



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
POLO UNIVERSITÁRIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SOCIEDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA DE CAMPOS

RONALDO RODRIGUES JÚNIOR

**CONTROLE MORFOTECTÔNICO E ANOMALIAS DE DRENAGEM EM UM
SETOR DA DEPRESSÃO ESCALONADA DOS RIOS POMBA-MURIAÉ**

Campos dos Goytacazes
2019

RONALDO RODRIGUES JÚNIOR

**CONTROLE MORFOTECTÔNICO E ANOMALIAS DE DRENAGEM EM UM
SETOR DA DEPRESSÃO ESCALONADA DOS RIOS POMBA-MURIAÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de graduação em
Geografia pela Universidade Federal
Fluminense, Polo Universitário Campos
dos Goytacazes, como requisito parcial
para a obtenção do grau em Bacharelado
em Geografia.

Orientador:
Prof. Dr. Thiago Pinto da Silva

Campos dos Goytacazes
2019

J95c

Júnior, Ronaldo Rodrigues

Controle morfotectônico e anomalias de drenagem em um setor da Depressão Escalonada dos Rios Pomba-Muriaé/Ronaldo Rodrigues Júnior, Campos dos Goytacazes, 2019.

55p.

Orientador: Thiago Pinto da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso: Graduação em Bacharelado em Geografia. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional. Departamento de Geografia.

1. Geomorfologia Estrutural 2. Neotectônica 3. Capturas de Drenagem

RONALDO RODRIGUES JÚNIOR

**CONTROLE MORFOTECTÔNICO E ANOMALIAS DE DRENAGEM EM UM
SETOR DA DEPRESSÃO ESCALONADA DOS RIOS POMBA-MURIAÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Geografia pela Universidade Federal Fluminense, Polo Universitário Campos dos Goytacazes, como requisito parcial para a obtenção do grau em Bacharelado em Geografia.

Aprovado em 17 de Julho de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thiago Pinto da Silva
Universidade Federal Fluminense
Professor orientador

Prof^a. Dr^a. Maria Carla Barreto Santos Martins
Universidade Federal Fluminense

Me. Anadelson Martins Virtuoso
Universidade Federal Fluminense

Campos dos Goytacazes
2019

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Thiago Pinto da Silva, pelas suas brilhantes aulas, por toda a dedicação, pela amizade e por ter participado do meu aprofundamento no campo das Geociências.

Aos meus professores, pelo enorme conhecimento compartilhado, tanto em sala de aula como em trabalhos de campo.

À minha esposa Camilla Assis, que desde o início da graduação, quando ainda éramos namorados, me incentivou ao longo de toda a minha evolução acadêmica. Obrigado pela paciência e por estar ao meu lado nos bons e maus momentos durante esse tempo.

A toda minha família, especialmente aos meus pais, Ronaldo Rodrigues e Genilce Gomes, pois se não fosse o grande apoio de sempre, eu não conseguiria chegar até aqui.

Aos amigos Guilherme de Azeredo, Higor Ronzei, Vitor Iacovelli, Charles Santos, Gabriel Elias, Ronaldo da Silva, aos amigos da turma de 2015.1, aos do Laboratório de Geologia e a todos com quem eu de alguma forma tive a alegria de conviver. A companhia de vocês tornou a rotina acadêmica mais amena.

Finalmente, agradeço a Universidade Federal Fluminense que me proporcionou a experiência de fazer este curso que me trouxe uma nova e mais ampla visão de mundo.

RESUMO

Atividades tectônicas recentes, ou neotectônicas, são amplamente reconhecidas no Sudeste brasileiro, especialmente ao longo do Sistema de Rifites Cenozoicos do Sudeste do Brasil (SRCSB) e em áreas adjacentes. Tais atividades podem ser identificadas por meio de características apresentadas pela rede de drenagem, refletindo-se principalmente em capturas de drenagem que geram anomalias. O presente trabalho realizou uma avaliação morfotectônica em um setor da Depressão Escalonada dos Rios Pomba-Muriaé com base na carta topográfica de Palma na escala 1: 50.000 (IBGE). Buscou-se contribuir para o preenchimento do quadro da evolução geomorfológica das áreas continentais adjacentes à Bacia de Campos e ao SRCSB. A metodologia foi baseada nas seguintes etapas: compartimentação geomorfológica; avaliação e classificação das anomalias de drenagem; avaliação dos perfis longitudinais e análises geoestruturais, utilizando-se para isto de imagens de sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento. Como resultado, foram mapeadas 107 anomalias, classificadas como canais colineares, canais não colineares, cotovelos e trechos retilíneos da drenagem. A área de estudo apresenta falhas no sentido NE-SW associadas a regimes tectônicos recentes e que cortam ortogonalmente a maioria dos canais anômalos, indicando, portanto, influência tectônica na reorganização da rede de drenagem. Além disso, não foram encontrados contatos litológicos nas áreas afetadas pelas capturas, o que poderia influenciar na geomorfologia local. A interpretação dos resultados, deste modo, corrobora para a atuação de mecanismos neotectônicos no processo de evolução morfotectônica da paisagem.

Palavras chave: Geomorfologia Estrutural. Neotectônica. Capturas de Drenagem.

ABSTRACT

Recent tectonic activities, or neotectonics, are largely recognized in Southeastern Brazil, especially along the Southeastern Brazil Cenozoic Rift System (SRCSB) and adjacent areas. Such activities can be identified through characteristics presented by the drainage network, mainly reflected in drainage catches that generates anomalies. The present work has been carried out a morphotectonic evaluation in a sector of the Pomba-Muriaé Stepped Depression based on the topographic map of Palma in the 1: 50.000 scale (IBGE). It was based to contribute to the fulfillment of the framework of the geomorphological evolution of the continental areas oscular to the Campos Basin and to the SRCSB. The methodology was based on the following steps: geomorphological compartmentalization; evaluation and classification of drainage anomalies; evaluation of longitudinal profiles and geostructural analysis, using remote sensing images and geoprocessing tools. As a result, 107 anomalies, classified as collinear channels, non collinear channels, elbows and rectilinear drainage sections were mapped. The study area shows NE-SW faults associated to recent tectonic regimes that cut orthogonally most of the anomalous channels, indicating, furthermore tectonic influence in the reorganization of the drainage network. In addition, no lithologic contacts were found in the areas affected by the catches, which could influence local geomorphology. The interpretation of the results, thereby, corroborates the performance of neotectonic mechanisms in the morphothectonic evolution process of the landscape.

Keywords: Structural Geomorphology. Neotectonics. Drainage Captures.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Elaborado pelo autor..... 14*
- Figura 2: O megacontinente Gondwana, com suas porções oriental e ocidental. Modificado de Hasui (2010) 16*
- Figura 3: Os continentes (crátons) do Neoproterozoico antes do fechamento dos oceanos Adamastor, Borborema e Goiás. Estão indicados os principais microcontinentes ou maciços, que foram afetados pelos processos tectônicos e térmicos do Ciclo Brasileiro e incorporados nos sistemas orogênicos Mantiqueira, Borborema e Tocantins. Fonte: Hasui (2010). 17*
- Figura 4: Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira: 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. As cores em roxo e laranja indicam os terrenos que alojam os arcos magmáticos neoproterozoicos. Retirado de Heilbron et al. (2004)..... 18*
- Figura 5: Mapa da geologia regional com o recorte em amarelo que representa a área de estudo. Fonte: Modificado de Baiense (2011)..... 20*
- Figura 6: Nota explicativa modificada da carta geológica do Brasil ao milionésimo. Modificado de Baiense (2011)..... 21*
- Figura 7: Mapa geomorfológico da área de estudo – modificado de Baiense (2011). Legenda incluindo somente as unidades referentes à área de estudo. Tipos de modelado: de Acumulação (A) – Ac (de enxurrada – 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 recorte em amarelo representa a área de estudo. Modificado de Baiense (2011)..... 24*
- Figura 8: Modelo evolutivo para a margem continental do sudeste do Brasil e a formação das bacias terciárias. Retirado Silva (2006)..... 28*
- Figura 9: Perfil geológico esquemático da margem continental do sudeste do Brasil, ressaltando o caráter escalonado das falhas e o basculamento dos blocos formando áreas elevadas e depressões Retirado de Silva (2006) 28*

<i>Figura 10: Mapa de distribuição dos quatro riftes do SRCSB: (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo; de suas falhas limitantes, preenchimentos sedimentares, intrusões/lavas alcalinas, charneira cretácea das bacias de Santos/Campos e o Rio Paraíba do Sul, com destaque para a área de estudo dentro do contexto do SRCSB. Modificado de Zalán & Oliveira (2005).</i>	31
<i>Figura 11: Projeções estereográficas e o campo de tensão associados a: (A) falhas dextrais normais e normais dextrais NE-SW correspondentes a um regime de Transcorrência Sinistral E-W; e (B) falhas normais ENE-WSW e NE-SW que estão associadas a um regime de Distensão NW-SE. Fonte: Baiense (2011).</i>	32
<i>Figura 12: Análise das bacias com os valores de D_a e D_d e o fator de Simetria Topográfica Transversa. Fonte: Ferreira (2018).</i>	35
<i>Figura 13: Processo de captura de drenagem por erosão remontante, o canal é levado a fazer uma curva abrupta em forma de cotovelo, deixando na paisagem um vale abandonado. Retirado de Ignácio (2017)</i>	38
<i>Figura 14: Figura 2: Formas de rearranjo de drenagem. A linha tracejada é o divisor da drenagem. (A) capturas por extensão da cabeceira, (B) e (C) capturas através de invasão lateral de uma bacia de drenagem adjacente, ou através de extensão de cabeceira de um tributário (B) ou migração lateral de um rio para capturar um tributário adjacente (C). Em todas as situações espera-se rejuvenescimento de cabeceira do rio capturado no ponto de captura ou a montante deste. Modificado de Bishop (1995). Retirado de Silva et al. (2006).</i> 38	
<i>Figura 15: Mapa hipsométrico da área de estudo. Elaborado pelo autor</i>	41
<i>Figura 16: Mapa de anomalias de drenagem com as suas respectivas classificações. Fonte: Elaborado pelo autor.</i>	42
<i>Figura 17: Canais colineares com divisor plano e o novo fluxo orientado a NW. Neste caso ao invés da ocorrência de um vale seco, destaca-se a presença de um lago atuando como divisor plano entre os canais. Fonte: Elaborado pelo autor.</i>	43
<i>Figura 18: Imagem de satélite dos canais colineares com divisor plano referentes ao recorte acima. Destaque para a seta branca apontando a direção do antigo fluxo e a seta preta para a direção no novo fluxo. Fonte: Modificado do Google Earth</i>	43
<i>Figura 19: Canais não colineares com divisores planos e os novos fluxos orientados a WNW. Destaque para os vales secos como divisores planos</i> Fonte: Elaborado pelo autor.	44

<i>Figura 20: Imagem de satélite dos cotovelos associados a vales secos referentes ao recorte acima. Destaque para as setas brancas apontando as direções dos antigos fluxos e as setas pretas para as direções dos novos fluxos. Fonte: Modificado do Google Earth.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 21: Cotovelo associado a divisor plano com o novo fluxo orientado a NE. Destaque para o vale seco como divisor plano entre os canais. Fonte: Elaborado pelo autor.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 22: Imagem de satélite do cotovelo associado a divisor plano referente ao recorte acima. Destaque para a seta branca apontando a direção do antigo fluxo e a seta preta para a direção no novo fluxo. Modificado do Google Earth.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 23: Feição em processo de captura de drenagem. Fonte: Elaborado pelo autor.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 24: Imagem de satélite dos canais em potencial processo de captura de drenagem referentes ao recorte acima. Modificado do Google Earth. Fonte: Elaborado pelo autor.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 25: Recorte de um setor da carta onde é possível notar trechos marcadamente retilíneos na drenagem. A seta vermelha indica a orientação predominante NE-SW. Fonte: Elaborado pelo autor.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 26: Gráfico em pizza com a classificação, quantificação e porcentagem das anomalias de drenagem. Fonte: Elaborado pelo autor.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 27: Gráfico em pizza com a quantificação e porcentagem das orientações dos trechos retilíneos. Fonte: Elaborado pelo autor.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 28: Mapa das falhas inferidas ortogonalmente as linhas de drenagens capturadas com o sentido no antigo e do novo fluxo após a sua reorientação. Fonte: Elaborado pelo autor..</i>	<i>49</i>
<i>Figura 29: Gráfico em pizza com a quantificação, porcentagem e orientação dos novos fluxos. Fonte: Elaborado pelo autor.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 30: Perfil Longitudinal do Córrego João da Mata. Fonte: Elaborado pelo autor.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 31: Perfil longitudinal do Córrego Chalé. Fonte: Elaborado pelo autor.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 32: Perfil longitudinal do Córrego da Mata. Fonte: Elaborado pelo autor.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 33: Mapa morfotectônico da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.</i>	<i>52</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. ÁREA DE ESTUDO	13
2.1 Localização	13
2.2 Geologia	14
2.3 Geomorfologia.....	21
3. NEOTECTÔNICA	24
3.1 O Conceito de Neotectônica.....	24
3.2 Neotectônica no Sudeste do Brasil	26
3.3 Neotectônica na Área de Estudo	30
4. MORFOTECTÔNICA	31
4.1 Aspectos Gerais Sobre Morfotectônica	31
4.2 Morfotectônica no Sudeste do Brasil.....	32
4.3 Morfotectônica na Área de Estudo	33
5. MÉTODOS E TÉCNICAS	34
5.1 Hipsometria	34
5.2 Abordagem Morfotectônica a Partir da Rede de Drenagem	35
5.2.1 Elaboração do Mapa de Anomalias de Drenagem	38
5.2.2 Elaboração do Mapa das Falhas Inferidas e da Reorientação dos Fluxo	38
5.2.3 Elaboração dos Perfis Longitudinais da Drenagem	38
5.2.4 Confeção do Mapa Morfotectônico	39
6. RESULTADOS	39
6.1 Análise Hipsométrica.....	40
6.2 Mapa de Anomalias de Drenagem	40
6.3 Mapa das Falhas Inferidas e Reorientação dos Fluxos	47
6.4 Análise dos Perfis Longitudinais.....	49
6.5 Mapa Morfotectônico da Área de estudo.....	51
6.6 Discussões	52
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
BIBLIOGRAFIA	56

1. INTRODUÇÃO

A Plataforma Sul-Americana, durante sua evolução, foi marcada por processos de reativações tectônicas de antigas linhas de falha do embasamento. Estes processos foram desencadeados pelo rompimento do continente Gondwana e abertura do Atlântico Sul. As reativações ocorreram em grande parte da borda do continente Sul-Americano. Na região Sudeste do Brasil, especificamente, a principal estrutura derivada destes processos é o Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (SRCSB), definido por Zalán & Oliveira (2005) como uma sucessão de *grabens* e *horsts* que ocorrem desde o estado do Paraná até o norte do estado do Rio de Janeiro, na região entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira e adjacências, onde está inserida a área de estudo. A área em questão localiza-se em um setor da Depressão Escalona dos Rios Pomba-Muriaé, e é delimitada pela carta topográfica de Palma (MG/RJ).

De acordo com Zalán & Oliveira (2005), as regiões adjacentes ao SRCSB estão dentro do contexto das manifestações cenozoicas ocorridas no Sudeste do Brasil, que reativou antigas zonas de fraqueza pré-cambrianas e resultou numa compartimentação em unidades neotectônicas. No que diz respeito à área de estudo, Ferreira (2018) encontrou algumas bacias assimétricas nesta região que podem ter relação com basculamento de blocos, já Baiense (2011) reconheceu falhas associadas a regimes tectônicos recentes em um trabalho de maior escala que englobou área de estudo, o que motivou a realização de uma pesquisa mais aprofundada da área em questão, com base em anomalias de drenagem, com o intuito de esclarecer se houve ou há influência de atividades neotectônicas na morfologia do relevo local, além de compreender como se deu sua evolução morfotectônica.

Os estudos neotectônicos são de grande importância para a compreensão da estabilidade do substrato rochoso de uma região. O Sudeste do Brasil, onde está situada a maior parte do SRCSB, é considerado como uma das zonas de maior sismicidade do território nacional (SALVADOR 1994). Esta estrutura geotectônica está sobre tensões intraplaca ainda vigentes, e em sua extensão, abriga usinas nucleares, termelétricas, barragens e as maiores metrópoles do país. Grandes obras de engenharia, como dutos subterrâneos, construídas sobre uma zona de falhas, pode comprometer toda sua estrutura, causando enormes prejuízos materiais, ou até mesmo humanos. Entender o contexto geológico em que estes centros urbanos e industriais estão submetidos tem sido de grande interesse científico nos últimos anos. Os resultados deste trabalho podem vir a contribuir para o preenchimento do quadro evolutivo dos relevos tectônicos adjacentes ao SRCSB. Além disso, o mesmo pode servir

como referência bibliográfica para possíveis estudos locais sobre gestão de bacias hidrográficas de longo prazo, uma vez que uma captura de drenagem pode desviar a rota de um rio utilizado para o abastecimento hídrico de propriedades de produção agropecuária.

Este trabalho teve como objetivo geral realizar uma investigação morfotectônica em um trecho da depressão topográfica do rio Pomba, inserido na bacia hidrográfica do médio-baixo rio Paraíba do Sul. Esta investigação buscou encontrar indícios das prováveis atividades tectônicas cenozoicas através da geomorfologia da área em questão.

Objetivos específicos:

- Fazer a compartimentação geomorfológica da área de estudo e a sua análise hipsométrica.
- Avaliar a reorganização da rede de drenagem da carta topográfica de Palma na escala de 1.50:000, com ênfase no reconhecimento de anomalias de drenagem.
- Mapear as anomalias de drenagem.
- Identificar e mapear os novos fluxos da drenagem após sua reorientação.
- Fazer a inferência e mapeamento das falhas ortogonais aos canais capturados.
- Elaborar e interpretar os perfis longitudinais da drenagem.
- Construir o mapa morfotectônico e compreender os processos cenozoicos que tiveram influência na evolução geomorfológica da área de estudo.

2. ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização

A área de estudo (Figura 1) localiza-se na região Sudeste do Brasil, delimitada pela carta Palma (MG/RJ), sendo a sua maior parte pertencente ao estado de Minas Gerais e uma pequena porção ao estado do Rio de Janeiro. A área possui acesso pelas rodovias BR-116 e MG-285, estando situada a aproximadamente 276 km do município de Campos dos Goytacazes.

O recorte espacial de estudo se encontra em um trecho da depressão topográfica do rio Pomba, inserido na bacia hidrográfica do médio-baixo rio Paraíba do Sul, em uma localização adjacente ao SRCBS e dentro do contexto regional das reativações cenozoicas.

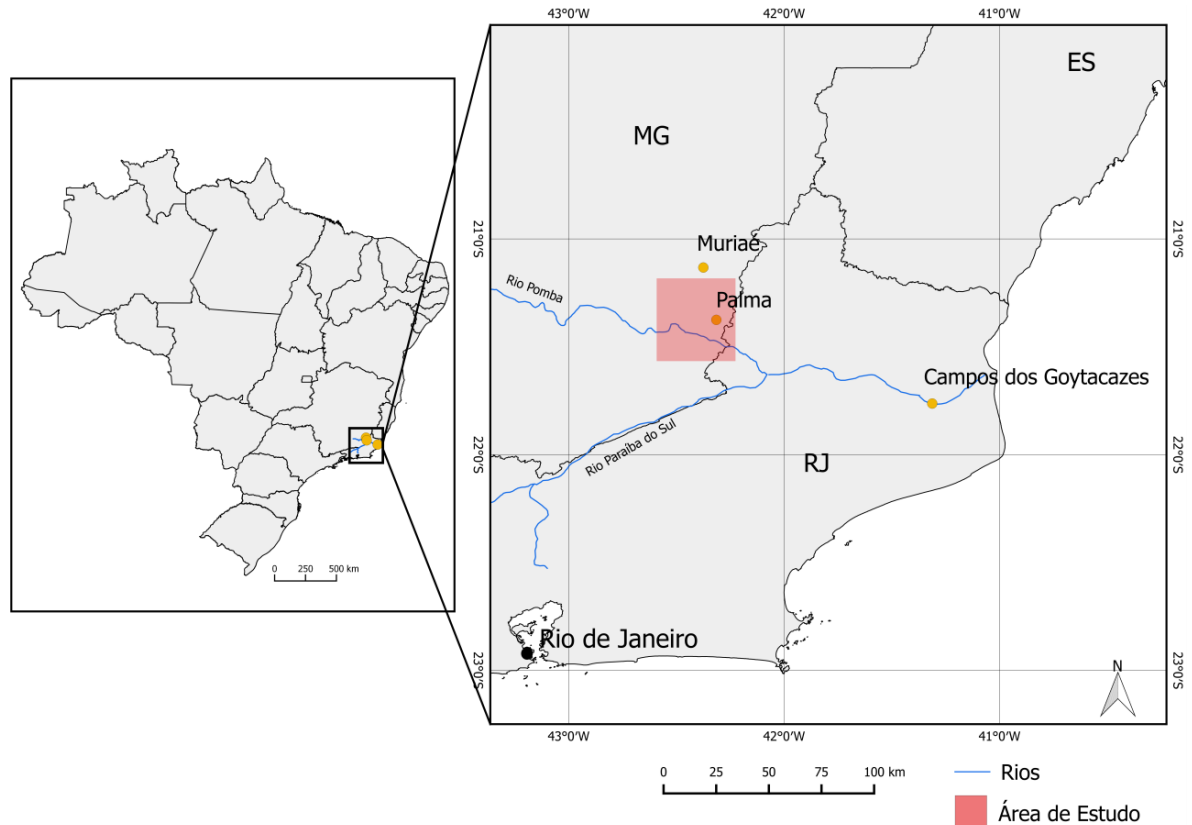


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 Geologia

A área de estudo está situada geotectonicamente na Província Mantiqueira, que está inserida dentro do contexto do Escudo Atlântico. A Província Mantiqueira se estende do sul da Bahia ao Uruguai, delineando uma faixa de direção NE-SW paralela à costa brasileira que soma uma área com cerca de 700.000 km² (Figura 2). Esta entidade geotectônica está embasada ao entorno do Cráton de São Francisco, sendo constituída pelos orógenos Araçuaí, Ribeira, Dom Feliciano e São Gabriel, e pela zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira, formando o Sistema Orogênico Mantiqueira. Um orógeno pode ser compreendido como o produto da interação convergente entre placas litosféricas, resultando em estruturas tectônicas como arcos de ilhas, arco magmático de margem continental ativa, tal como a Cordilheira dos Andes, ou como uma cadeia de montanhas intracontinental, a exemplo do Himalaia (HEILBRON *et al.*, 2004).

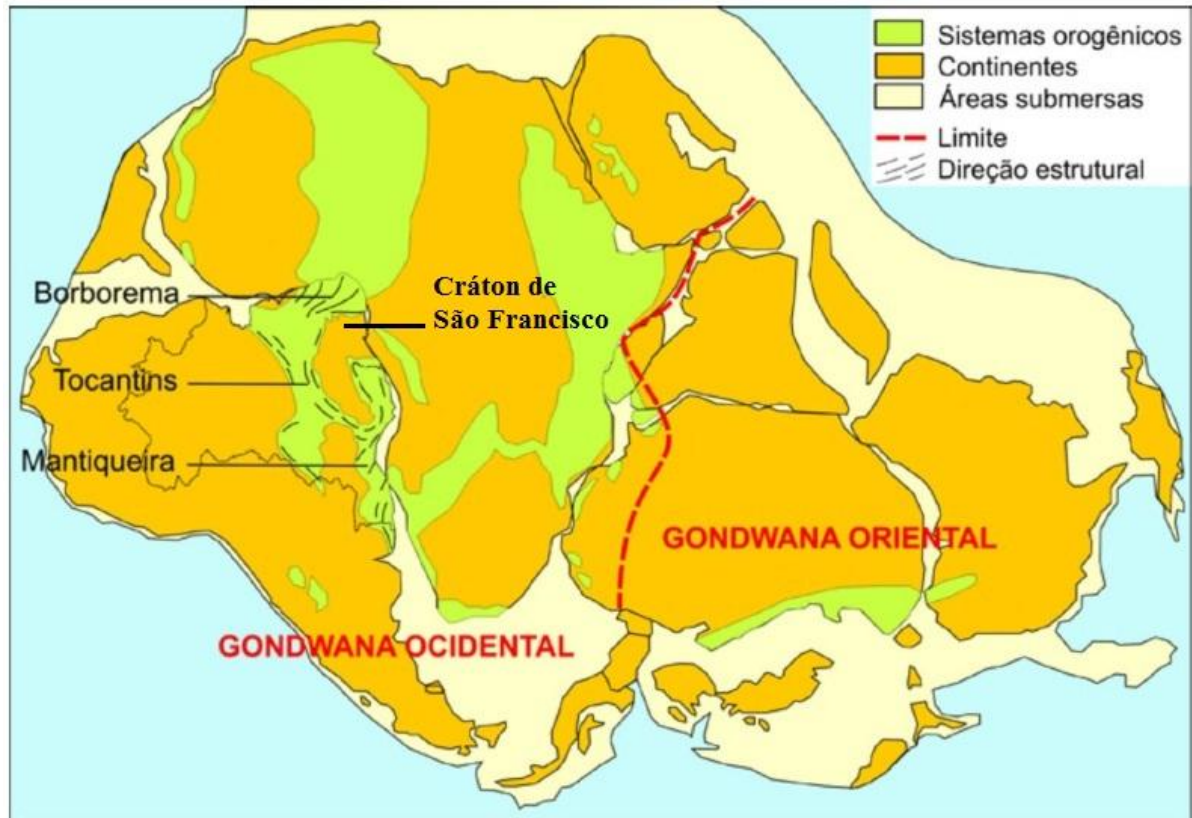


Figura 2: O megacontinente Gondwana, com suas porções oriental e ocidental. Fonte: Modificado de Hasui (2010).

De acordo com Heilbron *et al.* (2004), os orógenos são edificados em torno de um cráton, estrutura geológica pré-cambriana que permanece estável durante esforços compressivos gerados pela convergência de placas. Estes conceitos são interdependentes, pois são os orógenos formados em um determinado período de tempo que delimitam e individualizam um cráton. Ainda segundo os autores, a província Mantiqueira evoluiu durante a Orogenia Neoproterozoica Brasileiro-Pan Africana resultante do fechamento dos oceanos Adamastor, Goiás, e Borborema (Figura 3). Este evento foi caracterizado por diversas colagens continentais que culminaram na amalgamação do paleocontinente Gondwana Ocidental e na estruturação do embasamento da plataforma sul-americana.

Segundo Silva (2001), o Sistema Orogênico Mantiqueira é a mais complexa província afetada pelo Ciclo Brasileiro (Neoproterozoico/Cambriano) na América do Sul. Juntamente com a Faixa Brasília, a Cunha de Guaxupé e os metassedimentos da Faixa Alto Rio Grande, compõe o arcabouço geotectônico do Sudeste do Brasil.

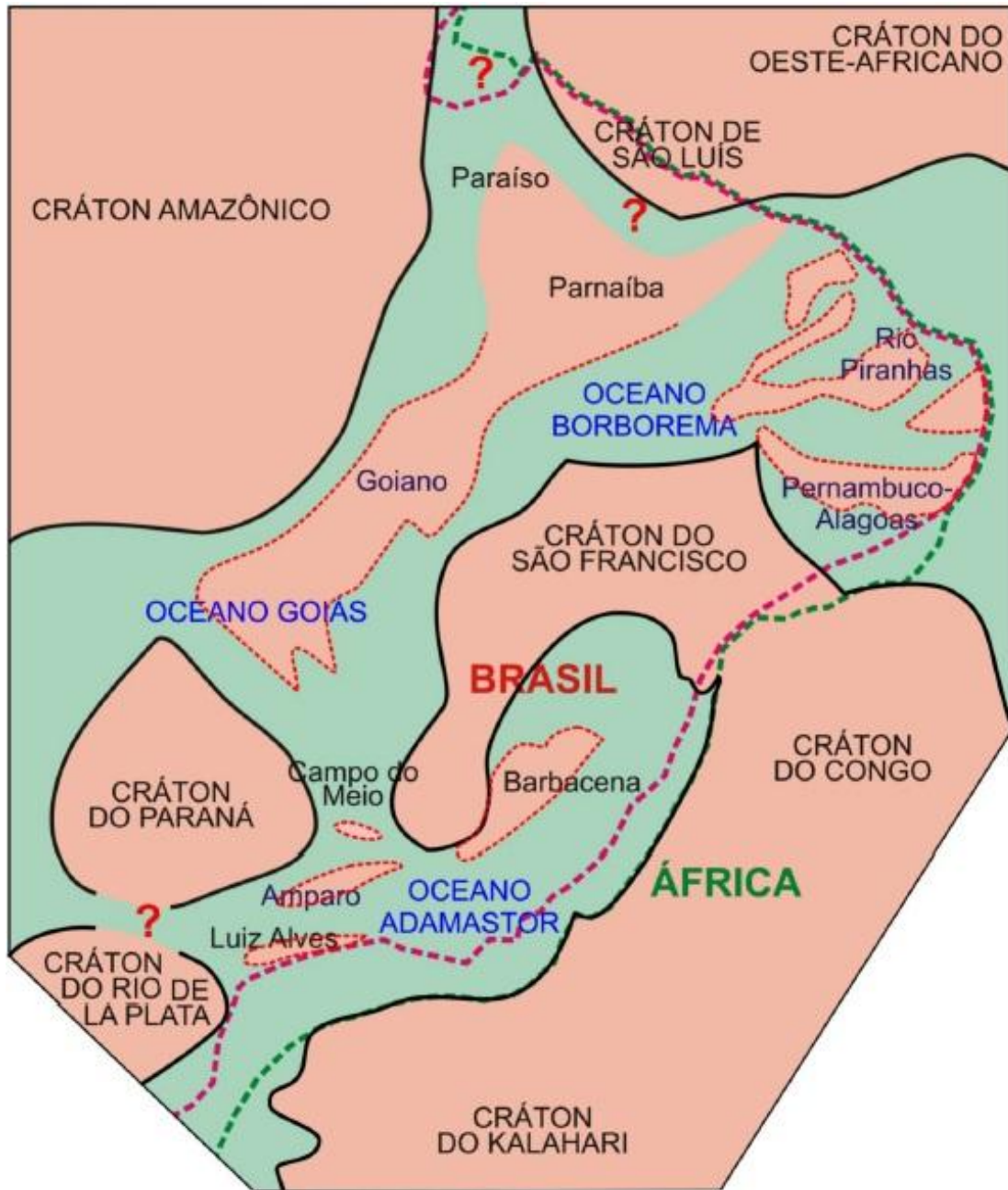


Figura 3: Os continentes (crátons) do Neoproterozoico antes do fechamento dos oceanos Adamastor, Borborema e Goiás. O mapa indica os principais microcontinentes ou maciços, que foram afetados pelos processos tectônicos e térmicos do Ciclo Brasileiro e incorporados nos sistemas orogênicos Mantiqueira, Borborema e Tocantins. Fonte: Hasui (2010).

Heilbron *et al.* (2004), subdividem esta província em três segmentos geográficos: segmento setentrional, que corresponde ao Orógeno Araçuaí; segmento central, que engloba o Orógeno Ribeira, a zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira, e os terrenos Apiaí, São Roque e Embu; segmento meridional, que inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel (Figura 4).

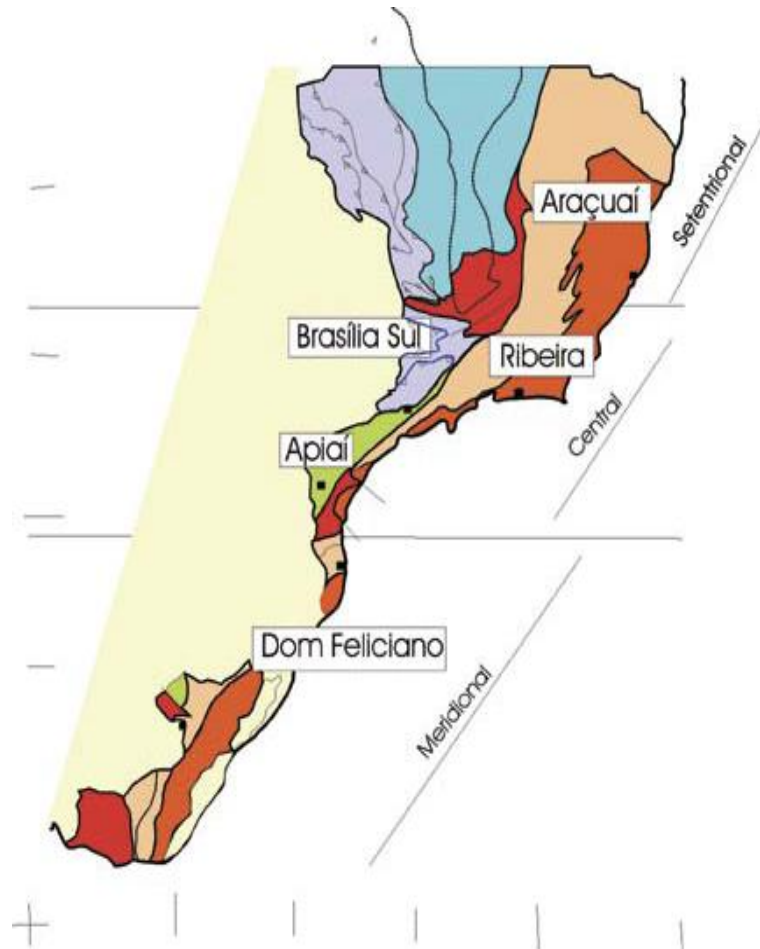


Figura 4: Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira: o segmento setentrional é o Orógeno Araçuaí; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí; o segmento meridional inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel. As cores em roxo e laranja indicam os terrenos que alojam os arcos magmáticos neoproterozoicos. Fonte: Heilbron *et al.* (2004).

A área de estudo deste trabalho está localizada no extremo norte do Orógeno Ribeira, próximo ao seu limite com Orógeno Araçuaí, que de acordo com Pedrosa-Soares *et al.* (2007) é marcado na altura do paralelo 21° de latitude sul.

A formação do Orógeno Ribeira resultou da interação entre o Cráton de São Francisco e a porção sudoeste do Cráton do Congo, além de outras placas e arcos de ilhas durante o Ciclo Brasileiro (470-700 Ma). Este evento colisional gerou o empilhamento de terrenos de E para WNW. Pelo fato da colisão entre estes terrenos ter sido oblíqua, a deformação principal exibe zonas com predomínio de encurtamento frontal e zonas com componente transpressivo dextral, conforme exposto por Heilbron *et al.* (2004). Portanto, o Orógeno Ribeira foi subdividido por estes autores em cinco terrenos tectono-estratigráficos separados por falhas de empurrão e zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas. Estes terrenos são compreendidos como: Ocidental, Paraíba do Sul, Embu, Oriental e Cabo Frio. A evolução tectono-metamórfica deste orógeno, de acordo com Heilbron (1999 *apud* Silva, 2001), foi a mais

recente das colagens do Ciclo Brasileiro, sendo este último, responsável pela deformação, metamorfismo, magmatismo e articulação dos diversos terrenos.

A área de estudo apresenta litologia correspondente às sucessões metassedimentares mesoproterozóicas e granitoides de magmatismo pré a sin orogênico (figuras 5 e 6), estas unidades litológicas serão detalhadas a seguir com base nos trabalhos de Leite *et al.* (2004) e Silva (2001):

- Complexo Paraíba do Sul: A cobertura metassedimentar dos terrenos Paraíba do Sul é resultante de grandes modificações estratigráficas, petrográficas e tectônicas. Ocorrem paragnaisse, kingizito, grauvaca, xisto, quartzito, calcissilicática, meta-calcário, mármore e anfibolito correspondentes ao Mesoproterozoico Toniano.

- Corpos intrusivos de magmatismo sin a pré orógeno: Corpos granitoides alongados intrudem dispersamente as litologias ao longo da faixa Paraíba do Sul, datando de 630-560 Ma. Na região abrangida pelo estudo ocorre granitóide foliado e também charnockitoide foliado.



