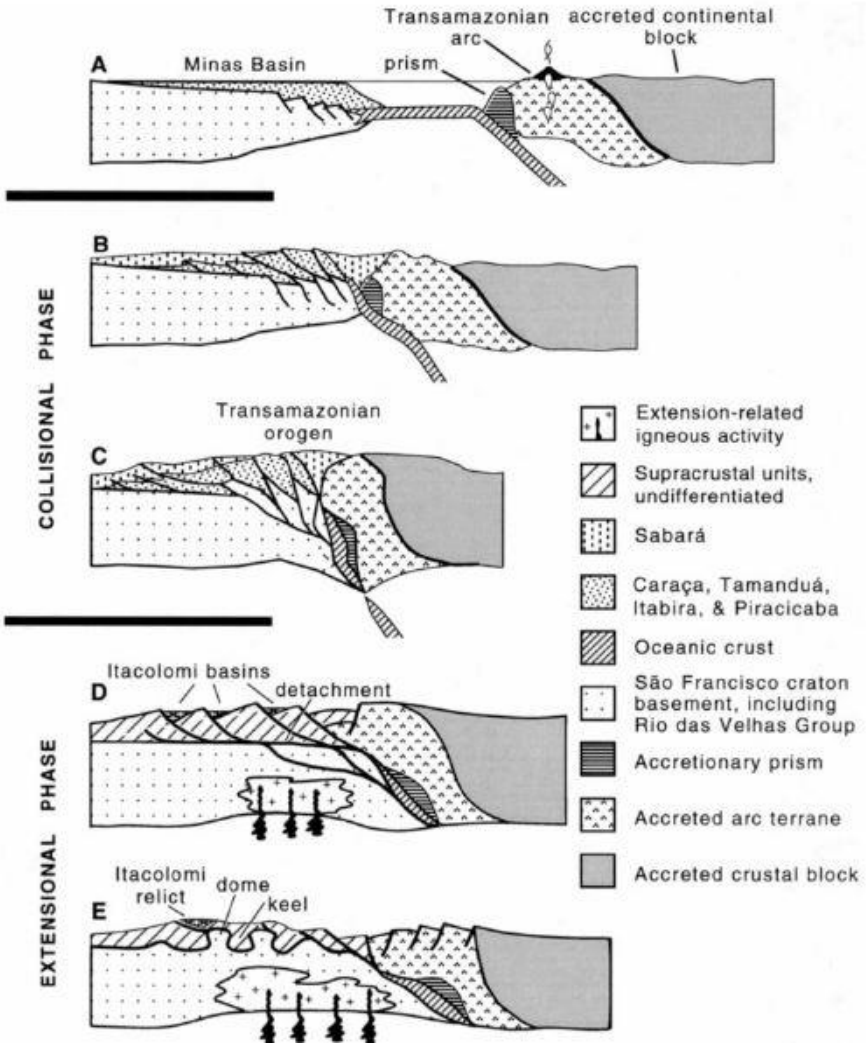


Figura 8 - Seções transversais ilustrando um modelo para a evolução tectônica do QF antes e durante a orogenia Transamazônica. (a) Configuração pré-transamazônica. O Supergrupo Minas representa a porção da plataforma continental de uma margem passiva. b) Colisão inicial com o arco Transamazônico e um bloco continental agregado. O Grupo Sabará, depósito de bacia *foreland*, se espalha no interior do cráton. (c) Durante o estágio final de colisão, o Sabará´ também é deformado. (d) Começa o colapso extensional, com desenvolvimento de uma Cordilheiras metamórficas separadas por núcleos coplexos. e) Com a continuação da extensão e aquecimento da crosta, o cinturão que se estende evolui para uma província de cúpula e quilha. A geometria dome-and-queel representa efetivamente a boudinagem em escala crustal. (retirado de Alkmin & Marshak, 1998).

CAPÍTULO 3

REVISÃO SOBRE A FORMAÇÃO MOEDA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG

Como a Fomação Moeda é a principal unidade de foco de estudo deste trabalho, fez-se necessária uma descrição, caracterização e contextualização geral, mais detalhada da unidade. Portanto os subcapítulos seguintes serão dedicados a uma revisão sobre a Formação Moeda e sua caracterização geral no Quadrilátero Ferrífero.

3.1 CONTEXTO GERAL DA FORMAÇÃO MOEDA

O nome Formação (Fm.) Moeda é atribuído a esta unidade por causa da sua excelente exposição estratigráfica encontrada na Serra da Moeda, a leste da cidade de Moeda (Wallace 1958). E sua importância na literatura reside em - além de preservar resquícios de uma bacia do Paleoproterozóico e evolução tectonoestrutural de uma das regiões mais estudadas do mundo, Quadrilátero Ferrídero - possuir depósitos com potencial de mineração de Au-U (Villaça 1981). Segundo Villaça (1981) a semelhança das características (p. e. fatores que controlam a distribuição de Au) da ocorrência de Au na Fm. Moeda com Witwatersrand, na África do Sul, torna esta formação uma das unidades mais promissoras para a exploração de Au no Brasil.

Como já descrito no subcapítulo 2.2.3, a Formação Moeda está inserida no contexto do Supergrupo Minas, que registra a ocorrência de um ciclo tectônico de Wilson no início da era Paleoproterozóica, entre 2.5 e 2.0 Ma (Alkmim & Marshak 1998). Esta formação integra o Grupo Caraça que é caracterizado por unidades formadas por conglomerados aluviais e arenitos, que gradam ao topo à pelitos marinhos de águas rasas, segundo Alkmin & Marshak (1998).

Segundo Dorr (1969), o Supergrupo Minas pode ser dividido em quatro grupos , compostos respectivamente por, dois grupos inferiores de formações clásticas (Fm. Moeda e Fm. Batatal), separadas por uma provável discordância erosional; uma sobreposição gradacional composta de duas formações dominantemente de origem química ou bioquímica (Fm. Cauê e Fm. Gandarela) e um grupo superior composto de formações clásticas (Fm. Cercadinho, Fm. Fecho do Funil, Fm. Taboões, Fm. Barreiro e Grupo Sabará), vide Figura 7. E ainda de acordo com Dorr (1969), o Grupo Caraça é definido como compreendendo formações metassedimentares quartizíticas e filíticas, sobrepostas por sedimentação química do Grupo Itabira (Figura 7). A distribuição da Formação Moeda no Quadrilátero Ferrífero é descrita como conglomerados, arenitos e pelitos na região ocidental (Sinclinal Moeda);

conglomerados na região central (Sinclinal do Gandarela) e por sedimentos litorâneos na parte meridional do Quadrilátero Ferrífero (Figura 3 e Figura 6; Villaça 1981).

3.2 PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS DA FORMAÇÃO MOEDA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

As ocorrências da Fm. Moeda estão condicionadas às estruturas preponderantes do QF (*e.g* Sinclinal Moeda, Sinclinal Gandarela, Sinclinal Ouro Fino, vide Figura 6), aflorando caracteristicamente em morfologias escarpadas (Figura 5, Nunes 2016). Pode-se acrescentar, ainda à essa ocorrência, segundo Nunes (2016) a seção estratigráfica da Fm. Moeda no maciço do Caraça (Figura 9).

3.2.1 Sinclinal Moeda

Localizado na porção oeste do QF, o Sinclinal Moeda possui extensão aproximada de 40 km. Seu flanco normal, oeste, tem direção N-S e o flanco inverso, leste, é NW-SE. A norte conecta-se com a Serra do Curral contornando o Complexo Bação e a sul conecta-se com o Sinclinal Dom Bosco (Martins 2017). Os efeitos tectônicos nessa região foram suficientes para inverter a aba leste do Sinclinal, provocando uma zona de contato cataclástico na borda a oeste (Villaça 1981). Estruturalmente, é caracterizada pelo arqueamento da sequência metassedimentar do Supergrupo Minas cuja trama interna é definida por um bandamento composicional primário paralelo a uma foliação superimposta (Dorr, 1969, *in* Martins 2017).

Chemale *et al* (1991, *in* Martins 2017), propõe que o Proto-Sinclinal Moeda é resultado de um colapso progressivo das sequências supracrustais do QF concomitante ao soerguimento do embasamento granito-gnáissico. No flanco oeste do Sinclinal Moeda, a inversão tectônica foi apenas parcial, desenvolvendo-se falhas reversas discretas no embasamento e zonas de cisalhamento reversas paralelas ao acamamento nos quartzitos (Endo & Nalini Jr. 1992, *in* Martins 2017).

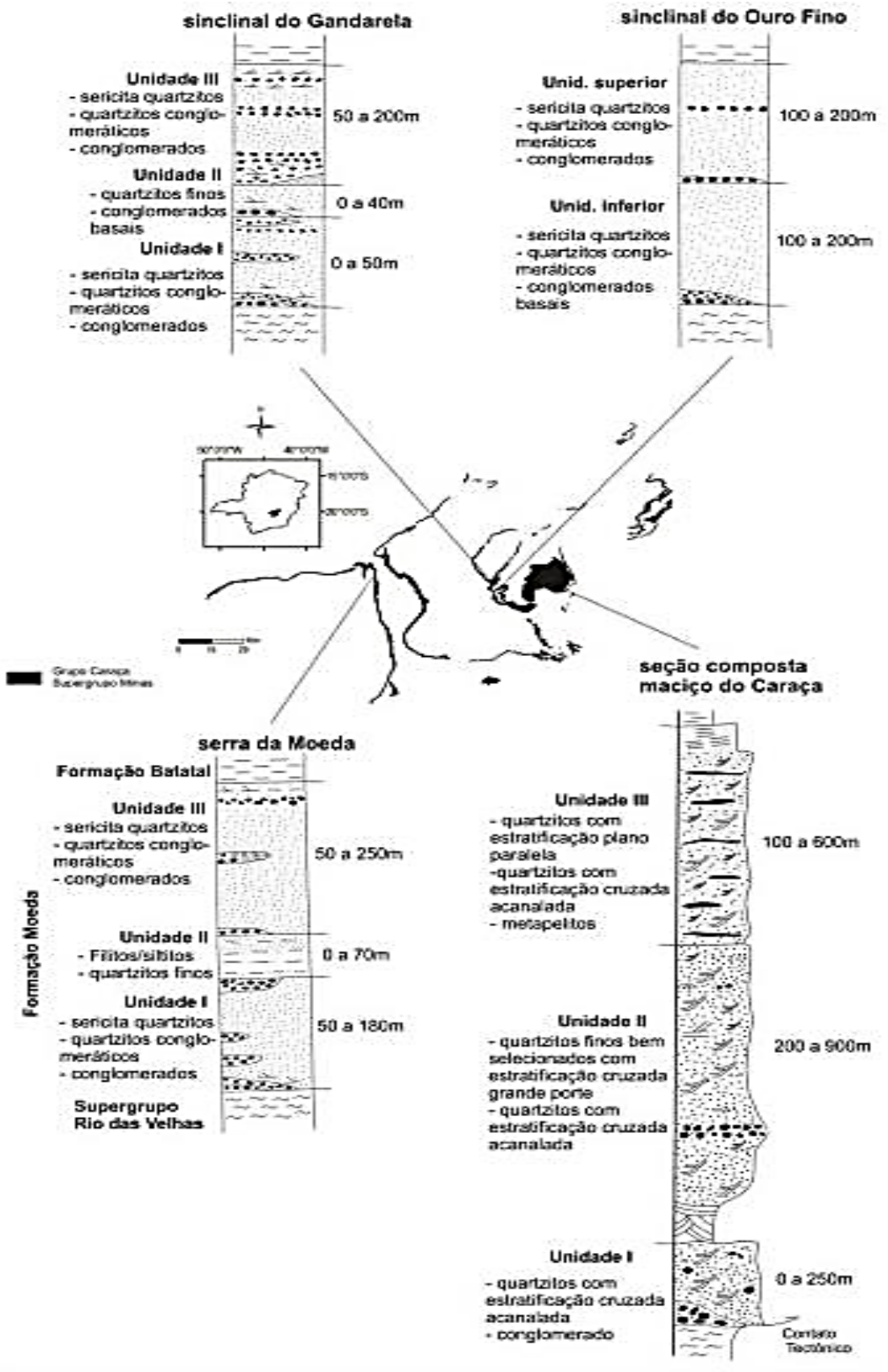


Figura 9 - Colunas estratigráficas esquemáticas das principais ocorrências da Formação Moeda no Quadrilátero Ferrífero, MG (Nunes, 2016).

A seção tipo da Fm. Moeda foi descrita no Sinclinal Moeda e segundo Dorr (1969), a seção tipo da formação é constituída por rochas metassedimentares variando de metaconglomerados até filitos. Tratam-se de 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) De acordo com Dorr (1969), pode-se então dividir a Fm. Moeda em três horizontes, representados da base para o topo pelo Moeda 1(mcm-1), Moeda 2 (mcm-2) e Moeda3 (mcm-3).

Moeda-1: consiste na unidade basal, com espessuras de até 180 metros. Trata-se de uma sequência de metaconglomerados de matriz sericítica-piritosa, às vezes carbonosa, com um horizonte oligomítico portador de Urânio e outro horizonte polimítico. Estes metaconglomerados caráter gradacional, lenticular, e acentuadas variações laterais frequentes, devido as intercalações com quartzitos grossos a médios. Para o topo, esses quartzitos grossos passam a predominar na coluna, sendo frequentes grânulos e seixos dispersos. Segundo Villaça (1981) essas sequências teriam sido depositadas em ambiente fluvial rio entrelaçado e aluvial.

Moeda-2: uma unidade intermediária formada por um pacote de filitos, com interlaminações milimétricas de quartzito muito fino e metassiltitos, chegando até 70 metros de espessura, evidenciando uma transgressão marinha (Villaça 1981).

Moeda-3: consttuído por metaconglomerados polimíticos na base e gradações para o topo de quartzitos finos. Intercalações com metasiltitos, e metarenitos. Estratificações cruzadas são presentes, e segundo Villaça (1981) esta unidade também foi gerada em sistema aluvio-fluvial de rio entrelaçado.

3.2.2 Sinclinal Gandarela

Constituído por metassedimentos do Supergrupo Minas em contato com o Grupo Nova Lima, o Sinclinal Gandarela localiza-se na porção nordeste do QF, como mostrado na Figura 3 e Figura 6. (Oliveira 2005). Dorr (1969, *in* Oliveira 2005), caracterizou a geometria do Sinclinal Gandarela como uma megadobra com fechamento para SE e eixo orientado NE-SW.

A região foi dividida em 3 segmentos, Norte, Central e Sul, segundo Endo *et al.*, (1991). O segmento norte, com eixo de dobra N60E, é limitado pelas falhas de Cambotas e Fundão (Endo *et al.* 1991). No segmento central, o eixo de dobra (direção N40E) foi pouco afetado por esforços tectônicos do ciclo convergente Brasiliano, datado de 0.9 – 0.54 Ga (Almeida *et al*. 2000; Endo *et al.* 1991). O segmento sul (Figura 3, Figura 10 e Figura 11), possui as maiores espessuras da Formação Moeda na

região, e é denominado de "bota" (Madureira 2017; Santos 2018, entre outros). Ainda Segundo Endo *et al.* (1991), a porção sul da estrutura possui uma forma alongada de direção N-S, descrito também como apêndice do Sinclinal Gandarela.

A Fm. Moeda no Sinclinal Gandarela, é constituída por metaconglomerados oligomíticos e polimíticos piritosos e por quartzitos grossos, médios e finos (Villaça 1981). Seguindo o mesmo autor, a Fomação ainda pode ser dividida em três unidades estratigráficas, representando um macro-ciclo sedimentar com as maiores espessuras de seus horizontes no extremo Sul do Sinclinal (Bota). As três unidades estratigráficas, segundo Villaça (1981) são:

Unidade I – constitui uma sequência de metacongloomerados basais com intercalações de lentes de quartzitos grossos. A espessura do pacote varia de 20 a 60 metros. De acordo com Villaça, esta unidade sobrepõe xistos do Grupo Nova Lima em contato discordante e erosivo.

Unidade II – representada por quartzitos grossos, com intercalações conglomeráticas. Também há a ocorrência de um quartzito fino, homogêneo e maciço. Esta unidade é interpretada como produto de sedimentação litorânea ou marinha rasa.

Unidade III – marcada por metaconglomerados piritosos e intercalações de quartzitos grossos.

3.2.2.1 Sul do Sinclinal Gandarela ("Bota")

Segundo Rosière (1987), a parte sul do Sinclinal Gandarela constitui um pacote homoclinal, de metaconglomerados, quartzitos, filitos e milonitos do Grupo Caraça, que se estende em direção NNE-SSW com camadas mergulhando de 0 a 40° para ESSE em uma área de aproximadamente 9 km² (Figura 10). A oeste e sul há um contato discordante entre os metassedimentos da estrutura e as rochas do Grupo Nova Lima; a leste a sequência normal do Supergrupo Minas está truncada pela Falha do Fundão; a norte, a estrutura homoclinal passa a constituir o flanco oeste do Sinclinal Gandarela (Rosière 1987).

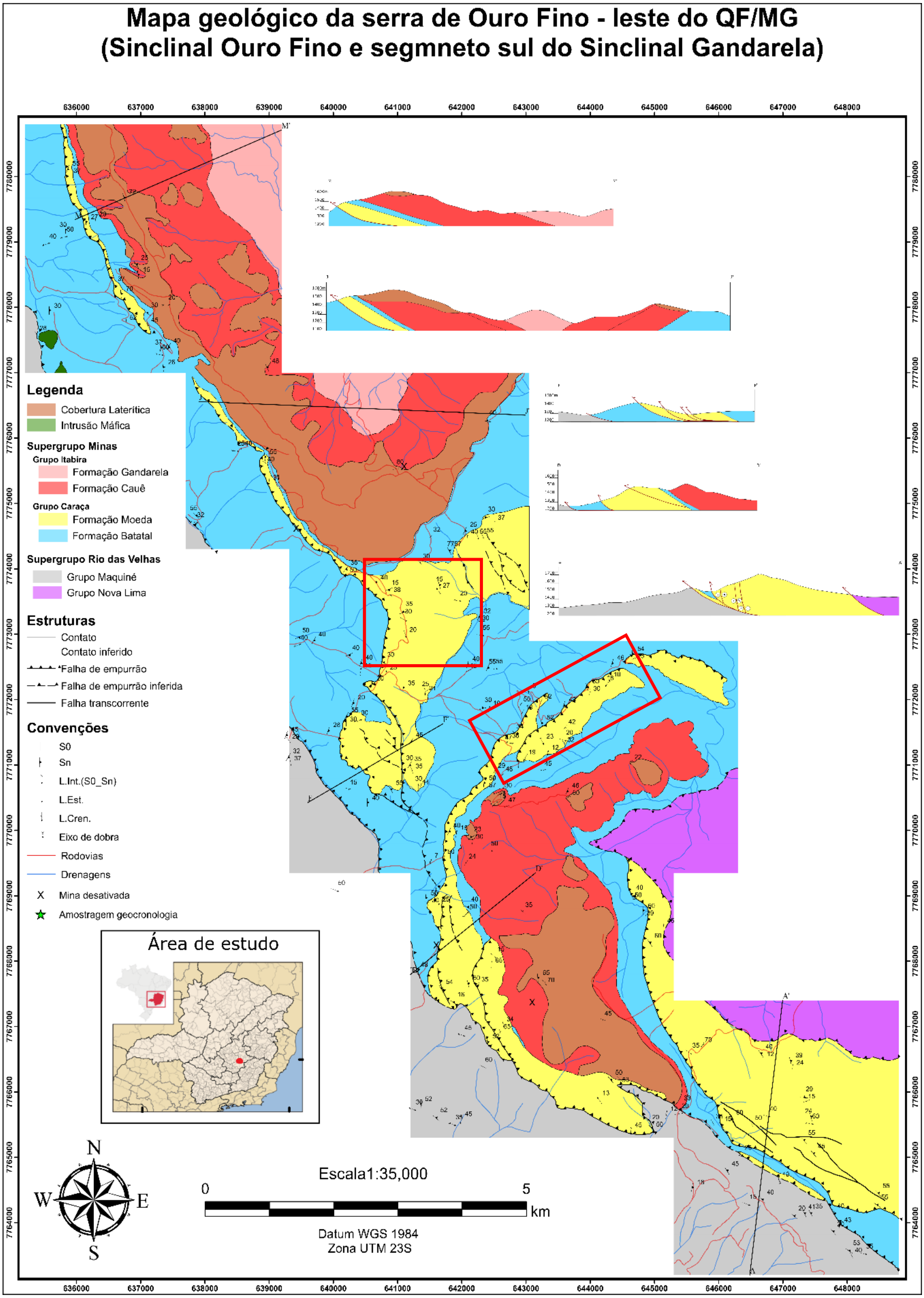


Figura 10 - Mapa geológico da porção sul do Sinclinal Gandarela e do Sinclinal Ouro Fino (Estágio de Mapeamento Geológico DEGEO/EM – Setembro/2017- contribuição do Prof. Rafael Madureira). Nas quadrículas vermelhas as áreas de estudo.

