



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

Dandara David Braga

**COMPARTIMENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO MÉDIO VALE DO
PARAÍBA DO SUL (RJ) EM UMA PERSPECTIVA
MORFOTECTÔNICA**

Trabalho Final de Curso (Geologia)

**UFRJ
Rio de Janeiro
2011**



UFRJ

Dandara David Braga

**COMPARTIMENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO MÉDIO VALE DO PARAÍBA
DO SUL (RJ) EM UMA PERSPECTIVA MORFOTECTÔNICA**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário para obtenção do grau em Geologia.

Orientador:

Prof. Dr. Claudio Limeira Mello

Co-orientador:

M.Sc. Thiago Pinto da Silva

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2011

Braga, Dandara David

Compartimentação topográfica do médio vale do Paraíba do Sul (RJ) em uma perspectiva morfotectônica / Dandara David Braga. – Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Geociências, 2011.

59 p.

Orientador: Claudio Limeira Mello; Co-orientador: Thiago Pinto da Silva.

Trabalho Final de Curso: Graduação em Geologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia.

1. Compartimentação topográfica. 2. Morfotectônica. 3. Bacias de Resende e Volta Redonda (RJ).

Dandara David Braga

**COMPARTIMENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO MÉDIO VALE DO PARAÍBA
DO SUL (RJ) EM UMA PERSPECTIVA MORFOTECTÔNICA**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário para obtenção do grau em Geologia.

Orientador:
Prof. Dr. Claudio Limeira Mello

Co-orientador:
M.Sc. Thiago Pinto da Silva

Aprovada em: 17.02.2011

Por:

Orientador: Prof. Dr. Claudio Limeira Mello, IGEO/UFRJ

Co-orientador: M.Sc. Thiago Pinto da Silva

Profa. Dra. Telma Mendes da Silva, IGEO/UFRJ

Prof. Dr. Gerson Cardoso da Silva Jr., IGEO/UFRJ

Dedico este trabalho a minha querida vovó
Lucila Nascimento (*in memoriam*) pelo amor e
cuidado em todos os momentos.

Agradecimentos

Agradeço acima de tudo a **Deus** por poder realizar mais um sonho em minha vida.

Aos meus pais **Vera Lucia David** e **Luiz Eduardo Evaristo Braga**, pelo apoio e conselho em todas as decisões da minha vida profissional.

Agradeço aos meus orientadores **Claudio Limeira Mello** e **Thiago Pinto da Silva** por todos os ensinamentos, a atenção (até mesmo nas férias) e compreensão que foram passados durante esse dois anos. Sem eles este trabalho não seria possível.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq** junto a **Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa** da **UFRJ**, pela concessão de bolsa através do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) no período de 2009 a presente data.

Aos alunos de graduação e de pós-graduação do grupo de pesquisa coordenado pelo prof. Dr. Claudio Limeira Mello que me auxiliaram em diferentes etapas desta monografia: **André Pires Negrão, Carolina da Silva Ribeiro, Bruno Lopes Gomes, Diogo Justa de Miranda, Francis Pimentel Lima, Mellissa Combas Baiense, Pedro Henrique Walter, Raunier Villain Fiuza, Shirley Cristina de Barros e Thais Coelho Brêda.**

Aos amigos de turma com que tive o prazer de conviver durante esses cinco anos de graduação e que me incentivaram a concluir este trabalho: **Anderson de Araújo, Iviana Setta, João Carlos Menescal, Manuela Souza, Marcela Lages, Mariana Meirelles, Natasha Pereira e Paulo Cesar Teixeira.**

Resumo

BRAGA, Dandara David. *Compartimentação Topográfica do Médio Vale do Paraíba do Sul (RJ) em uma Perspectiva Morfotectônica*. Rio de Janeiro, 2011. 59 p. Trabalho Final de Curso (Geologia) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

As bacias de Resende e Volta Redonda situam-se em um compartimento topograficamente deprimido (depressão topográfica do médio vale do rio Paraíba do Sul), entre as serras da Mantiqueira e do Mar, segmentado em vários compartimentos colinosos. Esta segmentação é fortemente controlada por aspectos litoestruturais pré-cambrianos e, principalmente, por estruturas relacionadas à evolução tectônica mesozóica-cenozóica. O presente trabalho objetiva investigar, sob a ótica da morfotectônica, a porção do Segmento Central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil onde se inserem as bacias de Resende e Volta Redonda, buscando contribuir para as discussões a respeito da continuidade física pretérita (ou não) entre essas duas bacias. A metodologia do trabalho consistiu, inicialmente, na elaboração de um mapa hipsométrico visando caracterizar os diferentes compartimentos geomorfológicos em áreas deprimidas e elevadas. Este mapa foi elaborado, com uso do *software ArcGis*, a partir de Modelo Digital de Elevação *SRTM/NASA*, com resolução espacial de, aproximadamente, 90 metros. Foram confeccionados, também, perfis topográficos em varredura transversais às feições marcantes do relevo observadas no mapa hipsométrico, de modo a ressaltar a compartimentação em blocos soerguidos, rebaixados, flexurados ou basculados. Esses perfis foram elaborados a partir da extração das cotas dos topos das colinas, tomando-se faixas de 10 km de largura sobre cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000. Outra etapa realizada corresponde à análise de lineamentos estruturais, com base na interpretação, em *ArcGis*, do modelo digital de elevação. O mapa hipsométrico mostra três compartimentos topográficos principais: a Serra da Mantiqueira, a norte, com altitudes aproximadamente de 1.000 a 2.800m; a Serra do Mar, a sul, com altitudes aproximadamente de 1.000 até 2.000m; e a depressão do rio Paraíba do Sul, com altitudes em torno de 400 a 700m. A depressão do rio Paraíba do Sul apresenta uma orientação geral WNW-ESE, sendo compartimentada segundo blocos de orientação NE-SW, onde a acumulação sedimentar mais expressiva, em forma de bacias sedimentares (bacias de Resende e Volta Redonda), ocorre nos compartimentos colinosos mais rebaixados. Foram observados três principais feixes de lineamentos de orientação NE-SW, localizados, respectivamente, ao longo da borda sul da bacia de Volta Redonda, da borda norte na bacia de Resende, e do alto topográfico que separa as duas bacias. Outro importante conjunto de lineamentos, de orientação N-S, atravessa a região que separa as duas bacias. O resultado dos perfis em varredura integrado ao mapa hipsométrico mostra uma importante inversão topográfica da borda de maior desnivelamento topográfico, predominante na Serra da Mantiqueira, a oeste da bacia de Volta Redonda, e predominante no reverso da Serra do Mar a leste da bacia de Volta Redonda. Esta situação sugere a presença de uma zona de transferência conjugada, convergente e com sobreposição, situada na região da bacia de Volta Redonda. Por outro lado, a ausência de sedimentação expressiva em áreas deprimidas e a presença em outras (bacias de Resende e Volta Redonda) pode ser explicada com base no modelo de propagação de falhas pela ligação de segmentos isolados.

Palavras-chave: Compartimentação topográfica; morfotectônica; bacias de Resende e Volta Redonda (RJ).

Abstract

BRAGA, Dandara David. *Topographic Compartments of the Middle Valley of the Paraíba do Sul River (RJ) in a Morphotectonic Perspective*. Rio de Janeiro, 2011. 59 p. Trabalho Final de Curso (Geologia) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

The Resende and Volta Redonda basins are located in a topographically depressed compartment (topographic depression of the middle valley of the Paraíba do Sul river), between the Serra do Mantiqueira and Serra do Mar. This depressed area is segmented into several hilly compartments, which are strongly controlled by Precambrian lithostructural aspects and mainly by structures related to Mesozoic-Cenozoic tectonic evolution. This study aims to investigate from the perspective of morphotectonic the portion of the central segment of the Continental Rift of Southeastern Brazil where there are located the Resende and Volta Redonda basins, trying to contribute to discussions about the former physical continuity (or not) between these two basins. The methodology of the study consisted of preparing a hypsometric map to characterize the different geomorphological compartments in depressed and raised areas. This map was prepared with the use of ArcGIS software, from a Digital Elevation Model SRTM / NASA, with spatial resolution of, approximately, 90 meters. Topographic projected profiles were made crossing the major hypsometric features in order to emphasize topographical compartments in uplifted, lowered, tilted or flexures blocks. These profiles were prepared from the extraction quotas from the tops of the hills, taking tracks from 10 km wide on the IBGE topographic maps in scale 1:50.000. Another step performed corresponds to the structural lineament analysis, based on interpretation, in ArcGIS, of the Digital Elevation Model. The topographic map shows three main topographical compartments: the Serra da Mantiqueira, to the north, with elevations from 1,000 to, approximately, 2,800 m; the Serra do Mar, to the south, with elevations from about 1,000 to 2,000 m; and the depression of the Paraíba do Sul river, with altitudes around 400 to 700 m. The depression of the Paraíba do Sul river presents a general WNW-ESE direction, being segmented in blocks of NE-SW direction. The most significant sedimentary accumulation (Resende and Volta Redonda basins) occurs in the most depressed hilly compartments. Three main sets of lineaments of NE-SW direction were observed and they are located, respectively, along the southern fault boundary of the Volta Redonda basin, along the northern fault boundary of the Resende basin, and along a topographic high that separates these two basins. Another important set of lineaments, showing N-S direction, crosses the region that separates the two basins. The result of the topographic projected profiles integrated to the hypsometric map shows an important inversion on the major topographic level differences boundaries, predominantly in the Serra do Mantiqueira, at western areas of the Volta Redonda basin, and predominantly on the reverse of the Serra do Mar, at eastern areas of the Volta Redonda basin. This suggests the presence of a conjugate, convergent and with overlapping transfer zone located in the region of Volta Redonda basin. Moreover, the absence of significant sedimentation in depressed areas and the presence in others (Resende and Volta Redonda basins) can be explained based on the model of fault propagation by the linkage of isolated segments.

Key-words: Topographical compartments; morphotectonic; Resende and Volta Redonda basins.

Lista de figuras

Figura 1	Localização da área de estudo, destacando as bacias sedimentares cenozóicas, a principal via de acesso e as drenagens principais. Fontes: divisão estadual, rios e acesso (http://www.ibge.gov.br); limite da bacia de Resende (CPRM - Leite <i>et al.</i> , 2004); limite da bacia de Volta Redonda (Negrão, 2010).	4
Figura 2	Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira (Heilbron <i>et al.</i> , 2004)	5
Figura 3	Mapa geológico simplificado do Orógeno Ribeira, extraído de Heilbron <i>et al.</i> (2004).	6
Figura 4	Recorte da carta geológica 1:1.000.000 SF23 Rio de Janeiro, confeccionada pela CPRM (Leite <i>et al.</i> , 2004), de onde foi retirada a legenda anexa aos perfis em varredura.	9
Figura 5	Principais falhas a sul-sudeste do Cráton de São Francisco e a leste do Cráton de La Plata (Sadowski & Campanha, 2004).	10
Figura 6	Esboço estrutural mostrando as principais zonas de cisalhamento presentes no estado do Rio de Janeiro (Modificado de Machado & Demange, 1994 e Silva <i>et al.</i> , 2000 apud Vicente <i>et al.</i> , 2007).	12
Figura 7	Mapa geomorfológico da Folha RJ-SF-23 do Projeto RADAMBRASIL (Gatto <i>et al.</i> , 1983) mostrando a área de estudo.	13
Figura 8	Compartimentação geomorfológica elaborada por Silva <i>et al.</i> (2007) para a região abrangida pelas cartas topográficas (na escala 1:50.000) Agulhas Negras, São José do Barreiro, Resende, Bananal, Nossa Senhora do Amparo e Volta Redonda.	19
Figura 9	Perfil geológico esquemático desde a Serra da Mantiqueira até a bacia de Santos, mostrando a configuração de blocos basculados com arranjo em forma de cristas (serras do Mar e da Mantiqueira, e maciço da Carioca, além de uma possível serra erodida em frente à Bacia de Santos) e hemigrábens (Paraíba do Sul e Baixada Fluminense) - Asmus & Ferrari (1978).	21
Figura 10	Modelo de tectônica transtrativa para a formação da bacias cenozóicas do sudeste do Brasil, mostrando as principais falhas transcorrentes associadas (Zalán, 1986 modificado por Sanson, 2006).	22
Figura 11	Modelo de estruturação tectônica para a margem Sudeste do Brasil (Macedo <i>et al.</i> 1991 apud Ramos, 2003).	23

Figura 12	Contexto geológico regional do <i>Rift</i> Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) – modificado de Melo <i>et al.</i> (1985) <i>apud</i> Marques <i>et al.</i> (2006).	24
Figura 13	Eventos tectônicos responsáveis pela formação e deformação do segmento central do <i>Rift</i> Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), segundo Riccomini (1989).	24
Figura 14	Quadro litoestratigráfico e fases tectônicas da evolução do segmento central do RCSB (Riccomini <i>et al.</i> , 2004).	25
Figura 15	Zona de Transtensão de Volta Redonda (modificado de Valeriano & Heilbron, 1993 <i>in</i> Carmo, 1996 <i>apud</i> Sanson, 2006).	28
Figura 16	Na imagem central, a faixa tracejada em vermelho é indicativa da possível zona de transferência entre as bacias de Resende e de Volta Redonda, segundo Sanson (2006).	29
Figura 17	Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB, Zalán & Oliveira, 2005): (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo.	30
Figura 18	Evolução do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB), de acordo com Zalán & Oliveira (2005).	31
Figura 19	Exemplo da extração de dados topográficos para a confecção dos perfis em varredura utilizando a carta topográfica Passa Quatro (1:50.000) do IBGE.	33
Figura 20	Mapa hipsométrico da área de estudo.	35
Figura 21	Mapa hipsométrico da área de estudo, com a delimitação dos compartimentos topográficos identificados no presente estudo.	36
Figura 22	Localização no mapa hipsométrico dos perfis em varredura investigados (A, B e C). O limite da área de estudo está assinalado pelo polígono em preto.	40
Figura 23	Perfil em varredura A, passando pelo Alto Estrutural de Queluz, com a faixa litológica (segundo Leite <i>et al.</i> , 2004) anexada.	40
Figura 24	Perfil em varredura B, entre as bacias de Resende e Volta Redonda, com a faixa litológica (segundo Leite <i>et al.</i> , 2004) anexada.	41
Figura 25	Perfil em varredura C (Silva, 2009), a leste da bacia de Volta Redonda, com a faixa litológica (segundo Leite <i>et al.</i> , 2004) anexada.	42

Figura 26	Rosetas de frequência e comprimento para a área total e para os compartimentos identificados.	44
Figura 27	Mapa de lineamentos totais para a área de estudo.	47
Figura 28	Distribuição dos lineamentos de direção NE-SW.	48
Figura 29	Distribuição dos lineamentos de direção NNW-SSE.	49
Figura 30	Distribuição dos lineamentos de direção NNE-SSW.	50
Figura 31	Distribuição dos lineamentos de direção NW-SE.	51
Figura 32	Distribuição dos lineamentos de direção WNW-ESE.	52
Figura 33	Distribuição dos lineamentos de direção ENE-WSW.	53
Figura 34	Modelo esquemático de uma zona de transferência do tipo conjugada, convergente e com sobreposição (Morley <i>et al.</i> , 1990).	55
Figura 35	Modelo de propagação de falhas pela ligação de segmentos isolados (Gawthorpe & Leeder, 2000).	56

Lista de tabelas

Tabela 1	Comprimento (mínimo e máximo) e número total de lineamentos para a área de estudo, segundo as direções consideradas.	43
-----------------	--	-----------

Sumário

Agradecimentos.....	vi
Resumo.....	vii
<i>Abstract</i>	viii
Lista de figuras.....	ix
Lista de tabelas.....	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. ÁREA DE ESTUDO.....	3
2.1. Localização	3
2.2. Geologia Regional	4
2.3. Geomorfologia	13
2.4. Tectônica e Sedimentação Cenozóica.....	21
3. METODOLOGIA.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1. Compartimentação topográfica.....	36
4.2. Análise dos Perfis em Varredura	40
4.3. Análise dos lineamentos	43
5. CONCLUSÕES.....	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

A paisagem do médio vale do rio Paraíba do Sul, na região Sudeste do Brasil, onde estão localizadas as bacias de Taubaté, Resende e Volta Redonda, é marcada por uma alternância de serras e vales, com desníveis topográficos expressivos, existindo diversos modelos que buscam explicar a evolução tectono-sedimentar desta área.

Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004) associaram essa área ao segmento central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), considerando que uma calha deposicional única teria sido gerada durante a fase inicial do rifte, no Eoceno-Oligoceno, sendo possível chegar à configuração topográfica atual através de eventos tectônicos deformadores. Cinco eventos tectônicos teriam atuado na evolução desta feição geotectônica (Riccomini *et al.*, 2004): 1) a formação da depressão original sob a ação de esforços distensivos NNW-SSE, com preenchimento sedimentar e vulcânico associado; 2) o primeiro evento deformador, durante o Neógeno (Mioceno?), relacionado a uma transcorrência sinistral E-W, com distensão NW-SE e localmente compressão NE-SW; 3) o segundo evento deformador, durante o Pleistoceno tardio-Holoceno, associado a uma transcorrência dextral E-W, com esforços compressivos NW-SE e distensivos NE-SW; 4) o terceiro evento deformador, holocênico, de caráter distensivo de direção WNW-ESE, que teria dado o contorno atual da distribuição dos sedimentos; 5) evento subatual associado a esforços compressivos E-W.

Zalán & Oliveira (2005) incluem esta região no Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB), separado em quatro riftes: Paraíba do Sul, onde estão localizadas as bacias sedimentares de Taubaté, Resende e Volta Redonda; Litorâneo; Ribeira; e Marítimo. Segundo esses autores, a geração dos riftes estaria relacionada a um colapso gravitacional a partir de um soerguimento de grande dimensão, onde a região que compõe os riftes abrangeria uma área muito maior, não só restrita às áreas com sedimentos pretéritos preservados.

Sanson (2006), com base dados estratigráficos e tectônicos, entre os quais a presença de fanglomerados (depósitos de leques aluviais gerados pelas falhas normais formadoras do rifte) restritos à borda norte da bacia sedimentar de Resende e à borda sul da bacia de Volta Redonda, concluiu que o modelo de evolução tectônica destas bacias envolveria uma zona de transferência, defendendo a idéia de que evoluíram separadamente desde sua instalação.

Considerando os diferentes modelos evolutivos, o presente trabalho objetiva investigar, sob a ótica da morfotectônica, a porção do Segmento Central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil onde se inserem as bacias de Resende e Volta Redonda, buscando contribuir para as discussões a respeito da continuidade física pretérita (ou não) entre essas duas bacias.

2. ÁREA DE ESTUDO

2.1. Localização

A área de estudo está situada na região sudeste do Brasil, abrangendo parte dos estados de Minas Gerais, São Paulo e, em maior extensão, do Rio de Janeiro, onde estão localizadas, na região do médio vale do rio Paraíba do Sul, as bacias sedimentares cenozóicas de Resende e Volta Redonda (Figura 1). A principal via de acesso para a área de estudo é a Rodovia Presidente Dutra (BR-116).

A bacia de Resende tem aproximadamente 47 km de comprimento e 4,5 km, em média, de largura, com uma geometria alongada na direção ENE-WSW (Ramos, 2003); estende-se entre Engenheiro Passos e Quatis. A bacia de Volta Redonda também é alongada na direção ENE-WSW, mas seu registro sedimentar está distribuído em diversos depocentros isolados por altos do embasamento, entre Barra Mansa e Barra do Piraí (Negrão, 2010); seu principal depocentro (gráben Casa de Pedra) está situado no município de Volta Redonda, apresentando aproximadamente 3 km de largura e 9 km de comprimento.

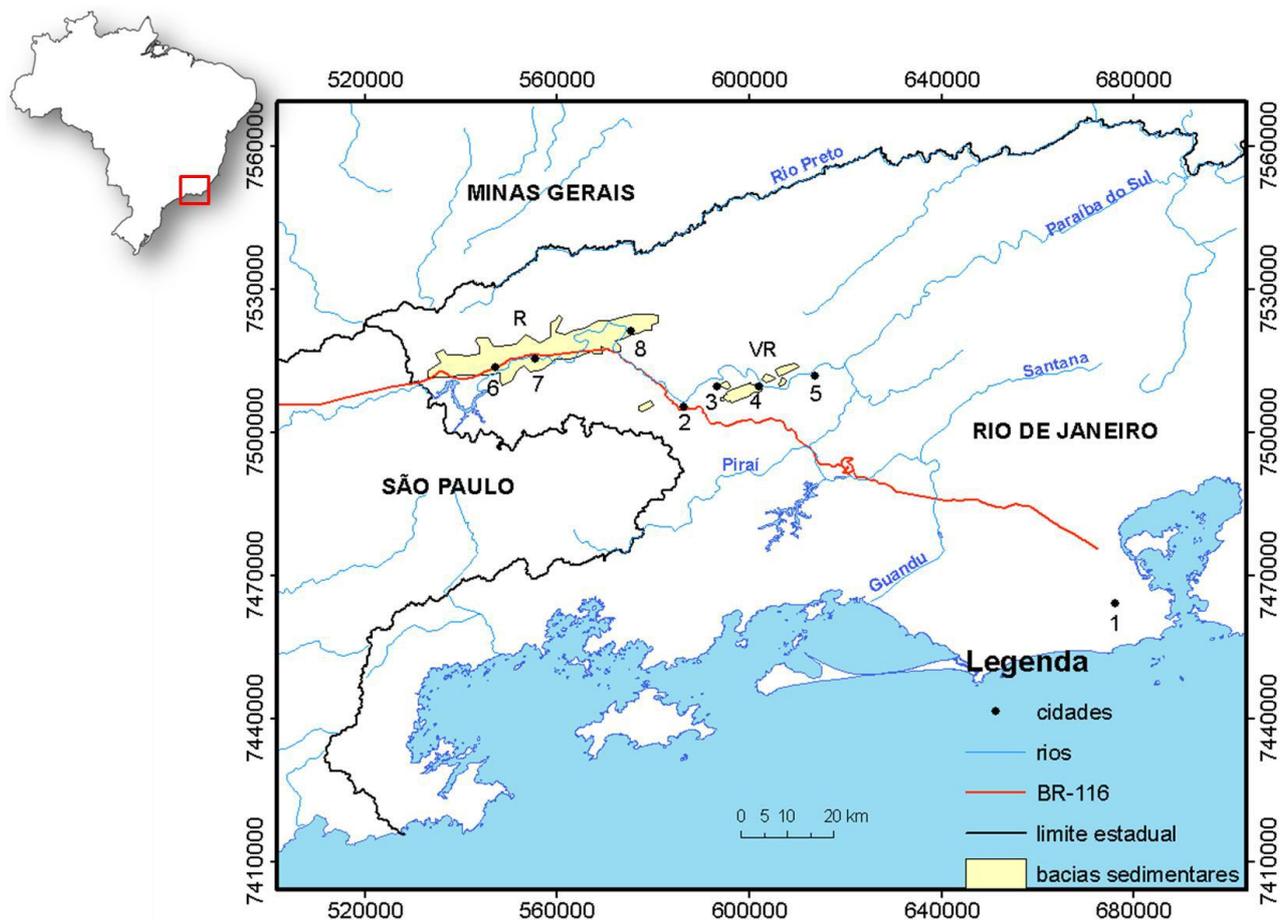


Figura 1: Localização da área de estudo, destacando as bacias sedimentares cenozóicas, a principal via de acesso e as drenagens principais. 1 –Rio de Janeiro, 2- Barra Mansa, 3 – Volta Redonda, 4 – Pinheiral, 5 – Barra do Piraí, 6 – Itatiaia, 7 – Resende, 8 – Quatis, R – bacia sedimentar de Resende, VR – bacia sedimentar de Volta Redonda. Fontes: divisão estadual, rios e acesso (<http://www.ibge.gov.br>); limite da bacia de Resende (CPRM - Leite *et al.*, 2004); limite da bacia de Volta Redonda (Negrão, 2010).