Figura 6: Nota explicativa modificada da carta geológica do Brasil ao milionésimo. Fonte: Leite *et al.* (2004) e Silva *et al.* (2004). Modificado de Baiense (2011).

2.3 Geomorfologia

A região de estudo está situada em um trecho da depressão topográfica dos rios Pomba-Muriaé, que por sua vez, está inserida na bacia hidrográfica do médio-baixo rio Paraíba do Sul. Segundo Mello *et al.* (2005 *apud* Baiense, 2011), a geomorfologia da região é definida por uma depressão escalonada, envolta por domínios serranos de orientação NE-SW e WNW-ESSE, que lhe estabelecem uma geometria de formato romboédrico.

Gatto *et al.* (1983), no Projeto RADAMBRASIL, organizaram as características geomorfológicas da área abrangida pelas folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória em diversas ordens de grandeza, compreendendo-as hierarquicamente como: domínios morfoestruturais; regiões geomorfológicas; unidades geomorfológicas. Para a região Sudeste do Brasil, os autores definiram quatro domínios morfoestruturais, sendo eles compreendidos como Domínio do Escudo Exposto, Domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados, Domínio dos Remanescentes de Cadeias Dobradas e Domínio dos Depósitos Sedimentares.

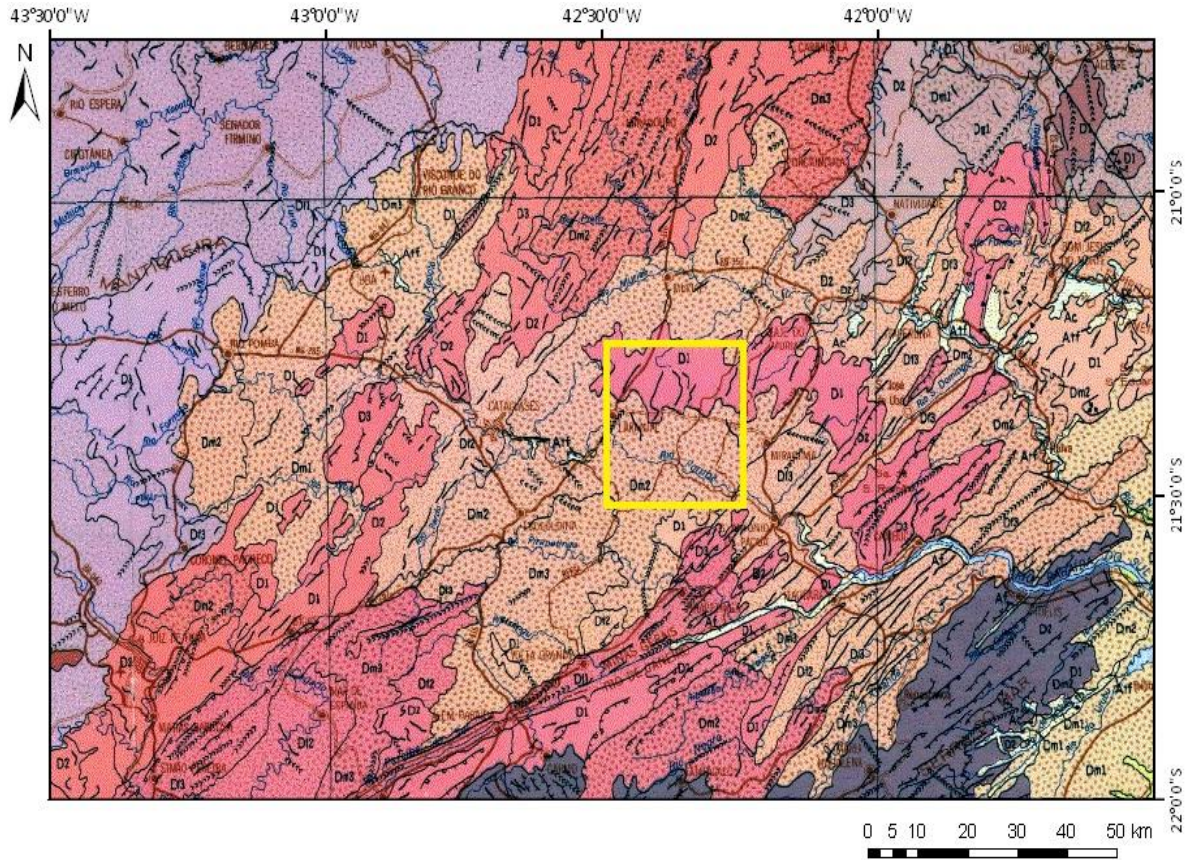
O Domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados, onde se encontra a área de estudo, é caracterizado, ainda segundo os autores, pelas evidências de movimentos crustais, deslocamentos de blocos e falhamentos transversos, o que explica o nítido controle estrutural refletido em sua morfologia atual. Tal domínio é composto por oito regiões geomorfológicas: Colinas e Maciços Costeiros, Planalto de Paranaciacaba, Escarpas e Reversos da Serra do Mar, Vale do Paraíba do Sul, Planalto de Amparo, Mantiqueira Meridional, Mantiqueira Setentrional e Compartimentos Planálticos do Leste de Minas.

O estudo situa-se, portanto, na região do Vale do Paraíba do Sul, especificamente em duas unidades geomorfológicas pertencentes a esta região, sendo o Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul e a Depressão Escalonada dos Rios Pomba-Murié (Figura 7), questões caracterizadas por Gatto *et al.* (1983) da seguinte forma:

- Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul: Corresponde ao setor médio da bacia do rio Paraíba do Sul, suas feições evidenciam o alto controle estrutural disposto em um conjunto de falhas e fraturas orientadas na direção NE-SW. A geomorfologia reflete fortemente a estrutura e os tipos de rocha locais, ocorrendo relevo tipo apalachiano e colinas convexo-côncavas de aprofundamentos variando entre 75 a 99 m, sulcos estruturais, cristas, linhas de cumeadas e escarpas erosivas. A unidade apresenta um padrão de drenagem subparalelo, que acompanha os lineamentos de fratura na direção NE-SW. As principais formas de acumulação sucedem-se ao longo do rio Paraíba do Sul, com cotas altimétricas inferiores a 200 m.

- Depressão Escalonada dos Rios Pomba-Muriaé: Apresenta um quadro morfológico bastante relacionado com controle climático, configurando um relevo dissecado pelas bacias dos rios Pomba e Muriaé. Dentro de sua continuidade espacial, ocorrem residuais da unidade Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul. Exibe um relevo escalonado com altimetria variando aproximadamente entre 100 e 700 m, possuindo cotas com valores crescentes na medida em que se aproxima da serra da Mantiqueira. Associados com a litologia Pré-cambriana resultam feições de relevo predominantemente de dissecação homogênea, com densidades finas e médias, obtendo aprofundamentos de 41 a 127 m.

A rede de drenagem é constituída pelas bacias dos rios Pomba e Muriaé, no qual possuem suas cabeceiras situadas na serra da Mantiqueira. Os rios entalham uma vasta depressão e ocorre acelerada erosão remontante nas encostas. O rio Pomba, por sua vez, faz um percurso de aproximadamente 180 km até sua desembocadura no rio Paraíba do Sul, a 117 de altitude, próximo a localidade de Itaocara-RJ, assim como o rio Muriaé, que faz confluência com o rio Paraíba do Sul, a 10 m de altitude, próximo a cidade de Campos-RJ. Os desníveis topográficos entre as cabeceiras dos rios Pomba e Muriaé e as sua foz, são superiores aos 500 m, ocorrendo trechos de planícies e terraços fluviais que se desenvolvem ao longo de ambos os rios.



DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS, REGIÕES E UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS													
Faixa de dobramentos remobilizados													
ESCARPAS E REVERSOS DA SERRA DO MAR													
D1	2.791	D2	6.607	D3	3.506								
Serra dos Órgãos													
COLINAS E MACIÇOS COSTEIROS													
Df	4.929	Dm	1.839	Dg	1.056	D1	726	D2	592	D3	619		
Colinas e Maciços Costeiros													
VALE DO PARAÍBA DO SUL													
Df	5.567	Dm	1.893	D1	2.115	D2	1.585	D3	1.067				
Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul													
Df	2.696	Dm	4.750	D1	2.255	D2	323						
Depressão Escalonada dos Rios Pomba—Muriaé													
MANTIQUEIRA SETENTRIONAL													
Df	1.398	Df	1.618	Dm	1.052	Dg	1.303	D1	1.077	D2	1.739	D3	350
Patamares Escalonados do Sul Capixaba													
Df	115	Dm	183	Dg	50	D1	2.448	D2	3.237	D3	494	D3	588
Maciços do Caparaó													
Dm	2.070	D1	2.688	D2	2.783	D3	2.631						
Serranias da Zona da Mata Mineira													
Escudo													
Pgl	97	Df	23.677	Dm	10.842	Dg	3.889	D1	1.048	D2	1.574	D3	1.237
Planalto dos Campos das Vertentes													

Figura 7: Mapa geomorfológico da área de estudo. Legenda incluindo somente as unidades referentes à área de estudo. Tipos de modelado: de Acumulação (A) – Ac (de enxurrada – área plana ou abaciada), Af (fluvial), Af1 (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 recorte em amarelo representa a área de estudo. Fonte: Gatto *et al.* (1983). Modificado de Baiense (2011).

3. NEOTECTÔNICA

3.1 O Conceito de Neotectônica

Obruchev (1948 *apud* Saadi, 1993) introduziu este termo para fazer referência a movimentos da crosta terrestre que ocorreram durante o Terciário tardio (Mioceno e Plioceno) e Quaternário que tiveram uma atuação decisiva para a forma atual dos relevos. Outros autores desenvolveram definições não muito diferentes desta, cada qual em função do contexto geotectônico e morfoclimático das regiões estudadas, sendo as últimas mais compatíveis com a teoria da Tectônica de Placas.

A partir destas discussões, em 1978, a Comissão de Neotectônica da Associação Internacional de Estudos do Quaternário (INQUA) definiu os movimentos neotectônicos como qualquer movimento da Terra ou deformação do nível de referência geodésico, seus mecanismos, sua origem (não importando quão antiga seja), suas implicações práticas e suas extrapolações futuras, incluindo toda a escala de tempo dos movimentos, desde os instantâneos (sismos) até 10^7 anos, caso necessário, para permitir o entendimento da origem do movimento registrado (MELLO, 1997).

Segundo Summerfield (1986 *apud* Silva, 2006), o intervalo de tempo geológico da neotectônica englobaria os movimentos da crosta com escalas de tempo variando desde os dias atuais até o Neógeno, não sendo possível ser mais antigos que isso. Conforme exposto por este autor, os movimentos neotectônicos estão diretamente relacionados com a evolução da paisagem de uma região.

De acordo com Hasui (1990), a neotectônica está relacionada com a tectônica ressurgente. Esta última é considerada como uma manifestação tectônica intermitente de falhas em episódios separados por períodos de quiescência. O autor argumenta que dependendo dos esforços em que as estruturas são submetidas, é mais fácil reativar uma falha preexistente em uma zona de fraqueza do que nuclear uma nova falha, além disso, acrescenta que a tectônica ressurgente tem fundamental importância na evolução da crosta continental, podendo gerar a reativação não só de uma falha, mas a de um sistema tectônico inteiro, como se as manifestações geológicas tivessem uma herança estrutural crônica.

Tratando-se de neotectônica no Brasil, Hasui (1990) considera que esta deva abranger o intervalo de tempo geológico a partir dos processos que resultaram na deriva do continente sul-americano (após meados do Terceário), justamente por serem movimentos ainda vigentes, com manifestações de ambiente intraplaca. No que diz respeito ao início das manifestações

neotectônicas no Brasil, o autor considera como marco cronológico para a ocorrência destas, o início da deposição da Formação Barreiras e do último pacote das bacias costeiras, além do fim do magmatismo no território brasileiro (12 Ma, no nordeste).

No entanto, Saadi (1993) observa que a dificuldade para se chegar ao consenso de um período neotectônico universal é algo compreensível, considerando que, cada região do globo está sob uma evolução tectônica diferente, e as tensões relacionadas a estes diferentes estágios de evolução, podem variar de acordo com o posicionamento das regiões em relação ao arranjo das placas litosféricas. Em sua análise, o autor diz que embora existam divergências conceituais em relação ao intervalo de tempo geológico para os eventos neotectônicos, há um consenso entre os autores no que diz respeito à relação obrigatória entre a neotectônica e a configuração da morfologia atual do relevo, independente da idade das feições em questão.

Deste modo, este trabalho empregou o conceito de neotectônica no mesmo sentido usado por Silva (2006), no intuito de estabelecer as movimentações tectônicas recentes que apresentam influência na configuração da morfologia atual, sendo traçado um limite temporal para a ocorrência destes movimentos a partir do Neógeno (23 Ma).

Trifonov (1989) citado em Saadi (1993) ressaltou algumas circunstâncias que demonstram a importância dos estudos neotectônicos nas Geociências, elencando: a possibilidade de observar, medir e datar de maneira mais acurada movimentos tectônicos cenozoicos; a correlação da tectônica superficial com estruturas profundas por métodos geofísicos torna possível a construção de modelos tridimensionais; a comparação entre a tectônica ativa e as manifestações cenozoicas pretéritas, possibilita correlacionar os produtos dos eventos em escalas de tempo geológico médio e real, além de compreender a complexidade de suas evoluções.

Os estudos neotectônicos vêm sendo reconhecidos no Brasil a partir do final dos anos 70, quando se iniciaram as construções de grandes obras de engenharia, como a usina nuclear de Angra dos Reis, barragens e hidrelétricas (SALVADOR, 1994). Os dados históricos e estatísticos sobre a sismicidade e estabilidade tectônica regional são de suma importância para o planejamento e execução destes empreendimentos, a fim de garantir a segurança populacional.

3.2 Neotectônica no Sudeste do Brasil

Em conformidade com Saadi (1993), a plataforma brasileira sofreu deformações tectônicas cenozoicas por toda sua extensão. A reativação das antigas zonas de fraqueza resultou numa compartimentação em unidades neotectônicas. Adiante será visto um breve resumo da evolução tectônica do Sudeste brasileiro, com ênfase na principal estrutura tectônica regional, o Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (Zalán & Oliveira, 2005), justamente por esta abranger e influenciar a área de estudo.

Os primeiros estudos sobre a atividade tectônica cenozoica no sudeste do Brasil foram destinados aos maciços litorâneos (Serra do Mar e Serra da Mantiqueira), onde se insere o Sistema de *Rifts* da Serra do Mar, definido por Almeida (1976 *apud* Riccomini *et al.*, 2004) como um complexo de vales tectônicos, áreas montanhosas soerguidas por falhas e bacias sedimentares menores de origem tectônica do Sudeste do Brasil. O Autor considerou esta estrutura como um dos aspectos topográficos mais notáveis da margem atlântica das Américas, originária de movimentos verticais opostos entre a Bacia de Santos e a área continental adjacente, e sua evolução estaria associada a um mecanismo de origem termal desenvolvido no manto superior, ocorrido entre o Neojurássico e o Eocretáceo. Este evento teria gerado o alçamento da região da Serra do Mar anteriormente à abertura do Atlântico.

Asmus & Ferrari (1978) apresentam uma hipótese para a causa do tectonismo cenozoico na região Sudeste do Brasil, onde se baseiam no modelo geral de evolução da margem continental (figuras 8 e 9) e inferem um episódio tectono-térmico iniciado no Permiano-Triássico, que envolvendo as linhas de fraqueza do Pré-Cambriano, originou um notável soerguimento crustal em forma de domo. Os autores acrescentam que, os processos de afinamento da crosta de um lado e grandes aportes sedimentares de outro, refletiram em um desequilíbrio isostático entre as áreas continentais e oceânicas. Movimentos verticais opostos de soerguimento e subsidência foram contínuos em busca de se atingir o equilíbrio entre as duas porções. Por fim, já no Terciário, o rompimento da resistência litológica, culminou na reativação ao longo de antigas zonas de fraqueza resultando em blocos crustais basculados e escalonados, modificados por processos exógenos, que são representados pela configuração atual da Serra do Mar, Serra da Mantiqueira, Maciço da Carioca e cavas intermediárias como o hemi-gráben do Paraíba do Sul e Baixada Fluminense.

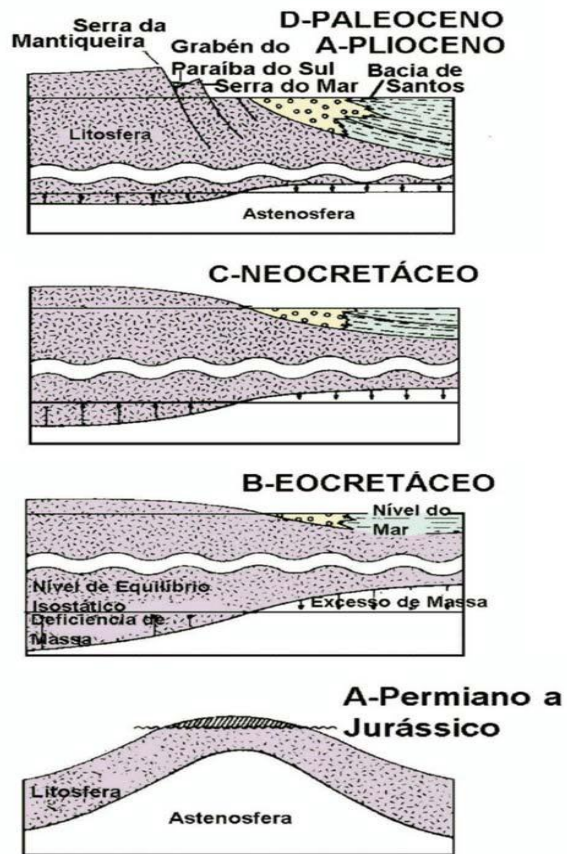


Figura 8: Modelo evolutivo para a margem continental do sudeste do Brasil e a formação das bacias terciárias. Fonte: Retirado de Silva (2006).