Ainda Segundo Rosière (1987), as estruturas tectônicas da área são resultado de duas fases dúcteis de deformação: a fase D_1, caracterizada por zonas de cisalhamento (associadas a falhas de empurrão, com transporte tectônico E-W, sendo a Falha do Fundão a mais notável) paralelas e subparalelas ao acamamento dos metassedimentos do Grupo Caraça, que se concentram, principalmente, na base da sequência; e a fase D_2, caracterizada por estruturas de comportamento menos dúctil, com encurtamento segundo a direção E-W, marcadas por amplas dobras com eixo N-S, clivagem de crenulação e lineação de crenulação.

Segundo Endo & Fonseca (1982, *in* Santos 2018), 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. 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 (Santos 2018).

Santos (2018), descreveu três associações de litofácies (Tabela 3) que compõe a Formação Moeda na extremidade sul da "Bota", com base nas características de nove litofácies (Tabela 4) observadas na região, do qual gerou-se o mapa geológico da porção sul da "Bota" (Figura 11).

Tabela 3 – Associações de Litofácies da Formação Moeda Moeda no Extremo Sul da estrutura da "Bota" no Sinclinal Gandarela (Santos, 2018).

Associação	Litofácies	Interpretação deposicional
Alf 1	Ccts, Cm, Cmts, gAcd e mgAm	Depósitos proximais a médio de planicie aluvial dominado por rio entrelaçado
Alf 2	gAcn e gAm	Depósitos litorâneos de planicie costeira
Alf 3	Ccts, Cm, Cmts, gAcd, mgAa, mgAm e mgAp	Depósitos distais de leque fluvial de rio entrelaçado

Tabela 4 - Litofácies da Formação Moeda no Extremo Sul da estrutura da "Bota" no Sinclinal Gandarela (Santos, 2018)

Código da Fácies	Fácies	Estruturas sedimentares	Processo de deposição
Cets	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 matiz 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 muita grossa com lentes de metaconglomerado matriz suportado	Estrato cruzado tabular	Barras linguóides

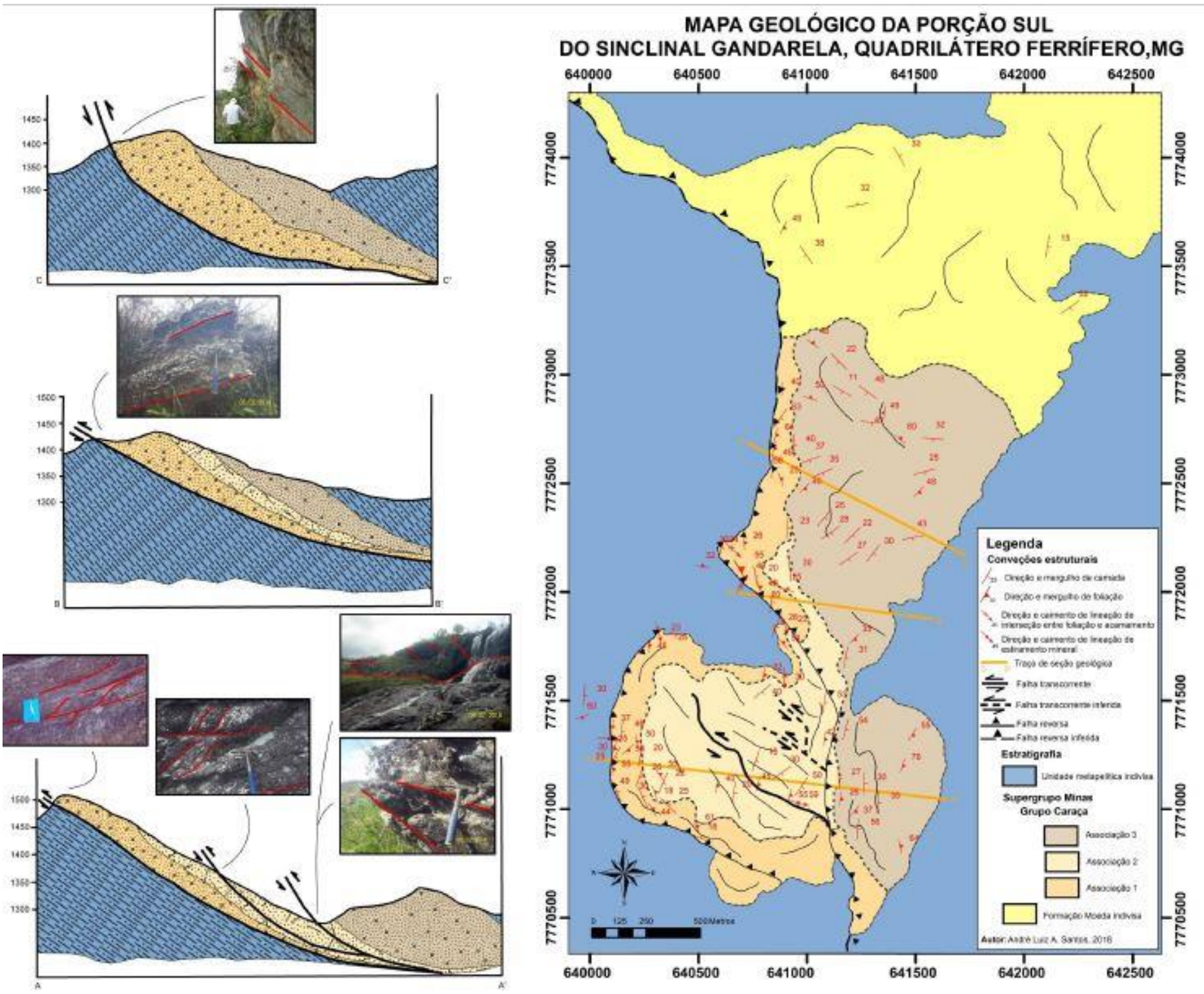


Figura 11 - Mapa geológico da área da porção sul da “bota”, segundo Santos (2018).

3.2.3 Maciço do Caraça

Localizado na região de maiores cotas do QF (aproximadamente 2000 metros), o Maciço, ou serra do Caraça encontra-se na borda leste do QF (Endo *et* al. 1991).

Segundo Nunes (2016), a Formação Moeda na região do Maciço Caraça foi dividida em três unidades: a unidade 1 é representada por quartzitos com estratificação plano paralela, quartzitos com estratificação cruzada acanalada e metapelitos, caracterizando um sistema fluvial entrelaçado proximal; a unidade 2 é representada por quartzitos finos com estratificação cruzada acanalada, bem selecionado e quartzitos com estratificação cruzada de grande porte, caracterizando um sistema fluvial entrelaçado proximal com retrabalhamento eólico localizado; e a unidade 3, constituída por quartzitos com estratificação cruzada acanalada e conglomerados, que representam um sistema fluvial entrelaçado com formação de linha de costa em porção restrita. Ainda segundo o autor a Fm. Moeda no Maciço do Caraça caracteriza uma fase extensional, composta por sedimentos continentais (fluviais/eólicos), evoluindo para marinho-litorâneo a plataformal, sendo interpretados como formados em rifte intracontinental evoluindo para uma margem passiva.

3.2.4 Sinclinal Ouro Fino

O Sinclinal Ouro Fino, segundo Fonseca & Alkmim (1992), está localizado ao extremo sul do Sinclinal Gandarela e trata-se de uma estrutura sinforme redobrada em formato de sela com vergência para oeste, onde seu plano axial apresenta forte inflexão, variando de NNE em seu segmento norte, para NNW em sua porção sul.

O segmento NNE, a norte, também é foco de estudo deste trabalho (Figura 2, Figura 3 e Figura 10)

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 falhas de empurrão; se estende pelo flanco ocidental até seu extremo sul, onde é truncada por falhas de empurrão provenientes do sistema de cisalhamento denominado Sistema Fundão-Cambotas.

A Formação Moeda no sinclinal Ouro Fino, pode ser dividida em dois horizontes: inferior e superior (Villaça 1981). 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).

3.3 GEOLOGIA ECONÔMICA DA FORMAÇÃO MOEDA

As principais mineralizações da Fm. Moeda estão associadas aos conglomerados basais da sequeência, que localmente hospedam ocorrência auro-uranífera do tipo Witwatersrand (Guimarães *et al.* 2017; Villaça 1981). Guimarães *et al.* (2017) coletou amostras destes conglomerados no Sinclinal Gandarela, em duas localidades: na Mina do Palmital (flanco oeste do sinclinal); e na "Bota". A partir destas amostras o autor descreve que na matriz micácea estão presentes nódulos de matéria orgânica e grande variedade de opacos, com texturas complexas, e minerais de urânio de granulação fina que foram analisados e identificados via microssonda eletrônica como uraninita (UO_2), brannerita (UTi_2O_6) e arseniatos de urânio ($M^{+m}[(U^{+6}O_2)((As,P)O_4)]_m \bullet nH_2O$), além de outras fases complexas, nas quais se sugere a presença de coffinita e torita ($(U,Th)SiO_4$).

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 comparação com distritos auríferos de importância mundial, os metaconglomerados da Formação Moeda possuem um potencial metalogenético muito importante, sugerindo que estes sejam investigados, quanto ao seu conteúdo aurífero, na porção sul e oeste do Sinclinal do Gandarela e na porção oeste do Sinclinal Ouro Fino. Pires (2005) conclui que o grande número de ocorrências de ouro nas rochas da Formação Moeda aforantes no flanco oeste da "bota", está associado a grãos de pirofilita, o que possibilita a utilização de espectroscopia de reflectância, além de tratamento de imagens Aster para a individualização de áreas potencialmente mineralizadas em Au nesta região.

Segundo Uhlein & Noce (2012), o ouro e urânio presentes na Fm. Moeda são de origem detrítica, nos quais foram intemperizados e erodidos das rochas fontes, embasamento cristalino e Supergrupo Rio das Velhas. Estes sedimentos eram depositados por sistemas flúvio-deltaicos (Figura 12) 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 Ouro Fino, nos quais, o ouro possui granulação muito fina (Uhlein & Noce 2012, *in* Santos 2018).

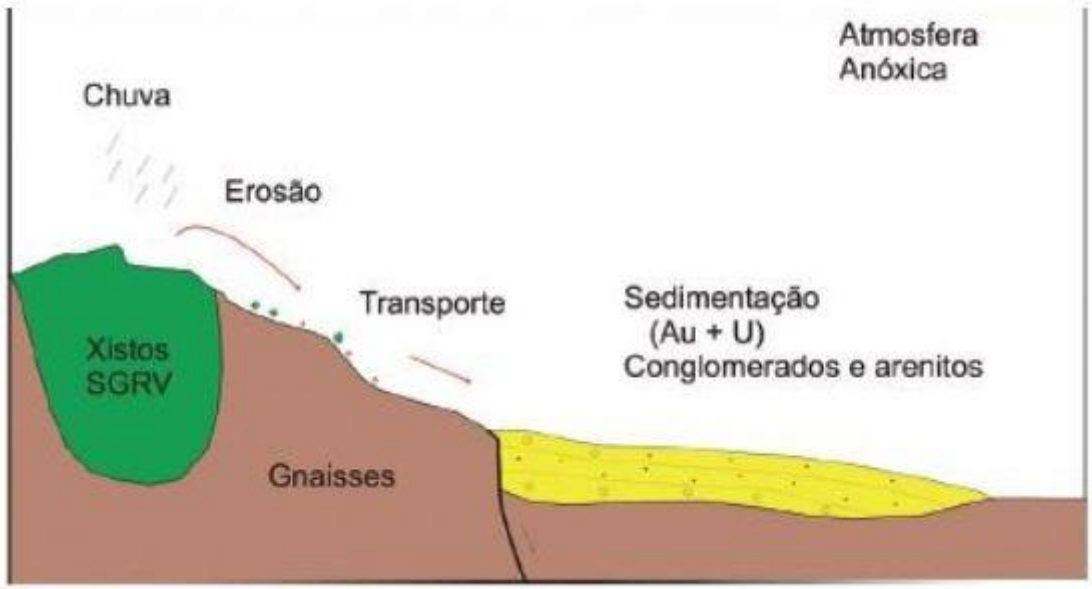


Figura 12 - Processo de formação de depósitos de Au-U da Formação Moeda (Uhlein & Noce, 2012, retirado de Santos 2018).

CAPÍTULO 4

GEOLOGIA LOCAL E RESULTADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Como já mostrado, os estudos realizados na área de interesse foram desenvolvidos em duas grandes estruturas aflorantes de rochas metassedimentares da Fm. Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas). A primeira é uma estrutura norte-sul, que se assemelha a uma homoclinal, localizada no extremo sul do Sinclinal Gandarela e recebe o nome de "bota" (pela semelhança com o calçado). Já a segunda estrutura, com orientação geral NNE, faz parte da porção Noroeste do Sinclinal Ouro Fino, sendo composta pela junção de dois segmentos, denominados neste trabalho de Ouro Fino Superior e Ouro Fino Inferior (Figura 13).

A "Bota" e a porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino estão separadas espacialmente por unidades metapelíticas indivisas (para este trabalho).

4.1.1 MAPA E SEÇÕES GEOLÓGICAS

Para a confecção do mapa geológico e seções geológicas da área, foram utilizados os conceitos de associação de litofácies, segundo Tucker (2014) e Miall (1992). As descrições de litofácies podem ser encontradas no Capítulo 4.3 e sintetizadas na 5. As associações de litofácies do sul do Sinclinal Gandarela (Alg1, Alg2 e Alg3), são descritas no Capítulo 5.1 e sintetizadas na Tabela 8. As associações de litofácies do noroeste do Sinclinal Ouro Fino (Alof1, Alof2 e Alof3), são descritas no Capítulo 5.2 e sintetizadas na Tabela 9. O mapa Geológico apresentado neste trabalho consiste da integração do mapa do sul da "Bota" (Santos 2018) com os novos dados obtidos para o norte da "Bota" e os segmentos Ouro Fino Superior e Inferior (Figura 13 e Figura 14). O mapa geológico da área mostra a disposição geral das associações de litofácies descritas na área. Em geral, as associações de litofácies da área, como um todo, são cercadas por metapelitos indivisos.

4.2 PERFIS TOPOGRÁFICOS E COLUNAS LITOESTRATIGRÁFICAS

Para as duas áreas de estudo (sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino) foram confeccionadas cinco colunas litoestratigráficas. A figura Figura 13 mostra a localização dos perfis (caminhamentos) onde foram confeccionadas estas colunas. As colunas típicas da Formação Moeda na região do extremo sul do Sinclinal Gandarela e noroeste do Sinclinal Ouro Fino são mostradas na Figura 15. Para a "Bota" foi confeccionada uma coluna litoestratigráfica na porção norte da área (Figura 13) e é denominada de Coluna Urubú de Pedra. Nos segmentos Superior e Inferio do Ouro Fino (noroeste do Sinclinal Ouro Fino) foram confeccionadas quatro colunas litoestratigráficas denominadas

de Coluna Ouro Fino Superior Norte, Coluna Ouro Fino Inferior Norte, Coluna Ouro Fino Superior Sul e Coluna Ouro Fino Inferior Sul, de norte a sul respectivamente (Figura 13). Todas as colunas foram feitas na escala 1:200, como mostrado na metodologia deste trabalho. A seguir os seguintes tópicos abordam com mais detalhes cada perfil topográfico.

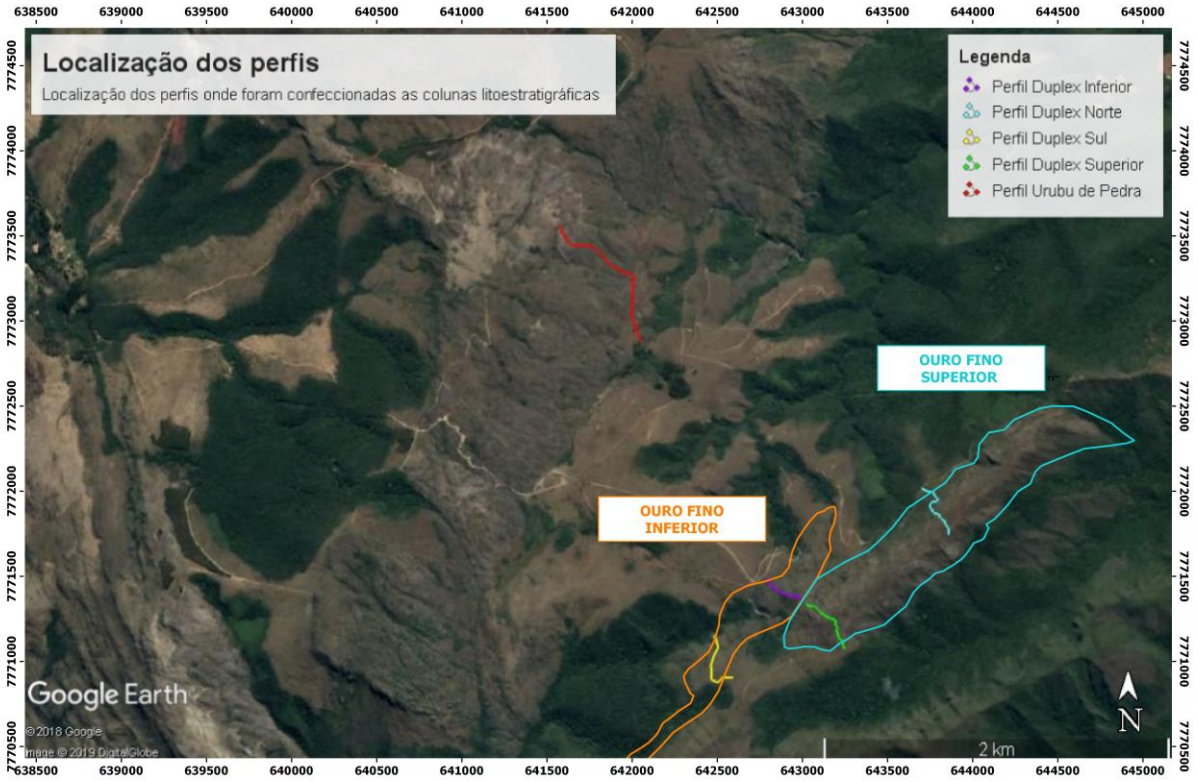


Figura 13 - Localização dos perfis (linhas NW-SE) onde foram levantadas as colunas litoestratigráficos no norte da "Bota", Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. Em vermelho representa o caminhamento da coluna Urubú de Pedra, em azul o perfil da Coluna Ouro Fino Superior Norte; em roxo o perfil da Coluna Ouro Fino Inferior Norte; em verde o perfil da Coluna Ouro Fino Superior Sul e em amarelo o perfil da Coluna Inferior Sul.

