



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



MONOGRAFIA DO TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO

CARTOGRAFIA E ANÁLISE ESTRUTURAL DOS QUARTZITOS DA FORMAÇÃO
MOEDA (GRUPO CARAÇA, SUPERGRUPO MINAS) NA PORÇÃO SUDESTE DA
ANTICLINAL DE MARIANA

Arthur Martins da Costa Lage

Ouro Preto, agosto de 2017

**CARTOGRAFIA E ANÁLISE ESTRUTURAL DOS
QUARTZITOS DA FORMAÇÃO MOEDA (GRUPO CARAÇA,
SUPERGRUPO MINAS) NA PORÇÃO SUDESTE DA
ANTICLINAL DE MARIANA**



**Universidade Federal
de Ouro Preto**

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. Luís Antônio Rosa Seixas

MONOGRAFIA

Nº 218

CARTOGRAFIA E ANÁLISE ESTRUTURAL DOS QUARTZITOS DA FORMAÇÃO MOEDA (GRUPO CARAÇA, SUPERGRUPO MINAS) NA PORÇÃO SUDESTE DA ANTICLINAL DE MARIANA

Arthur Martins da Costa Lage

Orientador

**Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca
DEGEO / Escola de Minas / UFOP**

Monografia do Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do Título de Engenheiro Geólogo em cumprimento ao disposto nas normas da Universidade Federal de Ouro Preto

OURO PRETO

2017

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: Marco Antônio Fonseca

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

L174c

Lage, Arthur Martins da Costa.

Cartografia e análise estrutural dos quartzitos da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) na porção sudeste da Anticlinal de Mariana [manuscrito] / Arthur Martins da Costa Lage. - 2017.

57f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca.

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

1. Geologia estrutural. 2. Quartzito. 3. Estratigrafia. I. Fonseca, Marco Antônio. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 551.243:552.45

<http://www.sisbin.ufop.br>

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Cartografia e Análise Estrutural dos Quartzitos da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergurpo Minas) ocorrentes em um segmento da Porção Sudeste da Anticlinal de Mariana.

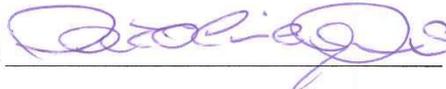
AUTOR: ARTHUR MARTINS DA COSTA LAGE

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca

Aprovado em: 18 de agosto de 2017

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca  _____ DEGEO/UFOP

Profª. Dra. Caroline Janette Souza Gomes  _____ DEGEO/UFOP

Profª. MSc. Maria Eugênia Silva e Souza  _____ DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 18/08/2017

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho também aos que dificultaram e/ou não torceram para o seu sucesso, MAS principalmente às pessoas de bem que estiveram ao meu redor ajudando-me direta ou indiretamente.

“Uma hora chega o fim da volta de um fim de ciclo.
A volta que foi desnecessária e injusta causada por
 vaidade e covardia, mas que, agora findada, torna-se
combustível para força interior.”

Arthur M. C. Lage

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus por tudo!

Agradeço aos meus pais que sempre me proporcionaram total apoio, principalmente nos últimos momentos mais difíceis, onde foram meu porto seguro. Muito obrigado, sem vocês eu não chegaria onde cheguei! Ao meu irmão, meu grande amigo, pelo companheirismo e amizade.

Agradeço à Lorena, grande amiga e parceira que sempre foi de grandíssima ajuda, sobretudo nas situações de derrotas, em que me auxiliou a levantar novamente e buscar novamente esse objetivo. Você foi meu outro porto seguro. Nunca esquecerei disso! Muito obrigado mesmo!

Queria agradecer também a todos meus amigos de Ouro Preto que direta ou indiretamente me apoiaram até aqui. Desses destaco: o Luiz Fernandes (Kvra), que sempre me amparou desde a instalação de softers ao aprendizado dos mesmos; o Luand Roberto por auxiliar na geologia e ensinamentos em softers; o Mariano que deu apoio na formatação; o Rouxi que ajudou nas formatações do pc; o Rogério e Samuel na descrição de laminas; a Neylli com seus conselhos e conversas; os meus irmãos mataburrenses que me acudiam na nossa grandiosa República Mataburro (Pet, Rouxinol, Gelapé, Carcaça e Mariano) e os que, mesmo de longe, me deram muita força com mensagens e ligações me passando muita força (Gaguin, Jisuis, Magnésio, Kovalainen, Ace e Zero 5). Valeu demais pessoal!

Não poderia esquecer de agradecer à toda minha família por sempre estar ao meu lado, especialmente aqueles que me deram força quando precisei. Exemplos bons disso são: uma rápida conversa com a tia Cassinha em um fim de noite na reconfortante Fazenda São Manoel; uma vacinação de gado com tio Rogério e tio Danilo; conversas de apoio e muita força da minha mãe a até carretos junto ao meu pai e meu irmão. Já citada, não deixaria de falar da Fazenda São Manoel onde sempre recarreguei as energias e obtive paz interior. Simples ações como essas sempre ajudaram a me reestabelecer. Muito obrigado a todos!

Agradeço a todos professores do Departamento de Geologia pelo suporte para chegar a esse ponto para que me torne um bom profissional na área. Desses, queria destacar: Marco Antônio, meu orientador, que não só me ajudou fortemente na confecção da monografia mostrando-me o que é orientar, como também nas burocracias departamentais e ensinamentos; Edson Tazava que foi essencial em conselhos e total suporte para enfrentar os problemas que passei por esse caminho; Edgar Medeiros que ajudou e me ensinou na revisão das lâminas; além de Chicarino, Chavieghato, Gandini, Max, Gláucia, Maria Paula, César Cachimbo, P.C., Bacana, Maria Sílvia, Caroline, Maria Eugênia, Angélica, Paulo de Tarso, Scudino...

Por fim, agradeço a todo esse espaço que reúne a UFOP, Escola de Minas, Departamento de Geologia e Fundação Gorceix, que queria chamar de lugar mágico, por ser uma reunião de entidades que proporcionam a um aluno um excelentíssimo e inacreditável nível de qualidade de ensino superior.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO	1
1.1 – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2 – OBJETIVOS	2
1.3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E ASPECTOS FISIGRÁFICOS	2
1.4 – MATERIAIS E MÉTODOS	3
CAPÍTULO II CONTEXTO GEOLÓGICO.....	5
2.1 - GEOLOGIA REGIONAL.....	5
2.2 - UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS RECONHECIDAS NA ÁREA EM ESTUDO	6
2.2.1 – Grupo Nova Lima	6
2.2.2 – Formação Moeda	8
2.2.3 – Formação Cauê	9
2.3 - SINTESE DA EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO	9
CAPÍTULO III GEOLOGIA LOCAL.....	11
3.2 - ARCABOUÇO ESTRUTURAL	11
3.3 – LITOTIPOS IDENTIFICADOS.....	13
3.3.1 Quartzitos da Formação Moeda: descrição dos principais litotipos.....	14
Quartzito Puro Branco (AM1a)	14
Quartzito Laminado Branco/Preto	15
Quartzito Avermelhado.....	15
3.4 – METAMORFISMO E DEFORMAÇÃO	16
CAPÍTULO IV ANÁLISE ESTRUTURAL	19
4.1 – APRESENTAÇÃO	19
4.2 – ANÁLISE ESTRUTURAL DA ÁREA MAPEADA	19
4.2.1 – Foliação S_1 e Lineação L_1	19
4.2.2 – Dobras F_2	22
4.2.3 – Sistema de veios.....	23
4.2.4 – Fraturas	23
4.3 - ANÁLISE CINEMÁTICA	26
4.4 - ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO	27
4.3.1 – O método Panozzo.....	27
4.3.2 - Metodologia.....	28
4.3.1 - Resultados.....	29
CAPÍTULO V DISCUSSÃO	35
CAPÍTULO VI CONCLUSÃO.....	39
CAPÍTULO VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXO I.....	44
ANEXO II	46
ANEXO III.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	3
Figura 2 - Situação geológica da área estudada: posição da Anticlinal de Mariana no Quadrilátero Ferrífero, que por sua vez se encontra nos limites do cráton São Francisco (modificada de Alkmim & Martins-Neto 2012).	5
Figura 3 - Coluna estratigráfica Quadrilátero Ferrífero. As unidades presentes na área de estudo estão assinaladas com uma estrela (modificado de Alkmim & Noce 2006 e Alkmim & Martins-Neto 2012).7	7
Figura 4 - Mapa geológico regional da área de pesquisa, demonstrando parte da Anticlinal de Mariana e suas adjacências (modificado de CODEMIG 2005).	8
Figura 5 - Mapa estrutural do entorno da Anticlinal de Mariana (Modificado de Ferreira Filho & Fonseca 2001).	12
Figura 6 - Mapa geológico da área estudada.	14
Figura 7 - Fotografia característica do quartzito esbranquiçado em amostra de mão (A) e respectiva fotomicrografia (B).	15
Figura 8 - Amostra de mão (A) e lamina delgada (B) do quartzito laminado branco. O que vale a pena destacar na fotomicrografia.	15
Figura 9 - Amostra de mão do quartzito avermelhado.	16
Figura 10 - Mapa estrutural da área estudada dividido em setores estruturais.	20
Figura 11 – Projeção estereográfica da xistosidade S_1 (A) e projeção estereográfica da lineação L_1 (B).	21
Figura 12 – Aspecto marcante da xistosidade S_1 (A); contatos poligonais dos grãos de quartzo (B); bandamento composicional com nicóis paralelos (C) e cruzados (D); disposição curvilinear da xistosidade com nicóis paralelos (E) e cruzados (F); e sigmoides de agregados de quartzos e cianitas com nicóis paralelos (G) e cruzados (H).	21
Figura 13 - Mesodobra suave com visada para S.	22
Figura 14 - Veio de quartzo concordante (A), vertical (B) e oblíquo (C) à foliação S_1 e em zona de charneira (D).	24
Figura 15 - Família de fraturas principal.	25
Figura 16 - Projeção estereográfica da orientação da principal família de fraturas.	26
Figura 17 - Diagrama estereográfico com obliquidade plotada entre a lineação L_1 e a xistosidade S_1 . 27	27
Figura 18 - Imagens do desenvolvimento do método Panozzo através da plataforma do programa Fabric 8.	28
Figura 19 - Disposição dos pontos das amostras utilizadas na análise deformacional em mapa.	29
Figura 20 - Resultado do método Panozzo gerado pelo programa Fabric 8 da foto-seção Am1a1_3, uma menor com menor teor em filossilicatos em corte XZ.	30

Figura 21- Resultado do método Panozzo gerado pelo programa Fabric 8 da foto-seção Am1a1_2, uma banda com maior teor em filossilicatos em corte XZ.....	31
Figura 22- Resultado do método Panozzo gerado pelo programa Fabric 8 da foto-seção Am1a2_1, uma banda com menor teor em filossilicatos em corte ZY.....	32
Figura 23 - Resultado do método Panozzo gerado pelo programa Fabric 8 da foto-seção Am1a2_2, uma banda com maior teor em filossilicatos em corte ZY.....	33
Figura 24 - Valores de elipticidade R em zonas com menor teor em filossilicatos em cortes XZ e ZY.	36
Figura 25 - Valores de elipticidade R em zonas com maior teor em filossilicatos em cortes XZ e ZY.	37
Figura 26 - Estados de referência de deformação (Fossen 2010).	38

ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1 - Tabela temporal da ocorrência dos minerais em relação à deformação F_1	17
Tabela 2 - Quadro temporal dos veios de quartzo em relação a primeira deformação.....	23
Tabela 3 - Valores de Elipticidade (R) e Theta (θ) das foto-seções.	29

Resumo

A Anticlinal de Mariana é uma megaestrutura característica do Quadrilátero Ferrífero, localizada em sua borda sudeste. O presente estudo teve o intuito de cartografar e analisar estruturalmente um setor do flanco sul dessa estrutura antiformal, setor este localizado na região de Passagem de Mariana. A estratigrafia local consiste, na base, em xistos do Grupo Nova Lima, seguidos pelas Formações Moeda e Cauê. A Formação Batatal está ausente. A Formação Moeda, principal alvo do presente estudo é construída por termos mais puros, ou seja, quartzitos de granulação fina a média, a termos com maior conteúdo em mica branca, ou seja, sericita filitos. A partir de mapeamento geológico de detalhe e análise estrutural mesoscópica e microscópica, foi possível dividir a área em estudo em dois domínios estruturais, separados entre si pelo posicionamento espacial da foliação regional mais conspícua, que é afetada por megadobras abertas normais. A cinemática da principal fase deformacional (F_1) é representada por movimentos reversos com topo para NW. Este evento gera uma trama planar (foliação), na forma de uma xistosidade (S_1) e por uma lineação mineral associada (L_1). Por meio da análise estrutural quantitativa, através da utilização do método Panozzo em quartzitos, verificou-se que deformação por achatamento é a predominante no local. Na verdade, as razões calculadas significam razões finais, posto que mais de um processo deformacional se sucedeu no tempo.

Palavras-chave: geologia estrutural, Anticlinal de Mariana, Formação Moeda, quartzito, método Panozzo.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero (QF) em Minas Gerais, diversas estruturas regionais em mesoescala se articulam. Dentre estas, destaca-se a Anticlinal de Mariana, uma das grandes estruturas tipo domo, conspícuas no arcabouço no arcabouço tectônico regional. Na região de Passagem de Mariana e no contexto desta articulação e ainda postadas na extremidade sudeste do flanco sul desta anticlinal, ocorrem dois importantes tipos de mineralização. A primeira, aurífera, na Mina da Passagem (Fleischer & Routhier, 1973; Duarte, 1991; Oliveira 1998) e também os quartzitos ornamentais, estes relacionados à Formação Moeda, do Grupo Caraça, Supergrupo Minas. Atualmente explorados em pedreiras pela Mineração MSM Mariana Soapstone Mining Mineração e Comércio, tais rochas, na forma de materiais de revestimento (*dimension stones*) possuem alto valor agregado e preços elevados seja no mercado nacional e mesmo internacional. Estas rochas possuem em geral composição dominante por quartzo com alto grau de recristalização, textura granoblástica, podendo assim apresentar propriedades típicas dos chamados granitos comerciais (Costa et al, 2.000).

É notável a diferença da trama apresentada sobretudo pelos quartzitos inseridos na Formação Moeda. A trama deste sítio é caracterizada por rochas metapsamíticas e foliação marcante que garante a tipicidade específica como material de revestimento de alta qualidade e de valor agregado. Esta difere sobremaneira daquela que ocorre em litotipos da mesma unidade presentes em outras grandes estruturas do QF, por exemplo, nos sinclinais Gandarela, Ouro Fino e Moeda. Essa diferenciação, por si só, já demandaria a necessidade de estudos mais detalhados do ponto de vista petrológico e estrutural desses materiais.

Não obstante a observação acima e também a importância destas rochas sob ponto de vista econômico, poucos estudos têm sido realizados com o objetivo de melhor caracterizar os litotipos da formação Moeda quanto ao seu contexto estrutural e, muito menos, quanto à quantificação de sua deformação. Vale destacar, no entanto, alguns trabalhos que, ao caracterizar tais materiais do ponto de vista composicional, apontaram para o uso do rejeito dos mesmos para fins de mitigação de impactos ambientais (e. g. Lima et al 2007) e ainda alguns estudos mais recentemente realizados, de caráter mineralógico acerca da natureza dos termos psamíticos da Formação Moeda, que ocorrem neste contexto. (Barbosa, 2017). Porém este último estudo, de natureza eminentemente cristalográfica, e buscando explicar a flexibilidade dos quartzitos, se restringiu a uma análise comparativa entre os termos foliados flexíveis e não flexíveis da Formação Moeda, fenômeno já bastante conhecido mais ainda, de certa forma, pouco entendido. Os autores mostraram enfim que a flexibilidade se relaciona, dentre outros fatores, da maior presença de muscovita e de uma maior intensidade da deformação, com geração em maior grau, de geminação *Dauphine*

1.2 – OBJETIVOS

Face à importância econômica dos quartzitos da Formação Moeda na área em estudo, o presente trabalho teve como objetivo efetuar a caracterização petrográfica e petro-estrutural da mesma. Além disso, já que esses litotipos apresentam uma diferenciação de sua trama e são pouco entendidos do ponto de vista estrutural, é proposta a realização de um estudo focando aspectos geométricos e cinemáticos do processo deformacional superimposto. O presente trabalho objetivou, ainda, descrever a deformação sob o ponto de vista quantitativo, com o intuito de se conhecer melhor o processo predominante na geração da feição mais notável apresentada por tais rochas, qual seja, sua foliação, que é o elemento fundamental para a valoração econômica da rocha. Para tanto, foi empregado o método de quantificação da deformação segundo Panozzo (1984), que se utilizou da avaliação da deformação dos grãos de quartzo.

1.3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E ASPECTOS FISIGRÁFICOS

A área investigada está localizada na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, entre as cidades de Ouro Preto e Mariana, imediatamente a norte-noroeste da localidade de Passagem de Mariana. É delimitada pelas coordenadas geográficas $20^{\circ}22'47,74''S$ e $20^{\circ}23'20,8''S$ de latitude e $43^{\circ}26'41,41''W$ e $43^{\circ}27'43,16''W$ de longitude (Figura 1).

O acesso preferencial é feito, a partir de Belo Horizonte, pela BR-040 sentido Rio de Janeiro por aproximadamente 30 km. Em seguida toma-se a BR-356, Rodovia dos Inconfidentes, sentido Ouro Preto, por cerca de 70 km. A partir do centro de Ouro Preto se em direção à Passagem de Mariana, até o entroncamento com a rua A. Ao final desta rua toma-se uma estrada de terra até a mina MSM Mariana *Soapstone Mining* Mineração e Comércio.

