

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Geologia



Análise Estrutural e Tectônica nas regiões de Passa Vinte – MG e Volta Redonda - RJ

Aluno: Leonardo Gonçalves da Silva

Orientador: Dr. Iata Anderson de Souza

Coorientador: Prof. Dr. George Luiz Luvizotto

Rio Claro (SP)

2021

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus Rio Claro

Leonardo Gonçalves da Silva

Análise Estrutural e Tectônica nas regiões de Passa Vinte - MG e
Volta Redonda - RJ

Orientador: Dr. Iata Anderson de Souza
Coorientador: Prof. Dr. George Luiz Luvizotto

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Campus de Rio Claro, da Universidade Esta-
dual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para a
obtenção do grau de Geólogo.

Rio Claro
2021

SVE

Class	(
Tombo	

S586a Silva, Leonardo Gonçalves da
Análise Estrutural e Tectônica nas regiões de Passa Vinte - MG e Volta Redonda - RJ / Leonardo Gonçalves da Silva. -- Rio Claro, 2021
90 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Dr. Iata Anderson de Souza
Coorientador: Prof. Dr. George Luiz Luvizotto

1. Neotectônica. 2. Análise Estrutural. 3. Lineamentos Continentais. 4. Reativação Neotectônica. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Leonardo Gonçalves da Silva

Análise Estrutural e Tectônica nas regiões de Passa Vinte – MG e
Volta Redonda - RJ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Geólogo.

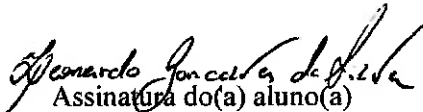
Comissão Examinadora

Dr. Iata Anderson de Souza (orientador)

Prof. Dr. Norberto Morales

Prof. Dr. Clauzionor Lima da Silva

Rio Claro, 26 de março de 2021.


Assinatura do(a) aluno(a)


Assinatura do(a) orientador(a)

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a minha família por todo apoio e suporte necessário, ao meu pai, Marcelo Teixeira da Silva, meu irmão, Pedro Henrique Gonçalves da Silva, e a Larissa Tiemi.

Agradeço aos meus orientadores, Dr. Iata Anderson de Souza e Prof. Dr. George Luiz Luvizotto por toda ajuda, paciência e disposição em ajudar, apontando erros e acertos, compartilhando conhecimentos e sabedoria para o desenvolvimentos do projeto. Agradeço também ao Prof. Dr. Clauzionor Lima da Silva, a Nayara de Macedo dos Santos e a Luana por toda a ajuda, troca de ideias e conselhos durante o desenvolvimento teórico e prático do trabalho.

Agradeço ao projeto LINEAS - “Lineamentos e Zonas de Fraturas Continentais: Possíveis Corredores de Deformação da Bacia de Santos e seu Embasamento”, uma parceria entre UNESP, PETROBRAS e FUNDUNESP.

Agradeço as amizades feitas ao longo dos anos na República Caçamba. Ao colega de quarto Raphael Parra, ao Prozac, TLG, Pinóquio, Lara e Victória. Em especial agradeço ao Saul Hatmann Riffel, por toda ajuda oferecida na área de geologia estrutural, além dos conselhos e sugestões de boas músicas.

Agradeço, em especial, a professora Roseli Perino Salvetti, por ter feito parte da minha vida escolar durante um período importante para minha formação.

Agradeço a Gabriella Luiza Lirola, por todo o amor, paciência, companheirismo e conselhos ao longo de todo esse tempo.

*Seek wisdom in books, rare
manuscripts, and cryptic poems if
you will, but seek it out also in
simple stones, and fragile herbs,
and in the cries of wild birds.*

*Listen to the whisperings of the
wind and the roar of water if you
would discover magic, for it is here
that the old secrets are preserved.*

Scott Cunningham

Resumo

Na porção ocidental do estado do Rio de Janeiro, junto a porção sudeste do estado de Minas Gerais, são observados longos traçados impressos no relevo local, indicando a presença de estruturas com orientação discordante ao *trend* preferencial da porção central da Faixa Ribeira. O objetivo do trabalho resume-se a análise estrutural de estruturas rúpteis identificadas em uma área inserida entre os municípios de Passa Vinte - MG e Volta Redonda - RJ, com base na identificação da orientação principal dos planos de falhas identificadas no local; bem como pela determinação do respectivo sentido de movimentação associada. Como resultados, foram obtidos diagramas de rosetas gerados a partir da análise de lineamentos estruturais identificados em imagens SRTM 30m, assim como lineamentos presentes nas redes de drenagem local. Observou-se um padrão bimodal de estruturas com direção NE-SW e NW-SE, sendo a primeira o resultado de reativações de antigas zonas de fraqueza do embasamento pré-cambriano e, a segunda, resultante da deformação neotectônica atuante na área ao longo do cenozoico. Os dados de falhas e juntas mostram uma gama de orientações e características cinemáticas distintas, onde se destacam, por exemplo, falhas normais oblíquas, com movimentação sinistral e orientação ao longo da direção WNW-ESE; falhas normais de orientação NE-SW identificadas nos sedimentos cenozoicos e embasamento cristalino; foi identificado também a presença de falhas transcorrentes segundo as direções NW-SE e N-S. Os dados obtidos apontam para importantes ativações neotectônicas na área durante o Cenozoico, estruturas de direção NW-SE e N-S mostraram-se responsáveis pela compartimentação da sedimentação Cenozoica nas Bacias de Resende e Volta Redonda.

Palavras Chave: Análise Estrutural. Neotectônica. Lineamentos Continentais. Reativação Tectônica

Abstract

In the western portion of the state of Rio de Janeiro, along the southeastern portion of the state of Minas Gerais, long traces printed in the local relief are observed, indicating the presence of structures with a discordant orientation to the preferential trend of the central portion of the Ribeira Belt. The objective of this work was the structural analysis of brittle structures identified in an area inserted between the municipalities of Passa Vinte - MG and Volta Redonda - RJ, based on the identification of the main orientation of the fault plane identified on the spot; as well as determining the respective direction of associated movement. As a result, rosette diagrams were obtained, created from the analysis of structural lineaments identified in SRTM 30m images, as well as lineaments present in the local fluvial network. A bimodal pattern of structures with NE-SW and NW-SE direction was observed, the first being the result of reactivations of old areas of weakness in the Precambrian bedrock and the second, resulting from the neotectonic deformation acting in the area along the cenozoic. The faults and joints data show a range of distinct kinematic orientations and characteristics and some of them stand out, for example, normal oblique faults with sinistral movement and orientation along the WNW-ESE direction; normal NE-SW orientation faults identified in the cenozoic sediments and crystalline bedrock. The presence of strike-slip faults was also identified according to the NW-SE and N-S directions. The data obtained point to important neotectonic activations in the area during the Cenozoic; NW-SE and N-S direction structures were responsible for the compartmentalization of the Cenozoic sedimentation in the Resende and Volta Redonda Basins.

Keywords: Structural Analysis. Neotectonics. Continental Lineaments. Tectonic Reactivation.

Lista de Figuras

1.1	Localização da área de estudo.	15
3.1	Representação das principais discontinuidades que influenciam a neotectônica no território brasileiro.	19
3.2	Esboço da evolução do segmento central do Rift Continental do Sudeste do Brasil. Legenda no quadro D: 1) falhas de componente normal; 2) falha de componente transcorrente sinistral; 3) falha de componente transcorrente dextral; 4) falha de componente reversa; 5) falha com movimentação não caracterizada. . .	21
3.3	Quadro de eventos tectônicos no Cenozóico no Sudeste do Brasil, segundo diferentes autores e regiões	22
3.4	CrITÉRIOS para determinação de movimento em planos de falhas. 1) Estrias e degraus monominerÁlicos. 2) Marcações de objetos rÍgidos 3) Fraturas conjugadas. 4) Estilolitos. 5) Faces polidas e/ou rugosas. 6) Fraturas T. 7) Fraturas de cisalhamento. 8a) Marcas parabólicas. 8b) Estruturas deformadas.	24
3.5	Modelo representativo das estruturas secundÁrias inseridas no modelo de Riedel e suas respectivas posições em relação ao tensor de esforço principal em um cisalhamento simples dextral.	25
3.6	Esquema representado o Méto do dos Diedros Retos, F representa o plano de falha, S as estrias contidas no plano, A o plano auxiliar. A projeção estereográfica define os diedros compressivos (em cinza) e os diedros distensivos (pontilhados).	26
4.1	Subdivisão do Sistema Orogénico Mantiqueira: o segmento setentrional corresponde ao Orógeno Araçuaí; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí; e o segmento meridional inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel.	28

4.2	Compartimentação do Orógeno Ribeira. 1, embasamento Paleoproterozoico; 2- cobertura metassedimentar pós-1,8 Ga; 3 – sequências metassedimentar à volta do arco magmático, ITV, Grupo Italva; BJ, Grupo Bom Jesus do Itabapoana; SF, Grupo São Fidélis; 4 – Complexo Rio Negro, ortognaisses do Arco Mágmatco; 5 – leucognaisses graníticos da Suíte Cordeiro; 6 – Gnaisses metaluminosos da Suíte Serra dos Órgãos; 7 – granitos da Suíte Nova Friburgo	29
4.3	Mapa dos Domínios Morfoestruturais com base na subdivisão das formas de relevo, no estado do Rio de Janeiro	36
5.1	Mapa hipsométrico regional.	38
5.2	Modelo digital de elevação SRTM com lineamentos estruturais regionais e respectivos diagramas de roseta. N=2613, intervalo angular 10°.	41
5.3	Modelo digital de elevação SRTM com lineamentos estruturais locais e diagramas de rosetas referentes. N=1981, intervalo angular 05°.	42
5.4	Mapa de lineamentos estruturais extraídos em escala local da área de estudo. A) Lineamentos de direção NW-SE. B) Lineamentos de direção NW-SE.	43
5.5	Mapa de lineamentos estruturais extraídos em escala local da área de estudo. A) Lineamentos de direção N-S. B) Lineamentos de direção E-W.	44
5.6	Mapa de lineamentos estruturais extraídos em escala local da área de estudo. A) Lineamentos de direção WNW-ESE. B) Lineamentos de direção ENE-WSW.	45
5.7	Configuração da rede de drenagem do local.	47
5.8	Mapa de lineamentos da rede de drenagem local (IBGE, 1:50000) e diagramas de rosetas. N=1526, intervalo de 10°	48
5.9	Exemplos de juntas observadas na etapa de campo. A) Junta de direção 030/70 observada em afloramento ao longo do ponto RJ-2. B) Conjunto de juntas observadas ao longo do ponto MG-1. Detalhe para junta de direção 110/90 em vermelho e junta de direção 200/80, em amarelo.	49
5.10	(A) Projeção estereográfica de 67 planos de juntas coletadas no embasamento cristalino. (B) Representação estereográfica dos pólos de 67 medidas de juntas coletadas no embasamento.	50
5.11	Projeção estereográfica das falhas normais de direção NE-SW(Projeção Equal Área, Hemisfério Inferior)	51
5.12	Visão em afloramento do ponto RJ-5. A)Relação de corte entre conjunto de falha normal oblíqua N190/30 e falha normal N152/75; B)Detalhe para o plano da falha normal de direção N152/75.	51
5.13	Projeção estereográfica das falhas normais de direção NNE-SSW(Projeção Equal Área, Hemisfério Inferior)	52
5.14	Projeção estereográfica das falhas normais de direção NNW-SSE(Projeção Equal Área, Hemisfério Inferior)	52

5.15	Projeção estereográfica das falhas normais de direção E-W(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)	53
5.16	A)Visão em afloramento do ponto RJ-4; B)Detalhe para o plano da falha normal de direção E-W.	53
5.17	Projeção estereográfica das falhas normais de direção N-S(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)	54
5.18	Falhas normais de direção N-S. A)Exemplo em afloramento de um plano de falha normal de direção N-S apresentando dimensões métricas. B)Detalhe para estrias de movimento realçadas pela presença de material magnético.	54
5.19	Projeção estereográfica das falhas normais oblíquas de direção NE-SW(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)	55
5.20	Exposição de rocha em frente de lavra. A)Espelho de falha normal oblíqua de direção N330/60; B)Detalhe para o plano de falha normal oblíqua com estrias realçadas.	56
5.21	Projeção estereográfica das falhas normais oblíquas de direção WNW-ESE(Projeção Igual Area, Hemisfério Inferior)	57
5.22	Visão geral do afloramento, destacando as principais estruturas rúpteis do local. A) Plano de falha normal listrica de direção N196/63. B) Relação cronológica de eventos observado no afloramento, em destaque para falhas de direção W(NW)-E(SE) seccionando falhas de direção NE-SW. C) Detalhe para plano de falha de direção N130/30. D) Detalhe para estruturas estilo dominó resultantes da ação de falhas normais. E) Detalhe para plano de falha de direção N288/84.	58
5.23	Projeção estereográfica das falhas transcorrentes dextrais de direção NE-SW(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)	59
5.24	Visão em afloramento de uma antiga frente de lavra na pedreira Voldac. A)Plano de falha transcorrente dextral em visão geral no afloramento; B)Detalhe para o plano estriado da estrutura transcorrente.	60
5.25	Projeção estereográfica da falha transcorrente dextral de direção NW-SE(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)	61
5.26	Visão geral do afloramento, destacando as principais estruturas rúpteis do local. A) Plano de falha normal com orientação N170/30. B) Plano de falha normal de orientação 130/20. C) Destaque para o plano de falha transcorrente dextral, de orientação N050/65 e, para o plano de falha normal oblíqua com orientação N210/65. D) Detalhe para plano de falha normal com orientação N190/30. . . .	62
5.27	Porção superior do afloramento do ponto RJ-3, com a presença de juntas ao longo da porção argilosa. Detalhe para junta de direção N20/85 em vermelho, junta N232/85 em azul e junta N130/80 em preto.	63

5.28	A) Projeção estereográfica dos quatro planos de juntas coletadas na Formação Floriano. B) Representação estereográfica dos pólos das quatro medidas de juntas coletadas nas rochas cenozoicas.	64
5.29	Projeção estereográfica das falhas normais de direção NE-SW(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)	65
5.30	Projeção estereográfica das falhas normais de direção E-W(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)	65
5.31	Projeção estereográfica das falhas transcorrente sinistrais de direção N-S(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)	66
5.32	Projeção estereográfica das falhas transcorrentes sinistrais de direção NE-SW(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)	67
5.33	Visão geral do afloramento localizado na Bacia de Resende, mostrando as principais estruturas observadas no local. A) Plano de normal de direção N359/25. B) Plano de falha transcorrente sinistral de direção N314/70. C) Plano de falha normal de direção N340/20. D) Relação de eventos cronológicos, com falha transcorrente sinistral seccionando um plano de falha normal	68
5.34	Paleotensores dos conjuntos de falhas normais identificadas no embasamento cristalino. A) Conjunto de falhas normais de direção NE-SW. B) Conjunto de falhas normais de direção NNE-SSW. C) Conjunto de falhas normais de direção E-W. D) Conjunto de falhas normais de direção N-S. E) Conjunto de falhas normais de direção NNW-SSE.	70
5.35	Paleotensores dos conjuntos de falhas oblíquas identificadas nas rochas do embasamento cristalino. A) Conjunto de falhas normais oblíquas sinistrais de direção WNW-ESE. B) Conjunto de falhas normais oblíquas dextrais de direção NE-SW.	71
5.36	Paleotensores dos conjuntos de falhas transcorrentes identificadas no embasamento cristalino. A) Conjunto de falhas transcorrentes dextrais de direção NE-SW. B) Conjunto de falhas transcorrentes dextrais de direção NW-SE.	72
5.37	Paleotensores dos conjuntos de falhas normais presentes no sedimento cenozoico. A) Conjunto de falhas normais de direção NE-SW. B) Conjunto de falhas normais de direção E-W.	73
5.38	Paleotensores dos conjuntos de falhas transcorrentes presentes no sedimento cenozoico. A) Conjunto de falhas sinistrais de direção N-S. B) Conjunto de falhas transcorrentes sinistrais de direção NE-SW.	73

Sumário

1	Introdução	13
1.1	Objetivos	14
1.2	Justificativa	14
1.3	Localização da Área de Estudo	14
2	Materiais e Métodos	16
2.1	Levantamento Bibliográfico	16
2.2	Levantamento Cartográfico	16
2.3	Extração de Lineamentos Estruturais	16
2.4	Confecção de Mapas Base	17
2.5	Etapa de campo	17
2.6	Etapa pós-campo	17
3	Fundamentação Teórica	18
3.1	O Conceito de Neotectônica	18
3.1.1	Neotectônica na Região Sudeste do Brasil	20
3.2	Tectônica Rúptil	23
4	Geologia Regional	27
4.1	Síntese Geológica	27
4.2	Unidades Litológicas	29
4.2.1	Embasamento Paleoproterozoico	29
4.2.1.1	Complexo Mantiqueira	29
4.2.1.2	Complexo Juiz de Fora	30
4.2.1.3	Complexos Quirino e Taquaral	30
4.2.2	Sequências Neoproterozoicas	31
4.2.2.1	Megassequência Andrelândia	31
4.2.2.2	Grupo Raposo	31
4.2.2.3	Grupo Paraíba do Sul	32

4.2.2.4	Grupo Embu	32
4.2.3	Magmatismo Sin- a Tardi-Colisional Neoproterozoico	33
4.2.3.1	Suíte Campo Alegre	33
4.2.3.2	Suíte Rio Turvo	33
4.2.3.3	Granito Serra do Lagarto e Granito Pedra Selada	33
4.2.4	Unidades Cenozoicas	34
4.2.4.1	Bacia de Resende	34
4.2.4.2	Bacia de Volta Redonda	34
4.3	Geomorfologia	35
5	Resultados	37
5.1	Análise Topográfica	37
5.2	Lineamentos Estruturais	38
5.3	Rede de Drenagem	46
5.4	Estruturas Rúpteis	48
5.4.1	Embasamento cristalino	49
5.4.1.1	Juntas	49
5.4.1.2	Falhas Normais	50
5.4.1.2.1	Falhas Normais NE-SW	50
5.4.1.2.2	Falhas Normais NNE-SSW	51
5.4.1.2.3	Falhas Normais NNW-SSE	52
5.4.1.2.4	Falhas Normais E-W	53
5.4.1.2.5	Falhas Normais N-S	54
5.4.1.3	Falhas Oblíquas	55
5.4.1.3.1	Falhas Oblíquas NE-SW	55
5.4.1.3.2	Falhas Oblíquas WNW-ESE	56
5.4.1.4	Falhas Transcorrentes	59
5.4.1.4.1	Falhas Transcorrentes NE-SW	59
5.4.1.4.2	Falhas Transcorrentes NW-SE	60
5.4.2	Sedimento Cenozoico	63
5.4.2.1	Juntas	63
5.4.2.2	Falhas Normais	64
5.4.2.2.1	Falhas Normais NE-SW	64
5.4.2.2.2	Falhas Normais E-W	65
5.4.2.3	Falhas Transcorrentes	66
5.4.2.3.1	Falhas Transcorrentes N-S	66
5.4.2.3.2	Falhas Transcorrentes NE-SW	66
5.5	Eixos de Paleotensão	69
5.5.1	Embasamento Cristalino	69

5.5.1.1	Falhas Normais	69
5.5.1.2	Falhas Oblíquas	70
5.5.1.3	Falhas Transcorrentes	71
5.5.2	Sedimento Cenozoico	72
5.5.2.1	Falhas Normais	72
5.5.2.2	Falhas Transcorrentes	73
6	Síntese Estrutural	74
7	Conclusão	76
	Referências Bibliográficas	78

Introdução

A região sudeste do território Brasileiro, em uma faixa que se estende desde o estado do Paraná até o norte do estado do Rio de Janeiro, caracteriza-se por exibir uma configuração geomorfológica originada a partir de eventos tectônicos associados a fragmentação da Plataforma Sul-Americana do Continente Africano, em associação a processos tectônicos posteriores, como o evento de soerguimento da Serra do Mar e eventos neotectônicos relacionados a deriva da Plataforma Sul-Americana.

Nas últimas décadas diferentes denominações foram empregadas para representar a sequência de grábens de idade cenozoica que ocorrem no Sudeste do Brasil: Sistema de *Riftes* da Serra do Mar (Almeida, 1976), Sistema de Bacias Tafrogênicas do Sudeste Brasileiro (Melo *et al.*, 1985), Rift Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini *et al.*, 1989) e Sistemas de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (Zalán e Oliveira, 2005). Diversos autores propuseram trabalhos com o intuito de compreender as ativações e reativações cenozoicas no sudeste do Brasil. Muito embora os autores possam apresentar diferenças nas interpretações acerca da tectônica rúptil cenozoica, todos apontam para sua importância nos processos de compartimentação do relevo, rearranjo do sistema fluvial, sedimentação de bacias e deformação dos sedimentos recentes, continentais e plataformais (Asmus e Ferrari, 1978; Riccomini *et al.*, 1989; Hasui, 1990; Souza, 2008; Gontijo-Pascutti *et al.*, 2010).

As feições morfoestruturais identificadas na região vêm sendo estudadas por pesquisadores que identificaram uma primeira reativação rúptil associada a formação do Rift Continental do Sudeste do Brasil durante o Paleogeno, com posteriormente deformação neotectônica, em ventos distintos que se estenderam até o Quaternário (Lopes, 2008; Gontijo-Pascutti, 2010; Miguens, 2016; Real, 2016; Souza, 2008). No cenário apresentado o trabalho visa contribuir para uma melhor compreensão acerca da evolução estrutural da área por meio da obtenção e análise sistêmica de dados estruturais e de estruturas geomorfológicas presentes na área de estudo, afim de se determinar uma ordem cronológica para os eventos tectônicos que atuaram entre as regiões oeste do estado do Rio de Janeiro e sudeste do estado de Minas Gerais.

1.1 *Objetivos*

O trabalho possui como objetivos:

1. Realizar a análise estrutural, por meio de estruturas rúpteis observadas em campo, somada a análise de lineamentos estruturais extraídos das feições do relevo e drenagem, buscando a compreensão do padrão de fraturamento e suas relações com as unidades geológicas do local.
2. Definir a relação cronológica dos eventos tectônicos que atuaram na área de estudo, por meio da análise de paleotensões relacionadas a cada evento e/ou reativação estrutural e tectônica identificada na região de estudo.

1.2 *Justificativa*

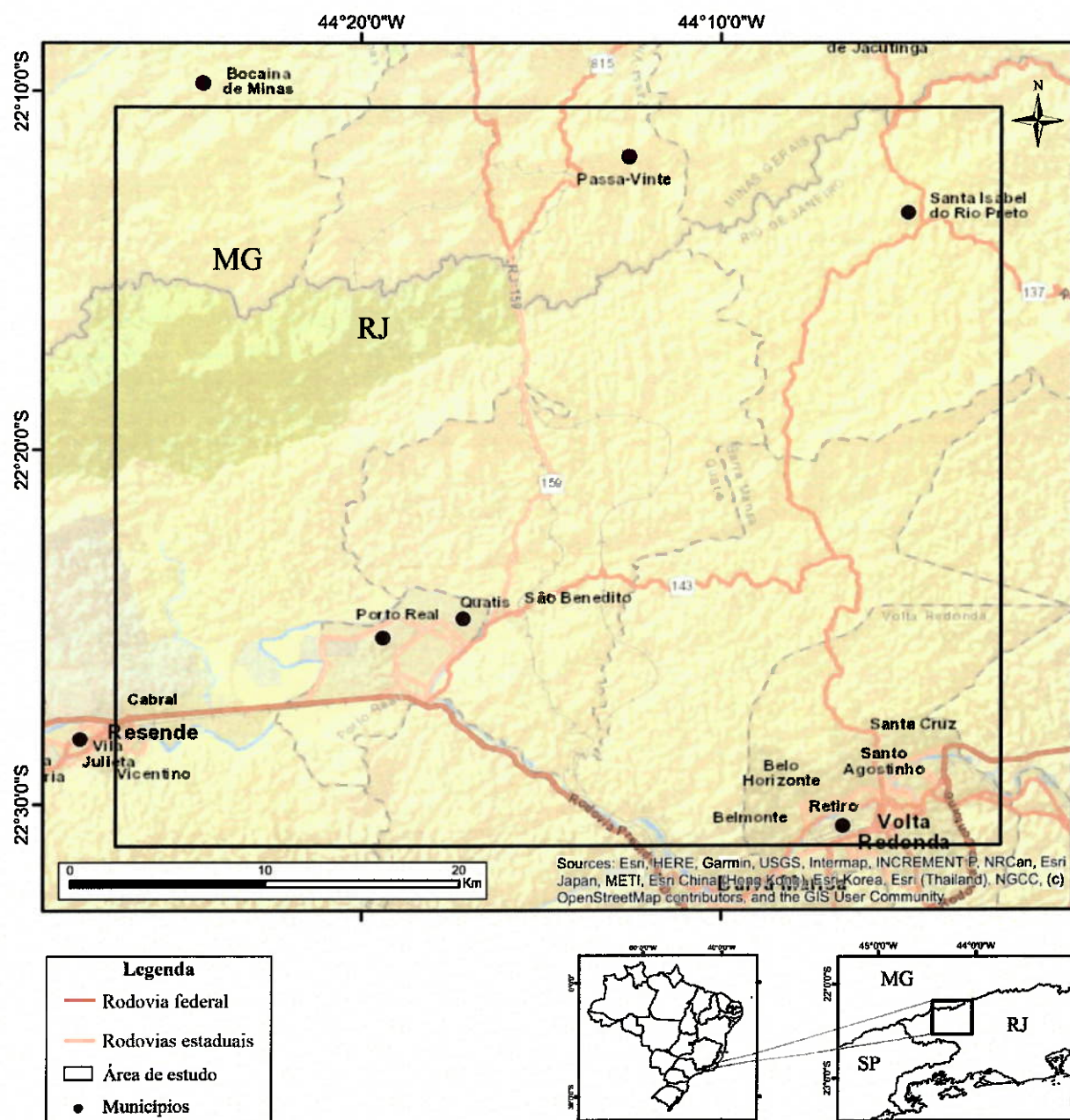
A compreensão da evolução geológica e geomorfológica da porção central do Rift Continental do Sudeste do Brasil faz-se necessária do ponto de vista da história geológica envolvida na evolução da margem continental do Sudeste do Brasil. A área de estudo e os objetivos desse trabalho foram escolhidos devida a pouca quantidades de dados estruturais presentes na literatura geológica da porção oeste do estado do Rio de Janeiro e da porção sudeste do estado de Minas Gerais.

A identificação de importantes traçados estruturais cujas extensões se prolongam do continente em direção a Plataforma Continental foi relatada em trabalhos anteriores (Zalán, 1986; Souza, 2008). Logo, o estudo e caracterização dos principais lineamentos estruturais da região pode servir de subsídio para o estudo da deformação rúptil em bacias sedimentares adjacentes, como a Bacia de Santos, na direção sul da área de estudo, bem como nos terrenos cristalinos adjacentes a região estudada nesse trabalho.

1.3 *Localização da Área de Estudo*

A área de estudo localiza-se entre a região oeste do estado do Rio de Janeiro e sudeste do estado de Minas Gerais, nas regiões entre os municípios de Passa Vinte, Resende, Nossa Senhora do Amparo, Porto Real e Quatis. A principal via de acesso partindo de São Paulo é a Rodovia Presidente Dutra (BR-116), que faz divisa com a área na região do município de Resende. Iniciando por Resende o acesso se dá por meio das rodovias RJ-161 e RJ-159, ambas cortam a área de estudo no sentido norte até o estado de Minas Gerais. Partindo de Minas Gerais o acesso se dá pela rodovia LMG-814, ao sul do município de Liberdade, bem como pela rodovia MG-457 ao norte de Santa Rita de Jacutinga. No extremo nordeste da área o acesso se dá pela rodovia RJ-151, por meio do município de Rio Preto, e no extremo sudeste pela rodovia RJ-137 partindo de Barra do Piraí (figura 1.1).

Figura 1.1: Localização da área de estudo.



Fonte: Produzido pelo autor

Materiais e Métodos

2.1 *Levantamento Bibliográfico*

A pesquisa e organização de trabalhos realizados previamente na região de interesse representa uma etapa fundamental para a compreensão do contexto geológico dentro do qual o trabalho foi realizado. Buscou-se também uma contextualização teórica dos principais tópicos a serem abordados e discutidos ao longo do trabalho, abrangendo uma literatura específica da área de Geologia Estrutural, Geomorfologia e Tectônica; buscando uma melhor compreensão do cenário teórico no qual a área de estudo encontra-se inserida.

2.2 *Levantamento Cartográfico*

Foram obtidos dados topográficos disponíveis pelo IBGE no formato de folhas topográficas regionais na escala 1:25.000 (<https://downloads.ibge.gov.br/>), onde foram obtidas as folhas de Volta Redonda (SF-23-Z-A), Liberdade (SF-23-Z-A-II-1), Santa Rita de Jacutinga (SF-23-Z-A-II-2) Resende (SF-23-Z-A-II-3) e Volta Redonda (SF-23-Z-A-V-2). Agregou-se a esses dados elementos geológicos disponibilizados pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, no formato de relatórios técnicos e mapas geológicos realizados na escala 1:100.000 das folhas de Santa Rita de Jacutinga e Barra do Pirai.

2.3 *Extração de Lineamentos Estruturais*

Nessa etapa foi realizada a extração de feições lineares presentes no relevo, bem como aquelas identificadas nas redes de drenagem da região. O objetivo se justificou na visualização de atitudes ao longo do terreno, uma vez que o traçado das drenagens e do relevo podem revelar a natureza das rochas e das estruturas presentes no local. As imagens SRTM, disponíveis na plataforma USGS – United States Geological Survey (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), com resolução espacial de 30m, foram processadas no programa *Global Mapper*, nas quais foram

aplicados sombreamentos variados a partir de diferentes direções de iluminação (azimutes 00°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°).

A partir dos lineamentos extraídos por meio do processamento de imagens SRTM, foram confeccionados diagramas de roseta para frequência acumulada e comprimento acumulado, por meio do *software* RockWorks16, buscando a obtenção das direções principais apresentadas no mapa de estruturas lineares.

2.4 *Confeção de Mapas Base*

Por meio do programa ArcGIS 10.8 foi realizado o georreferenciamento dos mapas topográficos e geológicos utilizando como referência o sistema de coordenadas SIRGAS 2000. Em seguida, as informações contidas nos mapas, tais como: rodovias, estradas, limites urbanos, corpos d'água, foram vetorizadas em arquivos shapefile (.shp), com o intuito de auxiliar na confecção de mapas durante a integração de dados.

2.5 *Etapa de campo*

Foi realizada uma saída de campo, buscando uma maior distribuição de pontos ao longo da área de estudo. Foram realizadas descrições estruturais em sete pontos ao longo dessa etapa, onde foram levantados dados lito-estruturais dos principais traçados estruturais observados no relevo da região em escala regional. Em cada ponto foram registrados dados relacionados a dimensão dos afloramentos, dados de descrição litológica e levantamentos estruturais, como medidas de foliação, planos e estrias de falhas, juntas e dobras. Ambas medidas foram registradas com bússola Clair, e também pelo aplicativo *Stereonet Mobile*.

2.6 *Etapa pós-campo*

A etapa final do trabalho envolveu atividades de escritório, onde foi feita a organização e interpretação dos dados obtidos ao longo da etapa de campo. Ao final dessa etapa foram confeccionados mapas, perfis e estereogramas; realizando assim a integralização dos dados visando a compreensão dos processos relacionados a reativação de falhas, cronologia de eventos e movimentos inseridos no regime tectônico vigente. Os dados estruturais coletados em campo foram analisados usando os softwares Stereonet 10, para a análise juntas, e Wintensor (Delvaux, 2012), com o objetivo de determinar a direção dois eixos de tensão por meio do método dos diedros retos.

A produção e confecção da monografia acompanhou todas as etapas previstas para o trabalho. Na etapa pré-campo realizou-se o levantamento do texto base, durante a etapa de campo realizou-se a coleta e compilação dos dados obtidos e na etapa pós-campo foi feita a integração de interpretação dos dados, bem como a produção da redação da monografia.

Fundamentação Teórica

3.1 O Conceito de Neotectônica

Ao longo das últimas décadas o conceito sobre neotectônica vem sendo aprimorado, buscando um melhor entendimento sobre os processos tectônicos atuantes ao longo do Cenozoico. O termo foi utilizado pela primeira vez na década de 1940, sendo introduzido por Obruchev (1948 *apud* Saadi, 1993) na definição de movimentos atuantes na crosta ao longo do Neógeno ao Quaternário, influenciando diretamente a evolução topográfica e geomorfológica.

Outras definições foram propostas nos anos seguintes, possuindo maior relevância aquelas relacionadas a teoria de tectônica de placas. Möerner (1978 *apud* Mello, 1997), por meio da União Internacional de Pesquisa do Quaternário (INQUA - *International Union for Quaternary Research*), definiu o conceito como sendo qualquer movimento ativo no globo ou deformações na crosta a nível geodésico de referência, os seus mecanismos, a sua origem geológica e suas implicações para vários propósitos e extrapolações futuras. Ainda segundo a mesma definição não se define um limite inferior para os eventos neotectônico, podendo então, por definição, representar eventos instantâneos até eventos de idade superior a 10^7 anos.