Mapa de Associação de Litofácies da Formação Moeda no Segmento Sul do Sinclinal Gandarela e Serra de Ouro Fino (porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino)

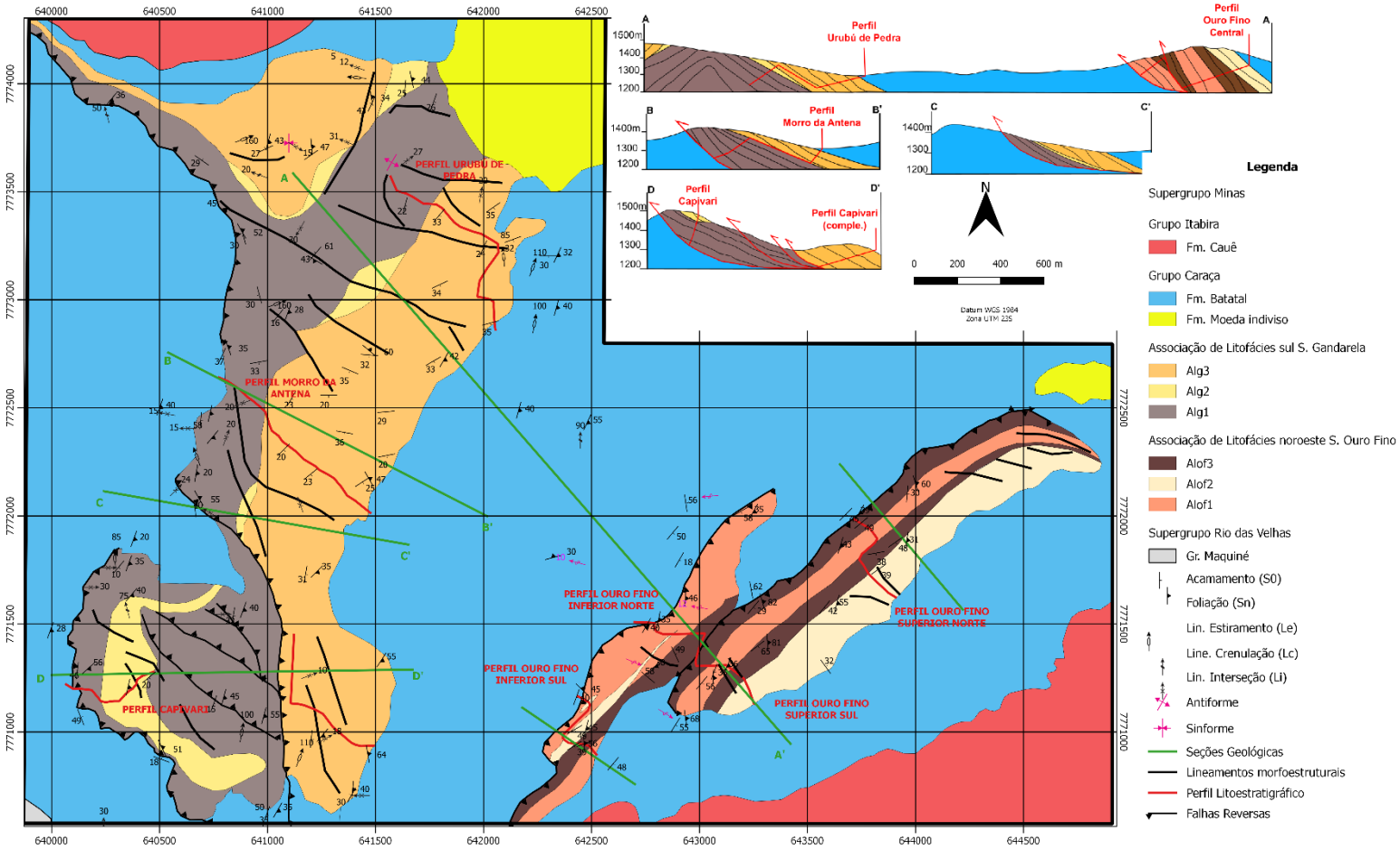


Figura 14 - Mapa Geológico do extremo sul do Sinclinal Gandarela ("Bota") e noroeste do Sinclinal Ouro Fino.

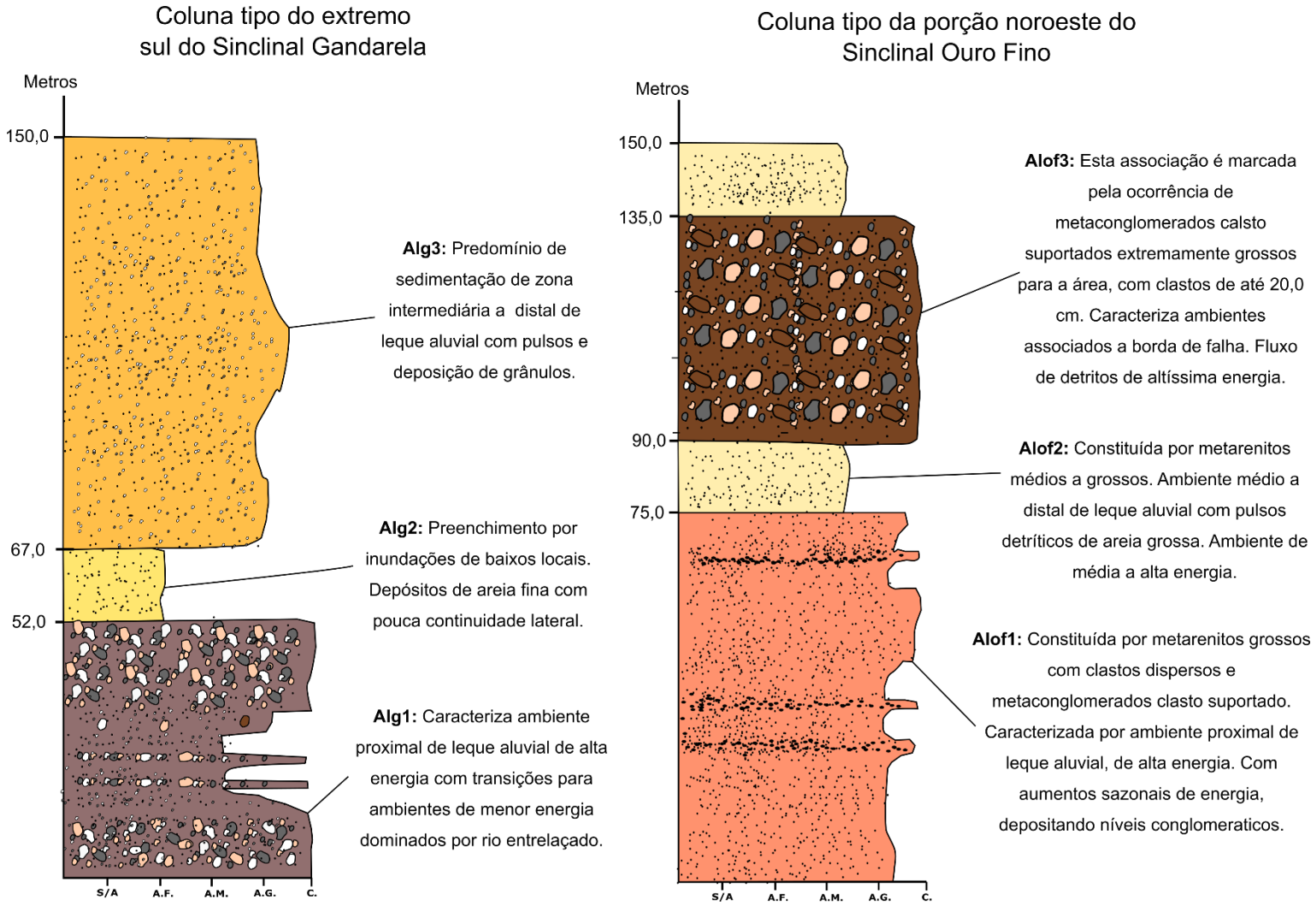


Figura 15 - Coluna típica de ocorrência da Fm. Moeda no extremo sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. Esquema proporcional de ocorrências de associações em uma coluna de 150 metros.

4.2.1 Perfil Urubú de Pedra

Como mostrado em ANEXO 6, o perfil Urubú de Pedra apresenta comprimento de aproximadamente 1 quilômetro. Com direção noroeste-sudeste, o perfil inicia-se em unidades da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) e termina dentro de metapelitos. O perfil apresenta elevação máxima de 1410 metros e mínima de 1271 metros.

A Coluna Urubú de Pedra foi confeccionada segundo o perfil mostrado em ANEXO 6, apresenta espessura total de 122,90 metros. O contato de base (a oeste da área) é encoberto, já o contato de topo se dá com metapelito indiviso a leste da "bota". A coluna é predominantemente marcada por litofácies conglomeráticas (principalmente mCcts) e a litofácies ggA (metarenitos grossos). Com menos representação também ocorre a litofácies mgA. É importante ressaltar que as ocorrências de conglomerados mCcts apresentam níveis de metarenitos (mgA), com espessuras de até 10,0 centímetros (ANEXO 1).

4.2.2 Perfil Ouro Fino Superior Norte

Como mostrado em ANEXO 7, o perfil Ouro Fino Superior Norte tem extensão de 469 metros. Com direção noroeste-sudeste (Figura 13), o perfil inicia-se dentro de metapelitos e termina em unidades da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas). O perfil apresenta elevação máxima de 1447 metros e mínima de 1348 metros. A Coluna Ouro Fino Superior Norte (ANEXO 2) foi confeccionada segundo o perfil mostrado em ANEXO 7. A Coluna Ouro Fino Superior Norte é predominantemente comprrendida por litofácies conglomeráticas (fCcts e mgCcts) e metarenitos grossos (Acd), porém em comparação com as outras colunas, nota-se que a variação das ocorrências destas litofácies são maiores. A espessura total desta coluna é de 201,90 metros.

4.2.3 Perfil Ouro Fino Inferior Norte

Como mostrado em ANEXO 8, o perfil Ouro Fino Inferior Norte com extensão pouco maior que 250 metros. Com direção noroeste-sudeste (Figura 13), o perfil inicia-se dentro de metapelitos indivisos e termina em unidades da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas). O perfil apresenta elevação máxima de 1417 metros e mínima de 1363 metros. A confecção detalhada da coluna litoestratigráficas Ouro Fino Inferior Norte encontra-se no ANEXO 3.

A Coluna Ouro Fino Inferior Norte foi confeccionada segundo o perfil mostrado em ANEXO 8. Com espessura total de 181,70 metros, a Coluna Ouro Fino Inferior Norte é também marcada, principalmente, por metarenitos com clastos dispersos (Acd) com intercalações de níveis de metaconglomerados clasto suportados (fCcts), porém com espessuras de 5,0 a 10,0 centímetros. Para o

topo nota-se um aumento significativo da granulometria das fácies, predominando metaconglomerados clasto suportados (fCcts e mgCcts).

4.2.4 Perfil Ouro Fino Superior Sul

Como mostrado em ANEXO 9, o perfil Ouro Fino Superior Sul, tem comprimento pouco maior que 400 metros. Com direção noroeste-sudeste, o perfil inicia-se em unidades da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) e termina dentro de metapelitos indivisos (Figura 13). O perfil apresenta elevação máxima de 1478 metros e mínima de 1428 metros. A construção da Coluna Ouro Fino Superior Sul encontra-se no ANEXO 4.

Esta coluna foi confeccionada com base no perfil descrito acima e mostrado em ANEXO 9. A Coluna Ouro Fino Superior Sul apresenta espessura total de 273,80 metros A litofácies predominante é representada por metarenitos com clastos dispersos (Acd) e intercalações, principalmente, de níveis de metaconglomerados clasto suportados (fCcts) com espessura de 5,0 a 10,0 centímetros. Para o topo da sequência ocorrem lentes de metarenitos relativamente mais finos (mgA).

4.2.5 Perfil Ouro Fino Inferior Sul

Como mostrado em ANEXO 10, o perfil Ouro Fino Inferior Sulcom extensão de 467. Com direção noroeste-sudeste (Figura 13), o perfil inicia-se dentro de metapelitos indivisos e termina unidades da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas). O perfil apresenta elevação máxima de 1420 metros e mínima de 1296 metros. A descrição detalhada da coluna litoestratigráficas Ouro Fino Inferior Norte encontra-se no ANEXO 5.

A Coluna Ouro Fino Inferior Sul foi confeccionada segundo o perfil em ANEXO 10. Com espessura total de 244,3 metros, as litofácies predominantes na sequência são metarenitos Acd, com níveis de metaconglomerados (fCcts) de espessuras menores que 5,0 centímetros. No meio da sequência há a ocorrência de uma espessa camada de metaconglomerados (mgCcts) de 34,0 metros.

4.3 ASPECTOS LITOESTRATIGRÁFICOS DAS ÁREAS DE ESTUDOS

Como os levantamentos litoestratigráficos foram realizados em áreas distintas, faz-se necessário descrições separadas por área, no segmento sul do Sinclinal Gandarela ("Bota") e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino.

Ambas as áreas são caracterizadas por unidades metapelíticas e unidades metassedimentares da Fm. Moeda (Villaça 1981; Rosière 1987; Fonseca 1990; Santos 2018). As unidades metapelíticas, que fazem contato de topo e base com as unidades metassedimentares das áreas de estudo deste trabalho, são aqui consideradas indivisas.

4.3.1 Unidades litoestratigráficas no extremo sul do Sinclinal Gandarela ("Bota") e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino.

As descrições e definições litoestratigráficas da "Bota", para este trabalho, correspondem a porção norte da "Bota".

A região da "Bota" e a porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino são áreas constituídas por sequências metassedimentares conglomeráticas e areníticas da Fm. Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas). Seguindo a metodologia de Tucker (2014) para as classificações dos litotipos, em siglas, e as interpretações de litofácies segundo Stow (2010), define-se para esta área a ocorrência de 8 litofácies, como mostrado na Tabela 5. É importante destacar que a litofácies fmA corre exclusivamente na bota; as litofácies mgCcts e fCcts, ocorrem exclusivamente na porção noroeste do Sinclinal Outo Fino; e a demais litofácies ocorrem em ambas as estruturas. Os tópicos seguintes são dedicados para descrição mais detalhada de cada litofácies.

Tabela 5 – Síntese de Litofácies da Formação Moeda, no norte da "Bota" (extremo sul do Sinclinal Gandarela) e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino. Códigos segundo Tucker (2014) e interpretações adaptadas de Stow (2010).

Código da fácies	Fácies	Estruturas	Interpretação deposição
mCcts	Metaconglomerado Clasto Suportado. Clastos de 0,5 a 4,0 cm.	Maciço	Ambiente de alta energia, deposição por fluxo de fluidos e/ou fluxos gravitacionais.
Cmts	Metaconglomerado Matriz Suportado.	Maciço	Ambiente de alta energia, deposição por fluxo de fluidos e/ou fluxos gravitacionais.
mgA	Metarenito Médio a Grosso, mal selecionados.	Maciço	Ambiente de alta energia, fluvial, fluxos de detritos.
fmA	Metarenito Branco, Fino a Médio Bem Selecionado.	Maciço	Ambiente de baixa a média energia,regime de deposição gravitacional por decantação. Preenchimento por inundações de baixos locais.
Acd	Metarenito com Clastos Dispersos.	Maciço	Ambiente média a alta energia, fluvial, fluxo de detritos e/ou fluxos gravitacionais.
ggA	Metarenito Grosso a Grânulo.	Maciço	Ambiente alta energia, fluvial, fluxo de detritos e/ou fluxos gravitacionais.
mgCcts	Metaconglomerado Clasto Suportado. Clastos de 4,0 a 20,0 cm.	Maciço	Ambiente de alta energia, deposição por fluxos gravitacionais.
fCcts	Metaconglomerado Clasto Suportado. Clastos de 0,5 a 1,0 cm.	Maciço	Ambiente de alta energia, deposição por fluxo de detritos.

Metaconglomerado Clasto Suportado. Clastos de 0,5 a 4,0 cm (mCcts)

A litofácies mCcts consiste de sericita-ortoconglomerados polimíticos maciços, acinzentados e com presença de alterações intempéricas avermelhadas. O arcabouço é composto por clastos subangulosos de esfericidade baixa, de quartzo leitoso, quartzito e quartzo fumê, que variam de 0,5 a 4,0 cm e moda de 2,0 cm. A matriz é grossa a muito grossa apresentando composição quartzosa (85%) e sericítica (15%), Figura 16–a. Sua ocorrência intercalada com metarenitos grossos, das fácies mgA, Acd e ggA, mal selecionados, é frequente. A predominância entre estas intercalações varia ao longo da área (Figura 16-b). As espessuras das camadas de mCcts e os metarenitos grossos variam de 10 a 40 cm na região. Nesta unidade é possível observar xistosidade em alguns pontos da área, com planos norte-sul e mergulhos para leste (40º).

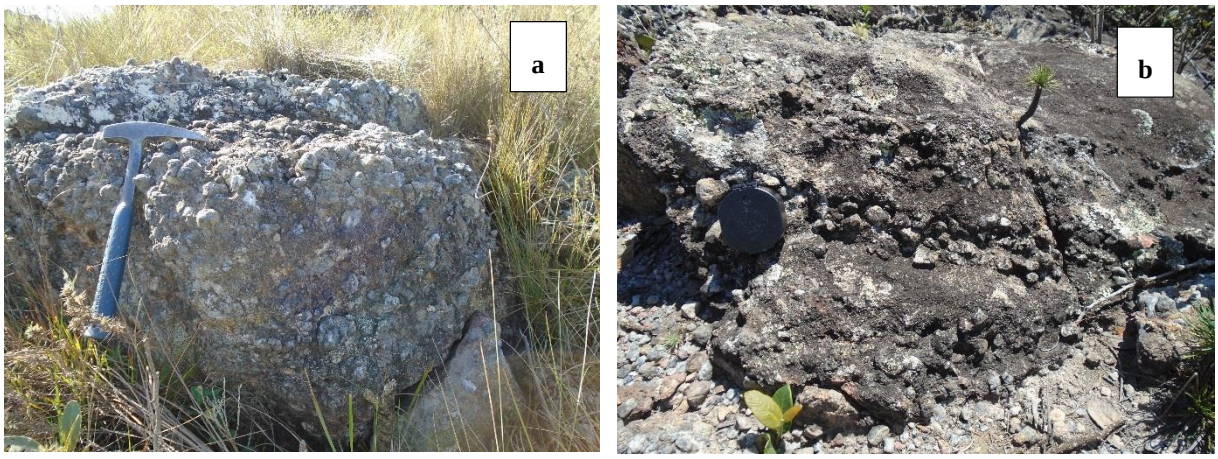


Figura 16 - a) Foto do de um pequeno afloramento de metaconglomerado clasto suportado (mCcts); b) Foto das intercalações da litofácies mCcts e metarenitos grossos.

Metaconglomerado Matriz Suportado (Cmts)

Litofácies marcada por sericita-paraconglomerados polimíticos maciços, apresentam coloração rosa e amarronzada. Suportado por matriz grossa a muito grossa, mal selecionada com grãos de quartzo subanguloso e de baixa esfericidade. A matriz apresenta composição quartzosa (80%) e sericítica (20%). O arcabouço é composto por clastos de quartzo leitoso, quartzito com grão de quartzo fumê e quartzo fumê. Os clastos variam de 4,0 a 18,0 cm, com moda 4,0 cm, subangulosos a angulosos de esfericidade baixa (Figura 17 – a; Figura 17 - b). Esta unidade frequentemente ocorre intercalada com arenitos grossos (mgA, Acd e ggA) e até mesmo com metaconglomerados clasto suportado (mCcts). Estas intercalações ocorrem como níveis de 10 a 40 cm de espessura e lentes também de dimensões centimétricas. Também e observável xistosidade nestas unidades, apresentam orientação norte-sul e mergulham para leste.

Figura 17 - a) Foto da matriz rósea do metaconglomerado matriz suportado (Cmts); b) Foto de afloramento da litofácies Cmts.

Metarenito Médio a Grosso, mal selecionado (mgA)

Litofácies marcada por sericita-metarenitos maciços, cinzas/esbranquiçados, com clastos de quartzo com granulometria areia média a grossa, mal selecionados, subangulosos e com esfericidades baixa (Figura 18 – a). A matriz é fina quartzosa (85%) e sericítica (15%). Algumas percolações de óxidos/hidróxidos são observadas nas colorações avermelhadas. É frequente a ocorrência desta unidade com intercalações de mCcts, em forma de lentes ou níveis de 10 a 40 cm de espessura (Figura 18 – b).

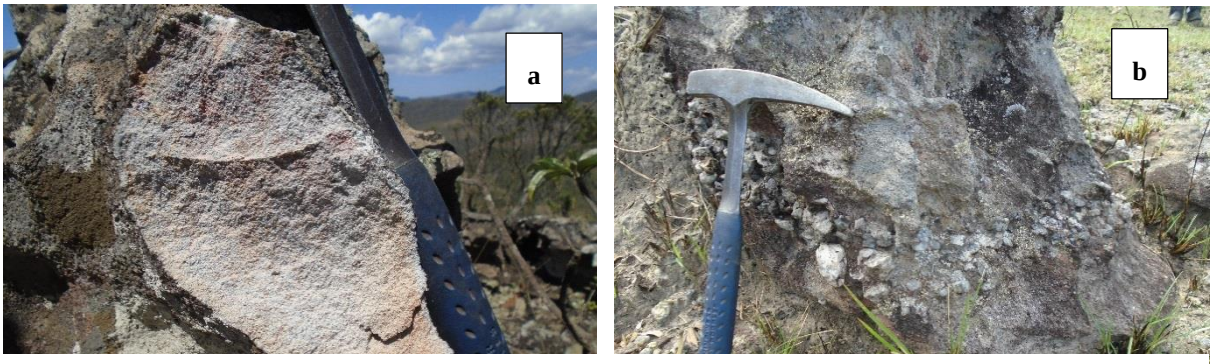


Figura 18 - a) Foto de detalhe da granulometria média a grossa e matriz fina quartzo-sericítica da litofácies mgA; b) Foto da intercalação entre a litofácies mgA e metaconglomerados clastos suportados (mCcts).