2.2. Geologia Regional

A área está inserida em um contexto de rochas aqueanas/paleoproterozóicas que sofreram metamorfismo e remobilização intensos no Neoproterozóico, constituindo um sistema orogênico (orogenia Brasileira) que contribuiu para a amalgamação do continente Gondwana ocidental. Este sistema, chamado Província Mantiqueira, de direção NE-SW, se distribui desde o sul do estado da Bahia até o estado do Rio Grande do Sul, com aproximadamente 3.000 km de extensão e 200 km de largura, sendo composto pelos seguintes orógenos: Araçuaí, Ribeira (onde está localizada a área de estudo), Brasília meridional, Dom

Feliciano e São Gabriel (Heilbron *et al.*, 2004) (figura 2). Estão presentes também na área diversas suítes de rochas granitóides, em sua maior parte neoproterozóicas, com caráter pré-, sín- ou pós-tectônico em relação à atividade ao longo das zonas de cisalhamento regionais, e rochas representantes do magmatismo alcalino do Mesozóico-Cenozóico (Machado Filho *et al.*, 1983; Janasi & Ulbrinch, 1991 *apud* Riccomini *et al.*, 2004).

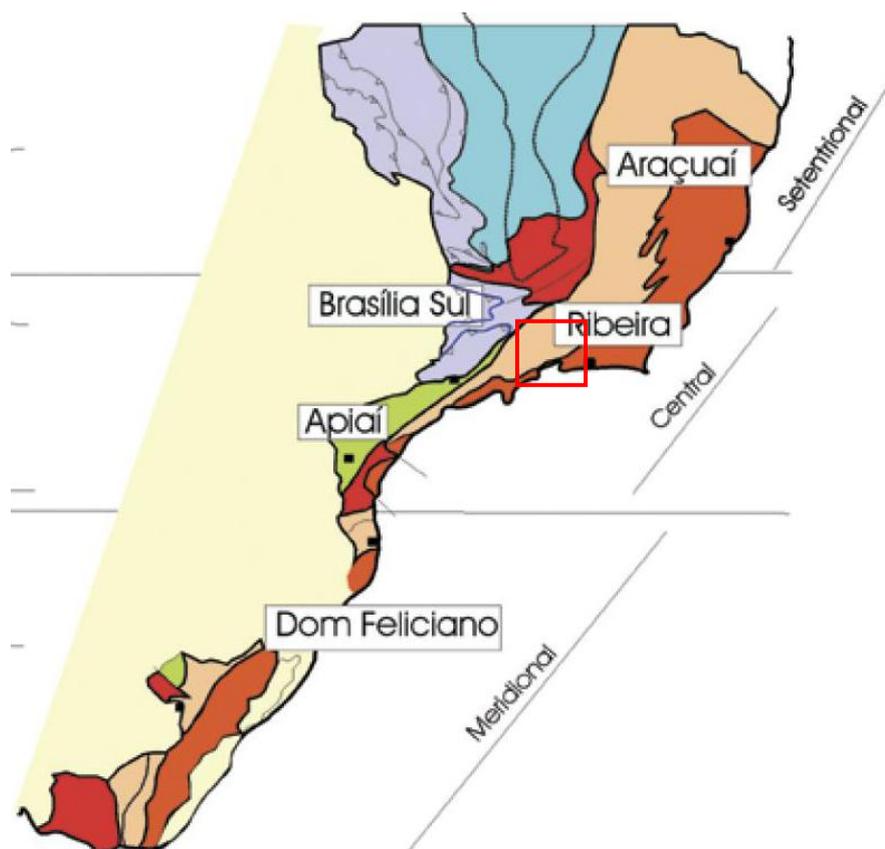


Figura 2: Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira (Heilbron *et al.*, 2004): o segmento setentrional é o Orógeno Araçuaí; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí; e o segmento meridional inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel. A área estudo está representada pelo retângulo vermelho.

O Orógeno Ribeira é formado a partir da interação do Cráton de São Francisco com a porção sudoeste da placa do Congo, além microplacas e arcos de ilha, em torno de 580 Ma. A colisão oblíqua, de leste para oeste-noroeste, gerou zonas com encurtamento frontal e zonas com transpressão dextral. Cinco terrenos tectônicos-estratigráfico, separados por empurrões ou zona de cisalhamentos oblíquos transpressivas, são identificados: Ocidental, Paraíba do Sul, Embu, Oriental e Cabo Frio (Heilbron *et al.*, 2004) – Figura 3.

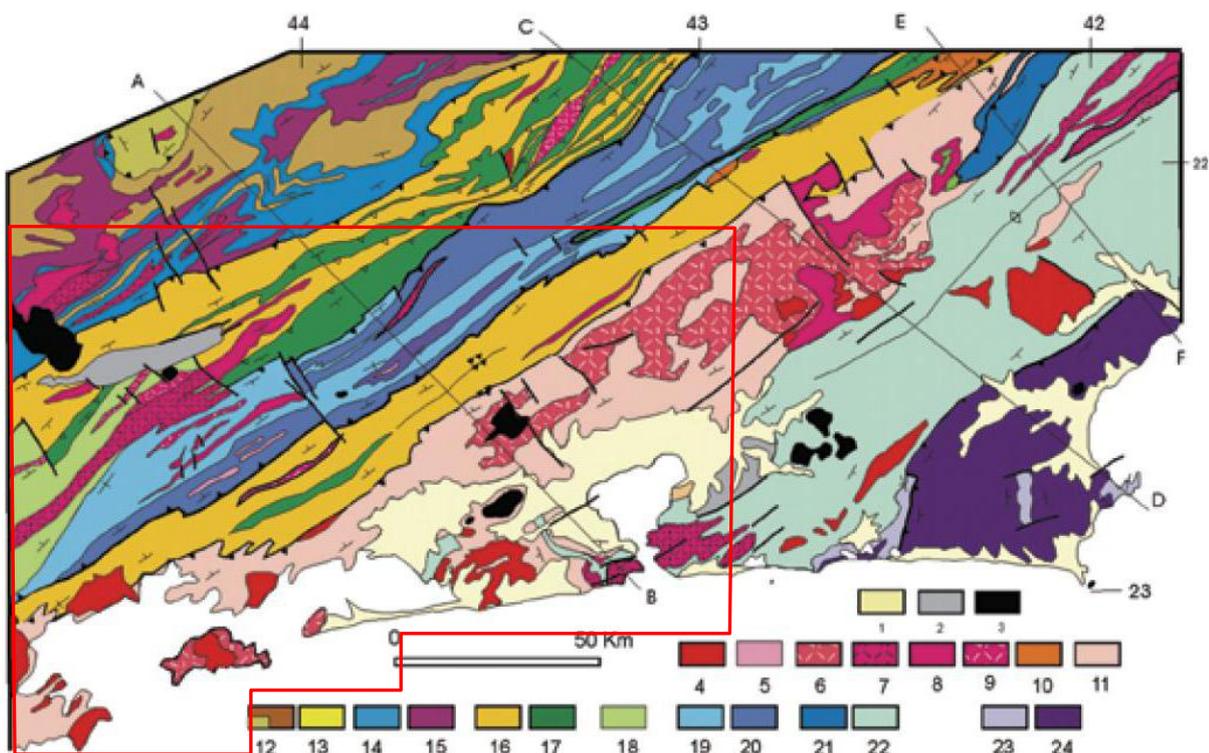


Figura 3: Mapa geológico simplificado do Orógeno Ribeira, extraído de Heilbron *et al.* (2004), estando assinalada a área do presente estudo (polígono vermelho). Legenda: 1- Sedimentos quaternários; 2- Sedimentos terciários; 3-Rochas alcalinas cretáceas/terciárias; (4-8)Granitóide brasileiro sin a pós-colisionais - 4-Biotita granitos pós-colisionais (510-480 Ma, G5), 5-Granitos contemporâneos às Zona de Cisalhamentos D3 (535-520 Ma, G4), 6-granitos e charnockitos tardi-colisionais (ca. 560 Ma, G3), 7-Granitos porfiróides sin-colisionais (590-560 Ma), 8-Leucogranitos e charnockitos tipo S ou híbridos sin-colisionais (ca. 580 Ma, G2); (9-10) granitóides com idade indeterminada - 9-Hornblenda granito gnaisse, 10-Suítes Anta e São Primo; 11-Arco magmático Rio Negro (790-620 Ma); (12-17) Terreno Ocidental - (12-14): Megassequência Andrelândia (12-Sequência Rio do Turvo em fácies granulito de alta P, 13-Sequência Rio do Turvo, 14-Sequência Carrancas), 15-Complexo Mantiqueira, 16-Fácies distais da Megassequência Andrelândia no Domínio Juiz de Fora, 17-Complexo Juiz de Fora; 18-Complexo Embu indiviso; (19-20) Terreno Paraíba do Sul - 19- Grupo Paraíba do Sul, 20-Complexo Quirino; (21-22) Terreno Oriental - 21-Sucessão metassedimentar Italva, 22-Sucessão metassedimentar Costeiro; (23-24) Terreno Cabo Frio - 23-Sucessão Búzios e Palmital, 24-Complexo Região dos Lagos.

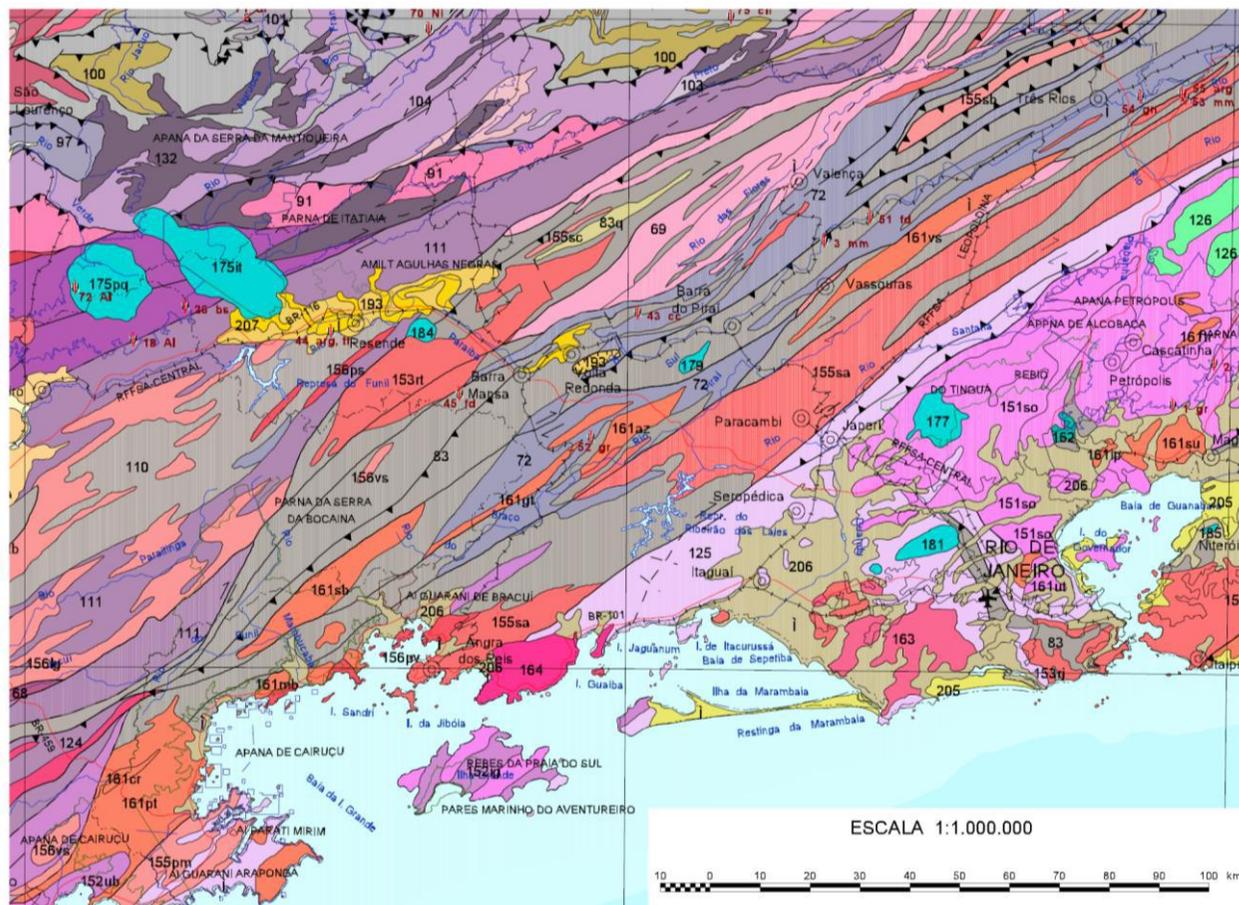
No Terreno Ocidental, na área de estudo, estão presentes os domínios estruturais Andrelândia e Juiz de Fora. O embasamento paleoproterozóico, que compreende os complexos Mantiqueira e Juiz de Fora, é composto por gnaisses bandados de composição granodiorítica ou tonalítica e ortogranulitos, respectivamente. Já as sucessões metassedimentares neoproterozóicas da Megassequência Andrelândia englobam rochas metassedimentares clásticas associadas com rochas metaígneas máficas.

O Terreno Paraíba do Sul ou *Klippe* do Paraíba do Sul representa um sinformal que abrange um embasamento paleoproterozóico (Complexo Quirino) e uma sucessão metassedimentar neoproterozóica (Complexo Paraíba do Sul). O Complexo Quirino compreende granitóides tonalíticos-granodioríticos com enclaves de rochas metaultramáficas, metamáficas e calciossilicáticas. A sucessão metassedimentar abrange duas unidades: biotita gnaisses psamíticos e sillimanita-biotita gnaisses psamíticos.

O Terreno Oriental é representado, na área de estudo, pelo Domínio Costeiro, que é composto por sucessões metassedimentares em fácies anfíbolito alto a granulito, intrudidas por diversas gerações de granitóides brasileiros sin a pós-colisionais, mais expressivos na área, como ortognaisses (Complexo Rio Negro), leucogranitos/leucocharnockitos e granitóides a charnockitóides porfiróides (unidades Bela Joana, Desengano e Angelim), e granitos tardi a pós-tectônicos (Tupinambá *et al.*, 2007).

O Terreno Neoproterozóico Embu, que longitudinalmente acunha-se no Terreno Juiz de Fora no sentido norte, é representado, na área de estudo, por faixas estreitas intercaladas com Terreno Paraíba do Sul, sendo composto principalmente de rochas gnáissicas e migmatíticas, que contêm bandas micáceas xistosas, muitas vezes abundantes e caracterizando xistos (Machado Filho *et al.*, 1983 *apud* Riccomini *et al.*, 2004).

O magmatismo alcalino do Mesozóico-Cenozóico está inserido na Província do Alinhamento Magmático Cabo Frio (Almeida, 1991 *apud* Riccomini *et al.*, 2004), que, segundo alguns autores (Thomaz-Filho & Rodrigues, 1999; Mizusaki *et al.*, 2002 *apud* Mizusaki & Thomaz-Filho, 2004), teria sido produto da passagem da Placa Sul-Americana sobre um *hot spot*. Esses magmatismo está associado preferencialmente às zonas de fratura transcorrentes sinistrais de direção WNW-ESE, apresentando duas fases de reativação e magmatismo associado: do Neocretáceo ao Paleoceno; e durante o Eoceno (Riccomini *et al.*, 2004a *apud* Riccomini *et al.*, 2004). Os corpos intrusivos e vulcânicos que ocorrem na região são: os maciços de Itatiaia, Passa Quatro e Morro Redondo, compostos principalmente por nefelina sienitos; além dos corpos alcalinos de Tinguá, Serra do Mendanha e Serra do Tomazes; e as lavas ankaramíticas intercaladas a sedimentos paleogênicos da bacia de Volta Redonda.



LEGENDA	
208	Depósitos aluvionares (Q2a) (208); Depósitos alúvio-coluvionares (Q2ca) (207); areia, cascalho e argila; Depósitos flúvio lagunares (Q2fl) (206); Depósitos flúvio-marinhos (Q2fm) (205); Depósitos marinhos, praias e lagunares (Q2pm) (208)
Grupo Taubaté	
193	Formação Resende (193) (E1); diamictito, conglomerado, lamito arenoso, arenito, localmente com estratificação cruzada acanalada. Formação São Paulo (192) (Esp); arenito grosso, conglomerático, que grada para siltilito e argilito com estratificação cruzada e base erosiva, graduação normal, com climbing ripple
191	Formação Tremembé (191) (E1); calcário dolomítico, rítmico, formados pela alternância de folhelhosprobetuminosos macios e argila verde maciça fossilíferos, localmente arenitos arcoseanos
177 & 198	Intrusões Alcalinas -Cabo Frio (K2E1, c1) (198) 53,4 Ma K-Ar; 62,4 Ma K-Ar; Itaúna (K2E1, it) (195) 65,6 Ma K-Ar; Morro Redondo (K2E1, mr) (184) 62,4 Ma K-Ar; Rio Bonito (K2E1, rb) (183), Morro São João (K2E1, sj) (182) 66,7 Ma K-Ar; Serra do Mendanha (K2E1, sm) (181), Soarinho (K2E1, so) (180), Serra dos Tomazes (K2E1, st) (179), Tanguá (K2E1, tb) (178), Tingua (K2E1, ti) (177)
176a	Complexos Plutônicos Alcalinos: Itatiaia (K2, it)
175	Rochas Máficas: Ilha de São Sebastião (K, ss)
ORÓGENO ARAÇUAÍ - RIO DOCE	
Magmatismo tardi a pós-orogénico	
164	Granitóide tipo I, calcialcalino de alto K: Granito Mangaratiba (164)
163	Granitóide tipo I, calcialcalino alto K: Granito Pedra Branca (163)
161	Alcalino de Canaã (162)
160	Granitóide tipo I, calcialcalino de alto K (161)
159	Granitóide tipo S (160)
157-158	Granitóide química e tectonicamente indiferenciado: Granito Guarujá-Santos (159) Suíte máfica: Complexo Máfico Gleba Ribeiro (157) e Baixo Maricó (158)
Magmatismo pré a sinorogénico	
158	Granitóide tipo I, calcialcalino de alto K 560 a 540 Ma U-Pb (158)
156	Granitóide peraluminoso, tipo S (155)
154	Granitóide foliado tipo I, calcialcalino de alto K (154)
153	Granitóide foliado peraluminoso, tipo S (153)
152	Charnockitoide foliado meta e peraluminoso (152)
151	Granitóide foliado e ortognaissico tipo I, calcialcalino de alto e médio K 596 Ma U-Pb (151)
150	Charnockitoide quimicamente indiferenciado: (150)
ARCO/ORÓGENO RIO NEGRO	
126	Leucogranito Gnaiss Serra do Paquetaer (NP3r; 258p) (126)
125	Complexo Rio Negro (NP3r; 11m) (125)
Complexo Costeiro	
124	unidade quartzítica (NPccq) (124)
123	unidade ortognaissica (NPccog) (123)
122	unidade paragnaissica (NPccpg) (122)
121	593Ma, 565Ma e 571Ma U-Pb SHRIMP unidade granito gnaissica migmatítica (NPccgm) (121)
120	unidade de gnaisses bandados (NPccbg) (120)
DOMÍNIO EMBU	
Complexo Embu	
113	Unidade ortognaissica (NPecog) (113); Unidade de gnaisses bandados (NPecbg) (112); biotita gnaissico granítico e granodiorítico alterado com biotita gnaissico monodiorítico, biotita/hornblenda-granada gnaissico, anfibolito e quartzito
111	811 Ma U-Pb SHRIMP 560 Ma Rb-Sr Unidade paragnaissica (NPecpg) (111); muscovita-granada sillimanita-biotita gnaissico migmatítico biotita gnaissico tonalítico a granodiorítico; xisto gnaissico e biotita gnaissico quartzoso Unidade de xistos localmente miloníticos (NPexm) (110); Unidade de sericita xisto (NPesx) (109); Sericita filito, metarenito, filito carbonoso, sericita (quartz) xisto; Unidade milonítica (NPem) (108); granada-biotita-muscovita xisto milonítico com intercalações de biotita quartzito, biotita xisto, sericita filito e metarcóseo fino
83	Complexo Paraíba do Sul (NPps): paragnaissico, kinzigito, grauvaca, xisto, quartzito (NPpsq) (83q), calcissilicática, metacalcário, mármore, anfibolito. Localmente migmatizado. Fácies anfibolito a granulito.
72	Suíte Quirino (PP2q): granito e granodiorito foliado com autólitos quartzo-dioríticos 2185 (505), 2169 (571) Ma U - Pb
71	Complexo Juiz de Fora: (PP2jf) Unidade ortognaissica, granulítica a charno-enderbitica (71); granada-biotita opalito com clinopiroxênio, leucossoma charnockítico, charno-opalito e enderbitito; (PP2jf) Unidade enderbitica (70); (PP2jf) Unidade tonalítica (69). Frequentes intercalações de granulito máfico. Remanescentes locais de ortognaissico do embasamento mesozoico 2220 (577), 2134 (579) Ma U - Pb
DOMÍNIO SOCORRO - GUAXUPÉ	
Granitóides sin a tardiorogénicos	
133	Granitóide foliado, tipo I calcialcalino de alto K (NP3er 2l); (mo) Mourungaba, (so) Sorocaba 610 a 600 Ma U-Pb
132	Granitóide foliado, tipo S (NP3as 2Spa); Suíte Pouso Alto
Grupo Andreândia:	
106	(NPajh) biotita gnaissico fino, bandado, com intercalações de anfibolito e biotita-muscovita xisto; calcissilicática, mármore, talco xisto, tremolito xisto (106), (NPam) Unidade de migmatitos (105), (NPaman) Migmatito Alagoa (granada)-muscovita-biotita diatexito gnaissico de estrutura schlieren ou nebulítica, associam-se bolsões irregulares de leucogranito (104), (NPamae) Migmatito Alagoa: migmatito estromático com mesossoma de (granada)-sillimanita-biotita gnaissico e dois feldspatos, leucossoma granítico e melanossoma (103), (NPava) alternância de hornblenda-plagioclásio gnaissico, anfibolito e gnaissico calcissilicático, com intercalações de ortocuarzo e muscovita-óxidos de ferro quartzito (102), (NPamg) granada-muscovita-biotita-plagioclásio gnaissico com sillimanita ou cianita na base e no topo (granada)-muscovita-biotita gnaissico migmatito a leucossoma granítico (101); (NPag) ortocuarzo, muscovita-(sillimanita)-biotita-(granada) quartzito, intercalações de muscovita-quartzito xisto, (granada) anfibolito, biotita metarcóseo (100), (NPax) mica xisto a biotita, muscovita, quartzito, aluminossilicático, granada, plagioclásio, estaurolita e rutílio; intercalações de (aluminossilicático)-(granada)-mica quartzito, gnaissico calcissilicático e (granada) anfibolito (99); (NPagr) granada-muscovita-biotita-plagioclásio gnaissico homogêneo localmente com aluminossilicatos, intercalações de granada-(aluminossilicático)-mica xisto feldspático, muscovita quartzito e anfibolito (98); 630Ma U - Pb; (NPag) cianita-granada granulitos a biotita, rutílio e ilmenita, intercalações de cianita-granada quartzito, gnaisses calcissilicáticos, anfibolito com ortopiroxênio, granada quartzito e gndito (97)
92	Complexo Varginha-Guaxupé: Unidade de paragnaisses migmatíticos (NPvm) (92); Unidade de ortognaisses migmatíticos (NPvrg) (91); Unidade granulítica basal (NPvg) (90).
ORÓGENO MINEIRO	
61	Complexo Piedade (PP2pi): ortognaissico TTG, fácies anfibolito, frequentes intercalações de supracrustais. Localmente, intercalação de ortognaissico de embasamento mesozoico, 2200-2150 Ma
36	Complexo Acaí (APac): enderbitito, gnaissico granulítico e norito (36);
35	Complexo São Bento dos Torres (APsb): norito e enderbitito, fácies granulito (35)

Figura 4: Recorte da carta geológica 1:1.000.000 SF23 Rio de Janeiro, confeccionada pela CPRM (Leite et al., 2004), de onde foi retirada a legenda anexa aos perfis em varredura.