Para Pavdelis (1989 *apud* Saadi, 1993) a neotectônica é dependente de cada ambiente geológico, mas no geral são eventos tectônicos recentes, que ocorrem ou estão ocorrendo em uma determinada região após sua última reorganização tectônica mais significativa ou após o último evento orogênico registrado no local.

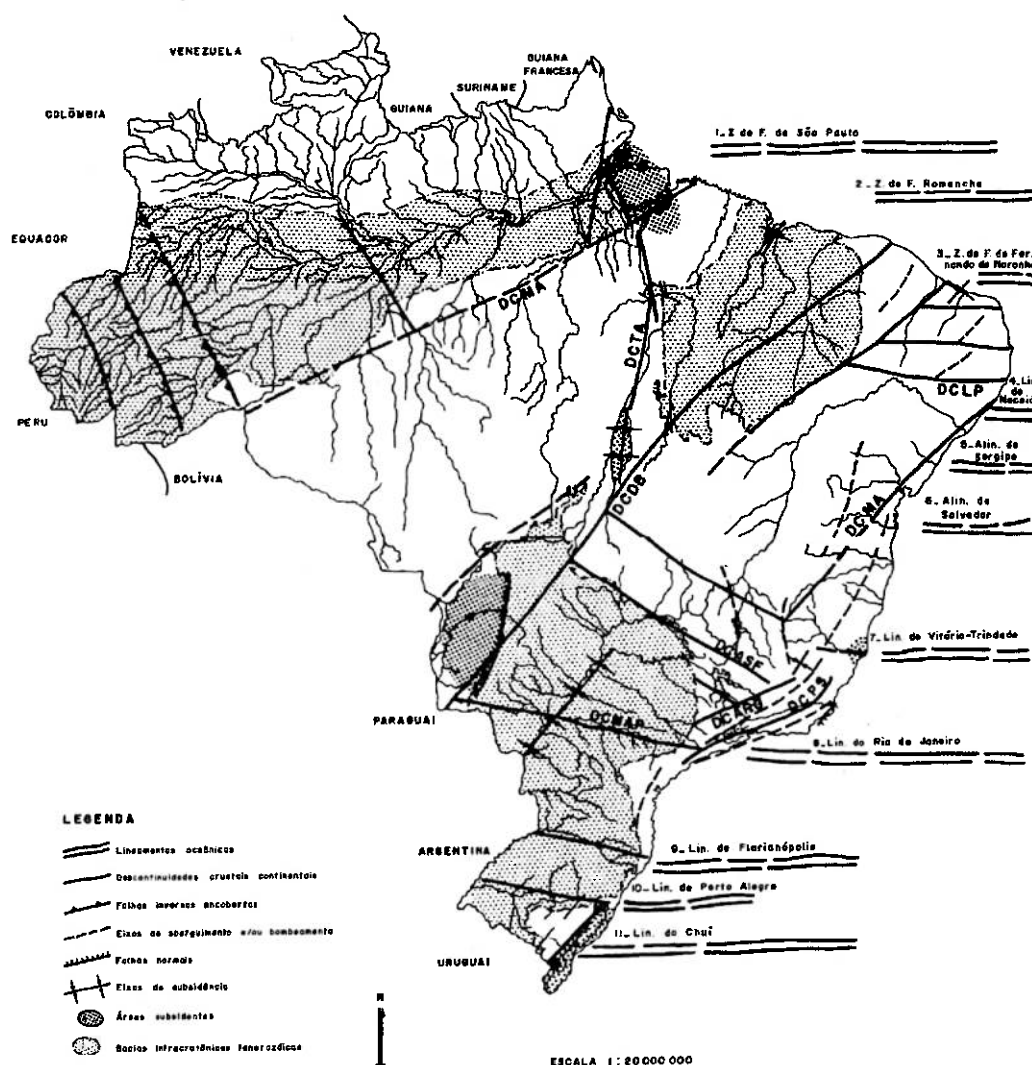
Stewart & Hancock (1994) apresentam a neotectônica como sendo o estudo de movimentos que ocorreram no passado e continuam ocorrendo no presente, porém, sem um limite inferior definido. Segundo os autores os movimentos se enquadram no quadro tectônico atual, porém, com possíveis reativações de estruturas do passado.

Hasui (1990) define os eventos neotectônicos como sendo eventos tectônicos ressurgentes. Segundo o autor, durante a atuação de esforços tectônicos existe uma maior probabilidade de reativação de falhas preexistentes em comparação a nucleação e surgimento de novas falhas. A tectônica ressurgente possui importante função no contexto evolutivo da crosta continental,

onde se faz presente não apenas na reativação de falhas isoladas como também na reativação de zonas de cisalhamento e de sistemas tectônicos por completo. No território brasileiro Hasui (1990) apresenta uma idade máxima para a compreensão da neotectônica apontando para o Oligoceno-Mioceno, no momento em que se deu a instalação da Cordilheira dos Andes, com a Placa Sul-Americana passando a sofrer tensões resultantes da subducção da Placa de Nazca.

Segundo Saadi (1993) a Plataforma Brasileira foi afetada, em toda sua extensão, por esforços tectônicos ao longo do Cenozoico, aproveitando, em sua maioria, linhas de fraqueza crustal herdadas de área mais antigas, reforçando assim a concepção de tectônica ressurgente apresentada por Hasui (1990) (figura 3.1). Ainda segundo o mesmo autor os limites definidos como discontinuidades crustais resultam da reativação, em sua maioria em regimes transcorrentes, de lineamentos pré-cambrianos expressivos.

Figura 3.1: Representação das principais discontinuidades que influenciam a neotectônica no território brasileiro.



Fonte: Extraído de Saadi, 1993

3.1.1 *Neotectônica na Região Sudeste do Brasil*

Diversos autores estudaram e evidenciaram indícios de movimentação tectônica Cenozoica no Sudeste do Brasil (Riccomini, 1989; Hasui, 1990; Salvador, 1994; Mello, 1997; Gontijo, 1999; Riccomini & Assumpção, 1999; Ferrari, 2001; Albuquerque, 2004; Sanson, 2006; entre outros). Riccomini (1989) apresenta uma sequência cronológica de eventos responsáveis pela instalação e posterior deformação do Rifte Continental do Sudeste do Brasil (figura 3.2).

I Eoceno/Oligoceno - Distensão NNW-SSE

Formação da depressão original do *rift* com concomitante preenchimento sedimentar, sob a ação de um campo de esforços distensivos de direção NNW-SSE, causando reativação, na forma de falhas normais, a partir de antigas zonas de cisalhamento proterozoicas de direção NE/ENE.

II Neógeno - Transcorrência Sinistral E-W

Fase que representa o primeiro evento de deformação neotectônica identificado no RCSB. Foi caracterizada como um regime transcorrente sinistral de direção E-W, com distensão ao longo da direção NW-SE e, localmente, apresentando um regime compressivo ao longo da direção NE-SW.

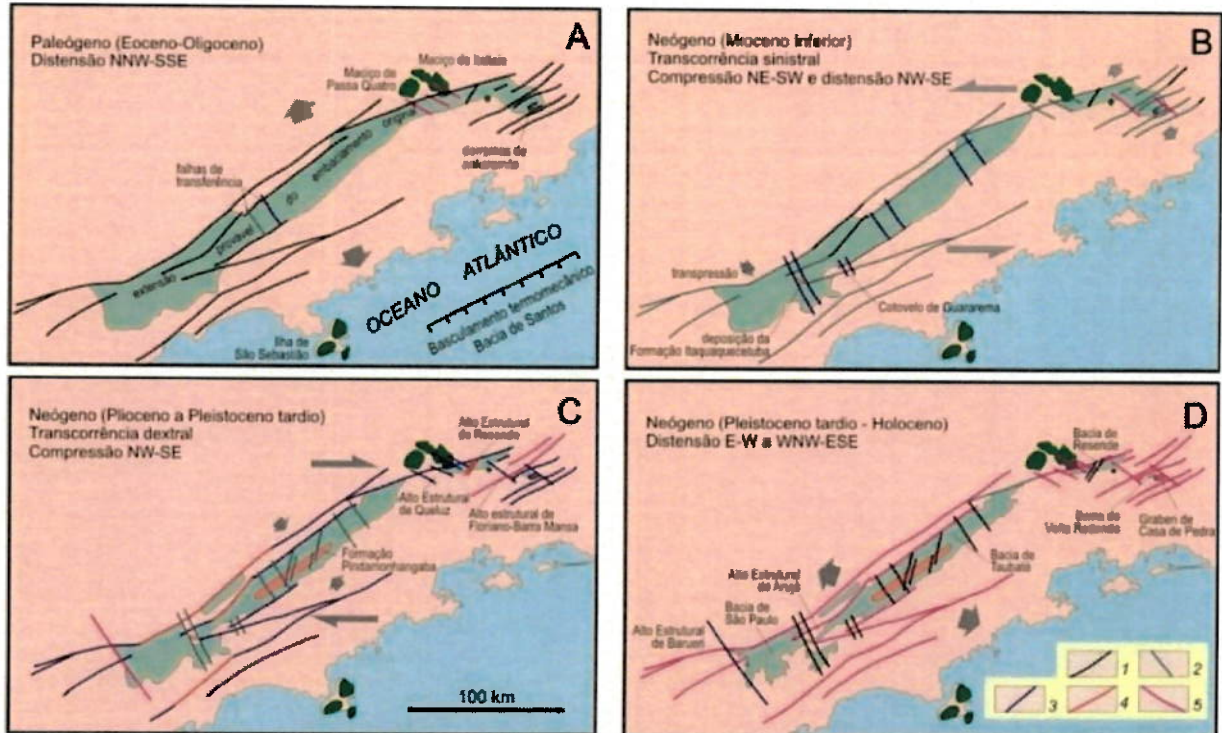
III Pleistoceno/Holoceno - Transcorrência Dextral E-W

Evento tectônico bem marcado e observado ao longo do Sudeste Brasileiro, sendo identificado por vários autores já citados (e.g Riccomini, 1989; Salvador, 1994; Mello, 1997; Gontijo, 1999; Riccomini & Assumpção, 1999; Ferrari, 2001; Albuquerque, 2004; Sanson, 2006). É caracterizado por um binário na direção E-W com movimentação transcorrente dextral, apresentando compressão ao longo da direção NW-SE.

IV Holoceno - Distensão WNW-ESE

Último evento deformacional regional, correspondente a um regime distensivo de direção WNW-ESE responsável por influenciar e resultar no contorno atual da distribuição dos sedimentos.

Figura 3.2: Esboço da evolução do segmento central do Rift Continental do Sudeste do Brasil. Legenda no quadro D: 1) falhas de componente normal; 2) falha de componente transcorrente sinistral; 3) falha de componente transcorrente dextral; 4) falha de componente reversa; 5) falha com movimentação não caracterizada.



Fonte: Extraído de Riccomini et al., 2004

Ainda segundo Riccomini (1989) foi inferida uma quinta fase tectônica, com base em dados de mecanismos focais de terremotos. A fase seria caracterizada por um evento compressivo de direção E-W, causando reativação de antigas falhas de direção N-S, bem como a geração de falhas conjugadas de direções ENE e WNW nos depósitos colúvio-aluviais. Esse último evento veio a ser reconhecido por Salvador & Riccomini (1995).

No contexto local das bacias de Resende e Volta Redonda, Albuquerque (2004) e Sanson (2006) identificaram três regimes tectônicos nos depósitos cenozoicos das bacias:

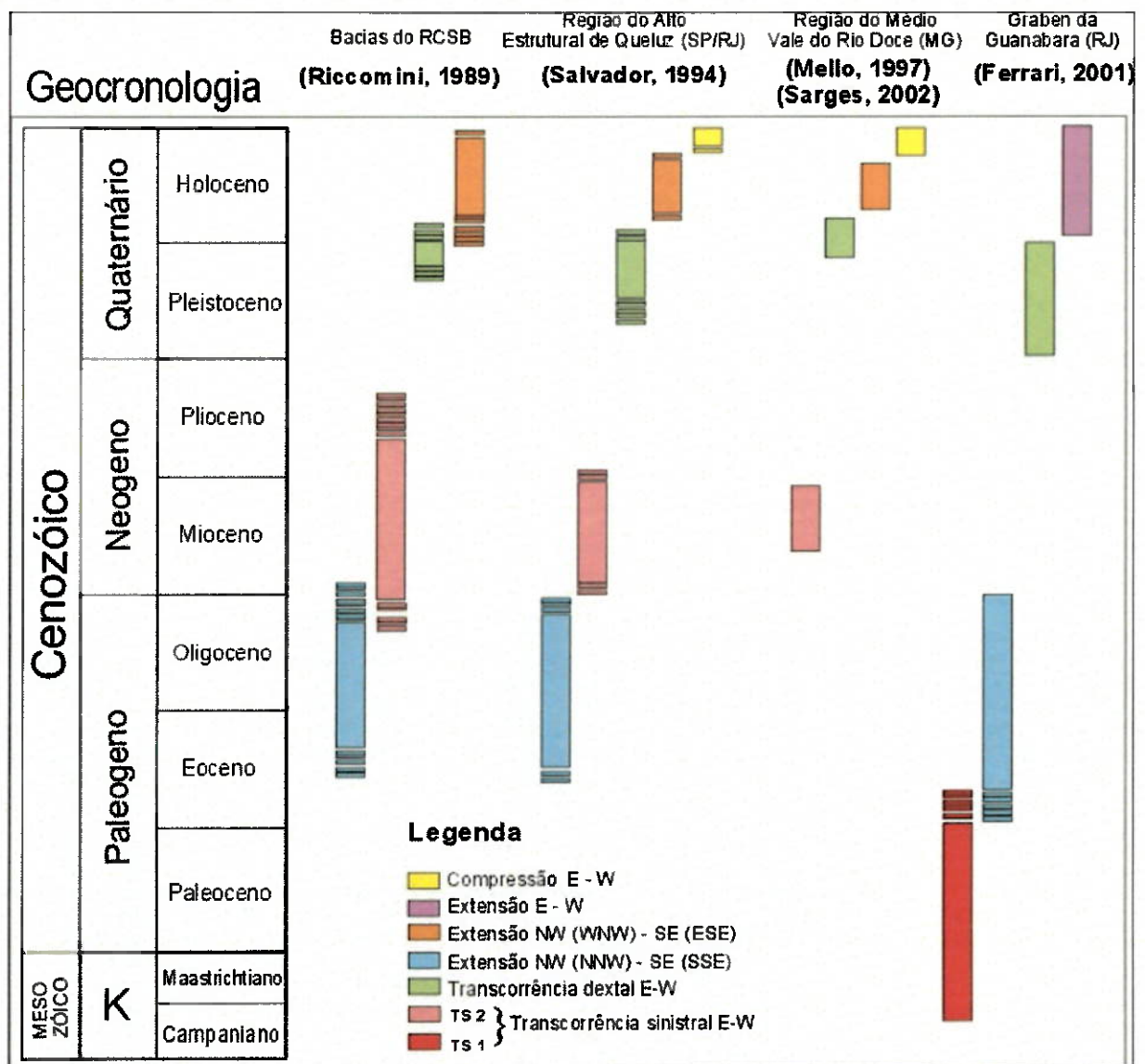
- I Neógeno - Regime de transcorrência sinistral E-W em associação com uma extensão NW-SE e compressão NE-SW.
- II Pleistoceno/Holoceno - Regime transcorrente dextral E-W em associação a uma extensão NE-SW e compressão NW-SE.
- III Holoceno - Regime de distensão NW-SE.

Segundo Riccomini et al., (2004), as variações nos campos dos esforços tectônicos responsáveis pela movimentação e eventos Cenozoicos citados acima decorreram do balanço entre o *ridge-push* e *slab-pull* da Placa Sul-Americana, em relação a Placa Africana e a Placa de Nazca. Segundo Riccomini (1989), considerando a direção preferencial do RCSB segundo a direção NE, em relação a movimentação da Placa Sul-Americana, para W, ocorreria trans-

pressão (transcorrência dextral associada a compressão) no momento que o *ridge-push* superasse o *slap-pull*; da mesma forma que a transtração (transcorrência sinistral associada a distensão) ocorreria no caso oposto. Riccomini *et al.*, (2004) ainda associam outros fatores que estariam envolvidos no balanço dos esforços, como a carga sedimentar na Bacia de Santos, soerguimentos regionais e a subida do eustático após a glaciação Pleistocênica.

O modelo proposto por Riccomini (1989) para o segmento central do RCSB, e apresentado acima; pode ser estendido para outros segmentos do rifte, bem como para áreas do embasamento pré-cambriano adjacentes às bacias e em escala regional. Essas observações permitem, portanto, a elaboração de um quadro regional para o Sudeste do Brasil (figura 3.3).

Figura 3.3: Quadro de eventos tectônicos no Cenozóico no Sudeste do Brasil, segundo diferentes autores e regiões



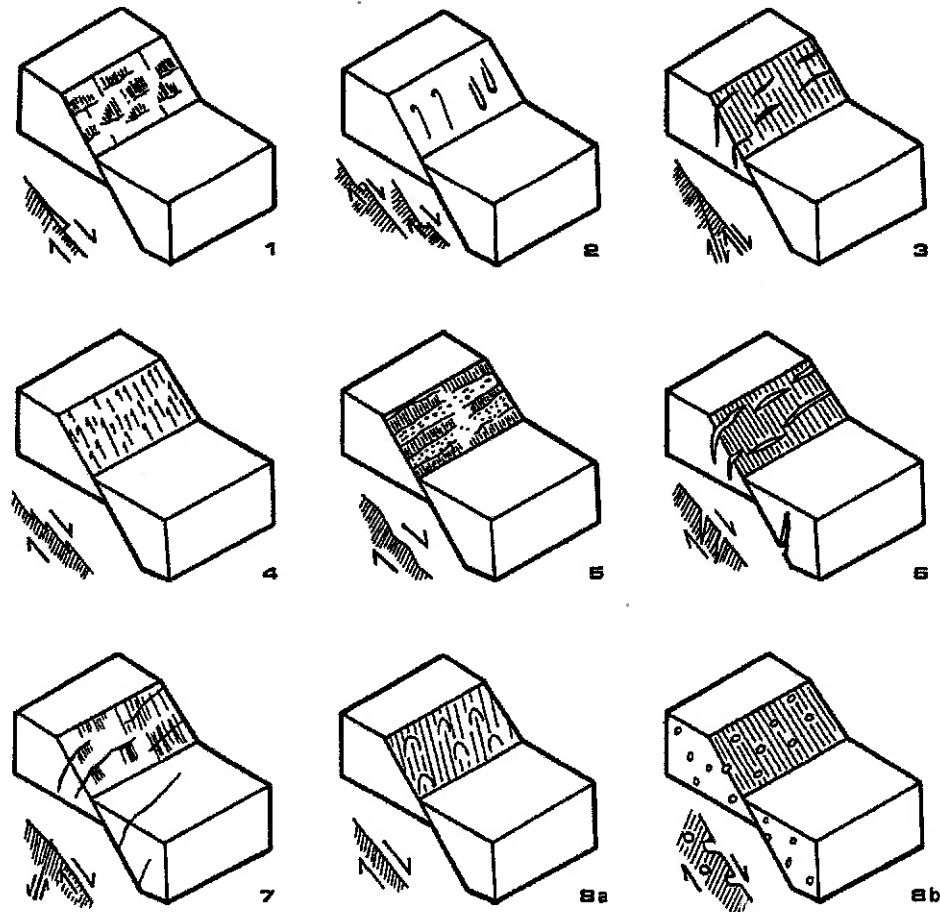
Fonte: Mello & Ferrari, (2003).

3.2 *Tectônica Rúptil*

Será apresentado os conceitos básicos relacionados a tectônica atuante nas porções superficiais da crosta, região na qual são geradas superfícies de descontinuidades (fraturas) resultantes da atuação de um esforço aplicado sobre as rochas. Fraturas são estruturas que podem ser classificadas de maneiras distintas a partir de um condicionante cinemático observado no plano de fratura, são denominadas de falhas as fraturas que apresentam movimentação relativa entre os blocos paralelos ao plano fraturado, e juntas, aquelas onde não se observa a movimentação lateral dos blocos.

Petit (1987) apresenta um conjunto de estruturas menores a partir das quais se torna possível determinar o sentido e direção de movimentação dos blocos falhados, fatores importantes para a compreensão da atuação de esforços na crosta superior. A caracterização do sentido de movimento das falhas foi ilustrado por Angelier (1994) como mostra a figura 3.4, nesse contexto, alguns métodos são utilizados para a caracterização do sentido de movimento da falha. A observação de irregularidades no plano de falha é o método mais utilizado e o de maior confiabilidade, as irregularidades são denominadas *slickensides* e são caracterizadas por um conjunto de degraus gerados a partir da cristalização de minerais secundários (calcita, epidoto, etc...) nas irregularidades dos planos de falhas, apresentando direção de crescimento voltada para o sentido do bloco movimentado (Angelier, 1994). Na ausência de degraus o sentido de movimento pode ser inferido com base em ranhuras ou "estrias", geradas pelo atrito dos blocos no plano de falha indicando assim a direção de movimento do bloco deslocado (Petit, 1987).

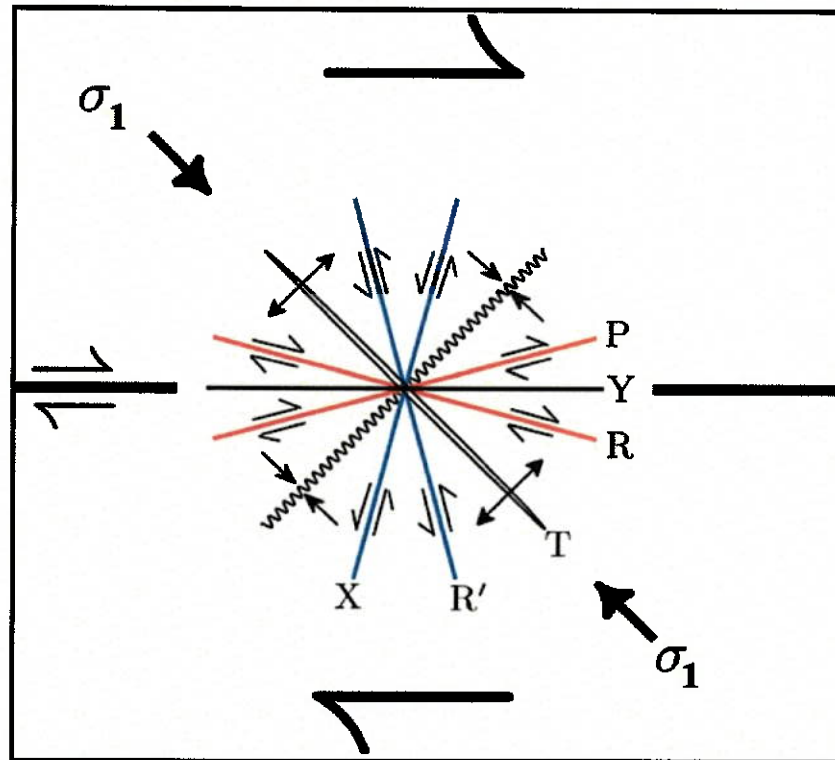
Figura 3.4: Critérios para determinação de movimento em planos de falhas. 1) Estrias e degraus monominerálicos. 2) Marcação de objetos rígidos. 3) Fraturas conjugadas. 4) Estilolitos. 5) Faces polidas e/ou rugosas. 6) Fraturas T. 7) Fraturas de cisalhamento. 8a) Marcas parabólicas. 8b) Estruturas deformadas.



Fonte: Extraído de Angelier, 1994

Em um contexto transcorrente observamos a formação de ramificações de juntas e falhas em padrões que obedecem o modelo de Riedel, onde as estruturas originam-se a partir do plano principal de falha, com ângulos e sentido de movimento específicos, a figura 3.5 mostra as estruturas formadas em um contexto de cisalhamento simples com movimentação dextral. A fratura T (tração) ocorre em paralelo ao eixo de máximo esforço (σ_1), são fraturas de extensão que se formam com ângulo de 30° a 90° e relação ao plano de falha principal (Y). O par conjugado formado pelas fraturas R (sintéticas) e R' (antitéticas) formam entre si um ângulo de 60° . As fraturas P e X são fraturas de caráter secundário, sendo elas sintéticas e antitéticas, respectivamente. Perpendicular a direção do maior esforço podem ocorrer a formação de estruturas relacionadas a dissolução por pressão, como estilolitos, formadas em decorrência do esforço compressivo na direção específica.

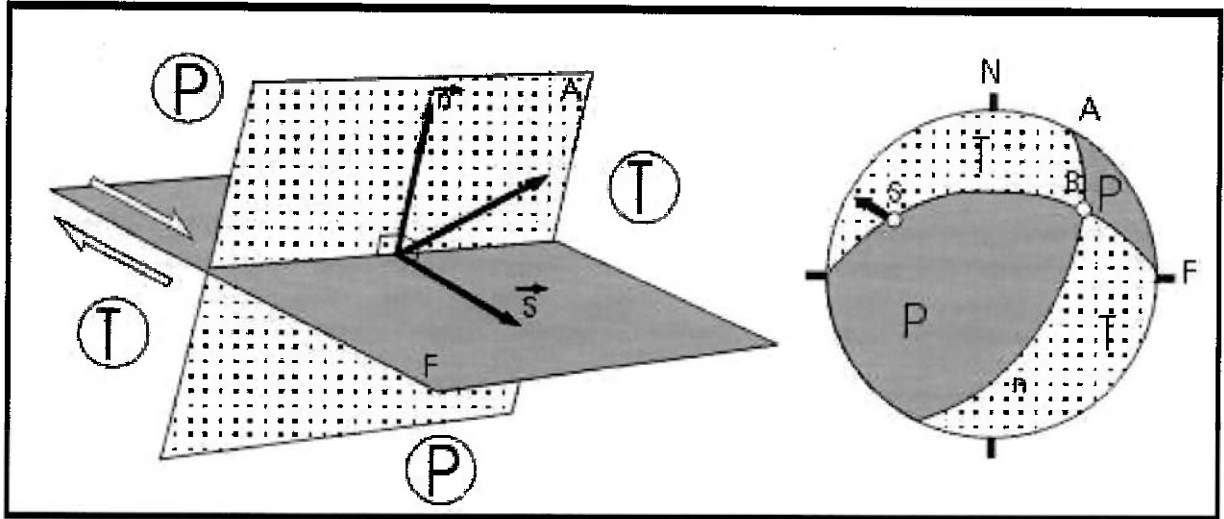
Figura 3.5: Modelo representativo das estruturas secundárias inseridas no modelo de Riedel e suas respectivas posições em relação ao tensor de esforço principal em um cisalhamento simples dextral.



Fonte: Adaptado de Sylvester (1988)

Ainda segundo Angelier (1994), em um contexto de estudo e análise de estruturas rúpteis torna-se possível a determinação da direção dos esforços que originaram os falhamentos estudados. Uma técnica descrita, e utilizada nesse trabalho, foi a dos diedros retos (Angelier & Mechler, 1977). O método considera a construção de diedros para cada plano e estria observada, onde ambos devem ser superpostos, buscando por meio da superposição a definição de áreas cada vez menores visando uma maior precisão na determinação das posições dos eixos de tensão. O método proposto considera a posição do eixo de esforço principal (σ_1) inserida no diedro compressivo, ao passo que o eixo de menor esforço (σ_3) se encontra inserido no diedro distensivo. Dada as considerações, o método se dá pela definição de um plano auxiliar imaginário, construído de maneira perpendicular ao plano de falha assim com perpendicular as estrias contidas no plano de falha, de forma a separa espacialmente o diedro compressivo do diedro distensivo (figura 3.6).

Figura 3.6: Esquema representado o Método dos Diedros Retos, F representa o plano de falha, S as estrias contidas no plano, A o plano auxiliar. A projeção estereográfica define os diedros compressivos (em cinza) e os diedros distensivos (pontilhados).



Fonte: Extraído de Ferrari, 2001

O desenvolvimento do método descrito apresenta um grau de dificuldade elevado a partir do momento que são apresentados uma grande quantidade de conjuntos de dados a serem analisados. A construção e determinação dos eixos de tensão é facilitada por intermédio de *softwares* específicos de modelagem estrutural, que analisam os arquivos em conjuntos de dados distintos gerando assim um estereograma onde são apresentadas áreas com valores de probabilidade de localização do eixo máximo (σ_1), intermediário (σ_2) e mínimo (σ_3). No trabalho foi utilizado o software Wintensor (Delvaux, 2012), de maneira a facilitar a modelagem por meio do método dos diedros retos (Angelier e Mechler, 1977).

Geologia Regional

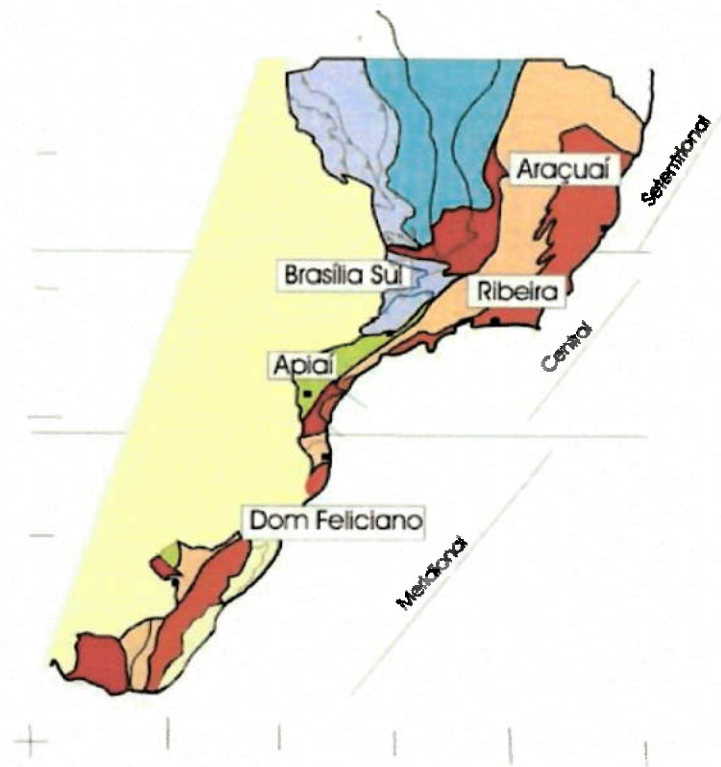
Neste capítulo será feita a abordagem dos principais aspectos geológicos, apresentando conceitos relacionados as características litológicas das unidades geológicas, os aspectos estruturais, além dos principais eventos relacionados a evolução tectônica regional.

4.1 *Síntese Geológica*

A Província Mantiqueira, definida por Almeida *et al.*, (1977), estende-se do sul do estado da Bahia até o Uruguai, abrangendo uma área de aproximadamente 700.000 Km², delimitando uma faixa de direção NE-SW com mais de 3000 km de comprimento (figura 4.1). Faz limite no continente com a Bacia do Paraná, Província Tocantins e o Cráton São Francisco, e a Leste com as Bacias costeiras do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas (Heilbron *et al.*, 2004). Segundo Heilbron *et al.*, (2004), divide-se a Província Mantiqueira em três segmentos, sendo eles Setentrional, Central e Meridional. A área de estudo está inserida no segmento Central, especificamente no contexto do Cinturão Ribeira.

Com *trend* estrutural NE-SW a Faixa Ribeira formou-se a partir da interação entre o Cráton São Francisco e outras microplacas e/ou arcos de ilhas, além da porção sudoeste do Cráton do Congo, correspondendo a segunda etapa de colisão do segmento central, há cerca de 590-560 Ma (Heilbron *et al.*, 2004).

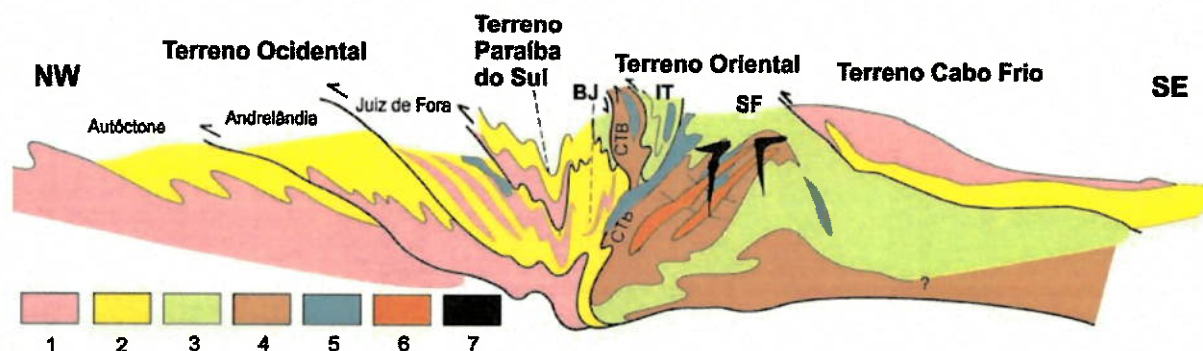
Figura 4.1: Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira: o segmento setentrional corresponde ao Orógeno Araçuaí; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí; e o segmento meridional inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel.