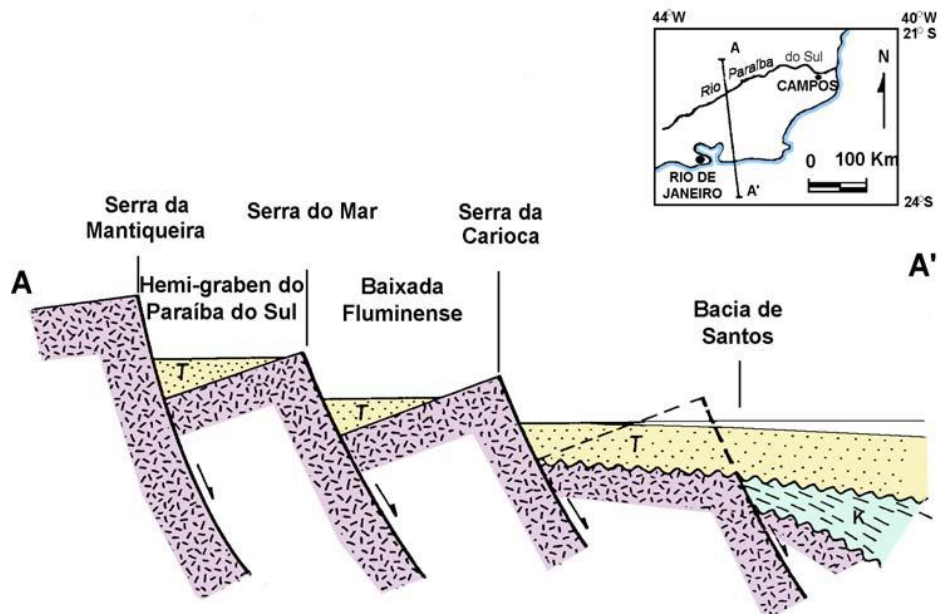


Figura 9: Perfil geológico esquemático da margem continental do sudeste do Brasil, ressaltando o caráter escalonado das falhas e o basculamento dos blocos formando áreas elevadas e depressões. Fonte: Retirado de Silva (2006).

Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004) utilizaram o termo *Rift Continental* do Sudeste do Brasil (RCSB) para designar a feição tectônica de idade cenozoica compreendida entre as cidades de Curitiba, no Paraná, e Barra de São João, no Rio de Janeiro, numa extensão de pouco mais de 900 km. O RCSB apresenta-se como uma faixa estreita e deprimida, alongada segundo a direção ENE. O autor acrescenta que o basculamento termomecânico da bacia de Santos estaria submetido a um campo de esforços distensionais NNW-SSE, e que estes esforços geraram reativações, principalmente normais, ao longo das zonas de cisalhamento preexistentes e a formação de hemi-grábens. O autor propõe uma sequência de quatro eventos tectônicos responsáveis pela formação e deformação do RCSB:

- 1ª Fase Tectônica (Eoceno-Oligoceno) - Distensão NNW-SSE

A evolução sedimentar e tectônica do segmento central do RCSB teria se iniciado pela formação de uma depressão contínua, originada por esforços distensivos de direção NNW-SSE, reativando antigas zonas de fraqueza. Esta distensão, ocorrida entre o Eoceno e o Oligoceno, teria sido imposta pelo basculamento termomecânico da bacia de Santos. Associado a estes mecanismos, depositou-se uma sucessão sedimentar de leques aluviais e rios entrelaçados.

- 2ª Fase Tectônica (Neógeno) - Transcorrência Sinistral E-W

Uma primeira fase de deformação do RCSB, provavelmente ocorrida entre o Oligoceno e o Neógeno, foi caracterizada como um regime de transcorrência sinistral de direção E-W, com extensão NW-SE e, localmente, compressão NE-SW.

- 3ª Fase Tectônica (Pleistoceno/Holoceno) - Transcorrência Dextral E-W

Esta fase tectônica é representada por um regime de transcorrência dextral E-W, e também por um regime de compressão NW-SE, tendo sido admitida uma idade pleistocênica a holocênica. De acordo com Silva (2006), este evento tectônico é muito bem marcado em todo o Sudeste brasileiro, sendo reconhecido por diversos autores, tais como Riccomini (1989); Saadi (1990); Salvador (1994); Salvador & Riccomini (1995); Mello (1997); Costa *et al.* (1998); Pires Neto *et al.* (1998); Morales *et al.* (1998); Gontijo (1999); Ferrari (2001); Sarges (2002); Albuquerque (2004); Sanson (2006).

- 4ª Fase Tectônica (Holoceno) – Distensão WNW-ESE

A última fase tectônica corresponde a um regime distensivo, com direção NW(WNW)-SE(ESE), afetando os depósitos holocênicos.

Destes eventos, segundo o limite temporal estabelecido por Hasui (1990), apenas os três últimos podem ser considerados neotectônicos. De acordo com Saadi (1993), o caráter das tensões ocorridas no interior das placas litosféricas é definido pelo contexto geotectônico global no qual se insere a placa considerada. No caso da plataforma sul-americana, deve ser assinalado o importante controle exercido pelos efeitos da subducção da Placa de Nazca sob a Placa Sul-Americana e a influência do *ridge push* da Dorsal Meso-Atlântica sobre a margem continental passiva.

Zalán & Oliveira (2005) denominam a associação das serras do Mar e da Mantiqueira com os vales tectônicos intervenientes e suas adjacências na plataforma continental das bacias de Santos e Campos de Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (SRCSB). Os autores trouxeram uma análise estrutural mais abrangente desse sistema, estendendo o modelo para além das áreas dos restritos depósitos sedimentares residuais, englobando, desta forma regiões adjacentes ao SRCSB. Estes autores denominaram como riftes os corredores de vales tectônicos ao longo de falhas normais planares e rotacionais, e definiram como grábens e sub-grábens compartimentos tectônicos menores dentro dos riftes maiores. O termo bacia foi utilizado para as pequenas e eventuais acumulações sedimentares que ocorrem dentro dos grábens. A alternância entre serras e vales/planícies do Sudeste do Brasil foi interpretada, pelos autores, como uma notável sucessão de horstes e grábens escalonados, assimétricos, com bordas falhadas e flexurais, com zonas de acomodação e falhas transferentes.

A formação do SRCSB segundo Zalán & Oliveira (2005) estaria relacionada à passagem da Placa Sul-Americana sobre uma anomalia térmica (*hot spot* de Trindade), que teria gerado o soerguimento de uma enorme área há cerca de 89-65 Ma. Este soerguimento formou um megaplanalto com cerca de 300 000 km² (Serra do Mar Cretácea) que transformou-se na principal área-fonte de sedimentos das bacias de Santos, Campos e Paraná. Ainda segundo os autores, ao passo que o megaplanalto era alçado, seu topo era nivelado pela erosão, e ao final do seu soerguimento, a erosão moldou uma superfície de aplainamento (superfície do Japi) nivelada aproximadamente a 2000 m acima do atual nível do mar. O grande volume do aporte sedimentar carregado para as bacias de Santos e Campos tornou a

estrutura isostaticamente instável, que colapsou durante o Paleoceno e o Eoceno, formando corredores de grábens paralelos à costa.

Os remanescentes topográficos deste megaplanalto constituem hoje em dia as partes altas das serras do Mar e da Mantiqueira, modificadas por basculamento dos blocos, além de quatro grandes riftes (figura 10) ou corredores de grabéns, sendo eles o Rifte do Paraíba do Sul; o Rifte Litorâneo; o Rifte Ribeira e o Rifte Marítimo (ZALÁN & OLIVEIRA, 2005).

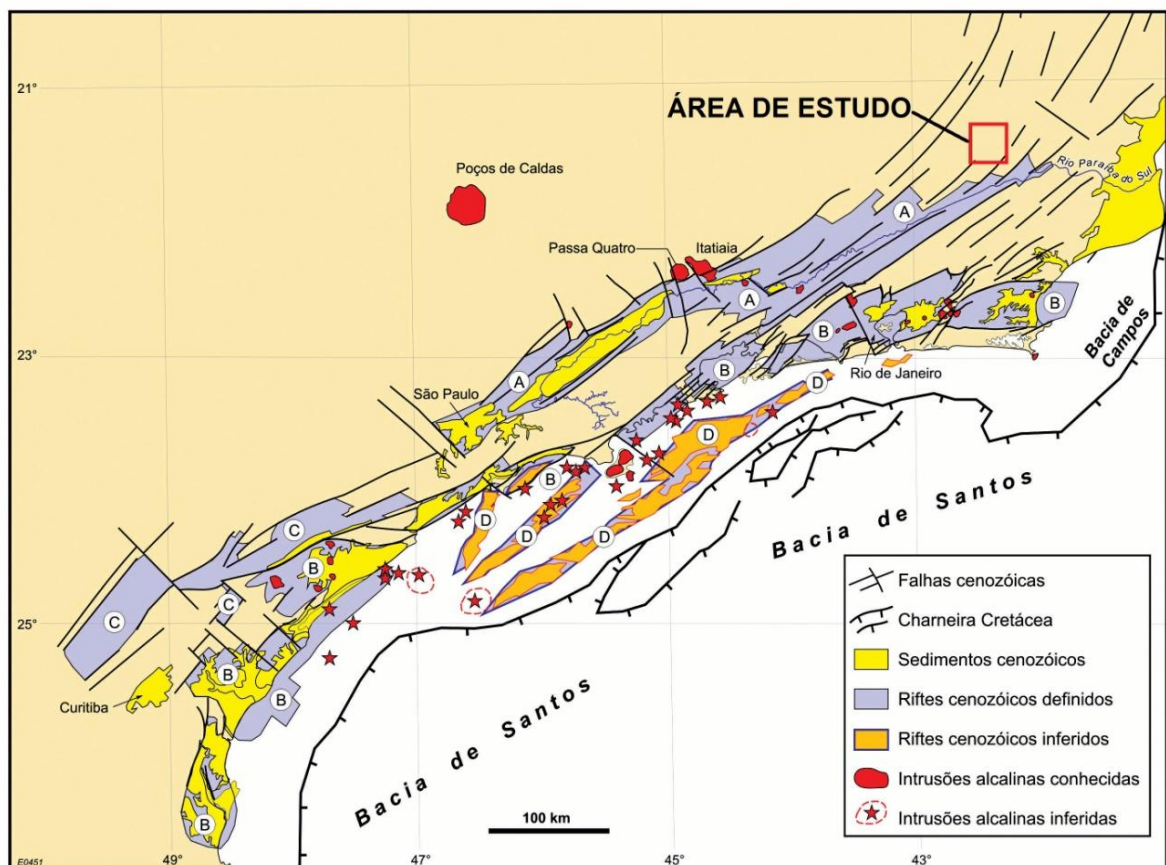


Figura 10: Mapa de distribuição dos quatro riftes do SRCBS: (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira, e (D) Marítimo; de suas falhas limitantes, preenchimentos sedimentares, intrusões/lavas alcalinas, charneira cretácea das bacias de Santos/Campos e o Rio Paraíba do Sul, com destaque para a área de estudo dentro do contexto do SRCBS. Fonte: Modificado de Zalán & Oliveira (2005).

3.3 Neotectônica na Área de Estudo

Tratando-se da área de estudo, Baiense (2011) em uma pesquisa de maior escala encontrou falhas relacionadas a movimentações recentes (Figura 11), além de lineamentos topográficos com a mesma orientação, sugerindo, desta forma, que há um controle tectônico na área em questão.

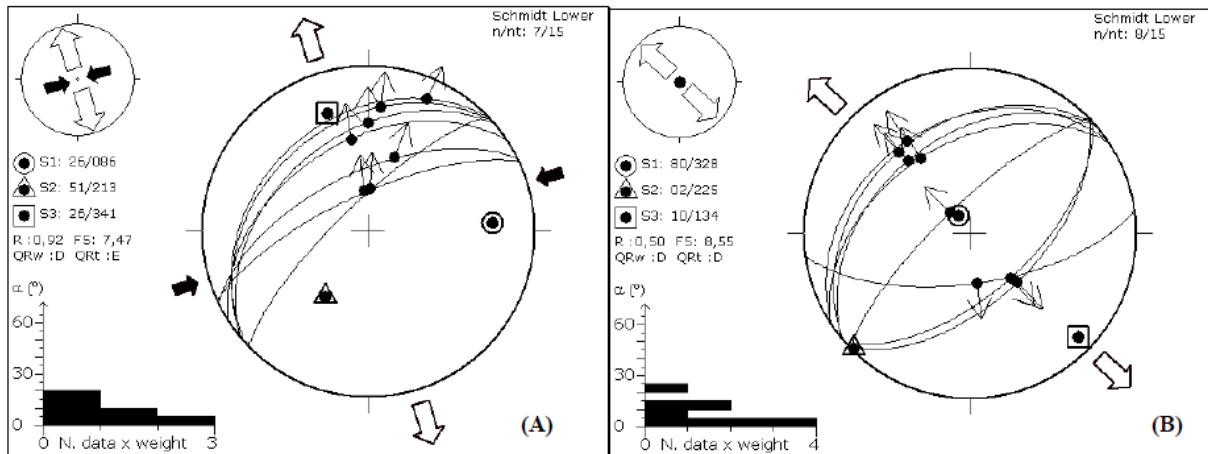


Figura 11: Projeções estereográficas e o campo de tensão associados a: (A) falhas dextrais normais e normais dextrais NE-SW correspondentes a um regime de Transcorrência Sinistral E-W; e (B) falhas normais ENE-WSW e NE-SW que estão associadas a um regime de Distensão NW-SE. Fonte: Baiense (2011).

Em corte de estrada na rodovia MG-285, Baiense (2011) reconheceu falhas dextrais normais e normais dextrais NE-SW, relacionadas a um regime de transcorrência Sinistral E-W com rotação para NW-SE, e falhas normais ENE-WSW e NE-SW, associadas a um regime de Distensão NW-SE. O segundo grupo de falhas afeta a cobertura cenozoica, enquanto as falhas do primeiro grupo afetam apenas o embasamento alterado.

4. MORFOTECTÔNICA

4.1 Aspectos Gerais Sobre Morfotectônica

Gerasimov & Mescherikov (1968 *apud* Silva *et al.*, 2006) consideraram que os termos morfoestrutura e morfotectônica apresentam significados distintos, portanto, suas utilizações devem ser aplicadas em diferentes análises geomorfológicas. Segundo os autores, o conceito de morfoestrutura está relacionado com uma paisagem em avançado grau de evolução das formas de relevo. Estas formas são resultantes da combinação do elemento estável, ou seja, a estrutura geológica pré-existente, com os elementos dinâmicos, ou agentes externos, que modelam a superfície do terreno. Em conformidade com Cotton (1968), citado por Silva *et al.* (2006), a utilização deste termo deve ser aplicada em análises de escala regional que se trate de estudos que busquem relacionar o controle litológico subjacente ao arranjo das morfologias existentes.

Enquanto, o termo morfotectônica de acordo com Summerfield (1986) citado por Gontijo (1999) deve ser aplicado quando a elaboração das formas ou paisagens se processa

sob o controle tectônico ativo. Neste contexto, de acordo com Saadi (1991 *apud* Gontijo, 1999), o termo morfoestrutura está relacionado aos compartimentos morfológicos que apresentam características de um controle estrutural, já o termo morfotectônica deve ser utilizado somente quando a elaboração da paisagem evolui sob um controle tectônico ativo, e ainda conforme o autor, a análise morfotectônica deve ser entendida como um processo para compreender a atividade neotectônica a partir das formas e feições por esta última controladas. Já Panizza & Castaldini (1987 *apud* Silva, 2004) afirmam que as relações entre o relevo e a neotectônica abordam um ramo específico dentro dos estudos morfotectônicos denominado morfoneotectônica.

As formas morfotectônicas são passíveis de serem identificadas por feições e características específicas do relevo e da drenagem. Summerfield (1991 *apud* Silva, 2004), afirmam que a presença de falhas ativas gera uma diversidade de estruturas, como por exemplo, basculamentos de blocos, escarpas, flexuras e subsidências. Estas estruturas, por sua vez, formam distintas feições morfológicas, que são responsáveis pela criação de padrões específicos de paisagens descritos a seguir: relacionadas às falhas transcorrentes, podem ser encontradas feições geomorfológicas como vales lineares e escarpas; as principais feições relacionadas às falhas normais são os *rift-valleys*, caracterizados por feições em *horsts* e *grabens* (sobre estes últimos é comum a ocorrência de lagos), além de degraus escalonados, facetas trapezoidais e triangulares associadas a leques aluviais; falhas reversas podem gerar feições de soergimento de terraços.

As formas de relevo estão em constante transformação devido aos agentes endógenos e exógenos. A dinâmica entre estes fatores faz com que o terreno esteja em alternados estados de equilíbrio e desequilíbrio. Portanto, Morisawa (1975), Ollier (1981) e Sylvester (1988) citados em Gontijo (1999), destacam que as feições de relevos tectônicos ou *landforms* tectônicos, são estruturas que possuem pequena durabilidade, pois são facilmente erodíveis e sua preservação depende principalmente das condições climáticas da região.

4.2 Morfotectônica no Sudeste do Brasil

Thomas & Summerfield (1987 *apud* Gontijo, 1999) propuseram modelos para elucidar a evolução geomorfológica das margens passivas e seus resquícios topográficos de longa duração, onde concluem que este relevo é uma herança direta dos processos geodinâmicos relacionados à formação da margem em suas diferentes etapas de evolução. Neste raciocínio, incluem os estágios pré-rifte e rifte, associados a soergimento magmático, ruptura litosférica

e estiramento crustal, e o pós-rifte, comandado por movimentos rotacionais envolvendo a subsidência da margem e o soerguimento. Ainda segundo os autores, as idades relativas das margens de riftes são estabelecidas como superiores a 60 Ma. Durante este intervalo, a atuação erosiva teria tempo suficiente para favorecer o desmonte dos flancos dos riftes soerguidos durante o início da formação da margem continental, porém, mesmo que muitas margens de riftes já tenham alcançado o estágio de maturidade, com erosão avançada, elas ainda apresentam relevo que confirma a vigência de arqueamentos marginais, por exemplo, como ocorre em grandes elevações e relevos movimentados nas terras altas do Sudeste do Brasil, nas serras do Mar e da Mantiqueira, onde foi formado o SRCSB, que apresenta em toda sua extensão, várias formas residuais derivadas destes processos tectônicos como *horsts* e *grabens*, blocos basculados, escarpas, flexuras e subsidências.