No arcabouço estrutural do Terreno Paraíba do Sul está presente um importante arranjo de zonas de cisalhamento neoproterozóicas de direção nordeste, associadas a esforços transpressivos dextrais (Dayan & Keller, 1989; Ebert *et al.*, 1991; Dayan *et al.*, 1993 *apud* Vicente *et al.*, 2007). A principal estrutura deste conjunto é a Zona de Cisalhamento ou Lineamento Além Paraíba (Almeida *et al.*, 1975 *apud* Silva, 2006), que passou a ser chamada por Dayan & Keller (1990 *apud* Silva, 2006) de Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (ZCRPS), pois a região ocupada pelo rio representa a parte central do lineamento. A ZCRPS está inserida em um sistema maior chamado Megafalha de Cubatão (Sadowski, 1991 *apud* Sadowski & Campanha, 2004), que se estende desde o norte do Espírito Santo, passando pela costa dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná (Figura 5).

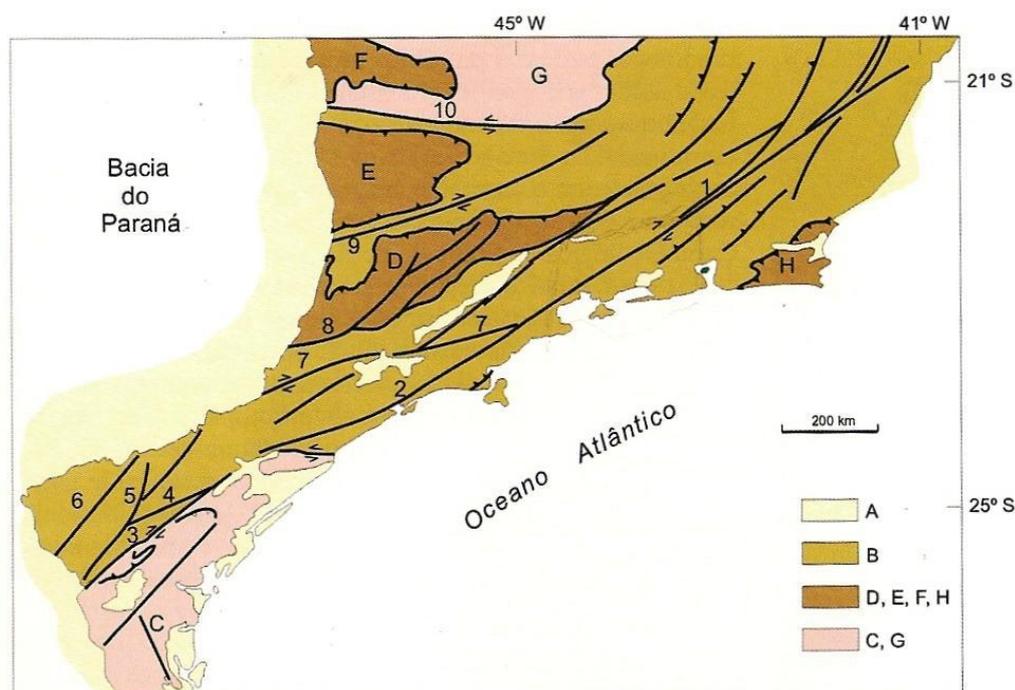


Figura 5: Principais falhas a sul-sudeste do Cráton de São Francisco e a leste do Cráton de La Plata (Sadowski & Campanha, 2004). A- Cobertura Fanerozóica; B- Cinturões de dobramento brasileiros e/ ou áreas de reativação brasileira; C- Cráton ou fragmento cratônico de Luís Alves; D- Nappe de Socorro, E- Nappe de Guaxupé; F- Nappe de Passos; G - Cráton do São Francisco; H- Janela de Cabo Frio. Falhas transcorrentes principais: 1- Além Paraíba; 2- Cubatão; 3- Lancinha; 4- Ribeira; 5- Morro Agudo; 6- Itapirapuã; 7- Taxaquara; 8- Jundiuvira; 9- Jacutinga; 10- Campo do Meio.

A ZCRPS é onde se apresenta o nível de exposição crustal mais profundo da Megafalha de Cubatão, com rochas intensamente deformadas em condições de deformação dúctil e recristalização sintectônica. A parte central da estrutura exhibe sempre uma foliação vertical a subvertical de lineação de estiramento subvertical (Fonseca *et al.*, 1998).

A norte desta estrutura ocorrem zonas de cisalhamento que cortam longitudinalmente o norte do estado do Rio de Janeiro e convergem para sudoeste, encontrando com a ZCRPS. Elas apresentam mergulhos variados para sudeste, com movimentação frontal a oblíqua com sentido (de topo) para NW, em direção ao Cráton de São Francisco (Heilbron, 1993; Almeida, 2001 *apud* Vicente *et al.*, 2007). A sul, ocorrem as zonas de cisalhamento de Mendes-Itaocara e Rio Santana-Ribeirão, que formam um conjunto subparalelo que tende a convergir para nordeste. Possuem foliação milonítica mergulhando para noroeste, associado à movimentação com sentido (para de topo) para sudoeste, seguida de deslocamento transtrativo dextral e empurrões mais tardios com movimento com sentido para sudeste (Machado, 1983; Dehler *et al.*, 2006 *apud* Vicente *et al.*, 2007).

Para explicar a formação desta feição dois modelos tectônicos são propostos: o primeiro, de caráter geométrico, afirma que a área estaria inserida em um contexto de evolução tectônica polifásica, onde teria se formado uma megadobra tardia, com superfície axial vertical e eixo com caimento para NE, que deformaria as zonas de cisalhamento anteriores com movimentação de topo para noroeste (Heilbron *et al.*, 1991; Almeida, 2000 *apud* Vicente *et al.*, 2007); o segundo envolve uma tectônica transpressiva dextrógira, onde teria sido gerada uma megaestrutura-em-flor positiva, em que a ZCRPS representaria seu eixo central (Figura 6). O argumento principal para o segundo modelo é dado pela presença de estruturas planares verticais e não horizontais

como esperado na possível zona axial (Machado & Endo, 1993 a e b; Corrêa Neto *et al.*, 1993; Dayan *et al.* 1993 *apud* Vicente *et al.*, 2007).

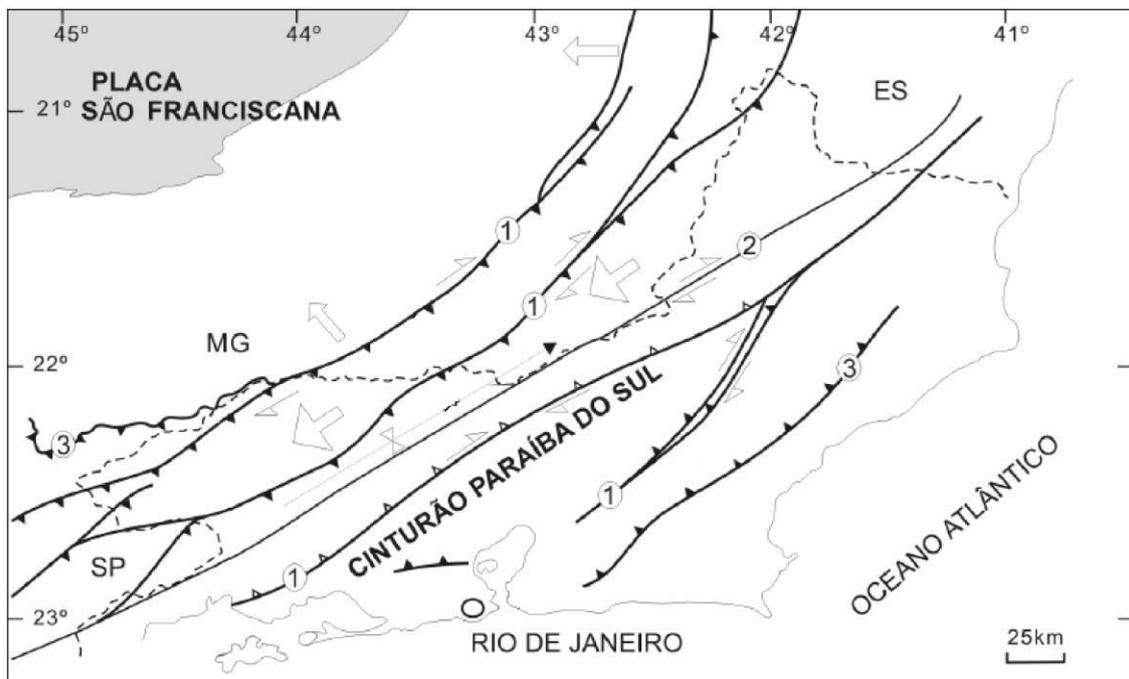


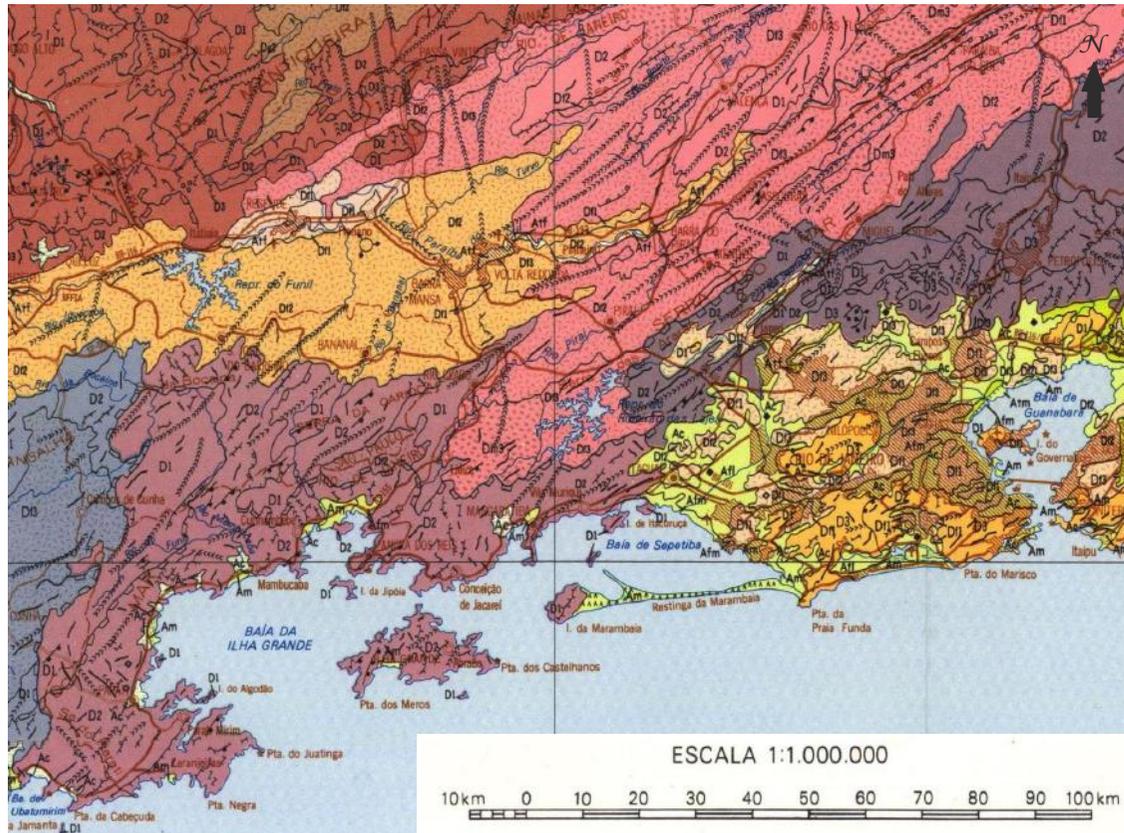
Figura 6: Esboço estrutural mostrando as principais zonas de cisalhamento presentes no estado do Rio de Janeiro. Legenda: Seta maior- fluxo de deformação principal; Seta menor- fluxo de deformação secundário; (1) Zona de cisalhamento oblíqua com movimento indicado; (2) Zona de cisalhamento direcional com movimento indicado; (3) Zona de cisalhamento inversa (Modificado de Machado & Demange, 1994 e Silva *et al.*, 2000 *apud* Vicente *et al.*, 2007).

2.3. Geomorfologia

Gatto *et al.* (1983), no âmbito do Projeto RADAMBRASIL, com base na interpretação de imagens de radar, reconheceram três domínios morfoestruturais para o estado do Rio de Janeiro, na escala 1:1.000.000: Depósitos Sedimentares; Remanescentes de Cadeias Dobradas; e Faixa de Dobramentos Remobilizadas.

O domínio Depósitos Sedimentares é mais bem representado, na área de estudo, pelas planícies costeiras, incluindo aluviões (compostos por areia, cascalho, argila inconsolidada) e sedimentos marinhos (dunas, restingas, cordões litorâneos; planícies e terraços marinhos) –

Figura 7.



DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS, REGIÕES E UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

DEPÓSITOS SEDIMENTARES	PLANÍCIES COSTEIRAS														
	Af	200	Atf	480	Afl	248	Afm	205	Am	1.224	Atm	122	Ac	180km ²	
REMANESCENTES DE CADEIAS	PLANALTOS DO ALTO RIO GRANDE														
	Df	5.329	Dm	439	Dg	2.222	Dm	214	Dg	3.660	Dm	383	Df	274	Df
DOBRADAS	PLANALTO DE ANDRELÂNDIA														
	COLINAS E MACIÇOS COSTEIROS														
FAIXAS DE DOBRAMENTOS	COLINAS E MACIÇOS COSTEIROS														
	Df	4.929	Dm	1.839	Dg	1.056	Df	726	Dz	592	Dz	619			
REMOBILIZADOS	ESCARPAS E REVERSOS DA SERRA DO MAR														
	Df	2.381	Df	3.590	Dz	2.102	Dz	424							
REMOBILIZADOS	PLANALTO DE PARATINGA-PARAIBUNA														
	Df	181	Df	1.112	Dz	2.404									
REMOBILIZADOS	PLANALTO DE BOCAINA														
	Df	2.791	Dz	6.607	Dz	3.506									
REMOBILIZADOS	SERRA DOS ÓRGÃOS														
	VALE DO PARAÍBA DO SUL														
REMOBILIZADOS	VALE DO PARAÍBA DO SUL														
	Df	4.457	Df	467	Dm	181	Dg	164	Df	609	Df	171	Dz	226	Af
REMOBILIZADOS	DEPRESSÃO DO MÉDIO PARAÍBA DO SUL														
	Df	5.567	Dm	1.893	Df	2.115	Dz	1.585	Dz	1.067					
REMOBILIZADOS	ALINHAMENTOS DE CRISTAS DO PARAÍBA DO SUL														
	MANTIQUEIRA MERIDIONAL														
REMOBILIZADOS	MANTIQUEIRA MERIDIONAL														
	Df	1.786	Dm	985	Df	1.326	Dz	134	Dz	107					
REMOBILIZADOS	PLANALTO DE ITAÍLIA														
	PLANALTO DE ITAÍLIA														

Figura 7: Mapa geomorfológico da Folha RJ-SF-23 do Projeto RADAMBRASIL (Gatto *et al.*, 1983) mostrando a área de estudo. Tipos de modelado: de Acumulação (A) – Ac (de exurrada – área plana ou abaciada), Af (fluvial), Atf (terraço fluvial), Afl (flúvio-lacustre), Afm (flúvio marinho), Atm (terraço marinho), Am (marinho); e de Dissecação (D). Densidade de drenagem: fina (f), média (m) e grosseira (g). (1, 2 e 3): graus de aprofundamento da dissecação definidos pela média da frequência dos níveis medidos em perfis transversais.

O domínio Remanescentes de Cadeias Dobradas corresponde a modelados resultantes da exumação de estruturas dobradas ao longo de vários ciclos geotectônicos, onde os diferentes estilos estruturais explicam as particularidades do relevo da área abrangida. Na área de estudo, na sua porção noroeste, é representado pelo Planalto Alto do Rio Grande (Figura 7), que compreende modelados de dissecação homogênea revestidos de formações superficiais resultantes da alteração das rochas. Corresponde, mais especificamente, ao Planalto de Andrelândia, denominado com o nome da unidade geológica em que está inserido.

O domínio Faixa de Dobramentos Remobilizadas caracteriza-se pelas evidências de movimentos crustais, com marcas de falhas, deslocamento de blocos e falhas transversais, impondo nítido controle estrutural sobre a morfologia. Na região estudada, é representado pelas regiões Colinas e Maciços Costeiros, Escarpas e Reverso da Serra do Mar, Vale do Paraíba do Sul e Mantiqueira Meridional (Figura 7):

- a região Colinas e Maciços Costeiros apresenta uma topografia deprimida, refletindo uma estrutura fraturada e dobrada. São encontrados diferentes modelados de dissecação, compreendendo as colinas côncavo-convexas e um conjunto morfológico mais elevado integrado pelas serras e maciços litorâneos;

- a região Escarpas e Reverso da Serra do Mar possui orientação geral NE-SW e distribui-se ao longo dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (Figura 7). Sua topografia reflete o condicionamento geológico (resultante de dobras, reativação de falhas e remobilização de blocos), sendo observados vales alongados, segmentos de drenagem retilíneos, linhas de crista e de cumeadas paralelas, relevo com grande desnível altimétrico e escarpas íngremes. A unidade Planalto de Paraitinga-Paraibuna é composto pelas escarpas costeiras e o reverso do planalto por morros dissecados pela

bacia dos rios Paraitinga e Paraibuna, sendo esses dois conjuntos geomorfológicos separados por serras alongadas. O Planalto da Bocaina representa um bloco montanhoso com altitudes em torno de 1.800 m a noroeste e em torno de 1.000 m na borda da escarpa litorânea, evidenciando um basculamento em direção ao litoral. A Serra dos Orgãos é composta pelas escarpas escalonadas e festonadas e pelo seu reverso. As escarpas apresentam-se sulcadas por ravinas e rios torrenciais que as dividem em espigões que vão se projetar até a baixada. O reverso é caracterizado por lixiviação de vales estruturais e de cristas serranas, maciços graníticos, morros com desnível altimétrico acentuado e alvéolos intermontanos;

- a região Vale do Paraíba do Sul tem orientação estrutural NE-SW, abrangendo grande parte da área de estudo (Figura 7). Caracteriza-se como uma ampla área deprimida com relação aos planaltos circundantes e corresponde ao local onde se instalou a drenagem atual do rio Paraíba do Sul. A Depressão do Médio Paraíba do Sul apresenta formas de relevo (colinas convexas, principalmente) condicionadas a um controle geológico (depressão tectônica), tendo sido afetada por sucessivas fases erosivas e deposicionais. Os modelados apresentam-se estruturalmente alongados e paralelos entre si, identificando-se cristas, escarpas erosivas, vales adaptados a falhas e fraturas que cortam a área com orientação preferencial NE-SW. O conjunto topográfico e morfológico desta unidade forma a paisagem característica de “mar de morros”. Alojadas entre as colinas cristalinas distribuem-se as feições tabuliformes do Terciário e as planícies e terraços fluviais quaternários, compondo as bacias sedimentares de Taubaté, Resende e Volta Redonda. O Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul compõe a unidade de maior área na região estudada. Corresponde ao setor médio da bacia do rio Paraíba do Sul, cujas feições refletem alto controle geológico (lineamento Além Paraíba) dispondo um conjunto de falhas e fraturas com orientação NE-SW. O

quadro morfológico apresenta colinas orientadas e/ou aplanadas num relevo tipo apalachiano e colinas convexo-côncavas nas proximidades da Serra do Órgãos e do Planalto de Itatiaia;

- a região Mantiqueira Meridional, situada na porção noroeste da região estudada (Figura 7), apresenta relevo influenciado por intenso tectonismo, com soerguimento de blocos e falhas dispostos no sentido NE-SW. A unidade Planalto de Itatiaia representa na área um relevo com dissecação diferenciada, que inclui vales estruturais, escarpas, cristas simétricas de grande extensão e bordas estruturais circulares.

Silva *et al.* (2007) realizaram uma classificação geomorfológica da região do médio vale do rio Paraíba do Sul com a mesma metodologia aplicada por Silva (2002) para a análise do relevo do Estado do Rio de Janeiro, baseada na caracterização dos desnivelamentos altimétricos e associando dados geológicos e geomorfológicos. Foram identificadas três unidades principais (Figura 8): Planalto e Escarpas da Serra da Mantiqueira; Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina; e Depressão Interplanáltica do Médio Vale do Paraíba do Sul (DMVPS).

A Depressão Interplanáltica do Médio Vale do Paraíba do Sul representa um compartimento de direção geral E-W com altitudes de 400 a 600 m, que se subdivide em unidades menores de direção NE-SW, que são representados pelo alinhamento de colinas (Bacia de Resende – C8, Bananal/Amparo – C9, Volta Redonda – C10) e morros (Ribeirão das Lajes - M7, Getulândia – M9, Ribeirão Fortaleza – M28, Fazenda do Salto – M29). São observadas também feições circulares relacionadas ao corpo alcalino de Morro Redondo (Dr42), que apresenta valores de dissecação topográfica entre 200 e 400m.

O Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina, de orientação preferencial E-W e altitudes que variam de 900 a 2.000 m, é segmentado internamente na direção NE-SW. Apresenta, para sua vertente continental, um conjunto de degraus escarpados orientados na direção geral E-W, que apresenta como aspecto mais significativo o fato de constituir um arranjo de serras com orientação variando de E-W a NE-SW (Serra da Bocaina – D2.1, e Rio da Prata – D5), seccionadas por linhas de orientação E-W, configurando um planalto muito dissecado. No topo do planalto ocorrem feições de degraus reafeiçoados, morros e colinas (Quebra-Cangalha II – M5.1, e Fazenda Conceição - C2), com altitudes de 600 a 1.200 m, possuindo cotas menores à medida que se aproxima da calha do rio Paraíba do Sul. No sopé encontram-se degraus/serras reafeiçoados (Córrego Pouso Seco - Dr55; Rio Alto Bananal - Dr56; Ribeirão do Máximo - Dr58), com altitudes entre 500 e 1.000 m, que possuem comportamento de estruturação aproximadamente semelhante à vertente continental.