Extraído de Heilbron et al., 2004.

A Faixa Ribeira pode ser subdividida em compartimentos tectônicos delimitados por falhas de empurrão ou zonas de cisalhamento transpressivas (figura 4.2). O Terreno Ocidental é composto por rochas metassedimentares bem como por rochas do embasamento, de idade Paleoproterozoica (Heilbron et al., 2004). Nesse Terreno localiza-se a área de estudo desse trabalho, estando a mesma sobre rochas da Megassequência Andrelândia e do Complexo Juiz de Fora. O Terreno Paraíba do Sul representa uma estrutural sinclinal de escala regional composta por uma associação de embasamento Paleoproterozoico e sequências metassedimentares. O Terreno Oriental representa rochas do Arco Magmático Rio Negro, assim como uma sequência de metassedimentos com intrusões de rochas graníticas sin- a tardi- colisionais. O contato entre os dois Terrenos se dá por meio de uma zona de cisalhamento de direção NE-SW, denominada por Almeida et al., (1998) de *Central Tectonic Boundary* (CTB), ou Limite Tectônico Central, LTC. Segundo Heilbron et al., (2004) o Terreno Cabo Frio é composto por duas unidades distintas, sendo elas uma sequência de ortogneisses de 1.9 Ga com intrusões anfibolíticas, e uma sequência metassedimentar de alto grau metamórfico com intercalações de rochas calciossilicáticas.

Figura 4.2: Compartimentação do Orógeno Ribeira. 1, embasamento Paleoproterozoico; 2- cobertura metassedimentar pós-1,8 Ga; 3 – sequências metassedimentar à volta do arco magmático, ITV, Grupo Italva; BJ, Grupo Bom Jesus do Itabapoana; SF, Grupo São Fidélis; 4 – Complexo Rio Negro, ortognaisses do Arco Mágmatco; 5 – leucognaisses graníticos da Suíte Cordeiro; 6 – Gnaisses metaluminosos da Suíte Serra dos Órgãos; 7 – granitos da Suíte Nova Friburgo



Fonte: Tupinambá, Teixeira e Heilbron (2012).

4.2 Unidades Litológicas

As descrições litoestratigráficas foram realizadas tomando como base principal o trabalho de Heilbron *et al.*, (2016), e serão apresentadas na sequência com ênfase para unidades de ocorrência na área de estudo (Apêndice I).

4.2.1 Embasamento Paleoproterozoico

4.2.1.1 Complexo Mantiqueira

Constitui a associação do embasamento de idade anterior a 1,8 Ga no Domínio Inferior no estado do Rio de Janeiro, aflorando apenas na porção sudoeste do estado, ao norte da cidade de Resende. O complexo é caracterizado por um conjunto de ortognaisses, sendo a biotita-hornblenda gnaiss bandada o litotipo mais comum, por vezes migmatíticos com composição variando entre tonalítica e granítica. Também é observada a presença de hornblenda-biotita gnaiss porfirítico, leucognaiss, anfibolitos e quartzo diorito. Em termos mineralógicos, o biotita-hornblenda gnaiss é composto essencialmente por quartzo, feldspato-k e plagioclásio em proporções variadas, biotita e hornblenda como máficos e, como minerais acessórios, allanita, zircão, monazita, apatita, opacos e titanita (Heilbron *et al.*, 2016).

Dados geocronológicos, por meio dos métodos U-Pb e Sm-Nd, atrelam a geração dos granitoides como sendo de idade Paleoproterozoica (2,2 a 2,1 Ga) com contribuição de uma crosta mais antiga, de idade Arqueana (2,9 a 2,7 Ga). Dados em titanita e monazita indicam idades metamórficas que corroboram com os dois eventos metamórficos do Brasileiro (M1 e

M2), M1 de 605-565 Ma, e M2 em 535-520 Ma (Machado *et al.*, 1996).

4.2.1.2 *Complexo Juiz de Fora*

No estado do Rio de Janeiro o Complexo Juiz de Fora constitui a associação do embasamento do Domínio Superior no Terreno Ocidental, sendo caracterizado por intensa deformação brasileira, com intercalação tectônica entre as rochas desta unidade e associações metassedimentar Neoproterozoica.

Ebert (1955) denominou de Série Juiz de Fora os paraganulitos identificados no então Geossinclinal Assíntico. Posteriormente, Ebert (1968) e Delhal *et al.*, (1969) passaram a utilizar a denominação de Grupo Paraíba e Formação Paraíba do Sul, no sentido de um melhor agrupamento para as rochas da antiga Série Juiz de Fora. Heilbron (1993) e Duarte (1998) redefiniram o Complexo Juiz de Fora como o conjunto de granulitos ortoderivados de idade superior a 1,7 Ga.

Segundo Heilbron *et al.*, (2016) os ortogranulitos possuem composição que varia de norítica a charnockítica, passando por enderbítica e charnoenderbítica, sendo a mineralogia essencial dos granulitos félsicos representada por ortopiroxênio, clinopiroxênio, plagioclásio, K-feldspato, quartzo, hornblenda e biotita em proporções variadas. A mineralogia dos tipos máficos é composta essencialmente por plagioclásio, clinopiroxênio, hornblenda, ortopiroxênio, opacos (magnetita, ilmenita e pirita), granada, ortoclásio, quartzo, biotita, apatita, titanita e zircão. Os granulitos de composição ultramáfica apresentam em sua composição mineralógica clinopiroxênio, ortopiroxênio, hornblenda, plagioclásio, ilmenita e quartzo.

4.2.1.3 *Complexos Quirino e Taquaral*

Os Complexos Quirino e Taquaral, somados ao Complexo Campinho, representam o embasamento no Terreno Paraíba do Sul, com idade superior a 1,8 Ga.

Machado (1986) introduziu o termo Unidade Quirino para representar a unidade basal do Complexo Paraíba do Sul, composta por gnaisses com hornblenda. Posteriormente, outros autores em trabalhos de mapeamento (Heilbron, 1993 e Valladares, 1996) reinterpretaram a unidade como sendo composta por ortognaisses de idade Paleoproterozoica, renomeando assim a unidade para Complexo Quirino.

Em termos litológicos a unidade é composta por biotita-hornblenda gnaisses, sem apresentar andamento composicional, porém, com foliação marcante; possui composição tonalítica a granítica, podendo apresentar enclaves de rochas ultramáficas, máficas e calcissilicáticas. De maneira restrita ocorrem intercalações com anfibolitos e lentes de leucogranito.

Dados geocronológicos obtidos por Viana (2008) apontam para uma subdivisão dos ortognaisses do complexo em diversas suítes, com base em dados e razões de elementos ETR. Os valores obtidos de U-Pb por meio de LA-ICP-MS resultaram em idades de 2,31 a e 2,19 Ga e 2,17 e 2,14 Ga para rochas das suítes de alto e médio K, respectivamente.

O Complexo Taquaral aflora na porção sudeste do estado do Rio de Janeiro, entre as cidades de Volta Redonda e Barra Mansa. É caracterizado por um conjunto de ortognaisses com hornblenda que ocorrem na forma de corpos lenticulares estruturados ao longo da direção NE-SW, em intercalações com rochas metassedimentares do Grupo Embu. Em termos litológicos o litotipo que ocorre com maior frequência é o hornblenda-biotita gnaiss, de composição granítica a granodiorítica, com enclaves máficos ricos em hornblenda. Dados geocronológicos em U-Pb (LA-ICP-MS) apontam para idade Paleoproterozoica, com valores de 2,24 e 2,18 Ga, com retrabalhamento metamórfico ao longo do evento brasileiro M1.

4.2.2 Sequências Neoproterozoicas

4.2.2.1 Megassequência Andrelândia

Foi originalmente definido por Ebert (1956) como Grupo ou Série Andrelândia, e corresponderia a uma sequência de rochas supracrustais da faixa geossinclinal assíntica, denominada Paraíba (atual Faixa Ribeira). Posteriormente a associação de rochas metassedimentares dos Domínios Andrelândia, Juiz de Fora e da Klippe de Carvalhos passaram a ser conhecidas como Grupo ou Ciclo Andrelândia (CDA) (Andreis *et al.*, 1989) e, atualmente, como Megassequência Depositional Andrelândia (Paciullo, 1997).

As rochas do Grupo Andrelândia afloram de maneira restrita na porção oeste do estado do Rio de Janeiro junto a divisa do estado de Minas Gerais, nessa região são identificadas duas associações litológicas distintas. A primeira é caracterizada pela presença de biotita gnaisses bandados, com bandamento de espessura centimétrica a decimétrica e contatos gradacionais entre as bandas composicionais. Ainda na unidade ocorrem intercalações com quartzitos, sillimanita-granada-biotita gnaiss, lentes de rochas calcissilicáticas e anfibolitos. A segunda associação é caracterizada pela presença de sillimanita-granada-biotita gnaisses, sem bandamento composicional marcante. Trata-se de um gnaiss muito micáceo composto por biotita, granada, sillimanita, plagioclásio e quartzo. A sequência apresenta intercalações em escala centimétrica de lentes e *boudins* de rochas calcissilicáticas, gnaisses e anfibolitos (Heilbron *et al.*, 2016).

4.2.2.2 Grupo Raposo

Compreende uma sucessão de rochas metavulcanossedimentares que afloram em uma faixa de direção NE-SW ao longo da porção noroeste, sul e oeste do estado do Rio de Janeiro. Definido por Barbosa e Sad (1983a), agrupa um conjunto de rochas metamorfizadas em fácies granulito e charnockitos deformados que afloram no norte-noroeste fluminense. Análises em zircões detríticos apontam idades de deposição entre 1,0 e 0,79 Ga (Valeriano *et al.*, 2003) sendo, em partes, correlatos aos litotipos do Grupo Andrelândia.

No estado do Rio de Janeiro o Grupo é dividido em duas unidades distintas, Unidade

Arcádia-Real e Unidade Conservatória. A Unidade Arcádia-Real ocorre em uma extensa faixa de direção NE-SW próxima ao Limite Tectônico Central da Faixa Rieira, logo, a ocorrência de *fabric* milonítico se faz presente nas rochas da unidade. O litotipo predominante é um gnaiss com bandamento composicional de bandas métricas a centimétricas ricas em quartzo-feldspáticos e biotita, porém, intercalações lenticulares ou em forma de camadas centimétricas ocorrem com quartzitos, rochas calcissilicáticas, gonditos e sillimanita-granada-biotita gnaiss, além de rochas metabásicas e metaultramáficas. A Unidade Conservatória ocorre intercalada com ortogranulitos Paleoproterozoicos do Complexo Juiz de Fora, englobando biotita gnaisses bandados quartzo-feldspáticos e gnaisses de derivação pelítica a semipelítica, além da presença de gonditos, rochas calcissilicáticas e anfibolitos de maneira isolada.

4.2.2.3 Grupo Paraíba do Sul

Desde a década de 1950 diversos autores (Ebert, 1955, 1968; Oliveira *et al.*, 1978; Machado Filho *et al.*, 1983) utilizaram denominações de Série, Grupo e Complexo para agrupar um variado conjunto litológico que ocorre na região do vale do rio Paraíba do Sul. Ao longo das décadas de 1980 e 1990 foi feita a separação de rochas orto e paraderivadas da região e, aliado a dados geocronológicos (Valladares, 1996; Machado *et al.*, 1996), concluiu-se que o conjunto ortoderivado possui idade Paleoproterozoica, sendo alocado e denominado de Complexo Quirino, o embasamento da sequência supracrustal.

Os litotipos que compõem o Grupo Paraíba do Sul são essencialmente biotita gnaisses bandados e sillimanita-granada-biotita gnaisses, com intercalações de mármore calcíticos e dolomíticos, rochas calcissilicáticas, gonditos, anfibolitos e quartzitos (Eirado *et al.*, 2006; Heilbron *et al.*, 2007). Dados geocronológicos para o Grupo Paraíba do Sul são escassos, Ragatky *et al.*, (2000) por meio de datação Sm-Nd no modelo manto empobrecido (Tdm) obtiveram resultados de 2,1 Ga, similar as idades obtidas em ortognaisses do Complexo Quirino, logo, o embasamento pode representar uma possível fonte sedimentar. Ressalta-se que o posicionamento temporal da antiga bacia continua em aberto, bem como sua real relação com rochas Paleoproterozoicas do Complexo Quirino (Heilbron *et al.*, 2016).

4.2.2.4 Grupo Embu

Definido por Hasui (1975) o Grupo Embu foi designado para agrupar gnaisses migmatíticos aflorantes no estado de São Paulo, e o termo vem sendo utilizado desde então por diversos autores, muito embora existam controvérsias quanto a sua constituição, idade e limites.

No estado do Rio de Janeiro o Grupo é caracterizado pela presença de sillimanita-muscovita-biotita gnaiss/xisto, ora com a presença de granada ora com turmalina; biotita gnaiss fino, com frequentes intercalações de camadas ou lentes de rochas calcissilicáticas, quartzitos micáceos e, de maneira isolada, lentes de mármore, anfibolitos, gonditos, granada-hornblenda-biotita gnaiss fino e raras lentes de tremolita xisto (Heilbron *et al.*, 2007).

4.2.3 *Magmatismo Sin- a Tardi-Colisional Neoproterozoico*

4.2.3.1 *Suíte Campo Alegre*

As rochas da Suíte Campo Alegre afloram como corpos estruturados segundo a direção NE-SW encaixados em metassedimento do Grupo Embu, nas proximidades dos municípios de Resende e Barra Mansa. Trata-se de um granito foliado, porfirítico, com cristais de K-feldspato em matriz rica em biotita, quartzo, plagioclásio e, subordinadamente, granada e hornblenda. De maneira subordinada, ocorre níveis de leucogranito equigranular foliado de granulação média, de forma que análises modais indicam para uma composição modal variável entre granito e álcali feldspato granito (Heilbron *et al.*, 2016). Eirado Silva *et al.*, (2006) apontam a gênese dos granitos do tipo-S da suíte como sendo o produto da fusão de paragneisses xistosas do Grupo Embu.

4.2.3.2 *Suíte Rio Turvo*

Descrito originalmente por Ruiz *et al.*, (1983 apud Heilbron *et al.*, 2016) na região do médio vale do rio Paraíba do Sul, o granito Rio Turvo representa corpos graníticos do tipo S sintectônicos a fase de deformação principal, encaixados em meio aos metassedimentos. A suíte é representada por corpos lenticulares de ortogneisses intrudidos em gnaisses dos Grupos Andrelândia e Raposo. Possuem granulometria grossa, foliação descontínua marcada por agregados de biotita englobando megacristais de feldspato potássico.

Dados geocronológicos U-Pb obtidos em monazitas apontam para idade de 579 ± 2 Ma, sendo interpretada como a idade de cristalização. Heilbron (1993) aponta a idade de intrusão como sendo a idade de pico metamórfico associado ao evento principal de deformação da Faixa Ribeira.

4.2.3.3 *Granito Serra do Lagarto e Granito Pedra Selada*

Descritos por Heilbron (1993) nos arredores da serra do Lagarto a Norte de Carlos Euler (MG) e nos arredores de Pedra Selada, Município de Resende (RJ). Constituem corpos alongados segundo a direção NE-SW intrusivos nos ortogneisses do Complexo Mantiqueira, bem como nos metassedimentos do Grupo Andrelândia. Em termos geomorfológicos, os corpos graníticos são responsáveis pela sustentação do relevo elevado entre os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais.

São caracterizados como granitos porfiríticos com matriz rica em biotita, com proporções menores de quartzo, plagioclásio e K-feldspato, como acessórios ocorre titanita, zircão, apatita e allanita (Heilbron, 1993). Dados químicos indicam suítes de granitos calcioalcalinos de alto-K, metaluminoso a fracamente peraluminosos. Dados geocronológicos indicam idade de 580 ± 6 Ma para o granito Pedra Selada por meio da razão Pb/Pb, e idade de 588 ± 5 Ma para o

granito Pedra do Lagarto, por meio da razão Pb/Pb (Mendes *et al.*, 2006).

4.2.4 Unidades Cenozoicas

4.2.4.1 Bacia de Resende

Representa um hemigráben alongado segundo a direção ENE-WSW, os limites com as bacias de Taubaté e Volta Redonda foram condicionados pela tectônica geradora dos altos estruturais de Queluz e Floriano (Melo *et al.*, 1985). Os depósitos sedimentares foram primeiro descritos por Amador (1975) que subdividiu os litotipos da bacia em duas unidades distintas, Formação Resende e Formação Floriano. Vários autores propuseram revisões estratigráficas para os depósitos da bacia (Melo *et al.*, 1985; Riccomini 1989; Lima & Melo 1994; Ramos, 1997), nesse trabalho adotou-se a revisão estratigráfica de Ramos (2003) para as sucessões aluviais terciárias da Bacia de Resende.

A unidade base da bacia é representada pela Formação Ribeirão dos Quatis, que representa o registro de um antigo sistema fluvial entrelaçado, anterior ou contemporâneo às primeiras manifestações da reativação do sistema de falhas. É caracterizada por depósitos conglomeráticos na base com aumento na participação de arenitos com cruzadas acanaladas em direção ao topo. Estratigraficamente acima, a Formação Resende constitui a maior parte dos depósitos paleogênicos da bacia, onde predominam depósitos derivados de fluxos gravitacionais, arenitos lamosos e lamitos arenosos seixosos, bem como brechas sustentadas pelos clastos e pela matriz. Em posição estratigráfica lateral e interdigitada a Formação Resende ocorre a subdivisão da Formação no Membro Itatiaia, este caracterizado pela presença de detritos derivados da erosão dos maciços alcalinos da região. Ramos (2003) propõe a existência de um segundo membro, denominado Membro Acácias, com depósitos de características eminentemente fluviais que ocorrem na porção oriental do alto estrutural de Resende. O topo do preenchimento sedimentar é marcado pela Formação Floriano, caracterizada por uma sucessão de arenitos e pelitos, e sendo interpretada como o registro de um sistema fluvial meandrante que colmatou a bacia.

4.2.4.2 Bacia de Volta Redonda

O gráben Casa de Pedra corresponde a principal área de acúmulo sedimentar da bacia de Volta Redonda, uma depressão orientada segundo a direção ENE-WSW. Nesse trabalho foi adotada a revisão estratigráfica de Sanson (2006) como base para descrição das sucessões sedimentares.

A unidade basal é representada pela Formação Ribeirão dos Quatis que, segundo Ramos (2003), está relacionada a depósitos típicos de um sistema fluvial entrelaçado conglomerático, anterior à principal reativação do sistema de falhas de direção ENE-WSW responsável pela gênese das depressões tectônicas Cenozoicas. Estratigraficamente acima ocorre depósitos da

Formação Resende que, assim como na bacia de Resende, é atribuída a depósitos de arenitos arcoseanos e conglomerados finos, com presença de estratificações cruzadas, formados em um contexto de canais fluviais entrelaçados; além da contribuição de lamitos e arenitos formados em um contexto distal de leques aluviais (Ramos, 2003).

Na porção oeste ao gráben Casa de Pedra ocorreram derrames de lava ultrabásica alcalina sobre os depósitos da Formação Resende, os derrames são denominados como Basanito Casa de Pedra (Riccomini, 1989). Riccomini *et al.*, (2004) apresentaram datações recentes destas rochas através do método Ar-Ar, obtendo idades mínimas de $48,3 \pm 0,5$ e $47,6 \pm 0,7$ Ma, situando-as no Eoceno médio.

O topo do registro sedimentar é representado pela Formação Pinheiral, correspondente ao registro de típicos de canais fluviais entrelaçados associados a forte sedimentação pelítica em períodos de afogamento do complexo de canais, ou enchentes importantes. Os depósitos apresentam estreita correlação litofaciológica e de posição estratigráfica com aqueles observados no Membro Acácias, da Formação Resende (Ramos, 2003).

4.3 Geomorfologia

As diversas configurações observadas na compartimentação do relevo em escala regional onde a área de estudo se encontra inserida estão diretamente correlacionadas a evolução tectônica do Sudeste do Brasil (Gatto *et al.*, 1983). A topografia do local reflete os condicionantes geológicos, como os arranjos litológicos e as fases erosivas; em toda extensão do local são observados redes de drenagens retilíneas, alinhamento de cristas paralelas e locais de relevo com relativo desnível altimétrico.

A área de estudo encontra-se localizada em uma depressão topográfica, estando confinada entre dois compartimentos geomorfológicos regionais, a Serra da Mantiqueira a norte e a Serra do Mar ao sul. Silva (2002) definiu dois grandes Domínios Morfoestruturais presentes na porção oeste do estados do Rio de Janeiro e sudeste do estado de Minas Gerais, por meio a associação entre as formas observadas no relevo e a estruturas geológicas regionais: o Domínio Morfoestrutural do Planalto Atlântico e o Domínio Morfoestrutural das Depressões Tectônicas Mesozóica-Cenozóicas (figura 4.3).

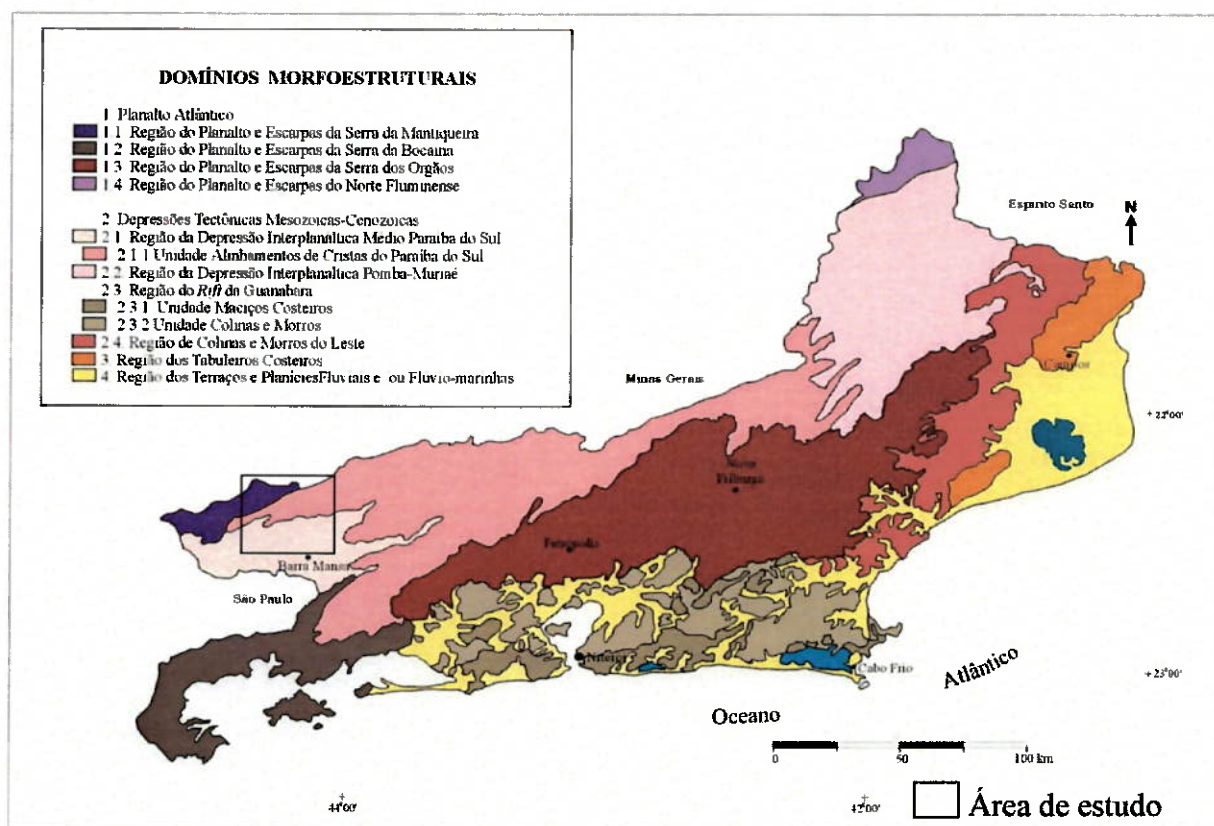
Na área de estudo, e regiões adjacentes, o Domínio Morfoestrutural do Planalto Atlântico é representado pela unidade Planalto e Escarpas da Serra da Mantiqueira. Localizada na porção oeste-noroeste da área de estudo, é caracterizada por um conjunto de degraus escarpados e serras com orientação preferencial NE-SW, possuindo cotas altimétricas de 1300-1800 metros no setor oeste. A atual configuração do Domínio remete a uma intensa influencia tectônica, com soerguimentos de blocos, falhamentos e intrusões graníticas e alcalinas (RADAMBRA-SIL, 1983). O limite sul, nas proximidades com o médio vale do rio Paraíba do Sul, é marcado por um conjunto descontínuo de degraus e serras reafeiçoados.

Ainda segundo Silva (2002) o Domínio Morfoestrutural das Depressões Tectônicas Me-

sozóica-Cenozóica na área de estudo e regiões adjacentes é representado pelas unidades Depressão Interplanáltica do Paraíba do Sul e pelo Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul. A primeira é fortemente caracterizada pela estruturação das litologias do local, no trecho do médio vale do Rio Paraíba próximo da cidade de Barra do Piraí. A forte orientação segundo a direção NE-SW está diretamente relacionada a proximidade ao Lineamento Além Paraíba, as feições estruturais de maior destaque correspondem a feixes de falhas transcorrentes de idade pré-cambriana, de orientação NE-SW, caracterizadas como zonas de cisalhamentos apresentando reativações a partir do Jurássico (Silva, 2002). O trecho é caracterizado por ser um grande compartimento regional, com cotas topográficas que variam entre 400 e 600 metros, com rebaixamento em direção a calha do rio Paraíba do Sul. O limite sul da unidade é marcado pelas escarpas da Serra da Bocaina e o limite norte pelos degraus e escarpas da Serra da Mantiqueira.

A unidade Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul possui uma orientação marcante nas direções NE-SW devido ao forte controle das estruturas geológicas. A área é caracterizada pelo curso retilíneo do Rio Paraíba do Sul, possuindo orientação de colinas e morros segundo a direção NE-SW, com cotas topográficas que variam entre 300 e 900 metros de altitude.

Figura 4.3: Mapa dos Domínios Morfoestruturais com base na subdivisão das formas de relevo, no estado do Rio de Janeiro



Fonte: Extraído de Silva, 2002.

Resultados

Serão apresentados na sequência os resultados obtidos ao longo da fase de integração de dados, unindo e interpretando dados obtidos em campo com informações geradas por meio da análise e interpretação de dados de sensoriamento remoto.

5.1 Análise Topográfica

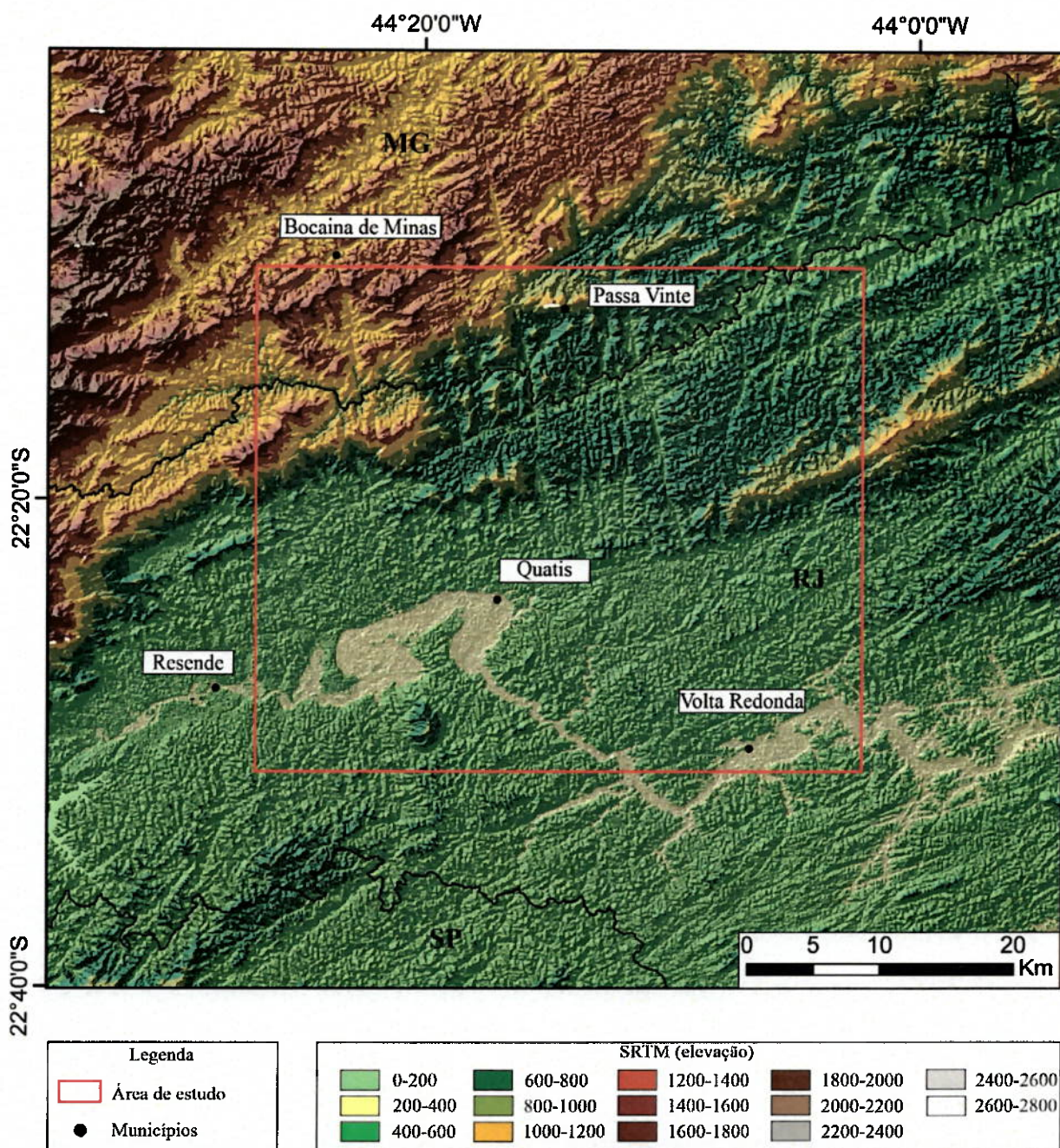
As análises geomorfológicas tiveram como objetivo final, com fins de melhoria da organização espacial, o reconhecimento de áreas com grande variação altimétrica presente na área de estudo. A identificação e delimitação de compartimentos topográficos são de importância fundamental, uma vez que podem evidenciar e ressaltar a presença de controles no substrato geológico, bem como na estruturação observada no relevo.

Partindo da análise em escala regional, o mapa hipsométrico da região (figura 5.1) destaca as feições topográficas de dois domínios topográficos distintos. Na porção noroeste da região localiza-se a Serra da Mantiqueira, apresentando as maiores cotas topográficas do local, com valores que variam entre 800 e 2800 metros de altitude. A área central do mapa corresponde às porções mais rebaixadas do local, onde estão inseridas as bacias cenozoicas do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) (Riccomini, 1989); a área é denominada como Depressão Topográfica do Rio Paraíba do Sul, com cotas topográficas que variam entre 200 e 800 metros.

Em vistas a uma delimitação topográfica regional, foi confeccionado um mapa hipsométrico a partir da sobreposição de imagens SRTM 30m, por meio da utilização do *software* ArcGis. A figura 5.1 nos mostra o mapa de hipsometria final, sendo o mesmo adequado para realçar a compartimentação do relevo local. Ficaram evidentes os limites da área de encaixe do rio Paraíba do Sul, representado por faixas alongadas, em cotas topográficas que variam entre 200 a 400 metros; fortemente orientadas segundo a direção NE-SW, com variação local segundo a direção NW-SE entre as cidades de Resende e Volta Redonda. A Porção Noroeste da área é marcada por elevações topográficas superiores a 1200 metros, correspondendo a porções

da Serra da Mantiqueira.

Figura 5.1: Mapa hipsométrico regional.



Fonte: Produzido pelo autor.

5.2 Lineamentos Estruturais

Foram extraídos e interpretados, com base na análise das imagens SRTM 30m, um total de 2613 lineamentos estruturais presentes no relevo em escala regional (1:250000) (figura 5.2), com a finalidade de auxiliar na delimitação de possíveis estruturas na região onde a área de

estudo encontra-se inserida.

Realizou-se, também, a extração e interpretação de lineamentos estruturais em escala local (1:100000), com foco na área de estudo, onde foram traçados e interpretados um total de 1981 lineamentos estruturais impressos no relevo (figura 5.3). A análise dos lineamentos estruturais foi realizada a partir de uma subdivisão em agrupamento de classes, de acordo com as seguintes orientações apresentadas: **N-S** (N0-N10E, N0-N10W), **NE-SW** (N26-60E), **ENE-WSW** (N61-79E), **E-W** (N80-90E, N80-90W), **NNW-SSE** (N11-25W), **NW-SE** (N26-60W) e **WNW-ESE** (N61-70W).