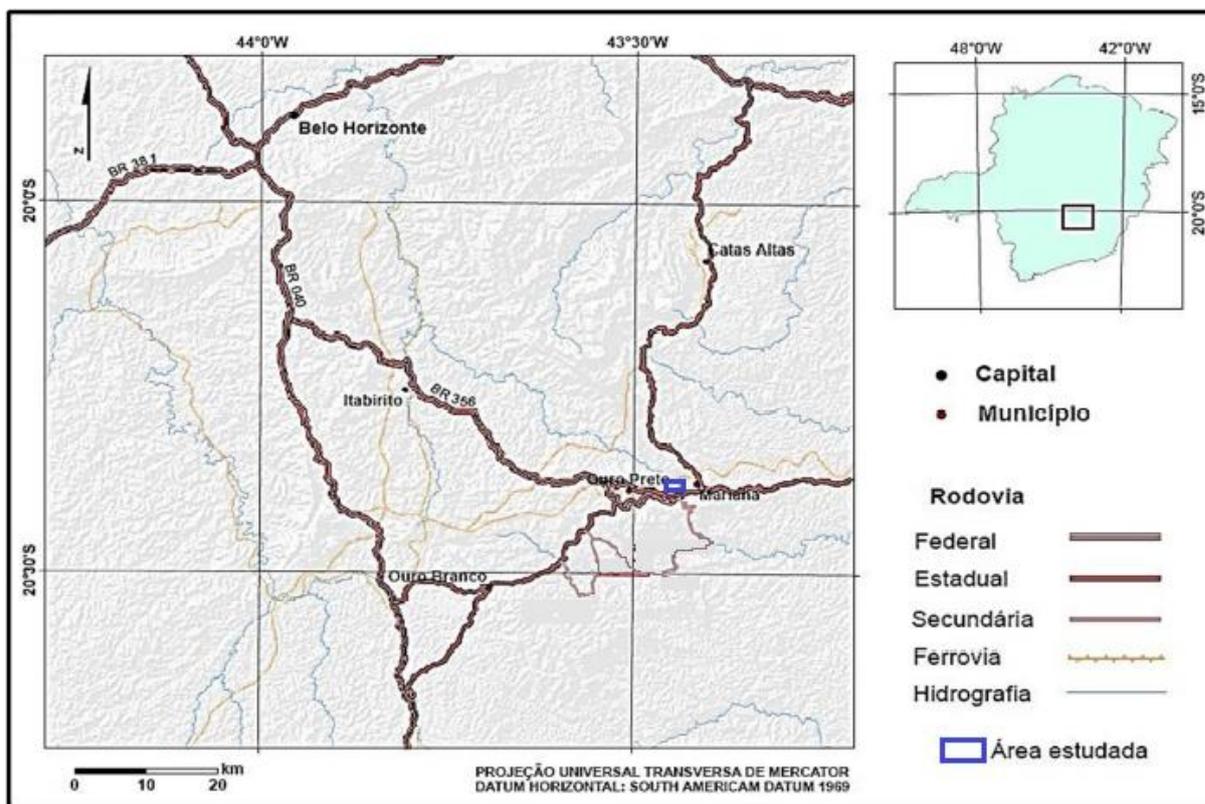


Figura 1 – Localização da área de estudo (modificado de Campos 2015).

1.4 – MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi dividido em três etapas consecutivas, que em grande parte ocorreram de forma concomitante. A primeira etapa contemplou a realização de pesquisa bibliográfica com vistas ao levantamento do estado da arte sobre o tema. Na segunda etapa foram realizados os levantamentos de campo e trabalhos de laboratório. A terceira etapa consistiu na interpretação, integração dos dados e elaboração da presente monografia.

Primeira etapa

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica de trabalhos que versam sobre a geologia do segmento sudeste do Quadrilátero Ferrífero (interessando sobretudo a temática em estudo). Além disso, foi levantada a literatura específica acerca dos quartzitos da Formação Moeda, especialmente com foco em seu uso ornamental. Ainda nessa etapa foi elaborada uma base cartográfica, com o auxílio do programa ArcGis 9.3, a partir de imagens com alta resolução espacial do Google Earth Pro e dos dados SRTM adquiridos no site da Embrapa. Com as bases topográficas geradas e imagens ajustadas, ficou assim confeccionado o mapa base para o trabalho de campo.

Segunda etapa

Primeiramente, foi efetuado um reconhecimento da área. Nesta etapa foram reconhecidas e discriminadas as principais estruturas a serem cartografadas bem como também foi definido o método de levantamento a ser empregado. Após avaliação optou-se pelo método de mapeamento por estações (Station Mapping, Marshak e Mitra, 1988), segundo uma malha retangular com estações nas direções leste-oeste e norte-sul.

Em sequência, iniciou-se o mapeamento propriamente dito das estações, com as técnicas adequadas e auxílio dos instrumentos de campo. Os trajetos foram determinados através da observação do mapa base. Todas as estruturas geológicas observadas foram descritas quanto à sua geometria, trama e dimensão, além de aferidas as devidas atitudes com bússola de geólogo. Fotografias foram tomadas para complementação das informações obtidas. Foram ainda coletadas amostras orientadas e não orientadas para futura confecção de lâminas delgadas.

Terceira etapa

Essa fase contemplou os trabalhos de laboratório e de integração e interpretação dos resultados obtidos.

As amostras coletadas foram levadas ao Laboratório de Laminação para confecção das lâminas. Em seguida elas foram descritas ao microscópio, com ênfase nos aspectos microestruturais. Fotografias de seções delgadas de amostras orientadas foram realizadas para servirem de base para análise deformacional 2D e 3D, através do método Panozzo (Panozzo 1984). Essa análise foi conduzida no Laboratório de Geologia Estrutural & Tectônica (LabGET), utilizando o programa Fabric 8. Posteriormente os dados foram trabalhados no Microsoft Excel.

As atitudes coletadas em campo foram tratadas no programa Georient para obtenção de diagramas e análise estrutural. O programa ArcGIS 9.3 auxiliou na elaboração de mapas e perfis enquanto o CorelDraw X6, na melhoria de detalhes e da imagem desses componentes assim como na preparação de figuras ilustrativas dos capítulos iniciais.

A partir da integração de dados de campo e laboratoriais, foram então analisados, e interpretados os resultados obtidos à luz do contexto estrutural para a região de estudo. Concomitante foi sendo redigida a presente da monografia até sua conclusão.

CAPÍTULO II

CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1 - GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo está localizada no Quadrilátero Ferrífero que se dispõe junto à margem sudoeste do cráton São Francisco (Figura 2). O Quadrilátero Ferrífero integra, do ponto de vista tectônico, o embasamento do Cráton São Francisco e compõe-se por grandes unidades litoestratigráficas, a saber (listados da base para o topo): de idade arqueana, os complexos metamórficos e o Supergrupo Rio das Velhas, este composto por sequências vulcanossedimentares, o Supergrupo Minas, constituído de rochas metassedimentares paleoproterozóicas, além dos grupos Sabará e Itacolomi, mais jovens, porém ainda de idade Paleoproterozóica, e, intrusivas ígneas neoproterozóicas (Figura 3).

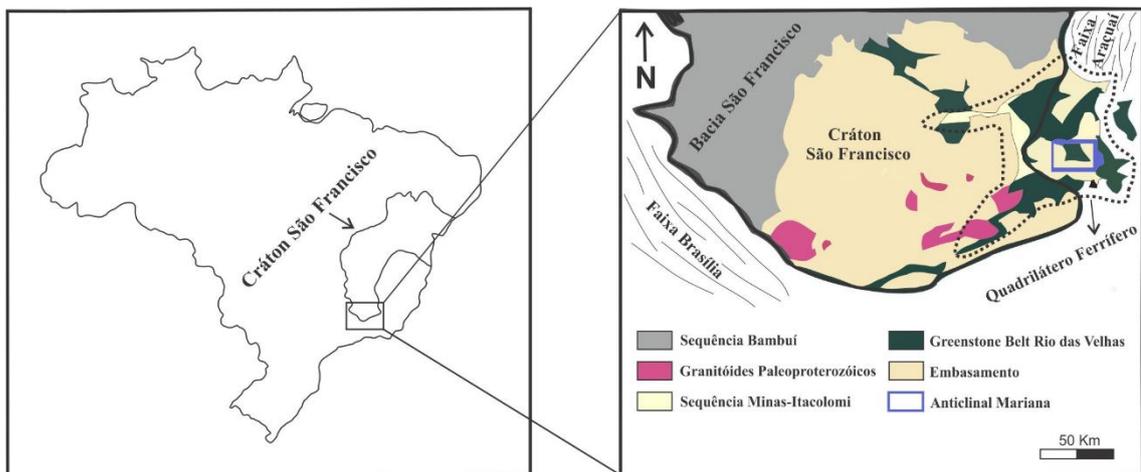


Figura 2 - Situação geológica da área estudada: posição da Anticlinal de Mariana no Quadrilátero Ferrífero, que por sua vez se encontra nos limites do cráton São Francisco (modificada de Alkmim & Martins-Neto 2012).

Os complexos metamórficos compreendem propriamente o substrato cratônico. Compreendem um conjunto de terrenos TTG de médio a alto grau metamórfico intrudidos por granitoides sin a pós-tectônicos. (Teixeira *et al.* 2000). Estes complexos podem ser discriminados por sua posição geográfica. Exceto o complexo do Bação, de posição central, os demais, com denominações locais (Congonhas, Santa Barbara, Caeté, Belo Horizonte, etc) são periféricos.

O Supergrupo Rio das Velhas aflora geralmente em núcleos anticlinais. Suas rochas foram submetidas a metamorfismo de fácies xisto verde e metassomatismo (Dorr 1969). Compreende três grupos: Quebra Osso, Nova Lima e Maquiné. Na base, ocorrem metakomatíftos e metaperidotitos, seguindo-se derrames basálticos em fundo oceânico, interpretado como uma sucessão vulcanossedimentar *greenstone belt* de idade aproximada de 2,76 Ga (Machado *et al.* 1996; Hartmann *et al.* 2006). Todo o conjunto pode ser subdividido em associações de litofácies geneticamente

relacionadas (Zucchetti *et al.* 2000). A unidade de topo (Grupo Maquiné) possui natureza terrígena, sendo que seu ambiente deposicional deu inicialmente em um sistema litorâneo ou marinho raso que migrou para um ambiente fluvial com rios entrelaçados. Este sistema fluvial apresenta depósitos com feições de fluxo gravitacionais em determinadas porções representadas por metaconglomerados suportados por clastos (Angeli, 2015).

O Supergrupo Minas representa um espesso pacote de rochas metassedimentares clásticas e químicas, depositadas no contexto de um ciclo de Wilson completo. Quatro grupos integram a sequência, desde a fase *rift* (Grupo Caraça), margem passiva, marinho (Grupo Piracicaba) e antepaís (Grupo Sabará) durante o Paleoproterozóico e cujo pacote pode atingir 8000 metros. Todo o conjunto foi depositado em discordância angular sobre o embasamento Arqueano (Alkmim & Noce 2006, Alkmim & Martins-Neto 2012). Segundo Machado *et al.* (1992, 1996), as idades máximas de sedimentação para o Supergrupo Minas são de 2.580 Ma (Grupo Caraça) ao passo que as idades mais jovens se situam em 2.125 Ma (Machado et al, 1992) para o Grupo Sabará.

2.2 - UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS RECONHECIDAS NA ÁREA EM ESTUDO

Três unidades litoestratigráficas podem ser reconhecidas na área em estudo (Figura 4)

2.2.1 – Grupo Nova Lima

Segundo Zucchetti *et al.* (2000), o Grupo Nova Lima pode ser subdividido da base para o topo da seguinte forma: Associação Vulcânica Máfica-ultramáfica; Vulcânica, Clástica e Química Sedimentar; Vulcanoclástica; e a Ressedimentada.

A Associação Vulcânica Máfica-ultramáfica compõe-se de komatiítos e *pillow* lavas toleíticas com intrusões de gabros, peridotitos e anortositos, além de formação ferrífera bandada (BIF), *chert* ferruginoso, tufos máficos, rochas vulcanoclásticas félsicas e xistos carbonáceos intercalados. A Associação Vulcânica, Clástica e Química Sedimentar é subdividida em Vulcano-Química e Clástica-Química, em que o primeiro grupo engloba os basaltos komatiíticos e toleíticos intercalados com espessa BIF, *chert* ferruginoso e filito carbonáceo. Já o segundo grupo é característico pela granulação fina com seus filitos carbonáceos associados com BIF e *metachert* ferruginoso. Na sequência progressiva aparece a Associação Vulcanoclástica abrangendo rochas félsicas e máficas. Ocorrem também brechas monomíticas e polimíticas além de conglomerados. Por fim, a Associação Ressedimentada é formada por turbiditos depositados sobre esse ambiente marinho, que consiste na sucessão de ciclos de grauvas e argilito-grauvas. Em algumas regiões ricas em carbonato, aparecem rochas calci-silicáticas e conglomerados polimíticos (Zucchetti *et al.* 2000).

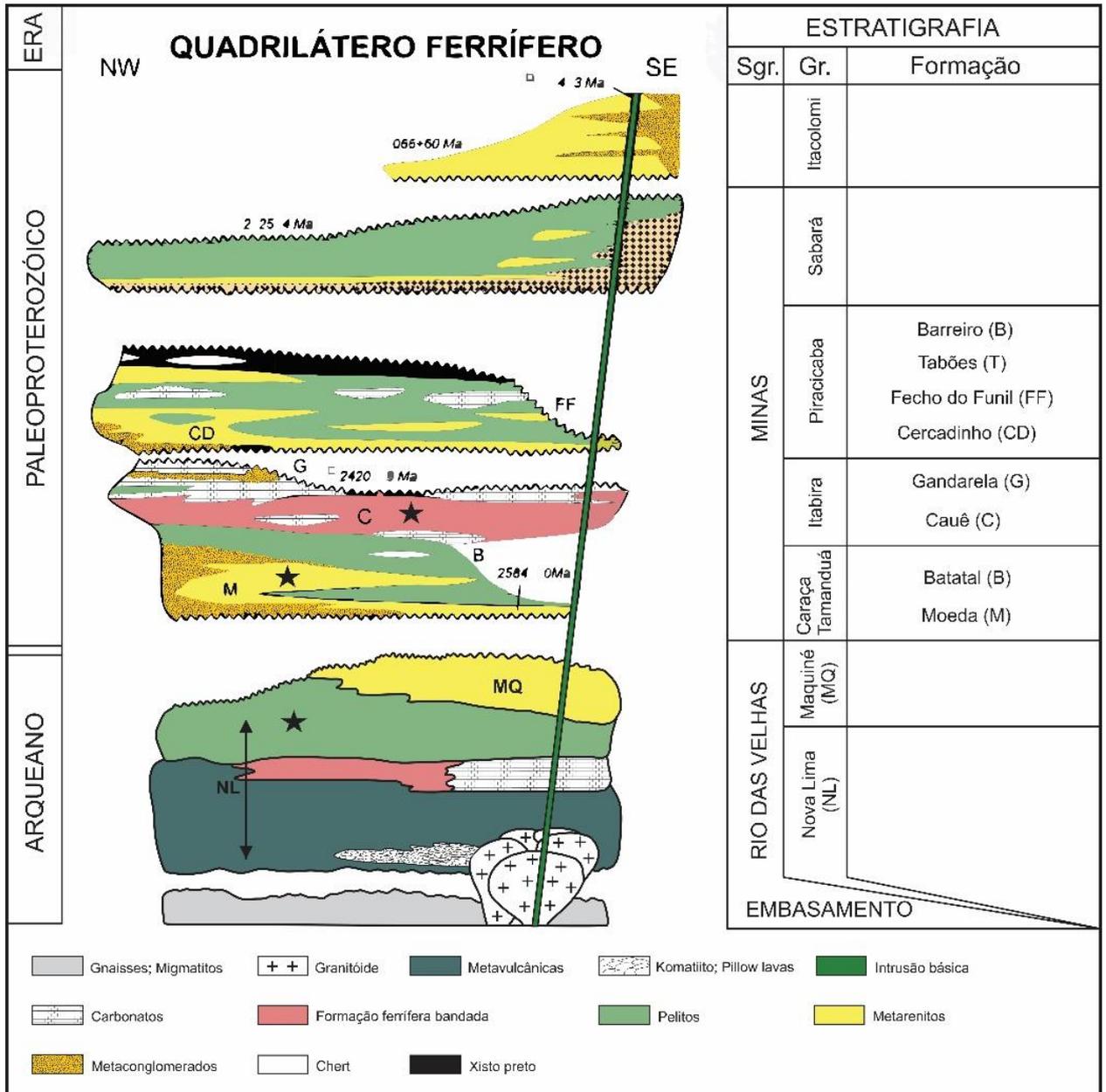


Figura 3 - Coluna estratigráfica Quadrilátero Ferrífero. As unidades presentes na área de estudo estão assinaladas com uma estrela (modificado de Alkmim & Noce 2006 e Alkmim & Martins-Neto 2012).

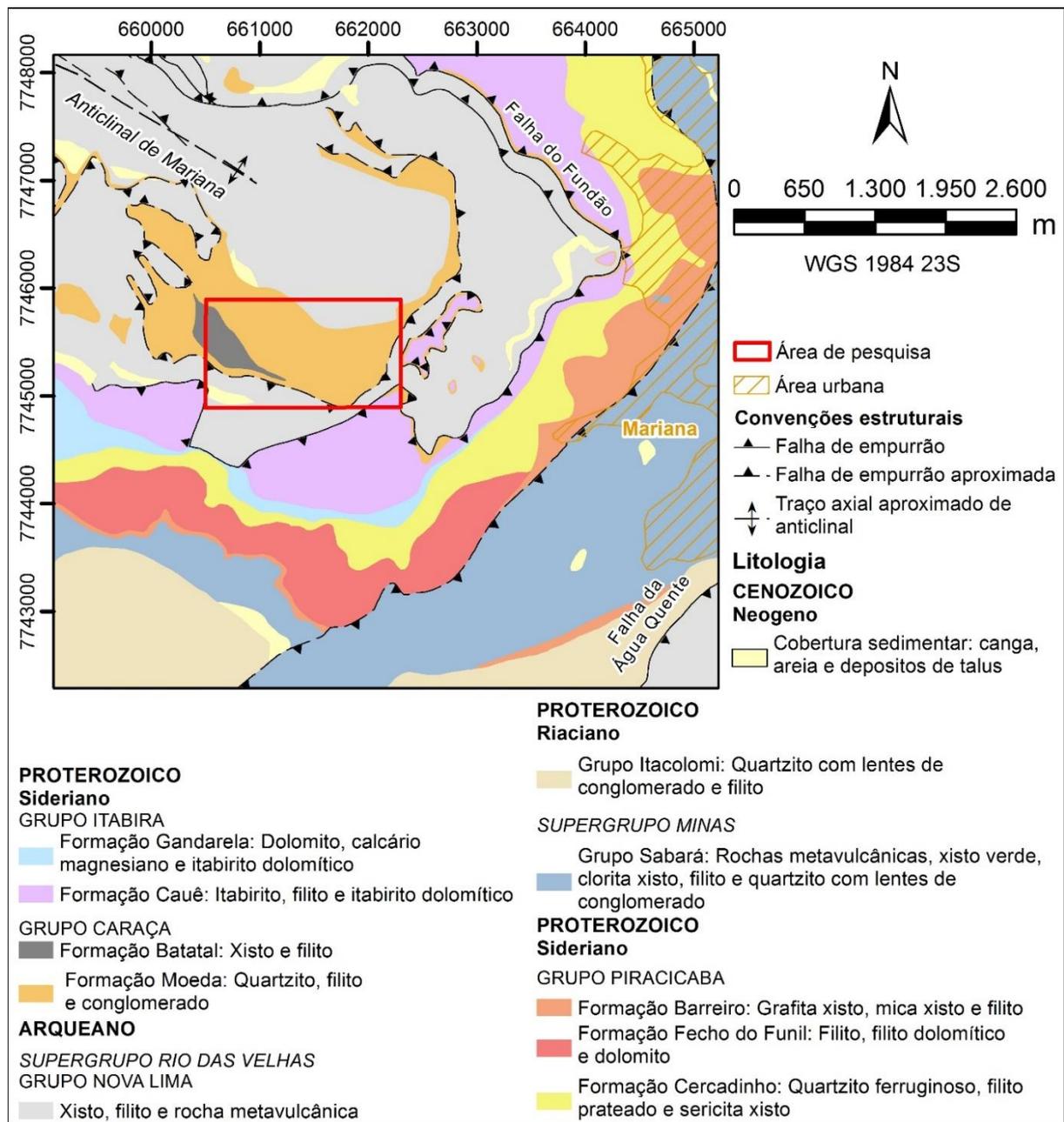


Figura 4 - Mapa geológico regional da área de pesquisa, demonstrando parte da Anticlinal de Mariana e suas adjacências (modificado de CODEMIG 2005).