O Planalto e Escarpas da Serra da Mantiqueira possui um conjunto de degraus/serras reafeiçoados (Visconde de Maúá/ Maromba - Dr61) e degraus escarpados de orientação geral NE-SW, com altitudes de 1.300 a 1.800m, representados por serras orientadas na direção NE-SW (Serra da Pedra Selada - D11; Itatiaia/Passa-Quatro - D12). Esta configuração mostra-se influenciada por um intenso tectonismo sobre rochas do Proterozóico, com soerguimento de blocos e falhamentos, e também por intrusões graníticas e intrusivas alcalinas. O limite sul da serra da Mantiqueira apresenta uma série de degraus/serras reafeiçoados descontínuos na região do seu limite com o médio vale do Paraíba do Sul.

Com base nos dados adquiridos, Silva *et al.* (2007) apresentam as seguintes conclusões para a evolução geológica-geomorfológica da área de estudo:

- o controle das formas de relevo parece estar ligado principalmente a fatores estruturais, tendo participação da tectônica cenozóica ligada à evolução do RCSB, que pode ser comprovada pela preservação das bacias sedimentares de Resende e Volta Redonda, assim como pela forte estruturação NE-SW no médio vale do Paraíba, que é superposta por estruturas NW-SE e E-W;

- o arranjo das feições morfoestruturais foi interpretado como de uma possível superposição de falhas normais e/ou transcorrentes definindo blocos delimitados por direções NE-SW e NW-SE, além da presença de uma importante compartimentação E-W. Este arranjo parece reproduzir em parte o modelo de bacias rômbricas de Macedo *et al.* (1991);

- o arranjo espacial dos degraus escarpados do Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina parece reproduzir uma superposição de estruturas E-W sobre um padrão NE-SW, identificada também por Gontijo (1999);

- degraus reafeiçoados e morros representam um estrangulamento NNW-SSE que separa duas regiões deprimidas dentro do médio vale do Paraíba do Sul (bacias de Resende e Taubaté), refletindo, com base em Riccomini (1989), uma fase tectônica neogênica. Esta feição também teria colaborado para a compartimentação do Planalto da Bocaina e do Maciço de Itatiaia/Passa-Quatro. Este aspecto morfoestrutural ocorre de forma semelhante para individualização das bacias de Resende e Volta Redonda.

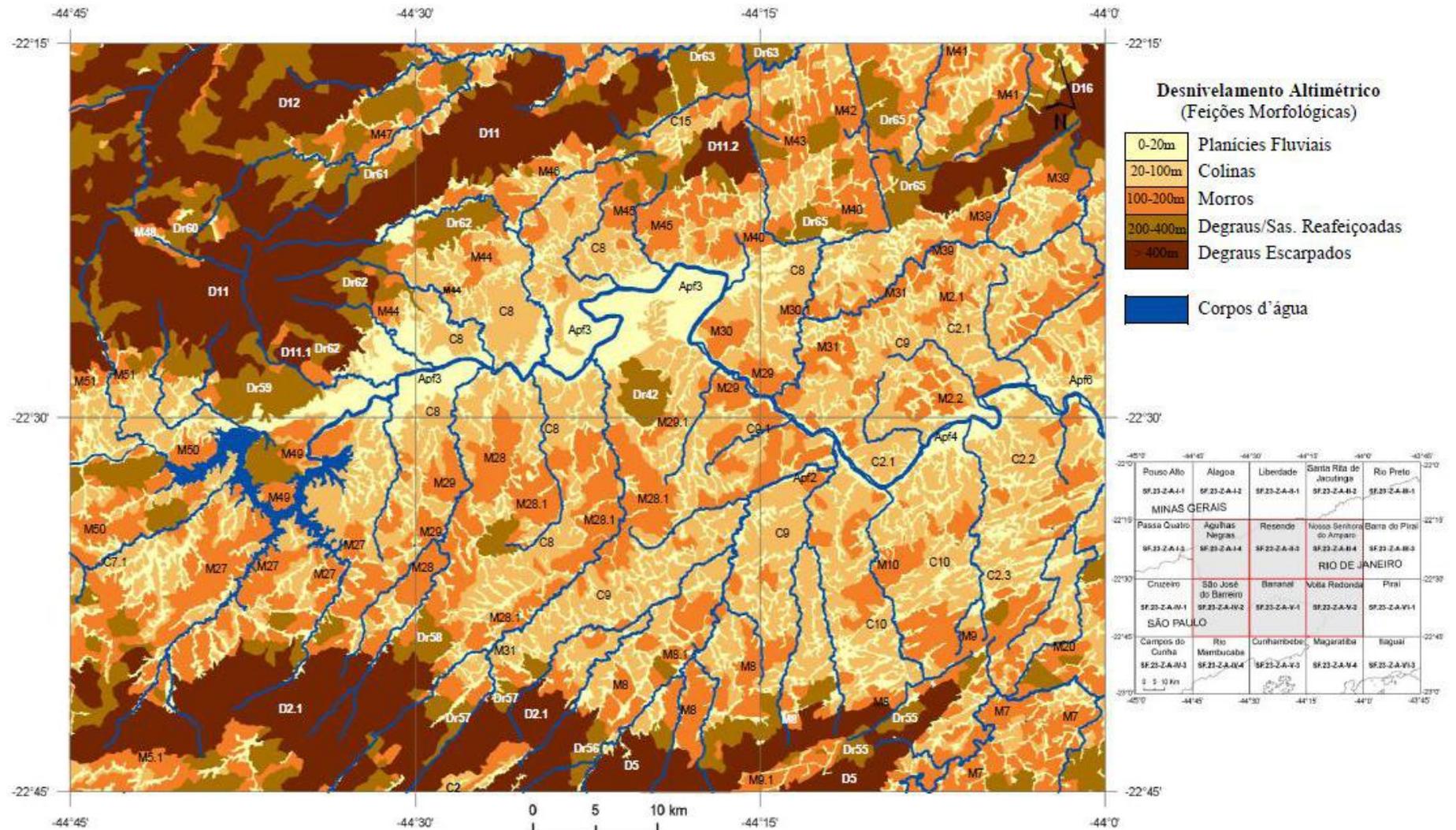


Figura 8: Compartimentação geomorfológica elaborada por Silva *et al.* (2007) para a região abrangida pelas cartas topográficas (na escala 1:50.000) Agulhas Negras, São José do Barreiro, Resende, Bananal, Nossa Senhora do Amparo e Volta Redonda.

2.4. Tectônica e Sedimentação Cenozóica

Este capítulo apresenta uma síntese de trabalhos produzidos sobre a evolução tectônica e sedimentar do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, buscando enfatizar aqueles que retratam, de alguma forma, a discussão acerca da continuidade física pretérita entre as bacias sedimentares cenozóicas que ocorrem em seu segmento central.

Almeida (1976) sugeriu a denominação Sistema de *Rifts* da Serra do Mar para a região, considerando uma evolução mesozóica-cenozóica baseada em um modelo de deslizamento gravitacional. Para este autor, sua formação foi iniciada a partir de um evento termal no manto superior, entre o Eojurássico e o Eocretáceo, no contexto da abertura do Atlântico Sul. Este evento teria levado à reativação de antigas falhas e à elevação inicial da Serra do Mar. Um segundo pulso, com tectonismo mais intenso e acompanhado de magmatismo alcalino, teria sido responsável pela elevação em maior amplitude das serras do Mar e da Mantiqueira e a formação do rifte cenozóico (bacias de Taubaté e Resende) entre o Cretáceo e o Paleógeno. No Plioceno, um terceiro pulso tectônico teria originado a bacia de São Paulo e gerado o aumento da subsidência nas bacias de Taubaté e Resende.

Asmus & Ferrari (1978) propuseram um modelo de compensação isostática entre a área continental e oceânica, causado por uma anomalia tectono-termal durante os processos iniciais da abertura do Atlântico Sul, para explicar o evento inicial de soerguimento crustal. A grande área soerguida teria sofrido intensa erosão, causando um desequilíbrio isostático devido ao excesso de massa na região oceânica (bacia de Santos) e deficiência na porção continental. Decorrentes da movimentação vertical em resposta ao desequilíbrio isostático, foram geradas falhas normais aproveitando-se das estruturas pré-cambrianas, tendo sido formados blocos basculados (Figura 9) com

arranjo em forma de cristas (serras do Mar e da Mantiqueira, e maciço da Carioca) e depressões intermediárias (hemi-gráben do Paraíba do Sul e Baixada Fluminense).

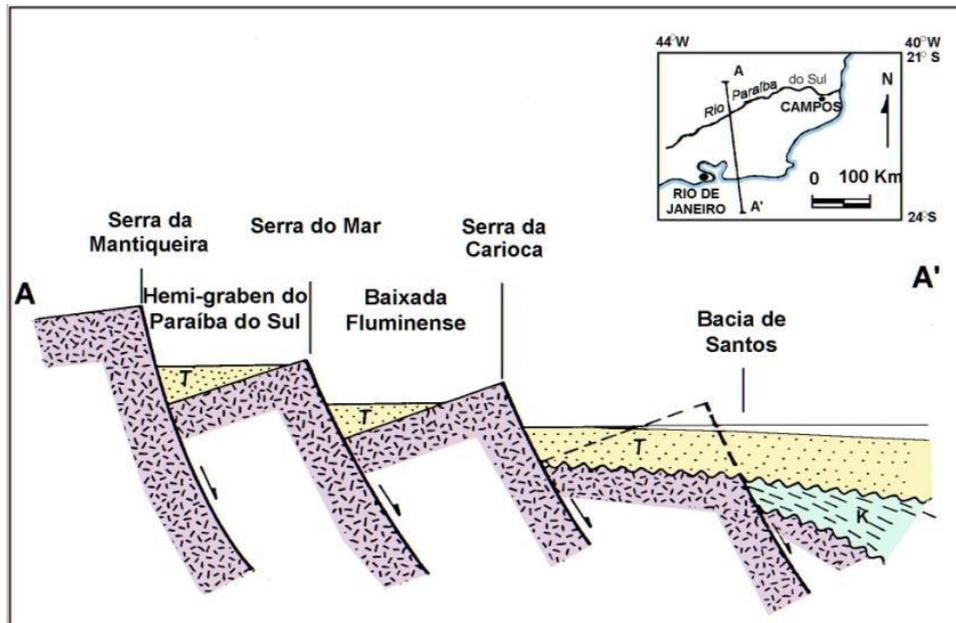


Figura 9: Perfil geológico esquemático desde a Serra da Mantiqueira até a bacia de Santos, mostrando a configuração de blocos basculados com arranjo em forma de cristas (serras do Mar e da Mantiqueira, e maciço da Carioca, além de uma possível serra erodida em frente à Bacia de Santos) e hemi-grábens (Paraíba do Sul e Baixada Fluminense) - Asmus & Ferrari (1978). T – sedimentos terciários (Paleógeno-Neógeno), K- sedimentos cretácicos da Bacia de Santos.

Zalán (1986) propôs um modelo transtrativo para as bacias continentais do sudeste do Brasil. Baseando-se na forma rombóide da bacia de Taubaté e em sua compartimentação interna com depocentros em *echelón*, este autor sugeriu uma origem por cisalhamento sinistral divergente, classificando-a como bacia de *pull-apart* (Figura 10).

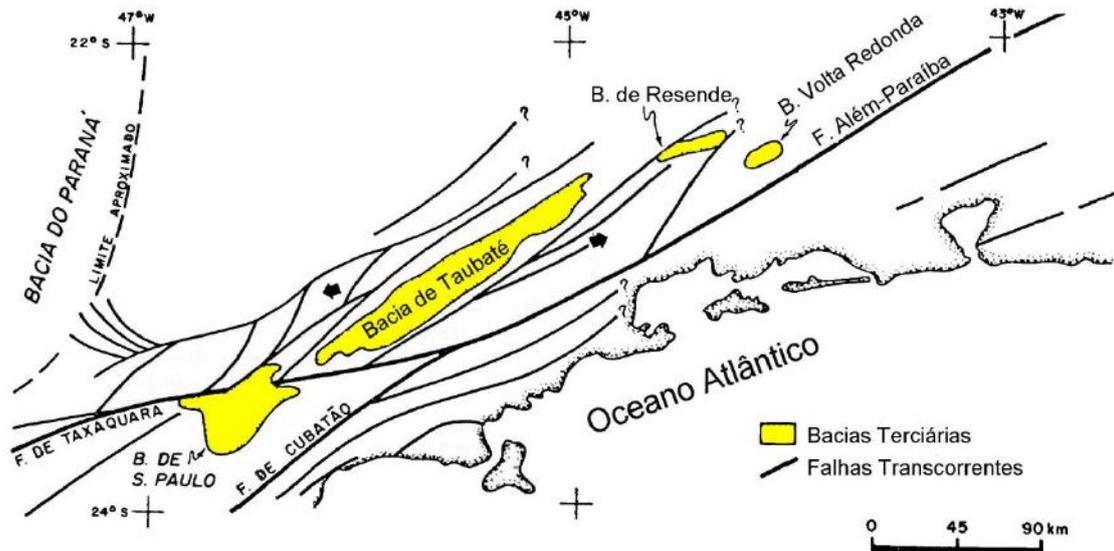


Figura 10: Modelo de tectônica transtrativa para a formação da bacias cenozóicas do sudeste do Brasil, mostrando as principais falhas transcorrentes associadas (Zalán, 1986 modificado por Sanson, 2006).

Padilha *et al.* (1991), através de levantamentos geofísicos (gravimetria e sondagens magnetotelúricas) na bacia de Taubaté, chegaram a conclusão que um modelo transtrativo para as estas bacias seria o mais viável, já que seus dados não mostraram evidências de uma anomalia termal tão profunda que pudesse ser associada a eventos distensivos. Os dados interpretados mostraram evidências de mobilização de uma pequena área na parte superior da crosta, o que os levou a apresentar como modelo mais viável o de zonas móveis transcorrentes, já que apresentam comportamento análogo ao citado.

De acordo com Macedo *et al.* (1991 *apud* Ramos, 2003), a estruturação tectônica da margem Sudeste do Brasil resultaria da interação entre feições tectônicas continentais (representadas por lineamentos NE-SW proterozóicos reativados a partir do Mesozóico) e oceânicas (zonas de transferência E-W associadas à abertura do Atlântico e que foram posteriormente reativadas com a movimentação das placas), produzindo um padrão de bacias rômbricas escalonadas, limitadas por falhamentos NE-SW (leste e oeste) e por lineamentos E-W (norte e sul) – Figura 11.

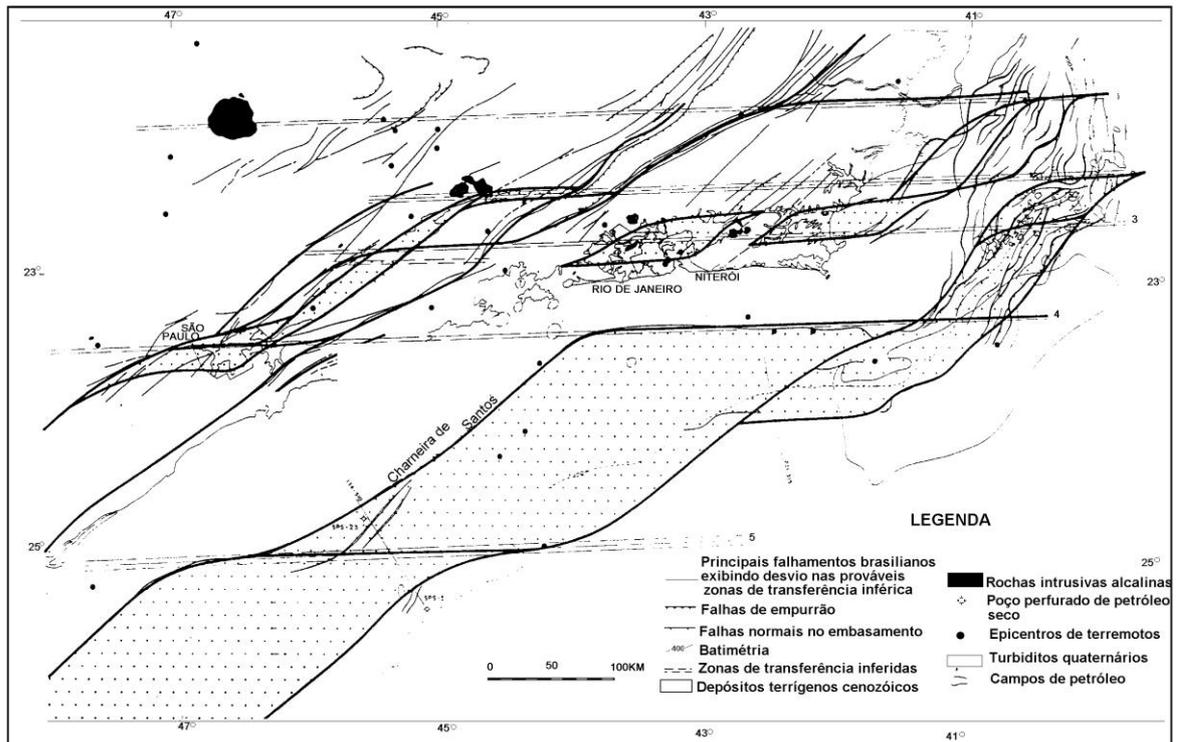


Figura 11: Modelo de estruturação tectônica para a margem Sudeste do Brasil (Macedo *et al.* 1991 *apud* Ramos, 2003).

Riccomini (1989) sugeriu a denominação *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) para a depressão alongada e deprimida desenvolvida entre as cidades de Tijuca do Sul (PR) e Barra de São João (RJ) – Figura 12. O RCSB é subdividido em três segmentos (Riccomini *et al.*, 2004): Ocidental (englobando a bacia de Curitiba, a área de ocorrência da Formação Alexandra, os grábens de Guaraqueçaba, Sete Barras e Cananéia, e a área de ocorrência da Formação Pariquera Açu); Central (incluindo as bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda, além das ocorrências menores de Bonfim e do Cafundó); e Oriental (incluindo o Gráben da Guanabara, que aloja as bacias do Macacu e Itaboraí, e o Gráben de Barra de São João). Riccomini (1989) propôs, ainda, que as bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda, no segmento central do RCSB, constituiriam originalmente uma única calha deposicional (Figura 13).

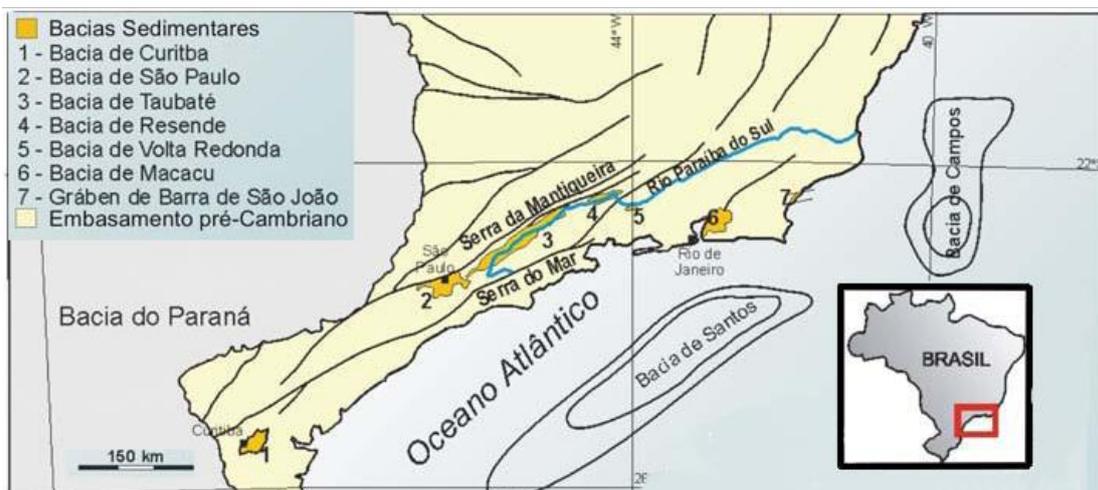


Figura 12: Contexto geológico regional do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) – modificado de Melo *et al.* (1985) *apud* Marques *et al.* (2006).

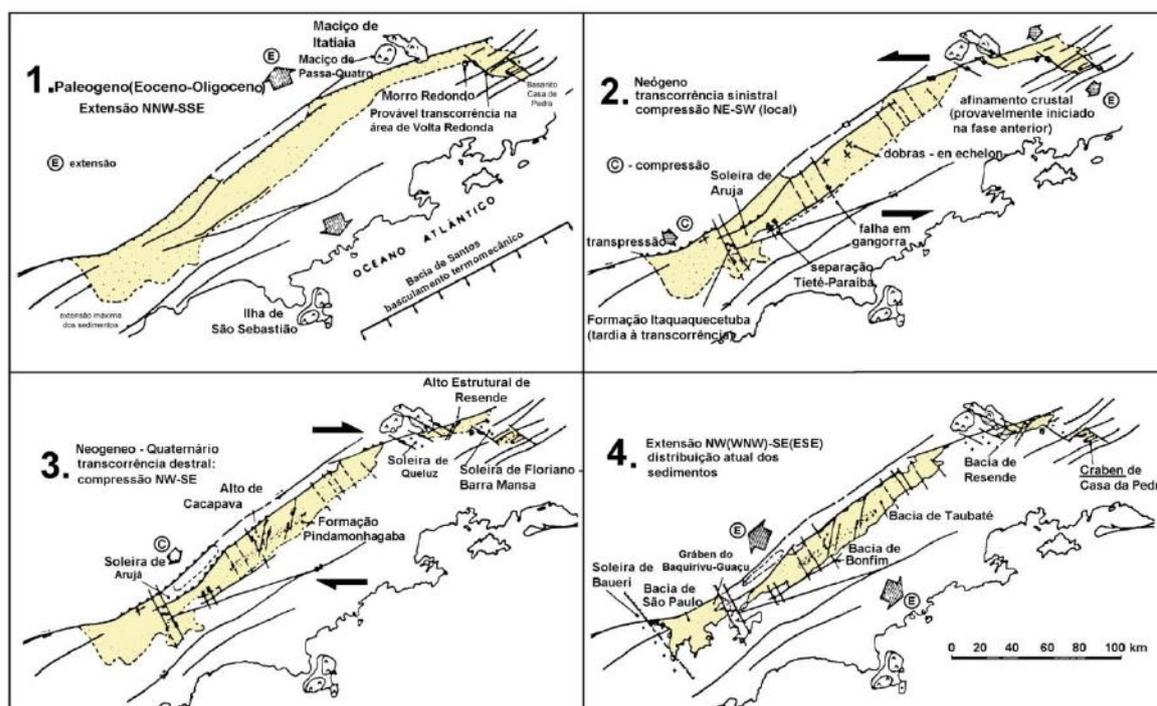


Figura 13: Eventos tectônicos responsáveis pela formação e deformação do segmento central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), segundo Riccomini (1989).

A formação do RCSB foi associada por Riccomini *et al.* (2004) a um basculamento termomecânico da região emersa, com a reativação das zonas de cisalhamento pré-cambrianas. Uma sequência de cinco eventos tectônicos, um formador e quatro deformadores, tem sido considerada para a evolução desta feição geotectônica (Figura 14).