Os diagramas de roseta em escala regional (figura 5.2) evidenciaram um sistema principal, representado pelas direções NE-SW e ENE-WSW, no intervalo N40-70E; configurando o principal condicionante morfoestrutural da porção central da Faixa Ribeira, onde destacam-se lineamentos bem marcados nas formas de relevo, caracterizados por traços longos e contínuos. Inseridas ao longo da mesma direção encontram-se as principais estruturas dúcteis, como as zonas de cisalhamento e foliações metamórficas de rochas do embasamento pré-cambriano.

Para uma melhor visualização em escala local dos conjuntos de lineamentos, os diagramas de roseta foram confeccionados com intervalo angular de 05° (figura 5.3), e ambos apresentam um comportamento multimodal entre as classes de direções NE-SW, NW-SE e N-S, porém, com um maior predomínio de lineamentos segundo a direção NW-SE (frequência acumulada). Os lineamentos de direção NE-SW apresentam os maiores comprimentos segundo a roseta de comprimento acumulado, apesar de ocorrerem em menor quantidade. A ligeira diferença entre os dados pode ser notada por meio de uma análise visual do mapa de lineamentos, onde observa-se uma maior quantidade de feixes segundo a direção NE-SW ao norte das bacias de Resende e Volta Redonda. Outro fator que condiciona o maior comprimento segundo a direção NE-SW deve-se, também, a uma maior quantidade de lineamentos de direção NW-SW, porém, de comprimento menor.

Os lineamentos de direção NE-SW ocorrem de maneira uniforme em toda localidade, possuindo grande representatividade em escala local (figura 5.4B). São caracterizados por traços longos com forte resposta nas formas do relevo local. O conjunto de lineamentos apresentados evidenciam a estruturação e foliação das rochas do embasamento Paleoproterozoico da Faixa Ribeira, onde encontram-se zonas de cisalhamento de direção NE-SW. Uma quantidade de lineamentos são identificados no interior das bacias de Resende e Volta Redonda.

Os lineamentos de direção NW-SE ocorrem em toda totalidade da área de estudo sendo os mais numerosos após as estruturas relacionadas ao embasamento (figura 5.4A). São caracterizados por traços curtos, pouco expressivos nas formas de relevo. Estão concentrados em diversos segmentos ao longo da área, possuindo uma maior expressividade na porção sul, entre as cidades de Resende e Volta Redonda, onde o curso do rio Paraíba do Sul passa a ser condicionado segundo a direção NW-SE.

Os lineamentos de direções N-S apresentam-se na forma de traçados longos e com uma maior concentração na porção central da área de estudo (figura 5.4A). São caracterizados por

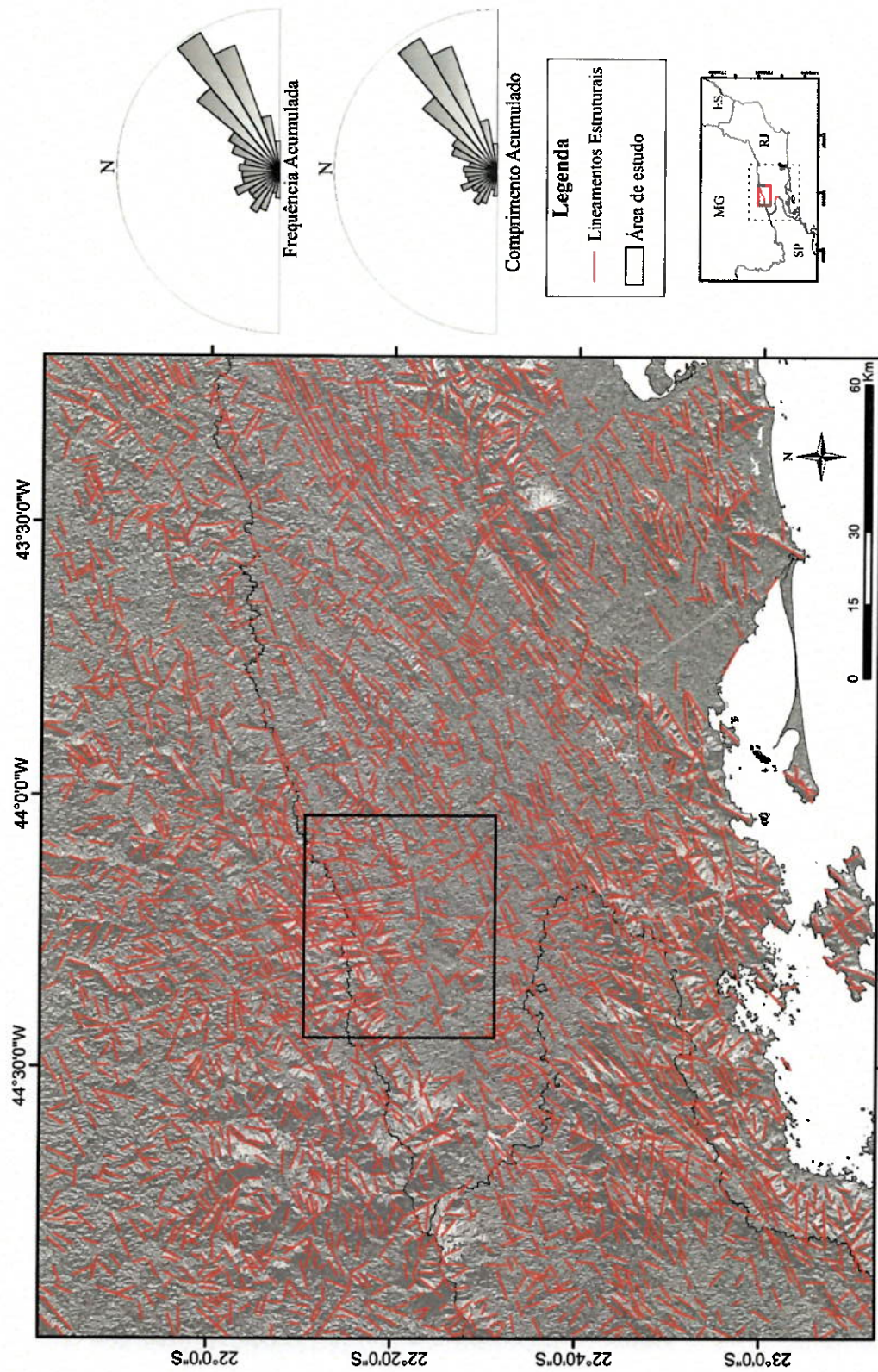
imprimirem feições marcante no relevo local e no condicionamento das redes de drenagem ao norte da área, bem como pela estruturação do Rio Preto na divisa Rio de Janeiro - Minas Gerais. A maior quantidade de lineamentos entre os municípios de Resende e Volta Redonda vem de encontro a direção preferencial das estruturas relacionadas a Zona de Transtensão de Volta Redonda.

Os lineamentos de direção E-W são pouco expressivos e ocorrem de forma localizada ao longo da área de estudo (figura 5.4B). São caracterizados por traços curtos com resposta em porções localizadas do relevo, como na região da Serra da Bocaina na porção sudoeste e na região da Serra da Mantiqueira, na porção oeste/noroeste da área.

Os lineamentos de direção WNW-ESE ocorrem ao longo de toda a área de estudo com maior concentração identificada na porção norte da bacia de Resende e na porção norte da bacia de Volta Redonda (figura 5.6A).

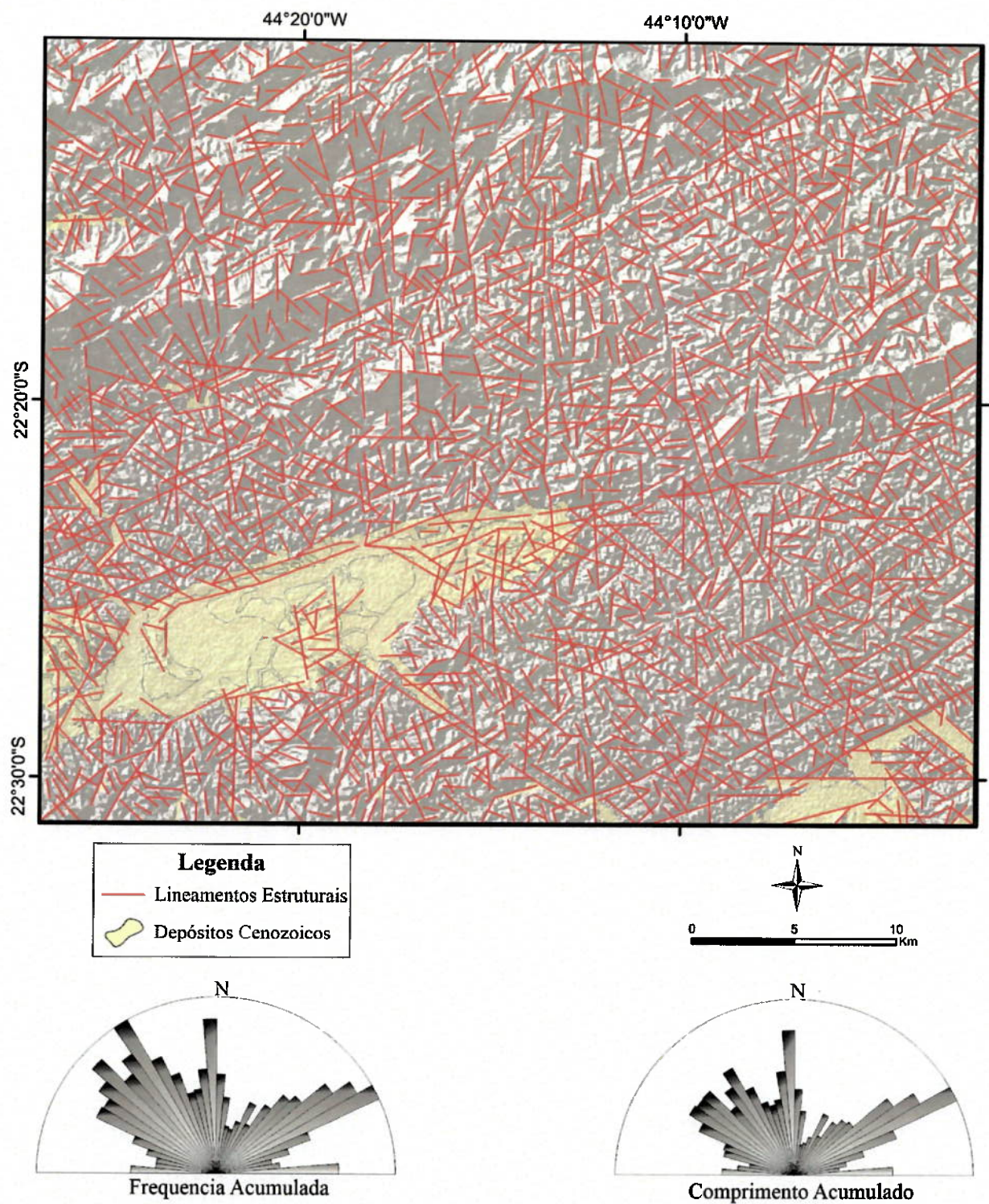
Os lineamentos de direção ENE-WSW ocorrem em toda extensão da área de estudo, sendo sua maior concentração a nordeste da cidade de Resende (figura 5.6B). São caracterizados por traços longos com boa resposta nas formas de relevo. São estruturas associadas a compartimentação das rochas do embasamento que, associadas as estruturas de direção NE-SW resultam em um padrão geométrico sigmoidal, podendo estar associadas ao controle de instalação do rifte cenozoico (Zalán & Oliveira, 2005).

Figura 5.2: Modelo digital de elevação SRTM com lineamentos estruturais regionais e respectivos diagramas de roseta. $N=2613$, intervalo angular 10° .



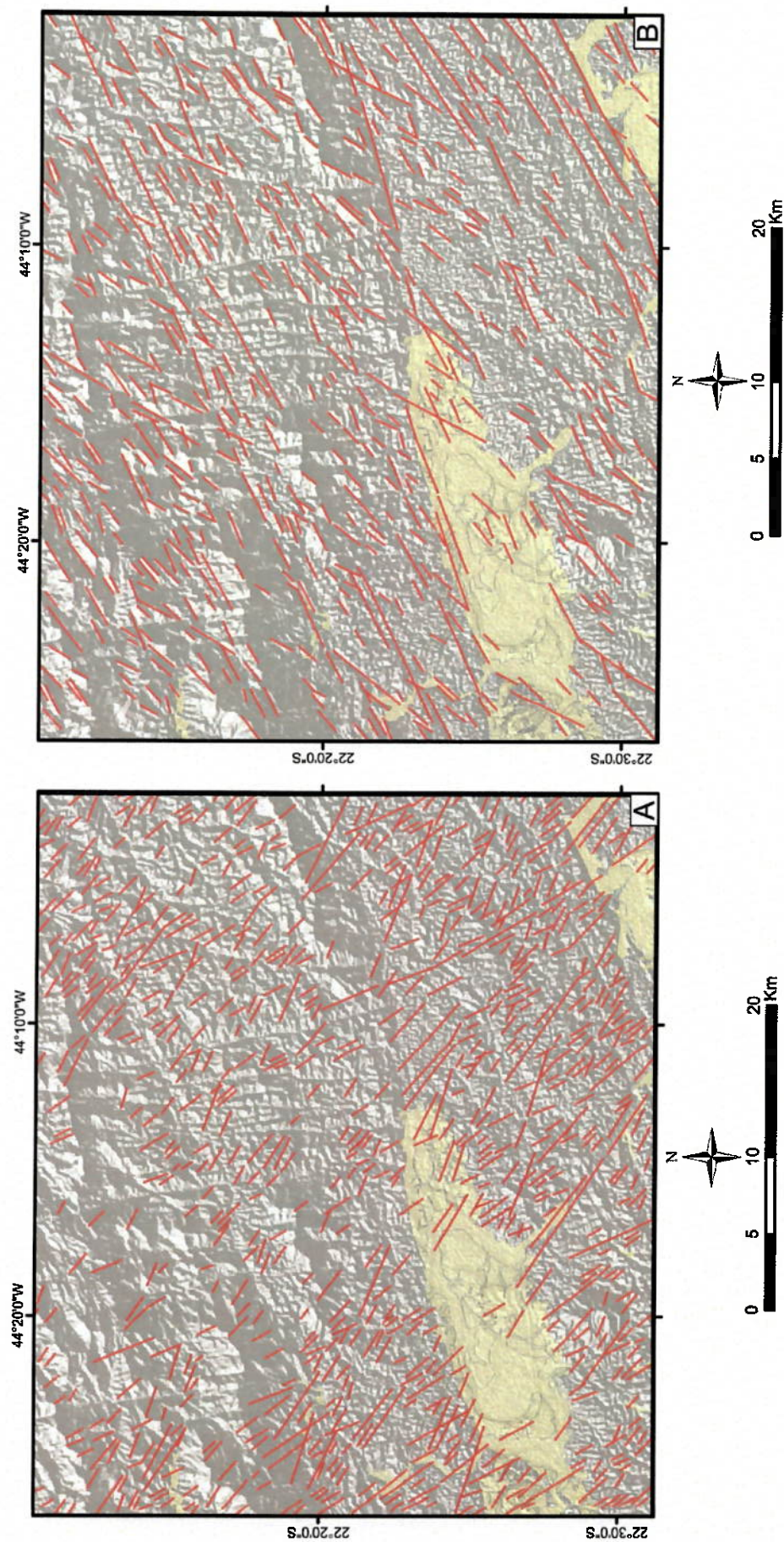
Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.3: Modelo digital de elevação SRTM com lineamentos estruturais locais e diagramas de rosetas referentes. $N=1981$, intervalo angular 05° .



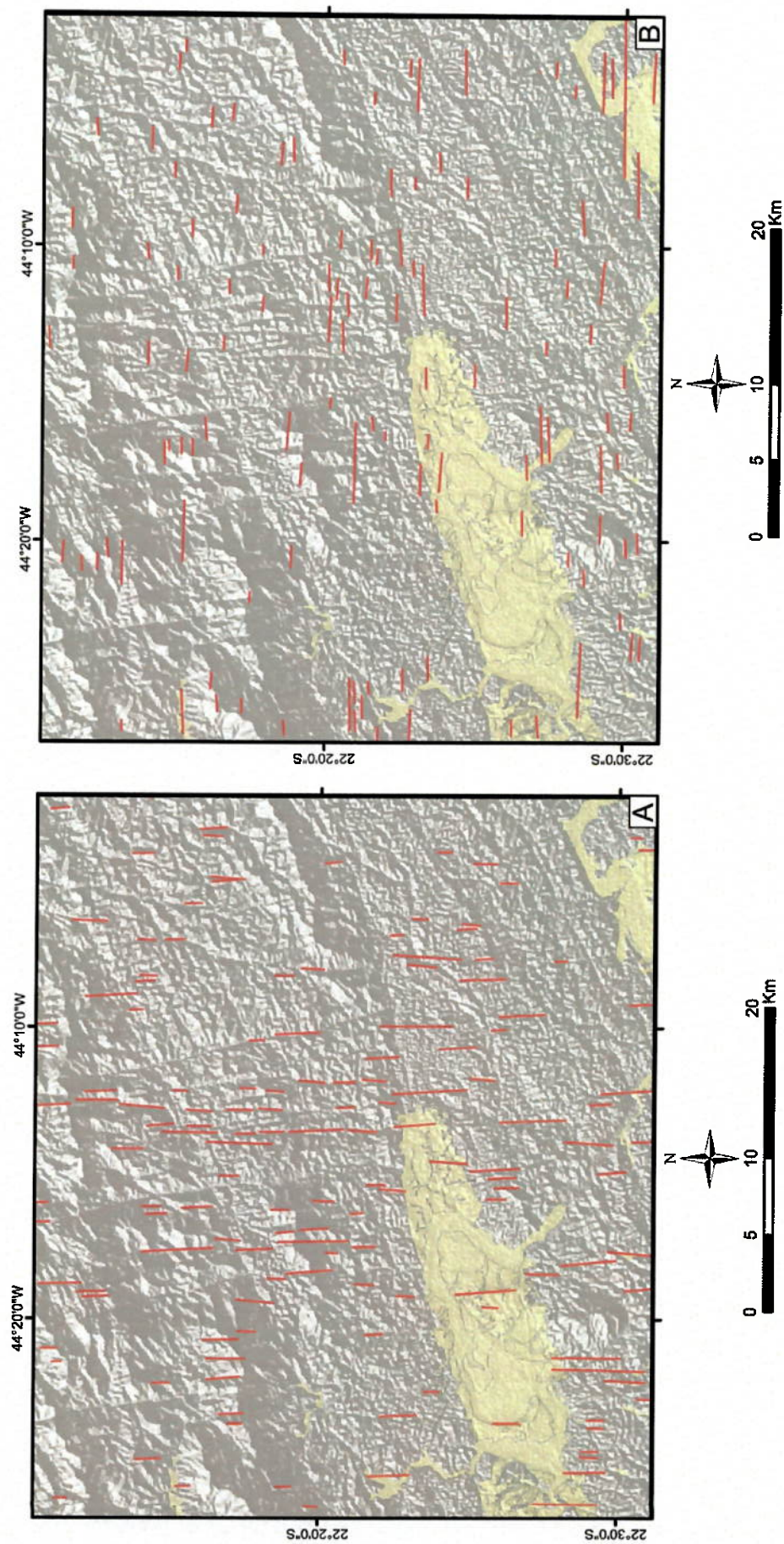
Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.4: Mapa de lineamentos estruturais extraídos em escala local da área de estudo. A) Lineamentos de direção NW-SE. B) Lineamentos de direção NE-SW.



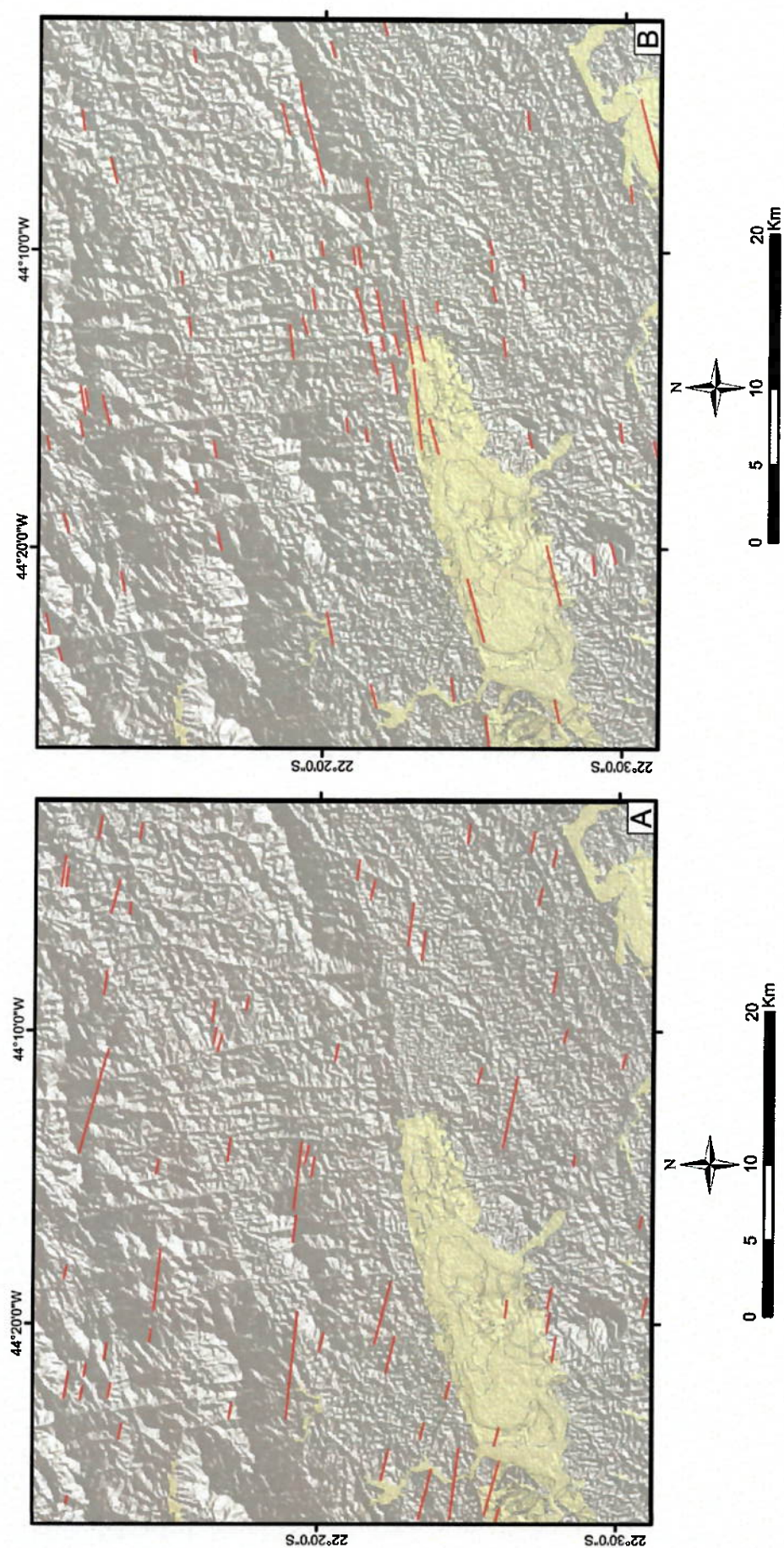
Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.5: Mapa de lineamentos estruturais extraídos em escala local da área de estudo. A) Lineamentos de direção N-S. B) Lineamentos de direção E-W.



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.6: Mapa de lineamentos estruturais extraídos em escala local da área de estudo. A) Lineamentos de direção WNW-ESE. B) Lineamentos de direção ENE-WSW.



Fonte: Produzido pelo autor.

5.3 Rede de Drenagem

Realizou-se uma análise nas redes de drenagem presentes na área de estudo, com o objetivo de se analisar a influência de estruturas resultantes de eventos neotectônicos sobre os canais do local (figura 5.7). Além da caracterização dos principais canais e seus afluentes por meio de cartas de drenagem em escala 1:250000, foi realizado também a extração dos principais lineamentos de canais a fim de se determinar a compartimentação e orientação dos canais de primeira, segunda e terceira ordem (figura 5.8).

O Rio Paraíba do Sul é caracterizado como o principal canal presente na área de estudo, possuindo orientação principal segundo a direção NE-SW, porém, com inflexões segundo a direção NW-SE em pontos localizados, como a região entre os municípios de Volta Redonda e Porto Real. O canal encontra-se inserido na porção do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, nas regiões de menor elevação topográfica da Depressão Interplanáltica do Paraíba do Sul.

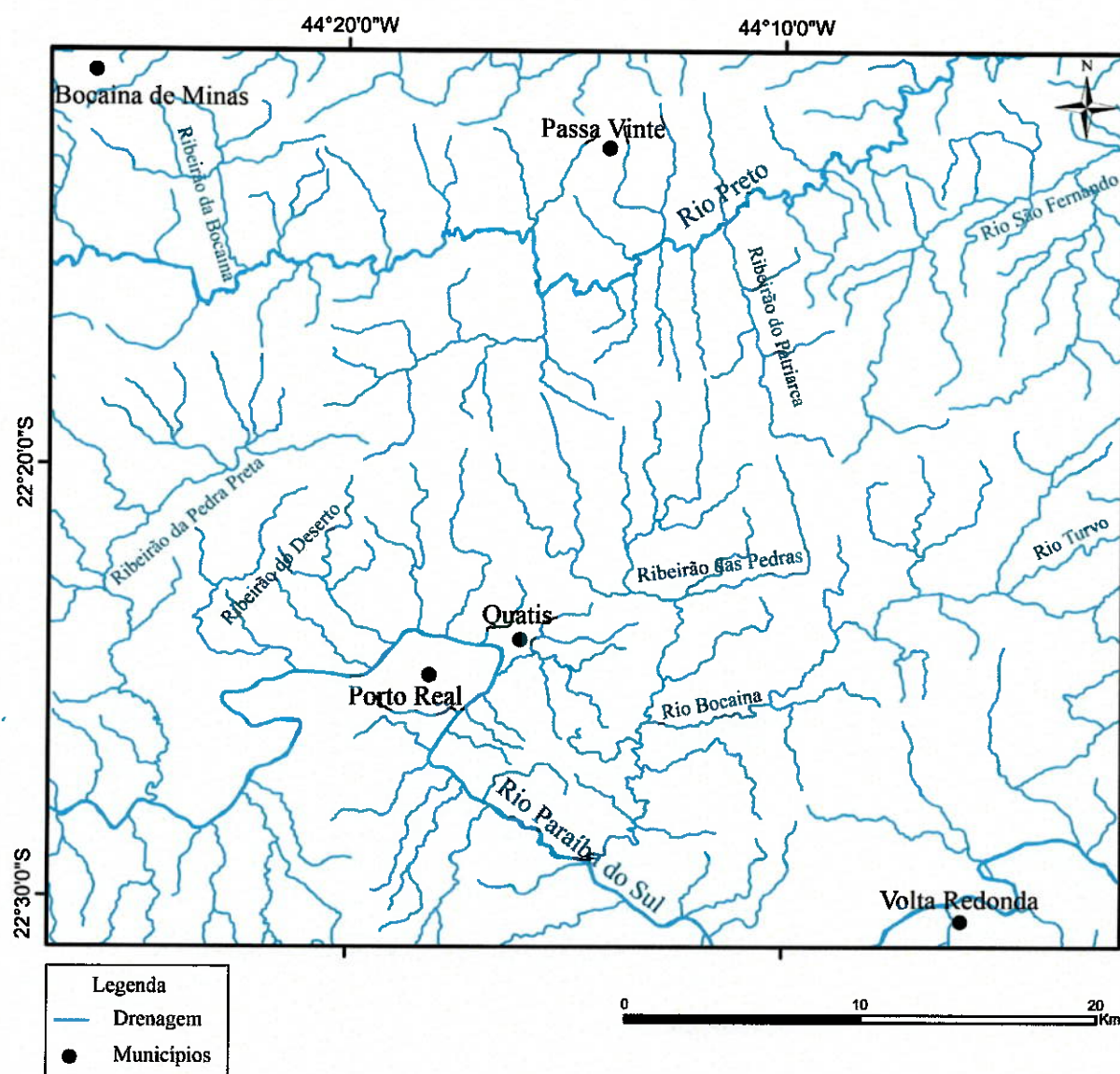
O Rio Preto, principal afluente do Rio Paraíba do Sul no norte da área de estudo, caracteriza-se por também possuir orientação principal segundo a direção NE-SW, porém, com forte inflexão segundo a direção N-S na região ao sul do município de Passa Vinte, voltando então a direção NE-SW. O rio encontra-se inserido em áreas de elevações topográficas superiores as do Rio Paraíba do Sul, estando inserido nos Domínios Morfoestruturais do Planalto e Escarpas da Serra da Mantiqueira e nas regiões do Alinhamento de Cristas do Rio Paraíba do Sul.

Foram extraídos um total de 1526 lineamentos identificados nos segmentos de drenagem (figura 5.8). Foi utilizados cartas topográficas na escala 1:50000 sendo a análise realizada na escala 1:100000. Os diagramas de rosetas obtidos evidenciam um predomínio ao longo da direção NW-SE, no intervalo N20-40W. A direção N-S ocorre de maneira secundária, sendo caracterizada por estruturas ao longo do intervalo N10-20W. Traços de direção NE-SW, predominantes no relevo em escala regional, ocorrem em menor quantidade no contexto das redes de drenagem do local, sendo caracterizados por estruturas com orientação ao longo do intervalo N50-70E.

Os traços de direção NNW-SSE possuem os maiores comprimentos, estando presentes nos vales encaixados na porção centro-norte da área de estudo. A orientação se faz presente em canais de primeira e segunda ordem, possuindo também forte influência na inflexão do Rio Preto ao Sul do município de Passa Vinte.

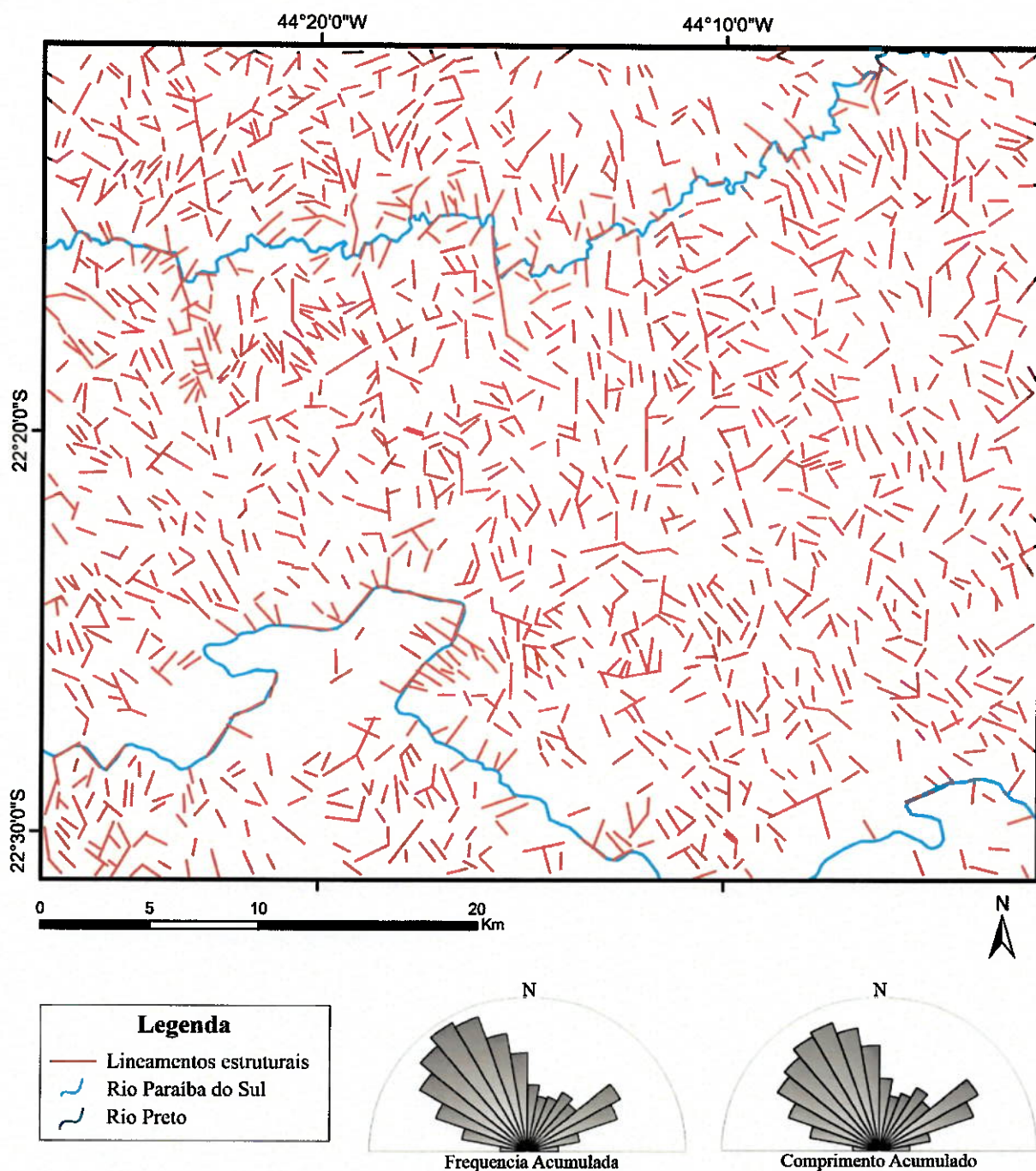
Os canais de terceira ordem possuem uma orientação preferencial e maior comprimento ao longo da direção ENE-WSW, sendo melhor representados pelo curso principal do Rio Paraíba do Sul e Rio Preto.