Metarenito Branco, Fino a Médio Bem Selecionado (fmA)

Litofácies marcada por Quartzo-Metarenitos brancos, compactos e maciços de granulometria areia fina a média, bem selecionado. Composição apresenta menos de 5% de micas e mais de 95% de

quartzo (Figura 19 – a). Bandas de deformação (Fossen 2012) ou fraturas, N/S e E/W, preenchidas por quartzo são encontradas nesta litofácies (Figura 19 – b).

Figura 19 - a) Foto metarenito fino branco e bem selecionado, fácies fmA; b) Foto que mostra afloramentos com fraturas preenchidas por quartzo leitoso na litofácies fmA.

Metarenito com Clastos Dispersos (Acd)

Litofácies composta por sericita-metarenitos acinzentados maciços. Matriz quartzosa (85%) e sericítica (15%) de granulometria modal que varia de areia grossa a muito grossa. O arcabouço é composto por grânulos dispersos de quartzo leitoso, quartzito e pelito (este último mais comum na Serra de Ouro Fino), Figura 20 – a. Esta unidade comumente ocorre intercalada com Metaconglomerados (mCcts e Cmts) em níveis ou lentes centimétricas (10 a 40 cm), Figura 20 - b.

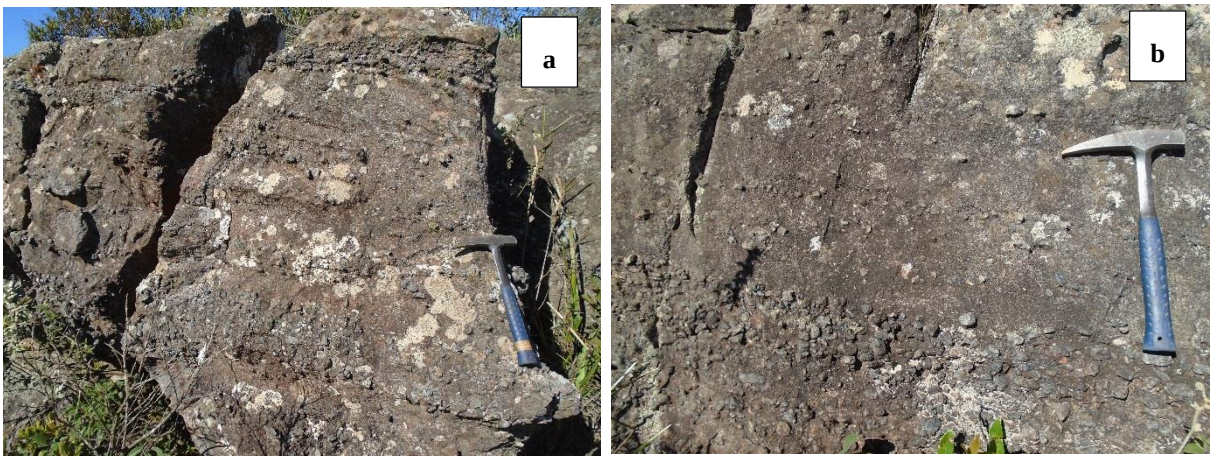


Figura 20 - a) Foto de afloramento composto por metarenitos clastos dispersos (Acd) intercalados om metaconglomerados clastos suportado (mCcts); b) Foto de detalhe do afloamento na imagem "a".

Metarenito Grosso a Grânulo (ggA)

Litofácies caracterizada por metarenitos maciços, grossos, que variam de areia grossa a grânulo. Os grânulos que compões este litotipo são compostos basicamente de quartzo e quartzo fumê, angulosos

e de baixa esfericidade (Figura 21 – a). Podem ser encontradas percolações de óxidos/hidróxidos, gerando uma coloração avermelhada (Figura 21 – b). A matriz apresenta uma composição quartzo-argilosa, 75% e 25% respectivamente. É comum encontrar esta fácies ocorrendo intercalada com outro metarenitos grossos (mgA e Acd) e metaconglomerados (mCcts).

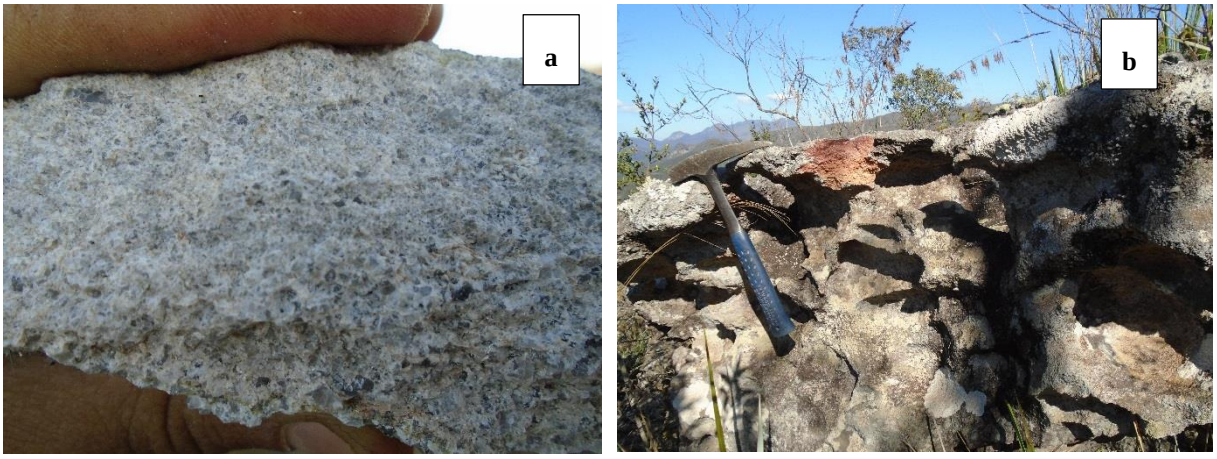


Figura 21 - a) Foto de detalhe da litofácies metarenito grosso a grânulo (ggA); b) Foto de afloramentoe de metarenito grosso a grânulo (ggA) com alteração para avermelhado.

Metaconglomerado Clasto Suportado. Clastos de 4,0 a 20,0 cm (mgCcts)

A litofácies mgCcts é marcada por Sericita-Ortoconglomerados polimíticos maciços, são acinzentados e representam as rochas mais grossas encontradas na área (Figura 22–a e b; Figura 23-a e b). Apresentam clastos com dimensões de 4,0 a 20,0 cm de quartzo leitoso, quartzito, metapelito (Figura 22 – b) e quartzito com grãos de quartzo fumê. Podem apresentar clastos ângulos e arredondados, bem como clastos esféricos e não esféricos. A matriz é quartzo (85%)-sericítica (15%) com grãos na fração areia grossa de quartzo. Ocorrem comumente intercalados (níveis e ou lentes) com metarenitos grossos (Acd e mgA), estas intercalações são centimétricas e a predominância entre as litologias é variável (Figura 22 – a e Figura 23 – a).

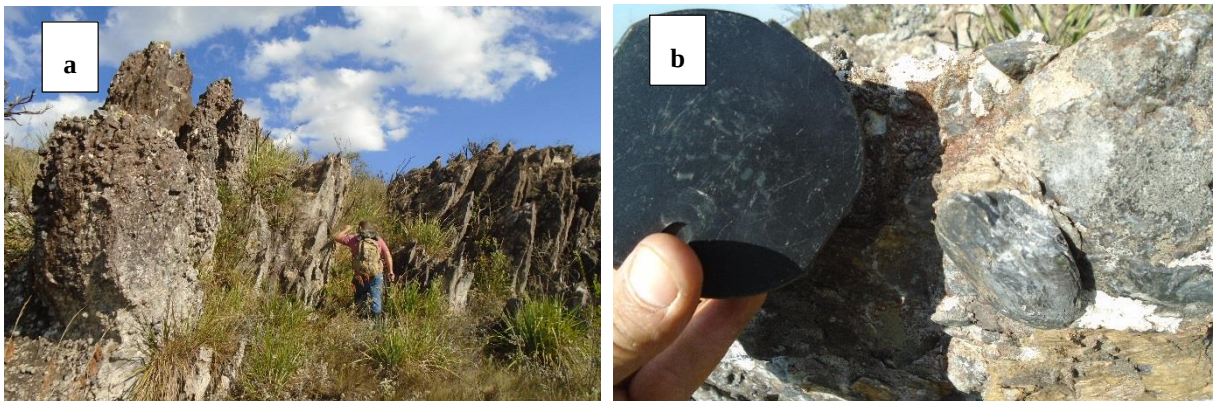


Figura 22 - a) Foto de afloramento de mgCcts em contato com metarenitos grossos na Serra do Ouro Fino. b) Foto de detalhe de clastos de metapelito cinza escuro em metaconglomerados mgCcts da Serra de Ouro Fino.

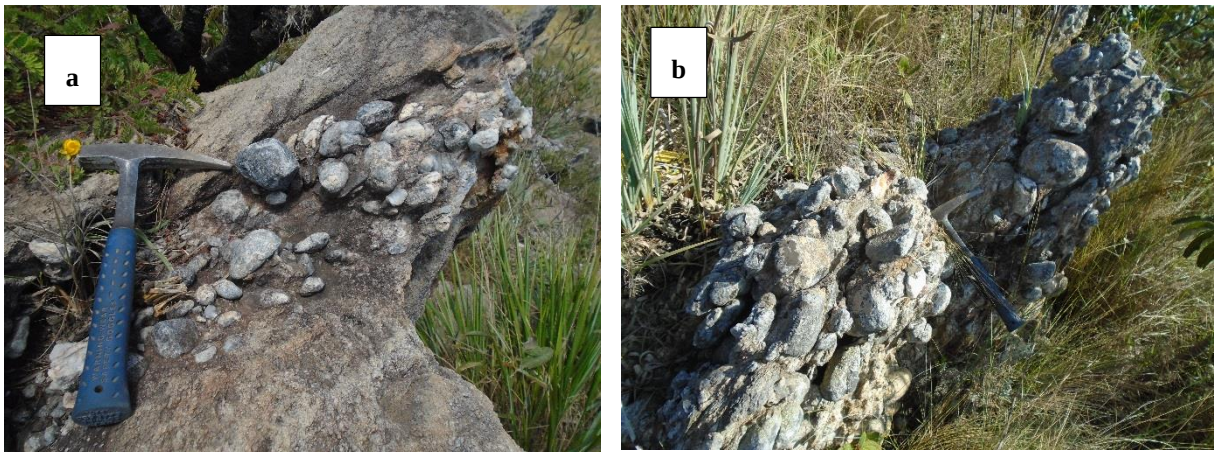


Figura 23 - a) Foto de afloramenteo na Serra de Ouro Fino com intercalação de Metareinto (mgA) e Metaconglomerado (mgCcts); b) Foto de aflorametno de metaconglomerado (mgCcts) na Serra de Ouro Fino.

Metaconglomerado Clasto Suportado. Clastos de 0,5 a 1,0 cm (fCcts)

A Litofácies fCcts é composta por Sericita-Ortoconglomerados polimíticos maciços, são acinzentados e entre os conglomerados representam a litofácies com os clastos mais finos de 0,5 a 1,0 cm (Figura 24 – a). Os clastos encontrados, nesta litofácies, são predominantemente de quartzo leitoso e quartzito. Os clastos apresentam-se angulosos e com esfericidade baixa. A matriz é quartzo-sericítica (85% e 15%, respectivamente), com grãos de quartzo na fração areia grossa. Também é comum a ocorrência destes conglomerados intercalados com metarenitos grossos (Acd e mgA) em forma de lentes ou níveis centimétricos (Figura 24 – b).

Figura 24 - a) Foto de afloramento de metaconglomerado fCcts na Serra de Ouro Fino; b) Foto de nível de metaconglomerado (5 cm de espessura) em metarenito mgA, Serra de Ouro Fino.

CAPÍTULO 5

DISCUSSÕES

5.1 ASSOCIAÇÕES DE LITOFÁCIES

As associações de litofácies foram definidas, tanto para o sul do Sinclinal Gandarela quanto para a porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino, com base nas oito litofácies (Tabela 5) descritas no Capítulo 4. Ao todo foram definidas seis associações de litofácies: Alg1, Alg2 e Alg3 (Tabela 7 e Tabela 8) representam as ocorrências em todo o extremo sul do Sinclinal Gandarela ("Bota"); e Alof1, Alof2 e Alof3 (Tabela 9) reprentam as ocorrências da porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino.

Os próximos itens são dedicados para a caracterização e interpretação individual de cada associação de litofácies.

5.1.1 Associações de litofácies do extremo sul do Sinclinal Gandarela ("Bota")

É importante ressaltar que as associações de litofácies caracterizadas a seguir, neste trabalho, foram definidas para a região norte da "Bota", porém fez-se uma relação entre as associações que ocorrem ao norte da área com as associações que ocorrem ao sul (Santos 2018), afim de se confeccionar um mapa integrado, como na (Figura 14). Sendo assim a Tabela 6 estabelece uma relação entre as

Tabela 6 - Tabela de relação entre as associações de litofácies descritas por Santos (2018) e as associações descritas no presente trabalho na área da "Bota", extremo sul do Sinclinal Gandarela.

RELAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES COM SANTOS (2018)			
ASSOCIAÇÃO (presente trabalho)	**Interpretação (presente trabalho)**	**ASSOCIAÇÕES Santos 2018**	**Interpretações das associações de Santos (2018)**
Alg1	Caracteriza ambiente proximal de leque aluvial de alta energia com transições para ambientes de menor energia dominados por rio entrelaçado.	Alf*1*	Depósitos proximais a médio de planície aluvial dominado por rio entrelaçado
Alg2	Preenchimento por inundações de baixos locais. Depósitos de areia fina com pouca continuidade lateral.	Alf2	Depósitos Litorâneos de planície costeira
Alg3	Predomínio de sedimentação de zona intermediária a distal de leque aluvial com pulsos e deposição de grânulos.	Alf3	Depósitos distais de leque fluvial de rio entrelaçado

associações de litofácies definidas por Santos (2018) e as associações de litofácies integradas para a área (Alg1, Alg2 e Alg3).

Tabela 7 - Representatividade das Associações de Litofácies em cada Coluna Litoestratigráfica da região sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino.

EXTREMO SUL DO SINCLINAL GANDARELA				
ASSOCIAÇÕES	Coluna Urubú de Pedra	Coluna Fazenda Capivary (Santos 2018)	Coluna Morro da Antena (Santos 2018)	
Alg1	74,50 m 60,62%	64,30 m 32,50%	37,80 m 14,30%	
Alg2	0%	46,10m 23,30%	0%	
Alg3	48,40 m 39,40%	87,70 m 44,20%	228,20m 85,70%	
PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO				
ASSOCIAÇÕES	Coluna O.F. Superior Sul	Coluna O.F. Inferior Sul	Coluna O.F. Superior Norte	Coluna O.F. Inferior Norte
Alof1	72,60 m 26,52%	155,8 m 64%	77,0 m 38,14%	97,0 m 53,20%
Alof2	122,70 m 44,80%	55,50 m 22,80%	25,30 m 12,53%	3,30 m 1,80%
Alof3	78,50 m 28,68%	34 m 13,20%	99.60 m 49,33%	81,40 m 45,00%

5.1.1.1 Associação de litofácies 1, extremo sul Sinclinal Gandarela (Alg1): ambiente proximal de leque aluvial dominado por fluxos não coesivos.

A Alg1 (Tabela 8) apresenta ocorrência apenas na "Bota" (Coluna Urubú de Pedra – ANEXO 1) e é constituída pelas litofácies mCcts, Cmts, Acd e mgA. Possuindo espessura de 74,50 metros representa 60,62% (Tabela 7) da coluna Urubú de Pedra. A associação de litofácies 1 (Alg1) é marcada pela ocorrência de, principalmente, metaconglomerados clasto suportados (mCcts) com ocorrências interecaladas de metarenitos grossos (mgA) e ocorrendo também metarenitos com grânulos dipersos (Acd). A baixa maturidade textural geral da associação e a característica estrutural maciça, com a

ocorrência de clastos de até 4,0 cm, implica em ambiente de alta energia hidrodinâmica, proximal a média proximal de leque aluvial dominado por fluxo de detritos não coesivos.

Trata-se de uma associação que ocorre apenas na borda oeste da "Bota" e apresenta contato tectonizado de empurrão com unidades metapeliticas indivisas, interpretada com base na zona milonitizada e no alto ângulo do contato entre estas unidades.

5.1.1.2 Associação de litofácies 2, extremo sul Sinclinal Gandarela (Alg2): ambientes de preenchimentos por inundações episódicas (sheetflow ou sheetflood).

A Alg2 (Tabela 8) apresenta ocorrências limitadas em pequenas áreas em formatos lenticulares (Figura 14). Constituída apenas pela litofácies fmA, a Alg2 é extremamente diferente das demais associações, pois apresenta-se com textura menos grossa, maturidade composicional alta e com grau de selecionamento alto (Tabela 5). São rochas maciças e comumente fraturadas (N/S e E/W) com preenchimento de quartzo. Santos (2018) também descreve uma associação de metarenitos finos que ocorrem na porção sul da "Bota". Em suas observações esta associação é composta por duas litofácies, uma caracterizada por quartzo-metarenitos finos a grossos foliados e com ocorrência de cianita (denominado de mgAcn, *in* Santos 2018) visível em amostra de mão e a outra litofácies as descrições são semelhantes às das litofácies fmA (descrito neste trabalho, Tabela 5). É importante ressaltar que os metarenitos mgAcn, definidos por Santos (2018), não são observados na porção norte da "Bota". Santos ainda observa que esta associação apresenta diminuição na sua continuidade para norte. Para norte a Alg2 faz contato de base e topo com as associações Alg1 e Alg3, respectivamente. Tratam-se de contatos inferidos, porém sabe-se que não são gradacionais, devido a brusca mudança textural repentina. Esta associação caracteriza ambiente de preenchimento de baixos locais, formando pequenos lençóis de areia fina, com sedimentos que transbordam o canal em períodos de inundações episódicas (*sheetflow* ou *sheetflood*).

5.1.1.3 Associação de litofácies 3, extremo sul Sinclinal Gandarela (Alg3): porção distal de leque aluvial dominado por rio entrelaçado com pulsos de grânulos.

A Alg3 (Tabela 8) é composta predominantemente por metarenitos grossos (ggA), com uma pequena (2,0 m de espessura) camada no topo de metarenito médio (mgA), vide ANEXO 1. A Alg3 é marcada por estruturas maciças e de composição quartzo-sericítica. Na coluna Urubú de pedra (ANEXO 1), a Alg3 representa 39,40% da coluna Urubú de Pedra (com uma camada 48,40 m de espessura) e caracteriza a unidade de topo da sequência no extremo sul do Sinclinal Gandarela. Representa um ambiente médio a distal de leque aluvial dominado por rio entrelaçado.

Tabela 8 - Associações de litofácies do extremo sul do Sinclina Gandarela ("Bota"). Metodologia segundo Tucker (2014) e Miall (1992).

ASSOCIAÇÃO	LITOFÁCIES	DESCRIÇÃO GERAL E INTERPRETAÇÃO
Alg1	mCcts, Cmts, mgA e Acd	Apresenta metaconglomerados maciços mal selecionados com clastos de até 4,0 cm (seixos) intercalados com metarenitos grossos mal selecionados. Caracteriza ambiente proximal de leque aluvial de alta energia com transições para ambientes de menor energia dominados por rio entrelaçado.
Alg2	fmA	Granulometria areia fina, no máximo média, ambiente de energia baixa, comparado ao restante das associações. Material bem selecionado, quartzoso. Preenchimento por inundações de baixos locais. Depósitos de areia fina com pouca continuidade lateral.
Alg3	mgA e ggA	Predomínio de sedimentação de zona intermediária a distal de leque Aluvial com pulsos e deposição de grânulos.

5.2 ASSOCIAÇÃO DE LIOFÁCIES DA PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO

5.2.1.1 Associação de litofácies 1, porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino (Alof1): depósitos de ambiente proximal de leque aluvial com aumentos sazonais de energia.