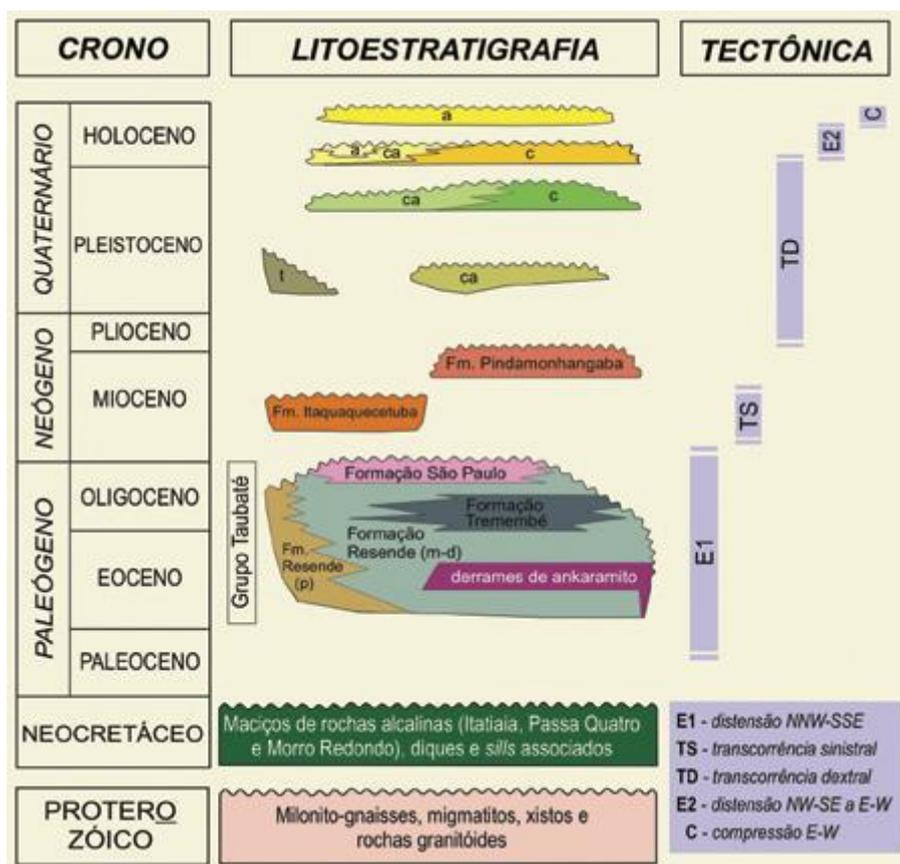


Figura 14: Quadro litoestratigráfico e fases tectônicas da evolução do segmento central do RCSB (Riccomini *et al.*, 2004). (p) leques aluviais proximais; (m-d) leques aluviais medianos a distais associados a planície aluvial de rios entrelaçados; (t) depósitos de tálus; (c) depósitos coluviais; (ca) depósitos colúvio-aluviais; (a) depósitos aluviais.

O rifte teria sido originado com a formação da depressão inicial a partir de esforços distensivos de direção NNW-SSE, no Eoceno-Oligoceno, com a reativação de antigas zonas de cisalhamento pré-cambrianas de direção ENE-WSW e a formação um hemi-gráben. Para as bacias de Taubaté, Resende, Volta Redonda e São Paulo, esta fase

correspondeu, também, à deposição do Grupo Taubaté (Figura 14), constituído pelas seguintes unidades estratigráficas: Formação Resende, representada por orto e paraconglomerados, arenitos grossos a médios e lamitos, representantes de um sistema de leques aluviais associado a um sistema fluvial entrelaçado; Formação Tremembé, sistema lacustre de idade oligocênica presente nas bacias de São Paulo e Taubaté; Formação São Paulo, sistema fluvial meandrante no topo do Grupo Taubaté. No Eoceno médio, na bacia de Volta Redonda (Gráben Casa de Pedra) ocorreram derrames de lavas ultrabásicas (ankaramito) intercalados aos lamitos da Formação Resende.

O segundo evento tectônico na evolução do RCSB, no Neógeno, corresponderia a uma transcorrência sinistral E-W, com compressão NE-SW e distensão NW-SE. Este evento teria sido responsável pela origem das soleiras de Arujá, que separa as bacias de drenagem dos rios Tietê e Paraíba do Sul, e de Queluz, que individualiza as bacias de Taubaté e Resende. Na bacia de São Paulo, a Formação Itaquaquecetuba representa um sistema fluvial entrelaçado miocênico que foi controlado, principalmente, por falhas de direção ENE e NNW relacionadas a este evento. Estratigraficamente acima, na Bacia de Taubaté, depositou-se a Formação Pindamonhangaba, que corresponde a um sistema fluvial meandrante (Figura 14). O terceiro evento tectônico na evolução do RCSB corresponderia a uma transcorrência dextral E-W, pleistocênica, responsável pela geração dos altos estruturais de Caçapava e de Resende, e também da soleira de Floriano-Barra Mansa. No Holoceno, um quarto evento tectônico, associado a uma distensão NW(WNW)-SE(ESE), foi responsável pela distribuição atual dos sedimentos. Salvador & Riccomini (1995) identificaram uma quinta fase tectônica, associada a esforços compressivos de direção E-W, caracterizados devido à presença de família de juntas conjugadas de direção ENE e WNW.

Com relação à discussão sobre a continuidade inicial dos depocentros sedimentares que compõem o segmento central do RCSB, Ramos (2003) considerou que o rifte seria originalmente segmentado, como as bacias de Resende e Taubaté são internamente, compartimentadas por altos e baixos topográficos. Segundo este autor, a ligação entre essas bacias estaria restrita a uma rede de drenagem comum que fluiria de WSW para ENE, porém com contribuições independentes. Anteriormente a este estudo, Gontijo (1999), da mesma forma, não reconheceu uma continuidade física pretérita entre as bacias de Resende e Volta Redonda.

Valeriano & Heilbron (1993) identificaram um zona de falhas transpressivas, com direção NW e WNW e rejeitos dextrais, na região do embasamento pré-cambriano situado entre as bacias de Resende e Volta Redonda. Este conjunto de falhas transcorrentes, denominada como Zona de Transtensão de Volta Redonda (figura 15), configuraria uma zona de transferência sintética conjugada sem sobreposição, considerando as falhas normais ao norte das duas bacias.

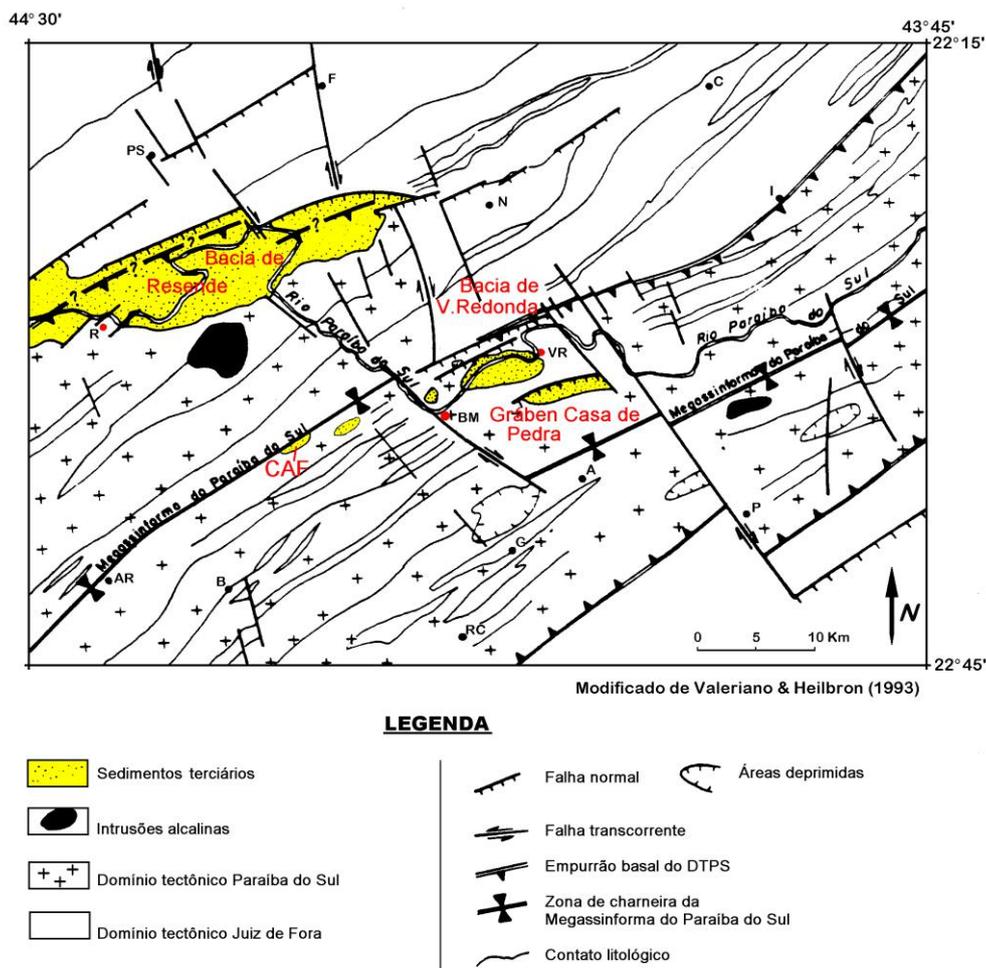


Figura 15: Zona de Transtensão de Volta Redonda (modificado de Valeriano & Heilbron, 1993 *in* Carmo, 1996 *apud* Sanson, 2006). CAF – bacia do Cafundó; R – Resende; N – Nossa Senhora do Amparo; I – Ipiabas; VR – Volta Redonda; BM – Barra Mansa; B – Bananal; AR - Arapeí; RC – Rio Claro; G - Getulândia; A - Arrozal; P - Pirai; C - Conservatória; F - Falcão; PS - Pedra Selada.

Albuquerque (2004), estudando mais especificamente a bacia de Resende, considerou que o Alto Estrutural de Resende, com forte estruturação NW-SE e por separar dois depocentros (Porto Real e Penedo) que apresentam características distintas, representaria uma estrutura ativa desde a formação da bacia, sendo classificado como uma zona de transferência sintética e sem sobreposição. Segundo esta autora, isto explicaria a ausência de uma quantidade expressiva de depósitos paleogênicos sobre o Alto Estrutural de Resende e o escalonamento dextral verificado na borda da bacia.

Sanson (2006) concluiu não haver uma continuidade física pretérita entre as bacias de Resende e Volta Redonda, considerando a presença de depósitos de leques aluviais da Formação Resende na borda norte da bacia de Resende e na borda sul da bacia de Volta Redonda. Segundo este autor, isto evidenciaria uma inversão da falha principal, caracterizando uma zona de transferência conjugada, convergente e com sobreposição (figura 16).

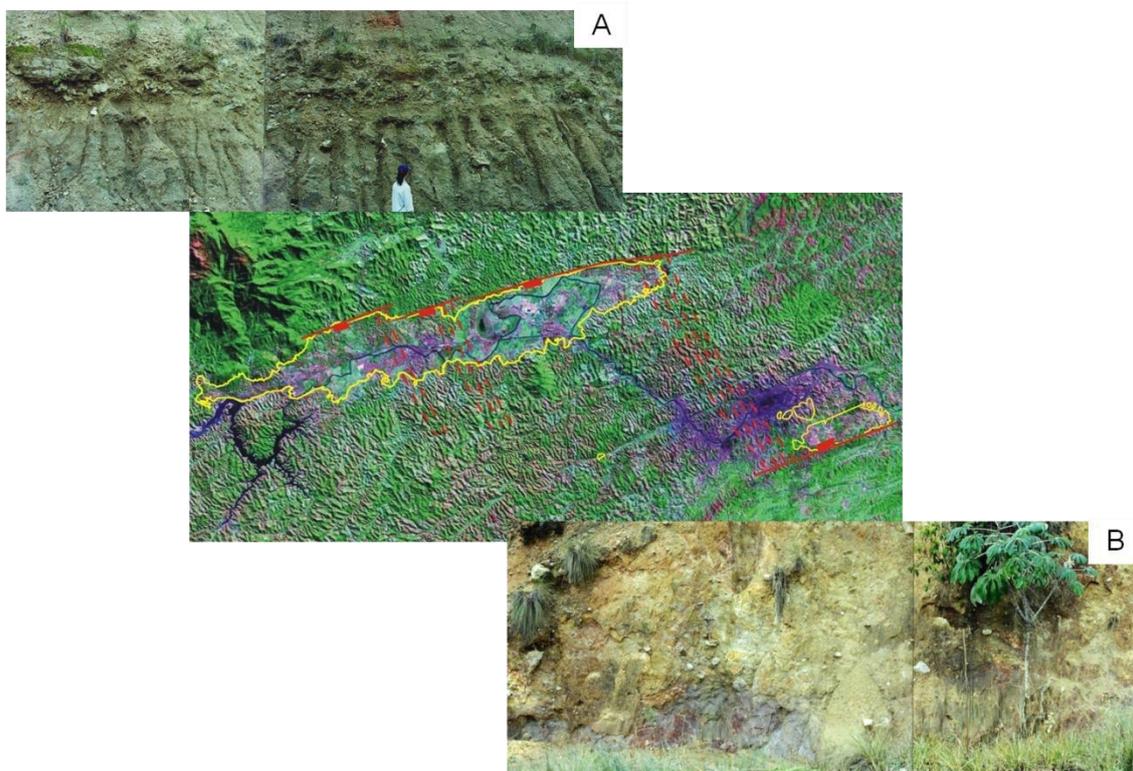


Figura 16: Na imagem central, a faixa tracejada em vermelho é indicativa da possível zona de transferência entre as bacias de Resende e de Volta Redonda, segundo Sanson (2006). A) Depósitos fanglomeráticos ao longo da borda norte da bacia de Resende (borda de falha). B) Depósitos fanglomeráticos restritos à borda sul da bacia de Volta Redonda (borda de falha).

Zalán & Oliveira (2005) incluíram o RCSB no denominado Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB) – figura 17. Este conjunto teria começado a partir de uma anomalia térmica que soergueu grande parte da área no Neocretáceo, porém sem tectonismo. O megaplanato formado, de cerca de 300.000 km² (Serra do Mar Cretácea – figura 18) teria sido a área fonte de sedimentos para as bacias de Santos,

Campos e Paraná e, ao final do Cretáceo, a erosão teria o transformado em uma superfície nivelada em torno dos 2.000 em relação ao mar atual (Superfície de Aplainamento Japi). Por instabilidade isostática, esse megaplanato colapsou formando-se corredores de grábens paralelos a costa durante o Cenozóico (58-20 Ma) - figura. Esses vales tectônicos, a partir deste modelo, seriam áreas muito maiores do que seus pequenos e restritos preenchimentos sedimentares residuais, sendo denominados como riftes e subdivididos em grábens. Os riftes foram divididos em: Litorâneo (grábens de Barra de São João, Guanabara, Ubatuba, Santos, Ribeira do Iguape, Cananéia, e Paranaguá), Ribeira (grábens de Sete Barras e Alto Ribeira) e Paraíba do Sul (grábens de São Paulo; Taubaté; Queluz; Resende-Volta Redonda, onde se inclui as bacias homônimas, e Baixo Paraíba do Sul) (figura 17).

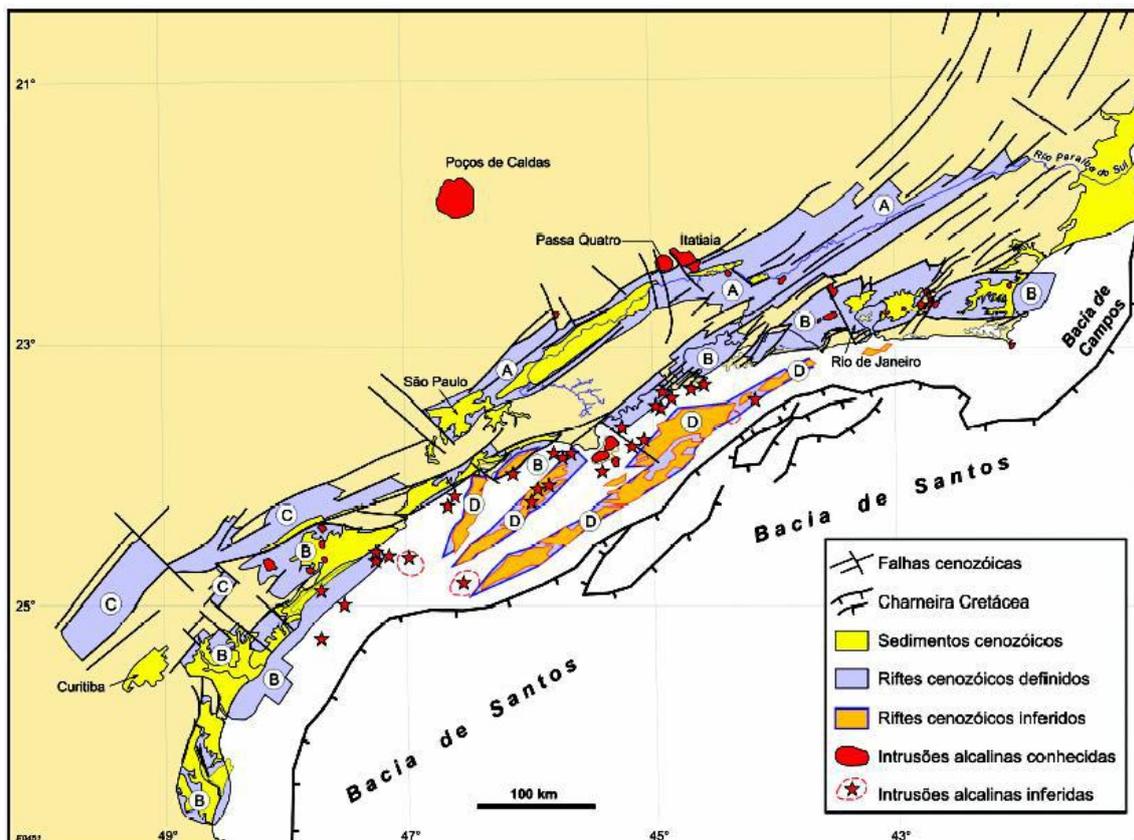


Figura 17: Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB, Zalán & Oliveira, 2005): (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo.

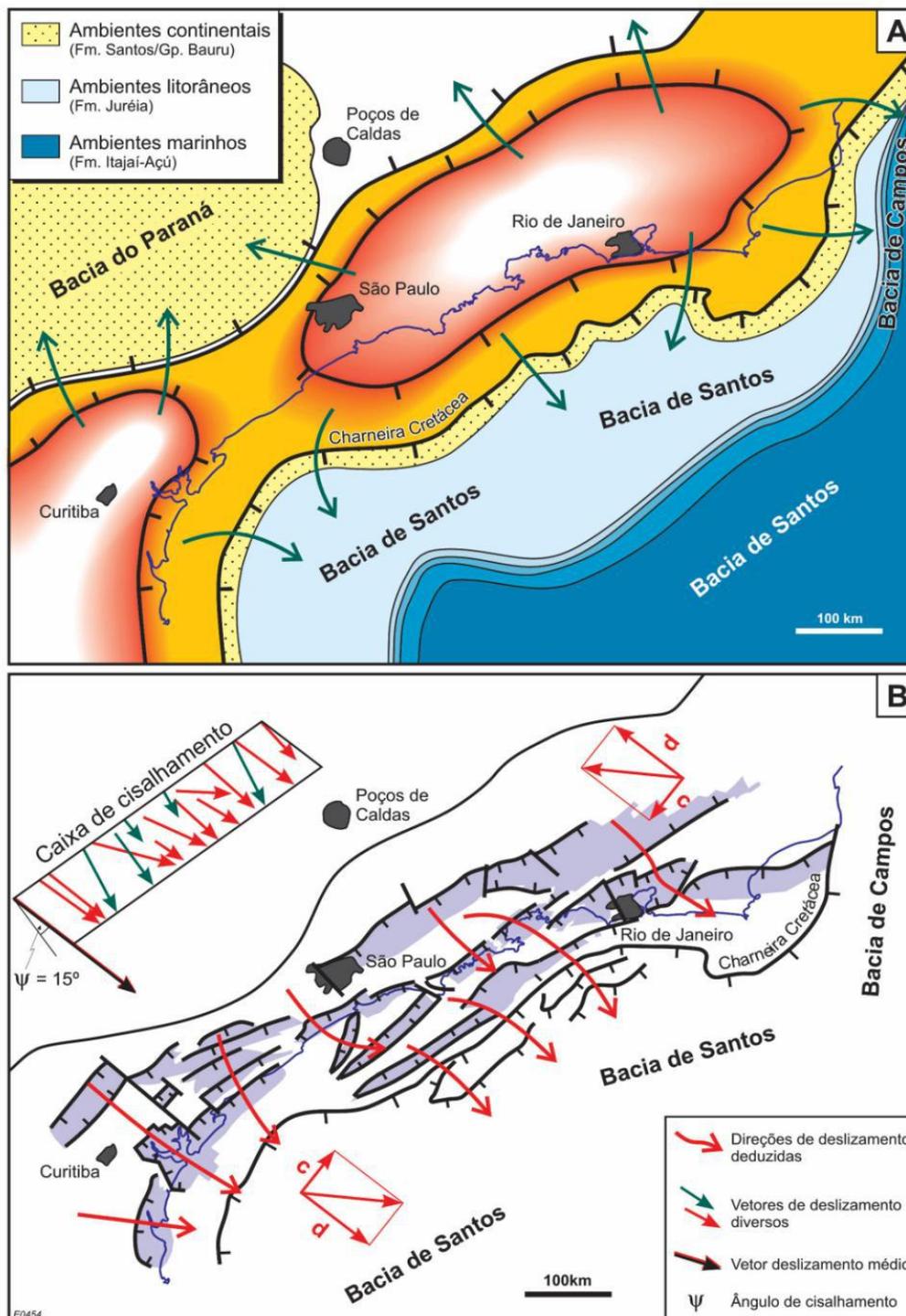


Figura 18: Evolução do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB), de acordo com Zalán & Oliveira (2005): A) reconstituição tentativa da Serra do Mar Cretácea (SMC, área alaranjada); B) riftes (em cinza) desenvolvidos-se durante o Cenozóico por colapso gravitacional da SMC.

3. METODOLOGIA

As atividades realizadas foram divididas em duas etapas: na primeira, foram confeccionados um mapa hipsométrico e dois perfis topográficos em varredura, com o objetivo de caracterizar os compartimentos geomorfológicos – um terceiro perfil em varredura, confeccionado por Silva (2009), também foi analisado nesta etapa; na segunda etapa, foi gerado um mapa de lineamentos e rosetas de frequência e comprimento dos lineamentos, para auxiliar na caracterização da compartimentação morfoestrutural da área analisada.

O mapa hipsométrico, elaborado com o objetivo de ressaltar as regiões deprimidas e elevadas da área de estudo, ressaltando as bacias sedimentares cenozóicas e os traços de relevo, foi confeccionado a partir do modelo digital de elevação da *SRTM/NASA* (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 90 metros (*site: <http://srtm.usgs.gov/index.php>*). Foi utilizado o programa *ArcGis 9.2*, sendo destacadas as principais faixas altimétricas, com ênfase e detalhamento nos compartimentos colinosos. Com base no mapa hipsométrico, foram delimitados compartimentos deprimidos (apresentando cotas que variam de 350 a 500 m), separados por regiões de maior altitude (de 500 a 700 m). Esta compartimentação foi feita, em maior detalhe, na porção central da área de estudo, onde as bacias sedimentares de Resende e Volta Redonda estão inseridas, por se tratar da área de maior interesse.