Figura 5.7: Configuração da rede de drenagem do local.



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.8: Mapa de lineamentos da rede de drenagem local (IBGE, 1:50000) e diagramas de rosetas. $N=1526$, intervalo de 10°



Fonte: Produzido pelo autor.

5.4 Estruturas Rúpteis

No trabalho os dados coletados consistem em um total de 68 planos de falhas com estrias (Apêndice II) e 67 medidas de juntas ao longo de um total de 8 pontos entre os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais (Apêndice III). As estruturas foram coletadas em depósitos cenozoicos

e no embasamento cristalino, ambos com variado grau de alteração.

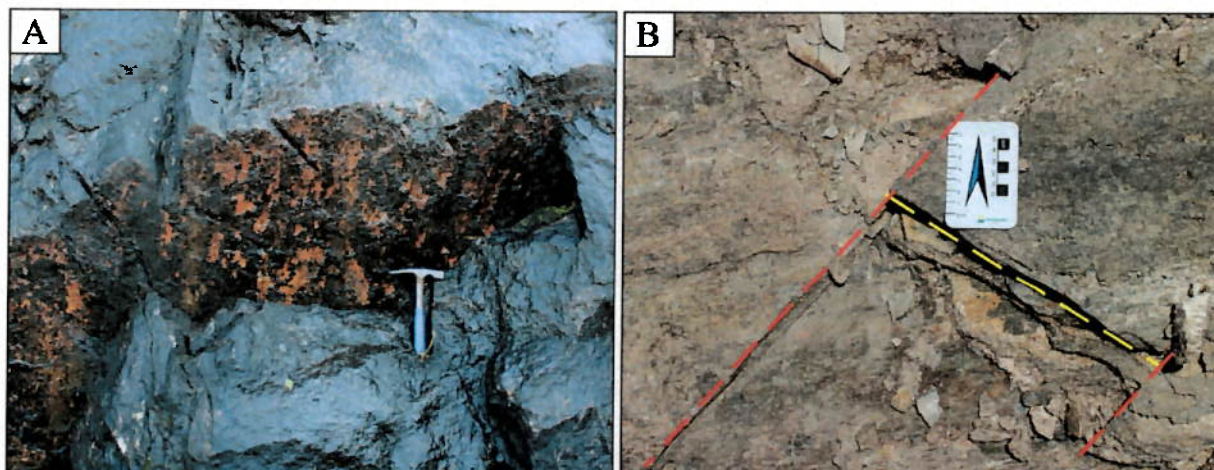
5.4.1 Embasamento cristalino

O domínio das rochas cristalinas representa a maior porção da área de estudo, correspondem a rochas pertencentes a Faixa Ribeira que, por sua vez, correspondem a porção central da Província Mantiqueira. Os dados de falhas coletados nesse domínio foram obtidos em afloramentos que apresentavam variável grau de alteração, notando-se a presença de óxido de manganês e, por vezes, caulim recobrindo e marcando os planos de falha, ressaltando portanto as estrias e indicadores de movimento presentes nas superfícies.

5.4.1.1 Juntas

Durante a etapa de campo foi coletado um total de 67 medidas de planos de juntas no domínio das rochas cristalinas. Os dados foram coletados ao longo dos afloramentos RJ-2, entre os municípios de Porto Real e Volta Redonda; e ao longo do ponto MG-1, em saída a sudoeste do município de Passa Vinte (figura 5.9A e B).

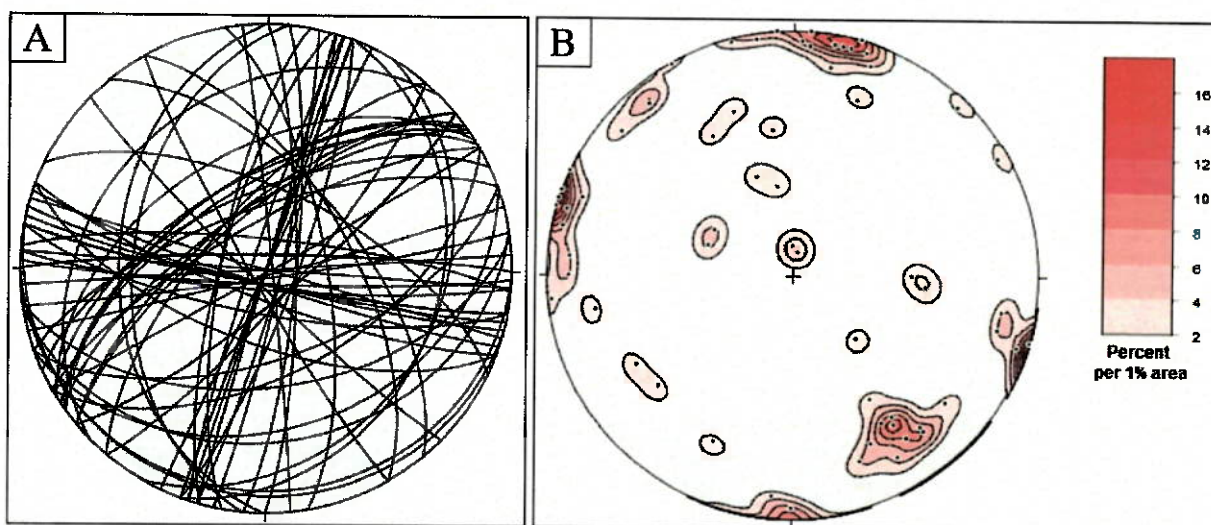
Figura 5.9: Exemplos de juntas observadas na etapa de campo. A) Junta de direção 030/70 observada em afloramento ao longo do ponto RJ-2. B) Conjunto de juntas observadas ao longo do ponto MG-1. Detalhe para junta de direção 110/90 em vermelho e junta de direção 200/80, em amarelo.



Fonte: Produzido pelo autor.

Por meio de projeção estereográfica dos dados foi possível identificar e agrupar os dados em três principais, sendo elas de direção NNE-SSW, NE-SW e WNW-ESE (figura 5.10A e B).

Figura 5.10: (A) Projeção estereográfica de 67 planos de juntas coletadas no embasamento cristalino. (B) Representação estereográfica dos pólos de 67 medidas de juntas coletadas no embasamento.



Fonte: Produzido pelo autor.

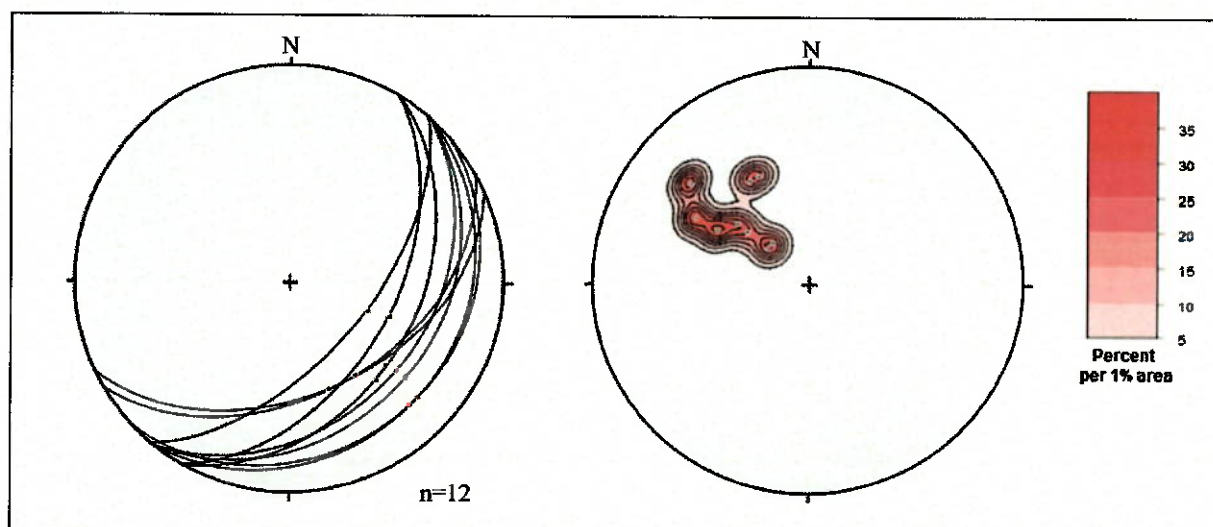
5.4.1.2 Falhas Normais

Inseridas nos domínios das rochas cristalinas, foram reconhecidos cinco conjuntos de falhas normais. Foi realizada uma subdivisão dos dados de acordo com as seguintes orientações: falhas normais NE-SW, falhas normais NNE-SSW, falhas normais NNW-SSE, falhas normais N-S e falhas normais E-W.

5.4.1.2.1 Falhas Normais NE-SW

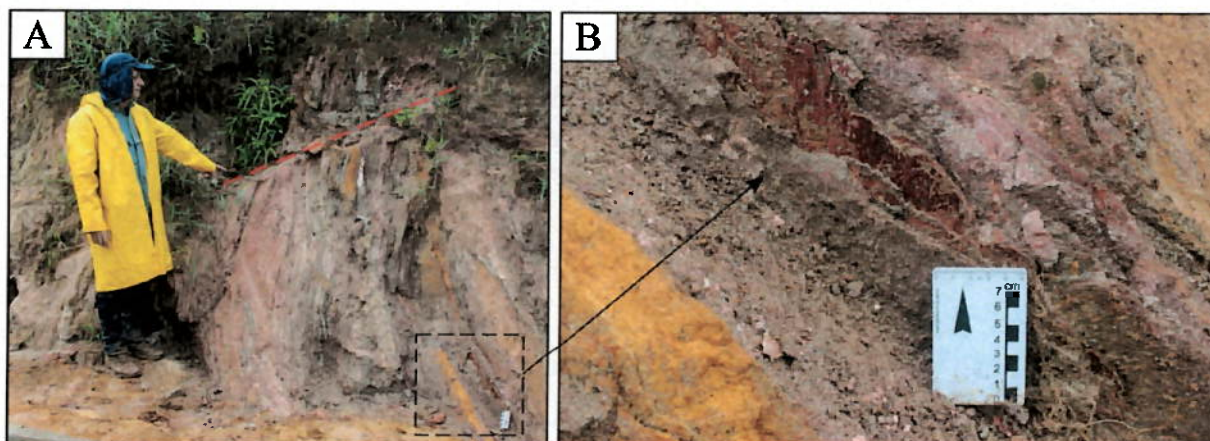
As falhas normais de direção NE-SW (figura 5.11) identificadas em campo são estruturas que apresentam mergulho sentido SE, sendo reconhecidas nos pontos MG-2 e RJ-5, em localidade ao sul do município de Passa Vinte-MG e, no ponto RJ-1, no município de Volta Redonda-RJ. As estruturas apresentadas afetam rochas metamórficas do Complexo Mantiqueira, Grupo Andrelândia e do Complexo Paraíba do Sul, respectivamente. As superfícies dos conjuntos observados nos pontos MG-2 e RJ-5 apresentam médio a alto ângulo de mergulho, possuindo dimensões métricas em determinados locais. Na figura 5.12A e B observa-se em detalhe o plano de falha normal de direção N62E/75SE, sendo possível observar em detalhe estrias no plano principal, sendo o mesmo recoberto por material argiloso e, por óxido de ferro em pontos isolados. Em campo pode-se observar relações de corte entre as estruturas estudadas. Por meio da figura 5.12A é possível observar uma relação de sobreposição de estruturas, sendo a falha normal de direção N62E/75SE seccionada pela falha normal oblíqua de direção N80W/30SW, representada pelo traço vermelho.

Figura 5.11: Projeção estereográfica das falhas normais de direção NE-SW (Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.12: Visão em afloramento do ponto RJ-5. A) Relação de corte entre conjunto de falha normal oblíqua N190/30 e falha normal N152/75; B) Detalhe para o plano da falha normal de direção N152/75.

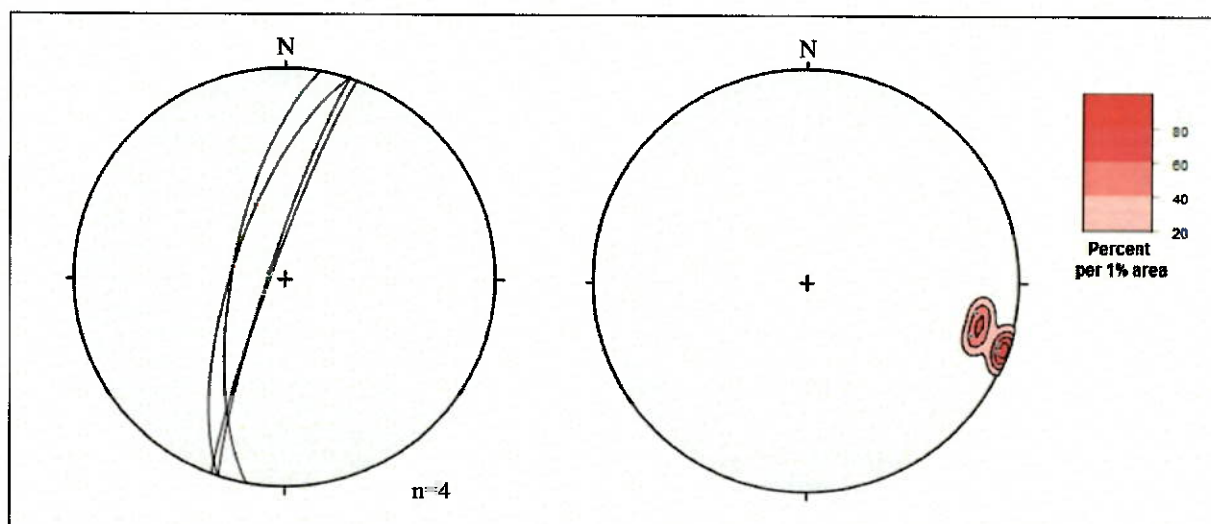


Fonte: Produzido pelo autor.

5.4.1.2.2 Falhas Normais NNE-SSW

As falhas normais de direção NNE-SSW (figura 5.13) identificadas em campo são estruturas que apresentam mergulho sentido WNW, sendo reconhecidas em um corte de estrada ao longo da rodovia LMG-875, no ponto MG-2, ao sul do município de Passa Vinte-MG. As falhas pertencentes a esse conjunto afetam uma exposição de biotita gnaiss pertencente ao Complexo Mantiqueira. As superfícies das falhas do conjunto apresentam alto ângulo de mergulho, com estrias realçadas por material argiloso presente nos planos de fraqueza (figura 5.22E).

Figura 5.13: Projeção estereográfica das falhas normais de direção NNE-SSW(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)

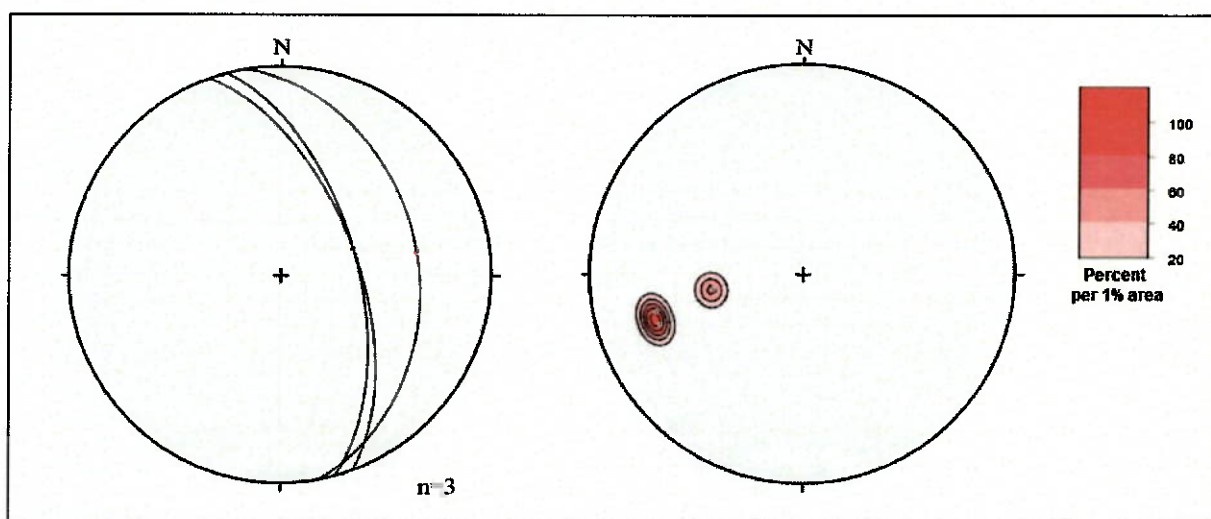


Fonte: Produzido pelo autor.

5.4.1.2.3 Falhas Normais NNW-SSE

As falhas normais de direção NNW-SSE (figura 5.14) identificadas em campo são estruturas que apresentam mergulho sentido ENE. Assim como o conjunto anterior, as estruturas foram observadas ao longo do ponto MG-2, ao longo da rodovia LMG-875, em saída a sul do município de Passa Vinte-MG. As superfícies das falhas do conjunto apresentam médio ângulo de mergulho, com estrias realçadas por material argiloso presente nos planos de fraqueza.

Figura 5.14: Projeção estereográfica das falhas normais de direção NNW-SSE(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)

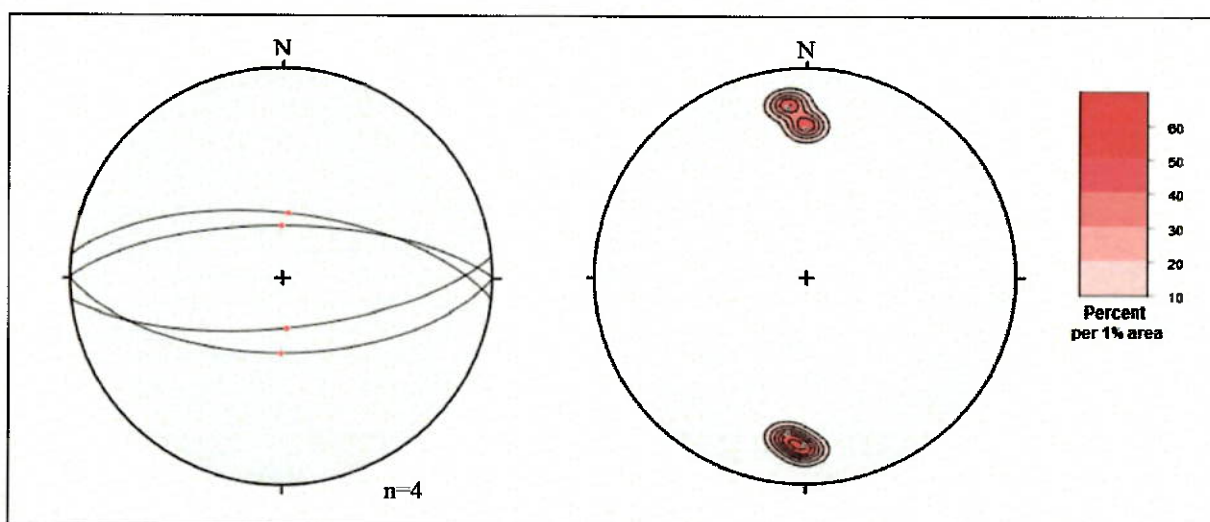


Fonte: Produzido pelo autor.

5.4.1.2.4 Falhas Normais E-W

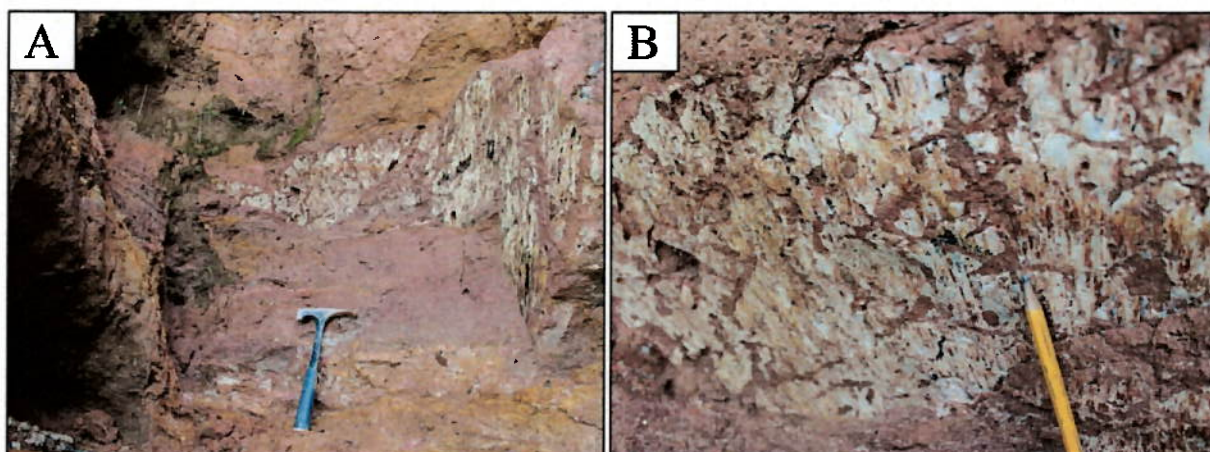
As falhas normais de direção E-W (figura 5.15) identificadas em campo são estruturas que apresentam mergulho ora para norte ora para sul, sendo reconhecidas no ponto RJ-4. Trata-se de um afloramento ao longo da rodovia RJ-143 em saída a leste do município de Porto Real-RJ, em direção ao município de Nossa Senhora do Amparo. O litotipo do local foi descrito como um biotita gnaiss pertencente ao Grupo Raposo. As superfícies desse conjunto apresentam médio ângulo de mergulho, sendo possível observar em detalhe estrias no plano principal, o mesmo recoberto por material argiloso (figuras 5.16A e B).

Figura 5.15: Projeção estereográfica das falhas normais de direção E-W (Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.16: A) Visão em afloramento do ponto RJ-4; B) Detalhe para o plano da falha normal de direção E-W.

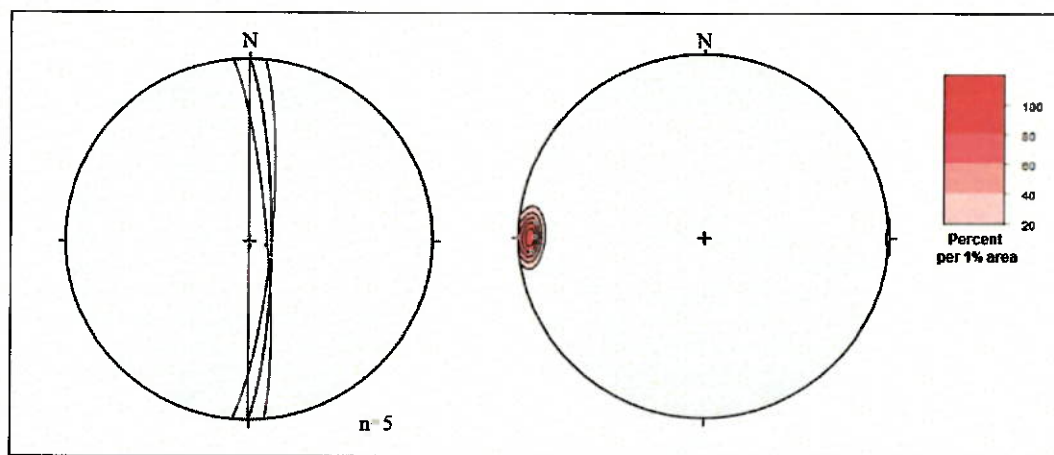


Fonte: Produzido pelo autor.

5.4.1.2.5 Falhas Normais N-S

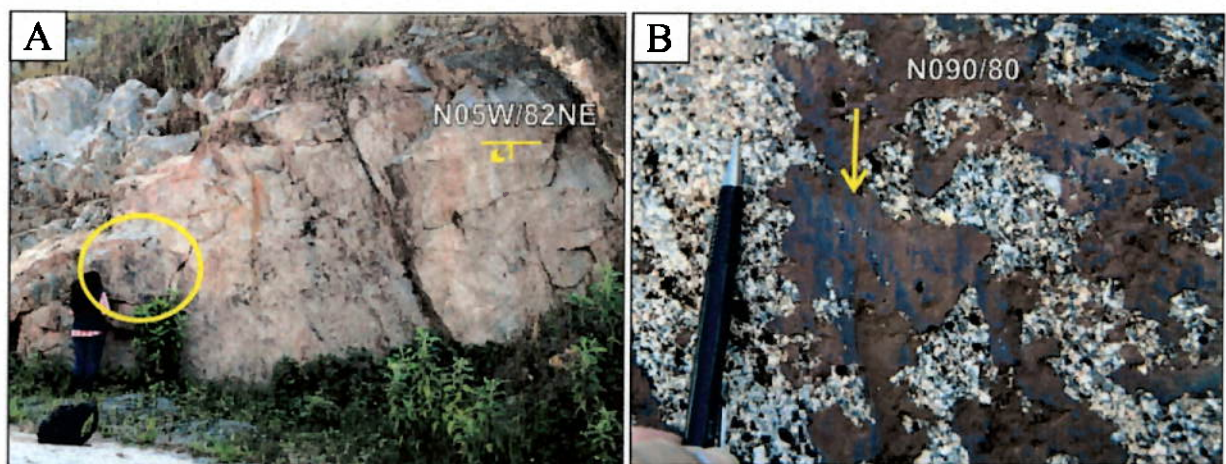
As falhas normais de direção N-S (5.17) identificadas em campo são estruturas que apresentam mergulho para leste, sendo reconhecidas nos arredores do município de Volta Redonda, no ponto RJ-1. As falhas pertencentes a esse conjunto afetam rochas do Complexo Paraíba do Sul, sendo os valores de direção e mergulho coletados em etapas de anteriores no âmbito no projeto LINEAS. A figura 5.18A mostra um exemplo de falha normal de direção N-S observada ao longo da Pedreira Volta Redonda, em detalhe (figura 5.18B) observa-se a presença de estrias de movimento realçadas pelo preenchimento de material magnético.

Figura 5.17: Projeção estereográfica das falhas normais de direção N-S (Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.18: Falhas normais de direção N-S. A) Exemplo em afloramento de um plano de falha normal de direção N-S apresentando dimensões métricas. B) Detalhe para estrias de movimento realçadas pela presença de material magnético.



Fonte: Produzido pelo autor.

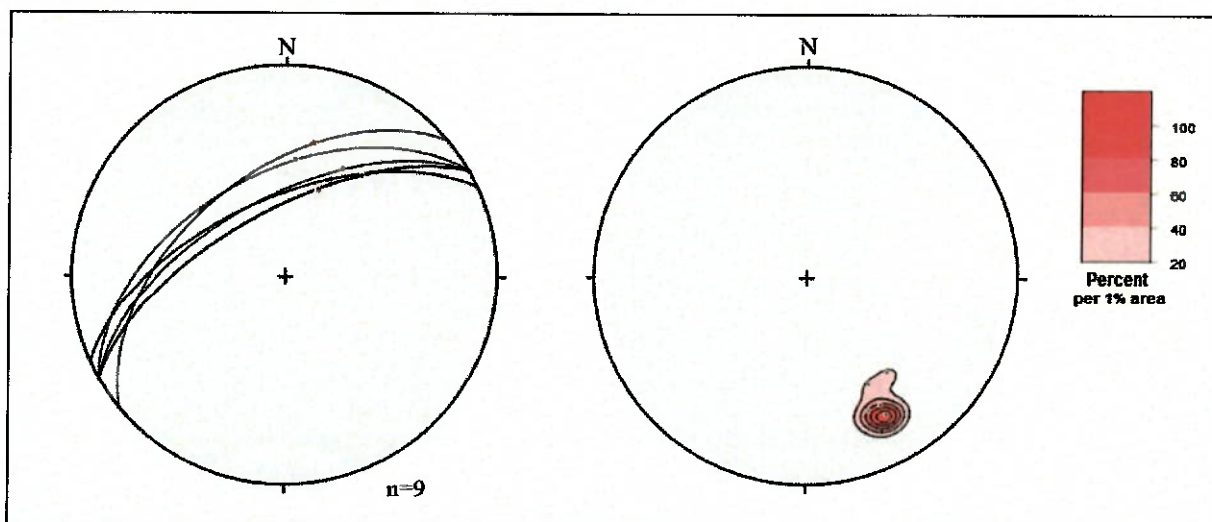
5.4.1.3 Falhas Oblíquas

Foram identificadas duas famílias de falhas normais com movimentação oblíqua inseridas no contexto das rochas cristalinas, sendo as mesmas separadas de acordo com as direção WNW-ESE e NE-SW.

5.4.1.3.1 Falhas Oblíquas NE-SW

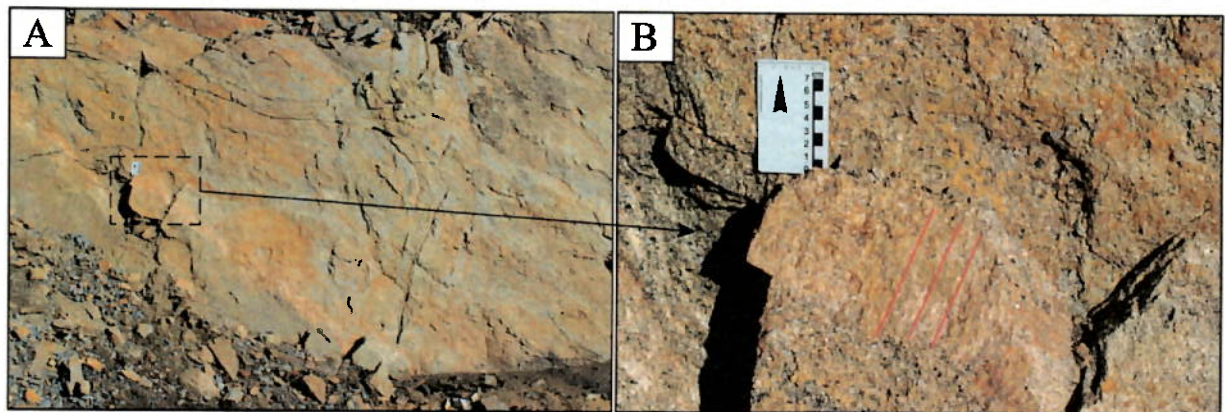
O conjunto de falhas normais oblíquas, com sentido de movimentação destral e direção NE-SW (figuras 5.19), foi identificado em rochas do Complexo Paraíba do Sul, nos arredores do município de Volta Redonda, no ponto RJ-1. No local observou-se a presença de planos e espelhos de falhas de dimensões métricas, com estrias (*slickensides*) bem marcadas e *steps* como indicadores cinemáticos de movimentação do bloco deslocado. Observou-se, também, a presença de estrias superpostas no mesmo plano indicando, portanto, reaproveitamento de antigos planos de fraqueza para reativações tectônicas recentes. Nas figuras 5.20A e B pode-se observar uma exposição em frente de lavra, onde foi identificado um plano de falha normal oblíqua, de direção N60E/50NW, com dimensão métrica e plano recoberto por calcita, realçando assim as estrias presentes no plano.

Figura 5.19: Projeção estereográfica das falhas normais oblíquas de direção NE-SW (Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.20: Exposição de rocha em frente de lavra. A) Espelho de falha normal oblíqua de direção N330/60; B) Detalhe para o plano de falha normal oblíqua com estrias realçadas.

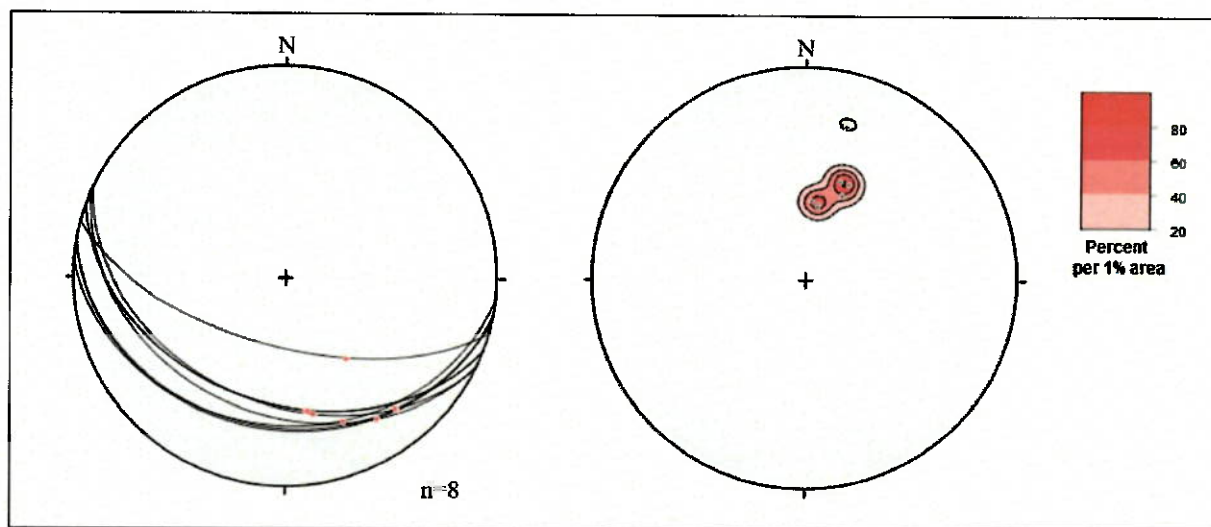


Fonte: Produzido pelo autor.