A associação de litofácies 1 da porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino é predominantemente marcada por metarenitos grossos com grânulos dispersos (Acd) com presença de níveis de metaconglomerados clasto suportados finos (fCcts), com clastos de 1,0 a 2,0 cm (ANEXO 2 a 5 e Tabela 9). A Alof1 é associação com maiores representatividades, em espessura Tabela 7, nas colunas litoestratigráficas do segmento Superior e Inferior do Ouro Fino (Figura 13). Constitui a unidade de base para as sequências do Sinclinal Ouro Fino. As características texturais (baixo grau de selecionamento e granulometria grossa) e estruturais (maciço) das litofácies constituintes da Alof1 (Acd e fCcts, Tabela 5) caracterizam ambiente proximal de leque aluvial de alta energia, associado ao início da abertura da calha onde os sedimentos foram depositados. As ocorrências de níveis centimétricos de fCcts evidenciam aumentos periódicos energia do sistema, depositando materiais mais grossos em forma de níveis contínuos lateralmente, mas podendo ocorrer também em forma de lentes.

5.2.1.2 Associação de litofácies 2, porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino (Alof2): depósitos de ambiente médio a distal de leque aluvial dominado por rio entrelaçado.

A associação de litofácies 2 (Tabela 9) da porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino (Alof2) é predominantemente marcada por metarenitos médios a grossos com níveis centimétricos de grânulos (mgA e níveis de Acd). Devido as características destas litofácies, que compõem está a Alof2, pode-se dizer que esta associação foi desenvolvida em ambientes médios a distais de leque aluvial dominado por rio entrelaçado. Trata-se de uma associação de litofácies exclusiva do Sinclinal Ouro Fino. É importante ressaltar que as litofácies que compõem a Alof2 também ocorrem no sul do Sinclinal Gandarela ("Bota").

Esta associação faz contato de base com a e contato de topo com metapelitos indivisos a leste da Serra de Ouro Fino. Corresponde a 44,80% (122,70 metros) da Coluna Ouro Fino Superior Sul (ANEXO 4), na Coluna Ouro Fino Superior Norte (ANEXO 2) corresponde a 12,53% (25,30 metros), na na coluna Ouro Fino Inferior Sul (ANEXO 5) corresponde a 22,80% (55,50 metros) e na Coluna Inferior Norte (ANEXO 3) corresponde a 45% (81,40 m).

5.2.1.3 Associação de litofácies 3, porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino (Alof3): depósitos associados a borda de falha. Fluxo de detritos de altíssima energia e gravitacional.

A associação de litofácies 3 da porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino (Alof3) é constituída por metaconglomerado extremamente grossos (mgCcts), se comparados as outras ocorrências da área, com deposição de matacões de até 20,0 cm. Também ocorrem na Alof3 metaconglomerados finos (fCcts) e metarenitos grossos com grânulos dispersos (Acd), vide ANEXO 2 a 5. A representatividade da Alof3 em cada coluna litoestratigráficas dos segmentos Superiores e Inferiores (Figura 13) do Sinclinal Ouro Fino, estão sintetizados na Tabela 7. A ocorrência de mgCcts caracteriza ambiente associado a borda de falha (Figura 14), com uma abertura brusca e entrada de sedimentos extremamente grossos (matacões de até 20,0 cm). Trata-se de um ambiente dominado por fluxos detríticos não coesos com fluxos gravitacionais associados. As ocorrências de unidades de fCcts e Acd implicam em períodos de "calmaria" tectônica local para o período da bacia.

Tabela 9 - Associações de litofácies do noroeste do Sinclinal Ouro Fino. Metodologia segundo Tucker (2014) e Miall (1992).

ASSOCIAÇÃO	LITOFÁCIES	DESCRIÇÃO GERAL E INTERPRETAÇÃO
Alof1	Acd e fCcts.	Constituída por metarenitos grossos com clastos dispersos e metaconglomerados clasto suportado. Caracterizada por ambiente proximal de leque aluvial, de alta energia. Com aumentos sazonais de energia, depositando níveis de fCcts.
Alof2	Acd e mgA	Constituída por metarenitos médios a grossos. Ambiente médio a distal de leque aluvial com pulsos detríticos de areia grossa. Ambiente de média a alta energia.
Alof3	Acd, fCcts e mgCcts	Esta associação é marcada pela ocorrência de metaconglomerados calsto suportados extremamente grossos para a área, com clastos de até 20,0 cm. Caracteriza ambientes associados a borda de falha. Fluxo de detritos de altíssima energia ou gravitacional.

5.3 ASPECTOS ESTRUTURAIS GERAIS

As medidas de acamamento (S0) na porção norte da “Bota”, demonstram uma tendência geral de direção nordeste-sudoeste com mergulho para sudeste, com uma atitude preferencial de 130/19 (Figura 25).

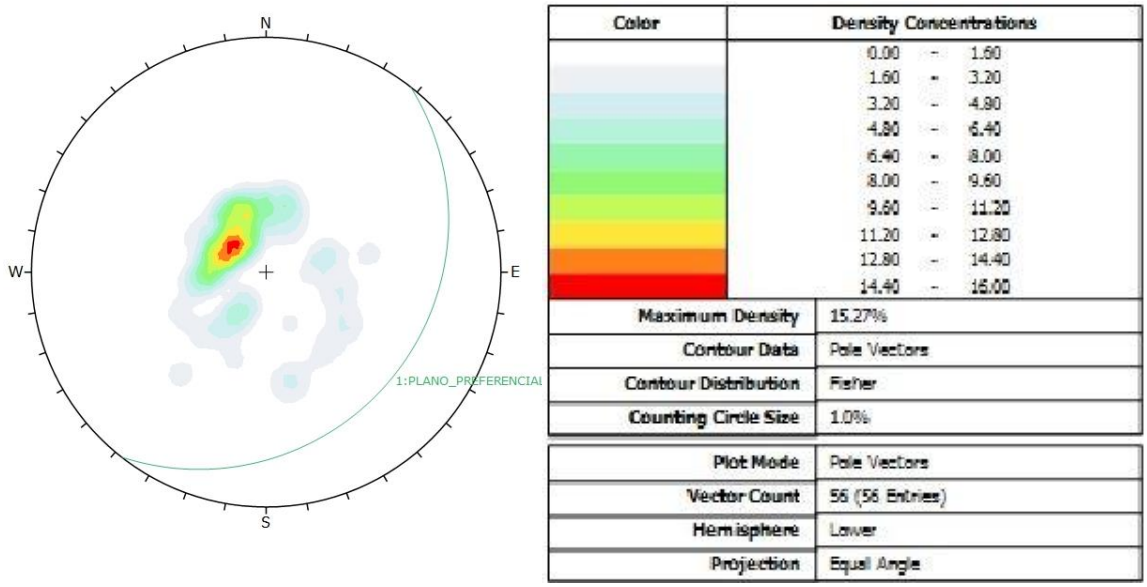


Figura 25 - Densidade de pólos de acamamento ao norte da "Bota", Sinclinal Gandarela (56 medidas, máximo de densidade de 15,27%).

As medidas de xistosidade (Sn) no norte da “Bota”, mostraram tendência geral de direção norte-sul e com mergulhos para leste, sendo a atitude preferencial de 86/43 (Figura 26).

.

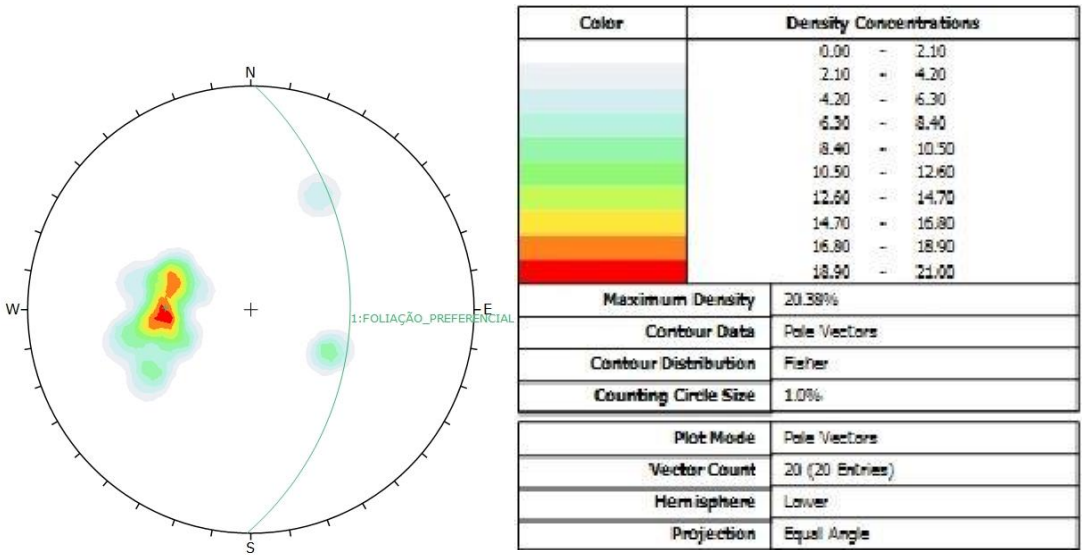


Figura 26 - Densidade de pólos de xistosidade (Sn) ao norte da "Bota", Sinclinal Gandarela (20 medidas, máximo de densidade de 20,38%).

As medidas de S0, nos segmentos Ouro Fino Superior e Ouro Fino Inferior, apresentam direção nordeste-sudoeste e mergulho para sudeste, sendo a atitude preferencial de 145/44 (Figura 27).

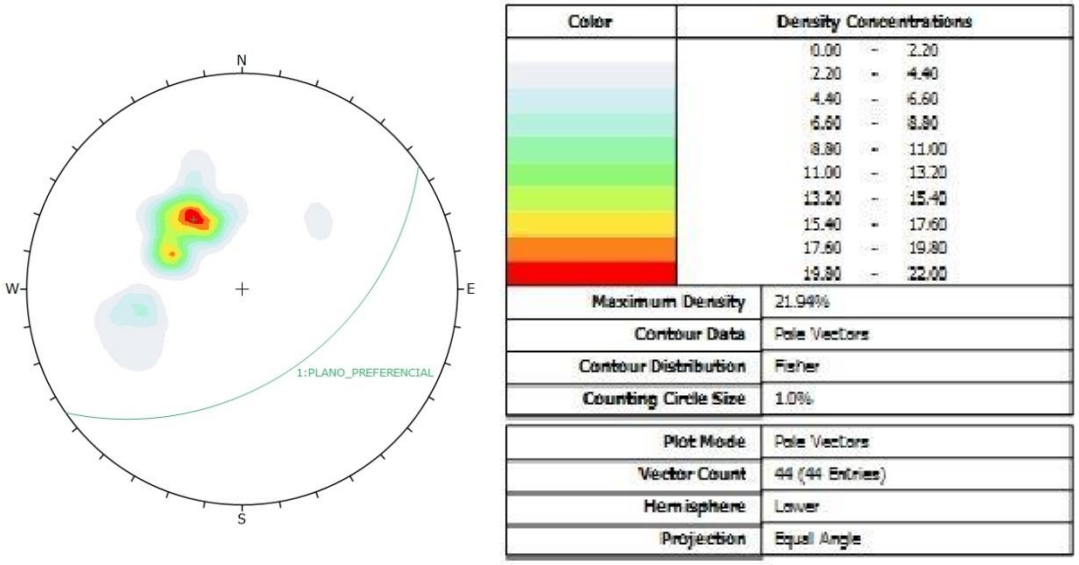


Figura 27 - Densidade de pólos de acamamento (S0), porção NNW do Sinclinal Ouro Fino (44 medidas, máximo de densidade de 21,94%).

As medidas de Sn, nos segmentos Ouro Fino Superior e Ouro Fino Inferior, apresentam tendência geral de atitude norte-sul, com mergulhos para leste e atitude preferencial de 98/41 (Figura 28).

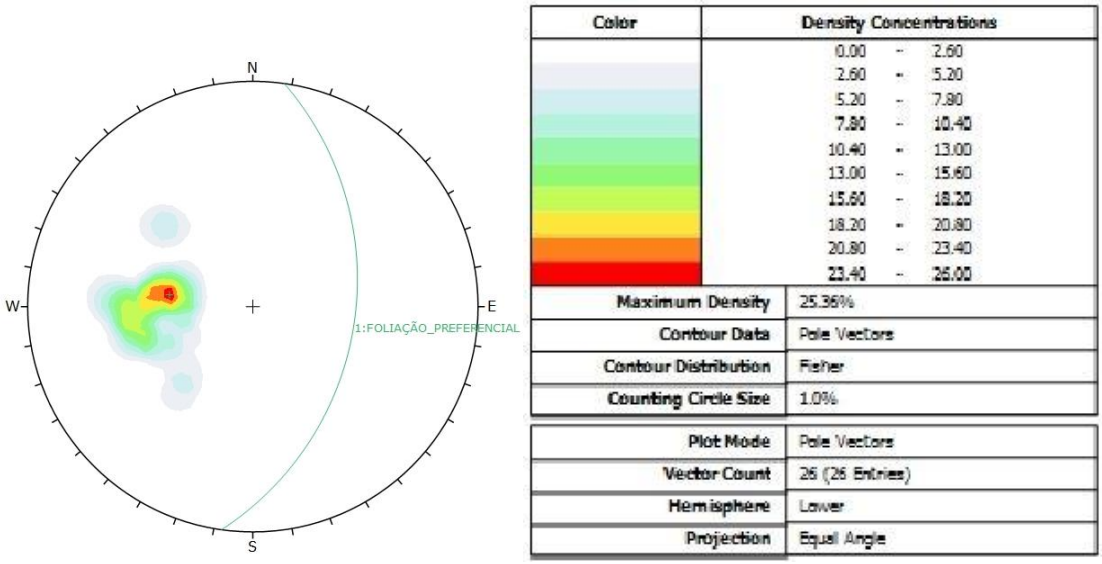


Figura 28 - Densidade de pólos de xistosidade (Sn), porção NNW do Sinclinal Ouro Fino (26 medidas, máximo de densidade de 25,36%).

5.3.1 Geologia estrutural do extremo sul do Sinclinal Gandarela ("Bota").

O extremo sul do Sinclinal Gandarela apresenta estruturas sedimentares preservadas, como por exemplo o acamamento (S0) e estratificações cruzadas (Santos 2018) na porção sul da "Bota". Outros elementos estruturais também são encontrados na área (Figura 14 e Figura 29), como: xistosidade (Sn), lineações de intereseção, estiramento mineral, crenulação, bem como dobras locais (norte da "Bota") e falhas de empurrão (borda oeste, borda sul e regiões internas da "Bota").

A xistosidade encontrada na área apresenta orientação N-S com mergulho para leste (atitude de 86/43, Figura 26) praticamente constante e é bem visível em rochas menos grossas, sendo que a orientação de micas é o principal fator diagnóstico para sua identificação. É importante ressaltar que Sn é mais evidente a sul da "Bota", onde são encontradas zonas de cisalhamento com crescimentos evidentes de cianita, estiramentos de clastos (Santos 2018) e minerais (este último segundo Rosière *et al.* 1987). A xistosidade, em locais onde a deformação foi muito intensa, como em locais próximos as falhas de borda a oeste e sul da "Bota", pode ser encontrada paralela ao acamamento.

Como mostrado na Figura 25, a orientação (atitude de 130/19) do acamamento sedimentar na área é predominantemente (densidade de pólos) NE-SW, com mergulhos suaves para SE, porém em zonas próximas aos lineamentos da "Bota" (com orientações NW-SE, WNW-ESSE e alguns lineamentos no norte e sul da "Bota" com orientações NNW-SSE, Figura 29) há a inflexão destes acamamentos, mostradas pelas linhas de contorno de acamamentos na Figura 29. As mudanças de direção associadas aos lineamentos encontrados na área, sugerem que a "Bota" apresenta uma compartimentação interna herdada da fase bacia que controlou a sedimentação local no tempo da deposição. As estruturas herdadas estão associadas a compartimentação da bacia em *hemigrabens*, formando altos (*horsts)* e baixos (*grabens*) locais (Figura 29), gerados por sistemas de falhas extensionais internas e falhas de transferência (lineamentos, Figura 14 e Figura 29) da fase rifte. A reorientação de acamamentos (rotacionados 180º), como encontrados na porção centro-norte da "Bota" (Figura 14, seção A-A') é uma evidência que corrobora com a influência destas estruturas extensionais pré-existentes. Nesta região (centro-norte da "Bota"), observa-se uma anticlinal e uma sinclinal, que provavelmente estão associadas a um alto e baixo local que resultou na oposição dos acamamentos nesta região (Figura 14).

Algumas lineações de interseções e eixos de dobras apresentam orientação oblíqua ou perpendicular à direção de esforço atuante na área, que segundo a xistosidade dominante seria um esforço de encurtamento, de sentido E-W e vergência para oeste. Estas orientações de lineações oblíquas também corroboram para ideia da reativação de estruturas extensionais pré-existente da fase rifte, nas quais podem ter aproveitado estes planos de orientações oblíquos, herdados, para a propagação do esforço compressional E-W.

As falhas nas bordas oeste e sul são aqui caracterizadas como falhas reversas (herança da falha de borda no tempo de abertura do rifte), devido ao seu alto mergulho (aproximadamente 60º), que foram reativadas por regime de compressão E-W, onde os blocos a leste foram empurrados sobre os blocos a oeste (unidades metapelíticas indivisas) e na borda sul os blocos a norte são empurrados sobre os blocos a sul (unidades metapelíticas indivisas) obliquamente. As falhas nas bordas oeste e sul colocam as sequências sedimentares da Formação Moeda sobre unidades metapelíticas indivisas (Figura 14).

5.3.2 Geologia estrutural da porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino.

A porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino, como já mostrado (Figura 13), é composta por duas estruturas NE-SW com pacotes metassedimentares da Formação Moeda que constituem uma pequena faixa do flanco norte do Sinclinal Ouro Fino (Fonseca & Alkmin 1992).

Como mostrado na Figura 27 e Figura 28, a estruturação geral da área apresenta dominantemente (densidade de pólos) acamamentos (S0) com orientação NE-SW e mergulhos para leste (atitude de 145/44), e uma xistosidade (Sn), evidente em litofácies menos grossas, praticamente constante com orientação predominantemente NNE-SSW (atitude de 98/41) e mergulhos para ESSE (Figura 29 e Figura 14).

Os planos de xistosidade são marcados principalmente pela orientação de micas. Além destas estruturas planares, também são encontradas zonas de cisalhamento (S/C) com crescimento de cristais de cianita, que ocorrem principalmente em zonas próximas as falhas na borda oeste dos segmentos Ouro Fino Superior e Ouro Fino Inferior. As falhas nas bordas oeste da porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino, devido aos seus elevados ângulos (aproximadamente 60º), são caracterizadas como reversas (herdadas das falhas de borda de abertura da fase rifte). A compressão, com direção E-W e vergência para oeste, que atingiu a área coloca rochas da Formação Moeda (Grupo Caraça) sobre unidades metapelíticas indivisas (Figura 14 e Figura 29) utilizando estes planos de falhas reversas.

Outra zona de cisalhamento, caracterizada pelo crescimento de cianita, aumento do ângulo de inclinação das foliações e aumento de intensidade de deformação, na porção central que conecta o segmento Ouro Fino Superior e o Ouro Fino Inferior (Figura 14 e Figura 29), também configura uma falha reversa (herdada de uma falha de transferência, provavelmente orientada como NW-SE, que conectava os dois riftes durante suas aberturas). A compressão E-W, que gerou as foliações predominantes da área, duplica as unidades da Formação Moeda, onde ocorre a falha reversa que conecta o segmento Ouro Fino Superior e o Ouro Fino Inferior, como mostrado na Figura 14 (seção A-A') e coluna Ouro Fino Inferior Norte e Coluna Ouro Fino Superior Sul (Figura 13, ANEXO 3 e ANEXO 4).