A rede de drenagem das áreas de influência do SRCSB sofreu, durante a evolução deste sistema, forte reorganização de sua configuração. A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, onde está localizada a área de estudo, revela muitos destes controles morfotectônicos. A feição mais marcante apresentada pela bacia, foi batizada por Almeida *et al.* (1975 *apud* Silva, 2006) como Lineamento de Além Paraíba. Segundo o autor, esta feição se caracteriza por apresentar um traçado retilíneo adaptado a um expressivo lineamento estrutural, que se destaca na paisagem da depressão topográfica do rio Paraíba do Sul, possuindo cerca de 260 km de extensão e uma média de 10 km de largura, e litologia composta por milonitos extremamente recristalizados, com direção principal ENE. Dayan & Keller (1990 *apud* Silva, 2006) redefiniram esta feição como Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (ZCRPS), associada a uma deformação dúctil.

4.3 Morfotectônica na Área de Estudo

Ferreira (2018), utilizando o Fator de Simetria Topográfica Transversa, encontrou bacias de drenagem assimétricas na área de estudo (Figura 12), indicando que a morfologia destas bacias pode ter sido remodelada por basculamento de blocos originados por movimentações cenozoicas.

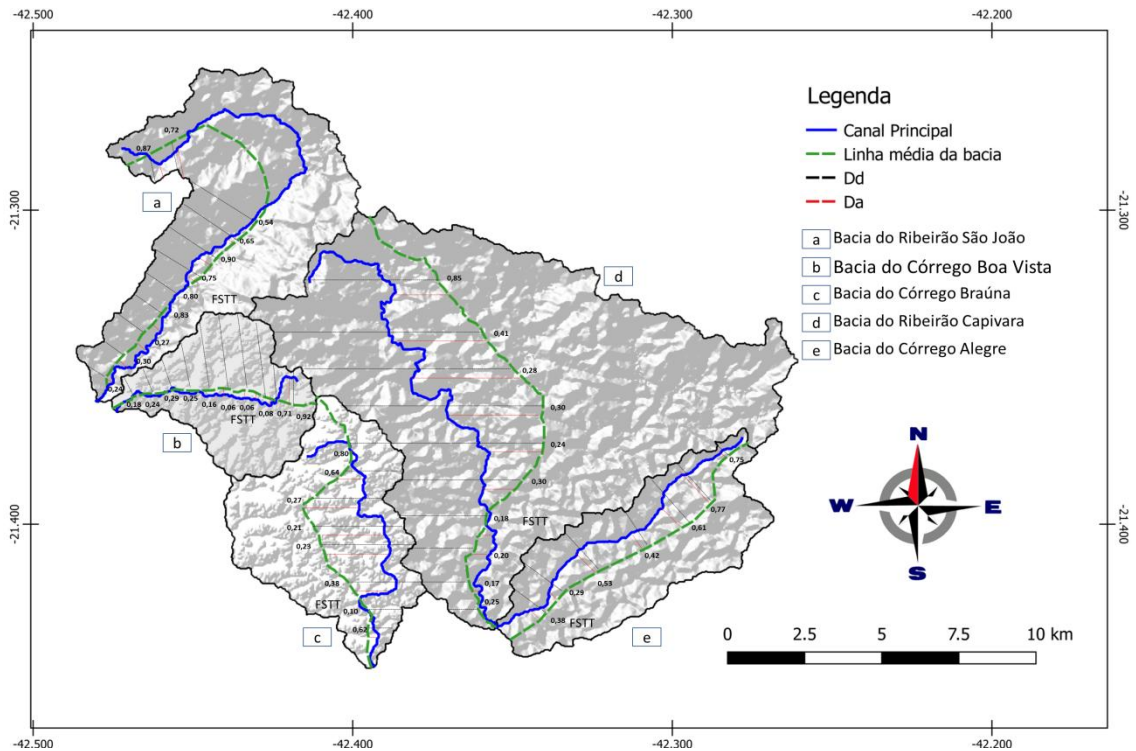


Figura 12: Análise das bacias com os valores de D_a e D_d e o fator de Simetria Topográfica Transversa. Fonte: Ferreira (2018).

5. MÉTODOS E TÉCNICAS

A partir do embasamento teórico adquirido na literatura sobre a abordagem morfotectônica, a metodologia utilizada neste trabalho baseia-se na identificação de feições geomorfológicas controladas por manifestações tectônicas recentes.

Os estudos de gabinete realizados neste trabalho tiveram como estrutura o Laboratório de Geologia e Análise de Sedimentos do Departamento de Geografia da UFF/Campos. Foram utilizados dados de sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento para a geração de mapas geomorfológicos e morfotectônicos, que foram, por seguinte, analisados comparativamente com o substrato geológico regional a fim da interpretação dos processos controladores da paisagem. Para isso, foram cumpridos os seguintes passos metodológicos:

5.1 Hipsometria

O mapa hipsométrico permite a representação da variação de altitude do terreno em relação ao nível do mar utilizando uma graduação de cores para cada cota de elevação topográfica. As variações altimétricas e a diversificada configuração das formas de relevo

segundo Gatto *et al.* (1983), podem revelar importantes informações tectono-estruturais, além de terem uma direta relação com a litologia e os fatores paleoclimáticos locais. A partir disto, este trabalho iniciou suas análises pela elaboração de um mapa hipsométrico, objetivando organizar espacialmente as diferenças de elevação do relevo e ressaltar setores topograficamente deprimidos mais favoráveis à preservação do registro sedimentar cenozóico. Esta metodologia seguiu a linha de análise abordada por Silva (2006), Baiense (2011) e Silva (2012).

A construção do mapa hipsométrico, foi feita com base em um Modelo Digital de Elevação adquirido no banco de dados do TOPODATA disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>. A imagem de satélite foi recortada para a escala de 1:50.000, após isto foram selecionadas as classes altimétricas em que o mapa foi composto e realçadas em uma graduação de cores, facilitando, desta forma, a visualização da configuração dos compartimentos topográficos como um todo. Ao fundo do mapa hipsométrico foi adicionado o sombreamento do relevo com o intuito de otimizar a observação da estruturação do terreno e ressaltar a orientação litológica e os lineamentos topográficos da área de estudo. Para se realizar tais tarefas foi utilizado o *software Qgis 2.14.0-Essen*.

5.2 Abordagem Morfotectônica a Partir da Rede de Drenagem

Como visto anteriormente, a abordagem morfotectônica deve ser compreendida como uma metodologia geomorfológica desenvolvida para a identificação de atividades neotectônicas a partir da análise das feições que são possivelmente por estas controladas. A rede de drenagem demonstra de forma mais evidente as atividades tectônicas em relação às feições apresentadas pelo relevo. Tais atividades podem ser identificadas por meio de características apresentadas pela drenagem, refletindo-se principalmente em capturas de drenagem que geram anomalias como divisores planos, vales secos ou abandonados, vales assimétricos, cotovelos, canais afluentes com ângulos obtusos, confluência de mais de dois tributários, entre outros, conforme observado por Ollier (1981), Cox (1994), Bishop (1995) e Burbank & Anderson (2001), mencionados por Silva (2012).

Bishop (1982 *apud* Silva *et al.*, 2006), reporta que um canal fluvial acompanha a declividade regional sempre em rotas mais fáceis de escoamento. Desta forma, quando um trecho do canal apresenta um fluxo discordante da declividade, sugere-se que houve um

desvio, podendo este último ser ocasionado pela erosão da drenagem em litologias distintas ou por eventos neotectônicos.

As anomalias de drenagem, de acordo com Bishop (1995) são produto do processo de captura e reorganização da rede de drenagem, ou seja, a transferência parcial ou total do fluxo de um canal para outro adjacente. As capturas de drenagem (Figuras 13 e 14) ocorrem quando um canal fluvial erode mais agressivamente que outro adjacente, resultando na captura de sua descarga por interceptação. A erosão acelerada se dá pelo aumento da declividade derivada de movimentos tectônicos ou por erosão diferencial entre diferentes litologias. A interrupção da drenagem ocorre quando a taxa de soerguimento excede a taxa de escavação, já os falhamentos, sobretudo os transcorrentes, resultam em deslocamentos na drenagem ao longo da linha de falha. O autor identifica os principais mecanismos para a reorganização da rede de drenagem resultante das capturas de drenagem, sendo eles o desvio e a decapitação, que serão detalhados a seguir:

O desvio é resultante da migração lateral do canal, envolvendo o deslocamento de um canal para uma área de captação adjacente, podendo resultar em vales abandonados. Processos tectônicos como basculamento de blocos, domeamento e soerguimento crustal são os principais causadores dos desvios, mas estes podem ser ocasionados por outros fatores como migração de canal e fluxos catastróficos.

A decapitação envolve a reorganização da bacia e da linha de drenagem. Na reorganização da bacia ocorre uma progressiva invasão de uma das bordas da cabeceira para a cabeceira divisora, resultando na transferência da área capturada de um sistema para o outro. Já no segundo caso a reorganização envolve tanto a transferência da cabeceira como da linha de drenagem. Sua evolução ocorre progressivamente através do processo de erosão remontante, resultando na consumação das cabeceiras.

As evidências mais comuns de capturas são os cotovelos e os vales secos. Os primeiros mostram o ponto de captura do rio, apresentando frequentemente um ângulo de 90°, e indicam a direção da mudança do canal. Quando a rede de drenagem apresenta uma grande quantidade de cotovelos de captura, é denominada *barbed drainage*. Já os vales secos são as feições de vales abandonados que surgem após a captura, sendo caracterizados pela presença de sedimentos fluviais entre o cotovelo e o canal que segue o antigo fluxo. Outras feições encontradas são os níveis de base locais e reentrância de anfiteatros.

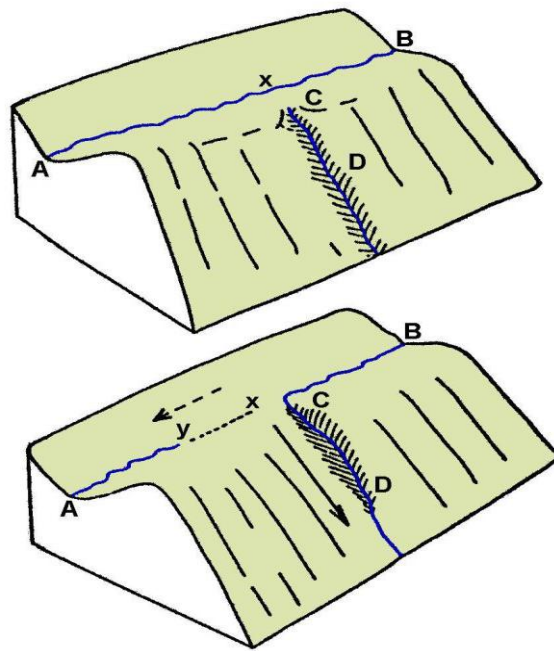


Figura 13: Processo de captura de drenagem por erosão remontante deixando na paisagem um vale abandonado. Fonte: Suguio (1999), retirado de Ignacio (2017).

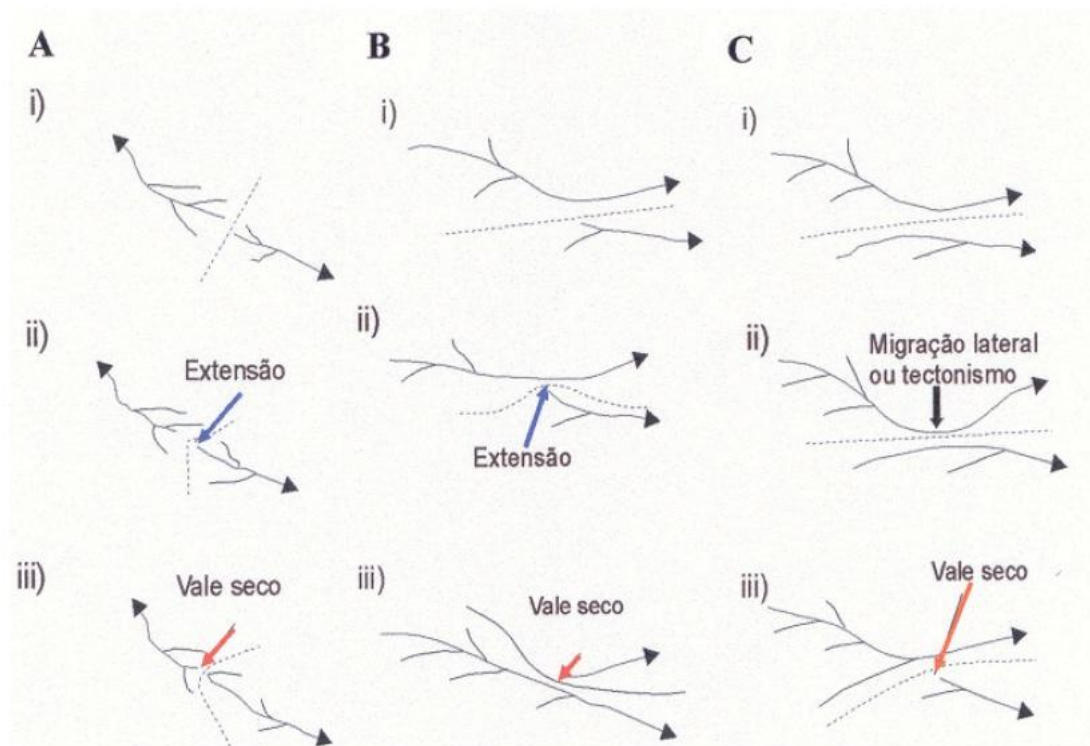


Figura 14: Formas de rearranjo de drenagem. A linha tracejada é o divisor da drenagem. (A) capturas por extensão da cabeceira, (B) e (C) capturas através de invasão lateral de uma bacia de drenagem adjacente, ou através de extensão de cabeceira de um tributário (B) ou migração lateral de um rio para capturar um tributário adjacente (C). Em todas as situações espera-se rejuvenescimento de cabeceira do rio capturado no ponto de captura ou a montante deste. Fonte: Modificado de Bishop (1995). Retirada de Silva *et al.* (2006).

5.2.1 Elaboração do Mapa de Anomalias de Drenagem

Esta pesquisa se submeteu a uma análise aprofundada da drenagem baseada em estudos morfotectônicos, e realizou a investigação, mapeamento e classificação das anomalias de drenagem seguindo o modelo de Bishop (1995), Mello *et al.* (1995), Castro (2004) e Ignacio (2017).

As bases cartográficas para a elaboração destas tarefas foram a carta topográfica de Palma na escala de 1:50.000 em sua forma física e os arquivos vetoriais em formato *shapefile* da drenagem e das curvas de nível referentes à mesma carta, baixados do banco de dados do IBGE disponível em: https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm.

Primeiramente, realizou-se uma análise minuciosa da carta física, o que permitiu a identificação, o mapeamento e posteriormente a classificação das anomalias de drenagem. Após isso, os dados obtidos foram transferidos para o meio digital, onde foram processados no *software Qgis 2.14.0-Essen*. Neste programa criou-se um *shape* com cor diferente para cada classificação das anomalias representadas no mapa.

5.2.2 Elaboração do Mapa das Falhas Inferidas e da Reorientação dos Fluxos

Nesta etapa, foram utilizadas as mesmas bases cartográficas do mapa anterior, realizando-se primeiramente a análise da carta física e em seguida trabalhados os dados adquiridos utilizando o *software Qgis*. A metodologia para este mapeamento seguiu o enfoque de análise de Mello *et al.* (1995).

Observando os pontos das capturas no mapa de anomalias de drenagem, foram estabelecidos os sentidos de escoamento do fluxo antigo e o do fluxo novo, gerados após a reorientação destes canais, resultante do desnível topográfico ocasionado pelas movimentações tectônicas. A partir disso, foram inferidas as falhas que possivelmente ocasionaram esta reorientação, em um sentido ortogonal aos novos fluxos. Foram utilizadas setas na cor branca para representar os fluxos antigos e setas pretas para representar os novos fluxos.

5.2.3 Elaboração dos Perfis Longitudinais da Drenagem

Seguindo o enfoque de análise de Silva *et al.* (2006), elaborou-se os perfis longitudinais dos canais que mais apresentaram anomalias dentro da área de estudo, que

foram o Córrego João da Mata, Córrego Chalé e Córrego da Mata, localizados na extremidade setentrional do mapa de anomalias de drenagem. Mediu-se na carta física cada distância entre as curvas de nível em que a extensão da drenagem corta, fazendo isso desde a cabeceira do canal até a sua confluência com outro rio a jusante. Os dados extraídos da carta física foram transferidos para o *software Origin 8*, onde foram gerados os gráficos em linha dos perfis longitudinais.

5.2.4 Confecção do Mapa Morfotectônico

Os dados do mapa de anomalias de drenagem e os do mapa das falhas inferidas e reorientação dos fluxos foram agrupados, utilizando o *software Qgis*, em um só projeto, obtendo-se como produto, o mapa morfotectônico da área de estudo. Após a geração deste mapa, realizou-se o cruzamento dos dados primários obtidos durante esta pesquisa e destes com as características da estrutura e geologia regional.

6. RESULTADOS

6.1 Análise Hipsométrica

O mapa hipsométrico (Figura 15) evidenciou as diferentes altitudes existentes na área de estudo, onde as menores cotas são representadas pelos intervalos altimétricos de 100 a 250 metros e as maiores vão de 700 a aproximadamente 800 metros. As cotas predominantes no mapa variam entre 100 e 400 metros.

As maiores altitudes estão localizadas especificamente na porção setentrional do mapa, onde prevalecem cristas alinhadas e estruturas bem marcadas orientadas nas direções NE-SW e NW-SE, concordantes com a orientação majoritária das falhas inferidas e dos trechos retilíneos da drenagem que foram aqui mapeados e serão apresentadas posteriormente neste trabalho. Já na parte meridional, pode-se observar com maior nitidez a depressão topográfica do rio Pomba, com relevo retrabalhado por ação erosiva e sedimentar.

O mapa de sombreamento do relevo é utilizado para proporcionar uma aparência tridimensional do terreno baseando-se no ângulo da iluminação incidente na superfície e a sombra gerada pela mesma. A inclusão do relevo sombreado ao fundo do mapa hipsométrico permitiu a observação das cristas alinhadas e das estruturas marcadamente retilíneas na

topografia da área de estudo, facilitando, desta forma, a identificação do controle estrutural em que esta área está submetida.