5.4.1.3.2 Falhas Oblíquas WNW-ESE

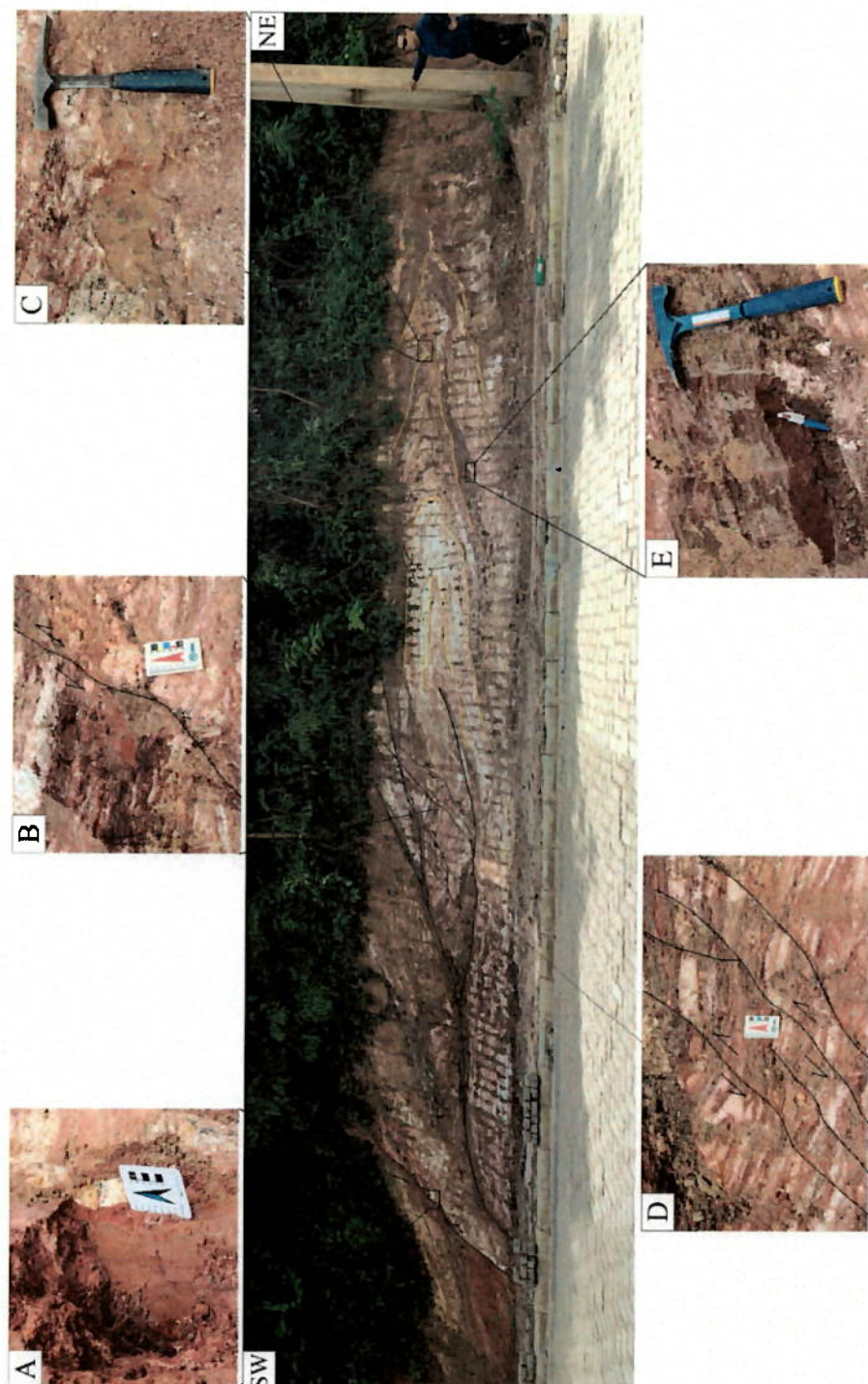
As falhas normais oblíquas de direção WNW-ESE (figura 5.21) identificadas em campo são estruturas que apresentam mergulho sentido SSW, sendo reconhecidas no pontos MG-2, ao longo da rodovia LMG-875 ao sul do município de Passa Vinte-MG. As superfícies desse conjunto apresentam médio ângulo me mergulho, possuindo dimensões métricas em determinados locais. Na figura 5.22 observa-se uma sobreposição de falhas normais e normais oblíquas identificadas em campo, sendo o conjunto de falhas oblíquas WNW-ESE o mais representativo e marcante no local, seccionando o afloramento como um todo. A figura 5.22A mostra em detalhe o plano de falha normal oblíqua de direção N74W/63SW, sendo possível observar em detalhe estrias realçadas pela cobertura argilosa no plano de fraqueza. No afloramento do ponto MG-2 pode-se observar relações de corte entre as estruturas estudadas. A figura 5.22A mostra em detalhe o plano da família de falhas normais oblíquas seccionando as demais estruturas presentes no local. Nas figuras 5.22C e E observa-se em detalhes os planos de falhas normais de direção NE-SW e NNE-SSW, respectivamente, sendo possível observar o aproveitamento dos planos de fraqueza da foliação local para a instalação dos respectivos planos de falhas. A figura 5.22B mostra em detalhe a relação de corte entre os planos de falhas de direção WNW-ESE e NE-SW, ao passo que a figura 5.22D mostra em detalhes estruturas conjugadas resultantes da presença das falhas normais oblíquas.

Figura 5.21: *Projeção estereográfica das falhas normais oblíquas de direção WNW-ESE (Projeção Equal Area, Hemisfério Inferior)*



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.22: Visão geral do afloramento, destacando as principais estruturas rúpteis do local. A) Plano de falha normal listrica de direção N196/63. B) Relação cronológica de eventos observado no afloramento, em destaque para falhas de direção W(NW)-E(SE) seccionando falhas de direção NE-SW. C) Detalhe para plano de falha de direção N130/30. D) Detalhe para estruturas estilo dominó resultantes da ação de falhas normais. E) Detalhe para plano de falha de direção N288/84.



Fonte: Produzido pelo autor.

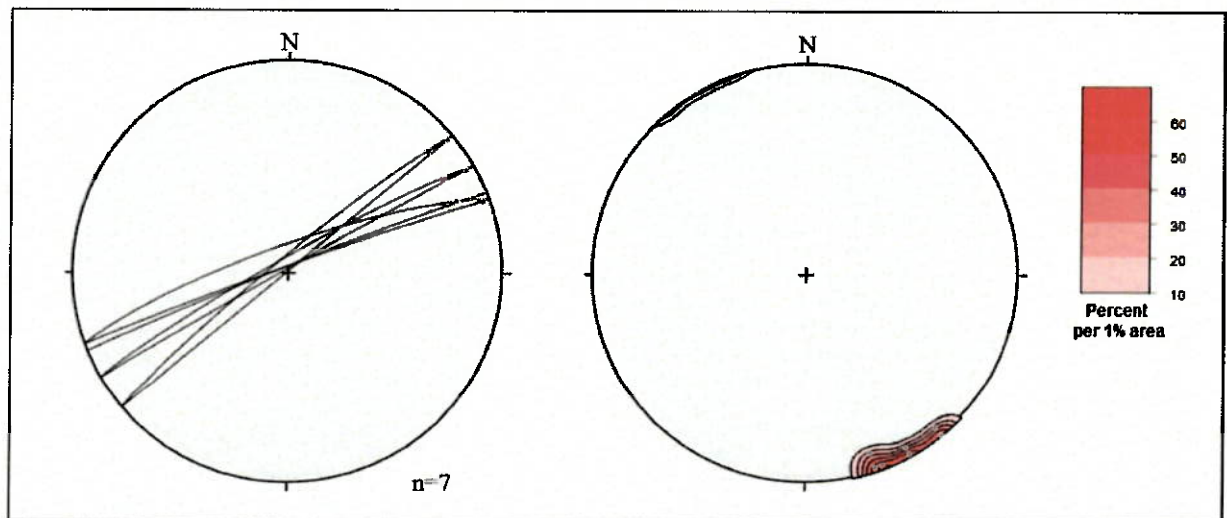
5.4.1.4 Falhas Transcorrentes

Inseridas no contexto das rochas cristalinas foi identificado dois conjuntos de falhas transcorrentes afetando as rochas do embasamento, os conjuntos foram separados de acordo com o sentido me movimentação dos blocos, sendo as estruturas com direção NE-SW e NW-SE.

5.4.1.4.1 Falhas Transcorrentes NE-SW

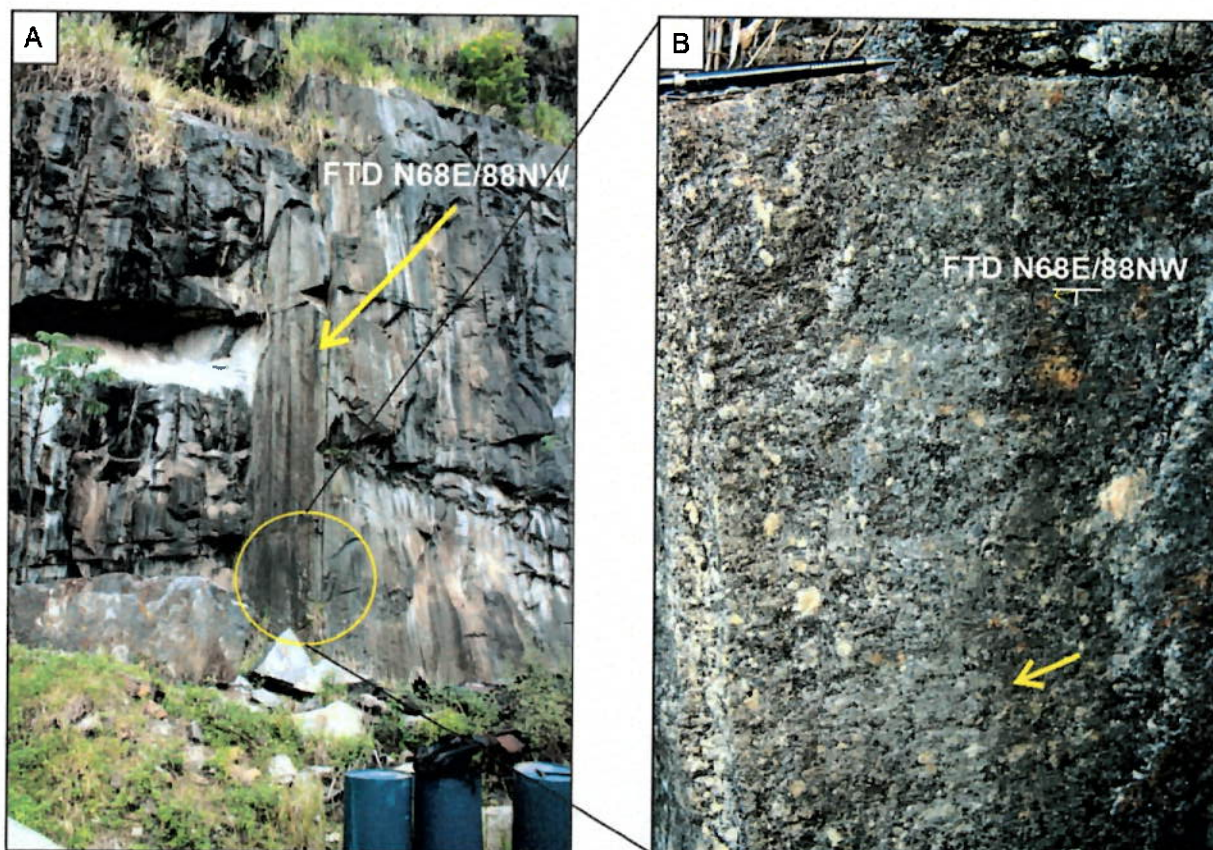
O conjunto de falhas transcorrentes de direção NE-SW (figura 5.23), com sentido de movimentação dextral, foi observado nos arredores do município de Barra Mansa - RJ. Trata-se das pedreiras Voldac e Folha Verde (pontos L0024 e L0025), ambas estudadas anteriormente no contexto do projeto LINEAS, tendo agora, seus dados integrados a esse trabalho. O conjunto de falhas apresentado secciona ortognaisses do Complexo Paraíba do Sul, a figura 5.24A mostra a visão em afloramento da antiga frente de lavra com o plano de falha transcorrente sendo mostrado em detalhe (figura 5.24B).

Figura 5.23: Projeção estereográfica das falhas transcorrentes dextrais de direção NE-SW (Projeção Equal Área, Hemisfério Inferior)



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.24: Visão em afloramento de uma antiga frente de lavra na pedreira Voldac. A) Plano de falha transcorrente dextral em visão geral no afloramento; B) Detalhe para o plano estriado da estrutura transcorrente.



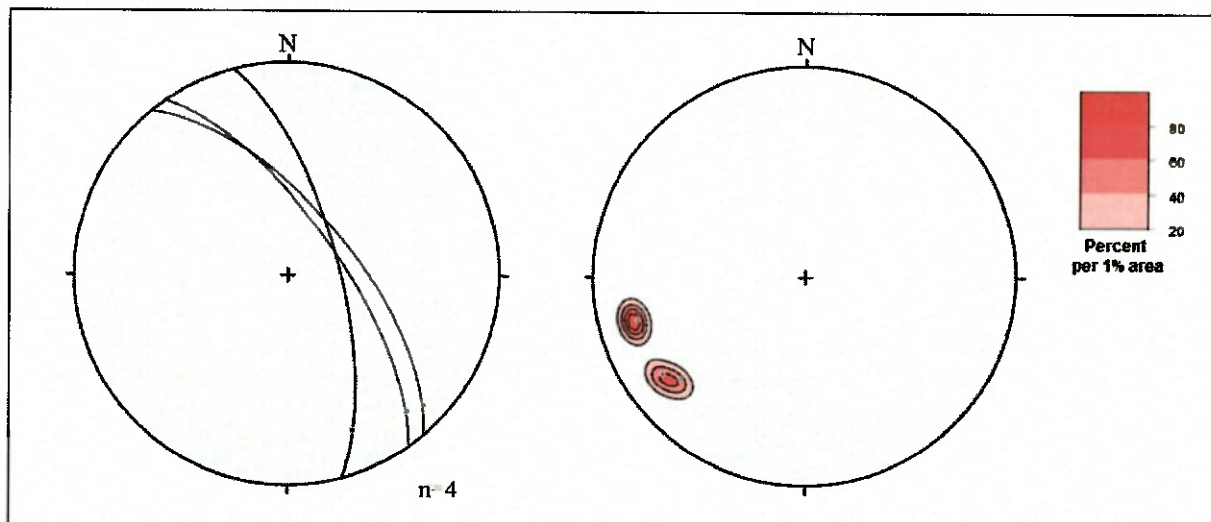
Fonte: Clauzionor Lima da Silva

5.4.1.4.2 Falhas Transcorrentes NW-SE

As falhas transcorrente de direção NW-SE (figura 5.25) de movimentação dextral observadas em campo foram identificadas no ponto RJ-5, ao sul do município de Passa Vinte-MG. São estruturas que apresentam movimentação lateral dos blocos segundo sentido dextral, e afetam rochas do Grupo Andrelândia. Os planos de fraqueza do conjunto são caracterizados por apresentar a presença de argilo minerais recobrindo e realçando as estrias de movimento. As falhas transcorrentes observadas no ponto RJ-5 ocorrem em conjunto a outras famílias de falhas, que possuem direção e sentido de movimento distintos. A figura 5.26 mostra o corte de estrada, local de coleta dos dados citados anteriormente. A figura 5.26A mostra em detalhes um plano de falha normal N60E/15SE, com cobertura de óxido de manganês no plano de fraqueza. A figura 5.26B mostra em detalhe uma falha normal pertencente ao mesmo conjunto, com direção N60E/15SE, porém, com material argiloso recobrindo o plano de fraqueza. A figura 5.26C mostra a falha transcorrente dextral apresentada anteriormente seccionando as demais estruturas presentes no local. A figura 5.26D mostra em detalhe um plano de falha normal oblíqua,

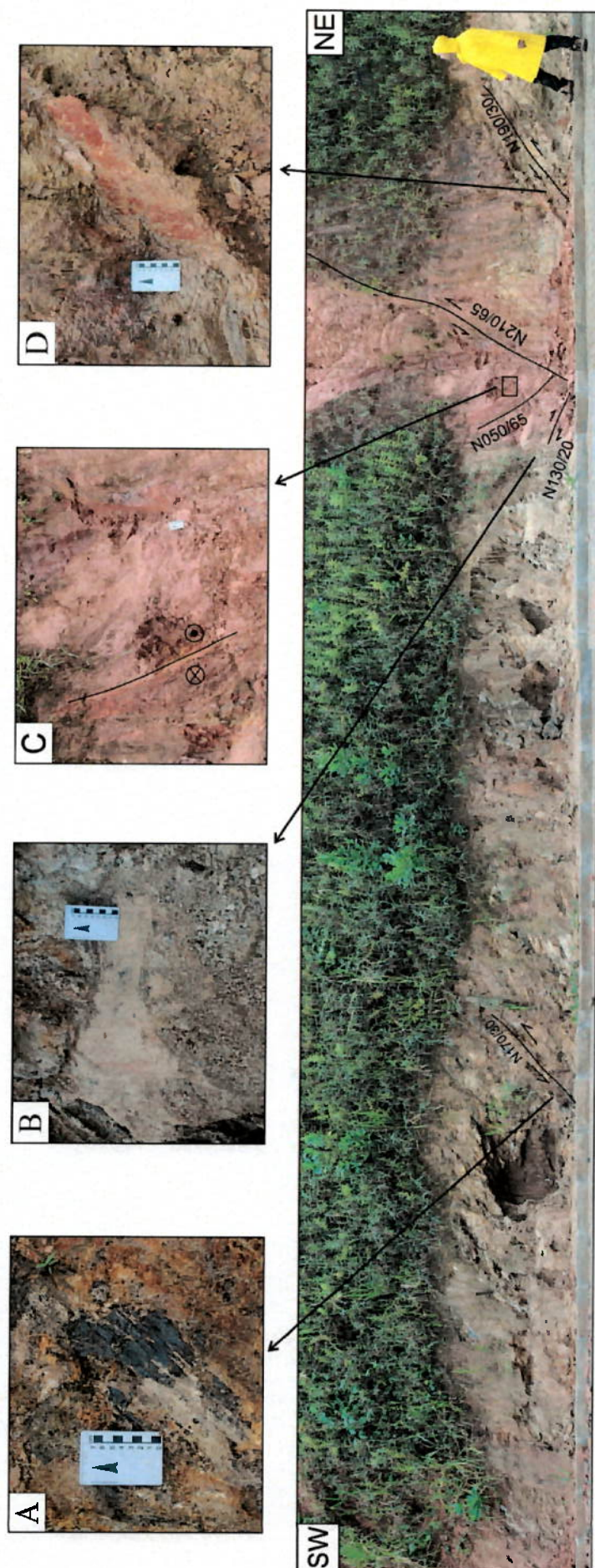
com movimentação sinistral e direção N85W/30SW.

Figura 5.25: Projeção estereográfica da falha transcorrente dextral de direção NW-SE (Projeção Equal Área, Hemisfério Inferior)



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.26: Visão geral do afloramento, destacando as principais estruturas rúpteis do local. A) Plano de falha normal com orientação N170/30. B) Plano de falha normal de orientação 130/20. C) Destaque para o plano de falha transcorrente dextral, de orientação N050/65 e, para o plano de falha normal oblíqua com orientação N210/65. D) Detalhe para plano de falha normal com orientação N190/30.



Fonte: Produzido pelo autor.

5.4.2 Sedimento Cenozoico

No presente trabalho o domínio das rochas de idade cenozoica se restringe as litologias observadas na Bacia de Resende, a sudoeste da área de estudo (Latitude: 22°23'55.8"S Longitude: 44°13'11.3W). O afloramento RJ-3, onde se realizou a coleta de dados, consiste em uma voçoroca, uma feição do relevo resultante de intensa erosão, localizada a leste do município de Porto Real, na borda leste da bacia.

Com base na revisão estratigráfica da bacia realizada por Ramos (2003) o litotipo do local foi interpretado como sendo pertencente a Formação Floriano, unidade topo da sequência estratigráfica cuja idade é enquadrada no Meso-Mioceno. O litotipo do local foi descrito como sendo intercalações de arenito amarelado, de média granulometria e pouco maduro, com camadas pelíticas, caracterizadas por um argilito maciço de coloração roxa. A descrição da litologia do local coincide com a descrição realizada por Ramos (2003), que define a Formação Floriano como sendo alternâncias de camadas arenosas e pelíticas, associação faciológica característica de rios meandrantess (Miall, 1996).

5.4.2.1 Juntas

Inseridas na Formação Floriano, foram identificadas quatro fraturas ao longo do ponto RJ-3. São caracterizadas por superfícies irregulares, limitadas a porção argilosa da Formação, não se propagando para a acamada arenosa superior (figura 5.27).

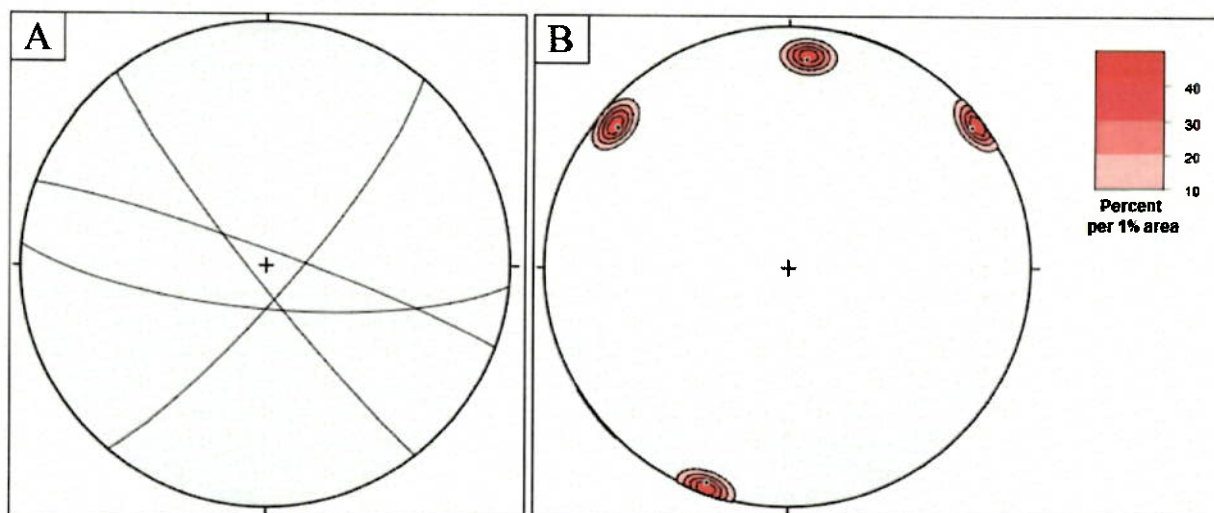
Figura 5.27: Porção superior do afloramento do ponto RJ-3, com a presença de juntas ao longo da porção argilosa. Detalhe para junta de direção N20/85 em vermelho, junta N232/85 em azul e junta N130/80 em preto.



Fonte: Produzido pelo autor.

A figura 5.28 apresenta as quatro medidas de fraturas identificadas na Formação Floriano em projeção ciclográfica, evidenciando as direções NW-SE, NE-SW e WNW-ESE.

Figura 5.28: A) Projeção estereográfica dos quatro planos de juntas coletadas na Formação Floriano. B) Representação estereográfica dos pólos das quatro medidas de juntas coletadas nas rochas cenozoicas.



Fonte: Produzido pelo autor.

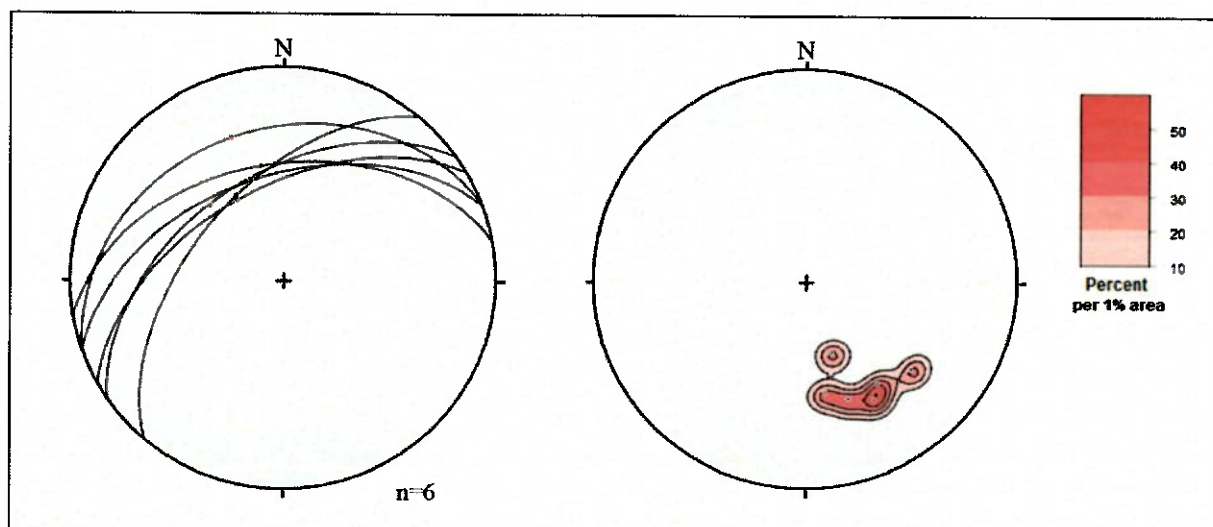
5.4.2.2 Falhas Normais

No local foi identificado dois conjuntos de falhas normais, sendo os mesmos separados de acordo com as direções NE-SW e E-W, apresentados na sequência.

5.4.2.2.1 Falhas Normais NE-SW

O conjunto de falhas normais de direção NE-SW (figuras 5.29) caracteriza-se por estruturas de médio ângulo de mergulho, seccionando arenitos e argilitos da Formação Floriano. Os planos de fraqueza das estruturas apresentam irregularidades ao longo do afloramento, em razão da intercalação de diferentes litologias. As superfícies são recobertas por material argiloso, realçando assim, as estrias de movimentação.

Figura 5.29: *Projeção estereográfica das falhas normais de direção NE-SW(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)*

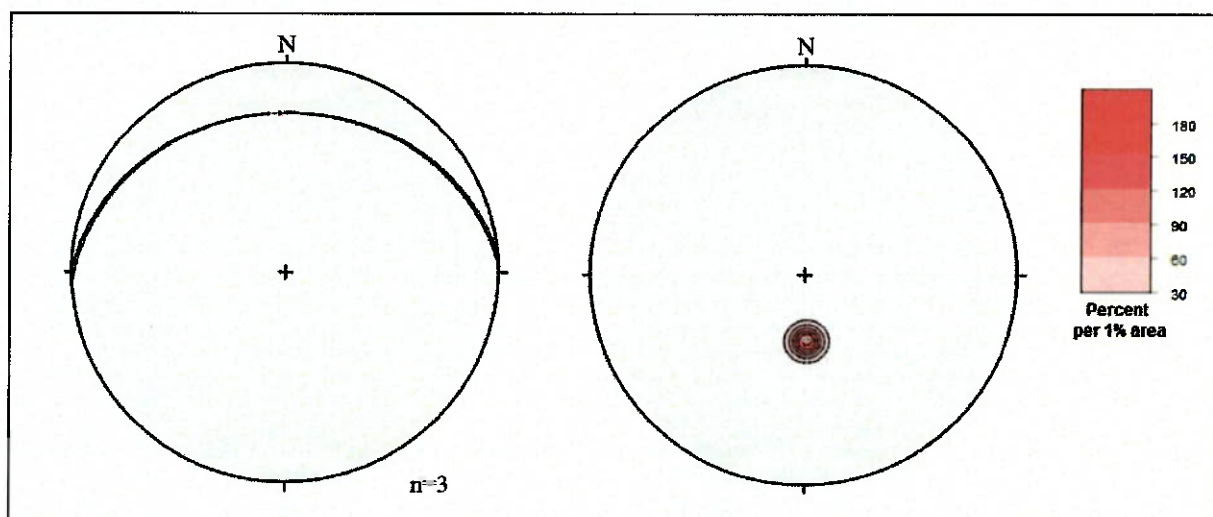


Fonte: Produzido pelo autor.

5.4.2.2.2 Falhas Normais E-W

O conjunto de falhas normais de direção E-W (figuras 5.30) caracteriza-se por estruturas de médio ângulo de mergulho, seccionando arenitos e argilitos da Formação Floriano. As estruturas apresentam planos polidos, recobertos por material argiloso.

Figura 5.30: *Projeção estereográfica das falhas normais de direção E-W(Projeção Igual Área, Hemisfério Inferior)*



Fonte: Produzido pelo autor.

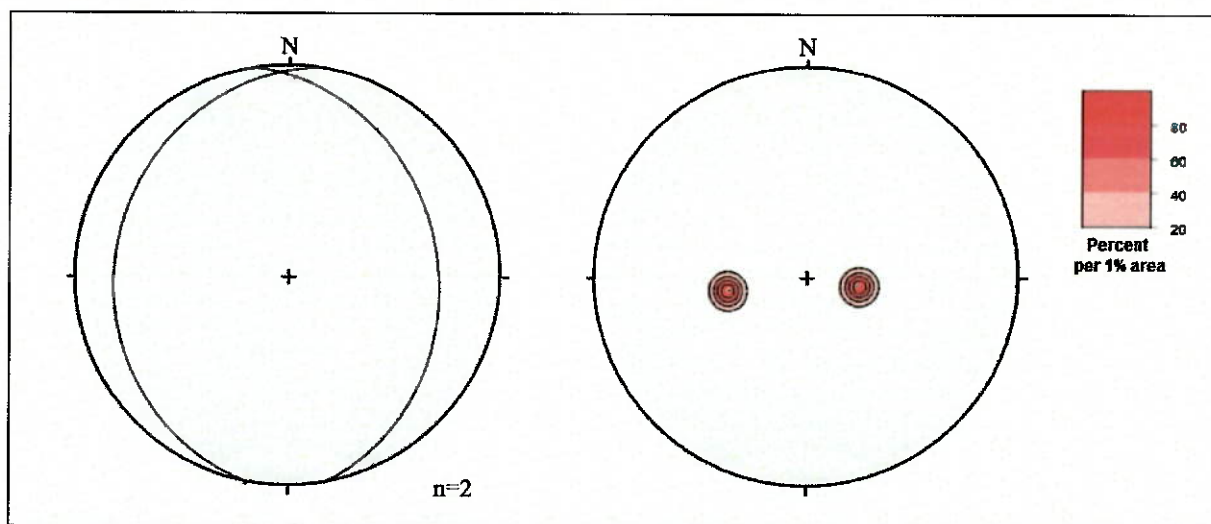
5.4.2.3 Falhas Transcorrentes

Falhas transcorrentes também foram identificadas afetando sedimentos da Formação Floriano, sendo elas agrupadas segundo as direções N-S e NE-SW.

5.4.2.3.1 Falhas Transcorrentes N-S

As falhas transcorrente identificadas na Formação Floriano possuem orientação segundo a direção N-S (figura 5.31). As falhas do conjunto apresentam médio ângulo de mergulho, ambas com sentido de movimentação sinistral.