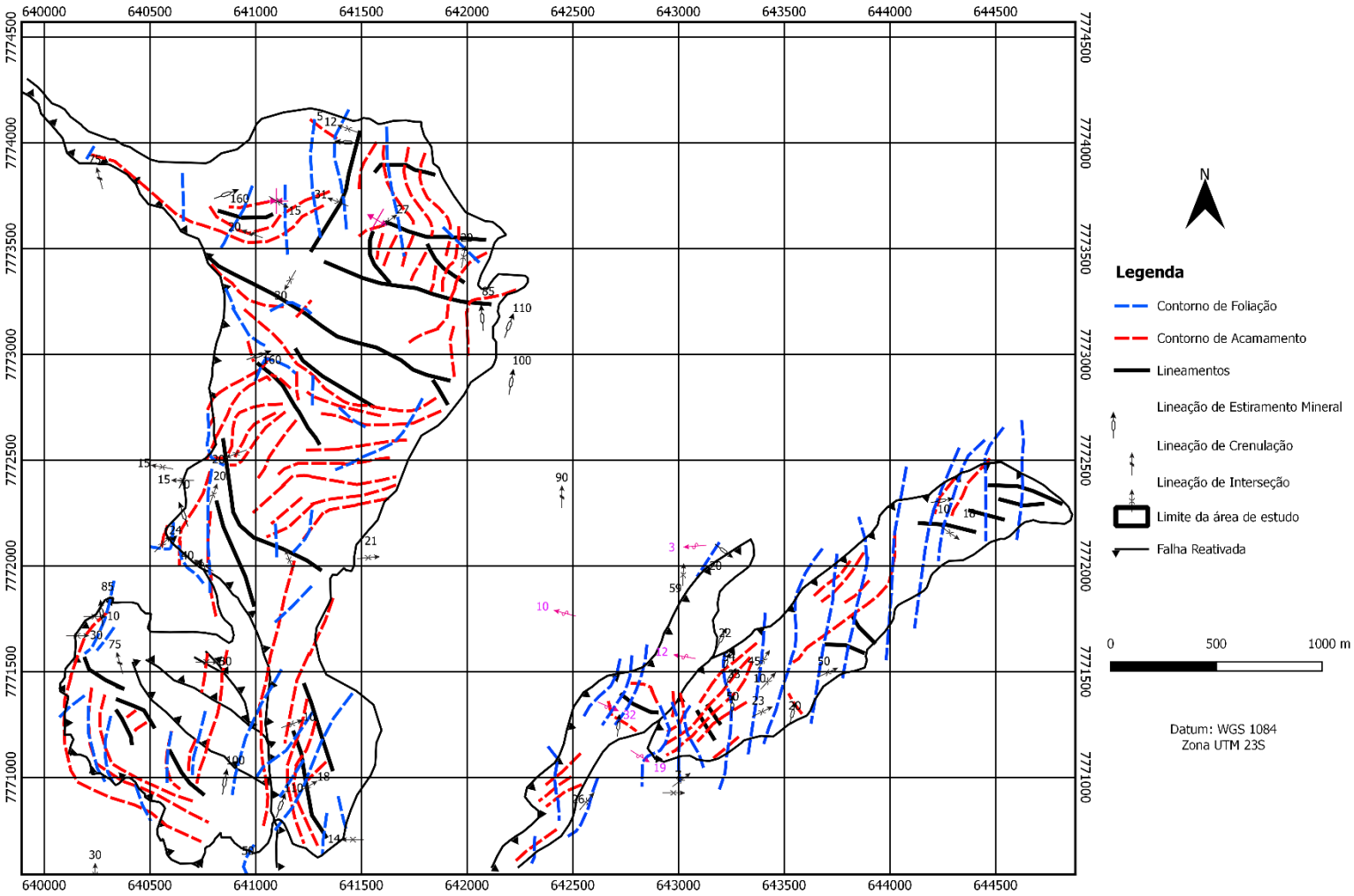


Figura 29 - Mapa de contorno estrutural do extremo sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino, nordeste do Quadriláteros Ferrífero.

5.4 EVOLUÇÃO E RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL DO EXTREMO SUL DO SINCLINAL GANDARELA ("BOTA") E PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO

Como já destacado nas descrições de associações de litofácies deste trabalho e também nas descrições de Santos (2018) a sul da "Bota", bem como as associações também descritas da Serra de Ouro Fino, pode-se atribuir ao paleoambiente das três bacias (bacia do extremo sul do Siclinal Gandarela, Bacia Ouro Fino Inferior e Bacia Ouro Fino Superior) como sendo bacias desenvolvidas por leques aluviais, que posteriormente evoluiria para ambientes, em regiões distais, dominados por por possíveis planícies fluviais dominados por rio entrelaçado, assim como em outros trabalhos feitos por todo o QF (Wallace 1958, Villaça 1981, Minter et al. 1990 Renger et al. 1993, Nunes 2016, Dopico et al. 2017, Martins 2017, Madeira 2018 e Santos 2018).

A característica estrutural maciça (das associações de litofácies) no norte da "Bota", juntamente com evidências de estruturas sedimentares de fluxos fluviais de rio entrelaçado a sul da "Bota" (Santos 2018), como estratificações cruzadas ou paralelas, mostram que o canal alimentador de sedimentos do leque aluvial estava próximo da região norte da área e as porções mais distais dominadas por rio entrelaçado localizam-se a sul.

O paleoambiente desenvolvido nas bacias da porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino, se desenvolveram a partir de leques aluviais dominados por fluxos de detritos não coesivos, assim como ao sul do Sinclinal Gandarela, o que justifica o predomínio de estruturas maciças nos segmentos Ouro Fino Superior e Ouro Fino Inferior. Estes segmentos representam duas bacias diferentes. Com base no desenvolvimento das associações de litofácies com caráter distal para SE, pode-se assumir que a dispersão, dos sedimentos, das três bacias se desenvolveram de NW para SE.

O contexto regional do desenvolvimento destas bacias, a bacia ao sul do Sinclinal Gandarela ("Bota") e a as bacias da porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino, se dá durante a fase rifte da Bacia Minas, que representa um evento regional no Quadrilátero Ferrífero (Dorr 1969), onde predominaram regimes extensionais e o desenvolvimento de margem passiva durante o proterozóico (Farina *et al.* 2015). É importante ressaltar que a porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino representa uma pequena parte de todo o Sinclinal Ouro Fino (Fonseca & Alkmin 1992), que corresponderia a uma bacia ainda maior. O fechamento da Bacia Minas se dá por eventos tectônicos compressivos, reativando as estruturas pré-existente geradas durante a fase rifte, sendo este evento denominado de ciclo Brasiliano (Renger *et al.* 1995; Amim & Marshak 1998; Dopico *et al*. 2017).

A abertura da bacia no extremo sul do Sinclinal Gandarela se desenvolve na direção aproximadamente N-S, com deposições predominantemente para SE e as bacias da porção noroeste do

Sinclinal Ouro Fino (Ouro Fino Inferior e Ouro Fino Superior) se desenvolvem na direção NE-SW com deposições também para SE. Toda a evolução da área pode ser sintetizada em cinco principais períodos de tempo:

Tempo 1: caracterizado pela abertura da bacia no extremo sul do Sinclinal Gandarela e da bacia do segmento Ouro Fino Inferior. As associações de litofácies desenvolvidas durante este período, Alg1 (no extremo sul do Sinclinal Gandarela) e Alof1 (segmento Ouro Fino Inferior) são caracterizadas como de ambiente proximal de leque aluvial, com deposições de metaconglomerados clasto suportados (Figura 30).

Tempo 2: a deposição da Alg2 (no extremo sul do Sinclinal Gandarela) foi desenvolvida por inundações episódicas (*sheetflow* ou *sheetflood*) preenchendo baixos locais da bacia e formando lençóis de areia fina bem selecionada. Já a Alo2 (segmento Ouro Fino Inferior) representa o desenvolvimento do leque aluvial para um ambiente menos energético com pulsos de maior energia, depositando arenitos de granulometria média a grossa com níveis de grânulos.

Tempo 3: representaria um segundo pulso de abertura das bacias ao sul do Sinclinal Gandarela (“Bota”) e segmento Ouro Fino Inferior. Na “Bota” desenvolveria-se a associação de litofácires Alg3, relacionada a ambiente distal de leque aluvial dominado por rio entrelaçado, ocupando toda porção oriental da bacia. Na bacia do segmento Ouro Fino Inferior ocorreria a deposição da Alof3, que é caracterizada por ambiente relacionado a borda de falha com regime de fluxo de detritos de altíssima energia associados a fluxos gravitacionais. Durante o tempo 3, também haveria a abertura da bacia representada pelo segmento Ouro Fino Superior, depositando a associação de litofácies Alof3. A passagem para um regime menos energético, devido a interrupção da abertura da bacia e entulhamento desta, corresponderia a deposição da Alof1 acima da Alof 3 (Tempo 3a), na Bacia Ouro Fino Superior e Ouro Fino Inferior, enquanto que ao sul do Sinclinal Gandarela continuaria a deposição da Alg3 (Figura 32).

Tempo 4: marcaria um segundo pulso de abertura da bacia Ouro Fino Superior, ocorrendo novamente a deposição da Alof3 que posteriormente desenvolveria-se (Tempo 4a) para um ambiente de deposição da Alof2. Não observa-se influência deste pulso tectônico para as demais bacias da área (Figura 33).

Tempo 5: corresponderia à evolução da área (sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Ouro Fino) de rifte intracontinental para uma margem passiva e consequentemente a deposição dos metapelitos que circundam toda área, já em ambiente marinho profundo, cobrindo os sedimentos da Formação Moeda depositados nas fases anteriores (Figura 34).

Por fim para gerar a conformação atual da área houveram esforços compressivos, resultado do fechamento da bacia Minas, por volta de 2.15 – 1.90 Ga (Almeida *et al*., 2000), que deformaram e reativaram as estruturas pré-existente da fase rifte. Posteriormente durante o evento Brasiliano em 0.9 –

0.54 (Almeida *et al*., 2000), os últimos esforços compressionais, que levaram atual configuração do arcabouço estratigráfico e estrutural da área, geraram as falhas reversas e zonas de cisalhamento conhecidas atualmente na região (Figura 14 e Figura 29).

A evolução tectono-sedimentar da Formação Moeda em todo o QF é marcada por variações que refletem diferenças de espessura e geometria do pacote sedimentar, relacionadas aos paleoambientes e arcabouço tectônico (Madeira 2018). Para as bacias no extremo sul do Sinclinal Gandarela e noroeste do Sinclinal Ouro Fino também nota-se que evolução tectono-sedimentar foi controlada por estruturas pré-existentes, da fase extensional, que influenciaram nas áreas fontes e na acomodação dos sedimentos, corroborando com o trabalho de Madeira (2018).

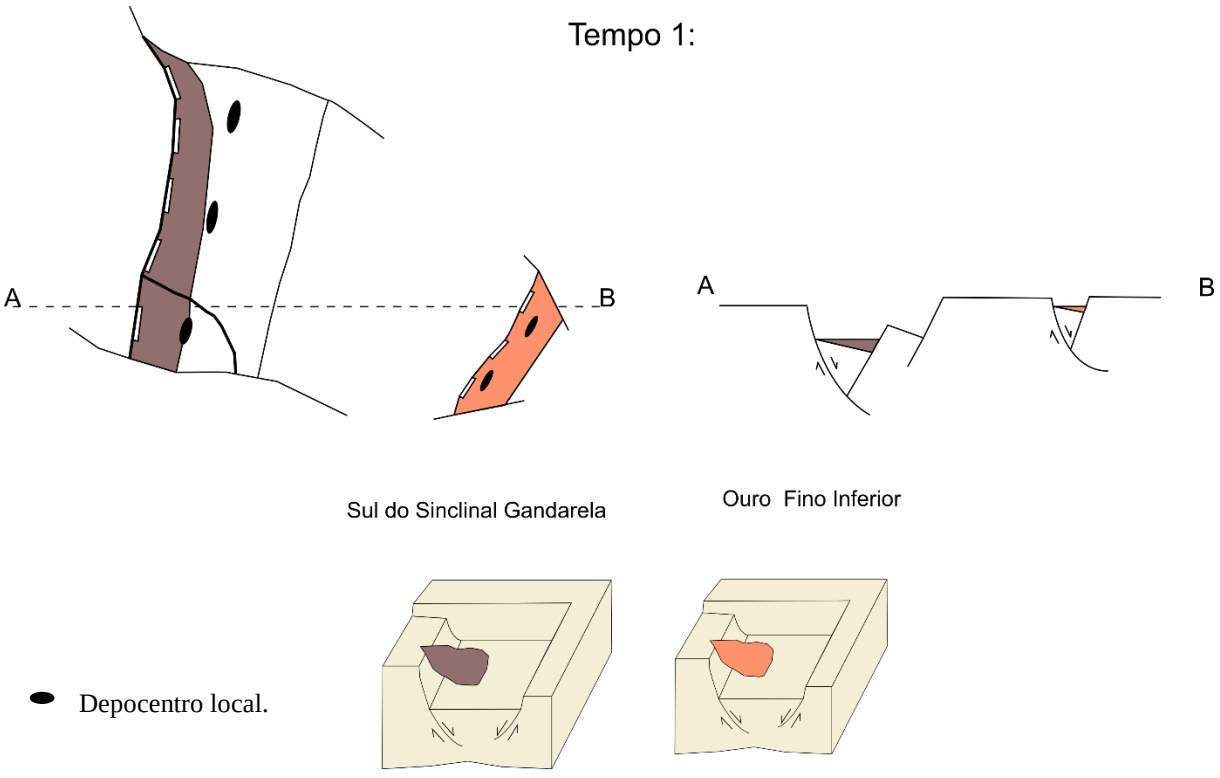


Figura 30 - Esquema de evolução do Tempo 1 no extremo sul do Sinclinal Gandarela e Segmento Ouro Fino Inferior. A seção AB representa a evolução estrutural da região e os blocos diagramas representam a evolução paleoambiental.

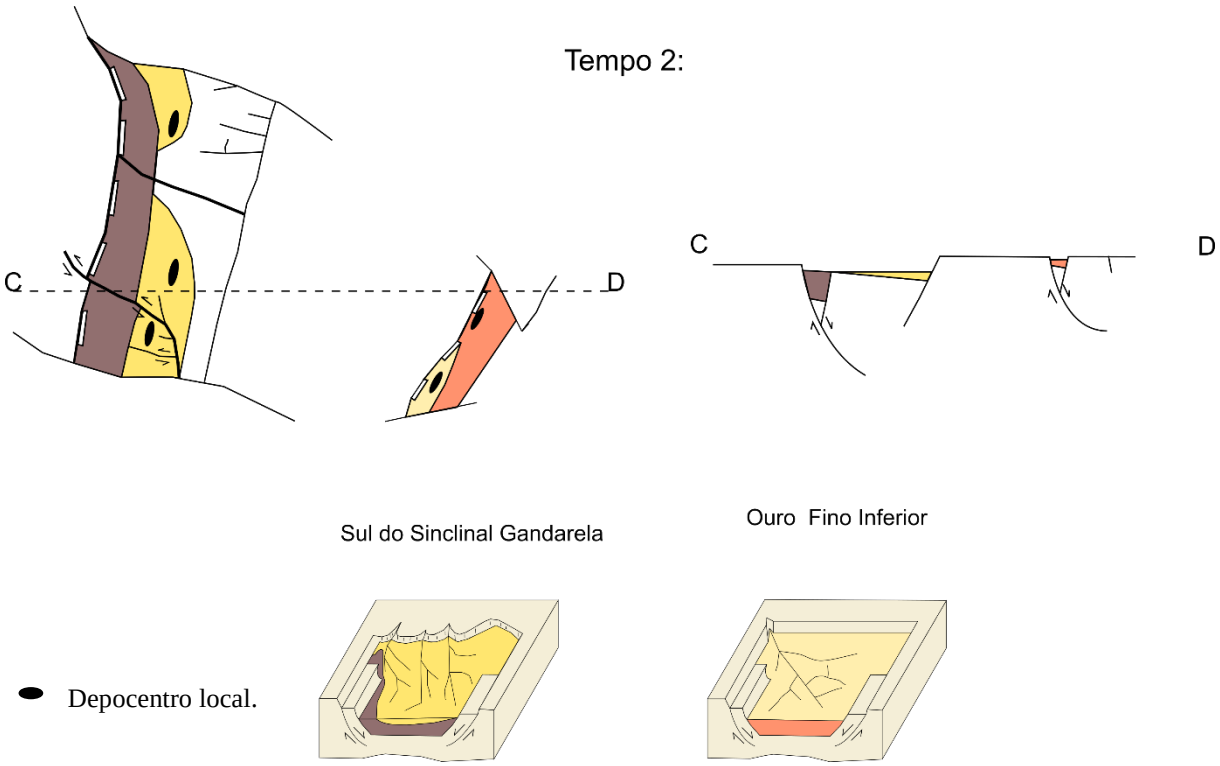
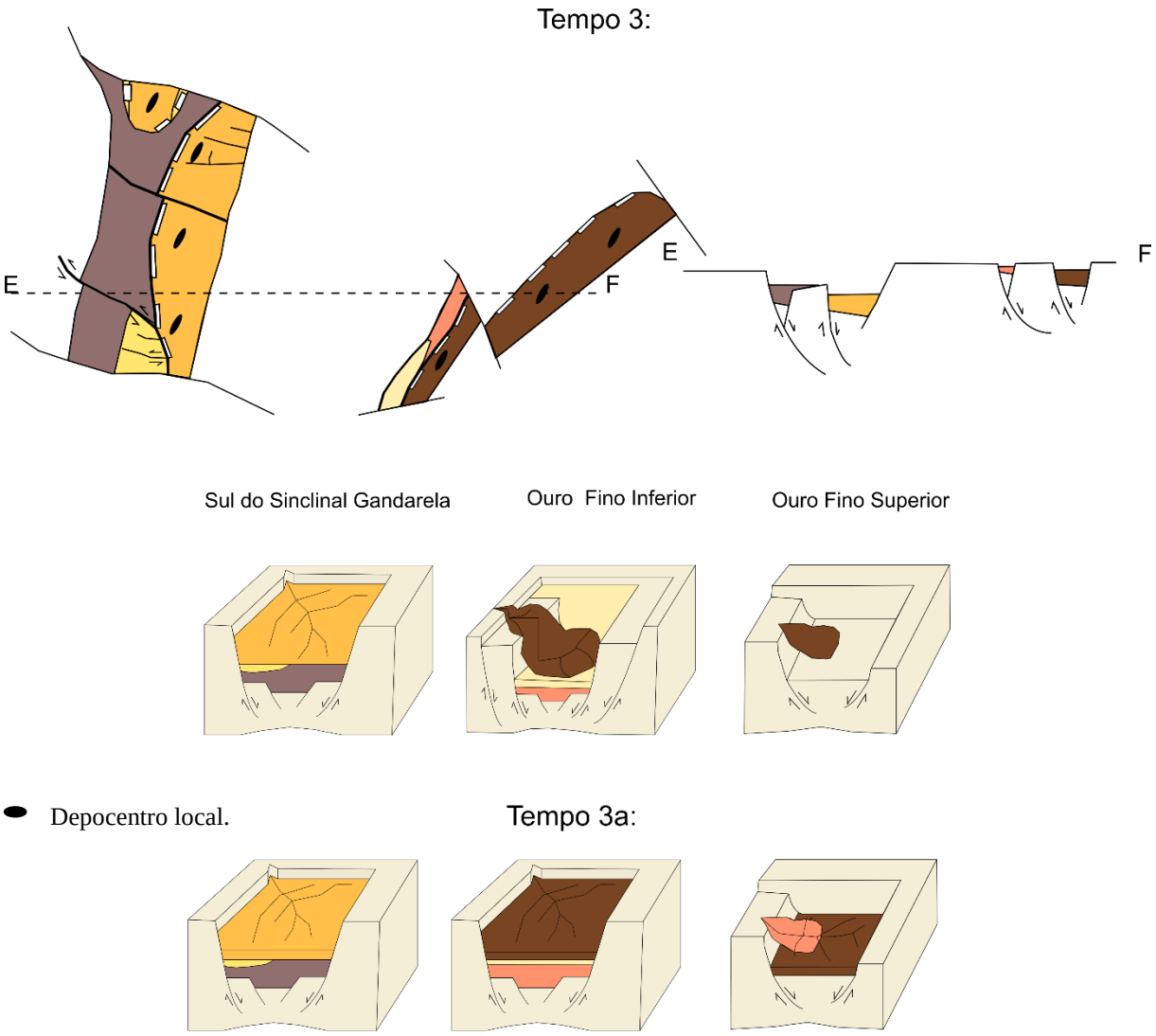
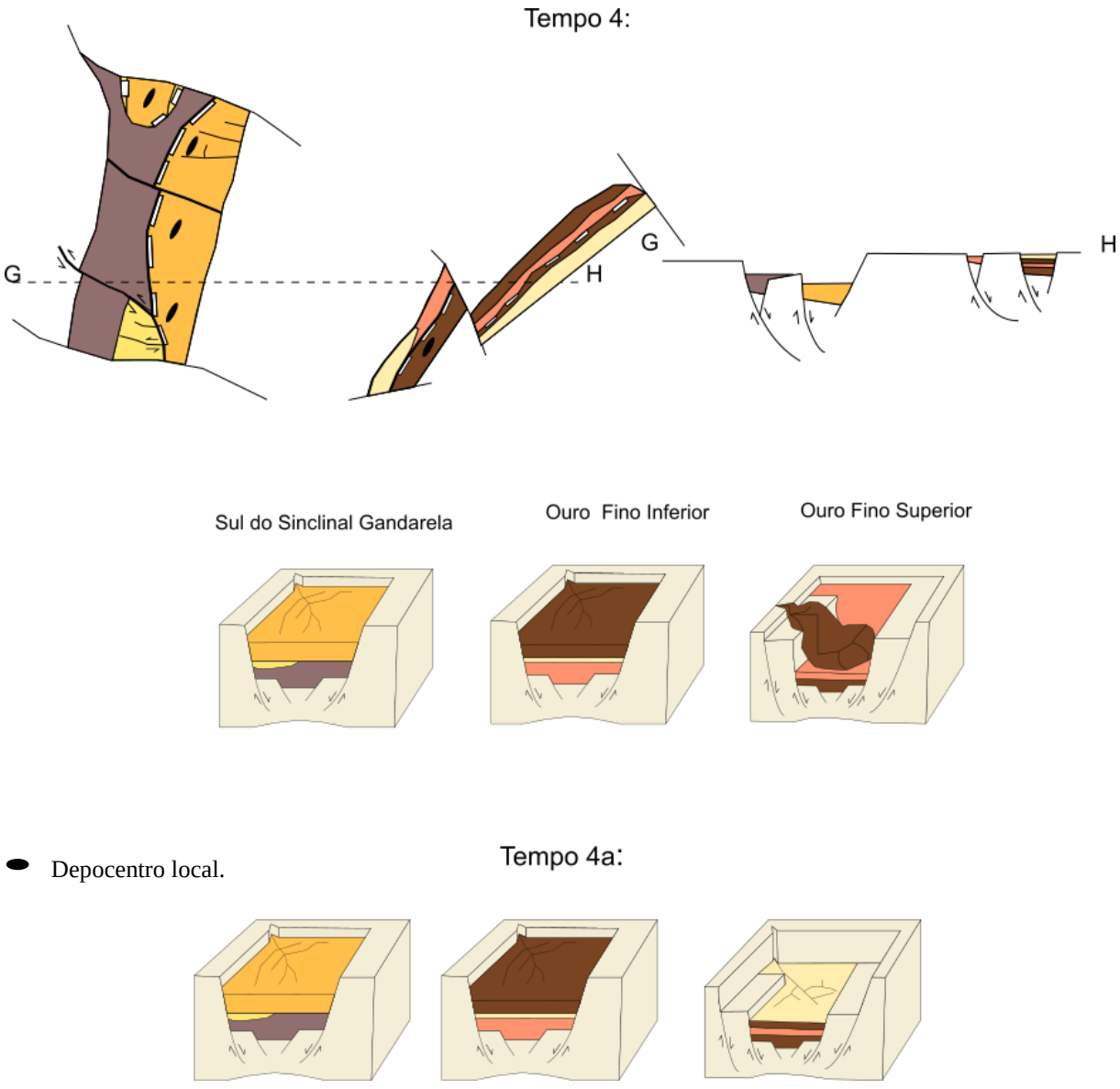