Os perfis topográficos em varredura foram construídos a partir da extração das cotas dos topos em faixas de 10 km de largura em cartas topográficas na escala 1:50.000, de forma ortogonal aos principais compartimentos topográficos identificados (Figura 19), com base na metodologia adotada por Meis *et al.* (1982). Estes perfis têm como objetivo ressaltar, de forma mais clara que os perfis lineares, a compartimentação

em blocos topográficos (soerguidos, rebaixados, flexurados ou basculados), além de indicar as possíveis diferenças litológicas e/ou estruturais e/ou tectônicas. Os valores dos topos foram extraídos em *overlay* e tratados no programa *Excel*, com o qual foram gerados os perfis. Foram utilizadas as seguintes cartas topográficas do IBGE (escala 1:50.000): para o perfil A, cartas Passa Quatro, Cruzeiro, São José do Barreiro, Rio Mambucaba e Parati; para o perfil B, cartas Liberdade, Resende, Nossa Senhora do Amparo, Volta Redonda, Pirai e Itaguaí. O terceiro perfil analisado (perfil C), confeccionado por Thiago Pinto da Silva, foi construído a partir das cartas Santos Dumont, Paiva, Ewbank da Câmara, Juiz de Fora, Santa Bárbara do Monte Verde, Matias Barbosa, Paraíba do Sul e Miguel Pereira.

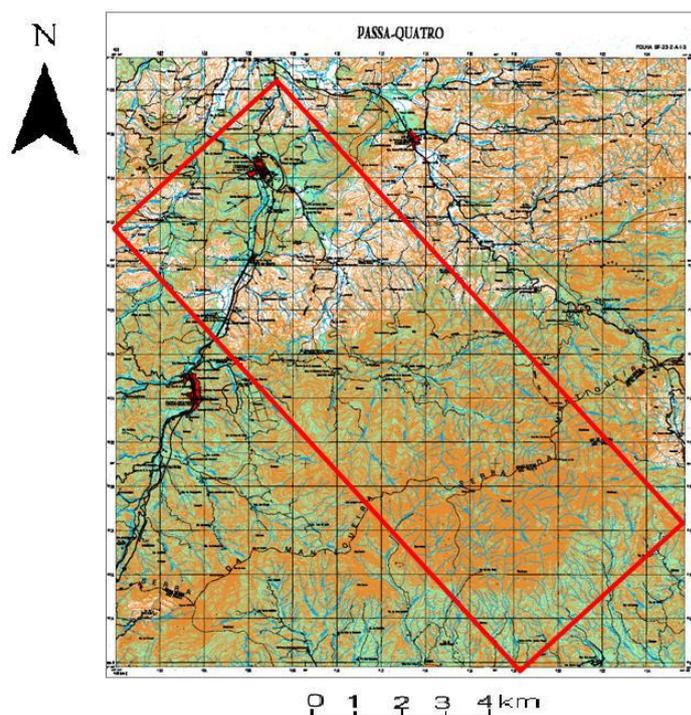


Figura 19: Exemplo da extração de dados topográficos para a confecção dos perfis em varredura utilizando a carta topográfica Passa Quatro (1:50.000) do IBGE.

A confecção do mapa de lineamentos utilizou como base o mesmo modelo digital de elevação *SRTM/NASA*, que, através do programa *ArcGis 9.2*, foi iluminado com os azimutes solares de 45° e 315°, sempre com inclinação de 45°. As feições topográficas lineares foram extraídas diretamente segundo cada uma das iluminações selecionadas. Para a medição da orientação de cada lineamento foi utilizada a ferramenta do *ArcGis* chamada *Field Calculator*, segundo metodologia de Oliveira *et al.* (2009). A orientação dos lineamentos foi classificada nos seguintes intervalos em graus: N0-20E; N21-70E; N71-90E; N0-20W; N21-70W; e N71-90W.

Foram elaboradas rosetas de frequência e comprimento de lineamentos para a área total e separadamente para os principais compartimentos hipsométricos identificados. Foi utilizado, para confecção das rosetas, o programa *Oriana* (versão 3.02).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Compartimentação topográfica

De forma geral, o mapa hipsométrico da região estudada (figura 20) mostra três domínios topográficos principais: a serra da Mantiqueira, a noroeste, que apresenta as maiores altitudes da região, variando de 1.000 a 2.800 m; a serra do Mar, a sul/sudoeste (serra da Bocaina) e a leste (serra dos Órgãos), com altitudes de 1.000 até 2.000 m; e, na porção central do mapa, a depressão topográfica do rio Paraíba do Sul, com altitudes em torno de 200 a 700 m.

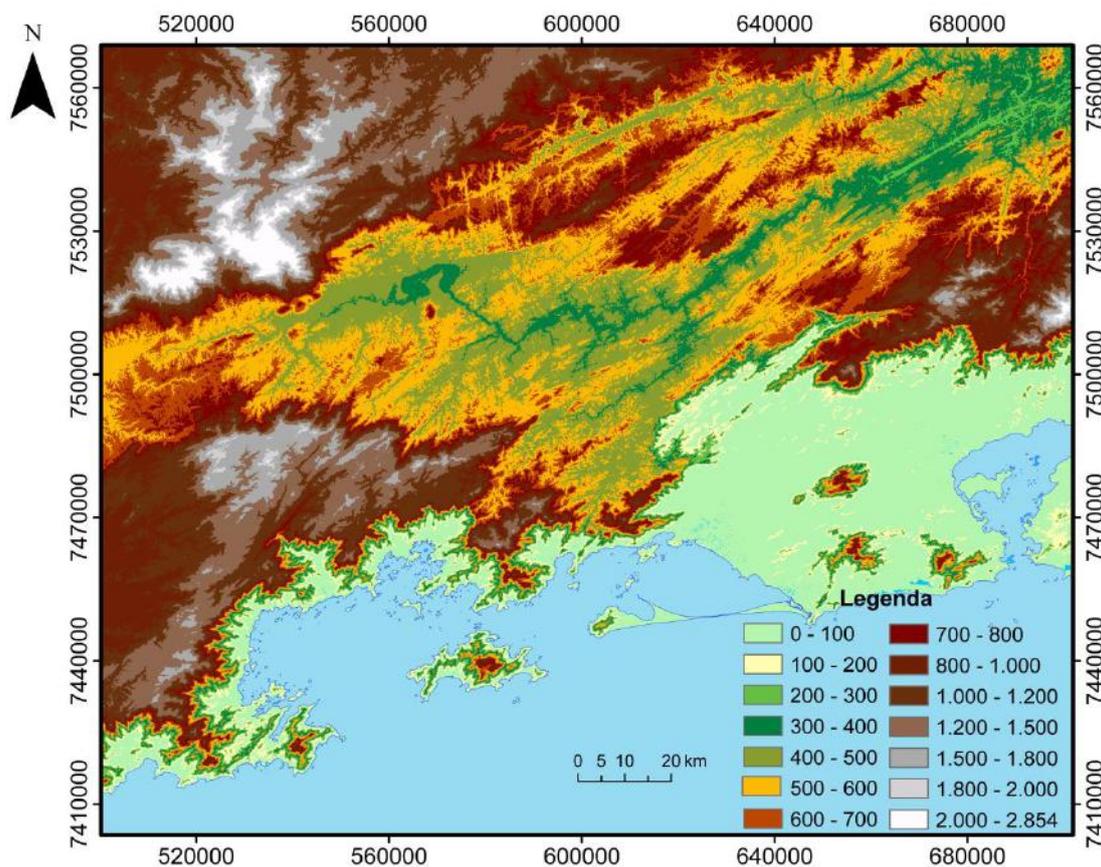


Figura 20: Mapa hipsométrico da área de estudo.

Uma série de feições lineares de direção NE-SW associadas a diferenças abruptas no relevo são observadas na área. A partir destas feições e da orientação geral da MVPS é proposta uma compartimentação topográfica para a área de estudo.

A área foi dividida em sete compartimentos (Serra do Mar – Serra da Bocaina; Serra do Mar – Serra do Órgãos; Serra da Mantiqueira; Médio Vale do Paraíba do Sul – MVPS; Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul – ACPS; Alto estrutural de Queluz; e Rio Santana) – Figura 21.

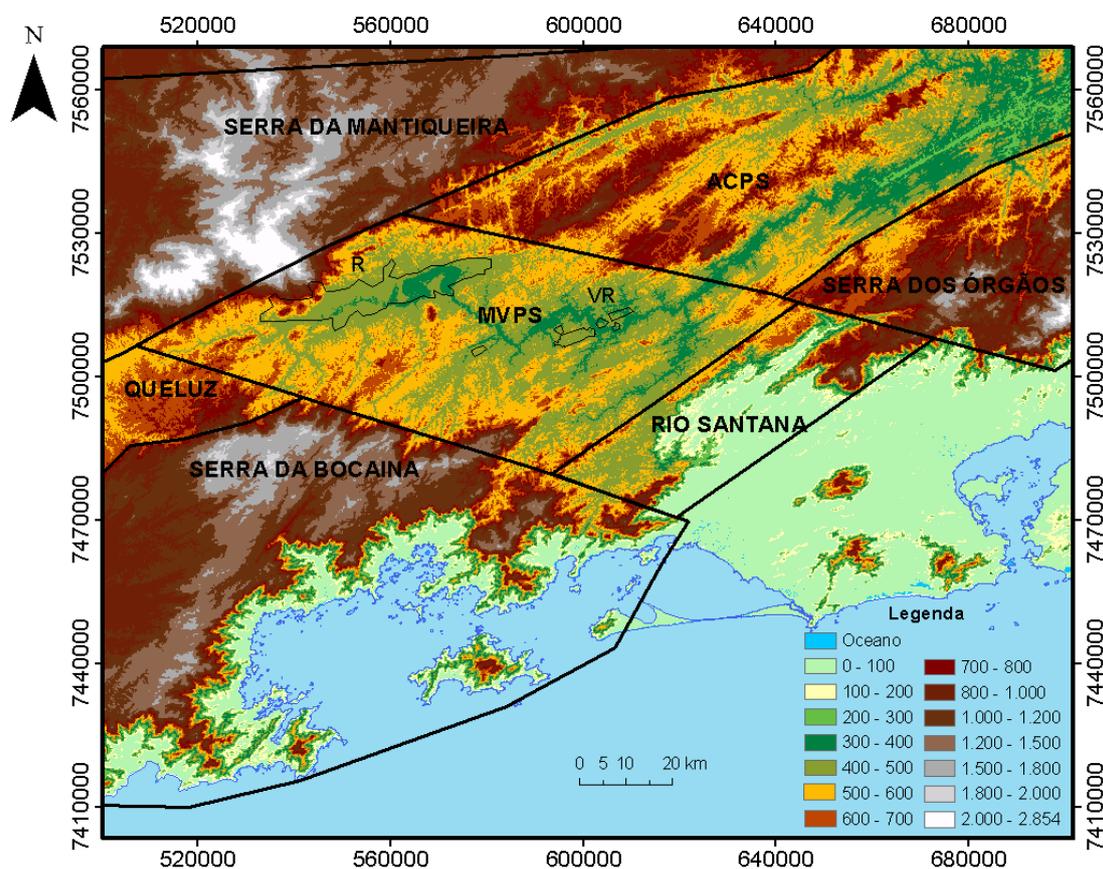


Figura 21: Mapa hipsométrico da área de estudo, com a delimitação dos compartimentos topográficos identificados no presente estudo.

O compartimento Serra do Mar – Serra da Bocaina possui cotas que variam de 700 a 2.000 m, sendo limitado por declives escarpados tanto em sua frente como no seu

reverso. Corresponde, em linhas gerais, à unidade geomorfológica Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina de Silva *et al.* (2007).

O compartimento Serra do Mar – Serra do Orgãos possui cotas entre 600 a 1.000 m, com topos isolados chegando aos 2.000m, aproximadamente. Encontra-se inserido na unidade geomorfológica Planalto e Escarpas da Serra dos Órgãos (sub-unidade Serra do Órgãos) de Silva (2002), não refletindo controle litológico ou estrutural do embasamento pré-cambriano (Penha *et al.* 1980; Ferrari, 1990 *apud* Silva, 2002) Apresenta, também, um contato brusco com a depressão da região da baía de Guanabara.

O compartimento Serra da Mantiqueira possui as maiores cotas topográficas na área, chegando ao máximo de 2.854 m, com as cotas mais baixas a partir dos 700 m, em geral. Corresponde à unidade geomorfológica Planalto e Escarpas da Serra da Mantiqueira de Silva *et al.* (2007).

A Depressão do Médio Vale do Paraíba do Sul (MVPS) está orientada, de forma geral, segundo a direção WNW-ESE, sendo subdividida em uma série de áreas deprimidas de direção NE-SW, apresentando cotas entre 300 e 500 m. Estas áreas são individualizadas por áreas mais elevadas, entre 500 e 800 m, alcançando nas bordas das serras da Mantiqueira e do Mar a altitudes de 1.200 a 1.500 metros. As bacias sedimentares de Resende e de Volta Redonda estão localizadas em duas destas subdivisões da MVPS, enquanto que as demais não possuem registro sedimentar expressivo. O rio Paraíba do Sul flui encaixado nestas áreas deprimidas, passando de uma para outra através de inflexões bruscas de NE-SW para NW-SE. Este compartimento corresponde, aproximadamente, à unidade geomorfológica Depressão Interplanáltica do Médio Vale do Paraíba do Sul de Silva *et al.* (2007).

O compartimento ACPS, localizado a nordeste do MVPS, constitui um conjunto de serras e colinas alinhadas, fortemente estruturado segundo a direção NE-SW, correspondendo a um setor do Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul (segundo Gatto *et al.*, 1983). Apresenta cotas de 200 a 500 m nas áreas colinosas, sendo os valores mínimos correspondentes à calha do rio Paraíba do sul, e entre 500 e 800 m nas áreas mais elevadas,. Neste compartimento, o rio Paraíba do Sul se afasta da borda norte da depressão do Paraíba do Sul (frente da Mantiqueira), passando a fluir junto à borda sul da depressão (reverso da Serra do Mar). Corresponde à unidade Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul de Silva (2002), que destaca o alinhamento de colinas e morros na direção NE-SW devido ao forte condicionamento estrutural.

O compartimento Alto de Queluz, também inserido na depressão do rio Paraíba do Sul, é o menor de todos os compartimentos individualizados, correspondendo à região do Alto Estrutural de Queluz, que segmenta as bacias de Taubaté e Resende. Possui cotas em torno de 500 a 800 m, variando, nas regiões mais deprimidas, na frente da Serra da Mantiqueira, de 500 a 600 m, e nas mais elevadas, no reverso da Serra do Mar, de 700 a 800 m. Está inserido na porção oeste da unidade geomorfológica Depressão Interplanáltica do Médio Vale do Paraíba do Sul de Silva *et al.* (2007).

O compartimento Rio Santana, onde se insere o rio de mesmo nome, apresenta as altitudes mais baixas da área, menores do que 200 m, segundo uma orientação NE-SW bem marcada, circundadas por áreas mais elevadas, entre 500 a 1.500 m. Seus limites nordeste e sudoeste acompanham a orientação WNW-ESE do MVPS. Está inserido na porção sudoeste da unidade geomorfológica Planalto e Escarpas da Serra dos Órgãos, de Silva (2002).

4.2. Análise dos Perfis em Varredura

O perfil em varredura A (figuras 22 e 23), que passa pelo Alto Estrutural de Queluz, mostra dois domínios serranos bem marcados: o da Serra da Mantiqueira, a norte, que possui as maiores altitudes do perfil, com o máximo em torno de 2.800 m, e também o maior desnível topográfico, da ordem de 2.000 m; e o da Serra do Mar, com altitudes chegando até 2.000 m. A região central, onde se insere o rio Paraíba do Sul, é caracterizada por um domínio colinoso relativamente estreito, com topos variando entre 500 a 800 m. Há uma forte influência da litologia na região da serra da Mantiqueira, onde o perfil alcança sua altitude máxima sobre as rochas que compõem os maciços alcalinos de Itatiaia e de Passa Quatro. O vale do rio Paraíba do Sul e a Serra do Mar estão sobre paragnaisses, granitos e xistos, sugerindo que as variações de altitude nestes setores devem estar vinculadas a controles estruturais/tectônicos. A maior evidência para este fato está na transição do reverso da serra do Mar para o vale do rio Paraíba do Sul, que ocorre na mesma unidade litológica (xistos do Complexo Embu). Apesar disso, os locais com presença de granitos apresentam-se ligeiramente mais alçados que as regiões ao redor.

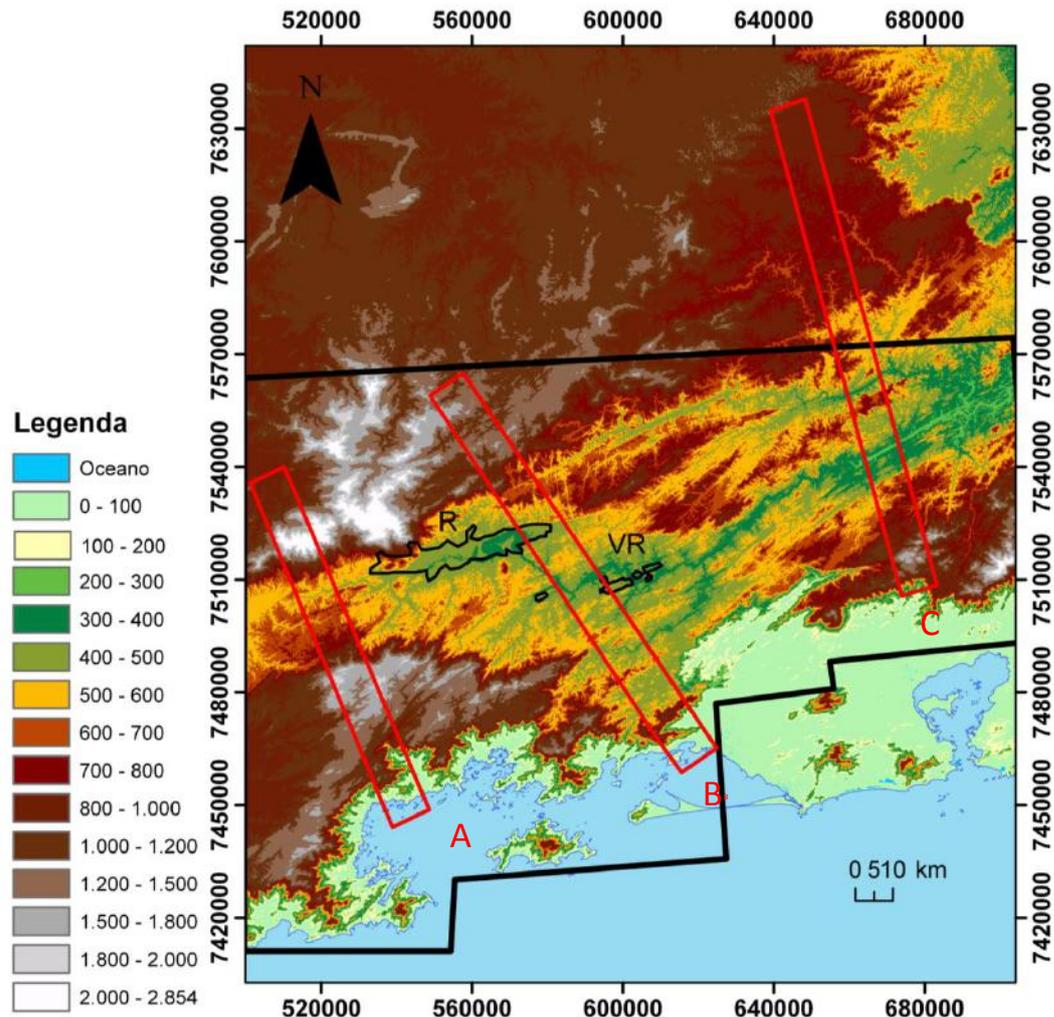


Figura 22: Localização no mapa hipsométrico dos perfis em varredura investigados (A, B e C). O limite da área de estudo está assinalado pelo polígono em preto.

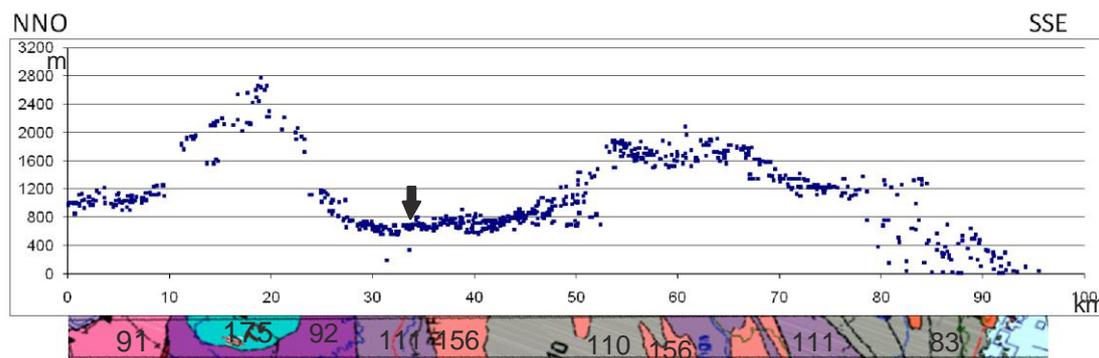


Figura 23: Perfil em varredura A, passando pelo Alto Estrutural de Queluz, com a faixa litológica (segundo Leite *et al.*, 2004) anexada. Foram utilizadas as cartas IBGE (1:50.000): Passa Quatro, Cruzeiro, São José do Barreiro, Rio Mambucaba e Paraty. Seta em preto: rio Paraíba do Sul.

O perfil em varredura B (figuras 22 e 24), que passa entre as bacias de Resende e Volta Redonda, também apresenta seu maior desnivelamento, da ordem de 1.200 m, no limite da Serra da Mantiqueira com a Depressão do rio Paraíba do Sul. O domínio serrano da Serra da Mantiqueira compreende as maiores altitudes, indo até 1.800 m, já para Serra do Mar as maiores cotas são de 1.200 m. Na região central está um amplo domínio colinoso, com variação altimétrica entre 400 e 800 m, que é compartimentado em diferentes áreas deprimidas e elevadas. Com uma grande variação litológica, este perfil apresenta uma série de elevações na região central, sendo algumas associadas à granitóides. As associações topografia/litologia mais significativas estão presentes na frente da Serra da Mantiqueira (granulitos do Complexo Varginha-Guaxupé e gnaisses do Complexo Embu) e no reverso da Mar (complexos Rio Negro e Paraíba do Sul), respectivamente, na área de transição do domínio serrano para o colinoso.