2.2.2 – Formação Moeda

A Formação Moeda (Wallace, 1958) é composta por metaconglomerados, metarenitos e metapelitos subordinados.

Dorr (1969) descreveu a Formação Moeda dividindo-a em duas fácies quartzosas: de granulação grossa e de granulação fina. Em ambas, os quartzitos contêm grande quantidade de sericita e muscovita. Tanto os quartzitos como os metarenitos apresentam textura *microaugen*, grande parte dos seus grãos são bem angulares e frequentemente contêm óxidos de ferro. A fácies de granulação grossa é composta de metaconglomerados, quartzitos e filitos. Os conglomerados são as rochas características dessa fácies,

apesar dos quartzitos serem mais abundantes. Os metaconglomerados eventualmente apresentam fragmentos angulares de filitos do Grupo Nova Lima, bem como seixos a matacões bem arredondados de veios de quartzo e de quartzitos. Os filitos dessa fácies são sericíticos levemente quartzosos e ocorrem em camadas de dimensões variadas. Sua porção mais espessa pode atingir 100 metros na Serra da Moeda e Serra do Itabirito.

A fácies de granulação fina raramente apresenta metaconglomerados. Os quartzitos têm granulação mais fina e uniforme, além de possuírem quantidades mais elevadas de mica branca.

2.2.3 – Formação Cauê

Segundo Lana et al. (2013), a Formação Cauê representa a base do Grupo Itabira, produto de sedimentação química fruto de uma transgressão marinha e resultado do desenvolvimento completo da subsidência termal de margem continental, o que origina um pacote de 400 metros de espessura compostos por formação ferrífera bandada e carbonatos (Dorr 1969, Alkmim & Martins-Neto 2006).

A Formação Cauê apresenta algo em torno de 200 metros de um pacote de formação ferrífera bandada (BIF) tipo Lago Superior (Dorr, 1969; Alkmim & Noce 2006). Sua idade de deposição é estimada em 2612 Ma (Machado *et al.* 1996, Hartmann *et al.* 2006). É composta principalmente de itabirito, itabirito dolomítico, itabirito anfíbolítico, além de apresentar em menor expressão, lentes de filito e mármore dolomítico (Dorr 1969).

2.3 - SÍNTESE DA EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

A evolução geológica do Quadrilátero Ferrífero foi bem sintetizada por Alkmim & Marshak (1998), que revisaram e atualizaram o modelo tectônico inicialmente proposto por Marshak & Alkmim (1989) integrando também conceitos anteriormente apresentados em Dorr (1969).

A deposição da sequência Rio das Velhas remonta à uma bacia convergente em 2,8–2,7 Ga, com posterior intrusões plutônicas em 2,7–2,6 Ga. A abertura da bacia *rift* com implementação da margem continental ocorre por volta 2,6–2,4 Ga tendo a mesma se configurado como sítio deposicional para os sedimentos dos grupos Caraça, Itabira e Piracicaba do Supergrupo Minas.

Em 2,1 Ga, instala-se um sistema de cinturões de dobras e falhas de cavalgamento (*fold-thrust belt*) em antepaís, com vergência para noroeste, promovendo a deformação de zonas de cisalhamento e dobras regionais, além de dobras parasíticas, mas sem uma foliação marcante. Durante tal evento é implantada a bacia tipo *flysch* representada pelo Grupo Sabará.

Há 2,095 Ga, o Orógeno Transamazônico se sujeita a um processo de deformação extensional regional. Ocorre o *uplift* do embasamento em domos em que as rochas supracrustais colapsavam em

suas calhas, formando a estruturação *dome-and-keel*. Nas bacias estreitas que se formavam, foi depositado o Grupo Itacolomi.

O rifteamento do evento Espinhaço, em 1,75 Ga, causou a geração de intrusões de diques de diabásio. Posteriormente, entre 1,0 a 0,9 Ga, o orógeno Espinhaço formava bacia oceânica a leste do Cráton São Francisco.

Por fim, entre 0,7 a 0,45 Ga, ocorreu o evento Brasileiro, responsável pela aglutinação do supercontinente Gondwana. Dobras e falhas de empurrão com vergência para oeste além de falhas *strike-slip* e zonas de cisalhamento vergentes para oeste se configuram como as principais estruturas geradas naquela altura.

CAPÍTULO III

GEOLOGIA LOCAL

3.1 – TRABALHOS ANTERIORES

As primeiras referências à existência de uma estrutura dobrada na região de Mariana e ouro Preto reportam a Von Freyberg (1932) que indicou uma situação de anticlinal erodida.

Porém somente mais tarde, em 1938, F. Lacourt melhor caracterizou o que chamou de “domo de São Bartolomeu-Mendes, como uma estrutura anticlinal cujo eixo teria direção aproximada N55°W e caimento de 10° para S20°E.

O estudo atual mais detalhado sobre a Anticlinal de Mariana é apresentado por Nalini Jr. (1993). Os demais trabalhos na região foram regionais, envolvendo o mapeamento do Quadrilátero Ferrífero.

Entre 1952 e 1969, o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) firmou um convênio com o DNPM, Departamento Nacional da Produção Mineral, para mapear o Quadrilátero Ferrífero em escala de 1:25000.

Dorr (1969) reuniu as 40 quadrículas desse convênio e gerou um mapa geológico em escala de 1:150000. Ele afirma que na zona axial do Anticlinal Mariana, no contato entre os supergrupos Minas e Rio das Velhas, as rochas estão no contexto de “*thrust fault*”. A Anticlinal Mariana seria a extensão mais austral do “*uplift*” do Supergrupo Rio das Velhas. Uma estrutura pós-Itacolomi, mas, em parte, também influenciada pelas rochas graníticas pré-Minas do Complexo Bação.

Marshak & Alkmim (1989) trataram a Anticlinal de Mariana como uma dobra *drape fold* gerada por cima de um falhamento tipo *blind thrust*. Uma fase compressional com deformação em *fold thrust belt* com vergência para oeste teria originado essas estruturas.

Nalini Jr. (1993) apresenta dois eventos tectônicos, sendo um extensional e compressional representado por três fases deformacionais, ocasionando na geometria das estruturas. Ele descreve que a estrutura em antiforame da Anticlinal de Mariana é consequência do *uplift* dos blocos do embasamento no momento do evento extensional, que também condicionou os falhamentos e estruturas associadas futuras do evento compressional.

Recentemente houve alguns trabalhos da disciplina Geologia de Campo ministrada pelo Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. No entanto, abrangiam conteúdo de cunho mais litoestratigráfico, com pouco detalhamento estrutural.

3.2 - ARCABOUÇO ESTRUTURAL

Nalini Jr. (1993) realizou uma análise descritiva e cinemática das estruturas tectônicas presentes na região da Anticlinal de Mariana e adjacências o que sintetizou bem o arcabouço estrutural.

Essa megaestrutura apresenta, a partir de fotografias aéreas e imagens de satélite, lineamentos bem formados e contínuos que a caracterizam como forma destacante em mapa. Com base na análise mais detalhada na Anticlinal Mariana, foi possível verificar três principais direções que eles se encontram: N40°-70°W, N30°-70°E e EW (Figura 5).

Ainda em escala megascópica, é identificado falhas de empurrão, falhas normais e falhas direcionais. As falhas de empurrão se ocorrem em toda região juntamente com zonas de cisalhamento dúcteis. Duas delas se destacam como falhas mestras: Falha do Fundão e Falha da Água Quente (Figura 5). As falhas normais são identificadas indiretamente através de falhamentos de empurrão com superposição de unidades mais novas por unidades mais velhas e, eventualmente, por ausência de unidades intermediárias na sequência estratigráfica.

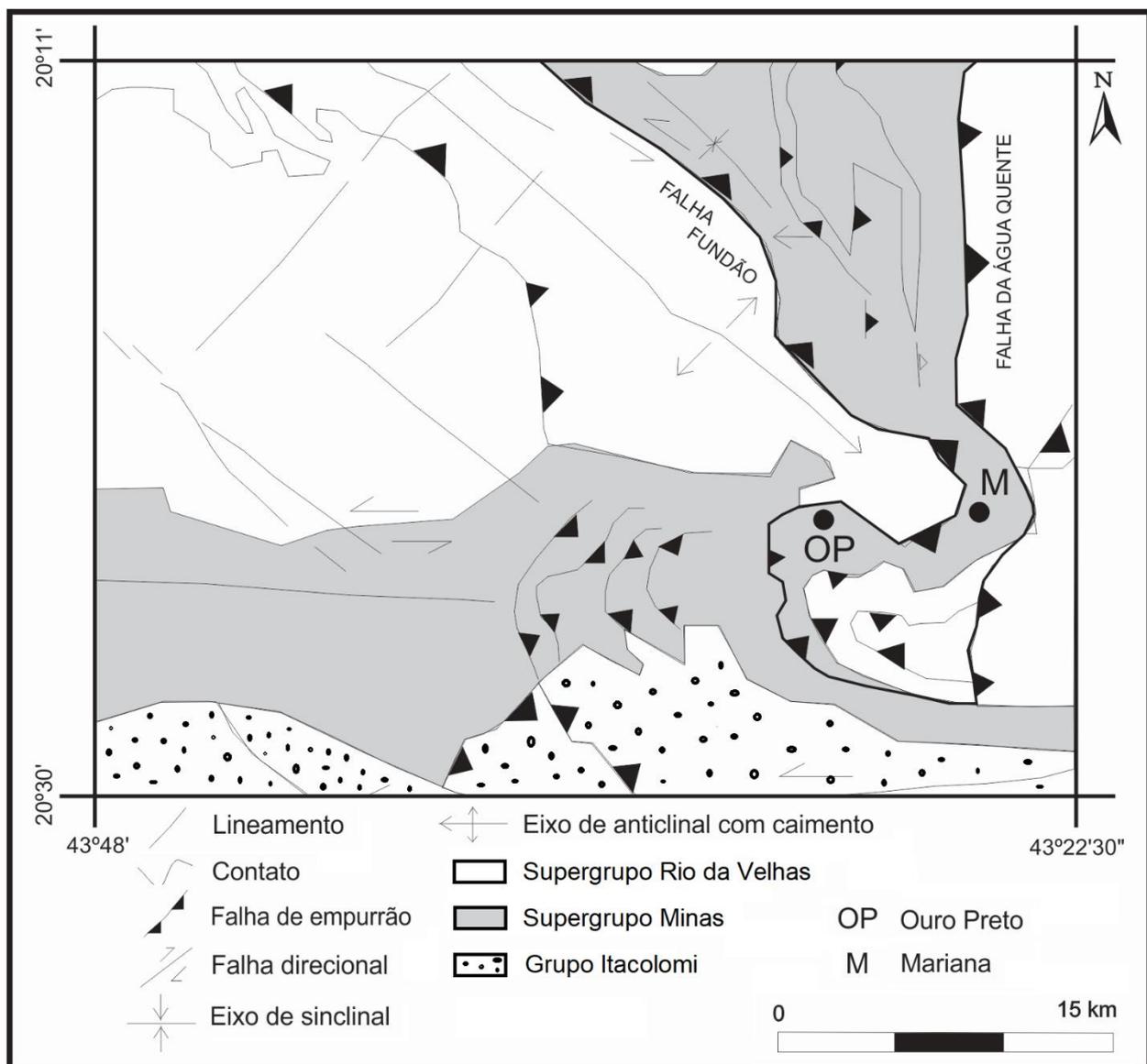


Figura 5 - Mapa estrutural do entorno da Anticlinal de Mariana (Modificado de Ferreira Filho & Fonseca 2001).

Depois de uma análise detalhada microscópica a megascópica, Nalini Jr. (1993) observou dois eventos tectônicos sendo um extensional e um compressional.

Inicialmente aconteceu um evento extensional que fez com que o embasamento soerguesse causando o arqueamento das sequencias supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas e Minas, formando as estruturas regionais como a Anticlinal de Mariana e Sinclinal Don Bosco. Como resultado disso identificou-se: uma foliação paralela ao acamamento; dobras mesoscópicas a megascópicas, parasíticas dos grandes antiformes e sinformes, com eixos EW a NW-SE; e fraturas de tração preenchidas por veios métricos a decamétricos de direção NS.

O evento compressional posterior possui transporte tectônico para oeste e se divide em três fases de deformação.

A primeira fase foi gerada por dobramentos e rampas de cavalgamentos, produzindo estruturas como: foliação principal paralela ao bandamento composicional; foliação milonítica desenvolvida em zona de cisalhamento, com disposição plano-paralela e anastomosada; lineação de estiramento mineral que se posiciona na superfície de ambas as foliações, com atitude média de 117/09; e falhas de empurrão.

A segunda fase corresponde a uma deformação menos intensa composta por: clivagem de crenulação espaçada na direção EW subvertical; lineação de interseção formada pela foliação principal ou pela foliação milonítica com a clivagem espaçada, com atitude média de 105/12; dobras abertas ortorrômbricas com amplitude de centímetros até quatro metros, com eixo EW sub-horizontal; e falhas de rejeito direcionais aproximadamente EW.

A terceira e última fase de deformação do evento compressional, segundo Nalini Jr. (1993), é caracterizada por: dobras abertas monoclinicas ou ortorrômbricas de escala microscópica a megascópica, com eixo de caimento de 15° a 25° para S e vergência para E; clivagem de crenulação que é plano axial dessas últimas dobras, com atitude de aproximadamente NS com mergulho acima de 70° para W; lineação de crenulação relacionada a essa clivagem de crenulação com orientação preferencial nas zonas de charneiras desses últimos microdobramentos.

3.3 – LITOTIPOS IDENTIFICADOS

A área estudada (Figura 6) corresponde a um quadrilátero com aproximadamente 1,8 km² ocupado principalmente pela unidade foco do presente estudo: os quartzitos da Formação Moeda. Apresentam espessura variável, mas mínima de 40m na área. Ao norte se superpõem aos xistos do Grupo Nova Lima e ao sul são superpostas pelos itabiritos da Formação Cauê. A Formação Batatal não se apresenta na posição esperada. Neste último contato, ambas as litologias se apresentam bastante intemperizadas e por conta disso, os contatos entre as unidades não puderam ser precisamente cartografados. Na parte sul, os afloramentos são mais preservados, posto que se encontravam dispostos em bancadas e taludes de lavra enquanto que os outros eram mais friáveis dificultando a locação e descrição de pontos.

As exposições da Formação Moeda mostram que a mesma é predominantemente constituída por quartzitos puros, homogêneos bastante semelhantes entre si do ponto de vista de suas características

composicionais, texturais e estruturais, diferenciando-se entre si basicamente por suas cores e ligeira variação composicional. Ainda integrando a Formação Moeda, ocorrem quartzitos mais ou menos sericíticos bem como sericita filitos que, quando intercalados aos quartzitos, marcam de forma mais precisa, o acamamento sedimentar.

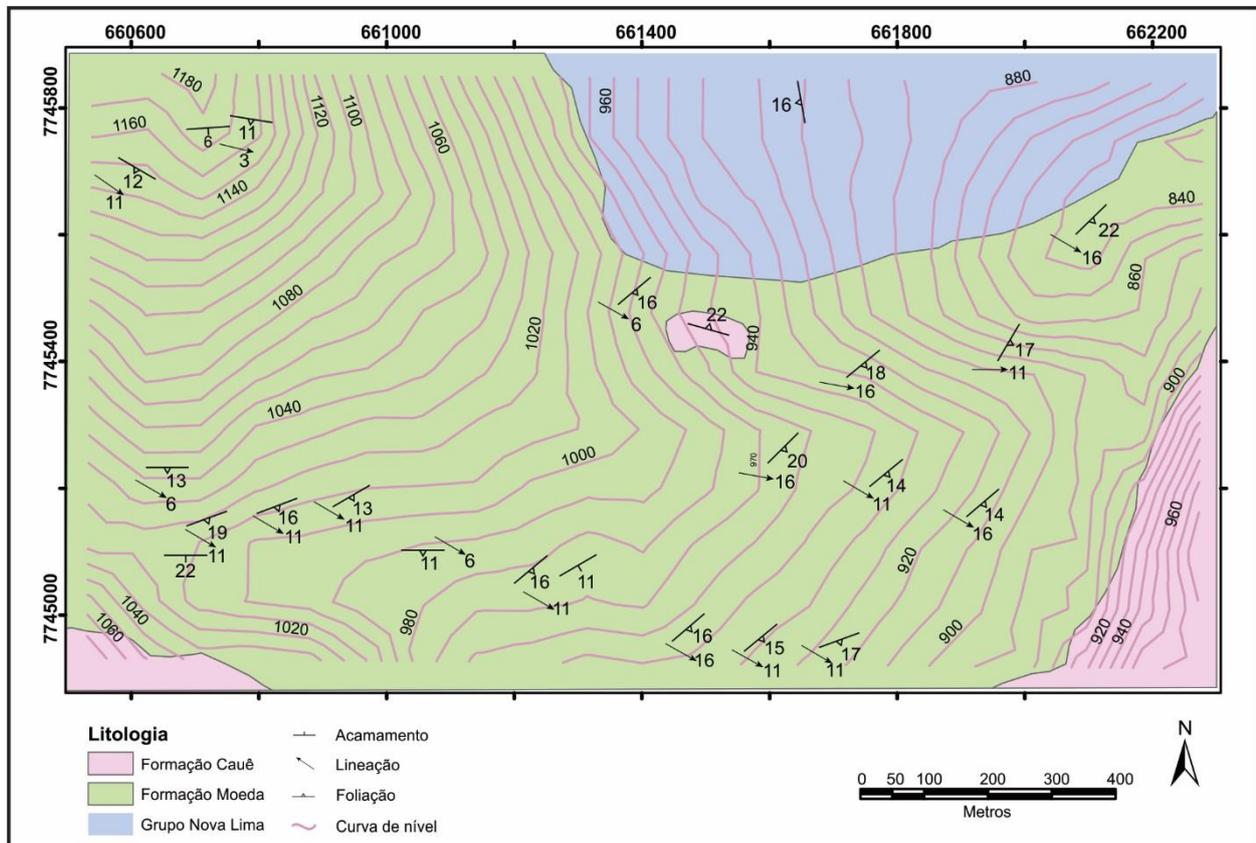


Figura 6 - Mapa geológico da área estudada.

3.3.1 Quartzitos da Formação Moeda: descrição dos principais litotipos

Quartzito Puro Branco (AM1a)

Este litotipo é o de maior ocorrência em toda área. Trata-se de quartzito esbranquiçado, que ocorre usualmente sem intercalações de níveis pelíticos ou psafíticos. (Figura 7a). Macroscopicamente, trata-se de um quartzito de granulação fina a média a localmente mais grosseira. A caráter microscópico, é constituída geralmente por 90% de quartzo e os outros 10% compostos por cianita (em torno de 5%), mica branca (2% a 3%), opacos (1% a 2%) e rutilo como traço. A granulometria varia de muito fina a muito grossa, com moda média. Sua textura é granotoblástica representada pela orientação preferencial e achatamento dos grãos de quartzo e granolepidoblástica devido ao incremento do percentual de micas brancas (Figura 7b).