Figura 31 - Esquema de evolução do Tempo 2 no extremo sul do Sinclinal Gandarela e Segmento Ouro Fino Inferior. A seção CD representa evolução estrutural da região e os blocos diagramas representam a evolução paleoambiental.



- Depocentro local.

Figura 32 - Esquema de evolução do Tempo 3 no extremo sul do Sinclinal Gandarela e Segmento Ouro Fino Inferior e Ouro Fino Superior. A seção EF representa a evolução estrutural da região e os blocos diagramas representam a evolução paleoambiental.



- Depocentro local.

Figura 33 - Esquema de evolução do Tempo 4 no extremo sul do Sinclinal Gandarela e Segmento Ouro Fino Inferior e Ouro Fino Superior. A seção GH represetna a evolução estrutural da região e os blocos diagramas representam a evolução paleoambiental.

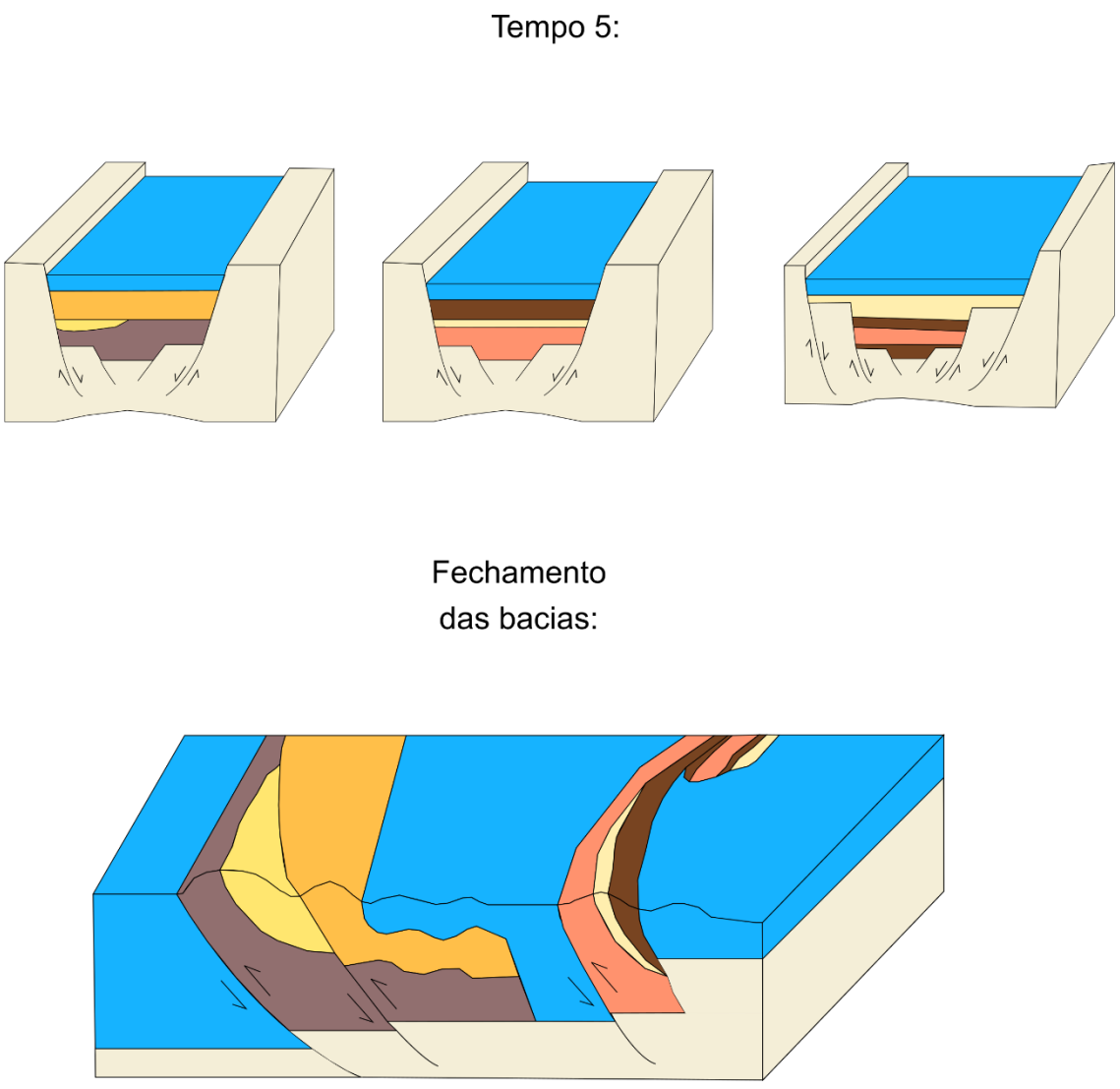


Figura 34 - Esquema de evolução do Tempo 5, fechamento das bacias no extremo sul do Sinclinal Gandarela e Segmento Ouro Fino Inferior.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO

Para a região estudada, que inclui as estruturas do extremo sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Outo Fino (segmento Ouro Fino Inferior e Ouro Fino Superior) - nordeste do Quadrilátero Ferrífero, - conlui-se que o arcabouço estratigráfico e estrutural da Fomação Moeda, para estas estruturas em questão, possuiu evolução tectono-sedimentar influenciada por estruturas herdadas da fase bacia, gerando baixos e altos locais que controlaram as áreas fontes e a deposição dos sedimentos. Estas estruturas são de origem de regime extensional do início da abertura de Bacia Minas que teve fechamento por volta de 2.15 – 1.90 Ga (Almeida *et al*., 2000). Este fechamento reativou as estruturas extensionais configurando as falhas de empurrão observadas atualmente no extremo sul do Sinclinal Gandarela e porção noroeste do Sinclinal Outo Fino. Posteriormente, há a deformação destas estruturas, que levam a conformação atual da área, durante o evento Brasiliano em 0.9 – 0.54 (Almeida *et al*., 2000).

O extremo sul do Sinclinal Gandarela ("Bota") e os segmentos Ouro Fino Superior e Ouro Fino inferior configuram três bacias diferentes cujo o paleoambiente é caracterizado por leque aluvial, com depósitos proximais gradando a depósitos distais de leque aluvial com domínio de rio entrelaçado. Para a região da "Bota" foram definidas três associações de litofácies; a Alg1, que é marcada pela ocorrência de metaconglomerados clasto suportados (mCcts) interecalados com metarenitos grossos e ocorrendo também metarenitos com grânulos dipersos; a Alg 2, que é marca por quartzo-metarenitos finos, podendo ocorrer foliados a sul, mas a norte são maciços; e a Alg3, que é caracterizada por quartzo-sericita metarenitos grossos.

Os segmentos Ouro Fino Inferior e Superior, que estão conectados na sua porção central por um cavalgamento do segmento Ouro Fino Superior sobre o Ouro Fino inferior, apresentam ocorrências de três associações de litofácies que caracterizam a Formação Moeda na área. A Alof1, que é marcada por metarenitos grossos com grânulos dispersos (Acd) e presença de níveis de metaconglomerados clasto suportados finos, com clastos de 1,0 a 2,0 cm; a Alof2 é marcada por metarenitos médios a grossos com níveis centimétricos de grânulos; e Alof3, que é caracterizada principalmente por metaconglomerado extremamente grossos, com deposição de matacões de até 20,0 cm.

Os metapelitos indivisos que cercam toda a área e fazem contato de topo e base com as unidades da Formação Moeda definidas aqui neste trabalho, demonstram certa importância quanto a determinação de sua posição estratigráfica regional, por isso sugere-se um tratamento geocronológico, devido suas possíveis implicações evolutivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkmim, F. F., Marshak, S. Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil : evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. Precambrian Research, v. 90, n.1-2, p.29-58, jun. 1998.

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.

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.

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.

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

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. & Lana, C., 2015a. The Neoarchean transition between medium and high-K granitoids: clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil). Precambrian Res. 266, 375-394.

Farina, F, Albert, C., Dopico, C. M., Gil, C. A., Moreira, H. S., Hippert, J. P., Cutts, K. 2015b. 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.

Fonseca M. A. & Alkmim F. F. 1992. O sinclinal de ouro Fino e sua relação genética ao sistema Fundão,Quadrilátero Ferrífero, MG. Revista da Escola de Minas, 45 (1/2): 65-67.

Fossen, Haakon. Geologia estrutural: subtítulo do livro. 1 ed. [S.L.]: Oficina de Textos, 2012. 584 p.

Guimarães et al. Origem e composição dos minerais de urânio da mineralização tipo witwatersrand da formação moeda, serra do gandarela, quadrilátero ferrífero (mg). Congresso Brasileiro De Geologia. Resumo. Publicado em 2017. Disponível em: <http://cbg2017anais.siteoficial.ws/st07/6598.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2018.

Lisle, Richard J.; Brabham, Peter J.; Barnes, John W.. Mapeamento geológico básico: guia geológico de campo. 5 ed. [S.L.]: Bookman, 2014. 247 p.

Madeira, Marina de Rezende. Evolução sedimentar e história deformacional da Formação Moeda ao longo da junção entre o Sinclinal da Moeda e o Homoclinal da Serra do Curral, Quadrilátero Ferrífero, MG. 2018. 172 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

Madureira R. 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, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 119p.

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.

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.

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.

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., Endo I. & Olieira L. G. S. Geometria do sinclinal gandarela baseada na deconvolução euler 2d e 3d – quadrilátero ferrífero (mg). Revista brasileira de geofísica, v. 23, n. 3, p. 21-232, 2005.

Pires, P. F. R. 2005. Gênese dos Depósitos Auríferos em Meta-Conglomerados da Formação Moeda, QuadriláteroFerrífero (MG): O Papel do Metamorfismo e Associação com a Matéria Carbonoso. Unpublished Ph. D. thesis, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

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.

Roeser, H. M. P. & Roeser, P. A.; O Quadrilátero Ferrífero – MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. Geonomos. Belo Horizonte, v. 18 n. 1 p. 33-37, 2010.

Rosière, C. A., Noce C. M. & Ladeira E. A. Geologia estrutural da extremidade sul do sinclinal gandarela. 4º simpósio de geologia de minas gerais, Belo horizonte, p. 254-272, boletim-7, setembro 1987.

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

Stow D.A.V. 2012. *Sedimentary Rocks in the Field, a color guide*. 6ed. San Diego, Academic Press, 320p.

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.

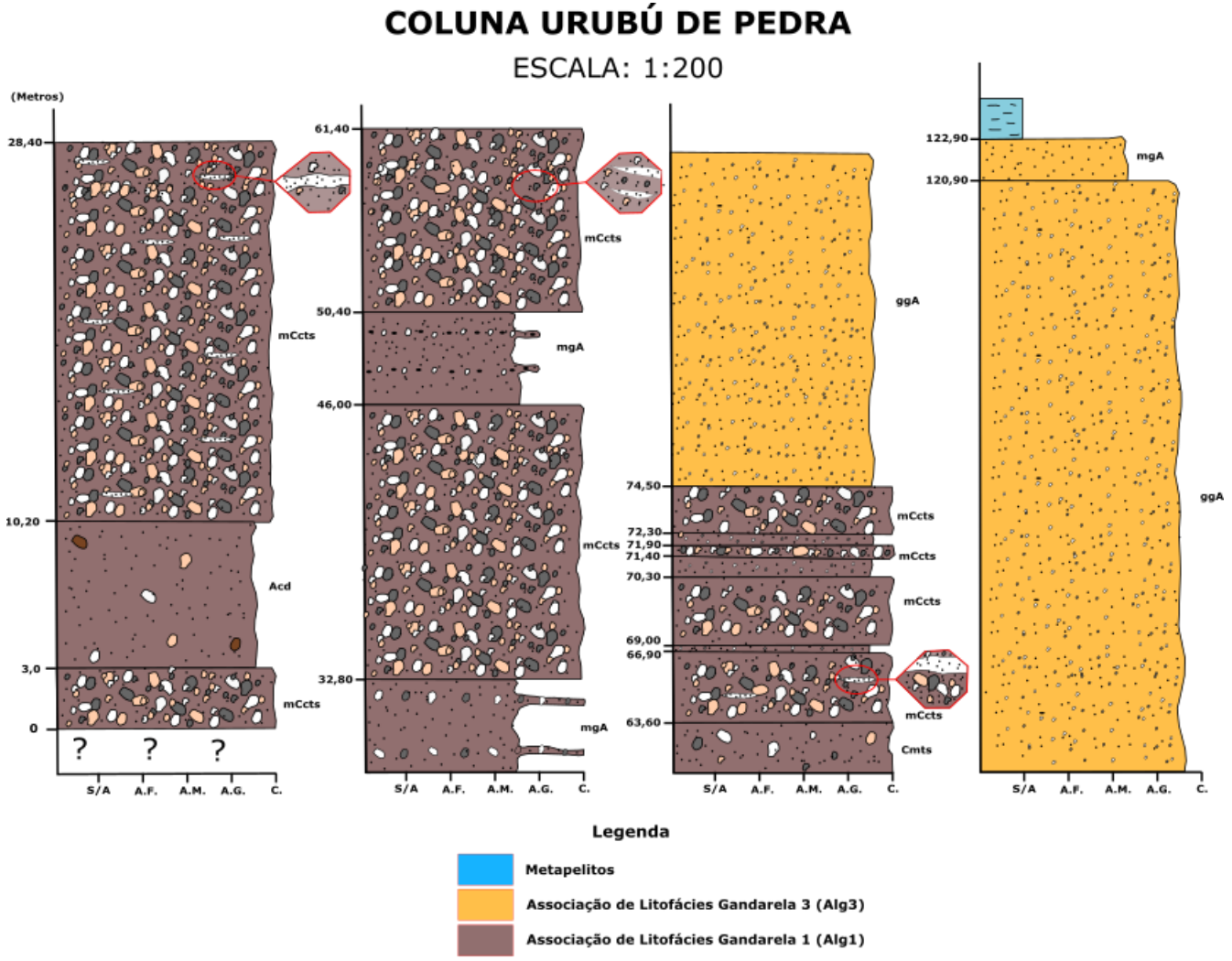
Villaça, J. N. 1981. Alguns aspectos sedimentares da Formação Moeda. Sociedade. Bras. Geologia, Núcleo MG, v. 2, p. 92-137.

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.

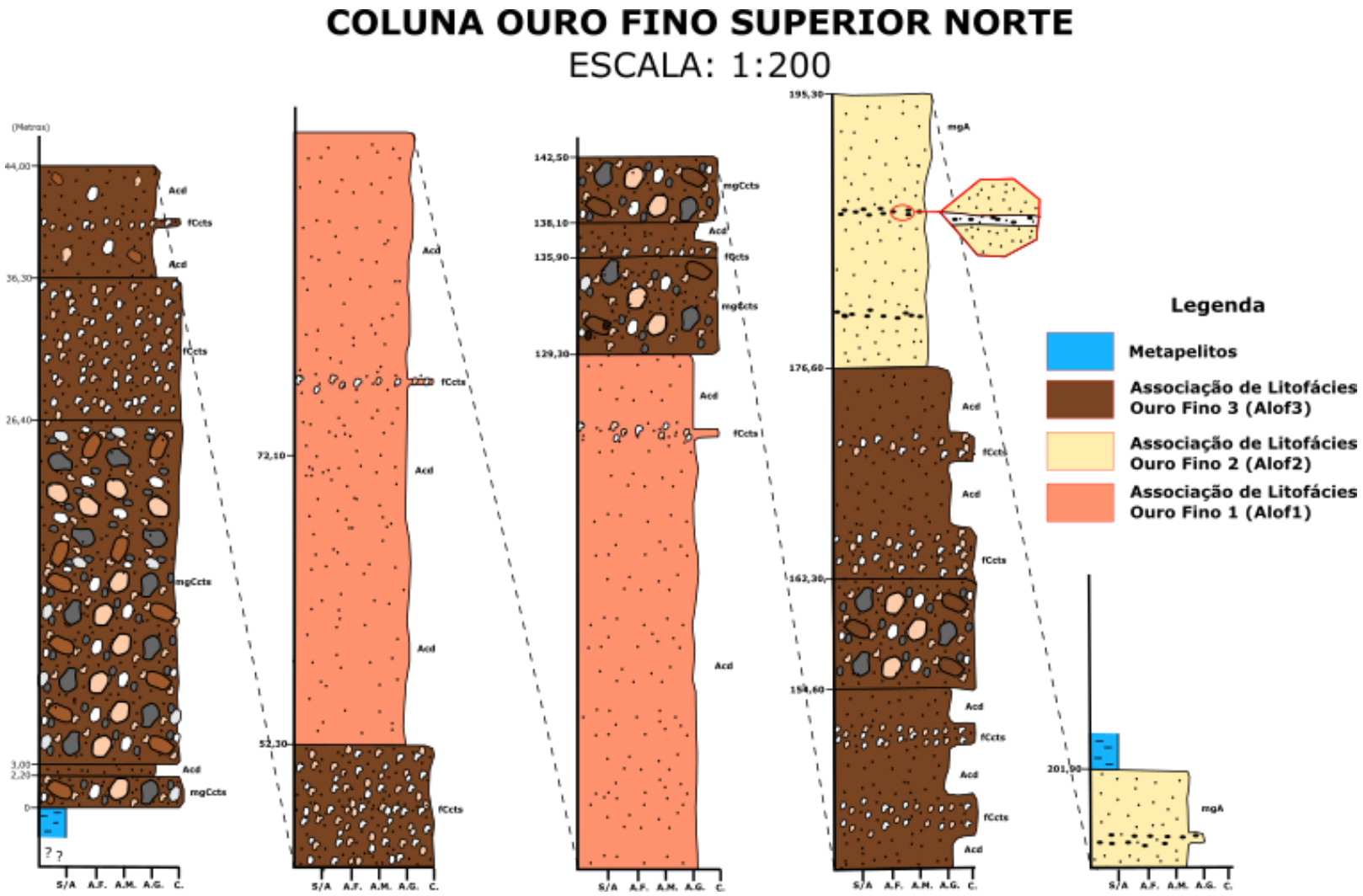
Wallace, R. M., 1958. The Moeda Formation. Sociedade Brasileira de Geologia, (Boletim. 7-2) p. 59-60.