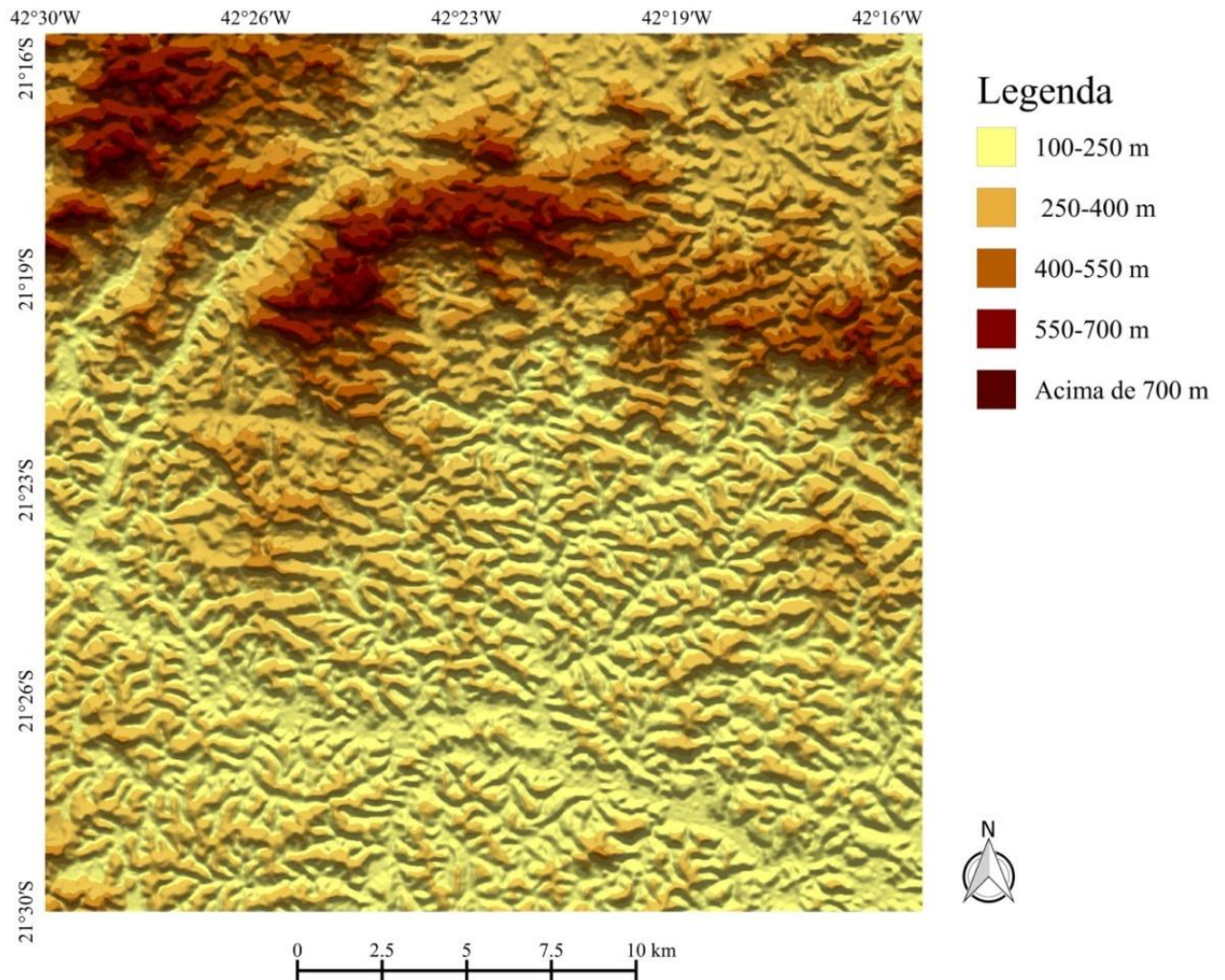


Figura 15: Mapa hipsométrico da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2 Mapa de Anomalias de Drenagem

O processo de captura de drenagem que gera as anomalias deixa vestígios de fácil identificação quando analisados na carta topográfica, como, por exemplo, linhas de drenagem avulsas sem a separação de uma curva de nível entre elas; divisor representado por um vale abandonado, podendo por vezes ocorrer a presença de lagos; curvas abruptas associadas a vales secos, formando cotovelos.

A partir da análise da carta topográfica de Palma foi realizado o mapeamento (Figura 16) das anomalias de drenagem com base na classificação de Bishop (1995), Mello *et al.* (1995), Castro (2004) e Ignacio (2017). Foram identificadas 16 capturas de drenagem, classificadas e quantificadas como canais colineares com divisor plano (5); canais não colineares com divisor plano (7); cotovelos associados a divisor plano (4). Além disso, foram encontradas 4 feições em potencial processo de captura e mapeados 91 trechos retilíneos da drenagem, totalizando em 107 anomalias de drenagem.

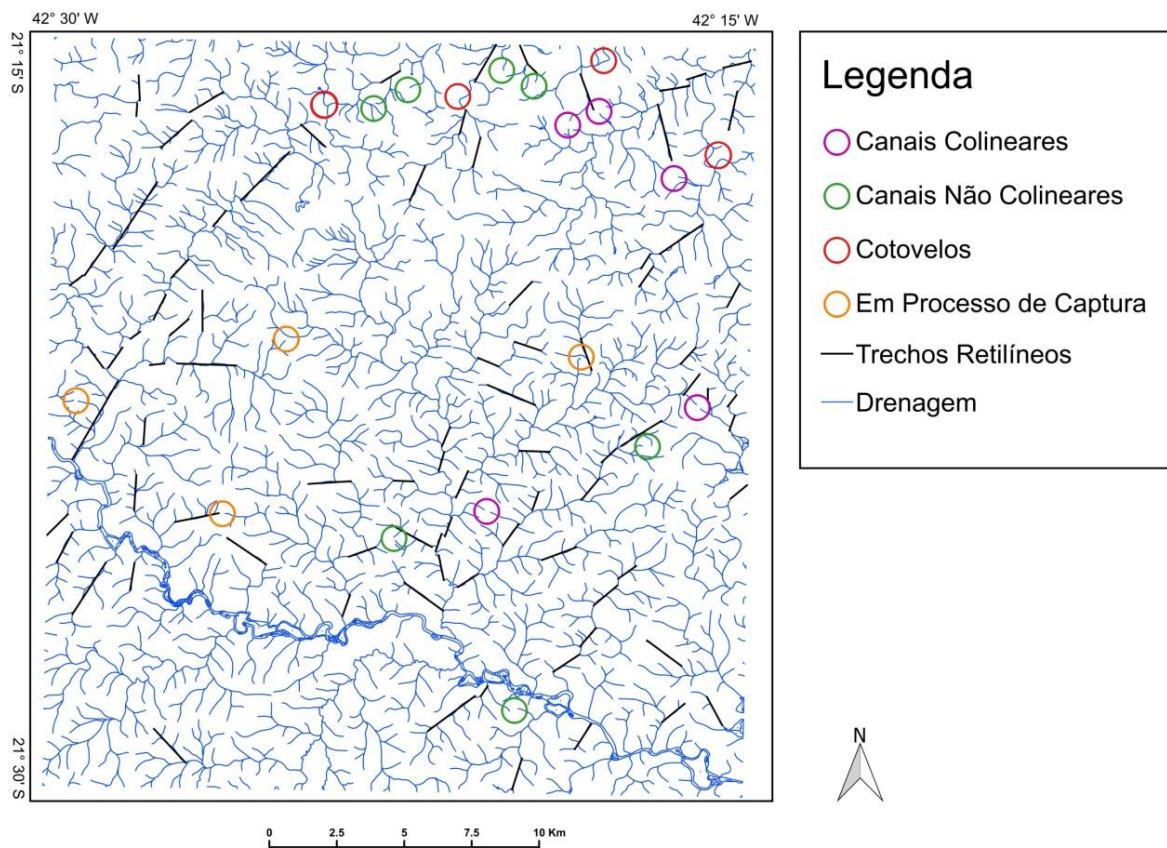


Figura 16: Mapa de anomalias de drenagem com as suas respectivas classificações. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os canais colineares com divisor plano (Figura 17) podem ser identificados por duas linhas de drenagem com a mesma orientação, porém o escoamento possui direções opostas. O divisor dos canais se mostra plano e mal definido, representado por um vale seco. A interrupção da drenagem e a reorganização dos fluxos são causadas por mecanismos tectônicos e fatores climáticos, embora o primeiro seja a principal causa. Portanto, quando a evolução é morfotectônica, a separação das linhas de drenagem ocorre quando a taxa de soergimento excede a taxa de escavação (GONTIJO, 1999).

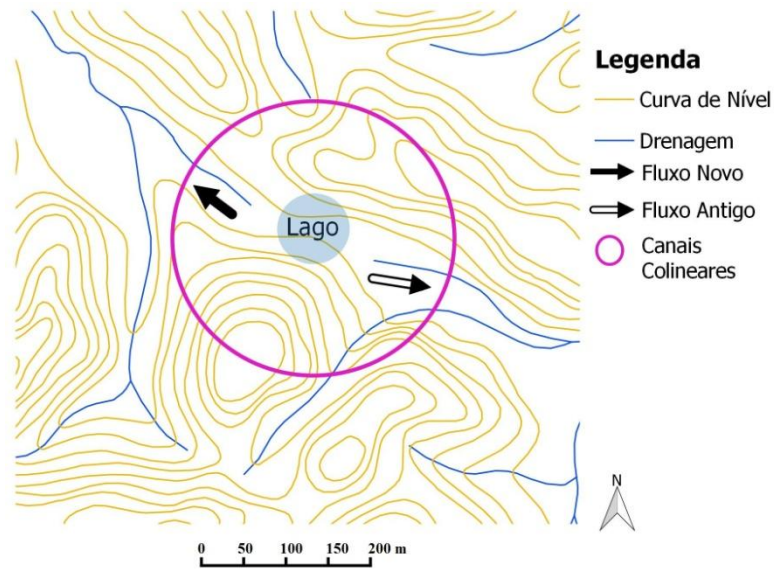


Figura 17: Canais colineares com divisor plano e o novo fluxo orientado a NW. Neste caso ao invés da ocorrência de um vale seco, destaca-se a presença de um lago atuando como divisor plano entre os canais. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 18: Imagem de satélite dos canais colineares com divisor planos referentes ao recorte acima. Destaque para a seta branca apontando a direção do antigo fluxo e a seta preta para a direção no novo fluxo. Fonte: Modificado do *Google Earth*.

Canais não colineares com divisor plano (Figura 19), diferentemente do caso anterior, são representados por duas linhas de drenagem com orientações diferentes associadas a um vale seco. A anomalia é originada da captura de um canal por outro adjacente, ocorrendo

desvios causados por basculamentos de blocos e/ou por diferença de gradiente altimétrico e poder erosivo entre canais.

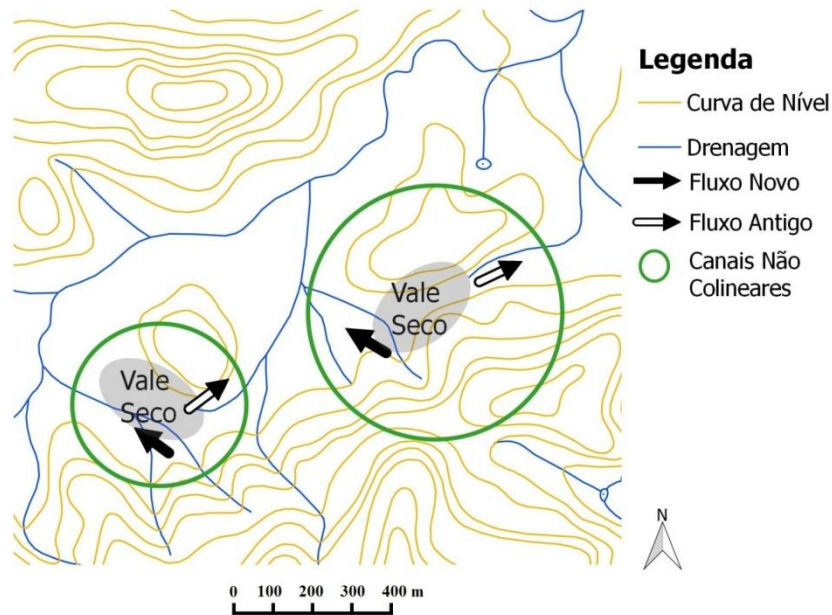


Figura 19: Canais não colineares com divisores planos e os novos fluxos orientados a WNW. Destaque para os vales secos como divisores planos. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 20: Imagem de satélite dos canais não colineares referentes ao recorte acima. Destaque para as setas brancas apontando as direções dos antigos fluxos e as setas pretas para as direções dos novos fluxos. Fonte: Modificado do *Google Earth*.

Os cotovelos associados a divisor plano (Figura 21) são caracterizados por curvas abruptas da drenagem com ângulos da ordem de 90° , sempre associados a um vale seco. São

decorrentes da influência tectônica na configuração do relevo que resulta na captura de cabeceiras e linhas de drenagem por erosão remontante.

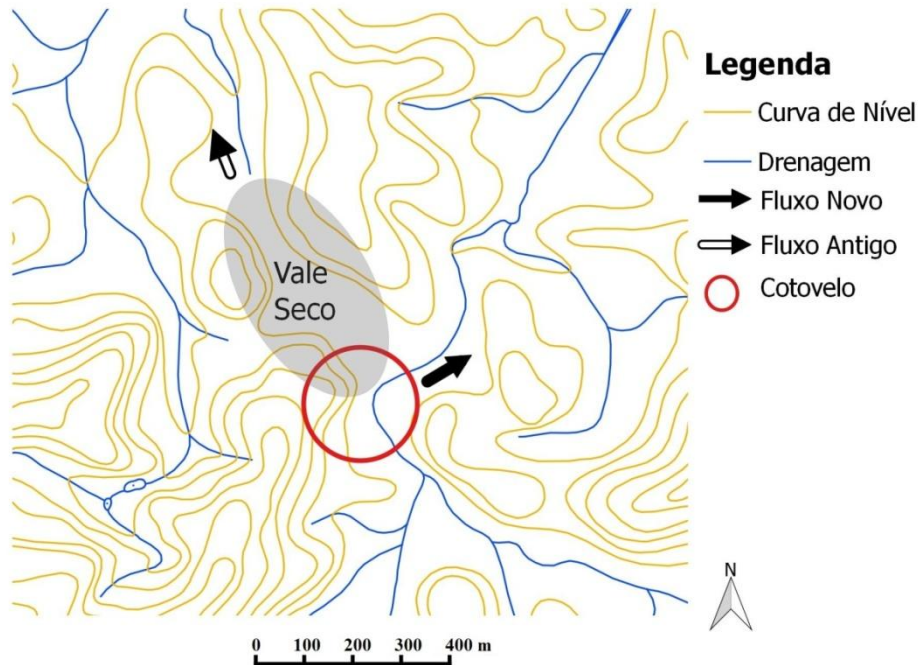


Figura 21: Cotovelo associado a divisor plano com o novo fluxo orientado a NE. Destaque para o vale seco como divisor plano entre os canais. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 22: Imagem de satélite do cotovelo associado a divisor plano referente ao recorte acima. Destaque para a seta branca apontando a direção do antigo fluxo e a seta preta para a direção no novo fluxo. Fonte: Modificado do *Google Earth*.

As feições em potencial processo de captura (Figura 23) estão associadas à reentrância de anfiteatros erosivos que são interpretados como prelúdio da captura de drenagem. A

reentrância de anfiteatro indica que a cabeceira de drenagem situa-se próxima ao interflúvio. A alta densidade da drenagem e a erosão remontante podem causar a quebra dos divisores, resultando posteriormente na captura de drenagem da bacia adjacente.

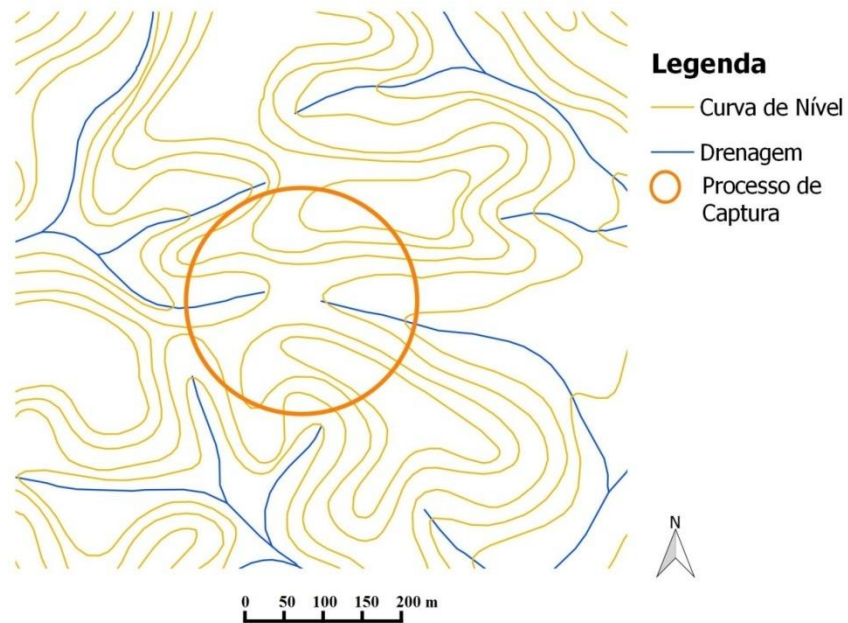


Figura 23: Feição em processo de captura de drenagem. Fonte: Elaborado pelo autor.