Seus contatos poligonais evidenciam uma recristalização. As extinções ondulantes, migração de borda e subgrãos indicam deformação na rocha, ainda que não muito intensa.



Figura 7 - Fotografia característica do quartzito esbranquiçado em amostra de mão (A) e respectiva fotomicrografia (B).

Quartzito Laminado Branco/Preto

É o tipo litológico de menor expressão. Trata-se de um quartzito bandado (bandas na ordem de alguns milímetros a poucos centímetros), ocorrendo bandas esbranquiçadas e bandas mais escuras (Figura 8a). Essas últimas compostas por óxidos de ferro, microscopicamente verificam-se entre os contatos de grãos de quartzo, como finos minerais opacos. Sua composição segue praticamente a mesma proporção de quartzo, cianita e sericita aumentando brandamente quantidade de opacos. Também possui textura granonematoblástica e granolepidoblástica, além dos contatos poligonais, serrilhados e extinções ondulantes suaves. A variação granulométrica dos grãos é bem marcada e sugere feição reliquiar do bandamento composicional (Figura 8b)



Figura 8 - Amostra de mão (A) e lamina delgada (B) do quartzito laminado branco. O que vale a pena destacar na fotomicrografia.

Quartzito Avermelhado

Este litotipo ocorre com maior frequência que o anterior, porém é menos expressivo que o quartzito puro branco. A rocha mostra uma tonalidade avermelhada. (Figura 9). Microscopicamente verificam-se

apenas manchas vermelhas pequenas entre os contatos de grãos de quartzo. Sua composição mineralógica segue aproximadamente a mesma proporção do litotipo do Quartzito Puro Branco, além de mesma textura variando mais a tonalidade da rocha mesmo.



Figura 9 - Amostra de mão do quartzito avermelhado.

3.4 – METAMORFISMO E DEFORMAÇÃO

A definição do grau metamórfico regional fica sugerido pela associação mineral de quartzo, cianita e sericita. Esta associação determina um intervalo entre a fácies xisto verde e anfibolito inferior. Contudo, a precisa definição do grau em fácies xisto verde fica balizada pela ocorrência de clorita e cloritoide em quartzitos da Formação Moeda em áreas adjacentes, especialmente na Mina de Passagem de Mariana (Oliveira 1998).

Do ponto de vista da deformação, é possível caracterizar a existência de três gerações de quartzo: pré, sin e pós-tectônicas representados, respectivamente: pelos grãos com seus contatos serrilhados e com extinções ondulantes; pelos subgrãos e novos grãos; e pelos grãos recristalizados com seus contatos poligonais (Figura 12). Existem também duas gerações de cianitas: a primeira, pré-tectônica de granulometria maior, com forte extinção ondulante e a tardi-tectônica, representada pelos grãos menores sem presença da extinção (Figura 12). As micas brancas foram geradas do auge ao fim do principal processo metamórfico –deformacional. (Tabela 1).

Tabela 1 - Tabela temporal da ocorrência dos minerais em relação à deformação F_1 .

MINERAL	Pré D_1	Sin D_1	Pós D_1
Quartzo			
Cianita			
Mica Branca			

CAPÍTULO IV

ANÁLISE ESTRUTURAL

4.1 – APRESENTAÇÃO

A partir de todo o mapeamento estrutural foram registradas e cartografadas diversas feições estruturais capazes de fornecer o histórico do processo deformacional que ocorreu na área de estudo. A principal feição estrutural local e mesmo regional é a foliação principal ocorrente bem definida, e destacada nos quartzitos da Formação Moeda. Outros planos de foliação e/ou crenulação não foram encontrados e, como observado nos estudos anteriores; o acamamento é raramente observado. No entanto, foi possível identificá-lo e medi-lo ainda que em algumas poucas estações. Há destaque também para mesodobras e megadobras. Ocorreram também outras estruturas importantes como veios concordantes e não-concordantes de diversas dimensões, fraturas com e sem preenchimento de veios e *boudins*. Na área (em escala local), entretanto, não foi constatada a presença de falhas nem zonas de cisalhamento.

Em escala microestrutural foi observada claramente a foliação principal indicada pela orientação planar marcante das micas brancas e achatamento dos grãos de quartzo do quartzito. Contatos poligonais oriundos de recristalização e extinções ondulantes também assinalam a deformação (Figura 12b). Como indicadores cinemáticos, foram descritos, em lâmina delgada, sigmóides de agregados de quartzos e cianitas (Figura 12g e 12h), embora boa parte deles não se prestarem por conta de sua simetria.

4.2 – ANÁLISE ESTRUTURAL DA ÁREA MAPEADA

4.2.1 – Foliação S_1 e Lineação L_1

A Foliação principal, aqui designada S_1 é bem conspícua por conta de seus planos (Figura 12a) e ocorre de forma contínua em toda região. Trata-se de uma xistosidade. Em escala microscópica, fica bem definida sua estrutura planar ou curvilinear pela orientação das micas brancas e achatamento dos grãos de quartzo. Quando possível, foi identificada que a mesma se, subparalelizada ao bandamento composicional da rocha representado. São encontrados subgrãos e novos grãos de quartzo oriundos de recristalização. Nas porções da rocha mais ricas em cianita e mica branca, a geometria de S_1 possui aspecto um pouco mais curvilinear (Figura 12e e 12f), além de ocorrerem aí, algumas vezes, sigmóides formados por agregados de quartzo (Figura 12g e 12h). A morfologia mesoscópica da xistosidade, em alguns pontos, se encontra levemente dobrada formando mesodobras suaves, com charneiras sub-horizontais e eventuais *kink bands* (Figura 13). Possui orientação geral NE, com mergulhos baixos para SE, (máximo de atitude de 149/15, Figura 11a). Contudo, dois *trends* estruturais distintos podem ser reconhecidos e que configuram dois setores estruturais: setor oeste com direção nordeste com baixo mergulho para sudeste e setor leste de direção praticamente leste-oeste e baixo mergulho para sul (Figura 10).

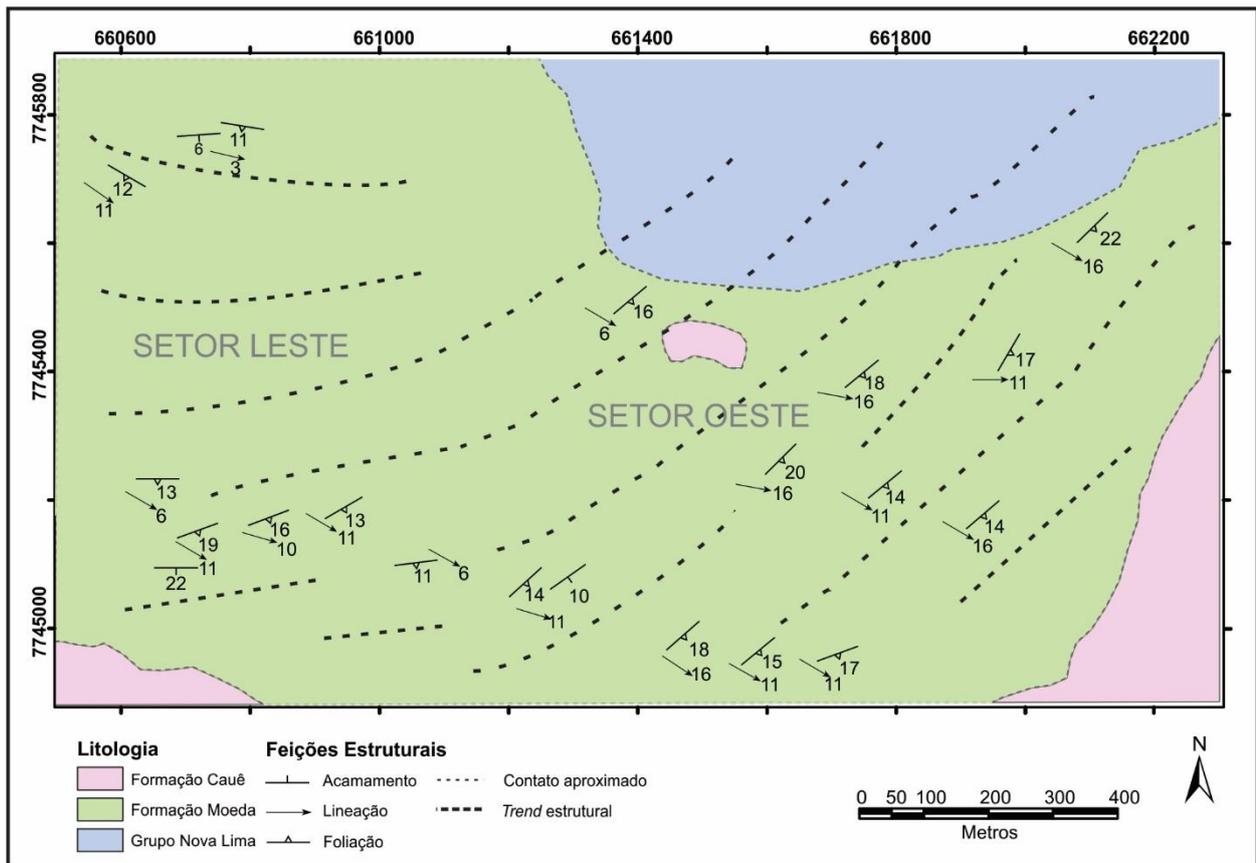


Figura 10 - Mapa estrutural da área estudada dividido em setores estruturais.

A lineação L_1 é geneticamente e morfologicamente ligada à xistosidade e também foi quase sempre notada. Ela é marcada pelo alongamento de grãos de quartzo e cianita mais grossos (textura *ribbon*). Em escala de afloramento foi observada e medida nos planos da S_1 , enquanto que, microscopicamente, podem ser verificadas nas lâminas com corte XZ (Figura 12b).

O diagrama estereográfico mostra esta estrutura com atitude média de 108/11 (Figura 11b).

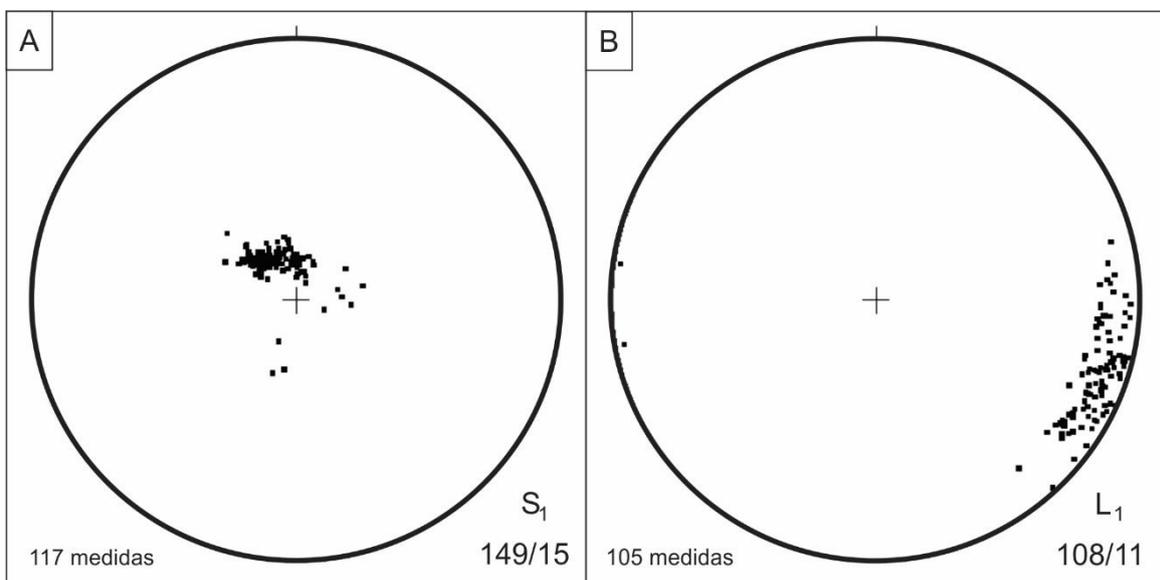


Figura 11 – Projeção estereográfica da xistosidade S_1 (A) e projeção estereográfica da lineação L_1 (B).

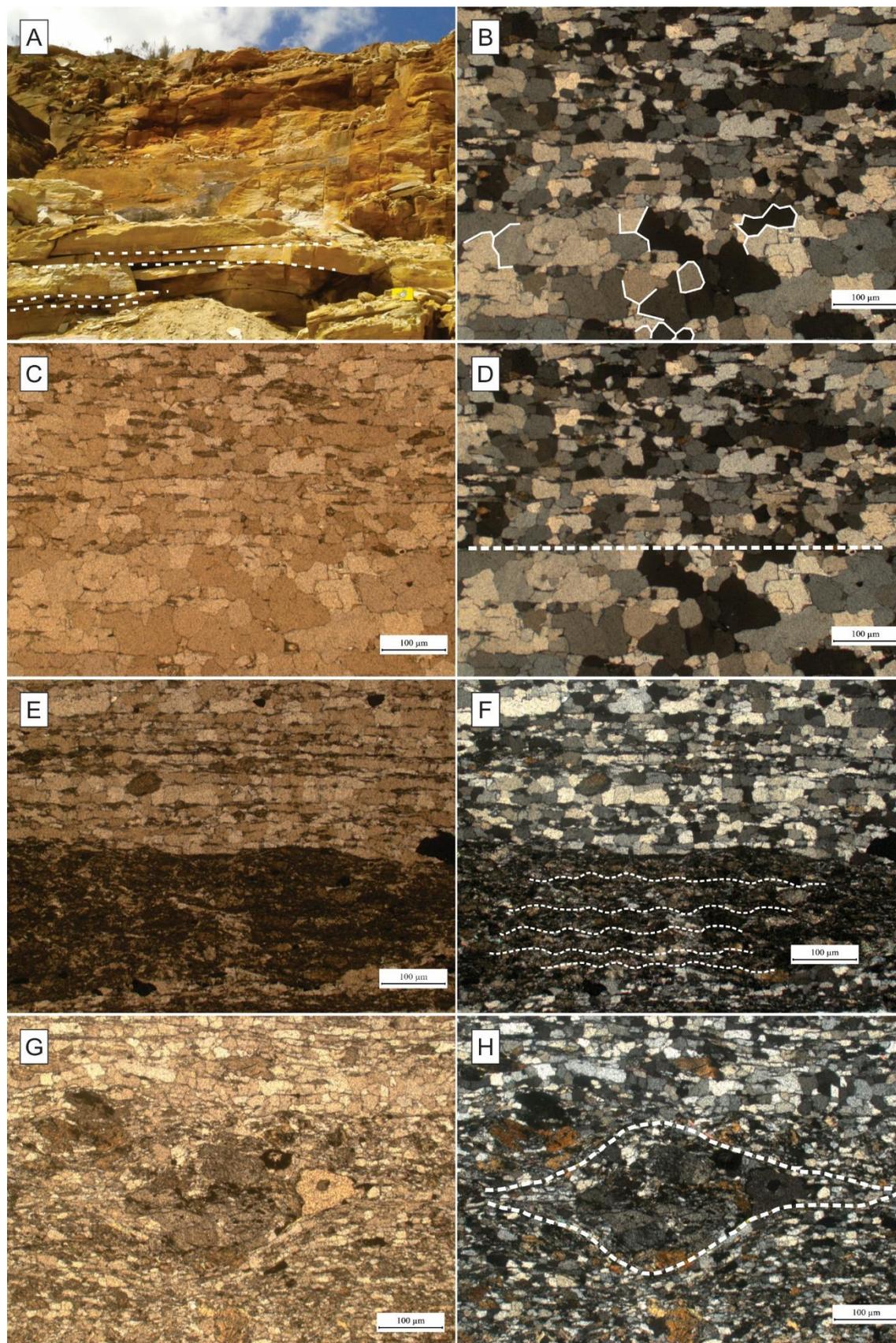


Figura 12 – Aspecto marcante da xistosidade S_1 (A); contatos poligonais dos grãos de quartzo (B); bandamento composicional com nicóis paralelos (C) e cruzados (D); disposição curviplanar da xistosidade com nicóis paralelos (E) e cruzados (F); e sigmoides de agregados de quartzos e cianitas com nicóis paralelos (G) e cruzados (H).

4.2.2 – Dobras F2

Foram constatadas dobras que afetaram as estruturas mais antigas como a xistosidade S1 e lineação mineral L1, sendo então designadas como dobras B₂. Elas se encontraram tanto na escala de afloramento quanto em megaescala.

Inicia-se pela descrição das feições menores: as mesodobras B₂. Foram encontradas 4 delas preservadas que permitiram a medição de seus flancos e, a partir deles, eixo β e superfície axial calculados. (Figura 13). São dobras normais, abertas, sub-horizontais ou com caimento. Os eixos β têm rumo preferencial de 200/11. As charneiras se apresentam arredondas. Seus ângulos interflanquiais variam entre 151° a 172°. Quanto a atitude do plano axial, os mesmos possuem mergulho elevado e atitude preferencial de 283/76. Apresentam amplitudes centimétricas a decimétricas. Duas delas apresentam intrusões quartzosas em suas zonas de charneira. Possuem vergência para sudeste.



Figura 13 - Mesodobra suave com visada para S.

A megaestrutura pôde ser caracterizada a partir da confecção do mapa geológico estrutural. Como já dito anteriormente, o *trend* da foliação sofre uma variação da porção leste da área em relação ao oeste,

sendo assim possível compartimentá-la em dois domínios estruturais (Figura 10). O domínio oeste possui *trend* estrutural quase EW, marcado pela xistosidade com máximo atitude de 173/13, enquanto que o setor leste detém máximo 137/17. Os dois máximos permitem delinear um eixo β calculado em 186/12, classificando-a como uma dobra normal com caimento suave. A partir das atitudes dos dois setores é possível determinar o ângulo interflanquial de 170° e o plano axial α de atitude de 267/84, sendo assim um dobramento normal com caimento. Seu comprimento é de no mínimo 2 km já que seu limite a oeste está além da área estudada. Contem vergência praticamente para leste já que seu plano axial mergulha para oeste. Esse arqueamento observado pode ser reflexo em megaescala das mesodobras B₂ medidas, sendo então designado como megadobras B₂.

4.2.3 – Sistema de veios

Veios de quartzo (Figura 14) de diversos tipos e conformações são encontrados por toda área de mapeamento: veio transversal de atitude 296/68; veios centimétricos concordantes com a foliação sem continuidade lateral; veios centimétricos concordantes com uma família de fraturas com atitude 133/75; veio subvertical (303/85) de 80 cm de espessura fraturado em sua mesma atitude; e veios em estruturas *boudins* de diâmetro decimétrico.

Na região nota-se grande quantidade de montes de veios cominuídos em montes o que indica que eram explorados antigamente pela atividade garimpeira.