Figura 5.31: *Projeção estereográfica das falhas transcorrente sinistrais de direção N-S (Projeção Equal Área, Hemisfério Inferior)*



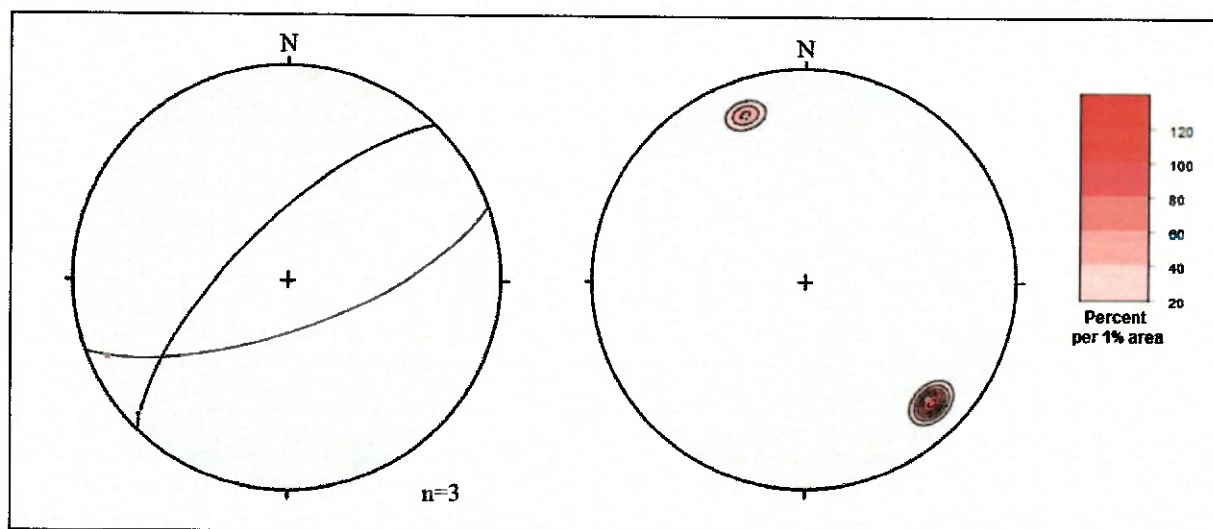
Fonte: Produzido pelo autor.

5.4.2.3.2 Falhas Transcorrentes NE-SW

As falhas transcorrentes de direção NE-SW (figura 5.32) apresentam mergulho ora para noroeste ora para sudeste, seccionando as rochas sedimentares da Formação floriano. As estruturas pertencentes a esse conjunto apresentam sentido de movimentação sinistral, com superfícies polidas recobertas por material argiloso.

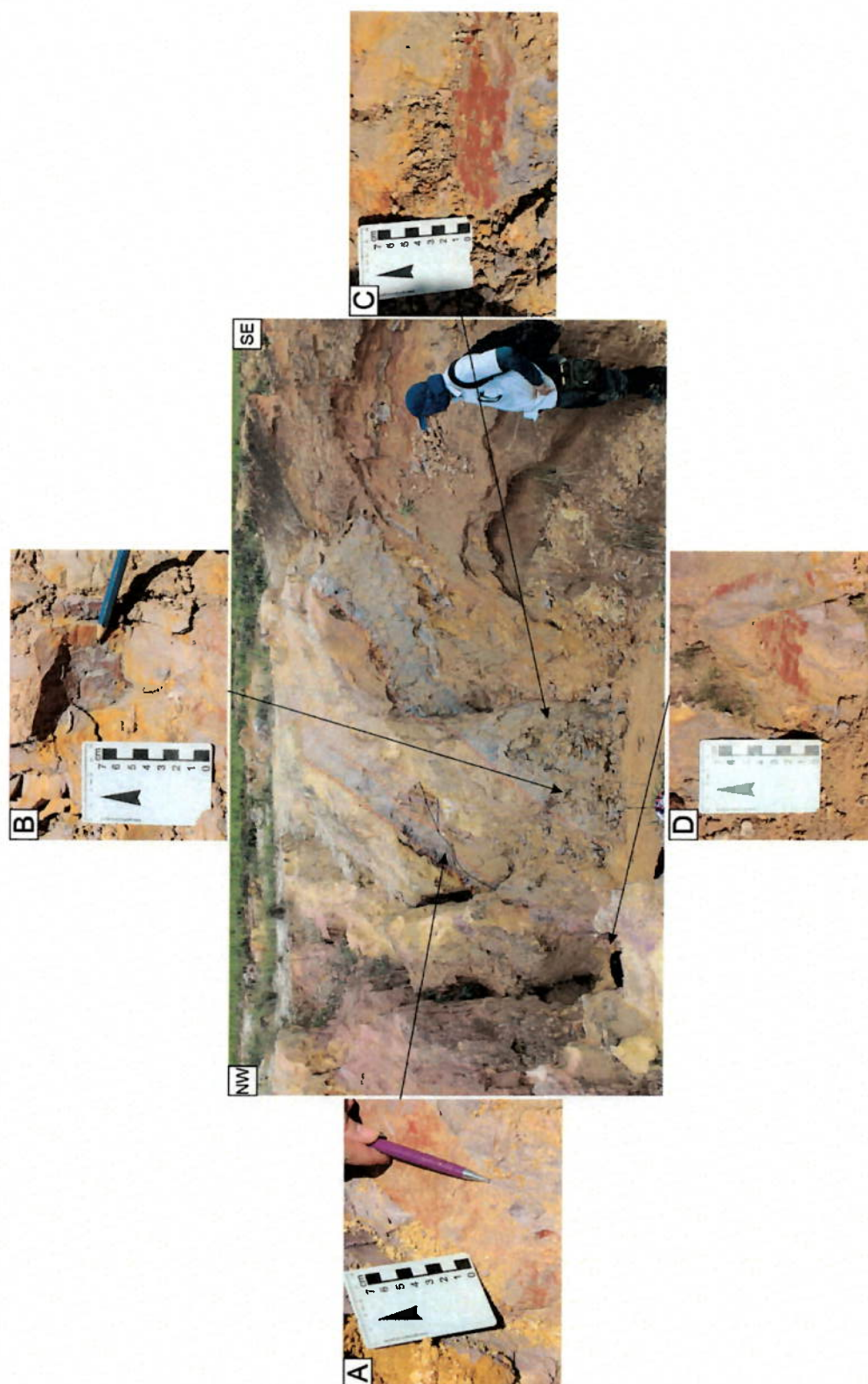
A figura 5.33 mostra o afloramento do ponto RJ-3, local de coleta dos dados citados anteriormente. A figura 5.33A mostra em detalhes um plano de falha normal N359/25. A figura 5.33B mostra em detalhe uma falha transcorrente sinistral de direção N31/70. A figura 5.33C mostra um plano de falha normal de direção N340/20. A figura 5.33D mostra uma relação de corte, com um plano de falha transcorrente sinistral seccionando um plano de falha normal.

Figura 5.32: Projeção estereográfica das falhas transcorrentes sinistras de direção NE-SW (Projeção Equal Área, Hemisfério Inferior)



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 5.33: Visão geral do afloramento localizado na Bacia de Resende, mostrando as principais estruturas observadas no local. A) Plano de falha normal de direção N359/25. B) Plano de falha transcorrente sinistral de direção N314/70. C) Plano de falha normal de direção N340/20. D) Relação de eventos cronológicos, com falha transcorrente sinistral seccionando um plano de falha normal



Fonte: Produzido pelo autor.

5.5 *Eixos de Paleotensão*

Com vistas a determinar a posição dos esforços principais que atuaram na área de estudo, foram gerados diagramas de paleotensores para cada conjunto de falhas descritas (Apêndice IV). Nessa etapa foi feito o uso do *software* Wintensor (Delvaux, 2012), com o objetivo facilitar a análise e modelagem dos dados a partir do método dos diedros retos (Angelier e Mechler, 1977).

5.5.1 *Embasamento Cristalino*

No domínio das rochas do embasamento cristalino da Faixa Ribeira foram analisados um total de 57 planos de falhas com estrias de movimento.

5.5.1.1 *Falhas Normais*

Foram separados cinco conjuntos de falhas normais identificadas em rochas do embasamento cristalino. O primeiro conjunto é representado por falhas normais de direção NE-SW identificadas nos pontos MG-2, RJ-1 e RJ-5. A direção do maior esforço (σ_1) foi identificada com N174/85, ao passo que a direção de menor esforço (σ_3) possui direção de N311/sub-horizontal (figura 5.34A).

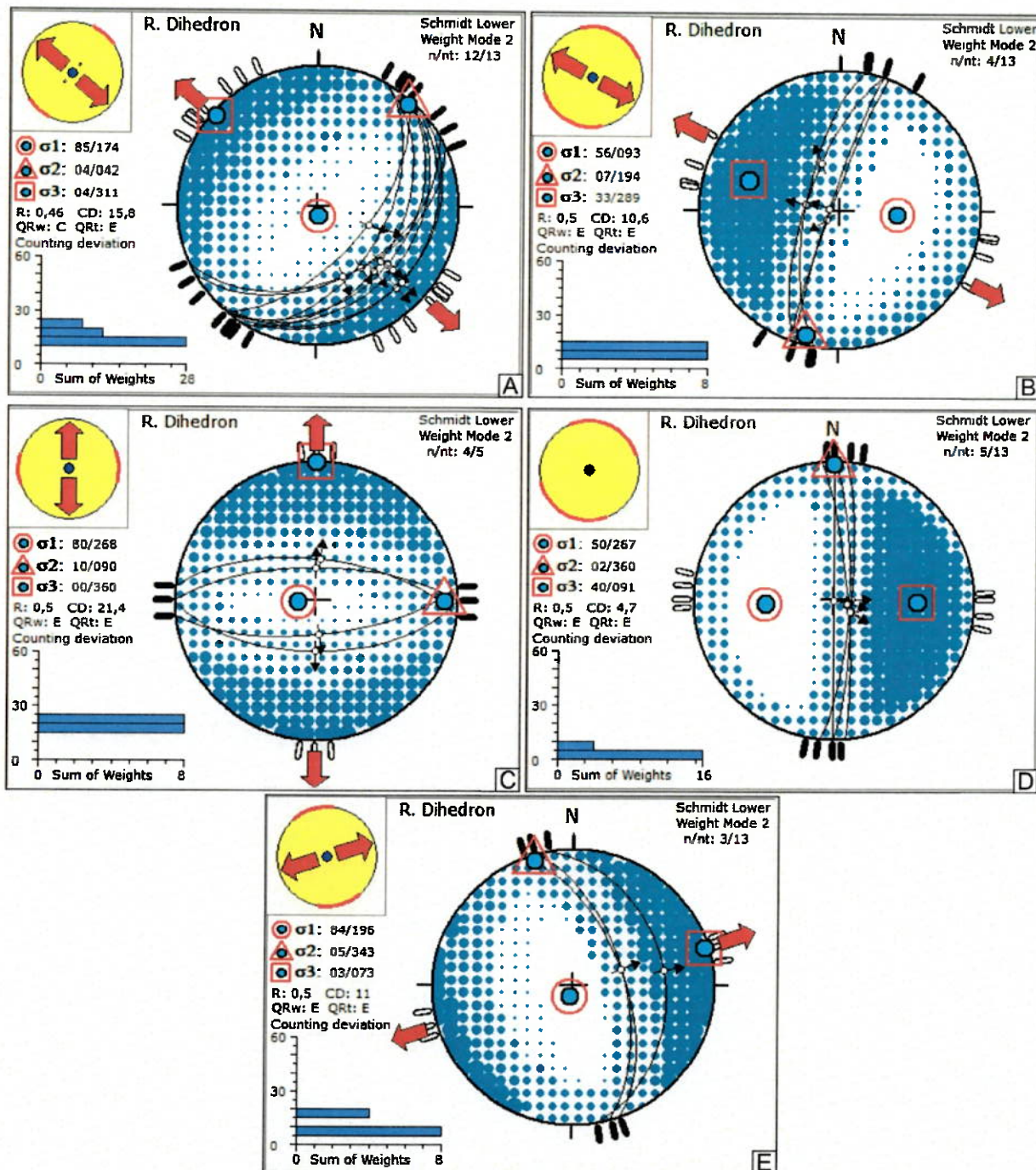
O segundo conjunto de falhas normais é caracterizado por falhas normais de alto ângulo e direção NNE/SSW, identificadas no ponto MG-2. O conjunto apresentado possui a direção do maior esforço (σ_1) em N093/56 e o menor esforço (σ_3) em N289/33 (figura 5.34B).

O terceiro conjunto de falhas normais é caracterizado por falhas normais de direção E-W identificadas no ponto RJ-4. O conjunto possui a direção do maior esforço (σ_1) em N268/80, ao passo que a direção do menor esforço (σ_3) está localizada em N360/horizontal (figura 5.34C).

O quarto conjunto de falhas normais é caracterizado por falhas normais de direção N-S identificadas no ponto RJ-1. O conjunto possui a direção do maior esforço (σ_1) em N267/50, ao passo que a direção do menor esforço (σ_3) está localizada em N091/40 (figura 5.34D).

O quinto conjunto de falhas normais é caracterizado por falhas normais de direção NNW-SSE identificadas no ponto MG-2. O conjunto possui a direção do maior esforço (σ_1) em N196/84, ao passo que a direção do menor esforço (σ_3) está localizada em N073/sub-horizontal (figura 5.34E).

Figura 5.34: Paleotensores dos conjuntos de falhas normais identificadas no embasamento cristalino. A) Conjunto de falhas normais de direção NE-SW. B) Conjunto de falhas normais de direção NNE-SSW. C) Conjunto de falhas normais de direção E-W. D) Conjunto de falhas normais de direção N-S. E) Conjunto de falhas normais de direção NNW-SSE.



Fonte: Produzido pelo autor.

5.5.1.2 Falhas Oblíquas

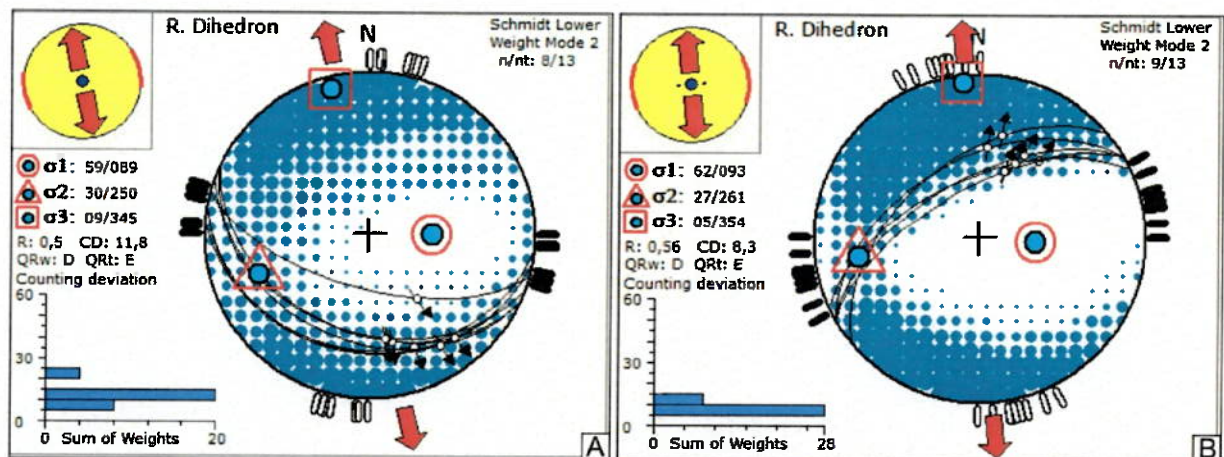
Para cada conjunto de falhas normais com movimentação oblíqua identificadas em rochas do embasamento cristalino foram gerados diagramas de paleotensão, a partir do método

dos diedros retos.

O primeiro conjunto identificado, é composto por dados observados nos pontos MG-2 e RJ-5. Trata-se de falhas normais de direção WNW-ESE, com estrias indicando movimentação sinistral dos blocos. A posição do maior esforço (σ_1) é dada pelo valor N089/59, ao passo que a posição do menor esforço (σ_3) é dada por N345/sub-horizontal (figura 5.35A).

O segundo conjunto é representado por um conjunto de falhas normais de direção NE-SW identificadas no ponto RJ-1. Estrias observadas nos planos de falhas indicam movimentação dextral dos blocos. A análise dos paleotensores resultaram em uma posição N093/62 para o eixo de maior esforço (σ_1) e, uma posição de N354/sub-horizontal para o eixo de menor esforço (σ_3) (figura 5.35B).

Figura 5.35: Paleotensores dos conjuntos de falhas oblíquas identificadas nas rochas do embasamento cristalino. A) Conjunto de falhas normais oblíquas sinistrais de direção WNW-ESE. B) Conjunto de falhas normais oblíquas dextrais de direção NE-SW.



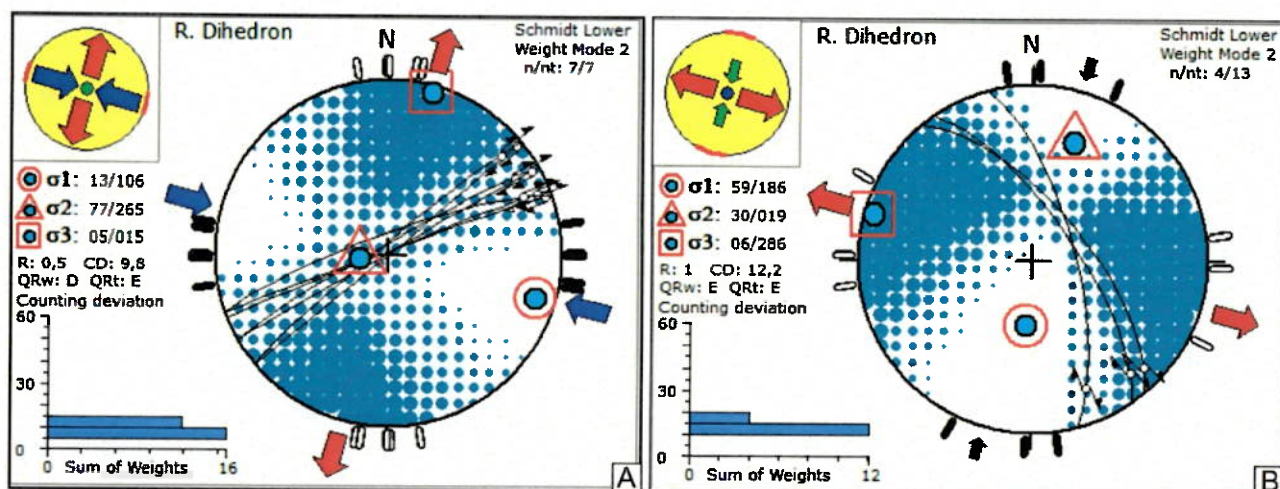
Fonte: Produzido pelo autor.

5.5.1.3 Falhas Transcorrentes

As falhas transcorrentes identificadas nas rochas do embasamento cristalino constituem o menor conjunto de dados analisados, sendo observadas nos pontos Ln0024/0025, RJ-1 e RJ-5. O primeiro conjunto é caracterizado por apresentar uma orientação segundo a direção NE-SW, com movimentação lateral de sentido dextral. O esforço horizontal máximo (σ_1) possui direção N106/13, ao passo que o esforço horizontal mínimo (σ_3) possui direção N015/sub-horizontal (figura 5.36A).

O segundo conjunto é caracterizado por apresentar orientação segundo a direção NW-SE, com movimentação lateral dextral. O eixo de tensão máxima (σ_1) foi identificado com orientação N186/59, ao passo que o eixo de tensão mínima (σ_3) foi identificado com orientação segundo N286/sub-horizontal (figura 5.36B).

Figura 5.36: Paleotensores dos conjuntos de falhas transcorrentes identificadas no embasamento cristalino. A) Conjunto de falhas transcorrentes dextrais de direção NE-SW. B) Conjunto de falhas transcorrentes dextrais de direção NW-SE.



Fonte: Produzido pelo autor.

5.5.2 Sedimento Cenozoico

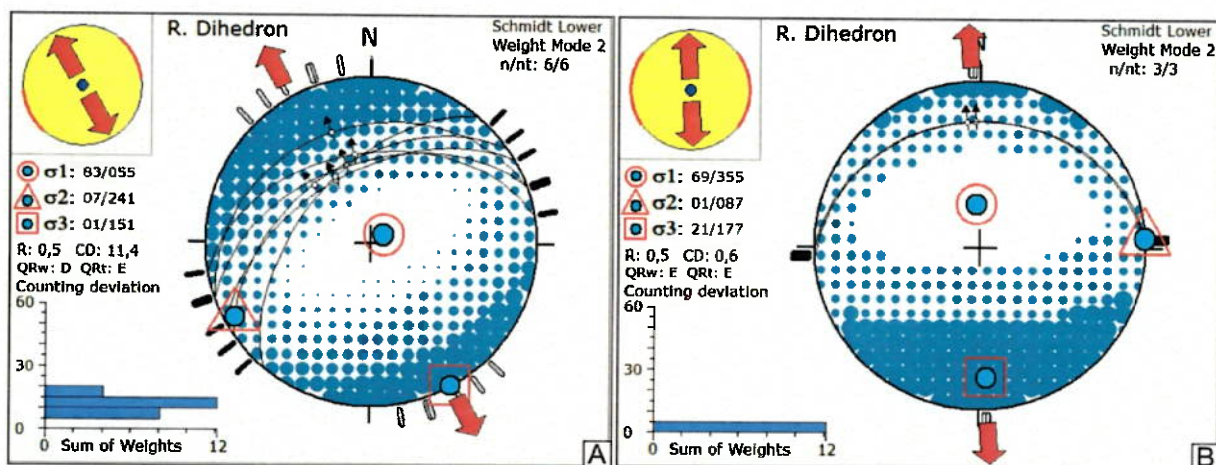
As falhas correspondentes ao domínio das rochas sedimentares correspondem aos dados coletados ao longo do ponto RJ-3, localizado na borda leste da bacia de Resende. Ao todo foram analisados um total de 14 planos de falhas estriados nas rochas sedimentares cenozoicas.

5.5.2.1 Falhas Normais

Foi identificado e separado dois conjuntos de falhas normais afetando os sedimentos da bacia. O primeiro conjunto é caracterizado por falhas normais de direção NE-SW, com o caimento do mergulho para a direção NW. Esse conjunto é identificado possuindo um eixo de maior esforço (σ_1) N055/83, e um eixo distensivo (σ_3) segundo a direção N151/sub-horizontal (figura 5.37A).

O segundo conjunto é caracterizado por falhas normais de direção E-W. O conjunto possui um eixo de maior esforço (σ_1) N355/69 e um eixo de menor esforço (σ_3) N177/21 (figura 5.37B).

Figura 5.37: Paleotensores dos conjuntos de falhas normais presentes no sedimento cenozoico. A) Conjunto de falhas normais de direção NE-SW. B) Conjunto de falhas normais de direção E-W.



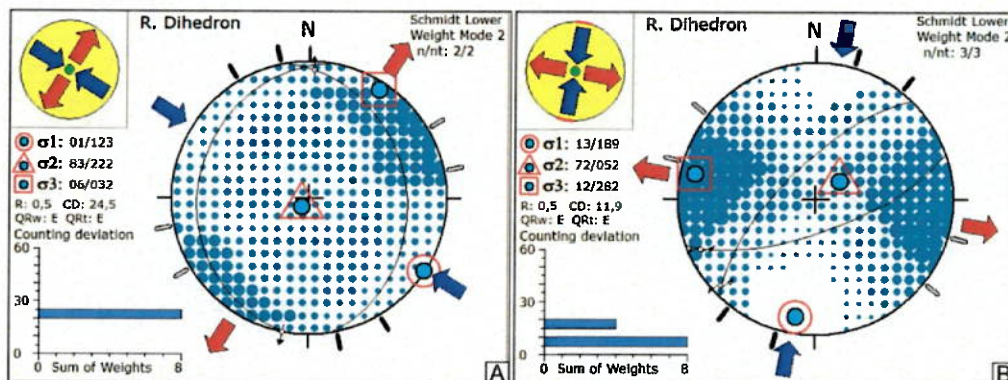
Fonte: Produzido pelo autor.

5.5.2.2 Falhas Transcorrentes

Foi identificado dois conjuntos de falhas transcorrentes afetando as rochas sedimentares da bacia de Resende. O primeiro conjunto é representado por falhas de direção N-S e movimentação lateral de sentido sinistral. O conjunto possui um eixo de tensão máxima (σ_1) de direção N123/horizontal e um eixo de tensão mínima (σ_3) de direção N032/sub-horizontal (figura 5.38A).

O segundo conjunto é caracterizado por falhas transcorrentes de direção NE-SW, com movimento lateral de sentido sinistral. Possui um eixo de tensão máxima (σ_1) de direção N189/sub-horizontal e um eixo de tensão mínima (σ_3) de direção N282/sub-horizontal (figura 5.38B).

Figura 5.38: Paleotensores dos conjuntos de falhas transcorrentes presentes no sedimento cenozoico. A) Conjunto de falhas sinistrais de direção N-S. B) Conjunto de falhas transcorrentes sinistrais de direção NE-SW.



Fonte: Produzido pelo autor.

Síntese Estrutural

Os estudos realizados no trabalho permitiram a inferência de uma série de informações sobre análise estrutural e a ordem cronológica dos eventos tectônicos atuantes ao longo do Cenozoico na região central do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, nas proximidades das bacias de Resende e Volta Redonda. A distribuição dos pontos de amostragem entre rochas do embasamento pré-cambriano e rochas da bacia sedimentar de Resende permitiram uma boa correlação dos dados coletados em campo com aqueles presentes na literatura especializada acerca do quadro tectônico do sudeste do Brasil.

Os padrões de lineamentos extraídos a partir das formas de relevo refletem a estruturação do embasamento pré-cambriano, em concordância com a orientação de antigas zonas de cisalhamento, bem como a foliação das rochas cristalinas; neste caso, destacam-se lineamentos de orientação N50-70E. A presença de lineamentos de direção NE-SW nos sedimentos cenozoicos da Bacia de Resende representam indícios de reativações de antigos planos de fraqueza, nota-se a presença de grandes traços condicionando as bordas das bacias sedimentares segundo a direção NE-SW, indicando a presença de falhas normais originadas de reativações durante o Paleógeno.

Em contrapartida ao maior comprimento de lineamentos de direção NE-SW, a área em geral possui uma maior frequência de lineamentos de direção NW-SE e, em setores localizados, lineamentos de direção NNW-SSE. A maior concentração de lineamentos nas áreas adjacentes a bacias de Resende e Volta Redonda apontam para uma relação direta com estruturas de direção NW-SE significativas dentro de um contexto regional, como a Zona de Transtensão de Volta Redonda (Valeriano e Heilbron, 1993), além de importantes lineamentos no relevo que se projetam em direção a Bacia de Santos no litoral. Souza (2008) correlacionou os traços no relevo de direção NW-SE como sendo os correspondentes no continente de importantes falhas de transferência *offshore* identificadas ao sul, na Bacia de Santos.

Na região da Bacia Sedimentar de Resende foram mapeadas falhas normais de direção NE-SW em sua borda sudeste, com mergulho sentido noroeste, indo de encontro aos dados apresentados por Riccomini *et al.*, (2004), Albuquerque (2004) e Negrão (2014). Complementa-se

a esse conjunto falhas normais de direção E-W e falhas transcorrentes sinistrais, representadas por um conjunto de direção NE-SW e outro conjunto de direção N-S, afetando os sedimentos cenozoicos da Formação Floriano.

Na região norte da área de estudo, ao sul do município de Passa Vinte, foi mapeado dois conjuntos de falhas normais, o primeiro de direção NNE-SSW e o segundo de direção NE-SW, com mergulho para E e SW, respectivamente. No ponto MG-2 destaca-se a presença de falhas normais oblíquas, com movimentação sinistral, e direção W(NW)-E(SE). Muito embora não tenha sido observado uma grande representatividade de lineamentos estruturais ao longo da direção E-W a mesma se faz presente em dados de falhas coletadas ao longo da área de estudo.

Na porção sudeste da área de estudo foram observados conjuntos de falhas afetando a borda da Bacia Sedimentar de Volta Redonda, como apresentado no ponto RJ-1. No local, destaca-se um conjunto principal de estruturas de direção NE-SW na borda norte da bacia. O conjunto é representado por falhas normais oblíquas, com movimentação lateral de sentido dextral. Interpreta-se o conjunto como sendo o responsável pelo controle e deformação dos sedimentos, uma vez que se encontram paralelos a orientação dos principais lineamentos regionais representando antigas zonas de fraquezas pré-cambrianas.

Conclusão

Os estudos realizados permitem a inferência de uma série de informações sobre o condicionamento estrutural e tectônico dos principais lineamentos identificados no relevo da região central do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, nas proximidades das bacias de Resende e Volta Redonda. A distribuição dos pontos de amostragem entre rochas do embasamento pré-cambriano e rochas da bacia sedimentar de Resende permitiram uma boa correlação dos dados coletados em campo com aqueles presentes na literatura especializada acerca do quadro tectônico do sudeste do Brasil.

Os lineamentos de direção NE-SW são os mais importantes e expressivos no relevo, caracterizando eventos mais antigos relacionados às reativações que vieram a condicionar a formação das bacias sedimentares do sudeste do Brasil. Os longos traçados estão diretamente ligados às principais zonas de fraqueza da região, como as Zonas de Cisalhamento Arcádia-Real e Paraíba do Sul.

Em contrapartida ao pequeno número de falhas de direção NW-SE mapeadas na área de estudo, a frequência e comprimento acumulado de lineamento extraídos a partir de imagens SRTM apontam para um forte controle tectônico recente atuante ao longo dessa direção. Lineamentos estruturais extraídos das redes de drenagem local corroboram para essa análise, uma vez que é possível observar uma forte estruturação e reorganização dos canais de segunda e terceira ordem ao longo da direção NW-SE.

Indícios de ativações e reativações tectônicas foram observados e registrados na área de interesse, como falhas normais de direção NE-SW, paralelas ao *trend* estrutural regional. As estruturas do conjunto foram geradas a partir de antigas zonas de fraqueza do embasamento cristalino, aproveitando assim a direção NE-SW para o desenvolvimento e instalação das estruturas cenozoicas. Ativações ao longo da direção apresentada podem ser reforçadas a partir da análise dos paleotensores apresentados na figura 5.34A, onde observa-se o eixo de tensão mínima com direção NW-SE/sub-horizontal, indo de encontro aos dados obtidos na literatura referentes aos esforços geradores das bacias cenozoicas do rifte continental do sudeste do Brasil (Riccomini, 1989).

Na área de estudo foi observado uma variação local dos tensores de deformação em relação aos dados observados na literatura do local. A variação é marcada por uma distensão ao longo da direção N-S, sendo representativa por meio de falhas normais oblíquas de direção WNW-ESE e movimentação sinistral. A mesma direção de distensão observada no local foi também constatada por Real (2019), em estudo restrito ao Gráben Ribeirão das Lajes, localizado a sudeste da área de estudo do presente trabalho.

Os longos traços de direção N-S observados no relevo a partir das imagens SRTM, presentes desde a porção central da área até seu extremo norte, puderam ser observados em campo por meio de estruturas rúpteis de direção NNW-ESE/NNE-SSW. Falhas normais com orientação segundo as direções apresentadas puderam ser observadas na porção norte da área, ora com movimentação dos blocos para NE ora para WSW. Os eixos de paleotensão obtidos para o conjunto apontam para uma distensão segundo a direção NE-SW.

As estruturas observadas afetando rochas sedimentares da Formação Floriano foram interpretadas como representantes mais recentes da ação da neotectônica atuante na região ao longo do cenozoico. Paleotensores indicam uma distensão ao longo da direção NW-SE, com componente compressivo ao longo da direção NE-SW. No regime de tensão apresentado foram geradas falhas normais de direção NE-SW e ENE/WSW, além de falhas transcorrente sinistrais de direção NE-SW, indicando assim a atuação de um sistema de transcorrência sinistral nos sedimentos da bacia.

Os dados apresentado confirmam e embasam a ação da neotectônica atuante na região sudeste do Brasil, indo de encontro a eventos anteriormente apresentados na literatura regional, porém, com variações locais que ainda pedem um maior aprofundamento de estudos, com um maior numero de dados, para que assim de estabeleça um quadro tectônico da evolução local.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, A.P.B. 2004. Tectônica Deformadora Cenozóica na Bacia Sedimentar de Resende (Rift Continental do Sudeste do Brasil). Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 126 p.

ALMEIDA, F.F.M. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, v. 48, p. 15-26, 1976.

ALMEIDA F.F.M.DE, HASUI Y., BRITO NEVES B.B.DE, FUCK R.A. 1977. As províncias estruturais brasileiras. In: SBG, SIMP. GEOL. NE, 8, Campina Grande, 1977. Atas..., Campina Grande, p. 363-391.

ALMEIDA, J. C. H., TUPINAMBA, M.A., HEILBRON, M., TROUW, R.A.J. Geometric and kinematic analysis at the Central Tectonic Boundary of the Ribeira belt, Southeastern Brazil. *Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 39, 1998.

AMADOR, E.S. 1975. Estratigrafia e sedimentação na Bacia de Resende - RJ. *An. Acad. bras. Ci. (Supl.)*, 47:181-223.

ANDREIS, R.R.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. 1989. Ciclos deposicionais no Proterozóico das Folhas Barbacena e Divinópolis (setor sul), 1:250.000. In: SBG, Simpósio de Geologia do Sudeste 1, Rio de Janeiro, Boletim, 97-98.

ANGELIER, J. Fault slip analysis and paleostress reconstruction. *Continental deformation*, p. 53-100, 1994.