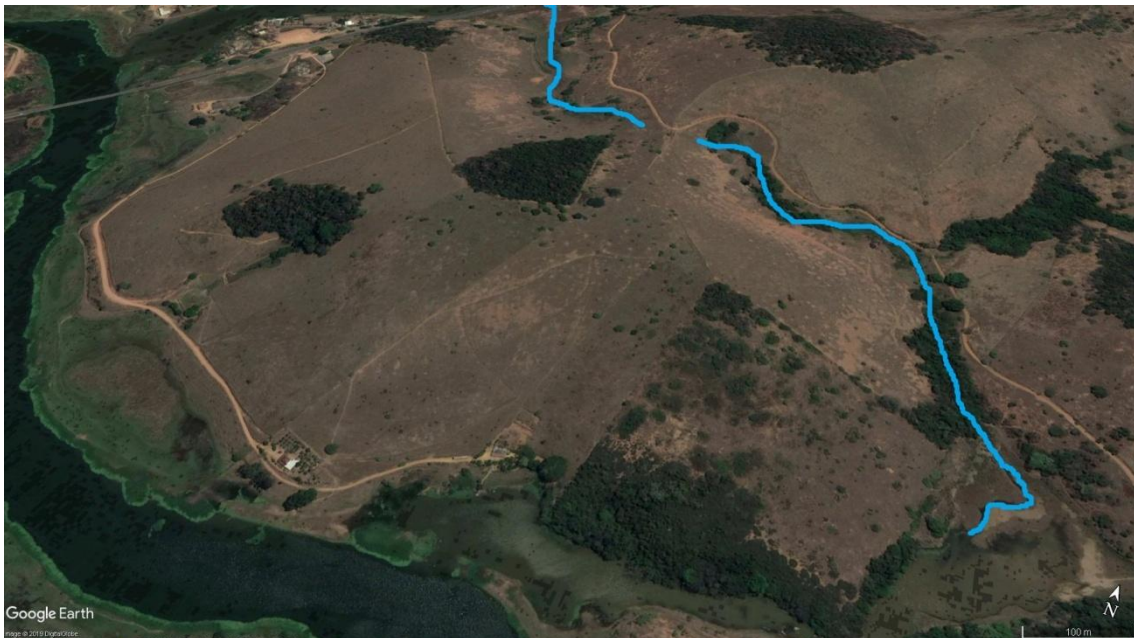


Figura 24: Imagem de satélite dos canais em potencial processo de captura de drenagem referentes ao recorte acima. Fonte: Modificado do *Google Earth*.

Os trechos retilíneos na drenagem (Figura 25) significam que os canais estão adaptados a alguma estrutura do substrato rochoso, ou seja, estão sobre controle estrutural e seguem a orientação de falhas que marcam o relevo.

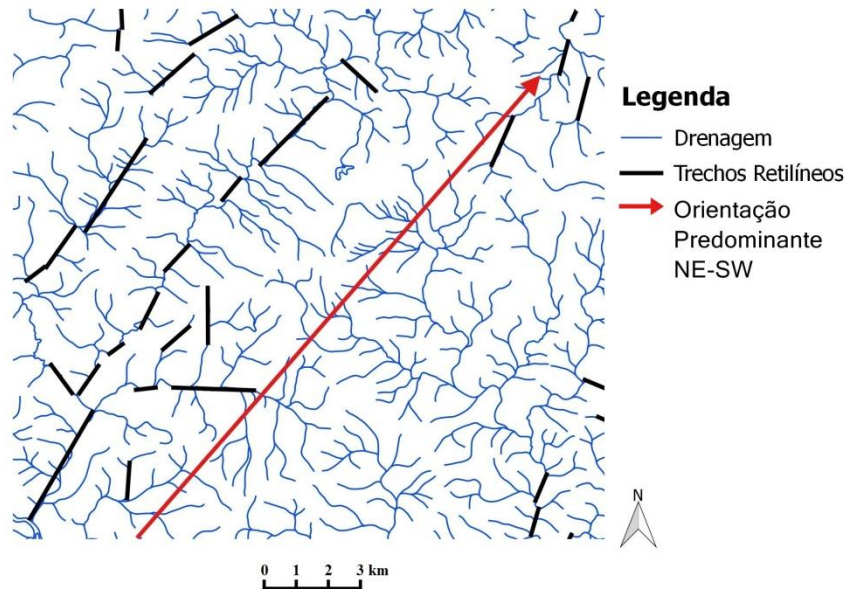


Figura 25: Recorte de um setor da carta onde é possível notar trechos marcadamente retilíneos na drenagem. Destaque para a seta vermelha indicando a orientação predominante NE-SW. Fonte: Elaborado pelo autor.

Algumas vezes estes lineamentos são de difícil visualização no substrato, mas a drenagem é capaz de revelá-los através de seus anômalos seguimentos retilíneos que evidenciam também a sua orientação. Após o mapeamento dos trechos retilíneos, ficou em evidência que os canais seguem uma tendência de orientação preferencial majoritariamente NE-SW, e que estão sobre um nítido controle estrutural.

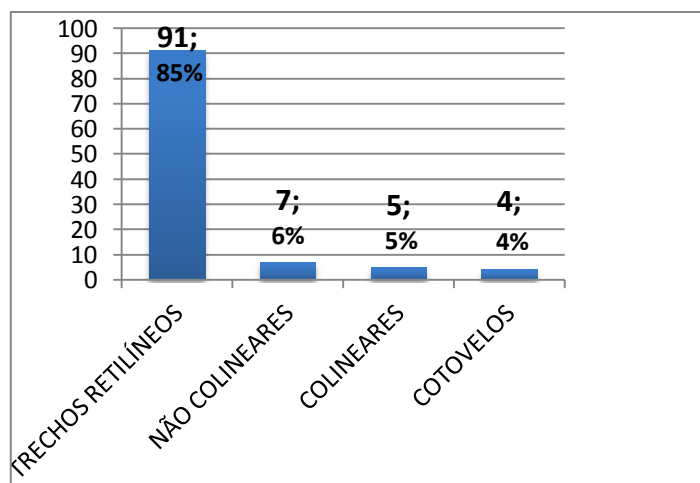


Figura 26: Gráfico circular com a classificação, quantificação e porcentagem das anomalias de drenagem. Fonte: Elaborado pelo autor.

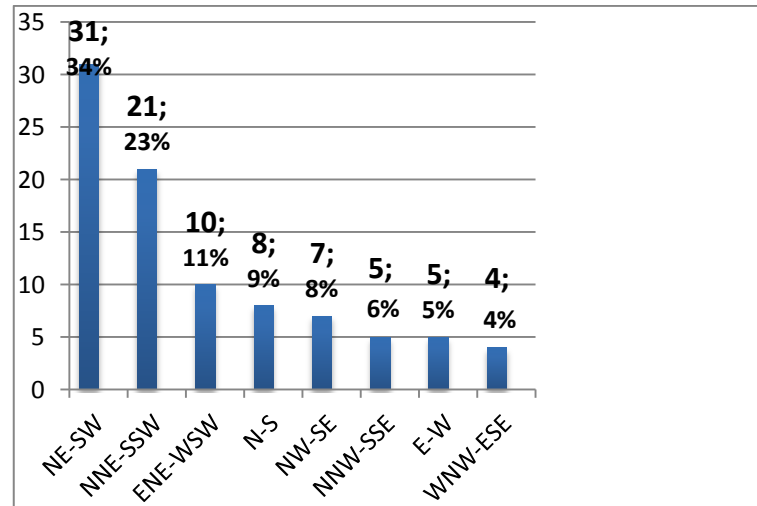


Figura 27: Gráfico circular com a quantificação e porcentagem das orientações dos trechos retilíneos. Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3 Mapa das Falhas Inferidas e Reorientação dos Fluxos

A partir da análise das anomalias encontradas foi elaborado o mapa contendo o sentido dos antigos e novos fluxos dos canais após a reorganização da rede de drenagem, além das falhas inferidas ortogonalmente aos canais anômalos (Figura 28).

Os novos fluxos se apresentam com maior ocorrência nas orientações WNW (4) e NW (3), na sequência estão os de orientação SE (2); SW (2) e ENE (2) NNE (1); NNW (1); e S (1). A identificação do fluxo novo e do fluxo antigo dos canais colineares e também em alguns casos dos canais não colineares é uma tarefa bastante difícil, pois estes tipos de anomalias não apresentam evidências na paisagem que possam facilitar tal compreensão. Portanto, nestes casos o fluxo novo foi determinado para a feição com o maior gradiente altimétrico. Porém, quando os gradientes altimétricos dos canais se mostraram semelhantes, o fluxo novo prevaleceu para as feições que apresentaram um maior estreitamento de gargantas, conforme o modelo de Bishop (1995) e Mello *et al.* (1995). As orientações dos fluxos dos cotovelos são de mais fácil identificação, pois estas anomalias apresentam sempre uma curva abrupta do canal, feição bastante marcante na paisagem.

Após a determinação da orientação dos fluxos, foi possível estabelecer a direção dos possíveis planos de falha que geraram os desníveis topográficos responsáveis pela acelerada erosão das encostas, capturas de drenagens e reorientação dos fluxos. O mapeamento contabilizou um total de 16 falhas ortogonais aos novos fluxos, sendo destas 8 de orientação NE-SW; 4 NW-SE; 3 NNE-SSW e 1 ENE-WSW.

A orientação destas falhas é inferida sempre ortogonalmente ao novo fluxo da drenagem, pois são os que possuem maior poder erosivo. A Inferência das falhas pôde facilitar o entendimento sobre os possíveis movimentos crustais que alteraram a configuração da rede de drenagem.

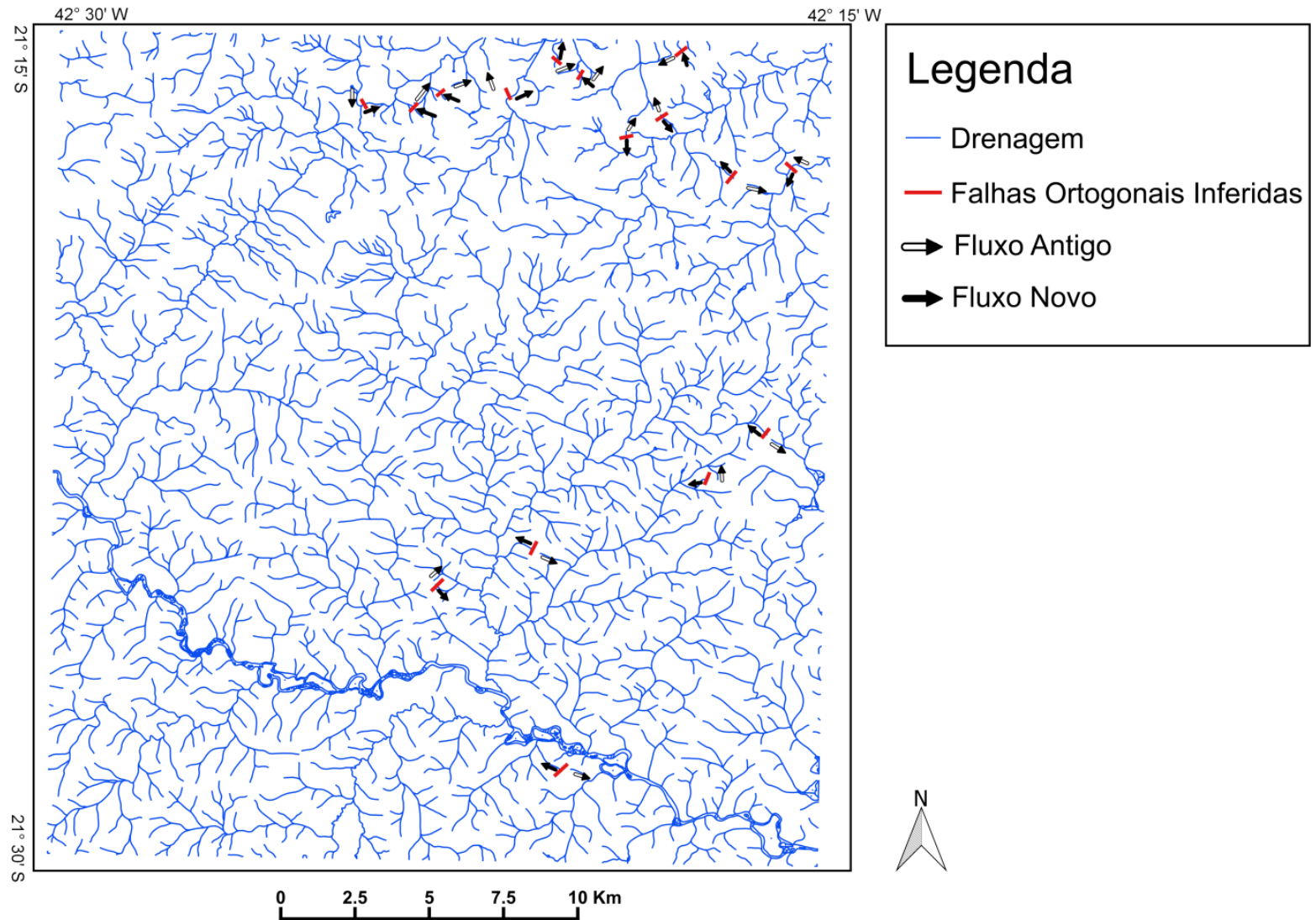


Figura 28: Mapa das falhas inferidas ortogonalmente às linhas de drenagens capturadas com o sentido do antigo e do novo fluxo após a sua reorientação. Fonte: Elaborado pelo autor.

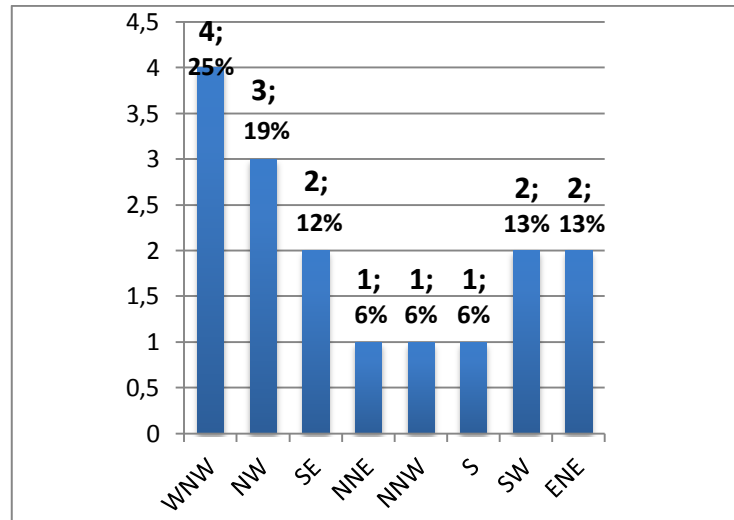


Figura 29: Gráfico circular com a quantificação, porcentagem e orientação dos novos fluxos. Fonte: Elaborado pelo autor.

6.4 Análise dos Perfis Longitudinais

Os perfis longitudinais foram elaborados para os canais que mais apresentaram anomalias dentro da área de estudo. São eles o Córrego João da Mata (Figura 30), Córrego Chalé (Figura 31) e Córrego da Mata (Figura 32), localizados na extremidade setentrional da carta de estudo.

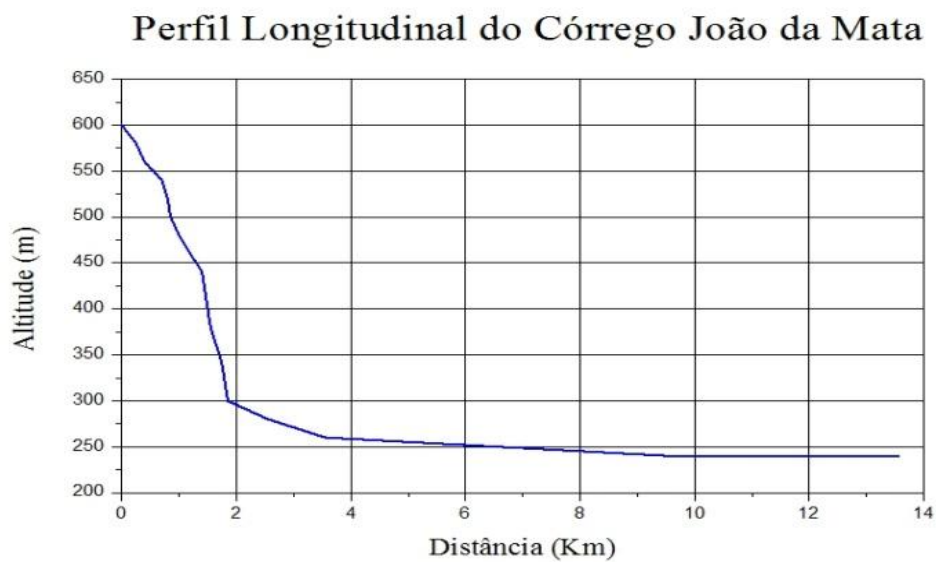


Figura 30: Perfil Longitudinal do Córrego João da Mata. Fonte: Elaborado pelo autor.

O Córrego João da Mata demonstra um alto desnível topográfico entre 600 e 300 metros de altitude, posteriormente segue em relativo equilíbrio até a confluência com o Córrego Chalé. Ocorrem no canal 3 capturas de drenagem, todas em 260m de altitude.



Figura 31: Perfil longitudinal do Córrego Chalé. Fonte: Elaborado pelo autor.

O perfil do Córrego Chalé revela a presença de vários degraus entre 620 e 260 metros de altitude. Estes degraus, denominados níveis de base locais ou *knickpoints*, estão associados com a dinâmica de equilíbrio dos canais fluviais, que é influenciada por alterações climáticas, diferenciações do substrato rochoso e atividades tectônicas. Ocorrem 3 expressivos trechos retilíneos ao longo da extensão do canal e 1 captura de drenagem na altitude de 260m.