Tabela 2 - Quadro temporal dos veios de quartzo em relação a primeira deformação

TIPOS DE VEIOS	Pré D ₁	Sin D ₁	Pós D ₁
Concordantes			
Transversais			
<i>Boudins</i>			

4.2.4 – Fraturas

A tectônica rúptil tem papel preponderante pois condiciona a explotabilidade dos corpos, ou seja, corpos com profusão de fraturas não se prestam a lavra. Família de fraturas (Figura 15) foram sempre detectadas na porção mapeada. Possuem distribuição heterogênea, pois em alguns locais o faturamento é mais intenso, no sentido de que os espaçamentos entre as juntas são de centimétricos a decimétricos com boa continuidade de seus planos. E em alguns sítios, o faturamento é menos expressivo, mas com os planos possuindo espaçamentos métricos. Boa parte dos planos de fratura não mostram perfusão de soluções de sílica, estando ausentes, portanto as venulações quartzosas. Em apenas um afloramento foi nítido a

identificação de duas famílias de fraturas, mas a principal delas tem direção N-NE, com atitude preferencial de 112/89 (Figura 16).

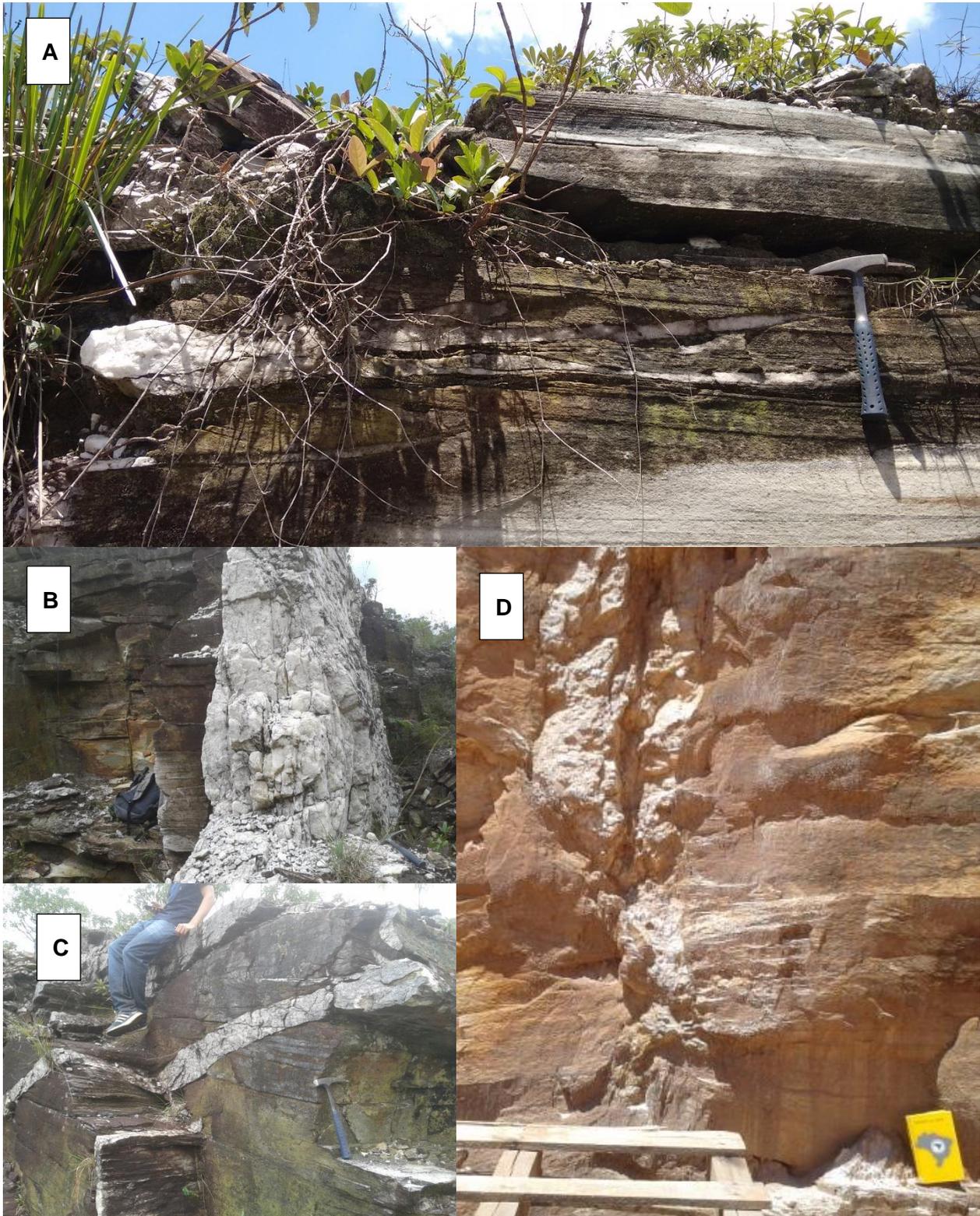


Figura 14 - Veio de quartzo concordante (A), vertical (B) e obliquo (C) à foliação S_1 e em zona de charneira (D).



Figura 15 - Família de fraturas principal.

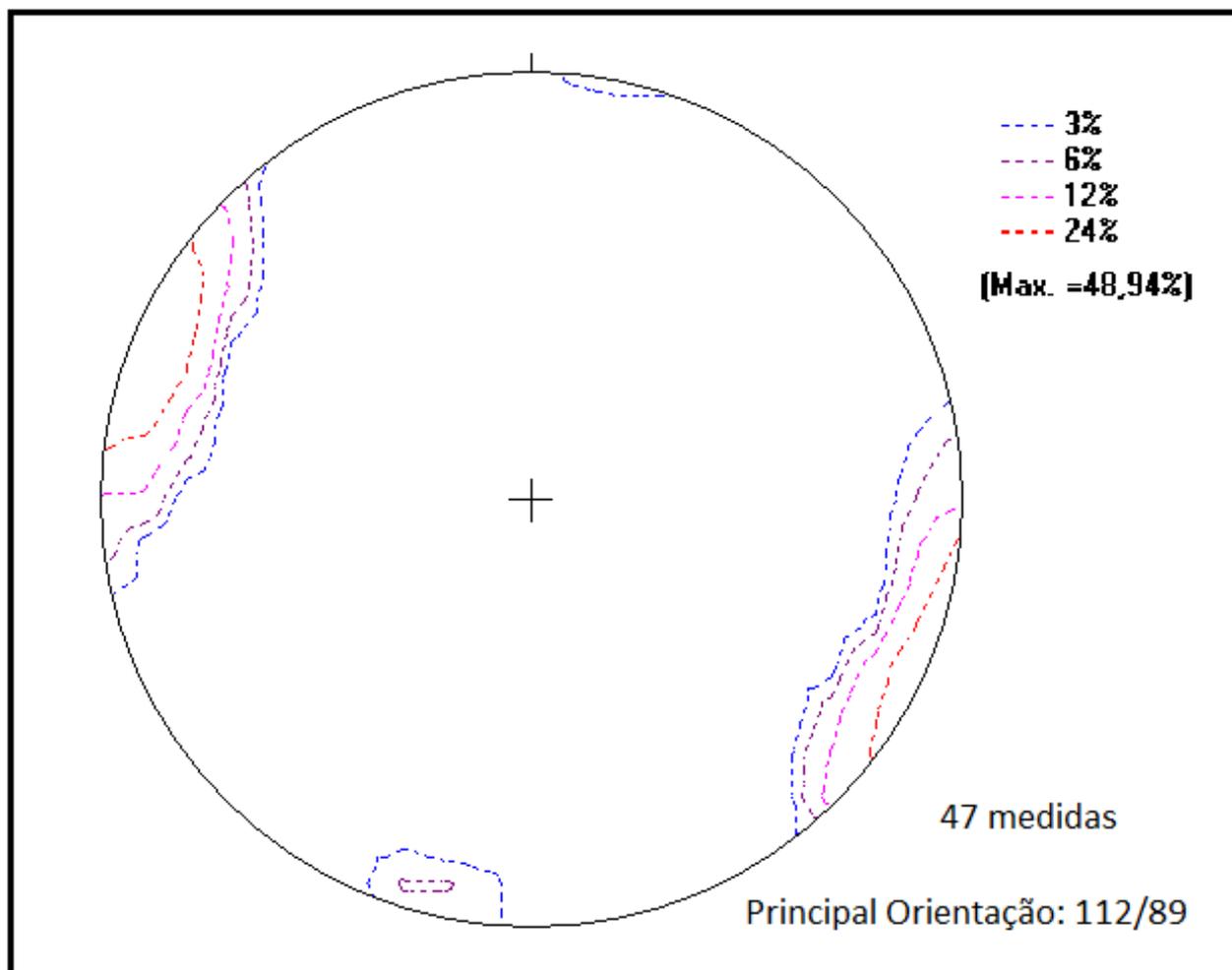


Figura 16 - Projeção estereográfica da orientação da principal família de fraturas.

4.3 – ANÁLISE CINEMÁTICA

4.3.1. Fase F1.

Os elementos da trama mais antigos, quais sejam, a xistosidade S_1 e lineação mineral L_1 , quando analisados em conjunto, mostram a seguinte conformação: plotados no mesmo diagrama, mostram que a lineação mineral se dispõe sobre o plano da xistosidade com uma obliquidade medida em estereograma de 61 graus SE (Figura 17). Essa situação confirma a ocorrência de um movimento oblíquo.

A cinemática deste movimento pode ser confirmada a partir de indicadores cinemáticos que foram obtidos em microescala, sobretudo nos sigmóides assimétricos ao redor de grãos de quartzo ou agregados de quartzo (Figura 12g e 12h). Esses sigmóides sugerem movimentos reversos com topo para NW.

4.2.2. Fase F2

Os elementos mais conspícuos relativos à esta fase são as dobras F2, descritas no capítulo anterior. Essas estruturas, que ocorrem em diversas escalas e também regionalmente podem ser associadas a eventos compressoriais tardios. São dobras abertas, normais a levemente assimétricas, com superfícies axiais

mergulhando para oeste e charneiras rumando sul. São apontadas por diversos autores como resultado da tectônica compressional E-W atribuída ao Brasiliano. Na falta de elementos outros, esta hipótese é aqui adotada. Restam, contudo, dúvidas a respeito disso, uma vez que a polaridade indicada pelas atitudes das dobras F2 (vergência para leste e sudeste) é contrária àquela estabelecida na literatura para a deformação de idade Brasiliana.

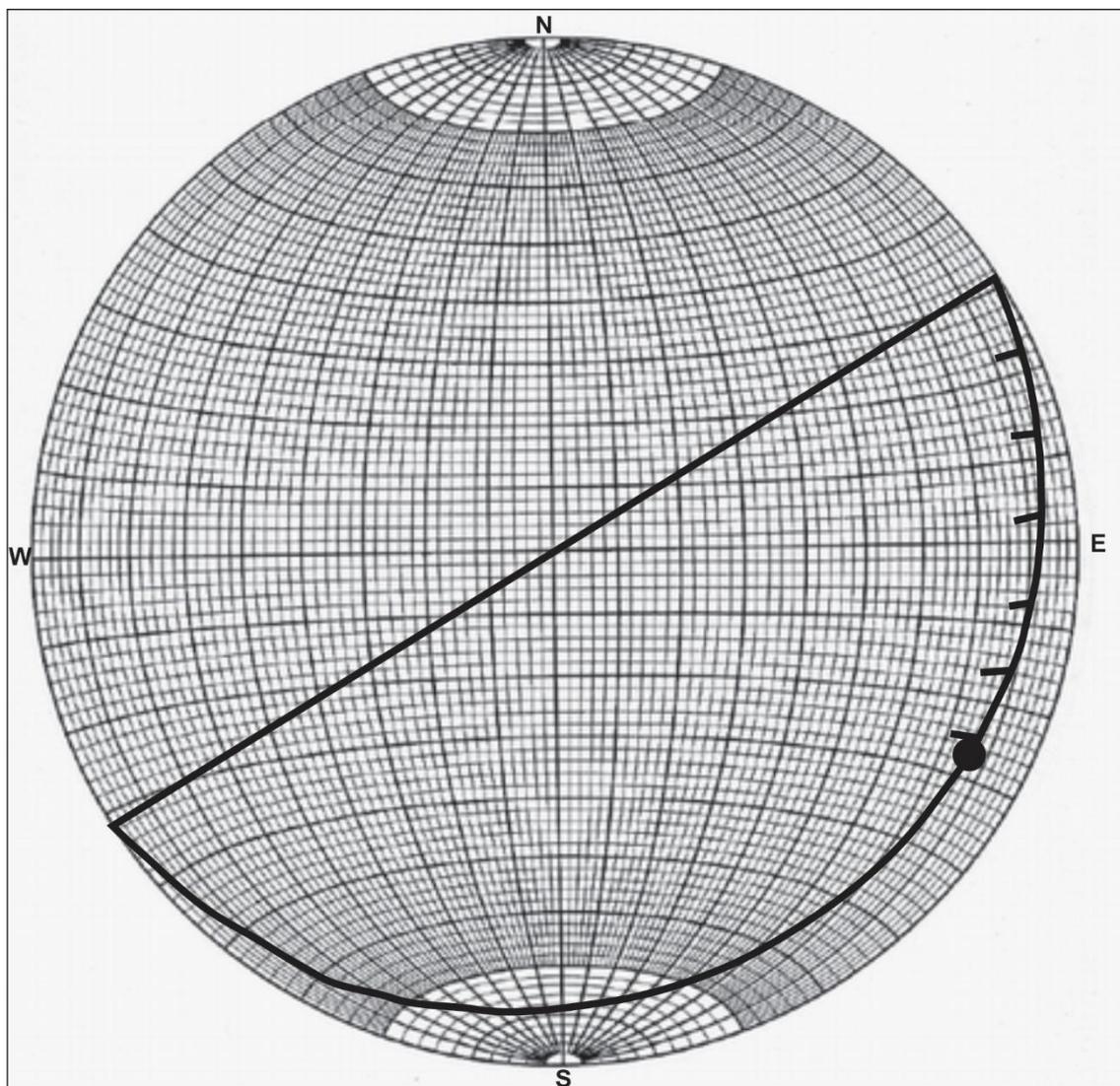


Figura 17 - Diagrama estereográfico com obliquidade plotada entre a lineação L_1 e a xistosidade S_1 .

4.3 - ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO

4.3.1 – O método Panozzo

É um método que analisa a deformação bidimensional através da orientação preferencial de linhas. Ele parte do princípio de um posicionamento aleatório de superfícies de bordas de grão, que por meio da atuação de uma tensão promove um alinhamento prioritário dessas superfícies. Por meio de projeções que se ajustam em um polígono de oito lados sobre uma linha de referência, esse arranjo aparece como orientação preferencial de segmentos de linha que são quantificados em termos de tensão bidimensional, produzindo a forma e orientação da elipse de deformação (Panozzo 1984).

O método é utilizado por meio do programa Fabric 8 que é uma plataforma de desenvolvimento integrada para criação e uso de aplicativos. A partir de fotomicrografias de seções policristalinas de rochas, é traçado o contorno das bordas dos grãos deformados a serem analisados. É então gerado as projeções sobre o polígono citado que produzem o elipsóide de deformação com seus respectivos valores de elipticidade R (razão entre eixo maior e eixo mais curto da elipse de deformação) e ângulo θ (ângulo entre eixo maior com linha horizontal de referência) (Figura 18).

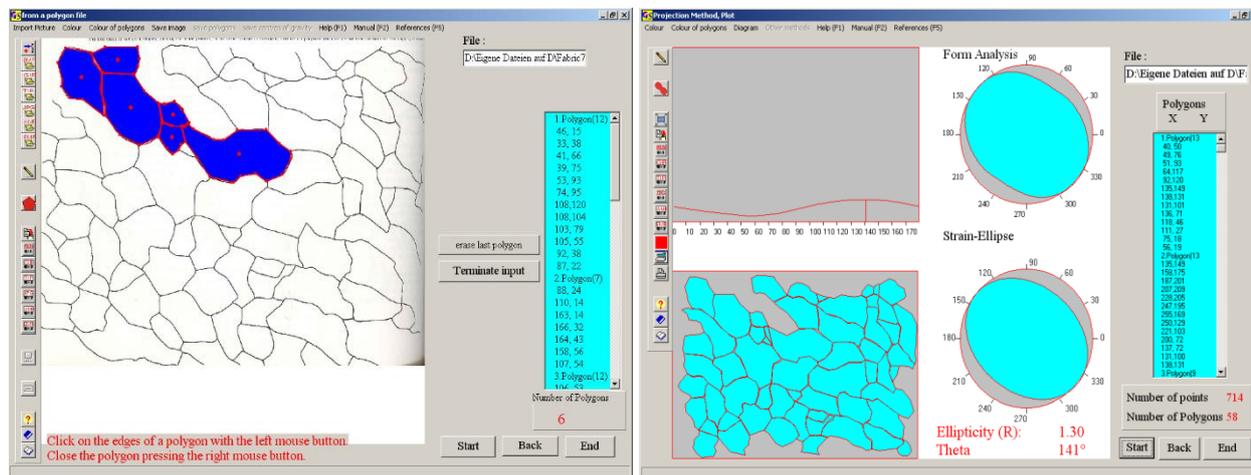


Figura 18 - Imagens do desenvolvimento do método Panozzo através da plataforma do programa Fabric 8.

4.3.2 - Metodologia

Para a análise do cálculo da deformação foram utilizadas quatro amostras orientadas de quartzitos da Formação Moeda, de locais distintos (Figura 19). De cada amostra, utilizaram-se duas lâminas delgadas, uma em corte XZ (corte paralelo à lineação e perpendicular à xistosidade do elipsóide) e outra em corte YZ (corte perpendicular à lineação e foliação do elipsóide). E de cada lâmina dessas foram tiradas fotomicrografias de zonas com maior concentração de filossilicatos e de outras zonas empobrecidas nestes minerais. As fotomicrografias foram então utilizadas para tratamento por meio do programa Fabric 8, através do qual foi aplicado o método Panozzo, com vistas a análise da deformação a partir dos grãos de quartzito (ou seja, para o cálculo dos valores de elipticidade R) (Anexos).