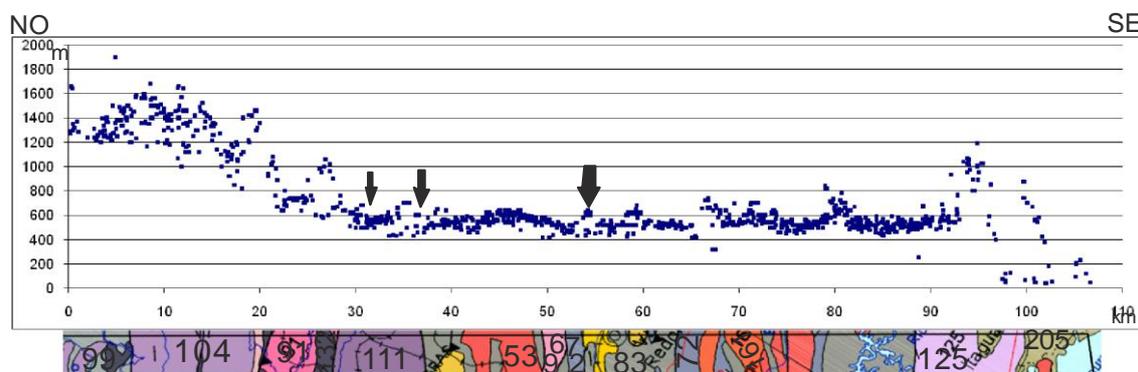


Figura 24: Perfil em varredura B, entre as bacias de Resende e Volta Redonda, com a faixa litológica (segundo Leite *et al.*, 2004) anexada. Foram utilizadas as cartas IBGE (1:50.000): Liberdade, Resende, Nossa Senhora do Amparo, Volta Redonda, Piraí e Itaguaí. Setas em preto: rio Paraíba do Sul, sendo a espessura da seta vinculada à maior representatividade no perfil.

O perfil em varredura C (figuras 22 e 25), ao contrário dos anteriores, mostra os maiores desnivelamentos para o reverso da Serra do Mar (porção sul-sudeste do perfil), chegando à ordem de 1.500 m, aproximadamente. O domínio serrano da Serra do Mar possui as maiores cotas topográficas, atingindo os 1.800 m. A Serra da Mantiqueira,

comprimento mínimo foi associado à direção ENE (40 m), com destaque para o comprimento mínimo dos lineamentos de direção WNW (731 m). A direção NE-SW também possui a maior quantidade de lineamentos traçados (1.667) e a direção WNW possui a menor (244).

Tabela 1: Comprimento (mínimo e máximo) e número total de lineamentos para a área de estudo, segundo as direções consideradas.

Rumo	Nº total de lineamentos	Comprimento Mínimo (m)	Comprimento Máximo (m)
ENE	500	40	9066
NE	1667	94	9860
NNE	301	66	9421
NNW	397	66	8493
NW	920	57	9765
WNW	244	731	8524

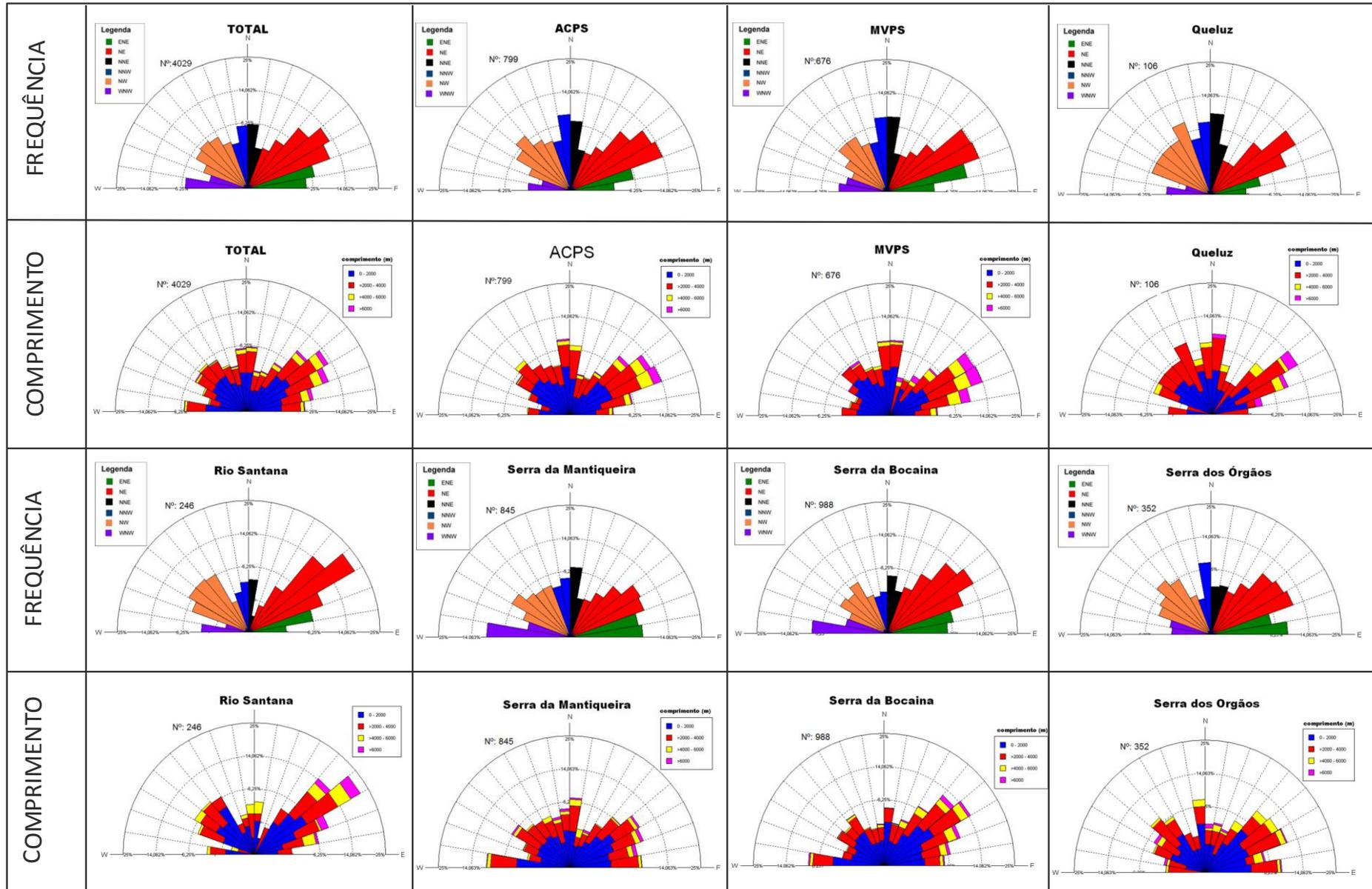


Figura 26: Rosetas de frequência e comprimento para a área total e para os compartimentos identificados.

A área total apresenta uma distribuição quase uniforme das direções, sendo mais ressaltadas, tanto nas rosetas de frequência como nas de comprimento, as direções N40-70E (NE-SW). Este intervalo ou parte dele apresenta-se também como predominante nos compartimentos, com exceção do compartimento Serra da Mantiqueira, em que a direção WNW também sobressai.

Os compartimentos colinosos (ACPS, MVPS e Queluz), com exceção do Rio Santana, apresentam maior quantidade dos lineamentos NNW-SSE e NNE-SSW. As direções ENE-WSW e WNW-ESE são, no geral, mais abundantes nos compartimentos serranos e menos importantes nos compartimentos colinosos. A direção NW-SE apresenta frequência praticamente igual para a área total e para os compartimentos, possuindo maiores frequências nos compartimentos Queluz, ACPS e Serra dos Órgãos, porém com comprimentos curtos, e tendendo a se concentrar em determinados setores, com nas regiões próximas às bacias sedimentares.

O compartimento MVPS (figuras 21 e 26) apresenta maiores frequências para as direções N50-70E(NE-SW), possuindo participação relativamente elevada das direções N70-80E (ENE), N0-10W (NNW) e N0-10E (NNE). Os comprimentos coincidem com as maiores frequências, porém algumas direções não tão representativas apresentam traçados de maior comprimento, como N30-40E (NE-SW), N10-20E (NNE-SSW) e N30-40W (NW-SE).

O compartimento ACPS (figuras 21 e 26) apresenta maiores frequências das direções N40-70E (NE-SW), N0-10W (NNW-SSE), N0-10E (NNE-SSW) e N40-50W (NW-SE). Os maiores comprimentos correspondem as maiores frequências excetuando as direções N40-50W (NW-SE) e N0-10E (NNE-SSW). Outras direções de baixa

frequência apresentam comprimentos significativos, como: N70-80E, N80-90E, N10-20E, N30-40E e N50-60W.

O compartimento Queluz (figuras 21 e 26) apresenta maiores frequências de lineamentos nas direções N50-70E (NE-SW), N0-10E (NNE-SSW), N20-30W (NW-SE) e N0-10W (NNW-SSE). Os maiores comprimentos estão nas direções N50-80E e N0-10E.

O compartimento Serra dos Orgãos (figuras 21 e 26), com distribuição mais homogênea em termos da frequência das classes de lineamentos, apresenta a predominância de lineamentos nas direções N40-70E (NE-SW), N80-90E (ENE-WSW), N0-10W (NNW) e N30-50W (NW-SE). Os comprimentos maiores estão, principalmente, nas direções N0-30E, N60-90E, N50-60W e N70-80W.

O compartimento Serra da Bocaina (figuras 21 e 26) apresenta a predominância de lineamentos N40-70E (NE-SW) e N80-90W (WNW-ESE). Os lineamentos apresentam comprimentos aproximados, com valores em geral maiores que 6.000 m de comprimento, destacando-se os lineamentos de direção N40-80E.

No compartimento Serra da Mantiqueira (figuras 21 e 26), os maiores valores de frequência estão relacionados aos intervalos N50-70E (NE-SW), N80-90E (ENE-WSW), N0-10W (NNW-SSE) e N80-90W (WNW-ESE), representando o único compartimento onde a direção NE-SW não está tão destacada. Grande parte das classes apresenta lineamentos longos, maiores que 6.000 m, podendo-se destacar as direções N50-80E, N0-10E, N20-30E, N0-20W e N-50-60W.

O compartimento Rio Santana (figuras 21 e 26) apresenta elevada frequência de lineamentos de direção N40-60E (NE-SW), com outras direções importantes: N60-80E (NE-SW) e N30-70W (NW-SE). Os maiores comprimentos estão nas direções N40-80E.

Com o objetivo de mostrar de forma mais clara a distribuição espacial dos lineamentos, documentando a heterogeneidade da distribuição das classes ao longo da área investigada, foi realizada uma análise do mapa de lineamentos por classe (Figura 27).

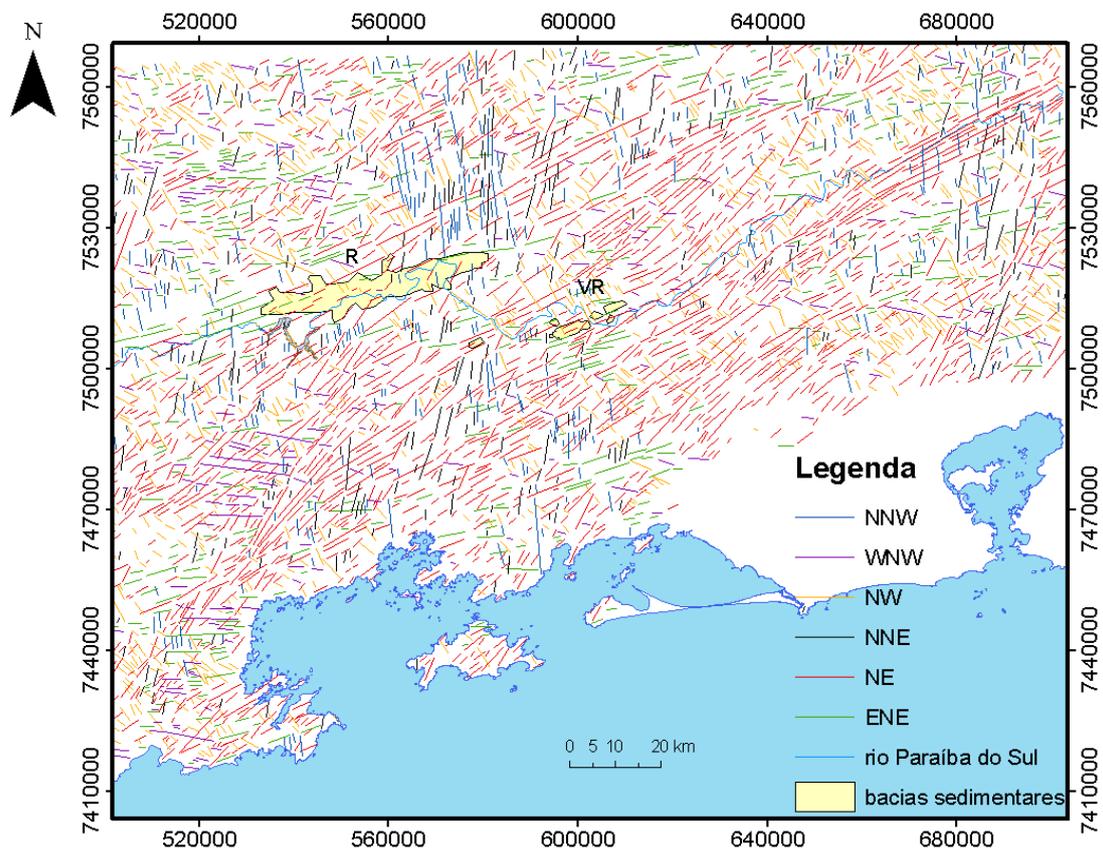


Figura 27: Mapa de lineamentos totais para a área de estudo.

Os lineamentos de direção NE-SW são os mais bem representados na região, em termos de abundância e continuidade (Figura 28). Eles se dividem em três feixes principais, de curto espaçamento lateral, situados na frente da serra da Mantiqueira, no meio do compartimento MVPS (na região entre as bacias de Resende e Volta Redonda), e estendendo-se do reverso da serra do Mar para o vale do rio Paraíba do Sul no compartimento ACPS. Este padrão NE-SW traduz a estruturação do embasamento neoproterozóico, onde estão presentes diversas zonas de cisalhamento, mas também podem refletir as reativações tectônicas mesozóicas-cenozóicas.

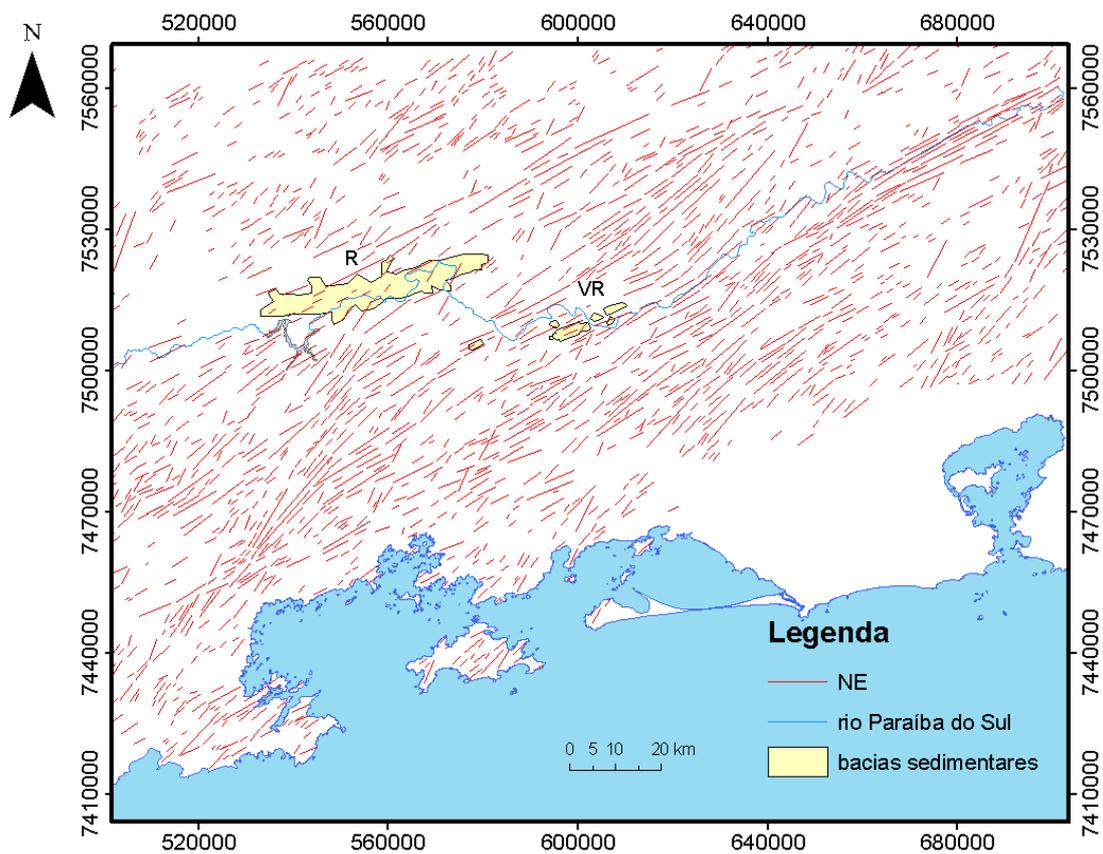


Figura 28: Distribuição dos lineamentos de direção NE-SW.

Os lineamentos de direção NNW-SSE e NNE-SSW apresentam-se com longo traçado e mais concentrados em uma região que atravessa a área situada entre as bacias de Resende e Volta Redonda (figuras 29 e 30), onde ocorrem como um feixe quase contínuo.

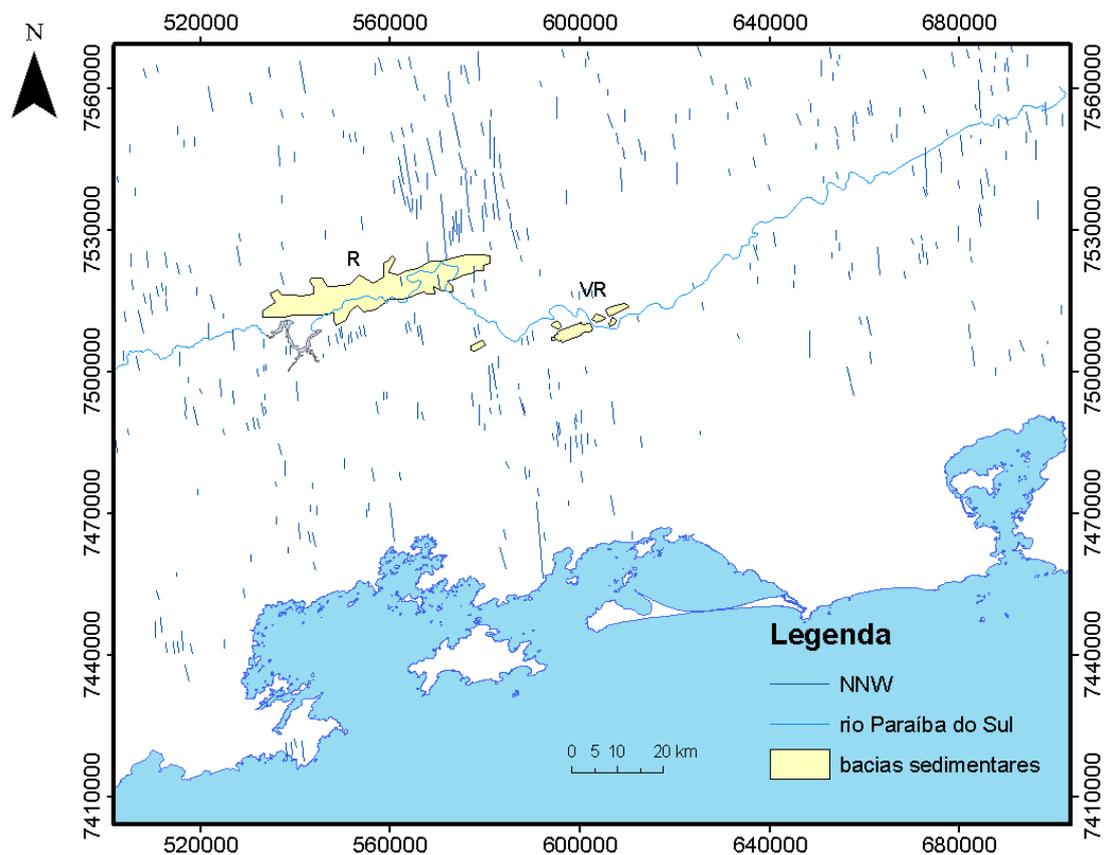


Figura 29: Distribuição dos lineamentos de direção NNW-SSE.

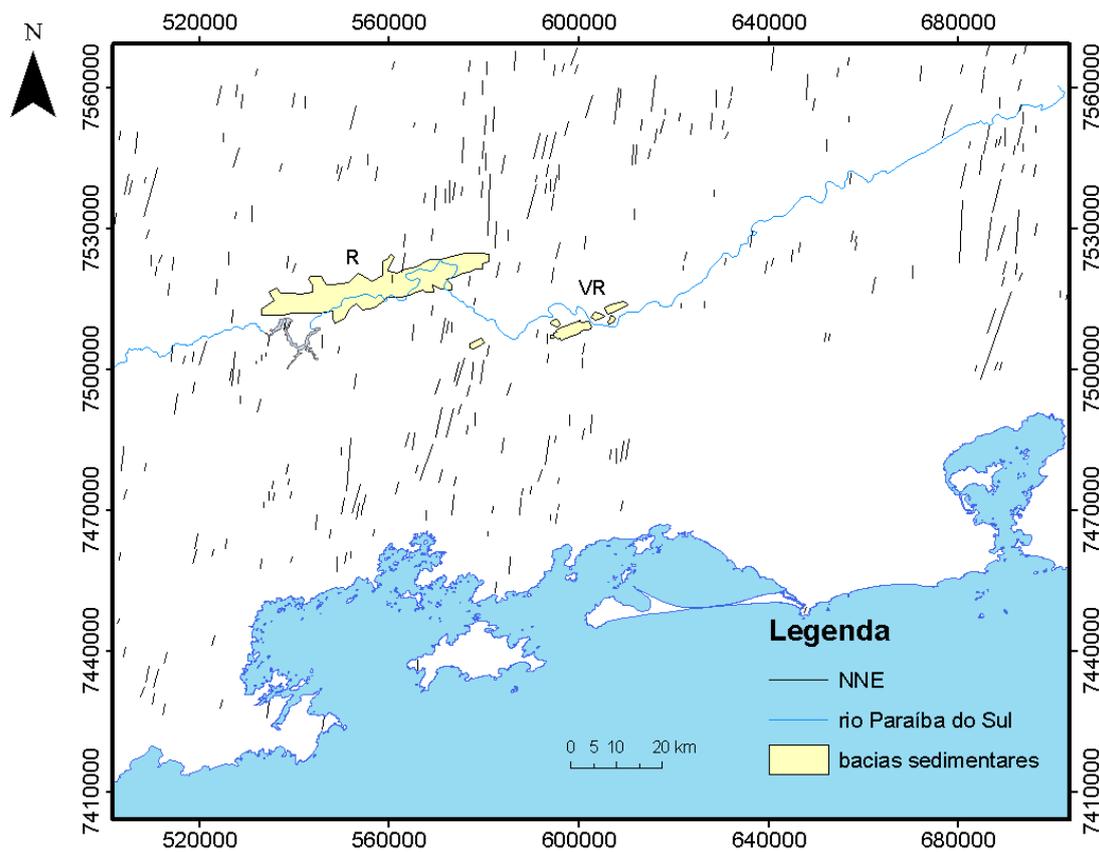


Figura 30: Distribuição dos lineamentos de direção NNE-SSW.