ANGELIER, J.; MECHLER, P. Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdres droits. *Bulletin de la Société géologique de France*, v. 7, n. 19, p. 1309-1318, 1977.

ASMUS, H.E., FERRARI, A.L. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozoico na região sudeste do Brasil. Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil, Ser. Proj. REMAC 4, p. 75-88, 1978.

BARBOSA A.L. & SAD J.H.G. 1983. Reinterpretação das Series Juiz de Fora e Paraíba, em Minas Gerais e no Rio de Janeiro. In: SBG, Simp. Geol. MG., 2, Belo Horizonte, Anais, 1-15.

DELHAL, J.; LEDENT, D.; CORDANI, U, 1969. Ages Pb/U; Sr/Rb et Ar/K de Formations Métamorphiques et Granitique du Sud-Est du Brésil (Etats de Rio de Janeiro e Minas Gerais). An. Soc. Geol. Belg. 92, 271-283.

DELVAUX, D. Release of program Win-Tensor 4.0 for tectonic stress inversion: statistical expression of stress parameters. In: Geophysical research abstracts. EGU General Assembly Vienna, 2012.

DUARTE, B.P. 1998. Evolução tectônica dos ortognaisses dos Complexos Juiz de Fora e Mantiqueira na região de Juiz de Fora, M.G.: Geologia, petrologia e geoquímica. Tese de Doutorado, Inst.de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 284 p

EBERT, H. 1955. Pesquisas na parte sudeste do Estado de Minas Gerais. Relatório Anual do Diretor. DNPM, DGM, p. 62-81, Rio de Janeiro.

EBERT, H. 1968. Ocorrência da fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência de sua estrutura orogênica: Hipótese sobre sua origem. Anais Academia Brasileira de Ciências, 40, 215-229.

EIRADO SILVA, L.G.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J.C.H. 2006. Os terrenos tectônicos da Faixa Ribeira na Serra da Bocaina e na Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, 36: 426-436.

FERRARI, A., 2001. Evolução Tectônica do Graben da Guanabara. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, pp. 449.

GATTO, L.C.S.; RAMOS, V.L.S.; NUNES, B.T.A.; MAMEDE, L.; GÓES, M.H.B.; MAURO, C.A.; ALVARENGA, S.M.; FRANCO, E.M.S.; QUIRICO, A.F. & NEVES, L.B. 1983. Geomorfologia. In: PROJETO RADAMBRASIL, v.32, Brasília, DNPM. 775p., p.305-384.

GONTIJO, A.H.F. Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. IGCE/UNESP 259f, 1999.

GONTIJO-PASCUTTI, A.; BEZERRA, F.H.R.; TERRA, E.; ALMEIDA, J.C.H. Brittle reactivation of mylonitic fabric and the origin of the Cenozoic Rio Santana Graben, southeastern Brazil. Journal of South American Earth Sciences, v. 29, n. 2, p. 522-536, 2010.

HASUI, Y. 1975. Evolução polifásica do pré-cambriano a leste de São Paulo. Boletim do Instituto de Geociências-USP-IG, Série Científica, 6:95-108.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil, in: Workshop sobre neotectônica e sedimentação cenozoica continental no sudeste brasileiro. p. 1-31, 1990.

HEILBRON, M. 1993. Evolução tectonometamórfica da seção Bom Jardim de Minas

(MG) - Barra do Piraí (RJ). Setor central da Faixa Ribeira. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 268 p.

HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A.C., CAMPOS NETO, M. DA C., SILVA, L.C. DA, TROUW, R.A.J., JANASI, V. A. Província Mantiqueira. Geol. do Cont. Sul-Americano. Evolução da Obra Fernando Flávio Marques Almeida 203–234, 2004.

HEILBRON, M.; ALMEIDA, J.C.H.; EIRADO SILVA, L.G.; PALERMO, N.; DUARTE, B.P.; VALLADARES, C.S.; RAMOS, R.; SANSON, M.; GUEDES, E.; GONTIJO-PASCUTTI, A.H.; NOGUEIRA, J.R.; VALERIANO, C.; RIBEIRO, A.; RAGATKY, C.D.; MIRANDA, A.; MELLO, C.L.; SANCHES, L.; ROIG, H.L.; DIOS, F.B.; FERNADEZ, G.; NEVES, A.; GUIMARÃES, P.; DOURADO, F.; LACERDA, V.G. 2007. Nota Explicativa Integrada das Folhas Santa Rita do Jacutinga, Barra do Piraí, Volta Redonda e Angra dos Reis - escala 1:100.000. Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais - CPRM / Serviço Geológico do Brasil. Brasília, 2007,173p.

HEILBRON, M., EIRADO, L.G., ALMEIDA, J. Geologia e recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais. Belo Horizonte, CPRM, 2016.

LIMA, M.R. & Melo, M.S. 1994. Palinologia de depósitos rudáceos da região de Itatiaia, Bacia de Resende - RJ. Geonomos, 2(1):12-21.

LOPES, P.B.M. Desenvolvimento de drenagem e compartimentação morfotectônica: Graben do Rio Santana e adjacências, borda ocidental do Gráben da Guanabara - RJ. Dissertação de Mestrado. UERJ, 2008.

MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M.W.; GONZALEZ, S.R.; SCHEMINI, C.A.; SANTOS NETO, A.S.; PALMEIRA, R.C.B.; PIRES, I.L.; TEIXEIRA, W.; CASTRO, H.F. 1983. Geologia Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro e Vitória. Projeto RADAMBRASIL, 32: 27-304

MACHADO, N.; VALLADARES, C.; HEILBRON, M.; VALERIANO, C. 1996. U-Pb geochronology of the central Ribeira Belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian Orogeny. Precambrian Research, 79: 347-361.

MACHADO, R. 1986. Evolução geológica do Complexo Paraíba do Sul na porção ocidental do Estado do Rio de Janeiro. 34º Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, Anais, 2:1088-1095.

MELLO, C.L. Sedimentação e tectônica cenozoicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1997.

MELLO, C.L. & FERRARI, A.L. 2003. Neotectônica. In: SBG, Simp. Nac. Estudos Tectônicos, 9, Apostila do curso de Neotectônica. p. 35.

MELO, M., RICCOMINI, C., HASUI, Y., ALMEIDA, F., COIMBRA, A. Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Geociências* 15, 193–201, 1985

MENDES, J.C., Ávila, C.A., Pereira, R.M., Heilbron, M., Moura, C.V. 2006. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -ages of zircons from syn-collisional I-type porphyritic granites of the central Ribeira Belt, SE Brazil. *Gondwana Research*, 9(3):326-336

MIALL, A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits*. 1 ed. Berlin. Springer-Verlag. 582 p.

MIGUENS, D.S. Condicionantes litoestruturais na evolução da rede de drenagem do alto curso do rio Guandu – RJ. Dissertação de Mestrado, UERJ, 2016.

OLIVEIRA, J.A.D.; MACHADO FILHO, L; RIBEIRO, W.M.; LIU, C.C. & MENEZES, P.R. 1978. Mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro (texto explicativo). DRM, SICT, Estado do Rio de Janeiro, 41p.

PACIULLO, F.V.P. 1997. A Sequência Depositional Andrelândia. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Inédita. 245 p.

PETIT, J.P.. Criteria for the sense of movement on fault surfaces in brittle rocks. *J. Struct. Geol.* 9, 597–608, 1987.

RAGATKY, D.; TUPINAMBÁ, M.; DUARTE, B.P. 2000. Isotopic signature (Sm-Nd) of metasedimentary rocks from central Ribeira belt, SE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1): 165-168.

RAMOS, R.R.C. 1997. Estratigrafia da Sucessão Sedimentar Terciária da Bacia de Resende, entre Resende e Quatis (RJ), com Ênfase na Caracterização das Litofácies, Ciclicidade e Paleocorrentes. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 208

RAMOS, R.R.C. 2003. Sistemas Aluviais Terciários da Bacia de Resende, Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Análise de Fácies e Revisão Estratigráfica. Rio de Janeiro, 221 p. (Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, UFRJ).

REAL, S., 2016. Arcabouço Neotectônico e Morfotectônico do Gráben Ribeirão Das Lajes, RJ. Monografia de Graduação. IA/Departamento de Geociências UFRRJ.

RICCOMINI, C. O Rift Continental do Sudeste do Brasil. 1990. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990. doi:10.11606/T.44.1990.tde-18032013-105507. Acesso em: 2020-12-13.

RICCOMINI, C. & Asumpção, M. 1999. Quaternary tectonics in Brazil. *Episodes*, 22:221-225.

RICCOMINI, C., PELOGGIA, A.U.G., SALONI, J.C.L., KOHNKE, M.W., FIGUEIRA, R.M. Neotectonic activity in the Serra do Mar rift system (southeastern Brazil). *J. South Am. Earth Sci.* 2, 191–197, 1989.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. 2004. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R; BRITO NEVES, B.B. (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, p.383-405.

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: Esboço e Interpretação Preliminares. *Revista Geonomos*, Belo Horizonte, MG, p: 1-15, 1993.

SALVADOR, E.D. Análise Neotectônica da região do Vale do Rio Paraíba do Sul compreendida entre cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ). *Dissertação de mestrado IG/USP*. 124p, 1994.

SALVADOR, E.D., RICCOMINI, C. Neotectônica da região do alto estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). *Rev. Bras. Geociências* 25, 151–164, 1995.

SANSON, M.S.R. 2006. Sistemas deposicionais aluviais e tectônica rúptil cenozoica na região de Volta Redonda (RJ) - Rift Continental do Sudeste do Brasil. 142p (*Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia - Instituto de Geociências – UFRJ*).

SILVA, T.M. 2002. A Estruturação Geomorfológica do Estado do Rio de Janeiro. 264 p. (*Tese de Doutorado. Depto. de Geografia/UFRJ*).

SOUZA, I.A., EBERT, H.D., CASTRO, J.C., SOARES JR, A.V., SILVA, G.H.T., BENVENUTTI, C.F. Caracterização das falhas de transferência na porção norte da Bacia de Santos a partir da integração de dados geológicos e geofísicos. *Bol. Geociências da Petrobras* 109–132, 2008.

STEWART, I.S. & HANCOCK, P.L. 1994. Neotectonics. In: P.L., Hancock (ed.). *Continental Deformation*. Oxford: Pergamon Press, p. 370-409.

SUAREZ, B.E.S. Análise Morfotectônica e Morfométrica Do Município De Niterói – RJ Morfométrica Do Município de Niterói – RJ. *Dissertação de Mestrado. PPG Geologia e Geofísica Marinha/ UFF*, 13p, 2005.

SYLVESTER, A.G., 1988. Strike-slip faults, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 100, 1666–1703

TUPINAMBÁ, M., TEIXEIRA, W., HEILBRON, M. Evolução Tectônica e Magmática da Faixa Ribeira entre o Neoproterozoico e o Paleozoico Inferior na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Anu. do Inst. Geociências* 35, 140–151, 2012.

Valeriano, C.M. & Heilbron, M.C.L. 1993. A Zona de Transtensão de Volta Redonda e sua importância na junção entre os Riftes do Vale do Paraíba e o da Guanabara: Dados Preliminares. In: SBG, Simp. Geol Sudeste, 3, Bol Resumos, p. 9-15.

VALERIANO, C.M.; MACHADO, N.; SIMONETTI, A; VALLADARES, C.S.; SEER, H.; SIMÕES, L.S. A. 2003. U-Pb ages of detrital zircons and provenance of Proterozoic metasedimentary units around southwestern and southern São Francisco craton. In: IV South American Symposium on Isotope Geology, Short Papers, 2003. Salvador, v.1. p. 300-303.

VALLADARES, C.S. 1996. Evolução geológica do Complexo Paraíba do Sul no segmento central da Faixa Ribeira com base em estudos de geoquímica e de geocronologia U-Pb. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 147 p.

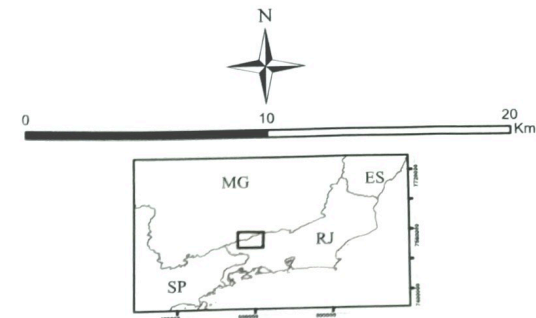
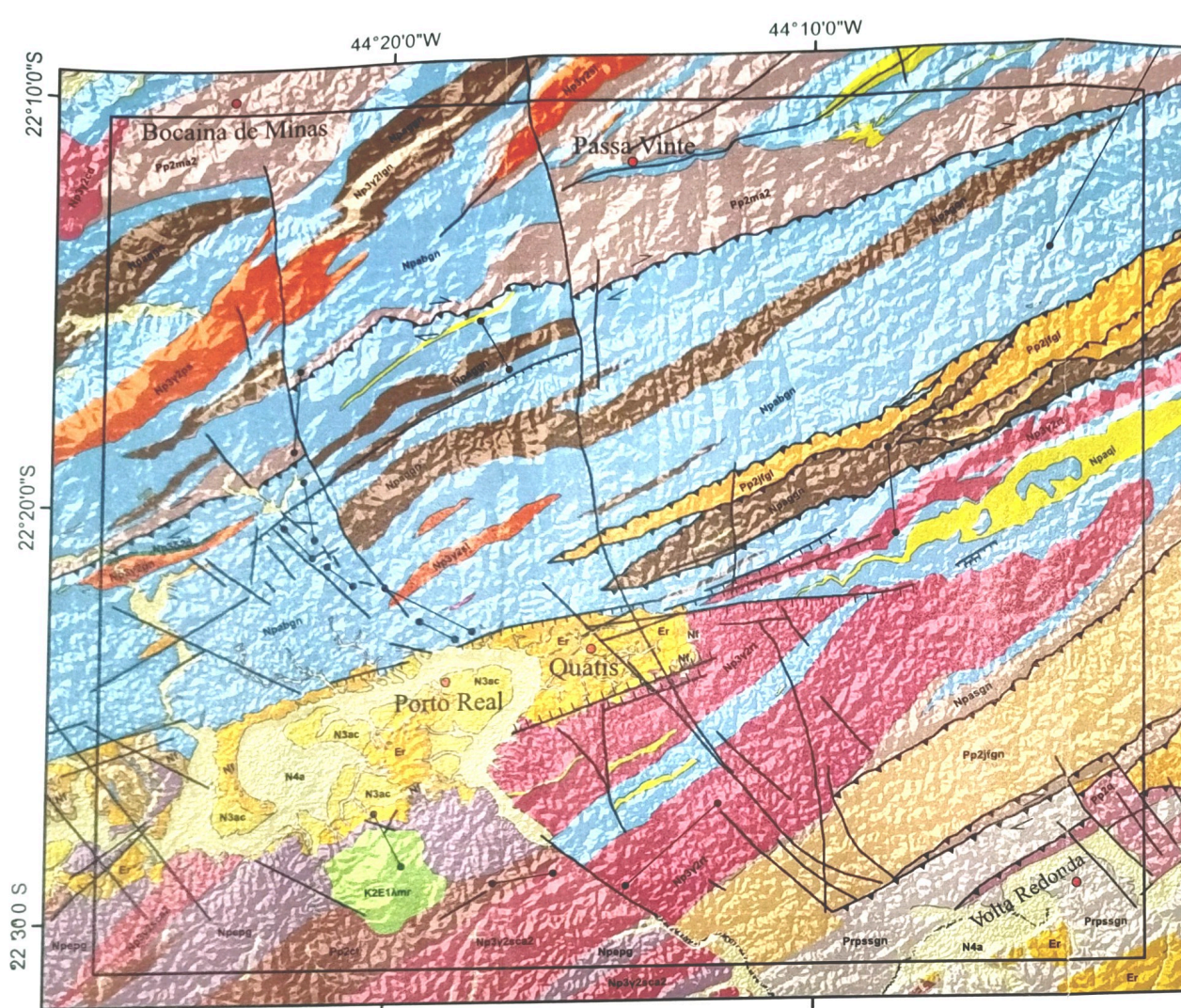
VIANA, S.M. 2008. Evolução geológica do Terreno Paraíba do Sul, Orógeno ribeira, Sudeste do Brasil, com base em estudos litogeoquímicos e de geocronologia U-Pb (LA-ICPMS). Tese de Doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, inédito.

ZALÁN, P.V. A tectônica transcorrente na exploração de petróleo: uma revisão. Rev. Bras. Geociências 16, 245–257, 1986.

ZALÁN, P.V., OLIVEIRA, J.A.B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. Bol. Geoci. Petrobras 13, 269–300, 2005.

Apêndice I

Mapa Geológico



Convenções Geológicas

- Falha transpressional
- Falha transpressional dextral
- Falha indiscriminada
- Falha normal
- Dique

Legenda

- Municípios
- Área de estudo

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
'JÚLIO DE MESQUITA FILHO'
Campus Rio Claro



Trabalho de Conclusão do Curso

Anexo I

Mapa Geológico

Escala Numérica 1:250.000

Autor

Leonardo Gonçalves da Silva

Orientador

Dr. Iata Anderson de Souza

Coorientador

Prof. Dr. George Luiz Luvizotto

Domínio Andrelândia (2500 Ma - 542 Ma) - Np3y2sl: Suíte Serra do Lagarto, Granito Pedra Selada e Granito Maromba: Biotita granito porfirítico foliado - Np3y2lgn/Np3y2cd: Leucogranito granito foliado e Suíte Chapada - Npasgn: Megassequência Andrelândia: Biotita gnaissse bandado - Pp2ma2: Complexo Mantiqueira 2: Honlenda-biotita gnaissse e gnaissse migmatítico	Domínio Juiz de Fora (2500 Ma - 542 Ma) - Np3y2gn/Np382d: Biotita granito porfirítico e quartzo-diorito - Np3y2rt: Suíte Rio Turvo: Granada-biotita granito porfiróide foliado - Npabgn: Megassequência Andrelândia: Biotita gnaissse bandado - Pp2lfgn: Complexo Juiz de Fora: Ortognaissse bandados - Pp2lfgl: Complexo Juiz de Fora: Ortogranulitos	Terreno Embú (2500 Ma - 542 Ma) - Np3y2sca2: Suíte Campo Alegre: biotita granito porfiróide foliado - Npepg: Complexo Embú: Unidade paragnaissica - Pp2ct: Complexo Taquaral: Honlenda-biotita granito foliado
Domínio Andrelândia (2500 Ma - 542 Ma) - Prpssgn: Complexo Paraíba do Sul: Sillimanita-granada-muscovita-biotita gnaissse - Pp2q: Complexo Quirino: Honlenda-biotita gnaissse	Magmatismo Cretácico (130 Ma - 65 Ma) - K2E1amr: Morro Redondo: Plutons e diques de rochas alcalinas - K1bsm: Diques de rochas básicas	Sedimento Cenozoico (50 Ma - presente) - N4a: Sedimentos Aluviais Holocenos - N3ac: Sedimentos Aluviais Pleistocenos - Nf: Formação Floriano: Arenitos em intercalações com lamitos - Er: Formação Resende: Conglomerados finos, arenitos arcoseanos, lamitos e depósitos de leques aluviais

Apêndice II

Tabela de Dados Estruturais

Legenda

N – Falha Normal

ND – Falha Normal Oblíqua Destrál

NS – Falha Normal Oblíqua Sinistral

TS – Falha Transcorrente Sinistral

TD – Falha Transcorrente Destrál

Localidades (SIRGAS 2000)	Nº	Plano	Estria	Tipo de Falha	Orientação
RJ-1 (Lat: 22°29'53,8"S/Long: 44°03'18,5"W)	1	335/60	025/48	ND	NE-SW
	2	330/65	037/40	ND	NE-SW
	3	330/60	028/42	ND	NE-SW
	4	330/65	021/54	ND	NE-SW
	5	335/60	023/49	ND	NE-SW
	6	320/50	012/36	ND	NE-SW
	7	330/50	005/40	ND	NE-SW
	8	335/60	025/48	ND	NE-SW
	9	330/65	020/54	ND	NE-SW
	10	120/40	139/38	N	NE-SW
	11	120/50	109/40	N	NE-SW
	12	120/40	131/40	N	NE-SW
	13	120/50	109/49	N	NE-SW
	14	090/80	090/80	N	N-S
	15	090/80	123/78	N	N-S
	16	095/80	125/78	N	N-S
	17	085/82	105/82	N	N-S
	18	055/70	139/15	TD	NW-SE
	19	075/70	157/21	TD	NW-SE
	20	075/70	157/21	TD	NW-SE
RJ-4 (Lat: 22°23'36,6"S/Long: 44°12'44,2"W)	21	180/60	180/60	N	E-W
	22	006/65	006/65	N	E-W
	23	000/70	000/70	N	E-W
	24	174/70	174/70	N	E-W
	25	152/10	152/10	N	NE-SW
MG-2 (Lat: 22°14'02,8"S/Long: 44°15'33,5"W)	26	290/85	236/81	NS	NNE-SSW
	27	288/84	288/84	N	NNE-SSW
	28	280/70	282/70	N	NNE-SSW
	29	288/70	339/60	ND	NNE-SSW
	30	205/40	168/34	NS	WNW-ESSE
	31	200/40	170/36	NS	WNW-ESSE
	32	200/40	171/36	NS	WNW-ESSE
	33	190/29	140/20	NS	WNW-ESSE
	34	190/28	140/19	NS	WNW-ESSE
	35	195/63	143/50	NS	WNW-ESSE
	36	130/35	130/35	N	NE-SW
	37	130/30	130/30	N	NE-SW
	38	138/20	136/20	N	NE-SW
	39	130/20	132/20	N	NE-SW
	40	070/60	070/60	N	NW-SE
	41	070/60	070/60	N	NW-SE

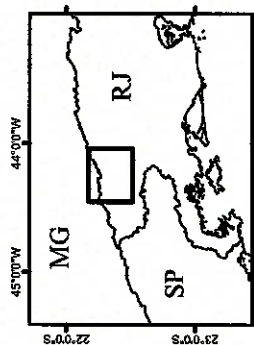
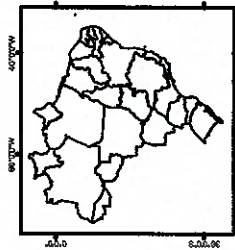
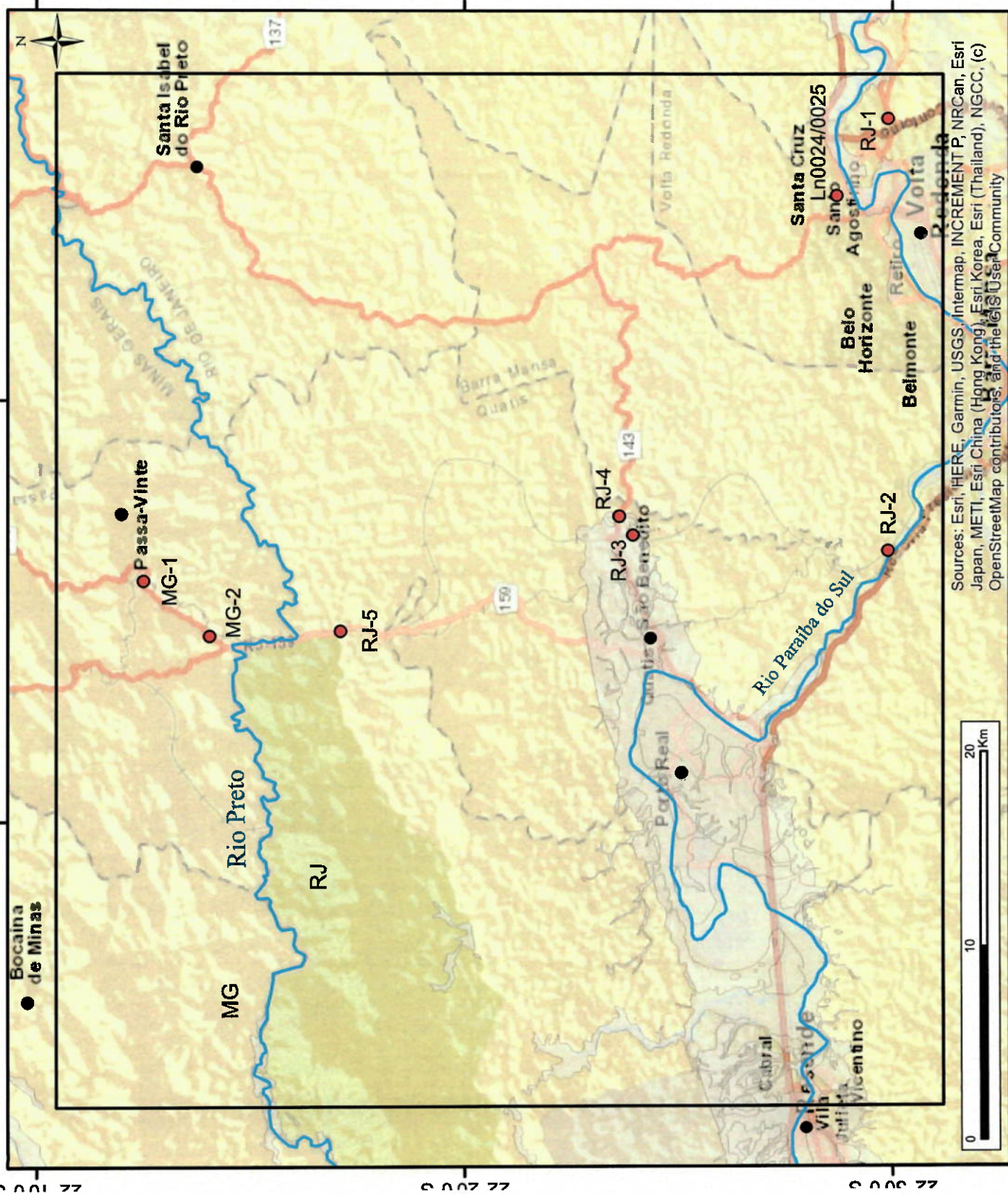
RJ-5 (Lat: 22°17'06,2"S/Long: 44°15'27,1"W)	42	185/30	158/27	NS	WNW-ESSE
	43	204/35	147/21	NS	WNW-ESSE
	44	155/45	160/45	N	NE-SW
	45	130/60	110/58	NS	NE-SW
	46	130/20	130/20	N	NE-SW
	47	164/20	128/16	NS	ENE-WSW
	48	080/35	080/35	N	NW-SE
	49	170/30	120/20	NS	ENE-WSW
	50	050/65	134/12	TD	NW-SE
RJ-3 (Lat: 22°23'55,8"S/Long: 44°13'11,3"W)	51	359/25	358/25	N	E-W
	52	359/25	358/25	N	E-W
	53	340/50	342/49	N	NE-SW
	54	350/45	349/45	N	NE-SW
	55	340/30	340/30	N	NE-SW
	56	325/50	315/50	N	NE-SW
	57	330/55	330/50	N	NE-SW
	58	310/55	331/53	ND	NE-SW
	59	314/70	227/07	TS	NE-SW
	60	160/70	246/10	TS	NE-SW
	61	314/70	227/07	TS	NE-SW
Ln0024/0025 (Lat: 22°29'3,25"S/Long: 44°5'31,35"W)	62	320/90	050/04	TD	NE-SW
	63	320/85	049/15	TD	NE-SW
	64	340/88	070/04	TD	NE-SW
	65	338/88	068/08	TD	NE-SW
	66	330/85	059/16	TD	NE-SW
	67	330/89	060/05	TD	NE-SW
	68	340/80	067/16	TD	NE-SW

Apêndice III

Mapa de Pontos

44°10'0"W

44°20'0"W



Legenda

- Rodovia federal
- Rodovias estaduais
- Rios
- Área de estudo
- Municípios
- Pontos visitados

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
'JÚLIO DE MESQUITA FILHO'
Campus Rio Claro

Trabalho de Conclusão do Curso

Apêndice II

Mapa de Pontos

Escala Numérica 1:250.000

Autor

Leonardo Gonçalves da Silva

Orientador

Dr. Iata Anderson de Souza

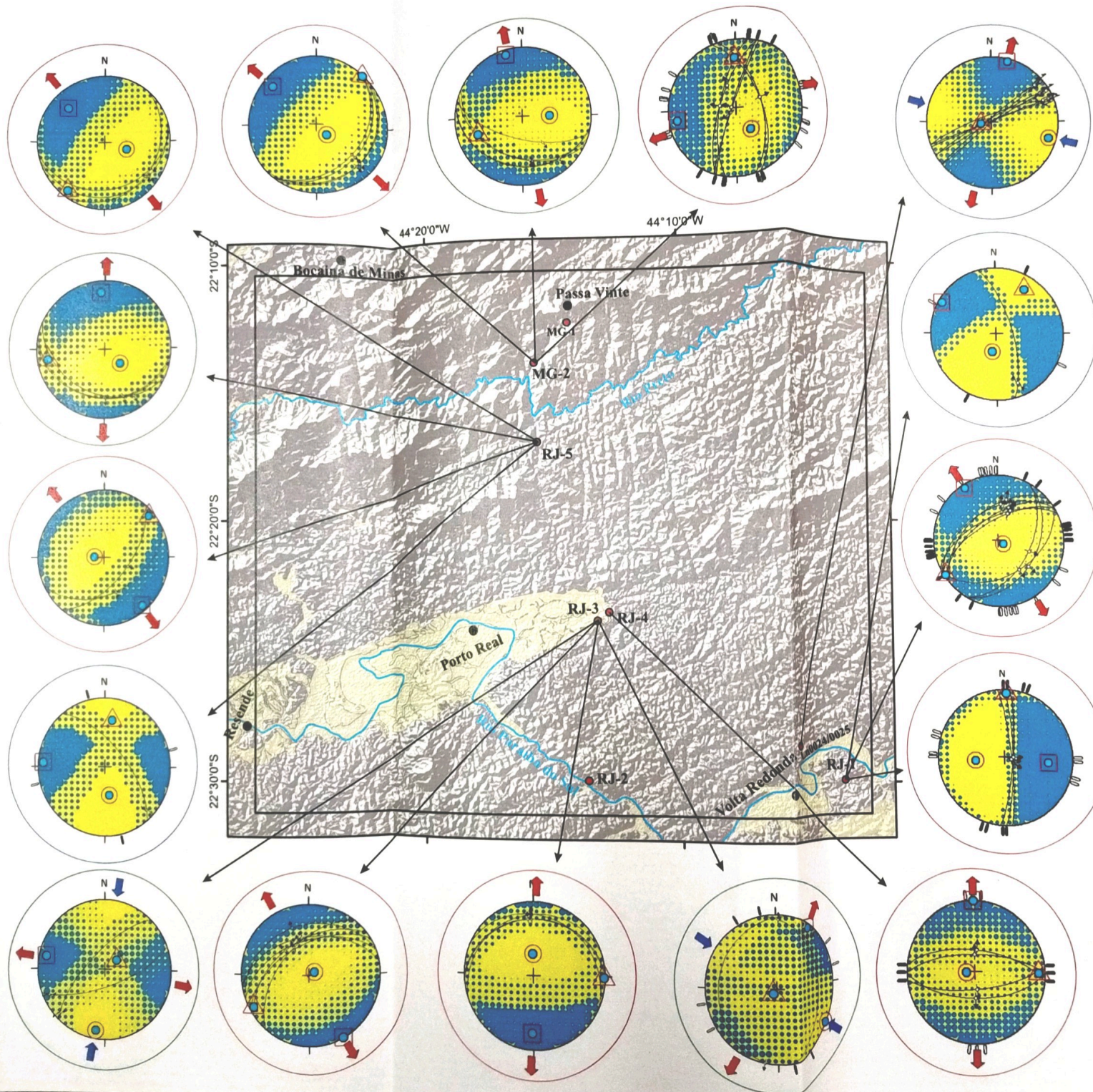
Coordenador

Prof. Dr. George Luiz Luvizotto

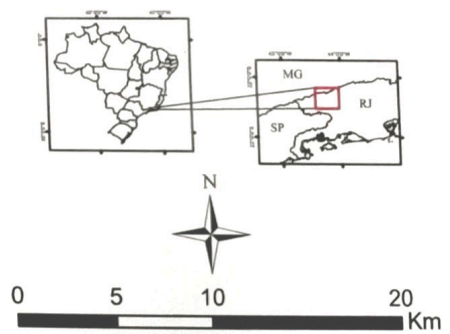
Sources: Esri, HERE, Garmin, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), NGCC, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Apêndice IV

Eixos de Paleotensão



Legenda	
Convenções	
	Rio Paraíba do Sul
	Rio Preto - Divisa MG/RJ
	Área de estudo
	Bacias Cenozoicas
	Municípios
	Afloramentos
Eixos de paleotensão	
	Falhas Normais
	Falhas Dextrais
	Falhas Sinistras



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA 'JÚLIO DE MESQUITA FILHO' Campus Rio Claro	
Trabalho de Conclusão do Curso	
Apêndice IV	
Mapa de Paleotensões	
Escala Numérica 1:250.000	
Autor	
Leonardo Gonçalves da Silva	
Orientador	
Dr. Iata Anderson de Souza	
Coorientador	
Prof. Dr. George Luiz Luvizotto	