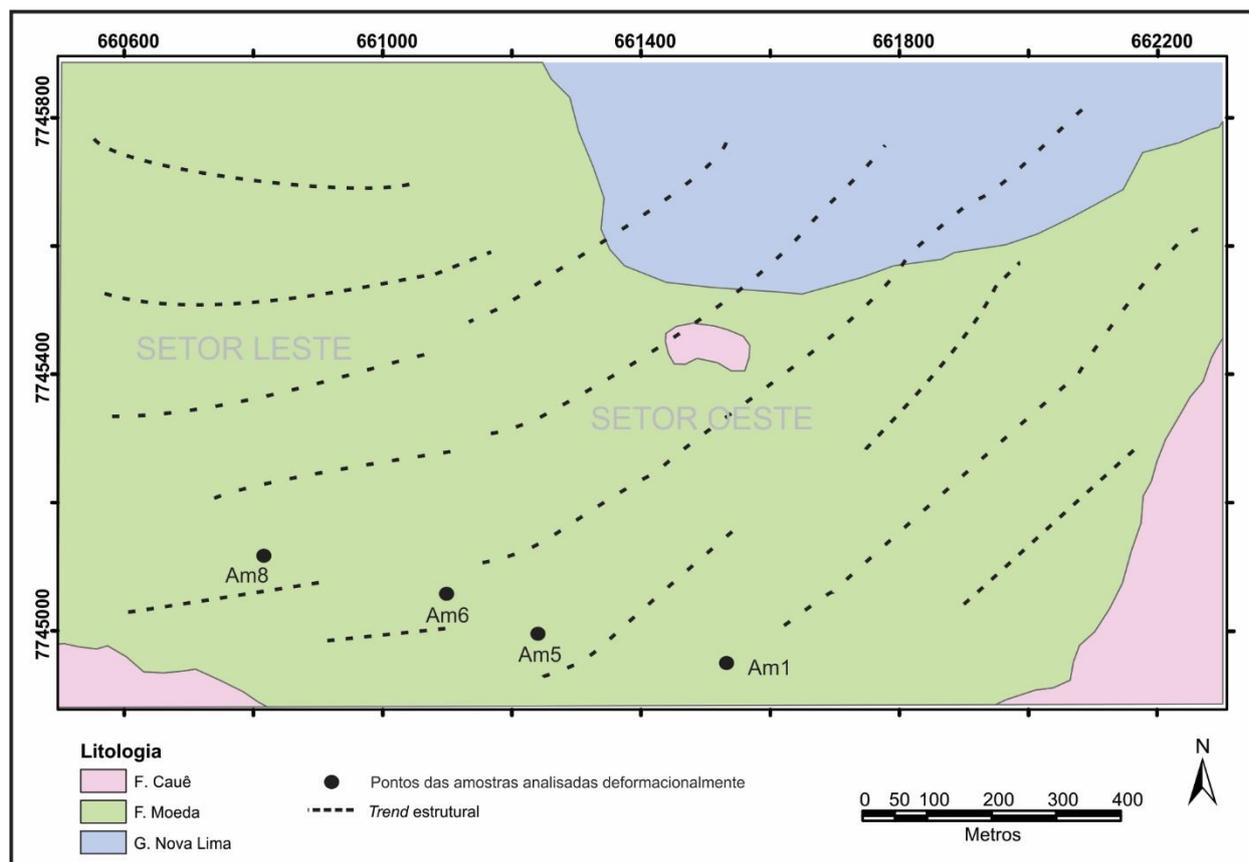


Figura 19 - Disposição dos pontos das amostras utilizadas na análise deformacional em mapa.

4.3.1 Resultados

A tabela a seguir expressa qual a direção de corte, número de polígonos e de pontos traçados valores de elipticidade (R) e teta (θ) das foto-seções das lâminas:

Tabela 3 - Valores de Elipticidade (R) e Theta (θ) das foto-seções.

Foto seções	Corte	Nº de polígonos	Nº de pontos	Elipticidade (R)	Theta (θ)
Am5-1_1	XZ	54	715	1,28	166°
Am5-2_1	YZ	55	721	1,33	176°
Am6-1_1	XZ	41	678	1,22	13°
Am8-1_2	XZ	71	758	1,24	156°
Am8-2_2	YZ	53	886	1,12	144°
Am1a1_3	XZ	56	900	1,33	14°
Am1a1_2	XZ	57	804	1,73	3°
Am1a2_1	YZ	60	813	1,25	155°
Am1a2_2	YZ	54	806	1,48	170°
Am5-1_3	XZ	68	865	1,64	12°

Am6-1_2	XZ	76	985	1,65	9°
Am6-2_5	YZ	59	833	1,42	168°
Am6-2_1	YZ	82	1163	1,61	175°
Am8-1_3	XZ	71	1127	1,44	169°
Am8-2_3	YZ	64	902	1,49	174°
Am5-2_2	YZ	56	848	1,50	20°

A seguir, são apresentadas imagens dos resultados do método nas distintas bandas citadas anteriormente. Nelas, constam: máximo de inclinações de theta (à esquerda superior), a forma da elipse (à direita superior), o traçado executado das bordas dos grãos (à esquerda inferior) e a elipse de deformação (à direita inferior) gerados pelo Fabric 8:

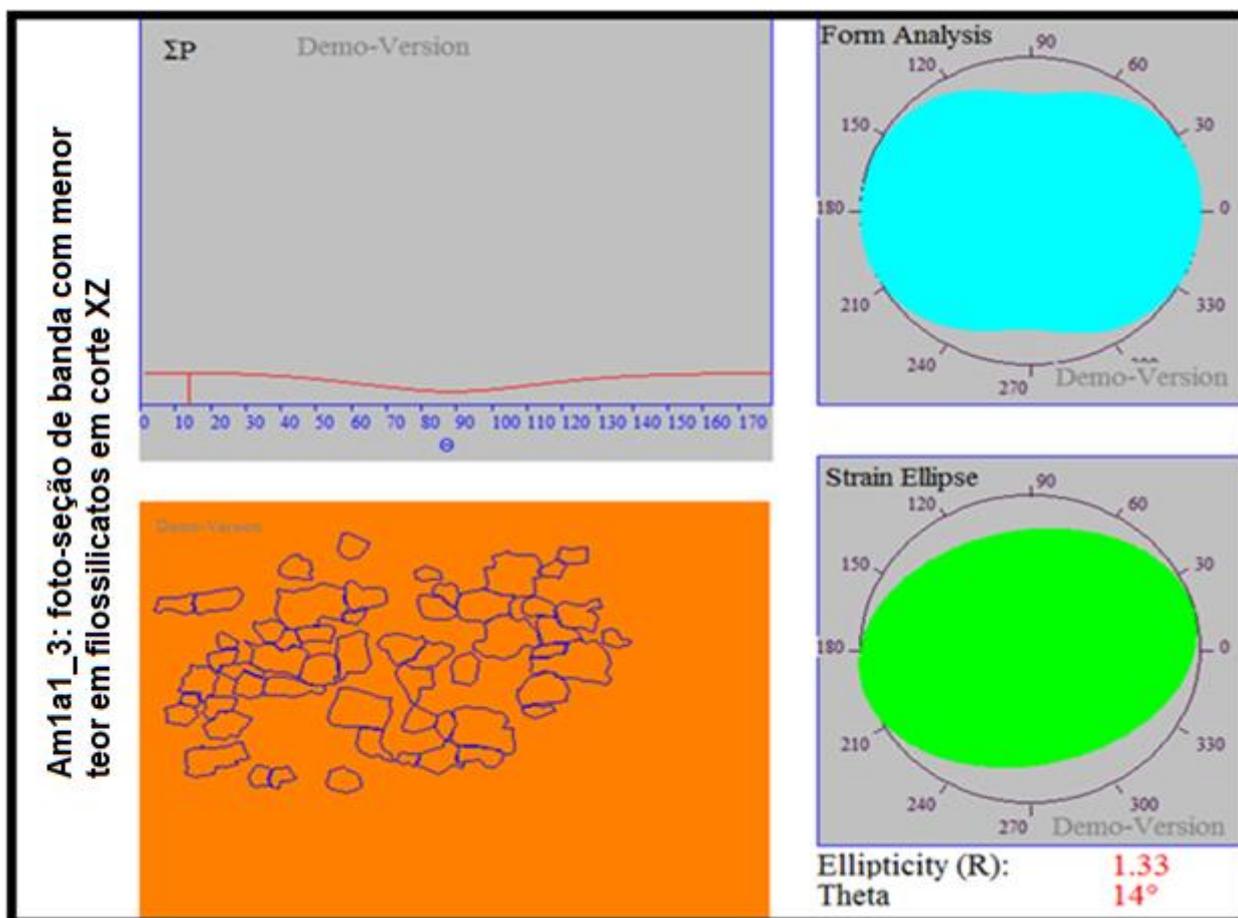


Figura 19 - Resultado do método Panozzo gerado pelo programa Fabric 8 da foto-seção Am1a1_3, uma menor com menor teor em filossilicatos em corte XZ.

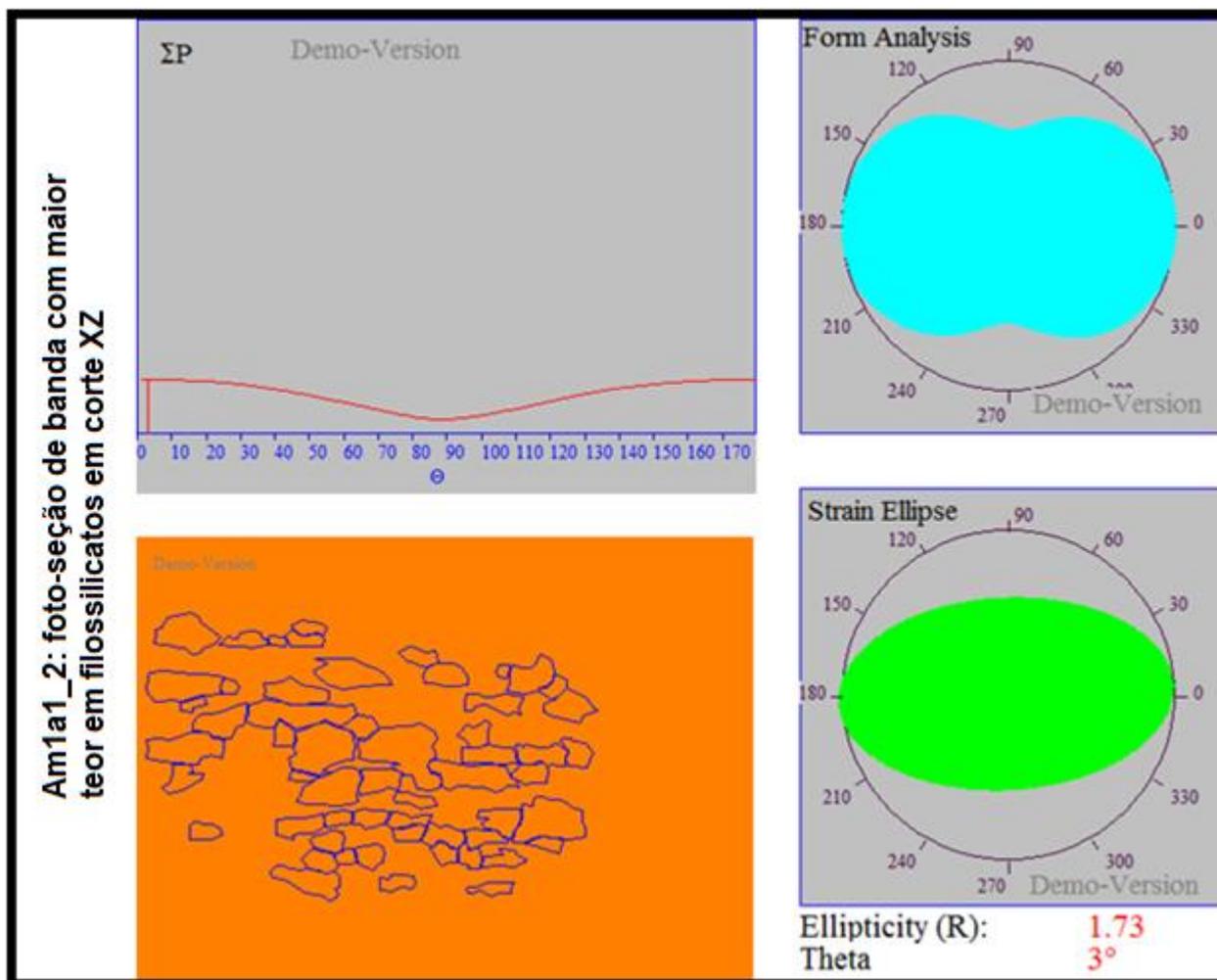


Figura 20- Resultado do método Panozzo gerado pelo programa Fabric 8 da foto-seção Am1a1_2, uma banda com maior teor em filossilicatos em corte XZ.

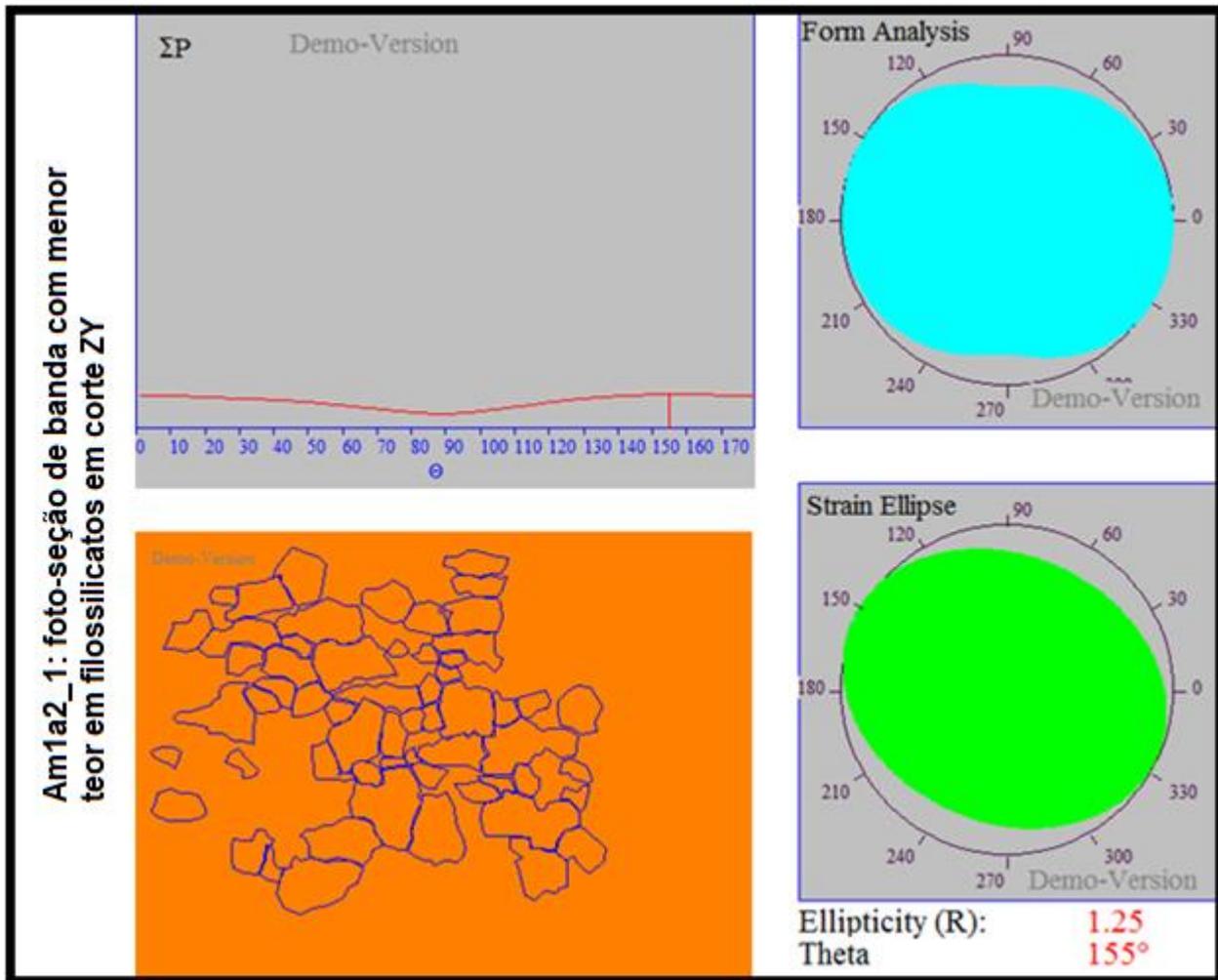


Figura 21- Resultado do método Panozzo gerado pelo programa Fabric 8 da foto-seção Am1a2_1, uma banda com menor teor em filossilicatos em corte ZY.

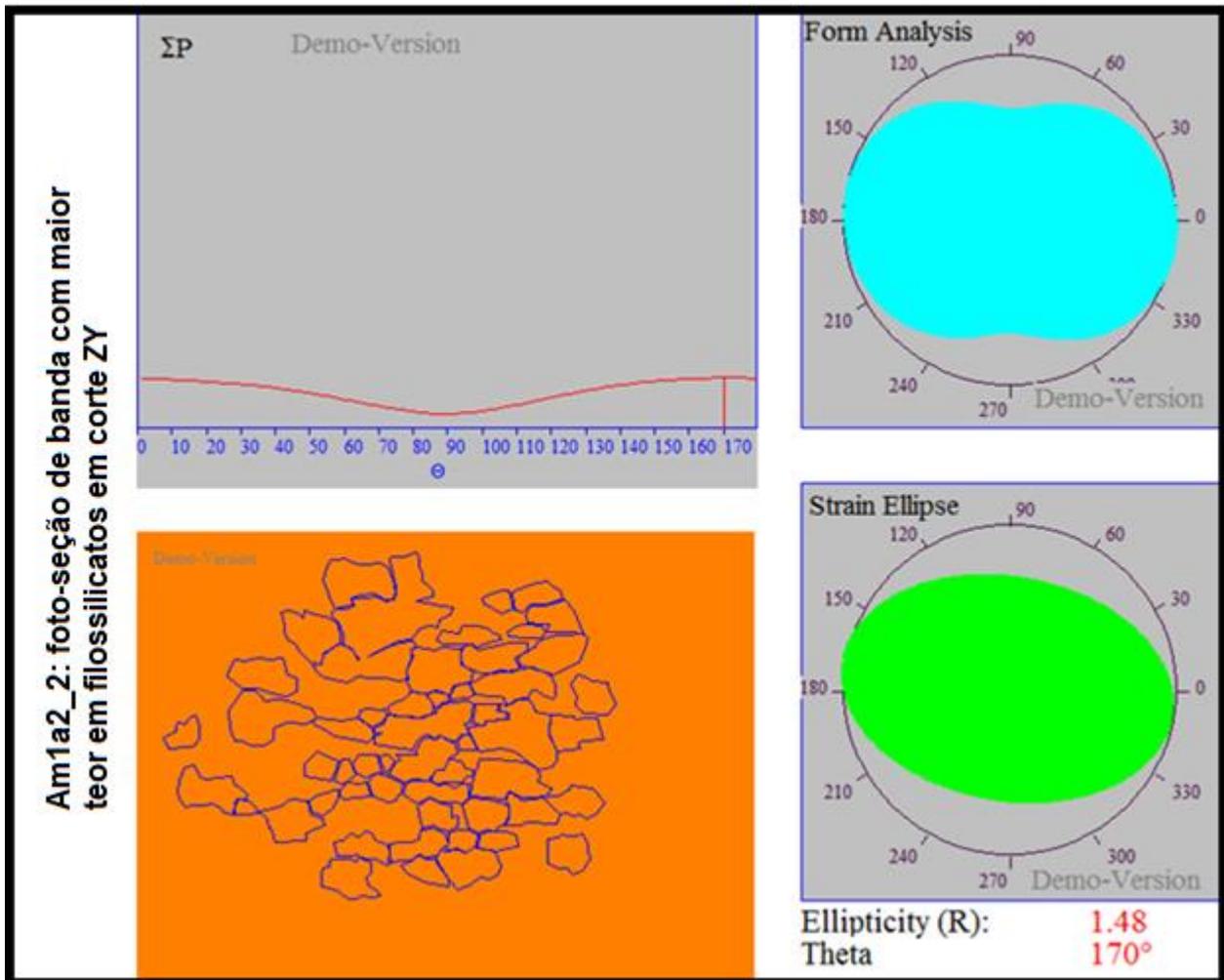


Figura 22 - Resultado do método Panozzo gerado pelo programa Fabric 8 da foto-seção Am1a2_2, uma banda com maior teor em filossilicatos em corte ZY.