ANEXOS

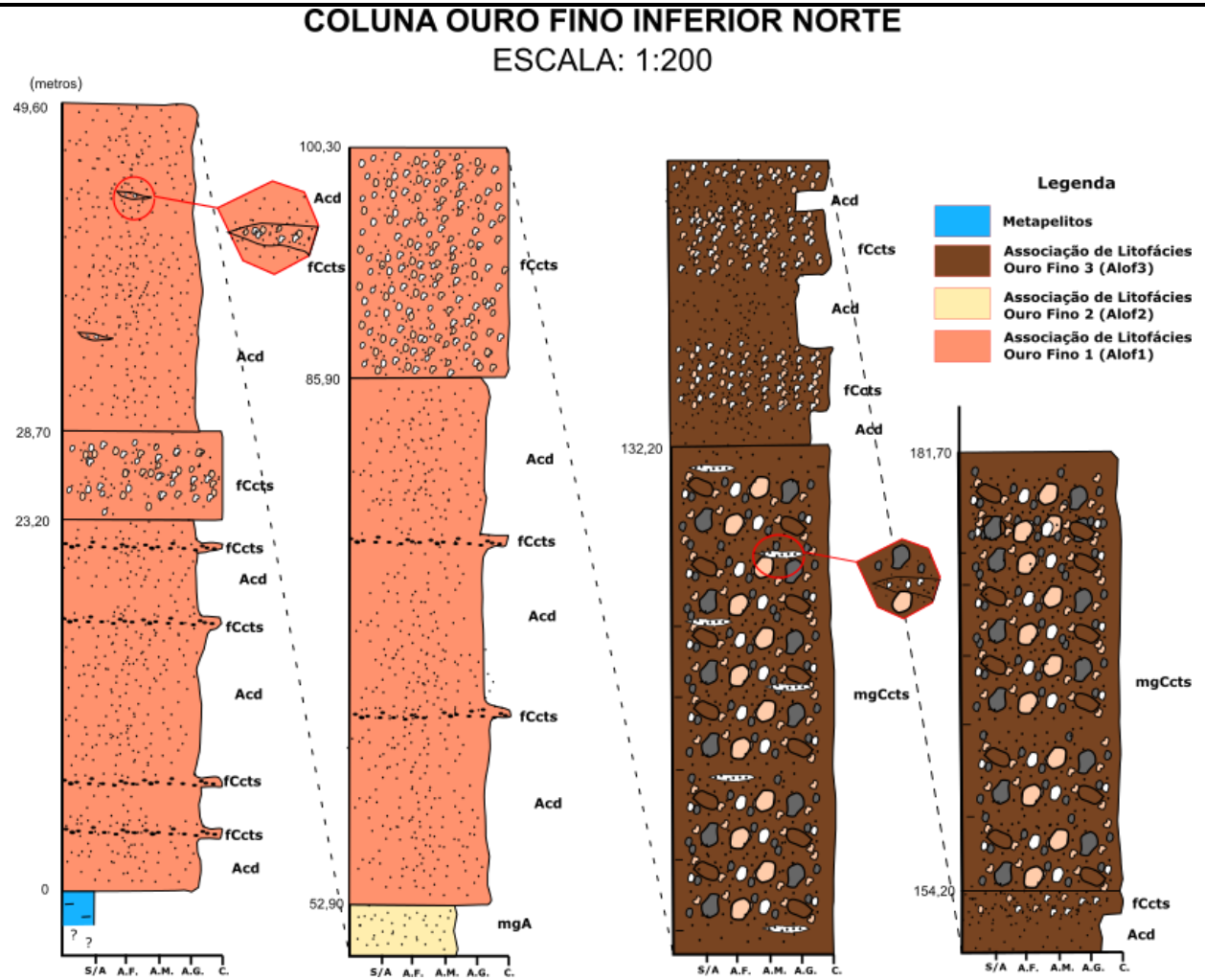
ANEXO 1


COLUNA URUBÚ DE PEDRA
ESCALA: 1:200
(Metros)
28,40
10,20
3,0
0
mCcts
Acd
mCcts
?
?
?
S/A
A.F.
A.M.
A.G.
C.
61,40
50,40
46,00
32,80
mCcts
mgA
mCcts
mgA
74,50
72,30
71,90
71,40
70,30
69,00
66,90
63,60
ggA
mCcts
mCcts
mCcts
mCcts
Cmts
122,90
120,90
mgA
ggA
Legenda
Metapelitos
Associação de Litofácies Gandarela 3 (Alg3)
Associação de Litofácies Gandarela 1 (Alg1)

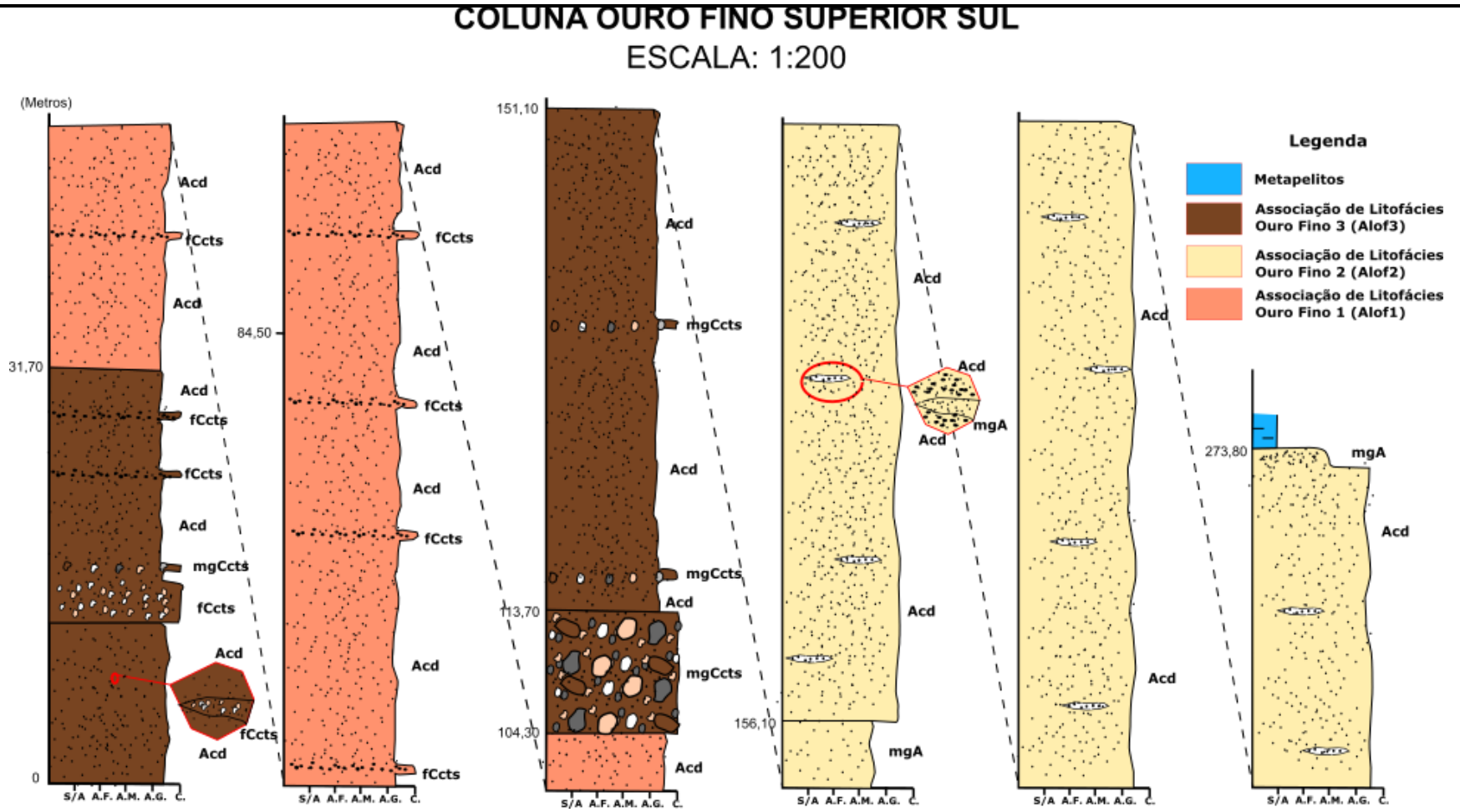
ANEXO 2


COLUNA OURO FINO SUPERIOR NORTE
ESCALA: 1:200
(Metros)
44,00
36,30
26,40
3,00
2,20
0
Acd
fCcts
mgCcts
? ?
S/A A.F. A.M. A.G. C.
72,10
52,30
142,50
138,10
135,90
129,30
mgCcts
fQcts
mgQcts
fCcts l
195,30
176,60
162,30
154,60
mgA
201,90
Legenda
Metapelitos
Associação de Litofácies Ouro Fino 3 (Alof3)
Associação de Litofácies Ouro Fino 2 (Alof2)
Associação de Litofácies Ouro Fino 1 (Alof1)

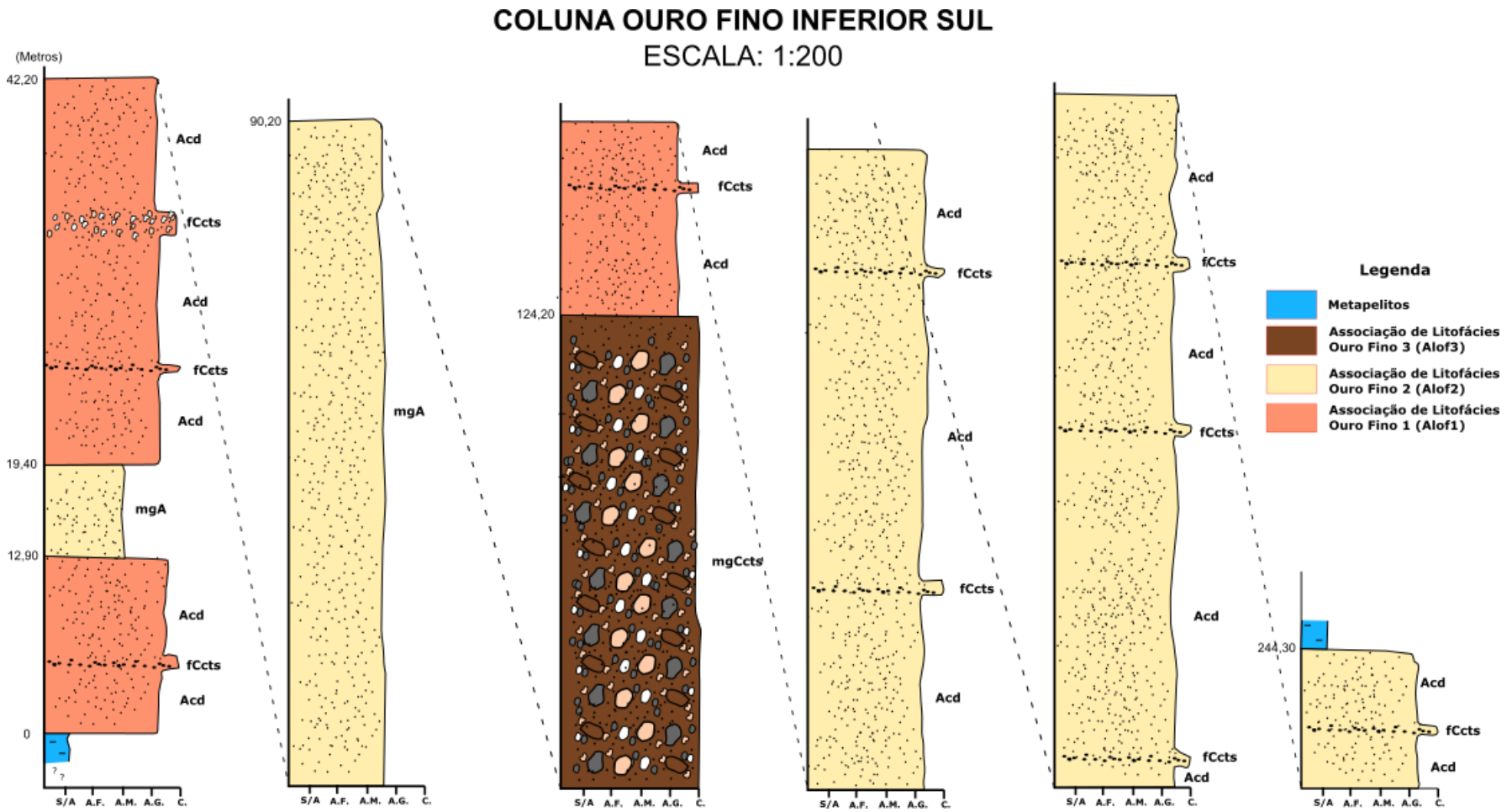
ANEXO 3


COLUNA OURO FINO INFERIOR NORTE
ESCALA: 1:200
(metros)
49,60
28,70
23,20
0
100,30
85,90
52,90
132,20
181,70
154,20
Acd
fCcts
mgA
mgCcts
Legenda
Metapelitos
Associação de Litofácies Ouro Fino 3 (Alof3)
Associação de Litofácies Ouro Fino 2 (Alof2)
Associação de Litofácies Ouro Fino 1 (Alof1)
S/A A.F. A.M. A.G. C.

ANEXO 4


COLUNA OURO FINO SUPERIOR SUL
ESCALA: 1:200
(Metros)
0
31,70
84,50
104,30
113,70
151,10
156,10
273,80
Acd
fCcts
mgCcts
mgA
S/A A.F. A.M. A.G. C.
Legenda
Metapelitos
Associação de Litofácies Ouro Fino 3 (Alof3)
Associação de Litofácies Ouro Fino 2 (Alof2)
Associação de Litofácies Ouro Fino 1 (Alof1)

ANEXO 5


COLUNA OURO FINO INFERIOR SUL
ESCALA: 1:200
(Metros)
42,20
19,40
12,90
0
90,20
124,20
244,30
Acd
fCcts
mgA
mgCcts
S/A A.F. A.M. A.G. C.
Legenda
Metapelitos
Associação de Litofácies Ouro Fino 3 (Alof3)
Associação de Litofácies Ouro Fino 2 (Alof2)
Associação de Litofácies Ouro Fino 1 (Alof1)

ANEXO 6

PERFIL TOPOGRÁFICO URUBÚ DE PEDRA

NORTE DA "BOTA", SUL DO SINCLINAL GANDARELA

ANEXO 7

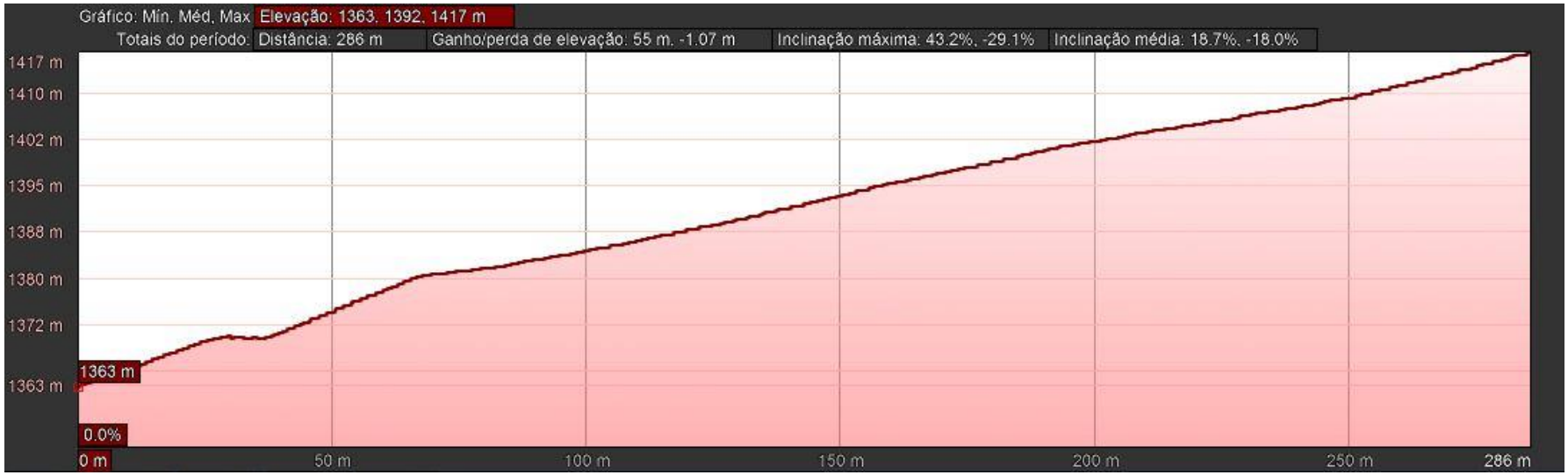
PERFIL TOPOGRÁFCO OURO FINO SUPERIOR NORTE

PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO

ANEXO 8

PERFIL OURO FINO INFERIOR NORTE

PORÇÃO CENTRAL DA SERRA DO OURO FINO, NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO

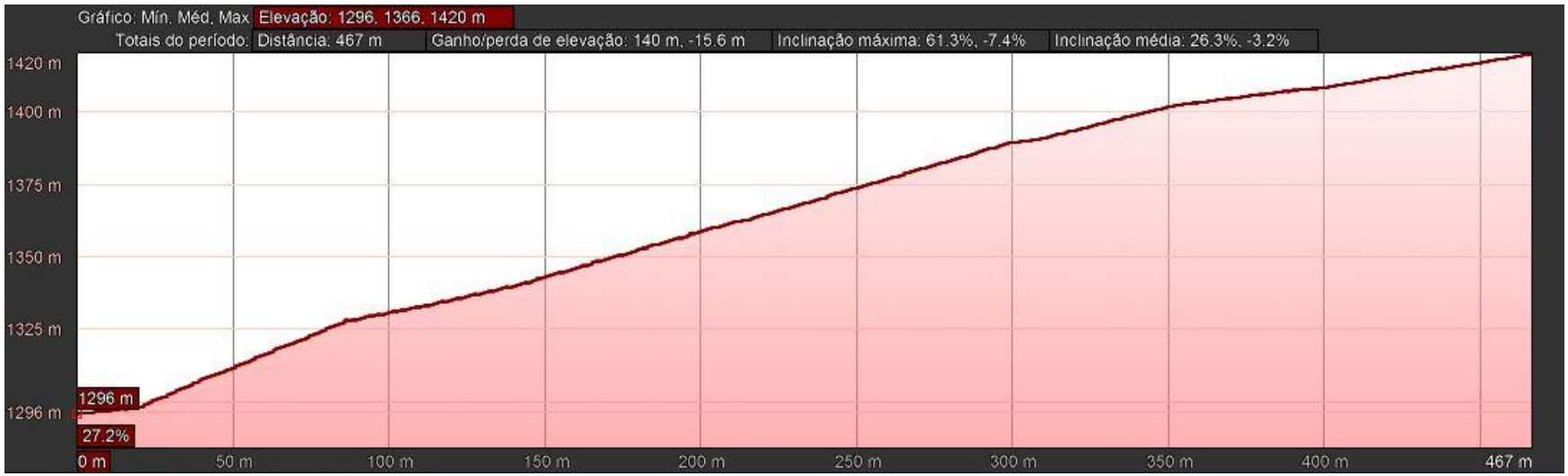


ANEXO 9

PERFIL OURO FINO SUPERIOR SUL

PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO

ANEXO 10

PERFIL OURO FINO INFERIOR SUL

PORÇÃO NOROESTE DO SINCLINAL OURO FINO