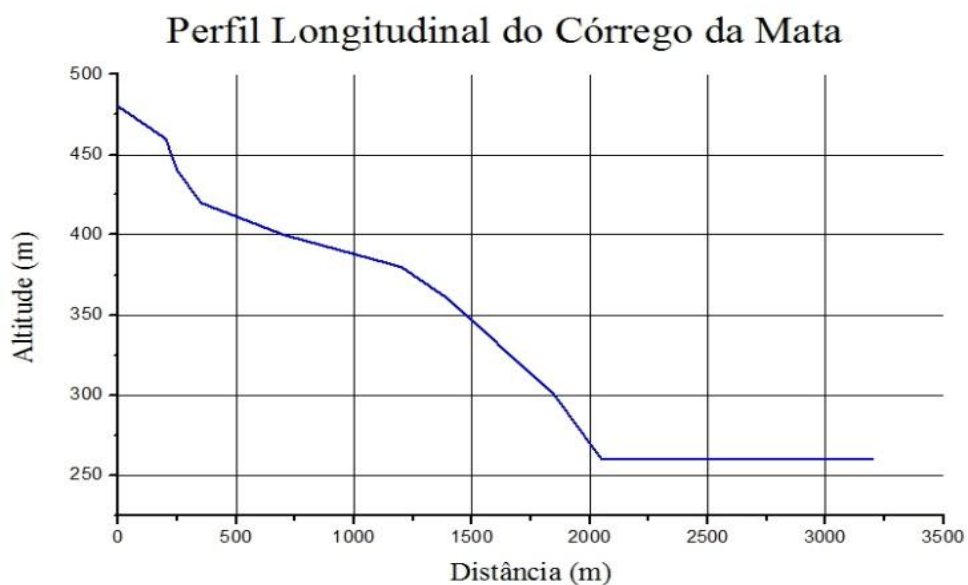


Figura 32: Perfil longitudinal do Córrego da Mata. Fonte: Elaborado pelo autor.

O Córrego da Mata é um tributário do Córrego Chalé, e dos três ele é o que possui menor extensão. O perfil apresenta também alguns *knickpoints* entre 480 e 260m de altitude, além de um trecho retilíneo que atravessa diferentes altimetrias.

6.5 Mapa Morfotectônico da Área de estudo

O mapa morfotectônico (Figura 33) resulta da integração das informações dos dois mapas anteriores. O mesmo permite uma melhor visualização e compreensão dos processos que modificaram a geomorfologia desta área.

A interpretação deste mapa, na tentativa de remontar a sequência dos processos cenozoicos que atuaram na região, sugere que: Primeiramente, o equilíbrio do relevo foi perturbado por movimentações recentes da crosta que gerou soerguimento, rebaixamento entre outras deformações no terreno, especialmente a (re)ativação de falhas que podem ser observadas nos lineamentos em que seguem os trechos retilíneos da drenagem e nas inferências realizadas no sentido ortogonal aos canais capturados, ambas com orientação predominante NE-SW. A rede de drenagem, portanto, se reorganizou, preferindo, a partir de então, rotas de mais fácil escoamento dentro do contexto do desnivelamento em que naquele momento foi submetida. As capturas ocorrem como o resultado do desnível altimétrico entre as bacias de drenagem, gerado inicialmente e seu processo se dá, quando um canal fluvial passa a erodir as encostas mais agressivamente que um outro canal adjacente, interceptando e capturando a sua descarga. Por fim, o canal capturado passa a seguir um novo fluxo de sentido ortogonal ao plano de falha que ocasionou sua reorientação, deixando na paisagem um vale abandonado entre o antigo e o novo fluxo.

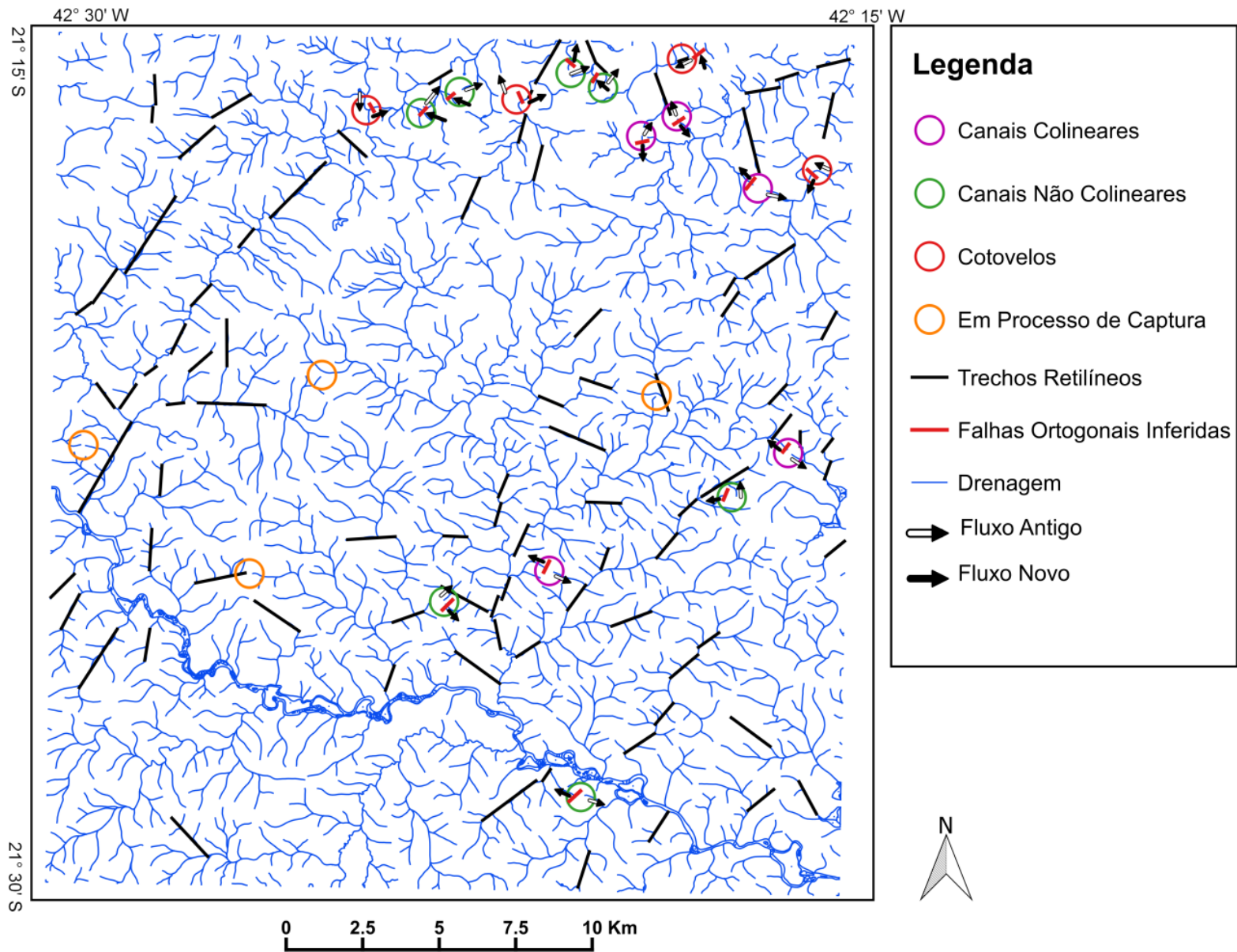


Figura 33: Mapa morfotectônico da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

6.6 Discussões

Após a correlação das áreas de captura com o mapa hipsométrico, foi observado que a maior parte delas está localizada na porção setentrional do mapa, numa altimetria na faixa de 250 metros, próximas a uma região montanhosa. Na porção meso-oriental, observa-se um alinhamento de quatro anomalias com orientação aproximadamente NE-SW, acompanhando seguimentos retilíneos da mesma direção.

Algumas anomalias de drenagem encontradas na carta não puderam ser observadas nitidamente por imagem de satélite, pois a carta estudada data de 1976, e a configuração da

drenagem e do relevo, desde então, tem sofrido algumas modificações. Como exemplo disso, observou-se que alguns canais haviam secado e outros tiveram pequenos desvios, dificultando, deste modo, a comparação da imagem orbital com a carta topográfica.

No que se refere aos perfis longitudinais, não foi observado um contraste entre os gradientes altimétricos dos rios capturados e dos rios capturadores que pudesse demonstrar um encaixamento diferencial das bacias de drenagem. Uma das respostas para isso é que o relevo tenha chegado a tal grau de maturidade nestas áreas onde ocorrem as capturas, que foi possível observar um rebaixamento generalizado dos divisores, além da dissecação das bacias de drenagem em resposta ao desequilíbrio topográfico gerado pelos movimentos crustais. Além disso, não foi encontrado nenhum contato litológico pelo qual os canais pudessem ter atravessado. A alternância entre diferentes rochas do substrato poderia ter causado erosão diferencial entre litotipos com distintas composições e resistências, o que levaria o rio a esculpir um novo nível de base local. Devido a isto, os *knickpoints* parecem estar relacionados aos fatores tectônicos.

Os trechos retilíneos da drenagem e as falhas ortogonais inferidas apresentaram orientações bastante diversificadas, no entanto, lineamentos NE-SW mostraram-se predominantes em ambos os casos, concordando com a orientação das estruturas e cristas alinhadas mais marcante observada no mapa hipsométrico. As falhas nesta direção estão associadas às fases de formação e deformação do RCSB, reconhecidas por Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004) que ocorreram ao longo do cenozoico.

As falhas NE-SW inferidas no mapa morfotectônico podem estar relacionadas aos seguintes regimes e fases tectônicas:

- Transcorrência sinistral de direção E-W, com extensão NW-SE e localmente, compressão NE-SW, atuante durante a segunda fase tectônica, gerando falhas normais.
- Transcorrência dextral de direção E-W, com compressão NW-SE, que ocorreu durante a terceira fase tectônica, gerando falhas reversas.
- Distensão de direção NW(WNW)-SE(ESE), correspondente à última fase tectônica, gerando falhas normais.

As falhas da segunda fase tectônica afetaram o embasamento pré-cambriano alterado, enquanto as falhas da terceira e da última fase, afetaram os depósitos holocênicos.

Além da NE-SW, a orientação das falhas inferidas que mais aparece nos resultados é a NW-SE, associada ao regime de transcorrência dextral de E-W, atuante ao longo da terceira fase da formação e deformação do RCSB, gerando falhas normais.

Foi observado que as falhas inferidas neste trabalho são semelhantes as que foram reconhecidas por Baiense (2011) na área de estudo, sendo elas: falhas dextrais normais e normais dextrais NE-SW, relacionadas a um regime de Transcorrência Sinistral E-W com rotação para NW-SE, e falhas normais ENE-WSW e NE-SW, associadas a um regime de Distensão NW-SE.

Os novos fluxos tendem a seguir em direção ortogonal, ou quase isso, em relação ao plano de falha responsável por suas reorientações. Neste contexto, foi observado que a orientação dos planos de falha de maior ocorrência é a NE-SW, que por sua vez, é ortogonal e quase ortogonal às orientações NW e WNW, que correspondem às direções de escoamento dos novos fluxos que possuem maior frequência nos resultados. A direção NW, como visto acima, corresponde às falhas da segunda fase tectônica reconhecida por Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004), sugerindo desta um controle tectônico para o escoamento nesta direção.

A observação de planos de falha e trechos retilíneos com uma orientação predominante NE-SW e os novos fluxos escoando majoritariamente para NW(WNW), reforça a ideia de que há um maior controle estrutural para este sistema de orientações cruzadas.

Os padrões de drenagem, em suas variadas formas de organização, são fortemente influenciados por fatores como o clima e a constituição litológica, porém as estruturas geológicas são as mais importantes. Devido a estarem submetidos a um forte controle estrutural, os padrões de drenagem são constantemente usados como base de reconhecimento e classificação de estruturas geológicas através das análises de fotografias aéreas e imagens de satélite. Os principais padrões de drenagem que apontam forte controle tectônico de acordo com Howard (1967 *apud* Gontijo, 1999) são denominados como: dendrítico, paralela, radial, treliça, retangular, anular e centrípeta. Através da observação da rede de drenagem da carta de Palma, foi possível perceber a presença de quatro destes principais padrões, que são eles o dendrítico, retangular, paralela e treliça, sugerindo, desta forma, um controle tectônico sobre a configuração dos padrões de drenagem da região.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Sudeste do Brasil, onde está situada a maior parte do SRCBS, uma das zonas de maior sismicidade do país, abriga os grandes centros urbanos e industriais das maiores metrópoles do país. Entender o contexto geológico em que estes grandes polos estão submetidos tem sido de grande interesse científico nos últimos anos. Ao final do desenvolvimento desta pesquisa o cruzamento entre os dados primários obtidos e destes com as características da estrutura e geologia regional, permitiu a compreensão de fatores que tiveram participação importante na esculturação da paisagem do local estudado, portanto, os resultados deste trabalho podem vir a contribuir para o preenchimento do quadro evolutivo do SRCBS, principalmente, no que diz respeito aos relevos tectônicos adjacentes a este sistema que ainda não foram estudados.

As regiões adjacentes aos SRCBS estão dentro do contexto das atividades tectônicas cenozoicas ocorridas no Sudeste do Brasil que reativou antigas zonas de fraqueza pré-cambrianas e resultou numa compartimentação em unidades neotectônicas. Baiense (2011) já havia reconhecido, em estudo anterior de maior escala, estruturas e falhas NE-SW associadas a regimes tectônicos recentes na área que foi estudada. Observou-se através do mapa hipsométrico (Figura 13) que a área está sobre um controle estrutural, apresentando feições nitidamente orientadas a NE-SW, confirmando a hipótese de que haveria ao menos um controle estrutural nesta orientação.

O mapa morfotectônico (Figura 31) sugere que a região apresenta falhas de idade cenozoica associadas aos regimes tectônicos propostos por Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004) que formaram e deformaram o RCBS, e que estas falhas se estabelecem de forma ortogonal à maioria das linhas de drenagem anômalas, o que poderia ter ocasionado a reorientação dos fluxos destes canais, indicando, portanto, influência tectônica na reorganização da rede de drenagem da região.

Por fim, não foi estabelecida uma relação direta entre a ocorrência e a orientação das anomalias com a presença dos diferentes tipos de rochas do substrato, tampouco foram encontrados contatos litológicos nas áreas de ocorrência dos *knickpoints* e das capturas de drenagem, o que poderia influenciar na geomorfologia local, gerando, por exemplo, as anomalias de drenagem encontradas. A interpretação dos resultados, deste modo, corrobora para a atuação de mecanismos neotectônicos no processo de evolução morfotectônica da paisagem.

BIBLIOGRAFIA

- ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L.. **Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozoico na Região Sudeste do Brasil.** In: Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil, Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP, Série Projeto REMAC, 4, p. 75-88. 1978.
- BAIENSE, M. C. **Condicionantes geológicas da configuração do relevo na Depressão dos rios Pomba e Muriaé (RJ/MG).** Rio de Janeiro, 74 p. (Trabalho Final de Curso - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2011.
- BISHOP, P. Drainage **Rearrangement by River Capture, Beheading and Diversion.** In: Progress in Physical Geography. 1995.
- CASTRO, Alexander Jacinto de; MELLO, Cláudio Limeira; SILVA, Thiago Pinto da. **Investigação morfotectônica a partir de anomalias de drenagem em um setor dos Alinhamentos de Cristas do rio Paraíba do Sul, Juiz de Fora (MG).** In: XXVI Jornada de Iniciação Científica – UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. 2004.
- FERREIRA, F. D. **Avaliação morfotectônica com base em assimetria de bacias de drenagem em um setor da depressão topográfica do rio Pomba Palma (MG/RJ).** Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 43 p. 2018.
- 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. Geomorfologia. In: **PROJETO RADAMBRASIL**, v.32, Brasília, DNPM. 775p., p.305-384. 1983.
- GONTIJO, A.H.F. **Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro.** Rio Claro (SP). 259 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP). 1999.
- HASUI, Y. **Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil.** In: SBG/MG, WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1, Belo Horizonte, Boletim SBG/MG, 11:11-31. 1990.
- HASUI, Y. **A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional.** Geociências, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.
- HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A.C., CAMPOS NETO, M.C., SILVA, L.C., TROUW, R.A.J., JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: V. MANTESSO-NETO, A. BARTORELLI, CARNEIRO, C.R. & BRITO NEVES, B.B. (orgs.) **Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** Beca, p. 203-235. 2004.
- IGNACIO, B. **Investigação morfotectônica com base em anomalias de drenagem em um trecho da bacia do rio Pomba (Santo Antônio de Pádua/RJ).** Trabalho de

Conclusão de Curso, Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 28p. 2017.

- LEITE, et al. **Folha SF.23-Rio de Janeiro**. In: SCHOBENHAUS, C., GONÇALVES, J.H., SANTOS, J.O.S., ABRAM, M.B., LEÃO NETO, R., MATOS, G.M.M. , VIDOTTI, R.M., RAMOS, M.A.B., JESUS, J.D.A. de.,(eds.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-ROM. 2004.
- MELLO, C. L. **Sedimentação e Tectônica Cenozoicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos**. 1997. 275 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- MELLO, C. L., HESS, F. J., MOURA, J.R., METELO, C. S. **Neotectonic Control on a River Capture System in the Paraíba do Sul River Middle Valley- Bananal-(SP/RJ)**. 1995.
- PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., ALKMIM, F.F., SILVA, L.C., BABINSKI, M., CORDANI, U., CASTAÑEDA, C. 2007. **Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977**. *Geonomos*. v. 15, n. 1, p.1-16, 2007.
- RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. 304 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. **Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil**. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R; BRITO NEVES, B.B. (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, p.383-405. 2004.
- SAADI, A. **Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares**. *Geonomos*, 1(1):1-15. 1993.
- SALVADOR, E.D. **Análise tectônica do vale do Rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ)**. 157 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo). 1994.
- SILVA, L. C. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro** / organizado por Luiz Carlos da Silva {e} Hélio Canejo da Silva Cunha. – Brasília: CPRM. 2ª edição revista em 2001.
- SILVA, T. P. **Investigação Morfotectônica na Região dos Alinhamentos de Cristas do Rio Paraíba do Sul, entre Paty do Alferes (RJ) e Juiz de Fora (MG)**. Seminário de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geologia - Instituto de Geociências. UFRJ. 14p. . 2004.
- SILVA, T. P. **Modelo Geológico-Geomorfológico da Evolução da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geologia - Instituto de Geociências. UFRJ. 139p. 2012.

- SILVA, T.M. et.al. **Anomalias de Drenagem e Evolução da Paisagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (RJ/SP)**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Vol. 29 - 2 / 2006 p. 210-224. 2006.
- SILVA, T.P. **Neotectônica na Região da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul e Áreas Adjacentes, entre Miguel Pereira e Juiz de Fora (MG)**. 2006. 125f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- ZALÁN, P.V.; OLIVEIRA, J.A.B. **Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil**. *Boletim de Geociências Petrobras*, v. 13, n. 2, p. 269-300. 2005.