CAPÍTULO V

DISCUSSÃO

Os resultados mostram a presença de uma trama fortemente marcada pela xistosidade S_1 .

Do ponto de vista cinemático, S_1 , associada à L_1 , indica, como verificado, uma relação de movimentação oblíqua.

Desta forma, parece razoável propor que, neste segmento da anticlinal de Mariana, a cinemática dominante é oblíqua, reversa com topo para NW. Esta interpretação está em conformidade com a cinemática desta fase verificada mais a oeste, junto à estrutura da mina de Passagem (Oliveira, 1993).

Resta, contudo, enfatizar que tais estruturas não se encontram nas suas posições originais uma vez que todo este conjunto foi eventualmente deslocado por conta da elevação dos domos do embasamento, já devido ao colapso gravitacional da cadeia paleoproterozóica.

A propósito desta tectônica, muito embora não tenham sido identificadas estruturas de colapso, especialmente falhas normais ou indicadores de movimentação normal, a mesma pode ser sugerida pela omissão da secção da Formação Batatal, ausente em toda a área de estudo, onde o contato entre a Formação Moeda e Formação Cauê se faz diretamente.

Em termos de quantificação da deformação, a análise bidimensional sugere para os 2 cortes, XZ e YZ, deformação dos cristais de quartzo. É importante observar que não existe grande discrepância na média dos valores de elipticidade R segundo às duas direções. As variações nesses valores confirmam o que se observa nas lâminas, ao microscópio: a existência de zonas com maiores teores de filossilicatos e zonas com pouca presença destes minerais, que, de alguma forma, afetam esse valor.

Para a estimativa da deformação em três dimensões, foi utilizado o pressuposto apontado por Fossen (2010), que considera que, a partir de duas ou mais seções da rocha deformada, é possível estabelecer uma avaliação da deformação tridimensional. Na prática, isso é possível quando se tem duas seções com eixos principais de deformação. Como neste trabalho foram gerados dados nos cortes XZ e ZY, pode-se, portanto, estabelecer a análise de deformação tridimensional.

Para isso, foram construídos gráficos comparativos da elipticidade R de bandas mais filossilicatadas de todos os pontos em cortes XZ e ZY e gráficos de bandas menos filossilicatadas em ambas as direções de cortes também (Figura 24 e 25). Dessa forma, a deformação na rocha mostra-se praticamente a mesma na direção XZ e ZY, ou seja, o encurtamento na direção Z é compensado por estiramento de intensidade semelhante nas direções X e Y, o que denota uma deformação tridimensional por achatamento (Figura 26), ou seja, a deformação seria então melhor representada por um elipsóide oblato.

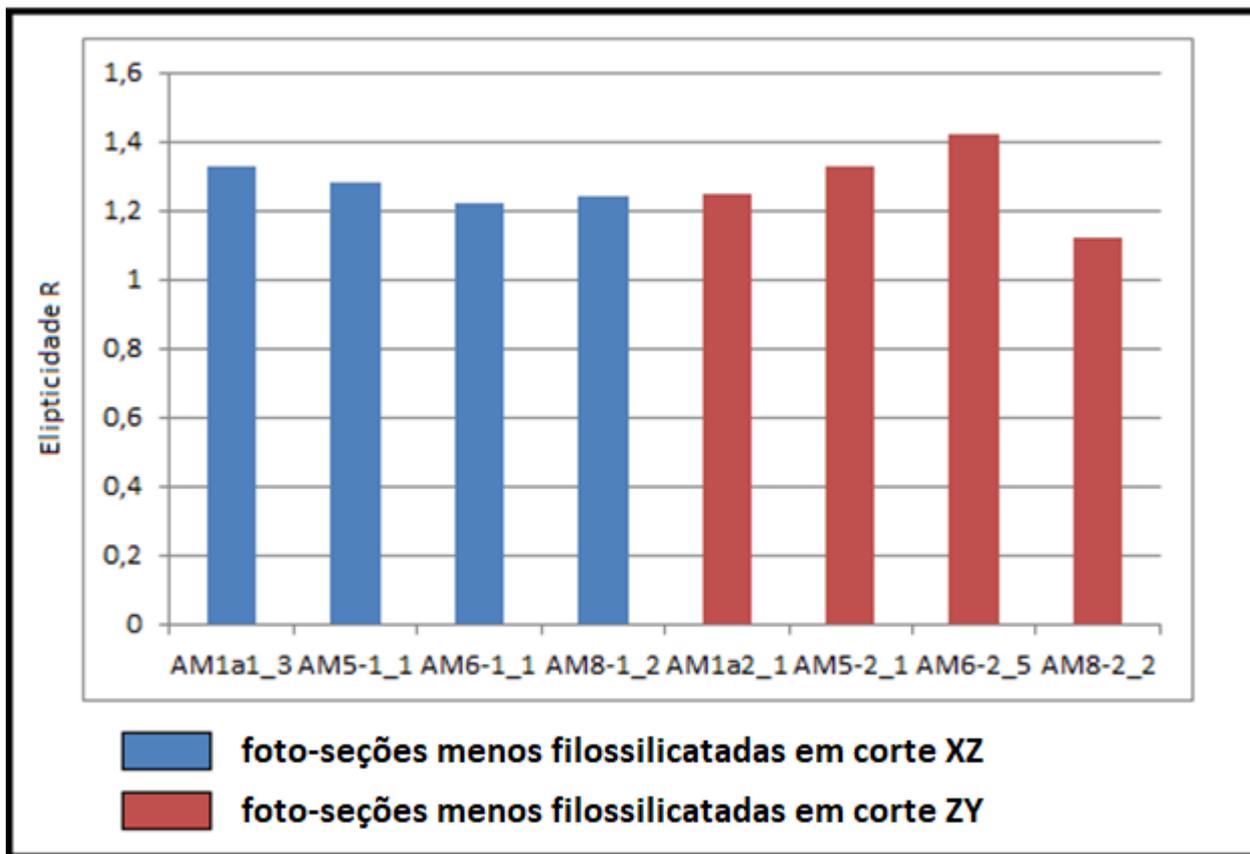


Figura 23 - Valores de elípticidade R em zonas com menor teor em filossilicatos em cortes XZ e ZY.

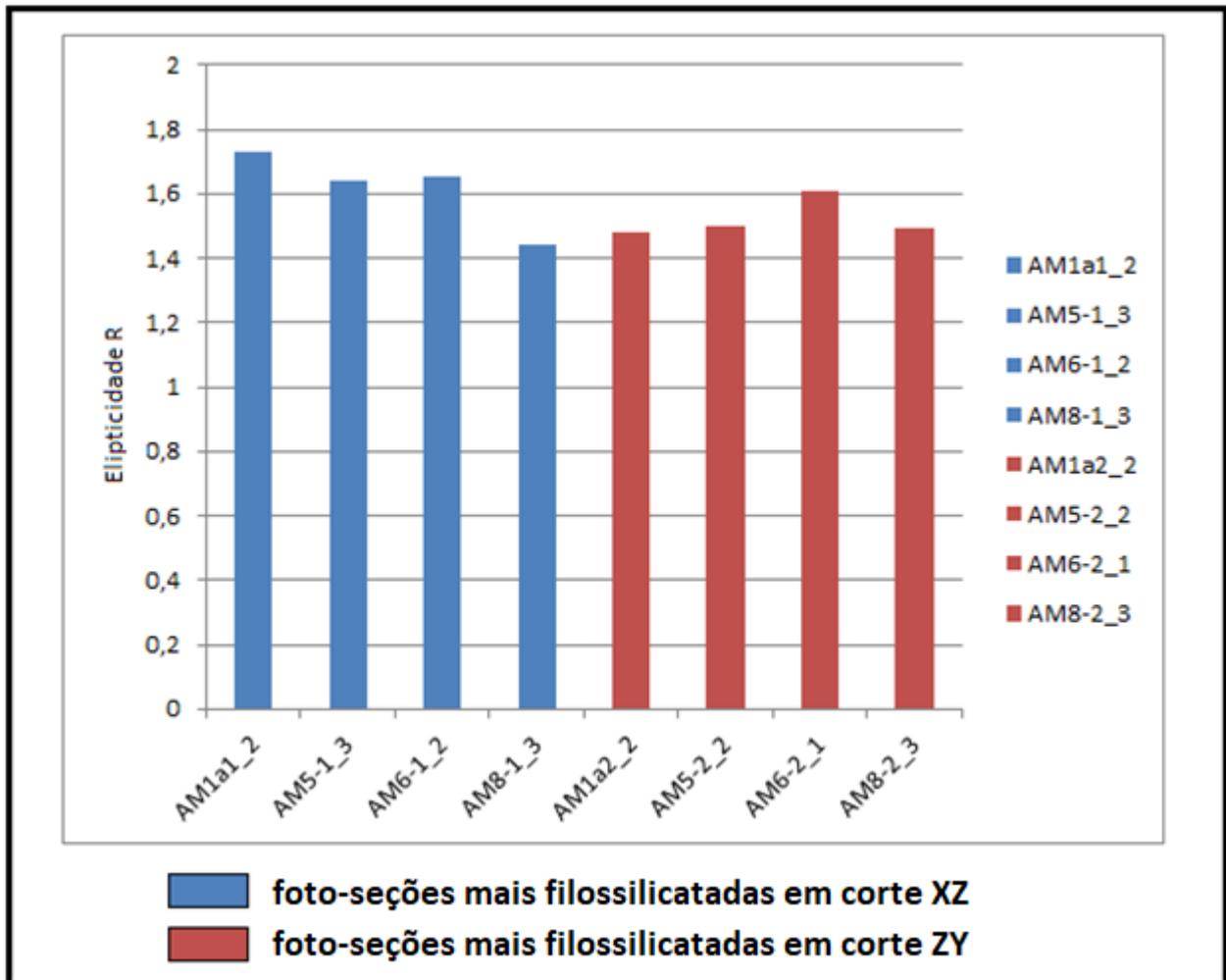


Figura 24 - Valores de elípticidade R em zonas com maior teor em filossilicatos em cortes XZ e ZY.

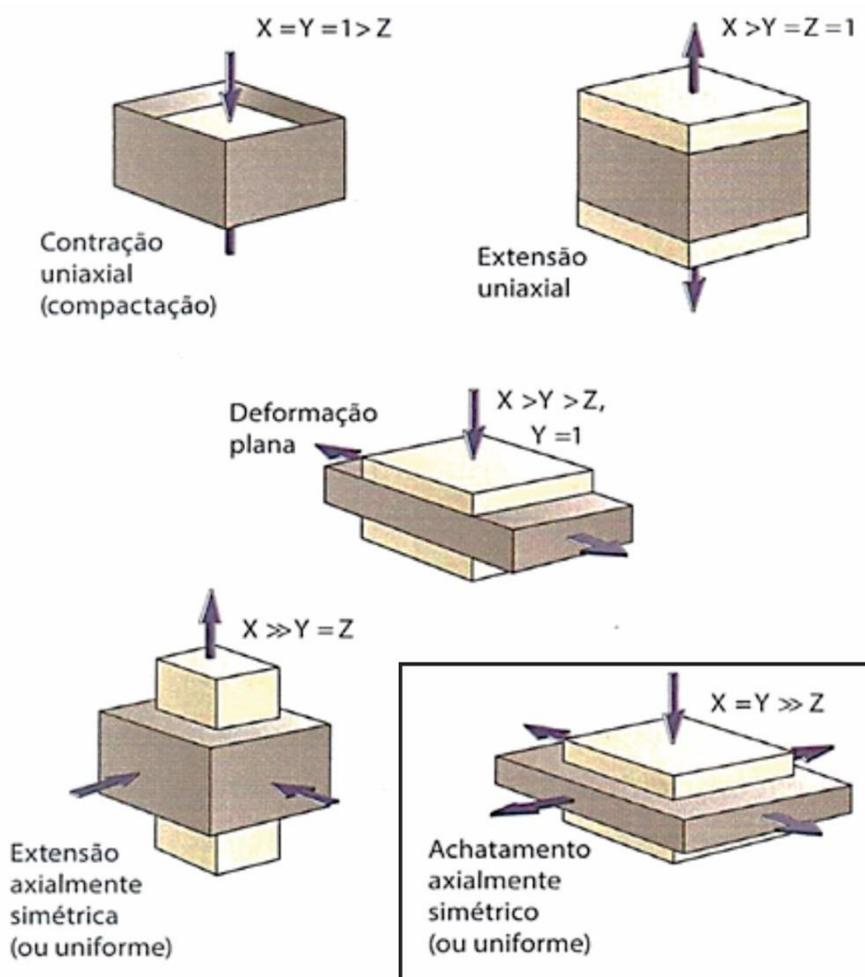


Figura 25 - Estados de referência de deformação (Fossen 2010).

Resta, no entanto, uma observação: os valores das razões aqui obtidos, na prática não são uma medida da deformação posto que, aparentemente, vários processos deformacionais se sucederam no tempo. Assim, é correto afirmar que as razões na verdade são razões finais, fruto da superposição dos mesmos no tempo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÃO

Os dados coligidos no presente trabalho podem apontar para as seguintes conclusões:

Na área mapeada, situada no flanco SE da anticlinal de Mariana, ocorrem rochas do Grupo Nova Lima, e das formações Moeda e Cauê, com omissão da Formação Batatal. Os quartzitos da formação Moeda, alvo do presente estudo são preferencialmente quartzitos puros, com maior ou menor teor em mica branca. Quando os teores são baixos, estas rochas se prestam a material explotável para rocha ornamental.

Em termos de metamorfismo, embora não tenha sido possível se fechar uma paragênese, a associação quartzo + mica branca + cianita determina um intervalo entre a fácies xisto verde e anfibolito inferior. Por correlação com dados da literatura na área da Mina de Passagem, onde foram descritos clorita e cloritóide, fica, no entanto, bem delimitado como fácies xisto verde o metamorfismo local.

Do ponto de estrutural, as principais feições cartografadas são uma xistosidade S1 à qual se associa uma lineação mineral. A análise estrutural destes elementos e de outros presentes permitiu estabelecer o seguinte

- A área é dividida em dois setores estruturais: setor oeste com *trend* aproximadamente leste-oeste e setor leste com *trend* NW-SE. O eixo β construído que os limita tem caimento suave com medida calculada de 186/12.
- Existem mesodobras normais e abertas e com charneiras com caimento suave com vergência para sudeste.
- A lineação mineral L_1 se dispõe sobre o plano da xistosidade com uma obliquidade 61 graus SE. Isto sugere que a cinemática dominante da fase F1 seja oblíqua, reversa com topo para NW.
- A cinemática dominante é oblíqua, reversa com topo para NW.
- As variações nas elipticidades calculadas são pequenas, da ordem de 1,2 nas bandas mais pobres em filossilicatos para algo em torno de 1,4 – 1,6 nas bandas mais ricas em filossilicatos. O valor próximo de 1 sugere que a deformação tridimensional seja por achatamento; tal processo é responsável pela geração da principal trama planar e linear que ocorre na região. No entanto cabe ressaltar que, na prática, tais valores representam razões finais, posto que representam, por dizer, a soma de processos deformacionais que se sucederam no tempo.
- Do ponto de vista exploratório e de pesquisa mineral, a análise estrutural quantitativa é de pouco valia. Isto porque os parâmetros dela obtidos são de difícil aferição e controle em campo. Na prática, o que determina a explotabilidade é a composição (baixo teor em filossilicatos), a ausência ou distância de fraturas ou sistemas de fraturas, a baixa venulação de sílica que ocorre nos veios e sistemas de veios descritos.

CAPÍTULO VII

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkmim F. F. & Noce C. M. 2006. The paleoproterozoic Record of the São Francisco Craton. *In: IGCP 509 Field Workshop, Bahia and Minas Gerais, Brasil. Field guide and Abstracts. UFOP-UFBA, 1: 37-73.*

Alkmim F.F. & Marshak S. 1998. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research, 90: 29–58.*

Alkmim, F.F.; Martins-Neto, M.A. 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco Craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology, 33, 127-139.*

Angeli, G. 2015. *Arcabouço estrutural e contribuição à estratigrafia do grupo Maquiné, Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais.* Dissertação de mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 105p.

Barbosa, P.D., Graça, L.M., Lagoeiro, L.E. Lisboa, F; Oliveira, F.B.1 Pires, O.J.C. 2017. Caracterização microestrutural do quartzito moeda e sua relação com teste de flexão.

Campos C.T. 2015. Caracterização e análise estrutural do segmento ocidental da Falha do Engenho, entre os distritos da Chapada e Santo Antônio do Salto, Ouro Preto, Quadrilátero Ferrífero. Monografia do trabalho de conclusão de curso. Departamento de Geologia. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 86p.

Costa, A.G., Campello, M.S., Pimenta, V.B. 2000. Rochas ornamentais e de revestimento de minas gerais: principais ocorrências, caracterização e aplicações na indústria da construção civil. *Geonomos, 8 (1): 9-13*

Dorr J.V.N. II. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS/DNPM. *Professional Paper 641-A.* 110p.

Duarte, B.P. 1991. *Contribuição ao estudo da geologia do corpo de minério Fundão do depósito aurífero de Passagem, Mariana, MG.* Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 175p.

Ferreira Filho F. A. & Fonseca M. A. 2001. Partição da deformação em regimes contracionais com obstáculos no antepaís: exemplo do sistema de falhas Água Quente, borda leste do Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Brasileira de Geociências, 31(3): 267-278.*

Fleischer, R. & Routhier, P. 1973. The “consanguineous” origin of a tourmaline-bearing gold deposit: Passagem de Mariana (Brazil). *Economic Geology, 68:11-22.*

Fossen H. 2010. *Structural Geology.* Cambridge University Press. 463p.

Freyberg, B.V. 1932. *Ergebnisse geologischer Forschungen in Minas Gerais, Brasilien: Neues Jahrb, Mineralogie, Geologie, Paläontologie.* 403p.