Os lineamentos de direção NW-SE se apresentam curtos e em grande quantidade, ao longo de toda a área investigada, concentrando-se em diversos feixes (figura 21). Uma das concentrações de lineamentos NW-SE, na região entre as bacias de Resende e Volta Redonda, é atribuída a Zona de Transtensão de Volta Redonda.

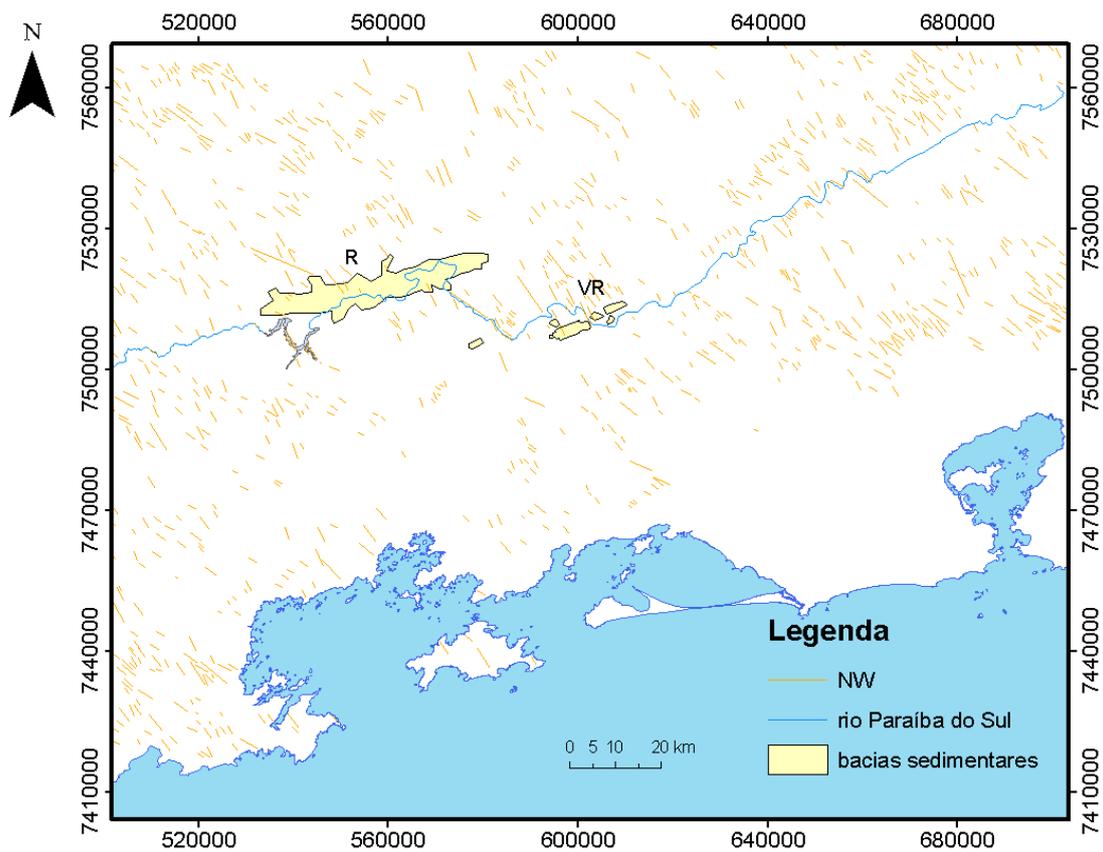


Figura 31: Distribuição dos lineamentos de direção NW-SE.

Os lineamentos de direção WNW-ESE apresentam baixa representatividade, sendo sua maior concentração situada na parte sudoeste do mapa, no compartimento Serra da Bocaina (figura 32). Há ainda um alinhamento de lineamentos com esta direção a norte das bacias de Resende e de Volta Redonda. Estas duas concentrações principais parecem acompanhar/condicionar os limites norte e sul do MVPS.

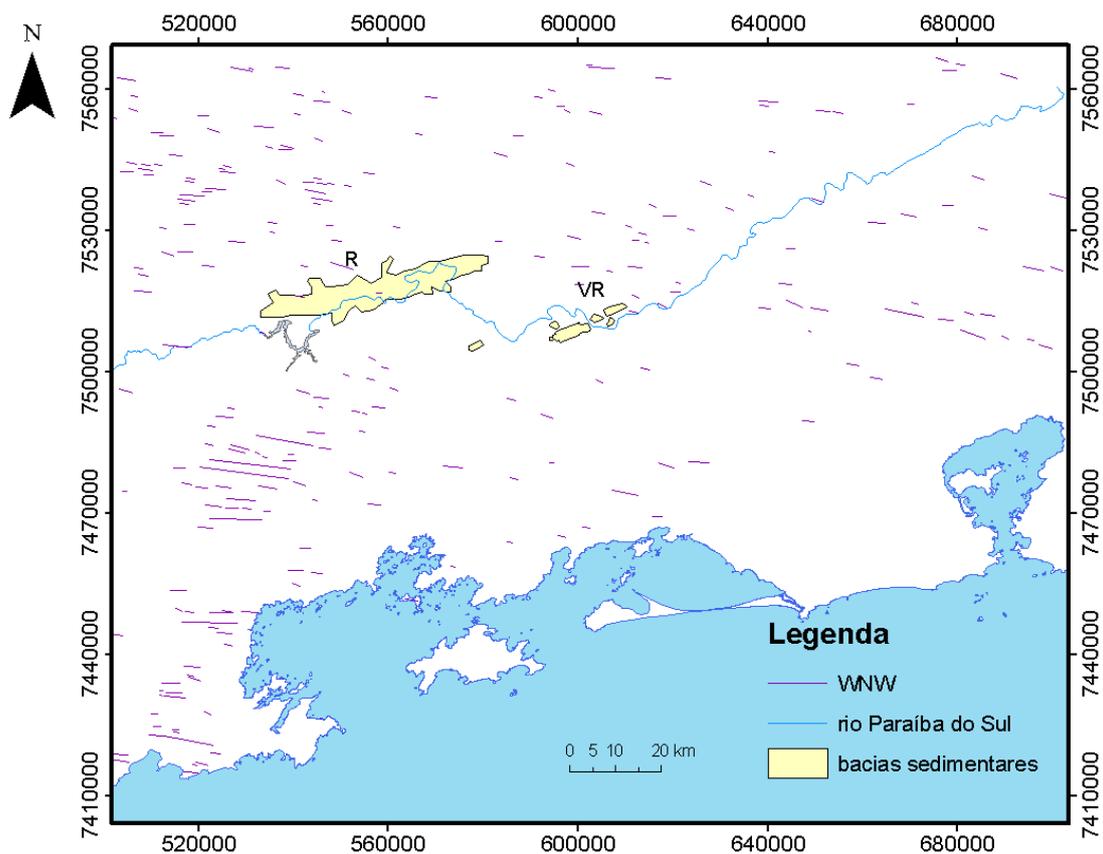


Figura 32: Distribuição dos lineamentos de direção WNW-ESE.

Os lineamentos de direção ENE-WSW estão distribuídos por toda a área, ocorrendo bem concentrados na borda norte da bacia de Resende e na borda sul da bacia de Volta Redonda (Figura 33). As direções ENE-WSW e WNW-ESE podem estar vinculadas a estruturas formadas e reativadas durante o Mesozóico-Cenozóico, como afirmado por Macedo *et al.* (1991). Segundo Zalán & Oliveira (2005), estas direções associadas à orientação NE-SW (de origem pré-cambriana) geram um padrão geométrico rômboico sigmoidal que, por vezes, controlam a instalação dos riftes cenozóicos, não sendo necessariamente formados por movimentações transcorrentes.

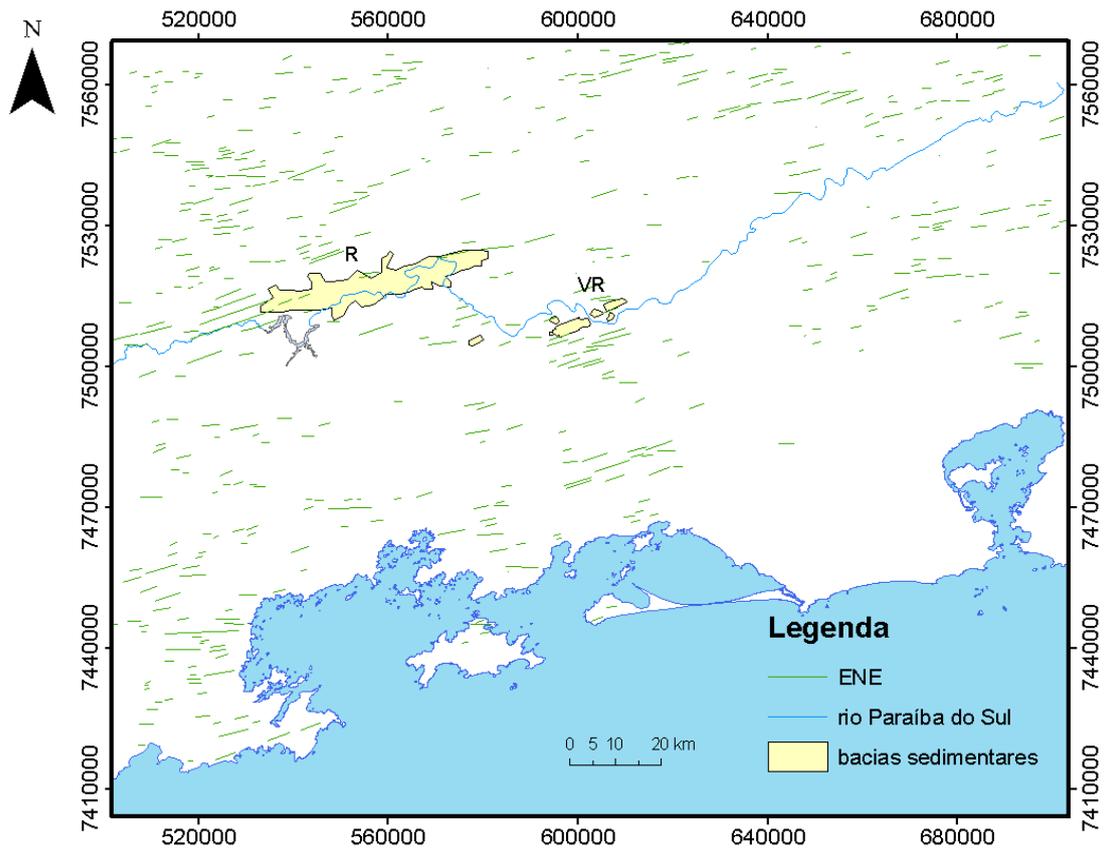


Figura 33: Distribuição dos lineamentos de direção ENE-WSW.

5. CONCLUSÕES

A análise integrada do mapa hipsométrico e dos perfis topográficos em varredura caracteriza uma importante inversão topográfica na área investigada: a oeste da bacia de Volta Redonda, o desnivelamento topográfico principal está relacionado à borda norte desta bacia, situando-se no limite com a Serra da Mantiqueira; a leste da bacia de Volta Redonda, o desnivelamento topográfico principal passa a se localizar no reverso da Serra do Mar. Outra característica importante observada foi o deslocamento do rio Paraíba do Sul da borda norte da depressão (frente da Mantiqueira) para a borda sul (reverso da serra do Mar).

Baseado nesses aspectos topográficos, um possível modelo tectônico que pode explicar a inversão topográfica observada e a mudança de direção do fluxo do rio é o de Morley *et al.* (1990), relacionado à atuação de uma zona de transferência conjugada (as bordas de falha apresentam sentidos opostos), convergente (as falhas possuem mergulhos em sentidos convergentes) e, possivelmente, com sobreposição (devido às bordas de falha terem uma área de interseção) – Figura 34. Considerando ainda a análise dos lineamentos, essa zona de transferência pode ser localizada na região da bacia de Volta Redonda, aproximadamente no setor onde foi elaborado o perfil em varredura B, onde há uma importante concentração de lineamentos NNW-SSE e NNE-SSW. Esta conclusão é reforçada pelos dados tectônicos e de sedimentação de leques aluviais apresentados por Sanson (2006), que também chegou a esta interpretação. A atuação de falhas transversais na compartimentação da margem continental é identificada em outras porções do sudeste do Brasil, como, por exemplo, os Lineamentos Colatina, situado no estado do Espírito Santo,

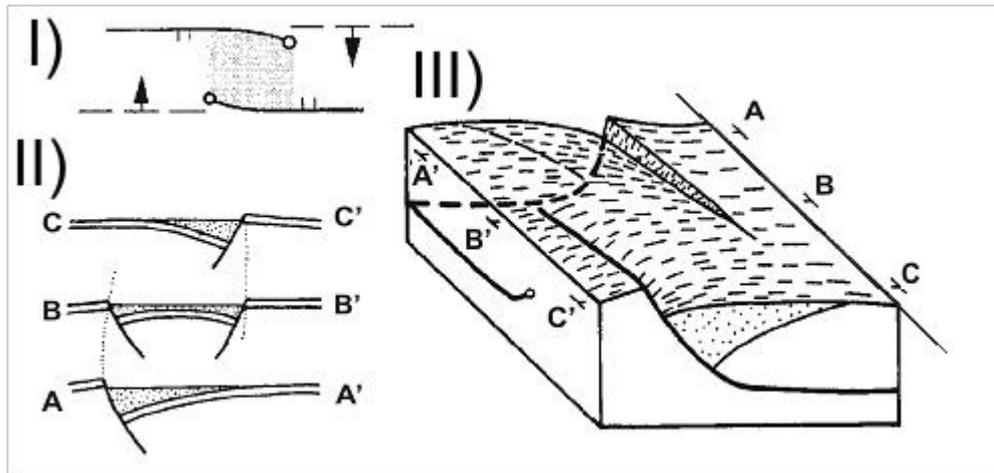


Figura 34: Modelo esquemático de uma zona de transferência do tipo conjugada, convergente e com sobreposição (Morley *et al.*, 1990). I) visão em planta; II) visão em seção; III) visão tridimensional.

De acordo com os resultados obtidos no mapa hipsométrico, o modelo de Gawthorpe & Leeder (2000) - para bacias do tipo rifte ligadas através da propagação de falhas (Figura 35) - também pode ser adotado como modelo tectônico para a região estudada. Segundo este modelo, em uma fase inicial (A) haveria o crescimento de falhas, formando segmentos pequenos e isolados; em uma fase intermediária (B), as falhas começam a interagir e a se ligar, acumulando deslocamento vertical, porém sem aumentar de comprimento; na fase final (C), a deformação começa a ficar localizada ao longo das zonas de falha mais importantes (maiores segmentos) e as demais falhas (menores) tornam-se inativas. De forma análoga ao modelo, a fase final corresponderia ao estágio atual, onde as região onde estão inseridas as bacias de Resende e Volta Redonda corresponderiam às falhas mais importantes, onde houve maior deslocamento vertical. A compartimentação topográfica observada na área de estudo se ajusta bem a este modelo de propagação de falhas pela ligação de segmentos isolados, já que foram observadas regiões onde, apesar de deprimidas, não houve a formação de bacias sedimentares, pois se tornaram falhas inativas.

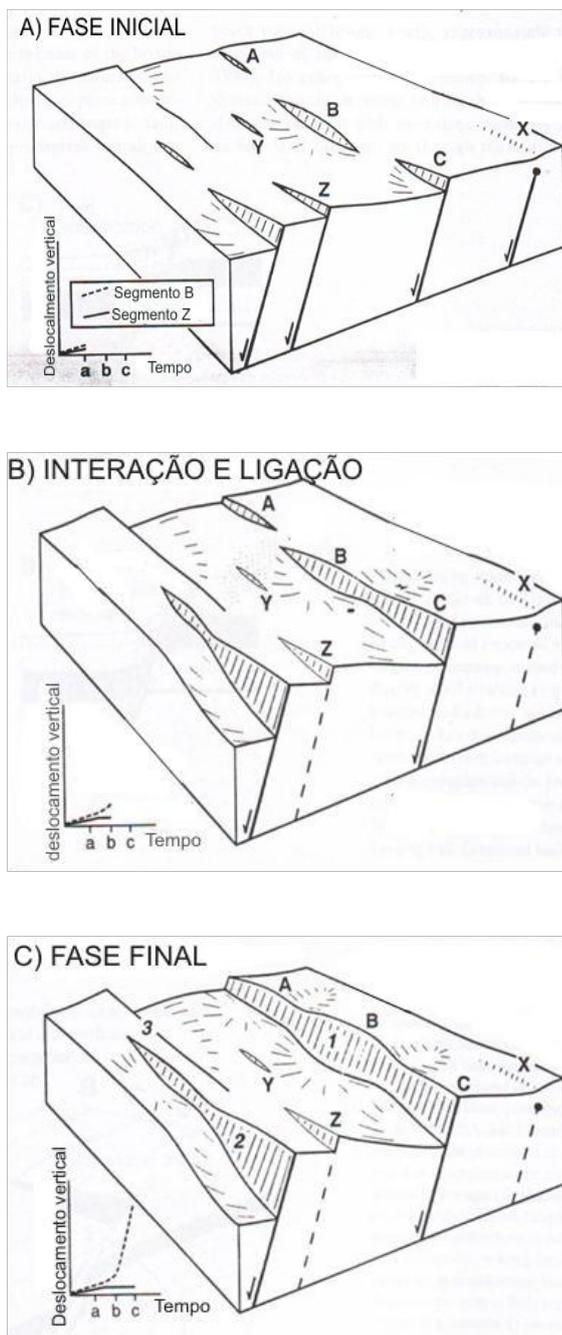


Figura 35: Modelo de propagação de falhas pela ligação de segmentos isolados (Gawthorpe & Leeder, 2000).

6. 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. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia brasileira de Ciências (Supl.)*, 48:15-26.
- Asmus, H.E. & Ferrari, A.L. 1978. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na Região Sudeste do Brasil. *In: Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil*, Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP, p. 75-88. (Série Projeto REMAC 4).
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. Divisão estadual, rios e acessos do sudeste do Brasil. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 5 nov. 2010.
- Fonseca, M.J.G., Peçanha, R.M., Junho, M.C.B., Francisco, B.H.R., Dreher, A.M., Serrão, M.A., Derze, G.R. Rodrigues, P.C.H. 1998. *Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro – texto explicativo*. Rio de Janeiro, DNPM, 141 p.
- 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. 775 p., p.305 - 384.
- Gawthorpe, R.L. & Leeder, M.R. 2000. Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins. *Basin Research*, 12(3/4): 195-218.
- Gontijo, A.H.F. 1999. *Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estados de São e Rio de Janeiro*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 259 p.
- Heilbron. M., Pedrosa-Soares, A. C., Campos Neto, M. C., Silva, L. C., Trouw, R. A. J. & Janasi, V. A. 2004. Província Mantiqueira. *In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; NEVES, B. B. B. (org.). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, p. 203-235.
- Leite, C. A. S. *et al.* 2004. Folha SF.23 - Rio de Janeiro. *In: SCHOBENHAUS, C. et al. (ed.) Carta geológica do Brasil ao milionésimo, Sistema de Informações Geográficas*. Brasília, CPRM, 1 CD-ROM.
- Marques, C.C.S.; Mello, C. L.; Ramos, R.R.C. 2006. Análise Multiescalar de Atributos Sedimentares em Depósitos Fluviais Paleogênicos na Bacia de Volta Redonda, RJ. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* 29 (2): 168-198.

- Meis, M.R.M.; Miranda, L.H.G. & Fernandes, N.F. 1982. Desnívelamento e altitude como parâmetros para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. *In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA*, 32, Salvador, 1982. *Anais*, Salvador, SBG-BA, V4, p. 1489-1503.
- Mizusaki, A.M.P. & Thomaz-Filho, A. O magmatismo pós-paleozóico no Brasil. *In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; NEVES, B. B. B. (org.). Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, cap. XVII, p. 281-292.
- Morley, C.K., Nelson, R.A., Patton, T.L., Munn, S.G. 1990. Transfer Zones in the East African Rift System and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts. *AAPG Bull.*, 74 (8):1234-1253.
- Negrão, A. P. 2010. *Extensão dos limites da bacia sedimentar de Volta Redonda (RJ, Segmento central do Rifte Continental do Sudeste do Brasil) a leste e a oeste do gráben da Casa de Pedra*. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 56 p.
- Oliveira, D. B.; Moreno, R.S.; Miranda, D. J.; Ribeiro, C. S.; Seoane, J. C. S.; Mello, C. L. 2009. Elaboração de um mapa de lineamento estrutural e densidade de lineamento através de imagem SRTM, em uma área ao norte do rio Doce, ES. *In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 20, Natal. *Anais eletrônicos*, Natal: INPE, p. 4157-4163.
- Padilha, A.L., Triverdi, N.B., Vitorello, I., Costa, J.M. 1991. Geophysical constraints on tectonic models of the Taubaté Basin, southeastern Brazil. *Tectonophysics*, 196:157-172.
- Ramos, R.R.C. 2003. *Sistemas Aluviais Terciários da Bacia de Resende, Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Análise de Fácies e Revisão Estratigráfica*. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 221 p.
- Riccomini, C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 256 p.
- 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. & NEVES, B. B. B. (org.) Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, p.383-405.
- Sadowski, G. R. & Campanha, G. A. C. 2004. Grandes Falhas no Brasil Continental. *In: Salvador, E.D. & Riccomini, C. 1995. Neotectônica do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). Revista Brasileira de Geociências*, 25(3): 151-164.
- Salvador, E. D. & Riccomini, C. 1995. Neotectônica da Região do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências* 25(3): 151-164.

- Sanson, M. S. R. 2006. *Sistemas Depositionais Aluviais e Tectônica Cenozóica na Região de Volta Redonda (RJ) – Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 151 p.
- Silva, T. P. 2006. *Neotectônica na Região da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul e Áreas Adjacentes, Entre Miguel Pereira e Juiz de Fora (MG)*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 125 p.
- Silva, T.M. 2002. *A Estruturação Geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro*. Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 256p.
- Silva, T.M.; Moreno, R.S.; Correia, J.D. 2007. A Utilização de Cartas Topográficas 1:50.000 para a Classificação Morfológica – Região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (RJ/SP).
- Tupinambá, M.; Heilbron, M.; Duarte, B.P.; Silva, L.G.E.; Nogueira, J.R.; Valladades, C.S.; Almeida, J.C.H.; Eiraldo, L.G.; Medeiros, S.R.; Almeida, C.G.; Miranda, A.W.A.; Ragatky, D. 2007. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. *Geonomos*, v. 15, p. 67-79.
- USA. Shuttle Radar Topography Mission, SRTM/NASA. Modelo digital de elevação com resolução espacial de 90 metros. Disponível em: <srtm.usgs.gov/index.php>. Acesso em: 15 ago. 2010.
- 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, SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 3. *Boletins Resumos*, p. 9-15.
- Vicente, L.C.; Dehler, N.M.; Machado, R.M.; Karniol, T.R. 2007. Extrusão tectônica e transporte lateral de massa na porção central do cinturão Paraíba do Sul, seção Três Rios – Matias Barbosa (RJ/MG). *Revista Brasileira de Geociências*, 37:281-292.
- Zalán, P.V. & Oliveira, J.A.B. 2005. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 13(2): 269-300.
- Zalán, P.V. 1986. A tectônica transcorrente na exploração do petróleo: uma revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 16(3): 245-257.