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

Lacourt, F. 1938. Anticlinal de São Bartolomeu – Passagem. *Revista Mineração e Metalurgia 15: 147-151.*

- Lana C., Alkmim F.F., Armstrong R., Scholz R., Romano R., Nalini Jr H. 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research.*, **231**: 157-173.
- Lima, R.N.F., Silva, A.F.S., Morais R. M. N. Luz, J.A.M. 2007. Caracterização tecnológica de resíduos de pedreiras de quartzito da região de Ouro Preto/MG. *Revista Escola de Minas*, **60(4)**: 663-668.
- Machado N., Schrank A., Noce C.M., Gauthier G. 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: implications for greenstone belt setting and evolution of a transamazonian foreland basin in Quadrilitero Ferrifero, Southeast Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*. **141**:259-276.
- Machado N., Noce C.M., Ladeira E.A., Belo De Oliveira O. 1992. U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco craton, Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, **104**:1221-1227.
- Marshak S. & Alkmim F.F. 1989. Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics*, **8(3)**: 555-571.
- Marshak, S. & Mitra, G. 1988. *Basic Methods of Structural Geology*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall. 446p.
- Nalini Jr. H. A. 1993. Análise Estrutural Descritiva e Cinemática do flanco sul e terminação periclinal do Anticlinal de Mariana e adjacências, região sudeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerias, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 127p.
- Oliveira, F.R. 1998. Contribuição ao estudo da geologia estrutural e da gênese do depósito aurífero de Passagem de Mariana-MG. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 126p.
- Teixeira W., Sabaté P., Barbosa J.S.F., Noce C.M., Carneiro M.A. 2000. Archean and Paleoproterozoic Tectonic evolution of the São Francisco Craton, Brazil. In: U.G .Cordani, E.J. Milani, A. Thomas Filho, D.A. Campos. (eds.), *Tectonic Evolution of the South America*. In: *Int. Geol. Congr. 31*, Rio de Janeiro, Brazil, 101-137.
- Wallace R.M. 1958. The Moeda Formation. *Sociedade Brasileira de Geologia*, **2(7)**: 59-60.
- Zucchetti M., Lobato L.M., Baltazar O.F., 2000. Volcanic and volcanoclastic features in Archean rocks and their tectonic environment, Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero, MG. Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**: 388-392.

ANEXO I

Lâmina	Ponto	Corte XZ		Corte ZY	
		Fotomicrografia	Feição	Fotomicrografia	Feição
AM1a1	AM1	AM1a1_1	Filossilicatada		
		AM1a1_2	Muito filossilicatada		
		AM1a1_3	Menos filossilicatada		
		AM1a1_4	Pouco filossilicatada		
AM1a2	AM1			AM1a2_1	Menos filossilicatada
				AM1a2_2	Mais filossilicatada
				AM1a2_3	Brandamente filossilicatada
				AM1a2_4	Bastante filossilicatada
AM5-1	AM5	AM5-1_1	Menos filossilicatada		
		AM5-1_2	Levemente filossilicatada		
		AM5-1_3	Filossilicatada		
AM5-2	AM5			AM5-2_1	Pouco filossilicatada
				AM5-2_2	Filossilicatada
				AM5-2_3	Mais filossilicatada
AM6-1	AM6	AM6-1_1	Menos filossilicatada		
		AM6-1_2	Muito filossilicatada		
		AM6-1_3	Sigmóides		
AM6-2	AM6			AM6-2_1	Bem filossilicatada, sigmoide

ANEXO II

Pontos	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Altitude (m)	Acama- mento	Foliação	Lineação mineral	Veio	Família de fraturas	
AM1	661474	7744948	918		129/17	124/16	296/68	300/85	
					134/30	114/21		308/84	
					152/18	123/17		310/89	
					145/15	124/11			
					139/18	123/16			
AM2	661931	7745368	933		142/17	125/12			
					122/21	140/17			
					118/25	110/18			
					130/18	108/14			
					133/16	120/15			
AM3	661505	7745468	985		137/23	125/18			
					152/20	126/14			
					23/14				
					18/24				
					275/17				
AM4	661399	7745469	1016		134/15				
					290/09				
					10//22				
					136/18				
					141/19	76/09			
AM5	661179	7745034	948	165/15	144//14	106/10	133/75	125/82	
				167/14	137/16	105/08		115/88	
				176/10	126/11	105/09		125/86	
				145/10	127/21	106/19		125/87	
					165/10	103/06		314/85	
AM6	661090	7745090	980		138/14	106/10		114/81	
					161/17	127/13		306/82	
					178/11	117/04		100/79	
					173/11	119/05			
					195/14	104/03			
AM7	660924	7745165	1009		155/10	111/08			
					148/12	104/08			
					184/11	119/06		261/86	275/85
					171/11	117/08			122/84
					159/14	111/09			105/86
AM8	660821	7745152	1012		153/13	117/11			
					150/17	111/12			
					155/14	118/12		287/87	

					169/20	113/08		284/86
					172/18	106/07		102/86
					158/16	107/10		96/80
					167/16	106/10		290/85
					173/16	108/07		109/83
AM9	660771	7745148	1031	178/23	172/19	112/09		113/84
				173/21	152/18	96/06		106/82
				165/20	149/13	107/09		112/83
				181/20	159/16	114/12		95/88
				169/19	162/19	112/14		108/82
								83/88
								98/81
AM10	660699	7745184	998		186/13	107/04		118/78
					177/14	104/04		117/80
					175/13	105/03		109/89
					182/12	103/04		288/86
					180/14	115/05		104/76
								282/88
AM11	660664	7745193	1007		181/10	108/03		
					178/14	115/05		
					189/13	114/03		
					182/13	121/05		
AM12	661621	7744927	915		122/13	116/13	149/76	304/79
					128/14	108/12	97/36	306/84
					138/15	114/13		326/33
					140/17	121/16		
					145/18	124/17		
					146/14	103/10		
AM13	661664	7744922	908		164/15	119/09	22/77	21/84
					155/15	114/10	303/85	011/86
					142/17	112/14	301/88	012/85
					145/17	119/15		114/88
					158/12	122/09		124/88
					149/16	121/14		298/86
								271/86
								265/87
AM14	661927	7745135	909		129/14	107/12		
					142/18	108/16		
					134/20	128/19		
					133/14	127/13		
					139/15	98/12		
AM15	661778	7745182	932		137/17	114/14		
					140/18	124/15		
					126/14	108/13		
					144/16	94/12		
					149/14	103/10		

					140/13	100/11	
AM16	661604	7745241	953		133/17	103/15	
					126/20	92/16	
					131/19	96/15	
					135/21	105/19	
					138/23	95/17	
					126/21	86/16	
AM17	660746	7745744	1125	163/07	180/07		
				187/08	183/08	103/02	
				171/06	173/12	91/04	
				176/06	189/09	116/03	
					166/13	94/04	
					194/09	260/03	
AM18	660575	7745673	1096		207/06	137/02	281/86
					197/14	278/02	296/82
					203/13	125/03	115/81
					206/12	114/01	
					201/08	129/04	
AM19	661622	7745804	934		258/21		
					266/14		
					237/18		
					256/13		
AM20	661760	7745354	949		128/18	96/16	
					135/21	94/14	
					150/15	88/11	
					131/20	91/16	
					129/17	109/16	
					137/18	100/16	
AM21	661972	7745398	933		129/19	94/15	
					132/19	97/17	
					128/17	86/12	
					125/14	84/10	
					122/15	81/12	
					130/15	85/13	

ANEXO III

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA			
Projeto: Cartografia e Análise deformacional dos quartzitos da Formação...			Data: 03/09/2015
Coordenador (a): André Danderfer Filho		Petrografo (a): Arthur Martins da Costa Lage	
Unidade: Formação Moeda		Segmento Tectônico: Anticlinal de Mariana	
Amostra nº: Am1a	Lâmina nº: Am1a	UTM-N: 7744948	
Folha: Mariana		UTM-E: 661474	
<i>Descrição Macroscópica (cor, composição, granulação, textura, estrutura etc.)</i>			
Quartzito de boa seleção branco com granulação média a muito grossa. A foliação é paralelizada ao acamamento.			
<i>Descrição Microscópica</i>			
<i>Minerais</i>	<i>%</i>	<i>Nat</i>	<i>Características (textura, forma, tamanho, alterações, microestruturas etc.)</i>
Quartzo	93	P	Granulometria variando de muito fina a muito grossa com moda média. Grãos com contatos poligonais. Algumas extinções são ondulantes e há presença de subgrãos. Os cristais se apresentam alongados e achatados segundo o plano da foliação.
Cianita	4	M	Se encontra tabular
Mica branca	2	M	A muscovita é de granulometria fina e está estirada segundo o plano de foliação
Opacos	1	Mn	Anédricos e dispersos nas lâminas
Rutilo		Mn	Elemento traço
Nat (natureza): P – principal; M – maior; Mn – menor; E – essencial (IUGS/SCMR 2007).			
Textura: Granonematoblástica e granolepidoblástica			
Estrutura: A foliação é bem marcante devido ao estiramento dos minerais. A lâmina apresenta bandas com diferentes deformações.			
Metamorfismo (fácies, zona, grau): Fácies Xisto Verde			
Classificação da rocha		Critério/Diagrama	
Quartzito			
<i>Observações Adicionais</i>			

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA			
Projeto: Cartografia e Análise deformacional dos quartzitos da Formação...		Data: 03/09/2015	
Coordenador (a): André Danderfer Filho		Petrógrafo (a): Arthur Martins da Costa Lage	
Unidade: Formação Moeda		Segmento Tectônico: Anticlinal de Mariana	
Amostra n°: Am1b	Lâmina n°: Am1b	UTM-N: 7744948	
Folha: Mariana		UTM-E: 661474	
<i>Descrição Macroscópica (cor, composição, granulção, textura, estrutura etc.)</i>			
Quartzito de boa seleção com granulção média a muito grossa. Apresenta-se com bandas esbranquiçadas e bandas escuras com óxido de ferro. A foliação é paralelizada ao acamamento.			
<i>Descrição Microscópica</i>			
<i>Minerais</i>	<i>%</i>	<i>Nat</i>	<i>Características (textura, forma, tamanho, alterações, microestruturas etc.)</i>
Quartzo	81	P	Granulometria variando de muito fina a muito grossa com moda média. Grãos com contatos poligonais e opacos em seus limites. Algumas extinções são ondulantes e há presença de subgrãos. Os cristais se apresentam alongados e achatados segundo o plano da foliação.
Cianita	15	M	Se encontra tabular
Mica branca	3	M	A muscovita é de granulometria fina e está estirada segundo o plano de foliação
Opacos	1	Mn	Anédricos e dispersos nas lâminas
Rutilo			Elemento traço
Turmalina			Elemento traço
Nat (natureza): P – principal; M – maior; Mn – menor; E – essencial (IUGS/SCMR 2007).			
Textura: Granonematoblástica e granolepidoblástica			
Estrutura: A foliação é bem marcante devido ao estiramento dos minerais. A lâmina apresenta bandas com diferentes deformações.			
Metamorfismo (fácies, zona, grau): Fácies Xisto Verde			
Classificação da rocha		Critério/Diagrama	
Quartzito			
<i>Observações Adicionais</i>			

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA			
Projeto: Cartografia e Análise deformacional dos quartzitos da Formação...		Data: 03/09/2015	
Coordenador (a): André Danderfer Filho		Petrógrafo (a): Arthur Martins da Costa Lage	
Unidade: Formação Moeda		Segmento Tectônico: Anticlinal de Mariana	
Amostra n°: Am1c	Lâmina n°: Am1c	UTM-N: 7744948	
Folha: Mariana		UTM-E: 661474	
<i>Descrição Macroscópica (cor, composição, granulação, textura, estrutura etc.)</i>			
Quartzito de boa seleção avermelhado com granulação média a muito grossa. A foliação é paralelizada ao acamamento.			
<i>Descrição Microscópica</i>			
<i>Minerais</i>	<i>%</i>	<i>Nat</i>	<i>Características (textura, forma, tamanho, alterações, microestruturas etc.)</i>
Quartzo	94	P	Granulometria variando de muito fina a muito grossa com moda média. Grãos com contatos poligonais e manchas vermelhas em seus limites. Algumas extinções são ondulantes e há presença de subgrãos. Os cristais se apresentam alongados e achatados segundo o plano da foliação.
Cianita	5	M	Se encontra tabular
Mica branca	3	M	A muscovita é de granulometria fina e está estirada segundo o plano de foliação
Opacos	2	Mn	Anédricos e dispersos nas lâminas
Nat (natureza): P – principal; M – maior; Mn – menor; E – essencial (IUGS/SCMR 2007).			
Textura: Granonematoblástica e granolepidoblástica			
Estrutura: A foliação é bem marcante devido ao estiramento dos minerais. A lâmina apresenta bandas com diferentes deformações.			
Metamorfismo (fácies, zona, grau): Fácies Xisto Verde			
Classificação da rocha		Critério/Diagrama	
Quartzito			
<i>Observações Adicionais</i>			

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA			
Projeto: Cartografia e Análise deformacional dos quartzitos da Formação...		Data: 03/09/2015	
Coordenador (a): André Danderfer Filho		Petrógrafo (a): Arthur Martins da Costa Lage	
Unidade: Formação Moeda		Segmento Tectônico: Anticlinal de Mariana	
Amostra n°: Am3	Lâmina n°: Am3	UTM-N: 7745468	
Folha: Mariana		UTM-E: 661505	
<i>Descrição Macroscópica (cor, composição, granulção, textura, estrutura etc.)</i>			
Itabirito marcado pelo bandamento de quartzo e hematita.			
<i>Descrição Microscópica</i>			
<i>Minerais</i>	<i>%</i>	<i>Nat</i>	<i>Características (textura, forma, tamanho, alterações, microestruturas etc.)</i>
Opacos	60	Mn	Hematita compacta
Quartzo	40	M	Grãos de quartzo em bandas
Nat (natureza): P – principal; M – maior; Mn – menor; E – essencial (IUGS/SCMR 2007).			
Textura: Bandada			
Estrutura: Bandamento muito bem marcado pelas bandas de quartzo e opacos			
Metamorfismo (fácies, zona, grau): Fácies Xisto Verde			
Classificação da rocha		Critério/Diagrama	
Itabirito			
<i>Observações Adicionais</i>			

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA			
Projeto: Cartografia e Análise deformacional dos quartzitos da Formação...			Data: 03/09/2015
Coordenador (a): André Danderfer Filho		Petrógrafo (a): Arthur Martins da Costa Lage	
Unidade: Formação Moeda		Segmento Tectônico: Anticlinal de Mariana	
Amostra n°: Am5	Lâmina n°: Am5	UTM-N: 7745034	
Folha: Mariana		UTM-E: 661179	
<i>Descrição Macroscópica (cor, composição, granulação, textura, estrutura etc.)</i>			
Quartzito de boa seleção com granulação média a muito grossa. A foliação é paralelizada ao acamamento.			
<i>Descrição Microscópica</i>			
<i>Minerais</i>	<i>%</i>	<i>Nat</i>	<i>Características (textura, forma, tamanho, alterações, microestruturas etc.)</i>
Quartzito	92	P	Granulometria variando de muito fina a muito grossa com moda média. Grãos com contatos poligonais. Algumas extinções são ondulantes e há presença de subgrãos. Os cristais se apresentam alongados e achatados segundo o plano da foliação.
Cianita	5	M	Se encontra tabular também orientada na direção da foliação.
Mica branca	2	M	A muscovita é de granulometria fina e está estirada segundo o plano de foliação
Opacos	1	Mn	Anédricos e dispersos nas lâminas
Rutilo			Elemento traço
Nat (natureza): P – principal; M – maior; Mn – menor; E – essencial (IUGS/SCMR 2007).			
Textura: Granonematoblástica e granolepidoblástica			
Estrutura: A foliação é bem marcante devido ao estiramento dos minerais. A lâmina apresenta bandas com diferentes deformações. O acamamento é marcado por camadas de granulometria fina em meio a camadas com grãos médios.			
Metamorfismo (fácies, zona, grau): Fácies Xisto Verde			
Classificação da rocha		Critério/Diagrama	
Quartzito			
<i>Observações Adicionais</i>			

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA			
Projeto: Cartografia e Análise deformacional dos quartzitos da Formação...		Data: 03/09/2015	
Coordenador (a): André Danderfer Filho		Petrógrafo (a): Arthur Martins da Costa Lage	
Unidade: Formação Moeda		Segmento Tectônico: Anticlinal de Mariana	
Amostra nº: Am6	Lâmina nº: Am6	UTM-N: 7745090	
Folha: Mariana		UTM-E: 661090	
<i>Descrição Macroscópica (cor, composição, granulção, textura, estrutura etc.)</i>			
Quartzito de boa seleção com granulção média a muito grossa. A foliação é paralelizada ao acamamento.			
<i>Descrição Microscópica</i>			
<i>Minerais</i>	<i>%</i>	<i>Nat</i>	<i>Características (textura, forma, tamanho, alterações, microestruturas etc.)</i>
Quartzito	88	P	Granulometria variando de muito fina a muito grossa com moda média. Grãos com contatos poligonais. Maior quantidade de extinções são ondulantes e subgrãos. Os cristais se apresentam alongados e achatados segundo o plano da foliação. Apresenta algumas sombras de pressão simétricas.
Cianita	8	M	Se encontra tabular
Mica branca	3	M	A muscovita é de granulometria fina e está estirada segundo o plano de foliação
Opacos	1	Mn	Anédricos e dispersos nas lâminas
Nat (natureza): P – principal; M – maior; Mn – menor; E – essencial (IUGS/SCMR 2007).			
Textura: Granonematoblástica e granolepidoblástica			
Estrutura: A foliação é bem marcante devido ao estiramento dos minerais. A lâmina apresenta bandas com diferentes deformações.			
Metamorfismo (fácies, zona, grau): Fácies Xisto Verde			
Classificação da rocha		Critério/Diagrama	
Quartzito			
<i>Observações Adicionais</i>			

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA			
Projeto: Cartografia e Análise deformacional dos quartzitos da Formação...			Data: 03/09/2015
Coordenador (a): André Danderfer Filho		Petrógrafo (a): Arthur Martins da Costa Lage	
Unidade: Formação Moeda		Segmento Tectônico: Anticlinal de Mariana	
Amostra n°: Am8	Lâmina n°: Am8	UTM-N: 7745152	
Folha: Mariana		UTM-E: 660821	
<i>Descrição Macroscópica (cor, composição, granulação, textura, estrutura etc.)</i>			
Quartzito de boa seleção branco com granulação média a muito grossa. A foliação é paralelizada ao acamamento.			
<i>Descrição Microscópica</i>			
<i>Minerais</i>	<i>%</i>	<i>Nat</i>	<i>Características (textura, forma, tamanho, alterações, microestruturas etc.)</i>
Quartzo	90	P	Granulometria variando de muito fina a muito grossa com moda média. Grãos com contatos poligonais. Poucas extinções são ondulantes e há presença de subgrãos. Os cristais se apresentam alongados e achatados segundo o plano da foliação.
Cianita	6	M	Se encontra tabular
Mica branca	3	M	A muscovita é de granulometria fina e está estirada segundo o plano de foliação
Opacos	1	Mn	Anédricos e dispersos nas lâminas
Nat (natureza): P – principal; M – maior; Mn – menor; E – essencial (IUGS/SCMR 2007).			
Textura: Granonematoblástica e granolepidoblástica			
Estrutura: A foliação é bem marcante devido ao estiramento dos minerais. A lâmina apresenta bandas com diferentes deformações.			
Metamorfismo (fácies, zona, grau): Fácies Xisto Verde			
Classificação da rocha		Critério/Diagrama	
Quartzito			
<i>Observações Adicionais</i>			